T-FLEX CAD 16

Трёхмерное моделирование

Руководство пользователя



© ЗАО «Топ Системы», 2020

T-FLEX CAD

Трёхмерное моделирование

Руководство пользователя

ЗАО «Топ Системы» Москва, 2020

© ЗАО «Топ Системы», 1992 – 2020

Все авторские права защищены. Запрещено воспроизведение в любой форме любой части настоящего документа без разрешения от ЗАО «Топ Системы».

ЗАО «Топ Системы» не несет ответственности за ошибки, которые могут быть в этой книге. Также не предполагается никаких обязательств за повреждения, обусловленные использованием содержащейся здесь информации.

Содержание настоящего документа может быть изменено без предварительного уведомления.

Торговые марки T-FLEX Parametric CAD, T-FLEX Parametric Pro, T-FLEX CAD, T-FLEX CAD 3D являются собственностью ЗАО «Топ Системы».

Parasolid является охраняемым товарным знаком Siemens PLM Software. Все другие товарные марки являются собственностью соответствующих фирм.

Содержание

Содержание 3

Основные принципы и понятия 3D моделирования 13

Основные принципы и понятия 3D моделирования в T-FLEX CAD 3D 14

Введение в 3D моделирование 14
Элементы и операции в 3D 16
Организация твердотельного моделирования в T-FLEX CAD 3D 44
Как работать в системе T-FLEX CAD 3D 55

Краткий вводный курс по созданию 3D модели 99

Основной метод создания 3D модели 99
Метод «От чертежа к 3D модели» 121

Работа с окном 3D вида 138

Что такое «3D сцена»? 138
Методы визуализации 3D сцены 138
Работа с системной камерой при обзоре 3D сцены 140
Плоскость обрезки 142
Источники света 143
Работа с несколькими 3D окнами 143
Использование 3D видов 144
Управление 3D окном 145
Линейки в 3D окне 154
Работа с пользовательскими камерами 155

Общие параметры 3D элементов 157

Диалог параметров 3D операций и Тел 157
Диалог параметров 3D элементов построения 165

3D элементы построения 167

Рабочие плоскости 168

Начало работы с рабочими плоскостями 168
Рабочие плоскости и 2D чертёж 174
Работа с активной рабочей плоскостью 176
Настройки отображения рабочих плоскостей в 3D сцене 180
Создание рабочих плоскостей 180

Изменение размера рабочей плоскости ... **202**
Параметры рабочих плоскостей ... **204**
Манипуляторы рабочих плоскостей ... **206**
Работа с рабочими плоскостями с помощью линеек 3D окна ... **208**
Сетка рабочих плоскостей ... **211**
Рабочие поверхности ... **212**
Основные положения ... **212**
Данные, необходимые для создания рабочей поверхности ... **214**
Знакомство с рабочими поверхностями ... **218**
Способы создания рабочих поверхностей ... **223**
Правила создания рабочих поверхностей ... **225**
Отображение рабочих поверхностей в 3D сцене ... **229**
3D узлы ... **230**
Способы создания узлов ... **230**
Использование манипулятора при создании 3D узла ... **231**
Основные способы создания узла на 3D элементе или относительно 3D элемента ... **232**
Специальные способы создания узла на основе существующих 3D элементов ... **236**
Создание узла в абсолютных координатах ... **244**
Создание узла по двум проекциям ... **244**
Создание 3D узлов по сетке рабочих плоскостей ... **245**
3D профили ... **247**
Основные положения. Типы профилей ... **247**
Профили на основе 2D элементов ... **248**
Профили на основе 3D элементов ... **252**
Профили – развёртки поверхности или набора поверхностей ... **257**
Придание толщины плоскому профилю ... **262**
Создание 3D профилей ... **265**
Параметры 3D профилей ... **276**
Локальные системы координат ... **279**
Правила создания локальных систем координат ... **279**
Дополнительные характеристики ЛСК ... **284**
Создание локальных систем координат ... **287**
Параметры локальных систем координат ... **293**
3D пути ... **296**
Способы создания 3D путей ... **296**
Создание 3D путей на основе 3D элементов ... **297**
3D пути на основе 2D элементов ... **327**
Спиральный 3D путь ... **330**

Основные сведения и возможности ... 330
Создание спирального пути ... 332
Трасса ... 336
Основные сведения и возможности ... 336
Создание трассы ... 348
3D ось ... 355
Основные сведения и возможности ... 355
Создание 3D оси ... 356
Сечение ... 359
Основные способы создания 3D сечений ... 360
Создание сечения ... 365
Прозрачное редактирование сечений ... 372
3D Проекция элементов ... 373
Проекция элементов на рабочую плоскость ... 375
Пересечение элементов с рабочей плоскостью ... 377
Проекция линий очерка элементов на рабочую плоскость ... 380
Комбинирование способов проецирования ... 382
Автоматическое создание проекционных линий и точек ... 384

Основные операции 3D моделирования ... 387
Выталкивание ... 388
Основные понятия. Возможности операции ... 388
Создание операции выталкивания ... 401
Вращение ... 413
Основные понятия. Возможности операции ... 413
Создание операции вращения ... 415
Булева операция ... 420
Основные понятия. Возможности операции ... 420
Создание булевой операции ... 435
Сглаживание рёбер ... 448
Основные понятия. Возможности операции ... 448
Правила задания операции ... 461
Сглаживание граней ... 480
Основные понятия. Возможности операции ... 480
Правила задания операции ... 494
Сглаживание трёх граней ... 504

Основные понятия. Возможности операции ... 504
Правила задания операции ... 510
По сечениям ... 514
Основные понятия. Возможности операции ... 514
Правила задания операции «По сечениям» ... 521
Мостик ... 537
Основные сведения и возможности ... 537
Правила задания операции ... 542
Тело по траектории ... 546
Основные возможности операции ... 546
Правила задания операции ... 557
Создание операции с использованием твёрдого тела ... 565
Тело по параметрам ... 573
Общие сведения ... 573
Правила создания операции ... 574
Коммуникации ... 586
Общие сведения ... 586
Пример создания коммуникации ... 588
Свойства трубопровода ... 593
Редактор стандартов ... 599
Фитинги ... 603
Обновление коммуникаций ... 629
Типизация коммуникаций ... 630
Жгуты ... 637
Точки подключения ... 638
Автоматическая прокладка трасс ... 639
Стили коммуникаций ... 643
3D изображения ... 650
Создание 3D изображений ... 650
Использование 3D изображений для создания планировок ... 653
Свойства 3D изображений ... 653
Задание материала покрытия. ... 655
Редактирование 3D изображений ... 655
Внешняя модель ... 657
Режимы работы с внешней моделью ... 657
Вставка внешней модели ... 657
Редактирование внешней модели ... 659

3D копии 660
Основные положения 660
Типы 3D копий 662
Создание копии 666
Массивы 671
Типы массивов. Особенности каждого типа 671
Виды массивов. Особенности массивов каждого вида 677
Ограничения и исключения 685
Изменение числа копий в массиве. Привязка к элементам массива 690
Создание 3D массивов 690
3D симметрия 704
Типы симметрии. Общие сведения 704
Создание симметрии 707
Отсечение 712
Задание операции отсечения 712
Примеры создания операции 714
Разделение 717
Создание разделения 717
Параметры разделения 718
Упрощение модели 720
Общие сведения 720
Работа с командой 722
Уклон граней 724
Основные понятия и возможности операции 724
Дополнительные возможности уклона 728
Сложные виды уклона граней 730
Создание уклона граней 732
Уклон тела 739
Основные понятия и возможности операции 739
Создание уклона тела 747
Оболочка 755
Основные положения 755
Создание оболочки 755
Пружины 763
Основные сведения и возможности операции 763
Создание операции пружина 766

Спирали ... 771
Основные сведения и возможности операции ... 771
Задание операции спираль ... 774
Резьба ... 778
Основные понятия. Возможности операции ... 778
Создание резьбы ... 780
Отображение резьбы на 2D проекциях ... 784
Отверстия ... 786
Основные понятия и возможности операции ... 786
Создание отверстий ... 794
Конфигурация библиотек ... 804
Сварка в 3D модели ... 807
Основные сведения о 3D сварных швах ... 807
Способы создания 3D сварных швов ... 808
Создание 3D сварного шва ... 815
Создание обозначения 3D сварного шва ... 821
Создание таблицы сварных швов ... 821
Ребро жёсткости ... 823
Создание ребра жёсткости ... 825
Направление расширения контура ... 828
Редактирование рёбер жёсткости ... 834

Сборочные 3D модели ... 835
Создание сборочных 3D моделей ... 836
Общие сведения ... 836
Создание сборки из 3D фрагментов ... 839
Проектирование сборок «Сверху вниз» ... 874
Доработка фрагмента в сборке ... 970
Проверка геометрии фрагмента ... 977
Сохранение геометрии из сборки в отдельном файле ... 979
3D расстановка ... 992
Механизм «Smart Fragment» ... 1003
Использование размеров фрагментов в сборках ... 1006
Сопряжения и степени свободы ... 1007
Общие принципы и понятия ... 1008
Создание сопряжений ... 1015
Приёмы работы с готовыми сопряжениями ... 1019

Дополнительные инструменты для работы со сборочными 3D моделями 1029
Манипуляторы внешних переменных 1029
Конфигурации 1034
Разборка 1041
Средства управления большими сборками 1057
Адаптивные 3D фрагменты 1059
Общие сведения 1059
Подготовка адаптивного 3D фрагмента 1061
Вставка адаптивного 3D фрагмента, задание значений адаптивных элементов 1066
Задание адаптивных элементов у существующего фрагмента 1067

2D проекции. Создание чертежей по 3D моделям 1069
2D проекции. Создание чертежей по 3D моделям 1070
Типы 2D проекций 1070
Создание 2D проекции 1071
Параметры 2D проекции 1095
Редактирование и перемещение 2D проекции 1103
Использование 2D проекций 1104

Работа с листовым металлом 1110
Листовой металл. Общие положения 1111
Прототип для создания листовой детали 1112
Интерфейс при работе с листовым металлом 1112
Общие параметры команд листового металла 1112
Заготовка 1132
Листовой металл. Операции гибки 1137
Группа Фланец (операции гибки) 1137
Фланец 1138
Отбортовка 1141
Фланец по контуру 1143
Сгиб 1148
Отгиб 1150
Перемычка 1153
Подсечка 1157
Угол 1159
Листовой металл. Специальные операции 1162
Гибка по сечениям 1162

Выштамповка ... **1168**
Ребро жёсткости ... **1172**
Вырез по нормали ... **1176**
Листовой металл. Работа с листовым металлом ... **1180**
Преобразование тела в лист ... **1180**
Разгибание ... **1190**
Повторная гибка ... **1195**
Чертёж листовой детали и её развёртки ... **1197**
Таблица сгибов ... **1198**
Операции для работы с гранями ... **1201**
Операции для работы с гранями ... **1202**
Сшивка ... **1203**
Разделение граней ... **1205**
Удаление граней ... **1212**
Отделение граней ... **1218**
Замена граней ... **1220**
Изменение граней ... **1223**
Перемещение граней ... **1225**
Задание преобразования ... **1227**
Расширение поверхности ... **1228**
Заполнение области ... **1231**
Сервисные 3D инструменты и элементы ... **1240**
Редактирование ... **1241**
Подготовка к редактированию ... **1242**
Приёмы редактирования ... **1259**
Создание «преобразований» 3D элементов ... **1272**
Типы преобразований ... **1272**
Работа с командой ... **1274**
Материалы ... **1283**
Основные понятия. Работа с материалами ... **1283**
Материалы в дереве 3D модели ... **1284**
Служебное окно “Материалы” ... **1286**
Использование переменных для изменения материала ... **1298**
Диалог «Свойства материала» ... **1301**
Нанесение материала на отдельную грань (грани) ... **1308**

Использование материалов в 3D модели с помощью drag&drop, команд «Копировать»/«Вставить» **1314**
Сортамент **1316**
Материалы в отчётах и форматках чертежей **1317**
Источники света **1320**
Создание источника света **1320**
Параметры источника света **1323**
Камеры **1325**
Создание камер **1325**
Параметры активной камеры **1332**
Фотореалистичное изображение **1335**
Основные положения **1335**
Реалистичное изображение **1335**
Фотореалистичный вид **1344**
Прототипы для фотореализма **1351**
Элементы оформления в 3D **1353**
Общие сведения **1353**
Создание 3D элементов оформления **1355**
Автоматическое создание 3D размеров **1358**
Графики **1359**
Создание и редактирование графиков **1360**
Использование графиков **1368**
Создание пользовательских элементов для библиотек листовой штамповки и отверстий **1376**
Пример создания нового элемента библиотеки листовой штамповки **1376**
Пример создания нового фрагмента библиотеки отверстий **1383**

Инструменты анализа 3D модели **1388**
Инструменты анализа 3D модели **1389**
Характеристики **1389**
Проверка модели **1391**
Проверка пересечений тел **1392**
Измерение кривизны кривых **1395**
Измерение кривизны поверхностей **1401**
Отклонение граней **1403**
Зазор между гранями **1405**
Расхождение нормалей **1407**

Гладкость модели **1408**
Разнимаемость формы **1410**
Проверка изменений модели **1412**

Основные принципы и понятия 3D моделирования

Основные принципы и понятия 3D моделирования в T-FLEX CAD 3D

Введение в 3D моделирование

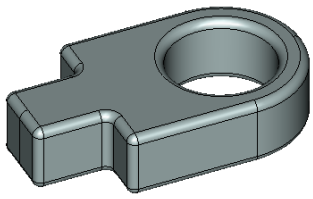
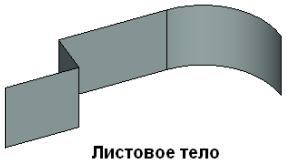
Система T-FLEX CAD 3D является системой параметрического твердотельного и поверхностного моделирования. Она содержит самые современные средства для создания моделей различной сложности. Использование общепринятых форматов для экспорта и импорта позволяет обмениваться геометрическими данными со многими приложениями САПР. T-FLEX CAD 3D также включает в себя полный набор инструментов для двухмерного проектирования и получения чертёжной документации с поддержкой отечественных и международных стандартов.

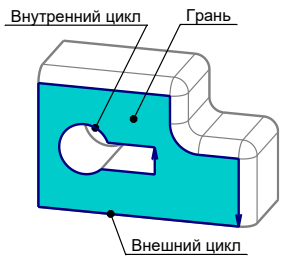
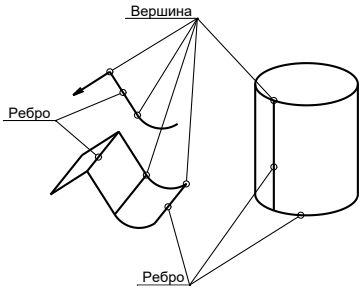
Прежде чем приступить к созданию трёхмерных моделей рекомендуется в первую очередь ознакомиться с методами создания двухмерных чертежей в соответствующем разделе документации. Это позволит легче усвоить общий принцип проектирования, заложенный в систему T-FLEX CAD.

В данной главе приведена классификация и краткое описание всех объектов системы T-FLEX CAD 3D, а также основные методы и приёмы проектирования в 3D. В последующих главах этой книги каждый элемент будет рассмотрен более подробно.

Основные топологические элементы

Модель в T-FLEX CAD 3D представляет собой набор связанных или не связанных геометрических компонентов. Ниже приведены основные топологические элементы, из которых состоит любой геометрический объект системы T-FLEX CAD.

Твёрдое тело. Набор геометрических объектов – вершин, граней и рёбер, замыкающий непрерывный объём. Самое простое твёрдое тело образуется при движении какой-либо ограниченной поверхности (контура).	 Твердое тело
Листовое тело (поверхность). Набор геометрических объектов – вершин, граней и рёбер, замыкающих непрерывную площадь и не замыкающих объёма.	 Листовое тело

<table>
<tr><td>Грань. Ограниченный участок поверхности. В качестве границ грани выступают циклы. Одна грань может содержать неограниченное количество циклов. Грань, не содержащая циклов, формирует замкнутый объект, например, полную сферу.</td><td rowspan="2">
</td></tr>
<tr><td>Цикл. Представляет собой набор рёбер, образующий один замкнутый контур. Цикл является элементом, ограничивающим поверхность грани. В каждой вершине цикла сходится не более двух рёбер.</td></tr>
<tr><td>Ребро. Ограниченный участок кривой. Ограничивается двумя вершинами. Если ребро замкнутое, оно может содержать только одну вершину.</td><td rowspan="2">
</td></tr>
<tr><td>Вершина. Представляет собой точку в пространстве. Вершина служит для ограничения рёбер. Одна вершина может принадлежать нескольким рёбрам одновременно.</td></tr>
</table>

Основные геометрические понятия в системе T-FLEX CAD 3D

Все геометрические объекты системы T-FLEX CAD можно условно разделить на четыре группы по типу носимой этими объектами геометрии:

- ✓ Самый простой объект в трёхмерном пространстве – 3D точка. Точки имеют только одно свойство – координаты местоположения. Она может быть определена 3D узлом, 3D вершиной, задана при помощи параметра «положение» на кривой или поверхности, вычислена в характерном месте объекта (на оси поверхности вращения, в центре дуги или сферы), на пересечении объектов и т.д.
- ✓ Ко второй группе относятся все объекты, имеющие такое основное свойство, как длина (периметр). Такие объекты мы будем называть элементами с «проволочной» геометрией. К ним относятся все линейные объекты – рёбра, 3D пути, циклы, 3D профили.
- ✓ В следующую группу включены все объекты, имеющие площадь. Такие объекты будем называть «листовыми». К ним относятся все виды поверхностей, листовые тела, грани, а также замкнутые 3D профили. Листовой объект может быть получен в результате выполнения большинства трёхмерных операций.
- ✓ Четвертая группа объединяет все твёрдые тела.

Элементы и операции в 3D

Создание 3D модели заключается в построении твердотельных или листовых 3D объектов, описывающих определённый объём или поверхность в 3D пространстве. Создание и последующая модификация таких объектов ведётся с помощью *операций*.

Операцией называется любой шаг по созданию 3D модели, ведущий к появлению нового или изменению уже существующего твердотельного или листового геометрического объекта. Для выполнения каждой операции в T-FLEX CAD существует отдельная команда. Название команд создания операций отвечают предназначениям операций.

Те операции, в результате которых получаются новые твердотельные/листовые 3D объекты, будем называть *базовыми операциями* (**Выталкивание**, **Вращение**, **По траектории**, **По сечениям** и т.д.). Операции, предназначенные для изменения геометрии и модификации уже существующих твердотельных/листовых 3D объектов, будем называть *модифицирующими операциями* (**Сглаживание**, **Оболочка**, **Булева операция** и т.д.).

Геометрической основой для выполнения большинства базовых операций являются *3D элементы построения*. 3D элементы построения – это вспомогательные элементы 3D модели, используемые для создания трёхмерных контуров, задания ориентации в пространстве, определения направлений, векторов, осей, траекторий и т.д. Для создания каждого такого элемента существует отдельная команда.

Некоторые операции, (например, операции создания 3D массивов), в зависимости от исходных данных и заданных параметров, могут относиться как к базовым, так и модифицирующим операциям.

Любому твердотельному или листовому 3D объекту в 3D сцене соответствует специальный элемент структуры 3D модели – *Тело*. Элемент "Тело" введён для предоставления пользователю возможности, создав первой (базовой) операцией новый геометрический объект (твёрдое или листовое тело), в дальнейшем работать с ним как с постоянным элементом структуры 3D модели.

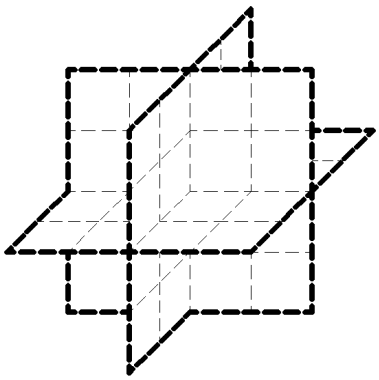
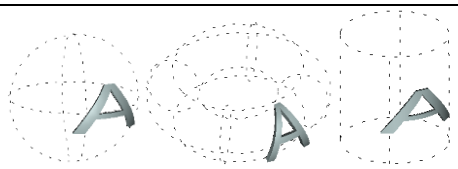
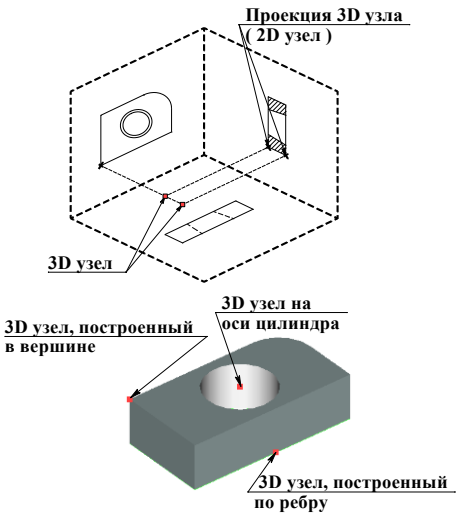
Тело создаётся автоматически при создании твердотельного или листового 3D объекта базовой операцией и сохраняется до тех пор, пока данный объект существует. Геометрия исходного объёма или поверхности может меняться (в результате применения модифицирующих операций), но ему всегда соответствует одно и то же Тело, определяющее параметры данного геометрического объекта: имя, материал, цвет, способ представления (плотность сетки, рёберное изображение).

В одной 3D модели может быть неограниченное количество Тел.

В некоторых командах Тела могут использоваться как самостоятельные элементы. В этом случае в качестве исходного объекта используется тело операции, стоящей последней в истории создания данного Тела. Например, при создании 2D проекции для проецирования можно выбрать конкретное Тело. Это удобно, если при проектировании сначала оформляется чертёж заготовки детали или набора деталей, а потом производится последующая модификация модели при помощи новых операций. Чертёж в этом случае будет отображать все последующие изменения этой детали.

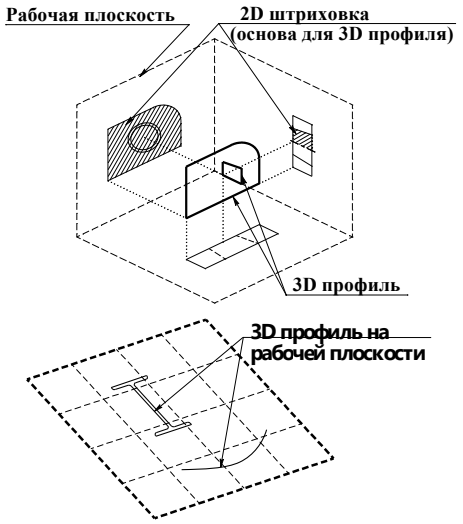
В данном руководстве термин “Тело” (с заглавной буквы) обозначает именно элемент структуры 3D модели. Написание “тело” (с прописной буквы) будет использоваться для краткого обозначения геометрического объекта, т.е. объёма или поверхности в 3D сцене.

3D элементы построения

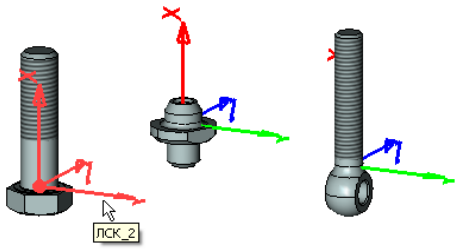
Рабочая плоскость – элемент, позволяющий задавать исходные данные для 3D операций, и, прежде всего – создавать 3D профили. Без создания рабочей плоскости невозможно строить 3D модель. Рабочие плоскости могут быть заданы в 2D окне или в 3D окне различными способами: на основе видов двухмерного чертежа; на основе проекции элементов 3D модели; на основе элементов 3D модели или другой рабочей плоскости.	
Рабочая поверхность. Имеет схожий с рабочими плоскостями функциональный смысл. В данном случае в качестве геометрической основы используется не плоскость, а цилиндр, сфера или тор.	
3D узел – один из основных элементов построения, предназначенный для обозначения точки в трёхмерном пространстве. Существует множество способов создания 3D узлов. Например, можно создавать 3D узел как характерную точку тела – на основе вершин, рёбер или граней, можно задать положение узла в абсолютных координатах, использовать смещение относительно уже существующих 3D узлов. Также 3D узлы можно создавать с использованием узлов двухмерного чертежа и рабочих плоскостей. Для такого создания 3D узла достаточно выбрать один узел на одной рабочей плоскости или два узла на разных рабочих плоскостях. Во втором случае два узла должны находиться в проекционной связи между собой.	

3D профиль – элемент построения, предназначенный для выделения участка поверхности. 3D профиль является одним из основных элементов, ведь именно он используется как исходный элемент для многих операций. Контур 3D профиля может быть замкнутым или разомкнутым. Замкнутый профиль несёт информацию об участке поверхности фиксированной площади – он может использоваться в качестве основы для создания твёрдых тел в различных операциях. Разомкнутый профиль может быть использован в качестве основы только для создания листовых тел, так как хранит только проволочную геометрию.

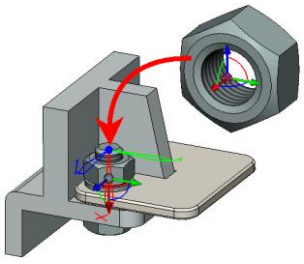
Существует множество способов получения 3D профиля. Например, его можно начертить на рабочей плоскости или получить новый через различные изменения существующего профиля и т.д. Один 3D профиль может содержать несколько контуров одного типа. Как пример многоконтурного 3D профиля можно привести профиль, созданный на основе текста. Для черчения 3D профиля можно использовать штриховки и линии изображения (для черчения профиля на активной рабочей плоскости).

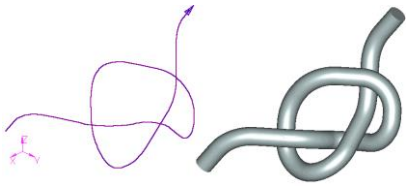
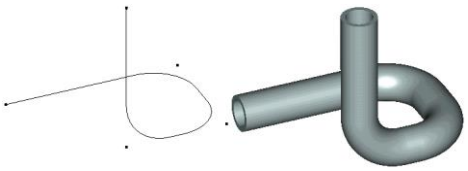
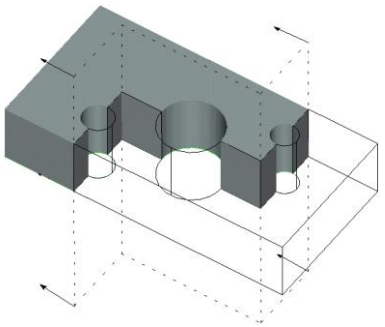
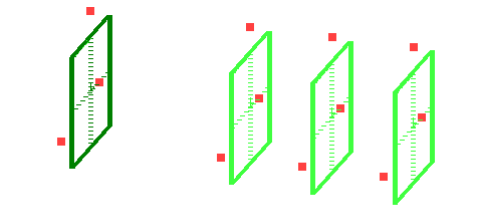


Локальная система координат – элемент, позволяющий осуществлять привязку трёхмерных объектов в пространстве. Используется при вставке 3D изображения, 3D фрагментов, в операциях копирования, для разборки сборочных 3D моделей и др. Для построения этого элемента нужно определить начальную точку и направления осей системы координат. При привязке объекта совмещается исходная (на новом объекте) и целевая (к которой осуществляется привязка) системы координат.

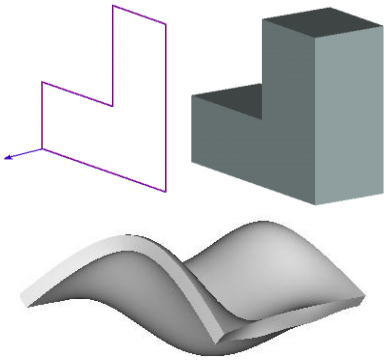
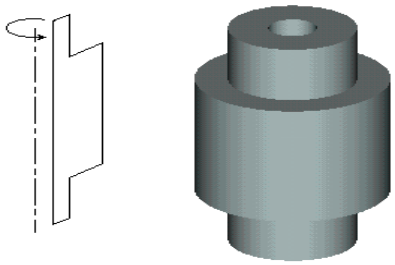
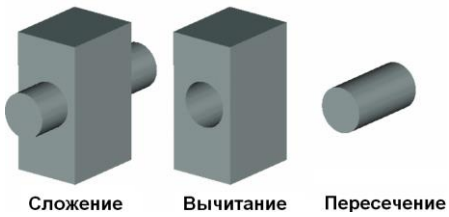
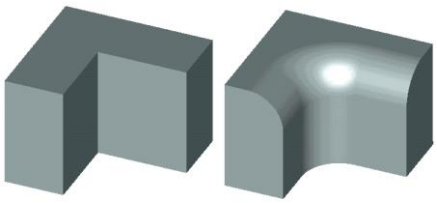


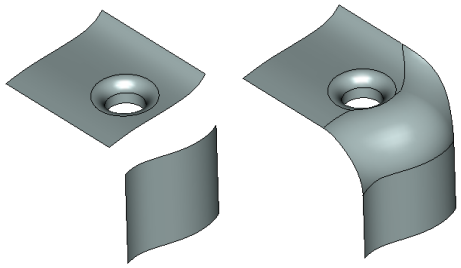
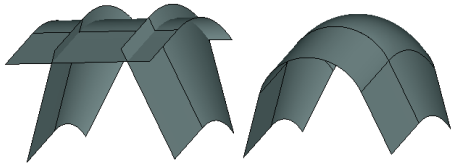
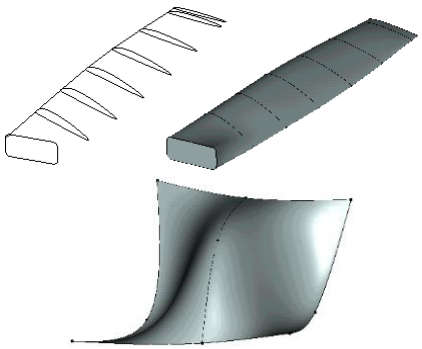
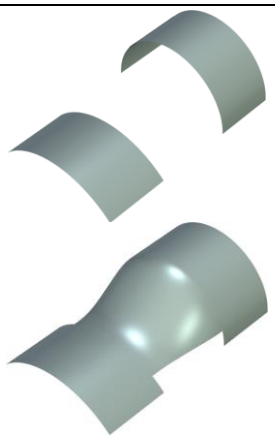
3D коннектор – особый вид локальных систем координат, позволяющий, помимо выполнения функций привязки, автоматически связать внешние переменные для стыкуемых параметрических элементов сборочных 3D моделей. Это значительно упрощает позиционирование деталей и подбор параметров при проектировании сборок.

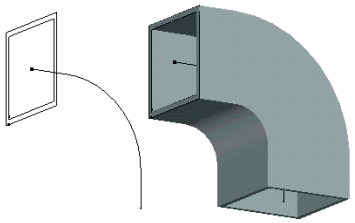
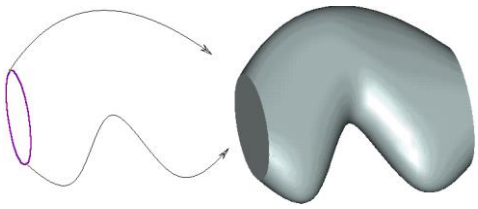
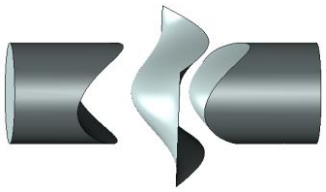
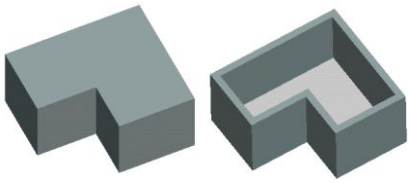


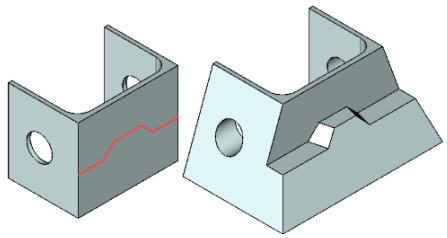
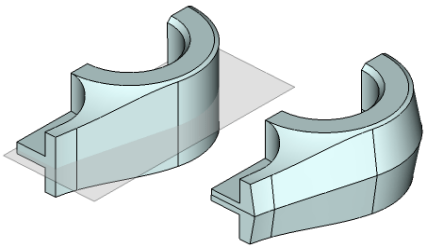
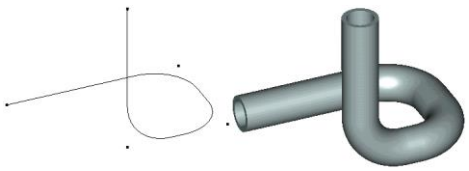
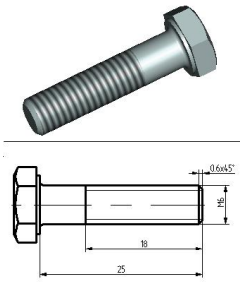
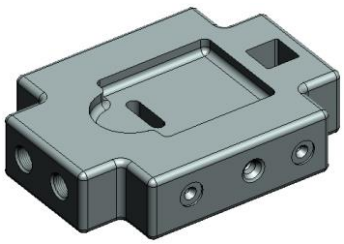
3D путь – конечная пространственная кривая, имеющая направление. Используется в операции **По траектории, Трубопровод**, **По сечениям**. Может задаваться на основе штриховки, 2D путей, как набор рёбер трёхмерного тела, как кривая, построенная по последовательности 3D узлов, преобразованием существующих 3D путей и др. 3D путь может быть замкнутым.	
Трасса – 3D путь, состоящий из участков, которые сопрягаются дугами окружностей. Участки пути могут представлять собой отрезки прямых или сплайны. Данная команда предназначена в основном для прокладки трубопроводов. Большой набор опций и инструментов данной команды позволяет быстро и удобно решать подобные задачи.	
3D Сечение – элемент, в общем случае представляющий результат выталкивания на бесконечное расстояние плоской кривой или ломаной линии. Выталкивание происходит перпендикулярно плоскости, на которой лежит кривая. В частном случае 3D сечение может состоять из одной плоскости или набора плоскостей. В этом случае его можно использовать при построении двухмерных разрезов. 3D сечение может учитываться при визуализации объектов 3D сцены, использоваться в операции отсечения.	
Массив построений – особый составной элемент построения. Массив построений представляет собой определённым образом организованную совокупность копий любых элементов построения, кроме сечений, источников света, камер. Копии, входящие в состав такого массива, могут использоваться как обычные элементы построения. Массивы построений создаются и редактируются с помощью любой из операций создания 3D массивов.	 Исходные элементы построения Массив построений (совокупность копий исходных элементов)

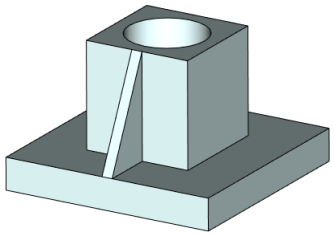
Основные трёхмерные операции

Выталкивание – результатом выполнения данной операции является тело, образующееся при поступательном перемещении контура вдоль указанного направления. При помощи данной операции можно получать как твёрдые, так и листовые тела. Выталкивание можно производить не только по вектору выталкивания, но и по нормали к поверхности контура в одну или в обе стороны. Таким образом можно придать толщину любой грани, в том числе и неплоской.	
Вращение – результатом выполнения данной операции является тело, образующееся при вращательном перемещении контура вокруг пространственной оси на заданный угол. Исходный контур может располагаться произвольным образом относительно оси, но он не должен пересекать ось вращения. При помощи данной операции можно получать как твёрдые, так и листовые тела.	
Булева операция – предназначена для создания нового тела на основе комбинирования двух уже существующих тел. Указывается тип операции: сложение, вычитание или пересечение.	
Сглаживание рёбер - операция, которая позволяет модифицировать уже созданное тело за счёт сглаживания его вершин, рёбер и граней. Основное отличие этой операции от других видов сглаживания состоит в том, что новая поверхность строится от выбранного ребра и сопрягается только с прилегающими гранями. Операция позволяет строить фаску, скруглять рёбра переменным радиусом или эллиптической поверхностью.	

Сглаживание граней – операция, которая позволяет строить поверхность перехода от одного набора гладко сопряжённых граней к другому. Наборы сглаживаемых граней не обязаны иметь общие рёбра (пересекаться). Команда имеет много настроек для управления формой поверхности перехода, задания условий обрезки, ограничений и др. Не следует рассматривать данную операцию как альтернативу операции сглаживания рёбер. Эти два подхода со своими плюсами и минусами удачно дополняют друг друга.	
Сглаживание трёх граней. Частный случай сглаживания граней, выведенный в отдельную команду. Операция позволяет построить поверхность перехода между «правой» и «левой» стенкой, касательно к «средней» стенке.	
По сечениям – операция, предназначенная для создания новых тел со сложной геометрией. Сплайновые результирующие поверхности формируются на основе заданных в одном или двух направлениях элементов каркаса, с учётом выбранных граничных условий. В качестве основы могут служить практически любые элементы модели, несущие в себе геометрию одного из трёх типов: «точка», «проволока», «лист». В зависимости от типа геометрии исходных элементов результат может быть получен как в виде твёрдого тела, так и в виде набора поверхностей.	
Мостик – операция, предназначенная для создания соединения двух наборов поверхностей (листовых тел или граней твёрдого тела) переходной поверхностью с минимальным числом действий. Соединяющая поверхность определяется условием непрерывности: «по поверхности (G0)», «по касательной (G1)» и «по кривизне (G2)».	

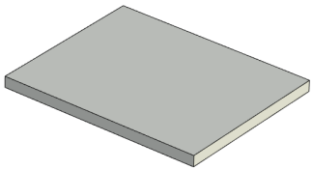
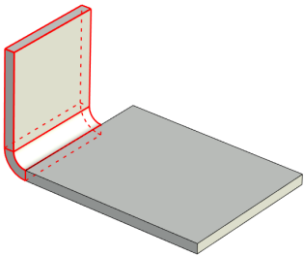
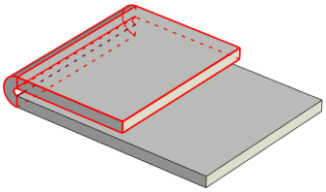
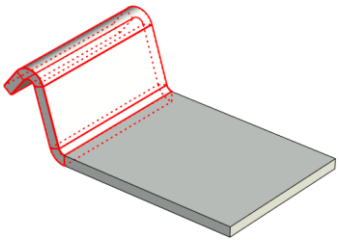
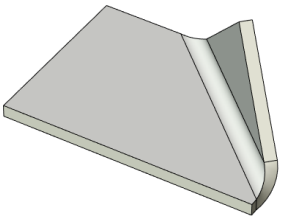
По траектории – операция, позволяющая создавать тела, поверхность которых образуется в результате перемещения профиля произвольной формы вдоль пространственной кривой. При движении 3D профиля по траектории можно управлять его кручением относительно оси траектории и масштабированием.	
По параметрам – служит для расширения возможностей операции «По траектории». Исходный профиль задаётся таким образом, что при изменении одной переменной может меняться его положение и геометрия. Указывается диапазон изменения значений управляющей переменной. Тело получается после изменения геометрической формы и положения профиля в результате пересчёта по всему диапазону значений переменной.	
Спираль – операция, позволяющая создавать тела в виде спирали. В качестве образующего контура можно использовать профиль произвольной формы. Данную операцию можно использовать для создания точной модели резьбы. В большинстве случаев, когда требуется только имитация резьбы, рекомендуется использовать специализированную команду «Резьба».	
Пружина – специализированная операция, позволяющая создавать тела – пружины. От операции спираль отличается формированием начальной и конечной частей спирали. В качестве образующего профиля используется окружность.	
Отсечение – операция, позволяющая разделить тело на две части или отсечь от тела лишнюю часть. В качестве секущей поверхности можно использовать набор связанных граней, сечения, рабочие плоскости.	
Оболочка – операция делает деталь полой, удаляя выбранные грани и формируя стенки заданной толщины на остальных гранях. Можно создать полое тело и без удаления грани. Другая специальная функция позволяет создавать новые тела, эквидистантные к выбранному.	

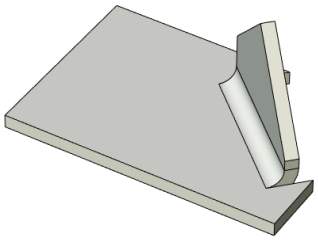
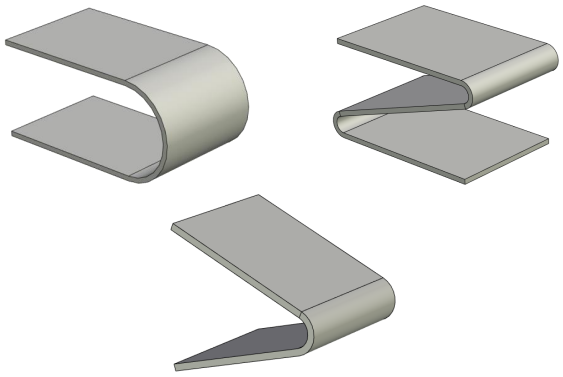
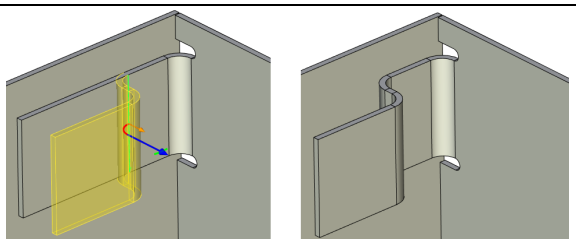
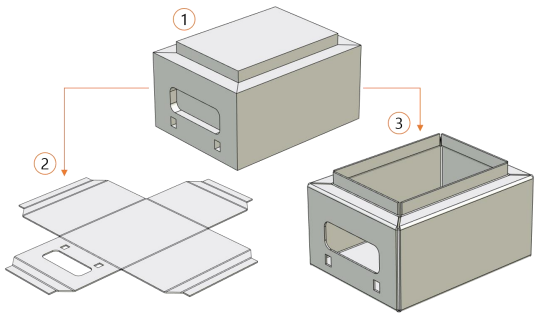
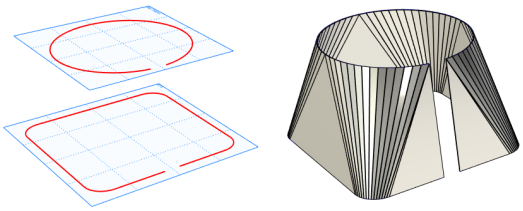
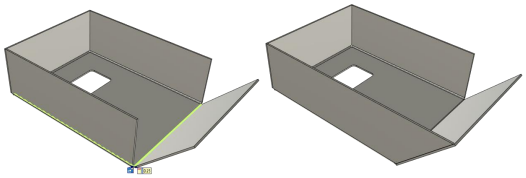
Уклон граней – операция позволяет отклонять выбранные грани на заданные углы с автоматической коррекцией смежных граней.	
Уклон тела – операция позволяет получать 3D тела путём уклонения граней выбранного тела на заданные углы относительно выбранных рёбер этого тела. При помощи этой операции значительно упрощается процесс проектирования литейных форм. В отличие от операции "Уклон граней" эта операция позволяет создавать двухсторонние уклоны, уклонять грани тела, не имеющие явного "неподвижного" ребра.	
Трубопровод – формируется труба вдоль пространственной траектории (3D пути). Задаётся диаметр трубы и диаметр отверстия. Отверстие в трубе может отсутствовать.	
Резьба – операция, позволяющая создавать имитацию резьбы на цилиндрических и конических гранях трёхмерной модели. При создании проекций детали, содержащей косметические резьбы, на чертеже автоматически формируется условное обозначение резьбы.	
Отверстие – операция, позволяющая создавать стандартные отверстия. Работает вместе со специальной параметрической библиотекой отверстий, согласованной с современными стандартами. Команда позволяет одновременно создавать наборы отверстий и отверстия в нескольких телах, а также резьбовые отверстия. При создании резьбового отверстия на новой грани показывается косметическая резьба.	

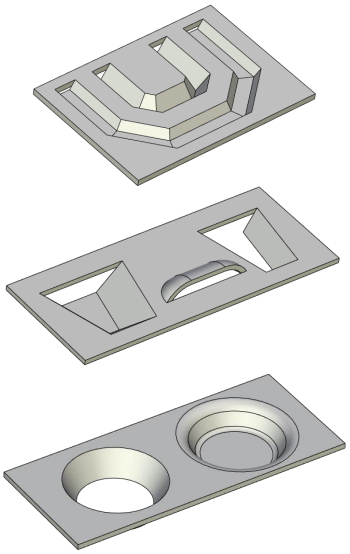
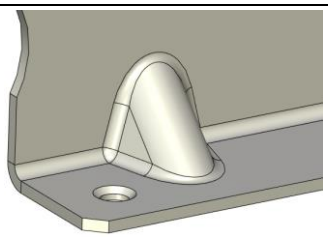
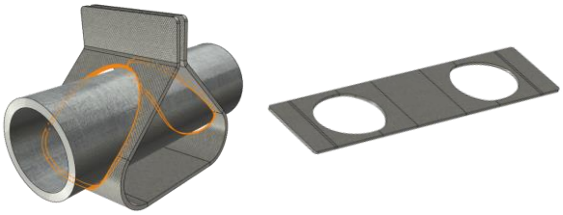
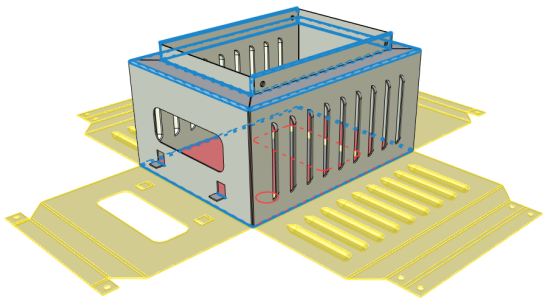
Ребро жёсткости – операция, позволяющая создавать ребра жёсткости твёрдого тела на основе одного или нескольких 3D профилей. Результатом выполнения операции является твёрдое тело, полученное булевой операцией объединения созданного ребра жёсткости с исходным телом.	

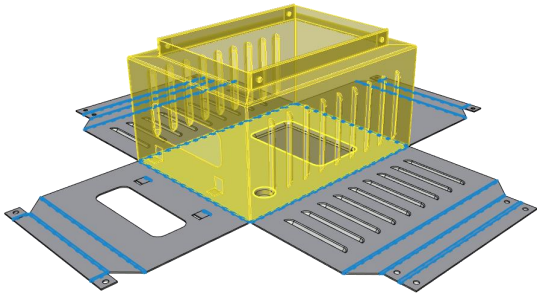
Операции для работы с листовым металлом

Специализированные операции для работы с листовым металлом объединены в отдельную группу.

Заготовка. Операция позволяет создавать заготовку листовой детали с заданной толщиной. Для создания необходимо выбрать 3D профиль, который может быть замкнутым или незамкнутым.	
Фланец. Операция позволяет приклеить к листовому телу фланец или несколько фланцев.	
Отбортовка. Операция позволяет строить отбортовку по выбранным рёбрам листовой детали.	
Фланец по контуру. Операция позволяет приклеивать к листовому телу фланец, форму которого определяет образующая. Образующая задаётся 3D профилем, трассой или 3D путём.	
Сгиб. Операция позволяет выполнить гибку листовой заготовки вдоль выбранной линии сгиба. Линия сгиба задаётся 3D профилем, трассой, 3D путём, ребром, двумя 3D точками.	

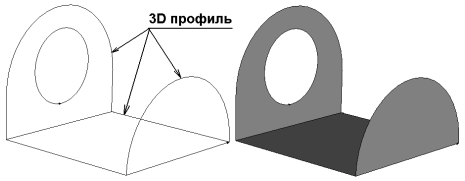
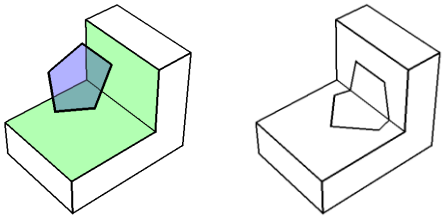
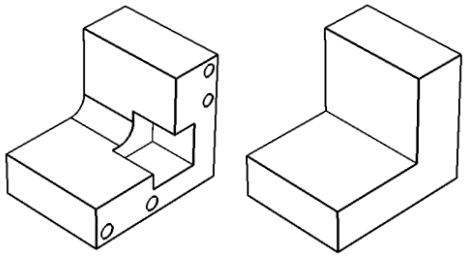
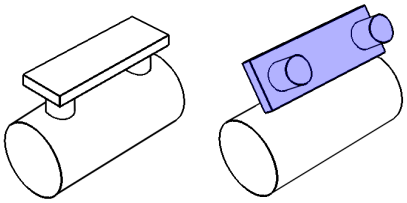
Отгиб. Операция позволяет выполнить отрезку и отгиб отдельной части исходной заготовки.	
Перемычка. Команда позволяет создавать переходную геометрию с заданным радиусом сгиба между рёбрами двух листовых тел равной толщины, объединяя эти тела в одно.	
Подсечка. Команда позволяет строить двойной сгиб на листовом теле под произвольным углом. Служит для сопряжения двух параллельных фланцев.	
Преобразование тела в лист. Операция позволяет создавать листовые тела и их развёртки из твёрдых тел.	
Гибка по сечениям. Операция позволяет создавать сложные листовые тела на основе 2-х контуров. В качестве контуров могут использоваться 3D профили, 3D пути и рёбра.	
Угол. Операция позволяет строить в необработанных углах листовых деталей ослабления и задавать нахлёст.	

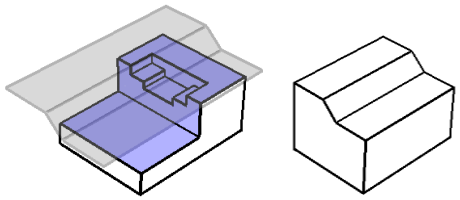
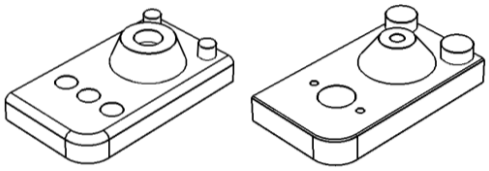
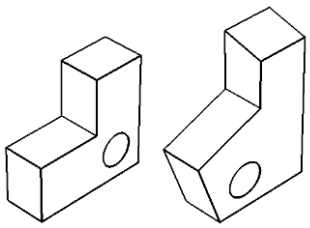
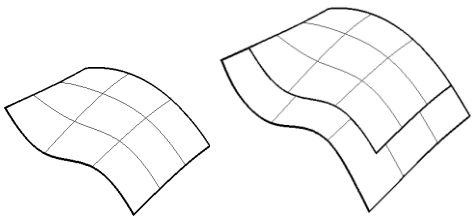
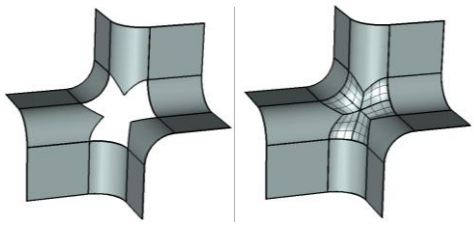
Выштамповка. Операция позволяет строить часто используемые элементы листовой штамповки - отбортовки, карманы, люверы, канавки и др. элементы.	
Ребро жёсткости. Операция позволяет строить рёбра жёсткости на листовых деталях.	
Вырез по нормали. Операция позволяет строить вырез с зазором на листовом теле с перпендикулярными к основным граням боковыми стенками.	
Разгибание. Операция позволяет выполнить разгибание согнутой листовой детали или её элементов.	

Повторная гибка. Операция позволяет повторно согнуть разогнутую листовую деталь или отдельный её элемент.	

Операции для работы с гранями

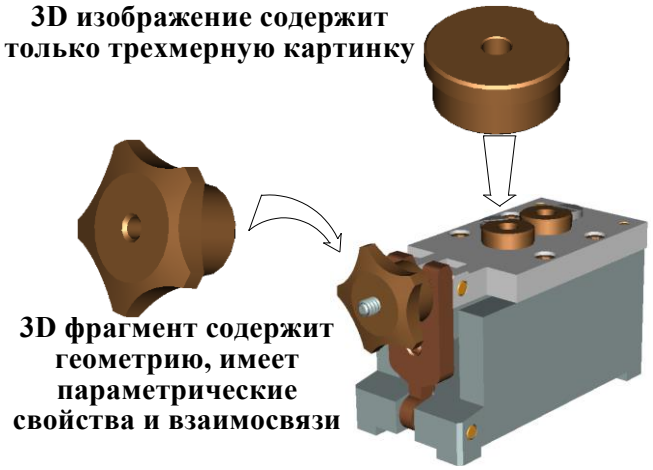
В отдельную группу объединён набор команд, предназначенных для работы непосредственно с гранями тел.

Сшивка – данная операция позволяет создавать твёрдые тела или тонкостенные конструкции из набора разрозненных соприкасающихся поверхностей (граней, 3D профилей, листовых тел). При сшивке набора в твёрдое тело операция может достраивать недостающие простые поверхности.	
Разделение граней – данная операция предназначена для разрезания существующих граней, формирования на них новых участков заданной формы (врезки новых граней). Формирование нового участка производится либо на основе разделяющего элемента (листового тела), либо на основе геометрии разделяемого элемента.	
Удаление граней – данная операция позволяет удалить одну или несколько выбранных граней. Удаление граней приводит к нарушению топологии твёрдого тела. В нём образуются пустоты, нарушающие замкнутый объём. В этом случае образуется листовое тело. При необходимости система может попытаться ликвидировать их различными методами.	
Отделение граней – команда позволяет исключить выбранные грани из уже существующего тела и создать на их основе новое тело. Получившиеся при этом пустоты в телах могут быть замкнуты различными способами.	

Замена граней – команда позволяет заменить геометрическую поверхность под выбранными гранями другими поверхностями. В качестве заменяющей поверхности можно использовать листовое тело.	
Изменение граней – данная команда позволяет изменить параметры граней, в основе которых лежат аналитические поверхности (цилиндр, конус, сфера и тор), а также параметры граней, полученных с помощью операции сглаживание.	
Перемещение граней – команда позволяет применить преобразование к одной или нескольким выбранным граням.	
Расширение поверхности – данная команда позволяет увеличить размеры выбранной грани (или нескольких граней, принадлежащих листовому телу) в заданном направлении на заданную длину.	
Заполнение области – команда предназначена для создания одной или нескольких граней, затягивающих область, ограниченную замкнутой последовательностью рёбер. В зависимости от исходной геометрии, программа может заполнить область на основе аналитической, линейчатой поверхности или непосредственно указанного листового тела.	

Операции по вставке и копированию 3D элементов

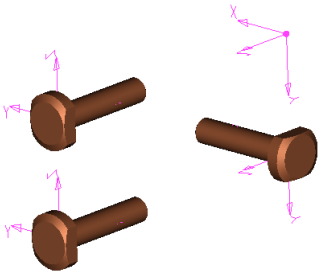
3D фрагмент – операция, позволяющая использовать геометрические данные 3D модели, спроектированной в отдельном файле, для создания сборочных моделей. 3D фрагментом может быть любой документ системы T-FLEX CAD, содержащий трёхмерную модель.

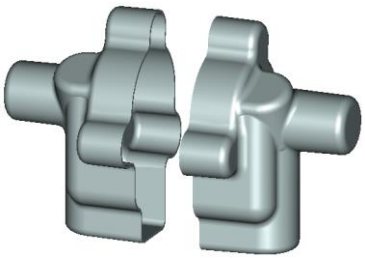
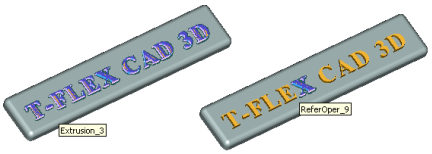
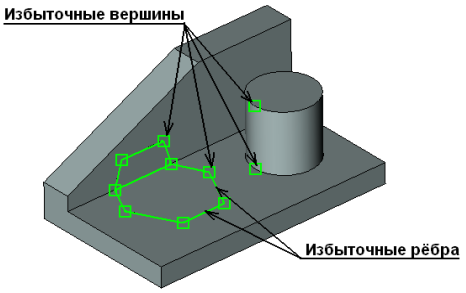


3D изображение – в отличие от фрагмента, изображение не содержит геометрической модели, не имеет параметрических свойств и связей между элементами. Оно представляет собой трёхмерную картинку детали, внешне ничем не отличающейся от 3D фрагмента. 3D изображения удобно использовать на конечном этапе работы, когда нет необходимости изменять размеры элемента. При этом сокращается время пересчёта всей сборочной модели, так как 3D изображения не пересчитываются. На базе 3D изображения невозможно создавать другие элементы, например, нельзя выбрать какую-либо грань такого объекта или построить проекцию.

Внешняя модель – операция позволяющая импортировать модели, созданные в других системах, использующих формат Parasolid (*.x_t и *.xmt_txt). Также как 3D изображения, такие объекты лишены параметрических свойств, но их элементы (вершины, рёбра, грани) можно использовать для дальнейших построений.

Ссылочный элемент – операция, позволяющая создать объект соответствующего типа, хранящий копию геометрии исходного элемента. Эта копия «помнит» информацию об источнике, и его геометрия может обновляться либо автоматически, либо по запросу пользователя в зависимости от соответствующего параметра ссылочного элемента.

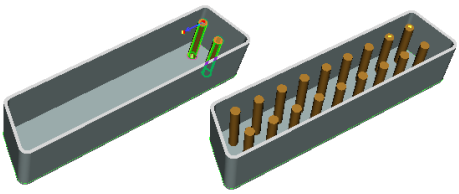
Копия – операция, предназначенная для создания копий тел, операций, граней, элементов построения с различными параметрами преобразования. При копировании используется элемент «Локальная система координат».	

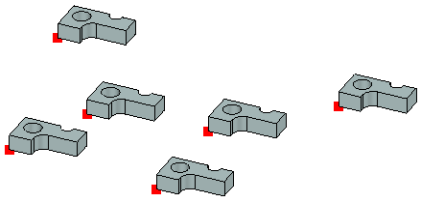
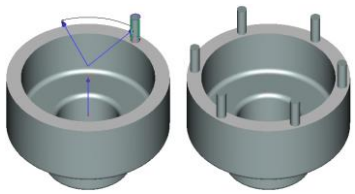
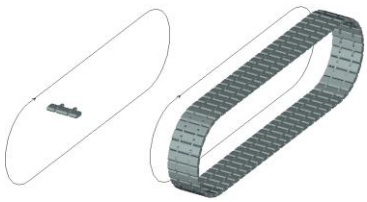
Симметрия – операция, предназначенная для создания симметричной копии тел, операций, граней, элементов построения относительно заданной плоскости.	
Разделение на тела – операция предназначена для разделения на отдельные части операций, содержащих несколько тел. Полученные в результате выполнения разделения тела могут быть использованы по отдельности. Например, операция «массив», после выполнения данной команды будет разделена на отдельные элементы. Также команда может быть использована при работе с импортированной из другой системы моделью, которая состоит из нескольких тел.	 Операция выталкивания многоконтурного профиля на основе текста (Extrusion_3) разбита на отдельные тела (буквы)
Упрощение – операция, позволяющая удалять избыточную топологию (рёбра или вершины) на телах или поверхностях и улучшать качество сплайновых поверхностей.	

Операции создания 3D массивов

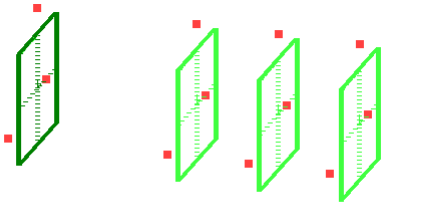
Операции создания массивов позволяют создавать сразу несколько копий исходных 3D объектов. В качестве исходных объектов для создания массивов (объектов копирования) могут выбираться не только операции и Тела, но также 3D элементы построения и грани.

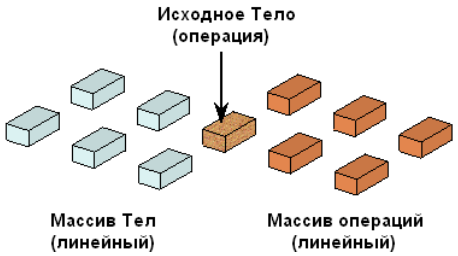
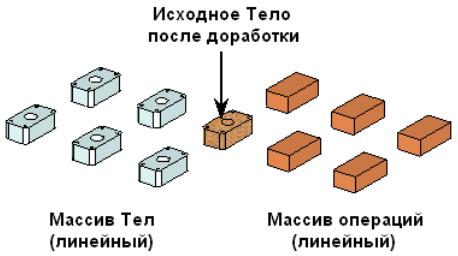
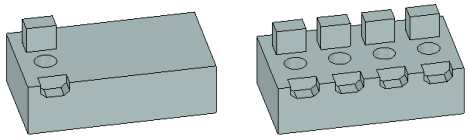
Расположение создаваемых копий (элементов массива) зависит от вида массива: линейный, круговой, массив по точкам, массив по пути, параметрический массив.

Линейный массив – копии исходных объектов размещаются вдоль одного или двух направляющих векторов с заданным шагом. Копии могут располагаться не только в прямом, но и в обратном направлении вдоль каждого направляющего вектора.	

Массив по точкам – положение копий массива задаётся с помощью 3D точек.	
Круговой массив – копии располагаются по окружности вокруг оси массива. Возможно вращение в обратном направлении, в том числе создание копий одновременно в двух направлениях вращения. Также допускается создание копий во втором направлении - вдоль оси массива или в радиальном направлении.	
Массив по пути – копии располагаются вдоль одной или двух пространственных кривых. Можно устанавливать различные способы размещения копий вдоль каждой направляющей кривой – по хорде, с минимальным кручением, параллельным переносом.	
Параметрический массив – положение в пространстве и параметры копий определяются заданным параметрическим законом.	

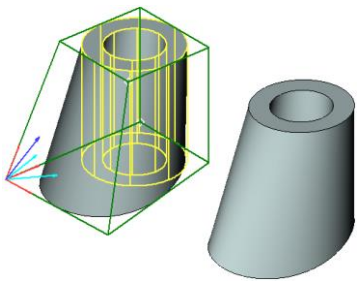
В зависимости от типа копируемых объектов массивы делятся на следующие типы: массивы элементов построения, массивы операций, массивы Тел, массивы граней. Все массивы одного типа, вне зависимости от их вида, обладают общими особенностями создания и редактирования.

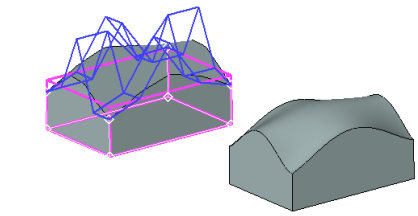
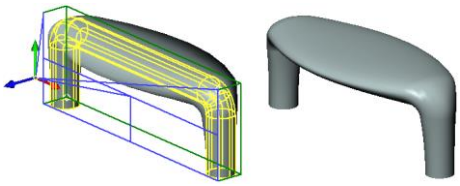
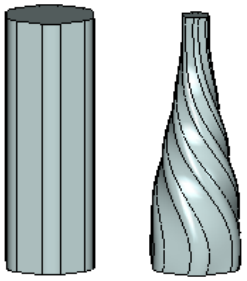
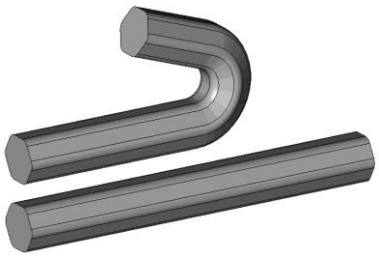
Массив элементов построений – копируются любые 3D объекты построения, кроме сечений, источников света, камер. В результате создаётся особый элемент 3D построений – массив построений.	

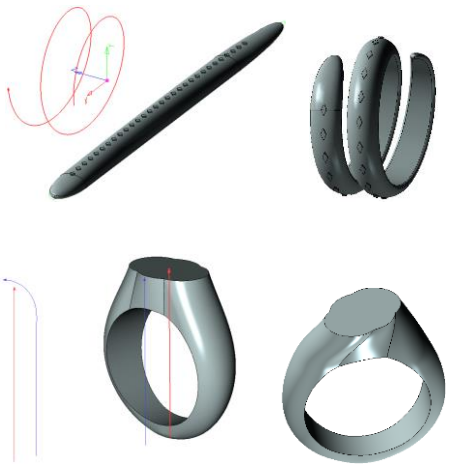
Массив операций – копирует только результат выбранной операции. После трансформации полученного операцией тела другой преобразующей операцией массив не изменяется.	
Массив Тел – копируется целиком Тело. Если в дальнейшем Тело будет доработано, массив будет пересчитан с учётом новых операций, вошедших в историю Тела.	
Массив граней – используется для добавления к существующим в 3D модели Телам отверстий и выступов, повторяющих уже имеющиеся в них конструктивные элементы. Любой массив граней всегда создаётся на базе одного Тела модели: все копируемые грани должны принадлежать этому Телу.	

Операции деформации

Операции деформации позволяют выполнять изменение твёрдых или листовых тел различными способами. При применении данных операций на основе параметров, задаваемых пользователем, в модели формируется внутренняя функция, производящая деформацию объёма деформируемого тела. Применение функции непрерывным образом деформирует весь объём этого тела (или его части). Топология деформируемой части тела не изменяется. Сохраняется количество граней, рёбер, вершин и т.д. При необходимости, грани и рёбра частного вида (плоскости, отрезки, цилиндры, дуги окружностей и т.д.) автоматически заменяются на сплайновые поверхности и кривые.

Перекос – этот вид деформации предполагает наличие исходного тела и системы координат, в которой рассчитывается ограничивающий параллелепипед. Закон деформации задаётся перемещением вершин данного параллелепипеда в разных направлениях. Перемещение может осуществляться вдоль любой из координатных осей системы координат, вдоль рёбер ограничивающего параллелепипеда, по диагоналям граней ограничивающего параллелепипеда.	

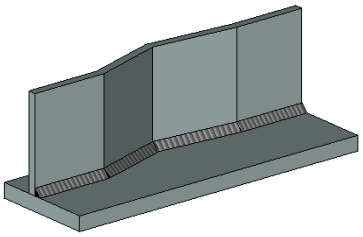
Скульптурная деформация – в данном виде деформации определяется регулярная сетка точек на одной из граней ограничивающего параллелепипеда. Любая из точек на этой сетке может быть перемещена относительно исходного положения на заданную величину. В результате плоская грань условного ограничивающего параллелепипеда преобразуется в пространственную сплайновую поверхность, которая формирует требуемый закон преобразования тела. Операция скульптурной деформации имеет 3 режима: Односторонний – перемещаются только точки, расположенные на одной грани параллелепипеда; Двухсторонний – перемещаются точки, расположенные на противоположных гранях параллелепипеда. Точки на грани, противоположной выбранной, перемещаются в том же направлении на то же расстояние; Симметричный – точки на противоположной грани перемещаются симметрично относительно плоскости симметрии параллелепипеда.	 
Масштабирование/скручивание – данная операция позволяет задать различные масштабы и углы скручивания в разных сечениях вдоль оси выбранной системы координат. Деформация может выполняться как всего тела, так и в границах заданной пользователем области. Кроме масштабирования и скручивания сечений, можно растягивать или сжимать область деформации целиком в направлении выбранной оси деформации. Для сечений масштабы по разным осям могут быть разными.	
Сгибание – операция позволяет согнуть выбранное тело относительно выбранной оси на заданный угол. Для создания деформации указывается деформируемое тело, начало и направление оси сгибания, угол и радиус сгибания. Для задания оси сгибания, угла и радиуса сгиба используется специальный многоэлементный манипулятор в виде ЛСК с дополнительными элементами для задания угла и радиуса сгибания.	

Деформация по кривой – при деформации по кривой происходит совмещение исходной кривой, ассоциированной с деформируемым телом, с целевой кривой. Построенная в результате функция деформации применяется к деформируемому телу. Пользователь может управлять положением тела относительно кривой. При деформации можно выбрать из трёх алгоритмов управления ориентацией тела и метода использования исходных кривых.	
3D кривая – 3D кривая. Этот метод использует одну исходную и одну целевую кривую. В большинстве случаев на практике исходная кривая является прямой. В качестве примера можно рассмотреть одну из типовых задач, решаемых данным алгоритмом – сворачивание исходного тела в кольцо. **Кривая – Спираль.** В качестве результирующей выбирается спиралеподобная кривая и задается ось спирали. **Пара кривых – Пара кривых.** Задается исходная пара кривых и целевая пара кривых. Дополнительные кривые выполняют функцию управления кручением тела относительно основной кривой.	
Деформация по поверхности – данный вид деформации формирует закон отображения одной поверхности в другую поверхность и применяет его к исходному телу. В качестве исходных данных с исходной и целевой стороны выбираются поверхности и по три точки на этих поверхностях для последующего совмещения. Также можно задавать дополнительное смещение результата от целевой поверхности. Преобразование работает в двух режимах – «По параметрам» и «С минимальными искажениями». В первом случае выполняется точное совмещение параметрических пространств поверхностей по выбранным точкам. Во втором случае сохраняются пропорции геометрических расстояний, измеренных между некоторыми точками на исходной поверхности.	

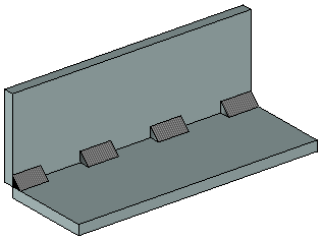
Команды для создания сварных швов

Для проектирования сварных деталей предназначена группа команд в меню **Сервис** > **Сварка**. С их помощью можно создавать на 2D чертеже или 3D модели различные виды стандартных и нестандартных сварных швов. Для созданных сварных швов можно автоматически наносить обозначения и составлять таблицы сварных швов.

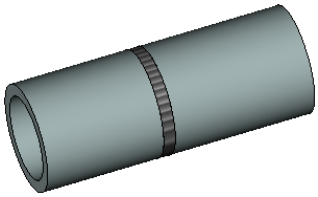
3D сварные швы могут быть угловыми, прерывистыми угловыми, стыковыми, составными. Угловые, прерывистые угловые, стыковые 3D сварные швы обозначаются в 3D сцене специальным «декоративным» телом с характерной текстурой.



Угловой 3D сварной шов



Прерывистый угловой 3D сварной шов



Стыковой 3D сварной шов

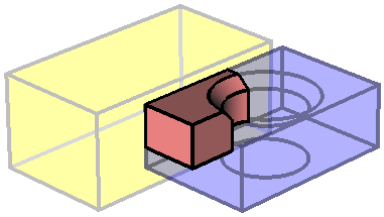
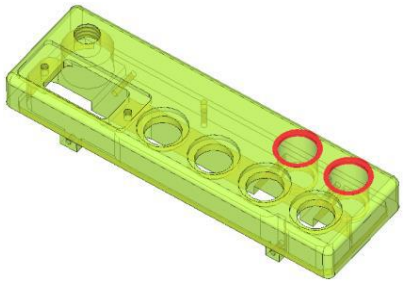
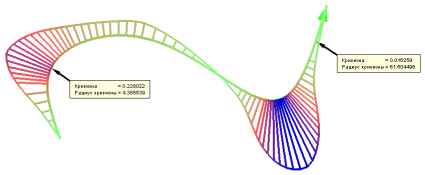
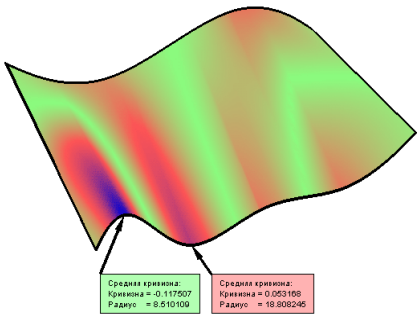
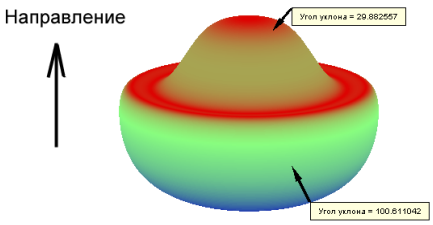
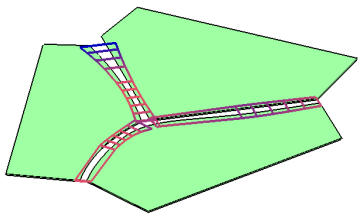
Составной шов является особой разновидностью 3D сварного шва. С его помощью можно указать, что какие-то элементы 3D модели (тела, рёбра, 3D профили, 3D пути, совокупность нескольких уже существующих 3D сварных швов) являются 3D швом. При этом в 3D сцене изображение сварного шва не создаётся.

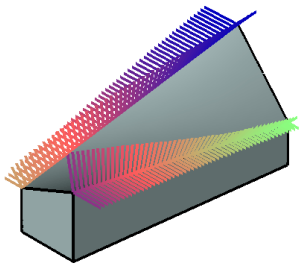
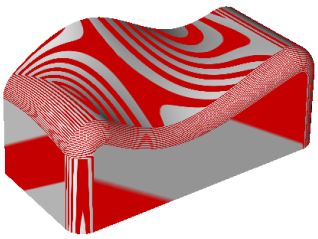
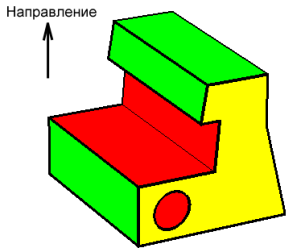
Команды для анализа геометрии

Измерения – команда, позволяющая определять взаимное расположение объектов в 3D сцене, проникает ли одно тело в другое, каково минимальное расстояние между элементами. Кроме того, для выбранных элементов можно вычислить различные геометрические характеристики – длину ребра, площадь грани, координаты узлов, и т.д. Можно назначить переменные, которые с помощью специальной функции будут считывать требуемые характеристики с нужных элементов. Таким образом, значения характеристик можно использовать в качестве исходных данных для дальнейших построений.

Характеристики – команда позволяет произвести расчёт масс-инерционных характеристик выбранных операций. При необходимости расчёт можно провести относительно выбранной системы координат.

Проверка модели – команда предназначена для проведения диагностики выбранного тела на предмет выявления ошибок в его геометрии.

Пересечение тел – данная команда позволяет проверить модель на предмет пересечения и касания между собой выбранных тел. Команда особенно полезна при работе со сборками.	
Проверка изменений – команда позволяет выявить различия между двумя телами 3D модели, одного тела на разных стадиях проведения изменений или различные конфигурации и исполнения одного тела.	
Кривизна кривых – данная команда позволяет измерить кривизну и радиус кривизны у выбранных кривых. Кривизна отображается в виде эпюры кривизны. Для измерения кривизны могут быть выбраны рёбра и 3D пути.	
Кривизна поверхностей – данная команда позволяет измерить кривизну и радиус кривизны одной или нескольких выбранных граней. Можно увидеть распределение кривизны целиком по грани (для этого модель соответствующим образом изменяет свой цвет), или узнать значение кривизны в конкретной точке.	
Отклонение граней – данная команда позволяет определить отклонение нормали выбранной грани от заданного направления. Цветовое отображение грани позволяет увидеть отклонение по всей грани. Также можно измерить отклонение в конкретной точке.	
Зазор между гранями – данная команда позволяет оценить зазор между двумя или несколькими выбранными гранями. Команда используется для анализа моделей, полученных при некачественном импорте/экспорте.	

Расхождение нормалей граней – данная команда позволяет измерить расхождение между нормалями соседних граней в указанных рёбрах. Отображаемые в 3D окне эпюры помогают увидеть расхождение нормалей по всей длине ребра. Также можно измерить угол расхождения нормалей в конкретной точке.	
Гладкость модели – команда позволяет оценить гладкость модели. После входа в команду на грани тела особым образом накладывается специальная текстура, обычно состоящая из длинных светлых и тёмных полос. Такое отображение делает возможным визуально определить, являются ли смежные грани гладко сопряжёнными по касательной, либо гладко сопряжёнными по кривизне.	
Разнимаемость формы – данная команда позволяет найти грани областей, препятствующих раскрытию литейной или пресс-формы. Кроме этого отображаются те грани, угол наклона которых к выбранному направлению меньше заданного.	

Инженерный анализ

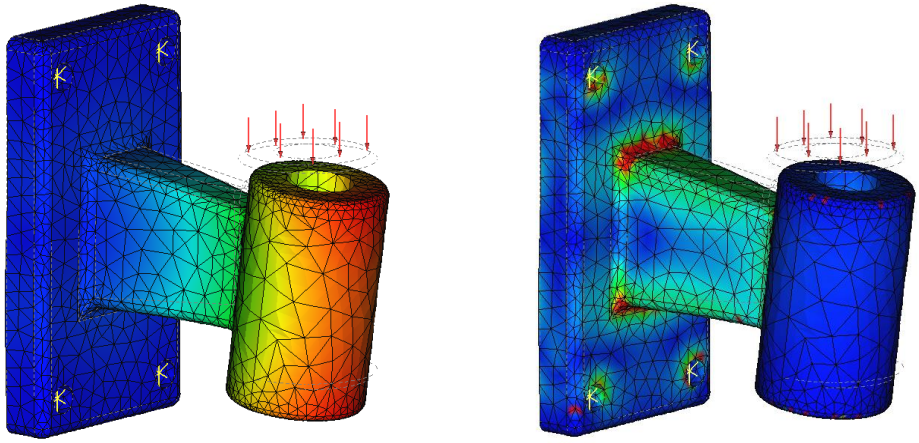
Кроме команд анализа геометрии, описанных в предыдущем параграфе, в комплексе T-FLEX CAD существуют дополнительные модули, позволяющие проводить более сложные виды анализов модели: **конечно-элементный анализ** и **динамический анализ**.

Конечно-элементный анализ – модуль «T-FLEX Анализ», позволяющий осуществлять различные виды конечно-элементных расчётов:

- ✓ **Статический анализ** позволяет осуществлять расчёт напряжённо-деформированного состояния конструкций под действием приложенных к системе постоянных во времени сил;
- ✓ **Частотный анализ** позволяет осуществлять расчёт собственных (резонансных) частот конструкции и соответствующих форм колебаний;
- ✓ **Анализ устойчивости** важен при проектировании конструкций, эксплуатация которых предполагает продолжительное воздействие различных по интенсивности нагрузок;
- ✓ **Тепловой анализ** – модуль обеспечивает возможность оценки температурного поведения изделия под действием источников тепла и излучения.
- ✓ **Анализ вынужденных колебаний** проводится для предсказания поведения конструкции под действием внешних воздействий, изменяющихся по гармоническому закону.

- ✓ **Анализ усталости** – позволяет изучать прочность материала при действии переменных нагрузок.

T-FLEX Анализ ориентирован на решение физических задач в объёмной постановке. Все расчёты ведутся с применением метода конечных элементов (МКЭ). Для математической аппроксимации изделия используется её эквивалентная замена сеткой из тетраэдральных элементов. При этом между трёхмерной моделью изделия и расчётной конечно-элементной моделью поддерживается ассоциативная связь. Параметрические изменения исходной твердотельной модели автоматически переносятся на сеточную конечно-элементную модель.



Результаты конечно-элементного моделирования (перемещения и напряжения)

В стандартную поставку T-FLEX CAD 3D включена только ограниченная ознакомительная версия модуля конечно-элементного анализа – **Экспресс-анализ**. Экспресс-анализ является облегчённой версией модуля «T-FLEX Анализ», специально адаптированной для проведения упрощенных, но качественных прочностных расчётов. В распоряжении пользователя имеется необходимый набор типов нагрузок и закреплений. Основываясь на геометрии модели T-FLEX CAD, автоматический генератор экспресс-анализа создаёт качественную конечно-элементную сетку. После выполнения расчёта в графическом виде выводятся результаты по деформациям, напряжениям, перемещениям, запасу прочности.

Полнофункциональный модуль конечно-элементного анализа «T-FLEX Анализ» приобретается отдельно.

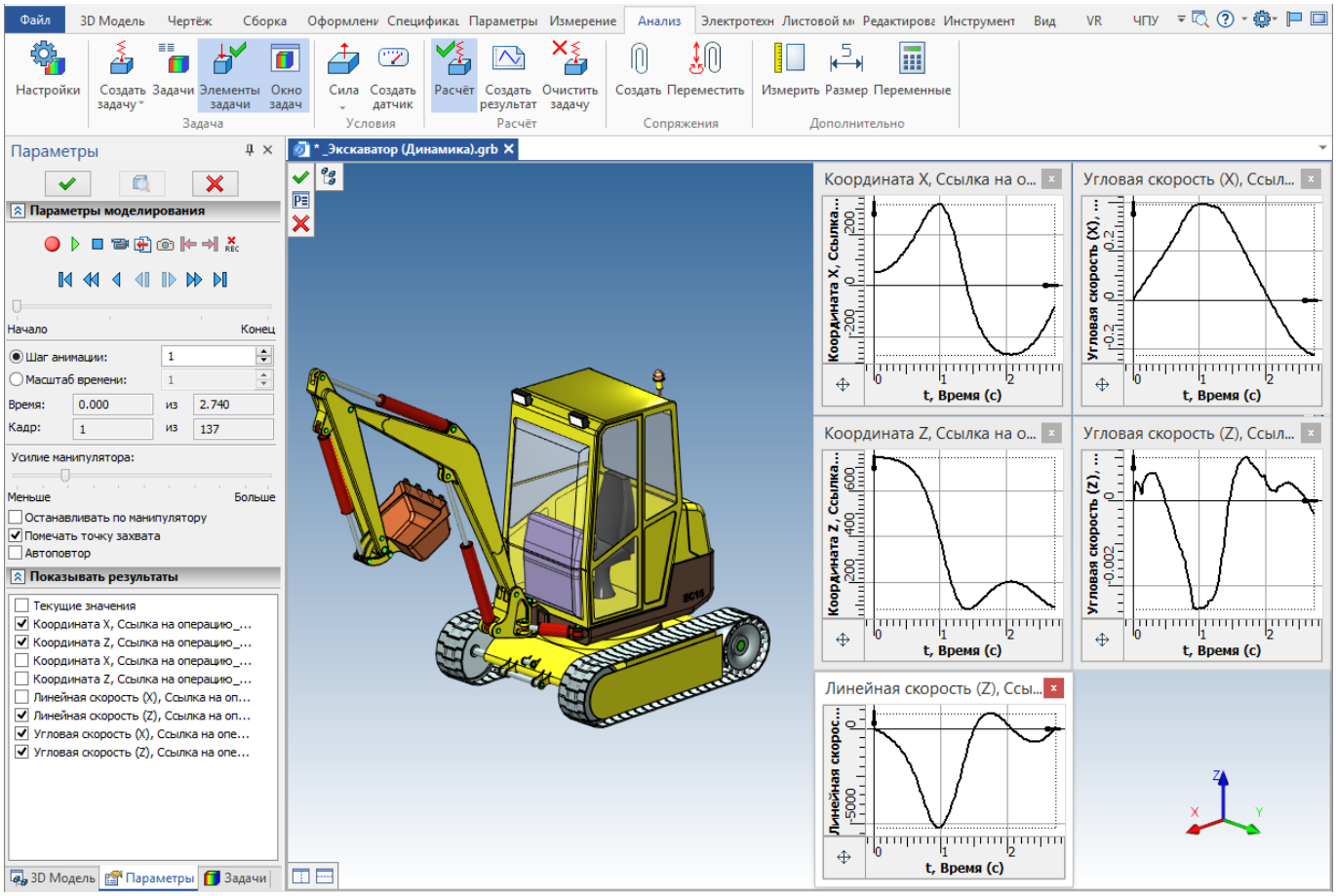
Более подробно о работе с модулем конечно-элементного анализа можно прочитать в руководстве «T-FLEX Анализ».

Динамический анализ – модуль, позволяющий производить исследование динамического поведения различных пространственных механических систем.

Модуль динамического анализа может решать следующие задачи:

- ✓ анализ траекторий движения, скоростей, ускорений любых точек компонентов механической системы под действием сил;

- ✓ анализ временных характеристик механической системы (время прихода в целевую точку, время затухания колебаний и т.д.);
- ✓ анализ сил, возникающих в компонентах механической системы в процессе движения (силы реакции в опорах, сочленениях и т.д.).



Модель механизма описывается как система твёрдых тел, шарниров и нагрузок. Данные для анализа автоматически берутся непосредственно от созданной в системе T-FLEX CAD геометрической модели. При моделировании используются обычные инструменты T-FLEX CAD, для задания связей между трёхмерными телами используются сопряжения и степени свободы. В системе также имеются средства моделирования контактов между любыми твёрдыми телами, способные обрабатывать одновременное контактное взаимодействие сотен и тысяч твёрдых тел произвольной формы.

В качестве нагрузок для тел можно задать начальные линейные и угловые скорости, силы, моменты, пружины, гравитацию и т.д. Для считывания результатов используются специальные элементы-датчики. Для анализа доступны многие величины: координаты, скорости, ускорения, силы реакций в шарнирах, усилия в пружинах и т.д. Непосредственно в процессе расчёта пользователь может наблюдать за поведением модели с любой точки. По готовым результатам динамического расчёта можно создавать анимационные ролики.

В стандартную поставку T-FLEX CAD 3D включена только ограниченная ознакомительная версия модуля динамического анализа – экспресс-анализ динамики. Экспресс-анализ имеет некоторые ограничения по видам нагружений и по выводу результатов динамического анализа (отсутствуют инструменты для получения численных результатов расчёта). В коммерческом модуле результаты расчёта выдаются в виде графиков, динамических векторов-стрелок и в виде массива чисел (точки графика).

Полнофункциональный модуль динамического анализа при необходимости приобретается отдельно.

Более подробно о работе с модулем динамического анализа можно прочитать в руководстве «T-FLEX Динамика».

Вспомогательные команды и операции

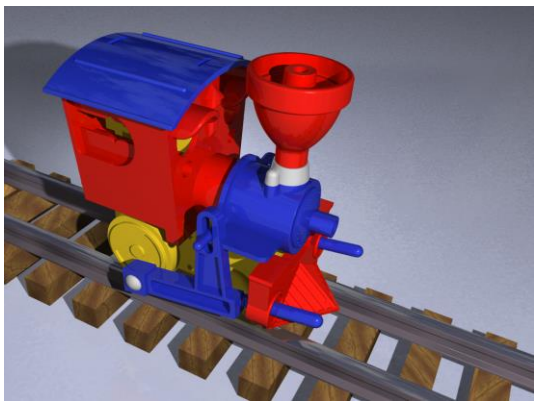
Материал - элемент системы, назначаемый в качестве параметра каждому созданному телу. Материал позволяет придавать компьютерным моделям сходство с реальным изделием. Он содержит перечень характеристик реального материала, с которым мы имеем дело в действительности. Материал имеет параметры: плотность, отражающая способность, поглощающая способность и т.д. Назначить материал для всего тела можно в параметрах любой операции.

Наложение материала - операция, которая служит для назначения материала конкретным граням тела.

Преобразование – эта команда позволяет задать преобразования перемещения и поворота для изменения пространственного положения выбранного объекта в 3D сцене. Команда доступна для всех операций и большинства элементов 3D построений.

Фотореалистичное изображение – команда позволяет создать фотореалистичное изображение объектов 3D сцены с возможностью последующего сохранения в форматах BMP, PNG, JPG, GIF, TIFF, TIF, TGA,.





Фотореалистичное изображение может создаваться с использованием различных инструментов:

- ✓ Графического процессора GPU;
- ✓ Центрального процессора CPU;

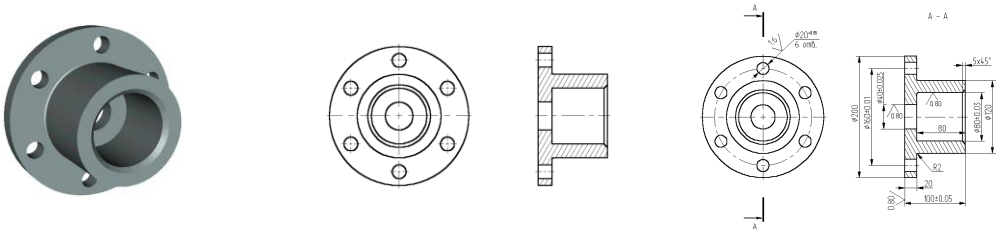
- ✓ Приложения POV-Ray (поставляется вместе с T-FLEX CAD 3D).

Для создания фотореалистичного изображения нужно настроить материалы, источники света, создать камеру, настроить сцену, качество изображения модели.

Возможно построение фотореалистичного изображения сборки в разобранном состоянии, а также его использование при создании анимационных видеороликов.

2D проекции

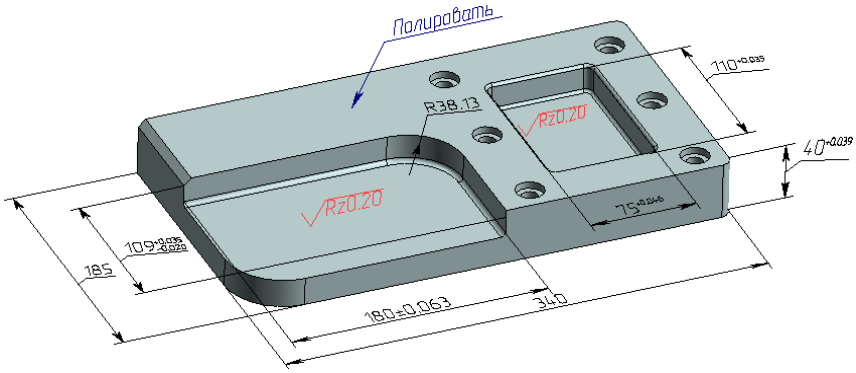
2D проекция позволяет проецировать на плоскость все тела трёхмерной сцены или выборочные тела, или отдельные элементы. Полученное изображение располагается в 2D окне. При получении проекций могут учитываться сечения, например, для создания разрезов. Такой подход позволяет избежать дополнительных построений в 2D окне. Достаточно построить трёхмерное тело, а необходимые виды в 2D окне получить методом проецирования. В дальнейшем 2D проекции могут быть использованы для оформления чертежей.



3D элементы оформления

T-FLEX CAD позволяет проставлять элементы оформления чертежа (размеры, надписи, шероховатости) непосредственно на гранях, рёбрах и вершинах 3D модели.

Возможность создания трёхмерных элементов оформления позволяет внести в 3D модель не только геометрическую, но и технологическую и другую информацию, которая впоследствии может быть использована при построении чертежей по 2D проекциям, а также в других приложениях, например, в модулях технологического проектирования или создания управляющих программ для ЧПУ.



Визуализация трёхмерных объектов

Вид – это совокупность информации о состоянии 3D окна: точка взгляда, расстояние до объекта, параметры визуализации, способ проецирования и т.д. Конкретные наборы этих данных можно запоминать, для того чтобы быстро установить 3D сцену в требуемое положение.

Способ визуализации – способ, с помощью которого трёхмерные тела отображаются в 3D окне. Первый способ – **рёберная модель**. Способ удобен тем, что элементы заднего плана не заслоняются передними элементами. Также можно увидеть объекты, расположенные внутри тела.

Второй способ – **тоновая закраска**. Грани тел отображаются с учётом заданного цвета.

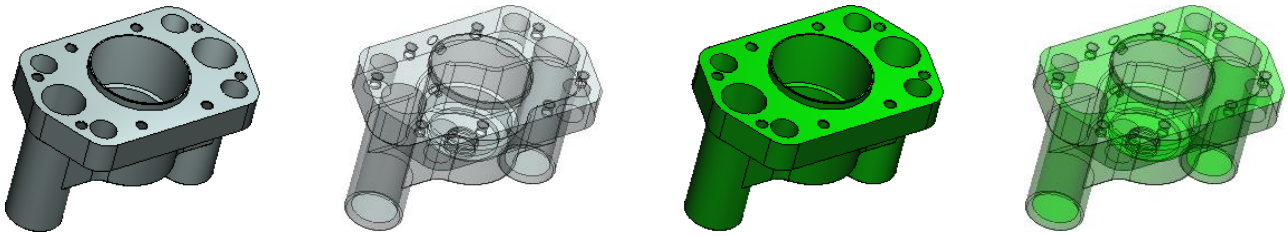
Третий способ – **тоновая закраска с материалами**. Грани отображаются с учётом выбранного материала, как для тела в целом, так и в соответствии с материалом, наложенным на отдельные грани.

Четвертый способ – рёберная модель **с удалением невидимых линий**. Используется быстрый алгоритм определения видимости линий.

Пятый способ – рёберная модель **с точным удалением невидимых линий**. Рисуется рёберная модель в текущем положении без невидимых линий.



Для **тоновой закраски** и **тоновой закраски с материалами** можно дополнительно включить *режим полупрозрачного изображения*. При применении полупрозрачности 3D модель отображается с соблюдением правил основного способа визуализации, но все грани тел в 3D сцене становятся полупрозрачными.



Тоновая закраска с материалами

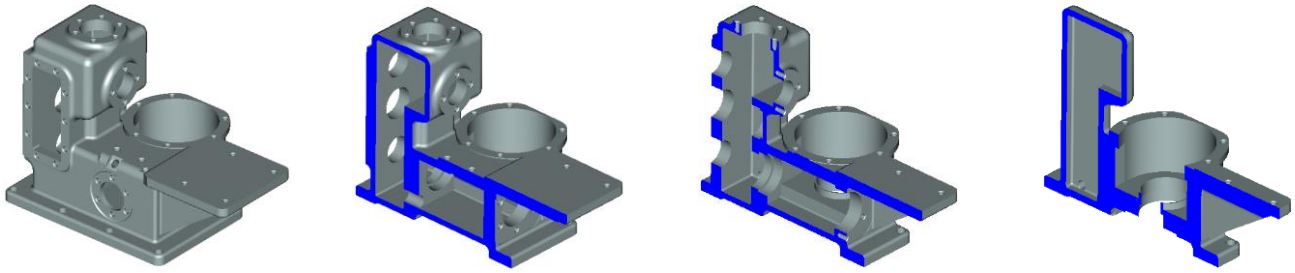
Тоновая закраска с материалами и полупрозрачность

Тоновая закраска

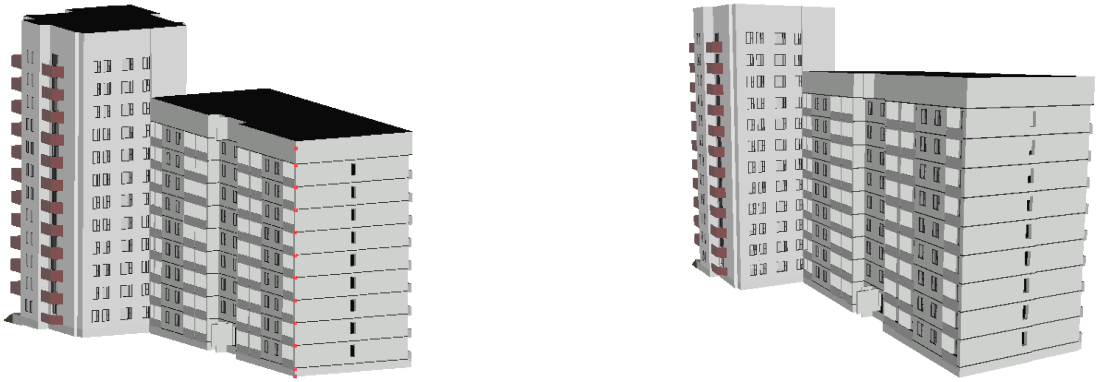
Тоновая закраска и полупрозрачность

Плоскость обрезки – плоскость, в момент задания расположенная параллельно плоскости экрана. Она может перемещаться вдоль фиксированного направления (используйте +Ctrl+Shift) и

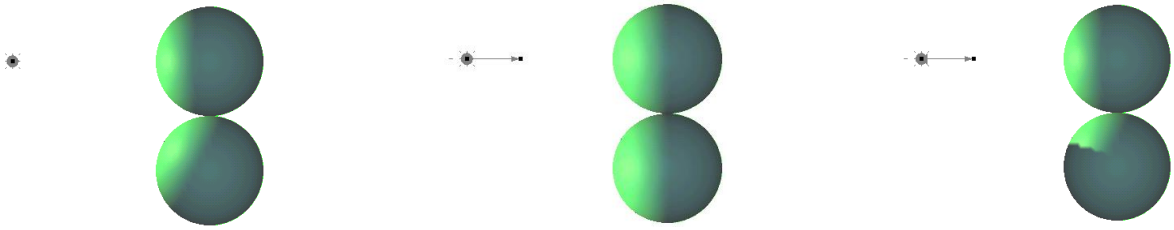
рассекать объекты сцены. Используется для визуального анализа внутренних элементов тел, а также для выбора объектов 3D сцены, расположенных внутри тел.



Метод проецирования – команда, позволяющая определить представление объектов в 3D сцене: либо без учёта расстояния до точки взгляда и угла зрения – параллельное проецирование; либо с учётом этих параметров – перспективное проецирование.

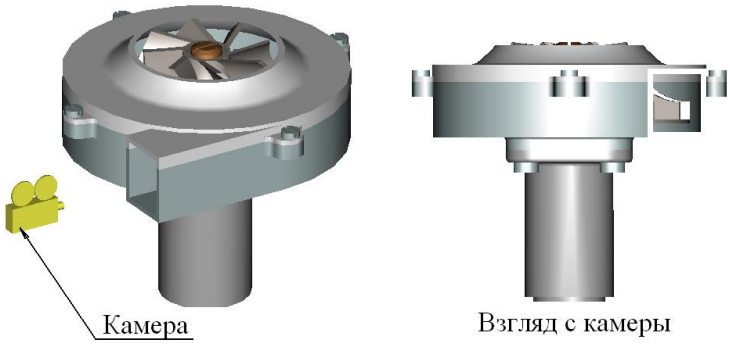


Источник света – элемент, позволяющий регулировать освещённость трёхмерной сцены. В начальный момент существует один источник света, расположенный в точке взгляда. Источник света может быть точечным, направленным или в виде прожектора. По мере необходимости пользователь может создавать собственные источники света, управлять их интенсивностью, направленностью, включать или выключать любой из них. Источник света используется при создании фотореалистичного изображения.



Камера – элемент, определяющий точку и направление взгляда на 3D сцену. В каждом 3D окне имеется одна камера “по умолчанию”. Можно создавать собственные камеры, выбирать активную камеру. Создаваемые камеры можно перемещать по сцене с помощью специальных манипуляторов или привязывать к локальным системам координат. Также может изменяться и направление взгляда

камеры. Это позволяет осуществлять осмотр внутренних элементов сцены, создавать анимационные ролики.



Анимация трёхмерной модели

Анимация трёхмерной модели проводится теми же средствами, которые используются при анимации чертежей. То есть при изменении переменных происходит изменение в модели. Назначается диапазон и шаг изменения переменной. Ввиду того, что пересчёт трёхмерной модели при изменении переменной занимает больше времени, в интерактивном режиме наблюдать анимацию затруднительно. Поэтому для просмотра изменений удобно создать мультимедиа файл формата *.AVI (видеоролик).

При создании ролика можно использовать фотореалистичное изображение. В этом случае каждый кадр фильма будет обработан приложением POV-RAY.

Организация твердотельного моделирования в T-FLEX CAD 3D

Общие рекомендации перед созданием 3D модели

Перед началом создания 3D модели необходимо проанализировать деталь. От того, насколько тщательно инженер продумает будущую модель, зависит степень автоматизации процесса проектирования. Процесс создания параметрической модели на первоначальном этапе занимает несколько больше времени по сравнению с методами, где параметризация не используется. Но зато это даёт колоссальный выигрыш на последующих этапах, например, для получения документации на различные варианты изделия.

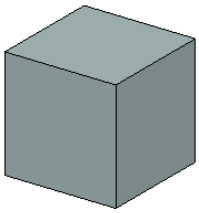
Благодаря большой гибкости системы, достичь одного и того же результата можно несколькими путями. Одна из главных задач проектировщика состоит в том, чтобы найти оптимальное решение. Конечно, это будет зависеть от того, насколько хорошо проектировщик владеет инструментами системы T-FLEX CAD 3D.

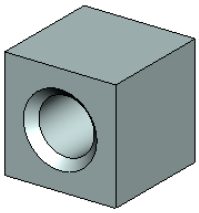
Для начала решите для себя, какие операции вы будете использовать при создании элементов детали, как будет осуществляться привязка различных частей между собой, какие следует наложить взаимосвязи и граничные условия, в каких местах модели удобнее использовать переменные. Для

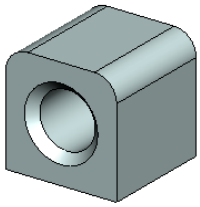
упрощения сложной сборочной модели следует предусмотреть применение фрагментов, 3D изображений, операций копирования, использование библиотек. После того как созрел приблизительный план проектирования изделия, можно приступать к созданию модели.

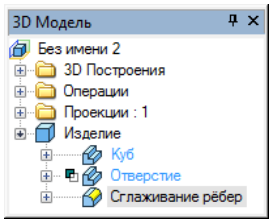
Параметризация. Регенерация модели

Модель в T-FLEX CAD строится следующим образом: сначала на основе вспомогательных 3D элементов посредством трёхмерных операций создаются новые Тела. Затем на их базе создаются другие Тела, далее они модифицируются, трансформируются, на них накладываются определенные взаимосвязи, граничные условия и т.п. Каждый элемент построения или операция занимает свое место в истории модели. Можно условно называть одни элементы – родительскими, другие – потомками. Иерархическая структура модели отображается в виде дерева.



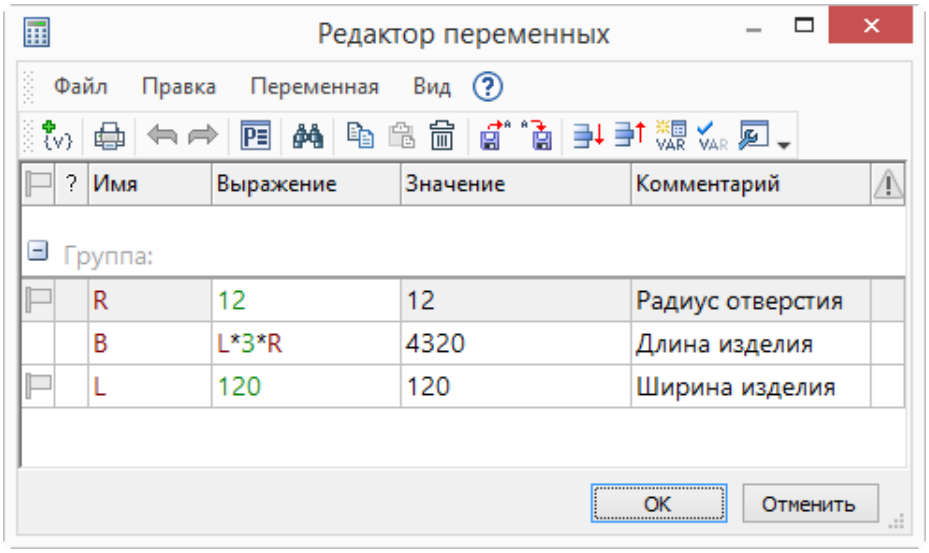




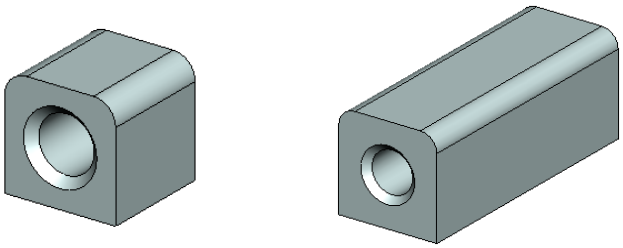


Теперь представьте, что потребовалось изменить один из параметров родительского элемента – операции, в результате чего, например, должны измениться его геометрические размеры. При этом элементы-потомки должны изменить свое положение в пространстве в соответствии с новым положением родительских элементов и заложенными в модели параметрическими связями. T-FLEX CAD позволяет решать подобные вопросы благодаря своей архитектуре, поддерживающей сквозную параметризацию.

Слово «параметризация» скрывает в себе большое количество возможностей. Практически каждый параметр любой команды (операции) можно изменять в любое время. Кроме того, вместо численных или текстовых значений параметров команды можно задавать переменные. Эти переменные, например, можно включить в расчёт или наложить условия зависимости от других параметров и переменных.



Итак, мы изменили параметр родительского элемента. После этого либо автоматически, либо вручную включается процесс пересчёта модели. Система последовательно пробегает по структуре модели, подставляет переменные и пересчитывает модель.



Процесс пересчёта модели называют ещё регенерацией. В T-FLEX CAD есть полная и частичная регенерация. Полная регенерация нужна для обновления всего чертежа и модели. При этом заново пересчитываются все объекты. Частичная регенерация нужна для экономии времени. Система самостоятельно анализирует, какие объекты были изменены после последней регенерации и пересчитывает только измененные объекты и их потомки.

Для обновления модели вызывайте команду неполного пересчёта:

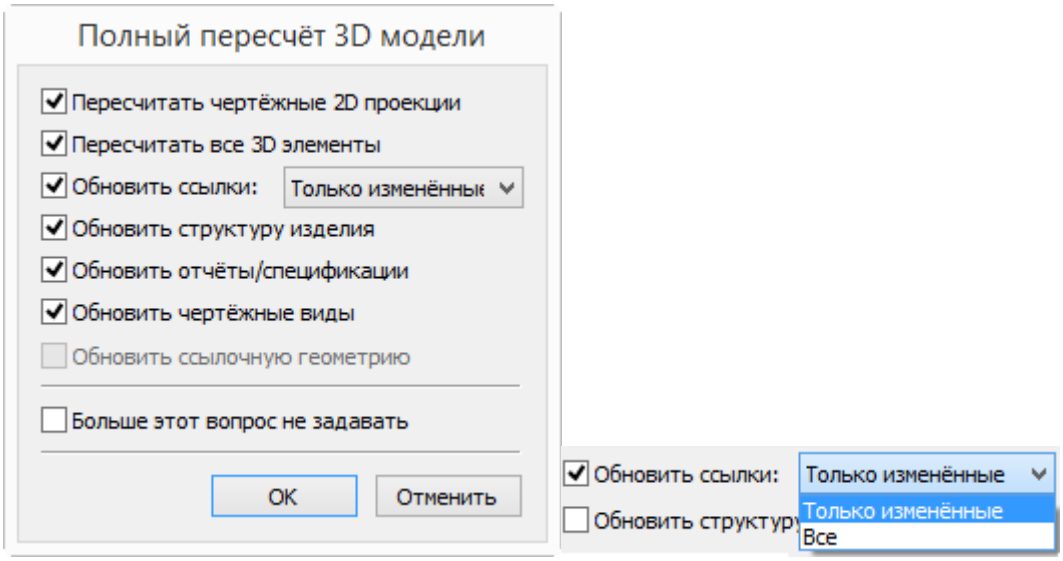
Пиктограмма	Лента
	Параметры → Инструменты → Обновить
Клавиатура	Текстовое меню
<Alt><F7> или <3G>	Сервис > Обновить

Полная регенерация вызывается командой:

Пиктограмма	Лента
	Параметры → Инструменты → Полный пересчёт
Клавиатура	Текстовое меню
<3RG>	Сервис > Полный пересчёт

После вызова команды происходит полный пересчёт трёхмерной модели. В отличие от команды **Обновить**, которая рассчитывает только изменившиеся элементы, в данной команде происходит пересчёт каждого элемента. После пересчёта автоматически обновляется изображение в окне 3D вида текущего документа.

После вызова команды на экране появляется диалог:



Если установлен флаг **Пересчитать чертёжные 2D проекции**, то будут пересчитываться только изменившиеся 3D элементы (оптимальный пересчёт) и все проекции пересчёта.

Если установлен только флаг **Пересчитать все другие 3D элементы**, то пересчитываются все 3D объекты.

> Если выставить оба флага, то запускается полный пересчёт модели. Если оба флага не выставлены, то запускается оптимальный пересчёт.

Флаг **Обновить ссылки** позволяет в процессе пересчёта выполнить обновление используемых в текущем документе файлов (фрагменты, картинки, базы данных). Можно задать режим обновления только неактуальных ссылок - **Только изменённые**, либо обновление всех - значение **Все**. В этом случае в процессе полного пересчёта неявно выполняется команда **UL: Обновить ссылки**.

Флаг **Обновить структуру изделия** обновляет все структуры изделия существующие в документе.

Флаг **Обновить отчёты/спецификации** позволяет выполнить обновления всех созданных в документе отчётов и спецификаций.

Установка флага **Больше этот вопрос не задавать** позволит избежать появления этого окна при каждом последующем вызове команды.

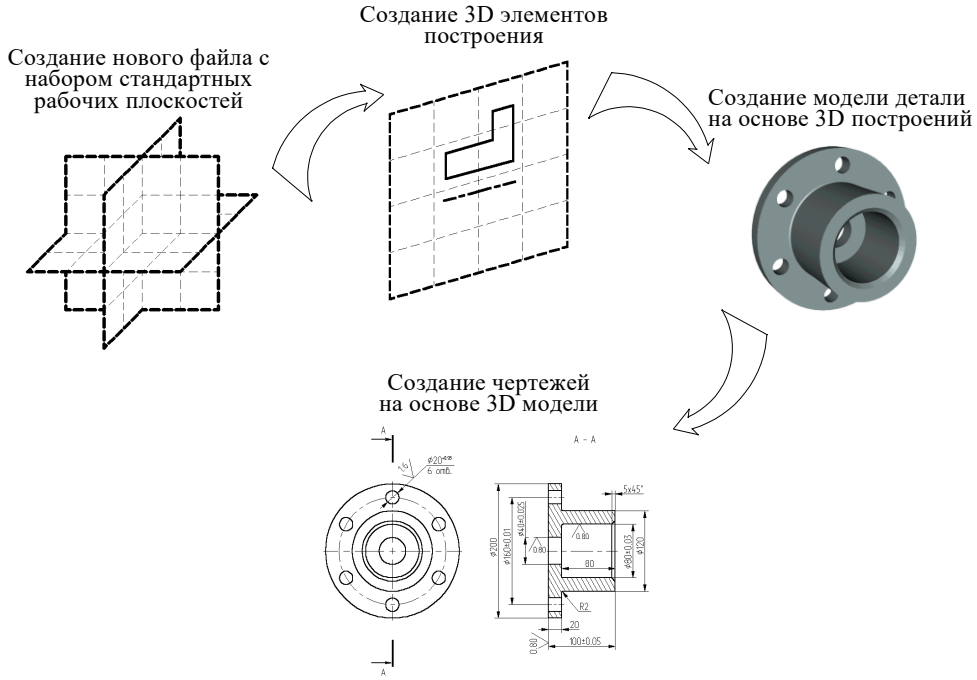
Методы создания трёхмерной модели

В системе T-FLEX CAD существуют различные подходы к созданию 3D модели. **Основной** принцип проектирования выглядит следующим образом: после создания нового документа, сразу можно приступать к построению 3D модели по схеме «Рабочая плоскость – Эскиз – Модель». Другой подход позволяет использовать при построении модели готовые 2D чертежи или вспомогательные построения в 2D пространстве. Этот подход условно можно назвать **«От 2D к 3D»**.

При создании 3D модели тем или иным методом используются одни и те же операции для создания трёхмерных тел. Различие методов заключается в том, каким образом созданы 3D элементы построения.

Основной метод

Ниже на схеме представлен процесс проектирования при использовании основного метода.



Создавая новый файл, можно выбрать соответствующий прототип для создания 3D модели (`3D модель.GRB`). Это можно сделать командой **F3: Новая 3D модель**. Открывается 3D окно с набором стандартных рабочих плоскостей. Можно приступать к созданию 3D модели.

При создании 3D модели основным методом можно обойтись без 2D окна. Все вспомогательные элементы – профили, узлы, 3D пути и т.д. – можно получить, используя те же инструменты для 2D черчения, но уже в 3D окне.

Как правило, для создания операции требуется определённый набор вспомогательных 3D элементов построения. После выбора рабочей плоскости или плоской грани можно приступать к созданию 3D профиля – становятся доступными все команды для 2D черчения. Также как и в 2D, можно чертить новые линии, контуры и т.д. на активизированной рабочей плоскости.

Параметрические свойства могут автоматически закладываться в модель уже на этом этапе. Не выходя из режима черчения можно вызвать команду создания 3D операции, например, выталкивания. Система автоматически создаст 3D профиль на основе новых линий изображения.

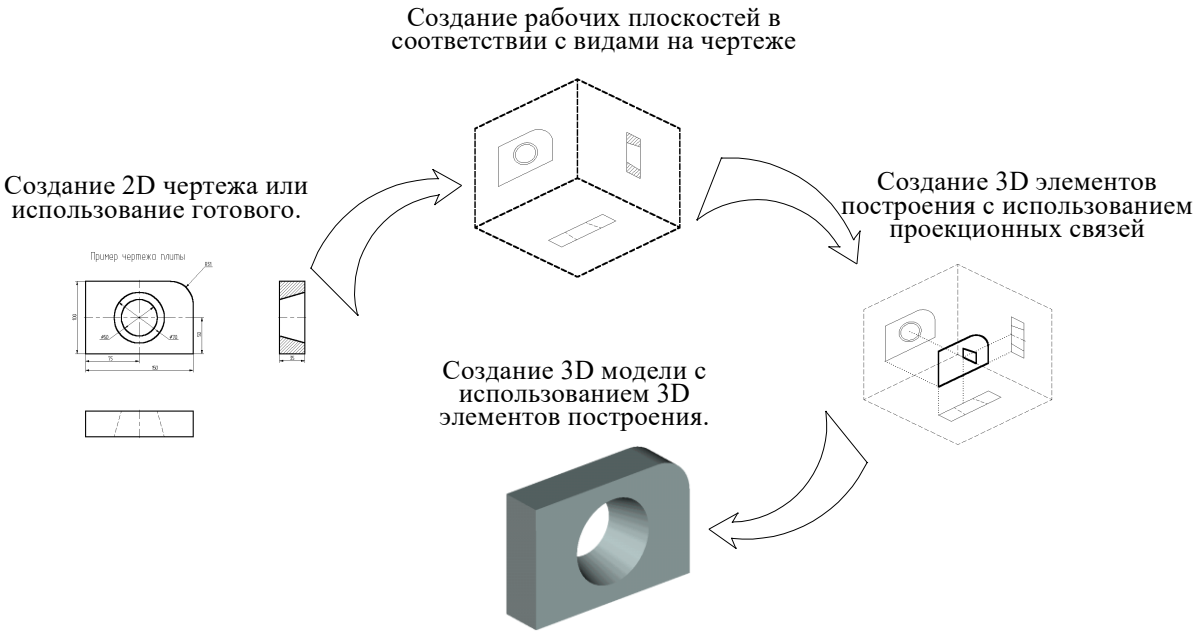
Количество действий, которые необходимо выполнить для достижения результата, сведено к минимуму. Так, например, для операции «Вращение» ось можно начертить штрихпунктирной линией одновременно с контуром прямо на рабочей плоскости. Всегда работает предварительный просмотр результата выполнения операции. Для операций, не требующих длительного времени пересчёта, эта функция работает автоматически. Для остальных операций предварительный просмотр вызывается специальной командой.

Созданные на первом этапе тела могут участвовать в последующих операциях, например, при создании булевой операции, скруглений, уклона и т.д.

Если требуется, по готовой 3D модели можно получить чертежи. Для этого строятся необходимые проекции, разрезы и сечения, к которым можно привязать требуемые элементы оформления, размеры и т.д.

Метод «От 2D к 3D»

На следующей схеме показан процесс проектирования методом «От 2D к 3D».



Часто бывает так, что 2D чертёж изделия уже имеется, и нужно построить 3D модель. В этом случае бывает удобно использовать данный подход к созданию модели. Итак, на первом этапе желательно иметь 2D чертёж детали, содержащий необходимое количество видов. Удобно, если виды на чертеже будут выполнены в соответствии с проекционными связями, хотя это и не обязательно. Если есть необходимость получить параметрическую трёхмерную модель, то можно задавать некоторые параметрические свойства будущей модели уже в двухмерном чертеже. Первым шагом по созданию модели является создание рабочих плоскостей. Зачастую бывает достаточно иметь две или три стандартные взаимно перпендикулярные рабочие плоскости (фронтальную, горизонтальную и профильную), соответствующие виду спереди, сверху и слева.

Затем создаются необходимые 3D элементы построений: 3D узлы и 3D профили. 3D узлы используются для привязки 3D профилей, задания векторов выталкивания, осей вращения и т.д. Если рабочая плоскость не может быть активизирована, то профиль можно задать на основе 2D штриховки. Штриховка должна опираться на существующий чертёж.

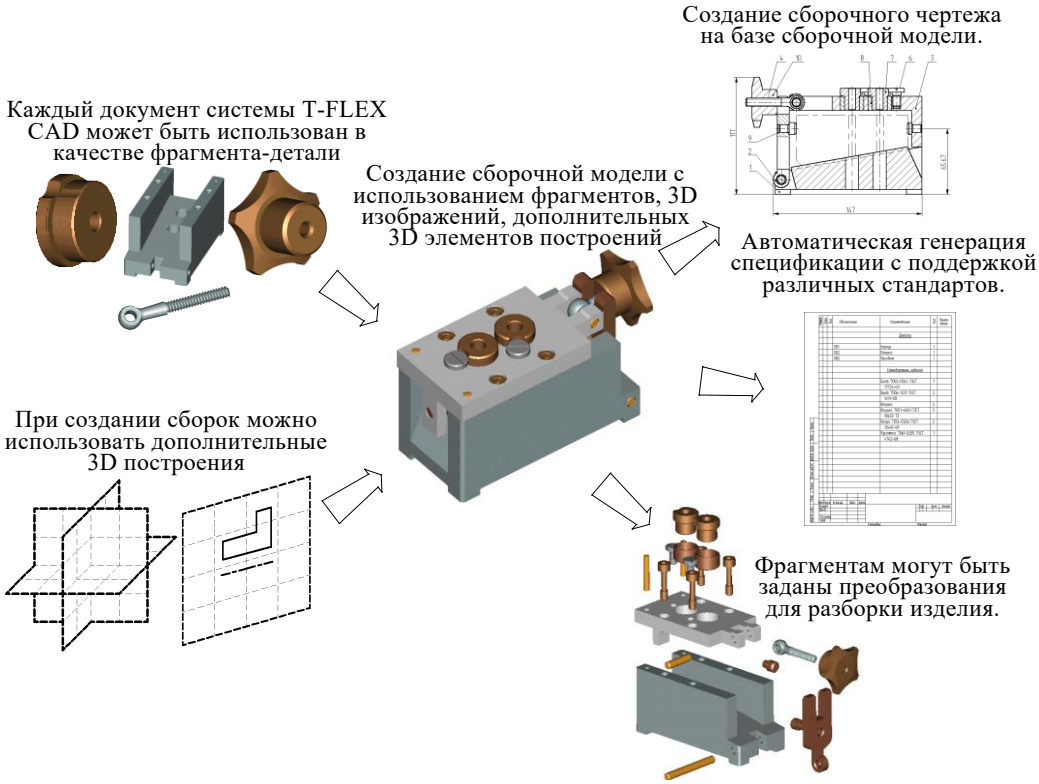
Кроме профилей, по 2D видам можно строить ещё 3D узлы на основе 2D узлов и 3D пути по 2D путям и другим линиям построения.

В принципе можно комбинировать оба вышеописанных метода. Хочется отметить, что трёхмерное моделирование - достаточно творческий процесс, в котором не всегда можно предложить однозначные решения конкретных задач. Обладая необходимым набором инструментов, пользователь сам вправе решать, какими методами он добьётся поставленной цели.

Создание сборочных моделей

Каждый документ системы T-FLEX CAD 3D, содержащий трёхмерную модель, может быть вставлен в другую трёхмерную модель в качестве детали. Собранная таким образом модель называется **сборочной**. Также в сборке можно использовать внешние модели, импортированные из других систем в соответствующем формате.

Использование компонентов при сборке в системе T-FLEX CAD даёт определённые преимущества. Например, можно создавать библиотеки параметрических элементов и использовать их при создании сборочной модели.



В сборочном документе хранятся связи с файлом фрагмента. При изменении файла фрагмента происходит автоматическое их обновление и, соответственно, меняется компонент сборочной модели. Каждый фрагмент может иметь внешние переменные, которые управляют параметрическими связями детали. В любой момент можно изменить сам файл детали-фрагмента, либо задать другие значения внешних переменных фрагмента. Во втором случае файл фрагмента не изменяется, а компонент сборки пересчитывается в соответствии со значениями внешних переменных. Для хранения и быстрой загрузки вариантов параметрически изменяемой сборочной модели существует возможность сохранения комбинации значений переменных сборки.

Для каждого фрагмента в своём файле можно заполнить данные для спецификации. В этом случае после создания сборочной модели можно автоматически получить спецификацию.

По сборочной модели, можно получить чертежи, спроецировав необходимые виды, разрезы, сечения, затем проставить требуемые размеры и элементы оформления.

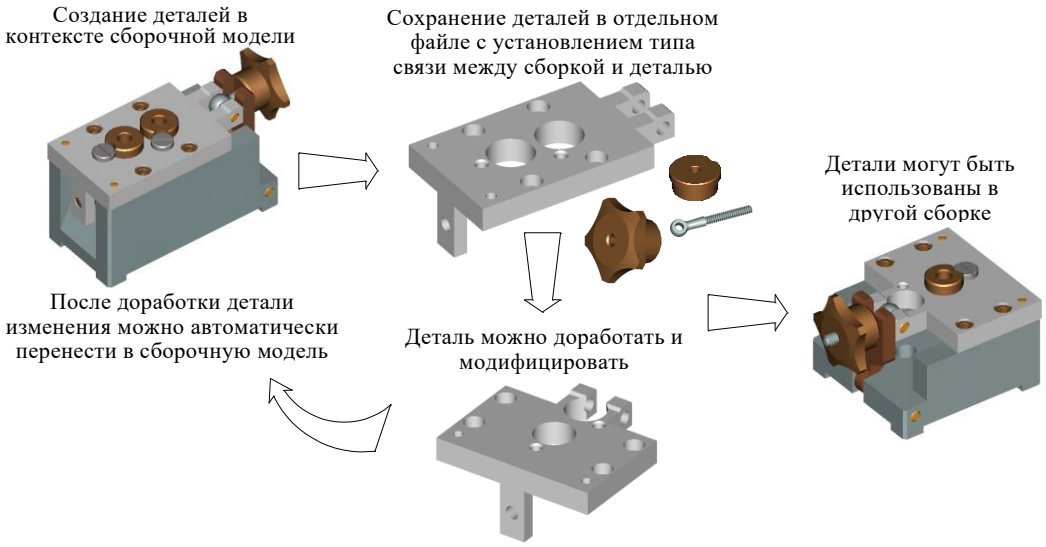
Проектирование сборок «сверху-вниз»

Существует другой подход к созданию сборочных моделей, отличный от классического метода, кратко описанного выше. T-FLEX CAD позволяет создавать новые детали, опираясь на любые геометрические или топологические элементы сборочного документа. При этом отпадает надобность задавать привязки и взаимное расположение деталей. Деталь привязывается автоматически к тем элементам, на основе которых была создана. Сохраняется параметрическая

зависимость между элементами сборки. Если размеры или положение одной из деталей изменяются, то все связанные с ней элементы сборочной модели будут также автоматически скорректированы.

При работе с деталью в контексте сборки все невостребованные элементы сборки показываются прозрачными. Сохраняется объектная привязка ко всем элементам сборки. В любой момент любой элемент сборки может быть востребован.

Деталь сохраняется в отдельном файле. Файл может быть открыт вне сборочной модели и доработан отдельно. Связь со сборкой при этом сохраняется.



Режим отката 3D модели

При необходимости внести правки в уже созданную 3D модель можно воспользоваться режимом отката 3D модели на уровень определённой операции. Данная функция является полезной в тех случаях, когда необходимо произвести доработку в середине дерева модели.

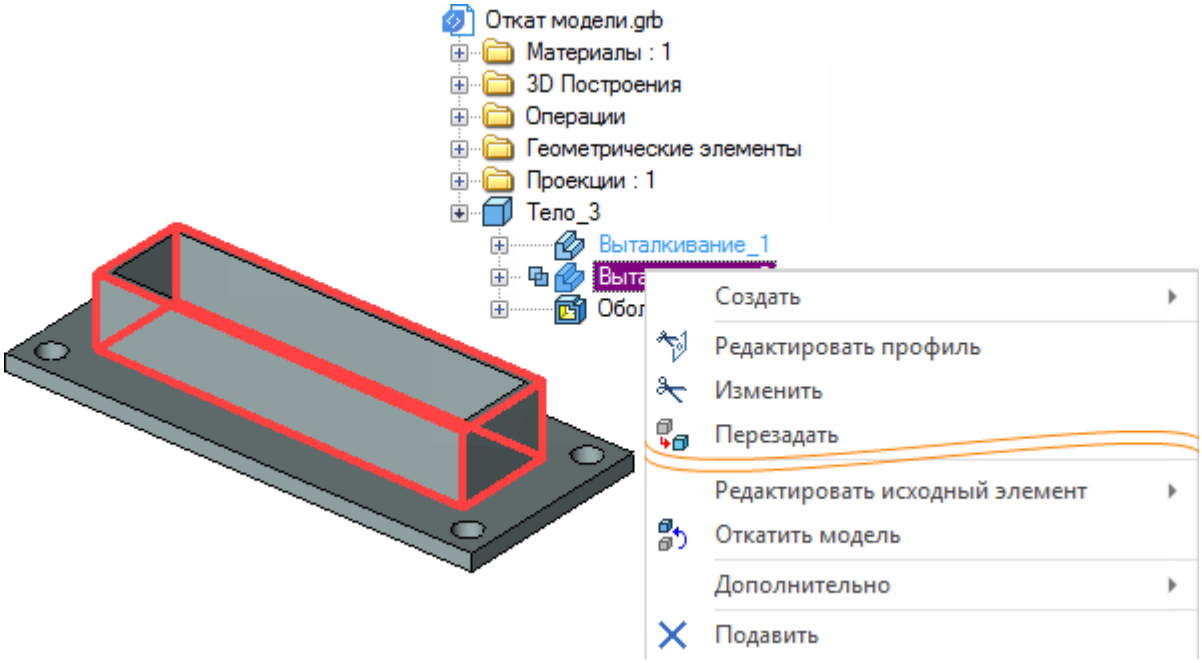
В режиме отката 3D модель возвращается на более ранний этап создания. Элементы и операции, находящиеся в истории модели после точки отката, в режиме отката гасятся и становятся недоступными для выбора. В этот момент они помечаются полупрозрачными иконками.

Все элементы и операции, созданные в режиме отката, автоматически встраиваются в дерево 3D модели между операцией, до которой произведён откат, и последующими операциями, выгруженными из сцены. Допускается последовательное выполнение нескольких откатов.

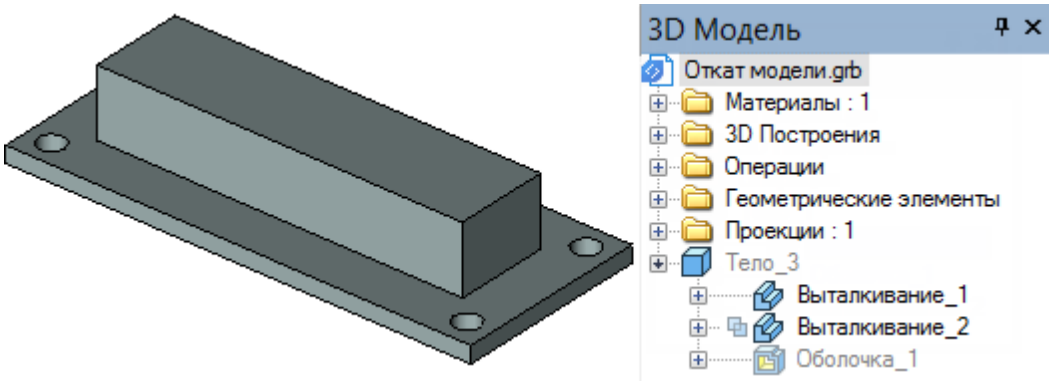
При выходе из режима отката система автоматически перестраивает взаимосвязи модели для восстановления последующих операций. Если по какой-либо причине в результате внесенных изменений в модели возникают ошибки, система предложит восстановить исходное состояние модели, которое было до отката. Это защищает пользователя от внесения в модель некорректных изменений.

Вызов режима отката и его завершение производится при помощи команд в контекстном меню операции в дереве модели или в окне 3D вида. Откат будет произведён до уровня той операции, из контекстного меню которой была вызвана команда.

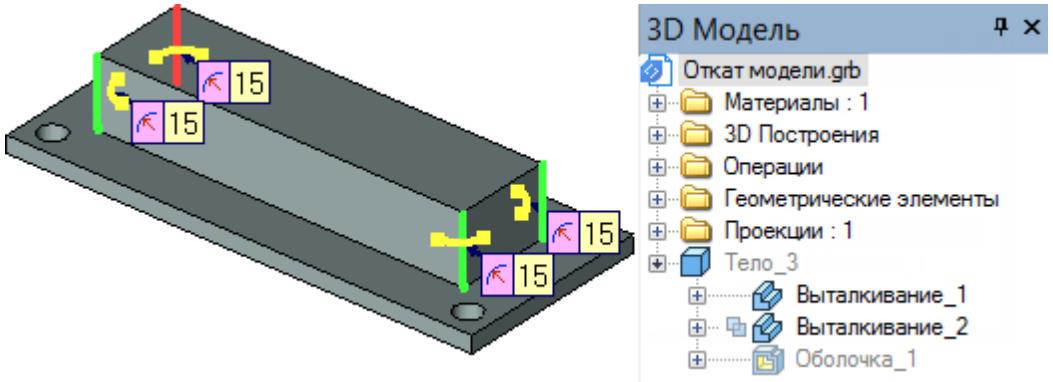
Рассмотрим использование отката на простом примере. В данной модели требуется добавить сглаживание угловых рёбер.

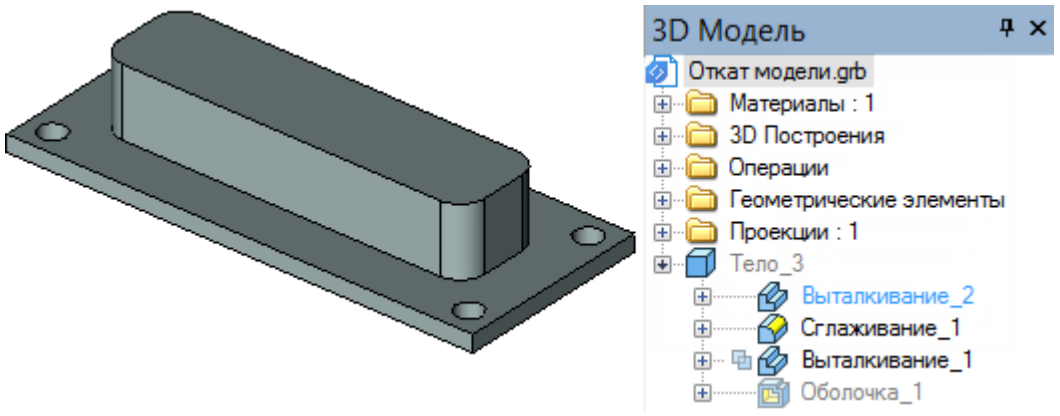


Выполняем откат модели до базовой операции выталкивания. При этом операция Оболочка_1 из сцены выгружается.

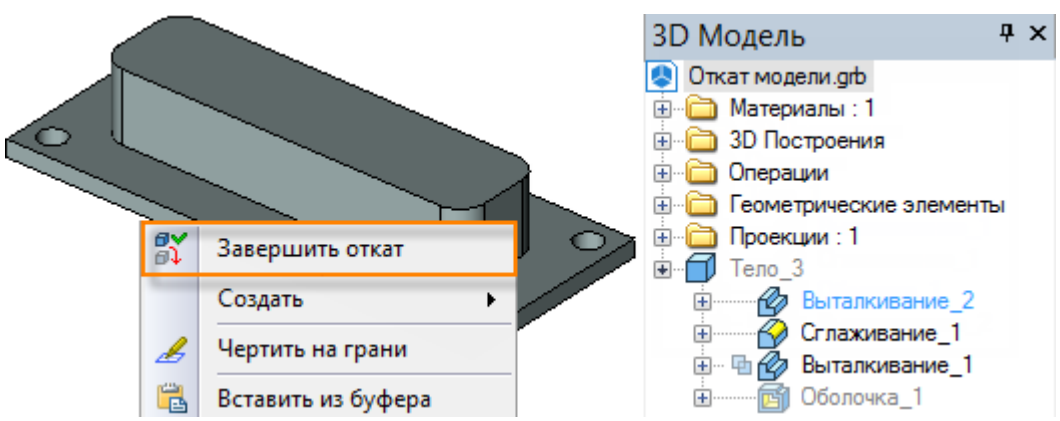


Выполняем сглаживание рёбер (в дерево модели добавляется операция Сглаживание_1).

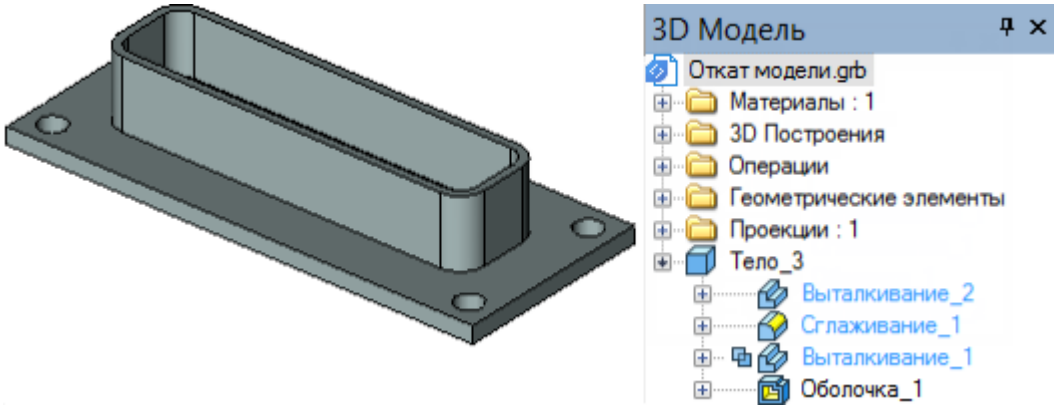




Завершаем откат.



В результате получаем модель, представленную на следующем рисунке.



Как работать в системе T-FLEX CAD 3D

Получение справки

Если в процессе работы возникают вопросы, то получить необходимые сведения можно несколькими способами:

- Получить справку по выполняемой в данный момент команде можно нажатием на клавишу <F1>. Нажатием клавиши <F1> в момент, когда ни одна команда не активна можно вызвать справку.
- При выполнении команд некоторая информация в виде подсказок появляется в статусной строке.
- Всплывающие подсказки предоставляют информацию о кнопках на панелях инструментов, а при выборе элементов – сообщается название типа элемента или имя операции. Если ненадолго поместить указатель над кнопкой или элементом, то появится всплывающая подсказка, отображающая название кнопки или элемента. Всплывающая подсказка дублируется в статусной строке, которая находится внизу экрана.

Создание нового документа. Использование шаблона-прототипа

Перед началом работы над новым проектом необходимо создать новый документ. В зависимости от поставленных задач можно выбрать, с какими первоначальными настройками вам нужно создать новый файл. Если вы хотите сначала работать в 2D окне для создания 2D чертежа или вспомогательных 2D построений, то нужно вызвать команду:

Пиктограмма	Лента
	Начало работы → Работа с файлами → 2D деталь
Клавиатура	Текстовое меню
<FN>	Файл > Создать > 2D деталь

На экране откроется 2D окно.

В случае, когда требуется сразу приступить к созданию 3D модели, нужно воспользоваться другой командой для создания нового файла:

Пиктограмма	Лента
	Начало работы → Работа с файлами → 3D деталь
Клавиатура	Текстовое меню
<F3>	Файл > Создать > 3D деталь

Будет открыто 3D окно с набором стандартных рабочих плоскостей.

При решении задач по моделированию деталей, изготавливаемых методом листовой штамповки, используется команда:

Пиктограмма	Лента
	Начало работы → Работа с файлами → Листовая Деталь
Клавиатура	Текстовое меню
	Файл > Создать > Листовая Деталь

Аналогично 3D модели будет открыто 3D окно с набором стандартных рабочих плоскостей.

Для создания нового документа сборки используются следующие команды:

Пиктограмма	Лента
	Начало работы → Работа с файлами → 2D сборка
Клавиатура	Текстовое меню
	Файл > Создать > 2D сборка

Пиктограмма	Лента
	Начало работы → Работа с файлами → 3D сборка
Клавиатура	Текстовое меню
	Файл > Создать > 3D сборка

В структуре изделия документа сборки добавлена дополнительная запись о сборочном чертеже.

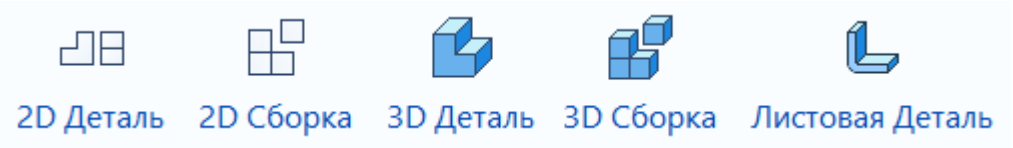
Для создания нового документа используются файлы-прототипы, имена которых задаются в команде **Настройка > Установки.** В них могут содержаться элементы и установки, которые автоматически будут созданы или установлены при создании нового документа. В случае, если установки для нового документа необходимо изменить, следует отредактировать файл прототипа (по умолчанию – Чертёж.GRB – для нового чертежа и 3D модель.GRB – для 3D модели). Эти файлы-прототипы должны находиться в директории «**...T-FLEX CAD\PROGRAM\Прототипы**».

Вы можете использовать любое количество файлов прототипов, которые сами же можете создавать. Для создания нового файла по прототипу используется диалог “Новый документ из прототипа”,

вызываемый командой **FP: Создать новый документ на основе файла прототипа** (**Файл > Новый из прототипа**). Кроме того, этот диалог доступен в окне «Приветствие».

Каждая папка, которая находится в директории «**...T-FLEX CAD\PROGRAM\ПРОТОТИПЫ**», становится закладкой в диалоге. При выборе закладки в окне диалога отображаются все файлы прототипов, содержащиеся в выбранной папке. Таким образом, файлы-прототипы должны храниться в директории «**...T-FLEX CAD\PROGRAM\ПРОТОТИПЫ\<ПАПКА ФАЙЛА-ПРОТОТИПА>**».

При создании нового документа имеется возможность выбора из пяти прототипов. В каждом из пяти типов документов заранее заданы данные для структуры изделия, что упрощает создание отчётов и спецификаций. В прототипах сборочных документов задана базовая иерархическая структура изделия в разделе Сборочные единицы. Прототипы деталей содержат данные для структуры изделия в разделе Детали. Остальные настройки и параметры по умолчанию во всех прототипах совпадают.



Для сохранения файла в качестве прототипа вызовите команду из меню **Файл > Сохранить как прототип**. В появившемся диалоге нужно назначить имя сохраняемому в качестве прототипа файлу и выбрать нужную вкладку для сохранения.

Работа мышью. Контекстное меню

Работа над проектированием детали в T-FLEX CAD 3D ведётся в основном с помощью мыши. Клавиатура же используется для ввода числовых значений, имён, иногда удобно запускать команды с помощью горячих клавиш (см. ниже).

Использование левой кнопки мыши:

- Наведение курсора на пиктограмму и нажатие запускает соответствующую пиктограмме команду.
- Наводя курсор на элементы текстового меню можно запускать команды нажатием.
- Наведением курсора на объект в 3D сцене и нажатием осуществляется выбор объекта в 3D сцене.
- Наведение курсора на 3D элемент построения или операцию и нажатие вызывает диалоговое окно «Параметры Элемента/Операции».
- Нажатие, удержание кнопки нажатой при перемещении курсора, поворачивает 3D сцену. Курсор должен находиться в пределах 3D окна. Режим черчения в 3D должен быть выключен.
- При работе с активной командой нажатие в свободной от редактируемого объекта части 3D сцены позволяет подтвердить действие, что соответствует пиктограмме.
- При работе с библиотеками, настройке панелей работает механизм Drag&Drop. То есть можно навести курсор на элемент, нажать, и, удерживая кнопку нажатой, перетащить

элемент на другое место. За более подробной информацией обращайтесь к соответствующим разделам документации.

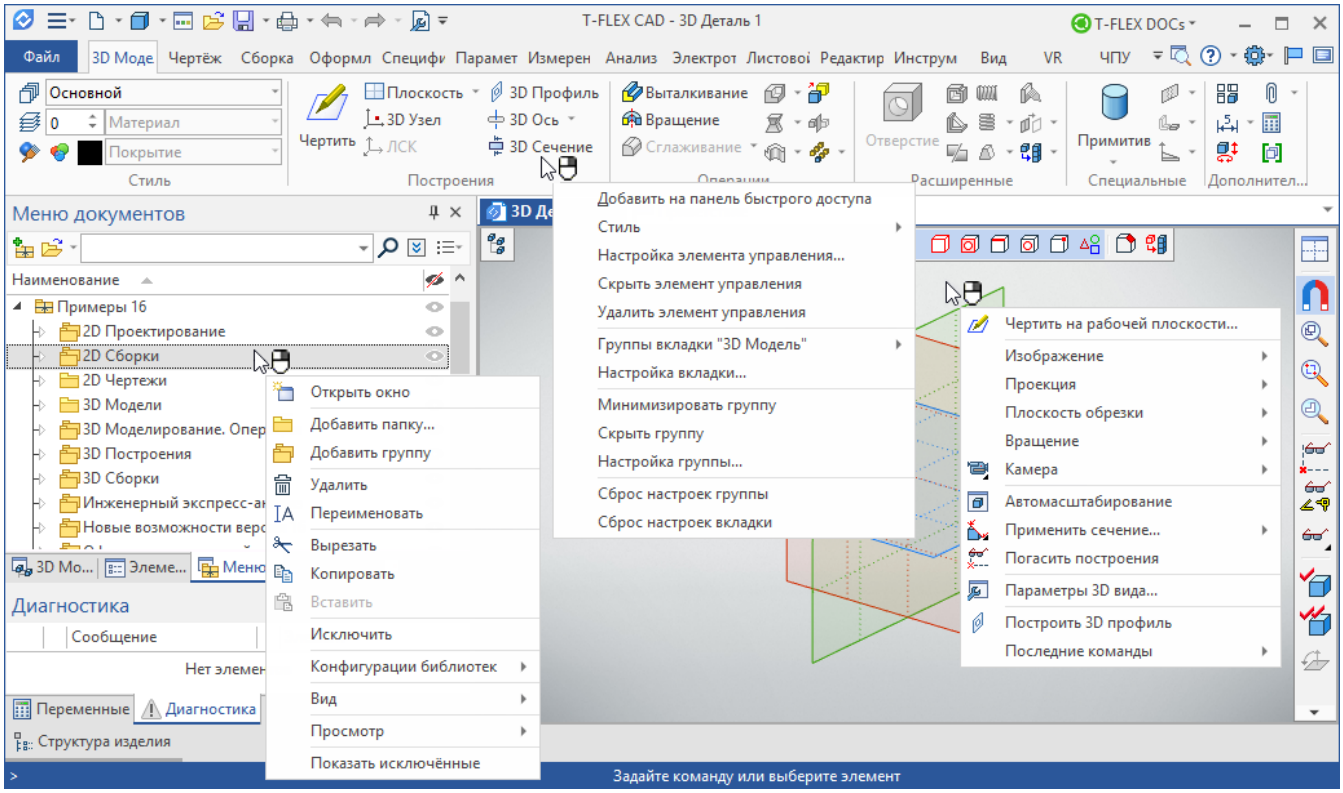
Использование мыши с колесом (IntelliMouse):

- Операции увеличения-уменьшения выполняются при вращении колеса мыши. При нажатой клавише <Ctrl> масштабирование выполняется с увеличенным коэффициентом. Для изменения процента масштабирования колесом мыши необходимо вызвать команду **Настройка** > **Установки** (закладка **Окна**).
- Операции перемещения 3D сцены выполняются при перемещении мыши с нажатым колесом.
- При помощи колеса мыши можно осуществлять альтернативный выбор из множества объектов, попадающих под курсор. Режим альтернативного выбора активируется после двухсекундной паузы, после наведения курсора на объект. Перебор объектов осуществляется вращением колеса.
- Вращение колеса обеспечивает стандартные функции прокрутки в соответствующих полях диалогов.

Использование правой кнопки мыши:

- При работе с командами нажатие отменяет выполнение последней запущенной команды.
- При выборе элементов в 3D сцене нажатие отменяет выбор последнего выбранного элемента.
- В случае, когда не активна ни одна из команд, нажатие правой кнопки вызывает контекстное меню. Меню состоит из доступных в данный момент для конкретного элемента команд. Состав контекстного меню будет отличаться в зависимости от того, в какое место указывал курсор: в пространство 3D сцены, на элемент модели, в служебное пространство T-FLEX CAD – в область панелей и меню, на служебное окно и т.д. Для запуска команды наведите курсор на соответствующую строчку контекстного меню и нажмите .

  Контекстное меню также можно вызвать при работе с диалоговыми окнами. (см. раздел «Контекстное меню в полях диалогов» главы «Настройка чертежа» в книге «Двухмерное проектирование и черчение»).

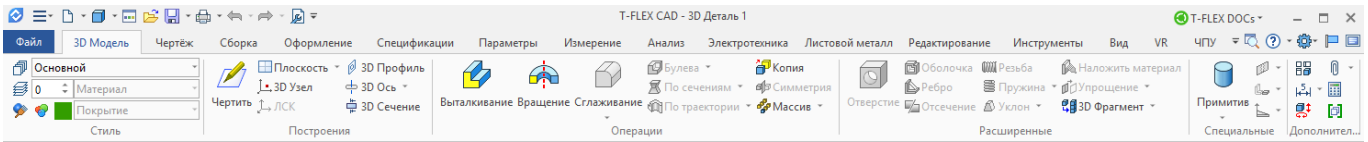


Указанные функции работы правой кнопки мыши установлены по умолчанию, но их можно настраивать. Для этого вызовите команду **Настройка** > **Установки** (закладка **Управление**). За более подробной информацией обращайтесь к главе «Настройка системы» в книге «Двухмерное проектирование и черчение».

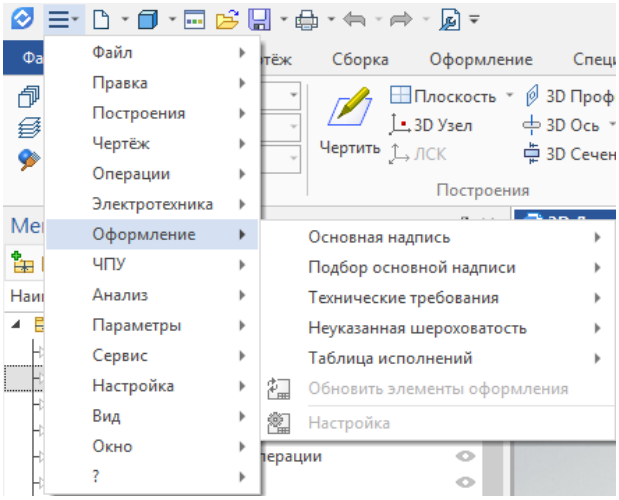
В режиме «черчение в 3D» работа мышью осуществляется также как в 2D окне.

Ввод команд (с клавиатуры, с помощью пиктограмм, из текстового меню)

Работать с командами в T-FLEX CAD можно различными способами. В первую очередь следует отметить выбор команд по иконкам с помощью мыши в режиме ленточного интерфейса, при котором команды распределены по вкладкам. Название каждой вкладки отражает содержимое. Иконки команд объединены в группы.

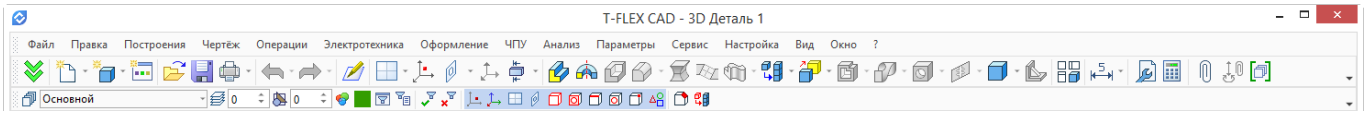


Также запуск команд осуществляется из текстового меню, которое вызывается с помощью выпадающего списка  на панели быстрого доступа. Каждой группе команд соответствует свой заголовок в списке.



Так, например, команды для создания 3D операций находятся в группе «Операции»; команды для черчения объединяет группа «Чертёж»; команды 2D и 3D построений объединены в группу «Построения». Также объединены в группы команды работы с файлами (группа «Файл»), команды редактирования (группа «Правка»), команды для работы с основной надписью чертежа (группа «Оформление), команды для работы с переменными (группа «Параметры»), сервисные команды (группа «Сервис»), команды настроек системы и чертежа (группа «Настройка»), команды управления визуализацией (группа «Вид»), команды работы с окнами (группа «Окно»). Справочная группа команд находится в меню «?».

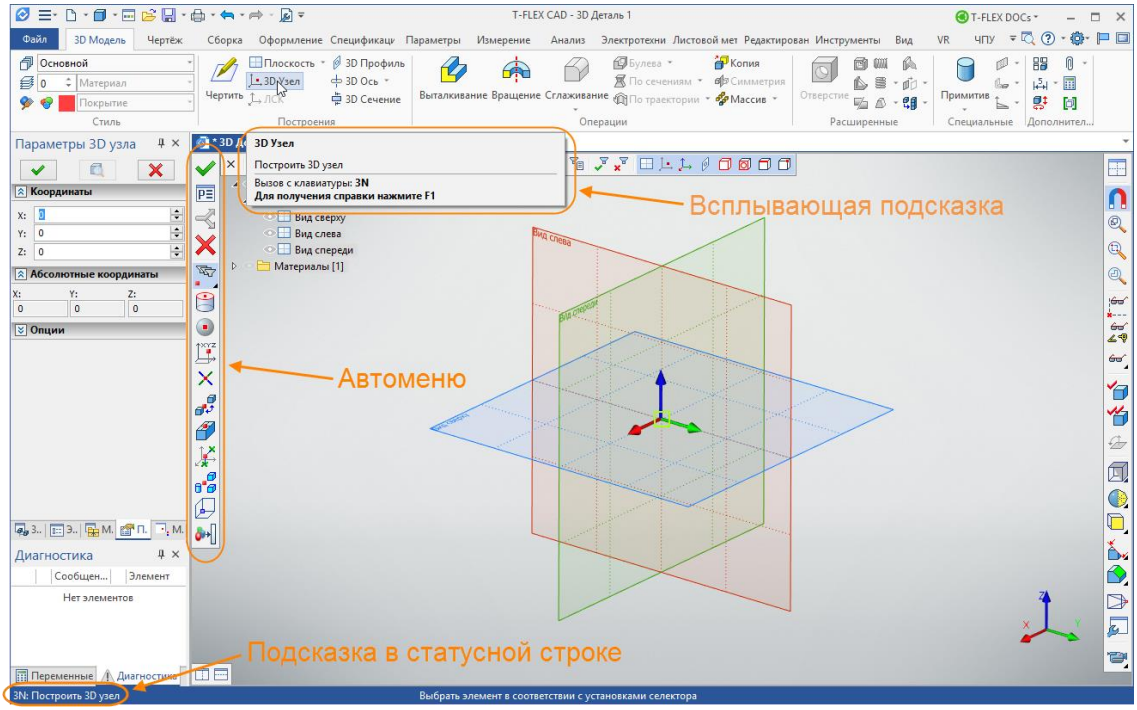
В режиме текстового интерфейса выбор команд осуществляется по иконкам на инструментальных панелях с помощью мыши либо из текстового меню. Каждой группе команд соответствует свой заголовок в меню.



Большинство команд T-FLEX CAD имеет зарезервированную комбинацию (одновременное нажатие) или последовательность (последовательное нажатие) клавиш для запуска. Если команда вызывается комбинацией клавиш, то в текстовом меню напротив названия такой команды справа написана комбинация клавиш. Для любой команды можно изменить комбинацию. Подробное описание смотрите в параграфе «Настройка системы», раздел «Настройка инструментальных панелей и клавиатуры» (закладка «клавиатура») книги «Двухмерное проектирование и черчение».

Как уже отмечалось, некоторые команды запускаются после набора определенной последовательности клавиш на клавиатуре. Таким образом можно запускать команды для создания и редактирования элементов 3D модели и чертежа. Последовательность клавиш и название команды вы можете наблюдать на всплывающей подсказке или в поле подсказок статусной строки.

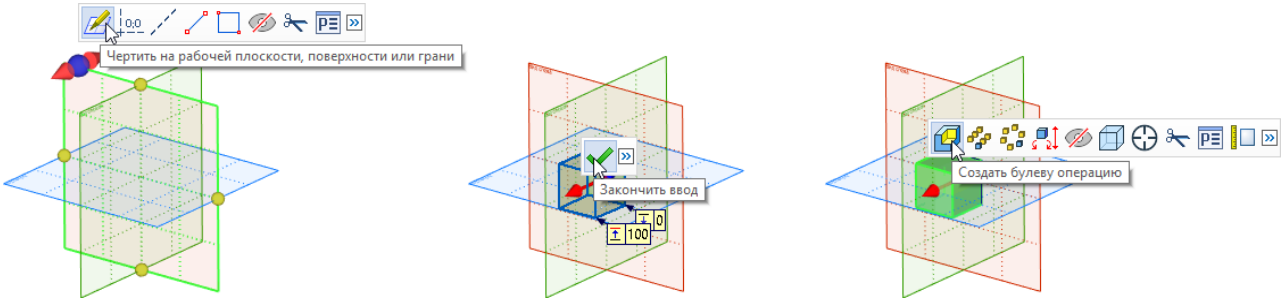
Как и при работе в 2D части системы T-FLEX CAD, в 3D части каждая команда имеет дополнительный набор опций и подкоманд, доступ к которым осуществляется через автоменю – специальную панель, в которой появляются пиктограммы для запуска подкоманд, или горячими клавишами. Наименования горячих клавиш для запуска подкоманд можно узнать во всплывающих подсказках.

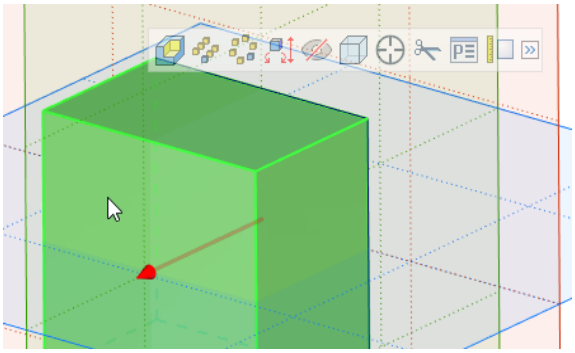


Удобно использовать для запуска некоторых команд контекстное меню. Оно вызывается после выбора одного или нескольких элементов в 3D сцене, например, грани. Контекстное меню содержит список команд, которые можно выполнить с данным выбором.

Для вызова команд можно использовать **Динамическую панель**. Она появляется при нажатии .

Панель предназначена для быстрого доступа к часто используемым командам и опциям.





Если отвести курсор на некоторое расстояние, динамическая панель становится полупрозрачной.

Если отвести курсор ещё дальше, динамическая панель исчезнет.

При нажатии кнопки появляется контекстное меню, из которого можно выбрать некоторые операции, не отображённые на динамической панели. При выборе этих операций, они добавляются на панель. Таким образом динамическая панель будет состоять из часто используемых команд.

При нажатии кнопки на панели для создаваемой операции, отобразится автоменю этой операции. Эти опции не будут добавлены на панель, так как все операции имеют разные наборы опций в автоменю.

> Настройки отображения динамической панели можно изменить в команде **SO: Задать установки системы** на закладке **Динамическая панель**.

Подтверждение действий при создании 3D элементов

В отличие от создания 2D элементов, процесс создания трёхмерных элементов включает большее количество этапов. Причём не все этапы при создании элемента являются обязательными. Для того чтобы указать, когда завершается процесс задания элемента, необходимо использовать специальную опцию **Завершить ввод**, которая вызывается с помощью пиктограммы , клавиш <Ctrl+Enter>, или нажатием в свободной от редактируемого объекта части 3D сцены.

Эта опция становится доступной только после выполнения минимально необходимых для создания элемента действий.

При вызове команды необходимо обращать внимание, какая опция установлена по умолчанию. Некоторые команды запоминают текущее состояние, а некоторые всегда возвращаются в начальное состояние.

Отмена и выход из команды

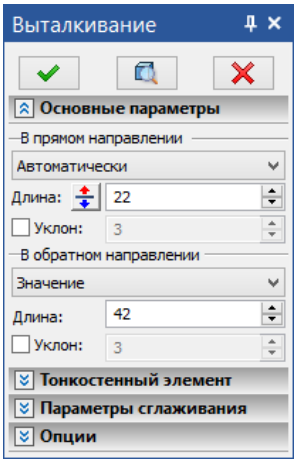
Выход из команды или подкоманды осуществляется нажатием клавиши <Esc> или . Также можно использовать пиктограмму в автоменю.

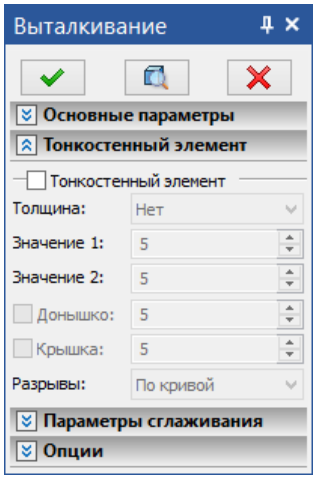
Если система находится в какой-либо 3D команде, а команда находится в начальном состоянии (ничего не выбрано), то запуск другой 3D команды приводит к завершению первой. Если же выбор уже произведён, запуск новой команды не завершает предыдущую команду. Вновь запущенная команда становится вложенной. Закончив выполнение вложенной команды, система возвращается в состояние выполнения предыдущей команды. Это является отличием работы в 3D от работы с 2D командами системы. Также вышеописанное не касается режима черчения в 3D. Для того чтобы вернуться в режим ожидания команды нужно последовательно выйти из всех вызванных команд. Одновременный выход сразу из всех команд осуществляется нажатием двух клавиш <Shift+Esc>. К автоматическому выходу из 3D команды приводит вызов любой 2D команды.

Задание параметров создаваемого элемента

Параметры создаваемого или редактируемого элемента могут задаваться на любом этапе работы в командах создания или редактирования. Для задания параметров операции могут быть использованы **окно параметров**, работающее в прозрачном режиме, или **диалог параметров**, требующий обязательного подтверждения для актуализации изменений.

Диалог параметров нужен для задания общих свойств элемента/операции (цвет, уровень, материал и т.д.) и параметров преобразования. Эти свойства задаются одинаково для всех элементов построения и операций системы, поэтому подробное описание задания этих свойств вынесено в отдельную главу этой книги. Этот диалог можно использовать для изменения свойств операции без вызова команды редактирования операции. Это очень удобно в случаях, когда изменяемая операция находится глубоко в истории модели, и для запуска команды редактирования требуется откат в первоначальное состояние, на что может потребоваться значительное количество времени и ресурсов системы. В этом случае достаточно отыскать нужную операцию в дереве модели и вызвать диалог параметров, например, через контекстное меню. Диалог параметров может содержать разное количество закладок. Общие параметры и параметры преобразования есть всегда и расположены на соответствующих отдельных закладках диалога. Эти параметры общие для большинства элементов системы, поэтому задание общих свойств и параметров преобразования вынесено в отдельную главу этой книги. Все остальные закладки диалога параметров повторяют вид окна параметров. Поэтому в соответствующих главах описание работы по вводу основных параметров будем проводить на примере окна параметров.





Окно параметров, как правило, организовано в виде нескольких секций. Число секций различно для разных операций. Каждая часть окна параметров может быть развёрнута или свёрнута при помощи кнопок ⏫ или ⏬. Если раскрыть часть окна параметров в какой-то команде, то этот признак сохраняется именно для неё и при последующем входе в команду будет автоматически отработан.

Справа от поля редактирования значения параметра предусмотрено поле, показывающее текущее значение. Оно используется в случае, если значение параметра задано при помощи переменной или выражения, а также, если значение параметра определено как «Из статуса» (то есть определено для всего документа).

В окне параметров дублируются некоторые кнопки автоменю – кнопка подтверждения, отмены и предварительного просмотра. Окно параметров работает совместно с автоменю. При помещении

курсора в определенные поля диалога могут синхронно активизироваться нужные опции автоменю, например, для выбора нужных объектов.

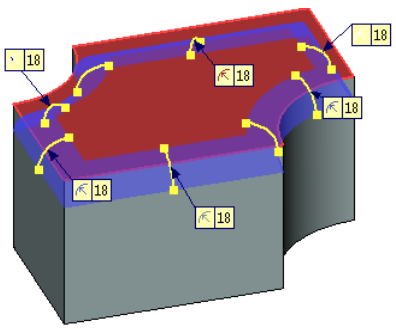
Для динамического задания различных численных значений при создании 3D операций используются специальные вспомогательные графические объекты – манипуляторы. Они автоматически появляются при работе в команде создания и редактирования трёхмерных операций и элементов построения и работают синхронно с окном свойств. Манипулятор позволяет при помощи мыши менять управляемый им численный параметр операции. Одновременно в сцене могут существовать несколько манипуляторов, позволяющих задавать различные параметры операции. К примеру, в операции «Гибка» можно задавать манипуляторами угол сгибания, радиус, отступ и два смещения, а в операции «Сглаживание» – радиус скругления и т.д. Значения управляемых параметров синхронно отображаются в окне параметров создаваемой/редактируемой операции.

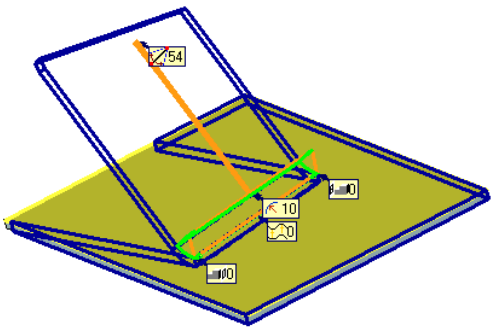


Вид манипуляторов в команде «Сглаживание рёбер» и «Уклон»

Для каждого манипулятора на экране отображаются метки с текущим значением параметра, соответствующего данному манипулятору. Кроме текущего значения, метка содержит иконку, показывающую тип отображаемого параметра. При изменении значения параметра при помощи окна параметров или манипулятора значение на метке динамически изменяется.

Если меток слишком много и они мешают работе с 3D сценой, их можно отключить или переместить. Отключение меток осуществляется в параметрах текущей 3D команды. Для перемещения метки надо подвести курсор к иконке метки. Когда курсор примет вид , нажмите  и, не отпуская кнопки мыши, переместите изображение метки на нужное место. Перемещённая метка будет связана с манипулятором выносной линией.





С помощью меток можно не только отслеживать текущие значения параметров, но и менять их. Для этого необходимо нажать на значении параметра в метке. Метка перейдёт в режим редактирования значения управляемого ею параметра.

Предварительный просмотр

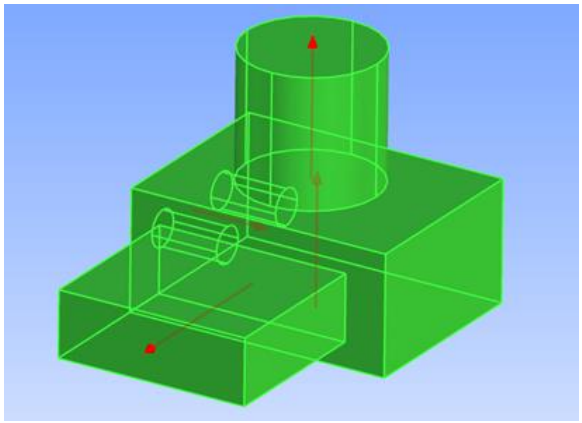
Для того чтобы просмотреть результат без подтверждения создания операции, в каждой команде создания операции существует опция:

	<F5>	Предварительный просмотр результата операции

Данная опция доступна только тогда, когда заданы все необходимые элементы для создания операции. При установке данной опции, тело, на котором создается операция, примет отображение с учетом заданных параметров. Если результат устраивает, то можно завершить ввод, нажав пиктограмму . Если же результат не устраивает, то режим просмотра следует отключить повторным нажатием опции и скорректировать необходимые параметры.

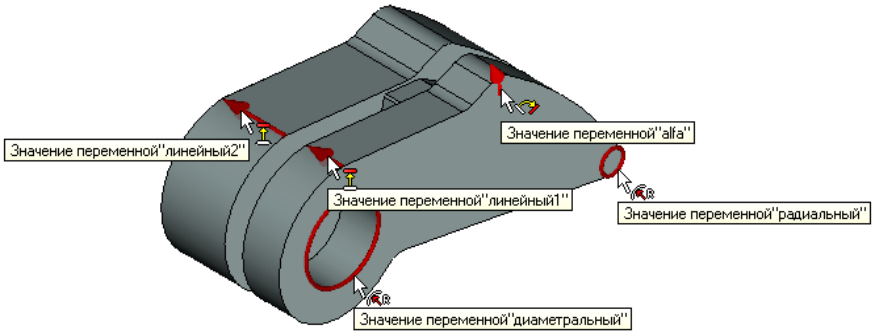
Редактирование параметров операций с помощью манипуляторов вне команд

При выборе Тела в 3D окне, на экране, кроме самого Тела, помечаются манипуляторы операций, участвующие в его формировании. Манипуляторы позволяют напрямую редактировать параметры операций, формирующих Тело, в прозрачном режиме, без входа в команду редактирования.



Манипуляторы внешних переменных

Для задания значений внешних переменных 3D модели можно создавать пользовательские манипуляторы.



Манипуляторы внешних переменных можно использовать двумя способами:

- ✓ изменять в сцене параметры модели. В панель управления видимостью объектов в сцене добавлена команда управления видимостью манипуляторов в сцене – **Показать/скрыть манипуляторы**;
- ✓ при вставке модели в сборку на фрагменте менять значения внешних переменных.

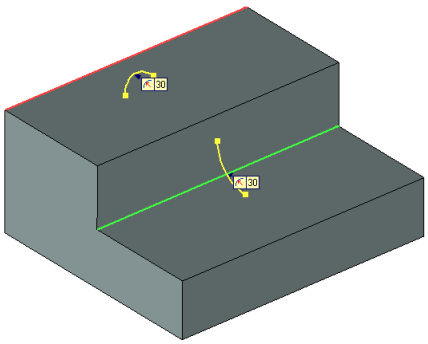
Для создания манипуляторов необходимо, чтобы в текущей 3D модели присутствовали внешние переменные, управляющие параметрами данной модели.

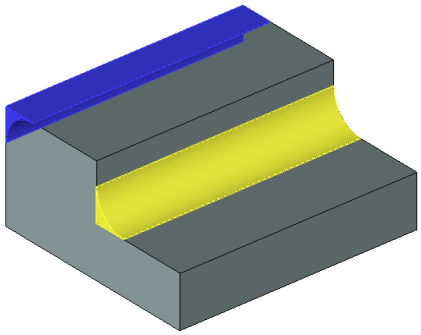
Предварительный просмотр результата операции

В командах создания и редактирования модифицирующих операций существует дополнительный режим, позволяющий увидеть изменения, вносимые в модель текущей операцией:

	<Ctrl+F5>	Предварительный просмотр изменений, вносимых операцией

В этом режиме желтым цветом показываются части объема, которые будут добавлены к исходному телу, и синим цветом – части объема, которые будут удалены из исходной модели.





Как и опция предварительного просмотра, опция  доступна только тогда, когда заданы все необходимые элементы для создания операции.

Команды T-FLEX CAD 3D по группам

Команды создания и изменения рабочих плоскостей

	<3W>	Построить рабочую плоскость
	<3EW>	Изменить рабочую плоскость
	<3SU>	Построить рабочую поверхность
	<3ESU>	Изменить рабочую поверхность

Команды создания вспомогательных 3D элементов

	<3N>	Построить 3D узел
	<3PR>	Построить 3D профиль
	<3PA>	Построить 3D путь
	<3SE>	Построить сечение
	<3O>	Построить систему координат
	<3CA>	Создать камеру
	<3L>	Создать источник света
	<3PP>	Построить трассу
	<3PH>	Построить спиральный 3D путь
	<3PX>	Создать 3D ось

Команды изменения вспомогательных 3D элементов

	<3EN>	Изменить 3D узел
	<3EPR>	Изменить 3D профиль
	<3EPA>	Изменить 3D путь
	<3ES>	Изменить сечение
	<3EO>	Изменить систему координат
	<3CC>	Изменить камеру
	<3EL>	Изменить источник света
	<3EPP>	Изменить трассу

Команды создания трёхмерной модели

	<3X>	Создать выталкивание
	<3RO>	Создать вращение
	<3B>	Создать булеву операцию
	<3DE>	Создать сглаживание рёбер
	<3DF>	Создать сглаживание граней
	<3DT>	Создать сглаживание трёх граней
	<3SL>	Создать тело по сечениям
	<BRI>	Создать мостик
	<3SW>	Создать тело по траектории
	<3SA>	Создать тело по параметрам
	<3PI>	Создать трубопровод
	<3CP>	Создать операцию копирования
	<3SY>	Создать операцию симметрии
	<3AL>	Создать линейный массив
	<3AR>	Создать круговой массив
	<3AN>	Создать массив по точкам
	<3AP>	Создать массив по пути
	<3AA>	Создать параметрический массив
	<3H>	Создать отверстие
	<3SH>	Создать операцию оболочки
	<3ST>	Создать ребро жёсткости
	<3CU>	Создать операцию отсечения
	<3AT>	Создать резьбу
	<3SP>	Создать пружину
	<3SR>	Создать спираль

	<3TA>	Создать операцию уклона граней
	<3TB>	Создать операцию уклона тела
	<3AM>	Создать операцию наложения материала
	<3SD>	Создать операцию разделения на тела
	<3SI>	Создать операцию упрощения модели
	<3F>	Создать 3D фрагмент
	<3MO>	Вставить внешнюю модель
	<3I>	Вставить 3D изображение из внешнего файла
	<3U>	Задать геометрические параметры адаптивного фрагмента
	<3CT>	Создать сопряжение
	<3PB>	Создать параллелепипед
	<3PY>	Создать цилиндр
	<3PO>	Создать конус
	<3PS>	Создать шар
	<3PT>	Создать тор
	<3PZ>	Создать призму
	<3PV>	Создать пирамиду
	<3SS>	Создать операцию сшивки поверхностей
	<3ZS>	Создать операцию разделения граней
	<3ZD>	Создать операцию удаления граней
	<3ZX>	Создать операцию отделения граней
	<3ZR>	Создать операцию замены граней
	<3ZC>	Создать операцию изменения граней
	<3ZT>	Создать операцию перемещения граней
	<3SX>	Создать операцию расширения поверхности
	<3ZF>	Создать операцию заполнения области

	<SMP>	Параметры по умолчанию для листовых операций
	<SMD>	Создать листовую заготовку
	<SMA>	Создать фланец
	<SMH>	Создать отбортовку
	<SMI>	Создать фланец по контуру
	<SMB>	Создать сгиб
	<SME>	Создать отгиб
	<SM2>	Создать перемычку
	<SMJ>	Создать подсечку
	<SMS>	Преобразовать тела в листовой металл
	<SML>	Создать операцию гибки по сечениям
	<SMC>	Создать операцию угол
	<SMF>	Создать операцию выштамповки
	<SMG>	Создать ребро жёсткости
	<SMN>	Создать операцию выреза по нормали
	<SMU>	Создать операцию разгибания
	<SMR>	Создать операцию повторной гибки
	<3DRT>	Создать операцию деформации масштабированием/скручиванием
	<3DRB>	Создать операцию деформации сгибанием
	<3DRS>	Создать операцию деформации перекосом
	<3DRC>	Создать операцию скульптурной деформации
	<3DRV>	Создать операцию деформации по кривой
	<3DRF>	Создать операцию деформации по поверхности

Команды изменения трёхмерной модели

	<3EE>	Изменить операции

	<3EX>	Изменить операцию выталкивания
	<3ER>	Изменить операцию вращения
	<3EDE>	Изменить операцию сглаживания рёбер
	<3EDF>	Изменить операцию сглаживания граней
	<3EDT>	Изменить операцию сглаживания трёх граней
	<3EB>	Изменить булеву операцию
	<3ESL>	Изменить тело по сечениям
	<3ESW>	Изменить тело по траектории
	<3ESA>	Изменить тело по параметрам
	<3EPI>	Изменить трубопровод
	<3EF>	Изменить 3D фрагмент
	<3EC>	Изменить операцию копирования
	<3ESY>	Изменить операцию симметрии
	<3EMO>	Изменить внешнюю модель
	<3EI>	Изменить 3D изображение
	<3EAL>	Изменить линейный массив
	<3EAR>	Изменить круговой массив
	<3EAN>	Изменить массив по точкам
	<3EAP>	Изменить массив по пути
	<3EAA>	Изменить параметрический массив
	<3ESD>	Изменить разделение тела
	<3ESR>	Изменить спираль
	<3ESP>	Изменить пружину
	<3EU>	Изменить операцию отсечения
	<3ESH>	Изменить операцию оболочки
	<3ETA>	Изменить операцию уклона грани

	<3ETB>	Изменить операцию уклона тела
	<3EAM>	Изменить операцию наложения материала
	<3EAT>	Изменить резьбу
	<3EH>	Изменить отверстие
	<3EST>	Изменить ребро жёсткости
	<ESP>	Изменить заготовку листового материала
	<ESM>	Изменить операцию гибки
	<ESU>	Изменить операцию разгибания
	<ESR>	Изменить операцию повторной гибки
	<ESF>	Изменить операцию выштамповки
	<EMS>	Редактировать развёртку
	<3ESS>	Изменить операцию сшивки поверхностей
	<3EZS>	Изменить операцию разделения граней
	<3EZD>	Изменить операцию удаления граней
	<3EZX>	Изменить операцию отделение граней
	<3EZR>	Изменить операцию замены граней
	<3EZC>	Редактировать операцию изменения граней
	<3EZT>	Изменить операцию перемещения граней
	<3ESX>	Изменить операцию расширения поверхностей
	<3EZF>	Изменить операцию заполнения области
	<3EG>	Преобразование элементов
	<3CM>	Перемещение сопряжённых элементов

Команды визуализации трёхмерной модели

	<3AS>	Применить сечение на 3D виде
	<3CD>	Показать в сцене плоскость обрезки
	<3CL>	Включить плоскость обрезки

	<3CS>	Установить положение плоскости обрезки
	<3RC>	Выбрать центр вращения 3D модели
	<3RF>	Свободное вращение 3D модели
	<3RX>	Вращать 3D модель вокруг оси X
	<3RY>	Вращать 3D модель вокруг оси Y
	<3RZ>	Вращать 3D модель вокруг оси Z
	<3RS>	Вращение в системе координат экрана
	<3RA>	Автоматическое вращение
	<3RP>	Включить/выключить режим панорамного вращения
	<3RL>	Зафиксировать точку взгляда в текущем окне
	<3VA>	Автомасштабирование 3D сцены
	<F3>	Задать масштаб изображения
	<ZI>, <Ctrl + Shift + Page Up>	Увеличить масштаб изображения
	<ZO>, <Ctrl + Shift + Page Down>	Уменьшить масштаб изображения
	<ZS>	Показать выбранные элементы
	<ZA>, <Ctrl + Shift + Home>	Показать изображение по размеру листа
	<ZM>, <Ctrl + Shift + End>	Показать всё изображение
	<ZT>	Показать изображение в реальном размере
	<Ctrl + Numpad 0>	Вид сзади
	<Ctrl + Numpad 1>	Изометрия снизу
	<Ctrl + Numpad 2>	Вид снизу
	<Ctrl + Numpad 3>	Изометрия снизу сзади
	<Ctrl + Numpad 4>	Вид слева

	<Ctrl + Numpad 5>	Вид спереди
	<Ctrl + Numpad 6>	Вид справа
	<Ctrl + Numpad 7>	Аксонометрия (вид спереди)
	<Ctrl + Numpad 8>	Вид сверху
	<Ctrl + Numpad 9>	Аксонометрия (вид сзади)
	<3VD>	Тоновая закраска с материалами
	<3VS>	Тоновая закраска 3D модели
	<3VW>	Рёберное изображение 3D модели
	<3VH>	Изображение 3D модели с удалением невидимых линий
	<3VZ>	Изображение 3D модели с точным удалением невидимых линий
	<3V1>	Показать рёбра
	<3V2>	Показать скрытые линии
	<3V3>	Показать очерковые линии
	<3VM>	Полупрозрачное изображение 3D модели
	<3VE>	Перспективная проекция 3D модели
	<3VO>	Параллельная проекция 3D модели
	<PW>	Задать параметры вида
	<3VX>	Включить режим разборки 3D модели
	<3TE>	Создать разборку 3D модели
	<3VC>	Выбрать камеру в качестве активной
	<3RV>	Фотореалистичный вид (GPU NVIDIA)
	<3RU>	Фотореалистичный вид (CPU)
	<3VY>	Фотореалистичный вид (POV-Ray)

Команды для анализа геометрии

	<PM>	Измерить элемент или отношение между элементами

	<3MP>	Масс-инерционные характеристики 3D модели
	<QM>	Проверить целостность модели
	<QI>	Проверить пересечения тел
	<QA>	Проверить изменения модели
	<QC>	Показать кривизну кривых
	<3VV>	Показать кривизну поверхностей
	<QD>	Показать отклонение граней
	<QH>	Показать зазор между гранями
	<QN>	Показать расхождение нормалей граней
	<QZ>	Показать гладкость модели
	<QS>	Проверить разнимаемость модели

Команды управления трёхмерной моделью

	<3G>, <Alt + F7>	Обновить 3D модель
	<3RG>, <Shift + F7>	Выполнить полный пересчёт модели

Команды создания и изменения 2D чертежей по трёхмерной модели

	<3J>	Создать 2D проекцию
	<3EJ>	Изменить 2D проекцию

Команда создания и изменения материалов

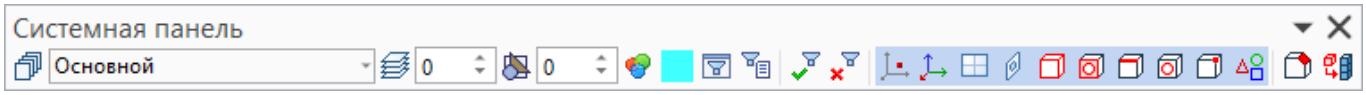
	<3MT>	Открыть окно редактора материалов

Настройка списка выбираемых элементов

Набор типов элементов, которые доступны для выбора по , можно изменять. Пиктограммы для настройки списка выбираемых элементов находятся на **Панели фильтров** в верхней части рабочего 3D окна.



В случае, если активна **Системная панель**, пиктограммы находятся в её правой части. Подробное описание работы по настройке селектора приведено в книге “Двухмерное проектирование и черчение”, раздел «Основные положения работы с системой».



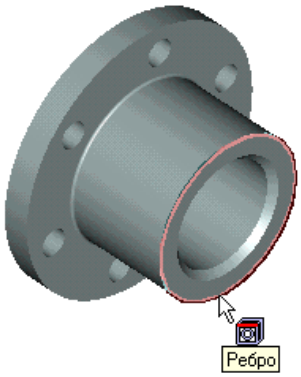
Для работы с настройками необходимо, чтобы было активно 3D окно. Для активизации окна поместите в него курсор и нажмите .

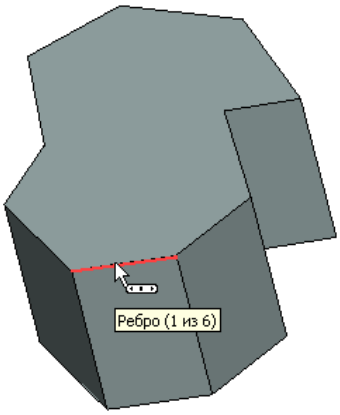
Выбор элементов

Выбор 3D элементов можно выполнять как в 2D окне, так и в 3D окне. Выбор трёхмерного элемента в 2D окне возможен только в том случае, если 3D элемент создавался с использованием 2D элементов. Например, для выбора 3D узла, созданного на основе двух 2D узлов, можно выбирать узел в 3D окне или любой из 2D узлов в 2D окне. Все действия приводят к одному результату - выбору 3D узла.

Выбор элементов 3D эскиза в режиме «Черчение в 3D» работает также, как и в 2D окне.

Во время работы в 3D окне действует динамическая подсветка элементов. При приближении курсора к элементу в 3D сцене происходит подсветка этого элемента, а сам курсор при этом принимает форму, соответствующую типу подсвеченного элемента. Если ненадолго задержать курсор, то появится подсказка с названием типа выбираемого элемента. Для выбора элемента нажмите . Чтобы выбрать группу элементов нужно удерживать нажатой клавишу <Shift>.





При работе со сложной моделью под курсор могут попадать несколько элементов одного или различных типов. В этом случае можно воспользоваться пунктом контекстного меню «Другой...», где нужный элемент можно выбрать из списка. Этот список состоит из ближайших к курсору элементов, причём, туда попадают только те элементы, типы которых присутствуют в фильтре селектора. Ещё один способ – подвести курсор в нужную точку и некоторое время не перемещать его. Тогда курсор примет другую форму и появится подсказка, в которой указано общее количество объектов, попадающих под курсор, среди которых можно произвести выбор. При помощи колеса мыши можно перебирать эти объекты. Нажатие выберет тот объект, который в данный момент будет подсвечен.

При выборе, например, 3D профиля необходимо указывать в линию контура. При выборе тела необходимо настроить селектор на выбор операций и отключить выбор граней и рёбер. Укажите в любую область тела, если установлен режим визуализации **Тоновая закраска** или **Тоновая закраска**

с материалами. Если установлен режим **Рёберная модель**, то для выбора тела или грани тела, необходимо указать в одно из его рёбер. Но надо учитывать, что тела могут перекрывать друг друга. Поэтому необходимо правильным образом ориентировать сцену, чтобы выбираемое тело оказывалось ближе других.

Выбранные элементы помечаются цветом, в зависимости от типа объекта и предназначения выбора. Все настройки цвета определяются в установках системы.



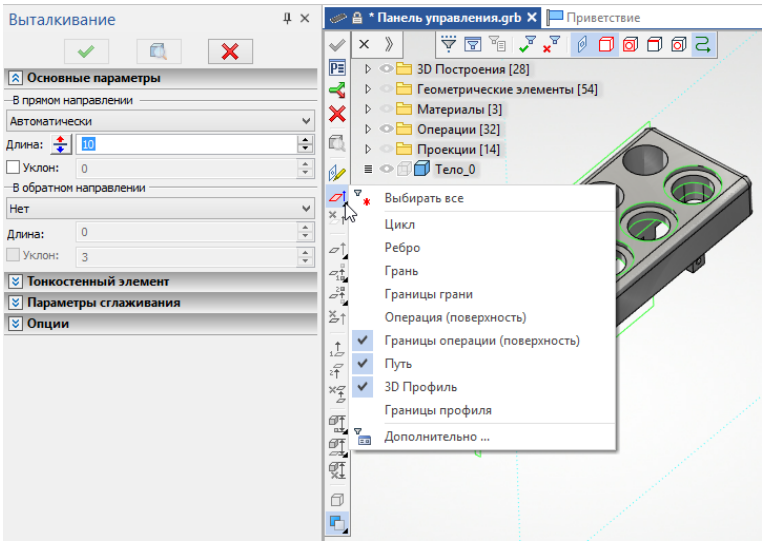
В некоторых 3D командах различные элементы одного типа помечаются разными цветами. Например, при выполнении операции сглаживания трёх граней необходимо задать левый, правый и средний наборы граней. В этом случае грани каждого из наборов помечаются разными цветами. При этом соответствующие цвета отображаются иконками на ярлыках соответствующих закладок со списками элементов в диалоге окна параметров.

При работе с большими 3D сборками, содержащими вложенные фрагменты, в 3D окне выбираются только фрагменты первого уровня вложенности. Для быстрого доступа к вложенным фрагментам более низкого уровня можно воспользоваться опцией  на панели фильтров.

Выбор элементов при работе в команде

При задании параметров команд по созданию элементов часто требуется выбирать существующие объекты в 3D сцене. Если в процессе работы с командой вызвана опция в автоменю, требующая выбора определённого типа элементов в 3D сцене, то система автоматически настраивает селектор на выбор элементов требуемого типа. Например, при создании сглаживания, выбрав опцию «Выбрать ребро» в автоменю, мы настраиваем селектор на выбор только лишь рёбер. Далее нужно сориентировать сцену (если это нужно для удобства выбора), указать курсором на выбираемый элемент и нажать . Выбор группы элементов осуществляется последовательно, без использования клавиши <Shift>.

Часто при работе в команде требуется задать какую-нибудь геометрическую характеристику, которую способны определить сразу несколько типов 3D объектов. Так, например, при выборе направления можно использовать элементы с проволочной геометрией (ребра, пути, профили и др.), пару 3D узлов, нормаль к плоской поверхности и т.д. В этом случае данная опция автоменю имеет расширенный список настроек фильтров селектора. О наличии такого списка для данной опции свидетельствует чёрный треугольник в нижнем правом углу пиктограммы. Упрощенный вариант этого списка дублируется на панели фильтров.



В случае если выбрался не нужный, а, например, соседний элемент, то следует воспользоваться опцией автоменю:

	<I>	Выбрать другой ближайший элемент

Последующее нажатие на пиктограмму переносит выбор на следующий ближайший элемент, и так далее до тех пор, пока не будут перебраны все элементы. Данная опция есть во всех 3D командах, требующих выбор объектов.

Отмена выбора

При работе внутри команды отмена выбранных элементов осуществляется нажатием или клавиши <Esc>. При этом пометка снимается с элементов по очереди в обратной последовательности. Во многих командах можно отменить выбор сразу всех элементов нажатием соответствующей пиктограммы в автоменю (см. соответствующие разделы документации).

Для отмены выбора элемента или группы элементов при работе вне команды достаточно выбрать другой элемент или указать курсором в свободное пространство 3D сцены и нажать .

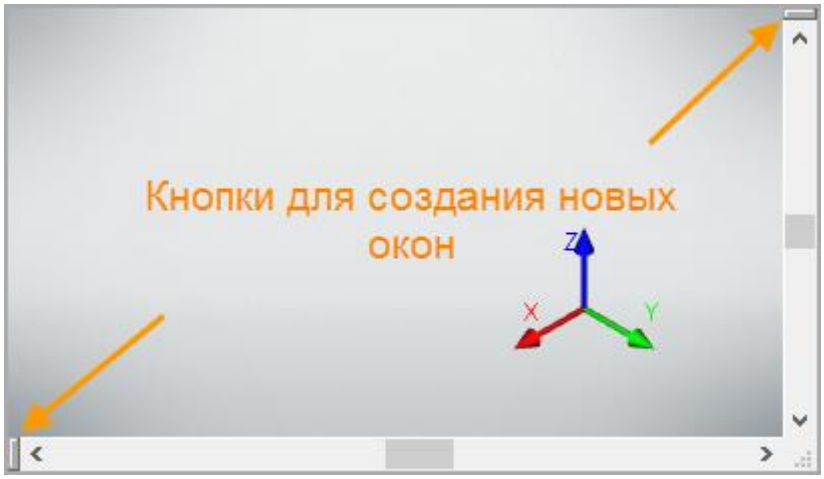
Поиск элементов

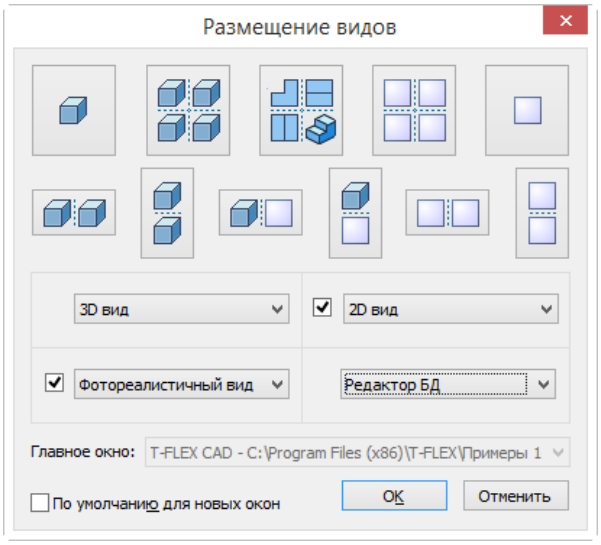
Функция поиска предназначена для быстрого поиска определенного элемента 3D модели или чертежа, и может запускаться в прозрачном режиме и работать во всех командах. Поиск может осуществляться либо по имени элемента, либо по его идентификатору. Для вызова функции поиска используется команда **FD: Найти:**

Пиктограмма	Лента
	Редактирование → Дополнительно → Найти
Клавиатура	Текстовое меню
<FD>, <Ctrl + D>	Правка > Найти

Открытие новых окон

При создании нового документа «3D модель» по прототипу «3D модель.GRB», первоначально создаётся 3D окно. В процессе проектирования может возникнуть необходимость открыть дополнительное 2D или 3D окно. Для этого используются специальные кнопки на полосах прокрутки окна. Кнопка, расположенная слева на горизонтальной полосе прокрутки и кнопка, расположенная вверху на полосе вертикальной прокрутки, позволяют вызвать диалоговое окно **WSV: Размещение видов**, в котором можно выбрать необходимый вариант размещения новых окон на экране. Также данное окно можно вызвать, выбрав иконку  на панели **Вид**.





В окне **Размещение видов** с помощью специальных кнопок можно выбрать отображение одного или нескольких 2D и 3D окон, а также отображение 3D и 2D видов вертикально или горизонтально.

Кроме того, кнопка  позволяет получить четыре 3D окна, в которых будут показы виды сверху, слева, справа, а так же аксонометрия.

Для создания своего набора окон, можно использовать четыре выпадающих списка в нижней части диалогового окна. По умолчанию там указаны 3D и 2D виды. Для добавления дополнительных видов следует поставить флажок в поле .

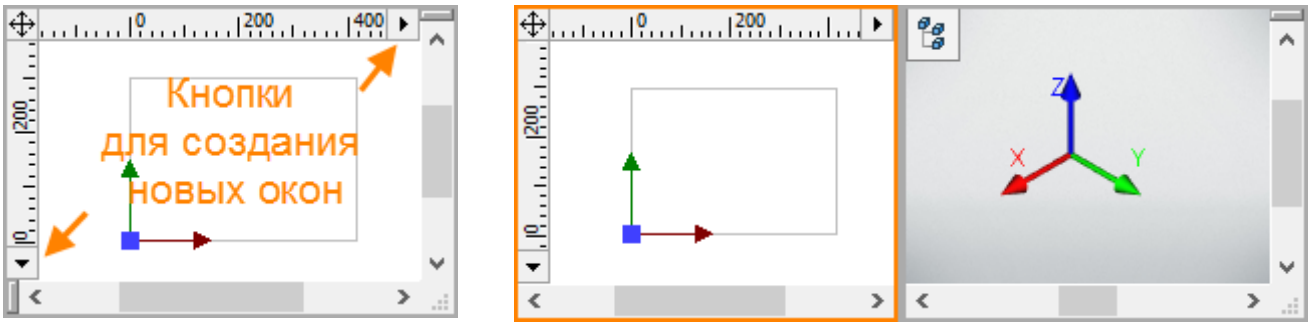
В выпадающем списке доступно пять вариантов новых окон: **3D вид**, **2D вид**, **Редактор БД**, **Граф СЭ**, **Фотореалистичный вид**. Они могут быть заданы в любом порядке и в любой комбинации.

Для того, чтобы при открытии нового окна всегда создавалась выбранная комбинация, можно поставить флажок в поле **По умолчанию для новых окон**.

Для открытия нового окна нужно вызвать команду **WO: Открыть новое окно:**

Пиктограмма	Лента
	Вид → Окно → Новое окно документов
Клавиатура	Текстовое меню
<WO>	Окно > Новое окно документов

Если был создан новый файл «Чертёж» по прототипу «Чертёж.GRB», то первоначально было автоматически открыто 2D окно. Наиболее простой способ открыть 3D окно – нажать кнопку в правом верхнем углу рабочей границы текущего окна. В результате рабочая зона текущего окна разделится на две равные части: слева – 2D окно, справа 3D окно.



В зависимости от того, какое окно активно в данный момент, те или иные команды будут недоступны для запуска. Например, при активном 2D окне всегда будут недоступны команды визуализации 3D сцены и управления 3D видом, а при работе в 3D окне большинство 2D команд будет доступно только в специальном режиме – при активизации рабочей плоскости.

Разделение окна документа на части можно зафиксировать для последующих сеансов работы с документом. Для этого достаточно установить параметр **Фиксированный набор окон** в диалоге команды **ST: Задать параметры документа** (закладка **Разное**) и сохранить документ. При повторном открытии документа или при создании дополнительного окна для открытого документа окно будет состоять из ранее заданного набора видов и поменять этот набор будет нельзя.

Манипулирование моделью в 3D окне

Работая в 3D окне модель можно вращать в любых направлениях, увеличивать/уменьшать изображение, перемещать модель. Эти действия можно производить в любой момент, либо с помощью мыши, либо с клавиатуры. При работе мышью иногда требуется задействовать некоторые опции на панели Вид.

При работе в 3D окне доступна команда **Показать/Скрыть линейки**. Линейки позволяют ориентироваться в 3D пространстве, оценить размер модели и расстояния между элементами модели.

В режиме работы на активной рабочей плоскости для вращения 3D сцены необходимо воспользоваться пиктограммой (доступна на главной панели в режиме «Рабочая плоскость»), либо вращать её при помощи мыши одновременно с нажатой клавишей <Alt>.

Более подробную информацию смотрите в разделе «Работа с окном 3D вида».

Окно «3D модель»

Для открытия окна структуры 3D модели необходимо использовать команду:

Пиктограмма	Лента
	Вид → Окно → Окна → 3D модель
Клавиатура	Текстовое меню
<Alt+3>	Настройка > Окна > 3D модель

Окно с заголовком **3D Модель** появляется в левой части экрана. Это служебное окно отражает структуру 3D модели в виде дерева.

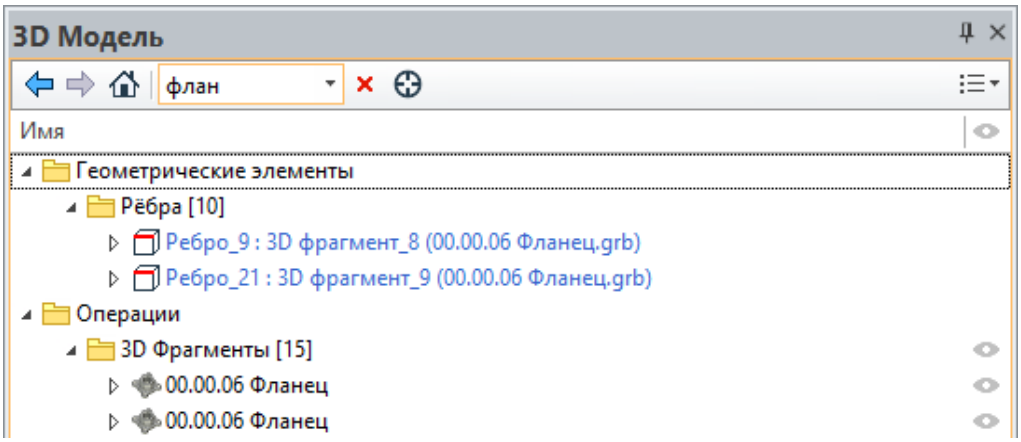
На инструментальной панели в верхней части окна **3D Модель** находятся опции для переключения между состояниями окна, выпадающий список отображаемых колонок и строка поиска.



Для опции есть несколько вариантов применений:

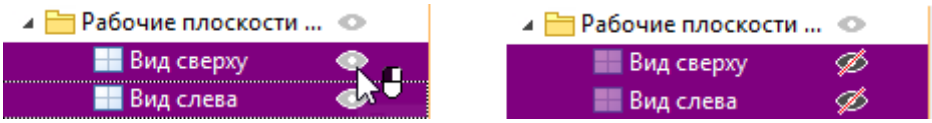
- ✓ Если выбрать 3D объект в сцене и затем активировать опцию , то этот объект будет маркирован в дереве модели;
- ✓ Если выбрать грань, ребро или вершину и активировать опцию , то в дереве модели будет маркировано тело/фрагмент, которому принадлежит выбранный элемент;
- ✓ Если выбрать элемент в дереве модели и активировать опцию , то выбранный элемент будет показан в 3D сцене крупнее.

Строка поиска позволяет находить элементы в дереве 3D модели по их имени или части имени. После завершения поиска в дереве остаются только элементы с подходящими именами.



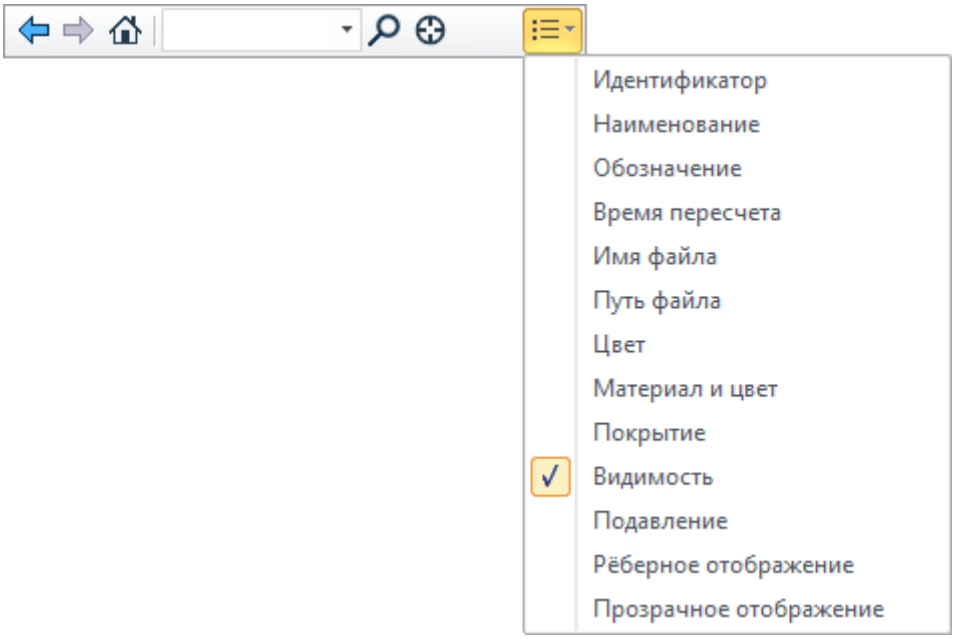
Колонки позволяют быстро изменять параметры элементов и получать информацию. Параметры можно изменять сразу для нескольких выбранных элементов.

Например, чтобы скрыть несколько рабочих плоскостей, можно выбрать рабочие плоскости в дереве модели и нажать на пиктограмму в колонке «Видимость».



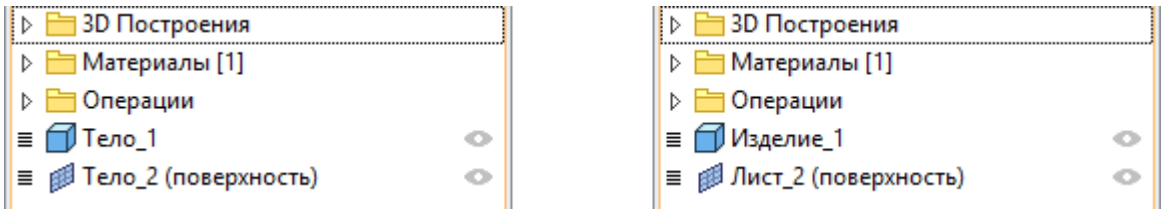
Если изменение какого-либо параметра для элемента дерева недоступно, пиктограмма в колонке не появляется.

Для включения отображения колонок в дереве используется выпадающий список:

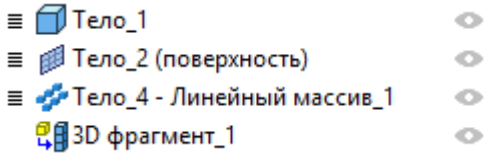


В корне дерева модели размещаются Тела. В зависимости от типа геометрии Тела (твердотельный или листовой объект), для него в дереве модели отображается соответствующая иконка.

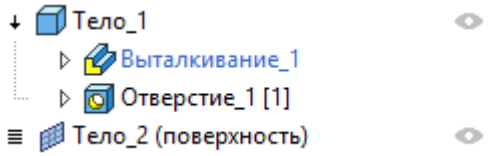
Каждому Телу модели присваивается уникальное имя, по умолчанию состоящее из слова “Тело” и номера, например, «Тело_1». При желании любому Телу можно назначить произвольное персональное имя в параметрах этого Тела.



Операции создания 3D фрагментов, Деталей и 3D массивов могут отображаться на верхнем уровне структуры модели наравне с Телами.



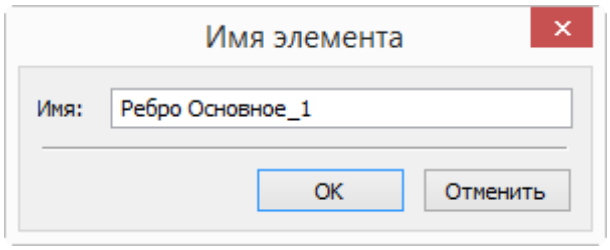
Слева от имени Тела стоит знак . С его помощью можно просмотреть историю создания данного тела. Для этого необходимо указать курсором на знак и нажать .



При открытии ветки дерева модели с историей Тела знак изменится на . История Тела состоит из последовательности операций, его образующих, отображаемой в виде списка. Формирование списка начинается сверху вниз в порядке создания или использования операций. Для закрытия истории Тела нужно указать курсором на знак и нажать .

Каждый элемент модели, указанный в истории Тела, также имеет уникальное имя. По умолчанию имя состоит из названия типа элемента и номера, например, «Выталкивание_6». При желании элементу, как и Телу, можно назначить произвольное персональное имя.

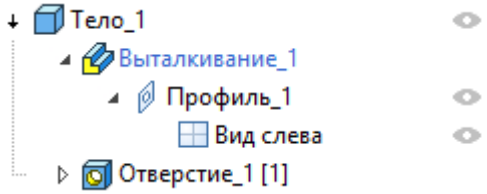
Именованные элементы можно в дальнейшем использовать для выполнения измерения, поиска исходных элементов при создании операций по имени (например, операции **Сглаживание**). Именованные элементы доступны для получения информации о зависимостях в диалоге **Информация**, для них доступна функция **Удалить** с удалением зависимых объектов. Именованные элементы, при последующем создании на их основе новых операций, сохраняют свои имена. В случае если именованный геометрический элемент находится на видимом теле, он помечается в 3D окне при его выборе в дереве модели.



При желании можно задать или изменить имя геометрического элемента с помощью команды контекстного меню **Параметры**. К геометрическим элементам относятся вершины, рёбра, циклы, грани.

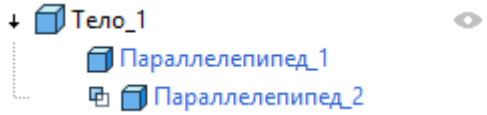
Слева от имени элемента может стоять знак . Это означает, что данный элемент создан на основе других элементов. Чтобы развернуть данную ветвь дерева модели и просмотреть родителей элемента, необходимо указать курсором на знак и нажать . При этом знак изменится на . Если

слева от имени элемента не стоит никакого знака, это означает, что данный элемент – последний на этой ветви дерева 3D модели.

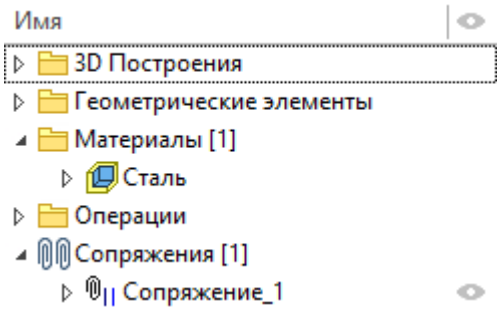


Если для операции может быть построена история её создания, то вместо её родителей показывается история. При этом рядом с именем операции вместо значка ▷ ставится ▤. История операции показывается так же, как и история Тела.

Особым образом в истории отображаются булевы операции. Обозначение типа (сложение, вычитание или пересечение) рисуется слева от значка той операции, которая является вторым операндом для булевой операции. На рисунке показана история операции «Булева_1»: из тела «Параллелепипед_1» вычтено тело «Параллелепипед_2».

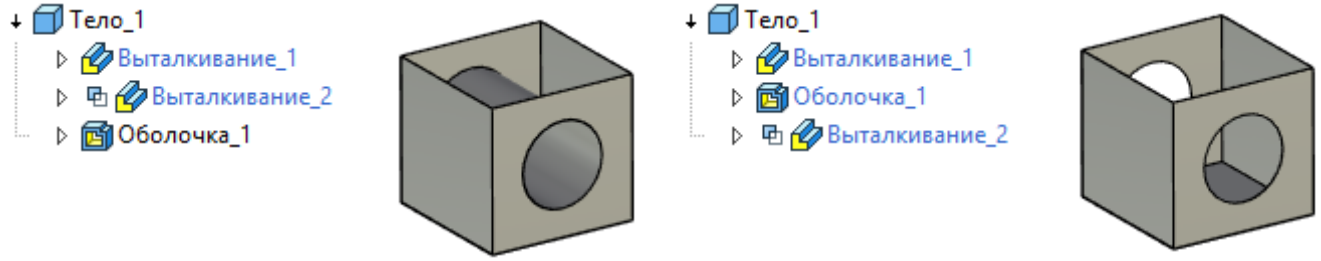


Помимо списка Тел, в корне дерева модели также присутствуют специальные ветви дерева, в которых перечислены все 3D элементы, созданные в текущей модели. Все операции – во второй ветви «Операции». 3D элементы оформления (3D размеры, 3D надписи и т.п.) помещаются в ветвь “3D элементы оформления”. В ветки «Сопряжения» указываются все сопряжения, созданные в данной модели. Все элементы разложены в папки по типам: 3D узел, рабочая плоскость, 3D профиль и т.д., внутри папок элементы сортируются по алфавиту. Рядом с названием папки после двоеточия стоит число, означающее количество элементов данного типа, содержащихся в модели. Раскрывая ветви дерева модели, можно получить доступ к любому элементу 3D модели.

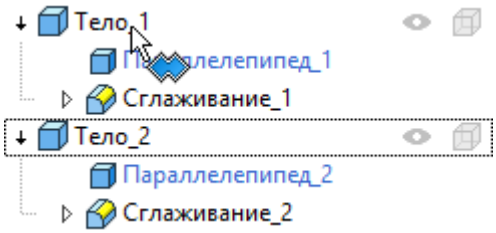


В некоторых случаях операции можно перемещать по дереву модели, меняя тем самым структуру самой модели. Подведите курсор к тому элементу, который нужно перенести по дереву модели, нажмите 🖱 и, удерживая кнопку нажатой, перетащите выбранный элемент на новое место. На приведённых ниже рисунках демонстрируется пример переноса операции по дереву модели. Здесь операция Оболочка_3 сначала находилась после операции вычитания (Булева_2). Затем булева

операция была перенесена вместе с операндом Выталкивание_1 (цилиндр) и вставлена после операции создания оболочки.

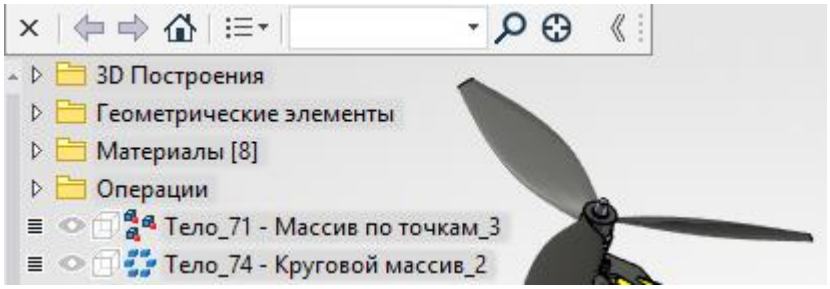


При помощи дерева модели можно быстро создавать булевы операции всех типов. Если выбрать Тело и перетащить его на другое Тело, рядом с курсором появляется знак булевой операции «сложение». При одновременном нажатии клавиш <Ctrl> или <Shift> тип булевой операции меняется на вычитание или пересечение. Вместо Тел можно выбирать последние в их истории операции.



Отображение дерева модели в 3D сцене

Отображение окна **3D Модель** доступно также в 3D сцене. Для этого необходимо нажать иконку  в левом верхнем углу 3D сцены.

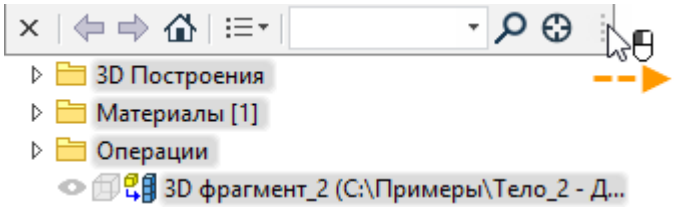


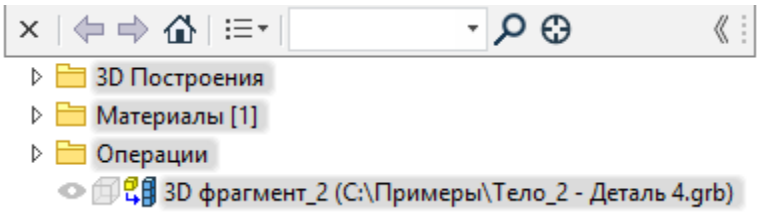
При работе с 3D моделью дерево модели в сцене автоматически раскрывается, если окно **3D Модель** становится в какой-то момент недоступным. Это происходит, например, при входе в команды создания или редактирования 3D элементов. Если раскрытие дерева при активации команд не требуется, достаточно закрыть его один раз с помощью , и система запомнит это состояние.

У дерева модели есть инструментальная панель, аналогичная панели в окне **3D Модель**. Единственное отличие заключается в количестве отображаемых колонок. Скрыть эту панель можно нажатием на специальную кнопку.



Дерево можно расширить. Для этого необходимо поместить курсор на правый край инструментальной панели и переместить его, зажав левую кнопку мыши.





Контекстное меню дерева модели

Нажатием по выбранному элементу дерева модели, можно вызвать контекстное меню.

Контекстное меню состоит из стандартных команд для работы с элементом (**Изменить**, **Копировать/Вставить**, **Параметры** и т.д.) и окном **3D Модель**. Набор команд может различаться в зависимости от выбранного в окне **3D Модель** элемента. Рассмотрим основные:

- **Удалить Тело** (для Тел) – команда позволяет удалить все операции, входящие в историю создания данного Тела. Дополнительно могут быть удалены все родительские 3D элементы построения данного Тела или только те родительские элементы, которые не использовались при создании других Тел.
- **Удалить** (для операций и вспомогательных 3D элементов) – команда удаляет выбранную операцию или 3D элемент построения.
- **Деталь.** Команда позволяет выгрузить тело или фрагмент из сборки в отдельный файл.

> Подробную информацию о создании деталей можно найти в главе «Создание сборочных 3D моделей».

- **Удалить преобразования сопряжений.** Опция позволяет отменить все преобразования сопряжений для выбранного объекта и вернуть его в исходное положение.
- **Откатить модель.** Опция позволяет откатить трёхмерную модель на уровень определённой операции.

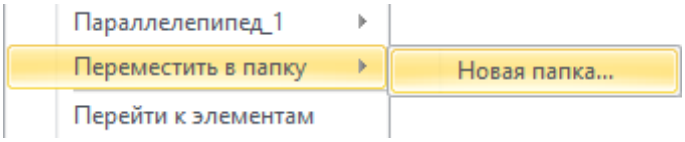
> Подробную информацию об откате моделей можно найти в главе «Редактирование».

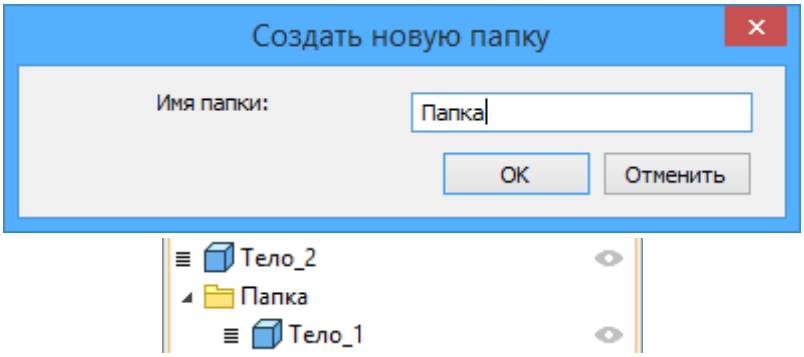
- **Сохранять геометрию при пересчёте**. Опция позволяет сохранить промежуточную геометрию для операции, тем самым ускоряя переход к её редактированию.

> Подробную информацию об этой опции можно найти в главе «Редактирование».

Для группировки Тел, 3D фрагментов и 3D массивов можно создавать отдельные ветки-папки. Для этого в контекстном меню Тела, которое желательно поместить в отдельную папку, надо вызвать из контекстного меню команду **Переместить в папку** > **Новая папка**. На экране появится окно для

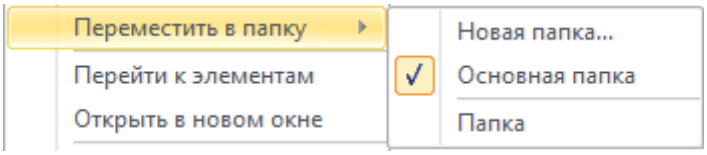
задания имени создаваемой папки. После задания имени и нажатия **[OK]** в дереве 3D модели появляется папка с заданным именем, и выбранное Тело помещается в эту папку.





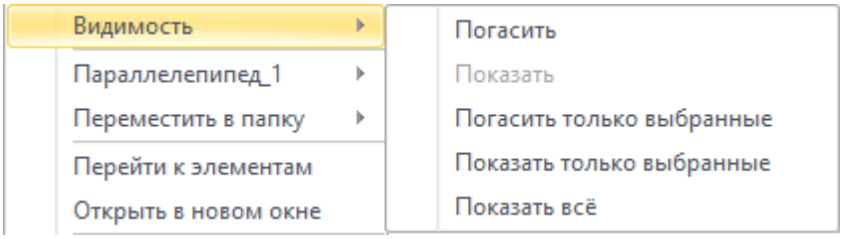
Если в дереве 3D модели уже создана хотя бы одна папка для Тел, то в контекстном меню для каждого тела в подменю **Переместить в папку** будет также приведён список существующих папок Тел. Та папка, в которой находится текущее тело, будет помечена. Для перемещения Тела в одну из уже существующих папок достаточно выбрать эту папку в списке.

Перемещать Тела из корня дерева модели в папки и обратно можно также, просто перетаскивая Тела при нажатой .



При помощи дерева модели иногда очень удобно осуществлять выбор объектов при работе во многих командах, например, когда выбор этого элемента в 3D окне по каким-либо причинам затруднён.

Группа команд **Видимость** объединяет команды для управления видимостью Тел и 3D элементов построения:



- **Погасить**. Данная команда делает невидимыми в 3D сцене выбранные 3D объекты;

- **Показать**. Команда, отменяющая действие предыдущей, т.е. делающая видимыми выбранные 3D объекты в 3D сцене;
- **Погасить только выбранные**. Команда делает невидимыми все выбранные 3D объекты и показывает все остальные, если они ранее были погашены;
- **Показать только выбранные**. Команда делает видимыми все выбранные 3D объекты и гасит (т.е. делает невидимыми) все остальные;
- **Показать всё**. Данная команда делает видимыми все объекты 3D сцены.

Доступность команд данной группы зависит от выбранных 3D объектов. Например, если все выбранные 3D объекты в данный момент невидимы, то команда **Погасить** будет недоступна.

У Тела видимость/невидимость может быть задана с помощью параметра **Погасить** в диалоге параметров данного Тела или в диалогах параметров формирующих его операций, без использования описанных команд. Значение параметра можно задавать с помощью переменной. В случае использования переменной команды группы **Видимость** не будут оказывать влияние на видимость данного Тела. Об этом будет выдано соответствующее предупреждение.

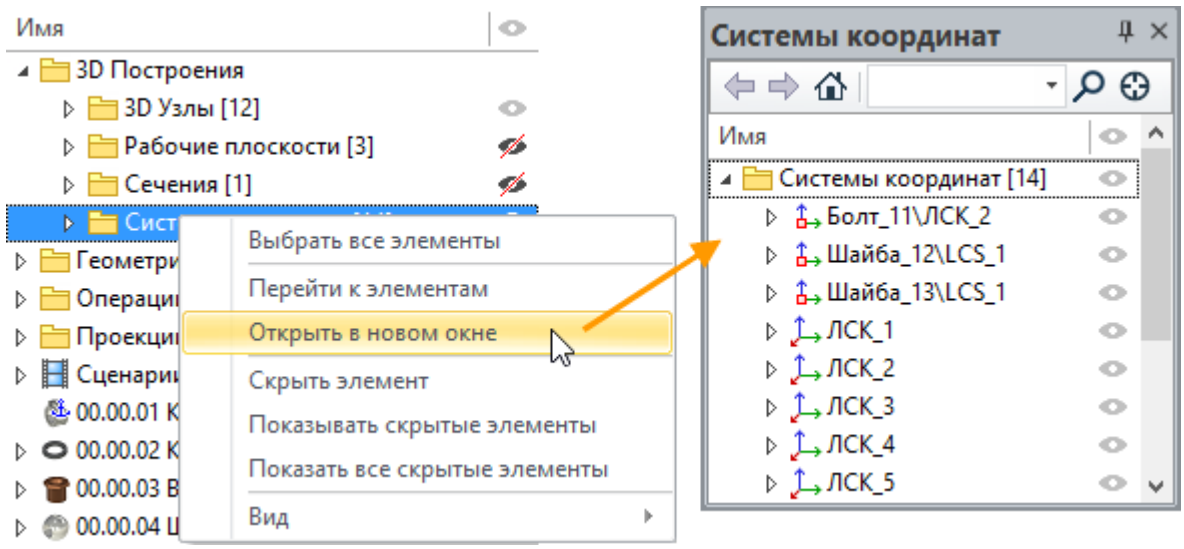
Подавить (для операций) – при включении данного флажка выбранная операция исключается из процесса регенерации. Таким образом можно временно удалять элементы 3D модели. Снова выбрать подавленную операцию можно в окне **3D модель** или воспользовавшись командой поиска элемента.

При использовании команды **Перейти к элементам** в дереве будут отображены только выбранные элементы. Для возврата к обычному режиму используются опции переключения состояния: , , .

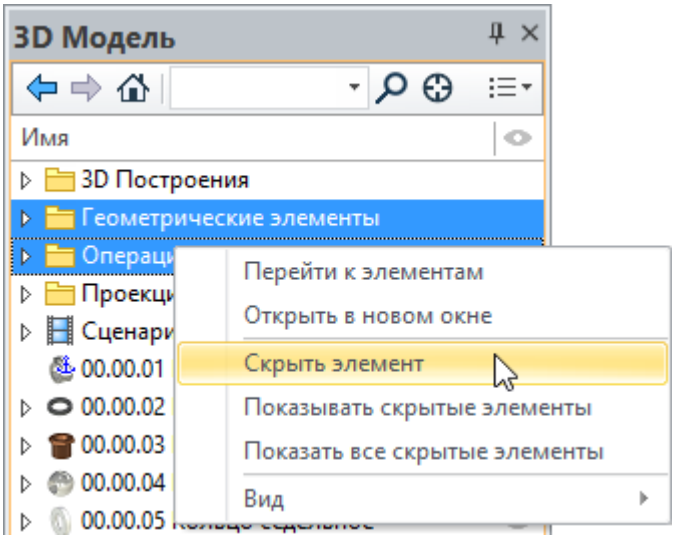


Команда **Открыть в новом окне** позволяет выносить любые элементы 3D модели в отдельное окно. Это окно можно перемещать по экрану. Оно сохраняет всю функциональность окна **3D Модель**. Это

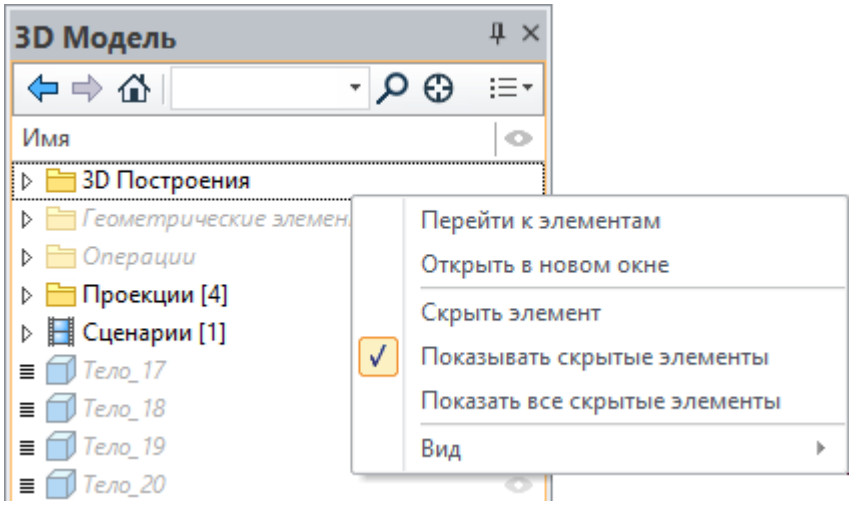
окно позволяет избавиться от необходимости каждый раз перемещать курсор через весь экран, чтобы выбрать элемент дерева модели.



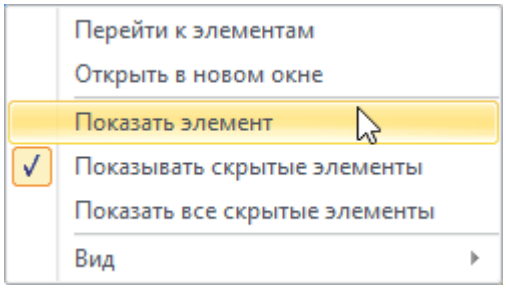
После использования команды **Скрыть элемент**, выбранные элементы перестанут отображаться в дереве модели. Например, можно скрыть неиспользуемые элементы, чтобы не отвлекаться на них в процессе работы.



Если установлен флаг **Показывать скрытые элементы**, скрытые элементы отображаются, но окрашены в серый цвет. Названия таких элементов выделены курсивом, чтобы не путать их с погашенными элементами.

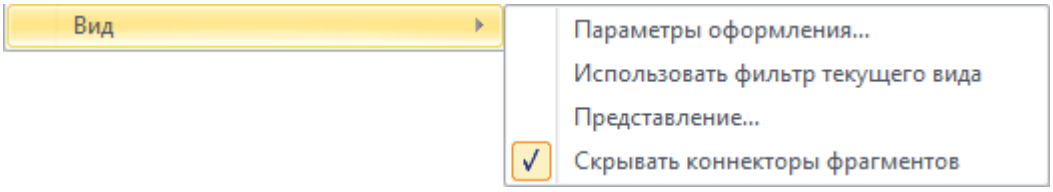


Чтобы вновь показать элемент в окне нужно воспользоваться командой **Показать элемент**.

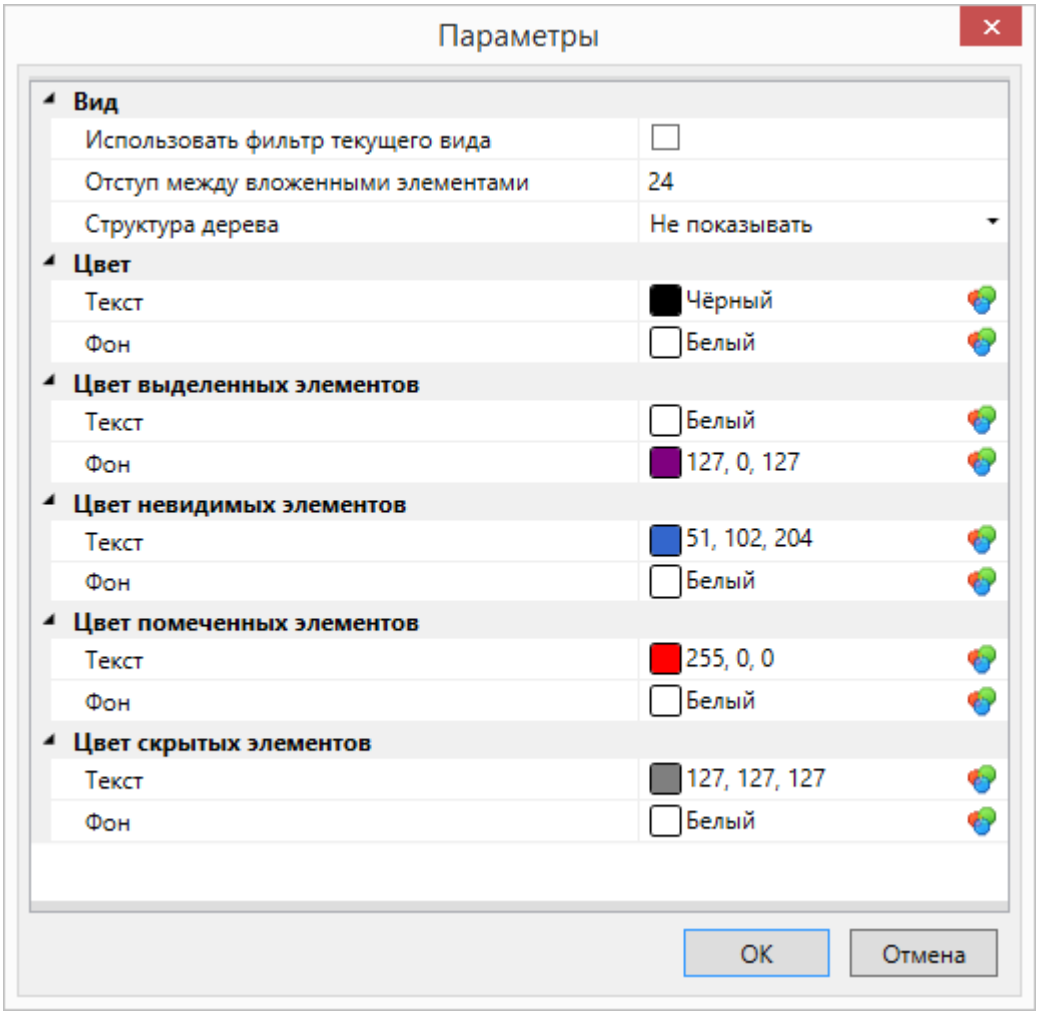


Чтобы вновь показать все скрытые элементы, нужно воспользоваться командой **Показать все скрытые элементы**.

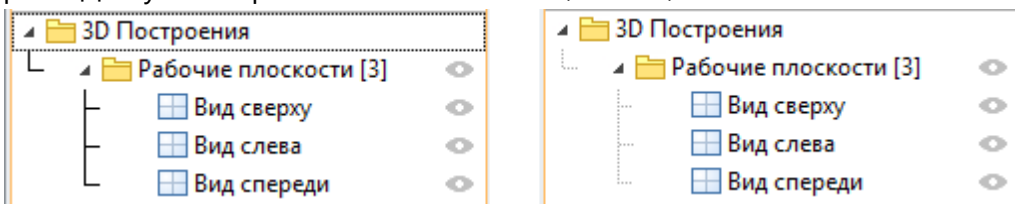
Команды и опции для настройки отображения дерева модели объединены в отдельный пункт **Вид** контекстного меню дерева модели:



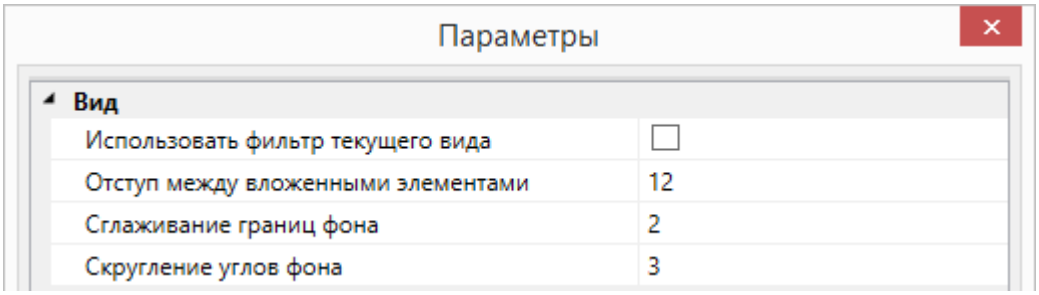
➔ **Параметры оформления.** Группа **Вид** в диалоге **Параметры** отличается для окна **3D модель** и дерева модели в 3D сцене.



- ✓ Флаг **Использование фильтра текущего вида** позволяет применить настройки селектора 3D окна для выбора элементов в дереве модели. При наведении курсора на элементы в дереве будут подцвечиваться только элементы, соответствующие фильтру.
- ✓ Параметр **Отступ между вложенными элементами** позволяет задать отступ дочерних элементов в дереве модели относительно родительских в пикселях.
- ✓ Параметр **Структура дерева** позволяет задать визуальное отображение структуры дерева. Доступны варианты: **не показывать**, **линии**, **точки**.

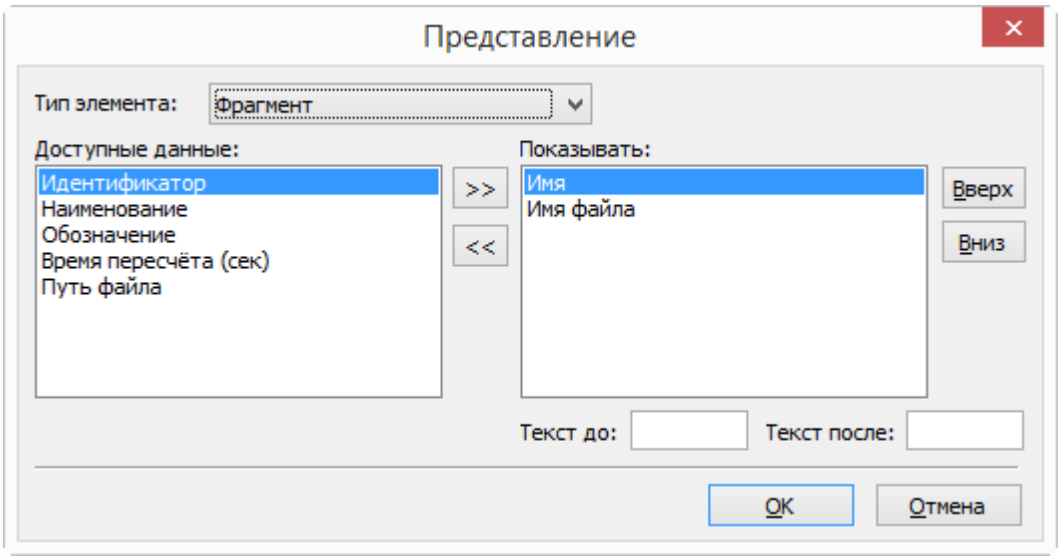


Для дерева модели, отображающемся в 3D сцене в группе **Вид** можно задать **сглаживание границ фона** и **скругление углов фона**

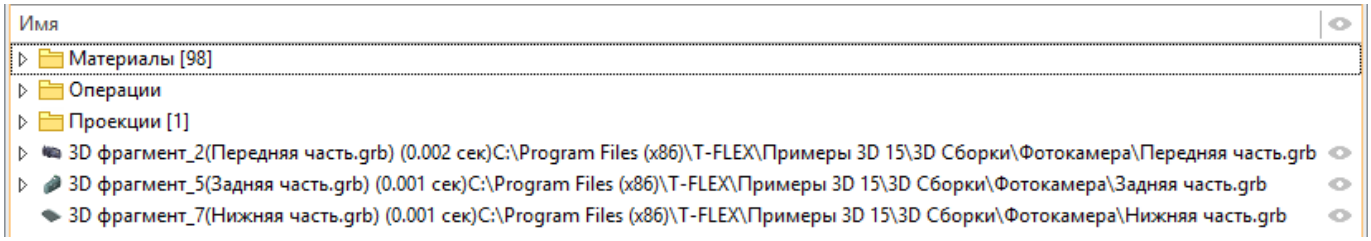


В диалоге **Параметры** можно задать цвета для: окна 3D Модель, выделенных элементов, невидимых элементов, помеченных элементов и скрытых элементов. В каждой из перечисленных групп можно задать цвет текста и цвет фона.

- **Использование фильтра текущего вида** – дублирует соответствующий флаг из параметров.
- **Представление.** Данная команда позволяет настраивать информацию, которая выводится в дереве 3D модели. При вызове команды появляется окно диалога настройки.



В диалоге **Представление** можно выбрать данные, которые будут отображаться в дереве для объектов разных типов: время, затраченное компьютером на его пересчёт, объём геометрических данных объекта в памяти и объём данных, требуемых для его прорисовки (сетка), и т.п.. Такая настройка позволяет не только видеть объекты в дереве в удобном для пользователя виде, но и производить оптимизацию модели по скорости пересчёта и объёму занимаемой памяти. Для работы со сборочными моделями удобной является информация о наименовании и обозначении компонентов сборки. Эта информация может выводиться вместе или вместо имени и пути файла для компонентов сборки (фрагментов).

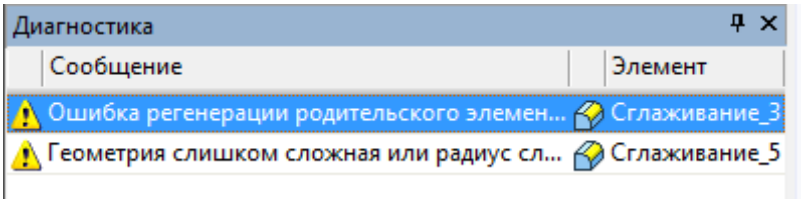


Настройки, заданные в диалоге **Представление**, сохраняются в файле документа и используются при его повторном открытии.

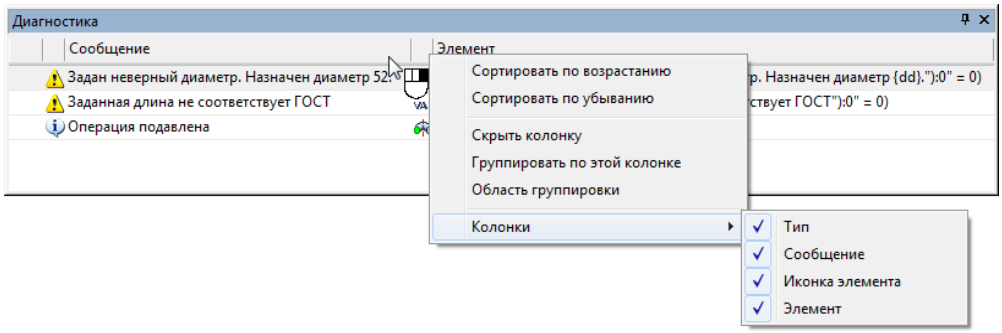
- **Скрывать коннекторы фрагментов.** При включённом флаге коннекторы фрагментов не отображаются в 3D сцене.

Окно «Диагностика»

Служебное окно **Диагностика** используется для вывода предупреждений и сообщений об ошибках. Ошибки могут возникать при задании некорректных параметров операции, при недопустимом значении переменной, пересчёте модели с некорректными параметрами и т.д. Система постарается распознать причину ошибки и выдаст сообщение в этом окне. Кроме причины ошибки система выдаёт информацию о сбойном элементе. В дереве модели сбойный элемент и элементы, от него зависящие, помечаются красным крестиком.



Сообщения в окне диагностики выводятся в виде таблицы, содержащей несколько колонок. Видом таблицы можно управлять с помощью команд контекстного меню, появляющегося при нажатии на строке заголовков.



Из контекстного меню в окне диагностики доступен обычный набор команд, появляющийся при выборе элемента модели, и ещё несколько специальных команд:

- **Скрыть сообщение**. Данная команда позволяет скрыть сообщение в окне диагностики. При вызове команды появляется окно диалога с дополнительное запросом: **“Скрыть сообщение**

только для выбранного объекта? Да/Нет/Отмена”. В зависимости от ответа пользователя возможны следующие варианты работы команды:

- ✓ **Да**. Будут подавлены все сообщения выбранного типа для того же объекта (2D или 3D элемента);
- ✓ **Нет**. Будут подавлены все сообщения выбранного типа для всех объектов (в рамках текущего документа T-FLEX CAD).
- ✓ **Отмена**. Отмена выполнения команды.

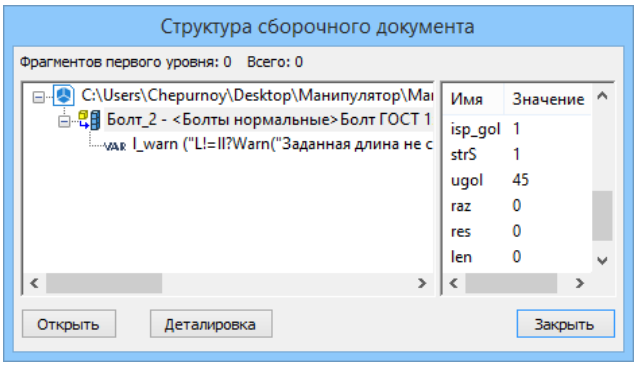
Скрытые сообщения заносятся в список скрытых сообщений. Они не будут отражаться в окне диагностики до отмены режима блокировки. Действие команды распространяется и на следующие сеансы работы с данным файлом/системой.

- ➔ **Список скрытых сообщений**. Данная команда вызывает окно диалога со списком скрываемых сообщений. Для того, чтобы отменить блокировку сообщений определённого типа, достаточно снять флажок справа от сообщения.
- ➔ **Показывать окно автоматически**. Эта настройка нужна, если требуется автоматически показывать окно при возникновении новых сообщений. Используется при объединении нескольких служебных окон в одну консоль.
- ➔ **Спрятать окно**. Эта команда выключает окно диагностики. Снова вызвать это окно можно командой **Вид** > **Окно** > **Окна** > **Окно диагностики.**
- ➔ **Звуковой сигнал**. Команда включает/выключает подачу звукового сигнала при возникновении ошибки.
- ➔ **Изменить**. Команда доступна, если выделена конкретная строка сообщения. Запускается команда редактирования сбойного элемента (операции).

При возникновении ошибки внутри файла-фрагмента в окне диагностики появляются ссылки на те операции из модели фрагмента, которые вызвали ошибку, а из контекстного меню становится доступна ещё одна команда:

- ➔ **Показать структуру фрагмента**. Эта команда вызывает окно диалога “Структура документа”.

Фрагмент, внутри которого выявлена ошибка, выделен автоматически. В правом окне можно наблюдать информацию о переменных фрагментов: имена переменных, их значения и комментарии. Для устранения ошибки вы можете открыть файл фрагмента нажатием на кнопку **[Открыть]**.



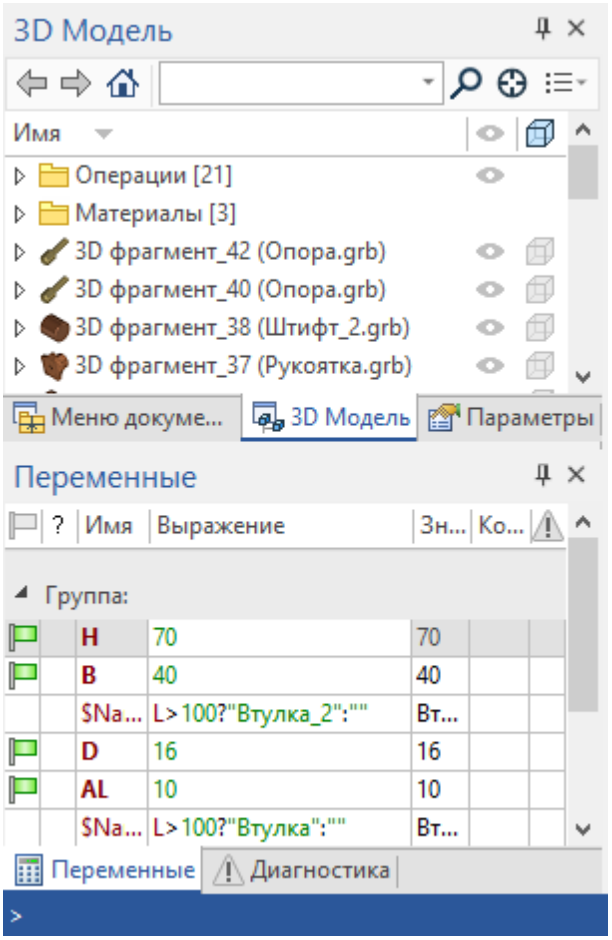
Ошибка в модели фрагмента может быть вызвана, если задано некорректное значение переменной фрагмента. Для того чтобы открыть фрагмент с текущими значениями переменных, служит кнопка **[Деталировка]**.

В окне диагностики можно выбрать сразу несколько сообщений, используя <Ctrl>+. При выборе нескольких сообщений в контекстном меню появится команда:

- **Удалить связанные элементы**. Данная команда позволяет удалить все 2D и 3D элементы, связанные с выбранными сообщениями.

Оптимальное расположение служебных окон

Все служебные окна системы T-FLEX CAD могут быть соединены в одну общую консоль с закладками. Это экономит достаточное количество рабочего пространства и избавляет от необходимости периодически подгонять размеры служебных окон по мере работы с ними. Для совмещения двух служебных окон подхватите одно из них за область заголовка и перетащите на область заголовка другого окна. Два окна объединяются в одно. Для переключения между окнами используйте появившиеся в нижней части закладки. В процессе работы система может самостоятельно осуществлять автоматическое переключение между окнами.



Панели инструментов

Во время работы в T-FLEX CAD 3D для вызова команд удобно пользоваться инструментальными панелями. Работа с панелями, настройка и вызов панелей осуществляются так же, как и при работе с 2D чертежами (смотрите книгу «Двухмерное проектирование и черчение», главу «Основные положения работы с системой»).

Для задания необходимых опций команды так же, как и в 2D используется **автоменю** совместно с **окном свойств**. Набор пиктограмм в автоменю для каждой команды свой. Однако некоторые опции присутствуют в автоменю для всех команд:

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод. Подтверждает создание элемента
	<P>	Задать параметры элемента
	<I>	Выбрать другой ближайший элемент
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр результата операции

Настройки

При работе в T-FLEX CAD требуется устанавливать определённые настройки как для системы в целом, так и для отдельного документа. Настройки системы автоматически записываются в реестр Windows и устанавливаются при следующем запуске T-FLEX CAD. Настройки, касающиеся конкретного документа, хранятся в файле этого документа.

Настройка системы осуществляется в диалоге **«Установки»,** вызываемом командой:

Пиктограмма	Лента
	 → Установки
Клавиатура	Текстовое меню
<SO>	Настройка > Установки

Все настройки системы, касающиеся 3D моделирования, находятся на закладке **3D**. Более подробное описание работы с диалогом **Установки** смотрите в книге «Двухмерное проектирование и черчение», разделе «Настройка системы».

Настройка параметров документа осуществляется в диалоге **Параметры документа**, вызываемом командой:

Пиктограмма	Лента
	
Клавиатура	Текстовое меню
<ST>	Настройка > Параметры документа

Все настройки чертежа, касающиеся 3D моделирования, находятся на закладке **3D**. Более подробное описание работы с диалогом «Параметры документа» смотрите в книге «Двухмерное проектирование и черчение», разделе «Настройка чертежа».

Показатели графического представления 3D модели

При работе с 3D моделью можно контролировать показатели графического представления 3D модели. Для этого необходимо в диалоге команды **SO: Задать установки системы** (закладка **3D/Параметры графики...**) установить флажок **Выводить информацию о производительности графики**. При включённом флажке в верхнем левом углу рабочего окна будет отображаться следующая информация:

FPS - количество кадров, выводимых на экран в секунду;

Batch - Количество переключений буферов при загрузке тел в 3D сцену. Данный параметр во многом зависит от количества тел в сцене;

Vertex - количество вершин в сцене. Под вершиной в данном случае понимается совокупность вершинных данных (координаты, нормали, текстурные координаты и другие вершинные данные);

Face - Количество треугольных плоских граней в сетке разбиения модели;

Line - количество линий в сцене;

Point – Количество точек;

MTr/s - скорость прорисовки треугольников, на которые разбивается модель. Измеряется в миллионах треугольников в секунду.

Для повышения производительности по возможности нужно стремиться к уменьшению количественных показателей графического представления моделей. Управлять этим можно с помощью параметров качества сетки.

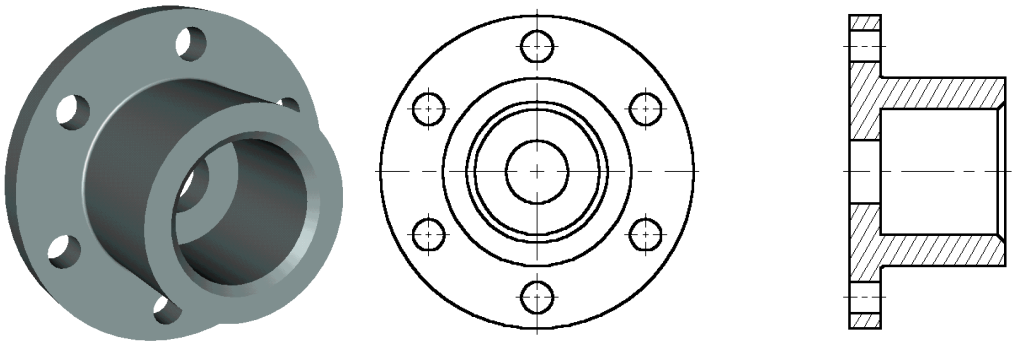
Краткий вводный курс по созданию 3D модели

Данный раздел на простых примерах учит создавать трёхмерную модель. В руководстве описана последовательность действий, которые для этого необходимо выполнить. В процессе создания 3D модели вы сможете получить представление об основных командах 3D моделирования и о принципах создания 3D модели.

В системе T-FLEX CAD существуют различные подходы к созданию 3D модели. Основной метод заключается в создании большинства построений модели прямо в 3D окне. При другом подходе 3D модель создаётся на основе готовых 2D чертежей или вспомогательных 2D построений. Затем, если требуется, независимо от способа создания 3D модели, можно получить чертежи, спроецировав необходимые виды, разрезы, сечения, на которые можно проставить требуемые размеры и элементы оформления.

Основной метод создания 3D модели

Как уже сообщалось выше, при использовании этого метода для создания трёхмерной модели вполне можно обойтись без 2D окна. Ниже на рисунке представлено изображение детали, которую мы вместе будем моделировать в качестве примера. Сначала мы создадим трёхмерную модель, затем автоматически получим проекции и сечение.



Файл с данной моделью находится в папке “T-FLEX\Примеры 3D 15\Примеры из документации. Вводный курс\Создание 3D Модели\Фланец с проекциями и оформлением”.

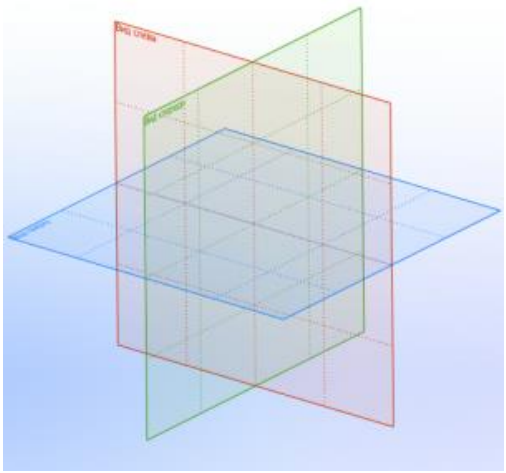
Создание модели детали будем производить в несколько этапов. Вначале необходимо построить первые вспомогательные элементы. На их основе можно будет создать первый вариант тела нашей детали – без отверстий и фаски. Используем для этого операцию “Вращение”. На следующем этапе добавим к телу детали шесть отверстий. Для создания отверстий можно использовать разные способы. Мы рассмотрим здесь несколько, чтобы дать более полное представление о методах создания 3D модели. Затем, чтобы получить окончательный вариант детали, останется создать фаску при помощи команды «Сглаживание».

Создание вспомогательных элементов

Итак, начнем с нуля. Создадим новый документ с помощью команды “**Файл|Новая 3D модель**”.

> При создании нового файла в T-FLEX CAD можно выбрать требуемый файл-прототип.

В созданном файле уже имеется 3 стандартные рабочие плоскости – вид спереди, вид слева и вид сверху. Также вы можете наблюдать, что сразу открылось 3D окно с изображением трёх рабочих плоскостей.



> Для удобства работы в 3D окне существует возможность поворачивать сцену, а также масштабировать изображение. Режим вращения 3D сцены прозрачен. Это означает, что вращать сцену можно в любой момент, даже при работе с командами (о некоторых командах, в которых режим вращения нужно включать специальной опцией, будет рассказано ниже). Для поворота сцены нажмите и, удерживая кнопку нажатой, переместите курсор в нужном направлении. Также можно использовать стрелки на клавиатуре и клавиши <Page Up> и <Page Down>.
>
> Увеличивать и уменьшать изображение можно в любой момент с помощью специального колеса мыши IntelliMouse или же используя специальные команды на панели «Вид» (она находится справа). Перемещение и масштабирование сцены также доступно с использованием клавиш <Shift> и <Ctrl>.

Подводим курсор к изображению рабочей плоскости – при этом она изменяет свой цвет. В системе T-FLEX CAD при работе в 3D окне все элементы подсвечиваются при наведении на них курсора в соответствии с текущими настройками фильтров. Кнопки настройки фильтров выбора объектов находятся на системной панели. Для выбора элемента достаточно нажать .



Выбираем рабочую плоскость “Вид слева”. Теперь можно заметить, что стали доступными команды 2D черчения. Далее мы будем их применять для создания вспомогательных элементов в 3D окне.

Какие же вспомогательные элементы нам необходимы? Для создания тела вращения необходимы контур и ось, вокруг которой будет вращаться этот контур.

> При черчении в 3D окне можно применять все инструменты для черчения в 2D. Так, для быстрого создания непараметрических моделей можно использовать средства эскизирования. Соответственно, для создания параметрической модели необходимо создавать сначала линии построения, затем линии изображения. На основе начерченных линий изображения система может автоматически построить 3D профиль, который затем можно использовать в дальнейших 3D операциях.

Для того чтобы начать чертить, вызовите команду:

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Построения → Прямая
Клавиатура	Текстовое меню
<L>	Построения > Прямая

После активизации рабочей плоскости любой командой 2D черчения главная панель переключается в режим “Рабочая плоскость”. В этом режиме на панели отображается набор пиктограмм для работы на активной рабочей плоскости.

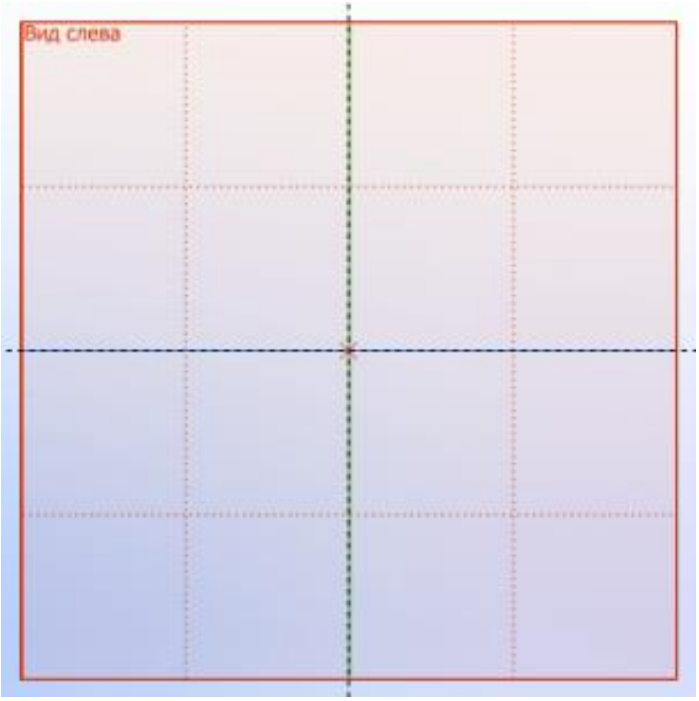


Активная рабочая плоскость для удобства автоматически поворачивается параллельно плоскости экрана. При желании её можно развернуть произвольно. Режим вращения сцены включает и выключает пиктограмма . Имеется возможность открыть 2D окно и продолжать черчение в этом режиме. После закрытия 2D окна все изменения можно увидеть в 3D сцене. Открыть и закрыть 2D окно можно нажатием на пиктограмму .

Построим две базовых прямых (вертикальную и горизонтальную). Для этого в автоменю следует выбрать опцию:

	<X>	Создать две перпендикулярные прямые и узел

Укажите курсором в центр рабочей плоскости и нажмите .

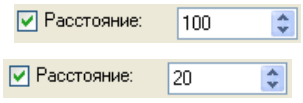


Итак, мы начертили две перпендикулярные прямые и узел. Все дальнейшие построения мы будем привязывать к этим элементам. Нажмите для выхода из последней выбранной команды. Мы оказались в режиме построения параллельных линий (этот режим устанавливается по умолчанию в команде **L: Построить прямую**).

> Как и при параметрическим черчении в 2D, нам нужно сначала построить сетку из тонких линий, затем обвести нужные места линиями изображения.

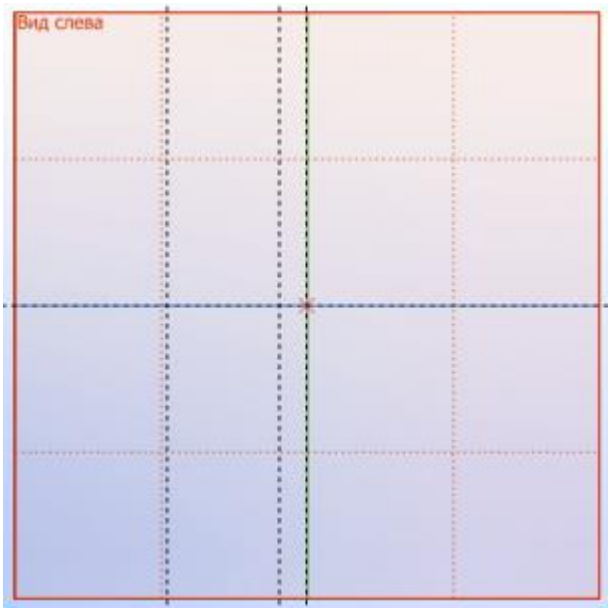
Для построения параллельной прямой нужно вначале выбрать прямую, относительно которой строится новая. По аналогии с работой в 2D окне, в режиме черчения в 3D также работает объектная привязка. Поэтому для выбора прямой подводим курсор к вертикальной прямой. В этот момент он изменяет свой вид на . Нажимаем и отводим курсор влево. Видно, что курсор снова поменял форму – за ним теперь динамически двигается линия, параллельная выбранной.

Для фиксации положения в произвольном месте достаточно нажать . Но мы устанавливаем значение 100 мм, набив его с клавиатуры в окне параметров (впоследствии, если требуется, можно в любой момент изменить значение параметра). Для создания прямой нажмите <Enter>.

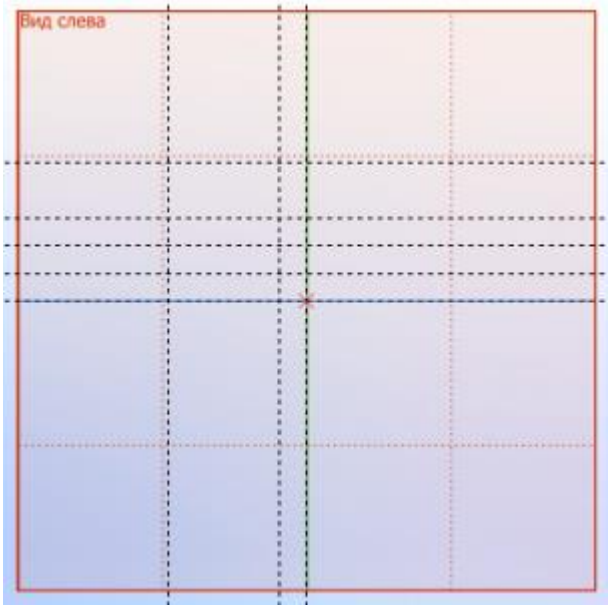


Только что мы построили прямую, параллельную выбранной и отстоящую от неё на 100 мм. Как вы можете заметить, динамический курсор остался. Это означает, что система осталась в режиме построения прямой, параллельной выбранной. Для построения следующей прямой сразу набиваем новое значение 20 мм и опять нажимаем <Enter>. Больше вертикальных прямых пока строить не

нужно. Нажмите или клавишу <Esc> для выхода из режима построения прямой, параллельной выбранной.



Далее аналогичным образом следует построить ещё четыре прямых, параллельных уже горизонтальной прямой, на расстоянии 20, 40, 60 и 100 мм соответственно. Результат должен соответствовать рисунку.

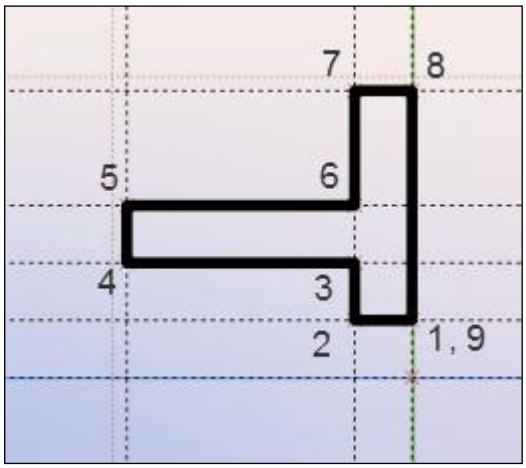


Теперь нужно обвести линии построения линиями изображения. Вызовите команду создания линии изображения:

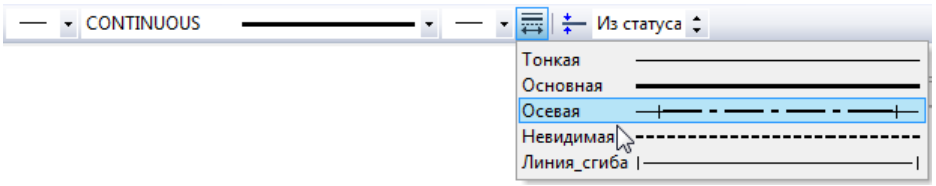
Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Чертёж → Изображение
Клавиатура	Текстовое меню
<G>	Чертёж > Изображение

Линии изображения привязываются к элементам построения – прямым, окружностям, узлам и т.д., а также к пересечениям линий построения. В этом случае в месте пересечения автоматически создаётся 2D узел, и к нему уже привязывается линия изображения. Линия изображения–отрезок привязывается по двум точкам. Для привязки точки линии изображения к какому-либо элементу необходимо подвести курсор к нужному месту (при этом курсор должен принять форму, соответствующую элементу привязки, и нажать).

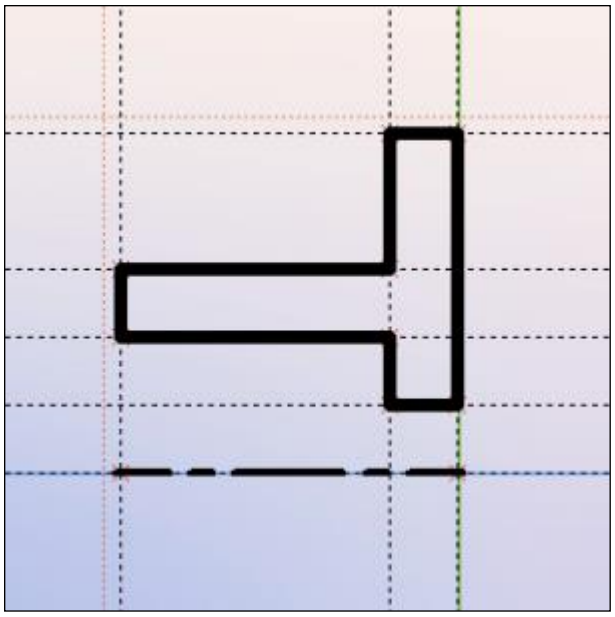
В нашем случае мы будем привязываться к пересечениям линий построения и к 2D узлам. Начертите профиль как показано на следующем рисунке. Для этого укажите на нужные точки в порядке, указанном на рисунке.



Для выхода из режима непрерывного создания линий нажмите . Команда создания линии изображения все еще активна. Чтобы чертить ось, нужно изменить тип линии. Для этого нажмите на пиктограмму на системной панели и в появившемся списке выберите осевую линию.



Начертите осевую линию как показано на следующем рисунке.

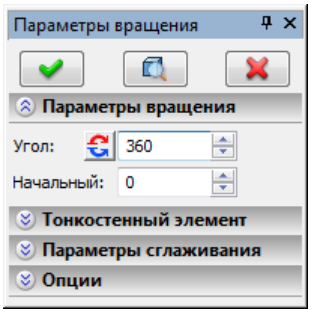


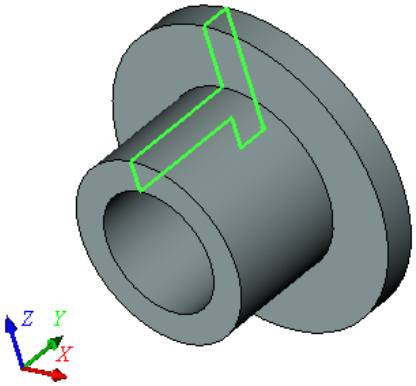
Создание операции вращения

Для создания тела вращения не требуется специально выходить из режима черчения. Просто вызываем команду «Вращение»:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Вращение
Клавиатура	Текстовое меню
<3RO>	Операции > Вращение

Система автоматически определяет на основе созданных линий контур, на базе которого строится 3D профиль, и ось вращения. Вы можете наблюдать предварительный просмотр результатов в виде рёберного отображения. В нашем случае требуется угол вращения 360^0. Обратите внимание на Окно параметров. Значение угла вращения, равное 360^0, установлено по умолчанию, поэтому для подтверждения создания тела вращения нажимаем кнопку подтверждения операции . Тело вращения создано.





Создание отверстий

Теперь нужно вырезать шесть отверстий в нашей заготовке.

Создавать отверстия можно разными способами. Самым быстрым и простым является использование специализированной операции “Отверстие”. Она позволяет создавать в телах отверстия стандартных форм по имеющимся в служебной библиотеке T-FLEX CAD шаблонам. При этом от пользователя требуется только задать положение будущего отверстия на теле, указать его тип и размеры.

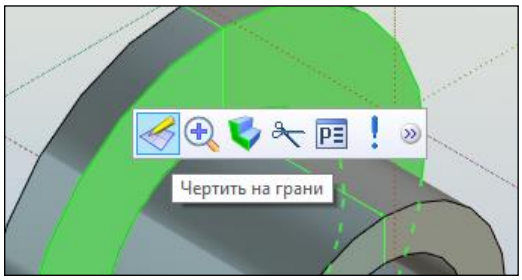
Нестандартные отверстия и пазы можно создавать и без использования специализированной операции. Для этого пользователь должен создать дополнительное тело, определяющее внутренний объём отверстия, и “вычесть” его из основного тела посредством булевой операции.

Рассмотрим оба способа.

Создание отверстий с помощью специализированной команды

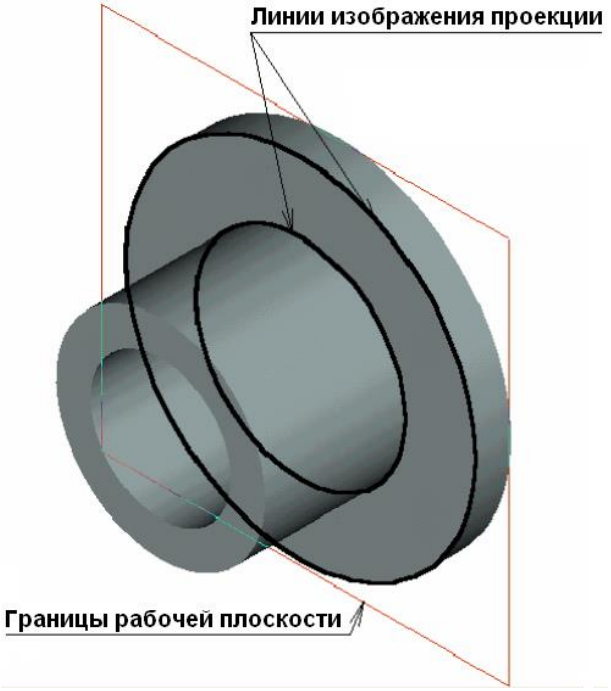
Прежде всего, создадим на одной из граней нашей детали 3D узлы, соответствующие центрам будущих отверстий. Для того, чтобы их создать, снова понадобится 2D черчение – для построения вспомогательных 2D узлов на соответствующей грани детали.

Для выбора грани подведите курсор к нужному элементу модели – он подсветится. В этот момент следует нажать и в контекстном меню выбрать пункт «Чертить на грани» (см. рисунок).



Если нужный элемент не подсвечивается, проверьте, что селектор настроен на выбор этого типа элементов. Для изменения настроек селектора можно воспользоваться пиктограммами фильтров селектора на системной панели или выбрать комбинацию типов из списка.

Команда "Чертить на грани" создаёт новую рабочую плоскость на основе выбранной плоской грани. На эту плоскость автоматически проецируется исходная грань и включается режим черчения в 3D окне. Дальнейшие построения можно привязывать к элементам проекции грани.



Снова вызовите команду "**L: Построить прямую**". В автоменю выберите опцию:

	<V>	Создать вертикальную прямую

Подведите курсор к центру окружности – подсветится центр окружности. К нему можно привязать вертикальную прямую. Нажмите . Построенная прямая будет привязана к 2D узлу, автоматически созданному в центре окружности.

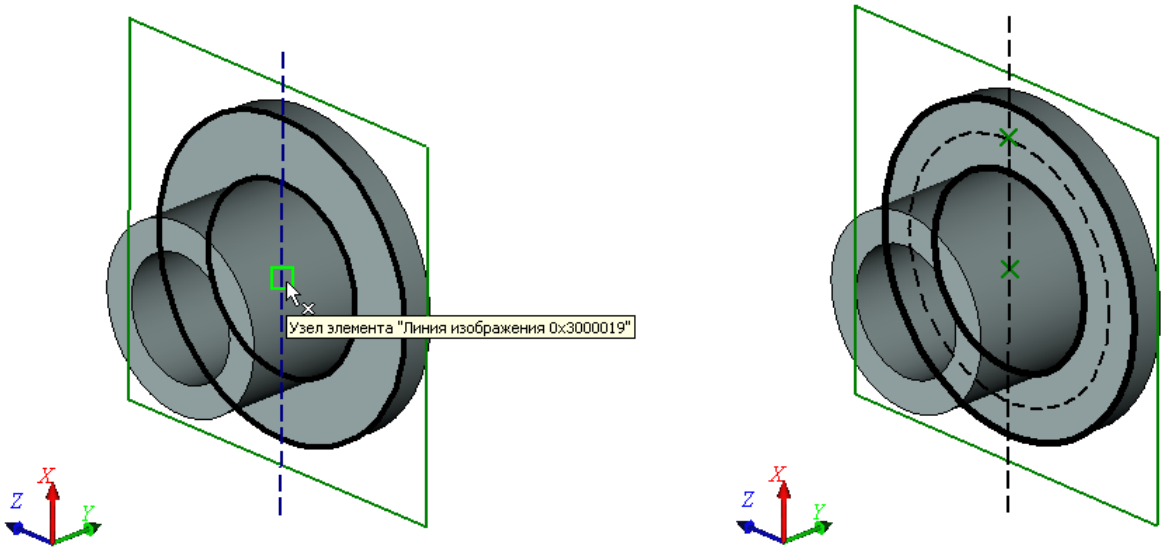
Вызовите команду:

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Построения → Окружность
Клавиатура	Текстовое меню
<C>	Построения > Окружность

Укажите курсором в центральный узел, чтобы выбрать его в качестве центра новой окружности. Задать радиус окружности можно в окне параметров - установите значение радиуса 80 мм.

На пересечении вертикальной прямой и новой окружности постройте 2D узел, воспользовавшись командой:

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Построения → Узел
Клавиатура	Текстовое меню
<N>	Построения > Узел



Теперь по созданному 2D узлу можно построить 3D узел. Для этого, не выходя из режима черчения на грани, вызовите команду:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → 3D узел
Клавиатура	Текстовое меню
<3N>	Построения > 3D узел

Когда команда создания 3D узла запустится, подведите курсор к созданному 2D узлу и нажмите . 2D узел будет помечен, а в автоменю команды станет доступной опция . Нажмите , и 3D узел будет создан. Он будет расположен в плоскости выбранной грани, а 2D узел будет его проекцией на эту грань.

Созданный 3D узел будет определять центр одного отверстия из шести. Определить центры остальных отверстий можно двумя способами:

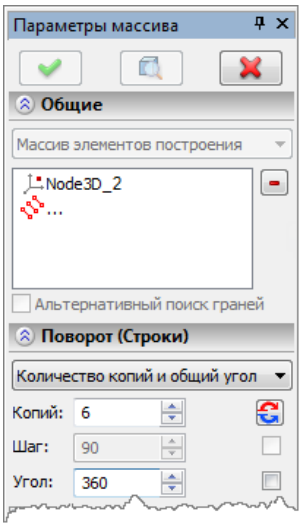
1. Построить на той же рабочей плоскости ещё пять 2D узлов, и создать на их основе недостающие 3D узлы (аналогично созданию первого 3D узла);
2. Создать недостающие 3D узлы с помощью 3D массива на основе первого 3D узла.

Второй метод более быстрый, его и используем в данном случае. Вызовите команду **“3AR: Создать круговой массив”**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Массив → Круговой массив
Клавиатура	Текстовое меню
<3AR>	Операции > Массив > Круговой массив

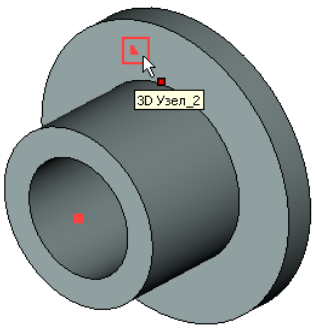
Из режима черчения на грани можно предварительно не выходить, он будет завершён автоматически при запуске команды создания 3D массива.

В окне параметров команды установите тип массива как “Массив элементов построения”. Затем в 3D окне подведите курсор к созданному 3D узлу (он должен подсветиться) и нажмите для его выбора. Если всё сделано правильно, в окне параметров должно появиться имя выбранного для копирования 3D узла.

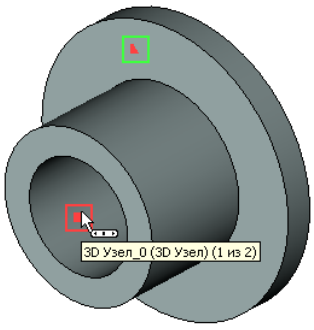


Затем необходимо указать ось вращения кругового массива. Для этого можно использовать пару 3D узлов, автоматически созданную при определении оси для операции вращения. Выберем последовательно эти два 3D узла.

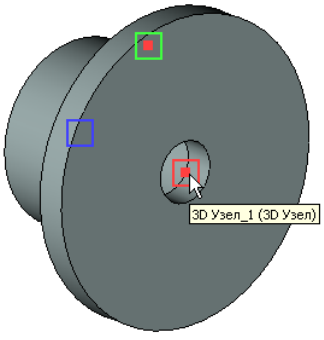
Далее в разделе “Поворот (Строки)” окна параметров укажем, какие параметры массива будем использовать (“Количество копий и общий угол”), и необходимые значения этих параметров (количество копий – 6, общий угол – 360^0). Для завершения создания кругового массива 3D узлов достаточно нажать .



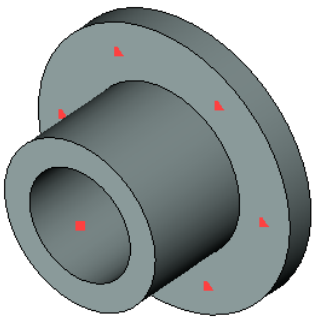
Выбор копируемого 3D узла



Выбор первого 3D узла оси вращения массива



Выбор второго 3D узла оси вращения массива



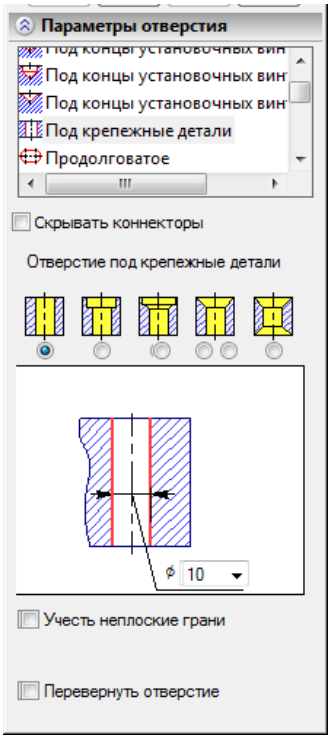
Результат создания массива 3D узлов

После создания массива 3D узлов можно вызвать команду **“3H: Создать отверстие”**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Отверстие
Клавиатура	Текстовое меню
<3H>	Операции > Отверстие

После входа в команду необходимо включить опцию:

	<M>	Создать массив отверстий



После этого подведите курсор к одному из 3D узлов кругового массива и нажмите . В окне параметров команды выберите тип отверстия – “Под крепёжные детали”. В 3D окне появится предварительное изображение создаваемых отверстий.

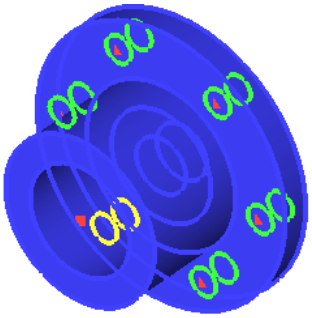
В нижней части окна параметров расположено окно со схематическим изображением отверстия выбранного типа и полями для ввода параметров отверстия. Задайте для отверстий диаметр 20 мм.

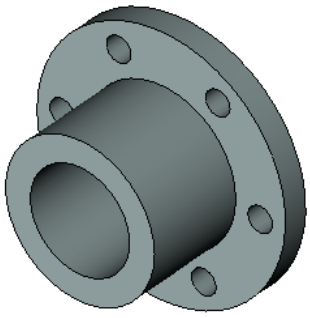
Для отверстий данного типа в автоменю команды будет автоматически включена опция:

	<F>	Насквозь

Установка данной опции означает, что глубина отверстий будет определяться автоматически по толщине детали.

Для завершения создания отверстий достаточно нажать  в окне параметров или в автоменю команды.





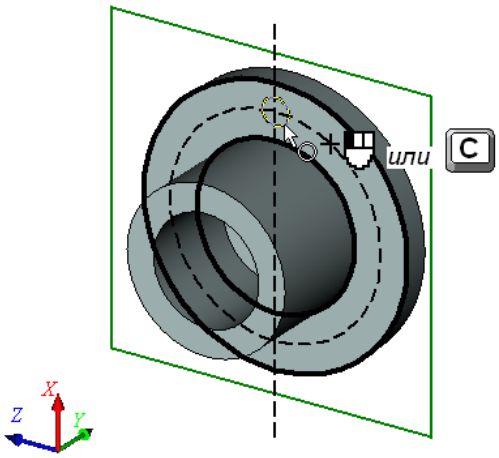
Создание отверстий без использования специализированной команды

Начало построений при данном способе создания отверстий будет совпадать с предыдущим способом.

Итак, выберите грань детали и вызовите из контекстного меню команду «Чертить на грани». Вызовите команду **“L: Построить прямую”**. В автоменю выберите опцию . Постройте вертикальную прямую, проходящую через центр окружности (проекции грани). Затем вызовите команду “C: Построить окружность”. Создайте окружность радиусом 80 с центром в центральном узле. Аналогичным образом постройте окружность с радиусом 10 мм и центром на пересечении предыдущей окружности и прямой.

Теперь нужно обвести построенную окружность линией изображения. Для этого вызовите команду создания линии изображения **“G: Создать изображение”**. Нажмите на пиктограмму  на системной панели и в появившемся списке выберите основную линию.

Подведите курсор к только что начерченной окружности – она подсветится, а курсор примет соответствующую форму. Если это произошло, то можно нажать , и линия изображения построится по всей окружности. В случае, когда объектная привязка выбирает не тот элемент (это может быть, когда, например, у вас насыщенный чертёж и под курсор попадает сразу несколько элементов), можно явно выбрать окружность нажатием клавиши <C>. При этом будет выбрана ближайшая к курсору окружность.



Далее можно пойти двумя путями. Можно начертить еще 5 окружностей, затем их вытолкнуть и вычесть из тела детали. Или вытолкнуть всего одну окружность, а затем “размножить” получившиеся отверстие с помощью кругового 3D массива.

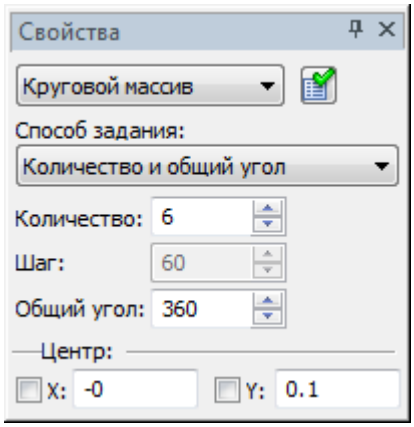
Первый вариант

Для создания нужного количества копий окружностей удобно воспользоваться командой создания кругового 2D массива:

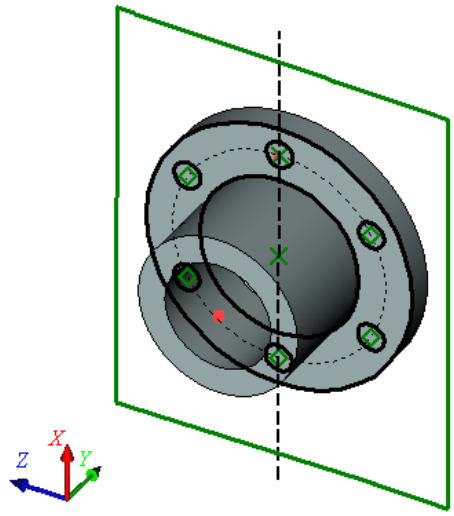
Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Дополнительно → Круговой массив
Клавиатура	Текстовое меню
<XR>	Чертёж > Массив > Круговой массив

Система находится в ожидании выбора элементов изображения. Подведите курсор к изображению отверстия и нажмите для выбора линии изображения. Больше элементов выбирать не нужно, поэтому нажимаем (в автоменю или окне параметров).

Теперь система ожидает указания центра массива – требуется выбрать 2D узел. В данный момент по умолчанию для массива вращения установлено 4 копии, а нам нужно 6, поэтому устанавливаем соответствующие настройки в окне параметров. Смотрите рисунок справа.



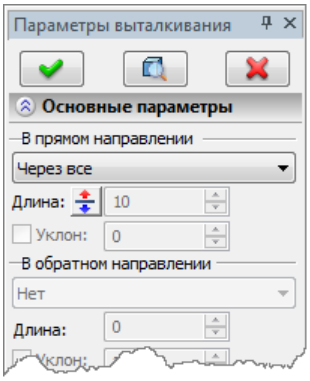
После этого можно выбрать узел. Переместите курсор к центральному узлу и нажмите. Получается результат как на следующем рисунке.



Дальше нужно вызвать команду выталкивания:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Выталкивание
Клавиатура	Текстовое меню
<3X>	Операции > Выталкивание

Система автоматически создаёт на основе начерченных линий 3D профиль и устанавливает вектор направления выталкивания перпендикулярно плоскости профиля.



Величину выталкивания, т.е. глубину отверстия, можно задать различными способами (числовым значением, по длине вектора направления и т.п.). В данном случае необходимо получить сквозное отверстие, т.е. проходящее через всю толщину детали.

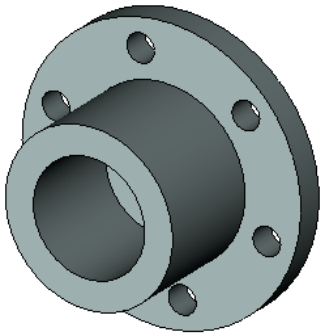
В окне параметров для параметра “В прямом направлении” установите значение “Через всё”, выбрав его из выпадающего списка. При этом способе задания величина выталкивания определяется толщиной дополнительного ограничивающего тела. Кроме того, создаваемое выталкивание автоматически вычитается из данного тела. Такой способ задания длины выталкивания был специально разработан для быстрого создания сквозных отверстий в различных телах.

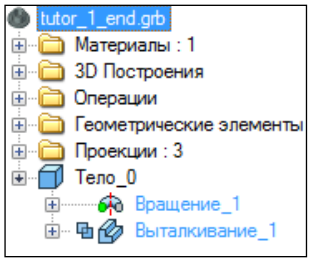
В автоменю автоматически включится опция создания булевой операции:

	<Ctrl><B>	Выполнить булеву операцию-вычитание

Поскольку на момент создания выталкивания в сцене присутствует только одно тело, оно автоматически выбирается в качестве ограничивающего тела и первого операнда булевой операции вычитания.

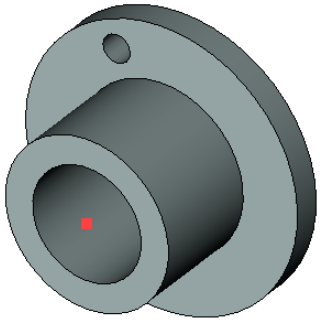
После нажатия  будет создано сразу две операции – выталкивание и булева операция.





Второй вариант

Вызываем команду выталкивания **“3X: Создать выталкивание”**. Устанавливаем способ задания величины выталкивания – “Через всё”, подтверждаем создание операции выталкивания.



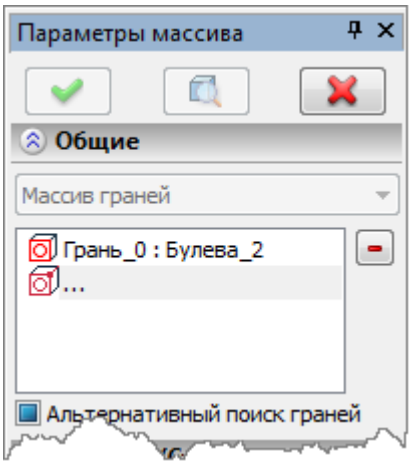
Вызываем команду создания кругового 3D массива:

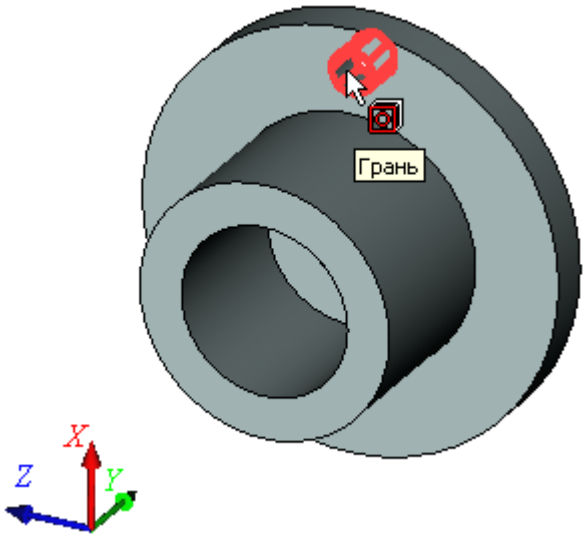
Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Массив → Круговой массив
Клавиатура	Текстовое меню
<3AR>	Операции > Массив > Круговой массив

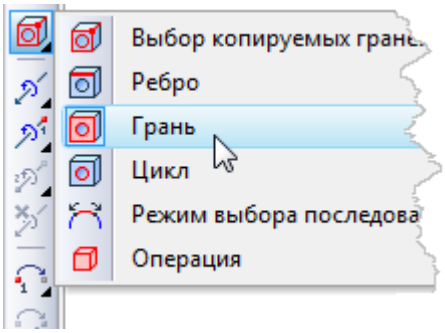
В окне параметров команды выбираем тип массива – “Массив граней”. В автоменю автоматически будет включена опция:

	<N>	Выбор копируемых граней или ограничивающих их рёбер и циклов

Укажите курсором на цилиндрическую грань отверстия и нажмите .

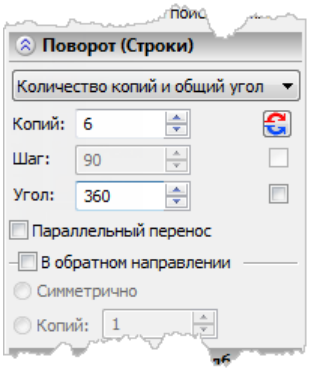






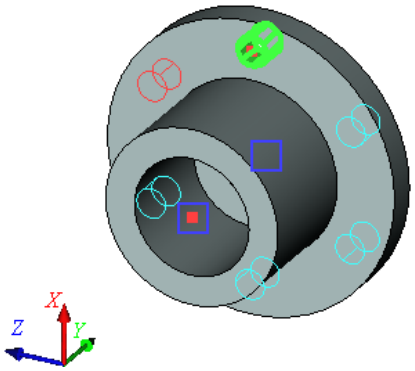
Если вместо грани будут подсвечиваться рёбра или циклы, сделайте любое из следующих действий:

- задержите курсор над гранью до тех пор, пока рядом с ним не появится значок множественного выбора . Затем с помощью колёсика мыши прокрутите список предлагаемых для выбора элементов до тех пор, пока не выберите нужную грань;
- перед тем, как выбрать грань, настройте список 3D объектов, доступных для выбора (запретив выбирать всё, кроме граней). Для этого дважды нажмите на иконке фильтра граней . Список выбираемых объектов можно настроить и с помощью выпадающего меню опции : укажите на опцию, нажмите и держите кнопку мыши нажатой в течении секунды. В появившемся меню отключите все флажки, кроме “Грани”.



После выбора операции система ожидает указания оси массива вращения. Ось можно назначить по тем же двум 3D узлам, как и при первом способе создания отверстий. Выбираем последовательно эти два 3D узла.

В окне параметров можно задать параметры массива – количество копий и общий угол.



Для завершения создания операции нажмите . В результате в исходное тело будет “встроено” пять новых граней, образующих дополнительные отверстия.

Создание сглаживания

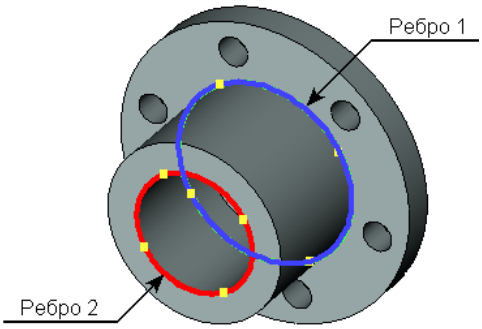
Следующий шаг – окончательный этап создания 3D модели – создание фаски и скругления. Вызовите команду:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Сглаживание → Рёбер
Клавиатура	Текстовое меню
<3DE>	Операции > Сглаживание > Рёбер

Выберите следующую опцию в автоменю:

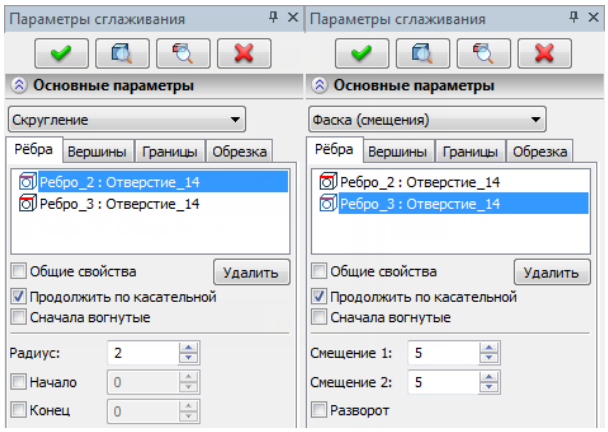
	<E>	Выбрать ребро

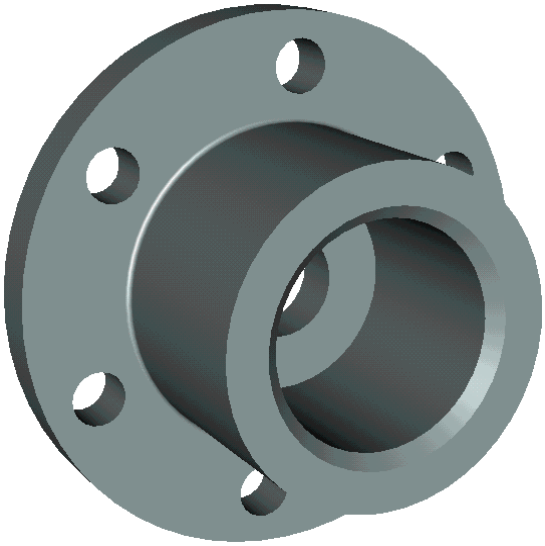
Система находится в ожидании выбора ребра на модели. Выберите два ребра в последовательности, указанной на следующем рисунке.



Далее необходимо задать параметры операции. В окне параметров для каждого ребра можно задать отдельные параметры, если снять флажок «Общие свойства».

Выбираем первое ребро из списка и задаём тип сглаживания – скругление с радиусом 2 мм. Для второго ребра устанавливаем тип скругления – фаска со смещениями, и величину смещений – оба по 5 мм. Для подтверждения создания операции нажимаем на . Результат операции можно наблюдать на следующем рисунке.

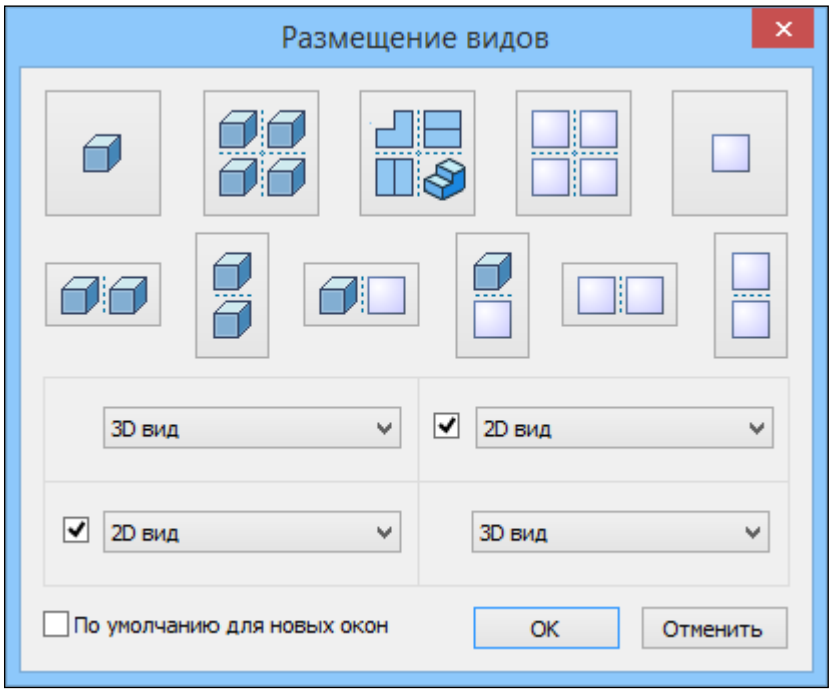




Итак, мы создали 3D модель.

Создание чертежа

Откройте 2D окно. Для этого подведите курсор к левому нижнему углу 3D окна. При приближении к специальной кнопке курсор изменит свой вид. Теперь можно нажать , и появится диалог «Размещение видов. Выберите  и нажмите **[OK]**.



Аналогичного результата можно добиться после вызова команды:

Пиктограмма	Лента
	Вид → Окно → Разделить по вертикали
Клавиатура	Текстовое меню
<WSR>	Окно > Разделить по вертикали

Также можно открыть новое окно в команде:

Пиктограмма	Лента
	Вид → Окно → Новое окно документа
Клавиатура	Текстовое меню
<WO>	Окно > Новое окно документа

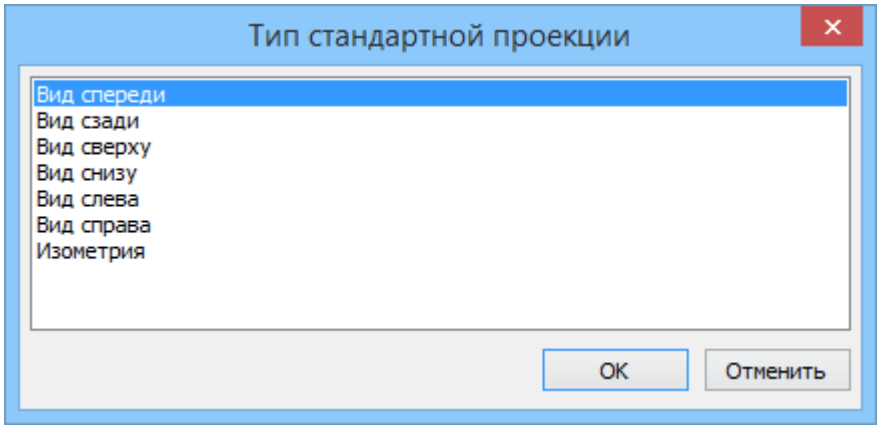
Для того чтобы сделать новое 2D окно активным, поместите в него курсор и нажмите . Теперь можно получить проекции и разрезы. Вызовите команду создания проекций:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Дополнительно → Проекция
Клавиатура	Текстовое меню
<3J>	Чертёж > Проекция

В автоменю выберите следующую опцию:

	<6>	Создать стандартный вид

В появившемся диалоговом окне выберите «Вид сзади» и нажмите **[OK]**.

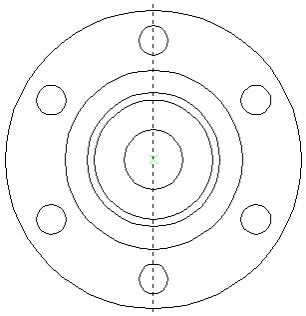


На экране появляется голубой прямоугольник, обозначающий габариты будущей проекции. Далее необходимо воспользоваться опцией:

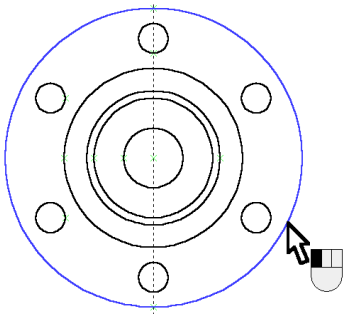
	<M>	Изменить положение проекции

Укажите в нужное место 2D окна и нажмите для привязки проекции в абсолютных координатах. Нажмите для подтверждения создания проекции.

Далее получим сечение детали. Сначала необходимо построить вспомогательные линии. Вызовите команду построения линии **“L: Построить прямую”**. Выберите в автоменю опцию построения вертикальной прямой . Укажите в центр окружности и нажмите для построения линии, проходящей по оси симметрии проекции.



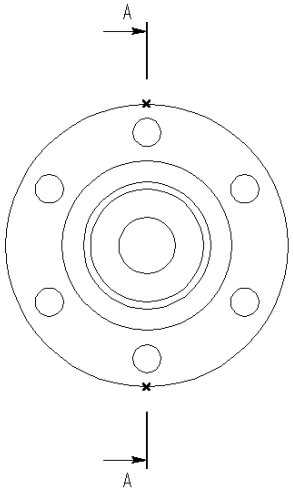
Вызовите команду создания окружности **“C: Построить окружность”**. Сейчас стоит обратная задача: на базе внешней окружности-линии изображения, принадлежащей проекции, построить линию построения – окружность. Подведите курсор к линии изображения и нажмите .



Теперь к местам пересечения линий построения можно привязать точки сечения. Вызовите команду создания сечения:

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Оформление → Обозначение вида
Клавиатура	Текстовое меню
<SE>	Чертёж > Обозначение вида

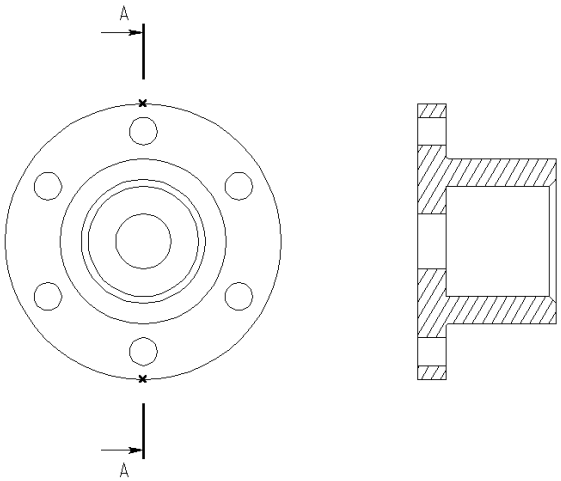
Выберите последовательно две точки – пересечения линии и окружности. Для подтверждения создания сечения нажмите .



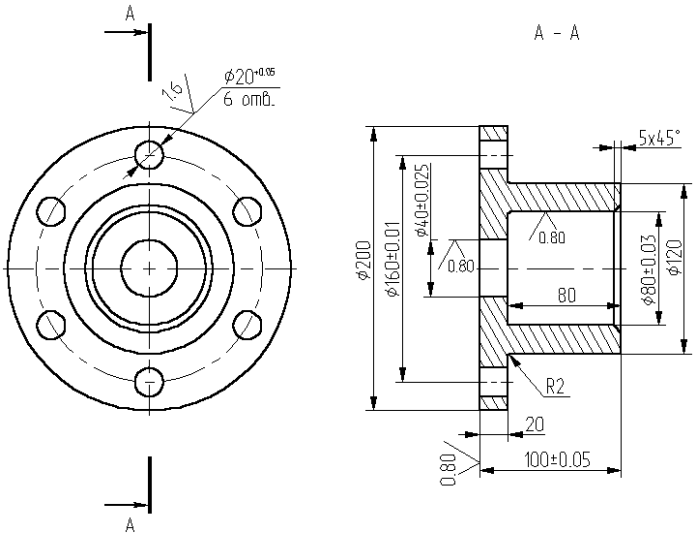
Следующим шагом мы получим разрез на основе созданного 2D сечения. Снова вызовите команду создания 2D проекции "**3J: Создать 2D проекцию**". В автоменю последовательно выберите следующие опции:

	<2>	Создать разрез или сечение
	<L>	Выбрать обозначение вида для создания проекции

Укажите курсором на обозначение вида и нажмите . К курсору теперь привязано быстрое изображение разреза. Двигая курсором, вы перемещаете проекцию, причём сохраняется проекционная связь. Для фиксации положения нажмите . Для завершения создания проекции нажмите .

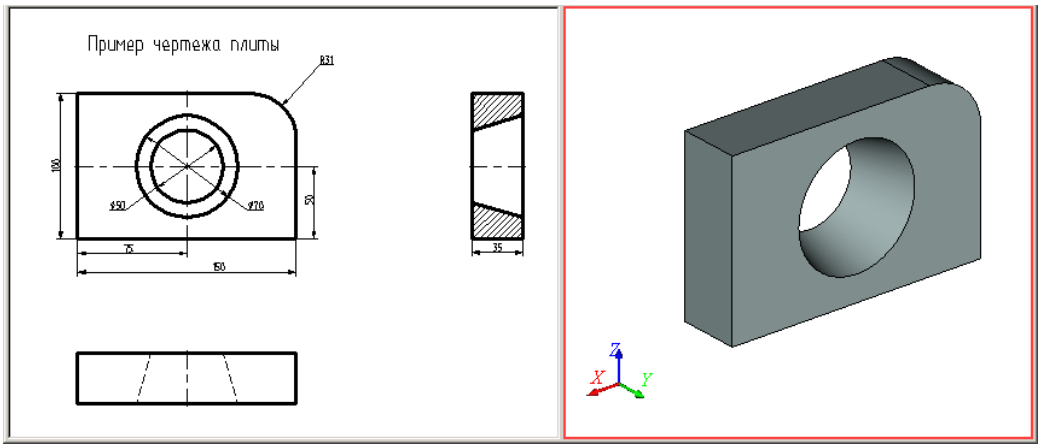


При необходимости к элементам проекций (к узлам, линиям изображениям-отрезкам, дугам и окружностям) можно привязать размеры, элементы оформления, дополнительные линии изображения (осевые линии).



Метод «От чертежа к 3D модели»

Для создания трёхмерной модели на основе 2D построений возьмём чертёж плиты со сквозным коническим отверстием, с построением которого вы подробно ознакомились в руководстве по 2D проектированию. Приведённый ниже рисунок представляет собой 2D чертёж и 3D модель плиты, которую мы собираемся создать.



Моделирование разделено на пять шагов, и соответствующие чертежи находятся в папках:
“T-FLEX\Примеры 3D 15\Примеры из документации. Вводный курс\Создание Чертежа\ Шаг 1. Чертеж плиты” и
“T-FLEX\Примеры 3D 15\Примеры из документации. Вводный курс\Создание 3D Модели\ Шаг 2. Профиль по штриховке; Шаг 3. Выталкивание; Шаг 4. Вращение; Шаг 5. Булева операция”.

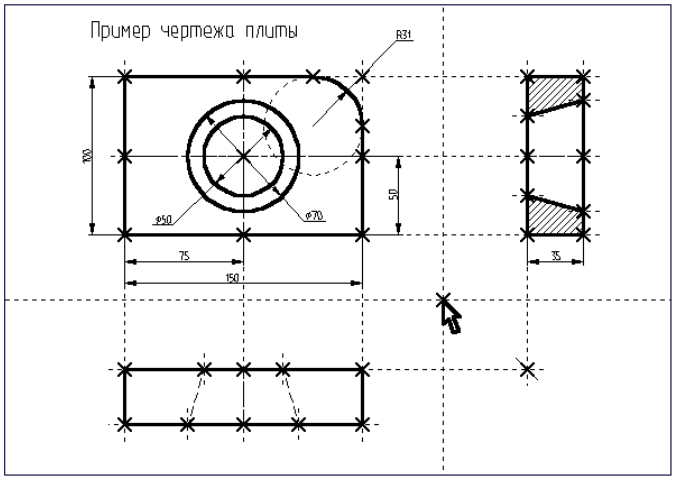
Для создания трёхмерной модели плиты необходимо произвести построения в несколько этапов. Первым этапом построений является создание рабочих плоскостей, при помощи которых создаются все 3D элементы. На втором этапе для получения объёмного тела плиты необходимо произвести

выталкивание образующего контура на заданное расстояние. Для этого воспользуемся операцией выталкивания. Следующим этапом построения является создание объёмного тела для получения отверстия. Для этого необходимо воспользоваться операцией вращения. И, в завершении, для получения окончательной трёхмерной модели плиты необходимо воспользоваться булевой операцией: из первого тела, полученного выталкиванием, вычесть второе тело, полученное вращением.

Первым шагом создания трёхмерной модели, как уже было сказано выше, является задание рабочих плоскостей. Следует отметить, что при построении рабочих плоскостей необходимо обеспечить проекционную связь между видами.

> Если на чертеже нет непосредственной проекционной связи, то можно установить её посредством ассоциативной настройки видов чертежа.

Для построения нашей трёхмерной модели достаточно построить две рабочие плоскости. Начнём с построения двухмерного узла, который будет задавать точку разделения видов. Для этого на 2D чертеже постройте две перпендикулярные прямые. Постройте их так, как показано на рисунке, приведённом ниже.



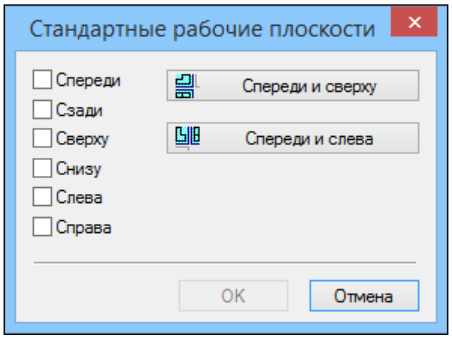
После этого построим рабочие плоскости. Вызовите команду:

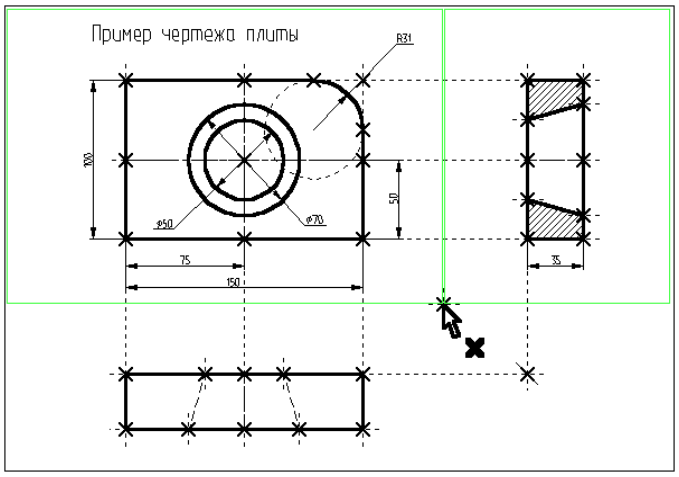
Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → Плоскость
Клавиатура	Текстовое меню
<3W>	Построения > Рабочая плоскость

Выберите в автоменю опцию:

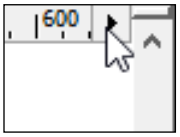
	<S>	Создать стандартную рабочую плоскость

В появившемся окне диалога нажмите графическую кнопку **[Спереди и слева]**. На экране появится курсор со знаком узла (наличие знака у курсора говорит о том, что система находится в стадии выбора). Переместите курсор к созданному узлу привязки рабочих плоскостей и нажмите или клавишу <N>. На экране появятся две горизонтальные рабочие плоскости (вид спереди и вид слева).



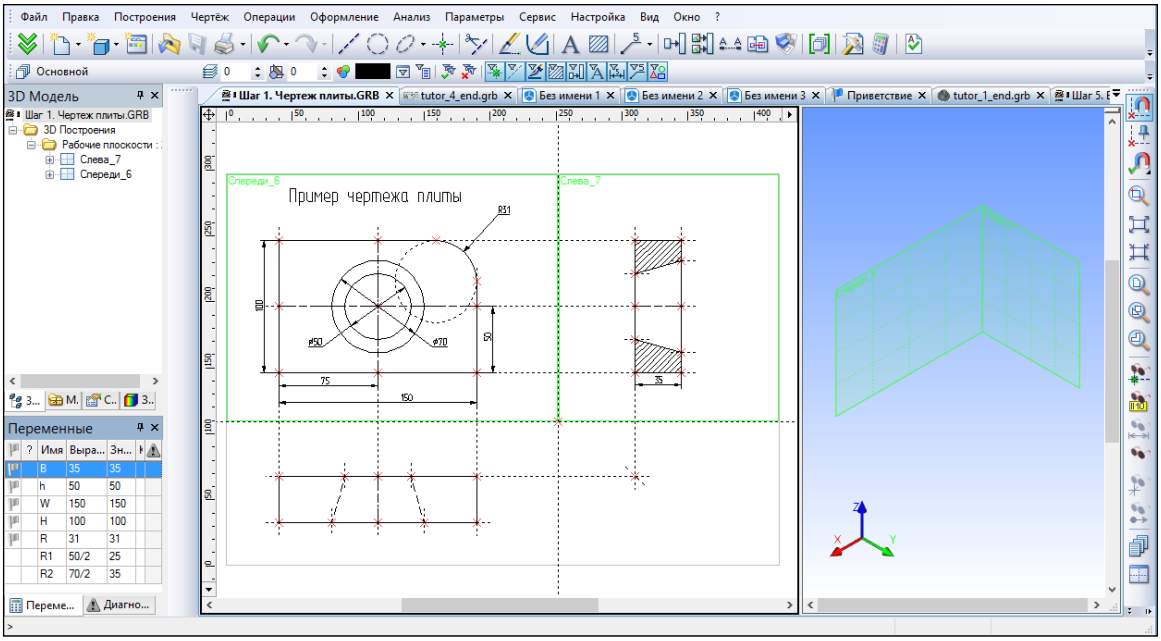


Далее необходимо выйти из команды. Для этого нажмите или пиктограмму в автоменю. Так же можно воспользоваться клавишей <Esc>.



Теперь можно приступить к созданию вспомогательных 3D элементов. Для начала откроем 3D вид окна системы T-FLEX CAD 3D. 3D вид открывается с помощью кнопок со стрелками, которые располагаются в левом нижнем и правом верхнем углу окна текущего чертежа рядом с полосами прокрутки. Подведите курсор к кнопке, которая находится в верхнем правом углу.

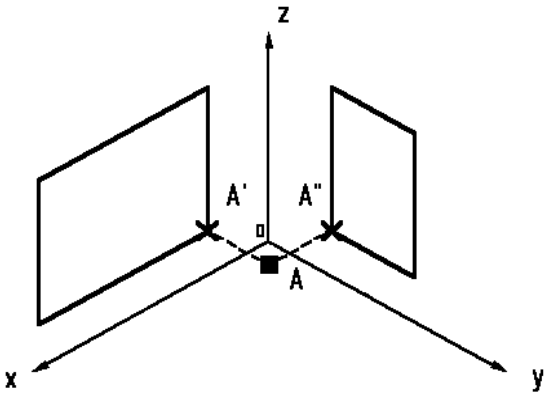
Нажмите, указывая на кнопку, и окно текущего чертежа будет разделено на два окна по вертикали. В первом окне будет отображаться двухмерный чертёж, а во втором в процессе построения 3D модели будут отображаться 3D элементы и трёхмерные тела.



Для того, чтобы рабочие плоскости отображались в 3D окне, необходимо установить для них свойство **«Показывать на 3D виде»**. Для этого необходимо выбрать эти плоскости в дереве 3D модели, вызвать с помощью контекстное меню и вызвать в нём команду “Свойства”.

Получить основное тело трёхмерной модели плиты можно выталкиванием образующего контура на толщину плиты. Для создания операции выталкивания с опорой на наш 2D чертёж необходимо особым способом построить вспомогательные 3D элементы: 3D профиль и 3D узлы.

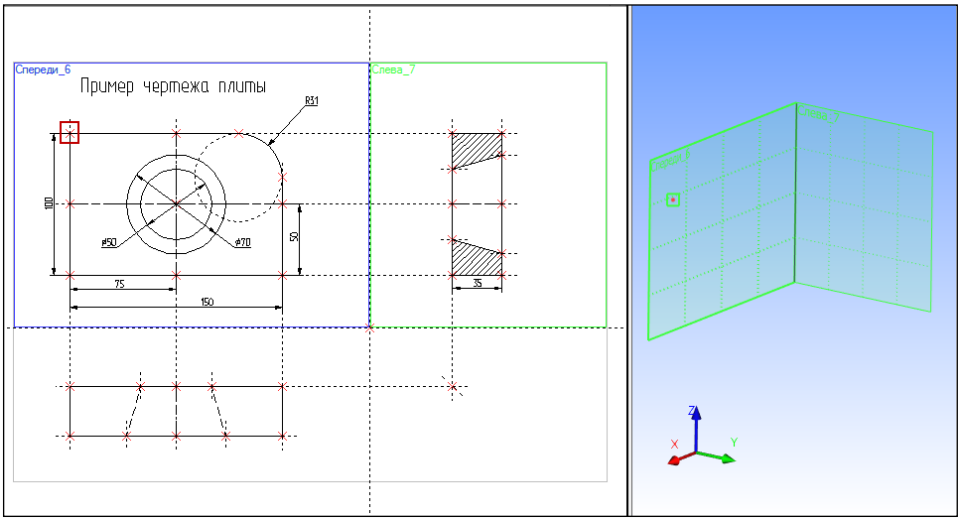
С помощью рабочих плоскостей и 2D узлов создадим 3D узлы. Для создания 3D узла достаточно указать один узел на одной рабочей плоскости или два узла на разных рабочих плоскостях. Во втором случае два узла должны находиться в проекционной связи между собой, поскольку являются двухмерными проекциями на рабочие плоскости создаваемого 3D узла.



Вызовите команду:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → 3D узел
Клавиатура	Текстовое меню
<3N>	Построения > 3D узел

Далее можно сразу приступать к выбору 2D узлов. Переместите курсор к узлу, который будет задавать первую проекцию 3D узла, как показано на рисунке, приведённом ниже, и нажмите . 2D узел и рабочая плоскость, в которой вы его выбираете, подсветятся.



При вызове большинства 3D команд система ожидает дальнейших действий пользователя, в зависимости от которых она включает тот или иной режим команды. Как правило, в качестве характерного действия служит выбор какого-нибудь объекта. При опознании действий пользователя и включении определённого режима нужные опции в автоменю команды могут устанавливаться автоматически, и пользователю необходимо лишь выполнять определённую последовательность действий, пользуясь подсказкой в статусной строке.

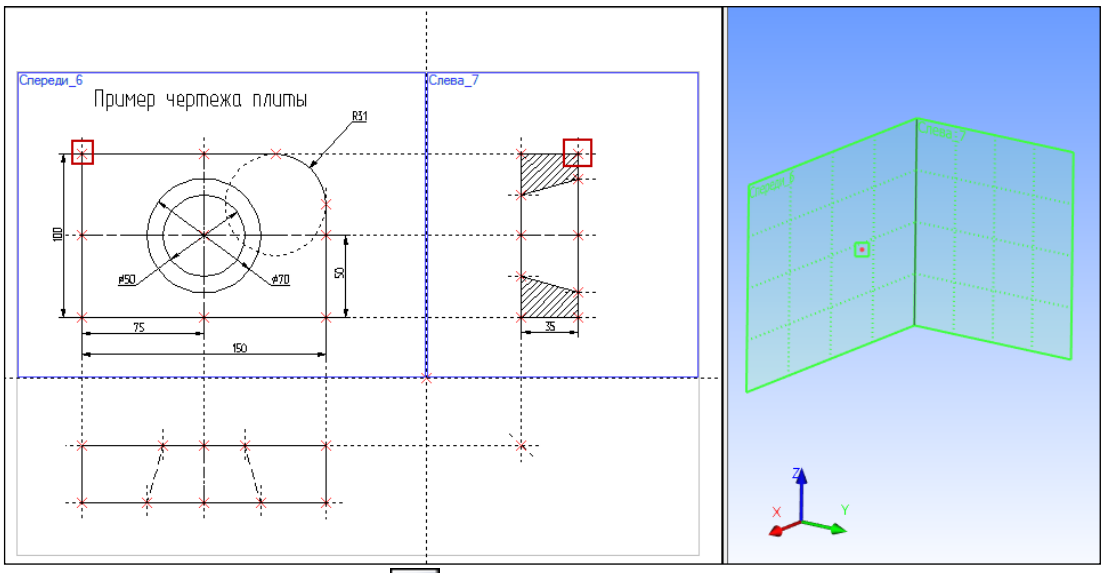
После выбора первого 2D узла автоматически включается режим создания узла по двум проекциям:

	<J>	По двум проекциям

После включения данного режима по мере выбора 2D узлов последовательно будут использованы опции выбора первой и второй проекции:

	<F>	Задать первую проекцию 3D узла
	<G>	Задать вторую проекцию 3D узла

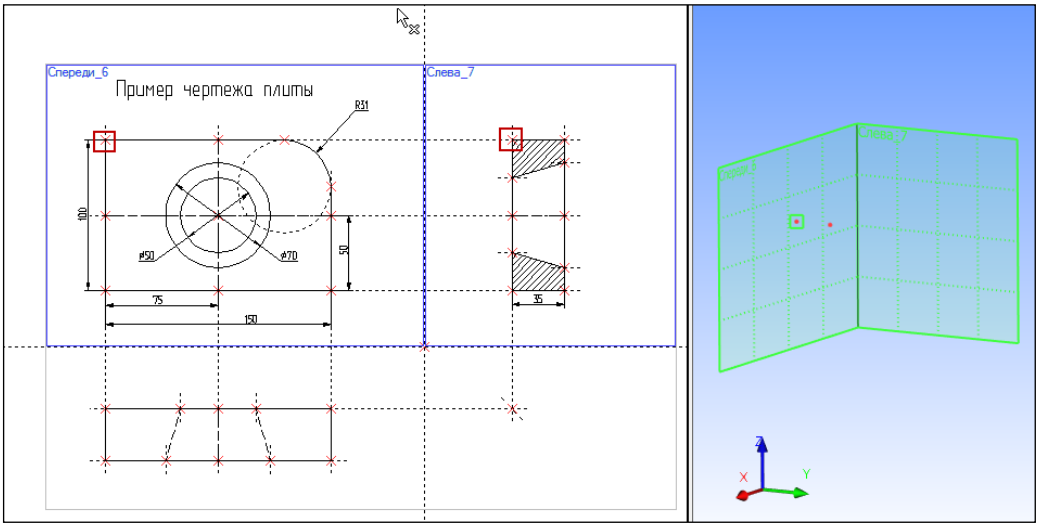
Переместите курсор ко второму узлу, который будет определять вторую проекцию 3D узла, и нажмите . 2D узел и рабочая плоскость, в которой вы его выбираете, подсветятся.



Подтвердите создание 3D узла, нажав . Подсветка на 2D чертеже исчезнет. Построенный 3D узел появится в 3D сцене.

> Следует иметь в виду, что при нахождении в 2D виде текущего чертежа некоторые 3D команды недоступны. Чтобы они стали доступны, необходимо сделать активным окно 3D вида. Для этого, указав курсором в любую часть 3D окна, нажмите . Переход от 3D вида к 2D виду осуществляется аналогично.

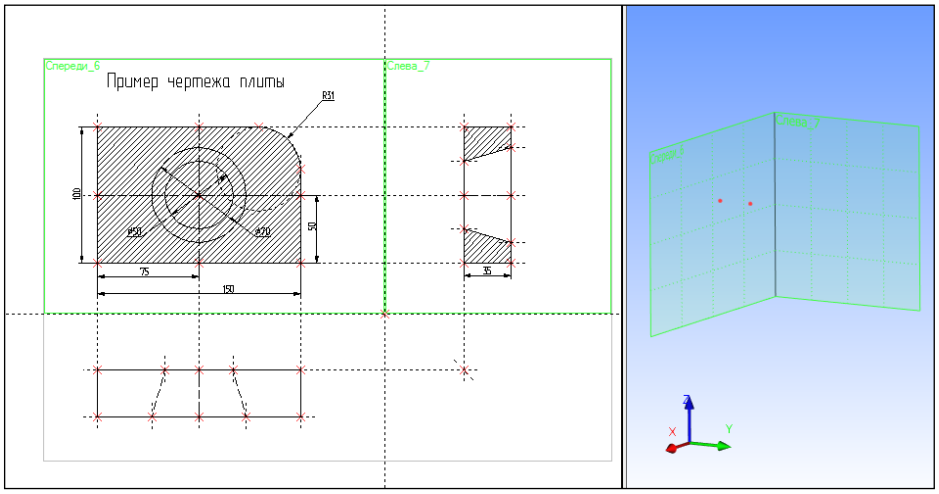
Построим второй 3D узел. Вы ещё находитесь в команде **3N: Построить 3D узел.** Постройте второй 3D узел. Для этого необходимо выбрать два узла, которые показаны на рисунке, приведённом ниже.



Для подтверждения создания второго 3D узла нажмите  и выйдите из команды. В 3D окне появится изображение двух 3D узлов.

Следующий шаг – построение 3D профиля. Нам требуется связать профиль с чертежом. Режим черчения на активной рабочей плоскости использовать в данном случае нельзя, так как на странице чертежа построено более одной рабочей плоскости. Следовательно, будем использовать способ построения 3D профиля на основе штриховки и рабочей плоскости. Вначале построим штриховку.

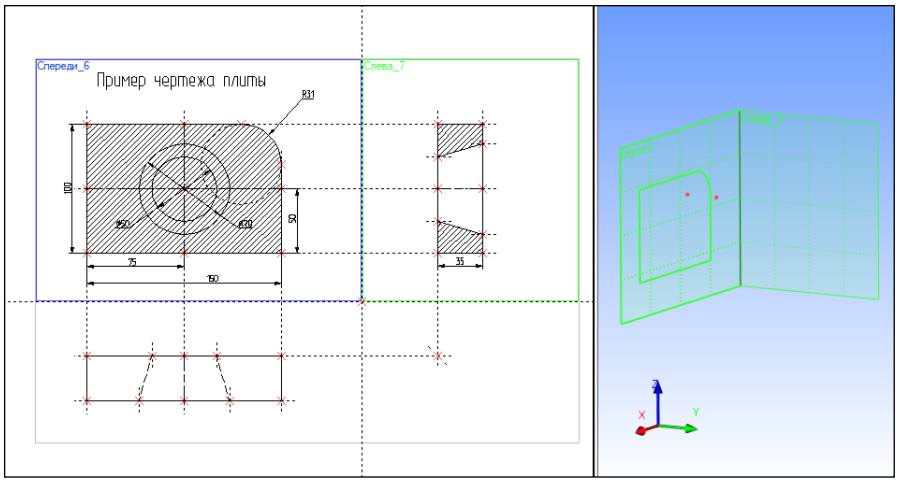
Войдите в команду **H: Создать штриховку.** На виде спереди чертежа создайте штриховку **A**. Штриховку можно сделать невидимой (установив параметр **Метод заполнения** в состояние **Невидимая** в параметрах создаваемой штриховки). Это необходимо сделать для того, чтобы не изменять чертежа детали.



Затем вызовите команду:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → 3D профиль
Клавиатура	Текстовое меню
<3PR>	Построения > 3D профиль

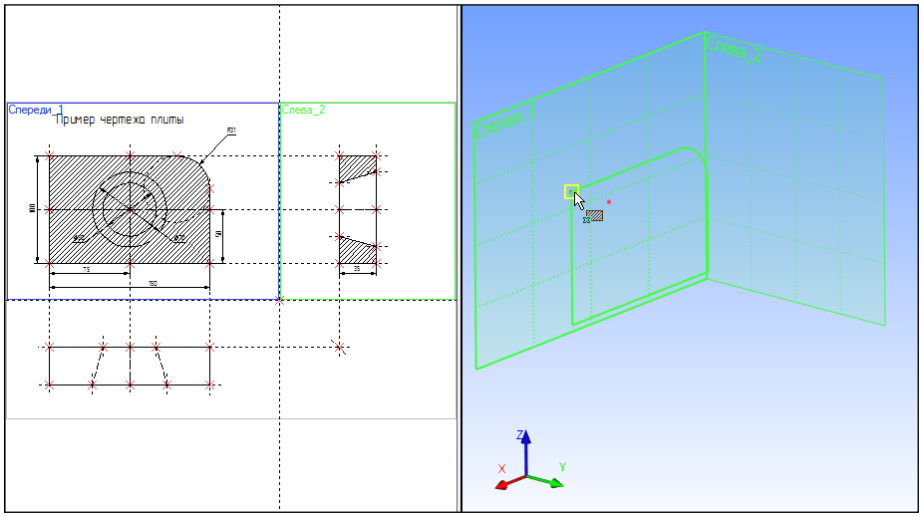
Система ожидает дальнейших действий пользователя. Выберите в 2D окне штриховку **A**. Контур выбранной штриховки и рабочая плоскость подсветятся, а в окне 3D вида появится 3D профиль.



После выбора штриховки система включает режим построения профиля по штриховке, и в автоменю устанавливается опция:

	<M>	Выбрать 3D узел для привязки плоскости контура

Рядом с курсором появится знак 3D узла . При помощи курсора в окне 3D вида выберите один из 3D узлов. Профиль переместится в выбранный 3D узел, а сам узел и все 2D и 3D элементы, при помощи которых он был построен, подсветятся.



Для подтверждения построения 3D профиля необходимо нажать . После этого подсветка в обоих окнах исчезнет. Только что вы построили 3D профиль. Для продолжения работы необходимо выйти из команды.

Вы построили все необходимые вспомогательные 3D элементы для создания трёхмерного тела, которое может быть получено с помощью операции выталкивания.

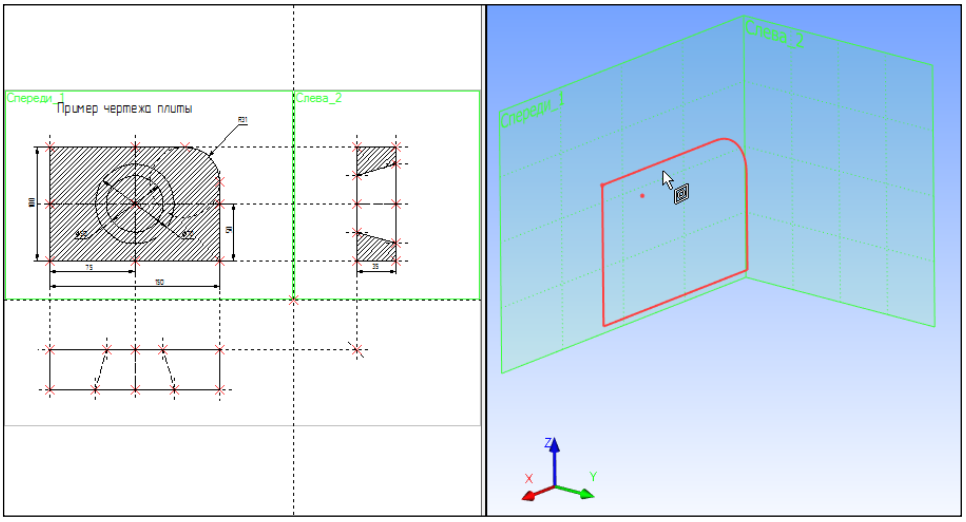
Вызовем команду **3X: Создать выталкивание**. В автоменю по умолчанию будет установлена опция:

	<R>	Выбрать контур

В качестве контура мы собираемся использовать построенный профиль, поэтому настраиваем фильтры на выбор 3D профилей. Это можно сделать при помощи системной панели, если указать на кнопку нужного фильтра и нажать (можно также использовать с нажатой клавишей <Ctrl>). Все остальные фильтры при этом будут выключены.



Переместите курсор в 3D окно, подведите его к 3D профилю так, чтобы курсор показывал на ребро профиля. Курсор при этом примет форму . Нажмите для выбора профиля. Профиль в 3D окне подсветится.



При работе с 3D командами следует иметь в виду, что 3D элементы могут выбираться как по 3D виду, так и по 2D виду. Это относится в первую очередь к 3D узлам и 3D профилям (контурам), которые могут выбираться в 2D виде по 2D узлам и штриховкам.

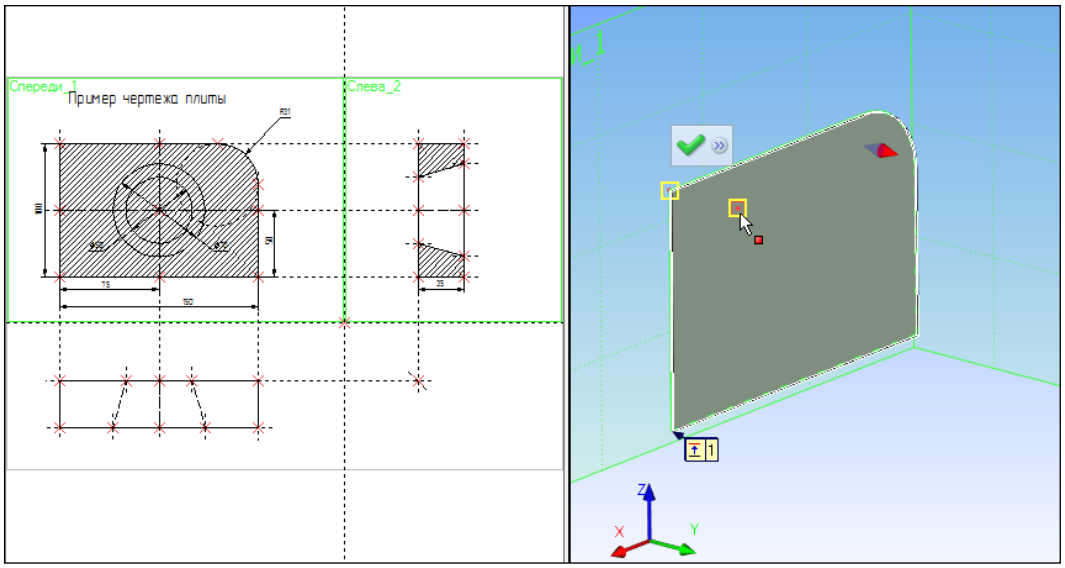
Далее необходимо задать направление и величину вектора выталкивания. В данном примере требуется задать величину выталкивания в зависимости от толщины плиты. Это можно сделать, задав вектор выталкивания по построенным 3D узлам.

После выбора 3D профиля в автоменю требуется включить следующую опцию:

	<F>	Выбрать начальную 3D точку выталкивания

В качестве 3D точки можно использовать несколько видов объектов. Перед выбором 3D узла проверьте настройки фильтров селектора – на системной панели или в выпадающем списке используемой опции.

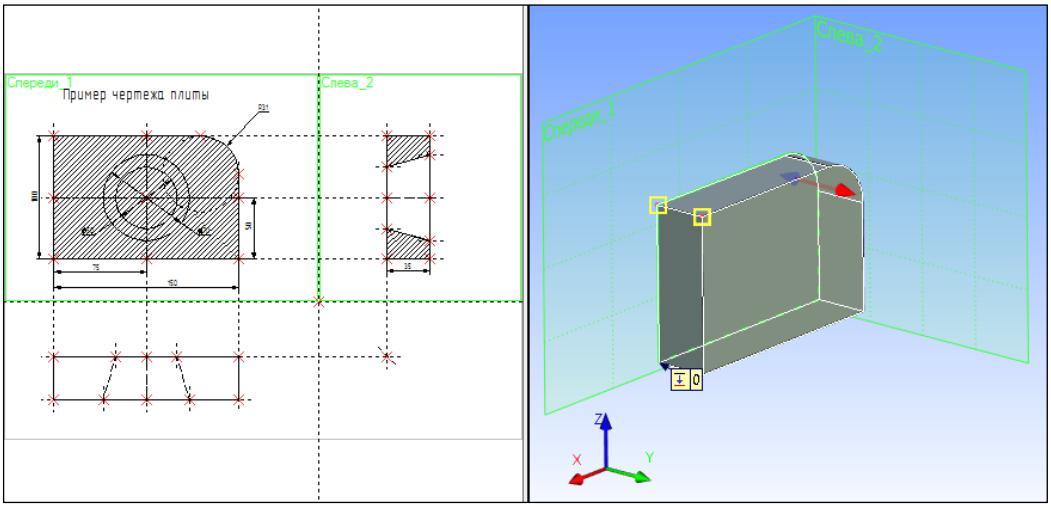
При наведении курсора на 3D узел форма курсора принимает вид . Выберите 3D узел, через который проходит плоскость 3D профиля.



После выбора первого 3D узла в автоменю автоматически будет установлена опция:

	<S>	Выбрать конечную 3D точку выталкивания

При помощи курсора выберите второй 3D узел и нажмите . Появляется предварительное изображение будущей операции.

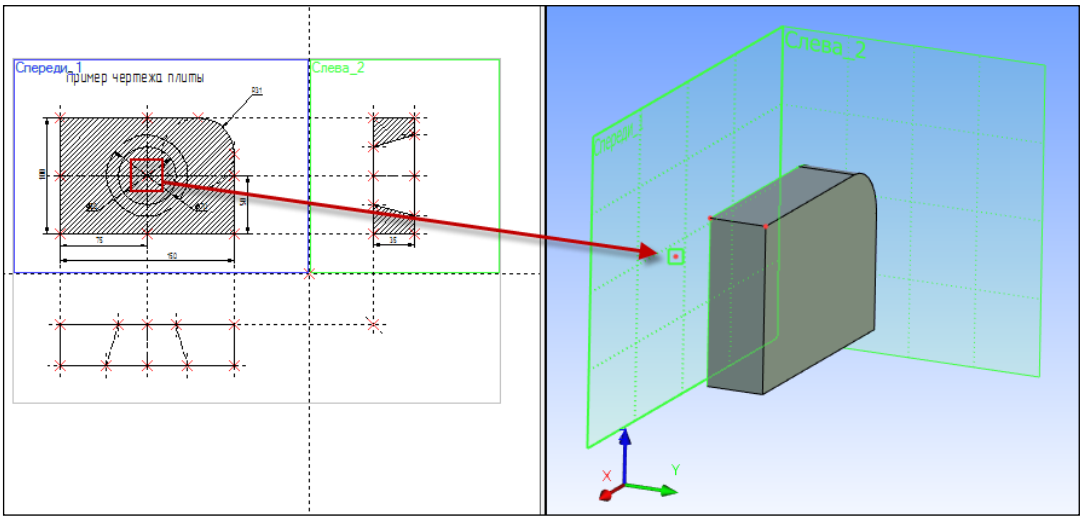


Нажмите , и операция выталкивания завершится. Выйдите из команды.

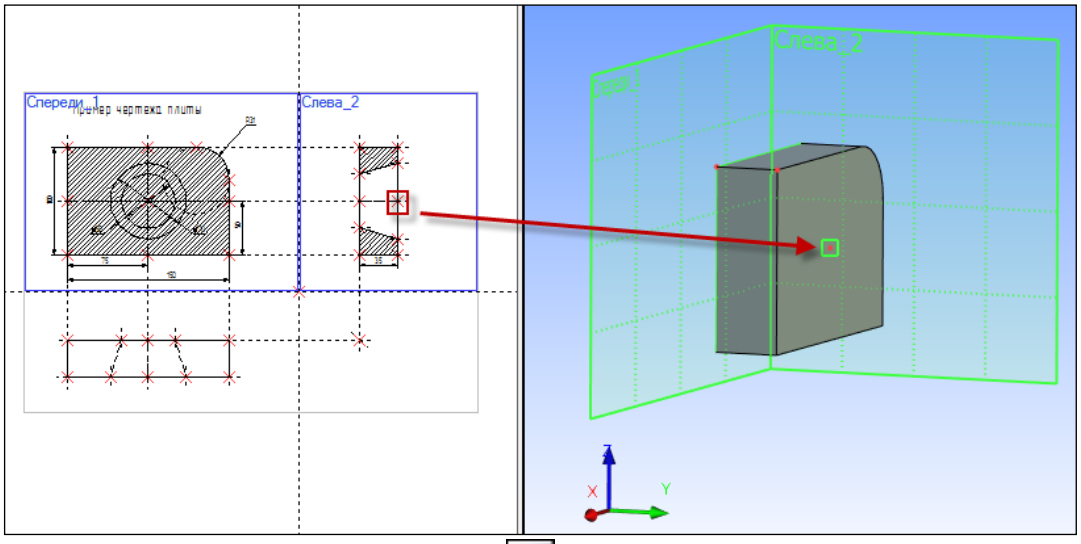
Для получения отверстия в трёхмерной модели плиты необходимо создать второе объёмное тело, которое на следующем этапе при помощи булевой операции будет вычтено из первого тела. Объёмную модель для получения отверстия проще всего создать при помощи операции вращения.

Для создания трёхмерной модели с помощью операции вращения необходимо задать вспомогательные 3D элементы: 3D профиль и ось вращения, относительно которой будем вращать этот профиль. Для задания оси вращения необходимо построить 3D узлы.

Начнём построения с помощью команды **3N: Построить 3D узел.** Вызовите команду, при помощи курсора выберите 2D узел как показано на рисунке, представленном ниже, и нажмите . В 3D окне появится подсвеченный 3D узел.

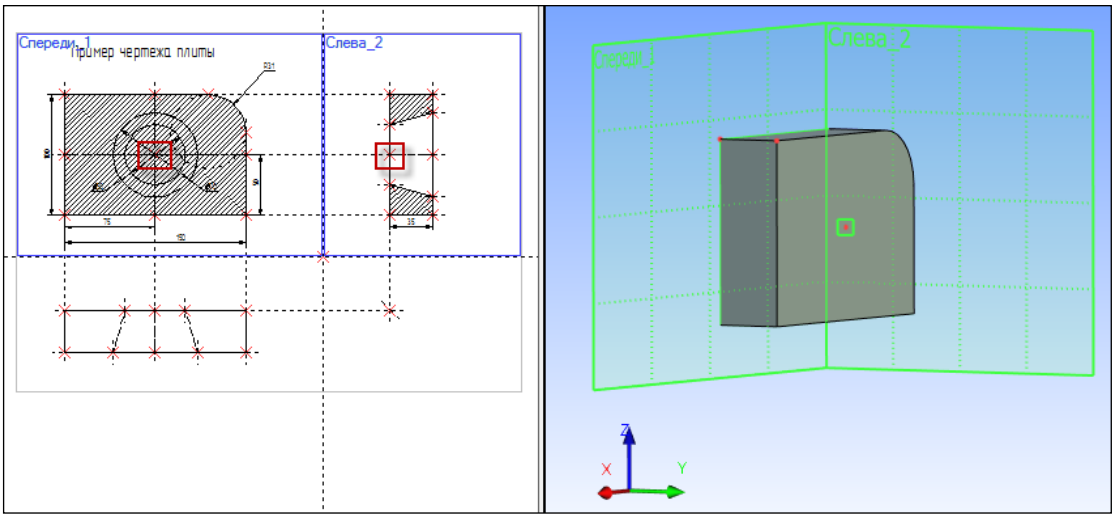


После этого переместите курсор ко второму 2D узлу, который будет определять вторую проекцию 3D узла, и нажмите . В 3D окне подсвеченный 3D узел переместится вдоль оси Y.



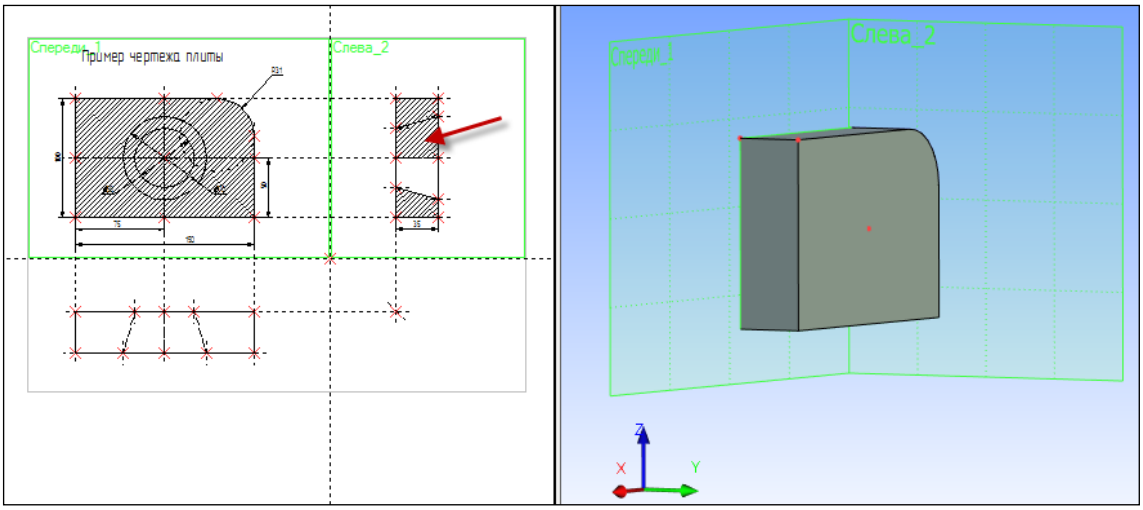
Для подтверждения создания 3D узла нажмите . Подсветка в обоих окнах исчезнет.

Построим второй 3D узел. Он необходим для задания оси вращения. Вы ещё находитесь в команде **3N: Построить 3D узел.** Постройте второй 3D узел. Для этого необходимо выбрать два 2D узла, которые показаны на рисунке, приведённом ниже.

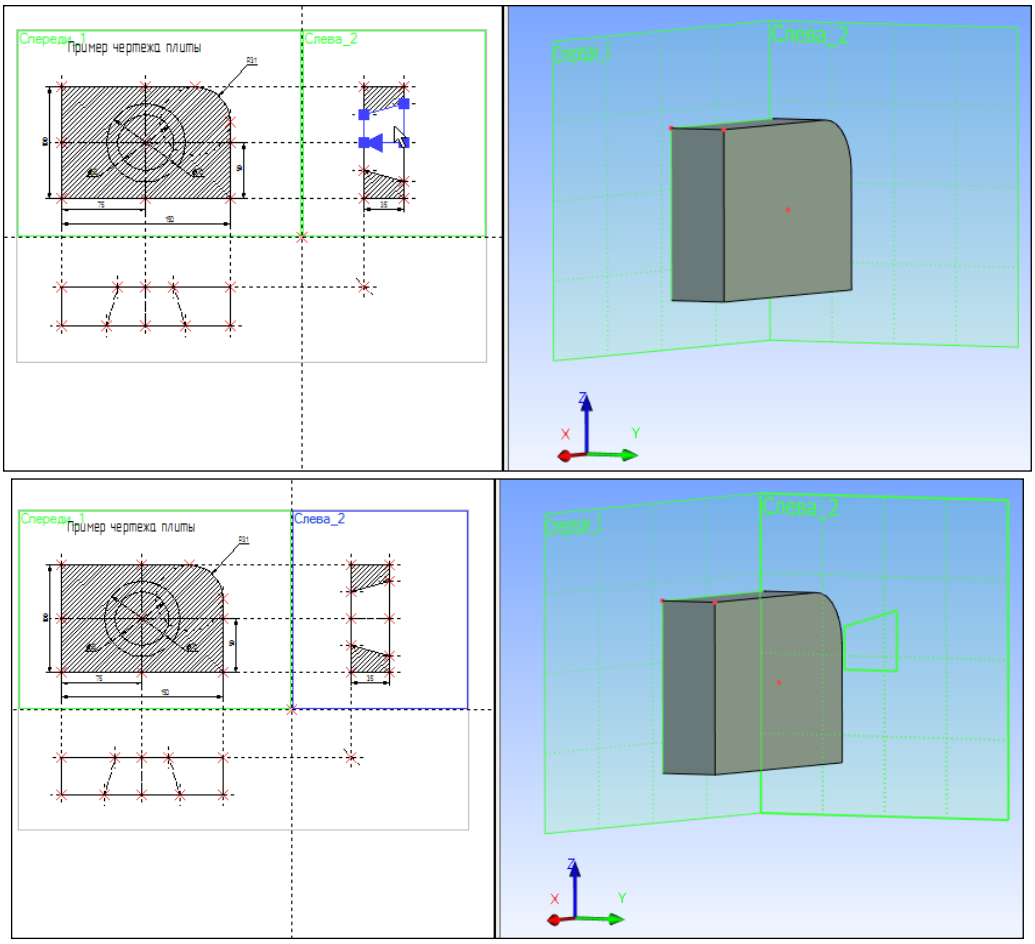


После окончательного выбора нажмите , и осуществите выход из команды.

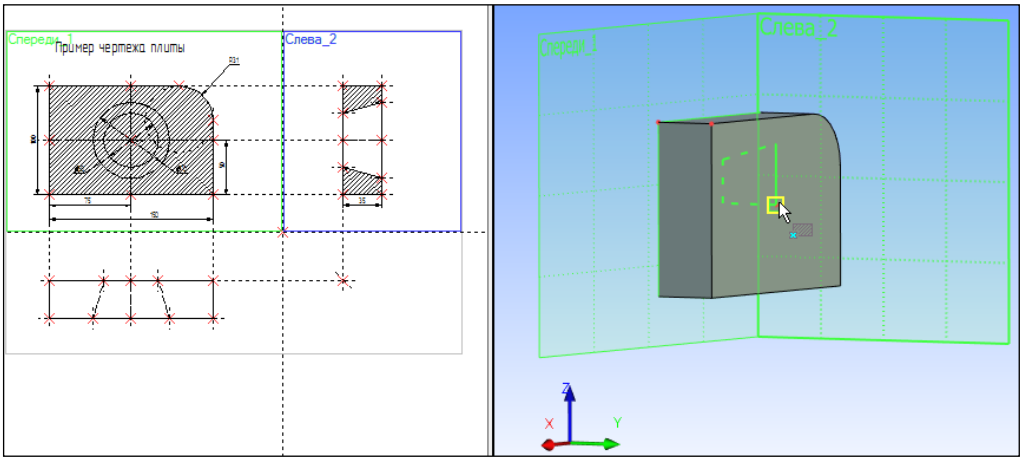
Следующий шаг – построение 3D профиля. При помощи команды **"H: Создать штриховку"** на виде слева 2D чертежа создайте штриховку **B**. Штриховку необходимо сделать невидимой, чтобы не загромождать основной чертёж.



Вызовите команду **3PR: Построить 3D профиль**. При помощи курсора выберите штриховку **B**. Контур выбранной штриховки и плоскость подсветятся, а в окне 3D вида появится 3D профиль.



После того как вы выбрали штриховку, на экране появится курсор со знаком 3D узла - система предлагает выбрать 3D узел для привязки плоскости контура в пространстве. При помощи курсора в окне 3D вида выберите один из 3D узлов. Профиль переместится в выбранный 3D узел.



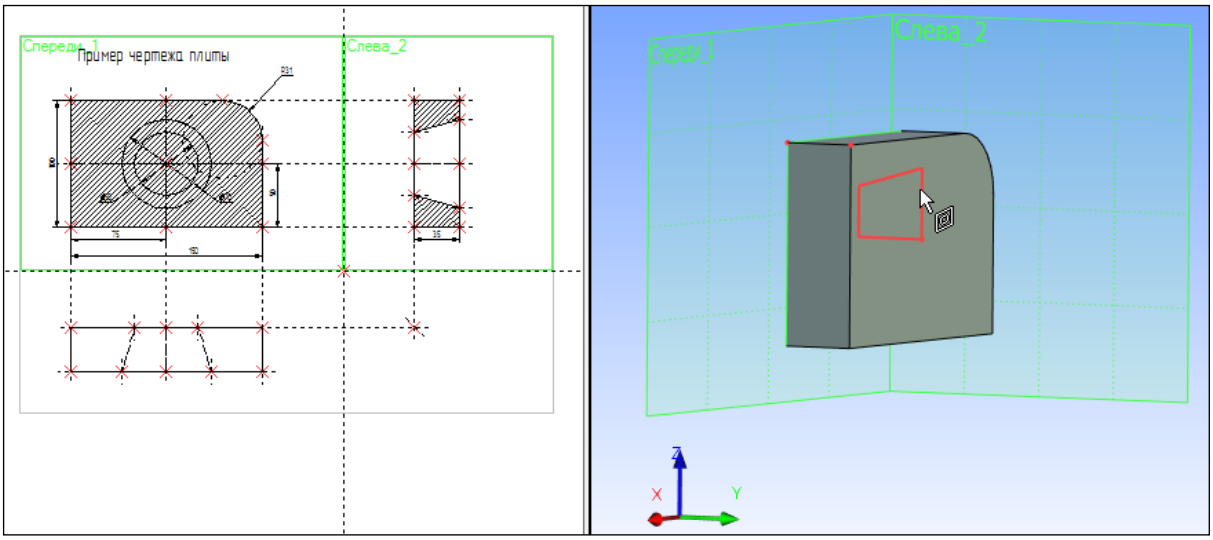
Для подтверждения построения 3D профиля нажмите . Профиль построен, для дальнейшего создания объёмной модели необходимо выйти из команды.

Вы построили все необходимые вспомогательные 3D элементы для создания трёхмерного тела, которое может быть получено с помощью операции вращения. Создадим операцию вращения. Вызовите команду **3RO: Создать вращение**. После вызова команды в автоматическом меню по умолчанию будет установлена опция:

	<R>	Выбрать контур

В качестве контура для операции вращения можно использовать разные элементы. Мы будем использовать специально созданный 3D профиль. Перед выбором профиля необходимо проверить настройки фильтров селектора на системной панели или в выпадающем списке используемой опции.

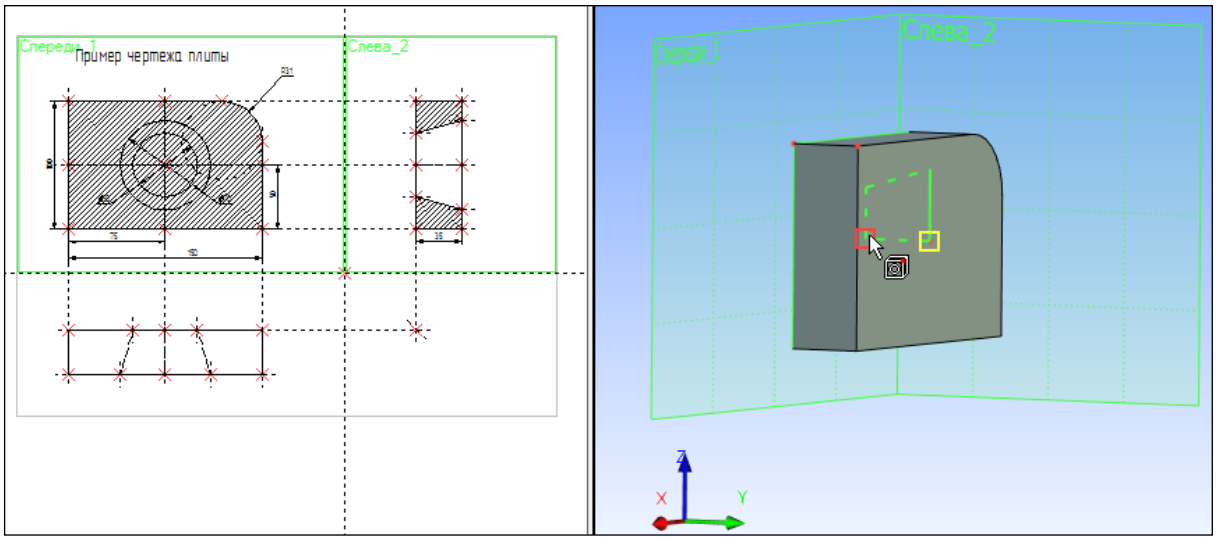
При подведении курсора к 3D профилю рядом с курсором появляется знак профиля . Для выбора профиля нажмите . Профиль в 3D окне подсветится.



После этого необходимо задать ось вращения выбором двух 3D узлов. Для этого в автоменю следует установить опцию:

	<F>	Выбрать первую 3D точку оси

Подведите курсор к 3D узлу, как показано ниже, и нажмите .

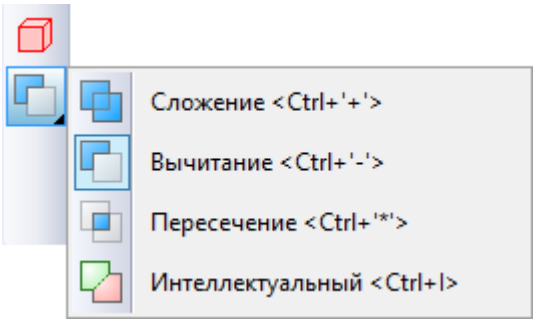


После этого в автоменю автоматически будет установлена опция:

	<S>	Выбрать вторую 3D точку оси

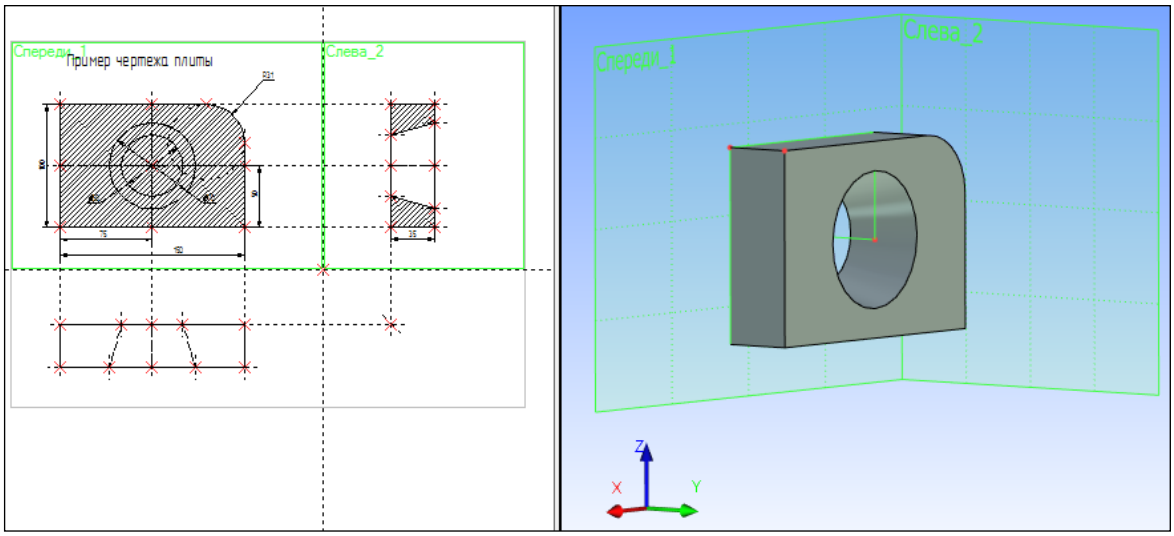
Переместите курсор ко второй 3D точке, определяющей ось вращения, и нажмите . В окне 3D вида появится предварительное изображение будущего тела в рёберном отображении. В автоменю и окне параметров станет доступной пиктограмма . Но перед тем, как завершить операцию нужно выбрать из выпадающего списка булевых операций тип булевой операции «Вычитание».

	<Ctrl><->	Вычитание



Нажмите  в автоменю, чтобы создать операцию вращения.

В окне 3D вида появится следующее трёхмерное изображение.

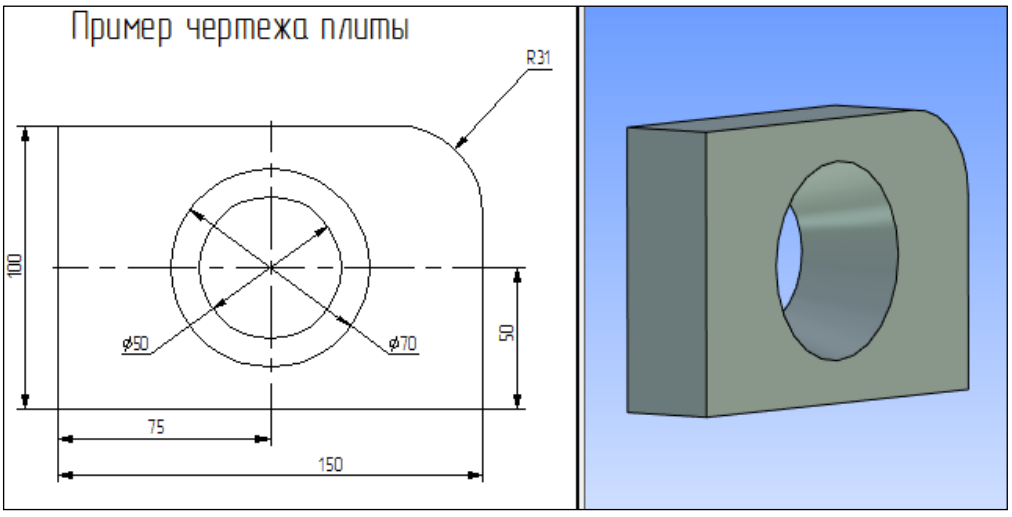


Только что вы создали два простейших объёмных тела: тело выталкивания и тело вращения. Тело вращения было вычтено из тела выталкивания.

Более подробно о создании булевых операций можно прочитать в главе **Булева операция.**

Когда мы создавали 3D модель, то привязывались к двухмерным параметрическим элементам системы T-FLEX CAD. В соответствии с этим параметрическое изменение 2D чертежа будет приводить к параметрическому изменению 3D модели.

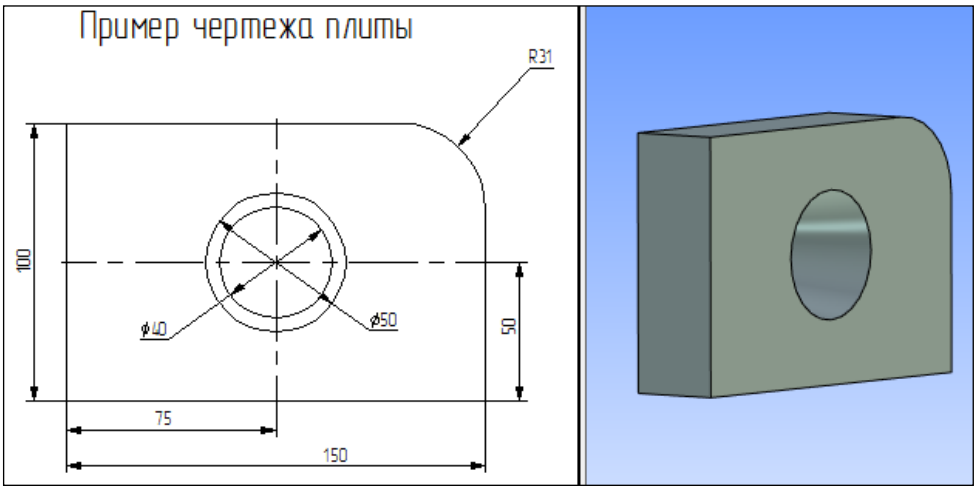
При помощи команды **EC: Изменить построения**, **или V: Редактировать переменные** измените один или несколько размеров на 2D чертеже.



Затем вызовите команду:

Пиктограмма	Лента
	Параметры → Инструменты → Обновить
Клавиатура	Текстовое меню
<3G>	Сервис > Обновить

После этого произойдёт пересчёт трёхмерной модели. 3D модель изменится в соответствии с последними изменениями, сделанными на 2D чертеже.



Работа с окном 3D вида

Окно 3D вида (3D окно) – один из основных инструментов системы для работы с 3D моделью. Оно используется для визуализации 3D сцены. В 3D окне осуществляется просмотр создаваемой модели, а также выбор 3D объектов для выполнения различных действий над ними (получение информации о выбранном объекте, редактирование, использование в качестве исходных данных при создании операций и 3D построений).

Что такое «3D сцена»?

3D сцена – совокупность всех 3D объектов (3D тел и 3D построений), имеющихся в модели. Размер 3D сцены определяется кубом минимальной величины, охватывающего все 3D элементы. При определении размеров куба учитываются и невидимые 3D объекты, скрытые с экрана различными способами.

Обзор объектов 3D сцены осуществляется с помощью камер. Камера, изображение с которой отражается в 3D окне, называется активной камерой. По умолчанию в модели присутствует только системная камера, расположенная за пределами 3D сцены. Именно она используется обычно для осмотра 3D сцены. В большинстве случаев системной камеры достаточно для работы с 3D моделью. Положением и ориентацией системной камеры можно управлять. Системную камеру нельзя удалить, нельзя переместить её внутрь 3D сцены (расстояние от камеры до центра 3D сцены нельзя сделать меньше, чем половина размера 3D сцены).

В ряде случаев (например, для осмотра внутренних областей сложных 3D моделей или при создании анимационных роликов) возможности системной камеры могут оказаться недостаточными. В таких ситуациях пользователь может создавать и использовать свои камеры для получения изображения в 3D окне. Пользовательские камеры привязываются к локальным системам координат (ЛСК). Положение ЛСК определяет положение камеры. Работе с пользовательскими камерами посвящён соответствующий раздел данной главы.

Методы визуализации 3D сцены

Визуализация 3D объектов в окне 3D вида может осуществляться с использованием различных методов (в виде рёберной модели, в виде твёрдых тел и т.п.). Сами 3D объекты при этом не меняются, изменяется только способ их отображения.

Существуют следующие методы визуализации:

Рёберное изображение – все трёхмерные тела изображаются в виде каркаса из образующих их рёбер. Метод удобен тем, что элементы заднего плана не заслоняются передними элементами. Также можно увидеть объекты, расположенные внутри тела. Это свойство используется при выборе элементов построения для выполнения операций.

Тоновая закраска – все трёхмерные тела раскрашиваются с учетом заданного для каждого тела цвета.

Тоновая закраска с материалами – все трёхмерные тела раскрашиваются с учётом выбранного материала, как для тела в целом, так и назначенного для отдельной грани.

Рёберное изображение с удалением невидимых линий – в 3D окне показывается рёберное изображение 3D модели без невидимых линий. Используется быстрый алгоритм определения видимости линий.

Рёберное изображение с точным удалением невидимых линий – отображается рёберная модель в текущем положении без невидимых линий. Данный режим можно использовать только при параллельном способе проецирования.

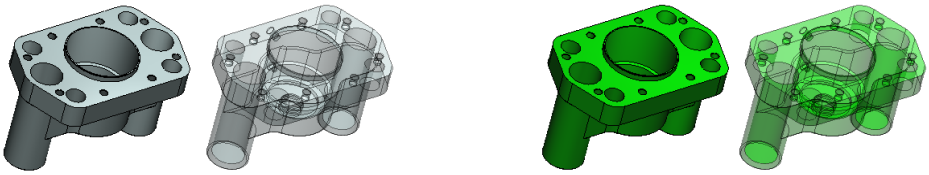


Выбранный метод визуализации по умолчанию применяется ко всем элементам 3D сцены.

> Обратите внимание, что метод визуализации является характеристикой 3D окна, не зависящей от используемой камеры (системной или пользовательской). Т.е. метод визуализации, назначенный для 3D окна, сохраняется даже при смене активной (т.е. используемой в данный момент для обзора 3D сцены) камеры.

Режим рёберного изображения можно назначить и для отдельных 3D Тел или операций. Такой 3D объект будет показываться в рёберном виде всегда, вне зависимости от способа визуализации, установленного для 3D окна. Включить постоянное рёберное отображение для тела можно в параметрах соответствующего 3D Тела или 3D операции (см. главу “Общие параметры 3D элементов”).

Для **тоновой закраски** и **тоновой закраски с материалами** можно дополнительно включить *режим полупрозрачного изображения*. При применении полупрозрачности 3D модель отображается с соблюдением правил основного способа визуализации, но все грани тел в 3D сцене становятся полупрозрачными.



Тоновая закраска с материалами

Тоновая закраска с материалами и полупрозрачность

Тоновая закраска

Тоновая закраска и полупрозрачность

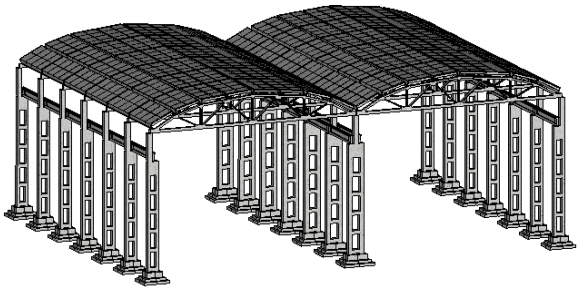
Прозрачное изображение можно установить и отдельно для любого Тела модели. Но такое Тело будет отображаться прозрачным только при использовании режима тоновой закраски с материалами. Включить прозрачное отображение можно в диалоге параметров Тела или в диалогах параметров операций, входящих в историю создания данного Тела (см. главу “Общие параметры 3D элементов”).

Кроме того, существует возможность делать прозрачными отдельные грани Тел. Это можно сделать с помощью команды **ЗАМ: Наложение материала**. Прозрачность граней также видна только в режиме тоновой закраски с материалами.

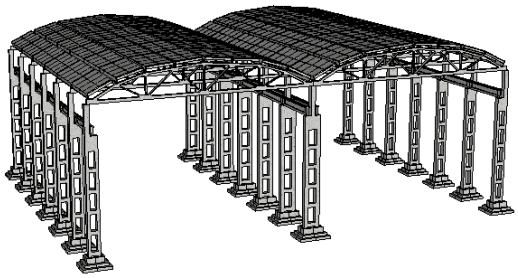
Работа с системной камерой при обзоре 3D сцены

Способ проецирования

Изображение 3D сцены в окне 3D вида зависит, помимо установленного метода визуализации, от используемого системной камерой *способа проецирования*. Способ проецирования определяет, как камера будет показывать объекты в 3D сцене: без учёта расстояния до точки взгляда и угла зрения – *параллельное проецирование*, либо с учётом этих параметров – *перспективное проецирование*.



Параллельное проецирование



Перспективное проецирование

Способ проецирования, в отличие от метода визуализации, является характеристикой именно используемой (активной) камеры, а не 3D окна. При смене используемой камеры (например, смене системной камеры на пользовательскую) изображение в 3D окне будет формироваться с учётом способа проецирования новой активной камеры.

Управление системной камерой. Вращение и перемещение камеры

В первоначальный момент после открытия 3D окна системная камера располагается на расстоянии, обеспечивающем обзор всех элементов 3D сцены (т.е. всех 3D построений и 3D Тел, существующих в модели). Для обзора 3D сцены её можно произвольно вращать и/или перемещать, приближать/удалять, меняя положение и направление взгляда, а также масштаб изображения в 3D окне.

При наблюдении за 3D окном в процессе вращения/перемещения системной камеры у пользователя создаётся впечатление, что движется не камера, а сама 3D сцена. Поэтому в дальнейшем при описании работы с 3D моделью мы часто будем говорить о процессе вращения/перемещения системной камеры как о вращении 3D сцены.

Центр вращения камеры

Вращение изображения в 3D окне при активной системной камере по умолчанию осуществляется перемещением камеры вокруг центра сцены. При необходимости центр вращения можно изменить. В качестве новой точки вращения можно указать:

центр масс операции;

произвольную точку в 3D сцене. Центром вращения станет пересечение луча, проходящего через указанную точку перпендикулярно плоскости экрана, с ближайшей к камере гранью или ребром (при рёберном отображении) какого-либо 3D тела или любым 3D элементом построения. Если луч не пересекается ни с одним из 3D объектов, то центр вращения не меняется;

центр 3D сцены (при необходимости возврата к первоначальному центру вращения).

Режимы вращения системной камеры

Существуют следующие режимы вращения системной камеры:

Свободное вращение. Данный режим устанавливается по умолчанию. В этом режиме вращение 3D камеры может осуществляться в любом направлении относительно центра вращения;

Вращение относительно одной из осей системы координат вращения, расположенной в центре вращения камеры. Направление осей системы координат вращения может:

- совпадать с направлением осей глобальной системы координат (*вращение в глобальной системе координат*),
- определяться системой координат самого 3D окна (*вращение в системе координат окна*) – одна ось направлена перпендикулярно плоскости экрана, две другие лежат в этой плоскости (одна – вертикально, другая – горизонтально);

Панорамное вращение. В этом режиме фиксируется плоскость оси Z. Данный режим воспроизводит эффект осмотра комнаты-сцены видеокамерой, которую нельзя наклонить (ось Z в этом случае играет роль вертикальной оси комнаты). Режим панорамного вращения может быть полезен при работе с моделями зданий, мебели, интерьеров и т.д.

Автоматическое вращение

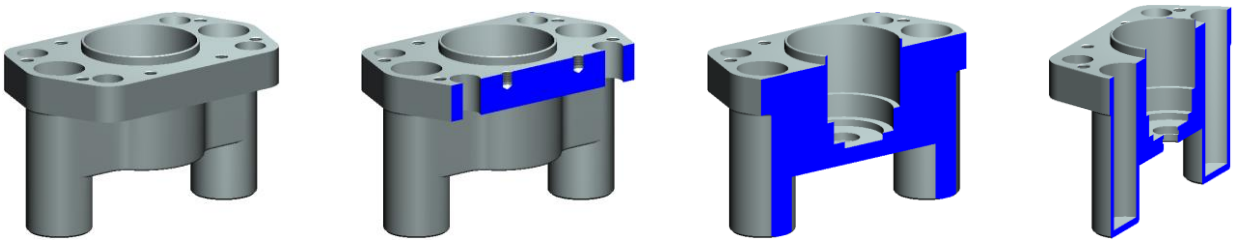
Автоматическое вращение может осуществляться в любом из вышеперечисленных режимов вращения системной камеры. Для запуска режима автоматического вращения необходимо указать направление и скорость вращения. До отмены режима автоматического вращения, 3D окну периодически будет посылаться команда вращения системной камеры с этими параметрами, что создает эффект вращения 3D сцены по инерции.

Автомасштабирование

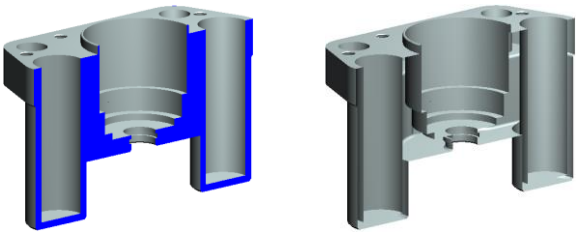
Автомасштабирование – это режим работы 3D окна, при котором после каждого пересчёта 3D модели автоматически изменяются параметры системной камеры так, чтобы можно было увидеть всю 3D сцену.

Плоскость обрезки

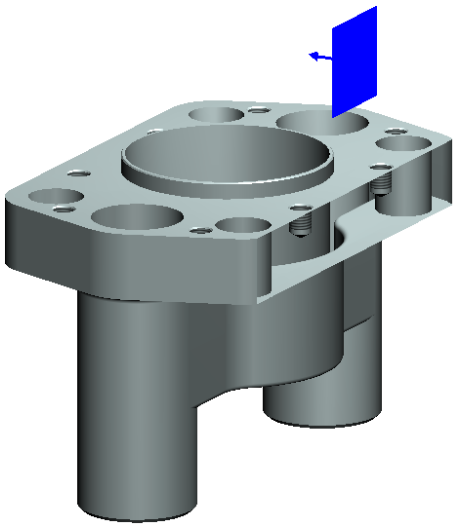
Для быстрого визуального анализа внутренних элементов тел можно воспользоваться *плоскостью обрезки*. Она представляет собой плоскость, которая может перемещаться вдоль заданного направления и "рассекать" объекты сцены. Отсечённая часть тел не рисуется. Новые тела при этом не создаются. При вращении камеры положение плоскости обрезки изменяется вместе с изменением положения сцены.



Получившееся сечение тела может быть прозрачным (это позволяет заглянуть внутрь тела) или может закрашиваться голубым цветом (если нужно оценить форму сечения).



На экране плоскость обрезки по умолчанию не отображается. При необходимости можно сделать плоскость обрезки видимой. Она будет рисоваться в виде небольшого прямоугольника, показывающего расположение и ориентацию плоскости обрезки.



Источники света

Освещение тел в 3D сцене обеспечивается источниками света. Источники света можно разделить на два основных типа:

стационарные источники, создаваемые пользователем с помощью команды “3L: Создать источник света”. Такие источники света не зависят от используемой камеры и её положения. О том, как создавать стационарные источники света, подробно будет рассказано в главе “Источники света” данного руководства;

динамические источники света, “установленные” на активной камере. Положение таких источников света определено относительно активной камеры. При перемещении/вращении активной камеры источники света будут также изменять своё положение.

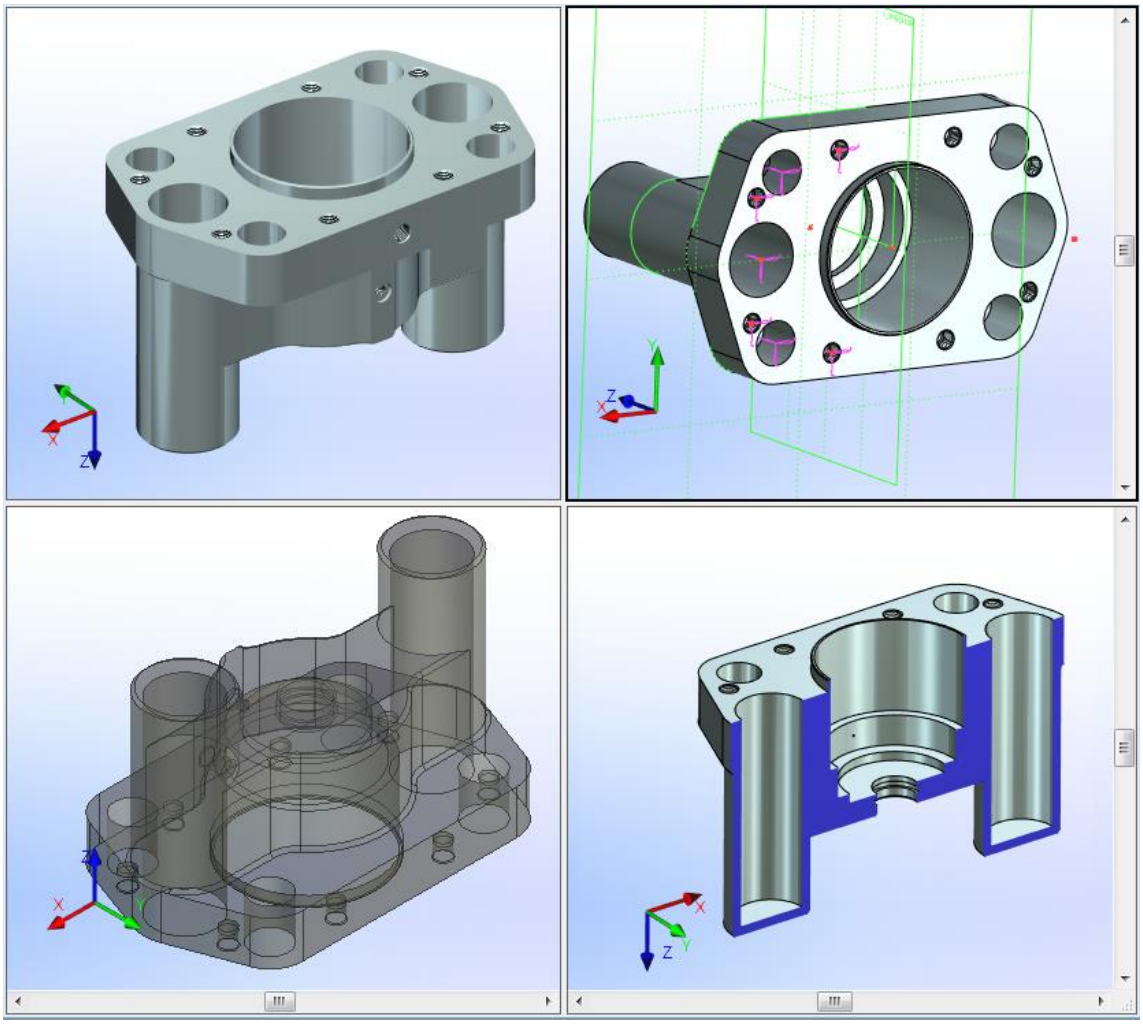
> Динамические источники света, как и метод визуализации, являются характеристикой 3D окна, не зависящей от используемой камеры (системной или пользовательской).

По умолчанию в 3D окне существует два источника света, связанных с активной камерой, – источник рассеянного света (равномерно освещающий всё пространство 3D сцены) и направленный источник белого света, расположенный на камере. При необходимости пользователь может изменить их параметры (цвет, интенсивность, для направленного источника – положение относительно камеры), а также самостоятельно создать дополнительные динамические источники света.

Создание и редактирование источников света, связанных с активной камерой, осуществляется в специальном диалоге параметров 3D вида. Там же можно задать цвет фона 3D окна (цвет фона не зависит от имеющихся в 3D окне источников света). Пользователь может выбрать в качестве цвета фона любой цвет в соответствии со своими предпочтениями. Допускается также установка неоднородного цвета фона (с плавным переходом от одного выбранного цвета к другому).

Работа с несколькими 3D окнами

При работе с 3D моделью пользователь может открыть несколько 3D окон одновременно. Для каждого из открытых 3D окон можно назначить собственные параметры: метод визуализации, положение и направление взгляда активной камеры, цвет фона и количество источников света на активной камере, масштаб изображения, и т.д.



Разделение окна документа на части можно зафиксировать для последующих сеансов работы с документом. Для этого достаточно установить параметр “Фиксированный набор окон” в диалоге команды **ST: Задать параметры документа** (закладка “Разное”) и сохранить документ. При повторном открытии документа окно будет разделено так же, как на момент сохранения документа после установки вышеуказанного параметра. Поменять вид окна документа будет нельзя.

Использование 3D видов

Для быстрой настройки 3D окна можно использовать хранящиеся в системе *3D виды*. 3D вид – это совокупность информации о 3D окне, включающая в себя информацию о параметрах используемой камеры, о связанных с ней источниках света, используемый метод визуализации, и т.д.

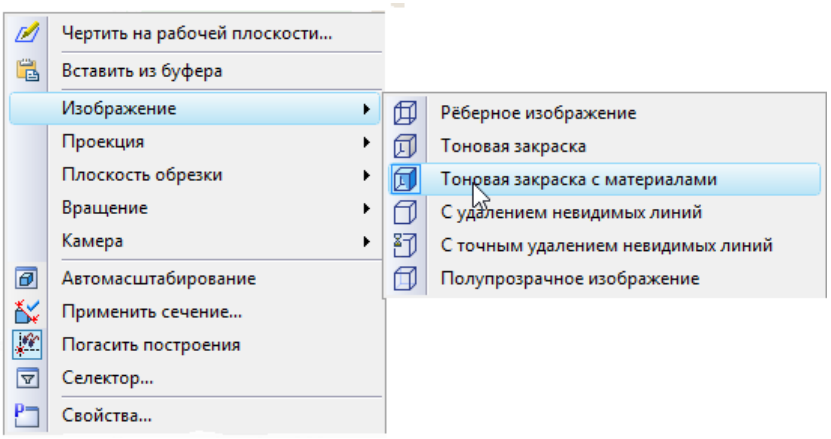
При загрузке для текущего 3D окна одного из хранящихся в системе 3D видов происходит автоматическая настройка 3D окна в соответствии с данными этого 3D вида.

Пользователь может редактировать имеющиеся в системе 3D виды, занося в них свои наборы данных о состоянии 3D окна. Работа с 3D видами осуществляется в специальном диалоге параметров 3D вида.

Управление 3D окном

Для управления 3D окном и отображением 3D сцены в нём служат команды, расположенные в текстовом меню “Вид”. Команды разбиты на группы в соответствии с их назначением. Часть команд доступна также на одноимённой инструментальной панели “Вид”.

Существует ещё один способ вызова этих команд. Необходимо указать курсором мыши в свободное пространство 3D окна и нажать . Появившееся контекстное меню будет содержать все команды управления 3D окном. Состояние пиктограмм контекстного меню информирует о том, какой режим той или иной команды активизирован.



Задание метода визуализации

Для задания метода визуализации служат команды:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3VW>	Вид > Изображение > Рёберное изображение	
<3VS>	Вид > Изображение > Тоновая закраска	
<3VD>	Вид > Изображение > Тоновая закраска с материалами	
<3VH>	Вид > Изображение > С удалением невидимых линий	
<3VZ>	Вид > Изображение > С точным удалением невидимых линий	

<3VM>	Вид > Изображение > Полупрозрачное изображение	

Каждый из методов имеет дополнительные параметры. Задать эти параметры можно в диалоге параметров 3D вида, описанном в соответствующем разделе данной главы.

Вращение/перемещение 3D сцены

При работе с 3D моделью чаще всего используется *режим свободного вращения*, поэтому он установлен в 3D окне по умолчанию. Перемещать камеру вокруг центра вращения можно, просто передвигая курсор мыши с зажатой в пределах 3D окна.

Для вращения 3D сцены можно также использовать клавиатуру. Клавиши <Left>, <Right>, <Up>, <Down> осуществляют вращение 3D сцены в соответствующих направлениях. С помощью клавиш <PageUp>, <PageDown> можно вращать камеру вокруг ее собственной оси. При нажатом <Ctrl> все эти клавиши работают в режиме ускоренного вращения.

> Скорость вращения для нормального и ускоренного режимов устанавливается в команде **Настройка > Установки** на закладке "3D".

Используя и нажатую клавишу <Ctrl>, можно перемещать камеру в плоскости, параллельной плоскости экрана. При этом вместе с камерой перемещается центр вращения.

Для изменения степени увеличения изображения используются и <Shift>. Перемещая курсор вверх по экрану – уменьшаем изображение, перемещая вниз – увеличиваем.

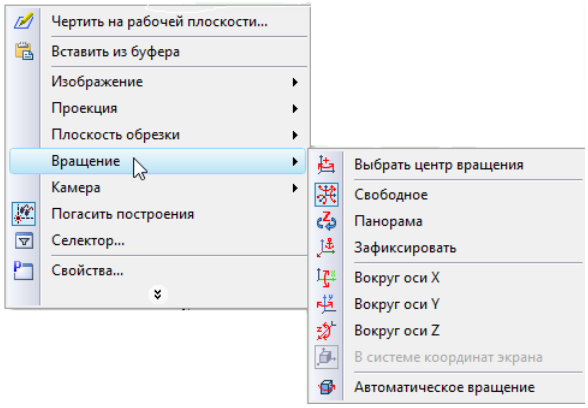
> Этот процесс похож на работу настоящей камеры. При этом камера остается на месте. Изменяется только фокусное расстояние её объектива.

Обладатели мышки с колесиком могут изменять степень увеличения изображения, вращая колесико. Передвижение курсора мыши с нажатым колесиком перемещает камеру в плоскости, параллельной плоскости экрана.

Режим вращения относительно одной оси включается с помощью одной из следующих команд в текстовом меню "Вид > Вращение" или в одноимённом пункте контекстного меню в 3D окне:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3RX>	Вид > Вращение > Вокруг оси X	
<3RY>	Вид > Вращение > Вокруг оси Y	
<3RZ>	Вид > Вращение > Вокруг оси Z	

В результате вызова любой из этих команд устанавливается режим вращения вокруг выбранной оси. Смена оси, вокруг которой производится вращение, осуществляется теми же командами. О том, какая ось используется в данный момент, можно судить по состоянию соответствующих пиктограмм в текстовом или контекстном меню.



Ориентация осей системы координат вращения определяется состоянием команды **3RS: Переключение режима вращения 3D сцены**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3RS>	Вид > Вращение > В системе координат экрана	

Когда эта команда включена, вращение осуществляется в системе координат окна, когда выключена – ориентация системы координат вращения совпадает с ориентацией глобальной системой координат. При переходе в режим вращения относительно одной оси данная команда автоматически включается. Таким образом, по умолчанию вращение осуществляется в системе координат окна. О состоянии команды также можно судить по её пиктограмме в текстовом или контекстном меню.

Вращение 3D сцены относительно одной оси осуществляется так же, как и при свободном вращении – с помощью или клавиатуры. Различие будет состоять только в том, что при любых движения курсора по экрану или нажатиях управляющих клавиш поворот будет происходить только вокруг одной выбранной оси системы координат вращения камеры.

Для возвращения к режиму свободного вращения камеры используется команда:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3RF>	Вид > Вращение > Свободное	

Режим фиксированного направления взгляда включается с помощью команды **3RL: Зафиксировать направление**. Вызвать её можно из текстового меню “Вид > Вращение” или с помощью контекстного меню в 3D окне:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3RL>	Вид > Вращение > Зафиксировать	

При включении данного режима фиксируется направление взгляда, т.е. вращение 3D сцены невозможно. При этом можно масштабировать и перемещать содержимое 3D сцены. Данная настройка сохраняется в текущем документе и действует и при дальнейших сеансах работы с ним.

Для отключения режима фиксированного направления необходимо выбрать любой другой режим вращения 3D сцены.

Команда **3RP: Панорамное вращение**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3RP>	Вид > Вращение > Панорама	

В этом режиме фиксируется плоскость оси Z. Данный режим воспроизводит эффект осмотра комнаты-сцены видеокамерой, которую нельзя наклонить (ось Z в этом случае играет роль вертикальной оси комнаты). Режим панорамного вращения может быть полезен при работе с моделями зданий, мебели, интерьеров и т.д.

Для быстрого изменения положения и масштаба 3D сцены можно использовать ряд дополнительных команд:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<F3>	Вид > Масштаб > Рамка	
<Ctrl><Shift><PgUp>	Вид > Масштаб > Увеличить	
<Ctrl><Shift><PgDn>	Вид > Масштаб > Уменьшить	
<Ctrl><Shift><Left>	Вид > Масштаб > Влево	
<Ctrl><Shift><Right>	Вид > Масштаб > Вправо	
<Ctrl><Shift><Up>	Вид > Масштаб > Вверх	
<Ctrl><Shift><Down>	Вид > Масштаб > Вниз	
<Ctrl><Shift><Home>	Вид > Масштаб > Весь чертёж	
<Ctrl><Shift><End>	Вид > Масштаб > Максимизировать	
	Вид > Масштаб > Реальный размер	
	Вид > Масштаб > Предыдущее	

Подробное описание работы с данными командами приведено в главе “Основные положения работы системой” руководства “Основы. Двухмерное проектирование и черчение”.

Задание центра вращения 3D сцены

Для задания центра вращения камеры используется команда **3RC: Выбрать центр вращения**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3RC>	Вид > Вращение > Выбрать центр вращение	

После вызова на экране появляется изображение текущего центра вращения камеры в виде перекрестья. В автоменю становятся доступны следующие опции:

	<P>	Выбрать в качестве центра вращения любую точку
	<O>	Выбрать в качестве центра вращения центр тела
	<D>	Выбрать в качестве центра вращения центр сцены

Для того, чтобы в качестве центра вращения выбрать центр масс 3D операции, достаточно включить опцию , а затем указать нужную операцию. Перекрестье, обозначающее центр вращения, переместится в центр масс указанного тела.

Опция  позволяет задать в качестве центра вращения произвольную точку. Для этого после выбора опции достаточно указать в 3D окне требуемую точку (с помощью ). Если луч, проходящий через данную точку перпендикулярно плоскости экрана, пересечёт какой-либо 3D объект, центр вращения будет перемещён в указанную точку.

Для возвращения центра вращения камеры в центр 3D сцены достаточно нажать .

Задать произвольный центр вращения 3D сцены можно и без вызова команды **3RC: Выбрать центр вращения**. Для этого достаточно в режиме ожидания команды подвести курсор к любому телу в 3D сцене, нажать  и, не отпуская кнопки, удержать курсор в неподвижном положении некоторое время. В указанной точке появится маркер в виде крестика. Это сигнализирует о том, что данная точка будет использоваться в качестве временного центра вращения 3D сцены. После завершения вращения (при отпускании кнопки мыши) центр вращения возвращается в исходное положение.

Включение автоматического вращения 3D сцены

Для включения автоматического вращения необходимо вызвать команду **3RA: Автоматическое вращение сцены**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3RA>	Вид > Вращение > Автоматическое вращение	

Для задания параметров вращения необходимо нажать , и, не отпуская её, переместить курсор в направлении вращения. После этого надо отпустить . Тем самым будут определены направление и угловая скорость вращения.

Отмена режима автоматического вращения осуществляется повторным вызовом той же команды.

Задание способа проецирования системной камеры

Для выбора способа проецирования системной камеры используются команды:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3VO>	Вид > Проекция > Параллельная	
<3VE>	Вид > Проекция > Перспективная	

Параметры каждого способа проецирования задаются в диалоге параметров текущего 3D вида. Работа с этим диалогом описана в разделе “Параметры 3D вида” данной главы.

Автомасштабирование

Для включения и выключения режима автомасштабирования 3D сцены используется команда **3VA: Автомасштабирование 3D сцены**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3VA>	Вид > Автомасштабирование	

Режим автомасштабирования будет действовать до повторного вызова данной команды.

Работа с плоскостью обрезки

Для активизации плоскости обрезки следует воспользоваться командой **3CL: Включить плоскость обрезки**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3CL>	Вид > Плоскость обрезки > Активна	

Повторный вызов команды отключает плоскость обрезки.

Для задания положения плоскости обрезки используется команда **3CS: Установить положение плоскости обрезки**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3CS>	Вид > Плоскость обрезки > Установить	

Вызов данной команды устанавливает плоскость параллельно плоскости экрана и активизирует её.

Положение активной плоскости обрезки (расстояние от неё до точки взгляда) можно изменять без вызова дополнительных команд, при помощи и одновременно нажатых клавиш <Ctrl> *и* <Shift>. Перемещая курсор вверх по экрану, передвигаем плоскость "вглубь" сцены, и наоборот.

Для обозначения плоскости обрезки в 3D сцене следует вызвать команду **3CD: Показать в сцене плоскость обрезки**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3CD>	Вид > Плоскость обрезки > Рисовать	

Повторный вызов команд скроет с экрана изображение плоскости обрезки.

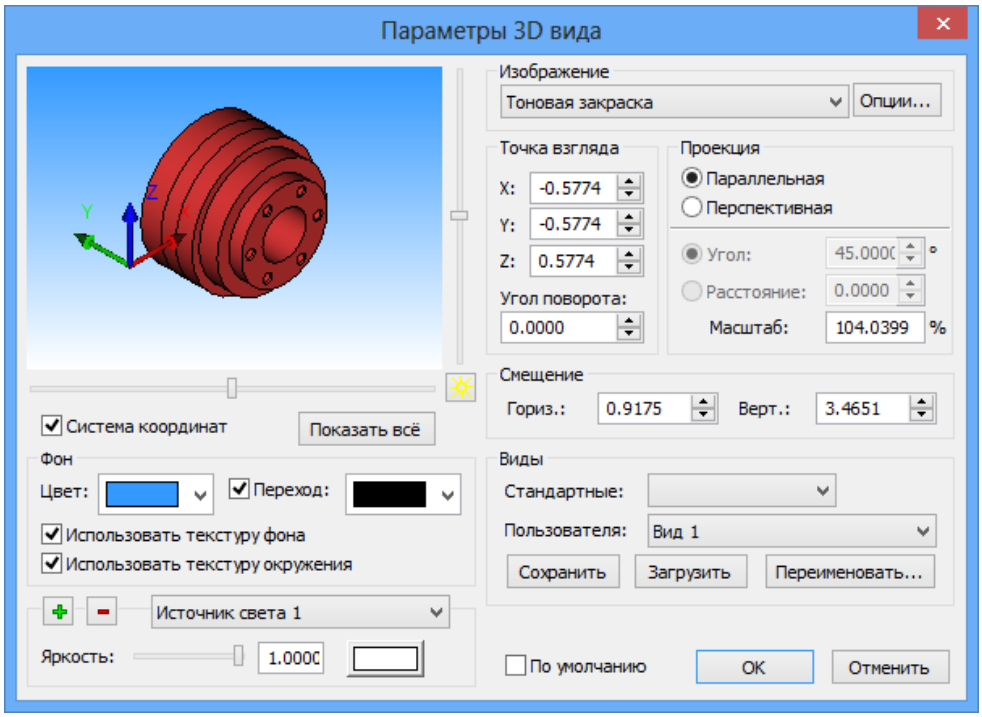
Задание всех параметров 3D вида в одном диалоге

Для быстрой настройки 3D окна, когда необходимо изменить сразу несколько его характеристик (например, метод визуализации, положение, направление взгляда и способ проецирования системной камеры и т.д.) удобно использовать специальный диалог параметров 3D вида. Часть параметров 3D вида (например, цвет фона, параметры источников света на камере) можно задать только в этом диалоге.

Для вызова диалога параметров 3D вида используется команда **3VP: Задать параметры 3D вида**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<PW>	Вид > Свойства...	

После вызова команды появляется окно диалога, содержащее все параметры текущего 3D вида.

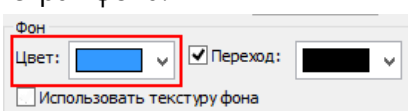


В левой части окна диалога расположено поле просмотра содержимого 3D окна. В нём отображается то же самое, что и в самом 3D окне, но в уменьшенном виде. С изображением в поле просмотра можно работать так же, как и с изображением в окне 3D вида: поворачивать, перемещать, масштабировать. Для быстрого просмотра содержимого 3D сцены можно воспользоваться кнопкой **[Показать всё]** – при её нажатии изображение масштабируется таким образом, чтобы было видно всё содержимое 3D сцены. Все изменения, сделанные в поле просмотра, будут применены и к изображению в окне 3D вида (после закрытия его диалога параметров). Диалог свойств 3D вида можно увеличивать в размере, взявшись курсором мыши за границы окна с зажатой .

Флажок **Система координат** позволяет отказаться от изображения глобальной системы координат в окне 3D вида. Размер изображения глобальной системы координат в 3D окне определяется в команде **SO: Задать установки системы** (закладка “3D”).

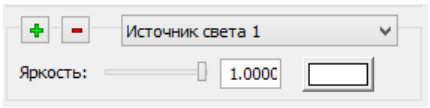
Группа параметров **Фон** задаёт цвет фона окна 3D вида. Для получения плавного перехода цветов необходимо установить флажок **Плавный переход к цвету**, и задать два цвета, выбрав их из выпадающих списков. Чтобы фон окна 3D вида был однородным, флажок должен быть снят. В этом случае указывается только один цвет (**Цвет фона**).

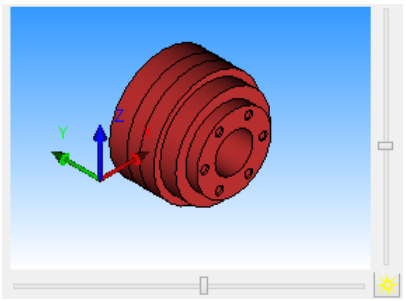
Флажок **Использовать текстуру фона** применяется для включения/выключения режима использования текстуры в качестве фона окна 3D вида. При выключенном флажке окно 3D вида имеет цвет, установленный в параметрах фона.



Флажок **Использовать текстуру окружения** применяется для включения/выключения режима использования текстуры в качестве окружения 3D модели. При выключенном флажке заданная текстура будет подавляться.

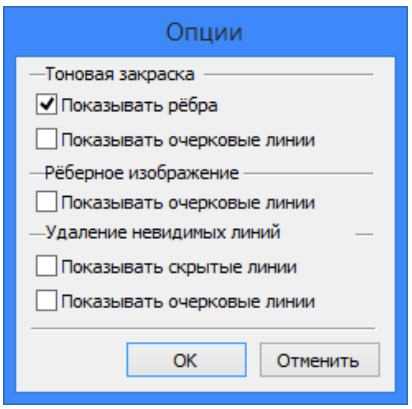
Для работы с источниками света, связанными с активной камерой, в 3D сцене предназначена группа параметров в левом нижнем углу окна диалога. Данная группа включает в себя список существующих в данном 3D окне динамических источников света, кнопки для добавления/удаления источников света, связанных с камерой, а также элементы управления для задания параметров каждого из источников света.





Для редактирования параметров существующего источника света необходимо выбрать данный источник в выпадающем списке. Элементы управления, расположенные под списком, позволяют изменить яркость выбранного источника света (с помощью бегунка или численным значением), а также его цвет. Удалить выбранный источник света можно, нажав кнопку . Нажатие кнопки приводит к созданию ещё одного направленного источника света, связанного с активной камерой.

Положение выбранного источника света относительно камеры задаётся с помощью бегунков, расположенных справа и снизу поля просмотра содержимого 3D окна. По умолчанию динамические источники света расположены прямо на камере (бегунки расположены в центре шкал). Смещая бегунки от центра шкалы, можно сдвигать источники света вправо/влево и вверх/вниз относительно камеры. Кнопка возвращает источник света на камеру.



Метод визуализации 3D сцены в данном 3D окне задаётся с помощью параметров группы **Изображение**. Выпадающий список позволяет выбрать требуемый метод, а кнопка Опции... позволяет задать дополнительные параметры каждого режима. При нажатии на данную кнопку появляется диалог “Опции”, в котором для каждого метода визуализации указывается необходимость отрисовки различных линий 3D модели (рёбер, очерковых и скрытых линий).

Группы параметров **Точка взгляда**, **Проекция** и **Смещение** определяют направление взгляда и способ проецирования системной камеры, а также её удалённость от центра 3D сцены. При параллельном способе проецирования удалённость камеры определяется параметром **Масштаб**. Данный параметр задаёт степень увеличения изображения в 3D сцене. При перспективном проецировании удалённость камеры может задаваться либо **углом** обзора 3D сцены, либо напрямую **расстоянием** между камерой и центром 3D сцены. Все три параметра задаются числовыми значениями. Кроме того, масштаб и угол обзора можно менять с помощью мыши прямо

в окне просмотра данного диалога, аналогично тому, как это делается в самом 3D окне при перемещении/вращении камеры. Параметр **Смещение** устанавливает смещение по горизонтали и вертикали центра 3D сцены относительно камеры.

Группа параметров **Виды**, расположенная в правом нижнем углу диалога, предназначена для быстрой настройки состояния 3D окна. Выпадающий список **Стандартные** позволяет изменить направление взгляда системной камеры в соответствии с одним из стандартных видов машиностроительного черчения (например, вид спереди, вид сзади, вид слева и т.п.). Для этого достаточно только выбрать в списке требуемое положение сцены. Выпадающий список **Пользователя** предназначен для работы с 3D видами, хранящимися в системе.

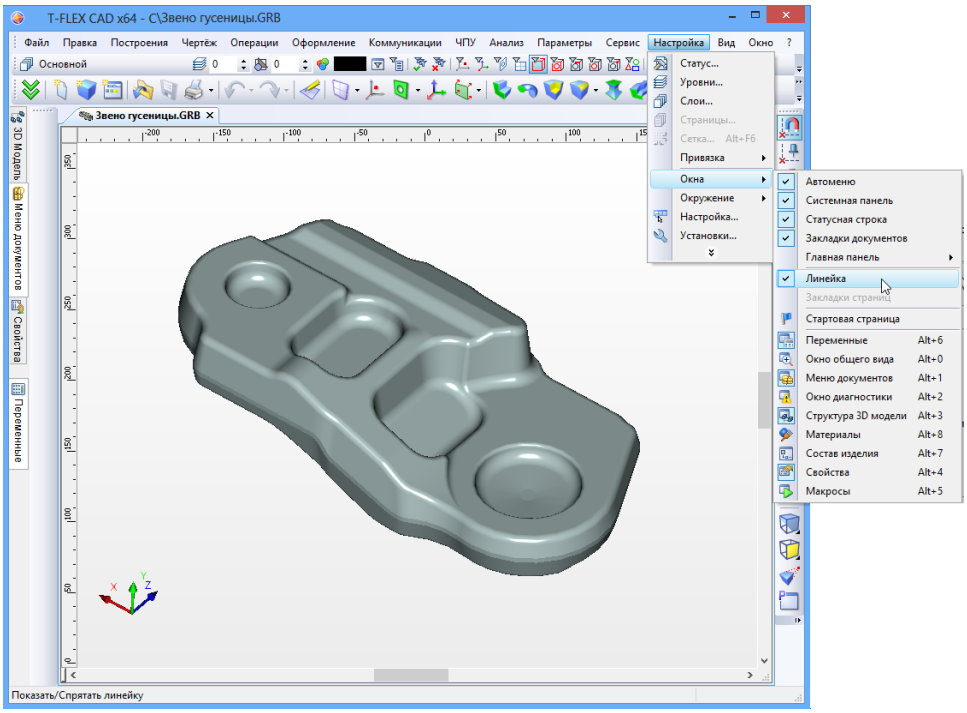
3D вид можно загрузить (т.е. настроить 3D окно в соответствии с хранящейся в 3D виде информацией), пересохранить (записав в 3D вид информацию о текущем состоянии 3D окна) и переименовать (т.е. просто изменить имя, под которым данная совокупность информации хранится в системе). Для загрузки 3D вида необходимо выбрать этот 3D вид в списке и нажать кнопку **[Загрузить]**. Нажатие кнопки **[Сохранить]** записывает в выбранный в списке “Пользователя” 3D вид информацию о текущем состоянии 3D окна. Нажатие кнопки **[Переименовать...]** вызывает окно дополнительного диалога для задания нового имени выбранного 3D вида.

Линейки в 3D окне

При работе в 3D окне доступна команда **Показать > Скрыть линейки**. Данную команда можно вызвать из текстового меню «Настройка > Окна». Также она доступна в контекстном меню, возникающем при нажатии и указании на одну из инструментальных панелей.

Линейки позволяют ориентироваться в 3D пространстве, оценить размер модели и расстояния между элементами модели. Координаты, отображаемые на линейках, представляют собой координаты на воображаемой плоскости, параллельной плоскости экрана.

Также с помощью линеек 3D окна можно в прозрачном режиме создавать новые рабочие плоскости и редактировать положение уже существующих рабочих плоскостей. Подробнее об этом будет рассказано в главе “Рабочие плоскости” данного руководства пользователя.



Работа с пользовательскими камерами

О создании и использовании пользовательских камер подробно будет рассказано в главе “Камеры”. Здесь же мы расскажем лишь об общих принципах работы с ними.

Пользовательские камеры используются в тех случаях, когда возможностей системной камеры оказывается недостаточно. В такой ситуации пользователь может самостоятельно создать те камеры, которые необходимы ему для поставленных целей – например, обзора сложных внутренних областей 3D модели или создания анимационных роликов.

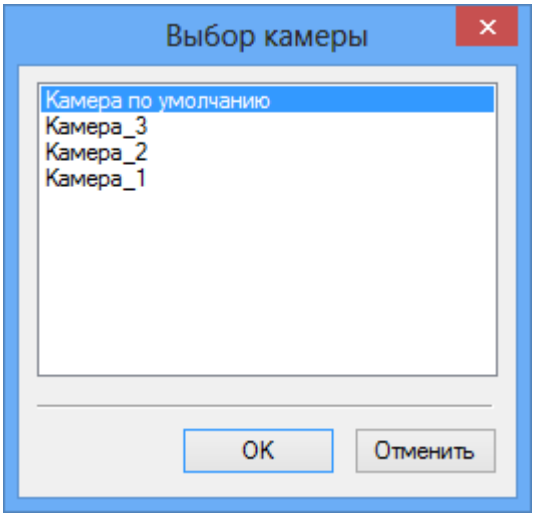
Положение пользовательской камеры задаётся с помощью ЛСК. Эта же ЛСК определяет направление взгляда пользовательской камеры. Для камеры задаётся ряд параметров, определяющих получаемое с неё изображение (например, способ проецирования).

Для того, чтобы в 3D окне выводилось изображение с пользовательской, а не системной камеры, пользовательскую камеру следует выбрать в качестве активной камеры данного 3D окна. Сделать это можно с помощью команды **3VC: Выбрать камеру.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3VC>	Вид > Камера > Выбрать камеру...	

После вызова команд появляется окно диалога “Выбор камеры”, содержащее список всех камер, имеющихся в данной 3D модели. В нём необходимо выбрать камеру, с которой будет производиться обзор 3D сцены.

> При работе с несколькими 3D окнами для каждого окна можно задавать свою активную камеру.



При работе с пользовательской камерой можно использовать режим автомасштабирования изображения 3D сцены, применять плоскость обрезки, изменять уже имеющиеся и создавать новые источники света на камере. О том, как перемещать и вращать активную пользовательскую камеру, подробно рассказано в главе “Камеры”.

Работа с диалогом параметров 3D вида аналогична описанному для случая использования системной камеры, за одним исключением: в диалоге будут недоступны для редактирования параметры, относящиеся к активной камере. Для пользовательских камер эти параметры задаются в диалоге параметров самой камеры.

> У активной пользовательской камеры нельзя изменить параметры. Если это необходимо, следует сначала выбрать в качестве активной другую камеру (системную или пользовательскую).

Общие параметры 3D элементов

Все 3D элементы имеют определённый набор параметров. Некоторые из этих параметров являются общими для всех объектов системы, независимо от размерности, некоторые – только для 3D элементов. Некоторые параметры присущи только конкретным типам объектов. Для того, чтобы не описывать подробно общие параметры в каждой главе, сделаем это отдельно один раз, а в главах, посвященных отдельным элементам, будем останавливаться только на специальных параметрах.

Диалоги параметров всех 3D объектов имеют сходную структуру:

- закладка "Общие", содержащая общесистемные параметры 3D элемента;
- вспомогательная закладка (иногда несколько), содержащая набор специфических параметров данного 3D элемента.
- закладка "Преобразование", содержащая информацию о преобразованиях данного 3D элемента.

Содержимое первых двух закладок зависит от типа 3D элемента. Закладка "Преобразования" является стандартной для всех 3D элементов.

Диалог параметров 3D операций и Тел

Закладка «Общие»

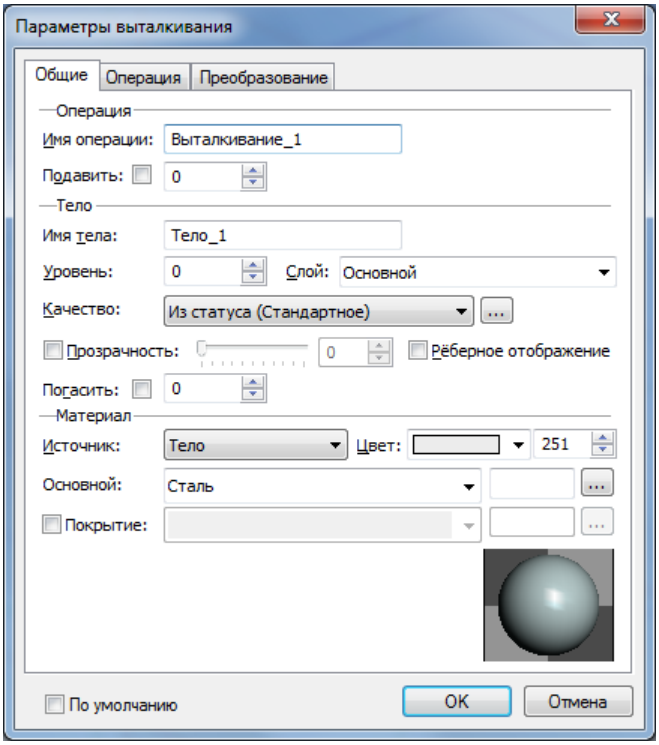
Закладка "Общие" диалога параметров 3D операций содержит общесистемные параметры самой операции и Тела, в формировании которого участвует данная операция. Она имеет единый вид для всех 3D операций и Тел.

> Диалог параметров Тела (вызывается командой контекстного меню дерева модели) полностью дублирует диалог параметров последней операции в истории формирования данного Тела.

К параметрам собственно операции относятся только параметры группы **Операция**:

Имя операции. Все 3D элементы, и 3D операции в том числе, имеют уникальное имя. Имя используется для выбора нужного элемента из списка. Пользователь может самостоятельно задавать имя. В этом случае система следит только за уникальностью вводимого имени. Если пользователь не задаёт имя, то система генерирует собственное, состоящее из названия элемента и идентификационного номера. Нумерация (присвоение идентификационного номера) осуществляется независимо для разных типов 3D операций. Например, для операций выталкивания генерируются следующие имена: Выталкивание_1, Выталкивание_2 и т.д.

> Имена по умолчанию для каждого типа элементов описаны в файле `Opernames.ini`.



Подавить. С помощью данного параметра операция может быть временно исключена из процесса регенерации модели. Подавленная операция не отображается в 3D сцене. Полезно использовать данный параметр на этапе формирования отдельных частей сложных сборок. Уже отработанные элементы можно временно подавить и работать только с теми, которые необходимы для дальнейших построений. В качестве значения данного параметра можно использовать вещественную переменную. Операция будет подавлена, если значение переменной не равно нулю.

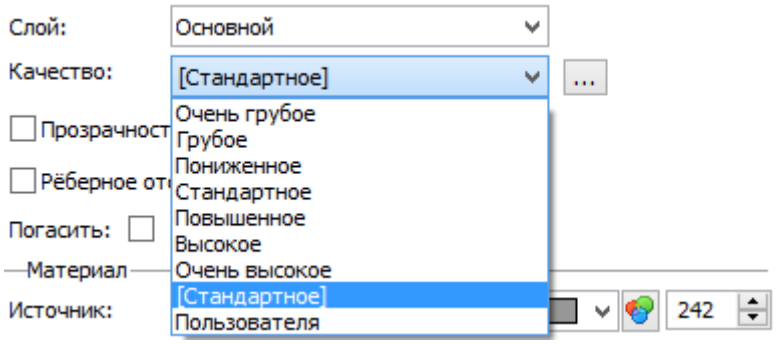
Все остальные параметры на закладке “Общие” являются параметрами Тела – группа **Тело**:

Имя тела. Имя Тела, в генерации которого участвует данная операция. Каждому Телу при его создании автоматически присваивается уникальное имя следующего формата: “Тело_0”, “Тело_1” и т.д. В дальнейшем пользователь может изменить стандартное имя на более значимое, например: “Деталь 1”, “Корпус”, “Стол” и т.п.

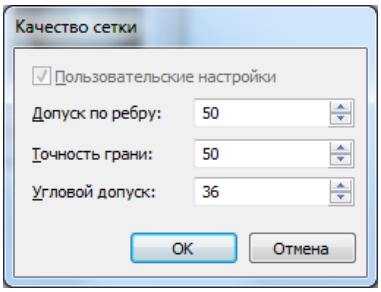
Уровень, **Слой**. Стандартные системные параметры, управляющие уровнем видимости данного Тела и слоем, на котором он размещается. Уровень и слой Тела всегда совпадают с уровнем и слоем первой (базовой) операции данного Тела. Т.е. при изменении уровня и слоя базовой операции автоматически меняется уровень и слой всего Тела, и наоборот.

Качество. Параметр, определяющий качество 3D изображения Тела. Задаёт степень разбиения модели на сетку треугольных плоских граней при выводе изображения в 3D окне. Из выпадающего списка можно выбрать предопределённые наборы параметров, задающие качество сетки:

- ✓ Очень грубое;
- ✓ Грубое;
- ✓ Пониженное;
- ✓ Стандартное;
- ✓ Повышенное;
- ✓ Высокое;
- ✓ Очень высокое;



- ✓ Стандартное – значения параметров разбиения модели берутся из команды **ST: Задать параметры Документа** (параметр "Качество сетки" на закладке "3D");
- ✓ Исходная операция – значения параметров разбиения модели берутся из параметров операции, родительской по отношению к операции, указанной в данном диалоге параметров;
- ✓ Пользователя – значения параметров разбиения модели определяются пользователем. Дополнительная кнопка **[...]** вызывает окно диалога для задания пользовательских значений параметров разбиения модели (в единицах модели). В диалоге параметров сетки можно задать свои значения: допуска по ребру, точности грани и углового допуска.



Более высокое качество отображения модели увеличивает количество плоских граней, замедляя работу на больших моделях или недостаточно производительных видеокартах. Рекомендуется по возможности минимизировать качество изображения модели.

При чтении моделей предыдущих версий система автоматически подбирает новые параметры качества. В некоторых ситуациях назначаемое автоматически качество может оказаться ниже или выше ожидаемого. В этих случаях рекомендуется изменить его вручную, выбрав соответствующее значение качества в параметрах документа (команда **Настройка > Статус**) либо в параметрах Тела. Определить, на сколько треугольников разбивается конкретная модель при конкретном значении параметра качества, можно с помощью опции **Показывать статистику в окне** на вкладке **3D > Параметры графики** в команде **SO: Установки**.

Прозрачность. Параметр, позволяющий установить для данного Тела режим визуализации, аналогичный задаваемому командой **3VM: полупрозрачное изображение**. Уровень прозрачности Тела можно регулировать.

Рёберное изображение. При использовании этой опции Тело будет принудительно отображаться в режиме рёберного изображения.

Погасить. Данный флажок позволяет управлять видимостью Тела в 3D сцене, не исключая его из пересчёта модели. Он работает взаимосвязано с командами группы "Видимость" в контекстном меню Тела. Поле ввода рядом с флажком позволяет управлять видимостью Тела с помощью переменной (флажок будет выключен, если значение переменной равно 0, и включен во всех остальных случаях).

Все параметры группы "Тело" доступны для изменения только в том случае, когда текущая операция однозначно связана с Телом. Если операция формирует несколько разных Тел, параметры данной группы недоступны.

Группа **Материал** содержит параметры визуализации Тела в 3D сцене:

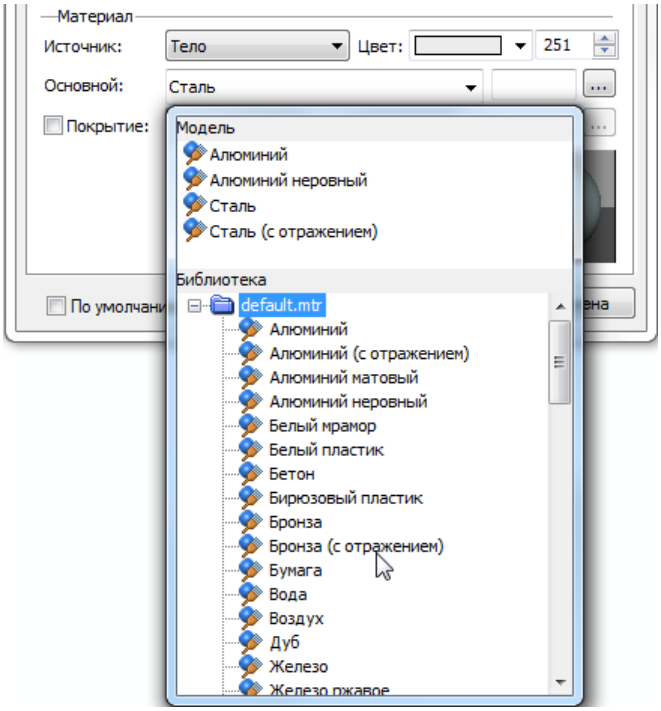
Источник. Параметр, который определяет, откуда берётся основной материал Тела. Возможные варианты/

- **Тело**. Параметры заданы в текущем Теле.
- **Исходная операция**. Параметры наследуются из исходной операции.
- **Текущая операция**. Параметры заданы в текущей операции. Эта опция введена для обеспечения совместимости с предыдущими версиями.

Цвет. Цвет Тела в режимах "Рёберное изображение", "Тоновая закраска", "Изображение с удалением невидимых линий", "Изображение с точным удалением невидимых линий".

Основной материал. Данный параметр задаёт основной материал Тела. Он используется для расчёта масс-инерционных характеристик и инженерного анализа, а также для отображения Тела в 3D сцене в режиме визуализации "Тоновая закраска с материалами" (если не задан дополнительный материал покрытия).

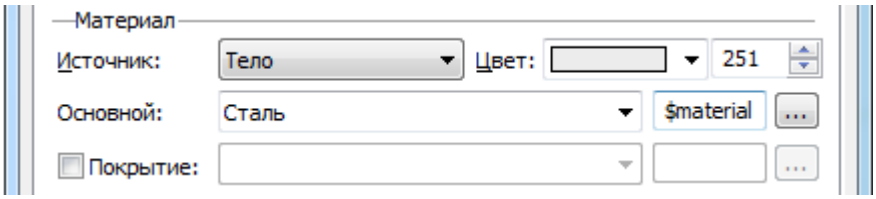
Задать материал можно, выбрав его из выпадающего списка справа. В списке отображаются как материалы данной 3D модели (верхняя часть списка), так и полный список материалов системы (нижняя половина списка).



Материал может быть задан текстовой переменной.

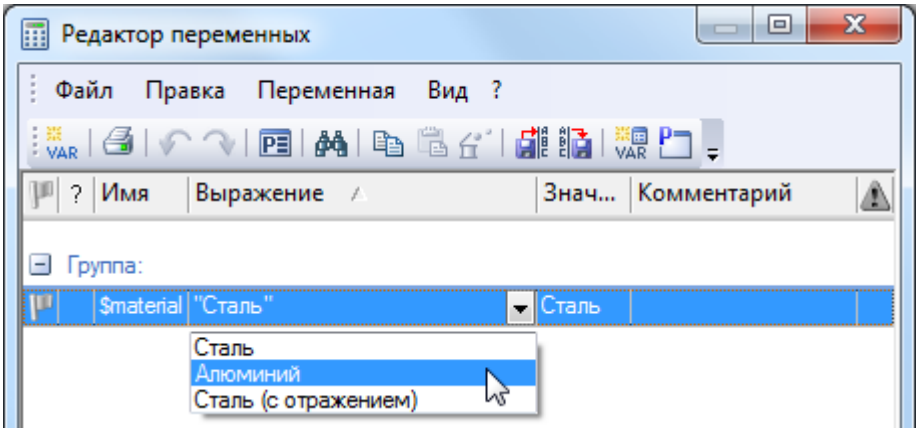
Материал покрытия. Дополнительный материал для задания параметров отображения модели в 3D окне. Он позволяет задать отличный от основного материал для использования в целях визуализации. При этом для инженерных расчётов будет по-прежнему использоваться основной материал. Для задания материала покрытия нужно включить соответствующий флажок. Материал покрытия может быть задан текстовой переменной.

Материал (как основной материал Тела, так и материал покрытия) – это тоже элемент 3D системы. Он содержит перечень характеристик реального материала, с которым мы имеем дело в действительности. Элемент “материал” имеет параметр плотность, отражающая способность, поглощающая способность и т.д. Все это описывается в специальной главе, посвящённой этому вопросу. Для каждой 3D операции в качестве значения параметров “Основной материал”/“Материал покрытия” можно использовать текстовую переменную.



Значением такой переменной должно быть имя существующего материала. При создании переменной непосредственно в окне параметров операции одновременно создаётся список

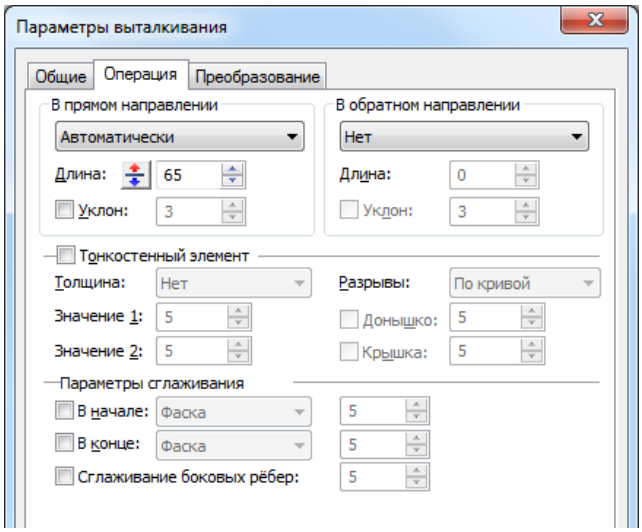
возможных значений данной переменной. Список содержит перечень всех используемых в данной модели материалов.

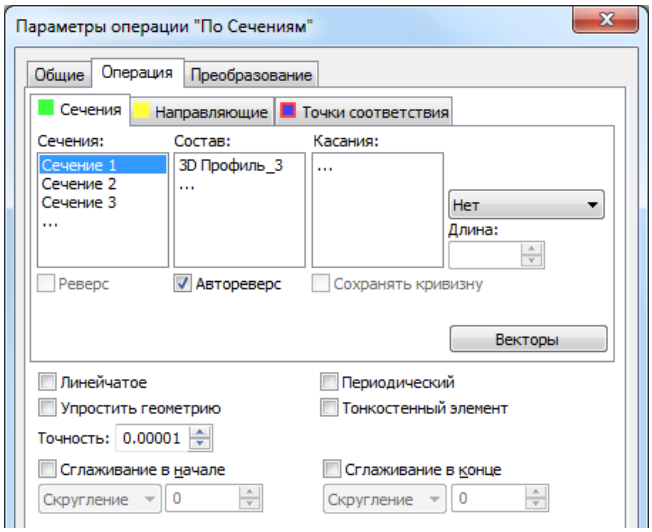


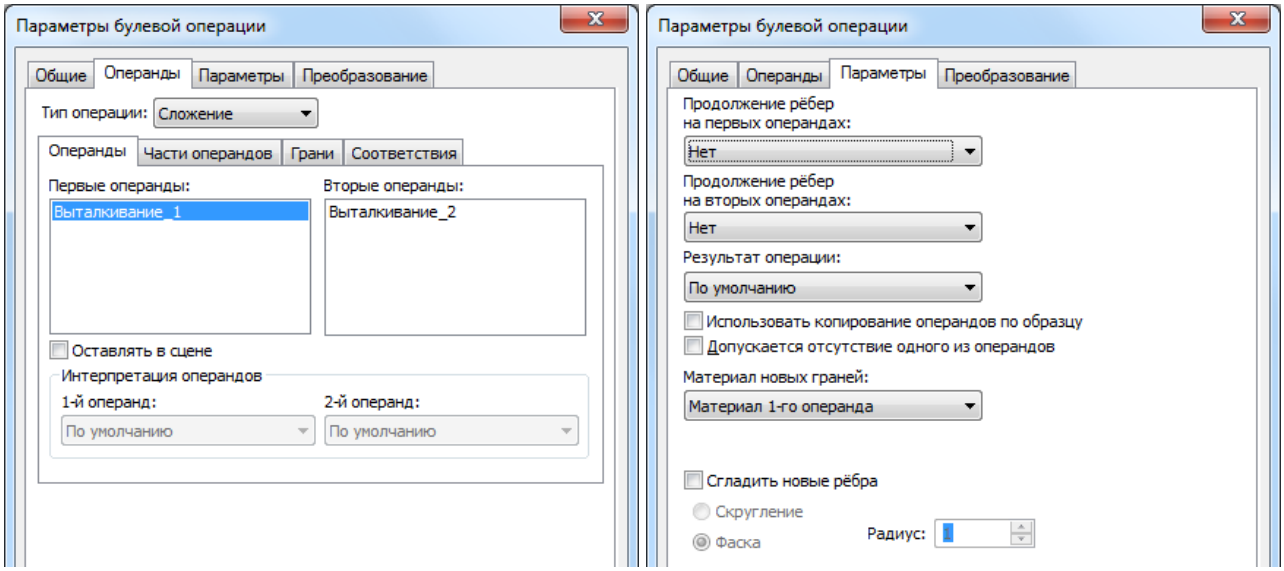
Если модель используется в качестве 3D фрагмента, то с помощью такой переменной можно управлять материалом фрагмента.

Вспомогательная закладка диалога параметров 3D операций (закладка «Операция»)

Содержание вспомогательной закладки – чаще всего она называется “Операция” – индивидуально для каждого типа 3D операций. У сложных операций с большим количеством параметров вместо одной закладки “Операция” может быть несколько вспомогательных закладок.







Подробные описания параметров вспомогательных закладок для каждой 3D операции приведены в соответствующих главах данного руководства.

Закладка «Преобразование»

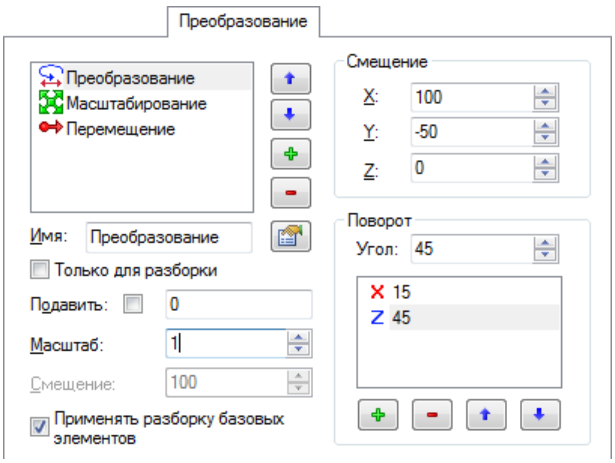
Данная закладка содержит информацию о преобразованиях данной операции.

Для каждого 3D объекта можно задать набор преобразований различного типа, изменяющих его первоначальное положение в пространстве (подробное описание работы с преобразованиями приведено в главе “Создание “преобразований” 3D элементов”).

> По умолчанию у любого 3D элемента всегда присутствует преобразование типа “Перемещение/поворот” с нулевыми значениями параметров. Оно вводится автоматически при создании элемента. Для 3D фрагментов и Деталей автоматически создаётся ещё ряд преобразований.

Дополнительные преобразования могут быть созданы двумя способами: с помощью команды **“3EG: Преобразование элементов”** или прямо на данной закладке диалога параметров объекта. Оба способа равнозначны. Преобразования, созданные с помощью команды **“3EG: Преобразование элементов”**, будут видны и доступны для редактирования в диалоге параметров данного объекта. И наоборот: все изменения, внесённые в набор преобразований 3D объекта на закладке “Преобразование” диалога параметров будут в дальнейшем доступны для редактирования в команде **“3EG: Преобразование элементов”**.

Основное отличие между работой со специализированной командой и закладкой диалога параметров состоит в следующем: при создании нового преобразования через диалог параметров опорные элементы преобразования (ось, вектор, точка, система координат, относительно которых выполняется преобразование) задаются системой по умолчанию. А при работе в команде **“3EG: Преобразование элементов”** можно задавать произвольные опорные элементы.



Список существующих преобразований отображается в левом верхнем углу закладки. В остальных полях содержатся значения параметров текущего (выбранного в списке) преобразования. Кнопки рядом со списком преобразований позволяют создавать новые преобразования, удалять существующие, перемещать преобразования по списку вверх и вниз, задавать дополнительные параметры преобразований. Порядок преобразований в списке определяет последовательность, в которой эти преобразования будут применяться к объекту.

Поле под списком преобразований отображает имя выбранного преобразования. Его можно изменить, введя здесь же новое значение.

Помимо геометрических параметров (смещения, повороты, масштаб) для выбранного преобразования можно установить дополнительные параметры:

Подавить. С помощью данного параметра преобразование может быть временно исключено из расчёта положения объекта. В качестве значения данного параметра можно использовать вещественную переменную. Преобразование будет подавлено, если значение переменной не равно нулю.

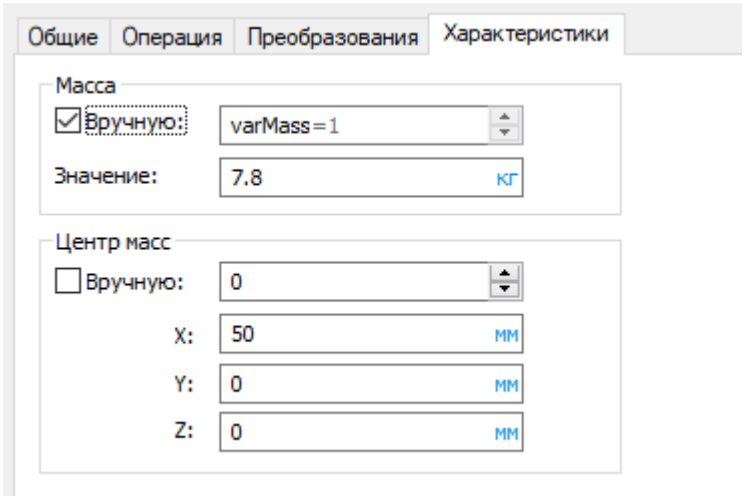
Только для разборки. Установленный флаг означает, что преобразование будет учитываться только в состоянии разборки (команда **3VX: Разобрать 3D модель**).

Общий параметр **Применять разборку базовых элементов** также влияет на поведение данного 3D объекта в режиме разборки. Когда флажок установлен, все преобразования разборки, заданные для родительских элементов 3D объекта, будут применяться и к данному объекту. Например, к гайке, привязанной к болту, сначала будет применены преобразования разборки болта, а затем уже – её собственные. При снятом флажке положение объекта в состоянии разборки определяется только его собственными преобразованиями.

Закладка «Преобразование»

Данная закладка предназначена для возможности ручного управления масс-инерционными характеристиками тел, 3D фрагментов и поверхностей. Для того, чтобы система учитывала заданный

параметр, нужно активировать соответствующий флаг. Для задания значения могут быть использованы как константные значения, так и переменные или выражения.



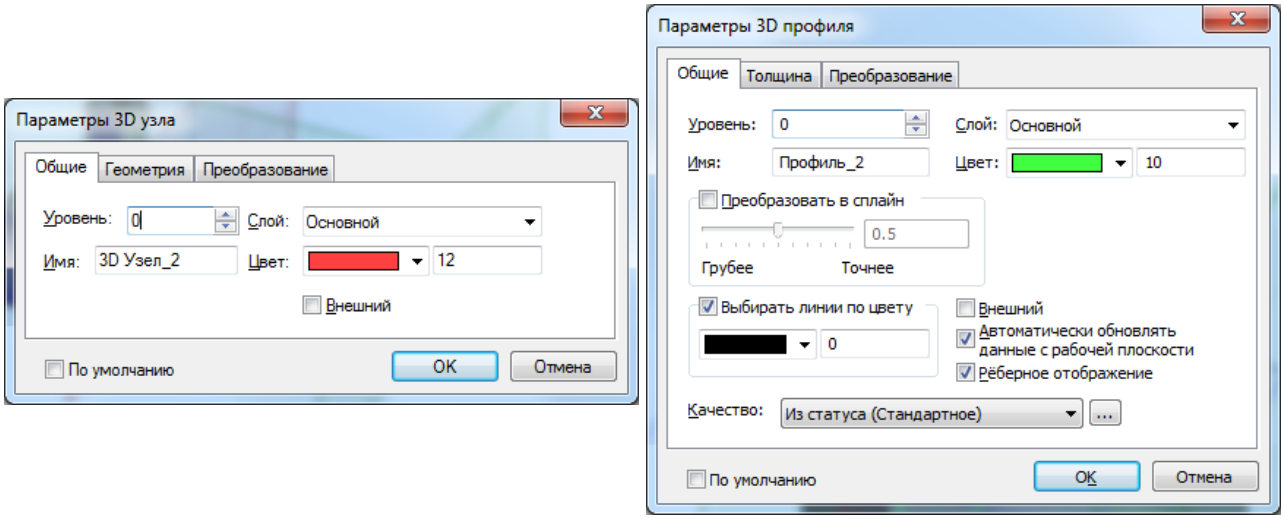
Введённые вручную значения используются:

- ✓ при расчёте общей массы и координат центра масс изделия;
- ✓ в команде **Измерение**, при получении массы с использованием соответствующих функций в редакторе переменных;
- ✓ при формировании спецификации и других отчётных документов.

Данный механизм может использоваться при работе с массогабаритными макетами изделий, а также покупными изделиями, когда точной модели изделия ещё нет, а её массогабаритные параметры заданы в виде требований/данных в техническом паспорте.

Диалог параметров 3D элементов построения

Общесистемные параметры 3D элементов построения также отображаются на закладке “Общие” диалогового окна параметров.



Закладка всегда содержит следующие общесистемные параметры:

Уровень. Значение уровня видимости. Позволяет управлять видимостью того или иного элемента.

Цвет. Цвет элемента.

Слой**.** Имя слоя, которому принадлежит элемент.

Имя. Каждый 3D элемент построения также имеет уникальное имя. Пользователь может самостоятельно задать имя или предоставить системе возможность сделать это автоматически. По умолчанию система генерирует собственное имя, состоящее из названия элемента и идентификационного номера. Нумерация ведётся независимо для каждого типа 3D элементов.

Внешний. Если модель используется в качестве 3D фрагмента, то элементы, у которых этот параметр установлен, являются доступными и в сборочной модели. Их можно использовать для выполнения операций. Положение такого элемента полностью определяется положением связанной с ним модели. Редактировать можно только параметры. Поднятые с 3D фрагмента элементы имеют специальные имена (например, для 3D профилей – Ссылка на профиль_1). Для этих элементов также можно установить параметр – внешний, что позволит использовать его в сборочных моделях следующего уровня.

В зависимости от типа 3D элемента построения закладка “Общие” может содержать и ряд специфических параметров элемента. Данные параметры, а также параметры, размещенные на вспомогательной закладке диалога параметров, будут подробно описанные в соответствующих главах данного руководства пользователя.

Содержимое закладки “Преобразование” диалога параметров 3D элемента построения полностью аналогично написанному выше для одноимённой закладки диалога параметров 3D операций.

3D элементы построения

Рабочие плоскости

Рабочая плоскость – это вспомогательный 3D элемент построения, представляющий собой образ геометрической плоскости. Основное назначение рабочей плоскости – перенос двухмерных объектов чертежа в трёхмерное пространство, создание на их основе плоских 3D элементов построения (3D узлов, 3D профилей, 3D путей и т.п.). Каждая рабочая плоскость связана с определённой страницей 2D чертежа. Можно сказать, что рабочая плоскость является связующим звеном между страницами 2D чертежа и трёхмерным пространством.

Кроме того, рабочие плоскости используются как вспомогательные элементы во многих 3D операциях. Например, с их помощью может задаваться плоскость рассечения тела в операции "Отсечение" или положение секущей плоскости при создании сечения. Нормалью к рабочей плоскости может быть определено направление выталкивания или ось вращения, и т.п.

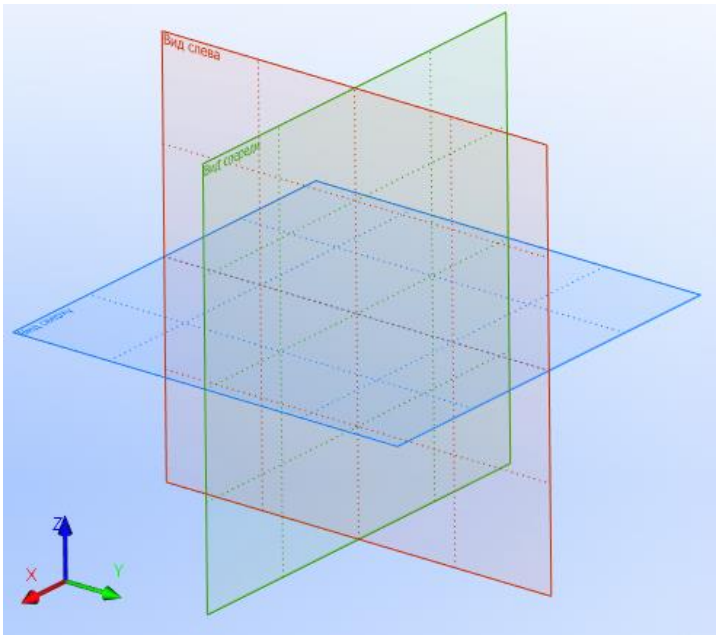
Все рабочие плоскости в T-FLEX CAD делятся на две группы: стандартные и дополнительные. *Стандартными* в T-FLEX CAD называются рабочие плоскости, совпадающие с одной из основных координатных плоскостей мировой системы координат (XY, YZ, ZX) или параллельные им. Такие плоскости обычно используются для создания базовых 3D построений. Однако для создания всей 3D модели стандартных рабочих плоскостей может оказаться недостаточно, и тогда на помощь приходят *дополнительные* рабочие плоскости. Они создаются на базе других 2D и 3D элементов: уже существующих рабочих плоскостей, вершин, рёбер и граней 3D тел, 2D проекций и т.д.

Для создания рабочих плоскостей в T-FLEX CAD существует специальная команда **3W: Построить рабочую плоскость**, позволяющая создавать различные типы рабочих плоскостей. Кроме того, в системе предусмотрены механизмы, позволяющие ускорять создание рабочих плоскостей и черчение на них: создание рабочих плоскостей в "прозрачном режиме", создание плоскостей, параллельных уже существующим рабочим плоскостям с помощью специальных манипуляторов, черчение прямо в 3D сцене в режиме активной рабочей плоскости.

Начало работы с рабочими плоскостями

Знакомство с рабочими плоскостями можно начать с самых простых и часто применяемых способов работы с рабочими плоскостями: создание стандартных плоскостей одновременно с созданием нового документа (по стандартному прототипу), создание плоскостей по плоским граням тела. Они не требуют использования специальной команды, позволяя создавать рабочие плоскости в "прозрачном режиме".

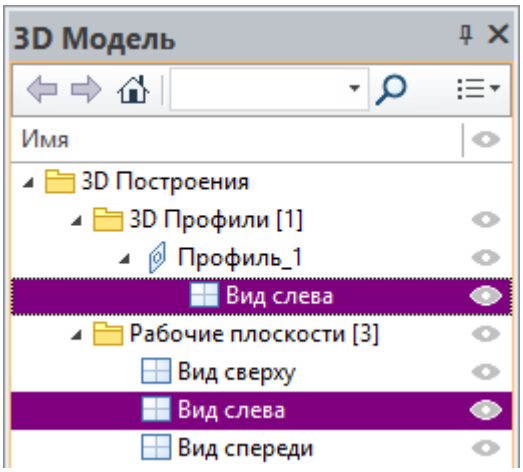
При создании новой 3D модели на основе стандартного прототипа в модели сразу создаются три стандартные рабочие плоскости – "Вид спереди", "Вид слева", "Вид сверху". В 3D сцене присутствует изображение трёх стандартных плоскостей в виде пересекающихся полупрозрачных прямоугольников, определяющих видимые границы плоскости.



Заметим, что хотя для рабочих плоскостей и указаны границы, используются они только для отображения плоскостей в 3D сцене. В действительности же рабочие плоскости бесконечны.

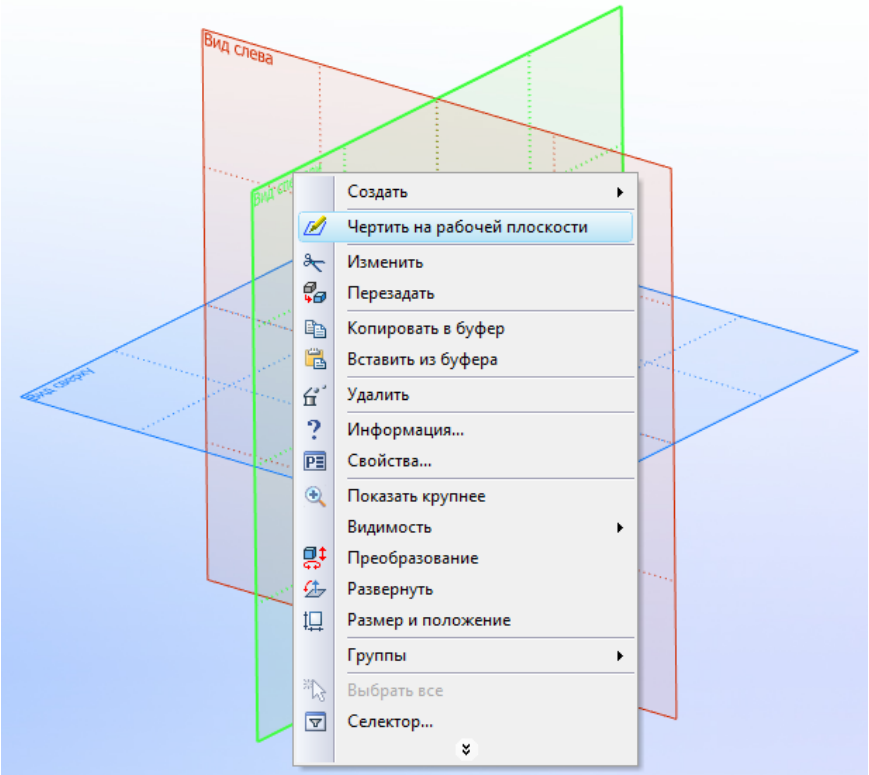
Внешние границы рабочей плоскости в 3D окне рисуются сплошной линией, а внутренние линии – тонкой пунктирной линией. Если подвести курсор к линиям плоскости, она подсветится. Нажав , плоскость можно выбрать для каких-либо действий, а нажав – вызвать для неё контекстное меню.

Выбрать рабочую плоскость можно и в дереве 3D модели, в папке “Рабочие плоскости” или в части дерева, иллюстрирующей историю создания какого-либо 3D элемента, основанного на рабочей плоскости.

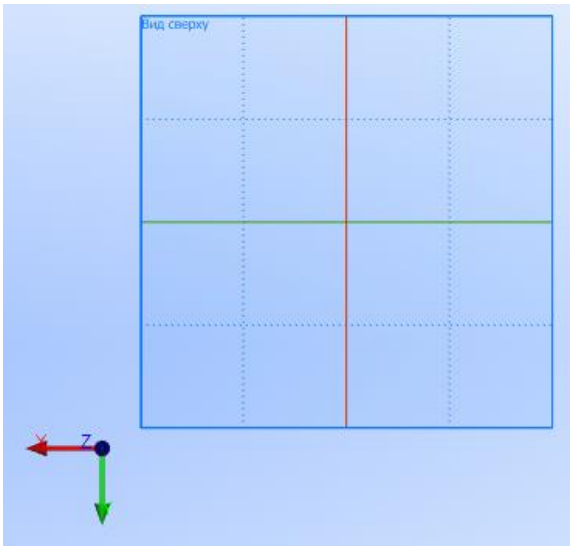


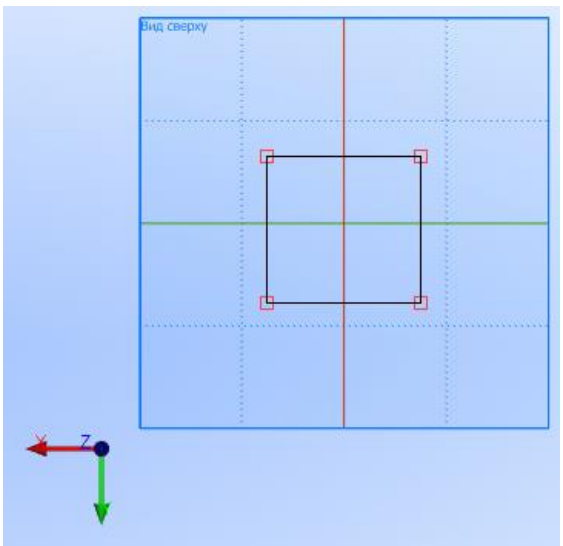
Рассмотрим на небольшом примере основные принципы работы с рабочими плоскостями. Допустим, что необходимо создать на рабочей плоскости “Вид сверху” 3D профиль, который послужит основой создания 3D тела.

Выберите рабочую плоскость “Вид сверху” в 3D окне или дереве модели и нажмите . В появившемся контекстном меню выберите пункт **Чертить на рабочей плоскости**. Выбранная рабочая плоскость будет активизирована.



Режим активной рабочей плоскости предназначен для нанесения 2D элементов на плоскость в трёхмерном пространстве. При входе в режим черчения на активной рабочей плоскости 3D сцена разворачивается таким образом, чтобы выбранная рабочая плоскость оказалось перпендикулярна направлению взгляда. Затем любое перемещение/вращение 3D сцены блокируется. Главная панель T-FLEX CAD (если она не зафиксирована) перейдёт в режим “Рабочая плоскость”. В текстовом меню становятся доступны команды 2D черчения.



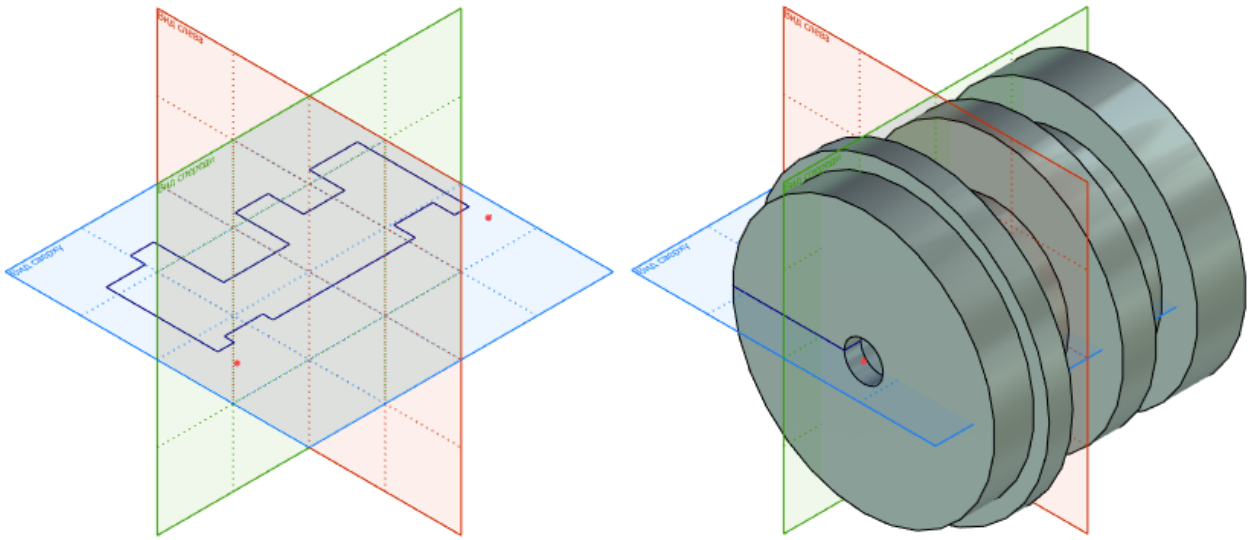


Теперь можно чертить на рабочей плоскости, как на обычной 2D странице чертежа. Прямо в 3D окне начертим на рабочей плоскости контур будущего 3D профиля (с помощью команды **G: Создать изображение** или **SK: Создать эскиз**). После этого достаточно завершить работу с активной рабочей плоскостью, нажав опцию на главной панели (или в контекстном меню при выборе любого элемента):

Завершить	<Shift><End>	Завершить черчение на рабочей плоскости

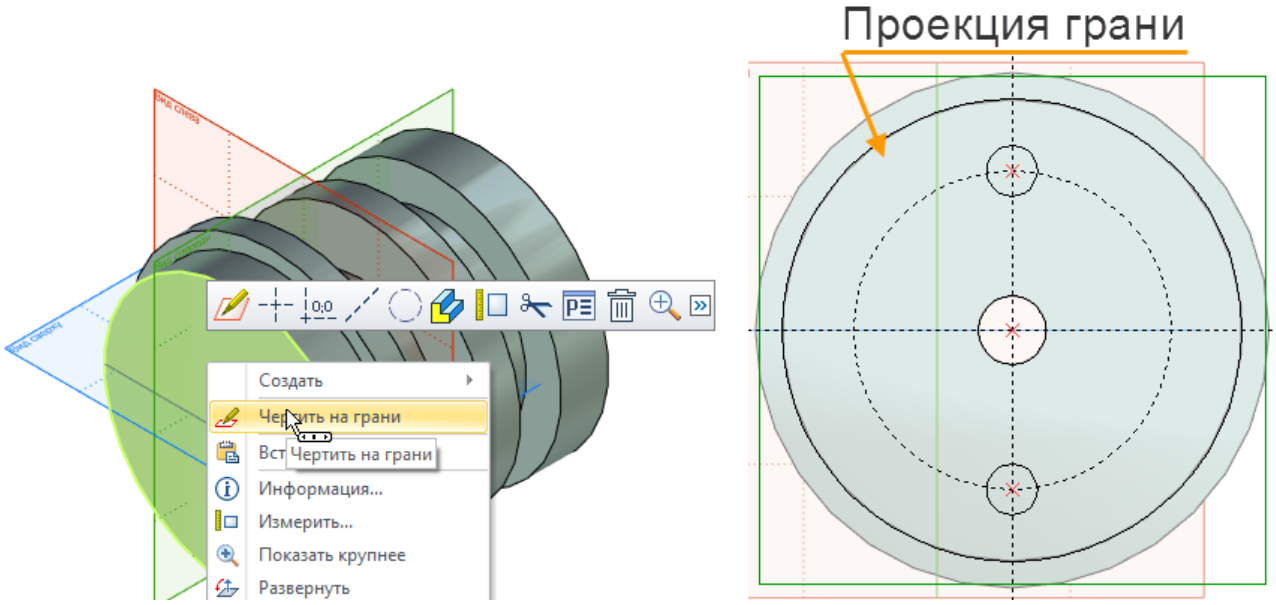
3D сцена развернётся и примет первоначальное положение, 2D команды снова станут недоступны. А на рабочей плоскости "Вид сверху" появится 3D профиль, контур которого будет повторять 2D построения, сделанные нами на рабочей плоскости.

> Для автоматического создания 3D профиля на рабочей плоскости можно было использовать не только линии изображения, но и тексты, и штриховки. Для создания параметрического 3D профиля следует использовать линии и штриховки параметрического чертежа (с привязкой к линиям построения).
>
> Для создания сразу нескольких 3D контуров на одной плоскости можно использовать линий изображения разного цвета или штриховки (подробнее об этом рассказано в главе "3D профили").

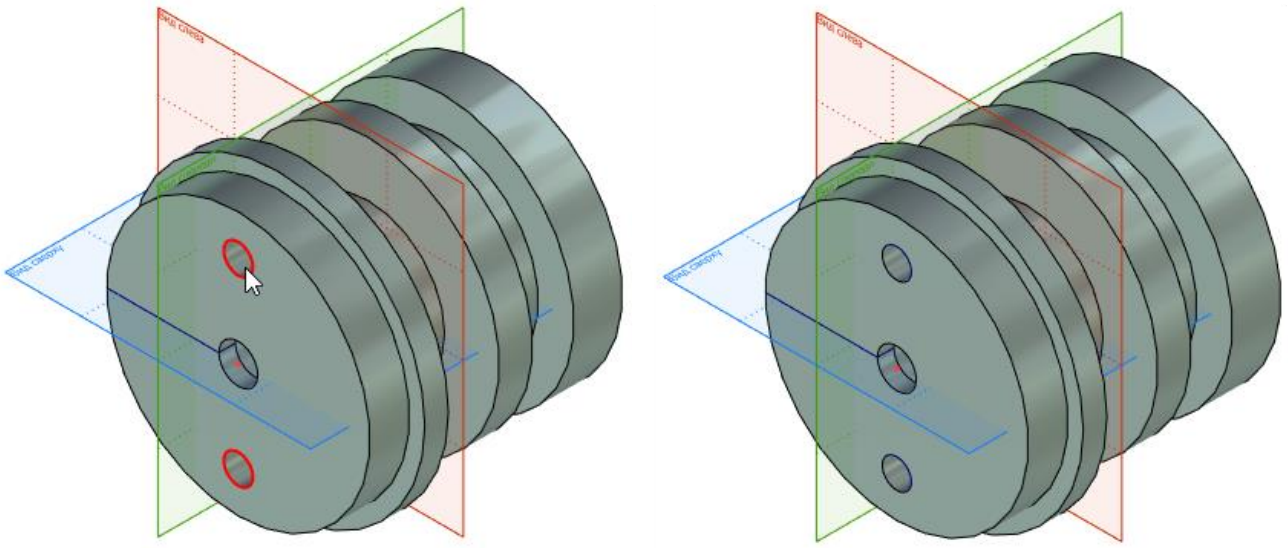


Допустим, далее на основе полученного профиля с помощью операции вращение (см. главу "Вращение") построено 3D тело. И на одной из его наклонных граней необходимо построить отверстие или паз. Для этого надо создать рабочую плоскость, лежащую на грани тела, построить на плоскости 3D профиль – контур будущего отверстия. Затем профиль можно будет вытолкнуть на нужную глубину и сделать булеву операцию вычитания полученного тела отверстия из исходной детали. Как это сделать? Достаточно подвести курсор к нужной грани и вызвать контекстное меню. В контекстном меню для плоской (как в данном случае) грани присутствует команда **"Чертить на грани"**. Если вызвать эту команду, произойдёт следующее: по выбранной грани будет создана

рабочая плоскость, которая сразу же активизируется. Кроме того, на созданной плоскости автоматически создаётся проекция исходной грани (см. главу “2D проекции”). Линии проекции и их характерные точки можно использовать при создании необходимых 2D построений на рабочей плоскости, например, для задания штриховок или для привязки линий построения.

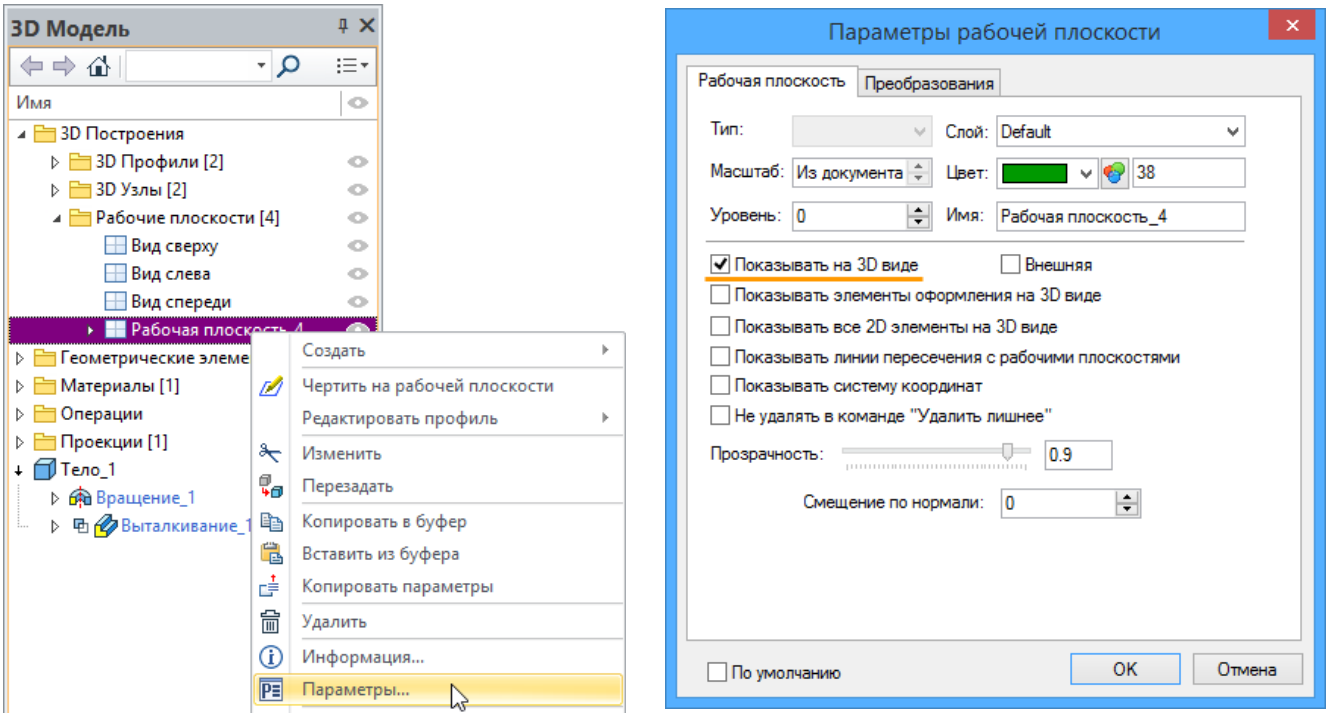


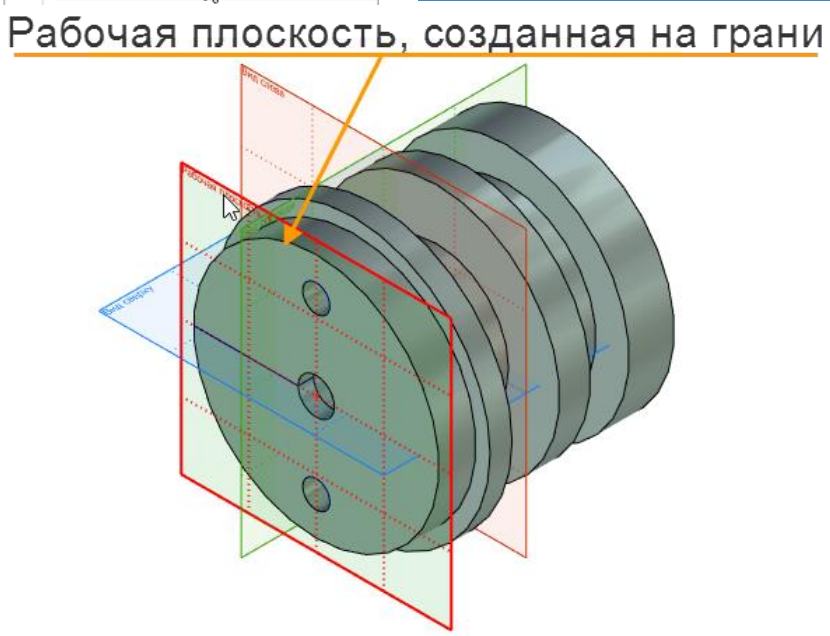
Начертим на новой плоскости контур отверстия и завершим черчение в режиме активной плоскости. В 3D сцене, на выбранной нами грани тела, появится 3D контур, по которому затем можно построить отверстие.



Обратите внимание, что в 3D сцене не отображается рабочая плоскость, созданная на грани. Однако в дереве 3D модели она появляется. Для того, чтобы рабочая плоскость стала видна и в 3D сцене,

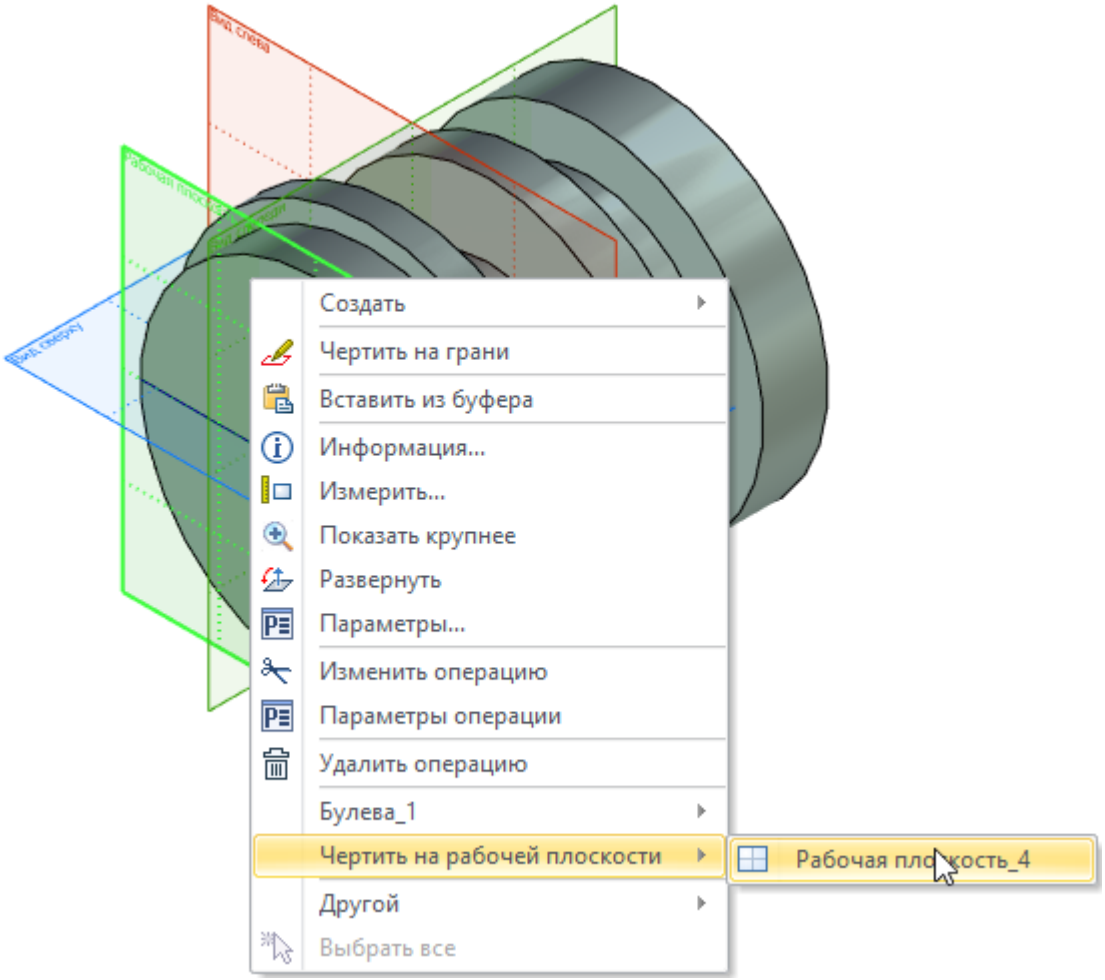
необходимо открыть её диалог параметров (например, вызвав контекстное меню для плоскости в дереве 3D модели) и установить флажок **Показывать на 3D виде**.





Если снова выбрать ту же грань тела и вызвать контекстное меню, то в нём будет две похожих команды: уже знакомая нам **Чертить на грани** и **Чертить на рабочей плоскости**. Назначение первой нам уже известно – она создаст на основе выбранной грани ещё одну рабочую плоскость. Вторая же позволяет активизировать уже существующую рабочую плоскость, созданную на основе

выбранной грани (например, если требуется отредактировать 2D построения на ней). Если таких рабочих плоскостей будет создано несколько, из выпадающего списка можно будет выбрать нужную.



Итак, вы ознакомились с самыми простыми и наиболее часто используемыми способами создания рабочих плоскостей. В тех случаях, когда стандартных плоскостей и плоскостей, созданных по граням тела, недостаточно для решения поставленной задачи, применяются другие способы создания рабочих плоскостей. Они уже требуют использования специальной команды. Однако прежде чем ознакомится с ними, поясним связь рабочих плоскостей с 2D чертежом, а также более подробно рассмотрим работу в режиме активной рабочей плоскости.

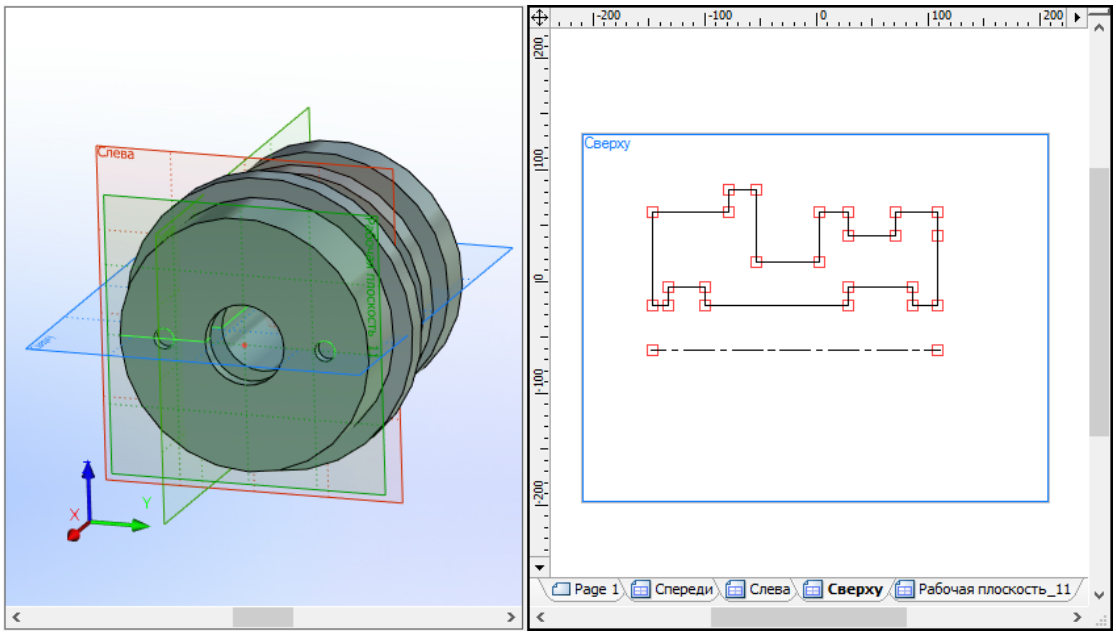
Рабочие плоскости и 2D чертёж

Любая рабочая плоскость в документе связана с одной из страниц 2D чертежа. Сразу при создании рабочей плоскости в документе автоматически создаётся специальная 2D страница типа “Рабочая плоскость”. Рабочая плоскость будет отображаться на этой странице в виде прямоугольника,

задающего видимые границы рабочей плоскости в 3D окне. В левом верхнем углу прямоугольника указывается название плоскости.

Все 2D построения, созданные на такой странице, воспринимаются системой как лежащие на связанной с ней рабочей плоскости. И наоборот – всё, что будет создано прямо на рабочей плоскости в режиме черчения на активной рабочей плоскости, появится и на связанной с ней 2D странице документа. Собственно говоря, условно можно считать, что рабочая плоскость – это 2D страница в 3D пространстве. Данное правило относится к большинству рабочих плоскостей в T-FLEX CAD. Исключение составляют рабочие плоскости, создаваемые на основе уже существующей 2D страницы чертежа и 2D построений на ней. Для таких рабочих плоскостей отдельная страница не создаётся, а устанавливается связь с той 2D страницей чертежа, на основе которой они были созданы. С одной страницей 2D чертежа можно связать несколько рабочих плоскостей такого типа. 2D построения, лежащие на данной странице, могут быть связаны с любой из таких рабочих плоскостей. Обычно при выборе 2D элементов для создания 3D элементов на рабочей плоскости система предлагает ближайшую к ним рабочую плоскость, ориентируясь по прямоугольникам границ плоскостей.

Таким образом, создавать и редактировать 2D изображение на рабочей плоскости можно не только в 3D окне *в режиме активной рабочей плоскости*, но и в 2D окне. Для этого в 2D окне необходимо открыть страницу чертежа, связанную с данной рабочей плоскостью. Этот способ особенно важен при работе с рабочими плоскостями, созданными в 2D окне, т.е. на основе уже существующей страницы чертежа. Рабочие плоскости можно активизировать, только когда они расположены на отдельной странице 2D чертежа. Если со страницей 2D чертежа связано несколько рабочих плоскостей, активизировать их невозможно.



При работе с 2D страницами рабочих плоскостей, созданных в 3D окне, необходимо предварительно убедиться, что включён показ вспомогательных страниц в команде **PG: Страницы** и соответствующие страницы отображаются в 2D окне.

Работа с активной рабочей плоскостью

Режим черчения на активной рабочей плоскости предназначен для нанесения 2D элементов на плоскость в трёхмерном пространстве и последующего их использования при создании 3D модели. Рассмотрим работу в этом режиме более подробно.

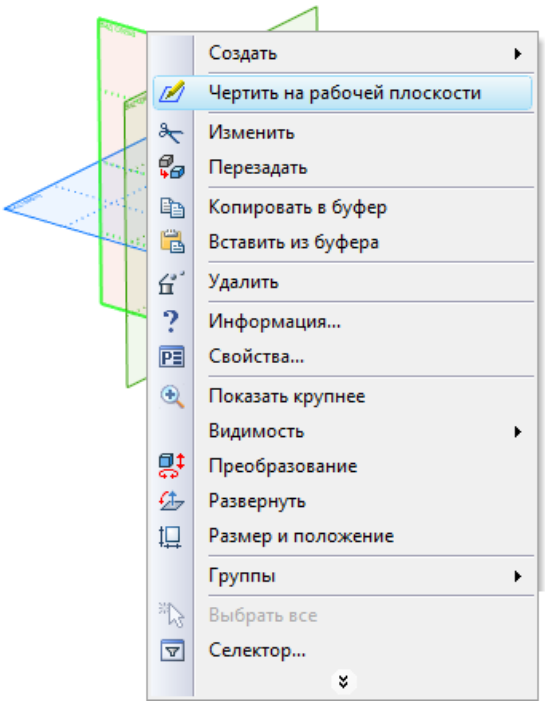
Активизация рабочей плоскости

Активизировать рабочую плоскость можно различными способами. Перечислим все варианты активизации рабочей плоскости:

1. **Черчение на выбранной плоскости**. Укажите курсором на рабочую плоскость и нажмите . Выбранная рабочая плоскость выделится цветом. После этого можно начать создание элементов, используя команды 2D черчения. Вызовите одну из 2D команд. В этот момент выбранная рабочая плоскость активизируется. На главной панели (если она не зафиксирована) отобразится набор кнопок “Рабочая плоскость”.

2. **Активизация из контекстного меню**. Выберите рабочую плоскость в 3D окне или дереве модели и нажмите . В появившемся контекстном меню выберите пункт **“Чертить на рабочей плоскости”**.

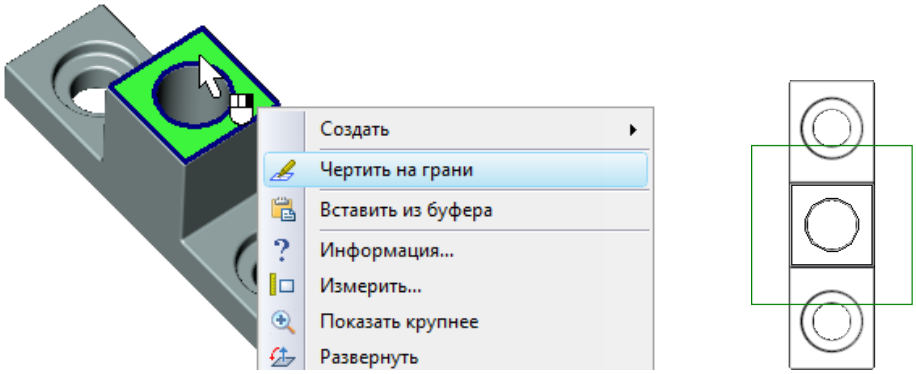
   Если такого пункта в меню нет, значит, эту плоскость активизировать нельзя. Все необходимые построения в этом случае нужно производить на 2D виде (на странице, где расположена эта рабочая плоскость), а затем с помощью 3D команд переносить в 3D сцену.



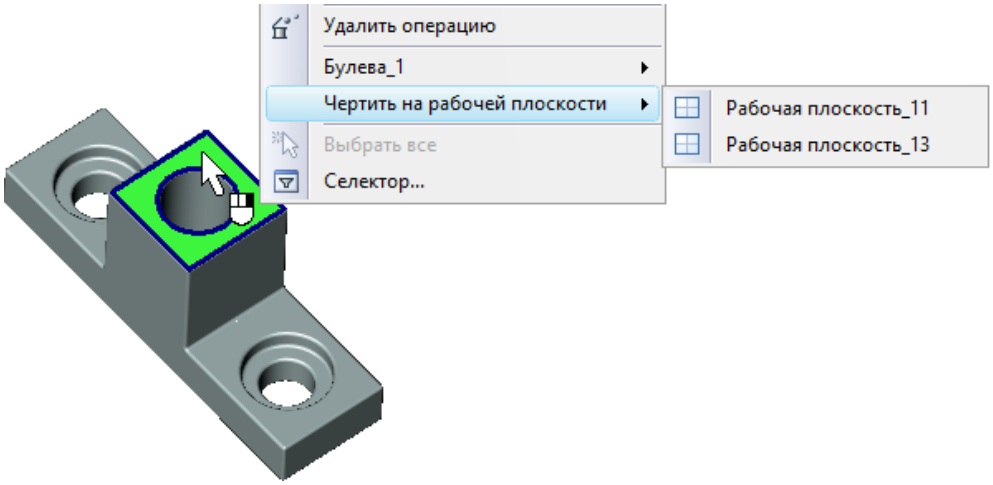
3. **Активизация из списка**. Когда система находится в режиме ожидания команды, укажите курсором в свободное место 3D сцены и нажмите . В появившемся меню выберите пункт **Чертить на рабочей плоскости...**. На экране появится список рабочих плоскостей, которые можно активизировать в данном документе. Выберите из списка необходимую рабочую плоскость и нажмите **[OK]**.

4. **Активизация при создании**. При создании рабочей плоскости на основе грани твердого тела активизация создаваемой рабочей плоскости может происходить автоматически. Для этого необходимо указать курсором на ту грань, на основе которой требуется построить

рабочую плоскость, и нажать . В появившемся контекстном меню надо выбрать пункт **Чертить на грани**. На основе выбранной грани создаются рабочая плоскость и страница, куда будут наноситься все элементы, принадлежащие ей. Созданная рабочая плоскость будет активизирована.



5. **Активизация из контекстного меню с выбором плоскости**. Активизация существующей рабочей плоскости, созданной на основе грани тела. Укажите курсором на грань тела и нажмите . Если на основе выбранной грани построены рабочие плоскости, то в появившемся контекстном меню будет присутствовать пункт **Чертить на рабочей плоскости**. При выборе этой команды на экране появляется список рабочих плоскостей, созданных на основе текущей грани. Выбранная в нём рабочая плоскость будет активизирована.



Управление активной рабочей плоскостью

После активизации рабочей плоскости на главной панели (если она не зафиксирована) отобразится набор кнопок “Рабочая плоскость”. С помощью кнопок данного набора можно совершать следующие действия:

		Повернуть активную рабочую плоскость перпендикулярно направлению взгляда

Если в процессе работы с активной рабочей плоскостью возникает необходимость развернуть 3D сцену целиком, нужно воспользоваться опцией:

		Вращение 3D сцены/Выбор 3D элементов

Также можно вращать 3D сцену с помощью мыши, удерживая клавишу <Alt> . При установленном режиме вращения разрешается выбор 3D элементов (например, для проецирования на рабочую плоскость). Продолжить черчение на активной рабочей плоскости можно, отключив данный режим.

Если удобнее работать в 2D окне, то можно открыть 2D страницу чертежа, соответствующую активной рабочей плоскости. Делается это с помощью опции:

		Открыть 2D окно с текущей рабочей плоскостью

Страница выводится на весь экран и содержит проекцию выбранной грани. Все построения, выполненные на этой странице, автоматически переносятся на активизированную рабочую плоскость. Вернуться в 3D окно можно, отключив данную опцию.

Если на активную рабочую плоскость необходимо спроецировать некоторые элементы модели, то можно воспользоваться опцией:

		Спроецировать элементы на рабочую плоскость

Данная опция доступна только при работе в 3D окне. После выбора этой опции в автоменю появляются пиктограммы, позволяющие выбрать 3D элементы модели (операции, грани, рёбра), которые требуется спроецировать на активную рабочую плоскость. По окончании выбора необходимо подтвердить создание проекций пиктограммой .

Для проецирования на активную рабочую плоскость 3D узла или вершины тела используется отдельная опция:

		Спроецировать на рабочую плоскость 3D узел или вершину

После вызова данной опции достаточно указать узлы или вершины, которые требуется спроецировать на данную плоскость.

Если проецируемые элементы находятся вне визуальной границы активизированной рабочей плоскости, то отображение их проекций на активной рабочей плоскости в 3D окне будет не видно. В этом случае удобно пользоваться 2D окном с активной рабочей плоскостью или изменить размеры рабочей плоскости.

Для того, чтобы совместить плоскость обрезки (см. главу “Работа с окном 3D вида”) с активной рабочей плоскостью, необходимо установить опцию:

		Совместить плоскость обрезки с текущей рабочей плоскостью

Дополнительное управление плоскостью обрезки будет работать в том случае, если установлена опция .

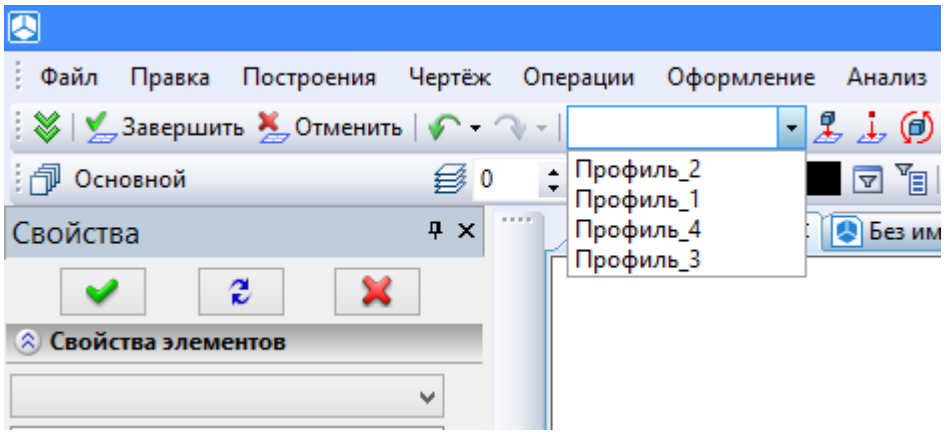
Для завершения черчения на активной рабочей плоскости необходимо нажать пиктограмму:

Завершить	<Shift><End>	Завершить черчение на рабочей плоскости

Можно также, находясь в 3D окне, установить курсор в свободное поле 3D сцены и нажать . Появившееся контекстное меню будет содержать пункт **"Завершить черчение на активной рабочей плоскости"**.

Работая в режиме активной рабочей плоскости, можно использовать любые команды построения и создания 2D элементов. Если рабочая плоскость была создана на основе грани тела, на соответствующей ей странице автоматически будет создана проекция грани на данную рабочую плоскость. В командах 2D черчения можно привязывать элементы построения и изображения к линиям проекции и к точкам их сочленения.

В наборах "Рабочая плоскость" и "Рабочая плоскость (эскиз)" главной панели T-FLEX CAD доступен элемент управления со списком 3D профилей, построенных по линиям изображения данной плоскости. Если выбрать в этом списке один из профилей, на экране автоматически крупно показываются формирующие его линии изображения, и для вновь создаваемых линий устанавливается цвет выбранного профиля.

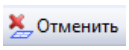


При завершении работы на активной рабочей плоскости система автоматически создаёт 3D профиль, используя следующие элементы: контур штриховки; линии изображения, текст на основе шрифта TrueType. Если на 2D странице рабочей плоскости были созданы несколько штриховок или текстов, автоматически создаётся несколько 3D профилей (по числу найденных штриховок и/или текстов). Если на рабочей плоскости будут обнаружены линии изображения разного цвета, система при выходе из режима черчения на плоскости предложит пользователю создать несколько 3D профилей – по числу использованных цветов. В каждый из созданных профилей войдут линии одного определённого цвета.

При завершении работы на активной рабочей плоскости система автоматически создаёт 3D профиль, используя следующие элементы: контур штриховки; линии изображения, текст на основе шрифта TrueType. Если на 2D странице рабочей плоскости были созданы несколько штриховок или

текстов, автоматически создаётся несколько 3D профилей (по числу найденных штриховок и/или текстов).

Для завершения работы на активной рабочей плоскости без создания 3D профиля следует воспользоваться опцией:

	<Alt><End>	Отменить черчение на рабочей плоскости

Работая в режиме активной рабочей плоскости, можно вызвать команды создания 3D операций. При этом система завершит черчение на рабочей плоскости и, если в операции необходим выбор 3D профиля, подсветит созданный на ней профиль автоматически.

Настройки отображения рабочих плоскостей в 3D сцене

Внешний вид рабочих плоскостей в 3D сцене управляется набором параметров в настройках системы, отдельного документа и самой рабочей плоскости.

Прежде всего, можно управлять прозрачностью рабочих плоскостей (от полной прозрачности до полной непрозрачности). Параметр, регулирующий степень прозрачности отдельной рабочей плоскости, доступен в диалоге параметров данной плоскости (см. раздел “Параметры рабочих плоскостей”).

В углу прямоугольника, изображающего рабочую плоскость, обычно указано имя данной плоскости или её тип. Показать или скрыть их можно с помощью параметра “Рабочие плоскости/Тип отрисовки” в диалоге команды **ST: Задать параметры документа** закладка **3D**. Шрифт, который используется для отображения имени рабочей плоскости, задаётся в команде **SO: Задать установки системы**, на закладке “3D”.

Размер шрифта рабочей плоскости можно задать с помощью параметра **Шрифт рабочей плоскости** на закладке **3D** в диалоге команды **ST: Задать параметры документа**. Чем больше значение данного параметра, тем крупнее будет шрифт надписи.

Внутри прямоугольника рабочей плоскости может отображаться система координат данной плоскости. Управляет видимостью системы координат параметр **Показывать системы координат** в диалоге параметров данной плоскости (см. раздел “Параметры рабочих плоскостей”). По умолчанию система координат рабочей плоскости не отображается.

В команде **SO: Задать установки системы**, на закладке **3D,** также можно указать желаемое количество внутренних линий на изображении рабочей плоскости (параметр **Рабочие плоскости > Количество линий)**. Здесь же можно задать способ выбора рабочих плоскостей – только по линиям внешнего прямоугольника или по всем линиям изображения плоскости (параметр **Рабочие плоскости > Выбор по всем линиям)**.

Создание рабочих плоскостей

В начале данной главы мы показали наиболее удобные способы получения рабочих плоскостей – создание стандартных плоскостей одновременно с созданием нового документа (по стандартному

прототипу) и последующее создание плоскостей по плоским граням тела. Более широкие возможности по созданию рабочих плоскостей предоставляет специализированная команда **3W: Построить рабочую плоскость**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → Плоскость
Клавиатура	Текстовое меню
<3W>	Построения > Рабочая плоскость

Команда позволяет построить рабочие плоскости следующих типов:

1. Стандартная рабочая плоскость.
2. Параллельная геометрической плоскости, задаваемой различными 3D элементами (гранью, другой рабочей плоскостью, плоским ребром, ЛСК и т.п.).
3. Проходящая через 3D точку (3D узел, вершину тела, пути или 3D профиля, середина ребра и т.п.).
4. Проходящая через 3D линию.
5. Перпендикулярная 3D кривой.
6. Касательная к поверхности.
7. На основе локальной системы координат.
8. Копия существующей рабочей плоскости (с применением преобразования).
9. На основе 2D проекции.
10. Пропорционально между двумя плоскостями или гранями;
11. Рабочая плоскость на основе вспомогательного 2D вида.

Создание рабочей плоскости параллельно геометрической плоскости

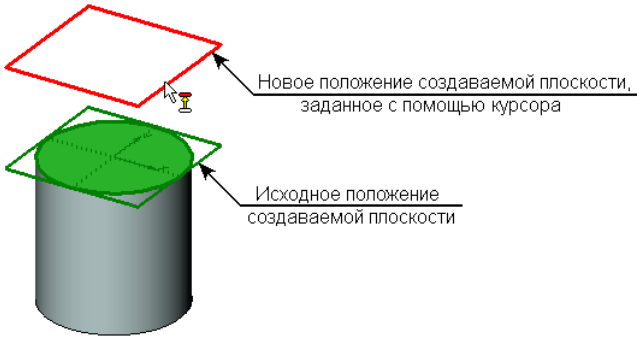
Для создания рабочей плоскости параллельно произвольной геометрической плоскости используется следующая опция основного автоменю команды:

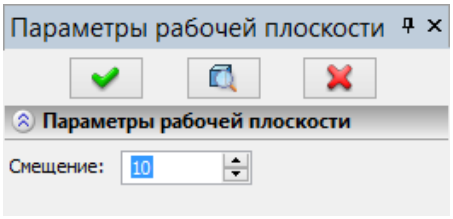
	<1>	Выбрать плоскость, задающую положение РП

Набор фильтров данной опции позволяет выбрать в 3D сцене 3D элемент, определяющий требуемую геометрическую плоскость. Это может быть другая рабочая плоскость, плоская грань (используется её подложенная плоскость), плоское эллиптическое ребро, ЛСК (используется одна из её основных плоскостей) и т.п.

После выбора 3D элемента в 3D сцене появляется новая рабочая плоскость. Начальное положение созданной плоскости совпадает с положением геометрической плоскости, определяемой родительским 3D элементом. Исключение составляет случай создания рабочей плоскости относительно другой рабочей плоскости – тогда по умолчанию задаётся небольшой начальный

отступ. Окончательное положение создаваемой плоскости можно задать, указав численное значение смещения от исходного 3D элемента в окне свойств команды. Величину смещения можно задать и прямо в 3D сцене с помощью курсора. Для этого необходимо подвести курсор к изображению создаваемой плоскости (курсор изменит вид на), нажать и, не отпуская левой клавиши мыши, переместить плоскость в нужное положение.





Можно также указать дополнительный 3D элемент, который будет определять положение рабочей плоскости. Для задания положения создаваемой плоскости с помощью дополнительных 3D элементов используются следующие опции:

	<3>	Выбрать 3D точку, задающую положение РП
	<5>	Выбрать грань, которой касается РП
	<7>	Выбрать ребро, которого касается РП

Рабочая плоскость будет ориентирована параллельно исходному 3D элементу (точнее, определяемой им геометрической плоскости) и проходить либо через заданную 3D точку, либо касательно к грани (точнее, её подложенной поверхности) или ребру. Если для заданной грани или ребра найдены два варианта касания, то будет взята та точка, которая расположена ближе всего к курсору в момент выбора элемента. Своё новое положение рабочая плоскость примет сразу после выбора одного из элементов.

В ситуации, когда исходный 3D элемент – грань или ребро, в автоменю будет доступна дополнительная опция:

	<8>	Спроецировать выбранную грань на создаваемую РП

Она позволяет спроецировать изображение выбранной грани на страницу создаваемой рабочей плоскости (данная опция включена по умолчанию).

После подтверждения опцией , создаваемая рабочая плоскость займет своё новое положение с учетом заданного смещения.

Создать рабочую плоскость на 3D элементе можно и другим способом. Когда система находится в режиме ожидания команды, необходимо подвести курсор к 3D элементу (плоской

грани, ребру) и нажать . В появившемся контекстном меню необходимо выбрать команду **Создать > Построить рабочую плоскость**. В результате будет запущена команда создания рабочей плоскости с автоматическим выбором данного 3D элемента.

При выборе грани можно поступить по-другому. В том же контекстном меню можно выбрать команду "Чертить на грани". В результате будет создана рабочая плоскость на основе указанной грани и система перейдёт в режим работы на активной рабочей плоскости.

Создание рабочей плоскости, проходящей через 3D точку

Для создания рабочих плоскостей на основе 3D точки нужно выбрать следующую опцию основного автоменю команды:

	<3>	Выбрать 3D точку, задающую положение РП

С помощью данной опции можно выбрать в 3D сцене 3D элемент, определяющий необходимую точку. Это может быть 3D узел, вершина тела, центр эллиптического или середина прямого ребра, начало ЛСК и т.п. В выбранной точке будет расположено начало координат создаваемой рабочей плоскости.

В автоменю после выбора опции  появляются следующие дополнительные опции:

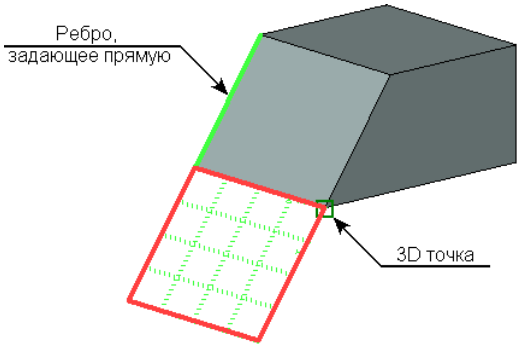
	<3>	Выбрать 3D точку, задающую положение РП
	<4>	Выбрать прямую, через которую проходит рабочая плоскость
	<5>	Выбрать вторую 3D точку, задающую положение РП
	<7>	Выбрать третью 3D точку, задающую положение РП
	<8>	Выбрать плоскость, под углом к которой проходит РП
	<9>	Выбрать направление
	<T>	Выбрать поверхность, которой касается рабочая плоскость

С помощью данных опций на основе выбранной 3D точки можно построить следующие виды рабочих плоскостей:

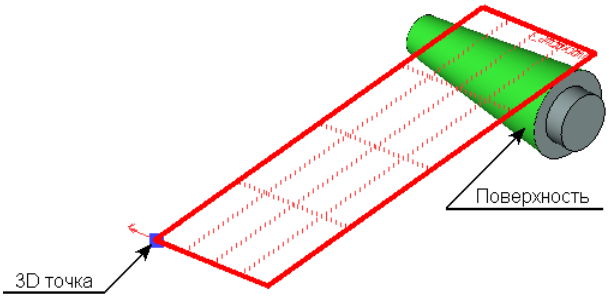
- Рабочая плоскость, проходящая через 3D точку и прямую;
- Рабочая плоскость, проходящая через 3D точку касательно к поверхности (конической или цилиндрической);
- Рабочая плоскость, проходящая через две 3D точки;

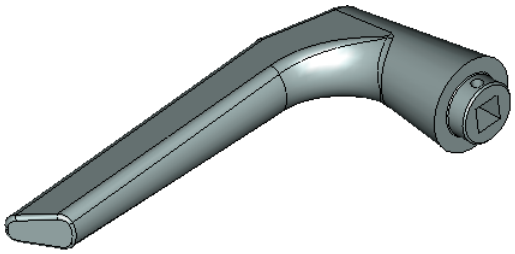
- Рабочая плоскость, проходящая через две 3D точки и заданное направление (или через две точки со смещением на угол относительно заданного направления);
- Рабочая плоскость, проходящая через две 3D точки под углом к плоскости;
- Рабочая плоскость, проходящая через две 3D точки, касательная к поверхности (конической, цилиндрической или сферической);
- Рабочая плоскость, проходящая через три 3D точки.

Для построения *рабочей плоскости, проходящей через 3D точку и прямую*, после выбора базовой 3D точки нужно задать прямую, через которую должна проходить плоскость. Прямая выбирается с помощью опции . Выбранная прямая не должна проходить через точку начала координат. При этом ось X системы координат создаваемой рабочей плоскости будет направлена вдоль выбранной прямой, а ось Y будет проходить через точку начала координат перпендикулярно прямой.



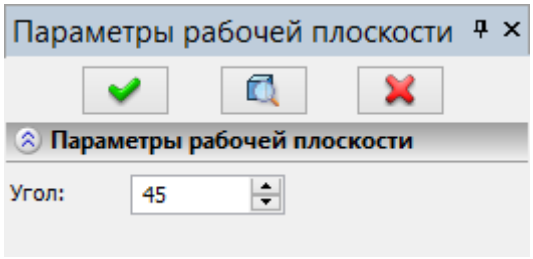
Для построения *рабочей плоскости, проходящей через 3D точку касательно к конической или цилиндрической поверхности*, после задания 3D точки необходимо выбрать нужную поверхность с помощью опции . Из двух возможных вариантов касания будет выбрана то, что ближе к положению курсора при выборе поверхности.

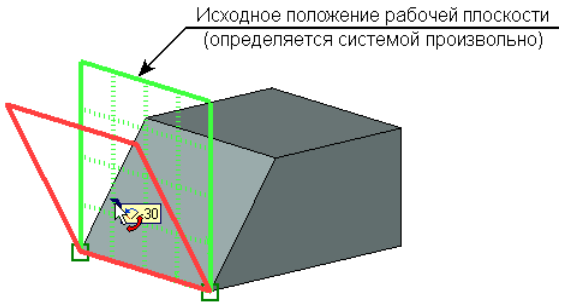




Для построения *рабочей плоскости, проходящей через две 3D точки*, необходимо после выбора первой 3D точки выбрать дополнительную 3D точку с помощью опции . Рабочая плоскость строится как проходящая через ось, заданную выбранными 3D точками. Положение рабочей плоскости в пространстве выбирается системой произвольно. При необходимости положение

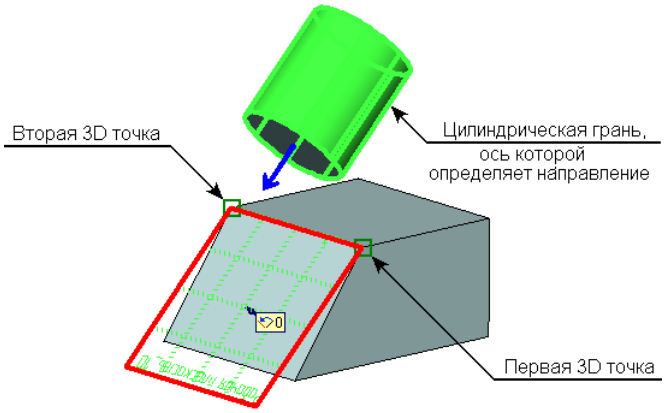
рабочей плоскости можно изменить, повернув её на заданный угол относительно исходного положения. Угол задаётся в окне свойств команды либо прямо в 3D окне с помощью манипулятора.

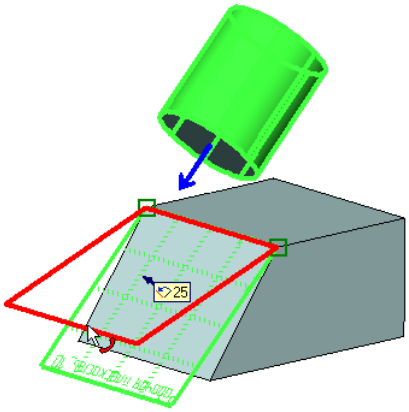




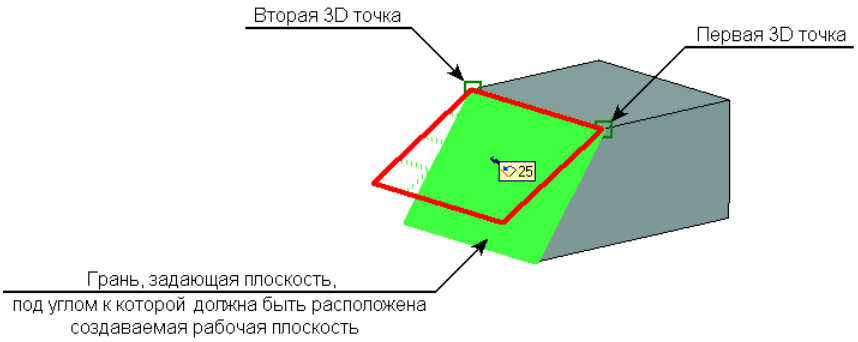
Для построения *рабочей плоскости, проходящей через две 3D точки и заданное направление*, после задания первой 3D точки необходимо выбрать вторую 3D точку (опция ) и 3D элемент, определяющий направление (опция ). Направление может быть задано плоским ребром или 3D путём, нормалью к поверхности, осью цилиндрической или конической поверхности и т.п.

При необходимости можно задать угол смещения рабочей плоскости от заданного направления (в окне свойств или в 3D окне с помощью манипулятора).



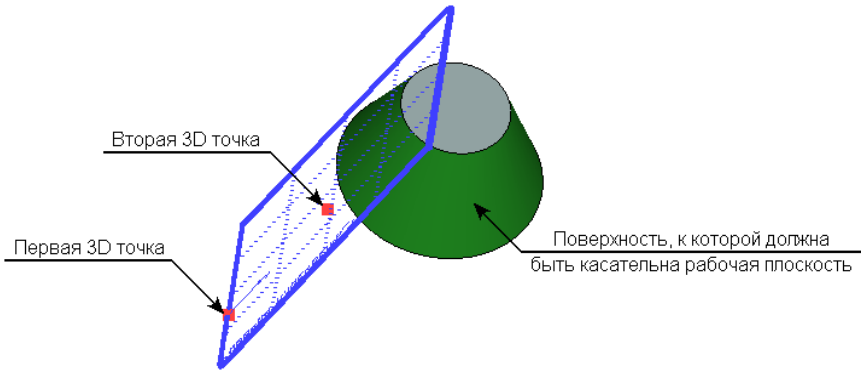


Для построения *рабочей плоскости, проходящей через две 3D точки под углом к плоскости*, после задания первой 3D точки необходимо выбрать вторую 3D точку (опция ) и плоскость (опция ). Для задания плоскости можно выбрать другую рабочую плоскость, плоскую грань, плоское ребро, ЛСК и т.п. Как и в предыдущих случаях, угол задаётся в окне свойств или в 3D окне с помощью манипулятора.

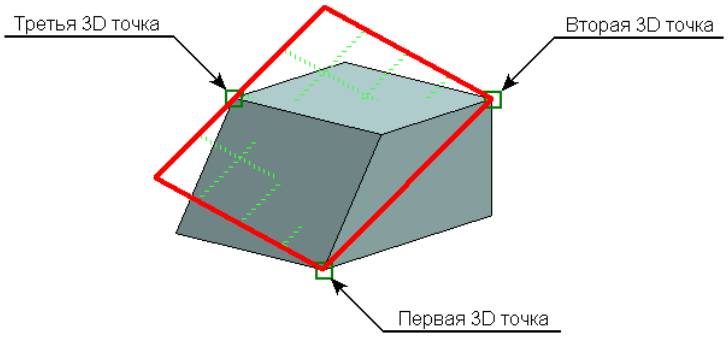


Для построения *рабочей плоскости, проходящей через две 3D точки касательно к поверхности* (конической, цилиндрической или сферической), необходимо после задания первой 3D точки выбрать вторую 3D точку (опция ) и поверхность (опция ). Ось X системы координат созданной рабочей плоскости будет направлена от первой выбранной точки ко второй.

> При выборе конической или цилиндрической поверхности касания результат построения может быть аналогичен построению рабочей плоскости по одной 3D точке с касанием к поверхности. Задание второй точки поможет лишь уточнить вариант касания.



Для построения *рабочей плоскости, проходящей через три 3D точки*, необходимо после задания первой 3D точки выбрать вторую 3D точку (опция ) и третью 3D точку (опция ). Ось X системы координат созданной рабочей плоскости будет направлена от первой выбранной точки ко второй, а ось Y будет ей перпендикулярна.



Создание рабочей плоскости необходимо подтвердить опцией .

Создание рабочей плоскости, проходящей через 3D линию

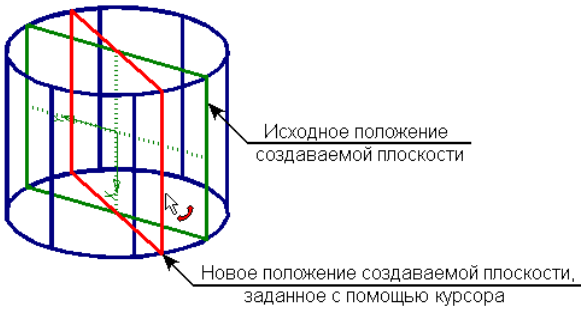
Рабочая плоскость может быть создана как проходящая через плоское ребро или 3D прямую, задаваемую прямым ребром, осью поверхности вращения, осью ЛСК и другими 3D элементами. Для создания такого типа рабочих плоскостей используются следующие опции основного автоменю команды:

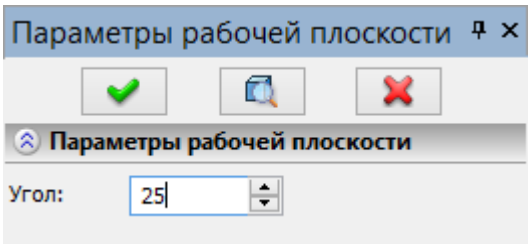
	<5>	Выбрать плоское ребро, через которое проходит РП
	<6>	Выбрать ось, через которое проходит РП

Для выбора плоского ребра (опция) достаточно подвести курсор к ребру и нажать . Для того, чтобы выбрать 3D прямую (опция), нужно выбрать 3D элемент, способный определить прямую линию (ось). Список доступных для выбора 3D элементов определяется состоянием фильтров выбора в выпадающем списке опции.

Начало системы координат создаваемой рабочей плоскости определяется начальной точкой ребра (для замкнутых периодических ребер это точка замыкания) или серединой заданной линии. Ось X направлена вдоль ребра (для замкнутых ребер, касательно к ребру в начальной точке) или вдоль линии.

В первоначальный момент создаваемую рабочую плоскость можно развернуть относительно выбранного ребра или 3D прямой, задав угол поворота численным значением в окне свойств команды. Кроме того, можно задать угол поворота плоскости прямо в 3D сцене с помощью курсора. Для этого необходимо подвести курсор к изображению создаваемой плоскости (курсор изменит вид на), нажать и, не отпуская левой клавиши мыши, переместить плоскость в нужное положение.





Также поворот плоскости можно совершить относительно плоскости, выбор которой осуществляется с помощью опции:

	<3>	Выбрать плоскость, под углом к которой проходит РП

Данная опция позволяет задать геометрическую плоскость, указав лежащий на ней 3D элемент: плоское криволинейное ребро, путь или профиль, плоскую грань, рабочую плоскость и т.п.

Создаваемая рабочая плоскость развернется вокруг ребра или 3D прямой относительно выбранного элемента на заданный угол (первоначально этот угол равен 0°). Угол поворота можно задать числовым значением в окне свойств или указать прямо в 3D сцене с помощью манипулятора.

Задать угол поворота рабочей плоскости можно также, указав дополнительную 3D точку, через которую должна проходить плоскость. Для задания точки используется следующая опция автоменю:

	<5>	Выбрать 3D точку, задающую положение РП

При выборе 3D прямой или прямого плоского ребра существует еще один способ развернуть плоскость – задание грань, которой должна касаться рабочая плоскость. Грань может быть цилиндрической, конической или сферической формы. Выбор грани осуществляется с помощью опции:

	<7>	Выбрать поверхность, которой касается РП

Грани не соответствующей формы или не обеспечивающие касание с создаваемой рабочей плоскостью, выбираться не будут.

После выбора грани создаваемая рабочая плоскость развернётся вокруг ребра или 3D линии таким образом, что будет проходить касательно к ней. Создание рабочей плоскости необходимо подтвердить опцией .

Создание рабочей плоскости, перпендикулярной 3D кривой

Чтобы установить режим создания такого типа рабочих плоскостей, необходимо в основном автоменю команды выбрать опцию:

	<7>	Создать РП, перпендикулярную пути

После выбора данной опции становятся доступны следующие действия:

	<2>	Выберите 3D путь, перпендикулярно которому проходит РП

Данная опция позволяет выбрать 3D элемент, определяющий исходную кривую, перпендикулярно которой должна быть расположена рабочая плоскость. Это может быть 3D путь, 3D профиль или его граница, ребро или цикл рёбер.

После выбора исходной кривой на экране появляется изображение рабочей плоскости, которая будет проходить перпендикулярно кривой в её начальной точке. Уточнить положение рабочей плоскости можно, указав 3D точку, через которую она должна проходить:

	<3>	Выберите 3D точку, задающую положение РП

После выбора 3D точки рабочая плоскость в 3D сцене изменит своё положение – она будет проходить через выбранную точку, по-прежнему пересекая исходную кривую под прямым углом. В месте пересечения будет находиться точка начала координат рабочей плоскости. Если выбранная

точка не лежит на пути или ребре, то ось X проходит из точки начала координат в эту точку. В противном случае направление оси X выбирается системой автоматически.

Создание рабочей плоскости необходимо подтвердить опцией .

Создание рабочей плоскости, касательной к поверхности

Режим создания такого типа рабочих плоскостей устанавливается опцией:

	<8>	Выбрать поверхность, которой касается РП

После этого необходимо выбрать поверхность, которой должна касаться создаваемая рабочая плоскость. Это осуществляется с помощью опции:

	<1>	Выбрать поверхность, которой касается РП

Данная опция позволяет выбрать 3D элемент, способный определить поверхность. Это может быть грань, 3D профиль или простое тело, рабочая поверхность или плоскость, плоское ребро.

После выбора грани требуется выбрать 3D точку, проекция которой на выбранную поверхность (проецирование происходит по наименьшему расстоянию до неё) будет определять точку касания создаваемой рабочей плоскости и поверхности:

	<2>	Выбрать 3D точку, задающую положение РП

Выбор начала координат рабочей плоскости

Данная возможность доступна только при создании рабочих плоскостей на основе 3D элементов вышеописанными способами. Для того чтобы изменить точку начала координат, полученную в результате построения рабочей плоскости, можно воспользоваться опцией:

	<O>	Задать систему координат рабочей плоскости

После этого в автоменю появятся опции для задания 3D точек, проекции которых на создаваемую рабочую плоскость будут определять положение и ориентацию осей её локальной системы координат:

	<1>	Выбрать точку, задающую начало координат РП
	<3>	Выбрать точку направления оси X РП
	<F>	Отменить назначение системы координат

С помощью опции  выбирается 3D точка, проекция которой на рабочую плоскость и будет являться новой точкой начала координат. Опция  позволяет выбрать 3D точку, проекция которой на рабочую плоскость будет задавать направление оси X её системы. Отменить выбор точек можно с помощью опции .

Выйти из режима задания системы координат плоскости можно с помощью опции:

	<Alt+Down Arrow>	Вернуться назад

Создание копии рабочей плоскости

Для того чтобы построить рабочую плоскость такого типа нужно выбрать следующую опцию основного меню:

	<A>	Построить копию рабочей плоскости

В результате становятся доступны следующие опции:

	<W>	Выбрать исходную рабочую плоскость
	<1>	Выбрать исходную систему координат
	<2>	Выбрать целевую систему координат
	<F>	Отменить выбор систем координат

Для создания копии надо выполнить следующие действия:

- выбрать исходную рабочую плоскость.

Выбор можно осуществить как в 3D окне, так и в 2D окне. В параметрах на закладке “Преобразование” можно установить необходимые значения смещений и поворотов. Повороты в данном случае выполняются относительно мировой системы координат. Этого достаточно для создания копии.

- выбрать исходную систему координат.

Если в данном случае задать параметры преобразования, то повороты будут производиться относительно выбранной системы координат.

- выбрать целевую систему координат.

Рабочая плоскость располагается в том месте, куда переместилась бы исходная рабочая плоскость при перемещении исходной системы координат в целевую. Дополнительно можно задать параметры преобразования. Повороты будут выполняться относительно целевой системы координат.

Рабочая плоскость создаётся на текущей странице чертежа. Все параметры плоскости-копии, имеющие значение для 2D вида (начальная точка, визуальные границы), совпадают с параметрами оригинала.

Создание рабочей плоскости на основе локальной системы координат

Локальная система координат (ЛСК) – вспомогательный 3D элемент построения, служащий для задания положения 3D объектов в пространстве. Рабочая плоскость, созданная на основе ЛСК, будет совпадать с одной из её основных плоскостей – XY, XZ, YZ. Поскольку оси ЛСК могут быть

ориентированы как угодно, использование данного способа построения позволяет расположить рабочую плоскость в любой необходимой точке пространства и под любым нужным углом.

Для создания такой рабочей плоскости необходимо в основном автоменю команды выбрать опцию:

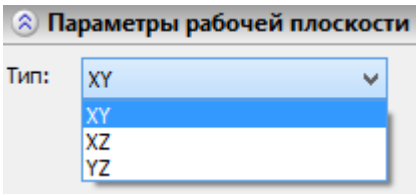
	<L>	Построить рабочую плоскость на основе ЛСК

В результате становится доступным выполнение следующих действий:

	<N>	Задать точку привязки
	<L>	Выбрать целевую систему координат
	<B>	Задать границы рабочей плоскости

Для создания рабочей плоскости достаточно указать (в 3D окне или в дереве 3D модели) локальную систему координат (опция ). В 3D окне сразу же появится изображение создаваемой рабочей плоскости, совпадающей (по умолчанию) с плоскостью XY данной ЛСК. Один из углов прямоугольника видимых границ плоскости будет совмещён с началом координат ЛСК. Уже на данном этапе можно завершить создание плоскости, нажав . В этом случае для новой рабочей плоскости автоматически будет создана отдельная страница 2D чертежа типа “Рабочая плоскость”.

Предварительно можно изменить заданное по умолчанию положение плоскости относительно исходной ЛСК. Во-первых, можно выбрать другую основную плоскость данной системы координат. Для этого достаточно в окне свойств выбрать из списка требуемый вариант, и изображение рабочей плоскости в 3D окне сразу же изменит своё положение.



Во-вторых, с помощью опции  в 2D окне можно выбрать 2D узел, который требуется совместить с начальной точкой системы координат. В этом случае рабочая плоскость создаётся на той странице 2D чертежа, которой принадлежит выбранный 2D узел. Изображение плоскости в 3D окне переместится так, чтобы с началом координат ЛСК совпала точка на плоскости, определяемая данным узлом.

И наконец, дополнительно можно изменить размер и положение видимых границ рабочей плоскости, воспользовавшись опцией . Изменение границ происходит точно также, как и при создании стандартной плоскости.

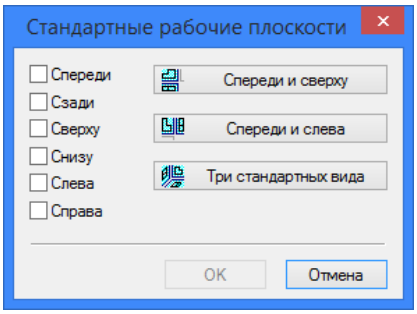
Создание стандартной рабочей плоскости (в 3D окне)

В тех случаях, когда новый документ был создан не на основе стандартного прототипа, может возникнуть необходимость самостоятельно создать одну или несколько стандартных плоскостей.

Для этого необходимо активизировать 3D окно и в команде создания рабочей плоскости выбрать опцию:

	<S>	Создать стандартную рабочую плоскость

Стандартную рабочую плоскость можно построить как в 2D, так и в 3D окне. От того, какое окно было активировано в момент выбора данной опции, зависит способ создания плоскости и полученный результат.



На экране появится окно диалога для выбора стандартных видов. Выбранные виды определяют, параллельно каким из основных координатных плоскостей будут расположены создаваемые рабочие плоскости. Можно выбрать сразу несколько стандартных видов из списка слева. Подтверждение выбора кнопкой **[OK]** приведет к автоматическому созданию рабочих плоскостей указанных видов. Для каждой рабочей плоскости будет создана и отдельная 2D страница типа "Рабочая плоскость". По умолчанию такие страницы в 2D окне не отображаются.

Включить отображение страниц рабочих плоскостей в 2D окне можно с помощью команды "**Сервис|Страницы**", установив параметр "**Показывать страницы/Рабочие плоскости**". Отображение таких рабочих плоскостей в 3D виде установлено по умолчанию. Их расположение в трёхмерном пространстве определяется мировой системой координат, которая служит общим началом координат для всех создаваемых таким образом рабочих плоскостей.

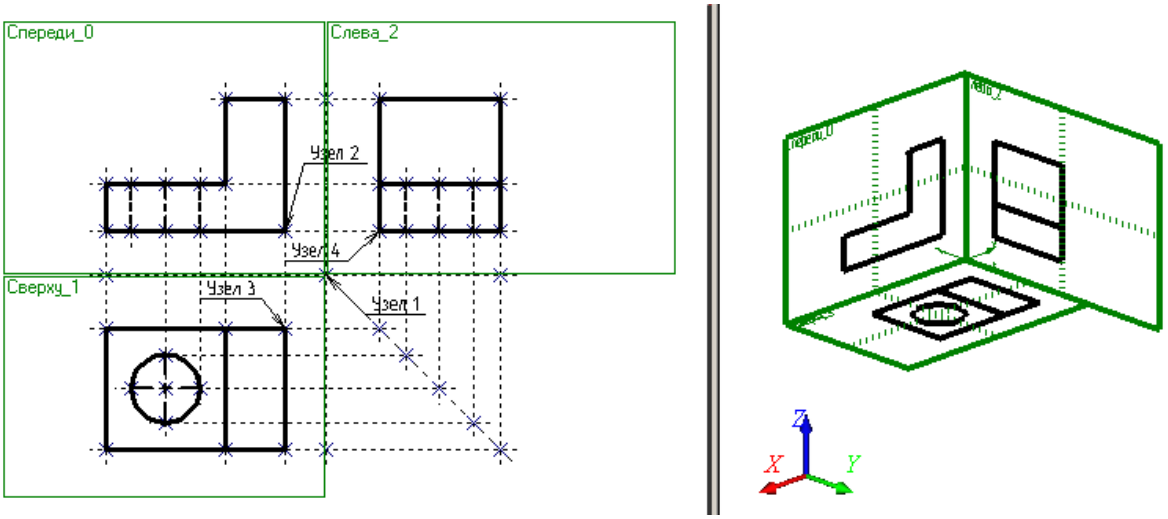
Начало координат каждой рабочей плоскости находится в центре прямоугольника, которым обозначается рабочая плоскость в 3D окне. Изменить начало координат стандартной рабочей плоскости можно только при редактировании. В этом случае выбор начала координат осуществляется так же, как и при создании рабочих плоскостей по 2D виду (раздел "Создание стандартной рабочей плоскости в 2D окне").

Одновременное создание нескольких стандартных рабочих плоскостей

В окне диалога, вызванном опцией , присутствуют ещё три дополнительные опции в виде графических кнопок: [ **Спереди и сверху**], [ **Спереди и слева**], [ **Три стандартных вида**]. Используя эти опции, можно построить сразу несколько стандартных рабочих плоскостей.

Создание стандартной рабочей плоскости (в 2D окне)

Создание рабочих плоскостей в 2D окне, т.е. на основе уже существующей страницы 2D чертежа и 2D построений на ней, используется в основном при работе методом "От 2D к 3D". Обычно для каждого из основных видов чертежа создаётся соответствующая стандартная плоскость. 3D построения на плоскостях строятся по изображениям на связанных с ними видах чертежа. Это позволяет переносить элементы готового 2D чертежа в 3D пространство.



Для создания стандартной рабочей плоскости в 2D окне используется опция . Обычная последовательность создания плоскости в этом случае следующая:

- ✓ Определить, какой из основных координатных плоскостей параллельна создаваемая рабочая плоскость. Это выполняется выбором вида рабочей плоскости. Например, выбрав вид спереди или сзади, подразумеваем, что создаваемая плоскость располагается параллельно плоскости XZ мировой системы координат.
- ✓ Выбрать 2D узел на текущей странице чертежа (*в некоторых случаях – необязательное действие*). Узел будет задавать положение прямоугольника границ рабочей плоскости на странице, а также начало локальной системы координат рабочей плоскости. Если с данной страницей чертежа ещё не связано ни одной рабочей плоскости, то узел можно не указывать. В этом случае в качестве начала локальной системы координат будет взята одна из угловых точек ограничительной рамки чертежа.

  Границы рабочей плоскости по умолчанию устанавливаются следующим образом. В качестве первого угла прямоугольника границ берётся заданный 2D узел. Второй угол совмещается с ближайшим углом ограничительной рамки чертежа. Для стандартных плоскостей берётся определенный угол ограничительной рамки (вид спереди – верхний левый, вид снизу – нижний левый, вид слева – верхний правый).

  Правильное задание визуальных границ рабочей плоскости позволит в дальнейшем упростить создание 3D построений на плоскости по 2D чертежу. При выборе 2D элементов для создания 3D построений необходимо будет определить, на какой рабочей плоскости должны лежать эти элементы. Система может сделать это сама, взяв ту плоскость, в прямоугольник границ которой попадают выбранные 2D элементы. Если границы плоскостей на 2D странице не совпадают с соответствующими плоскостям видами чертежа, выбор системы будет неправильным и рабочую плоскость придётся выбирать самостоятельно. Поэтому узел привязки следует выбирать так, чтобы прямоугольник границ рабочей плоскости совпал с соответствующим плоскости видом

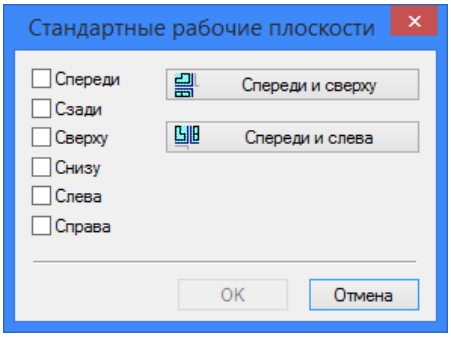
чертежа. Если этого не удаётся добиться выбором узла привязки, на следующем шаге можно дополнительно изменить размер и положение границ создаваемой рабочей плоскости.

- ✓ Изменение визуальных границ плоскости в 2D окне, установленных по умолчанию (*необязательное действие*). Изменить границы можно двумя способами. Первый способ – выбрать в качестве второй точки другой угол ограничительной рамки чертежа. Второй способ – полностью перезадать границы плоскости, задав новое положение обоих углов (выбрав два 2D узла).
- ✓ Выбрать 3D узел, определяющий положение рабочей плоскости в пространстве (*необязательное действие*). По умолчанию стандартная рабочая плоскость совпадает с одной из основных координатных плоскостей мировой системы координат. Начало её локальной системы координат в этом случае совмещается с началом координат мировой системы координат. При задании же 3D узла создаваемая плоскость переносится в положение, определяемое выбранным узлом. Т.е. в результате плоскость будет параллельна основной координатной плоскости, проходя через 3D узел. Начало локальной системы координат плоскости также совмещается с выбранным 3D узлом.
- ✓ Задание визуальных границ плоскости в 2D окне (*необязательное действие*). Границы рабочей плоскости по умолчанию устанавливаются следующим образом. Первой точкой считается точка, выбранная на этапе 2. Второй точкой считается ближайшая из угловых точек границ чертежа. Для стандартных плоскостей берется определенная угловая точка (вид спереди – верхняя левая, вид снизу – нижняя левая, вид слева – верхняя правая). Пользователь может изменить эти границы (например, выбрав два 2D узла).
- ✓ Выполнив необходимые действия, подтвердите создание рабочей плоскости с помощью опции:

	<Y>	Закончить ввод

Созданная таким образом рабочая плоскость по умолчанию не видна в 3D окне. Для того чтобы она отобразились в 3D сцене, необходимо в диалоге её параметров установить флажок “Показывать на 3D виде”.

Остановимся на каждом этапе более подробно.



Активизируйте 2D окно и выберите опцию “Создать стандартную рабочую плоскость”. На экране появляется окно диалога для выбора стандартного вида. В отличие от создания стандартной плоскости в 3D окне, в данном случае в нём можно выбрать из списка слева только один стандартный вид.

Если на текущей странице чертежа нет ни одной рабочей плоскости, то на поле чертежа, во весь его формат, отрисуется прямоугольник, обозначающий создаваемую рабочую плоскость. Создание рабочей плоскости на этом можно завершить, воспользовавшись опцией . Начало локальной системы координат рабочей плоскости будет выбрано автоматически.

Если же на текущей странице чертежа уже имеется хотя бы одна рабочая плоскость, то отображение создаваемой рабочей плоскости на чертеже появится в результате дальнейших действий. В автоменю команды доступны следующие дополнительные опции:

	<N>	Задать точку привязки
	<M>	Задать связь с 3D узлом
	<B>	Задать границы рабочей плоскости

Предположим, что на предыдущем шаге был выбран вид “Слева”. Этим было указано, что создаваемая рабочая плоскость будет совпадающей (или параллельной) с плоскостью YZ мировой системы координат. После этого можно выбрать 2D узел, который задаст начальную точку локальной системы координат на этой рабочей плоскости. Узел выбирается с помощью опции . На этом шаге также можно завершить создание плоскости. В этом случае она будет совпадать с плоскостью YZ мировой системы координат.

При необходимости можно изменить установленные по умолчанию границы рабочей плоскости (опция ). При обращении к ней в автоменю доступны вспомогательные опции:

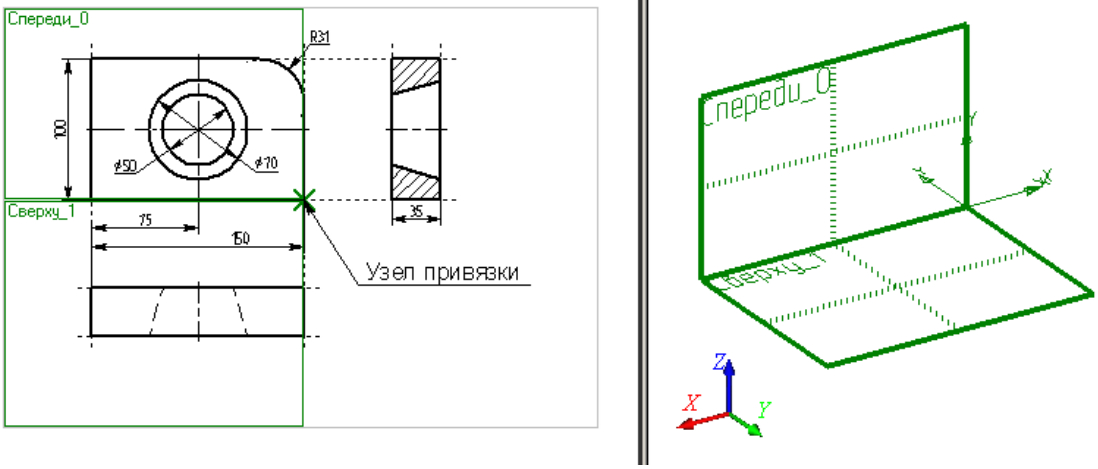
	<B>	Задать первый/второй угол границы
	<Tab>	Изменить границы рабочей плоскости
	<K>	Отменить границы
	<W>	Вернуться в предыдущий режим

Перезадать границы рабочей плоскости можно двумя способами. Можно просто выбрать в качестве второй точки другой угол ограничительной рамки чертежа, использовав опцию : при её

многократном нажатии система будет перебирать по очереди все углы ограничительной рамки. А можно полностью перезадать границы плоскости, привязав их к двум узлам с помощью опции . Отменить привязку к узлам позволяет опция .

Последним шагом может быть определение точного положения создаваемой плоскости в пространстве посредством задания 3D узла (опция).

Как и при создании стандартной плоскости в 3D окне, в 2D окне можно одновременно создать несколько плоскостей. Однако в этом случае в диалоге, вызванном опцией , присутствуют только две дополнительные кнопки: [**Спереди и сверху**] и [**Спереди и слева**]. Используя эти опции, можно построить сразу две стандартные рабочие плоскости. В этом случае достаточно указать общее начало координат в виде 2D узла.



Создание рабочей плоскости на основе 2D проекции

Рабочая плоскость, созданная по 2D проекции, будет располагаться точно так же, как и плоскость проецирования выбранной 2D проекции. Например, если направление проецирования было задано гранью тела, то рабочая плоскость будет лежать на этой грани. Если направление проецирования было задано сечением, то рабочая плоскость будет располагаться в плоскости этого сечения, и т.п. Такой способ построения позволяет, например, создавать рабочие плоскости, параллельные плоскости произвольного сечения, не совпадающего по ориентации в пространстве ни с какой-либо из граней тела, ни с одной из уже существующих рабочих плоскостей.

Для создания рабочей плоскости по 2D проекции достаточно в команде создания рабочих плоскостей указать необходимую проекцию. Создаваемая рабочая плоскость размещается на той же странице 2D чертежа, что и выбранная проекция. Точка начала координат такой рабочей плоскости явно не задаётся. Она назначается системой автоматически и совпадает с началом координат страницы чертежа, на которой расположена 2D проекция.

Для создания такой рабочей плоскости необходимо в основном меню команды выбрать опцию . В результате становится доступным выполнение следующих действий:

	<J>	Выбрать 2D проекцию
	<B>	Задать границы рабочей плоскости

2D проекция, на основе которой будет создана рабочая плоскость, выбирается с помощью  в 2D окне при активной опции . После выбора 2D проекции на текущей странице чертежа появится прямоугольник, определяющий границы создаваемой рабочей плоскости.

> Отображение такой рабочей плоскости в 3D виде задаётся соответствующим параметром в настройках операции.

Границы рабочей плоскости задаются системой. При необходимости их можно перезадать, использовав опцию . Завершается создание рабочей плоскости нажатием .

Рабочая плоскость между двумя плоскостями или гранями

Рабочая плоскость между двумя плоскостями создаётся с помощью опции основного автоменю команды:

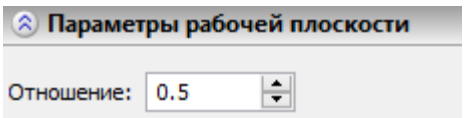
	<E>	Построить рабочую плоскость между двумя плоскостями

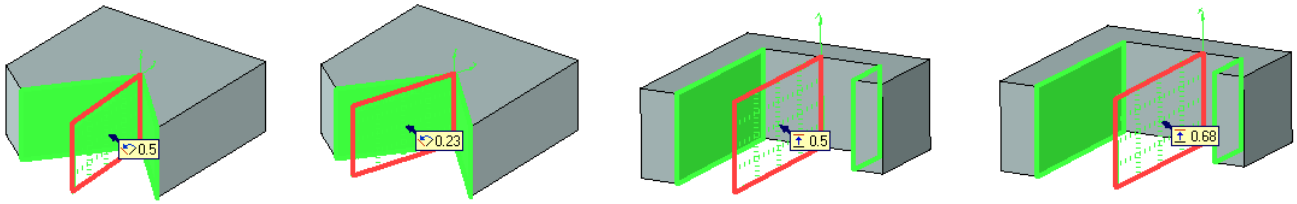
После выбора данной опции необходимо выбрать две плоскости с помощью опций:

	<1>	Выбрать первую плоскость
	<2>	Выбрать вторую плоскость

Если исходные плоскости параллельны, результирующая плоскость делит расстояние между ними в заданной пропорции (определяется числовым параметром). Если исходные плоскости не параллельны – в пропорции делится угол между ними.

Значение параметра, определяющего положение создаваемой рабочей плоскости относительно исходных плоскостей, задаётся в окне свойств команды либо в 3D окне при помощи манипулятора. По умолчанию устанавливается значение 0.5, т.е. создаётся рабочая плоскость, являющаяся плоскостью симметрии для выбранных плоскостей.





Создание рабочей плоскости для вспомогательного 2D вида

Рабочая плоскость для вспомогательного 2D вида создаётся с помощью опции:

	<D>	Создать рабочую плоскость на основе вспомогательного 2D вида

Создание рабочей плоскости для вспомогательного 2D вида чаще всего применяется в методе “От 2D к 3D”. Напомним, что в этом случае создание 3D модели ведётся на основе готового 2D чертежа: сначала в соответствии с видами на чертеже создаются рабочие плоскости; на плоскостях на основе 2D построений строятся вспомогательные 3D элементы (узлы и профили), по которым затем создаётся 3D модель.

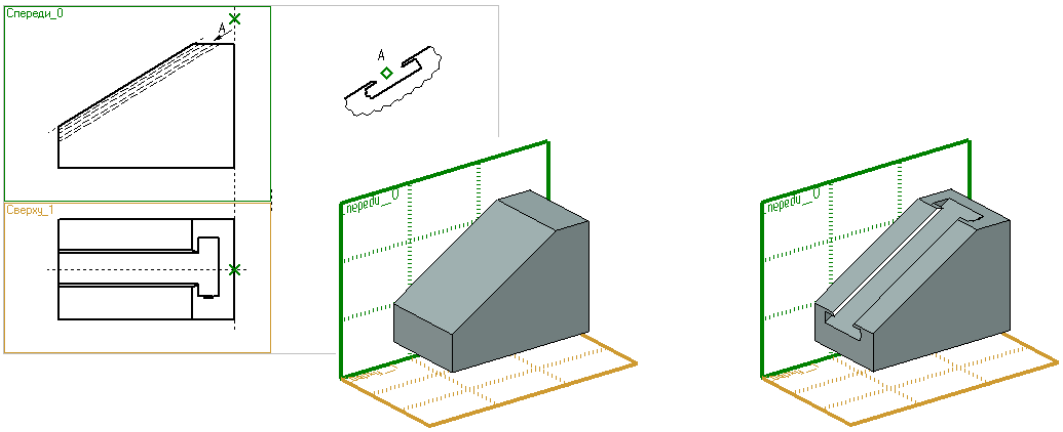
Когда 2D чертёж содержит только основные виды детали, достаточно создать стандартные рабочие плоскости. Но если на чертеже присутствует вспомогательный вид (дополнительный или местный вид, простой наклонный разрез или сечение), чья плоскость проецирования не параллельна ни одной из стандартных плоскостей, может потребоваться *рабочая плоскость на основе вспомогательного 2D вида*. Эта плоскость создаётся так, чтобы располагаться перпендикулярно направлению взгляда выбранного вспомогательного вида. Таким образом, создание рабочей плоскости на основе вспомогательного 2D вида – это “воссоздание” плоскости, мысленным проецированием на которую может быть получен данный вспомогательный вид.

> Обратите внимание, что в данном разделе под “проецированием”, “сечением” и “видами” чертежа детали подразумеваются именно понятия инженерной графики, т.е. построенные вручную 2D изображения детали, а не элементы T-FLEX CAD “2D проекция”, “Сечение” или 2D элемент оформления “Обозначение вида”.

Методика создания плоскости

Перед созданием рабочей плоскости по вспомогательному виду в документе должны существовать: 2D чертёж детали, содержащий необходимые основные виды и разрезы детали, в том числе исходный вспомогательный вид; исходная рабочая плоскость, *созданная в 2D окне* (эта плоскость должна соответствовать тому виду детали, на котором задано направление взгляда или плоскость сечения вспомогательного вида).

В качестве примера можно рассмотреть следующий случай. Допустим, создаётся 3D модель по 2D чертежу, представленному ниже. На основе вида спереди и вида сверху была “воссоздана” основная форма детали. Далее на основе готового местного вида “А” необходимо создать паз на наклонной грани детали.



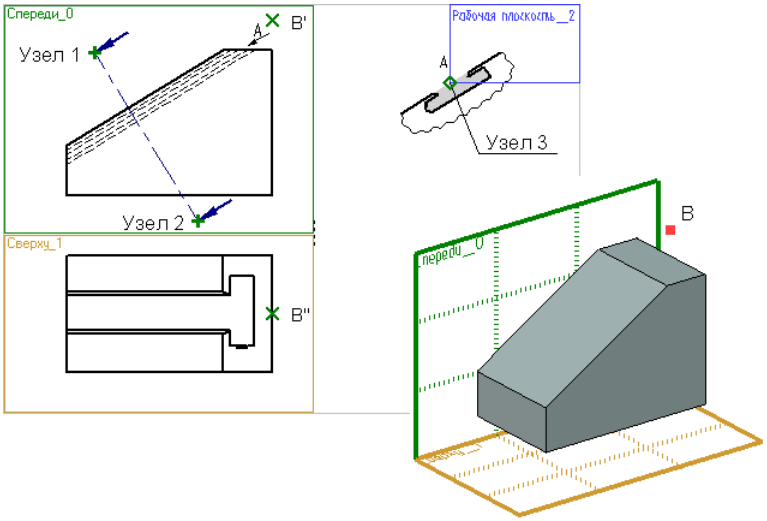
Для создания паза необходимо создать рабочую плоскость, перпендикулярную направлению взгляда местного вида “A”. На этой плоскости по изображению вида можно затем создать 3D профиль, на основе которого затем и будет создаваться паз (при помощи выталкивания и булевой операции вычитания).

Рабочая плоскость для вида “A” будет пересекать плоскость “Вид спереди” под прямым углом. Линия пересечения должна быть перпендикулярна стрелке, указывающей направление взгляда вида.

Создание рабочей плоскости начинается с указания двух 2D узлов (“Узел 1” и “Узел 2”), задающих линию пересечения создаваемой и исходной плоскости. После задания узлов система автоматически определяет исходную рабочую плоскость и направление взгляда при “проецировании” на создаваемую плоскость вспомогательного вида. Направление взгляда рабочей плоскости показывается двумя стрелками, появляющимися рядом с выбранными узлами. Тем самым задаётся предварительное положение создаваемой плоскости в пространстве.

> И выбор исходной плоскости, и направление взгляда при необходимости можно изменить. Следует отметить, что первоначально установленное системой направление взгляда зависит от порядка выбора узлов.

Следующий шаг – выбор 2D узла в качестве точки привязки создаваемой рабочей плоскости на 2D странице. Обычно указывается один из 2D узлов изображения на вспомогательном виде. Этот же узел определяет границы рабочей плоскости и начало её локальной системы координат. Первый угол прямоугольника границ плоскости будет совпадать с выбранным узлом, второй, противолежащий, – с ближайшим углом рамки чертежа на текущей странице документа. В нашем примере в качестве узла привязки создаваемой плоскости укажем “Узел 3”. На текущей странице чертежа появляется прямоугольник границ новой рабочей плоскости.

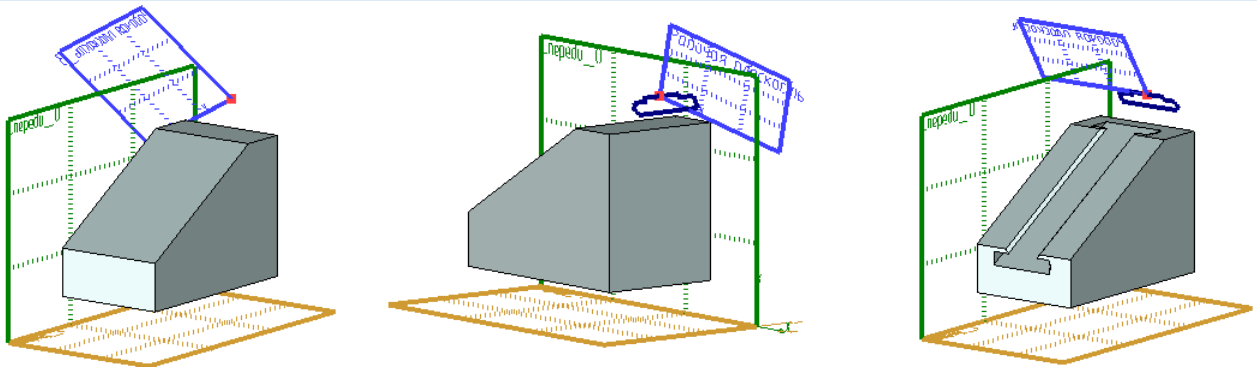


Оси локальной системы координат создаваемой плоскости (и сама плоскость вместе с ними) автоматически доворачиваются (относительно осей системы координат текущей страницы чертежа) на угол, образуемый линией пересечения плоскостей и вертикалью. Тем самым обеспечивается правильное расположение в пространстве 3D элементов, создаваемых в дальнейшем на данной плоскости на основе линий вспомогательного вида.

Дополнительно можно задать 3D узел, через который должна проходить создаваемая рабочая плоскость. Это действие является необязательным. Если 3D узел не задан, плоскость будет проходить через начальную точку мировой системы координат. Плоскость располагается в пространстве таким образом, чтобы 2D узел привязки, заданный на предыдущем шаге, являлся проекцией данного 3D узла на создаваемую плоскость. 3D точка привязки задаёт точное положение создаваемой плоскости в пространстве.

В описываемом примере надо уточнить расположение новой плоскости с помощью 3D узла “B” (созданного по проекциям B’ и B’’). В результате плоскость займёт показанное на следующем рисунке положение.

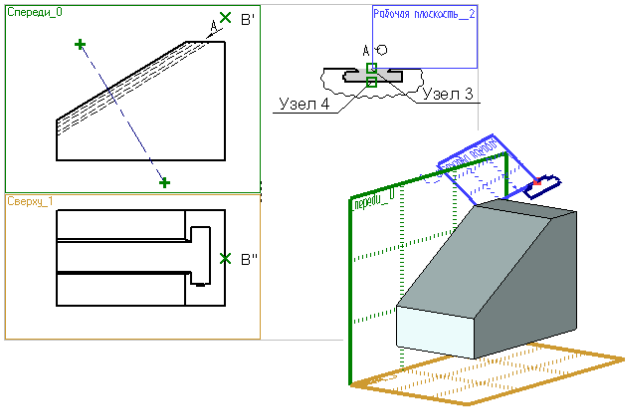
Для того, чтобы увидеть, как расположена новая плоскость в 3D пространстве, необходимо установить в её параметрах флажок, отвечающий за видимость плоскости в 3D сцене.



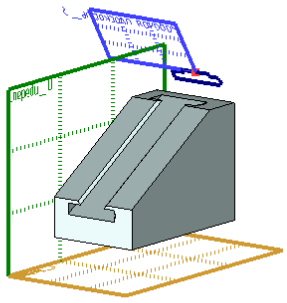
При создании рабочей плоскости для вспомогательного вида можно перезадать границы плоскости в 2D окне. Для этого в качестве углов прямоугольника видимых границ плоскости указываются 2D узлы на текущей странице документа. В описываемом примере этого можно не делать.

Обратите внимание, что если создать на новой плоскости 3D профиль по штриховке (она показана серой заливкой на виде “A”), то профиль примет такое положение, как должен быть расположен элемент детали, чтобы результат его проецирования на созданную плоскость соответствовал виду “A”.

Если бы изображение на виде “A” было повёрнуто, как показано на рисунке ниже, то потребовалось бы дополнительно задать угол доворота создаваемой плоскости. В этом случае указываются два дополнительных 2D узла (“Узел 3” и “Узел 4”), задающих линию доворота. В результате локальная система координат создаваемой плоскости дополнительно поворачивается на угол между этой линией и заданной линией пересечения плоскостей.



Ориентация плоскости и профиля на ней без задания дополнительного угла доворота



Ориентация плоскости и профиля на ней при задании дополнительного угла доворота

Создание плоскости

Создание рабочей плоскости на основе вспомогательного 2D вида осуществляется при помощи следующей опции автоменю команды:

	<D>	Создать рабочую плоскость на основе вспомогательного 2D вида

После выбора данного режима в автоменю появляются дополнительные опции:

	<D>	Выбрать первый/второй узел направления взгляда
	<W>	Выбрать другую рабочую плоскость
	<A>	Задать направление поворота
	<Tab>	Изменить направление взгляда

	<N>	Задать точку привязки
	<M>	Задать связь с 3D узлом
	<B>	Задать границы рабочей плоскости

По умолчанию после вызова режима создания плоскости по вспомогательному 2D виду активна опция . Она позволяет последовательно выбрать в 2D окне (с помощью ) два узла, задающих линию пересечения плоскостей. После выбора первого узла подсветится выбранная системой автоматически исходная рабочая плоскость. Если по умолчанию выбралась не та плоскость, то её можно поменять с помощью опции . После задания второго узла определяется направление взгляда при проецировании на данную плоскость. Изменить изначально выбранное направление взгляда позволяет опция .

После задания обоих 2D узлов, определяющих линию пересечения плоскостей, в автоменю автоматически становится активна опция . Она позволяет выбрать в 2D окне узел привязки плоскости на странице чертежа. На этом создание плоскости можно завершить, нажав  в автоменю команды или в окне свойств. Или можно продолжить создание плоскости, выбрав с помощью опции  3D узел, через который будет проходить плоскость. Данная опция активизируется в автоменю автоматически после задания 2D узла привязки.

Установленные по умолчанию границы рабочей плоскости можно изменить с помощью опции . Изменение границ рабочей плоскости по вспомогательному 2D виду происходит аналогично изменению границ других, уже описанных выше, типов плоскостей.

Дополнительный угол доворота системы координат плоскости (при работе с видом с поворотом изображения) задаётся с помощью опции . После выбора опции необходимо указать два дополнительных 2D узла. Направление доворота будет зависеть от порядка выбора узлов.

Изменение размера рабочей плоскости

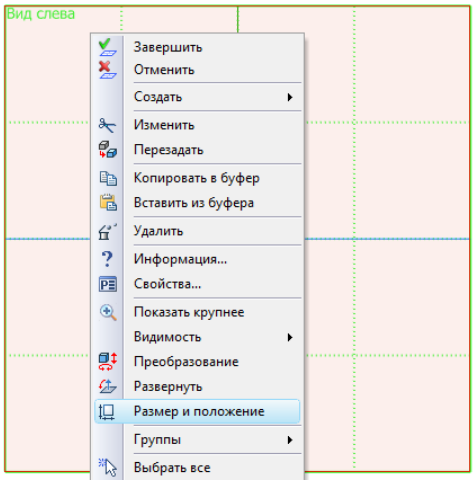
Размер визуальных границ всех рабочих плоскостей, созданных без привязки к 2D построениям, можно изменить с помощью команды **“PZ: Изменить размеры страницы”**:

Пиктограмма	Лента
	Рабочая плоскость → Режимы → Размеры страницы
Клавиатура	Текстовое меню
<PZ>	Настройка > Размеры страницы

При изменении визуальных границ рабочей плоскости будут меняться и границы 2D страницы, созданной для этой плоскости.

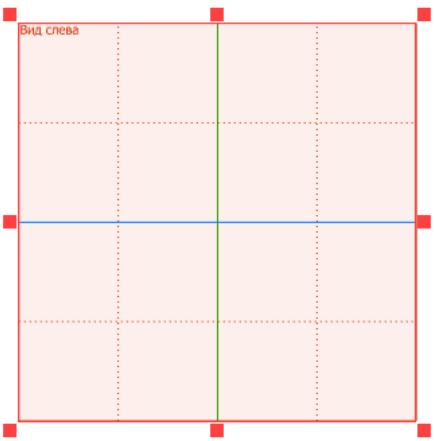
Команда доступна только в том случае, когда активно 2D окно, размеры страницы которого необходимо изменить, или активизирована рабочая плоскость.

Есть ещё один способ вызова данной команды. Необходимо подвести курсор к рабочей плоскости и нажать . Выбор можно осуществить как в 3D окне, так и в 2D окне. В появившемся контекстном меню нужно выбрать пункт **Размер и положение** (для рабочих плоскостей, созданных на основе существующей 2D страницы и построений на ней, данный пункт в контекстном меню не появляется).



В результате всех этих действий рабочая плоскость (и соответствующая ей страница) примет следующее отображение:

Для того чтобы изменить размеры рабочей плоскости, подведите курсор к одному из специальных квадратиков, обрамляющих рабочую плоскость. Курсор изменит свою форму, приняв отображение специального знака, указывающего в каком направлении можно изменять размер. Нажмите и переместите курсор в нужном направлении. Задать точные значения можно в параметрах команды.



Для того чтобы переместить рабочую плоскость, укажите курсором внутри границы рабочей плоскости, курсор примет соответствующее изображение, нажмите и переместите рабочую плоскость в необходимое положение.

Подтверждение новых размеров и положения рабочей плоскости осуществляется с помощью .

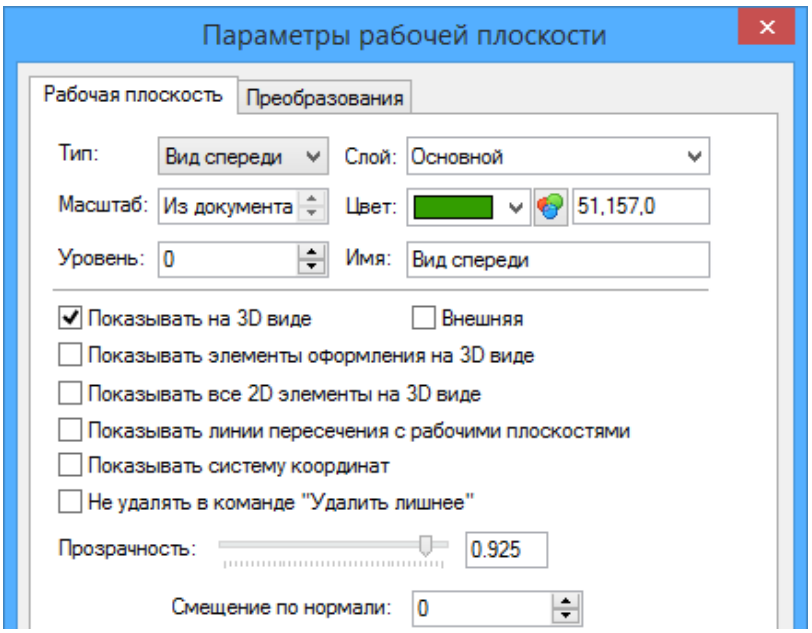
Изменить границы рабочей плоскости можно также с помощью специальных манипуляторов (см. раздел “Манипуляторы рабочих плоскостей”).

Параметры рабочих плоскостей

Как и все элементы системы, рабочие плоскости имеют набор параметров. Их значения можно задавать, вызвав окно диалога с помощью опции:

	<P>	Задать параметры рабочей плоскости

Диалог параметров рабочей плоскости содержит две закладки: **Рабочая плоскость**" и **Преобразование**.



Закладка "Преобразования" более подробно описана в главе "Общие параметры 3D элементов". Закладка "Рабочая плоскость" содержит основные общесистемные параметры (**Слой**, **Цвет**, **Уровень**), параметр **Имя** (по умолчанию присваивается значение "Рабочая плоскость_0", "Рабочая плоскость_1" и т.д.), общий для всех 3D элементов, а также несколько специальных параметров, присущих только рабочей плоскости. К таким параметрам относятся:

Тип. На этапе создания плоскости тип в данном окне диалога не редактируется, так как всегда заранее определено, какая плоскость создаётся. При редактировании можно изменять тип только стандартных рабочих плоскостей, например, заменить «Вид спереди» на «Вид слева».

Масштаб. Задаёт масштаб для элементов 3D построений, создаваемых с использованием этой рабочей плоскости. По умолчанию устанавливается значение "Из статуса", т.е. берётся масштаб страницы 2D чертежа, с которой связана данная рабочая плоскость.

Иногда 3D построения создаются на основе 2D элементов, выполненных в масштабе, не совпадающем с масштабом страницы. В этом случае необходимо задавать масштаб рабочей плоскости равный масштабу 2D элементов. Например, на 2D странице чертежа установлен масштаб 1:25. Основное изображение детали на данной странице выполнено в масштабе страницы. Однако местный вид выполнен в укрупнённом масштабе 1:4. Далее на странице

чертежа создаётся рабочая плоскость. Для того, чтобы использовать геометрические данные местного вида, рабочая плоскость должна иметь такой же, как у него, масштаб, т.е. 1:4.

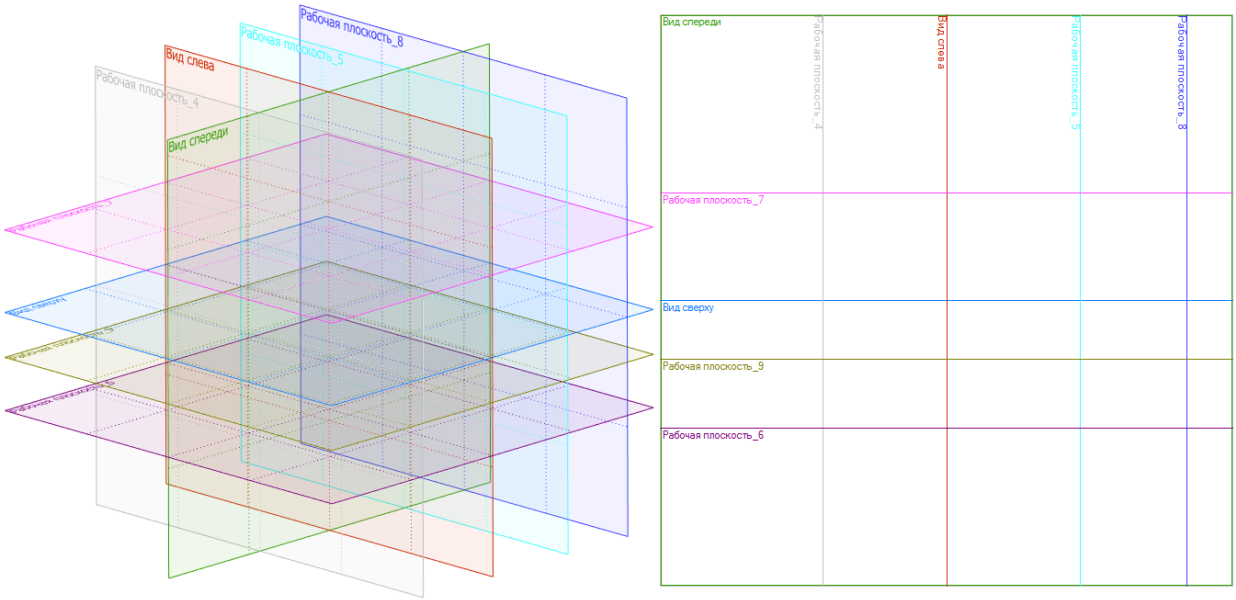
Внешняя. Установка данного параметра позволяет использовать данную рабочую плоскость в сборке, при использовании текущего файла в качестве фрагмента.

Показывать на 3D виде. Данный параметр управляет видимостью рабочей плоскости на 3D виде.

Показывать элементы оформления на 3D виде. Данный параметр позволяет перенести элементы оформления с рабочей плоскости в 3D пространство. Когда флажок установлен, элементы оформления (размеры, надписи, шероховатости), созданные на данной рабочей плоскости, отображаются в 3D окне и с ними можно работать, как с обычными 3D элементами оформления.

Показывать все 2D элементы на 3D виде. При установленном флаге штриховки, линии изображения и другие элементы 2D изображений показываются в 3D сцене.

Показывать линии пересечения с рабочими плоскостями. Когда флаг установлен, на странице рабочей плоскости отображаются не только границы самой рабочей плоскости, но и линии пересечения с другими рабочими плоскостями модели.



Линии пересечения плоскостей могут быть выбраны для создания линий построения.

Показывать систему координат. Параметр управляет отображением собственной системы координат рабочей плоскости на её изображении в 3D сцене. По умолчанию параметр отключен, т.е. система координат не показывается.

Не удалять в команде "**Удалить лишнее**". Когда флаг установлен плоскость не будет удалена, даже если не используется для создания операций.

Прозрачность. Данный параметр позволяет регулировать уровень прозрачности прямоугольника рабочей плоскости в 3D окне.

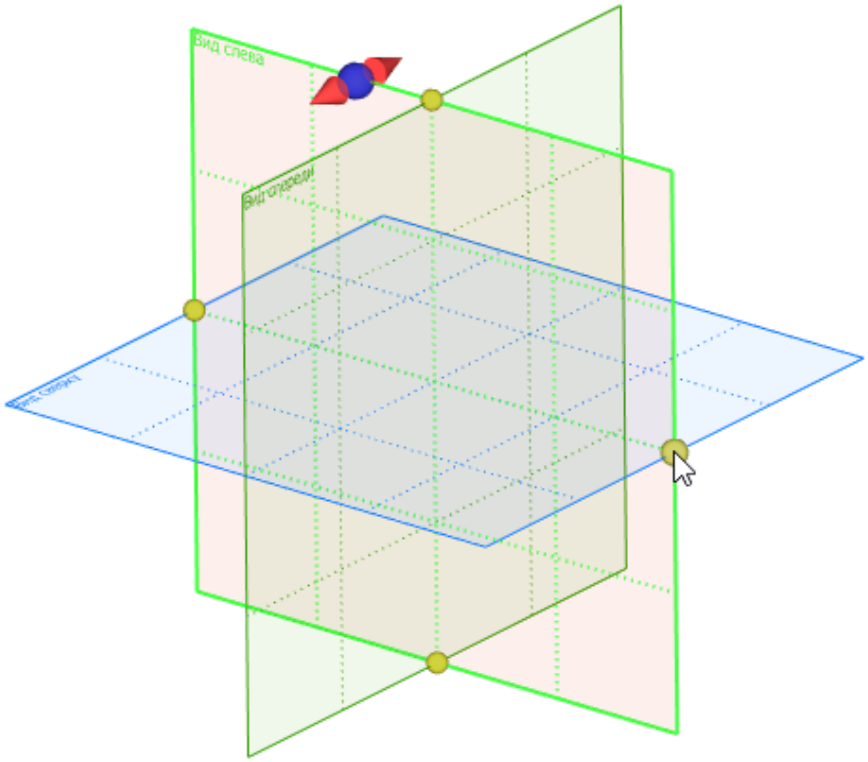
Смещение по нормали. Параметр задаёт смещение по нормали рабочей плоскости относительно родительского элемента. Например, у рабочих плоскостей, созданных параллельно геометрической плоскости, смещение отсчитывается от исходной геометрической плоскости. Для рабочих плоскостей, построенных независимо от других 3D объектов (например, для стандартных плоскостей) смещение указывается относительно нуля глобальной системы координат.

Манипуляторы рабочих плоскостей

Для удобства работы с рабочими плоскостями в T-FLEX CAD можно использовать специальные манипуляторы.

При выборе рабочей плоскости в 3D сцене вне команды на прямоугольнике её изображения появятся специальные манипуляторы.

Маленькие манипуляторы в виде шариков, расположенных в серединах сторон прямоугольника рабочей плоскости, позволяют быстро изменить видимые границы рабочей плоскости.



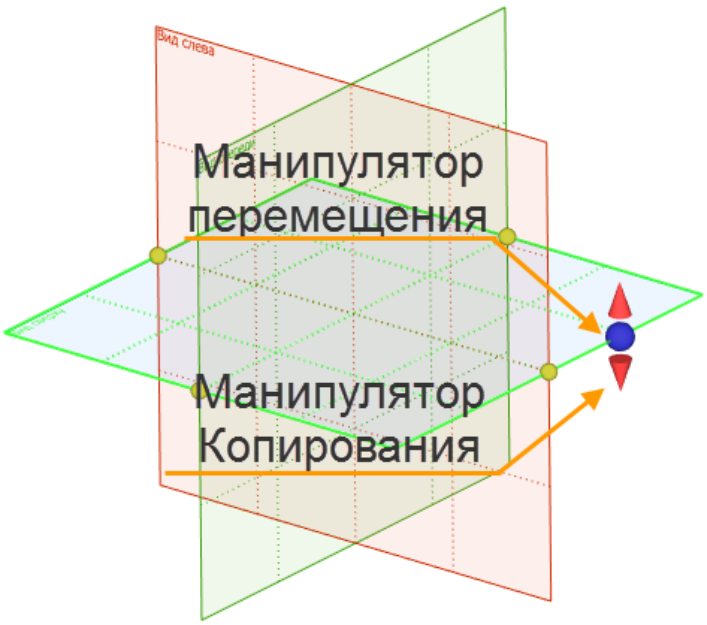
При подведении курсора к такому манипулятору он немного увеличивается в размере. Работать с манипулятором можно двумя способами. Во-первых, можно, указав на манипулятор, нажать .

Выбранная граница плоскости начнёт двигаться вслед за курсором. Повторное нажатие зафиксирует новое положение границы рабочей плоскости. Второй способ – указав на манипулятор, нажать и, не отпуская нажатой клавиши мыши, переместить выбранную границу плоскости в нужное положение. В этом случае для фиксации нового размера рабочей плоскости достаточно отпустить нажатую клавишу мыши.

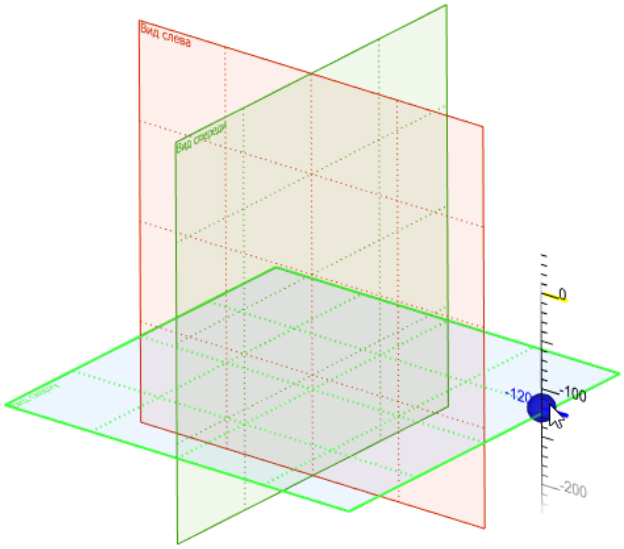
В обоих случаях при активизации манипулятора в системной панели появляются дополнительные элементы для точного задания нового положения редактируемой границы плоскости.

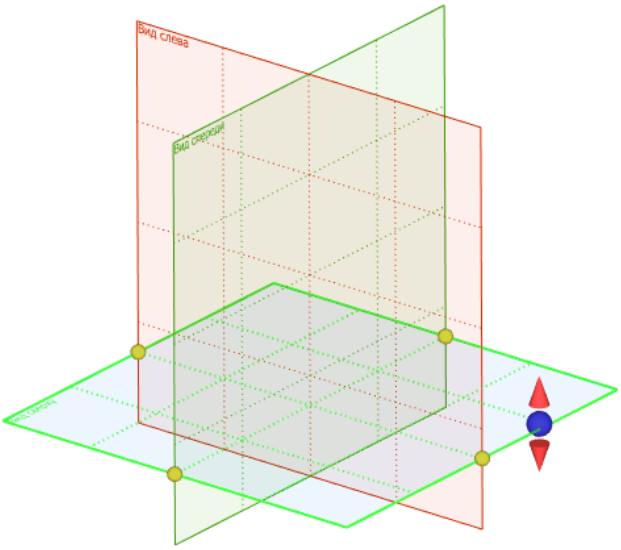


Большой манипулятор, появляющийся в том месте, где находился курсор на момент выбора рабочей плоскости, позволяет быстро перемещать плоскость, а также создавать новые рабочие плоскости. Данный манипулятор фактически состоит из двух: шар в центре – *манипулятор перемещения* – служит для перемещения выбранной плоскости параллельно её исходному положению; конусы – *манипуляторы копирования* – позволяют создать новые плоскости, параллельные выбранной.

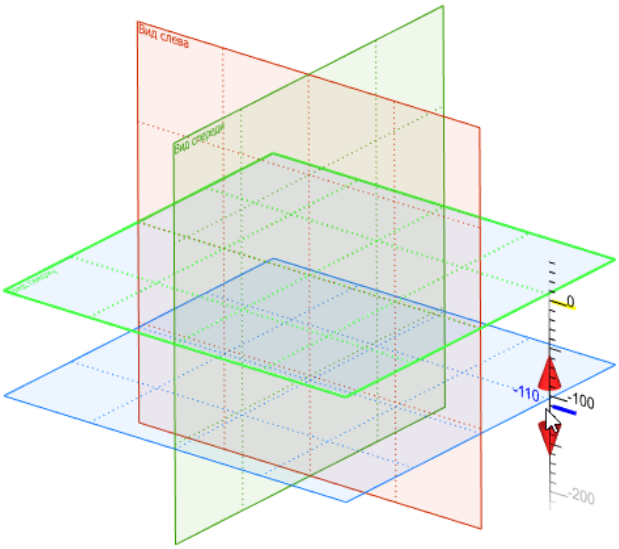


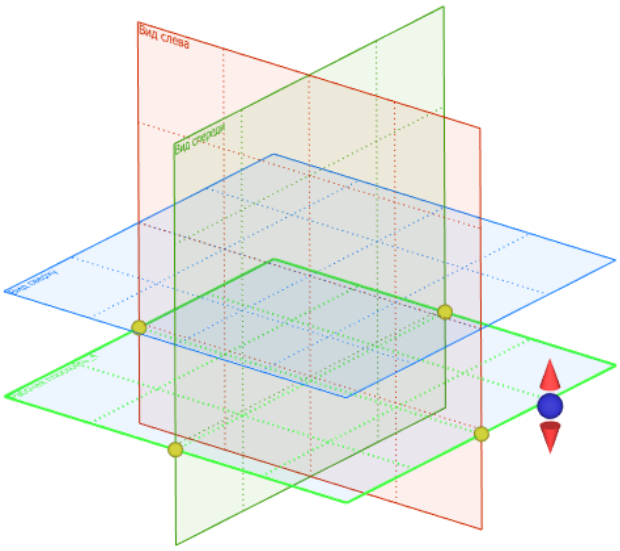
После активизации манипулятора перемещения плоскости изображение редактируемой плоскости "раздваивается". Одна копия остаётся в исходном положении, вторая копия плоскости начинает динамически перемещаться вслед за курсором. Между ними прорисовывается размерная линия, отслеживающая величину смещения плоскости. После повторного нажатия (или после отжатия нажатой клавиши мыши) рабочая плоскость перемещается в заданное положение. Как и в случае изменения границ плоскости, точное значение смещения можно задать в системной панели.





Работа с манипулятором копирования осуществляется схожим образом. Отличие только в том, что в результате в заданное положение помещается не исходная плоскость, а её копия. Таким образом можно создавать любое количество параллельных плоскостей.





Работа с рабочими плоскостями с помощью линеек 3D окна

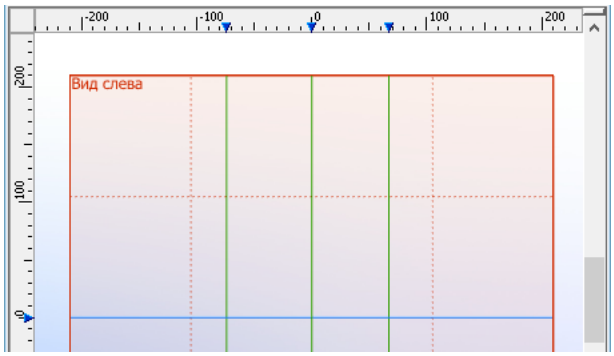
При работе в 3D окне с включёнными линейками существуют дополнительные возможности для быстрого перемещения и копирования рабочих плоскостей.

> Видимостью линеек в 3D окне можно управлять с помощью команды текстового меню Настройка > Окна > Линейка. Также можно использовать одноимённую команду в

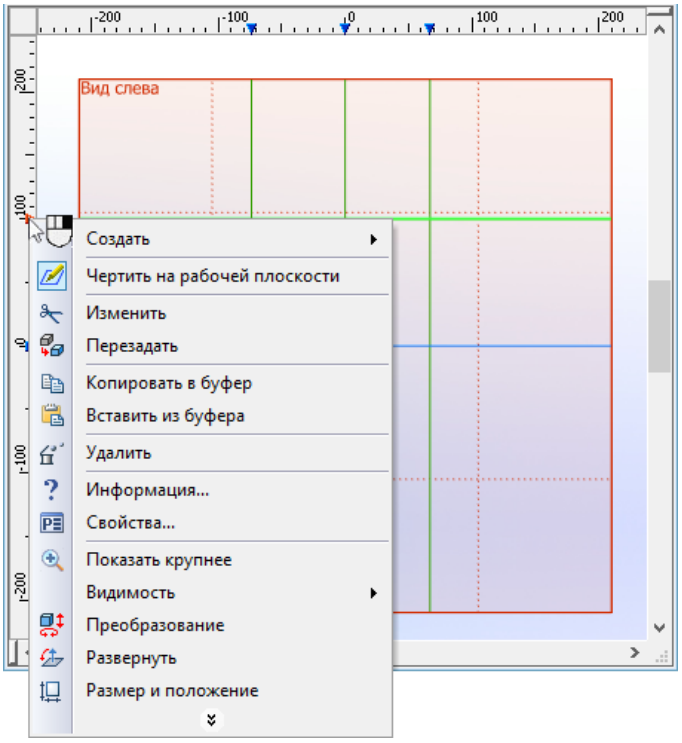
контекстном меню, возникающем при нажатии и указании на одну из инструментальных панелей.

Линейки в 3D окне позволяют быстро оценивать размеры и расстояния в 3D сцене. Координаты, отображаемые на линейках, представляют собой координаты на воображаемой плоскости, параллельной плоскости экрана.

В случае, когда рабочая плоскость расположена ортогонально плоскости текущего 3D вида и занимает в нём вертикальное или горизонтальное положение, специальная метка-маркер на линейке (или) отмечает положение рабочей плоскости.



Метка рабочей плоскости тесно связана с самой рабочей плоскостью. При поведении курсора к знаку метки она меняет цвет на красный. При этом подсвечивается и сама рабочая плоскость. Нажатие на знаке метки вызывает контекстное меню для плоскости, соответствующей данной метке.

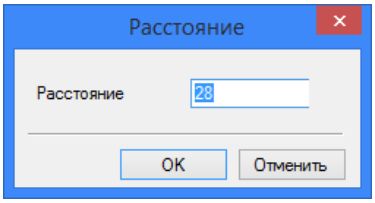


При выборе метки с помощью активизируется режим перемещения/копирования рабочей плоскости. На экране появляется всплывающая динамическая панель, позволяющая задать точное значение смещения плоскости.

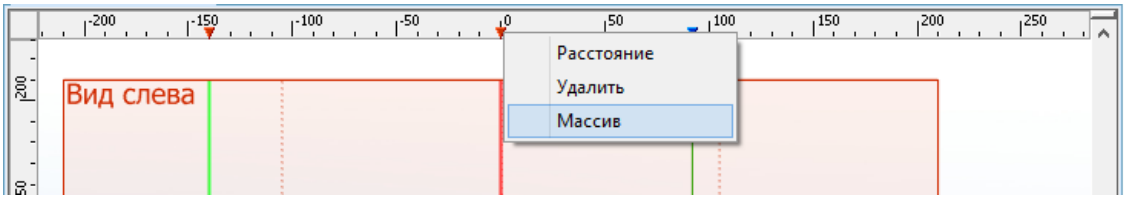
Перемещение выбранной плоскости осуществляется, если после выбора метки с помощью передвигать курсор, не отпуская нажатой клавиши мыши. Для фиксации нового положения рабочей плоскости достаточно отпустить клавишу мыши.

Создание новой рабочей плоскости – копирование – происходит, если после выбора метки с помощью нажатую клавишу мыши отпустить. Повторное нажатие в этом случае зафиксирует положение уже новой рабочей плоскости – копии исходной.

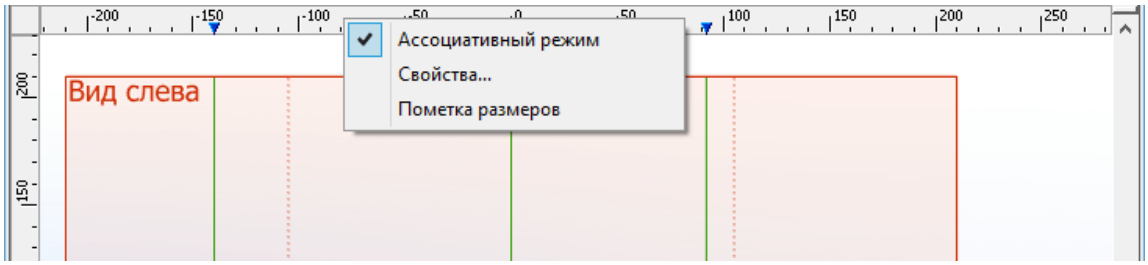
Используя клавиши <Shift> и <Ctrl>, можно выбрать сразу несколько меток. Перемещение и копирование в случае множественного выбора осуществляются так же, как и при выборе одной метки. В контекстном меню будут доступны дополнительные команды:



- **Расстояние** (*доступна только при выборе двух меток*) – команда для быстрого изменения расстояние между рабочими плоскостями. При вызове команды появляется окно “Расстояние”, в котором необходимо указать требуемое значение расстояния. После нажатия **[OK]** система смещает соответствующие рабочие плоскости таким образом, чтобы расстояние между ними стало равно заданному;
- **Равномерно** (*доступна при выборе трёх и более меток*) – данная команда смещает плоскости, связанные с выбранными метками, таким образом, чтобы расстояние между всеми соседними плоскостями стало одинаковым;
- **Массив...** – создать массив плоскостей (*только при выборе двух меток плоскостей*).



В контекстном меню линейки 3D окна доступны две дополнительных команды – **Ассоциативный режим** и **Пометка размеров**.



Флажок “Ассоциативный режим” управляет режимом создания рабочих плоскостей с помощью меток на линейках. При установленном флажке новая рабочая плоскость создаётся со смещением относительно исходной рабочей плоскости. При отключённом флажке положение новой плоскости будет зафиксировано в абсолютных координатах, без привязки к исходной рабочей плоскости.

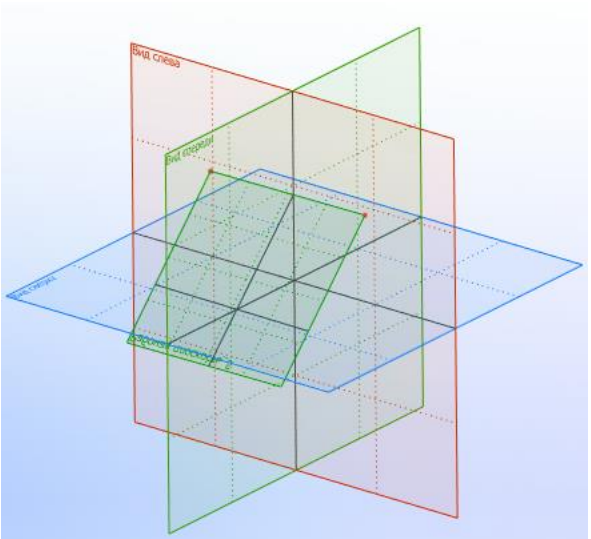
Режим “Пометка размеров” управляет отображением расстояний между плоскостями. При включённом флажке на линейке в виде размеров показываются расстояния выбранных рабочих плоскостей между собой (если выбрано несколько) и до крайних рабочих плоскостей по данной оси.



Сетка рабочих плоскостей

В T-FLEX CAD существует ещё один вспомогательный инструмент для работы с рабочими плоскостями – *сетка рабочих плоскостей*.

Сетка рабочих плоскостей – это совокупность линий пересечения всех рабочих плоскостей модели. Пересечения показываются в виде серых линий. Видимостью сетки управляет команда инструментальной панели “Вид” – **Показать/скрыть сетку рабочих плоскостей** . По умолчанию сетка не отображается.

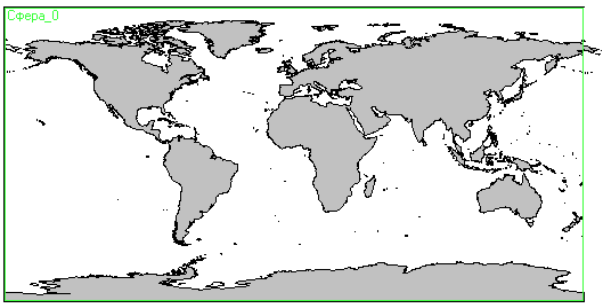


Узлы сетки рабочих плоскостей можно использовать для привязки, выбирая их в качестве геометрических точек в различных 3D операциях. При этом в узлах сетки будут автоматически создаваться 3D узлы.

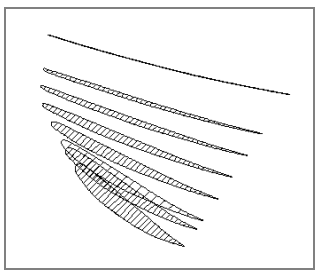
Рабочие поверхности

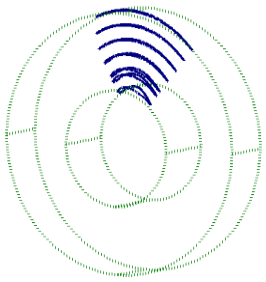
Рабочие поверхности – это вспомогательные 3D элементы, представляющие собой образ геометрической поверхности определённого типа. В качестве таких поверхностей могут использоваться цилиндр, сфера и тор. По функциональному назначению рабочие поверхности схожи с рабочими плоскостями. В основном они предназначены для переноса 2D объектов чертежа в 3D пространство. Каждая рабочая поверхность всегда связана с параметрической областью, расположенной на странице 2D чертежа. На основе плоского 2D изображения, лежащего на данной странице, можно создать вспомогательные 3D элементы (3D узлы, 3D профили, 3D пути), которые будут лежать на соответствующей рабочей поверхности – цилиндре, сфере или торе.

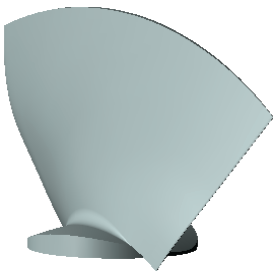
Основное назначение рабочих поверхностей - построение вспомогательных объектов (3D профилей, 3D путей, 3D узлов) для создания деталей с поверхностями двойной кривизны: лопаток турбин, гребных винтов, корпусов кораблей, фюзеляжей летательных аппаратов.











Основные положения

Рабочие поверхности определяются с помощью специальных параметрических систем координат:

- *цилиндрической*;
- *сферической*;
- *тороидальной*.

Отсчёт параметрических координат (их смысл и диапазон зависят от типа поверхности) всегда ведётся относительно ортогональной (декартовой) системы координат. В качестве таковой может

использоваться как мировая система координат, так и специально выбранная локальная система координат (ЛСК).

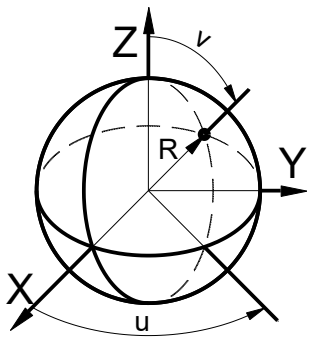
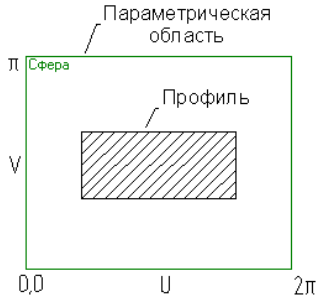
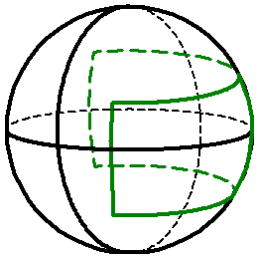
В **цилиндрической системе координат** положение точки определяется тремя параметрами – величиной радиуса цилиндра, смещением вдоль оси цилиндра (оси Z) и углом (или длиной дуги) между осью X и проекцией радиус-вектора точки на плоскость XY.

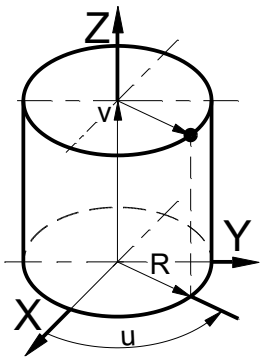
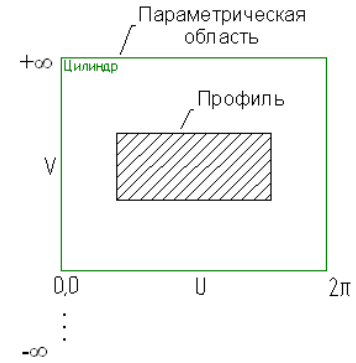
В **сферической системе координат** положение точки определяется тремя параметрами – величиной радиуса сферы, углом между осью X и проекцией радиус-вектора точки на плоскость XY, углом между радиус-вектором и осью Z.

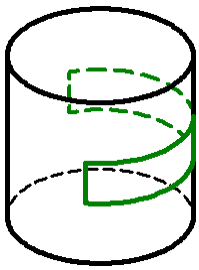
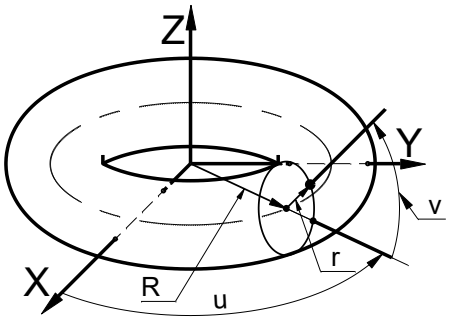
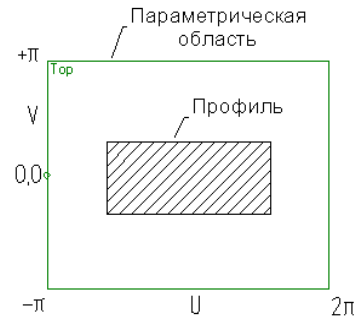
В **тороидальной системе координат** положение точки определяется четырьмя параметрами – двумя определяющими радиусами тора, углом между осью X и проекцией радиус-вектора на плоскость XY, углом в плоскости Z-радиус-вектор.

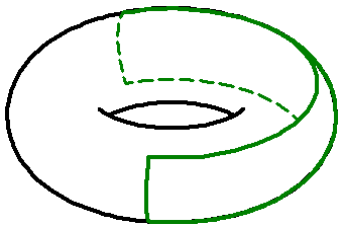
Параметры, задающие радиус цилиндра, сферы, два радиуса тора являются *фиксированными*, т.е. совпадают у точек, принадлежащих одной и той же поверхности. Это константная характеристика данной поверхности. У цилиндра и сферы – один фиксированный параметр-радиус, у тора – два (два радиуса тора).

Таким образом, положение точки поверхности любого типа в специальной системе координат фактически определяется двумя параметрическими ортогональными координатами (*U* и *V*). Благодаря этому любую из специальных систем координат можно связать с прямоугольной областью на плоскости (*параметрической 2D областью*). 2D область будет представлять собой "развертку" поверхности на плоскость (согласно формулам преобразования UV-координат в декартовы координаты для выбранного типа поверхности), играя ту же роль, что и изображение рабочей плоскости на странице 2D чертежа. Кроме того, 2D область будет определять диапазон изменения UV-координат. Введение параметрической 2D области позволяет работать с поверхностью как с обычной рабочей плоскостью.

Графическая Иллюстрация	**Параметрическая 2D область**	**Профиль в 3D**
Сферическая система координат		
	 U – угол от оси X (0-2π) V – угол от оси Z (0-π) R – радиус сферы	

<table>
<tr><td colspan="3">Цилиндрическая система координат</td></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>

U – угол от оси X (0-2π) или длина дуги от оси X (0-2πR)
V – координата Z (-∞,+∞)
R – радиус цилиндра</td>
<td></td>
</tr>
<tr><td colspan="3">Тороидальная система координат</td></tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>

U – угол от оси X (0-2π)
V – угол от радиус-вектора R в плоскости ZOR (-π,+π)
R – большой радиус тора,
r – малый радиус тора</td>
<td></td>
</tr>
</table>

Данные, необходимые для создания рабочей поверхности

При создании рабочей поверхности любого типа задаются:

Параметрическая 2D область (прямоугольная область на 2D чертеже) – развёртка создаваемой поверхности на плоскость;

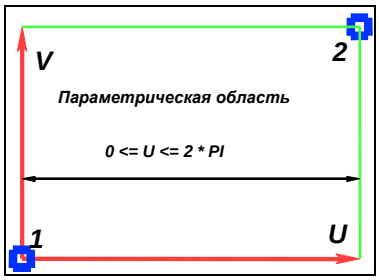
Значение фиксированного параметра для данной поверхности (радиуса сферы или цилиндра, двух радиусов тора);

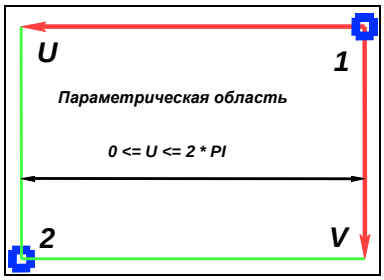
Исходная декартова система координат (мировая система координат или произвольная ЛСК), относительно которой задаются параметрические координаты поверхности.

Параметрическая область

Параметрическая 2D область рабочей поверхности задаётся на одной из 2D страниц текущего документа. Размер и положение параметрической области в единицах чертежа определяются системой автоматически либо задаются пользователем (указанием двух 2D узлов как противолежащих углов области). Размеры области в параметрических координатах всегда постоянны и зависят от типа создаваемой поверхности (приведены в таблице выше). Диапазон области по оси *X* отображается в допустимый диапазон параметра *U*, по оси *Y* – в *V* (допускается также обратный вариант).

В тех случаях, когда положение и размер параметрической области задаются пользователем (выбором двух 2D узлов), направление осей рабочей поверхности определяется порядком выбора и положением узлов. На рисунках ниже приведены варианты направления UV-осей в зависимости от порядка выбора узлов.

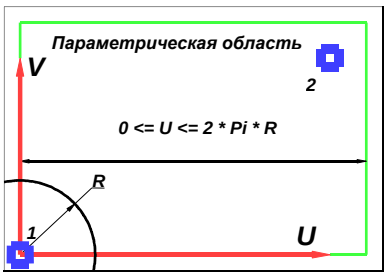




При автоматическом задании параметрической 2D области рабочей поверхности оси всегда направлены как на рисунке справа.

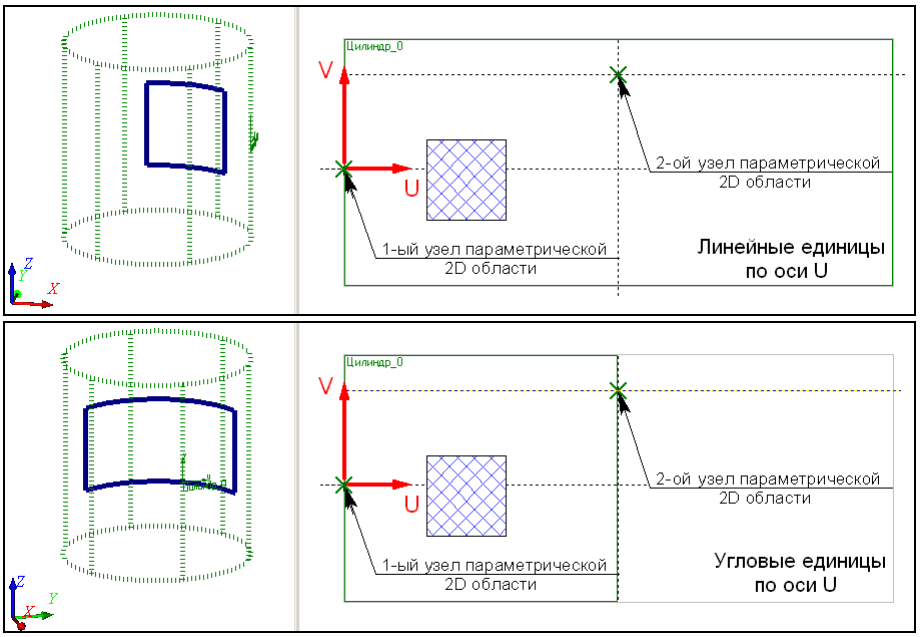
В сферической и тороидальной системах координат по обеим параметрическим осям откладываются угловые координаты. Цилиндрическая система координат – исключение. Благодаря тому, что цилиндр “разворачивается” в плоскость без искажений, в цилиндрической системе координат есть возможность использовать линейные величины. По её оси V линейные единицы откладываются всегда, а единицы оси U могут быть как угловыми (угол между радиус-вектором и осью X), так и линейными (U – линейное расстояние на развертке цилиндра).

При использовании линейных единиц по оси U цилиндрической системы координат второй 2D узел задаёт только ориентацию осей. Размер параметрической области по оси U в таком случае равен $2\pi R$, где R – радиус окружности. На рисунке ниже приведён вариант задания параметрической области для цилиндрической поверхности, когда по обеим осям её системы координат откладываются линейные единицы.

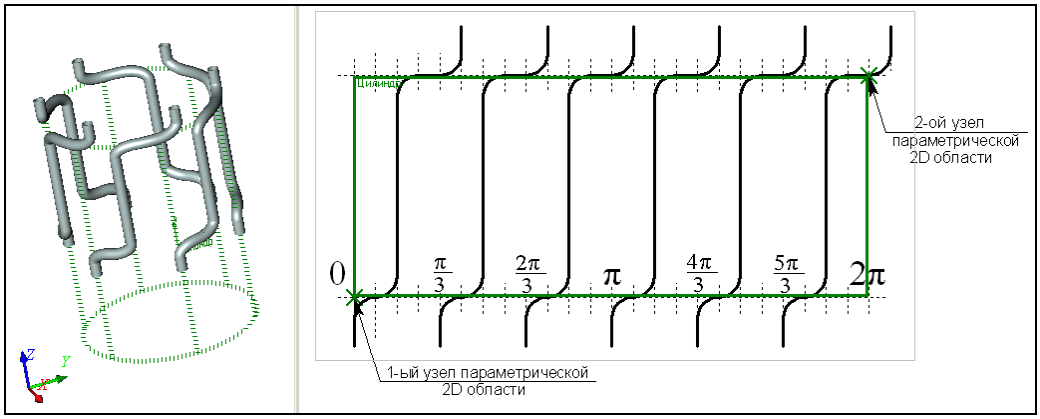


При работе с угловыми единицами по оси U в цилиндрической системе координат используются оба узла. Линейное расстояние между двумя узлами вдоль оси U считается равным угловому расстоянию 2π. Все линейные координаты в этом направлении будут пересчитываться в угловые с учётом этой величины.

Выбор используемых единиц по оси U – линейных или угловых – зависит от конкретной задачи. Если 2D построения, которые требуется перенести на цилиндрическую рабочую поверхность, описаны в линейных единицах, удобнее задавать линейные единицы по обеим осям цилиндрической системы координат. В этом случае 2D построения будут перенесены в 3D пространство с сохранением всех соотношений между ними. Использование угловых единиц в такой ситуации приведёт к появлению искажений при переходе от 2D к 3D. В качестве иллюстрации можно рассмотреть простой пример с созданием 3D профиля на цилиндрической рабочей поверхности по 2D штриховке квадратной формы. Хорошо видно, что при использовании угловых единиц по оси U форма профиля далека от квадрата, в то время как при линейных единицах 3D профиль повторяет форму штриховки.

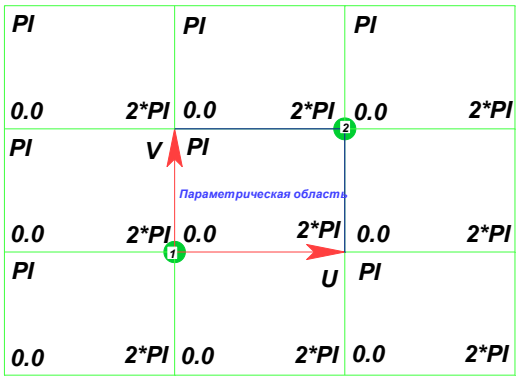


Угловые единицы по оси U цилиндрической системы координат имеет смысл использовать в тех случаях, когда исходные 2D построения описаны с использованием угловых величин. Например, в следующем примере исходные 2D данные для построения модели теплообменника были заданы в угловых расстояниях по окружности цилиндра. Использование угловых единиц (при правильном задании границ параметрической области рабочей поверхности) позволяет легко получить требуемый результат.

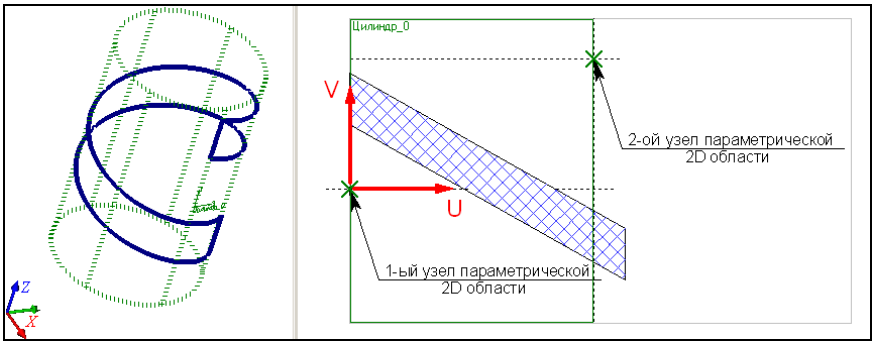


Для удобства работы с угловыми единицами расстояние между 2D узлами вдоль оси U должно быть таково, чтобы суммарная ширина параметрической области по оси U (т.е. соответствующее расстояние между задающими её границы узлами) была кратна 360 (при работе в градусах) или 2π (при использовании радиан).

При работе с рабочими поверхностями любого типа следует учитывать следующее: все рабочие поверхности – цилиндр, тор, сфера – являются периодическими по одному или обоим UV-параметрам. Поэтому параметрическая область в направлении, по которому поверхность периодична, циклически повторяется. Рисунок ниже иллюстрирует повторяемость параметрической 2D области для сферической и тороидальной поверхностей.



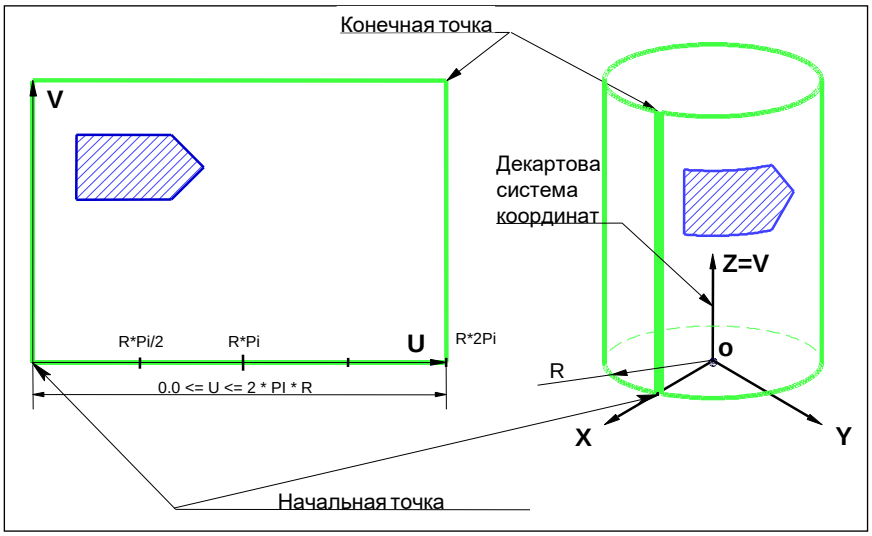
У цилиндрической поверхности параметрическая 2D область повторяется только по оси U.



Фиксированный параметр и декартова система координат рабочей поверхности

Значение фиксированного параметра (в случае тора – двух параметров) задаётся числовым значением. При построении рабочей поверхности по существующей геометрической поверхности значение фиксированного параметра определяется заданным смещением относительно радиуса исходной геометрической поверхности.

Положение рабочей поверхности в пространстве задаётся выбором декартовой системы координат, относительно которой будут отсчитываться параметрические координаты. В качестве такой системы может быть выбрана произвольная ЛСК. Если локальная система координат не указана, то используется мировая система координат.



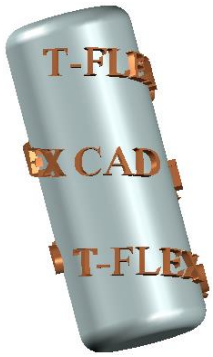
В случае построения рабочей поверхности по существующей геометрической поверхности в качестве декартовой системы координат используется система координат исходной геометрической поверхности.

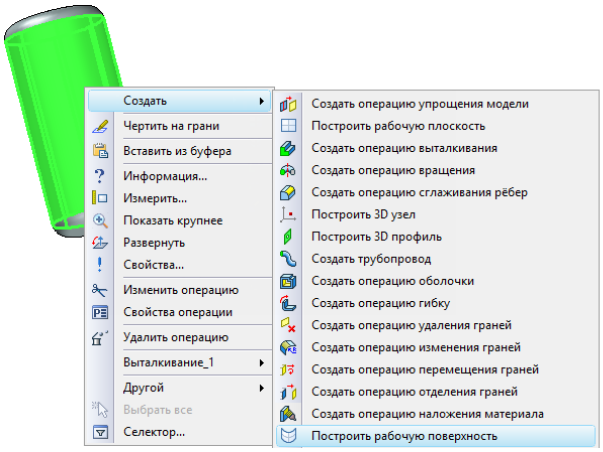
Знакомство с рабочими поверхностями

Для того, чтобы понять, как создаются и используются рабочие поверхности, рассмотрим небольшой пример.

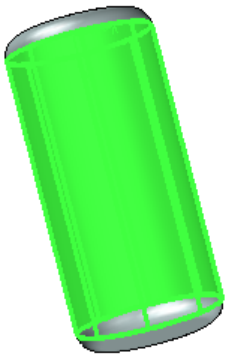
Допустим, нам необходимо нанести текст на цилиндрическую грань тела. Чтобы сделать это, построим цилиндрическую рабочую поверхность, совпадающую с поверхностью цилиндрической грани тела. Затем на этой поверхности можно создать 2D элемент-текст, а по нему сделать 3D профиль и тело, имитирующее текст.

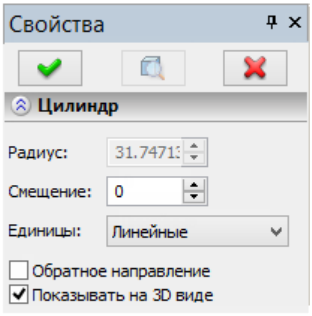
Для создания рабочей поверхности укажите в 3D окне цилиндрическую грань исходного тела и вызовите для неё контекстное меню. В контекстном меню выберите команду **Создать** > **Построить рабочую поверхность**.





В результате будет запущена команда **3SU: Построить рабочую поверхность**.





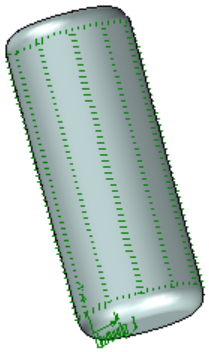
При входе в команду будет автоматически выбрана цилиндрическая грань. Для создания рабочей поверхности достаточно нажать . В результате будет создана цилиндрическая рабочая поверхность, совпадающая по радиусу и положению в пространстве с исходной гранью, точнее – с её геометрической поверхностью.

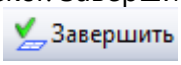
В окне свойств команды отражаются параметры создаваемой поверхности. Менять их не нужно.

Параметр “Смещение” задаёт разницу в радиусе исходной грани и создаваемой поверхности. По умолчанию стоит нужное нам значение “0”.

Параметр “Единицы” определяет, какие единицы будут откладываться по оси U. Здесь также нужно оставить установленное по умолчанию значение “Линейные”.

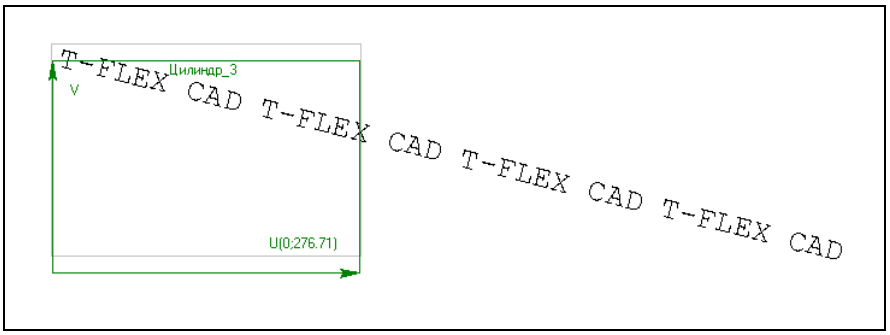
Итак, рабочая поверхность создана. Теперь нужно создать на ней 3D профиль-текст. Для этого выберите созданную поверхность и вызовите для неё с помощью  контекстное меню. В меню надо выбрать команду **Чертить на рабочей плоскости**. Откроется отдельное окно с 2D страницей чертежа, соответствующей выбранной рабочей поверхности. Рамкой на странице будет обозначена параметрическая 2D область рабочей поверхности.

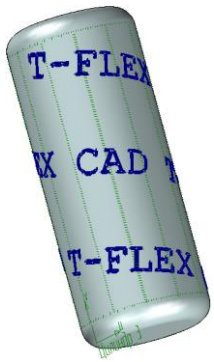


Создадим на 2D странице требуемый текст. Завершим режим черчения на активной рабочей поверхности, нажав 

в панели управления активной рабочей плоскостью (в данном случае поверхностью).

При выходе из режима черчения на активной рабочей поверхности на основе 2D текста будет автоматически создан 3D профиль.





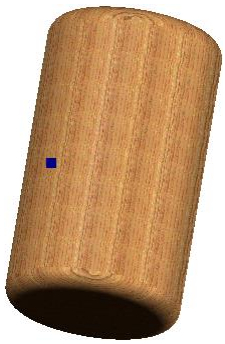
Осталось вытолкнуть 3D профиль на требуемую высоту и выполнить булеву операцию сложения для получившегося тела и исходного цилиндра.

Рассмотрим ещё один пример. В нём необходимо нанести текст на табличку цилиндрической формы с отступом на заданное расстояние от краёв таблички.



В этом примере будут использованы две рабочие поверхности. Первую построим по цилиндрической грани исходного тела. На ней создадим 3D профиль контура таблички. Вторую рабочую поверхность построим по внешней грани таблички. На этой рабочей поверхности будет создан 3D профиль-текст.

Отличием этого примера от предыдущего является то, что в данном случае необходимо точно знать, как расположены друг относительно друга рабочие поверхности и их исходные грани. Без этого невозможно будет точно разместить табличку на цилиндрическом теле и текст – на табличке.



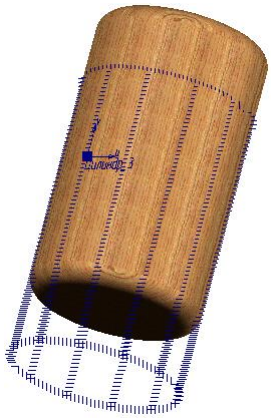
Для точной привязки рабочей поверхности можно использовать дополнительную 3D точку. В эту точку помещается начало координат поверхности.

Создадим на грани исходного тела 3D узел в том месте, где должен быть расположен левый нижний угол таблички. Далее необходимо, как в предыдущем примере, выбрать цилиндрическую грань исходного тела, вызвать для неё контекстное меню и запустить команду **Создать/Построить рабочую поверхность**.

Параметры создаваемой рабочей поверхности, установленные по умолчанию, менять снова не будем. Но прежде чем подтвердить создание поверхности, включим в автоменю опцию:

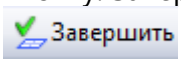
	<1>	Выбрать точку начала отсчёта

С помощью данной опции выберем созданный ранее 3D узел. В точки его проекции на поверхность будет расположено начало координат поверхности.

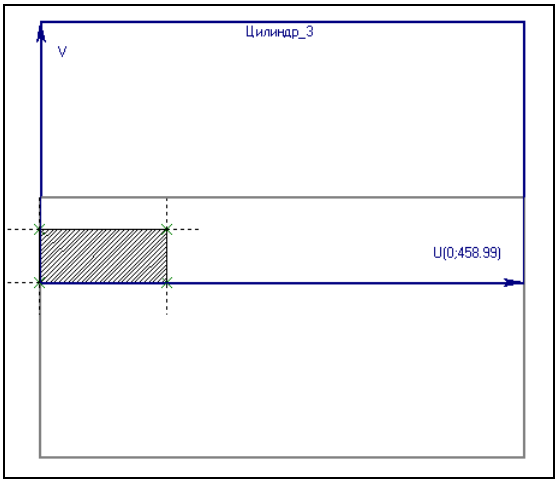


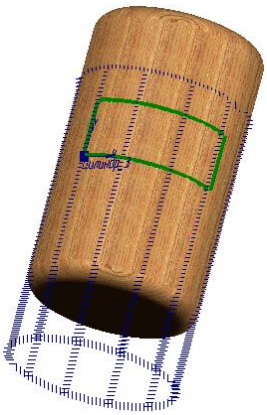
После выбора 3D узла можно завершить создание рабочей поверхности нажатием . После этого выберем рабочую поверхность и вызовем из её контекстного меню команду **“Чертить на рабочей плоскости”**. Как и в предыдущем примере, после вызова команды откроется отдельное окно с 2D страницей чертежа, соответствующей выбранной рабочей поверхности.

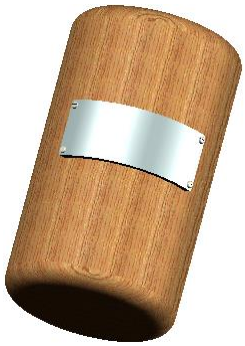
Рамкой на странице будет обозначена параметрическая 2D область рабочей поверхности. Начало координат рабочей поверхности (левый нижний угол рамки) соответствует 3D узлу, задающему положение левого нижнего угла будущей таблички.

Взяв левый нижний угол рамки за базовую точку, создадим необходимые 2D построения для создания контура таблички. Для создания 3D профиля необходимо нанести линии изображения и/или штриховку. Завершим работу в режиме черчения на активной рабочей поверхности нажатием 

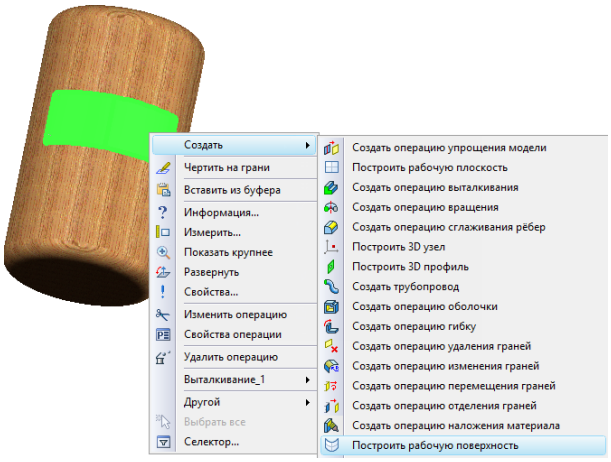
в панели управления активной рабочей плоскостью. При выходе из режима черчения на рабочей поверхности автоматически будет создан 3D профиль для таблички. Тело таблички создаётся выталкиванием полученного 3D профиля.



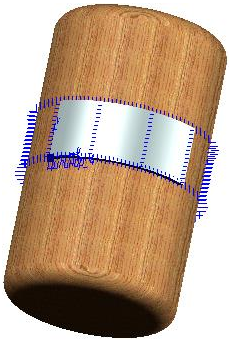




Для создания текста на табличке построим вторую рабочую поверхность. Построение будет происходить так же, как и в предыдущем случае. Для задания начала координат поверхности выберем одну из вершин (левую нижнюю) верхней грани таблички.

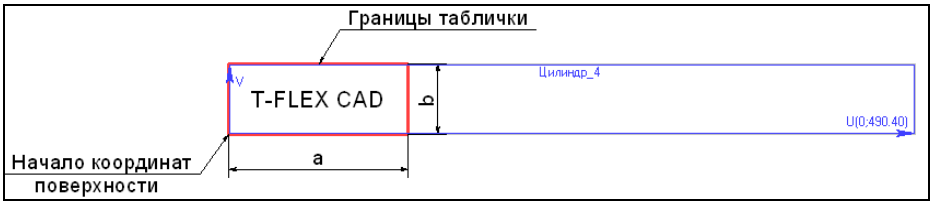






После создания второй рабочей поверхности войдём в режим черчения на ней (команда “Чертить на грани” в контекстном меню поверхности). На странице рабочей поверхности отметим границы таблички. Затем в требуемом месте таблички нанесём 2D текст.





Дальше на основе 2D текста создаётся 3D профиль на рабочей поверхности. Профиль выталкивается и выполняется булева операция сложения с телом таблички.



В описанном примере для точного расположения контура 3D профиля на рабочей поверхности мы использовали выбор 3D точки в качестве начала координат рабочей поверхности. Той же цели можно было добиться, если использовать другой способ.

Работа в режиме черчения на активной рабочей поверхности (команда **Чертить на рабочей плоскости** в контекстном меню) почти во всём аналогична работе в подобном режиме с рабочей плоскостью. Разница лишь в том, что чертить на рабочей плоскости можно как в 2D окне, так и прямо в 3D окне. Для рабочей поверхности доступен лишь режим черчения в 2D окне. Однако все остальные возможности данного режима доступны и для рабочей поверхности, в том числе и возможность спроецировать 3D точку на активную плоскость/поверхность.

Для нашего примера можно было не выбирать дополнительные 3D узлы в качестве начала координат рабочих поверхностей, а проецировать их в режиме черчения на поверхности. Далее можно создавать все базовые построения контуров 3D профилей относительно получившихся 2D узлов-проекций.

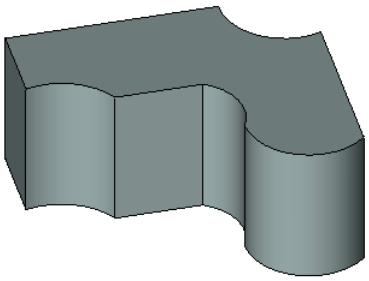
Способы создания рабочих поверхностей

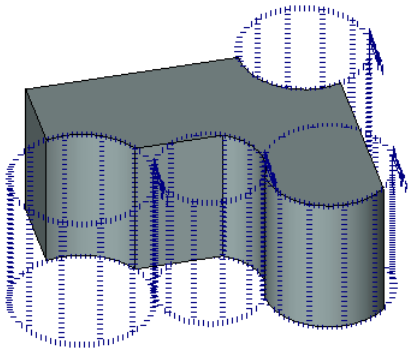
Существует три способа создания рабочей поверхности:

1. Создание рабочей поверхности по существующей геометрической поверхности соответствующего типа (поверхности под гранью, 3D профилем, другой рабочей поверхностью). Этот способ был применён в описанных выше примерах.
2. Создание произвольной рабочей поверхности (т.е. без привязки к имеющимся в 3D модели геометрическим поверхностям) в 3D окне.
3. Создание произвольной рабочей поверхности на основе 2D построений (в 2D окне).

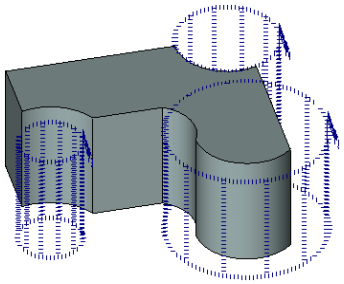
Рабочая поверхность на основе существующей геометрической поверхности

Создание рабочей поверхности по существующей геометрической поверхности осуществляется в 3D окне. В качестве исходных данных указывается 3D объект, связанный с данной геометрической поверхностью. В результате создаётся рабочая поверхность, совпадающая с исходной геометрической поверхностью.

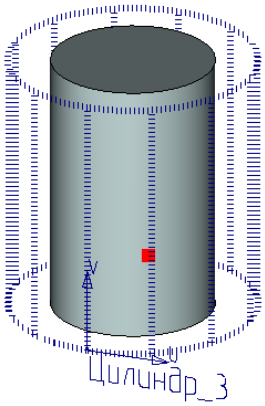




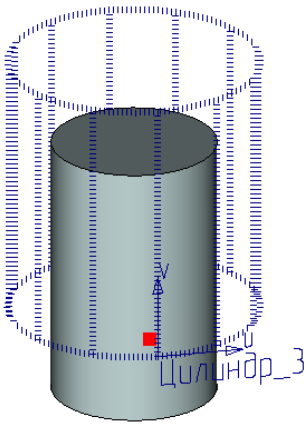
Дополнительно можно указать величину смещения (для тора – двух смещений), определяющего разницу между радиусом исходной и создаваемой поверхностей. В этом случае будет создана рабочая поверхность, эквидистантная к исходной геометрической поверхности.



В качестве декартовой системы координат для созданной рабочей поверхности используется система координат исходной геометрической поверхности. Уточнить положение системы координат создаваемой рабочей поверхности можно выбором дополнительной 3D точки. Точка будет определять начало координат рабочей поверхности (т.е. направление оси X её декартовой системы координат). Для сферической рабочей поверхности задаются две 3D точки – одна определяет направление оси X, а вторая уточняет направление Z (и, соответственно, оси Y).



Без выбора дополнительной 3D точки



С выбором дополнительной 3D точки (задана 3D узлом на грани)

Для созданной рабочей поверхности автоматически создаётся отдельная 2D страница типа “Рабочая плоскость”. Размер форматки страницы системой определяется автоматически по размеру 3D объекта, с помощью которого была задана исходная геометрическая поверхность. Параметрическая 2D область рабочей поверхности также создаётся автоматически. Её размер совпадает с размером форматки страницы.

Созданная рабочая поверхность по умолчанию отображается в 3D окне.

Произвольная рабочая поверхность

Произвольная рабочая поверхность также создаётся в 3D окне. Для создания рабочей поверхности этим способом необходимо указать тип и радиус (для тора – два радиуса) создаваемой поверхности.

Дополнительно можно указать ЛСК, относительно которой будут отсчитываться параметрические координаты рабочей поверхности.

Как и в предыдущем способе, для такой рабочей поверхности автоматически создаётся отдельная 2D страница типа “Рабочая плоскость” и размещённая на ней параметрическая 2D область рабочей поверхности. Размеры форматки страницы и параметрической 2D области рабочей поверхности определяются системой автоматически.

Рабочие поверхности этого типа также по умолчанию отображается в 3D окне.

Рабочая поверхность на основе 2D построений (в 2D окне)

Создание рабочей поверхности этого типа осуществляется в 2D окне, на уже существующей странице чертежа любого типа. Для создания поверхности необходимо задать границы (два противолежащих угла) её параметрической 2D области. Границы области задаются с помощью двух 2D узлов. Расположение и порядок выбора 2D узлов определяют направление параметрических осей рабочей поверхности. Кроме того, задаётся радиус (для тора – два радиуса) создаваемой поверхности.

Дополнительно можно указать ЛСК, относительно которой будут отсчитываться параметрические координаты рабочей поверхности.

Рабочая поверхность данного типа может быть создана на 2D странице, уже связанной с другими рабочими поверхностями или плоскостями. В этом случае границы параметрической 2D области используются системой для автоматического определения принадлежности лежащих на данной странице 2D элементов конкретной рабочей поверхности/плоскости (при создании 3D элементов – 3D профилей, 3D путей).

Если со страницей 2D чертежа связано несколько рабочих поверхностей/плоскостей, активизировать их невозможно.

Правила создания рабочих поверхностей

Для создания рабочих поверхностей используются команда **"3SU: Построить рабочую поверхность"**.

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → Поверхность
Клавиатура	Текстовое меню
<3SU>	Построения > Рабочая поверхность

После вызова команды в автоменю доступны следующие опции:

	<S>	Выбрать поверхность
	<1>	Сферическая система координат

	<2>	Цилиндрическая система координат
	<3>	Тороидальная система координат

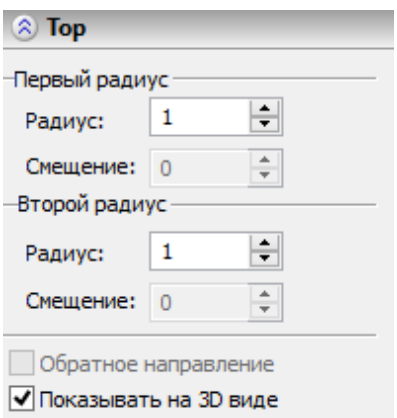
Первая опция –  – позволяет построить рабочую поверхность по существующей геометрической поверхности.

Остальные три опции – ,  и  – используются для построения как произвольной рабочей поверхности в 3D окне, так и рабочей поверхности на основе 2D построений (в 2D окне). То, каким образом будет создаваться рабочая поверхность, зависит от того, откуда была вызвана команда **3SU: Построить рабочую поверхность** – из 3D окна или из 2D окна.

Создание рабочей поверхности по существующей геометрической поверхности

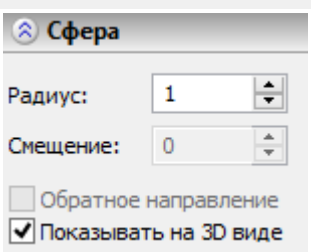
Для того, чтобы создать рабочую поверхность по уже существующей геометрической поверхности, используется опция . Она включена по умолчанию. При включённой опции выберите в 3D окне или в дереве модели 3D объект, способный определить поверхность цилиндрического, сферического или тороидального типа. Это может быть грань соответствующего типа, 3D профиль, уже существующая рабочая поверхность.

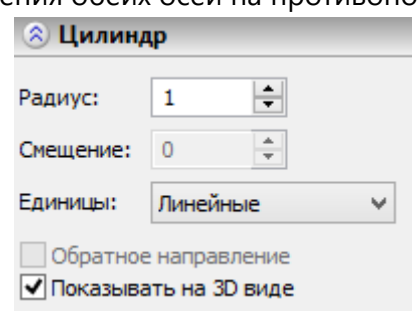
После выбора исходного 3D объекта система самостоятельно определит, рабочая поверхность какого типа будет создана. В окне свойств команды появится диалог для задания параметров данной рабочей поверхности.



В зависимости от типа создаваемой рабочей поверхности в окне свойств можно задать значения одного или двух смещений. Смещения определяют разницу между радиусом исходной геометрической поверхности и радиусом создаваемой рабочей поверхности.

Исходное направление осей координат рабочей поверхности совпадает с направлением осей исходной поверхности. Установив флажок **Обратное направление** в окне свойств, можно быстро изменить направления обеих осей на противоположные.





В автоменю дополнительно доступна опция выбора 3D точки для задания начала координат рабочей поверхности:

	<1>	Выбрать точку начала отсчёта

При создании сферической рабочей поверхности в автоменю доступна ещё одна опция – для задания второй 3D точки, уточняющей направление осей Z и Y декартовой системы координат:

	<2>	Выбрать полюс

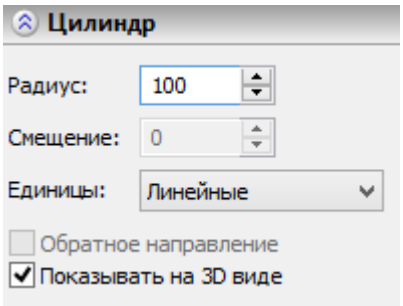
Отменить выбор 3D точки (3D точек) можно с помощью опции:

	<D>	Отменить выбор точек, задающих ориентацию поверхности

Создание произвольной рабочей поверхности (в 3D окне)

Для создания рабочей поверхности такого типа команда **3SU: Построить рабочую поверхность** должна быть вызвана из 3D окна. После входа в команду необходимо указать тип создаваемой поверхности, выбрав соответствующую опцию автоменю (,  или ).

После выбора типа поверхности команда войдёт в режим создания рабочей поверхности выбранного типа. В окне свойств команды необходимо задать радиус создаваемой поверхности (или два радиуса – для тора). После задания радиуса(-ов) можно сразу завершить создание поверхности, нажав  (в автоменю или в окне свойств команды).



Для задания ЛСК, относительно которой будут отсчитываться параметрические координаты рабочей поверхности, используется опция:

	<L>	Выбрать систему координат

Отменить выбор локальной системы координат позволяет опция:

	<D>	Отменить выбор системы координат

Параметрическую 2D область создаваемой рабочей поверхности система задаст самостоятельно (на отдельной странице чертежа типа “Рабочая плоскость”). При необходимости границы параметрической 2D области создаваемой рабочей поверхности можно задать самостоятельно с помощью узлов на той же или другой 2D странице. Для этого используются те же опции, что и при создании рабочей поверхности на основе 2D построений.

Создание произвольной рабочей поверхности на основе 2D построений (в 2D окне)

Для создания рабочей поверхности такого типа необходимо вызвать команду **3SU: Построить рабочую поверхность** из 2D окна. После входа в команду, так же как и в предыдущем случае, надо указать тип создаваемой поверхности (опция ,  или ).

После этого необходимо задать параметрическую 2D область создаваемой рабочей поверхности. Если на текущей 2D странице ещё нет рабочих поверхностей или плоскостей, то система выберет границы области самостоятельно по размеру форматки страницы. Если же текущая страница чертежа уже связана с рабочими поверхностями или плоскостями, или когда выбор системы не удовлетворяет, границы параметрической 2D области задаются выбором двух 2D узлов с помощью опций:

	<F>	Выбрать 2D узел как начало координат параметрической области
	<S>	Выбрать 2D узел, задающий вторую границу области

При выборе начальной и конечной точек их координаты не должны совпадать. Иначе невозможно будет определить ориентацию осей U и V.

По умолчанию диапазон параметрической области по оси *X* отображается в диапазон параметра *U*, по оси *Y* – в *V*. Изменить это можно с помощью опции:

	<3>	Изменить соответствие координатных осей и параметров

Значение фиксированного параметра создаваемой рабочей поверхности (радиуса поверхности) задаётся в окне свойств команды.

Если рабочая поверхность должна быть создана относительно какой-то локальной системы координат, нужно воспользоваться опцией:

	<L>	Выбрать целевую систему координат

Для отмены выбора локальной системы координат служит опция:

	<D>	Отменить выбор целевой системы координат

Визуальные границы рабочей поверхности на чертеже по умолчанию совпадают с заданными границами параметрической 2D области. Изменить визуальные границы можно с помощью опций:

	<B>	Задать границы рабочей поверхности
	<Tab>	Изменить границы рабочей поверхности

	<K>	Отменить границы

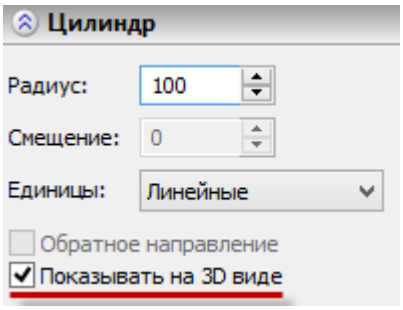
Данные опции работают точно так же, как и для обычных рабочих плоскостей.

По умолчанию созданная рабочая поверхность этого типа не будет отображаться в 3D сцене. Для того, чтобы она появилась в 3D окне, необходимо установить флажок **Показывать на 3D виде** в окне свойств команды.

Завершить создание рабочей поверхности можно, нажав  (в автоменю или в окне свойств команды).

Отображение рабочих поверхностей в 3D сцене

В окне свойств при создании/редактировании и диалоге параметров любой геометрической поверхности есть дополнительный флажок **Показывать на 3D виде**. Этот флажок управляет видимостью данной рабочей поверхности в 3D сцене. По умолчанию он включён, т.е. рабочая поверхность будет видна в 3D сцене. При отключённом флажке рабочая поверхность в 3D сцене отображаться не будет.



3D узлы

3D узел – это элемент T-FLEX CAD, обозначающий точку в трёхмерном пространстве. Основное применение 3D узлы находят в качестве точек для привязки других трёхмерных объектов: дополнительных рабочих плоскостей, профилей, локальных систем координат и т.д. С помощью 3D узлов можно задавать объекты, необходимые для выполнения операций, например, вектор выталкивания, ось вращения.

Существует несколько типов 3D узлов. Их можно разделить на три основные группы: узлы, создаваемые на основе уже существующих 3D элементов, узлы, задаваемые в абсолютных координатах и узлы, создаваемые на основе 2D узлов.

Размер 3D узлов при отображении их в 3D сцене устанавливается в команде **“ST: Задать параметры документа”** на закладке **“3D”**.

Способы создания узлов

Для создания 3D узла используется команда **“3N: Построить 3D узел”**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → 3D узел
Клавиатура	Текстовое меню
<3N>	Построения > 3D узел

Данная команда позволяет построить следующие типы 3D узлов:

1) На основе уже существующих 3D элементов:
   - ✓ 3D узлы;
   - ✓ Вершины;
   - ✓ ЛСК;
   - ✓ 3D профили/пути;
   - ✓ Рёбра;
   - ✓ Рабочие плоскости;
   - ✓ Грани;
   - ✓ Операции;
   - ✓ В центре эллиптического ребра;
   - ✓ В центре сферы или тора;

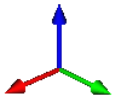
- ✓ На пересечении элементов;
- ✓ По наименьшему расстоянию между элементами;
- ✓ По граням и смещениям;
- ✓ В центре масс;
- ✓ На пересечении трёх плоскостей;

2) В абсолютных координатах;

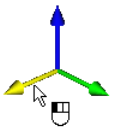
3) По двум проекциям.

Использование манипулятора при создании 3D узла

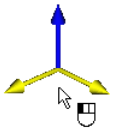
При создании 3D узла в абсолютных координатах, относительно другого 3D узла, вершины или ЛСК, а также относительно центра эллиптического ребра или сферической/тороидальной поверхности для задания координат или смещений по осям можно пользоваться манипулятором в виде системы координат. Этот манипулятор позволяет перемещать 3D узел вдоль одной из осей или вдоль двух осей одновременно.



Манипулятор для задания положения 3D узла



Выбор оси манипулятора для перемещения вдоль одной из координатных осей



Выбор двух осей манипулятора для перемещения вдоль двух координатных осей одновременно

Для перемещения 3D узла вдоль одной из осей достаточно подвести курсор к одной из осей манипулятора узла. Соответствующая ось будет подсвечена *жёлтым цветом* (по умолчанию). После нажатия выбранная ось становится *розовой* (по умолчанию) и манипулятор начинает динамически перемещаться вдоль выбранной оси вслед за курсором. Повторное нажатие фиксирует манипулятор (и обозначаемый им 3D узел) в месте клика.

Перемещение создаваемого узла вдоль двух осей одновременно происходит аналогично. Для этого достаточно подвести курсор к манипулятору, расположив его между двух осей. Оси при этом будут подсвечены. После нажатия манипулятор начинает динамически перемещаться вслед за курсором в плоскости выбранных осей. Повторное нажатие зафиксирует его в новом месте.

Перемещения манипулятора создаваемого 3D узла приводят к изменениям значений координат (смещений) узла в окне свойств. И, наоборот, изменение координат 3D узла в диалоге приводит к перемещению манипулятора узла.

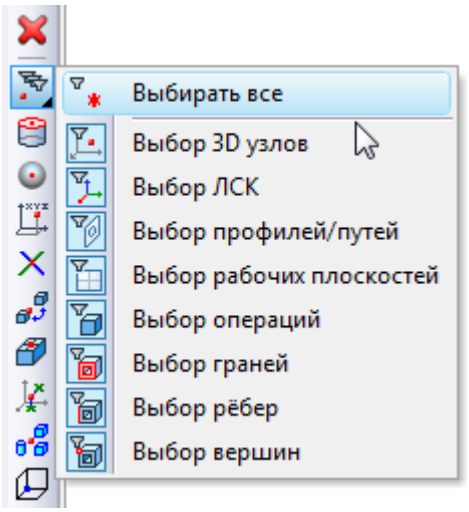
Основные способы создания узла на 3D элементе или относительно 3D элемента

Большинство наиболее часто используемых способов создания 3D узла на основе существующих 3D элементов объединяет в себе опция автоменю:

	<S>	На элементе или относительно элемента

Опция становится активной сразу при входе в команду. Для создания 3D узла на основе 3D элемента достаточно указать в 3D сцене или в дереве модели требуемый 3D элемент. В качестве такого 3D элемента можно выбрать уже существующий 3D узел, ЛСК, 3D профиль или путь, рабочую плоскость, операцию, грань, ребро или вершину тела. При выборе 3D элементов следует обращать внимание на состояние фильтров выбора элементов в выпадающем списке опции  или в системной панели.

В зависимости от заданного элемента будет меняться вид автоменю и диалога в окне свойств.



Создание узла на основе существующего 3D узла, 3D вершины или ЛСК

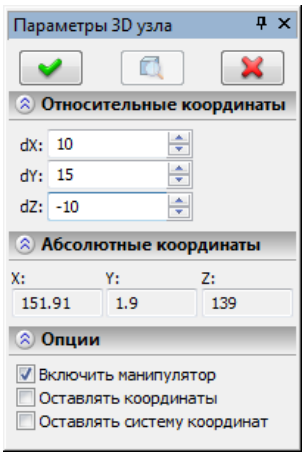
Выбор существующего 3D узла, 3D вершины или ЛСК приводит к появлению в окне свойств диалога задания координат узла, а в 3D сцене – манипулятора в виде системы координат. Начало координат манипулятора совпадает с выбранным 3D элементом (для ЛСК – с началом координат). Направление осей манипулятора совпадает: при выборе 3D узла или вершины – с направлением осей мировой системы координат, при выборе ЛСК – с направлением осей выбранной системы координат.

Положение создаваемого узла задаётся в относительных координат либо прямо в 3D сцене, с помощью манипулятора, либо указанием точных числовых значений смещений в секции “**Координаты**” в окне свойств. Абсолютные координаты узла (в мировой системе координат) отражаются в секции “**Абсолютные координаты**” того же диалога.

Быстро сбросить заданные смещения можно с помощью дополнительной опции автоменю:

	<Z>	Сбросить узел в начало координат

Дополнительные опции, объединённые в разделе “**Опции**”, позволяют настроить работу данного режима команды:



Включить манипулятор. Параметр отвечает за отображение в 3D сцене манипулятора 3D узла. При снятом флажке манипулятор не отображается.

Оставлять координаты. При установке данного параметра значения относительных координат, заданные для текущего создаваемого узла, сохраняются в диалоге после завершения создания. При создании следующего узла того же типа они будут применены по умолчанию.

Оставлять систему координат. Установка данного параметра позволяет после завершения создания текущего узла сохранить привязку к выбранному 3D элементу (узлу, вершине или ЛСК) для создания следующего узла в этой же системе координат.

Созданный 3D узел располагается в заданном положении относительно родительского элемента. При выполнении любых модификаций, приводящих к изменению положения родителя, построенный 3D узел также изменит положение в соответствии с указанными при его задании смещениями.

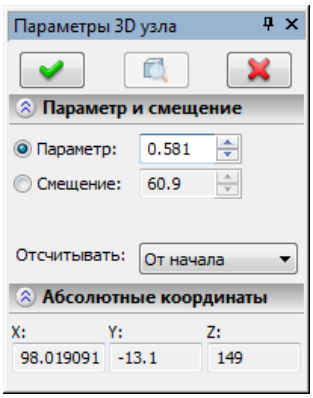
Создание узла на основе одноконтурного 3D профиля, 3D пути, ребра

Выбор 3D профиля (только одноконтурного), 3D пути или ребра запускает режим создания узла на выбранном элементе. Выбранный элемент подсвечивается. Для создания узла после выбора родительского элемента необходимо:

- Выбрать начальную точку отсчёта положения узла на родительском элементе;
- Задать положение создаваемого узла на родительском элементе или расстояние, на которое он должен быть удалён от точки отсчёта (вдоль родительского элемента).

При запуске режима в окне свойств появляется диалог для задания параметров узла. Диалог содержит две секции. Секция “**Параметр и смещение**” служит для задания точки отсчёта и положения узла на родительском элементе. В секции “**Абсолютные координаты**” показываются текущие абсолютные координаты создаваемого узла.

В качестве точки отсчёта положения узла может быть выбрана: *начальная точка*, *конечная точка*, *середина* родительского элемента или *произвольная 3D точка*.

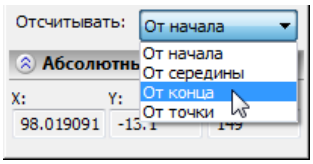


> Отличить начальную точку 3D профиля, пути или ребра от конечной можно по подсветке элемента: стрелка на одном из концов подсвеченного элемента указывает на конечную точку. У замкнутых 3D элементов положение начальной и конечной точек совпадает.

При задании в качестве точки отсчёта произвольной 3D точки возможны два случая. Если выбранная точка принадлежит родительскому элементу, то в качестве точки отсчёта используется она сама. В противном случае в качестве точки отсчёта берётся ближайшая к заданной 3D точке точка родительского элемента.

При задании в качестве точки отсчёта произвольной 3D точки возможны два случая. Если выбранная точка принадлежит родительскому элементу, то в качестве точки отсчёта используется она сама. В противном случае в качестве точки отсчёта берётся ближайшая к заданной 3D точке точка родительского элемента.

Выбор точки отсчёта осуществляется в окне свойств из списка параметра **Отсчитывать**. Выпадающий список значений содержит следующие варианты: **От начала**, **От конца**, **От середины**, **От точки**. Перед выбором последнего варианта необходимо указать 3D точку, относительно которой будет определяться положение узла на родительском элементе. Для выбора точки используется дополнительная опция автоменю:



	<G>	Задать точку для отсчёта смещения

После активизации опции можно указать нужную 3D точку прямо в 3D сцене. 3D узел, используемый в качестве точки отсчёта, можно выбрать и в дереве 3D модели.

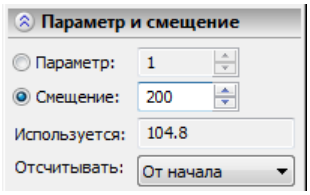
Отказаться от выбранной точки можно с помощью ещё одной дополнительной опции:

	<X>	Отменить задание точки для отсчёта смещения

Положение узла на родительском элементе можно задать либо в окне свойств, либо прямо в 3D сцене. При использовании окна свойств сначала необходимо выбрать способ задания расстояния, установив переключатель **Параметр/Смещение** в требуемое положение:

- *Параметр*. Расстояние от точки отсчёта задаётся в относительных единицах (0 – положение точки отсчёта, 1 – расстояние, равное длине всего родительского элемента). Например, если в качестве точки отсчёта используется середина профиля/пути, то значение параметра может меняться в диапазоне [-0,5;0,5].
- *Смещение*. Расстояние от точки отсчёта задаётся в единицах модели.

В случае, когда пользователь ввёл значение смещения, большее длины родительского элемента, узел строится на его конце. В окне свойств при этом появляется дополнительное поле **Используется**, в котором отображается реально используемое расстояние от начальной точки отсчёта до построенного 3D узла.



При изменении параметра или смещения в диалоге узел в 3D сцене будет перемещаться.

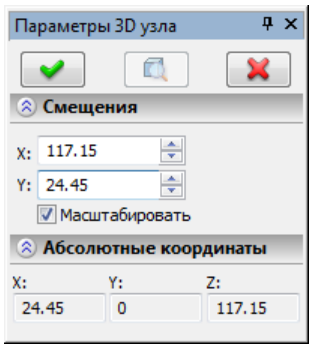
В 3D сцене достаточно указать курсором мыши требуемое положение узла на объекте и нажать . При повторных кликах в 3D сцене узел будет перемещаться на новое место.

> В начальный момент создания узла его положение совпадает с местом клика мыши при выборе родительского 3D элемента.

Создание узла на основе рабочей плоскости

Выбор рабочей плоскости приводит к созданию 3D узла, лежащего на этой плоскости. Положение узла определяется XY или UV координатами в системе координат рабочей плоскости. Задать координаты можно в 3D сцене с помощью мыши или числовыми значениями в окне свойств.

После выбора плоскости на ней появляется предварительное изображение узла в месте клика мыши при выборе плоскости (или в начале координат, если плоскость была выбрана в дереве модели). При повторных кликах в 3D сцене узел будет перемещаться на новое место.

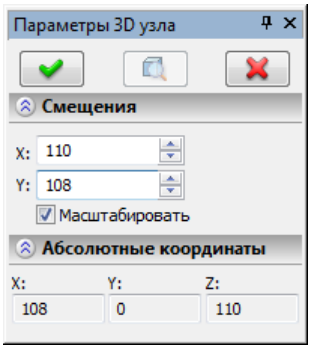


Окно свойств в этом режиме содержит диалог, позволяющий указать точные значения координат узла (раздел “Смещения”). При этом в дополнительном разделе **Абсолютные координаты** отслеживается положение создаваемого узла в мировой системе координат.

Флажок **Масштабировать** позволяет выбрать способ задания координат узла: при установленном флажке они указываются в XY координатах, при снятом – в UV координатах рабочей плоскости.

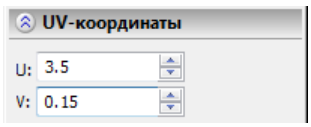
Создание узла на основе поверхности грани

Выбор грани в качестве родительского элемента позволяет создать 3D узел на её подложенной поверхности. Положение узла на поверхности задаётся в общем случае в UV координатах.



В частном случае, при выборе плоской грани, можно задать XY координаты узла в локальной системе координат плоскости грани. Положение начала координат и направление осей X,Y определяется системой произвольно.

После выбора грани (в 3D сцене либо в дереве 3D модели) она подсвечивается (по умолчанию – *зелёным цветом*). В точке клика мыши при выборе грани появляется изображение узла. Требуемое положение можно задать новым кликом в 3D сцене либо в окне свойств.



Вид диалога в окне свойств зависит от типа выбранной грани. Если грань плоская, то диалог аналогичен тому, что используется при создании узла на рабочей плоскости. В нём можно задать точные значения локальных координат создаваемого узла (XY или UV в зависимости от состояния флажка **Масштабировать**). При выборе неплоской грани диалог позволяет задавать только UV координаты узла.

Создание узла на основе операции

При выборе операции в качестве родительского элемента команда переходит в режим создания 3D узла в центре масс тела (или нескольких тел), описанный ниже. Выбранная операция станет первым телом в наборе тел, на основе которого будет строиться 3D узел.

Специальные способы создания узла на основе существующих 3D элементов

Специальные способы создания 3D узлов на основе существующих 3D элементов выделены в отдельные опции автоменю, по умолчанию неактивные.

Создание узла в центре эллиптического ребра, в центре сферы или тора

3D узел можно построить в центре, а точнее, относительно центра эллиптического ребра или сферической/тороидальной поверхности. Для этого используются следующие опции автоменю команды:

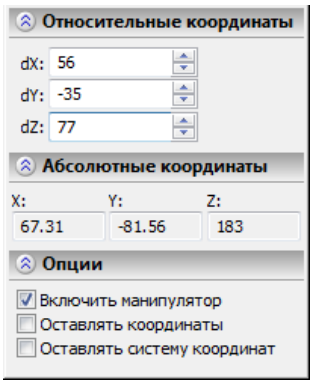
Для построения узла относительно центра эллиптического ребра:

	<C>	В центре эллиптического ребра

После вызова опции необходимо указать эллиптическое (или круговое, ведь окружность – частный случай эллипса) ребро. Узел будет создаваться относительно центра эллипса, которому принадлежит выбранное ребро.

Для построения узла относительно центра сферической или тороидальной поверхности:

	<U>	В центре сферы или тора



После вызова опции необходимо указать сферическую или тороидальную грань. Узел будет создаваться относительно центра поверхности (сферы или тора), которой принадлежит выбранная грань.

Создание узла в обоих случаях происходит аналогично созданию узла относительно другого 3D узла или вершины. Выбор родительского элемента (ребра или грани) приводит к появлению в окне свойств диалога задания координат узла, а в 3D сцене – манипулятора в виде системы координат. Начало координат манипулятора совпадает с центром ребра или поверхности (в зависимости от используемой опции). Направление осей манипулятора совпадает с направлением осей мировой системы координат.

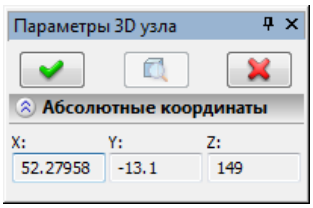
Положение создаваемого узла задаётся в относительных координатах либо прямо в 3D сцене, с помощью манипулятора, либо указанием точных числовых значений смещений в разделе **Координаты** в окне свойств. Абсолютные координаты узла (в мировой системе координат) отражаются в разделе **Абсолютные координаты** того же диалога.

Быстро сбросить заданные смещения можно с помощью дополнительной опции автоменю:

	<Z>	Сбросить узел в начало координат

Создание узла на пересечении элементов

3D узел может быть построен на пересечении двух 3D элементов: *первого* и *второго*. Для построения узла могут быть использованы практически любые элементы: путь и тело, два пути, ребро и тело и т.д. Допустимость выбора тех или иных пар 3D элементов определяется только возможностью получить пересечение между ними в виде точки. Чтобы исключить ситуации, когда пересечение заданных элементов не является точкой, в качестве первого элемента разрешено выбирать только кривую или прямую линию, а вот в качестве второго пересекающегося элемента – кривую, прямую, листовое либо твёрдое тело.



Для создания узла необходимо указать пересекающиеся элементы. Порядок выбора элементов значения не имеет, т.е. можно сначала выбрать второй элемент, а потом уже первый. После задания обоих элементов система определяет точку их пересечения для построения в ней узла. В окне свойств при этом будут показаны его абсолютные координаты. Если точек пересечения несколько, то по умолчанию выбирается та точка, которая ближе всего к точкам кликов при выборе элементов. При необходимости можно выбрать другое пересечение.

Данный режим включается опцией:

	<Q>	На пересечении элементов

После вызова данной опции команда переходит в режим задания первого элемента. В автоменю появляются дополнительные опции:

	<W>	Выбрать кривую в качестве 1-ого элемента
	<L>	Выбрать ось в качестве 1-ого элемента

Данные опции позволяют выбрать кривую или прямую линию, которая будет являться первым пересекающимся элементом. При выборе 3D элементов, определяющих линию, следует обращать внимание на состояние фильтров выбора элементов для данных опций.

Для отказа от выбранного первого элемента используется опция:

	<X>	Отменить выбор 1-ого элемента

Для перехода к заданию второго элемента используется опция:

	<T>	Перейти к заданию 2-ого элемента

После задания первого элемента команда переходит в режим задания второго элемента автоматически.

В режиме задания второго элемента используются следующие опции:

	<W>	Выбрать кривую в качестве 2-ого элемента
	<L>	Выбрать ось в качестве 2-ого элемента
	<F>	Выбрать поверхность в качестве 2-ого элемента
	<E>	Выбрать листовое тело в качестве 2-ого элемента
	<B>	Выбрать твёрдое тело в качестве 2-ого элемента

Как видно из названий опций, они позволяют выбрать кривую или прямую линию, плоскость или поверхность, целиком листовое или твёрдое тело в качестве второго пересекающегося элемента. При выборе 3D элементов, определяющих линию, поверхность или тело, используются фильтры выбора элементов.

Для отказа от выбранного второго элемента используется опция:

	<X>	Отменить выбор 2-ого элемента

Для возвращения в режим задания первого элемента используется опция:

	<T>	Перейти к заданию 1-ого элемента

Если выбранные элементы имеют несколько пересечений, для выбора необходимого положения узла используется опция:

	<N>	Выбрать другое пересечение

Создание узла по наименьшему расстоянию между элементами

3D узел можно создать и по наименьшему расстоянию между двумя 3D элементами:

	<R>	Построить 3D узел по наименьшему расстоянию между элементами

После вызова данной опции необходимо указать два 3D элемента. В качестве таковых можно выбрать ребро, цикл, грань, 3D путь или тело. Второй элемент может быть также 3D точкой. Задавать элементы можно в любом порядке, однако следует учитывать, что 3D узел всегда создаётся на первом элементе в точке, расположенной ближе всего ко второму элементу.

После выбора режима создания 3D узла по наименьшему расстоянию между элементами команда переходит в режим задания первого элемента. В автоменю появляются дополнительные опции:

	<E>	Выбрать ребро
	<L>	Выбрать цикл
	<F>	Выбрать грань
	<T>	Выбрать 3D путь
	<B>	Выбрать операцию

Данные опции позволяют выбрать 3D объект требуемого типа, который будет являться первым исходным элементом.

Перейти к заданию второго элемента можно с помощью опции:

	<N>	Перейти к заданию второго объекта

После задания первого элемента команда переходит в режим задания второго элемента автоматически.

В режиме задания второго элемента используются аналогичные опции. Для выбора второго 3D элемента в автоменю появляются опции:

	<E>	Выбрать ребро
	<L>	Выбрать цикл
	<F>	Выбрать грань
	<T>	Выбрать 3D путь

	<B>	Выбрать операцию
	<V>	Выбрать 3D точку

Для возвращения в режим задания первого элемента используется опция:

	<N>	Перейти к заданию первого объекта

Создание узла по граням и смещениям

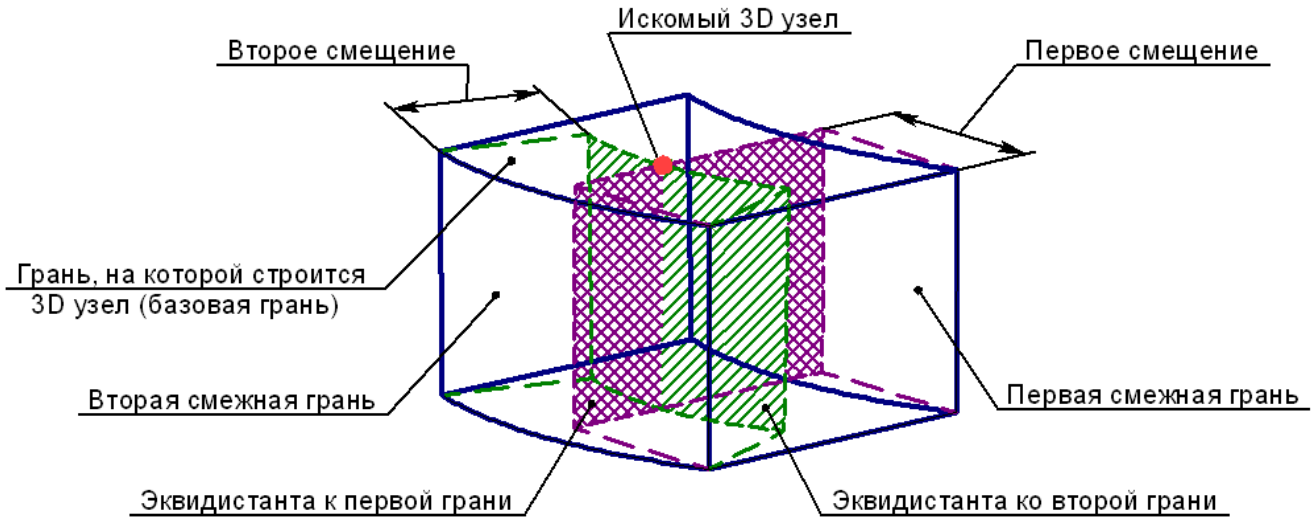
Создание 3D узла по граням и смещениям твёрдого тела является частным случаем создания узла на грани. В этом режиме прежде всего указывается базовая грань, на которой должен быть создан узел. Требуемое положение узла на этой грани задаётся с помощью двух дополнительных граней того же тела, смежных (имеющих общее ребро) с базовой, и смещений для них. При создании узла для дополнительных граней строятся эквидистанты с заданными смещениями. Узел определяется как точка пересечения базовой грани с эквидистантами.

Все три грани могут иметь подложенную поверхность любой формы (плоскость, тор, сфера, конус, сплайн-поверхность). Дополнительные грани можно выбирать, указывая вместо них рёбра, соединяющие их с базовой гранью.

Построение 3D узла в этом режиме выполняется следующим образом:

- ✓ строятся эквидистанты для дополнительных граней. Смещения эквидистант определяются значениями, заданными для этих граней. При положительном смещении эквидистанта строится внутрь тела, при отрицательном – наружу.
- ✓ находится пересечение базовой грани и эквидистант к дополнительным граням. Полученное пересечение и будет являться точкой создания 3D узла.

В простых случаях может быть построено продолжение поверхностей граней (базовой и эквидистант) за их границами. Для плоскости и конуса это продолжение бесконечно, а для тора или сферы – замкнуто. Это позволяет, например, строить узел за границами базовой грани, но лежащий на её поверхности (при отрицательном смещении эквидистант). Или строить 3D узел в ситуациях, когда эквидистанты дополнительных боковых граней не пересекаются с базовой гранью.



Вызов режима создания 3D узла по граням и смещениям осуществляется с помощью опции автоменю команды:

	<O>	Построить 3D узел по граням и смещениям

После запуска данного режима в автоменю появляются дополнительные опции для выбора граней. Выбрать базовую грань можно с помощью опции:

	<F>	Выбрать грань, на которой лежит 3D узел

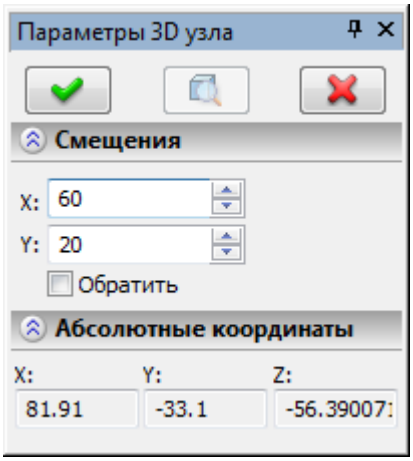
Выбранная грань помечается *зелёным цветом* (по умолчанию). В автоменю становится доступным набор опций для выбора дополнительных граней или определяющих их рёбер:

	<E>	Выбрать ребро, определяющее первое смещение
	<T>	Выбрать грань, определяющую первое смещение
	<D>	Выбрать ребро, определяющее второе смещение
	<G>	Выбрать грань, определяющую второе смещение

Значения смещений эквидистант к боковым граням, определяющих положение создаваемого 3D узла, задаются в окне свойств в разделе **Смещения**.

При установке дополнительного флажка **Обратить** направление отсчёта смещений эквидистант меняется: положение узла на базовой грани будет соответствовать отрицательным значениям смещений. При снятом флажке положительные смещения откладываются внутрь тела, т.е. узел создаётся на грани.

Требуемое положение узла на базовой грани можно указать и прямо в 3D сцене с помощью . В окне свойств отобразятся соответствующие значения смещений.



Создание узла в центре масс

Создание 3D узла в центре масс одной или нескольких операций осуществляется с помощью опции:

	<M>	В центре масс

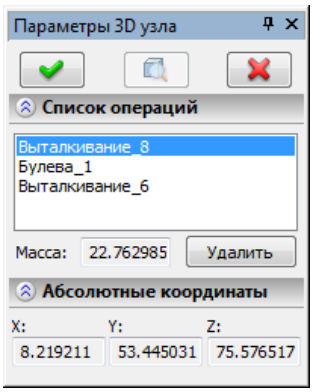
Войти в данный режим можно также с помощью опции , выбрав в качестве исходного 3D элемента операцию.

В режиме создания 3D узла в центре масс задаётся одна или несколько операций, на основе которых будет создан узел. Для заданного набора тел вычисляется положение центра масс, в котором и создаётся 3D узел. При определении масс тел учитываются характеристики заданных для них материалов.

При вызове данного режима в автоменю появляются следующие дополнительные опции для выбора необходимого набора операций:

	<B>	Выбрать операцию
	<L>	Выбрать все операции

Операции можно указывать в 3D сцене с помощью или в дереве 3D модели. Выбранные операции заносятся в список исходных операций в окне свойств (раздел **Список операций**).



Окно свойств, помимо учёта выбранных операций, позволяет выполнить и некоторые другие действия. Например, выделяя с помощью одну или несколько операций в списке выбранных, можно в поле справочного параметра **Масса** узнать их массу. Или отредактировать список, удалив выделенные в списке операции с помощью кнопки **[Удалить]**.

Дополнительный раздел диалога "Абсолютные координаты" позволяет проконтролировать положение создаваемого узла в мировой системе координат.

Удалить одну или несколько выбранных операций можно не только в окне свойств, но и прямым указанием в 3D сцене. Для этого используются следующие опции:

	<F>	Отменить выбор операции
	<D>	Отменить выбор всех операций

Данные опции становятся доступны только после выбора хотя бы одной операции.

Создание узла на пересечении трёх плоскостей

Создание 3D узла в точке пересечения трёх плоскостей осуществляется с помощью опции:

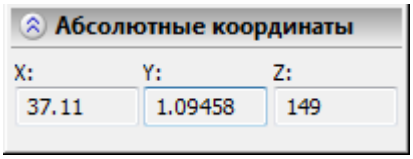
	<K>	Точка на пересечении трёх плоскостей

Для создания узла в этом режиме задаются три плоскости. Для выбора плоскостей используются опции автоменю:

	<0>	Выбрать первую плоскость
	<1>	Выбрать вторую плоскость
	<2>	Выбрать третью плоскость

Данные опции позволяют выбрать любой 3D объект, способный определить плоскость в пространстве – плоское ребро или грань, рабочую плоскость, ЛСК и т.п. При выборе 3D объектов следует обращать внимание на состояние фильтров выбора элементов для данных опций.

После задания всех трёх плоскостей в окне свойств появятся координаты точки пересечения данных плоскостей. После нажатия в этой точке создаётся 3D узел.

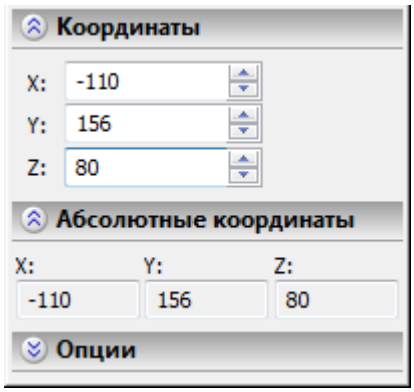


Создание узла в абсолютных координатах

Для создания 3D узла в абсолютных координатах используется опция:

	<A>	В абсолютных координатах

После выбора данного режима в окне свойств команды появляется диалог задания абсолютных координат узла, а в 3D сцене – манипулятор в виде системы координат. Начало координат манипулятора совмещается с точкой (0,0,0) мировой системы координат. Направление осей манипулятора совпадает с направлением осей мировой системы координат.

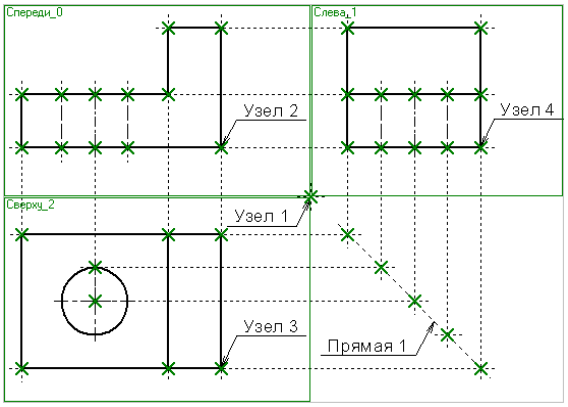


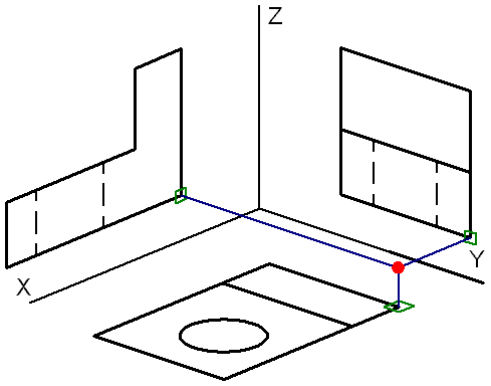
Положение создаваемого узла задаётся либо прямо в 3D сцене, с помощью манипулятора, либо указанием точных координат в разделе **"Координаты"** в окне свойств. Быстро отказаться от заданного положения узла можно с помощью дополнительной опции автоменю:

	<Z>	Сбросить узел в начало координат

Создание узла по двум проекциям

Создать 3D узел можно также на основе двух его проекций на различных рабочих плоскостях. В качестве проекций используются 2D узлы.





Для создания 3D узла необходимо указать два 2D узла, лежащие на разных рабочих плоскостях. Если необходимо создать 3D узел, лежащий непосредственно на рабочей плоскости, то достаточно указать один 2D узел, т.е. одну проекцию узла. Рабочая плоскость и две координаты 2D узла в этом случае определят положение 3D узла в пространстве. Для задания высоты расположения создаваемого узла над рабочей плоскостью указывается вторая проекция, т.е. второй 2D узел. Две проекции однозначно определяют точку в пространстве.

При задании 3D узла с помощью одной проекции можно использовать 2D узел, лежащий на рабочей поверхности. В результате создаётся 3D узел, лежащей на данной рабочей поверхности.

При задании узла с помощью двух проекций возможно возникновение ошибочных ситуаций. Проекция - точка на рабочей плоскости, через которую проходит перпендикуляр к этой плоскости. Вторая проекция – второй перпендикуляр. Для определения точки в пространстве перпендикуляры должны пересекаться. Если две проекции не определяют точку в пространстве, то в окне диагностики появляется соответствующее сообщение. Как правило, ошибки возникают при задании проекций на двух видах, у которых нет непосредственной проекционной связи.

Например, для приведённого на рисунках примера в качестве первой проекции можно выбрать Узел_2, принадлежащий рабочей плоскости “Вид спереди”. В качестве второй проекции, например, можно выбрать Узел_3. Две проекции однозначно определят точку в пространстве.

Для создания 3D узла в нашем примере можно было использовать Узел_3 на виде сверху и Узел_4 на виде слева. Во избежание ошибочных ситуаций изображение на данных видах выполнены с учетом проекционных связей, для задания которых служит проекционная Прямая_1.

Режим создания 3D узла по двум проекциям запускается с помощью опции автоменю:

	<J>	По двум проекциям

После вызова опции в автоменю команды последовательно появляются опции для задания 2D узлов-проекций:

	<F>	Задать первую проекцию 3D узла
	<G>	Задать вторую проекцию 3D узла

Выбрать 2D узел можно с помощью в 2D окне. Выбранный узел помечается. Также помечается и рабочая плоскость, которой по умолчанию принадлежит узел (элемент по умолчанию принадлежит той плоскости, в визуальные границы которой он попадает). Выбрать другую рабочую плоскость можно с помощью опции:

	<W>	Выбрать другую рабочую плоскость

Отменить использование второй проекции (в случае, когда она уже задана) можно, включив следующую опцию автоменю:

	<D>	Исключить вторую проекцию 3D узла

Абсолютные координаты создаваемого узла отслеживаются в окне свойств.

Создание 3D узлов по сетке рабочих плоскостей

При создании/редактировании 3D операций, в ситуациях, когда требуется выбор 3D точки, существует возможность прозрачного построения 3D узла по сетке рабочих плоскостей (без

обращения к команде **3N: Построить 3D узел**). При включённом отображении сетки во всех операциях, где требуется выбор геометрической точки, можно выбирать точки в узлах сетки рабочих плоскостей, а также точки пересечения путей и плоскостей. В узлах сетки в этом случае автоматически создаётся 3D узел.

3D профили

3D профиль - один из наиболее важных элементов в T-FLEX CAD 3D. 3D профиль – контур, который ориентирован в трёхмерном пространстве, в соответствии с ориентацией тех элементов, на основе которых он создавался (рабочей плоскости или поверхности, грани или набора рёбер).

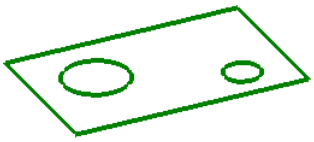
3D профиль может быть создан на основе параметрического 2D контура, расположенного на странице рабочей плоскости. Это позволяет перенести параметрические свойства двухмерных чертежей в сферу твердотельного моделирования.

Перемещение профиля каким-либо образом в пространстве является основой процесса создания объёмного тела.

Основные положения. Типы профилей

Геометрия профиля

В общем случае 3D профиль является элементом с листовой геометрией. Для удобства работы в 3D сцене профили обычно отражаются в рёберном виде, т.е. в виде набора ограничивающих линий (контуров). Однако можно выбрать и режим отображения 3D профиля как листового тела.



3D профиль в рёберном отображении

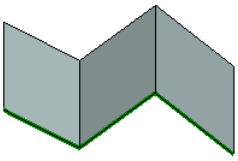


3D профиль в листовом отображении

Контур 3D профиля может быть незамкнутым. Такой профиль в обоих режимах будет выглядеть и вести себя как тело с проволочной геометрией (например, результатом выталкивания такого профиля будет листовое тело, а не твёрдое, как обычно).



3D профиль с незамкнутым контуром



Результат выталкивания 3D профиля с незамкнутым контуром

3D профиль может содержать несколько контуров (ограничивающих линий).

Типы профилей

По способам создания все 3D профили можно разделить на три группы:

1. Профили, создаваемые на основе 2D элементов:
   - ✓ штриховок;

- ✓ текстов;
- ✓ линий изображения.

Профили вышеперечисленных типов могут создаваться пользователем явно, с помощью специальной команды, либо могут быть созданы системой автоматически при работе с активной рабочей плоскостью. Эти профили используются на начальном этапе создания трёхмерного тела. По мере его формирования, в результате различных операций, возникают новые поверхности, грани, ребра, которые можно использовать для последующих операций. На основе этих новых элементов можно создавать профили других типов.

2. Профили, создаваемые на основе 3D элементов:
   - ✓ циклов (замкнутая последовательность рёбер), граней;
   - ✓ с использованием уже существующих профилей. Например, можно копировать профили, создавать профили-эквидистанты. Также можно спроецировать или постелить существующий профиль на трёхмерное тело или на какую-нибудь отдельную грань;
   - ✓ элементов проволочной геометрии (рёбер или набора 3D путей);
3. Профили, построенные как развёртка поверхности или набора поверхностей.

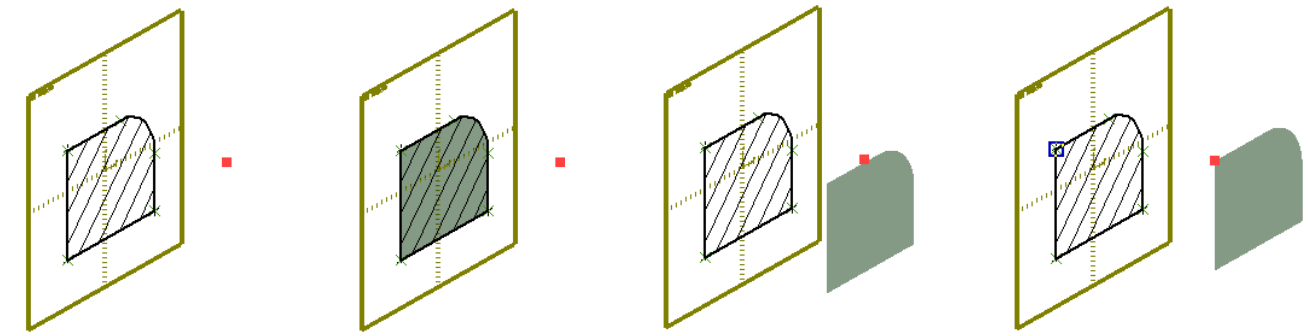
Профили на основе 2D элементов

3D профили, созданные по элементам 2D чертежа, широко используются при создании 3D модели. Для создания профиля можно использовать штриховки, тексты и линии изображения, расположенные на страницах, связанных с рабочими плоскостями или рабочими поверхностями. При использовании 2D элемента, лежащего на странице рабочей плоскости, получившийся 3D профиль будет плоским. 3D профиль, созданный на основе 2D элемента с рабочей поверхности, будет повторять форму использованной поверхности.

Профиль на основе штриховки

При создании 3D профиля на основе штриховки его плоскость (поверхность) совпадает с рабочей плоскостью или поверхностью, на странице которой расположена исходная штриховка.

Для плоского 3D профиля (созданного на основе штриховки с рабочей плоскости) можно определить другое положение в пространстве. Это можно сделать с помощью 3D узла, через который должна проходить плоскость создаваемого профиля. Если этого недостаточно, можно ещё уточнить положение 3D профиля в пространстве, задав 2D узел (на рабочей плоскости, содержащей штриховку), который должен быть совмещён с выбранным 3D узлом.

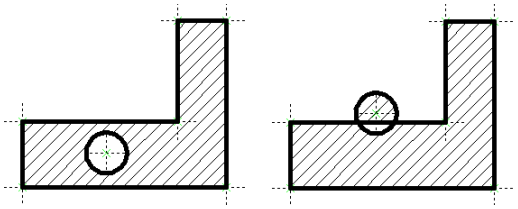


Для построения 3D профиля можно использовать любые штриховки, в том числе созданные для оформления 2D чертежа. Они могут быть любого типа: штриховки, заливки, по образцу или невидимые. Однако не всегда штриховки, созданные для 2D чертежа, подходят для создания профиля нужной формы. В таком случае необходимо специально создать штриховку для 3D профиля. Если такая штриховка на 2D чертеже не нужна, рекомендуется использовать для нее тип “Невидимая” или помещать подобные элементы на специальный слой.

Необходимо отметить, что на одной рабочей плоскости (т.е. её странице) может располагаться множество штриховок, на основе которых можно создать множество 3D профилей.

Самопересекающиеся контуры

Для создания 3D профиля не допускается использование самопересекающихся контуров штриховки. Например, если штриховка состоит из двух контуров, то ситуация, показанная на левом рисунке, является правильной. На правом рисунке – ситуация, при которой возникает ошибочный контур.



В начальный момент, 3D профиль может быть создан на основе контура штриховки, когда тот находится в правильном состоянии. Но затем, при редактировании 2D элементов построения, может возникнуть ошибочная ситуация – самопересекающийся контур. В таком случае выдается сообщение об ошибке в окне диагностики и 3D профиль не пересчитывается до исправления ситуации.

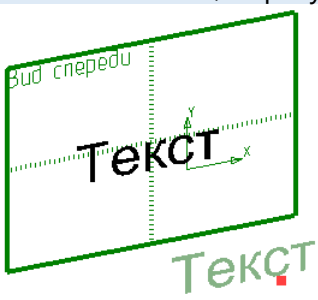
Данное правило (о недопустимости самопересечения элементов 2D контура, на основе которого создаётся 3D профиль) относится не только к профилям, созданным на основе штриховок. Самопересечений следует избегать при использовании и текстов (некоторые TrueType шрифты при определённом сочетании букв дают самопересечение), и линий изображения.

Профиль на основе текста

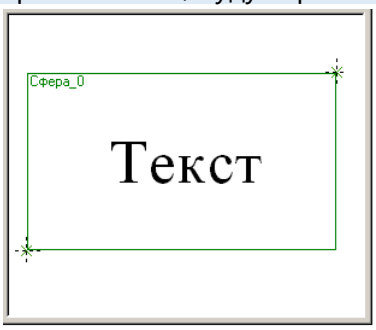
3D профиль на основе 2D текста создаётся полностью аналогично профилю на основе штриховки. Для плоского контура при необходимости указываются дополнительные узлы, определяющие положение профиля в пространстве. Правда, при создании 3D профиля на основе текста есть одно ограничение - шрифт, которым выполнен текст, должен быть формата TrueType.

Текст в этом случае рассматривается как совокупность замкнутых контуров, где контур – это отдельный символ. Таким образом, созданный в результате 3D профиль является многоконтурным.

> Если в тексте встречаются элементы, которые не могут быть преобразованы в линии контура профиля, они игнорируются. Например, если в текст была вставлена шероховатость, при создании линий контура будут использованы только буквы и цифры, входящие в обозначение шероховатости. Линии, образующие знак шероховатости, будут проигнорированы.



Создание 3D профиля на основе текста на рабочей плоскости



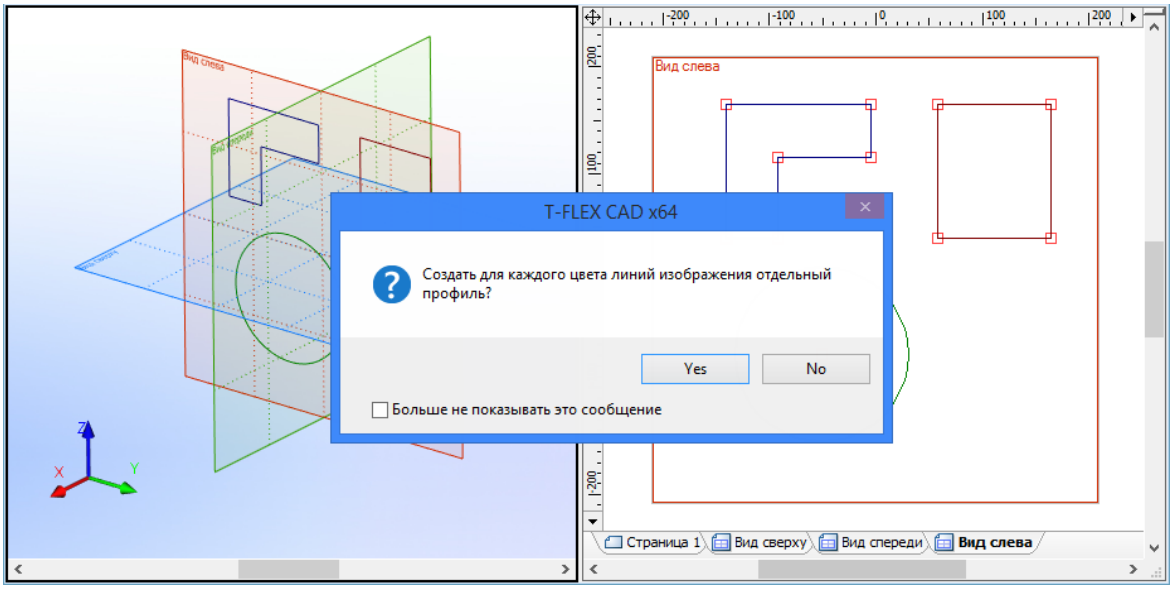


Создание 3D профиля на основе текста на рабочей поверхности

Профиль на основе линий изображения на рабочей плоскости

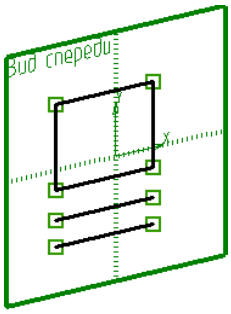
3D профиль может быть создан на основе линий изображения, лежащих на заданной рабочей плоскости. Линии могут составлять любое изображение. Это может быть связанная последовательность в виде замкнутого или разомкнутого контура либо просто набор независимых линий. Линии изображения могут даже пересекаться. Правда, в этом случае для создаваемого профиля придётся обязательно включить *опцию придания толщины* (см. раздел “Придание толщины плоскому профилю”).

Если все линии изображения на рабочей плоскости одного цвета, то всегда создаётся только один 3D профиль. Для того, чтобы создать несколько профилей, можно использовать линии изображения разного цвета. При создании профиля система предложит создать для каждого цвета линий изображения отдельный 3D профиль. В случае согласия будет создано столько 3D профилей, сколько цветов было использовано при создании изображения на рабочей плоскости. По умолчанию каждому 3D профилю будет назначен тот же цвет, что и у исходных линий изображения.

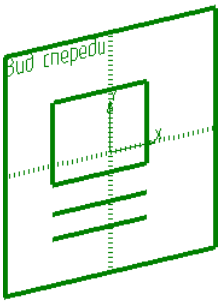


В параметрах каждого созданного по линиям изображения 3D профиля будет помечено, на основе линий какого цвета он создан. При желании впоследствии пользователь может изменить цвет исходных линий или вообще отказаться от фильтрации линий по цвету. В последнем случае профиль будет перестроен по всем линиям изображения данной плоскости.

Если в дальнейшем изображение на рабочей плоскости будет модифицировано (например, добавлены новые линии изображения или удалены существующие), созданные на его основе 3D профили также будут изменены.



Изображение
на рабочей плоскости



3D профиль

Автоматическое создание профилей на основе 2D элементов (на активной рабочей плоскости)

3D профиль может быть создан системой автоматически по завершении работы с активной рабочей плоскостью. Для этого на данной рабочей плоскости должен присутствовать хотя бы один 2D элемент любого из следующих типов:

- ✓ штриховка;

- ✓ линия изображения, созданная командами **SK: Создать эскиз** или **G: Создать изображение** (линии 2D проекции при этом не учитываются);
- ✓ текст (со шрифтом формата TrueType).

Алгоритм создания 3D профиля зависит от типа 2D элементов, присутствующих на рабочей плоскости. В случае, когда на рабочей плоскости присутствуют только линии изображения, система автоматически создаст один новый профиль (одноконтурный или многоконтурный). При добавлении в последствии новых линий изображения, система автоматически добавит контуры к уже существующему профилю. Если найденные линии изображения имеют пересечения, для создания 3D профиля на их основе необходимо использовать *опцию придания толщины*.

Когда на активной рабочей плоскости присутствует несколько разных типов элементов, пригодных для создания профиля, то система работает по-другому. Линии изображения в этом случае игнорируются. По завершению режима активизации профили будут создаваться только на основе штриховок и текстов. Причём для каждой штриховки или каждого текста будет создан отдельный профиль. И только если на основе имеющихся на рабочей плоскости штриховок и текстов системе не удалось создать ни одного 3D профиля, будет создан профиль на основе линий изображения.

Профили на основе 3D элементов

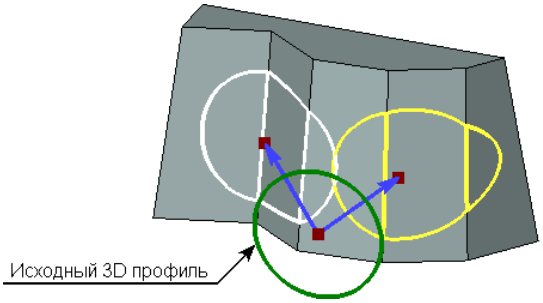
Профиль на основе цикла или грани

3D профиль данного типа создаётся на основе цикла (замкнутой последовательности рёбер) или грани (набор граней) 3D тела. Геометрия такого профиля полностью определяется выбранными элементами трёхмерного тела и изменяется при изменении геометрии тела. В общем случае профиль такого типа может быть неплоским.

Проецирование профиля на грань или тело

3D профиль может быть создан как проекция другого, уже существующего, 3D профиля на все грани твёрдого тела или на одну отдельную его грань. В случае проецирования на все грани указывается само тело, на грань – конкретная грань. При этом следует помнить о следующем ограничении: проекция выбранного профиля должна целиком умещаться на выбранных поверхностях.

Вектор проецирования исходного профиля задаётся либо одним 3D объектом, способным определить вектор (прямой путь или ребро, ЛСК), либо с помощью двух 3D точек (3D узлов, вершин тел и т.п.). Если вектор проецирования не задан, то проекция строится по нормали к выбранной грани (в случае выбора тела, т.е. набора граней – по нормали к ближайшей грани).



Два 3D профиля - проекции одного исходного профиля на грани тела. Синие стрелки (в 3D сцене отсутствуют) указывают направление векторов проецирования, заданных 3D узлами.

Копирование 3D профиля

Для создания 3D профиля как копии существующего профиля достаточно выбрать исходный 3D профиль. Созданный таким образом профиль совпадёт в пространстве с исходным профилем. Если в параметрах профиля задать различные преобразования, они будут выполняться относительно глобальной системы координат.

При необходимости можно дополнительно указать исходную и целевую системы координат. В этом случае копирование профиля происходит в направлении от исходной к целевой системе координат. Параметры преобразования, заданные для профиля в этом случае, будут выполняться относительно исходной системы координат.

Благодаря возможности копирования 3D профилей можно избежать необходимости создания дополнительных рабочих плоскостей.

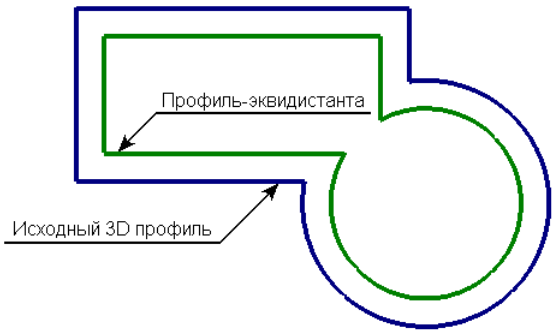
Построить кривую смещения к 3D профилю (эквидистанта)

3D профили-эквидистанты можно строить только к **плоским** 3D профилям. Исходный профиль может быть многоконтурным.

Для создания профиля-эквидистанты необходимо выбрать исходный профиль и задать смещение относительно исходного профиля. Смещения можно задать двумя способами:

- Заданием 3D узла, через который будет проходить эквидистанта. Узел должен лежать в плоскости исходного профиля.
- Числовым значением смещения профиля-эквидистанты от исходного профиля.

На рисунке представлен пример создания профиля-эквидистанты с отрицательным смещением.



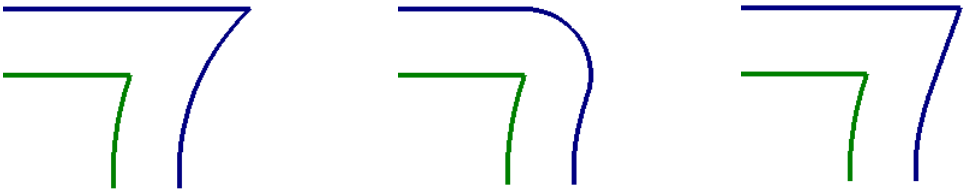
> Данный чертёж находится в директории *«Примеры 3D 15\3D моделирование. Операции\Профиль\ Эквидистанта»*.

При создании эквидистанты возможны три варианта обработки возникающих в линиях эквидистантного контура зазоров:

Продолжить – строится продолжение кривых, образующих исходный контур. Прямая линия продолжается прямой, окружность - окружностью.

Скруглить – строится скругление между конечными точками соседних сегментов создаваемого контура.

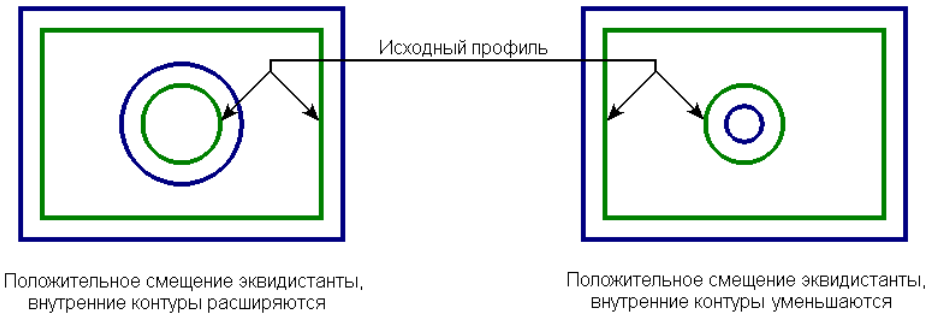
Удлинить – из точек разрыва строятся прямые линии, касательные к линиям контура в точках разрыва.



Если исходный профиль, к которому строится эквидистанта, содержит вложенные контуры, то способ обработки внутренних контуров определяется отдельно, независимо от знака заданного смещения. Для них можно задать один из двух вариантов:

Расширить – эквидистанты к внутренним контурам будут больше исходных контуров при любом знаке заданного смещения.

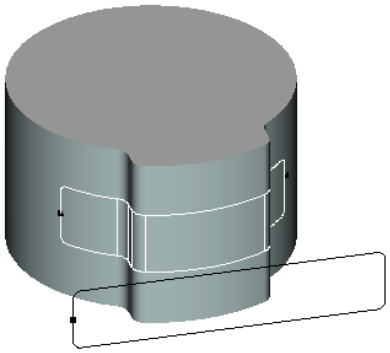
Уменьшить – эквидистанты к внутренним контурам будут всегда меньше исходных контуров.



Наложение профиля на грань или тело

Данный способ позволяет получить новый профиль путём наложения исходного *плоского* профиля на грань или набор граней тела.

Как это происходит? На плоскости профиля выбирается точка для привязки профиля к точке на грани. Точка, выбранная на профиле, совмещается с точкой, выбранной на грани. После этого профиль накладывается на грань. (Как если бы мы наклеивали этикетку на бутылку.) Для более точной ориентации профиля можно использовать дополнительные элементы.



Точка на плоскости профиля, по которой будет осуществляться привязка к поверхности, определяется 3D узлом, лежащим на исходном профиле.

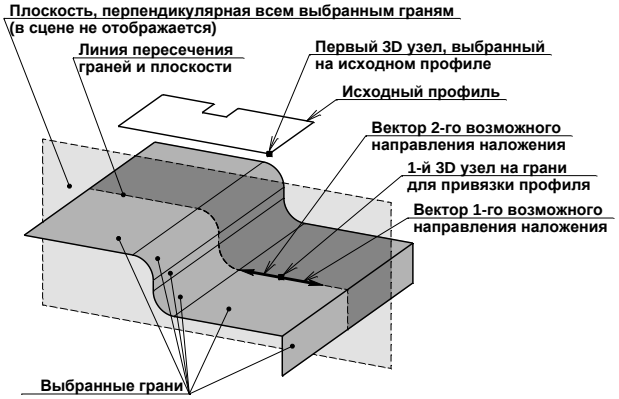
В качестве места наложения профиля можно использовать как отдельную грань тела, так и целый набор смежных граней.

Трансформация профиля выполняется без разрыва или сжатия его поверхности – площадь поверхности исходного и полученного профилей одинакова. Из этого условия вытекают некоторые ограничения, накладываемые на используемые грани или наборы граней.

> Доступны для использования только те грани, которые можно получить с помощью простого выталкивания. При этом не обязательно они должны быть получены с помощью операции выталкивания (например, цилиндр можно получить и простым выталкиванием, и вращением – его использовать можно; конус, сферу, тор и т.д. использовать нельзя, потому что они не могут быть получены простым выталкиванием).

Точка на грани, используемая для привязки исходного профиля, задаётся 3D узлом. Профиль привязывается по первой выбранной точке (первая точка, выбранная на профиле, и точка на грани совмещаются).

Через выбранный на грани 3D узел строится плоскость, перпендикулярная всем используемым граням одновременно. Если бы мы построили выбранные грани при помощи выталкивания, то такая плоскость была бы перпендикулярна направлению выталкивания. Профиль будет накладываться вдоль линии пересечения этой плоскости и выбранных граней. На текущий момент возможны два варианта определения направления наложения профиля вдоль линии пересечения – профиль может накладываться в две стороны от точки привязки (см. рисунок).

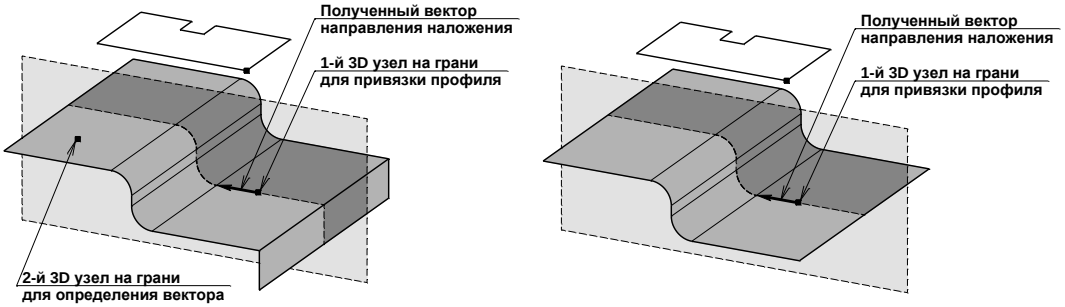


> Плоскость, перпендикулярная выбранным граням, линия её пересечения с гранями, а также вектор направления наложения профиля в сцене не отображаются. На рисунках они показаны для наглядности.

Для окончательного определения направления наложения профиля можно выбрать вторую точку на используемых гранях. Выбранный узел установит, какой из двух возможных векторов нужно использовать для наложения профиля.

> Когда выбран набор граней и первая точка принадлежит крайней грани, вектор направления наложения определяется автоматически – в сторону соседних смежных граней. Только в таком случае вторую точку на грани выбирать не обязательно.

Оба вышеописанных варианта представлены на следующих рисунках:



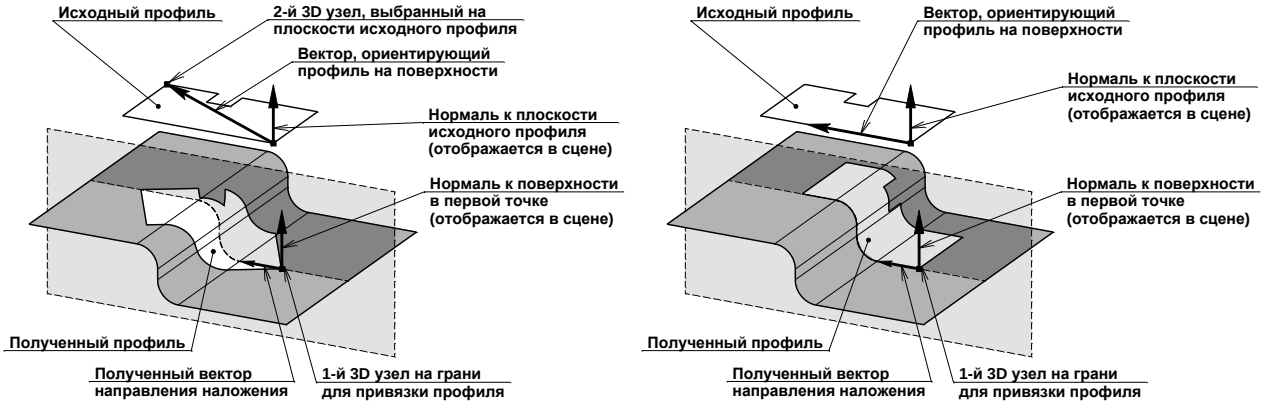
На рисунке справа показан вариант, когда первый выбранный на поверхности 3D узел принадлежит крайней грани. В этом случае вектор направления наложения определяется автоматически.

Далее необходимо решить **проблему ориентации профиля на грани**.

Вектор, определяющий ориентацию профиля на грани (наборе граней), может быть установлен двумя способами: с помощью второй точки на плоскости профиля или без неё. Данный вектор в сцене не отображается, а на приведённых ниже рисунках он показан для наглядности.

При использовании второй точки начало и конец нового вектора будут определяться первой и второй точкой на плоскости профиля. Когда вторая точка на плоскости профиля не выбирается, то построение вектора происходит по следующему алгоритму:

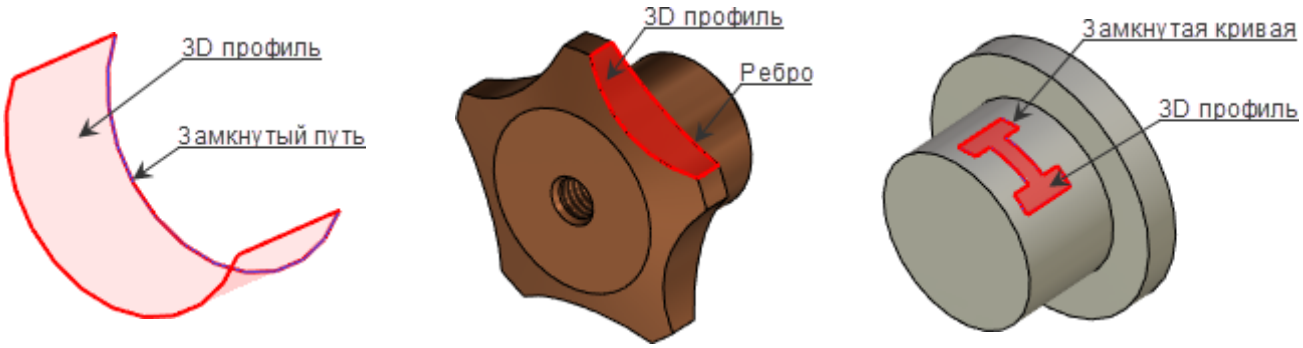
- ✓ Вектор направления наложения, построенный из первой точки на поверхности, проецируется на плоскость профиля. Получаем направление нового вектора, ориентирующего профиль.
- ✓ Начало вектора, ориентирующего профиль, помещается в первую точку на плоскости профиля.



Из первой точки на профиле и на грани рисуются стрелки. Они показывают направление нормали к плоскости профиля и к поверхности грани. При наложении профиля направление нормали к плоскости профиля совмещается с направлением нормали к выбранной поверхности в первой выбранной точке. Направление нормали к плоскости профиля можно изменить на противоположное. Это даёт возможность переворачивать наложенный профиль на 180 градусов вокруг оси вектора наложения.

3D профиль на основе элементов проволочной геометрии

Данный способ позволяет решить задачу построения 3D профиля по замкнутому пути, набору рёбер, образующих замкнутый контур, или по замкнутой кривой на грани. Геометрия такого профиля полностью определяется выбранными элементами и изменяется при изменении геометрии этих элементов. При этом комбинация элементов, участвующих в генерации профиля, может быть различной.



Профили – развёртки поверхности или набора поверхностей

Построение развёртки поверхности

Для построения 3D профиля как развёртки поверхности система предлагает два типа алгоритма:

- Автоматический выбор, при котором система определяет оптимальный метод разворота поверхности (аналитический или итерационный);
- Итерационный, при котором система разворачивает сеточную аппроксимацию поверхности итерационным методом. При развертке набора поверхности даёт неточный результат.

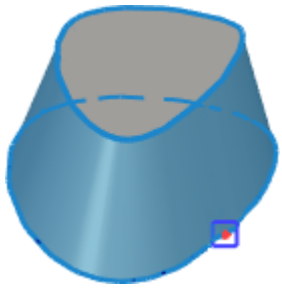
Аналитический метод построения развёртки используется для *развёртываемых* поверхностей. К *развёртываемым* относятся линейчатые поверхности, которые могут быть развёрнуты так, чтобы всеми своими точками они совмещались с плоскостью без каких-либо повреждений поверхности (разрывов или складок). При этом поверхность может быть как замкнутой (периодической), так и незамкнутой.

Итерационный метод используется для *неразвёртываемых* поверхностей. К *неразвёртываемым* относятся нелинейчатые поверхности и те линейчатые, которые не могут быть развёрнуты в плоскость без повреждения поверхности. В этом случае поверхность должна быть незамкнутой. Является приближенным методом построения.

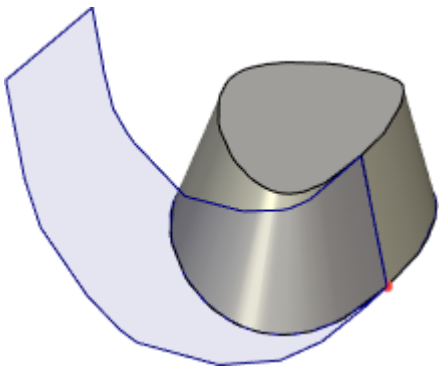
Автоматический алгоритм построения

Для построения 3D профиля как развёртки в режиме автоматического выбора алгоритма выбирается исходная грань и точка касания плоскости создаваемого профиля исходной грани. Создаваемый профиль строится в плоскости, касательной к поверхности исходной грани. Точка касания профиля и грани может быть задана любым 3D объектом, способным определить точку (например, 3D узлом или вершиной тела). Заданная точка должна лежать на исходной грани.

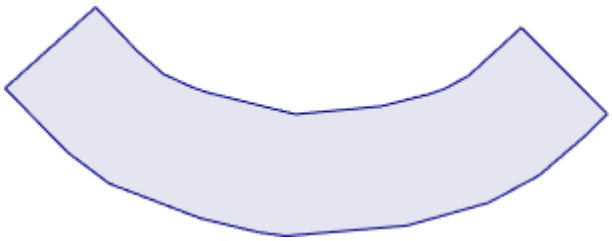
В общем случае если выбранная грань является замкнутой (периодической), точка касания профиля и грани используется для задания линии разреза развёртки. Разрезание производится по образующей прямой, проходящей через данный узел.



Выбор линейчатой грани и 3D узла для создания профиля развёртки



Результат создания профиля – развёртки линейчатой грани

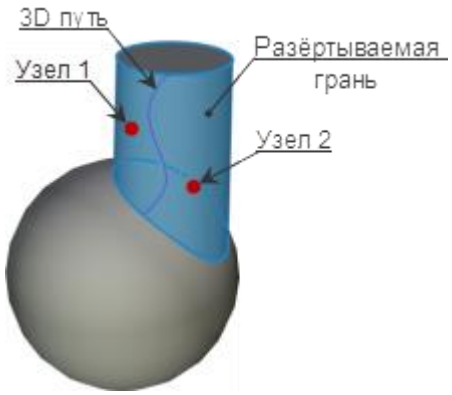


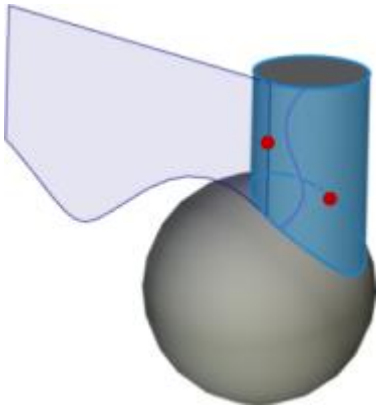
Вид созданного профиля

В случае построения 3D профиля как развёртки замкнутой цилиндрической поверхности линия разреза развёртки может проходить:

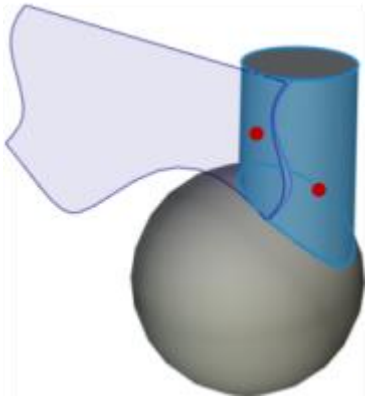
- По образующей, проходящей через точку касания плоскости профиля к поверхности исходной грани;
- По образующей, проходящей через дополнительную 3D точку;
- По 3D пути, который должен лежать на той же геометрической поверхности, что и разворачиваемая грань (например, можно создать произвольный 3D путь и спроецировать его на грань или построить путь в цилиндрической системе координат с тем же положением и радиусом, что и разворачиваемая грань), а его концы должны обязательно лежать на внешних границах грани.

На рисунках показан пример построения 3D профиля как развёртки замкнутой цилиндрической грани с применением всех трёх способов разрезания развёртки. Узел 1 использовался для задания точки касания профилей с исходной гранью, а также для определения линии разреза одного из профилей. Дополнительные элементы Узел 2 и 3D путь использовались для задания линии разреза развёртки в двух других случаях. Результирующие профили лежат в одной плоскости, касательной к поверхности исходной грани в точке, определяемой Узлом 1, но отличаются линией разреза.

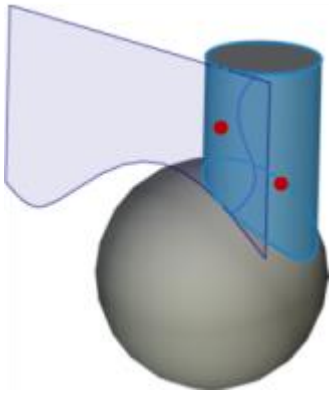




Профиль с разрезом по образующей, заданной тем же узлом, что и точка касания (Узел 1)



Профиль с разрезом по образующей, заданной дополнительным 3D узлом (Узел 2)

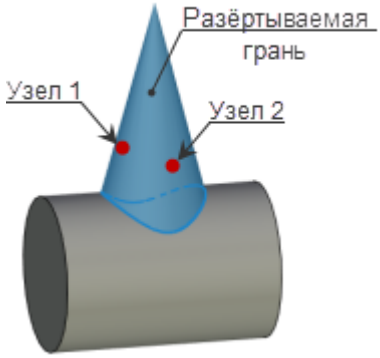


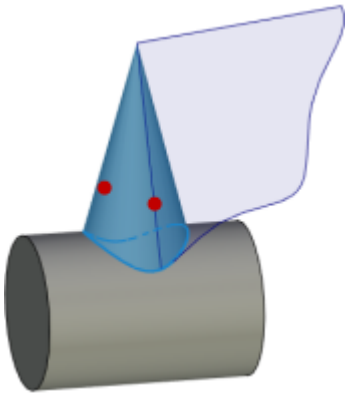
Профиль с разрезом по дополнительному 3D пути

В случае построения 3D профиля как развёртки замкнутой конической поверхности линия разреза развёртки может проходить:

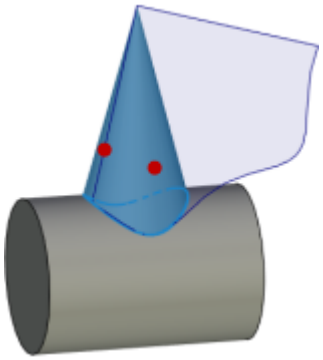
- По образующей, проходящей через точку касания плоскости профиля к поверхности исходной грани;

➔ По образующей, проходящей через дополнительную 3D точку.





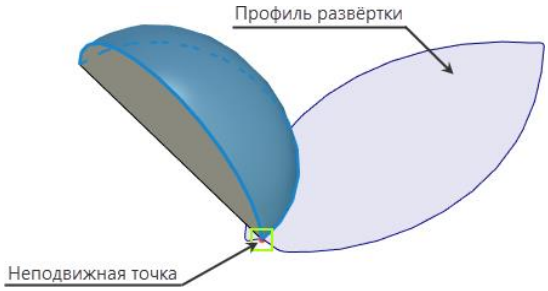
Профиль с разрезом по образующей, заданной тем же узлом, что и точка касания (Узел 1)



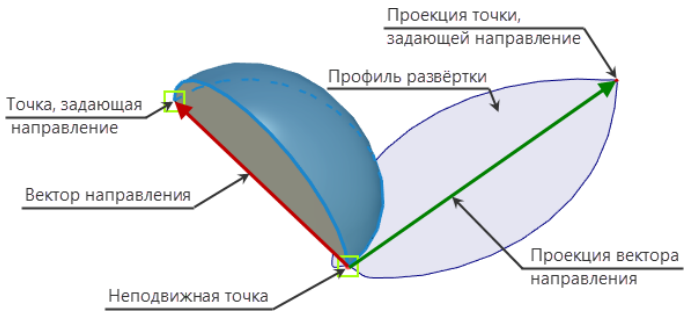
Профиль с разрезом по образующей, заданной дополнительным 3D узлом (Узел 2)

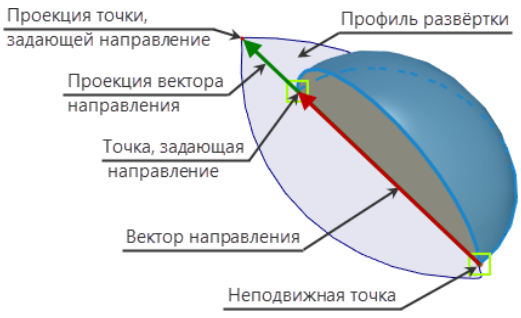
Итерационный алгоритм построения

Для построения 3D профиля как развёртки в режиме итерационного алгоритма также выбирается исходная грань и точка касания плоскости создаваемого профиля исходной грани. В данном случае точка касания профиля и грани может быть задана только вершиной тела.



Для ориентации профиля в плоскости касания, необходимо указать дополнительную 3D точку, задающую направление проецирования. Результирующий вектор, образованный неподвижной точкой и проекцией точки, задающей направление на развёртку, совпадёт с вектором, образованным неподвижной точкой и непосредственно точкой, задающей направление.





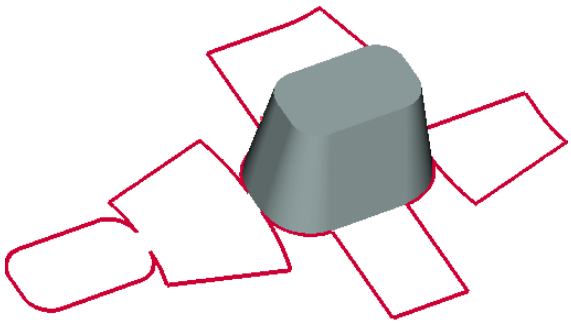
Также можно задать плоскость, параллельно которой будет располагаться результирующий профиль развёртки.

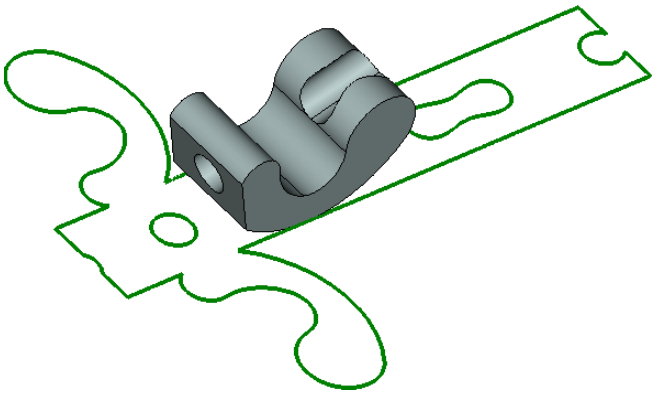
Построение развёртки набора граней

Создание 3D профиля как развёртки набора граней происходит во многом аналогично созданию других профилей-развёрток. Для создания такого профиля указываются разворачиваемые грани. Такие грани обязательно должны иметь общие рёбра.

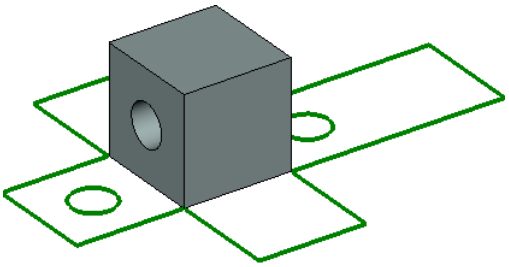
> В случае, если в списке разворачиваемых граней имеется хотя бы одна *неразворачиваемая* поверхность, то система использует итерационный алгоритм построения развёртки, который даёт приближённый результат.

Положение профиля в пространстве задаётся 3D точкой на одной из выбранных граней. Плоскость профиля будет касательна к данной грани в указанной точке.

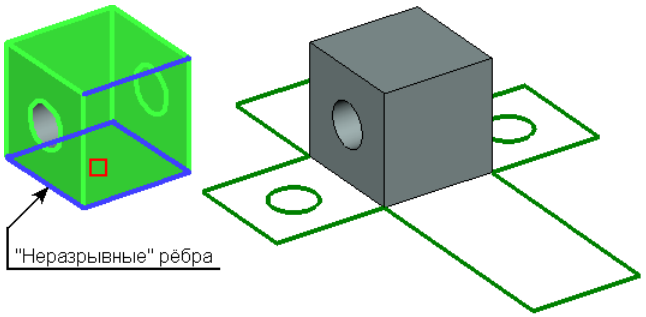




При создании профиля может возникать несколько решений (например, развёртка всех граней куба). По умолчанию выбор решения предоставляется системе. Для получения конкретного варианта построения профиля дополнительно можно выбрать «неразрывные» рёбра, которые используются в качестве линий развёртки. При задании рёбер следует указывать связи между всеми необходимыми гранями. В противном случае грань, для которой не задано «неразрывное» ребро, связывающее её с другими гранями набора, будет проигнорирована при создании профиля.

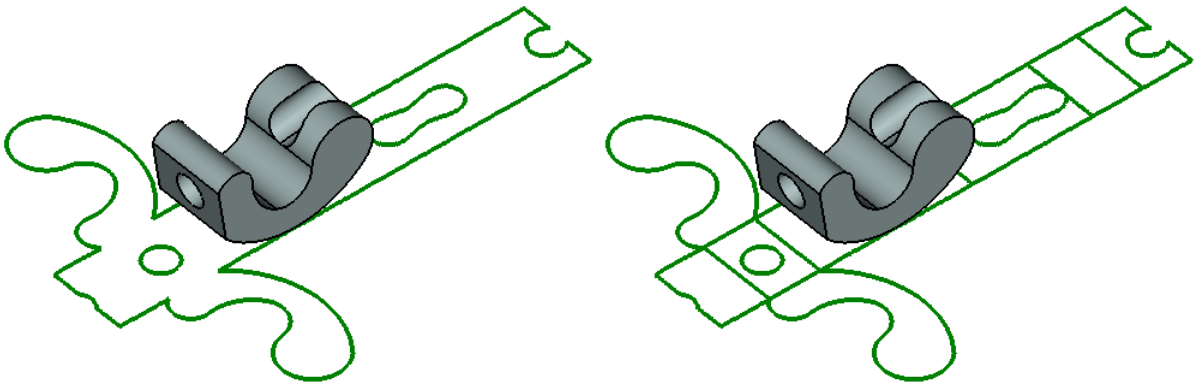


Вариант развёртки, выбранный системой по умолчанию



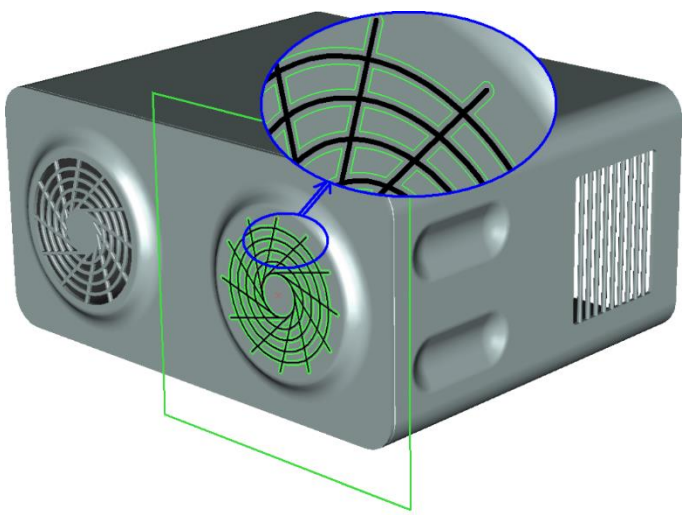
3D профиль-развёртка, созданный с выбором "неразрывных" рёбер

По умолчанию на создаваемом 3D профиле рёбра - границы граней исходного тела удаляются. Однако при необходимости они могут быть сохранены.



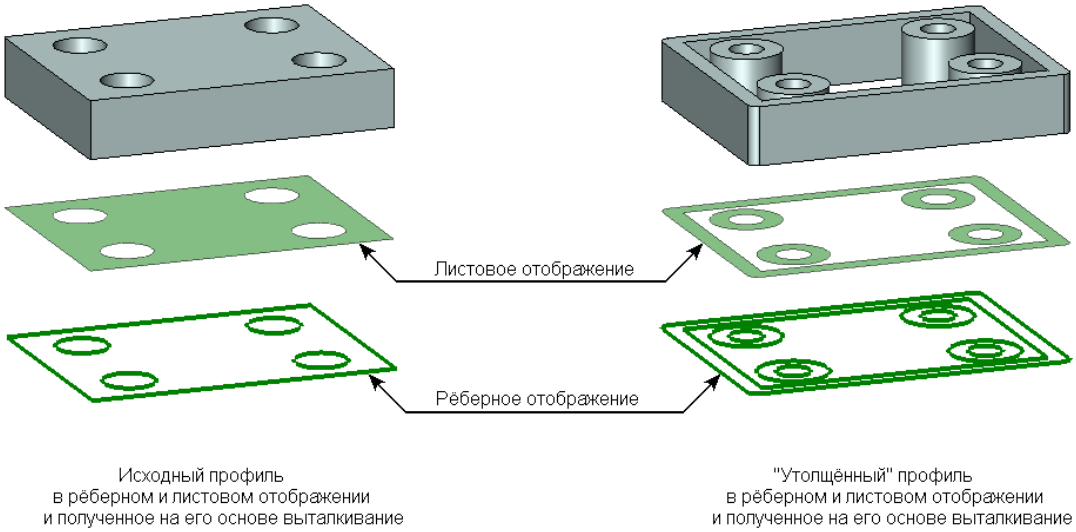
Придание толщины плоскому профилю

Вид плоского профиля любого типа можно изменить, используя *режим придания толщины*. В этом режиме к линиям контура профиля строятся эквидистантные линии. На основе данных линий строится новый, утолщённый контур. При этом геометрия контура может измениться, что легко можно заметить по листовому отображению профиля или по полученному на его основе твёрдому телу.



При создании 3D профиля на основе 2D элементов использование данного режима может оказаться единственным способом построения профиля.

Такое случится, например, если исходные линии изображения, линии штриховки или текста, на основе которых строится профиль, имеют самопересечения или ветвления. В этом случае без применения данного режима система не сумеет построить профиль и сама предложит включить режим придания толщины.



Режим придания толщины контуру 3D профиля имеет следующие параметры, влияющие на результат его применения:

- ✓ *Способ придания толщины* (направление, в котором будут строиться эквидистанты к линиям исходного контура);
- ✓ *Смещение* (смещения) эквидистант к исходным линиям контура 3D профиля;
- ✓ *Способ обработки концов* линий нового контура 3D профиля;
- ✓ *Способ обработки разрывов*, образующихся при построении эквидистант к линиям исходного контура 3D профиля;
- ✓ *Способ обработки замкнутых контуров* (только для 3D профилей, созданных по линиям изображения на рабочей плоскости).

Способ обработки разрывов и *способ обработки замкнутых контуров* действуют так же, как и аналогичные параметры при создании профиля – эквидистанты к другому профилю. Остальные параметры будут описаны ниже.

Кроме того, на результат применения данного режима влияет вид исходного контура 3D профиля.

Способ придания толщины и смещение эквидистантных линий

Эквидистантные линии могут строиться в одну сторону от исходных линий на заданное расстояние, в обе стороны – на одинаковое расстояние или в обе стороны – на разное расстояние. Расстояние, на котором строятся эквидистанты, задаётся числовым значением.

Формально способ построения эквидистантных линий определяется *способом придания толщины*, допускающим следующие варианты:

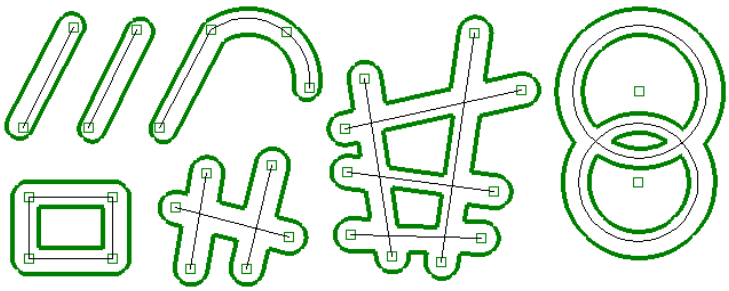
Наружу, **внутрь** – эквидистантные линии строятся только с одной стороны от линий исходного контура; для замкнутых контуров направление (относительно исходных линий), в котором будет строиться эквидистанта, определяется выбранным режимом (т.е. снаружи или внутри исходного контура); для разомкнутых – выбирается системой.

Симметрично – эквидистантные линии строятся с обеих сторон от линий исходного контура на одинаковом расстоянии;

В двух направлениях – эквидистантные линии строятся также с обеих сторон от линий исходного контура, но на разном расстоянии.

В зависимости от выбранного способа придания толщины, задаётся одно или два значения *смещения* эквидистантных линий. Одно значение указывается для первых трёх вариантов придания толщины (“Наружу”, “Внутрь”, “Симметрично”), два – для способа “В двух направлениях”.

На практике, помимо способа придания толщины, на построение эквидистантных линий влияет вид исходного контура – наличие в нём самопересечений или ветвления линий, а также замкнутых областей. Например, контуру, имеющему самопересечение или ветвление линий, в большинстве случаев невозможно придать разную толщину в двух направлениях. Для подобного контура недопустимо использовать варианты “Наружу” или “Внутрь”. Результат применения к нему варианта “В двух направлениях” будет дополнительно зависеть от наличия в нём замкнутых областей. Если таких областей в исходном контуре профиля нет, то данный вариант придания толщины также невозможен. Точнее, его применение будет давать результат, аналогичный варианту “Симметрично”, т.е. эквидистанты с любой стороны от линий исходного контура будут построены с одинаковым значением смещения (второе заданное значение будет игнорироваться). Если же контур, имеющий самопересечения или ветвления, содержит замкнутые области, то внутренние эквидистанты (создаваемые внутри замкнутых областей) откладываются с одним значением смещения, а внешние (т.е. все остальные) – с другим заданным значением смещения.



Способ обработки концов линий утолщённого профиля

При утолщении незамкнутого контура концы линий, соответствующие свободным концам исходных линий контура, могут быть соединены двумя способами:

Скруглить – концы эквидистантных линий объединяются дугой окружности;

По прямой – концы эквидистантных линий объединяются прямой.



Обработка концов способом "Скруглить"



Обработка концов способом "По прямой"

Создание 3D профилей

Для создания любого 3D профиля используется команда **3PR: Построить 3D профиль**. Вызов команды:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → 3D профиль
Клавиатура	Текстовое меню
<3PR>	Построения > 3D профиль

Для создания 3D профиля после вызова команды необходимо выбрать требуемый способ построения профиля. Дальнейшие действия зависят от выбранного типа профиля.

Создание 3D профиля на основе 2D штриховки или текста

Для создания 3D профиля на основе 2D штриховки или текста используются следующие опции основного автоменю команды:

	<H>	Выбрать штриховку
	<A>	Выбрать текст

Обычная последовательность создания 3D профиля на основе штриховки или текста состоит из следующих шагов:

- ➔ Выбор штриховки или текста (в 2D окне или на активной рабочей плоскости). Одновременно при этом определяется рабочая плоскость или рабочая поверхность, которой принадлежит выбранный элемент по умолчанию (т.е. штриховка или текст лежат в пределах границ рабочей плоскости в 2D окне или расположены ближе всего к границам данной плоскости). Штриховка и рабочая плоскость (поверхность) помечаются как выбранные в 2D окне. В окне 3D вида появляется предварительное изображение создаваемого профиля.

  Если выбор рабочей плоскости вас не устраивает, то можно его изменить с помощью опции:

	<W>	Выбрать другую рабочую плоскость

  В результате выберется другая рабочая плоскость или рабочая поверхность. Последовательный вызов данной опции позволяет перебрать все имеющиеся на активной странице рабочие плоскости. При этом в 3D окне можно наблюдать перемещения создаваемого профиля.

  При использовании 2D элемента, лежащего на рабочей поверхности, создание профиля на этом завершается. Для плоского профиля можно дополнительно:

- ➔ Выбрать 3D узел, в который будет перенесена плоскость контура:

	<M>	Выбрать 3D узел для привязки плоскости контура

➔ Выбрать 2D узел контура, который будет совмещен с заданным 3D узлом:

	<N>	Выбрать 2D узел контура для совмещения с 3D узлом

Завершить создание 3D профиля необходимо с помощью опции автоменю  или аналогичной кнопки окна свойств.

Для отказа от привязки к узлам используются следующие опции автоменю:

	<K>	Разорвать связь с 3D узлом
	<F>	Отменить связь с 2D узлом

Они отменяют соответствующее действие по перемещению контура.

Создание 3D профиля на основе линий изображения на рабочей плоскости

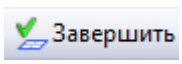
Для создания 3D профиля на основе линий изображения на рабочей плоскости используется следующая опция основного автоменю команды:

	<W>	Создать профиль на основе линий изображения на рабочей плоскости

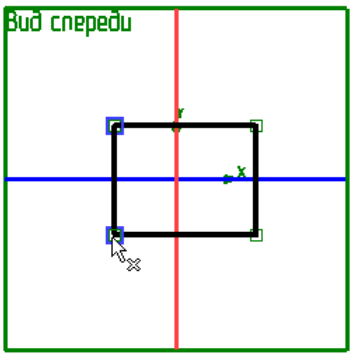
Для создания профиля после вызова данного режима достаточно в 3D окне или в дереве 3D модели выбрать необходимую рабочую плоскость и подтвердить создание профиля с помощью .

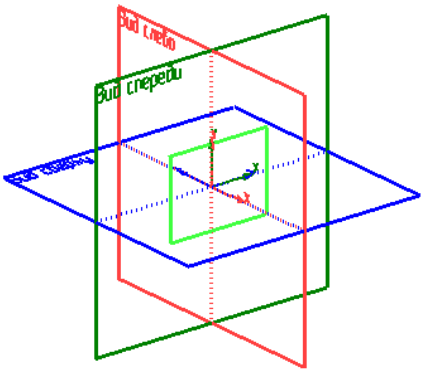
Автоматическое создание профилей при работе с активной рабочей плоскостью

Для автоматического создания 3D профиля необходимо выбрать рабочую плоскость и активизировать её (команда **Чертить на рабочей плоскости** в контекстном меню). После того, как на рабочей плоскости будут созданы необходимые 2D элементы (линии изображения, штриховки, тексты), для создания профиля достаточно завершить работу в режиме активной рабочей плоскости опцией:

	<Shift><End>	Завершить черчение на рабочей плоскости

3D профиль будет создан автоматически по выходе из данного режима.



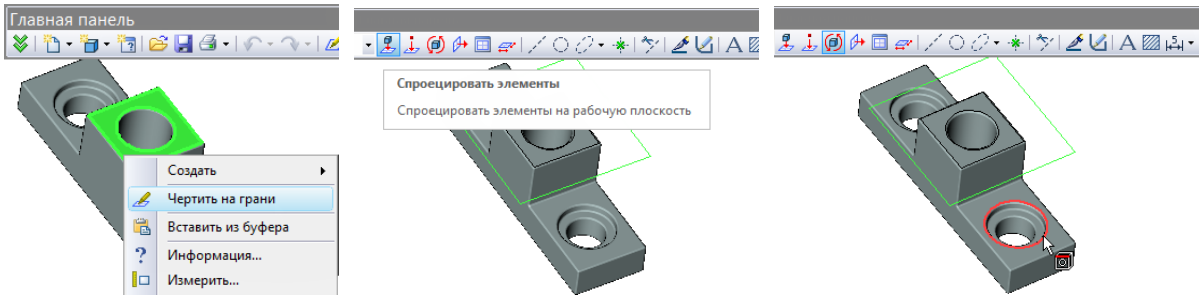


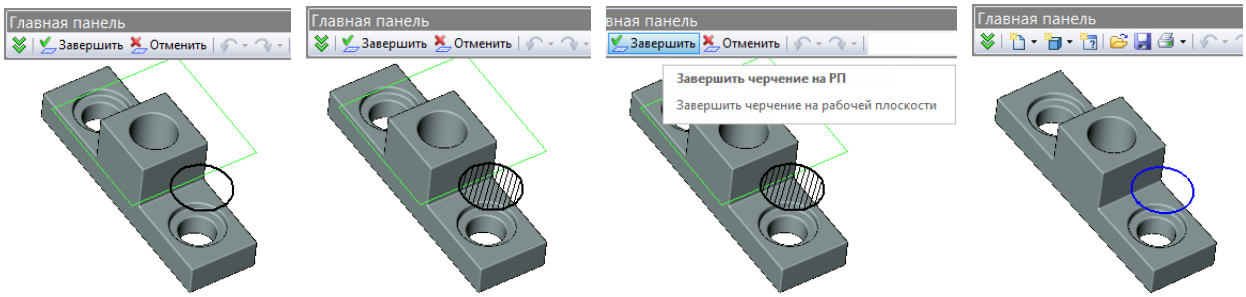
При обнаружении на активной рабочей плоскости линий разного цвета, система перед созданием профиля выдаст сообщение: *"Создать для каждого цвета линий изображения отдельный профиль? Да/Нет"*. В случае положительного ответа будет создано несколько 3D профилей – по числу использованных цветов. При отказе от создания нескольких профилей строится один 3D профиль по всем линиям изображения рабочей плоскости.

Построить профиль, используя активную рабочую плоскость, можно и на плоской грани трёхмерного тела. Для этого подведите курсор к плоской грани и нажмите , в появившемся меню выберите пункт "Чертить на грани". На основе выбранной грани создастся новая рабочая плоскость и соответствующая ей страница. Туда будут наноситься все вновь строящиеся 2D элементы. Созданная рабочая плоскость будет активна (см. главу "Рабочие плоскости"). Выбранная грань автоматически проецируется на рабочую плоскость. Далее нужно действовать как описано выше.

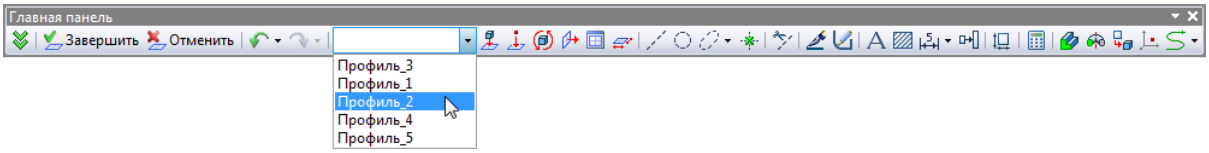
Для того чтобы спроецировать на активную рабочую плоскость другие элементы модели, нужно воспользоваться опциями:

	Спроецировать элементы на рабочую плоскость
	Спроецировать на рабочую плоскость 3D узел или вершину





При черчении на плоскости, где уже созданы 3D профили по линиям изображения, в системной панели присутствует элемент управления со списком доступных на данной плоскости профилей. Если выбрать в этом списке один из профилей, на экране автоматически крупно показываются формирующие его линии изображения, и для вновь создаваемых линий устанавливается цвет выбранного профиля.



В параметрах линий изображения в таком режиме включается флажок **Цвет только для текущей страницы**. Это означает, что установленный цвет будет действовать только при создании линий изображения на странице рабочей плоскости.

Создание 3D профиля на основе цикла или грани

Для создания 3D профиля на основе цикла или грани используется следующая опция основного автоменю команды:

	<L>	Выбрать цикл (замкнутый контур)
	<F>	Выбрать грань

Для создания профиля после вызова одного из данных режимов достаточно с помощью в 3D окне выбрать соответствующий 3D элемент: цикл (замкнутый набор рёбер тела) или грань тела. Выбранные элементы помечаются. При выборе набора граней можно (при необходимости) отменять сделанный выбор: одной грани – повторным кликом по нужной грани, всех выбранных к этому моменту граней – с помощью опции автоменю:

	<K>	Отменить выбор всех элементов

Для завершения создания профиля используется .

Создание профиля - проекции существующего профиля на грань или тело

Профиль – проекция другого 3D профиля на грань или тело – создаётся с помощью следующей опции команды:

	<J>	Построить 3D профиль как проекцию 3D профиля на грань

Выбор тела или грань, на которые будет проецироваться исходный 3D профиль, осуществляется с помощью одной из следующих опций автоменю данного режима:

	<B>	Выбрать операцию
	<F>	Выбрать грань, на которую проецируется 3D профиль

Тело или грань можно выбрать в 3D окне с помощью . Тело также можно выбрать в дереве 3D модели. Выбранное тело или грань помечаются цветом в 3D окне.

Проецируемый профиль указывается (также прямо в 3D окне или в дереве 3D модели) с помощью опции:

	<R>	Выбрать 3D профиль для проецирования

Для проецирования профиля по нормали сделанного выбора достаточно (можно завершить создание профиля нажатием ). В противном случае дополнительно задаётся вектор проецирования исходного профиля последовательным заданием двух 3D точек или выбором одного 3D объекта, способного определить вектор.

Для задания вектора двумя 3D точками последовательно используются опции:

	<M>	Выбрать первую точку, задающую направление проецирования
	<S>	Выбрать вторую точку, задающую направление проецирования

Для задания вектора направления одним 3D объектом в автоменю доступна опция:

	<L>	Выбрать направление проецирования

Для того, чтобы отменить выбор:

	<K>	Отменить выбор направления проецирования

При выборе элементов в указанной последовательности система автоматически переключает опции для перехода в следующее состояние. Можно производить выбор в произвольной последовательности, но при этом придётся выбирать соответствующие опции самостоятельно.

Создание профиля – копии существующего 3D профиля

Для этого создания 3D профиля как копии уже существующего 3D профиля используется опция:

	<M>	Построить 3D профиль как копию другого 3D профиля

Для создания профиля-копии прежде всего необходимо выбрать в 3D сцене или в дереве 3D модели исходный 3D профиль. Опция выбора профиля активизируется при входе в данный режим автоматически:

	<T>	Выбор профиля для создания копии

После задания профиля можно завершить создание нажатием . Созданный профиль в этом случае совпадёт с исходным (при условии, что для него не заданы преобразования).

Для задания систем координат, определяющих смещение создаваемого профиля от исходного, следует использовать следующие опции автоменю:

	<1>	Выбрать исходную систему координат
	<2>	Выбрать целевую систему координат

В 3D сцене выбранные ЛСК подсвечиваются и появляется предварительное изображение создаваемого профиля в положении, определяемом заданными ЛСК.

Если необходимые ЛСК отсутствуют в модели, можно воспользоваться опциями:

	<K>	Выбрать точку для создания исходной системы координат
	<W>	Выбрать точку для создания целевой системы координат

Данные опции позволяют автоматически создать нужную ЛСК, указав точку её начала координат. Оси системы координат будут направлены в соответствии с направлением осей глобальной системы координат.

От выбранных систем координат можно быстро отказаться, использовав опцию:

	<F>	Отменить выбор систем координат

Создание 3D профиля - эквидистанты

Для создания эквидистанты надо выбрать опцию:

	<Q>	Построить эквидистанту к 3D профилю

Исходный профиль выбирается в 3D сцене или в дереве 3D модели при активной опции автоменю:

	<T>	Выбрать 3D профиль

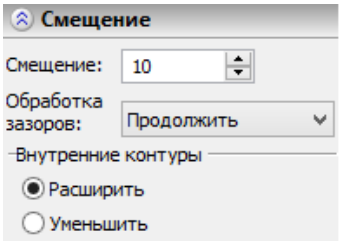
3D узел, определяющий смещение создаваемого профиля-эквидистанты, задаётся с помощью опции автоменю:

	<N>	Назначить смещение по 3D узлу

Следующая опция автоменю позволяет отказаться от выбранного 3D узла:

	<K>	Отменить связь с 3D узлом

Задать смещение профиля числовым значением можно в окне свойств команды (параметр **Смещение** в одноимённой секции диалога). Здесь же задаются другие параметры эквидистанты. Способ обработки зазоров, возникающих при создании эквидистантного контура, определяется параметром **Обработка зазоров**. Вариант обработки внутренних контуров профиля (если такие имеются) выбирается с помощью переключателя **Внутренние контуры**.



Наложение профиля на грань или тело

Режим наложения профиля на грань вызывается с помощью следующей опции основного автоменю команды:

	<D>	Постелить 3D профиль на совокупность граней

Для создания подобного профиля необходимо выполнить следующие действия:

1. Выбрать исходный 3D профиль:

	<1>	Выбрать плоский профиль

2. Выбрать первый 3D узел для задания ориентации профиля на поверхности:

	<2>	Выбрать точку на плоском профиле

   Данная опция активизируется автоматически сразу после выбора профиля.

3. Выбрать второй 3D узел для задания ориентации профиля на поверхности (*необязательное действие*):

	<3>	Выбрать вторую точку на плоском профиле

4. Выбрать грань или набор граней, на которые будет накладываться профиль:

	<4>	Выбрать поверхность

   В случае неудачного выбора можно отменить его с помощью опции:

	<7>	Отменить выбор всех граней

5. Выбрать первый 3D узел для привязки исходного профиля на выбранном наборе граней:

	<5>	Выбрать первую точку на исходной поверхности

6. Выбрать второй 3D узел для привязки исходного профиля на выбранном наборе граней (*необязательное действие*):

	<6>	Выбрать вторую точку на исходной поверхности

7. Сменить (при необходимости) направление нормали к плоскости профиля на противоположное (*необязательное действие*):

	<Tab>	Изменить ориентацию профиля

Создание 3D профилей – по проволочной геометрии

Для создания 3D профиля по проволочной геометрии используется следующая опция основного автоменю команды:

	<G>	Построить 3D профиль по проволочной геометрии

Выбор объектов осуществляется с помощью опций:

	<E>	Выбрать ребро или линию под ссылочным элементом
	<W>	Выбрать 3D путь

При этом по умолчанию активирован режим выбора последовательности гладко сопряженных рёбер  (см. раздел «Сглаживание рёбер).

Для редактирования списка выбранных объектов используются следующие опции автоменю:

	<D>	Удалить последнее ребро
	<K>	Отменить выбор всех элементов

Также для исключения конкретных объектов используется кнопка .

Создание 3D профилей – развёрток поверхностей

Режим создания 3D профиля как развёртки поверхности вызывается следующей опцией основного автоменю команды:

	<S>	Построить развёртку поверхностей

Поле вызова опции в 3D окне следует выбрать поверхность, для которой нужно создать развёртку. Выбор осуществляется с помощью опции:

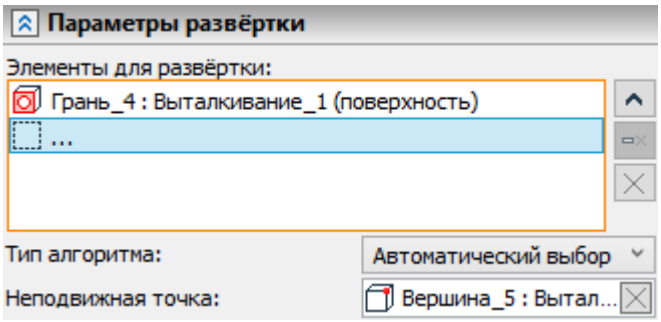
	<O>	Выбор поверхностей

Затем следует задать точку касания профиля (неподвижную точку), которая указывается с помощью опции:

	<A>	Выбор точки касания профиля и исходной грани

Выбранная поверхность и неподвижная точка будут добавлены в окно свойств. Для редактирования списка элементов для развёртки используются кнопки **Свернуть** , **Удалить элемент из списка** , **Очистить** .

По умолчанию установлен автоматический выбор алгоритма.



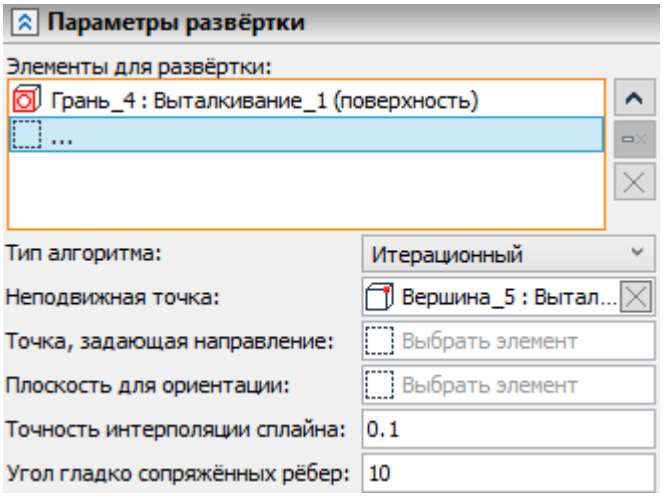
Для определения линии разреза развёртки замкнутой цилиндрической грани используется опция автоменю:

	<S>	Выбор 3D пути для задания линии разреза

Для определения линии разреза развёртки замкнутой конической грани используется опция автоменю:

	<S>	Выбор точки для задания линии разреза

В режиме итерационного типа алгоритма система предлагает выбрать дополнительную 3д точку, задающую направление проецирования профиля и/или плоскость для ориентации развёртки. Настройки точности контура результирующей развёртки регулируются такими параметрами, как **Точность интерполяции сплайна** и **Угол гладко сопряжённых рёбер**.



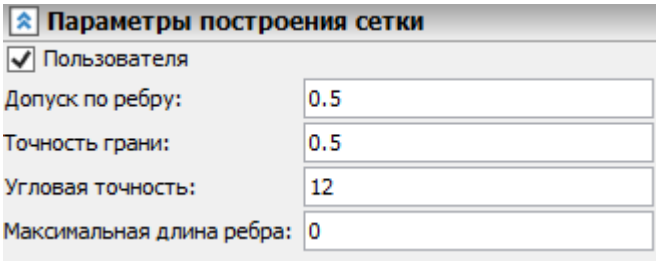
Выбор точки, задающей направление проецирования осуществляется с помощью опции автоменю:

	<D>	Выбор точки для ориентации профиля

Выбор плоскости для ориентации результирующей развёртки осуществляется при помощи опции автоменю:

	<P>	Выбор плоскости для задания ориентации развёртки

При необходимости пользователь может уточнить параметры построения сетки в соответствующей секции окна свойств команды.



Допуск по ребру – максимальное расстояние между кривыми модели и аппроксимирующими их рёбрами сетки.

Точность грани – максимальное расстояние между поверхностями модели и аппроксимирующими их плоскими гранями сетки.

Угловая точность – максимальный угол между кривыми модели и аппроксимирующими их рёбрами сетки, задаваемый в градусах. Угол измеряется как сумма углов между рёбрами сетки и касательными к исходной кривой в конечных точках рёбер. Данный параметр также определяет максимально допустимый угол между поверхностями модели и аппроксимирующими их плоскими гранями сетки (т.е. угол между нормалями поверхности и грани).

Максимальная длина ребра – максимальная длина ребра конечного элемента генерируемой сетки. Если значение равно нулю, то система игнорирует этот параметр.

Построение развёртки набора граней

Для создания такого профиля указываются разворачиваемые грани. Такие грани обязательно должны иметь общие рёбра.

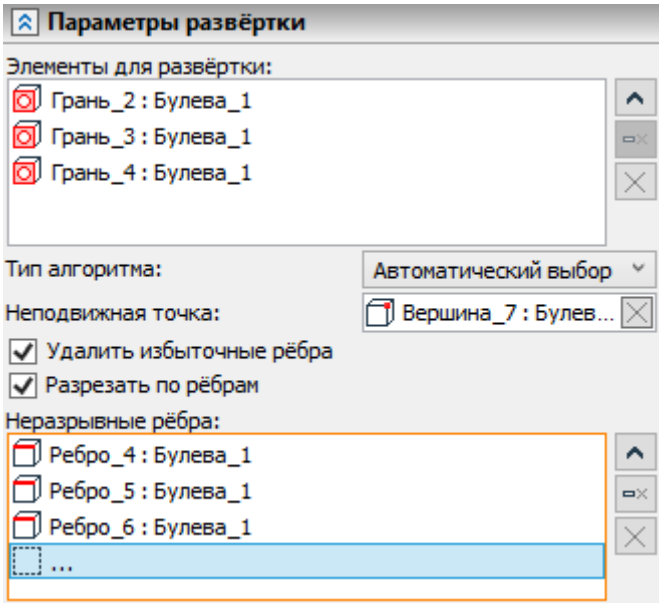
После выбора исходных граней и точки, определяющей положение профиля, если необходимо, задаются «неразрывные» рёбра. Для этого в окне свойств нужно активировать флажок **Разрезать по рёбрам**, а выбор «неразрывных» рёбер осуществить при помощи опции автоменю:

	<E>	Выбор неразрывных рёбер

Выбранные рёбра будут добавлены в соответствующий список в окне свойств. Для редактирования списка неразрывных рёбер используются кнопки **Свернуть** , **Удалить элемент из списка** , **Очистить** .

Флажок **Удалить избыточные рёбра** позволяет удалять на 3D профиле-развёртке рёбра-границы граней исходного набора.

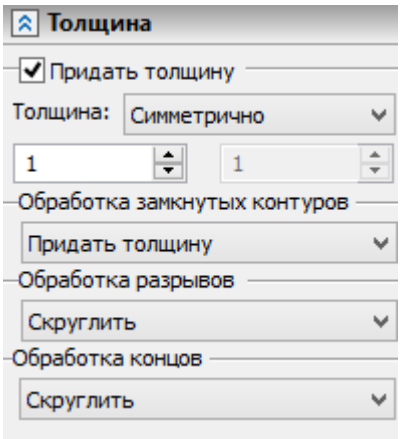
Если в списке разворачиваемых граней имеется хотя бы одна *неразворачиваемая* поверхность, система использует итерационный алгоритм построения развёртки. В этом случае необходимо проконтролировать, чтобы разворачиваемые грани не образовывали замкнутый контур, потому что невозможно задать разрезку по рёбрам

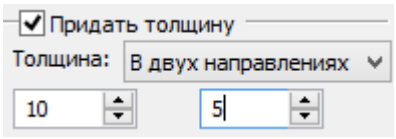


Создание утолщённого профиля

Режим придания толщины 3D профилю любого типа устанавливается в окне свойств команды, в секции **Толщина**. Для включения режима необходимо:

- ✓ Установить флажок **Придать толщину**;
- ✓ Выбрать способ придания толщины профилю из списка параметра **Толщина**: **Наружу**", **Внутрь**", **Симметрично**, **В двух направлениях**;
- ✓ Задать величину смещения линий эквидистантных контуров от исходного контура. Если на предыдущем шаге был выбран вариант "В двух направлениях", необходимо указать два значения смещения;
- ✓ Задать способ обработки разрывов в эквидистантных контурах при придании толщины, выбрав нужный вариант из выпадающего списка параметра **Обработка разрывов**: **Скруглить**, **По прямой**, **По кривой**".
- ✓ Выбрать способ обработки концов создаваемых контуров из выпадающего списка параметра **Обработка концов**: **Скруглить**, **По прямой**.



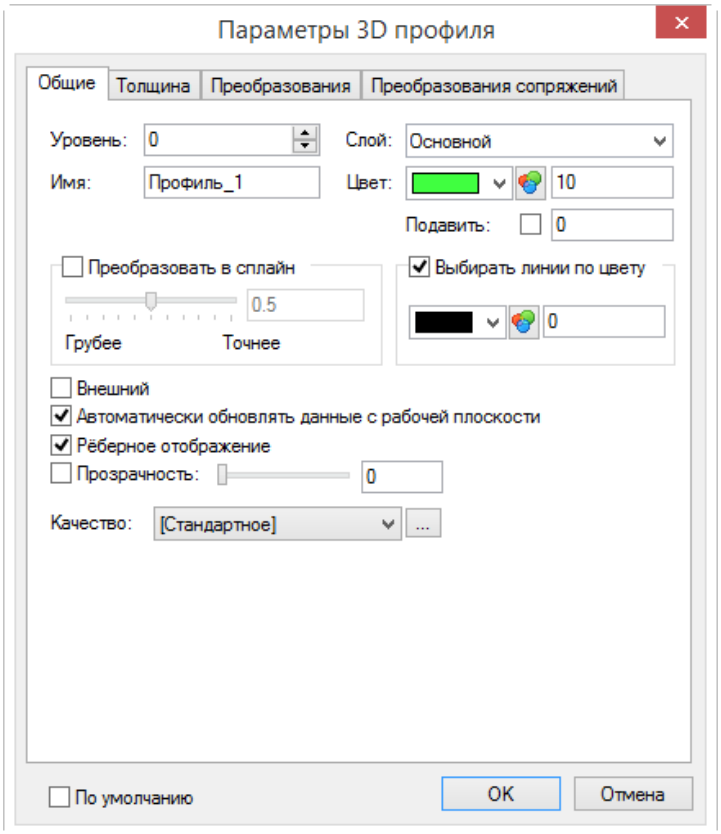


Параметры 3D профилей

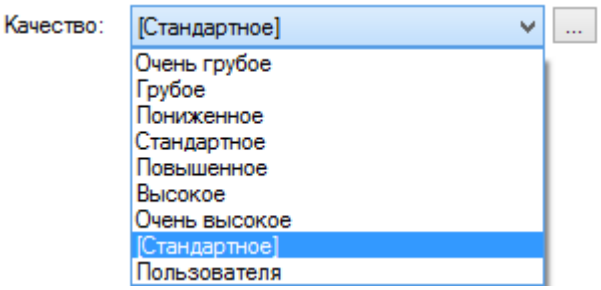
Как и любой элемент системы, каждый 3D профиль имеет набор параметров, одинаковый для профилей всех типов. Значения параметров можно задавать, вызвав окно диалога параметров с помощью опции:

	<P>	Задать параметры для 3D профиля

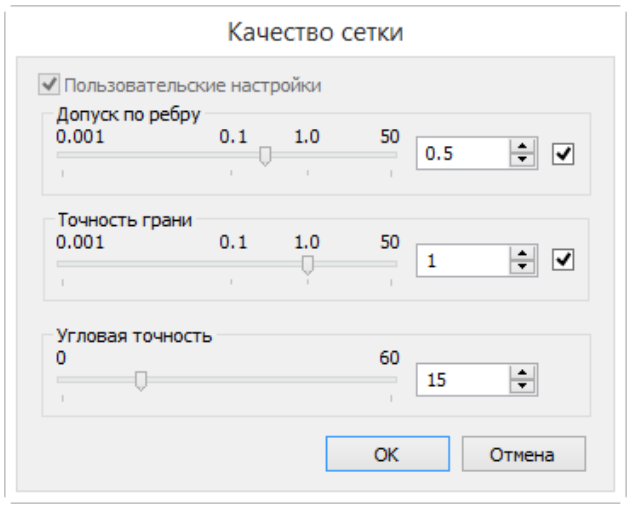
Диалог параметров 3D профиля состоит из четырёх закладок: **Общие**, **Толщина**, **Преобразования и Преобразования сопряжений**. Закладка **Толщина** содержит параметры, дублирующие содержимое одноимённой секции окна свойств команды создания 3D профиля, описанные выше. Закладки **Общая**, **Преобразования и Преобразования сопряжений** подробно описаны в главе «**Общие параметры 3D элементов**». Здесь упомянем лишь о специальных параметрах, присутствующих на закладке **Общие** только у 3D профиля:



Качество. Параметр, определяющий качество изображения 3D профиля. Задаёт степень разбиения модели на сетку треугольных плоских граней при выводе изображения в 3D окне. Из выпадающего списка можно выбрать предопределённые наборы параметров, задающие качество сетки:



- ✓ Очень грубое;
- ✓ Грубое;
- ✓ Пониженное;
- ✓ Стандартное;
- ✓ Повышенное;
- ✓ Высокое;
- ✓ Очень высокое;
- ✓ Стандартное – значения параметров разбиения модели берутся из команды **ST: Задать Параметры Документа** (параметр “Качество сетки” на закладке “3D”);
- ✓ Пользователя – значения параметров разбиения модели определяются пользователем. Дополнительная кнопка ... вызывает окно диалога для задания пользовательских значений параметров разбиения модели (в единицах модели). В диалоге параметров сетки можно задать свои значения: допуска по ребру, точности грани и углового допуска.



Более подробную информацию о параметрах качества изображения можно найти в книге «T-FLEX CAD 16 Краткий вводный курс», глава «Настройка чертежа», раздел «группа “Документ”».

Внешний. Если модель используется в качестве 3D фрагмента, то профили, у которых этот параметр установлен, являются доступными в сборочной модели. Их можно использовать для выполнения операций. Положение такого профиля полностью определяется положением связанной с ним модели. Редактировать можно только параметры. Поднятые с 3D фрагмента профили имеют специальные имена (Ссылка на профиль_№). Для этих профилей также можно установить параметр – внешний, что позволит использовать его в сборочных моделях следующего уровня.

Автоматически обновлять данные с рабочей плоскости. При отключении данного параметра некоторые изменения на странице рабочей плоскости (например, добавление новых контуров из линий изображения) не будут отражаться на 3D профиле даже после полного пересчёта.

Рёберное отображение. Данный параметр управляет способом отображения профиля в 3D сцене. Если он снят, то профиль изображается в виде листового тела. По умолчанию флажок включён, и профиль отображается в виде проволочного тела.

Прозрачность. Данный параметр задаёт степень прозрачности профиля в 3D окне. Меняется от 0 (непрозрачный профиль) до 1 (полностью прозрачный профиль).

Преобразовывать в сплайн. Параметр позволяет преобразовать каждый контур профиля в один сплайн. Каждый контур преобразованного таким образом пути или профиля состоит всего из одного сегмента, промежуточные вершины ликвидируются. Точность аппроксимации управляется параметром от 0.0 (грубо) до 1.0 (точно) при помощи ползунка или поля ввода точности аналогично плотности сетки. В некоторых случаях такие 3D профили могут использоваться более успешно, чем много сегментные (например, в операции «По сечениям»).

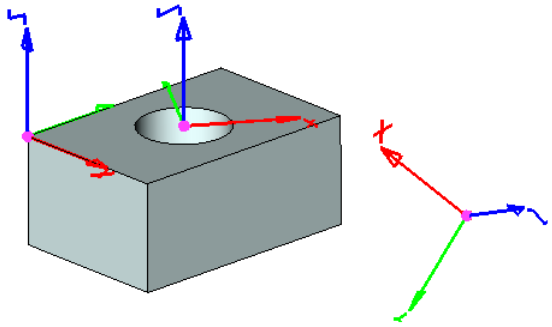
Данный параметр не действует на составные профили, у которых несколько граней имеют смежные рёбра (например, если профиль строится по набору смежных граней).

Выбирать линии по цвету. Данный параметр актуален только для 3D профилей, созданных по линиям изображения на рабочей плоскости. Флажок управляет способом создания 3D профиля. Если он отключён, то контур профиля строится на основе всех линий изображения рабочей плоскости. При включённом флажке контур профиля создаётся только на базе линий указанного цвета.

Локальные системы координат

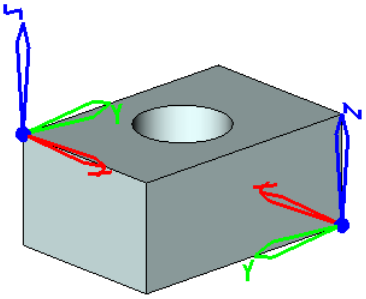
Локальная система координат (ЛСК) – вспомогательный 3D элемент построения, позволяющий осуществлять привязку 3D объектов в пространстве. ЛСК широко используются при 3D моделировании, например, для построения сборочных 3D моделей, копирования 3D тел, задания преобразований и т.п.

Изображение ЛСК в 3D сцене состоит из трёх именованных стрелок, указывающих направления осей данной системы координат. Точка соединения стрелок совпадает с началом координат ЛСК. Размер изображения ЛСК регулируется в команде **ST: Задать параметры документа**, на закладке **3D**, с помощью параметра **Размер > Система координат**.



На базе ЛСК также можно создавать специальные 3D элементы построения T-FLEX CAD – 3D коннекторы. 3D коннекторы используются для привязки фрагментов при создании 3D сборок. Они представляют собой ЛСК особого вида, способную (помимо выполнения собственно функции привязки фрагментов) передавать значения переменных одного 3D фрагмента в другой фрагмент. Использование 3D коннекторов значительно упрощает позиционирование деталей и согласование параметров фрагментов при проектировании сборок.

Изображение 3D коннектора в 3D окне аналогично изображению обычной ЛСК, однако оси обозначаются “объёмными” стрелками.



Правила создания локальных систем координат

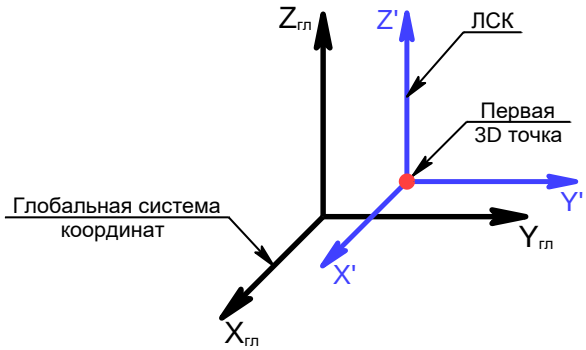
Создание ЛСК в общем случае состоит из следующих шагов:

- ✓ *Выбор начала координат ЛСК*. В выбранной точке начала координат создаётся локальная система координат с такой же ориентацией осей, как у глобальной системы координат.
- ✓ *Выбор направления оси X*. Ось X ЛСК, полученной на предыдущем этапе, поворачивается в заданном направлении.
- ✓ *Выбор направления оси Y*. Ось Y ЛСК, полученной на предыдущем этапе, поворачивается в заданном направлении.
- ✓ *Выбор поверхности доворота*. ЛСК, полученная на предыдущем этапе, доворачивается таким образом, чтобы её ось X была направлена на ближайшую точку заданной поверхности.
- ✓ *Выбор поверхности касания*. ЛСК, полученная на предыдущем этапе, перемещается до касания с заданной гранью/поверхностью.
- ✓ *Выбор необходимых преобразований ЛСК*. ЛСК, полученная на предыдущем этапе, поворачивается вокруг её осей.
- ✓ *Задание дополнительных негеометрических характеристик ЛСК* (ассоциированные элементы, видимость в сборке и т.п.).

Часть шагов может быть пропущена. Единственным обязательным действием является выбор начала координат ЛСК.

Определение начала координат ЛСК

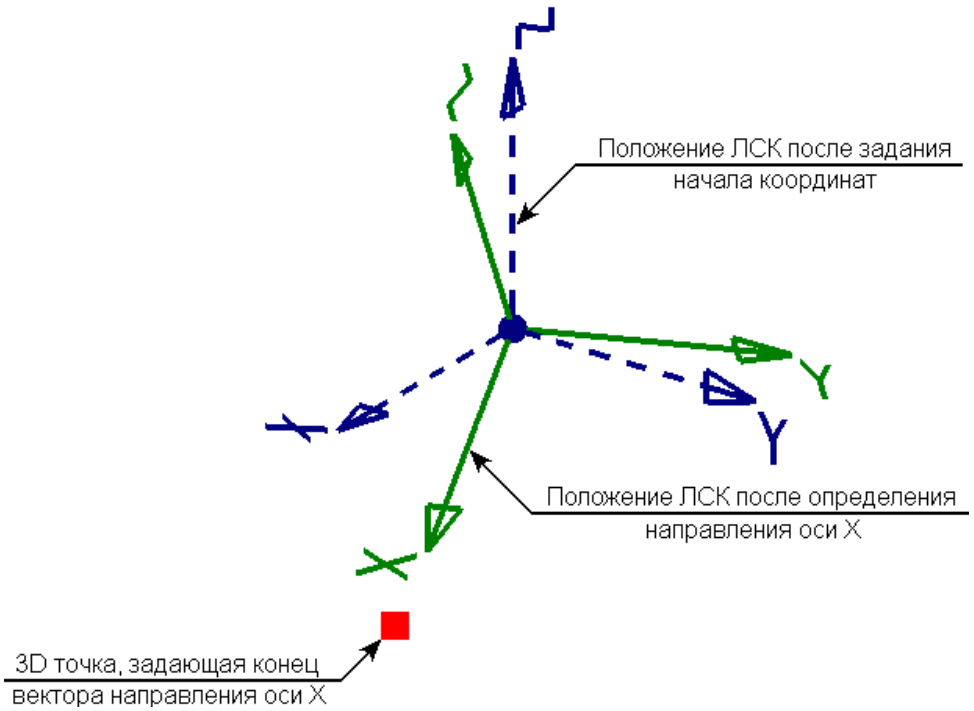
Начало координат ЛСК определяется 3D точкой. В выбранной 3D точке создаётся ЛСК, ориентация осей которой (X', Y', Z' на рисунке) совпадает с ориентацией осей глобальной системы координат.



Определение направления оси X ЛСК

Для определения направления оси X создаваемой ЛСК задаётся либо сам вектор направления, либо его конечная 3D точка (в качестве первой точки вектора используется 3D точка, определяющая начало координат ЛСК). В результате система координат поворачивается таким образом, чтобы ось X приняла требуемое положение.

> Ось поворота определяется следующим образом: через два положения оси X – старое (полученное на предыдущем шаге) и новое (заданное на данном этапе) строится плоскость. Нормаль к этой плоскости, проходящая через начало координат ЛСК, и будет осью поворота.

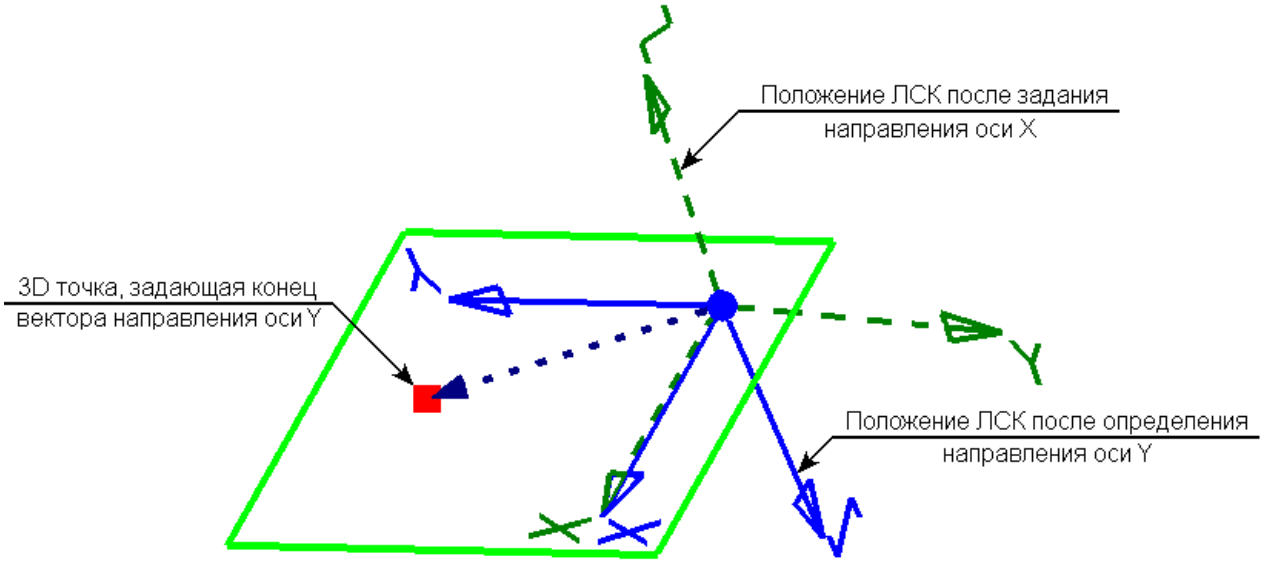


Определение направления оси Y ЛСК

Направление оси Y задаётся, как и в случае оси X, либо самим вектором направления, либо его конечной 3D точкой (в качестве первой точки вектора используется 3D точка, определяющая начало координат ЛСК).

> Данный шаг выполняется только при условии выполнения предыдущего, т.е. выбора направление оси X. Задать направление оси Y, не указав направления оси X, нельзя.

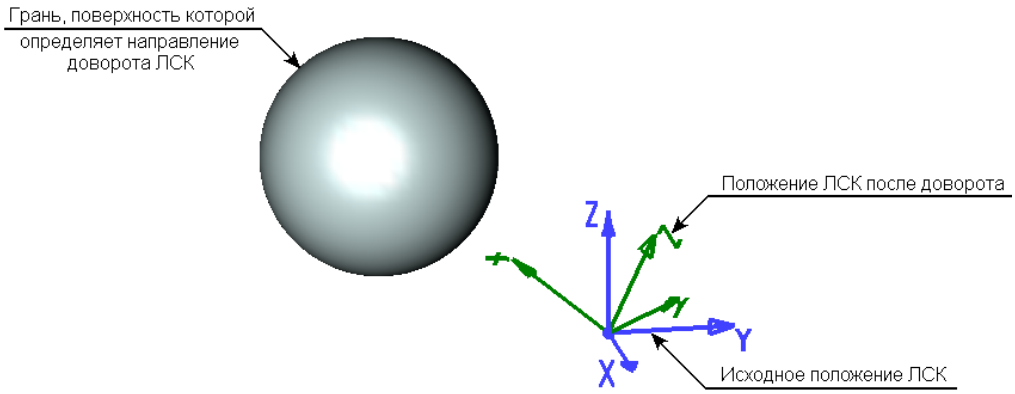
Вектор направления оси Y задаёт не само направление оси Y, а положение плоскости XY, в которой эта ось должна быть расположена. Плоскость будет проходить через ось X ЛСК и заданный вектор направления оси Y. В результате ось X ЛСК сохраняет своё положение, ось Y располагается в заданной плоскости под углом 90^0 к оси X. Направление оси Z определяется автоматически на основе осей X и Y.



Доворот оси X ЛСК до ближайшей точки выбранной поверхности

Доворот оси X ЛСК до ближайшей точки поверхности применяется в том случае, когда не удаётся добиться требуемого положения ЛСК выбором вектора направления оси X.

При выборе поверхности доворота создаваемая ЛСК доворачивается таким образом, чтобы её ось X была направлена к ближайшей от начала координат ЛСК точке выбранной поверхности.



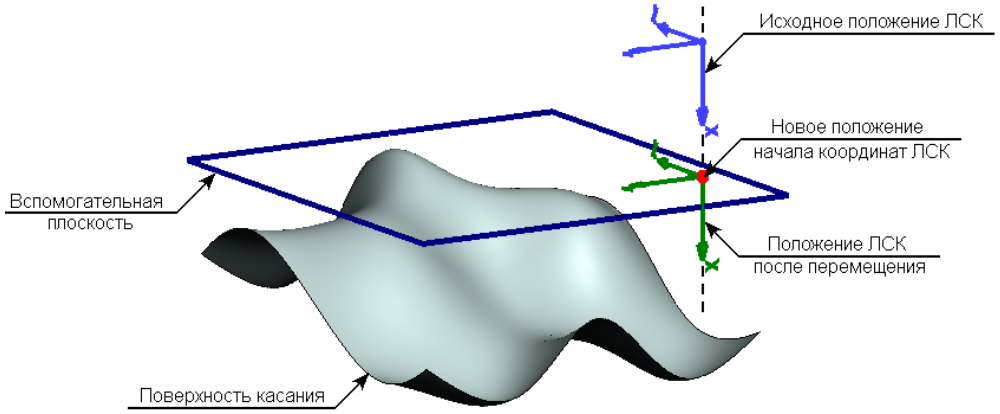
В качестве поверхности доворота может использоваться рабочая поверхность или плоскость. Можно также выбрать грань, плоское ребро или простое тело (тело, все грани которого лежат на одной поверхности). В этом случае в качестве поверхности доворота используется геометрическая поверхность, на которой лежит выбранный элемент.

Доворот ЛСК осуществляется аналогично повороту ЛСК при задании основного направления оси X.

Перемещение ЛСК до касания с поверхностью

Перемещение ЛСК до касания с гранью позволяет уточнить положение начала координат создаваемой ЛСК.

Новое положение начала координат ЛСК определяется следующим образом: строится вспомогательная плоскость, параллельная плоскости YZ ЛСК и касательная к выбранной поверхности. Если таких плоскостей несколько, выбирается ближайшая к началу координат ЛСК. Точка пересечения вспомогательной плоскости и оси X будет новым началом координат ЛСК.



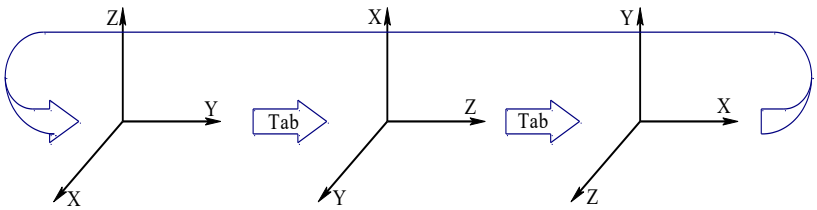
Поверхность касания задаётся так же, как и поверхность доворота. Для этого можно выбрать рабочую поверхность или плоскость, грань, плоское ребро или простое тело. Однако в данном случае существуют ограничения:

если в качестве поверхности касания используется плоскость (рабочая плоскость, плоскость под плоской гранью или плоским ребром), она должна быть перпендикулярна оси X ЛСК;

если поверхность касания задана цилиндрической гранью – ось цилиндра должна быть перпендикулярна оси X ЛСК.

Изменение ориентации осей локальной системы координат

Для изменения ориентации осей локальной системы координат необходимо использовать пошаговое вращение ЛСК вокруг любой из её осей. За один шаг ЛСК поворачивается на 90^0 вокруг выбранной оси. Кроме того, существует возможность циклического изменения ориентации осей ЛСК. Результат циклического вращения показан на рисунке.



Если используются оба этих способа изменения ориентации осей ЛСК (вращения вокруг одной оси и циклическое вращение), то сначала осуществляются заданные повороты вокруг отдельных осей, а затем применяется циклический поворот.

Дополнительные характеристики ЛСК

Кроме геометрических параметров, определяющих положение и ориентацию осей локальной системы координат, для ЛСК можно задать ряд дополнительных характеристик, необходимых при использовании данной ЛСК для привязки 3D фрагментов в сборке.

Видимость ЛСК в сборке

Для ЛСК, создаваемой в документе 3D фрагмента, можно задавать четыре режима видимости в сборочном документе:

- ✓ *Невидимая в сборке*. Данный режим установлен по умолчанию. ЛСК, созданная в документе фрагмента, будет недоступна в сборочном документе. ЛСК фрагмента будет не видна ни в 3D окне, ни в списке ЛСК сборочной модели;
- ✓ *Видимая в сборке на один уровень*. Данная ЛСК будет видна в сборочной модели и доступна для привязки к ней при условии, что содержащий её фрагмент является фрагментом 1-ого уровня вложенности. Положение такой системы координат определяется положением 3D фрагмента. ЛСК можно использовать для привязки других 3D фрагментов, а также при создании любых элементов построения и операций сборочной модели;
- ✓ *Видимая в сборке на всех уровнях*. ЛСК будет видна в сборочном документе и доступна для привязки к ней при любом уровне вложенности её фрагмента;
- ✓ *Внешне невидимая в сборке, но доступная для привязки к ней*. Данный режим чаще всего используется для работы 3D коннекторов. В данном режиме ЛСК фрагмента по умолчанию не отображается в 3D окне сборочной модели. Однако при подводе курсора к ней (или к её ассоциативным элементам) ЛСК "проявится" в сборочной модели и её можно выбрать для привязки. Такая ЛСК также отображается в списке локальных систем координат сборки (серым цветом, как невидимая).

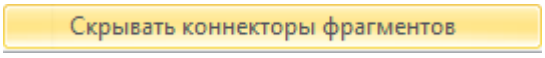
Видимость ЛСК фрагмента в дереве модели в сборке

Видимыми в дереве сборки могут быть только ЛСК тип внешняя – «На один уровень», «На все уровни», «Коннектор».

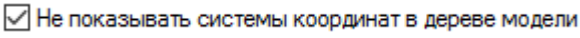
Ограничения:

А) ЛСК тип внешняя «Коннектор» или «На все уровни» невидимы в дереве сборки, пока к ним не привязаны другие элементы.

В контекстном меню дерева модели можно отключить опцию **Скрывать коннекторы фрагментов**, чтобы показать эти ЛСК.



Б) ЛСК будут скрыты в дереве модели, если в параметрах фрагмента включена опция **Не показывать системы координат в дереве модели.**

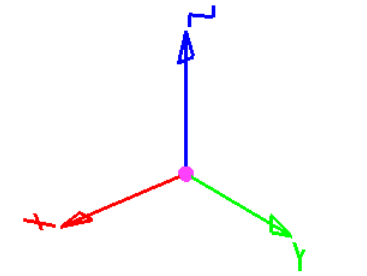


ЛСК для привязки 3D фрагмента

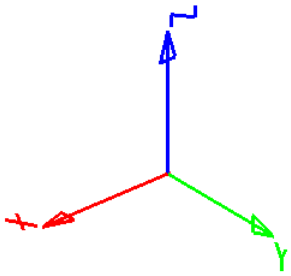
Положение 3D фрагмента в сборке определяется совмещением двух систем координат: исходной – принадлежащей фрагменту, и целевой – расположенной в сборочной модели. В качестве исходной и целевой систем координат обычно используются ЛСК, созданные в документе фрагмента и в документе сборки.

Однако не все ЛСК, созданные в документе 3D фрагмента, можно выбрать в качестве исходной системы координат фрагмента. В качестве исходной системы координат можно будет выбрать только те ЛСК, которые помечены как *используемые для привязки фрагмента*. Данный параметр задаётся в свойствах ЛСК при её создании или редактировании.

Системы координат, помеченные как используемые для привязки фрагмента, будут отображаться в 3D окне специальным образом: в их начальной точке рисуется сфера. По этому признаку их можно отличить от остальных.



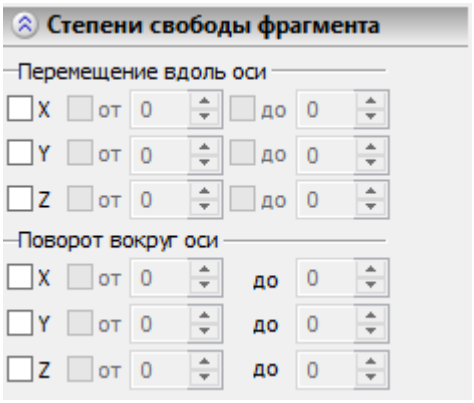
ЛСК с установленным флажком "Использовать для привязки фрагмента"



ЛСК со снятым флажком "Использовать для привязки фрагмента"

Степени свободы

Для ЛСК, которая будет использоваться как исходная система координат при привязке 3D фрагмента, можно задать дополнительные условия в виде разрешённых степеней свободы. Они определяют поведение 3D фрагмента относительно ЛСК привязки. При вставке 3D фрагмента условия со степенями свободы копируются из параметров ЛСК в параметры 3D фрагмента и впоследствии учитываются при расчёте комплекса сопряжений спроектированной сборочной 3D модели.

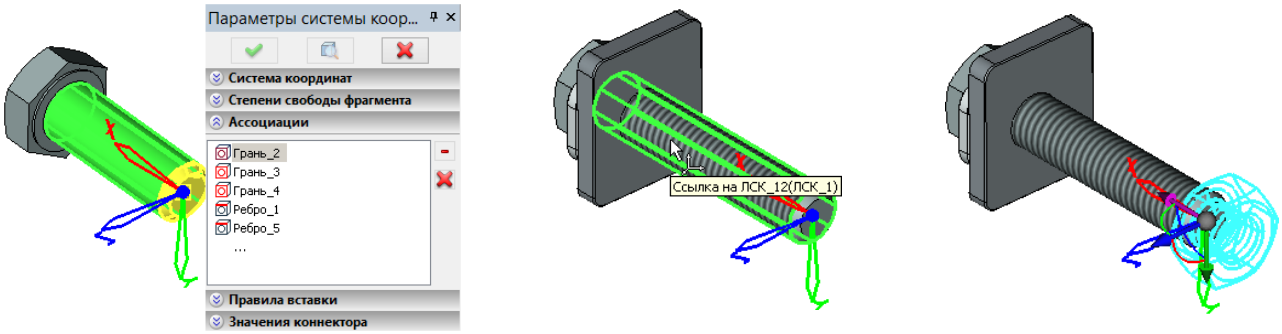


Всего существует 6 степеней свободы фрагмента – по 3 на перемещения и на повороты относительно осей ЛСК.

Для каждой степени свободы фрагмента можно указать допустимые границы перемещения фрагмента.

Ассоциированные элементы

Для ЛСК можно назначить ассоциированные, т.е. связанные с ней, элементы (вершины, грани, рёбра и т.п.). Это позволит в дальнейшем осуществлять привязку к данной ЛСК, указывая не на саму ЛСК, а на связанные с ней элементы. Например, если для "внешней" ЛСК, созданной во фрагменте болта, назначить в качестве ассоциированных элементов грани и рёбра болта, то при привязке в сборке гайки к этому болту для задания целевой системы координат достаточно будет указать курсором на любую грань или ребро болта – в результате будет подсвечена и выбрана связанная с ними ЛСК.



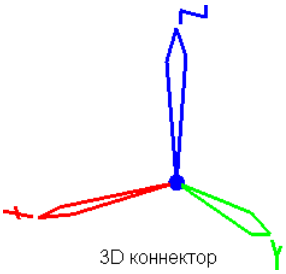
Правила вставки 3D фрагмента при привязке к данной ЛСК

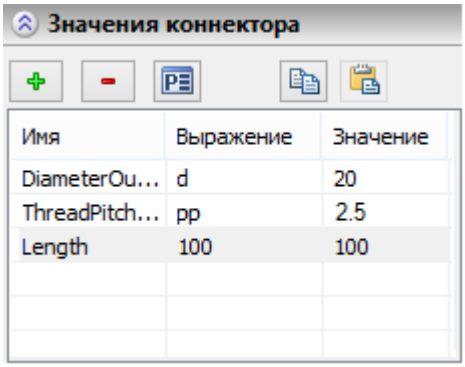
Для ЛСК, которую планируется использовать как целевую ЛСК при привязке 3D фрагментов, можно задать так называемые "правила вставки". Они определяют необходимость задания дополнительных преобразований при вставке фрагмента с привязкой к данной ЛСК.

Например, при привязке гайки к ЛСК болта, обычно необходимо задать дополнительное перемещение гайки вдоль оси болта. Поэтому при проектировании модели болта можно в правилах вставки для его ЛСК указать необходимость перемещения вдоль оси X.

3D Коннектор

3D коннектор представляет собой ЛСК, для которой заданы *именованные значения*. Именованные значения определяют информацию (значения переменных), которую коннектор должен передать подключаемым к нему 3D фрагментам. Например, во фрагментах болтов, входящих в библиотеку стандартных элементов T-FLEX CAD, созданы 3D коннекторы, содержащие данные о текущем диаметре болта. При привязке к этому коннектору фрагмента-гайки (из той же библиотеки) диаметр гайки будет автоматически заменён на значение, взятое из коннектора.





Изображение 3D коннектора отличается от изображения обычной ЛСК видом стрелок осей. Задание положения и направления осей 3D коннектора осуществляется также, как и при создании обычной ЛСК.

3D коннектор имеет несколько вариантов изображения в 3D окне. Изображение зависит от типа коннектора:

По умолчанию – выглядит как коннектор, роль осей зависит от контекста использования.

Type A – есть одно выделенное направление, ориентация остальных осей непринципиальна. (характерно для подключений одиночных проводов и т.п.)

Type B – есть два выделенных направления. (характерно для подключений типа розетка – вилка сети переменного тока (т.е. допустима смена полярности) и т.п.)

Type C – имеют значения все три направления. (характерно для кабельных подключений с ключом… (шлейф – разъем) и т.п.)

Подробную информацию по использованию типов коннекторов можно получить в главе «**Коммуникации**».

Именованные значения коннектора задаются в диалоге параметров ЛСК (3D коннектора). Они могут быть как константами (в качестве выражения для такого именованного значения указывается константа), так и переменными (в качестве выражения для такого именованного значения указывается имя переменной текущего документа).

Создание локальных систем координат

Для создания локальной системы координат используется команда **3О: Построить систему координат**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → ЛСК
Клавиатура	Текстовое меню
<3О>	Построения > Система координат

При создании ЛСК совместно используются окно свойств и автоменю команды.

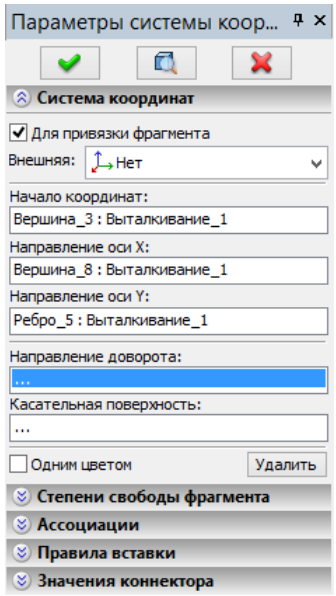
Для выбора геометрического элемента, определяющего какую-либо характеристику ЛСК (начало координат, направления осей X и Y, поверхность доворота и т.п.) можно просто поместить фокус ввода в соответствующее поле окна свойств. В автоменю при этом автоматически станет активной опция задания данной характеристики. Выпадающий список данной опции позволит настроить фильтры выбора геометрических элементов. И наоборот: при активизации одной из опций

автоменю фокус ввода в окне свойств команды автоматически переходит в поле характеристики ЛСК, соответствующей данной опции.

Задание геометрических характеристик ЛСК

Обратите внимание, что выбирать геометрические элементы, определяющие различные характеристики ЛСК (начало координат, направления осей X и Y, поверхность доворота и т.п.), можно в произвольном порядке. Однако применяться они будут в порядке, описанном в начале данной главы.

Для выбора 3D точки, определяющей начало координат ЛСК, необходимо поместить фокус ввода в поле **Начало координат** окна свойств (раздел **Параметры системы координат**). В автоменю станет активной опция:



	<1>	Выбрать точку, задающую начало координат

Как только выбрана 3D точка начала координат, в 3D окне появляется изображение создаваемой ЛСК. По мере задания остальных характеристик направление осей ЛСК может меняться.

Для задания направления оси X используется поле **Направление оси X** окна свойств и опция автоменю:

	<2>	Выбрать точку или направление, задающие направление оси X

Направление оси Y ЛСК задаётся с помощью поля окна свойств **“Направление оси Y”** и опции автоменю:

	<3>	Выбрать точку или направление, задающие направление оси Y

Поверхность, до ближайшей точки которой следует довернуть ось X ЛСК, указывается в поле **Направление доворота**. Ему соответствует опция автоменю:

	<4>	Выбрать поверхность, к ближайшей точке которой должна быть направлена ось X

Для выбора поверхности касания используются поле окна свойств “Касательная поверхность” и опция автоменю:

	<5>	Переместить систему координат до касания с поверхностью

Выбранные геометрические элементы (3D узел, вершина, ребро и т.п.) указываются в соответствующих полях окна свойств. Для отказа от одного из элементов необходимо установить фокус в данное поле и нажать кнопку **[Удалить]**. Кроме того, нажатием или <Esc> можно последовательно отменить выбор всех элементов.

Для изменения ориентации осей локальной системы координат применяются следующие опции:

	<A>	Повернуть систему координат вокруг оси X на 90°
	<O>	Повернуть систему координат вокруг оси Y на 90°
	<Z>	Повернуть систему координат вокруг оси Z на 90°

Циклическое изменение ориентации осей ЛСК осуществляется с помощью опции:

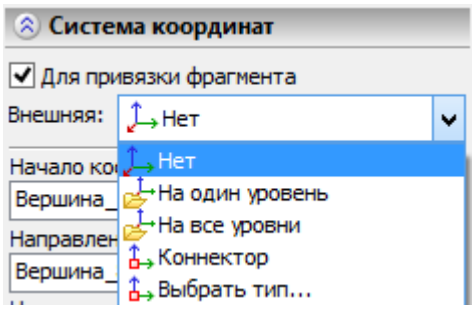
	<Tab>	Циклический поворот системы координат

После получения желаемой ЛСК необходимо подтвердить её создание с помощью  (в окне свойств или автоменю команды). Отказаться от создания данной ЛСК можно с помощью опции автоменю:

	<F>	Сбросить систему координат

До подтверждения создания ЛСК с помощью  в окне свойств команды можно указать характеристики ЛСК (см. ниже), необходимые для привязки 3D фрагментов.

Выбор режима видимости ЛСК в сборке

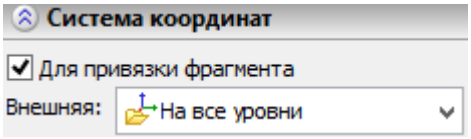


Для выбора режима видимости ЛСК при вставке текущего документа как 3D фрагмента в сборку используется выпадающий список параметра **Внешняя** в разделе **Система координат** окна свойств команды:

- ✓ **Нет**. ЛСК всегда будет невидимой в сборке;
- ✓ **На один уровень**. ЛСК будет видима в сборке на один уровень;
- ✓ **На все уровни**. ЛСК будет видна в сборке на всех уровнях;
- ✓ **Коннектор**. ЛСК будет невидима в сборке, но доступна для привязки к ней (данный вариант обычно используется для 3D коннекторов).
- ✓ **Выбрать тип.** Данный вариант используется для 3D коннекторов с заранее созданными параметрами. Параметры 3D коннекторов задаются в команде «**Иерархия типов**». ЛСК будет невидима в сборке, но доступна для привязки к ней.

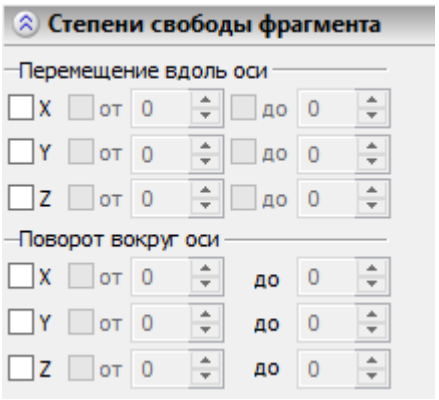
ЛСК как исходная система координат 3D фрагмента. Задание степеней свободы

Для использования создаваемой ЛСК в качестве исходной ЛСК фрагмента (при вставке текущего документа как 3D фрагмента в сборку), необходимо в окне свойств команды, в разделе **Система координат** установить флажок **Для привязки фрагмента**. По умолчанию флажок включен.



При включённом флажке “Для привязки фрагмента” в разделе **Степени свободы фрагмента** можно дополнительно указать степени свободы 3D фрагмента при использовании данной ЛСК как исходной ЛСК привязки.

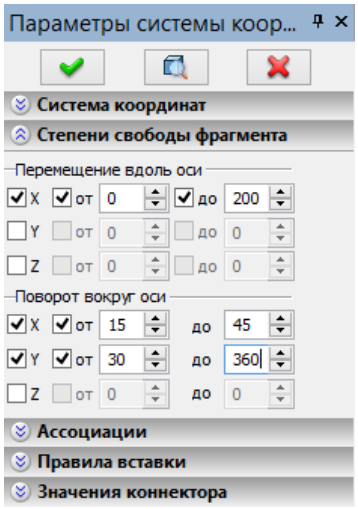
Всего существует 6 степеней свободы фрагмента – по 3 на перемещения и на повороты относительно осей ЛСК. По умолчанию все степени свободы запрещены – об этом свидетельствуют отключённые флажки рядом со строками всех степеней свободы.



Для разрешения какой-либо из степеней свободы необходимо установить флажок слева от соответствующей строчки. В этом случае фрагмент сможет двигаться вдоль данной оси ЛСК (или вращаться вокруг данной оси ЛСК) без ограничений.

Для задания начальной и/или конечной границы допустимого движения по разрешённой степени свободы необходимо установить флажки перед полями “**от**” и/или “**до**” и задать нужное значение в открывшемся поле ввода.

Обратите внимание, что для поворотов вокруг осей ЛСК обязательно задаются сразу обе (начальная и конечная) границы движения. Для перемещений вдоль осей границы можно задавать независимо (например, только начальную, или только конечную границу).



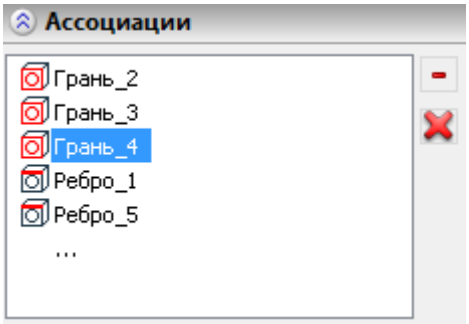
Выбор ассоциированных элементов

Для задания ассоциированных элементов можно использовать окно свойств команды (раздел “**Ассоциации**”) и автоменю.

Для задания ассоциированных элементов с помощью автоменю необходимо включить опцию:

	<E>	Выбрать ассоциированные элементы

Данная опция позволяет выбирать для ЛСК ассоциированные элементы, просто выбирая их в 3D окне. Выпадающий список опции содержит фильтры для выбора элементов. Выбранные 3D элементы заносятся в список “Ассоциации”.



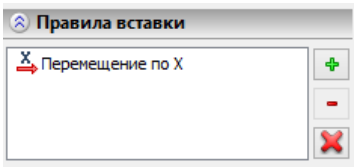
Опцию  можно активизировать, просто установив курсор на строку списка, содержащую “...”.

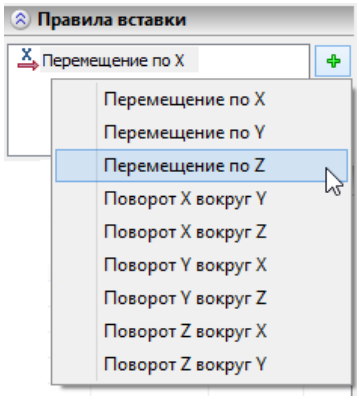
Для удаления выбранных элементов используются кнопки справа от списка. Кнопка позволяет удалить один элемент – выбранный в списке на момент нажатия кнопки. При нажатии кнопки  удаляются сразу все выбранные ассоциированные элементы ЛСК.

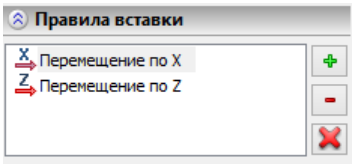
Задание правил вставки 3D фрагмента при привязке к данной ЛСК

Дополнительные преобразования перемещения/поворота, которые система автоматически предложит выполнить пользователю при привязке фрагмента к данной ЛСК, можно задать в разделе **Правила вставки** окна свойств команды.

Для создания нового правила необходимо нажать кнопку . При нажатии кнопки появляется выпадающее меню, в котором надо выбрать необходимый тип преобразования. Выбранное преобразование добавляется в список.

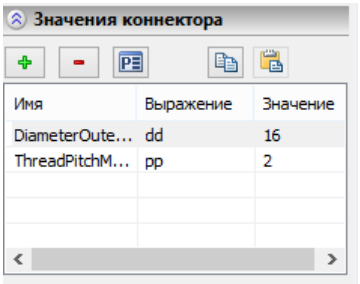






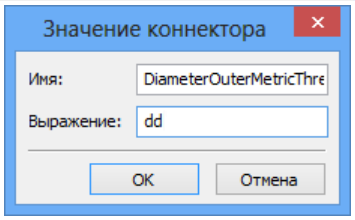
Для удаления одного из заданных преобразований надо выбрать его в списке и нажать кнопку . Нажатие кнопки  приведёт к удалению сразу всех преобразований.

Задание именованных значений для 3D коннектора



Именованные значения при создании 3D коннектора задаются в разделе **“Значения коннектора”** окна свойств ЛСК. В списке, размещённом в данном разделе окна свойств, указываются имена именованных значений коннектора, их выражения и текущие значения. Для заполнения списка именованных значений используются кнопки, расположенные над списком.

Для добавления нового именованного значения в список используется кнопка . После её нажатия появляется окно диалога “Значение коннектора”, в котором необходимо задать имя создаваемого именованного значения и присваиваемое ему выражение. В выражении могут использоваться как константные значения, так и переменные текущего документа. После нажатия **[OK]** в списке появляется заданное именованное значение.



> Рекомендуется задавать для именованных значений коннектора “смысловые” имена, придерживаясь во всех 3D моделях одних и тех же правил составления имён. Это упростит налаживание связей между значениями коннектора и внешними переменными привязываемых к нему фрагментов. Например, используемые в стандартных библиотеках T-FLEX CAD на первый взгляд сложные имена типа *“DiameterOuterMetricThread”, “ThreadPitchMetric”, “LengthInnerMetricThread”, “LengthInnerInchThread”* на самом деле составлены по общим для всех библиотек правилам и точно показывают, какую информацию передаёт данное значение коннектора.

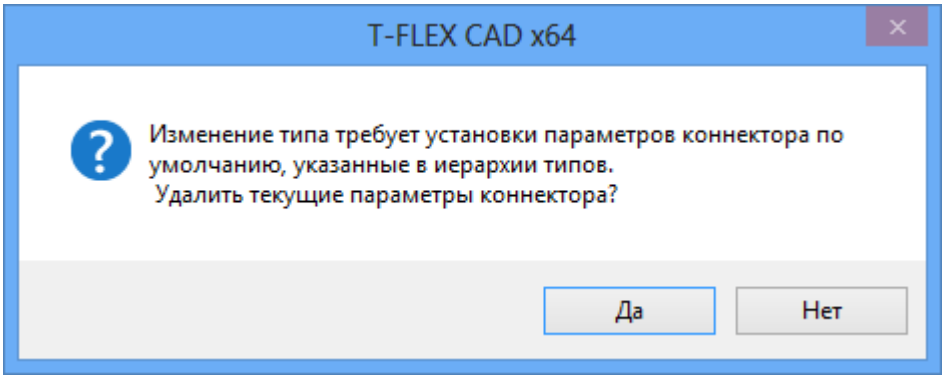
Нажатие кнопки  удаляет именованное значение, выбранное в списке на момент нажатия кнопки.

Изменить имя уже созданного именованного значения коннектора или заданное для него выражение можно, нажав кнопку .

Кнопки  позволяет скопировать в буфер все именованные значения коннектора и их выражения.

Кнопка  добавляет в список именованных значений строки, находящиеся в буфере системы (если в списке нет именованных значения с такими же именами). Копирование именованных значений через буфер работает в рамках одного приложения T-FLEX CAD. Таким образом можно копировать именованные значения из одного документа в другой.

При изменении типа коннектора выдаётся предупредительное окно:



При нажатии «**Да**» - **удаляются** текущие параметры коннектора, создаются «по умолчанию» новые объявленные в иерархии типов (в случае отсутствия параметров «по умолчанию» параметры коннектора не удаляются).

При нажатии «**Нет**» - параметры, созданные ранее, **не удаляются** и **не изменяются**, к ним добавляются новые объявленные в иерархии типов.

Параметры локальных систем координат

Параметры локальной системы координат задаются в окне диалога, вызываемом с помощью опции:

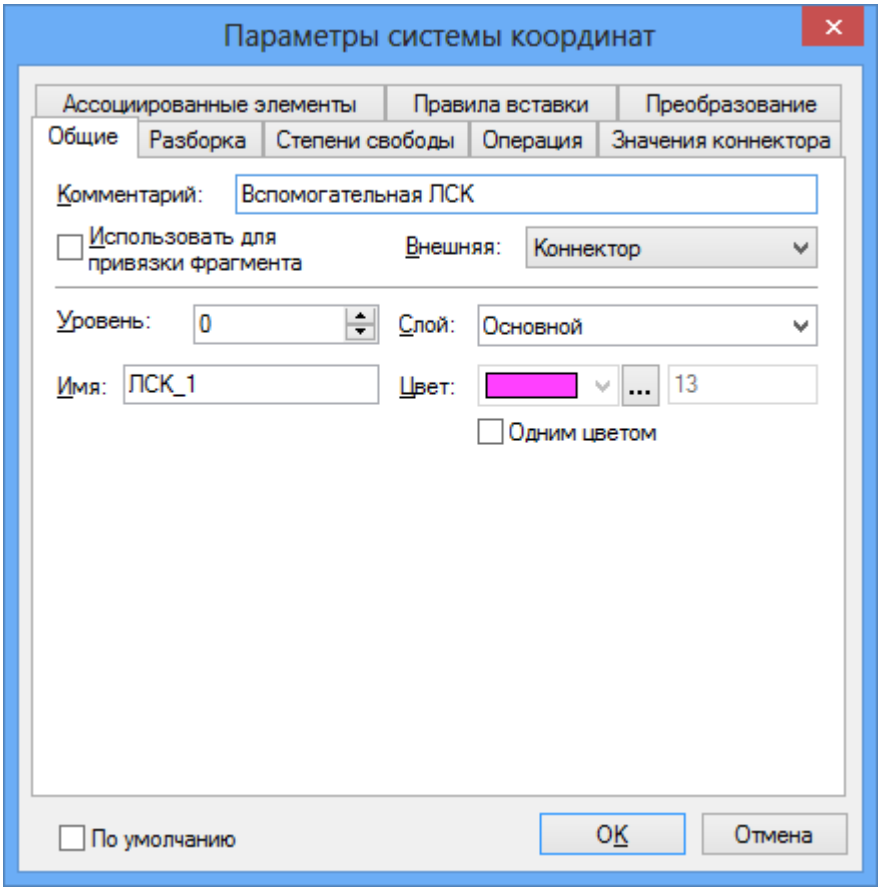
	<P>	Задать параметры

Часть параметров данного диалога являются общими для всех 3D элементов. Подробное их описание приведено в главе **Общие параметры 3D элементов**.

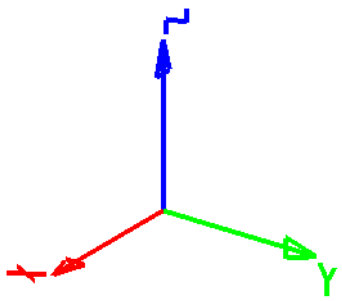
Другие параметры данного диалога дублируют уже описанные выше параметры окна свойств ЛСК. Поэтому в этом разделе приведены описания только тех параметров ЛСК, которые не были упомянуты в предыдущем разделе данной главы.

На закладке **Общие** можно задать следующие параметры ЛСК:

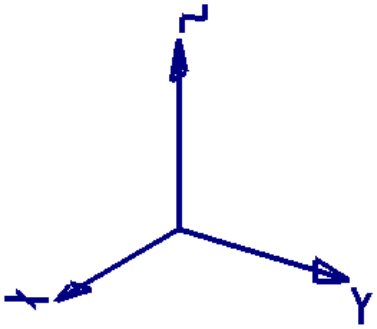
Комментарий. Данный параметр позволяет задать текстовую строку – описание данной ЛСК. Комментарий облегчает выбор системы координат из списка используемых для привязки при нанесении 3D фрагмента.



Одним цветом. Данный флажок отвечает за внешний вид ЛСК. Когда он снят, оси ЛСК рисуются разными цветами. Цвета осей (красный, зелёный, синий) совпадают с цветами осей глобальной системы координат. При установленном флажке ЛСК отображается одним цветом (параметр **Цвет**).

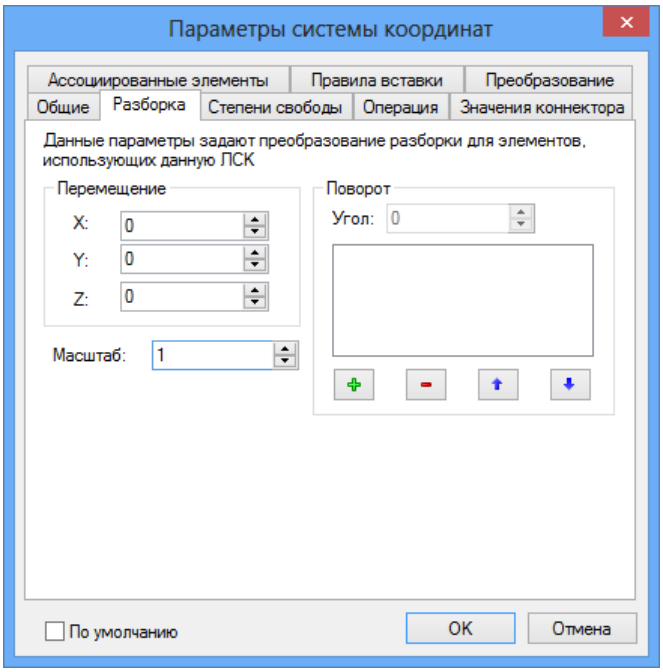


Отображение ЛСК разными цветами



Отображение ЛСК одним цветом

На закладке **Разборка** можно указать преобразования, которые будут применяться к 3D фрагментам, привязанным по данной ЛСК, в режиме разборки (команда **Сервис** > **Разборка**).



3D пути

3D путь используется как вспомогательный 3D элемент во многих 3D операциях системы. Он представляет собой пространственную кривую, которая может состоять из сегментов различного типа.

Любой 3D путь имеет направление и, соответственно, начальную и конечную точки. Направление 3D пути будет влиять на результат его использования в различных операциях.

3D путь может быть разомкнутым и замкнутым. У замкнутого 3D пути начальная и конечные точки совпадают.

Способы создания 3D путей

Для создания 3D путей используется команда **ЗРА: Построить 3D путь**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → 3D путь
Клавиатура	Текстовое меню
<ЗРА>	Построения > 3D путь

Данная команда объединяет различные способы создания 3D путей. Эти способы можно разделить на две группы:

Создание 3D путей на основе уже существующих 3D элементов:

- ✓ 3D путь по связанным рёбрам;
- ✓ 3D путь как 3D сплайн по 3D точкам;
- ✓ 3D путь по последовательности 3D путей;
- ✓ 3D путь как проекция 3D пути на грань или тело;
- ✓ 3D путь как копия уже существующего 3D пути;
- ✓ 3D путь как пересечение элементов;
- ✓ 3D путь с параметрическим изменением 3D узла;
- ✓ 3D путь как линия очерка;
- ✓ 3D путь как кривая смещения;
- ✓ 3D путь как результат разделения существующего 3D пути;
- ✓ Переходный 3D путь.

Создание 3D путей на основе 2D элементов (расположенных на рабочих плоскостях или рабочих поверхностях):

- ✓ 3D путь на основе 2D элементов;
- ✓ 3D путь по двум проекциям (двум 2D путям).

При создании любого 3D пути необходимо выполнить следующие шаги:

- Выбрать способ создания 3D пути. Каждому способу соответствует отдельная опция основного автоменю команды. После выбора той или иной опции в автоменю становятся доступны вспомогательные опции, соответствующие данному способу создания 3D пути.

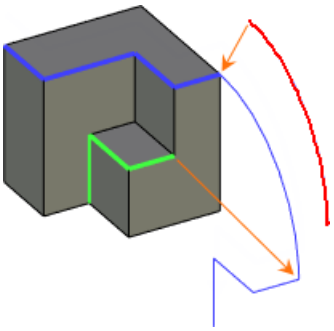
  Некоторые способы создания 3D пути могут быть выбраны системой автоматически, если сразу после вызова команды указать в 3D сцене или дереве 3D модели исходный объект соответствующего типа. Например, при выборе 3D узла включается режим создания 3D пути по 3D точкам, при выборе 3D пути – режим создания копии 3D пути, при выборе 2D пути на активной рабочей плоскости – режим создания 3D пути по 2D путям.
- Указать исходные объекты для создания пути и требуемые параметры (если это необходимо).
- Подтвердить создание с помощью  в автоменю или окне свойств команды.

Создание 3D путей на основе 3D элементов

3D путь по связанным рёбрам

3D путь создаётся по набору рёбер листового или твёрдого тела, 3D профиля, другого пути. Набор задаётся последовательным указанием входящих в него рёбер. Выбранные рёбра при этом не обязательно должны быть связанными друг с другом. Допускается задание набора, состоящего из одного ребра.

По умолчанию система строит 3D путь по связанным рёбрам. Если выбрано ребро, несвязанное с предыдущим набором, система перестраивает результирующий путь методом параллельного переноса, при котором каждый последующий участок, независимо от его направления, перемещается в конец предыдущего ближайшим концом.

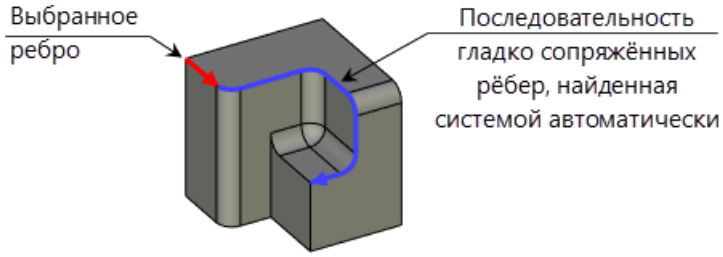


Набор исходных объектов и последовательность их соединения



Результирующий 3D путь

Связанная последовательность рёбер, гладко сопряжённых между собой, может быть выбрана системой автоматически при указании одного из входящих в неё рёбер.



Выбрать данный способ создания 3D пути можно с помощью следующей опции автоменю команды:

	<E>	Создать 3D путь по связанным рёбрам

После включения данного режима в автоменю по умолчанию включается следующая вспомогательная опция:

	<E>	Выбрать ребро

Данная опция позволяет выбрать все необходимые рёбра, последовательно указывая их в 3D сцене с помощью .

Для автоматического выбора связанной последовательности гладко сопряжённых рёбер необходимо включить другую опцию:

	<S>	Режим выбора последовательности гладко сопряжённых рёбер

После включения данной опции достаточно указать любое ребро, входящее в требуемую последовательность. Остальные рёбра будут выбраны автоматически.

Отказаться от части выбранных рёбер можно, последовательно исключая их (начиная с самого последнего) с помощью опции:

	<D>	Удалить последнее ребро из пути

Отменить выбор сразу всех рёбер можно, воспользовавшись опцией:

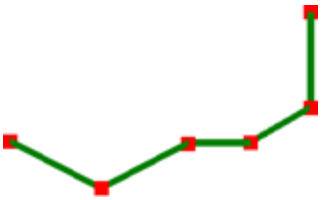
	<K>	Отменить выбор всех элементов

3D путь как 3D сплайн по 3D точкам

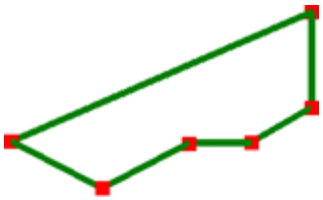
Сплайны строятся на основе набора 3D точек. Точки набора определяют контрольные точки сплайна. Изменение положения исходных 3D точек будет менять форму 3D пути, построенного на этих точках.

3D сплайны могут быть трёх типов:

- ✓ 3D полилиния – представляет собой пространственную ломаную, состоящую из отрезков прямых, соединяющих точки исходного набора. Полилиния может быть как разомкнутой, так и замкнутой (при создании замкнутой полилинии первая 3D точка исходного набора используется два раза – для определения начала и конца пути);

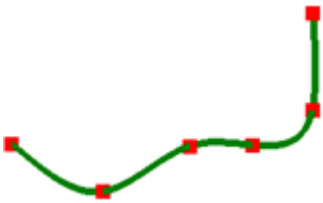


Разомкнутая полилиния

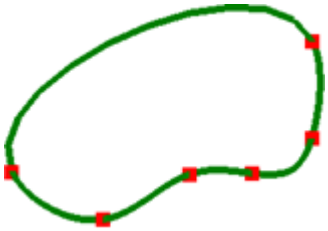


Замкнутая полилиния

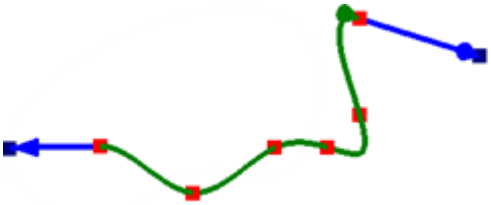
- ✓ 3D сплайн через узлы – сплайн, проходящий через все контрольные точки. Сплайн может быть периодическим и непериодическим. При создании периодического сплайна первая 3D точка используется два раза. При создании непериодического 3D сплайна через узлы можно дополнительно указать векторы направлений сплайна в граничных точках сплайна (начальной и конечной);



Непериодический 3D сплайн через узлы



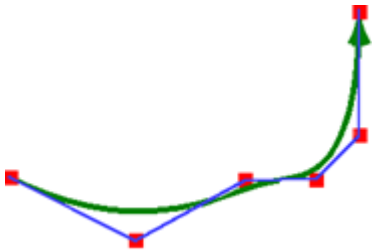
Периодический 3D сплайн через узлы



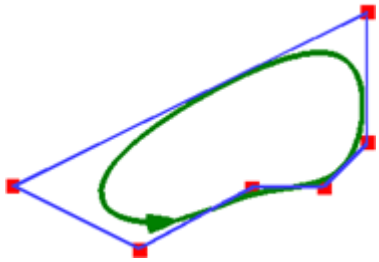
Непериодический 3D сплайн через узлы с заданными направлениями в граничных точках

- ✓ 3D сплайн по ломаной (NURBS-сплайн – неоднородный рациональный B-сплайн) – сплайн произвольной степени по управляющей ломаной. Контрольные точки используются для построения управляющей ломаной. Сам сплайн через них не проходит (за исключением первой и последней точек в случае разомкнутого сплайна. В параметрах сплайна можно задать его степень, весовые характеристики контрольных точек, тип параметризации и положение узлов параметризации.

Как и предыдущий сплайн, 3D сплайн по ломанной может быть периодическим и непериодическим.



Непериодический 3D сплайн по ломаной



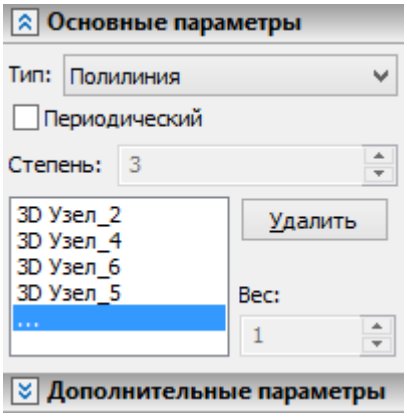
Периодический 3D сплайн по ломаной

Для создания 3D пути как 3D сплайна необходимо выбрать в автоменю команды опцию:

	<S>	Создать 3D путь как сплайн по 3D точкам

Создание 3D сплайна обычно начинается с указания набора 3D точек, по которым будет строиться сплайн. Для выбора 3D точек используется опция:

	<M>	Добавить 3D точку в сплайн



Выбранные 3D точки заносятся в список контрольных точек сплайна в окне свойств. Для удаления одной из точек необходимо выбрать её в этом списке и нажать **[Удалить]**.

Вид создаваемого сплайна – периодический или непериодический (для полилинии – замкнутый или разомкнутый) – определяется также с помощью окна свойств (флажок **Периодический**). Когда флажок снят, создаётся непериодический сплайн (незамкнутая полилиния). При установленном флажке сплайн будет периодическим (замкнутым в случае полилинии).

Дальнейшие действия по созданию сплайна зависят от его типа. Выбор типа сплайна осуществляется так же в окне свойств команды (параметр **Тип**). В зависимости от выбранного типа меняется вид окна свойств и автоменю.

3D путь-полилиния других параметров не имеет. Его создание на этом заканчивается.

При создании 3D пути как сплайна через узлы в автоменю доступны следующие пары опций для задания направлений сплайна в граничных точках:

	<L>	Задать направление сплайна в начальной точке
	<R>	Задать направление сплайна в конечной точке

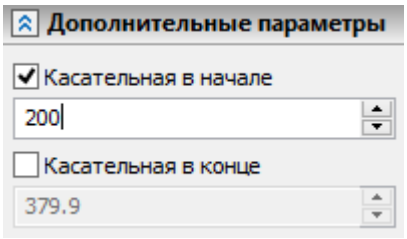
При выборе опции  или  в автоменю появляются опции для выбора второй точки вектора направления или самого вектора в соответствующей граничной точке:

	<N>	Задать направление в начале сплайна по 3D точке
	<D>	Задать направление в начале сплайна по вектору
	<N>	Задать направление в конце сплайна по 3D точке
	<D>	Задать направление в конце сплайна по вектору

Для задания второй точки вектора направления указывается дополнительная 3D точка. Вектор направления будет направлен от соответствующей граничной точке к заданной 3D точке. Для задания самого вектора направления необходимо выбрать 3D элемент, способный определить вектор в пространстве. Вектор направления получается параллельным переносом выбранного вектора в граничную точку сплайна.

Длина каждого вектора направления влияет на форму создаваемого сплайна - чем она больше, тем на большую часть кривой будет влиять вектор. Длина вектора может определяться автоматически (на основе определяющих его 3D элементов) или задаваться вручную пользователем. По умолчанию длина вектора берётся с определяющих его 3D элементов. Например, при задании вектора направления по 3D точке длина вектора будет равна расстоянию между заданной 3D точкой и соответствующей граничной точкой сплайна.

Для задания длины вектора направления в начале или конце сплайна вручную необходимо:

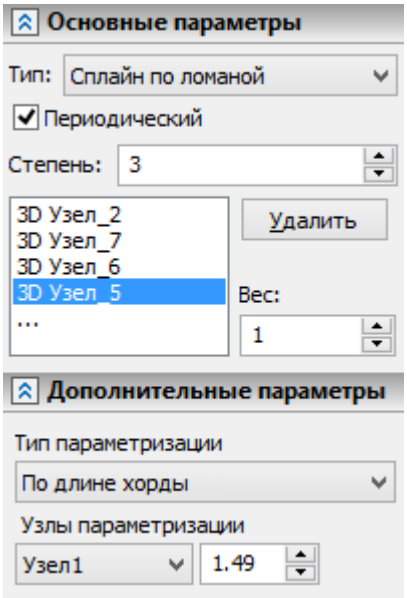


- На вкладке **Дополнительные параметры** окна свойств команды установить соответствующий флажок: **Касательная в начале** или **Касательная в конце**.
- Задать в появившемся внизу поле ввода желаемую длину вектора.

Отказаться от выбранного вектора направления в начале или конце сплайна можно с помощью опций автоменю:

	<K>	Отменить задание направления сплайна в начальной точке
	<F>	Отменить задание направления сплайна в конечной точке

При создании 3D сплайна по ломаной форма создаваемой кривой определяется параметрами сплайна в окне свойств команды:



- ✓ *Весовые коэффициенты всех базовых 3D точек сплайна*. Коэффициент должен быть больше или равен [0]. Чем больше вес точки, тем ближе пройдет сплайн к ней. По умолчанию для всех контрольных точек сплайна установлено значение [1]. Для изменения значения веса конкретной точки необходимо выбрать её в списке и задать желаемое значение в поле параметра **Вес**.
- ✓ *Степень полиномов кусочно-непрерывной функции, описывающей создаваемый сплайн*, – параметр **Степень**. Максимально допустимое значение степени будет на единицу меньше количества контрольных точек сплайна. Для сплайна, содержащего не менее четырёх контрольных точек, по умолчанию устанавливается степень [3].

  Чем выше степень сплайна, тем более «жёстким» он становится. Это значит, что он слабо реагирует на перемещение отдельной контрольной точки. Сплайны низких степеней проходят ближе к контрольным точкам и изменение их положения сильнее сказывается на форму сплайна.
- ✓ *Тип параметризации* (**По длине хорды**, **Однородная**, **Центростремительная** и **Вручную**). При однородной параметризации форма кривой не адаптируется к длинам сегментов управляющей ломаной – на маленьких сегментах могут получаться складки и петли. При двух других способах параметризации (**По длине хорды** и **Центростремительная**) этого не происходит, но длины сегментов ломаной учитываются по-разному. Влияние типа параметризации на форму создаваемой кривой нелинейно и может отличаться в каждом конкретном случае.

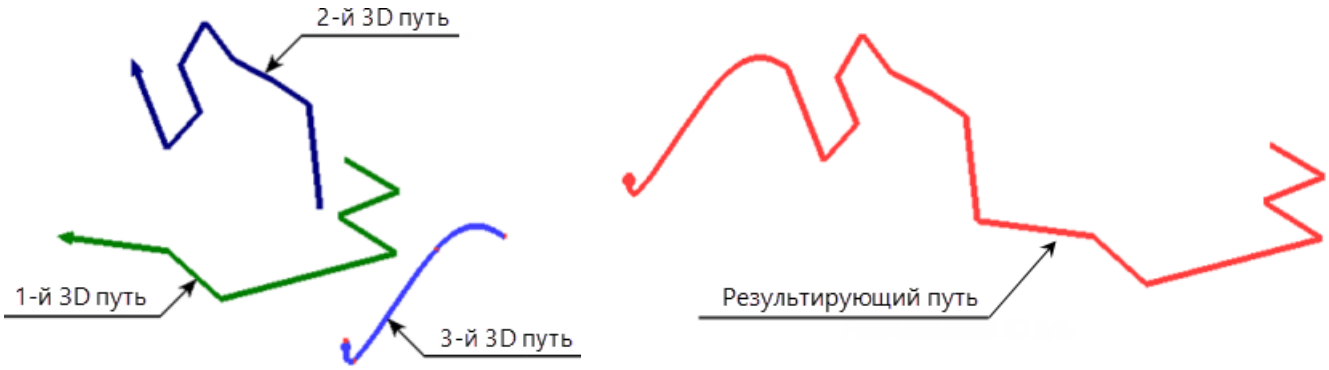
  При ручной параметризации пользователь может менять форму кривой, самостоятельно изменяя положение узлов параметризации сплайна. Удобнее всего это делать прямо в 3D сцене с помощью манипуляторов, задающих положение каждого узла параметризации.



3D путь по последовательности 3D путей

Данный способ позволяет создавать 3D путь за счёт объединения любого количества 3D путей. Исходные пути могут быть любыми, кроме замкнутых.

Результирующий 3D путь создаётся следующим образом: к концу первого выбранного 3D пути параллельным переносом присоединяется начало второго пути, к концу второго – начало третьего, и т.д. Каждый последующий путь присоединяется к концу предыдущего.



Для создания 3D пути таким способом необходимо выбрать опцию:

	<T>	Создать 3D путь по последовательности 3D путей

Выбор 3D путей осуществляется в 3D сцене (с помощью мыши) или в дереве 3D модели при включенной опции:

	<T>	Выбрать 3D путь

Отменить последний выбранный 3D путь позволяет опция:

	<D>	Удалить последний 3D путь

3D путь как проекция 3D пути на грань или тело

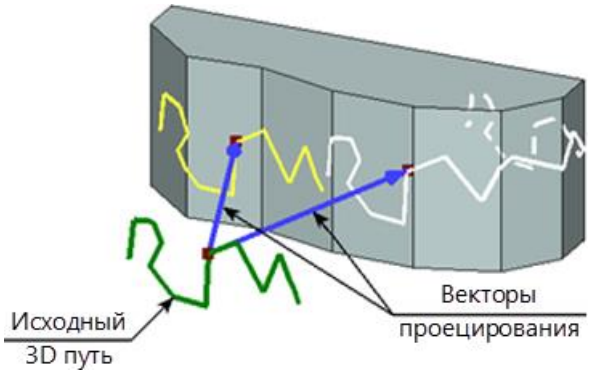
3D путь может быть создан как проекция другого, уже существующего, 3D пути на все грани тела или на одну отдельную грань. В случае проецирования на все грани указывается само тело, на грань – конкретная грань.

Проекция на грань строится как линия пересечения указанной грани и поверхности, полученной выталкиванием исходного пути в направлении вектора проецирования. При проецировании на тело строятся проекции пути на каждую грань. Полученные элементы (результаты проецирования пути на каждую грань) объединяются в один путь. Элементы, которые не удаётся соединить, отбрасываются.

> При создании 3D пути как проекции учитываются только те участки 3D пути, которые в результате проецирования полностью помещаются на выбранную грань или тело.
>
> Для создания 3D пути необходимо, чтобы в результат проецирования входила проекция первого участка исходного 3D пути.

Вектор проецирования исходного пути задаётся либо с помощью двух 3D точек, либо с помощью какого-либо 3D объекта, способного определить прямую (это может быть, например, прямой путь, ребро, ЛСК). Если вектор проецирования не задан, то:

- ✓ при проецировании на отдельную грань используется нормаль к данной грани;
- ✓ при проецировании на все грани тела операции каждая точка исходного пути выталкивается в направлении ближайшей к ней точки указанного тела.



Два 3D пути – проекции одного исходного пути на грани тела.

Синие стрелки (в 3D сцене отсутствуют) указывают направление векторов проецирования, 3D узлами.

Штриховой линией показано продолжение на обратной стороне тела.

Для создания 3D пути как проекции другого 3D пути необходимо выбрать опцию:

	<J>	Создать 3D путь как проекцию 3D пути на грань или тело

Создание 3D пути начинается с выбора тела или грани, на которые будет выполняться проецирование. Для их выбора используются следующие опции:

	<B>	Выбрать операцию
	<F>	Выбрать грань, на которую проецируется 3D путь

Грань или тело выбираются в 3D сцене с помощью . Тело операции можно также выбрать в дереве 3D модели, указав в нём соответствующую операцию.

Исходный 3D путь указывается с помощью опции:

	<T>	Выбрать 3D путь для проецирования

Задать вектор проецирования двумя 3D точками можно с помощью опций:

	<M>	Выбрать первую точку, задающую направление проецирования
	<S>	Выбрать вторую точку, задающую направление проецирования

Задать вектор проецирования одним 3D объектом можно с помощью опций:

	<L>	Выбрать направление проецирования

Отказаться от выбранного направления можно с помощью опции:

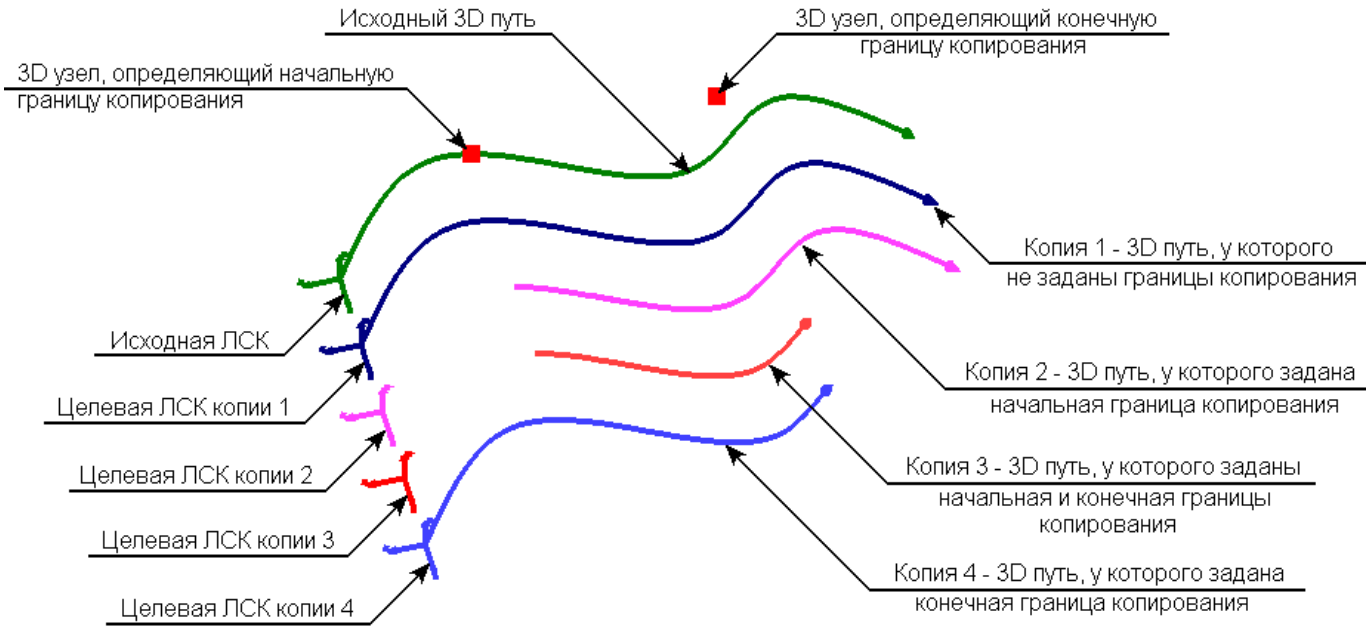
	<K>	Отменить выбор направления проецирования

3D путь как копия уже существующего 3D пути

Для создания 3D пути как копии уже существующего пути достаточно выбрать исходный 3D путь. Новый путь совпадёт в пространстве с исходным 3D путём. Если в параметрах созданного пути задать какие-либо преобразования, они будут выполняться относительно глобальной системы координат. Дополнительно можно указать исходную и целевую системы координат. Копирование в результате будет осуществляться в направлении от исходной к целевой системе координат. Преобразования, заданные для пути в этом случае, будут выполняться относительно заданного места преобразования.

Результирующий путь может быть копией лишь отдельного участка исходного 3D пути. Для этого указываются *начальная* и *конечная границы копирования*: две 3D точки на исходном пути, задающие копируемый участок. Если выбранные 3D точки не лежат на исходном пути, в качестве границ копируемого участка берутся точки пути, лежащие от них на минимальном расстоянии.

Можно задать только одну границу копирования. В качестве второй границы будет использован соответствующий конец пути.



Для создания копии 3D пути используется следующая опция в основном автоменю команды:

	<M>	Создать копию

Создание пути-копии начинается с выбора исходного 3D пути. 3D путь выбирается либо прямо в 3D сцене, либо в дереве 3D модели. Для этого используется опция автоменю:

	<T>	Выбрать 3D путь

Для выбора исходной и целевой системы координат служат следующие опции:

	<1>	Выбрать исходную систему координат
	<2>	Выбрать целевую систему координат

Если исходная или целевая системы координат не существуют, их можно быстро создать с помощью следующих опций:

	<F>	Выбрать точку для создания исходной СК
	<W>	Выбрать точку для создания целевой СК

В результате будут автоматически созданы ЛСК с вершинами в указанных 3D точках и такой же ориентацией осей, как у глобальной системы координат.

Отменить выбор исходной и целевой систем координат можно с помощью опции:

	<Y>	Отменить выбор системы координат

Границы копирования задаются с помощью следующих опций:

	<S>	Задать начальную границу копирования
	<E>	Задать конечную границу копирования
	<D>	Удалить границы копирования

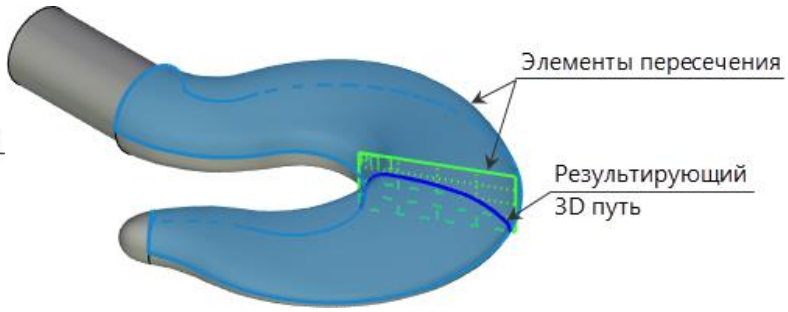
3D путь как пересечение элементов

Данный способ позволяет создавать 3D пути на пересечении элементов. В качестве элементов пересечения могут быть использованы листовые объекты (рабочие плоскости, рабочие поверхности, грани и листовые тела), а также твёрдые тела.

> Первый элемент может быть задан только одним объектом, второй – набором объектов.

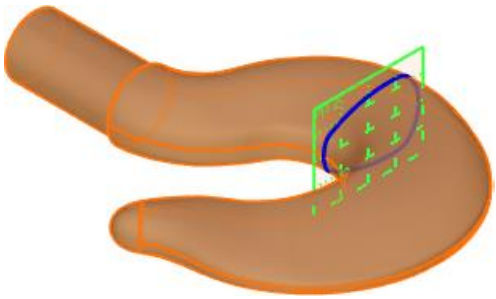
В случае, если при пересечении элементов образуется несколько участков, допускается определять, по каким из них будут построены 3D пути.



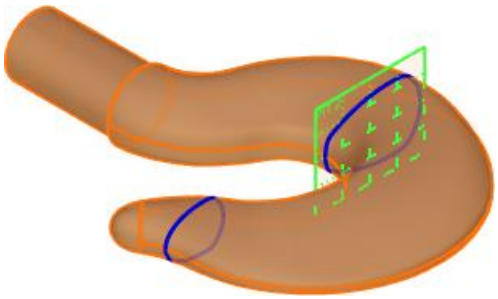


В результате пересечения нескольких листовых объектов формируются незамкнутые участки. Если в качестве одного из элементов пересечения использовать твёрдое тело, то полученные смежные участки автоматически объединятся в один. При пересечении нескольких твёрдых тел результирующие контуры, образованные наборами смежных участков, будут замкнутыми.

При создании 3D пути на пересечении элементов с использованием листовых объектов бывают случаи, когда необходимо рассматривать один из элементов пересечения без учёта его ограничивающих контуров – как внешних, так и внутренних (т.е. листовой объект используется как бесконечная поверхность). Это позволяет создавать 3D путь, ограниченный лишь контурами второго элемента.



С учётом ограничивающих контуров



Без учёта ограничивающих контуров

Создание 3D пути как пересечение элементов осуществляется с помощью опции:

	<B>	Создать 3D путь как пересечение элементов

В автоменю команды появляются опции для выбора объектов в качестве пересекаемых элементов:

	<A>	Выбор первого элемента
	<S>	Выбор второго элемента

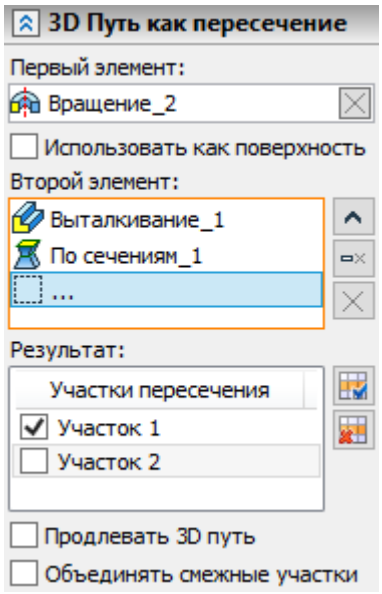
Отмена всех выбранных элементов осуществляется при помощи опции автоменю:

	<F>	Отменить выбор всех элементов

Выбранные объекты отображаются в соответствующих полях в окне свойств команды. Для управления списком объектов, выбранных в качестве второго элемента, используются кнопки **Развернуть** , **Свернуть** , **Удалить элемент из списка** , **Очистить** .

Возможность использования листового объекта, выбранного в качестве первого элемента, без учёта его контуров обеспечивается включением флажка **Использовать как поверхность**.

Результирующие участки, полученные при пересечении элементов, отображаются в поле **Результат**. Установленный флаг свидетельствует о создании 3D пути по данному участку после подтверждения команды. Установка и снятие одновременно всех флажков осуществляется кнопками **Выделить все** , **Очистить все** .



Параметр **Продлевать 3D путь** позволяет расширить результирующий участок до границ первого элемента.

> В случае, если первый элемент используется как поверхность, при включении данного параметра результирующие участки будут иметь бесконечную длину.

Параметр **Объединять смежные участки** предназначен для объединения результирующих смежных участков при пересечении нескольких листовых объектов.

3D путь с параметрическим изменением 3D узла

Способ создания 3D пути с параметрическим изменением 3D точки используется для создания траекторий со сложной геометрией.

Пространственная кривая пути получается в результате *движения* 3D точки по произвольной или специально заданной пространственной траектории. *Движение* точки осуществляется за счёт многократного копирования исходной 3D точки. Полученный набор точек объединяется сплайном и формируется 3D путь. Результирующий 3D путь может быть замкнутым.

> При построении такого пути используется универсальный механизм, позволяющий получать конечный результат на основе параметрического копирования исходного элемента. Этот механизм используется в операции «Тело по параметрам» – при создании тела на основе *движения* (копирования) профиля. Он же используется в операции «Параметрический массив», где результатом выполнения операции является набор параметрически изменяющихся копий исходного объекта.

Наиболее полно работа этого алгоритма описана в главе «Тело по параметрам». В данной главе приведено лишь краткое описание и некоторые примеры применения данного механизма.

Для создания 3D пути с параметрическим изменением точки необходимо определить закон, по которому будут строиться копии исходной 3D точки.

Для каждой копии точки рассчитывается так называемая **система координат текущей копии**. Копирование 3D точки осуществляется в направлении от исходной системы координат к рассчитанной целевой системе координат текущей копии. В качестве исходной системы координат пользователь может выбрать одну из локальных систем координат модели. Если локальная система координат не выбрана, то в качестве исходной системы координат используется, в зависимости от способа расчёта системы координат текущей копии, либо глобальная система координат, либо система координат первой копии.

Система координат текущей копии (т.е. её начало и ориентация осей) может определяться одним из двух способов:

- ✓ *Свободная ориентация копии*. Законы изменения параметров системы координат текущей копии 3D точки описываются с помощью выражений.
- ✓ *Ориентация копии по 3D кривым или поверхностям*. Для определения положения в пространстве системы координат текущей копии используются существующие 3D кривые или поверхности других тел. Управляя системой координат копии, пользователь управляет положением каждой копии 3D точки.

Управление системой координат копии осуществляется через параметры операции. Параметры подразделяются на два типа - **управляемые параметры** и **управляющие параметры**.

Управляемые параметры – параметры, значения которых рассчитываются автоматически в процессе создания копии точки. Для считывания значений таких параметров можно назначить независимые переменные.

Управляющие параметры – поля, зависимости в которых задаются пользователем. В поля управляющих переменных вписываются произвольные выражения, в которые можно включить любую переменную системы. Например, если включить в такое выражение переменную, отвечающую за номер копии 3D точки, значение данного параметра будет зависеть от номера копии.

Некоторые параметры операции могут быть как управляющими, так и управляемыми. Ведущий параметр **Номер копии** всегда является управляемым. Для него обязательно нужно выбрать независимую переменную, которой будет присваиваться текущее значение номера копии при расчёте операции. Номер копии автоматически изменяется в процессе расчёта от 1 до указанного количества с шагом 1.

Расчёт выполняется в следующем порядке: присваивается следующее значение номеру копии, рассчитываются управляющие параметры, вычисляются остальные управляемые параметры (если они есть), выполняется копирование. Все полученные копии 3D точки объединяются в один сплайн.

Пиктограмма для вызова данного режима находится в основном автоменю команды создания 3D пути:

	<P>	Создать путь с параметрическим изменением 3D узла

После включения режима становятся доступными следующие действия:

	<R>	Выбрать 3D точку
	<1>	Выбрать кривую, задающую положение начала координат
	<2>	Выбрать кривую, задающую направление оси X
	<3>	Выбрать кривую, задающую направление оси Y
	<4>	Выбрать поверхность, задающую ориентацию оси X
	<5>	Выбрать поверхность, задающую ориентацию оси Y
	<6>	Выбрать исходную систему координат
	<7>	Отменить выбор элементов, задающих систему координат

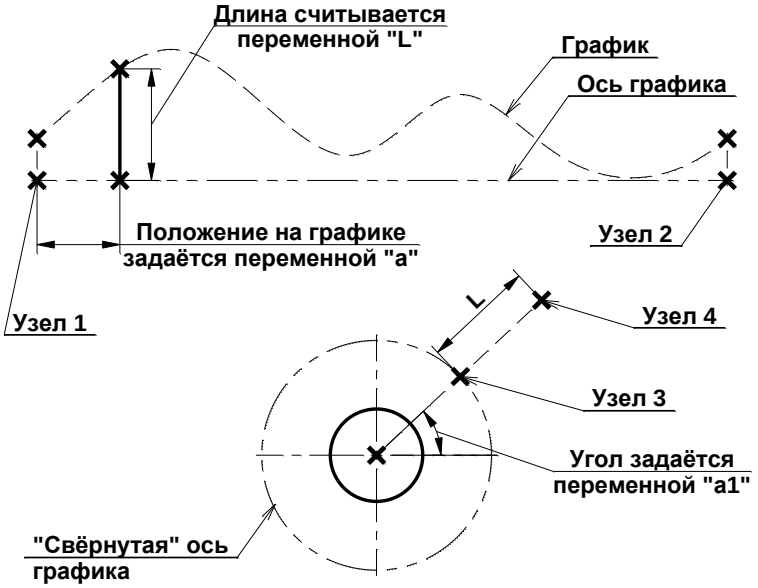
Как уже отмечалось выше, можно выделить два способа создания пути с параметрическим изменением 3D точки. Рассмотрим на примерах каждый из них.

Способ свободной ориентации копии

При создании пути таким способом достаточно выбрать 3D узел, задать количество копий и назначить независимую переменную на параметр **Номер копии**. Используя переменную, принимающую значения номеров копий, можно создать определённые зависимости в полях управляющих переменных, а также в 2D или 3D построениях, от которых, в свою очередь, будет зависеть положение исходной 3D точки.

Пример 1

Рассмотрим применение параметрического пути на примере создания модели кулачка. Данный пример находится в библиотеке *«Примеры 16»*, в папке *«3D Построения/3D Путь/Кулачок.grb»* Исходными данными является график, задающий поверхность кулачка.



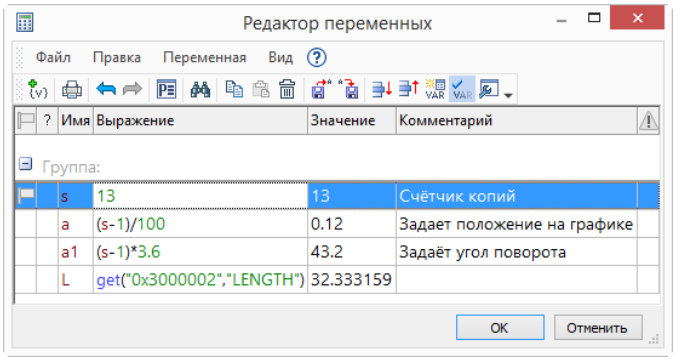
Между узлами 1 и 2 построена пропорциональная прямая. Её положение определяется значением переменной *a* в пределах от 0 до 1 включительно. При изменении значения переменной *a* прямая будет двигаться от точки 1 к точке 2. Полученная прямая пересекает ось графика и кривую графика. Между этими точками можно построить отрезок. Его длина будет равна текущему значению функции графика. Считанное (с помощью функции *get*) значение длины отрезка хранит переменная *L*.

Для построения 3D пути, повторяющего контур поверхности кулачка, необходимо создать такой 3D узел, который бы при изменении одной переменной (назначенной на счётчик копий) изменял своё пространственное положение в соответствии с заданным законом на графике. Такой узел удобно создать, если добавить ещё несколько 2D построений с использованием уже полученных данных.

Для того чтобы получился кулачок нужных размеров, ось графика должна быть «свёрнута» в окружность заданного радиуса. В данном примере построена окружность радиусом 50 мм. Через центр окружности под углом к горизонтали нужно построить новую прямую. На параметр, задающий угол наклона этой прямой, нужно назначить переменную *a1*.

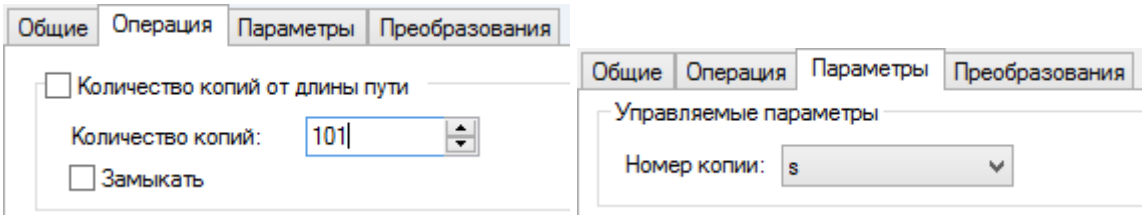
На пересечении окружности и наклонной прямой построен узел 3. Относительно узла 3, вдоль наклонной прямой построен узел 4 на расстоянии *L*. По 2D узлу 4 построен 3D узел. Для этого на существующей странице предварительно создана рабочая плоскость «Вид спереди».

Теперь нужно связать все переменные между собой таким образом, чтобы при изменении счетчика копий перестраивался 3D узел. Этого можно добиться, если вместо конкретных значений некоторых переменных ввести выражения, задающие зависимость от номера копий.

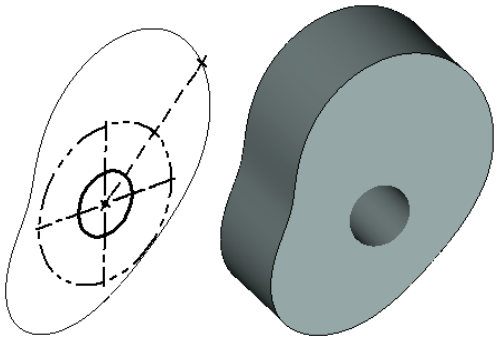


> Поскольку значения параметра **Номер копии** всегда начинаются с единицы, иногда требуется вводить поправку (–1) в выражения, где участвует переменная **Номер копии**.

Теперь можно строить параметрический 3D путь. В диалоге параметров нужно определить два параметра: задать количество копий, и назначить переменную, которая будет выполнять функцию счётчика копий. В данном примере на параметр **Номер копии** назначена переменная *s*.



Первая копия 3D узла будет совпадать по положению со 101-й. В результате получится замкнутый 3D путь. Его геометрия будет соответствовать форме кулачка.



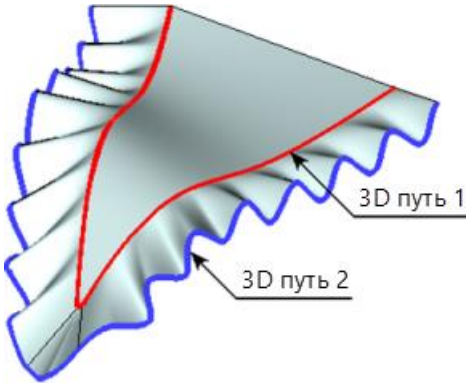
Далее для получения тела кулачка нужно вытолкнуть путь по нормали на 50 единиц и на основе получившейся листовой поверхности создать твёрдое тело с помощью операции «Сшивка».

В завершение можно сделать цилиндрическое отверстие по оси кулачка (выталкивание окружности с автоматическим вычитанием из основного тела).

Способ ориентации копии по путям или поверхностям

Способ ориентации копии по путям или поверхностям удобно использовать, когда не удаётся точно описать закон изменения параметров копии с помощью выражений. В таких случаях бывает удобно использовать различные 3D кривые или поверхности для определения положения и ориентации системы координат текущей копии.

Пример 2



В качестве примера применения параметрического 3D пути с ориентацией копии по путям или поверхностям можно рассмотреть построение 3D пути, определяющего внешний край «волнистой» поверхности. На рисунке он обозначен как 3D путь 2.

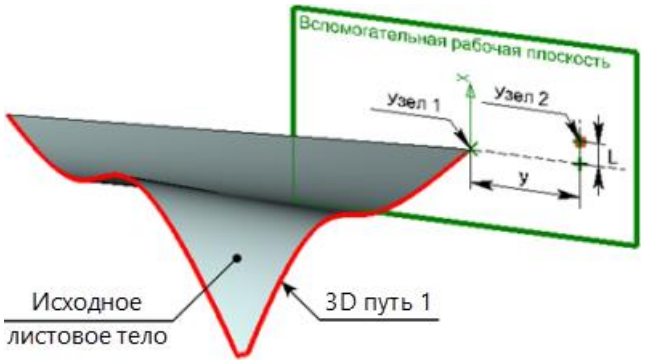
Для построения такого пути необходимы:

- исходный 3D узел, положение которого должно меняться при создании пути в зависимости от номера создаваемой копии;
- 3D путь, определяющий положение начала системы координат каждой копии;
- поверхность, определяющая ориентацию оси X системы координат каждой копии.

Создаваемый путь должен повторять форму внешнего края исходного листового тела. Поэтому для задания начала системы координат копий необходимо использовать 3D путь, построенный по рёбрам исходного листового тела – 3D путь 1.

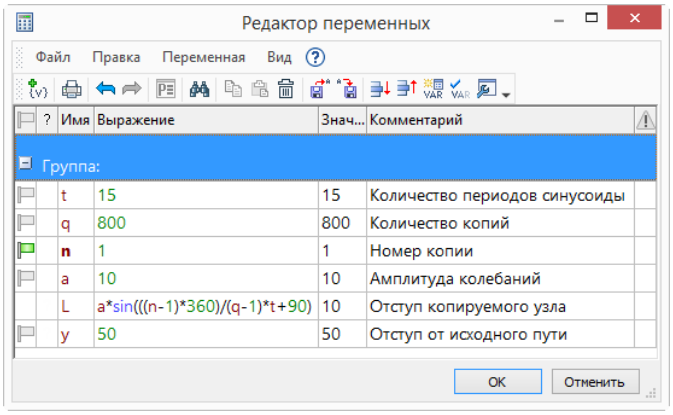
Для получения исходного 3D узла построена вспомогательная рабочая плоскость, перпендикулярная 3D пути 1 и проходящая через одну из вершин исходного листового тела.

На рабочей плоскости созданы необходимые 2D построения. Искомый 3D узел создан по 2D узлу на рабочей плоскости – Узлу 2.



Узел 2 был построен следующим образом: на рабочей плоскости построен Узел 1 с координатами (0,0) (соответствует той вершине исходного листового тела, через которую проходит рабочая плоскость). Через данный узел проведена горизонтальная прямая.

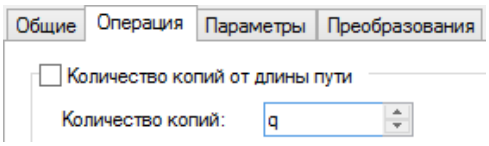
Перпендикулярно горизонтальной прямой, на расстоянии *y* от Узла 1, проведена вертикальная прямая. Узел 2 лежит на данной прямой на расстоянии *L* от точки пересечения прямых.



Значение переменной *L* задано так, чтобы оно менялось при изменении счётчика копий 3D пути. Таким образом, при построении 3D пути, в зависимости от номера текущей копии по синусоидальному закону меняется

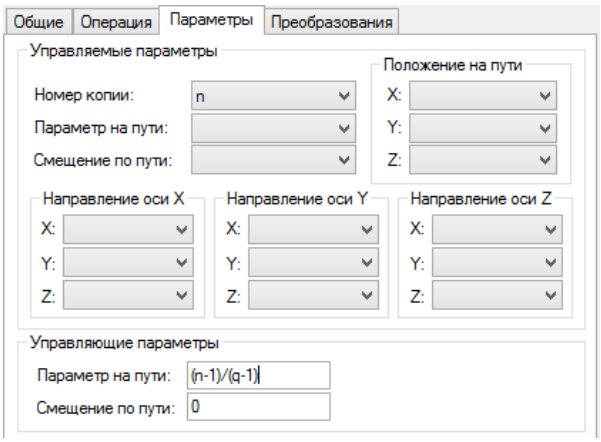
положение 2D Узла 2 и построенного на его основе 3D узла.

Для задания ориентации оси X системы координат копий при построении параметрического пути необходимо указать само исходное листовое тело. Если поверхность не выбирать, то ориентация осей будет определяться на основе вектора кривизны 3D пути 1, направление которого может резко меняться.



В диалоге параметров пути нужно определить: количество копий (переменная *q*), переменную-счётчик копий (в данном примере это переменная *n*) и управляющий параметр **Параметр на пути**.

Когда 3D путь 2 создан, можно построить на его основе «волнистую» поверхность с помощью операции «По сечениям».



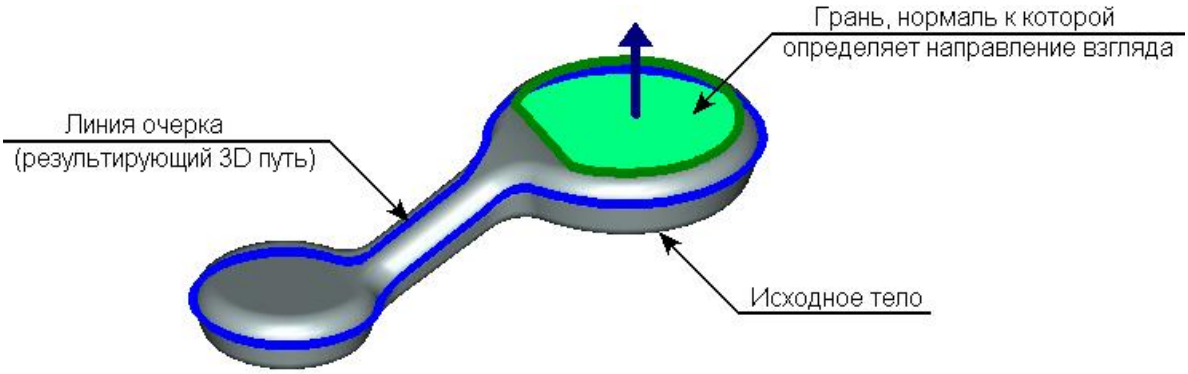
Данный пример находится в библиотеке *«Примеры 16»*: *«3D Построения/3D Путь/ Параметрический путь с ориентацией копий по пути и поверхности.grb»*.

3D путь как линия очерка

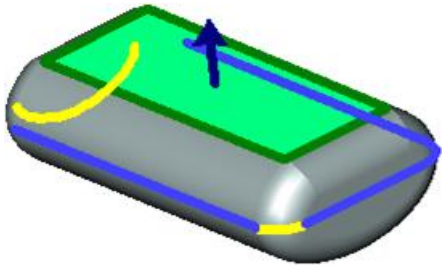
Создание 3D пути как *линии очерка* может быть использовано для определения линии разъёма при проектировании пресс-форм.

Построение линии очерка тела условно можно описать следующим образом: через каждую точку на поверхности тела проводится пространственная прямая, параллельная направлению взгляда. Те точки поверхности тела, в которых такая прямая лишь касается тела (не пересекая его), являются потенциальными точками линии очерка.

Для создания 3D пути указываются исходное тело и направление взгляда. Система анализирует поверхность тела в поисках точек, удовлетворяющих определению линии очерка. Полученный набор точек объединяется в единую кривую – 3D путь.

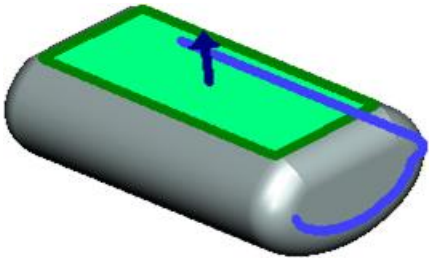


Если объединить все найденные точки в одну кривую не удаётся, система возвращает набор отдельных сегментов линии очерка. Пользователю предоставляется право выбрать тот сегмент, по которому будет построен результирующий 3D путь. Можно выбрать одновременно и несколько сегментов линии очерка. В этом случае будет создан не один, а несколько 3D путей – по числу выбранных сегментов.

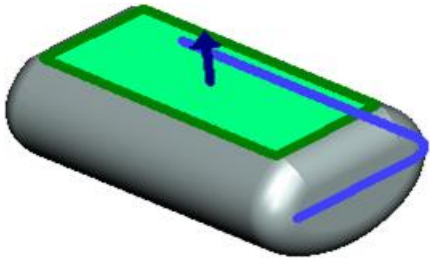


Направление взгляда задано нормалью к верхней грани. Найденные системой отрезки линии очерка показаны линиями жёлтого и голубого цвета.

Возможна ситуация, когда вектор направления взгляда параллелен какой-либо грани тела. В этом случае все точки данной грани удовлетворяют определению линии очерка, т.е. вместо линии система находит “поверхность” очерка. Из этого положения система выходит, строя линию очерка по первым встреченным ей точкам данной грани. В результате чаще всего линия очерка на такой грани строится по одному из боковых рёбер. Более оптимальная форма линии очерка будет получена, если применить *режим обработки вертикальных граней*. В этом режиме система строит линию очерка по прямой через грань.



Построение линии очерка без использования режима обработки вертикальных граней



Построение линии очерка с использование режима обработки вертикальных граней

Режим обработки вертикальных граней включается в окне свойств команды.

Для создания линии очерка необходимо выбрать в основном автоменю команды следующую опцию:

	<O>	Создать 3D путь как линию очерка

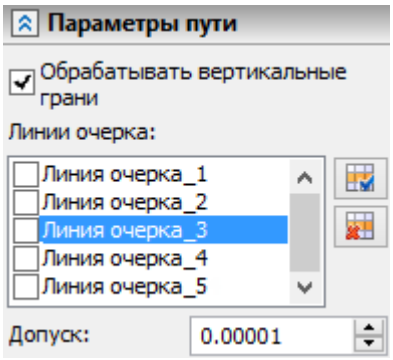
Тело, для которого будет строиться линия очерка, выбирается с помощью опции:

	<1>	Выбрать тело

Направление взгляда задаётся либо двумя 3D точками, либо одним 3D элементом, способным определить вектор:

	<2>	Выбрать первую точку задающую направление
	<3>	Выбрать вторую точку задающую направление
	<4>	Выбрать направление

После задания исходного тела и направления взгляда в 3D сцене появляется изображение построенной линии очерка.



В случае, когда системе не удаётся создать единую кривую очерка, в 3D сцене отразится один из найденных участков линии очерка. Для создания 3D пути на его основе достаточно подтвердить создание пути с помощью .

В окне свойств команды отображается полный список найденных участков линии очерка. Чтобы создать 3D путь на основе другого участка линии очерка, можно выбрать нужный участок в окне свойств или воспользоваться дополнительной опцией:

	<Tab>	Сменить линию очерка

Данная опция позволяет циклически перебирать найденные системой участки линии очерка (при нажатии опции на экране отображается следующий участок линии очерка). Выбранный в списке участок отображается в 3D сцене *голубым* цветом.

Для создания 3D пути по нескольким участкам линии очерка необходимо найти в списке и отметить галочками все требуемые участки, а затем подтвердить создание пути с помощью .

3D путь как кривая смещения

Данный способ создания 3D пути позволяет создавать 3D кривые следующего вида:

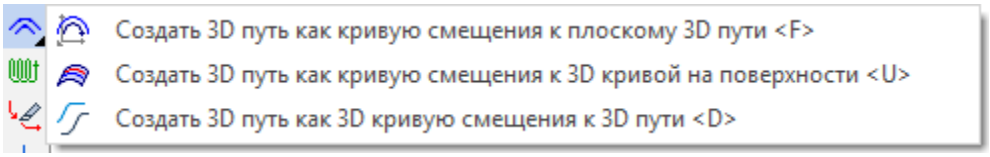
- ✓ 3D путь как кривая смещения к плоскому 3D пути
- ✓ 3D путь как кривая смещения к 3D кривой на поверхности

- ✓ 3D путь как 3D кривая смещения к 3D пути.

Все способы создания 3D пути как кривой смещения к другому 3D пути объединены в автоменю в опции:

		Создать 3D путь как кривую смещения

Выпадающий список данной опции содержит три вышеупомянутых способа создания 3D пути.

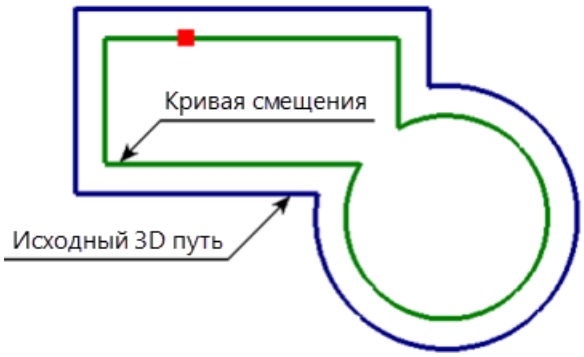


3D путь как кривая смещения к плоскому 3D пути

Для создания кривой смещения к плоскому 3D пути необходимо выбрать исходный путь и задать смещение относительно исходного 3D пути. Смещение можно задать двумя способами:

- ✓ Заданием 3D точки, через которую будет проходить результирующая кривая. Точка должна лежать в плоскости исходного пути.
- ✓ Числовым значением смещения кривой от исходного пути.

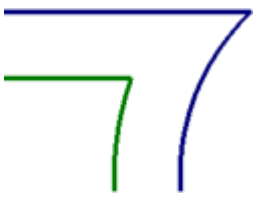
На рисунке представлен пример создания кривой смещения по 3D точке.



> Создание такого пути аналогично созданию 3D профиля как кривой смещения к другому плоскому 3D профилю (см. главу «3D профили»).

Зазоры, возникающие в линиях эквидистантного пути, могут быть обработаны тремя способами:

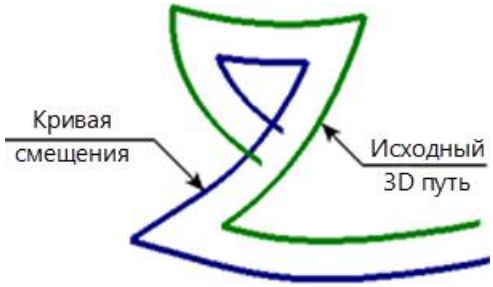
- ✓ **Продолжить** – строится продолжение кривых, образующих исходный путь. Прямая линия продолжается прямой, окружность - окружностью.
- ✓ **Скруглить** – строится скругление между конечными точками соседних сегментов создаваемого пути.
- ✓ **Удлинить** – из точек разрыва строятся прямые линии, касательные к линиям пути в точках разрыва.


Продолжить

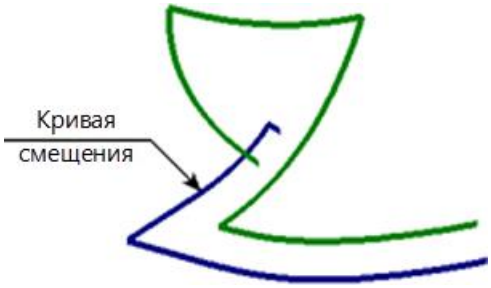

Скруглить


Удлинить

При создании кривой смещения к пути сложной формы в контуре нового пути могут образоваться петли. Дополнительный *режим обрезки петель* позволяет автоматически удалять их.



Без удаления петель



С удалением петель

Для создания 3D пути как кривой смещения к существующему плоскому 3D пути используется опция:

	<F>	Создать 3D путь как кривую смещения к плоскому 3D пути

Первым шагом создания 3D пути является выбор исходного плоского 3D пути с помощью опции:

	<T>	Выбор плоского пути

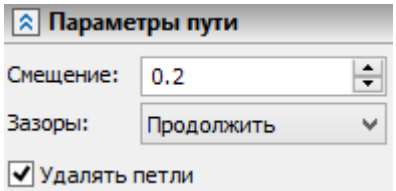
Затем необходимо задать требуемое смещение 3D точкой или числовым значением. 3D точка выбирается с помощью опции:

	<N>	Выбрать точку в плоскости выбранного пути

Для отказа от выбранного узла можно использовать опцию:

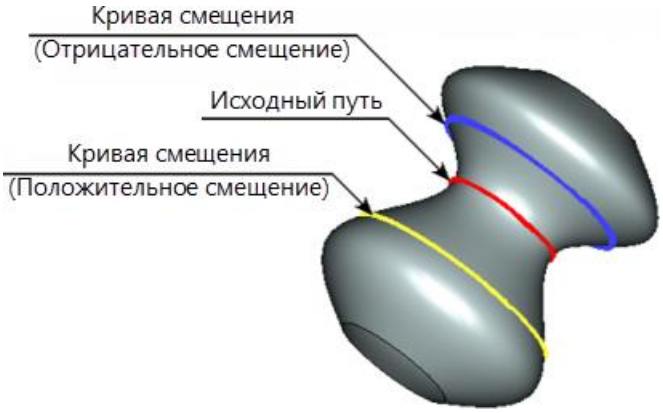
	<K>	Отменить выбор узла

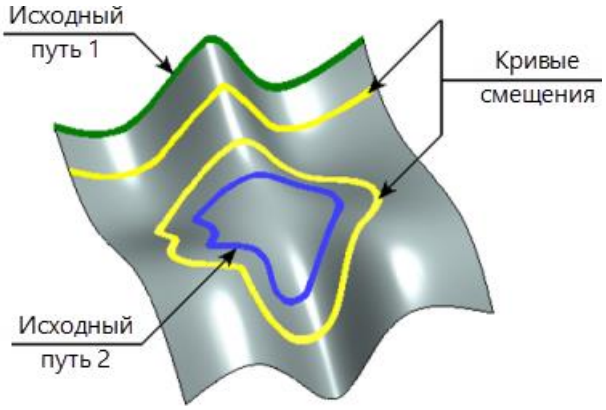
Числовое значение смещения указывается в окне свойств команды. Здесь же задаются другие параметры результирующей кривой. Способ обработки зазоров, возникающих при создании пути, определяется параметром **Зазоры**. Режим удаления петель включается при установке флажка **Удалять петли**.



3D путь как кривая смещения к 3D кривой на поверхности

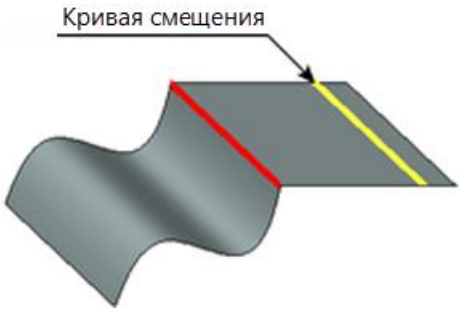
Для создания 3D пути как кривой смещения к 3D кривой на поверхности необходимо указать исходную кривую – 3D путь. Результирующая кривая будет создаваться смещением точек исходной кривой на заданное расстояние по поверхности грани, на которой лежит исходная кривая. Исходный 3D путь обязательно должен лежать на грани тела – твёрдого или листового.



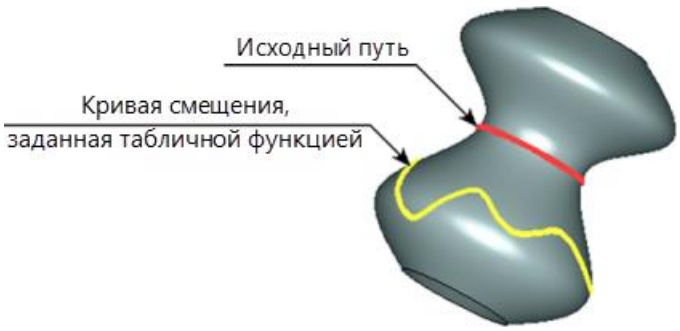


Грань, на которой лежит выбранный 3D путь, система определяет самостоятельно. В том случае, когда это возможно (например, если 3D путь был создан по ребру, разделяющему две грани тела), пользователю предоставляется возможность изменить выбор системы.





Смещение результирующей кривой от исходной может быть задано числовым значением или табличной функцией. С помощью табличного задания смещения можно построить путь с неравномерным смещением от исходной кривой. Таблица смещений задаёт положение контрольных точек на исходном пути и значения смещений для них.



Точность построения результирующего 3D пути задаётся либо **количеством точек**, по которым строится путь, либо **точностью кривой**. При использовании **точности кривой** путь строится так, чтобы результирующая кривая отстояла от хорд, соединяющих любую последовательную пару точек, на величину, не превышающую заданное значение точности. Чем больше **количество точек**, установленное для кривой смещения, или выше заданная точность, тем точнее будет построен путь.

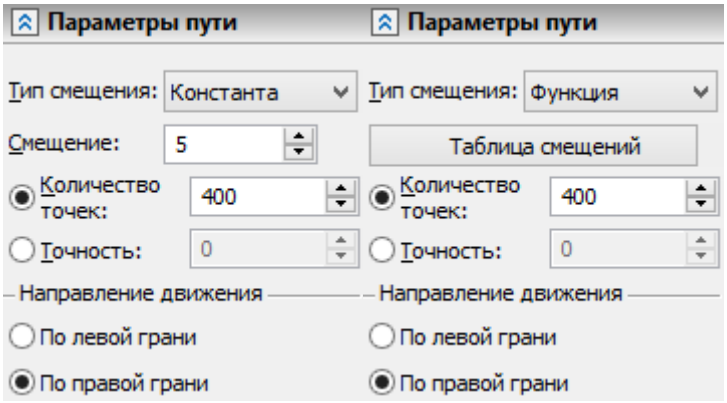
Для создания 3D пути как кривой смещения к 3D кривой на поверхности используется опция:

	<U>	Создать 3D путь как кривую смещения к 3D кривой на поверхности

После входа в данный режим необходимо выбрать исходный 3D путь с помощью опции:

	<Z>	Выбрать путь на поверхности

Смещение кривой и точность её построения задаются в окне свойств или в диалоге параметров пути (опция ).

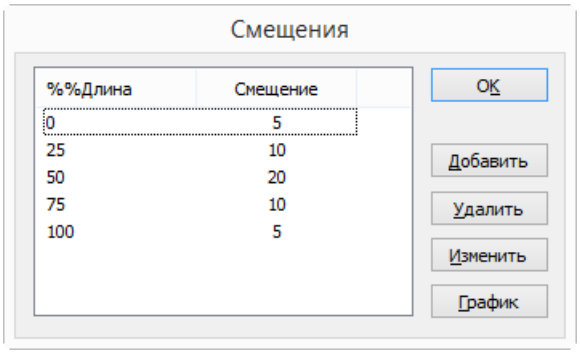


Для того, чтобы задать смещение числовым значением, необходимо установить **Тип смещения** в значение **Константа** и задать в поле **Смещение** требуемое значение. Для использования табличной функции смещений у параметра **Тип смещения** устанавливается значение **Функция**.

В диалоге появляется кнопка **[Таблица смещений]**, вызывающая окно для задания таблицы смещений.

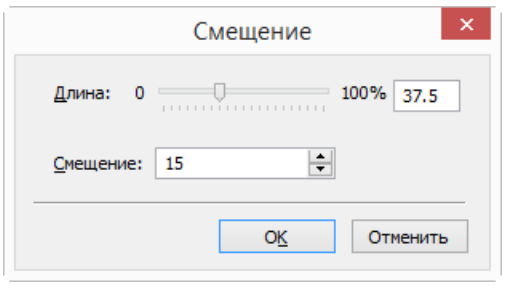
В окне диалога **Смещения** можно создать или отредактировать таблицу смещений:

Для добавления новой строки необходимо установить курсор на одну из уже существующих строк таблицы и нажать **[Добавить]**. На экране появится окно диалога **Смещение**. В нём необходимо указать положение новой контрольной точки (параметр **Длина**) и величину смещения для неё (параметр **Смещение**).



Диалог **Смещение** используется и для редактирования уже существующей строки таблицы (при нажатии кнопки **[Изменить]**).

Кнопка **[Удалить]** позволяет удалить выбранную строку из таблицы смещений.



Таблицу смещений можно задавать и с помощью графика. Для этого используется кнопка **[График]**. При нажатии на кнопку открывается окно редактирования графика.

> Более подробную информацию о работе с графиками можно найти в книге «T-FLEX CAD. Трёхмерное моделирование», в главе «Сервисные 3D инструменты и элементы», в разделе «Графики».

Для задания точности построения результирующего пути необходимо выбрать используемый для этого параметр – **Количество точек** или **Точность** – и ввести в поле справа значение выбранного параметра.

Изменить грань, на которой создаётся кривая смещения, можно опцией:

	<Tab>	Выбрать другую смежную грань

Ту же функцию выполняет переключатель **Направление движения** в диалоге свойств.

3D путь как 3D кривая смещения к 3D пути

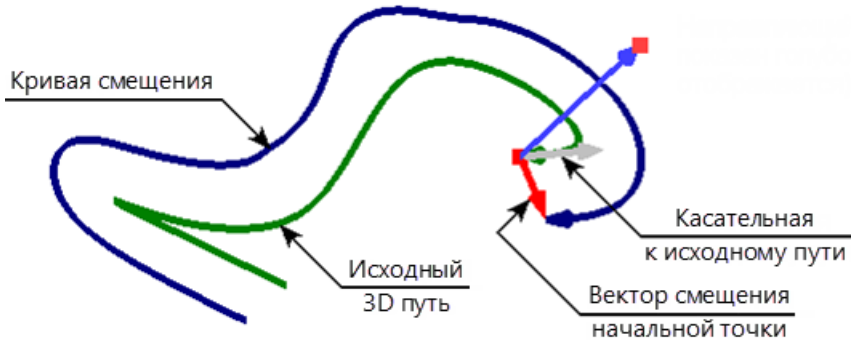
Для создания 3D пути как 3D кривой смещения достаточно указать исходный 3D путь (произвольной формы), величину и направление смещения. По полученным в результате смещения точкам формируется единый 3D сплайн.

Создание 3D пути как 3D кривой смещения можно использовать, например, при работе с ЧПУ для построения траекторий движения инструмента с учётом коррекции на его радиус; при проектировании пресс-форм для создания поверхности разъёма (по линии очерка и кривой смещения к ней).

Существует два способа задания направления смещения кривой:

- ✓ Направляющим вектором. Для всей кривой задаётся единый направляющий вектор –двумя 3D точками, прямым ребром, нормалью к плоской грани или рабочей плоскости.

  Для создания кривой каждая точка исходного 3D пути смещается на заданное расстояние вдоль вектора, определяемого как векторное произведение касательной к пути в этой точке и заданного направляющего вектора смещения. Т.е. точка кривой смещается в направлении, перпендикулярном направляющему вектору и касательной к исходному пути.

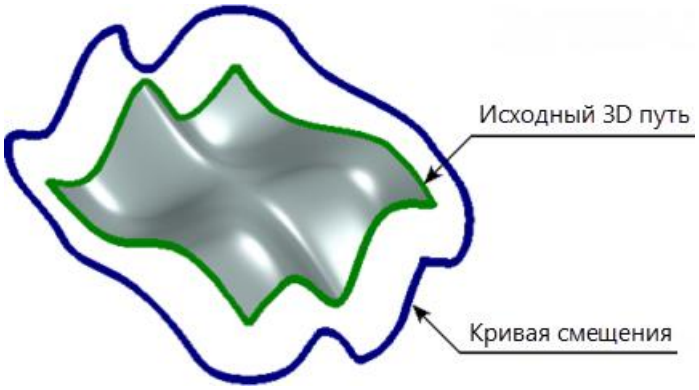


Направляющий вектор (на рисунке показан голубой стрелкой, в 3D сцене не отображается) задан двумя 3D узлами

- ✓ Направлением с тела. Данный способ создания 3D кривой смещения ориентирован на создание 3D пути как *продолжения* поверхности листового тела (по касательной). Направление кривой смещения задаётся телом операции, поверхность которого необходимо продлить. Исходный 3D путь должен лежать на том же теле.

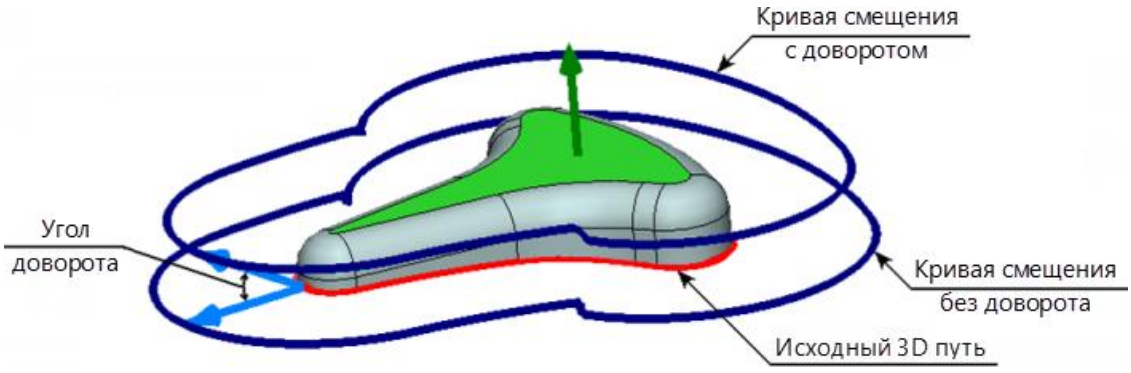
Рекомендуется в качестве исходного использовать листовое тело, лежащее на одной поверхности, а в качестве исходного пути – 3D путь, построенный по охватывающим рёбрам этого листового тела. При других исходных данных результат построения кривой смещения не определён.

Для создания кривой каждая точка исходного 3D пути смещается на заданное расстояние вдоль вектора, определяемого как векторное произведение касательной к пути и нормали к направляющей поверхности в этой точке.



Направление кривой смещения задано листовым телом

Дополнительный режим *смещения с доворотом* можно использовать при любом способе создания кривой. В этом режиме вектор смещения, вычисляемый для каждой точки исходного пути, дополнительно поворачивается вокруг касательной к пути в этой точке на заданный угол. 3D кривая смещения с доворотом может понадобиться, например, при работе с ЧПУ – для построения ориентирующего пути, задающего наклон инструмента.



Направление кривой смещения задано нормалью к плоской грани

Для создания 3D пути как 3D кривой смещения используется опция:

	<D>	Создать 3D путь как 3D кривую смещения к 3D пути

Первым шагом создания 3D пути является выбор исходного 3D пути с помощью опции:

	<A>	Выбрать 3D путь

Затем необходимо задать направление смещения. Для задания направления с помощью направляющего вектора используются следующие опции:

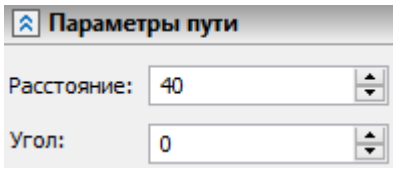
	<B>	Выбрать первую точку, задающую направление
	<C>	Выбрать вторую точку, задающую направление
	<D>	Выбрать направление

Первые две опции ( и ) позволяют задать направляющий вектор двумя 3D точками. Опция  позволяет выбрать 3D объект, способный сразу определить направляющий вектор.

Для задания направления кривой смещения с тела используется опция:

	<G>	Выбрать тело

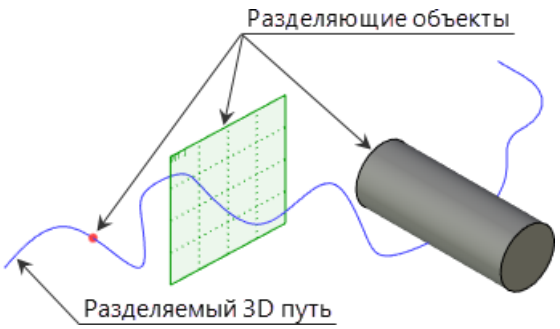
Величина смещения кривой указывается в окне свойств команды либо в диалоге параметров пути (опция ). Смещение кривой задаётся параметром **Расстояние**. Здесь же осуществляется (при необходимости) включение режима смещения с доворотом. Для этого достаточно указать в поле параметра **Угол** требуемое значение угла доворота (по умолчанию стоит значение [0]).

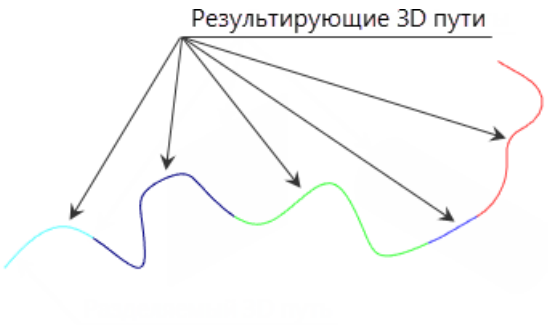


3D путь как результат разделения существующего 3D пути

Данный способ позволяет создавать 3D путь методом разделения существующего на части другими объектами модели. Исходный 3D путь при этом может быть как замкнутым, так и разомкнутым. В качестве разделяющих объектов могут использоваться 3D точки, лежащие на исходном 3D пути, а также линейные объекты, листовые объекты и твёрдые тела, пересекающие исходный 3D путь. Допускается указывать несколько разделяющих объектов для разделяемого пути.

В результате выполнения операции, создаются копии исходного 3D пути, соответствующие участкам между объектами, используемыми для разделения.





Для создания 3D данным способом необходимо воспользоваться опцией:

	<K>	Разделение пути

Выбор разделяемого 3D пути осуществляется в 3D сцене или в дереве модели при включенной опции:

	<G>	Выбрать 3D путь

Выбор разделяющих объектов осуществляется аналогично выбору разделяемого 3D пути при включенной опции:

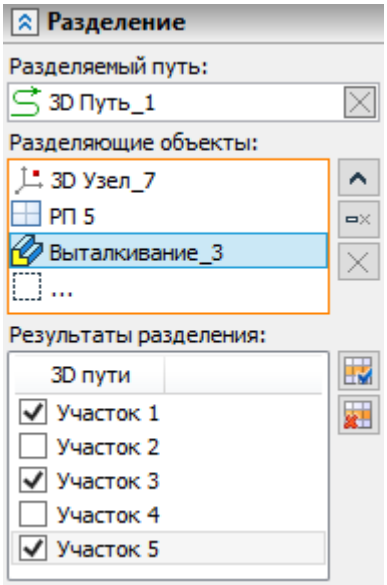
	<S>	Выбор разделяющих элементов

Отмена всех выбранных элементов осуществляется при помощи опции автоменю:

	<F>	Отменить выбор всех элементов

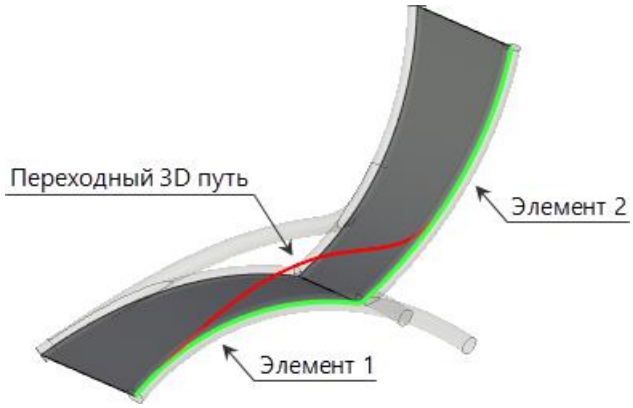
Выбранные объекты отображаются в соответствующих полях в окне свойств команды. Для управления списком разделяющих объектов используются кнопки **Развернуть** , **Свернуть** , **Удалить элемент из списка** , **Очистить** .

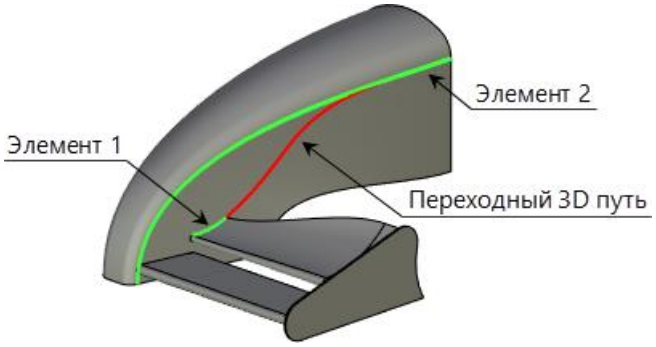
Участки, полученные при разделении выбранного 3D пути, отображаются в поле **Результат разделения**. Установленный флаг свидетельствует о создании 3D пути по данному участку после подтверждения команды. Установка и снятие одновременно всех флажков осуществляется кнопками **Выделить все** , **Очистить все** .



Переходный 3D путь

Данный способ используется для соединения двух элементов с проволочной геометрией переходным 3D путём с возможностью управления параметрами сопряжения и границами крайних точек. К элементам с проволочной геометрией относятся все линейные объекты – рёбра, 3D пути, циклы, некоторые виды 3D профилей. Такие элементы могут быть как замкнутыми, так и разомкнутыми.





Для создания переходного 3D пути необходимо в автоменю команды выбрать опцию:

	<C>	Переходный путь

Первым шагом создания 3D пути является определение формы результирующей кривой: *сплайн* или *скругление*. Выбор осуществляется при помощи соответствующих иконок в окне свойств. По умолчанию система устанавливает сплайновую форму кривой.

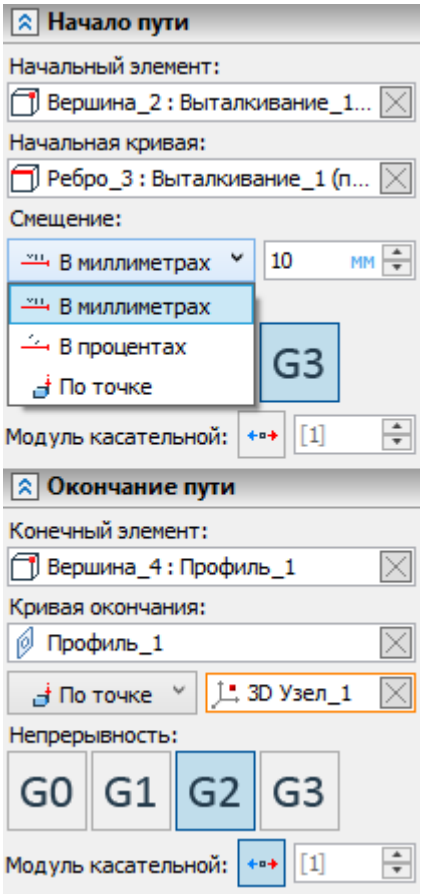


Выбор исходных проволочных объектов, между которыми необходимо построить переходный 3D путь, осуществляется в 3D сцене или в дереве 3D модели при включении соответствующих опций:

	<Q>	Выбор начала
	<E>	Выбор окончания

Крайние точки исходных объектов, соединяемые 3D путём, выбираются аналогично выбору самих объектов при помощи соответствующих опций автоменю:

	<W>	Выбор начальной геометрии
	<R>	Выбор геометрии окончания



Все выбранные объекты отображаются в соответствующих полях в окне свойств команды. Отмена выбранного объекта осуществляется при помощи кнопки **Очистить** .

Смещение границ переходного 3D пути вдоль исходных объектов может быть задано тремя способами:

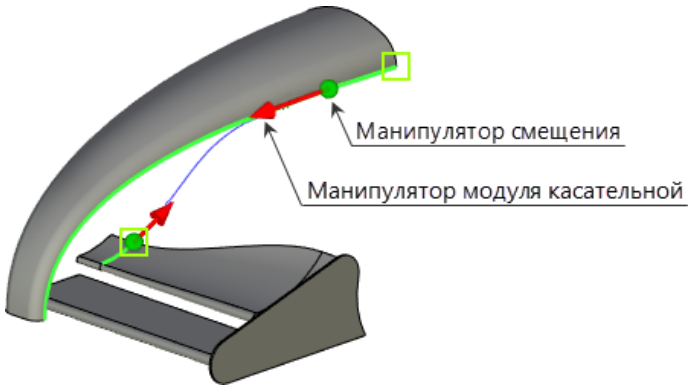
- ✓ Значением **в миллиметрах** либо других единицах измерения;
- ✓ **В процентах** от длины исходного объекта;
- ✓ **По точке**, лежащей на исходном объекте.

Для *сплайновой формы* кривой характер сопряжения на границе перехода от исходного объекта к результирующему 3D пути определяется условием непрерывности:

- ✓ Непрерывность **по точке G0** – совпадение точек в пространстве;
- ✓ Непрерывность **по касательной G1** – геометрическая непрерывность по первой производной;
- ✓ Непрерывность **по кривизне G2** – геометрическая непрерывность по второй производной;
- ✓ Непрерывность **по потоку G3** – геометрическая непрерывность по третьей производной.

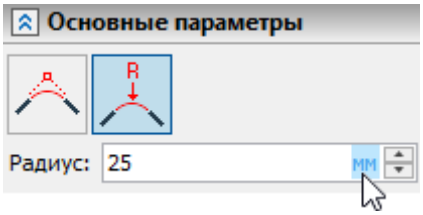
Для условий непрерывности G1, G2 и G3 допускается задавать значение **Модуля касательной** – коэффициента, масштабирующего значение производной в заданном направлении. По умолчанию значение равно [1].

Первоначально переходная кривая строится таким образом, чтобы в результате образовывать прямое касание с исходным объектом. Смена направления касания на противоположное осуществляется при помощи кнопки .

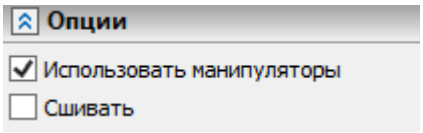


Управление параметрами **смещение** и **модуль касательной** допускается осуществлять в 3D сцене при помощи одноимённых манипуляторов, отображение которых при желании можно отключить на вкладке **Опции** окна свойств.

Сопряжение исходных объектов кривой *формы скругления* определяется параметром **Радиус**. По умолчанию значение задаётся в миллиметрах, при необходимости допускается изменить единицы измерения.



Для объединения результирующей переходной кривой и исходных объектов в один 3D путь предназначена опция **Сшивать**.



3D пути на основе 2D элементов

К 2D элементам, на основе которых допускается создавать 3D пути относятся штриховки, элементы построения (конечные – 2D путь, сплайн; бесконечные – окружность, эллипс), а также линии изображения и эскиза, расположенные на страницах, связанных с рабочими плоскостями или рабочими поверхностями. При использовании 2D элементов, лежащих на странице рабочей плоскости, получившийся 3D путь будет плоским. 3D путь, созданный на основе 2D элементов с рабочей поверхности, будет повторять форму использованной поверхности.

Для более точного расположения 3D пути в пространстве можно задать 3D узел, через который должна проходить плоскость или поверхность пути. Смещение плоскости (поверхности) пути осуществляется посредством параллельного переноса. Если этого недостаточно, дополнительно можно уточнить положение 3D пути, задав 2D узел на рабочей плоскости, который должен быть совмещён с выбранным 3D узлом.

Для создания 3D пути данным способом необходимо выбрать следующую опцию основного автоменю команды:

	<H>	Создать 3D путь по 2D элементам

Выбор 2D элементов, на основе которых необходимо создать 3D путь, осуществляется при помощи следующей опции автоменю:

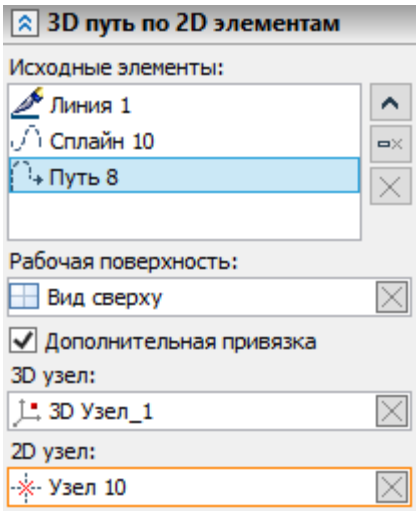
	<H>	Выбрать исходные элементы

При использовании штриховок, бесконечных элементов построения, а также замкнутых линий изображения и эскиза в качестве исходных элементов результирующий путь строится по контуру выбранного объекта. В данном случае 3D путь всегда будет замкнутым.

Создание 3D пути по конечным элементам построения, а также по незамкнутым линиям изображения и эскиза предполагает их последовательное соединение: на основе каждого следующего выбранного объекта строится очередной участок создаваемого пути, все полученные участки объединяются в один 3D путь.

Рабочая поверхность, на которой лежат выбранные исходные элементы, определяется системой автоматически. Если автоматический выбор оказался неверен либо необходимо выбрать другую рабочую поверхность, на которой должен лежать результирующий путь, используется следующая опция автоменю:

	<W>	Выбрать рабочую поверхность



Все выбранные объекты отображаются в соответствующих полях в окне свойств команды. Для управления списком исходных элементов используются кнопки **Развернуть** , **Свернуть** , **Удалить элемент из списка** , **Очистить** .

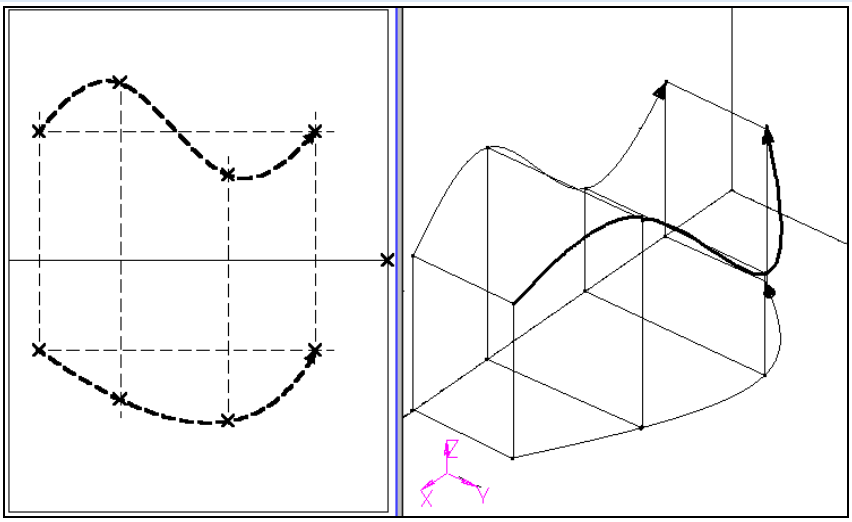
Отмена выбранного объекта в качестве рабочей поверхности осуществляется при помощи кнопки **Очистить** .

Уточнение расположения 3D пути в пространстве осуществляется при включении флажка **Дополнительная привязка**. При активации соответствующих полей выбираются 3D узел, через который должна проходить поверхность результирующего пути, и 2D узел на поверхности, который должен быть совмещён с выбранным 3D узлом.

Создать 3D путь по двум проекциям

3D путь создаётся по двум проекциям на основные рабочие плоскости. В роли проекций 3D пути выступают 2D пути.

Выбираемые 2D пути должны полностью и однозначно определять положение и направление 3D пути в пространстве. В противном случае расположение 3D пути в пространстве будет неверным, или система выдаст сообщение об ошибке и невозможности создания 3D пути.



Данный пример находится в библиотеке *«Примеры 16»*, папка *«3D Построения/3D Путь/3D путь по двум 2D путям.GRB»*.

Данный способ построения 3D пути выбирается опцией:

	<Q>	Создать 3D путь по двум проекциям

После вызова данной опции в автоменю появляются следующие опции:

	<F>	Выбрать первую проекцию 3D пути (2D путь)
	<S>	Выбрать вторую проекцию 3D пути (2D путь)

Данные опции позволяют выбрать две проекции создаваемого пути в окне 2D вида. Рабочие плоскости, на которых будут расположены проекции, выбираются системой автоматически. Выбрать другую рабочую плоскость (если она есть на данной 2D странице) можно с помощью опции:

	<W>	Выбрать другую рабочую плоскость

Спиральный 3D путь

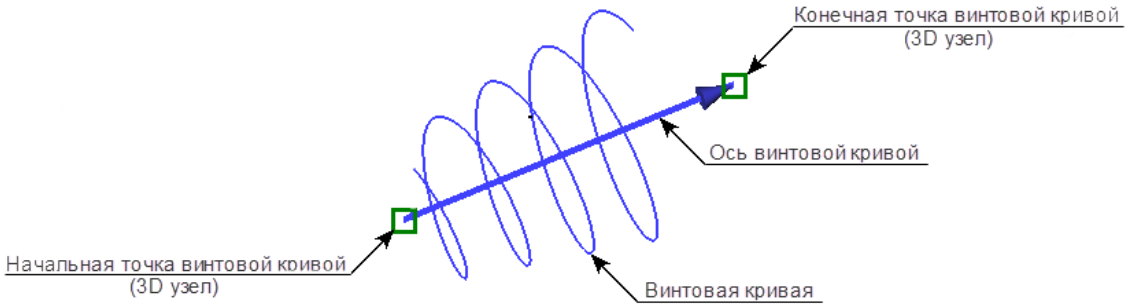
Спиральный путь – это специальный тип 3D пути, который позволяет получить коническую, цилиндрическую, плоскую или параметрическую винтовую кривую вокруг выбранной оси.



Основные сведения и возможности

Ось спирального 3D пути

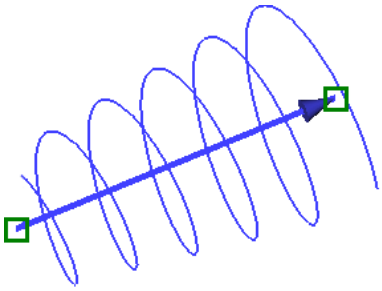
Винтовая кривая строится вокруг оси спирали. Ось определяется любым 3D объектом, способным определить 3D путь в пространстве (см. раздел 3D пути) и двумя 3D точками: начальной и конечной. 3D точки могут задаваться 3D узлами, а также любым 3D объектом, способным определить точку в пространстве. Вектор, задающий ось спирали, будет направлен от первой точки ко второй (соответственно будут определяться начало и конец). Вид кривой определяется параметрами спирального 3D пути.



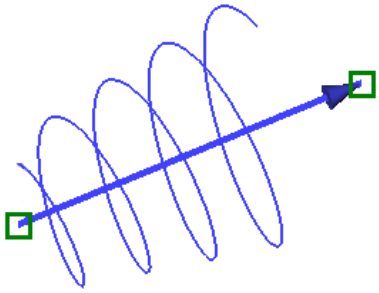
Основные параметры спирального 3D пути

Вид получающегося в результате выполнения данной операции спирального 3D пути определяется следующими параметрами:

- Длина - может задаваться расстоянием между 3D точками, определяющими начало и конец оси (в этом случае достаточно задать только витки (в оборотах или градусах) либо только шаг вдоль оси – недостающий параметр система вычислит самостоятельно) либо вычисляется автоматически при одновременном задании шага вдоль оси и количества витков винтовой кривой;



Длина винтовой кривой определяется расстоянием между 3D узлами, задающими ось (дополнительно задан шаг винтовой кривой)

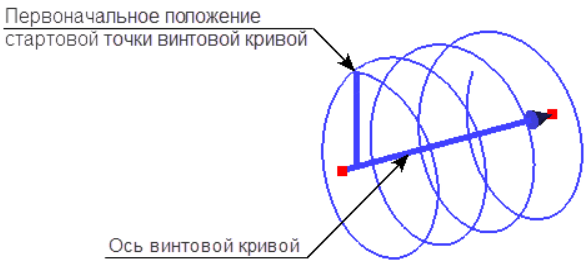


Длина винтовой кривой определяется на основе заданных значений шага и количества витков (n=4) винтовой кривой

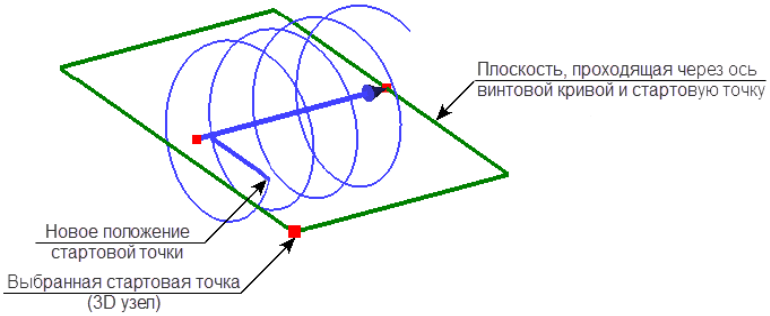
- Обратное направление витков – возможность изменения направления навивки винтовой кривой;
- Начальный угол - позволяет задать значение начального угла стартовой точки винтовой кривой;
- Начальный, конечный радиус/диаметр – радиус винтовой кривой в начале и конце спирального 3D пути (у цилиндрической винтовой кривой начальный и конечный радиусы совпадают);
- Закон для радиуса/диаметра – возможность задания графика боковой образующей винтовой кривой;
- Закон для z-координаты – возможность задания графика изменения шага винтовой кривой.

Начальное положение винтовой кривой спирального 3D пути

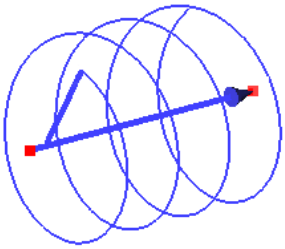
Начальное положение винтовой кривой выбирается системой произвольно. Его можно изменить, задав требуемое положение с помощью дополнительной 3D точки – стартовой точки. Дополнительно можно указать числовое значение угла поворота винтовой кривой (от исходного положения).



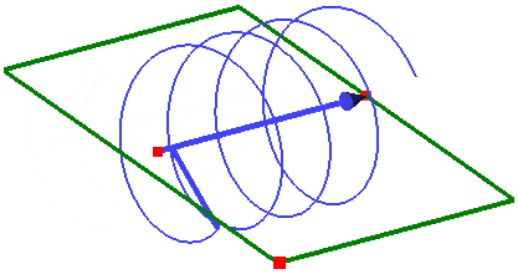
При задании стартовой точки винтовой кривой она переместится по заданному начальному радиусу на плоскость, проходящую через выбранную точку и начальную точку оси спирального 3D пути.



При одновременном задании стартовой точки положения винтовой кривой и числового значения угла поворота угол откладывается от положения винтовой кривой, заданного стартовой точкой.



Задание начального положения винтовой кривой числовым значением угла поворота (30°) без выбора стартовой точки



Задание начального положения винтовой кривой с помощью стартовой точки и числового значения угла поворота (30°)

Создание спирального пути

Для создания спирального пути используется команда **3PH: Построить спиральный 3D путь:**

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → Спиральный 3D путь
Клавиатура	Текстовое меню
<3PH>	Построения > Спиральный 3D путь

Для создания спирального 3D пути необходимо выполнить следующие действия:

- ✓ Задать ось спирального 3D пути.
- ✓ Задать параметры спирального 3D пути (начальный, конечный радиус/диаметр, шаг вдоль оси, закон для радиуса/диаметра и т.д.).
- ✓ Выбрать стартовую точку положения спирального 3D пути (необязательное действие).
- ✓ Подтвердить создание операции.

Задание оси спирального 3D пути

Начальная точка оси спирального 3D пути задаётся с помощью опции автоменю:

	<F>	Выбрать начальную точку оси

Конечная точки оси выбирается с помощью опции:

	<S>	Выбрать конечную точку оси

Данные опции активизируются последовательно. Выбранные 3D объекты помечаются. После выбора второй точки в 3D сцене отобразится винтовая кривая (в соответствии со значениями параметров спирального 3D пути, установленными по умолчанию).

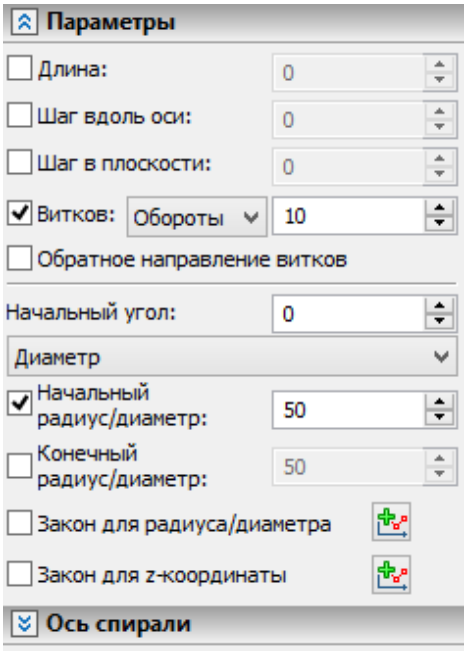
В качестве оси спирали можно выбрать любой 3D объект, способный определить 3D путь в пространстве с помощью опции автоменю:

	<G>	Ось спирали

После выбора оси спирального 3D пути в 3D сцене отобразится винтовая кривая (в соответствии со значениями параметров спирального 3D пути, установленными по умолчанию)

Параметры пути можно задать в окне свойств команды или в диалоге параметров операции, вызываемом с помощью опции .

Задание параметров спирального 3D пути



Винтовую кривую можно создать, используя любое сочетание входных данных: **Длина**, **Шаг вдоль оси** и **Витки** (в оборотах или градусах). Система отслеживает, чтобы было задано минимально необходимое количество параметров для создания винтовой кривой – два из трёх перечисленных выше. Третий параметр система вычисляет самостоятельно. Чтобы задать значение параметра вручную, нужно установить флаг слева от имени параметра.

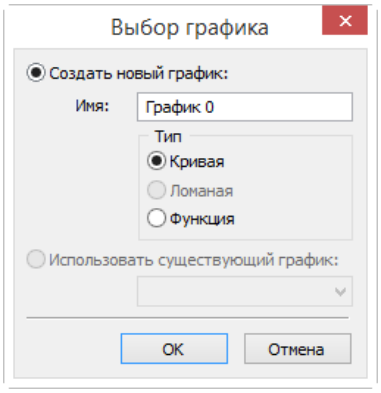
Если необходимо изменить направление навивки винтовой кривой, нужно установить флаг слева от параметра **Обратное направление витков**.

Радиус винтовой кривой в её начале задаётся параметром **начальный радиус/диаметр.** По умолчанию создаётся цилиндрическая винтовая кривая. При необходимости создания конической винтовой кривой, необходимо выбрать один из параметров: **конечный радиус/диаметр** либо **Шаг в плоскости**, установив соответствующий флаг и задав его значение. Альтернативный параметр система вычисляет самостоятельно.

Если необходимо задать зависимость изменения радиуса/диаметра винтовой кривой от количества витков, нужно установить флаг слева от параметра **Закон для радиуса/диаметра**. При этом параметры **начальный радиус/диаметр** и **конечный радиус/диаметр** становятся неактивными. В случае необходимости задания зависимости изменения шага вдоль оси винтовой кривой от количества витков, нужно установить флаг слева от параметра Закон для z-координаты. При этом параметры **Длина** и **Шаг вдоль оси** становятся неактивными.

Чтобы создать необходимые зависимости, нужно нажать , находящуюся справа от параметра. Система предлагает два варианта:

- Создать новый график – в этом случае необходимо задать имя и выбрать тип графика;
- Использовать существующий график – необходимо выбрать график из ранее созданных.



Выбор стартовой точки положения винтовой кривой спирального 3D пути

Задать стартовую точку винтовой кривой можно с помощью следующей опции автоменю:

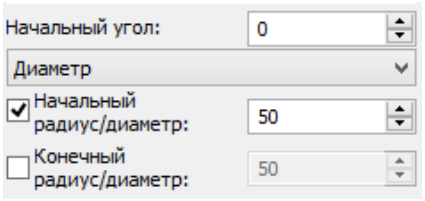
	<B>	Выбрать стартовую точку положения винтовой кривой

Отказаться от выбранной 3D точки можно, просто выбрав другую точку с помощью той же опции, либо воспользовавшись опцией:

	<K>	Удалить стартовую точку положения винтовой кривой

В этом случае винтовая кривая примет первоначальное положение.

Задать числовое значение угла поворота винтовой кривой от исходного положения можно в окне свойств операции, в параметре **Начальный угол**.



Трасса

Трасса – это специальный тип 3D пути, который может состоять из нескольких участков разного типа. Соседние участки сопрягаются между собой переходной зоной, обеспечивающей их непрерывное сопряжение. Данный тип 3D пути в основном предназначен для определения пространственной траектории, используемой при создании коммуникаций.

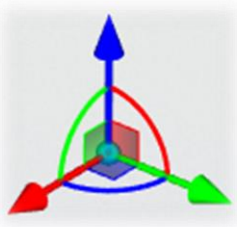
Основные сведения и возможности

Участки трассы

Система позволяет создавать трассу, состоящую из нескольких участков, построенных различными методами:

- ✓ по заданным точкам;
- ✓ используя геометрию уже существующих объектов (элементов проволочной геометрии, элементов тел).

При построении трассы по заданным точкам для каждой новой точки в сцене появляется манипулятор ЛСК, позволяющий задать её положение в абсолютных координатах либо относительно выбранной привязки (3D узел, вершина и т.д.). По умолчанию направление осей манипулятора совпадает с направлением осей глобальной системы координат.



Манипулятор обеспечивает следующие преобразования:

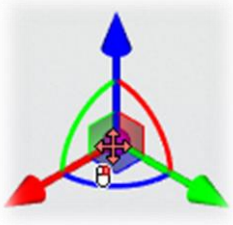
- ➔ перемещение вдоль оси (X, Y, Z). Для активизации перемещения подведите курсор к стрелке оси.
- ➔ перемещение в плоскости (XY, XZ, YZ). Для активизации перемещения подведите курсор к изображению плоскости.
- ➔ перемещение по трём осям. Для активизации перемещения подведите курсор к сфере в центре манипулятора.
- ➔ поворот вокруг оси (X, Y, Z). Для активизации поворота подведите курсор к дуге (цвет дуги соответствует цвету оси, вокруг которой будет выполняться поворот).

Манипулятор может работать в одном из двух режимов:

- ✓ численное задание значения преобразования. Для работы в этом режиме подведите курсор мыши к манипулятору (он подсветится и появится экранная подсказка) и перемещайте мышь

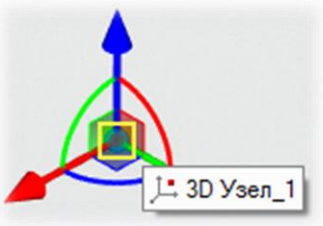
с нажатой левой кнопкой. Точное значение преобразования можно задать на системной панели.



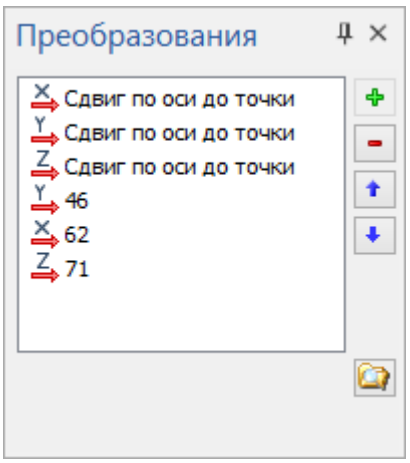


- ✓ преобразование задаётся привязкой к существующему объекту модели (например, перемещение до 3D узла). Для работы в этом режиме подведите курсор мыши к манипулятору и щёлкните . После этого при перемещении курсора будет работать объектная привязка. Таким образом можно задать перемещение до точки, середины ребра и т.п.



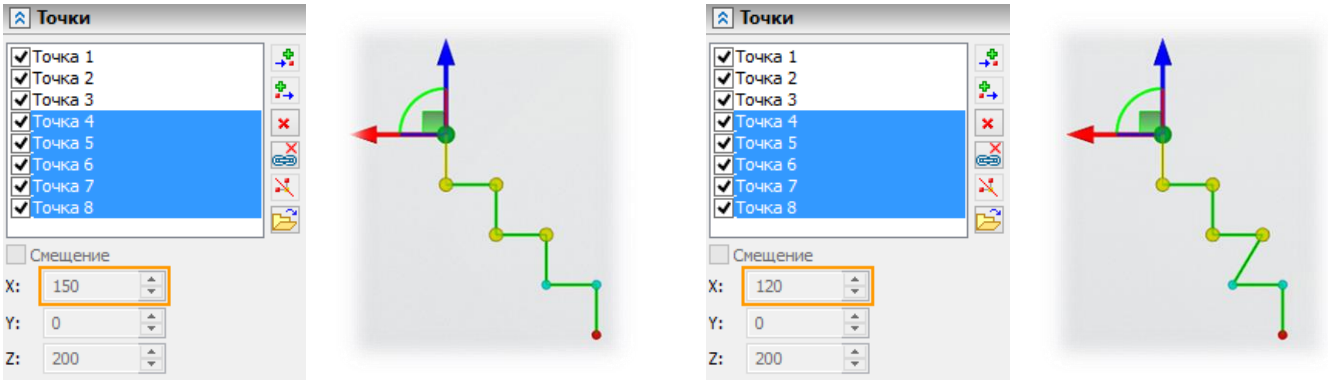


Любое изменение положения манипулятора отражается во вспомогательном окне **Преобразования**. Для каждой точки пути сохраняется отдельный список преобразований. Перемещения по осям суммируются. Преобразования с использованием объектной привязки записываются отдельной строкой. Выбранное в списке преобразование можно удалить. Объектную привязку можно перезадать, указав новый объект в 3D сцене.



Порядок преобразований можно изменять, перемещая преобразование вверх или вниз по списку при помощи кнопок со стрелками. Однако следует учесть, что не любое изменение последовательности приведёт к корректному результату.

Существует возможность множественного редактирования точек. Выбор необходимых точек осуществляется в соответствующем списке в окне свойств. После этого перемещение манипулятора будет влиять на положение всех выбранных точек.

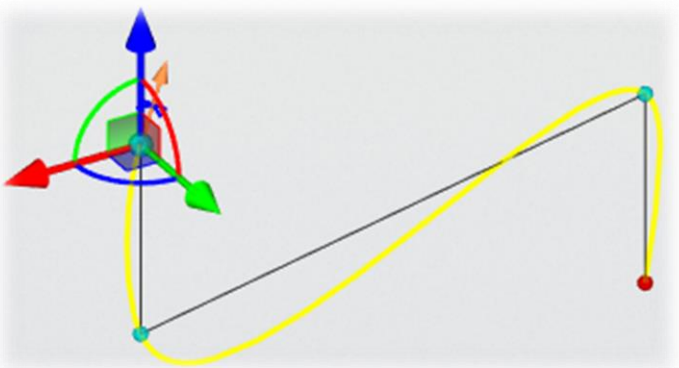


Для участка трассы, построенного по заданным точкам может быть задан тип, определяющий способ его построения:

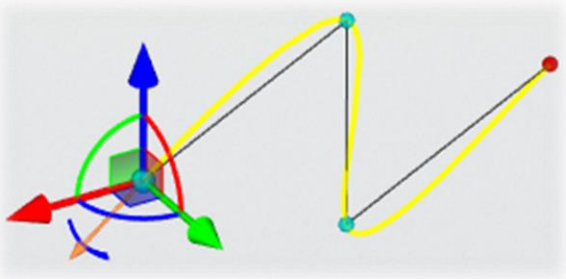
- ✓ Сплайн по точкам;
- ✓ Сплайн по ломаной;
- ✓ Полилиния.

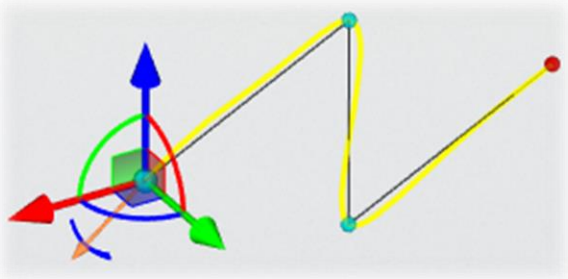
Сплайн по точкам

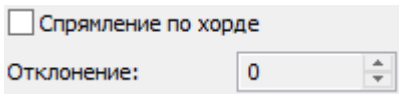
Представляет собой сплайн, проходящий через все заданные точки. Минимальная степень такого сплайна (степень полиномов, которыми он описывается) равна 3.

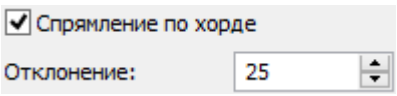


Регулировка сплайна в части поведения между соседними заданными точками определяется величиной максимального отклонения её формы от хорды между этими точками.

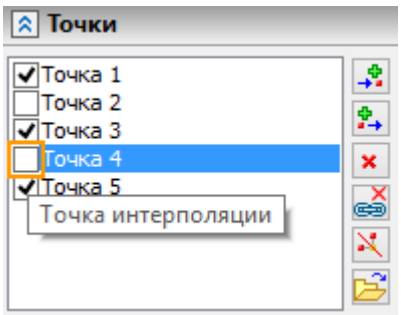




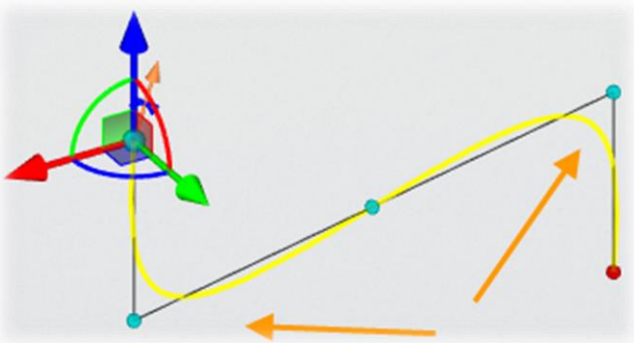


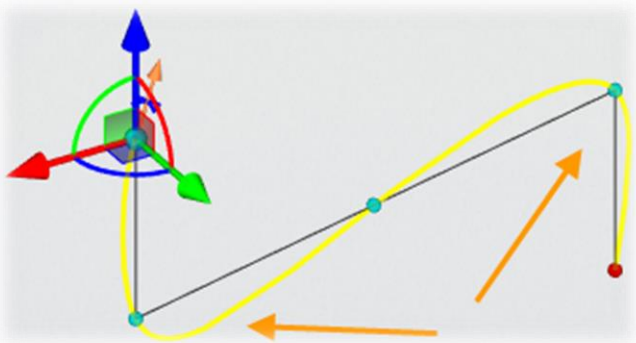


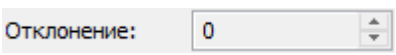
Все заданные точки по умолчанию являются точками интерполяции сплайна. В случае, когда не требуется точного прохождения кривой через точку, а достаточно лишь приближённого, необходимо снять с неё флаг **Точка интерполяции** и задать значение максимального отклонения.



> Величина отклонения кривой во всех точках приближения является одинаковой на всем участке трассы.

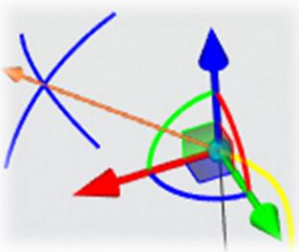








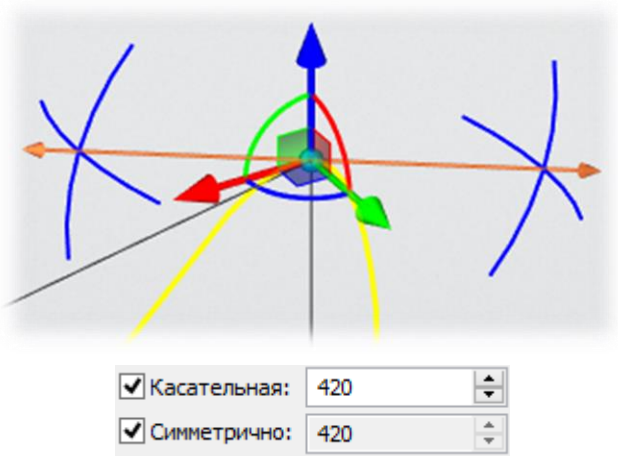
В каждой точке интерполяции допускается изменять параметры гладкости кривой, задавая направление и значения первых производных полиномов (параметр **Касательная**) сплайна.

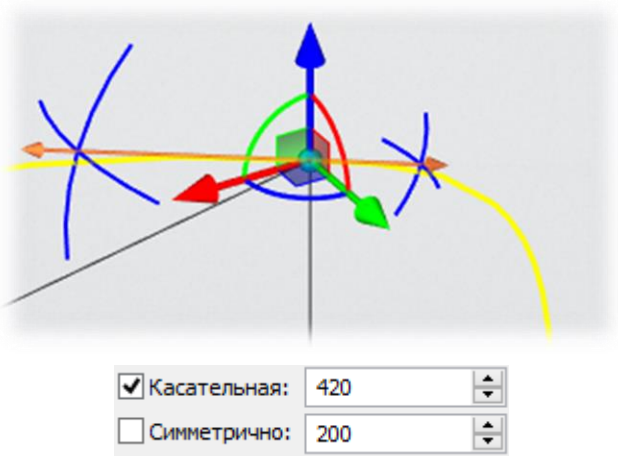


Значение параметра **Касательная** задаётся манипулятором в виде стрелки **Касательная к кривой в точке**.

Направление касательной задаётся двумя манипуляторами в виде дуг **Направление касательной**.

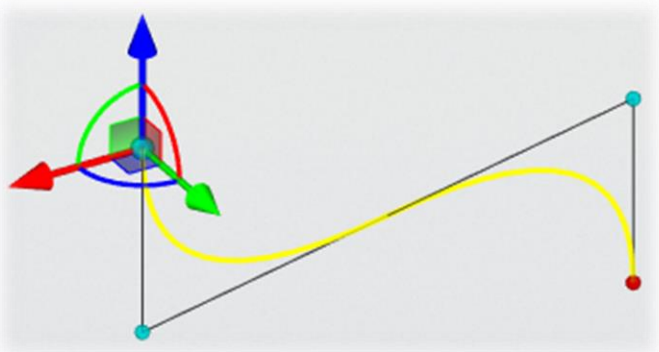
Для промежуточных точек интерполяции сплайна система автоматически выбирает направление и высчитывает оптимальные значения первой производной, соблюдая при этом условие сохранения гладкости кривизны (гладкости третьей производной полиномов сплайна). Однако допускается задавать различные значения. Следует помнить, что в этом случае нарушается условие сохранения касательности (гладкости первой производной полиномов), соответственно кривизна в таких точках будет стремиться к нулю.



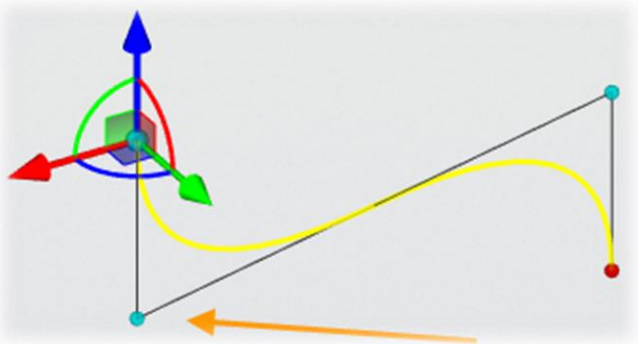


Сплайн по ломаной

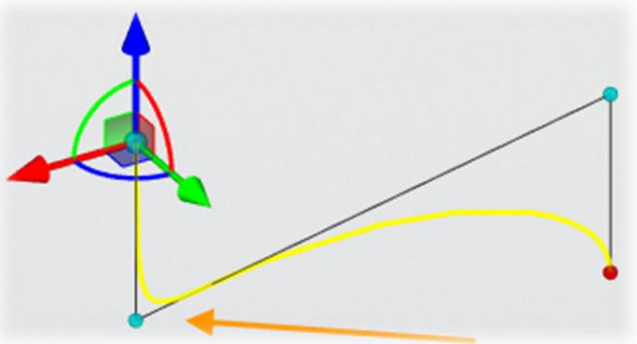
Представляет собой сплайн, проходящий по управляемой ломаной, обеспечивая условие непрерывности кривизны. Ломаная линия представляет собой набор заданных точек, последовательно соединенных хордами. Сам сплайн через точки не проходит (за исключением начальной и конечной точек). По умолчанию система строит сплайн 2 степени. При необходимости, можно изменить степень сплайна, однако максимально допустимое значение степени сплайна должно быть на единицу меньше количества заданных точек.



Основным параметром заданных точек является **Вес** функции кривой. Чем больше вес функции в точке, тем ближе к ней проходит кривая.



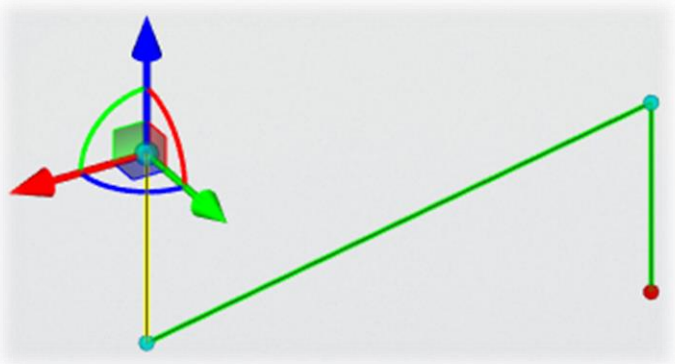
Вес: 1



Вес: 5

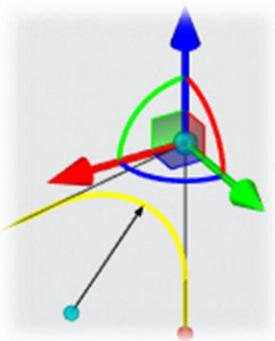
Полилиния

Представляет собой пространственную ломаную, состоящую из отрезков прямых, последовательно соединяющих набор заданных точек. Является частным случаем сплайна по ломаной 1 степени.



Для полилинии может быть задано скругление общим значением для всего участка или отдельно для каждой заданной точки.

Манипулятор скругления доступен для любой заданной точки участка кроме начальной и конечной. Перемещение манипулятора изменяет значение радиуса скругления в выбранной точке.



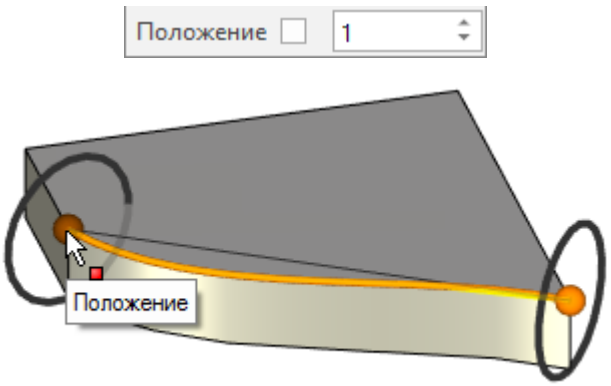
Участки на основе геометрии существующих объектов

Построение участков трассы на основе геометрии существующих объектов предполагает использование следующих типов элементов:

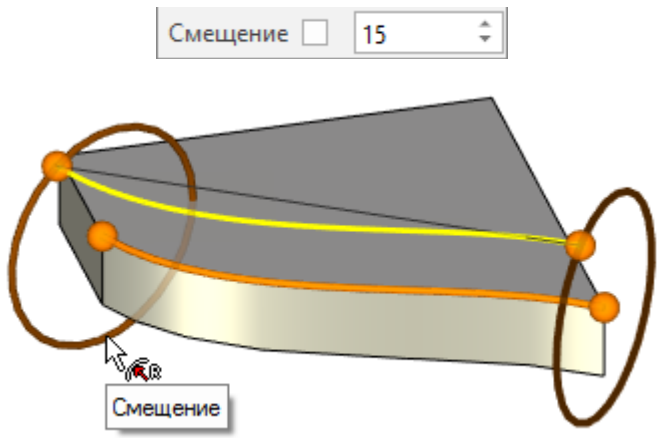
- ✓ На основе путей/рёбер;
- ✓ На основе поверхностей/граней.

При построении трассы на основе путей или рёбер создаваемый участок будет полностью с ними совпадать. Изменить положение участка, его начальной и конечной точки можно при помощи следующих манипуляторов (численные значения манипуляторов можно задать в окне свойств):

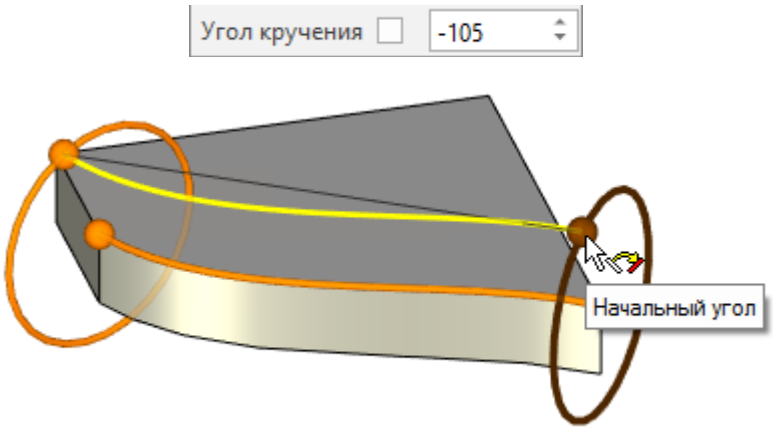
➔ **Положение**. Задаёт смещение от концов выбранного объекта.



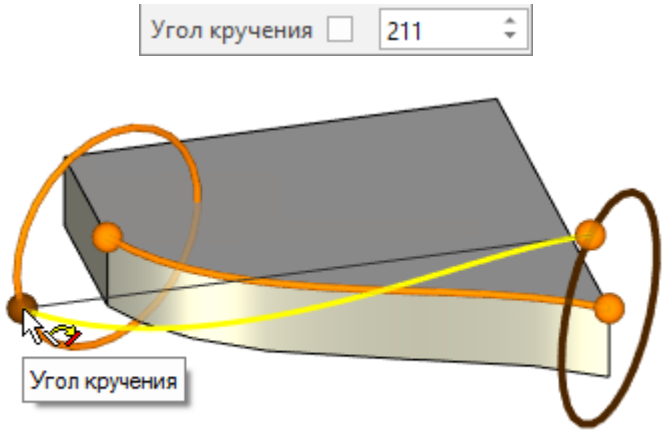
➔ **Смещение**. Задаёт значение эквидистанты участка пути от выбранного объекта.



➔ **Начальный угол**. Задаёт угол поворота вокруг выбранного ребра/пути. Находится в начальной точке участка пути.



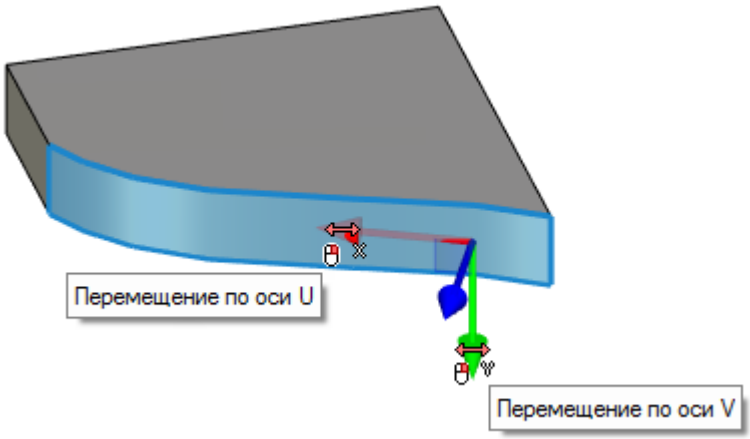
➔ **Угол кручения**. Задаёт угол поворота конечной точки участка относительно начальной.



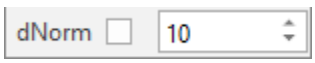
При создании трассы по набору рёбер (путей) необходимо для каждого из них добавлять отдельный участок.

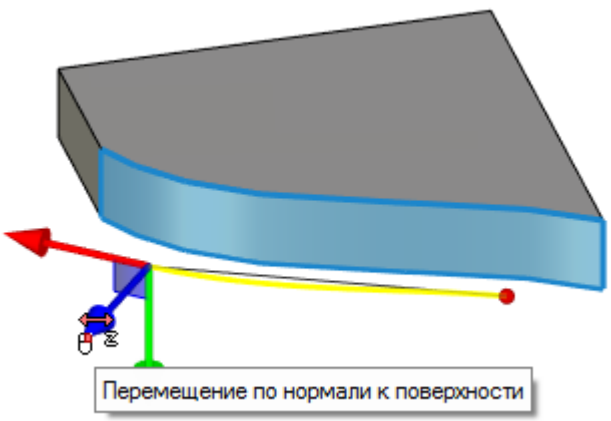
При построении трассы на основе граней или поверхностей начальная точка участка создаётся на поверхности объекта в месте клика мышью. После этого, добавив новую точку, можно перемещать её при помощи манипулятора или задавая координаты U, V в окне свойств.





Создаваемую кривую можно перемещать по нормали к поверхности, при этом строится эквидистанта к участку, лежащему на поверхности. Численные значения допускается задавать в окне свойств.

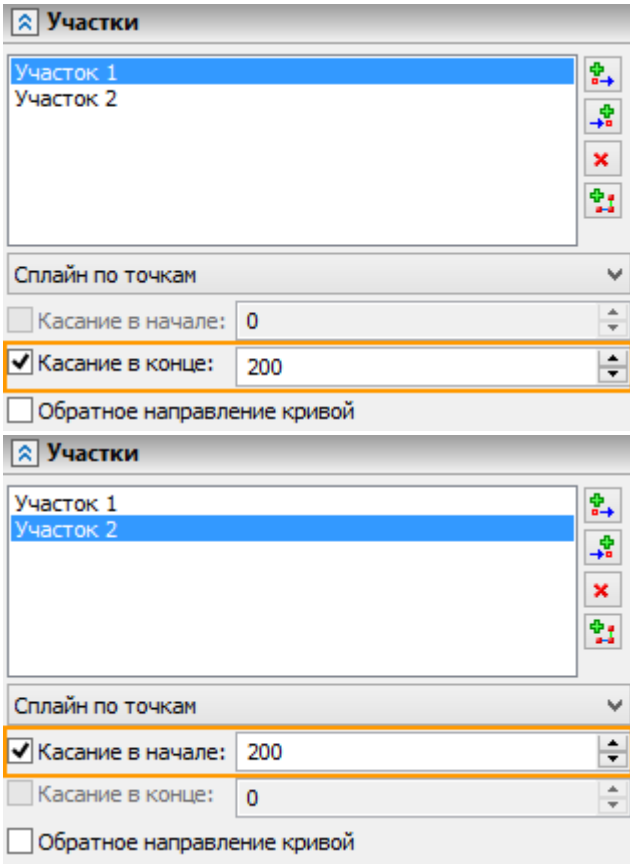


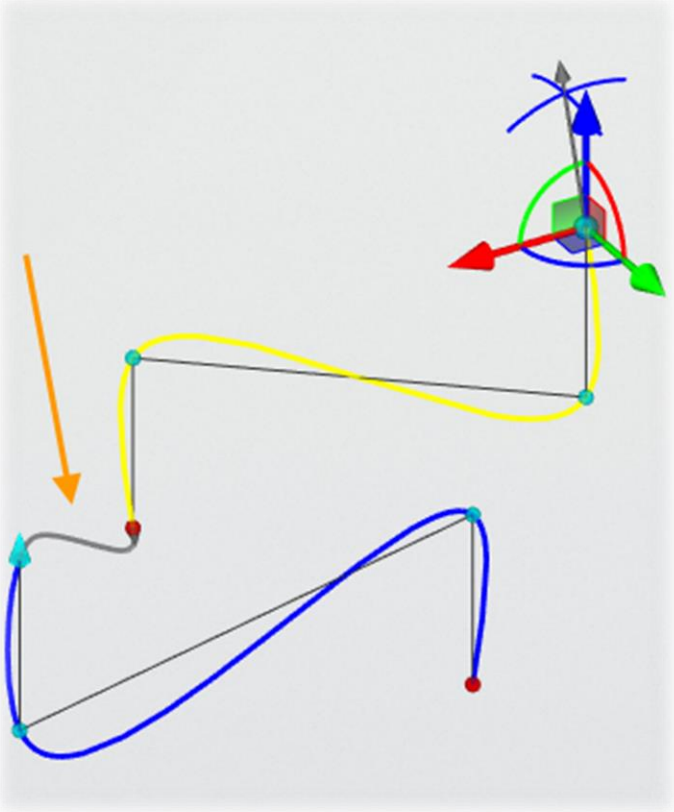


Несмотря на различие методов построения участки могут сопрягаться между собой, образовывая единый пространственный 3D путь. Помимо этого, допускается объединять несколько 3D путей в один, а также разбивать существующий на более мелкие.

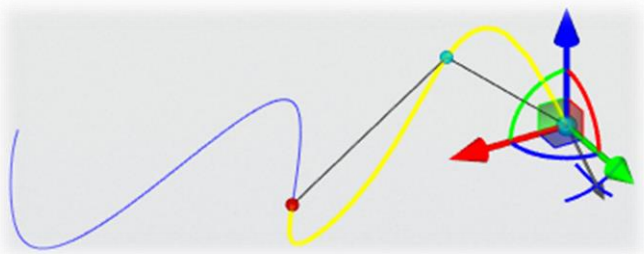
При сопряжении в одной трассе нескольких участков различных типов и при объединении нескольких трасс между участками строится зона перехода в виде дополнительной кривой, их

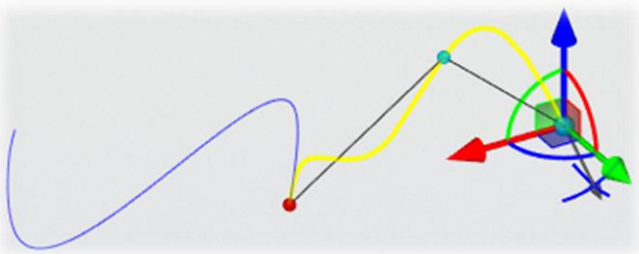
соединяющей. При этом гладкость первой производной полиномов обеспечивается равенством значений параметров **Касание в начале**, **Касание в конце** соединяемых точек. Помимо этого, система позволяет автоматически обеспечить гладкость всех переходных зон, подбирая оптимальные значения вышеупомянутых параметров для всех сопрягаемых участков, параметром **Создавать гладкий путь**.





Если вновь создаваемая трасса берёт свое начало в крайней точке уже существующей трассы, то в этом случае система позволяет их гладко сопрягать, позволяя при этом изменять направление касания при помощи параметра **Развернуть внешнее касание**.





При объединении выбранного участка со следующим оба должны иметь одинаковый тип. Результирующая кривая будет наследовать параметры первого участка.

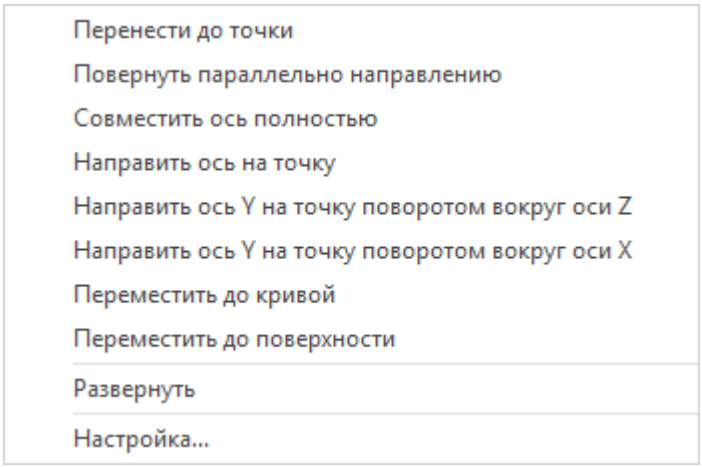
Разбиение участка на два производится по выбранной точке, разбиение трассы на несколько - по выбранному участку.

Система позволяет менять направление создаваемых участков на противоположное.

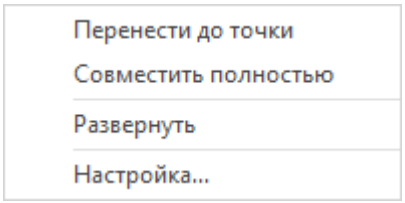
Использование контекстного меню при работе с манипулятором

При выборе манипуляторов в контекстном меню становятся доступны следующие команды:

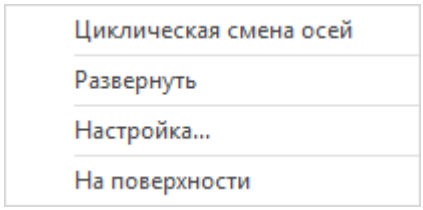
- для перемещения вдоль оси



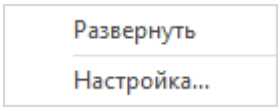
- для перемещения в плоскости



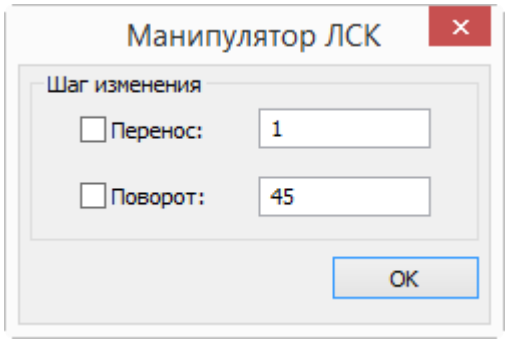
- для перемещения по трём осям



- для поворота вокруг оси



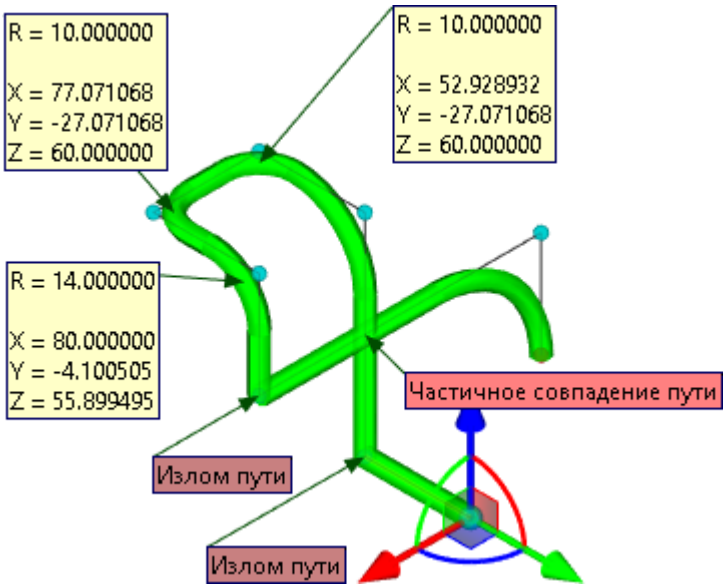
Пункт меню **Настройка** задаёт шаг изменения расстояния и угла при перемещениях и поворотах манипулятора.



Дополнительные возможности

Для удобства и наглядности работы с командой система предлагает ряд опций:

- ✓ **Диаметр трубы**. Позволяет, задавая толщину кривой, динамически отображать предварительный просмотр трассы в 3D сцене (для удобства при работе с большим количеством 3D путей в сцене).
- ✓ **Показать радиусы кривизны менее**. Выводит диагностику в 3D сцене о точках 3D пути, в которых радиус кривизны меньше заданного.
- ✓ **Показать изломы**. Выводит диагностику в 3D сцене о точках изменения направления кривой с нулевой кривизной и бесконечно большим радиусом.
- ✓ **Проверять самопересечения**. Выводит диагностику в 3D сцене о точках самопересечения 3D пути.



Создание трассы

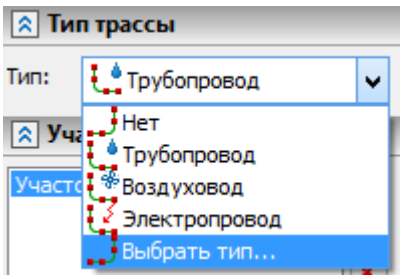
Для создания трассы существует отдельная команда:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → Трасса
Клавиатура	Текстовое меню
<3PP>	Построения > Трасса

Эта же команда вызывается из команды создания трубопровода при помощи опции автоменю:

	<B>	Создать/редактировать трассу

Параметр **Тип** позволяет назначить группу коммуникаций, к которой будет относится данная трасса. Это позволяет исключать ошибки при создании трубопроводов, когда в сборке существует сразу несколько групп коммуникаций.



> Более подробную информацию о группах коммуникаций можно найти в главе «Коммуникации», раздел «Типизация коммуникаций».

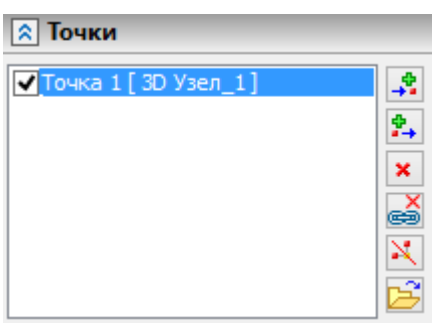
Ввод и редактирование точек

После вызова команды **Трасса** автоматически создаётся первый участок с начальной точкой. Эта точка становится *активной*. Активной считается точка, которая подсвечена в списке точек в окне свойств. В 3D окне появляется манипулятор активной точки.

По умолчанию в автоменю активна опция:

	<F>	Выбрать точку

Данная опция позволяет осуществлять привязку точек пути к геометрическим 3D точкам модели (3D узлам, вершинам и т.д.). При этом в списке точек рядом с именем точки в скобках отобразится родительский геометрический объект.



Удаление привязки точки к геометрическому объекту реализуется при помощи следующей опции автоменю:

	<L>	Удалить привязку у точки

После удаления привязки положение точки запоминается в абсолютных координатах.

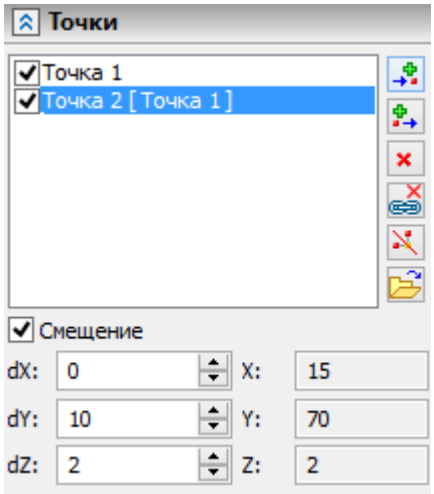
Система предлагает два режима добавления точек, выбор между которыми осуществляется кнопками автоменю:

	<H>	Режим добавления точек после активной
	<J>	Режим добавления точек перед активной

В случае добавления точек перед активной, новые точки добавляются в начало участка.

Изменение положения активной точки осуществляется при помощи манипулятора в 3D окне. Абсолютные координаты отображаются в окне свойств. Для точек участка по поверхности заполняются координаты U, V, N. Для точек участка по ребру заполняются координаты U, V, R. Значения координат можно изменять вручную.

Часто при создании или редактировании точки удобнее задавать значения смещений относительно предыдущей точки пути, а не абсолютные координаты. Для ввода смещений необходимо включить флаг **Смещение**. При создании новой точки изначально её положение совпадает с только что созданной. Задав значение смещения, активная точка перемещается относительно предыдущей. Если задавать смещения при редактировании точки, то результатом будет её перемещение относительно текущего положения. В списке точек рядом с именем точки в скобках выводятся объекты, относительно которых задаётся её положение.

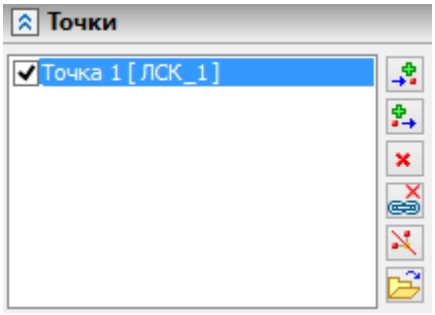


Если для точки выставлен флаг Смещение, то не рекомендуется привязывать эту точку к геометрическому объекту. Точка должна быть свободна от геометрической привязки.

Точки участка могут быть заданы в координатах произвольной ЛСК. Для выбора\отмены ЛСК в автоменю предназначены опции:

	<C>	Выбрать систему координат
	<V>	Отменить выбор системы координат

После выбора системы координат она будет использоваться для текущей точки и для всех точек, создаваемых после текущей. Отмена выбора ЛСК переводит координаты текущей точки в глобальную систему координат. Участок пути может содержать любые комбинации задания координат.



Создание новой точки осуществляется при помощи опции автоменю:

	<Enter>	Закончить редактирование точки и создать новую

Новая точка изначально будет расположена в тех же координатах, что и предыдущая.

Чтобы удалить активную точку, необходимо воспользоваться опцией автоменю:

	<Del>	Удалить точку из пути

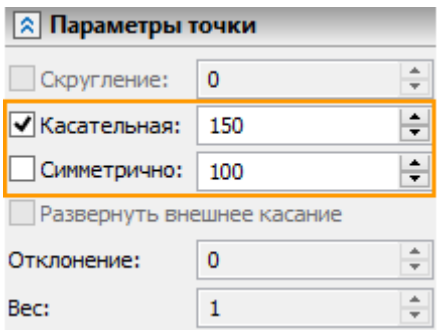
В окне свойств рядом со списком точек расположены кнопки, которые также позволяют добавлять точки до  и после  активной, удалять точки , удалять привязки у точек , разделять участки на два в данной точке , а также импортировать точки из внешнего файла формата *.txt и *.csv  .

В зависимости от выбранного типа кривой активируются соответствующие параметры точек.

Параметры точек задаются в соответствующей вкладке окна свойств в зависимости от выбранного типа участка пути.

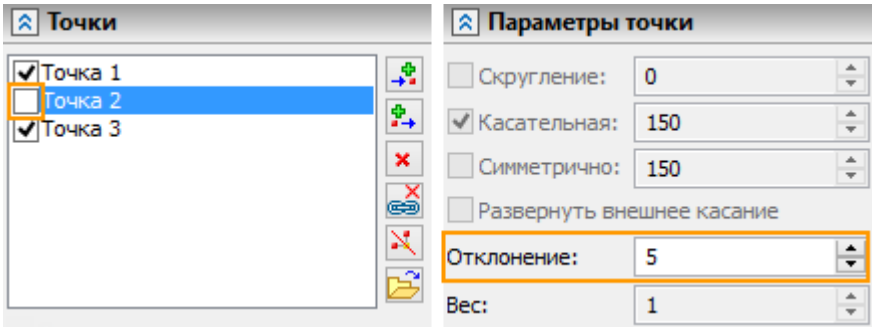
Параметр **Скругление** позволяет задать радиус скругления участка типа **Полилиния** в выбранной точке.

Параметр **Касательная** задаёт одинаковое значение первой производной полиномов кривой до и после выбранной точки. Чтобы задать разные значения, необходимо снять флаг **Симметрично**:



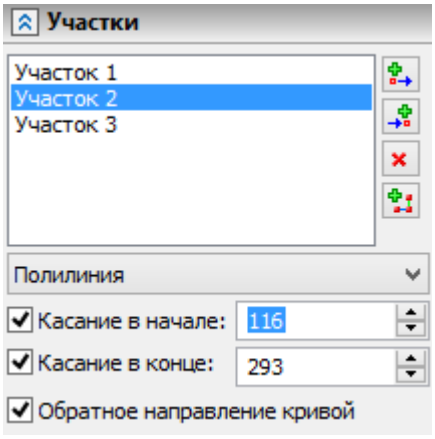
Параметр **Развернуть внешнее касание** используется для смены направления одной трассы при гладком сопряжении с другой.

Параметр **Отклонение** используется для типа участка **Сплайн по точкам**. Чтобы задать максимальное отклонение кривой от точки, необходимо снять флаг **Точка интерполяции** (при этом остальные параметры точки будут недоступны):



Параметр **Вес** определяет степень влияния выбранной точки на участок типа **Сплайн по ломаной**.

Создание и редактирование участков



Список участков трассы отображается в соответствующей вкладе окна свойств. Для добавления нового участка используются кнопки **Добавить участок в конец пути**, **Добавить участок в начало пути**. Для удаления текущего участка – кнопка **Удалить участок**.

При удалении участка из середины списка предыдущий и последующий участок соединяются переходной зоной.

Кнопка **Объединить участок со следующим** позволяет объединить два участка одинакового типа в один.

Разделение участка осуществляется по выбранной точке при помощи кнопки **Разделить участок на два**.

Параметры **Касание в начале**, **Касание в конце** позволяют обеспечить гладкое сопряжение между переходной кривой и сопрягаемыми участками. Автоматически сглаживание всех переходных зон между участками обеспечивает опция **Создавать гладкий путь**, находящийся во вкладке **Опции** окна свойств.

Параметр **Обратное направление кривой** позволяет изменить направление участка на противоположное. Это удобно использовать при добавлении новых участков, чтобы обеспечить одинаковое направление кривой на всех участках трассы.

Для участка трассы, построенного по заданным точкам тип, определяющий способ его построения, выбирается в выпадающем списке на вкладке **Участки** в окне свойств.

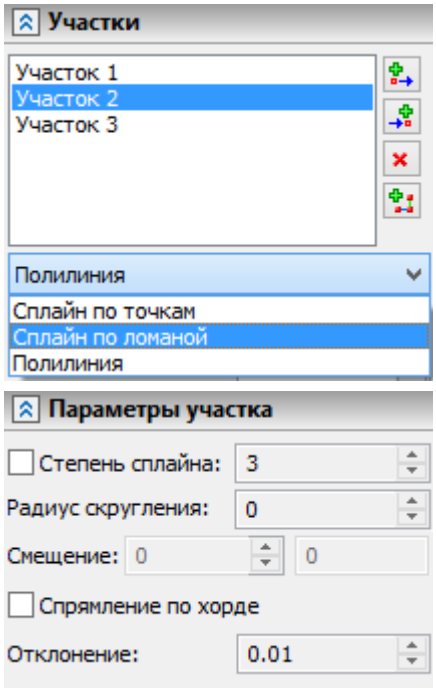
Параметры участка кривой, в зависимости от его типа, задаются в соответствующей вкладке окна свойств.

Параметр **Степень сплайна** используется для типов участка **Сплайн по точкам** и **Сплайн по ломаной**.

Параметр **Радиус скругления** задаёт общее значения скругления для всех точек участка типа **Полилиния**.

Параметр **Смещение** задаёт значение перемещения участка, создаваемого по пути/ребру и по поверхности/грани, по нормали от объекта.

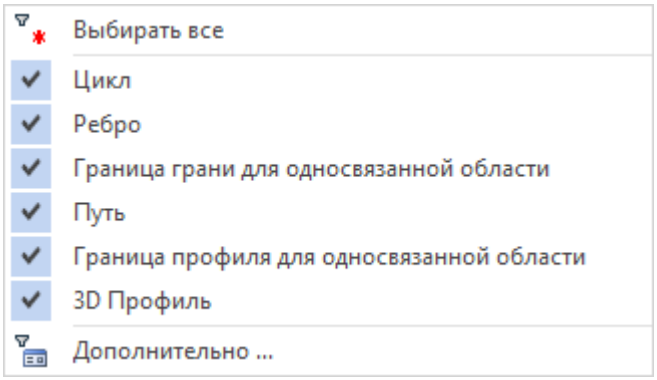
Параметр **Спрямление по хорде** позволяет задавать величину максимального отклонения формы кривой от хорды между точками интерполяции в соответствующем поле для участка типа **Сплайн по точкам**.



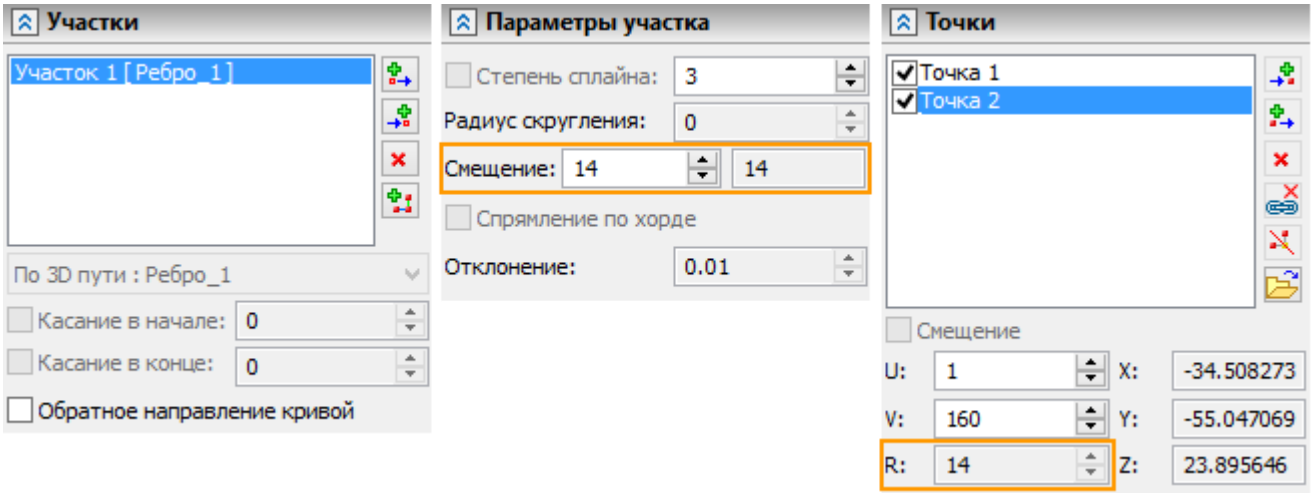
Для создания участка на основе путей или рёбер используется опция:

	<E>	Строить участок пути по пути/ребру

После активации опции необходимо указать объект одного из типов:



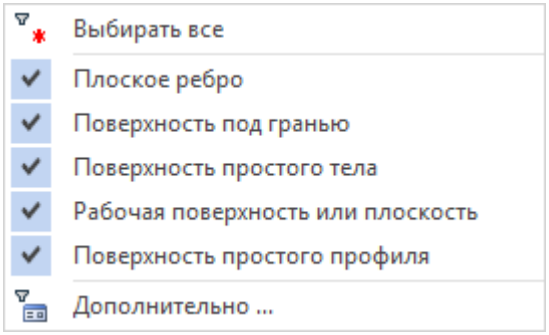
Выбранный объект будет задавать траекторию создаваемого участка. Положение участка, его начальной и конечной точки осуществляется при помощи манипуляторов или задавая координаты U, V в окне свойств. Поле R дублирует значение параметра **Смещение**.



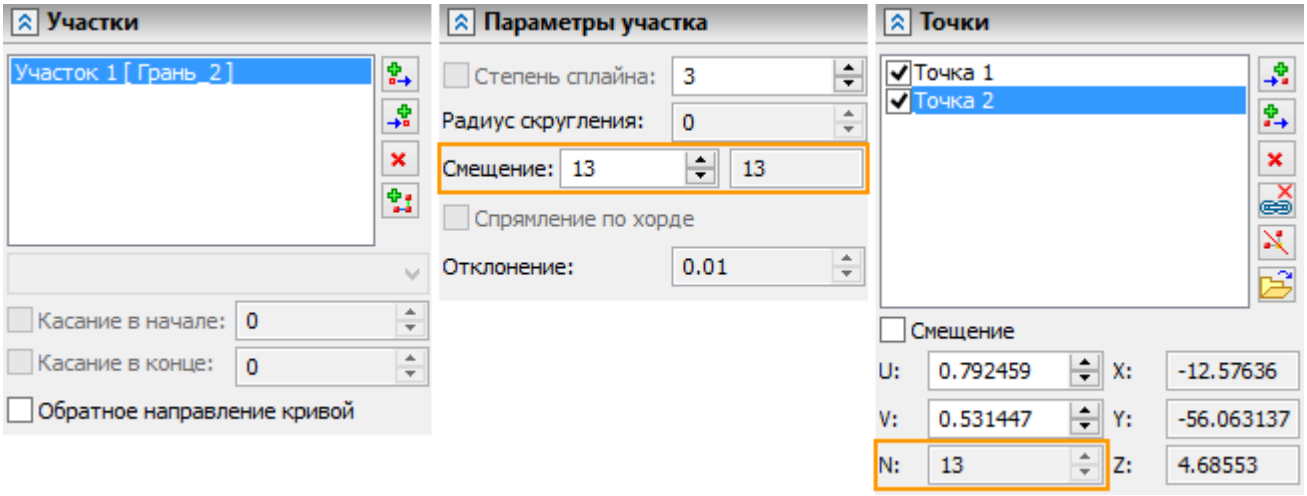
Для создания участка на основе граней или поверхностей используется опция:

	<S>	Строить сегмент по поверхности/грани

После активации опции необходимо указать объект одного из типов:



Начальная точка участка создаётся в месте клика мыши. После этого, добавив новую точку, можно перемещать её при помощи манипулятора или задавая координаты U, V в окне свойств. Поле N дублирует значение параметра **Смещение**.



Редактирование трасс

Чтобы объединить создаваемую трассу с существующей, используется опция:

	<M>	Объединить два пути

После активации опции необходимо указать целевую трассу для объединения. Если трассы не имеют общих точек, между ними будет построена переходная кривая.

Чтобы разделить трассу на две, используется опция:

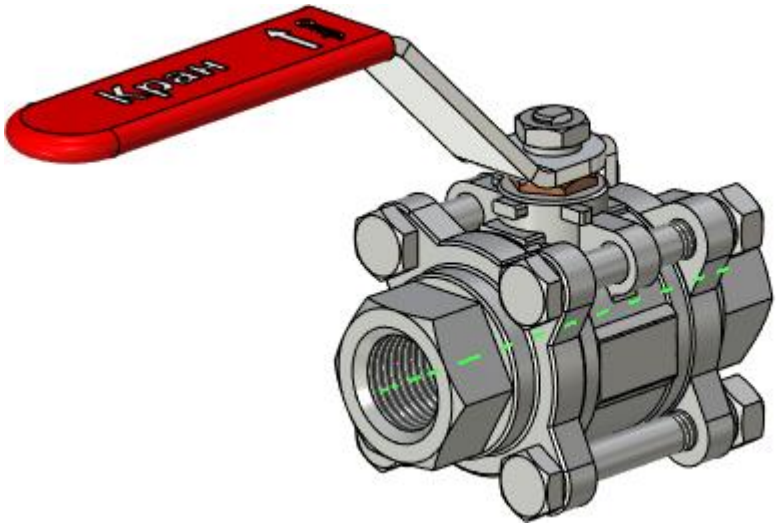
	<D>	Разделить путь на два с текущего участка

Разделение трассы производится с текущего участка. После разделения пути переходная зона между участками удаляется, а система переходит к редактированию вновь созданной трассы.

Построение трассы, гладко сопряжённой в точке с существующей, осуществляется путём установки флага **Касание в начале** и выбором направления касания параметром **Развернуть внешнее касание**.

3D ось

Команда предназначена для создания 3D осей на основе поверхностей вращения и рёбер. Созданные таким образом оси сохраняют ассоциативную связь с исходными элементами.



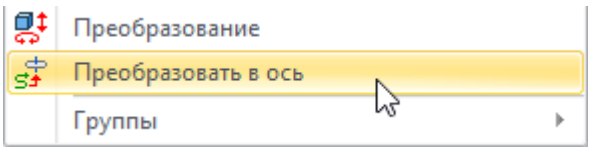
Основные сведения и возможности

Данная команда позволяет создавать прямолинейные оси на основе поверхностей вращения (цилиндрических, конических, тороидальных), а также круговых рёбер. В качестве дополнительных элементов для задания габаритов создаваемой оси, можно выбрать любые другие элементы модели.

Объект **3D ось** обладает следующими возможностями для использования:

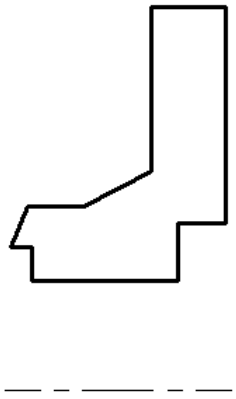
- в качестве оси вращения или элемента направления при создании различных операций (выталкивания, вращения, массива и т.п.);
- в качестве объекта для простановки 3D размеров (между осями, от оси до плоскости, ребра и т.п.).

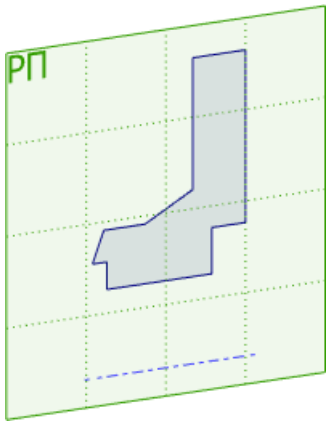
Любой 3D путь или трассу можно преобразовать в объект «3D ось» при помощи команды контекстного меню **Преобразовать в ось** или поставив галочку напротив соответствующего параметра в диалоговом окне параметров



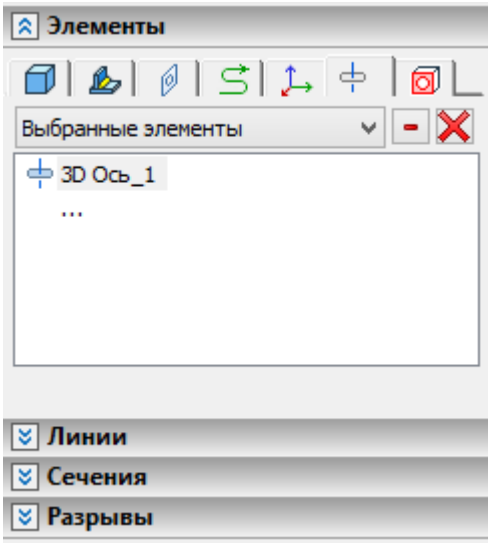


3D ось автоматически создаётся на основе осевых линий изображения или эскиза рабочих плоскостей и проекций.





Также 3D ось может использоваться в качестве объекта для проецирования. Подробности см. в главе «2D проекции. Создание чертежей по 3D моделям».



Создание 3D оси

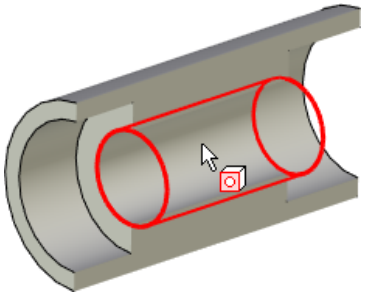
Для создания 3D оси используется команда **3PX: Создать 3D ось:**

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → 3D ось
Клавиатура	Текстовое меню
<3PX>	Построения > 3D ось

Выбор элемента, на основе которого будет создана 3D ось, осуществляется при помощи опции автоменю:

	<M>	Основной элемент

Данная опция становится активной сразу при входе в команду. Она содержит список фильтров выбора 3D элементов, которые можно использовать в качестве основы для создания 3D оси. При выборе элементов следует обращать внимание на активные фильтры. О работе с данными фильтрами подробнее написано в главе «Основные принципы и понятия 3D моделирования в T-FLEX CAD».



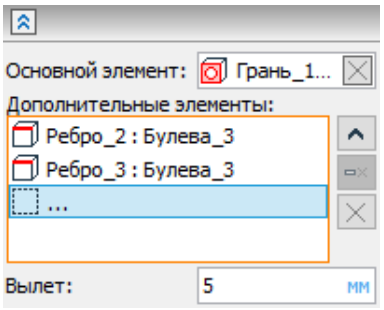
Для задания основного элемента необходимо в 3D окне подвести курсор к нужному объекту. Указанный объект будет подсвечен, у курсора появится подсказка с его названием. Для выбора необходимо нажать . Отмена выбора основного элемента, осуществляется кнопкой **Очистить** в соответствующем списке в окне свойств либо нажатием .

В качестве пределов 3D оси используются перпендикуляры, опущенные из крайних точек выбранного элемента на ось. Если в качестве основного элемента выбрано круговое ребро, то создаётся 3D ось нулевой длины, увеличенная с обоих концов в соответствии со значением параметра **Вылет**.

Чтобы продлить 3D ось с одной или двух сторон, необходимо выбрать дополнительные элементы, определяющие габариты этой оси, воспользовавшись следующей опцией автоменю:

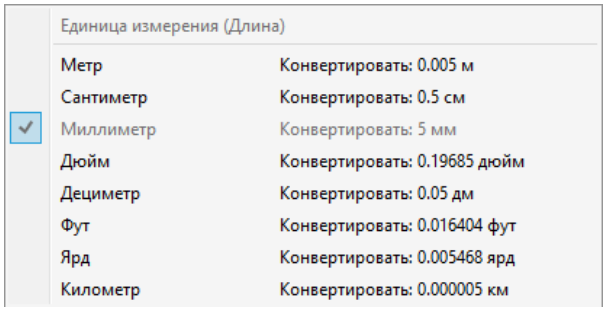
	<G>	Дополнительные элементы

Выбранные элементы будут автоматически добавлены в соответствующий список в окне свойств. Для редактирования списка дополнительных элементов используются кнопки: **Свернуть** , **Удалить элемент из списка** , **Очистить** .



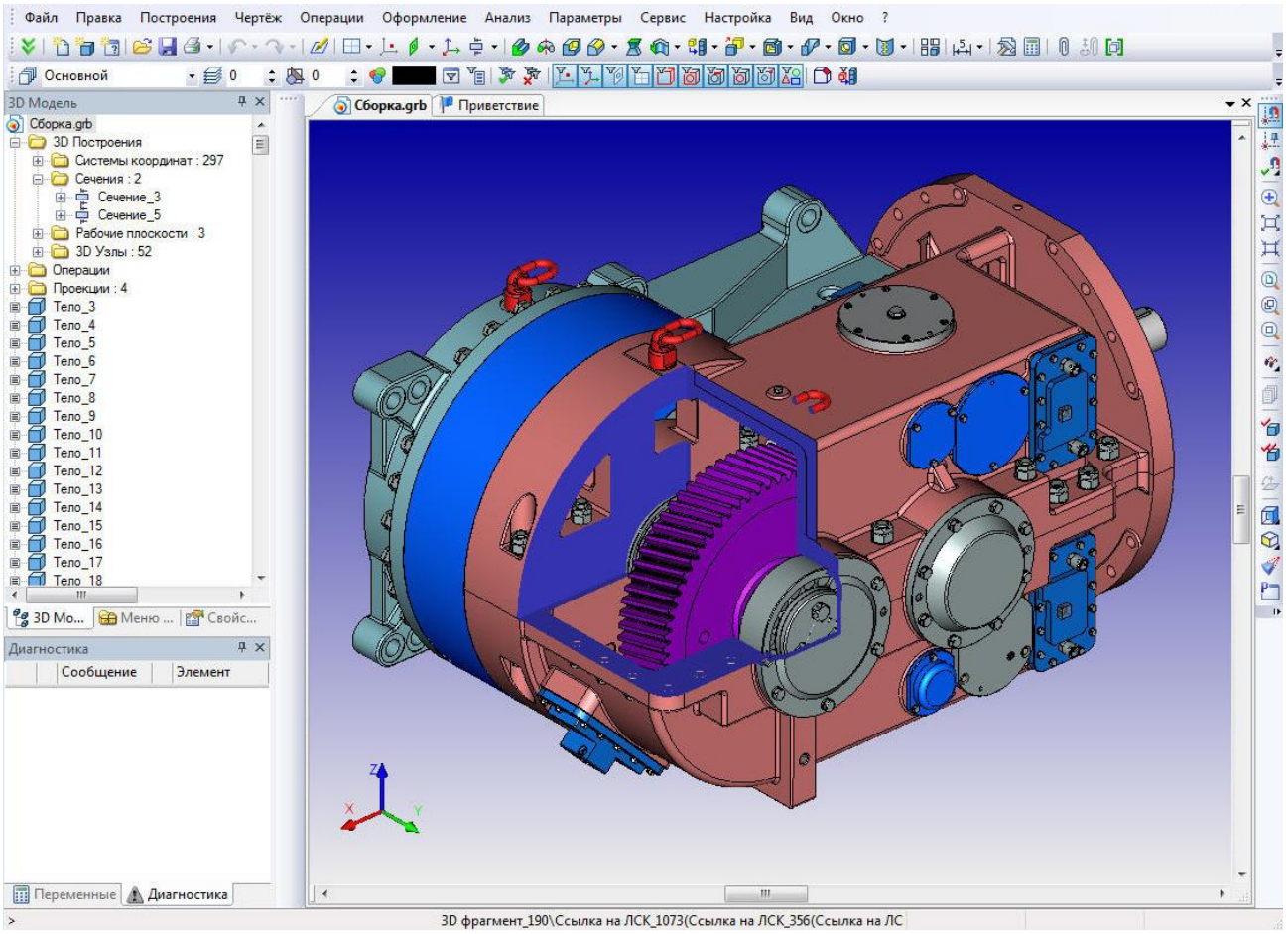
В этом случае пределами 3D оси будут выступать перпендикуляры, опущенные из крайних точек дополнительных элементов на ось, с учётом значения параметра **Вылет**.

По умолчанию единицами измерения параметра **Вылет** являются миллиметры. При необходимости изменить единицы измерения, нужно нажать на соответствующую иконку и выбрать из выпадающего списка требуемые.

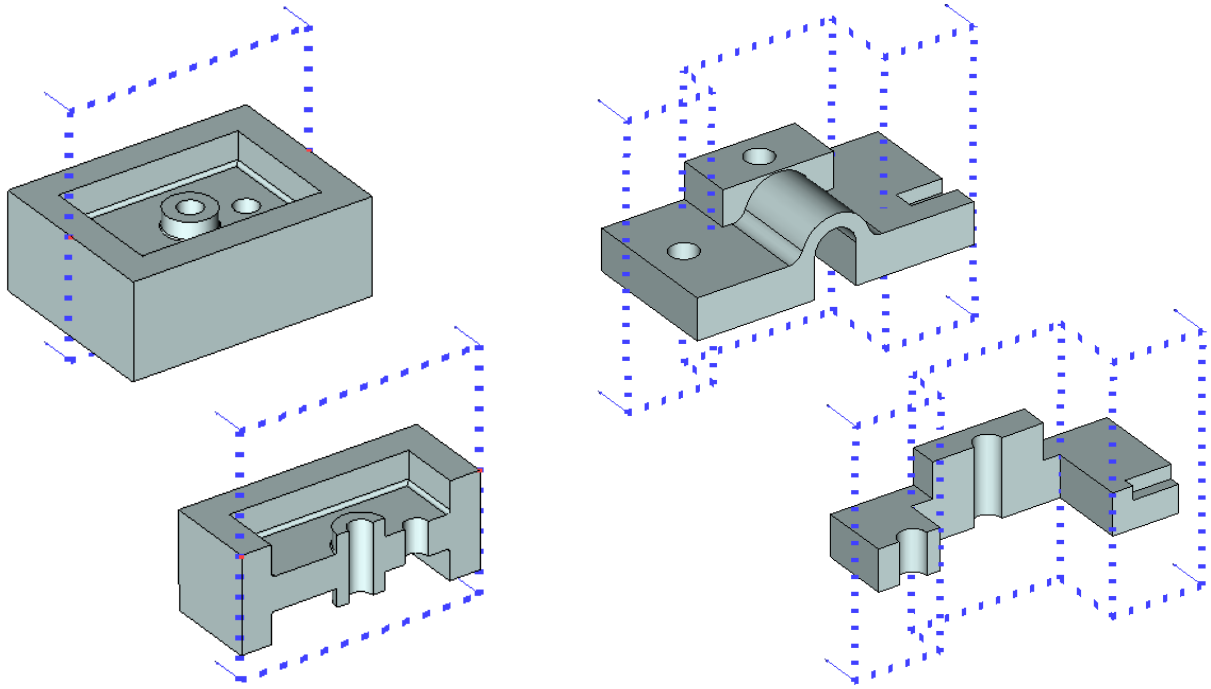


Сечение

3D сечение – вспомогательный 3D элемент построения T-FLEX CAD. Оно используется как секущий объект при создании 2D проекций (для получения разрезов и сечений), в операции отсечения. 3D сечение может учитываться при визуализации объектов 3D сцены, позволяя быстро оценить внутреннюю структуру модели, не изменяя её.



В 3D сцене сечение отображается пунктирными линиями, показывающими границы 3D сечения. Стрелки на изображении 3D сечения показывают *направление взгляда*. Направление взгляда 3D сечения определяет ту часть модели, которая останется в результате применения сечения к 2D проекции, модели в 3D сцене или при выполнении отсечения.



Основные способы создания 3D сечений

3D сечение может быть задано следующими способами:

Октантом (трёхгранным углом);

Плоским углом (двухгранным углом);

На основе плоскости;

Параллелепипедом;

Как результат выталкивания заданной кривой в определённом направлении. Исходная кривая может быть задана:

- ✓ на основе 3D вида;
- ✓ на основе 2D построений на рабочей плоскости;
- ✓ на основе 2D проекции.

3D сечение октантом и плоским углом

Для создания 3D сечений октантом и плоским углом достаточно указать расположение секущего трёхгранного или двухгранного угла в пространстве. Для задания положения сечения используется специальный манипулятор в виде ЛСК, к которому привязано изображение секущего угла. Положение секущего угла можно привязывать к точкам 3D модели, а также к ЛСК.

Созданное 3D сечение отображается в 3D сцене в виде пунктирного прямоугольника, совпадающего с плоскостью XY манипулятора сечения. Границы прямоугольника сечения условны и используются

только для его отображения в 3D сцене. Направление взгляда параллельно оси Z манипулятора сечения и направлено противоположно ей.

3D сечение на основе плоскости

При создании 3D сечения данного типа положение секущей плоскости задаётся с помощью специального манипулятора. Он представляет собой ЛСК, к которой привязана “заготовка” секущей плоскости. С помощью манипулятора и команд его контекстного меню можно задать управлять положением секущей плоскости. Положение секущей плоскости можно привязывать к точкам 3D модели, а также к ЛСК.

Секущую плоскость можно также задать, просто указав 3D объект, определяющий нужную геометрическую плоскость (плоская грань, плоское ребро, рабочая плоскость и т.п.).

Направление взгляда 3D сечения определяется системой произвольно, при необходимости пользователь может его изменить.

Границы такого 3D сечения в 3D окне полностью условны и используются только для отображения сечения в 3D сцене. Рассечение модели при применении такого сечения производится по всей плоскости сечения. Направление взгляда 3D сечения определяется системой произвольно, но пользователю всегда предоставляется возможность изменить его.

3D сечение параллелепипедом

Для создания 3D сечения параллелепипедом достаточно указать размеры и расположение секущего параллелепипеда. Обратите внимание: при применении сечения данного типа будет отсекаться всё, что находится *вне* параллелепипеда.

Для задания положения сечения используются специальные манипуляторы в виде ЛСК, к которым привязаны две противолежащих вершины параллелепипеда. Положение секущего параллелепипеда можно привязывать к точкам 3D модели, а также к ЛСК.

Созданное 3D сечение отображается в 3D сцене в виде пунктирного параллелепипеда.

3D сечение как результат выталкивания заданной кривой

3D сечение может быть задано как листовое тело, полученное в результате выталкивания заданной кривой (линии сечения) в определённом направлении. Для этого можно использовать один из трёх вариантов создания 3D сечения:

- на основе 3D вида;
- на основе 2D построений на рабочей плоскости;
- на основе 2D проекции.

Данные способы отличаются способом задания исходной кривой 3D сечения и направления её выталкивания. Направление взгляда 3D сечения при любом способе его создания определяется системой произвольно, но пользователю всегда предоставляется возможность изменить его.

Границы таких 3D сечений условны только в направлении выталкивания исходной кривой. А вот в другом направлении его пределы абсолютно точны и вытекают из границ исходной кривой. Поэтому при создании 3D сечения данным способом необходимо следить за тем, чтобы его исходная кривая полностью пересекала 3D модель. В противном случае будет рассечена только та часть модели, которую пересекает исходная кривая 3D сечения.

> 3D сечения, созданные на основе 2D проекции и 2D построений на рабочей плоскости, по умолчанию в 3D сцене не отображаются. Для того, чтобы такое сечение появилось в 3D окне, необходимо установить флажок **"Показывать на 3D виде"** в параметрах сечения.

3D сечение на основе 3D вида

Кривая, по которой создаётся 3D сечение, задаётся набором 3D точек (3D узлов или вершин тела). Выбранные 3D точки объединяются прямолинейными отрезками. 3D сечение строится выталкиванием полученной ломаной перпендикулярно плоскости экрана (на момент выбора первой точки).

> Перед созданием 3D сечения необходимо развернуть 3D сцену перпендикулярно желаемому направлению создания сечения. Добиться этого можно, например, с помощью команды **3VP: Задать параметры 3D вида**, указав с её помощью необходимое положение точки взгляда. Или, если 3D сечение должно быть перпендикулярно какой-либо грани или плоскому ребру модели, можно воспользоваться командой **3VN: Развернуть по нормали к выбранному элементу**.

Сечение, созданное на основе 3D вида, отображается только в 3D окне.

3D сечение на основе 2D построений на рабочей плоскости

Исходная кривая 3D сечения задаётся с помощью 2D элементов, лежащих на рабочей плоскости:

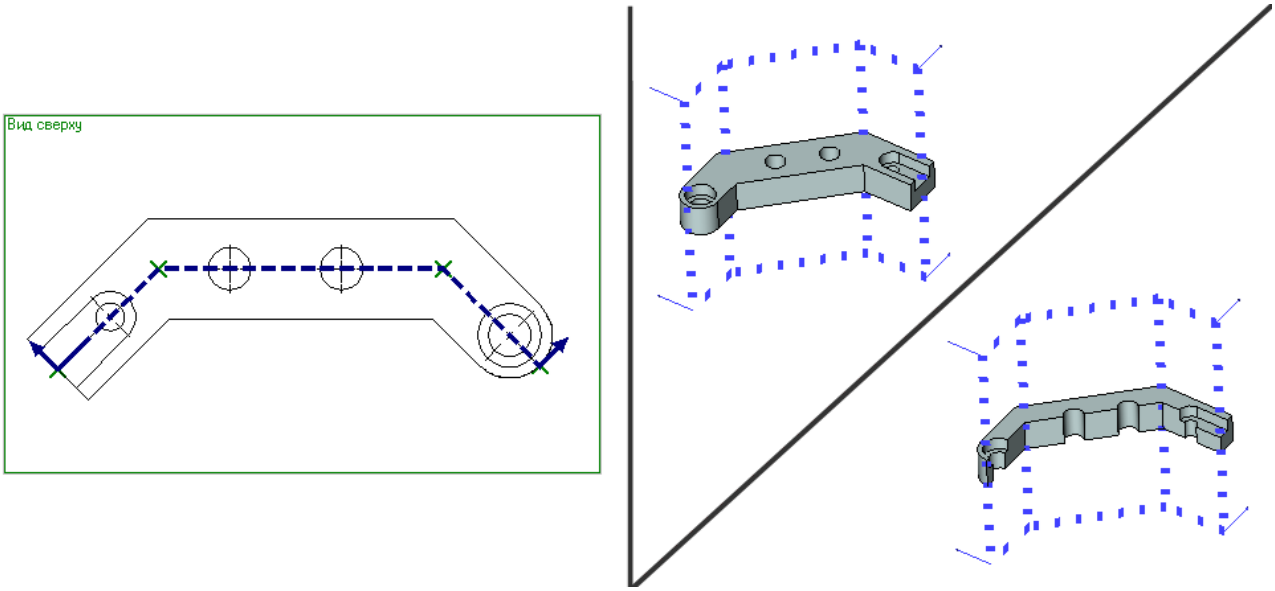
- набором 2D узлов (два и более узла);
- 2D путём;
- обозначением вида (2D сечением), созданным командой **SE: Создать обозначение вида**.

Полученная плоская кривая выталкивается перпендикулярно рабочей плоскости, с которой связаны исходные 2D элементы.

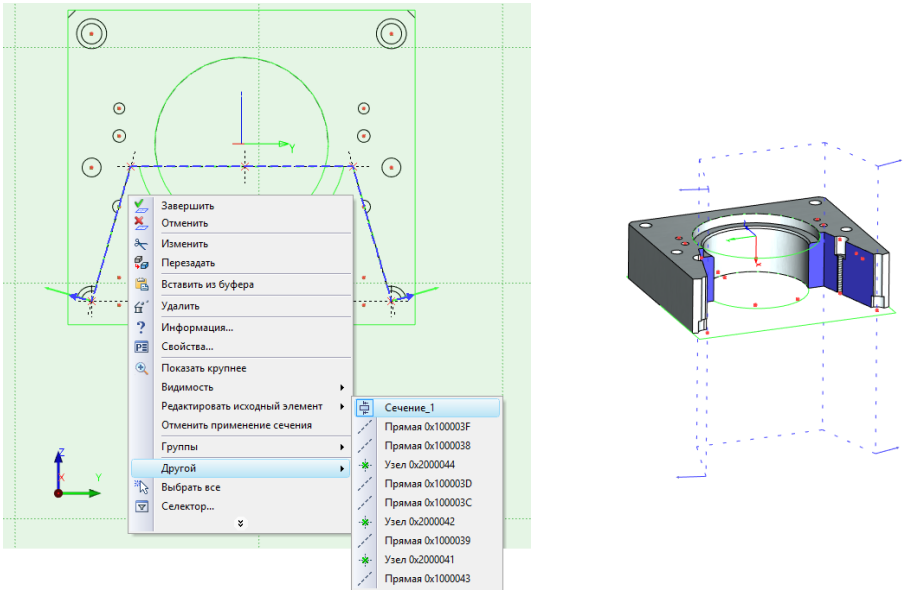
При использовании 2D узлов кривая строится в виде ломаной (заданные узлы соединяются прямолинейными отрезками). 3D сечение в этом случае будет состоять из плоскостных сегментов.

В случае выбора 2D пути исходная кривая 3D сечения точно повторяет форму пути. Форма 2D пути может быть произвольной. Поэтому с помощью 2D пути можно создавать 3D сечения, содержащие сегменты цилиндрических или сплайновых поверхностей.

3D сечения, созданные с использованием 2D узлов и 2D путей, отображаются в окне 2D вида – пунктирной линией со стрелками на концах, показывающими направление взгляда сечения.



Обозначение вида обычно используется, когда 3D сечение создаётся на основе готового 2D чертежа. Исходная кривая 3D сечения повторит форму 2D сечения, созданного в команде **SE: Создать обозначение вида**. Такое 3D сечение в 2D окне не отображается. О его наличии на чертеже можно узнать из дерева 3D модели или из контекстного меню для 2D сечения.



Создание 3D сечения на основе 2D проекции

Данный способ создания сечения почти полностью аналогичен созданию сечения на основе рабочей плоскости. Сечение строится перпендикулярно направлению проецирования исходной 2D проекции. Исходная кривая 3D сечения задаётся 2D элементами на проекции: набором 2D узлов, 2D путём, обозначением вида.

Такое 3D сечение может быть создано автоматически в команде создания 2D проекции при построении разреза или сечение на основе 2D обозначения вида.

Выбор объектов сечения

При создании сечения можно указать набор объектов сечения. В качестве таковых можно выбирать Тела, операции, сеточные объекты, сварные швы. Выбранный набор объектов может использоваться в одном трёх из режимов:

- ✓ сечение применяется только к выбранным объектам;
- ✓ сечение применяется ко всем элементам модели, кроме выбранных;
- ✓ сечение применяется ко всем элементам модели (заданный набор объектов удаляется).

Применение сечения к 3D модели

3D сечение можно учитывать при визуализации 3D модели. Это позволяет быстро увидеть внутреннюю структуру модели, оценить форму сечения модели, получаемого на основе данного 3D сечения.

При визуализации модели с учётом 3D сечения объект “рассекается” 3D сечением на две части. В 3D сцене отображается только та часть, на которую указывают стрелки направления взгляда 3D сечения. При этом реального разделения не происходит, сама модель не изменяется, меняется лишь способ её отображения в 3D сцене.

Для того чтобы сечение было применено к модели, необходимо вызвать команду **Вид > Применить сечение**. На экране появится окно диалога, где перечислены все присутствующие в документе сечения. Если выбрать в списке необходимое сечение (оно пометится как в 2D окне, так и в 3D сцене) и нажать кнопку **[OK]** данного окна диалога, выбранное сечение будет применено к модели.

Существует ещё один способ вызова данной команды. В режиме ожидания команды необходимо нажать  в окне 3D вида. В появившемся контекстном меню следует выбрать команду **Применить сечение...**. В результате появится окно вышеописанного диалога.

Применить сечение к модели можно и из контекстного меню конкретного 3D сечения (при нажатии ). В этом случае выбирать сечение не требуется. К модели применяется то сечение, для которого было вызвано контекстное меню.

Команда **Применить сечение...** недоступна для сложных 3D сечений, построенных выталкиванием заданной кривой (на основе 3D вида, построений на рабочей плоскости или 2D проекции). Если такое сечение состоит из нескольких сегментов, его нельзя применить к 3D модели.

Отмена применения сечения осуществляется одноимённой командой, которую можно запустить из контекстного меню 3D сечения (выбрав его в 3D окне или дереве 3D модели).

Геометрическое сечение

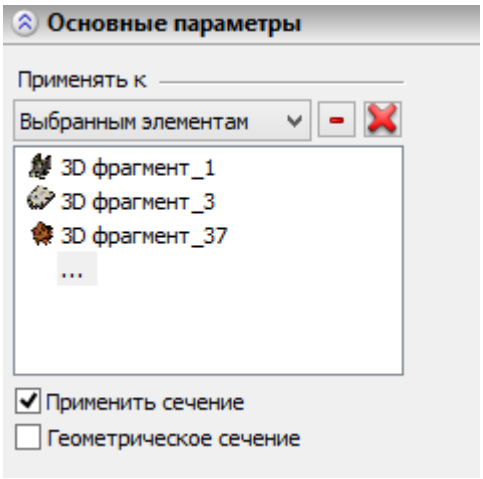
Начиная с T-FLEX CAD 12 и выше, при создании 3D сечений используются два способа создания сечений.

Основной способ – “графическое” сечение – по умолчанию используется при создании сечений октантом, плоским двухгранным узлом и на основе плоскости. Такое сечение позволяет после применения сечения работать с 3D моделью без ограничений, выбирая рёбра, грани и вершины 3D модели для выполнения любых построений. Но при применении такого сечения система не может прорисовать очерковые линии сечения. Кроме того, у “графических” сечений есть важное ограничение – к телу в 3D сцене можно одновременно применить не более одного графического сечения.

При создании сечений на основе 3D вида, 2D построений на рабочей плоскости и на основе 2D проекции используется старый механизм создания сечений – “геометрическое” сечение. При использовании данного способа (применявшегося в T-FLEX CAD версии 11 и ниже) применение сечения исключает выбор рёбер, граней и вершин, а также сохранение документа. Пока сечение применено, дальнейшее редактирование рассечённого тела исключается. Но при использовании данного механизма отображаются очерковые линии сечения тела – то есть линии пересечения сечения и рассекаемого тела, и к одному телу в 3D сцене можно применять сразу несколько “геометрических” сечений.

При желании пользователь может применить старый механизм создания – “геометрическое” сечение – и к сечениям октантом, плоским двухгранным узлом и на основе плоскости. Соответствующий флажок доступен в окне свойств команды создания/редактирования 3D сечения.

Старые типы сечений (на основе 3D вида, 2D построений на рабочей плоскости и на основе 2D проекции) могут создаваться только как “геометрические”.



Создание сечения

Для создания сечения используется команда **“3SE: Построить сечение”**:

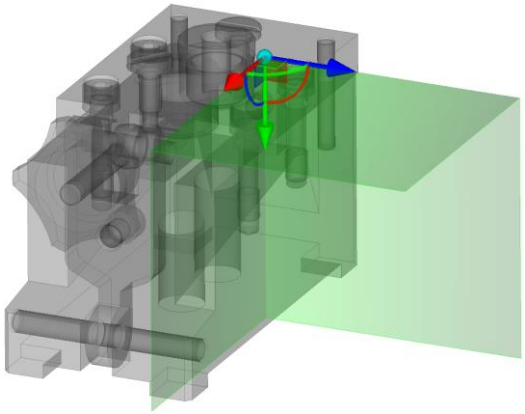
Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Построения → 3D Сечение
Клавиатура	Текстовое меню
<3SE>	Построения > Сечение

После вызова команды, в автоменю, наряду с общесистемными опциями появляются опции для выбора способа построения 3D сечения:

	<B>	Выбрать рассекаемые тела
	<L>	Построить сечение по плоскости
	<A>	Построить сечение плоским углом
	<O>	Построить сечение октантом
	<E>	Построить сечение параллелепипедом
	<W>	Построить сечение на основе 2D построений
	<V>	Создать сечение на основе 2D проекции
	<R>	Построить сечение по 3D виду

Создание 3D сечения октантом/плоским углом

После выбора опции  или  в 3D сцене появляется предварительное изображение секущего угла с манипулятором в виде ЛСК в основании. Задание положения секущего угла осуществляется перемещением/поворотом манипулятора.



Манипулятор представляет собой изображение системы координат. Оси координат соединены между собой цветными дугами и прямоугольными “площадками”, центр манипулятора отмечен шариком. Различные части манипулятора являются активными элементами, предназначенными для задания преобразований:

- ✓ оси манипулятора предназначены для задания перемещений вдоль отдельных осей;
- ✓ прямоугольные “площадки”, соединяющие оси манипулятора попарно, предназначены для перемещения вдоль плоскостей XY, XZ или YZ;
- ✓ дуги манипулятора предназначены для задания поворотов;
- ✓ центр манипулятора используется для произвольного перемещения (без привязки к осям).

При указании на ось пользователь может перейти к заданию перемещения вдоль выбранной оси. При указании на дугу система предлагает задать поворот в соответствующей плоскости. При этом в

дополнение выбирается ближайшая к курсору ось манипулятора с тем, чтобы пользователь мог задать поворот, направляя выбранную ось на конкретный элемент модели. При клике в центр манипулятора сам манипулятор и связанный с ним секущий угол начинают динамически перемещаться вслед за курсором.

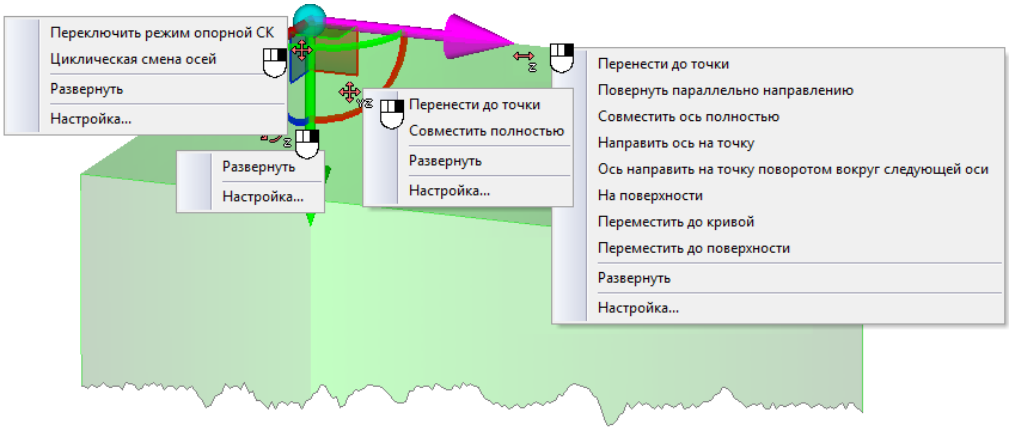
Для задания преобразования при помощи манипулятора пользователь должен выбрать активный элемент манипулятора нажатием . Далее можно, не отпуская нажатой кнопки, двигать курсор. Преобразование будет задано при отпускании кнопки мыши. Также можно после выбора манипулятора отпустить кнопку мыши, переместить курсор, и выбрать новый элемент (указать место в пространстве) для привязки преобразования повторным нажатием . В этом случае при перемещении курсора будут предлагаться привязки к различным 3D точкам на модели.

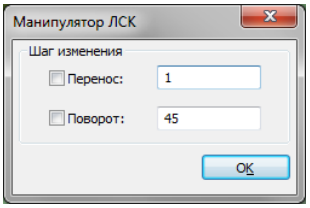
Для привязки секущего угла к ЛСК используется опция автоменю:

	<F>	Выбрать систему координат

После вызова опции необходимо указать нужную ЛСК.

Дополнительные возможности по ориентации секущего угла предоставляют контекстные меню элементов манипулятора. С их помощью можно, к примеру, направить выбранную ось манипулятора на 3D точку или переместить её до указанной поверхности. Общий пункт всех меню – “Настройка…” – вызывает диалог для задания шага перемещения манипулятора.





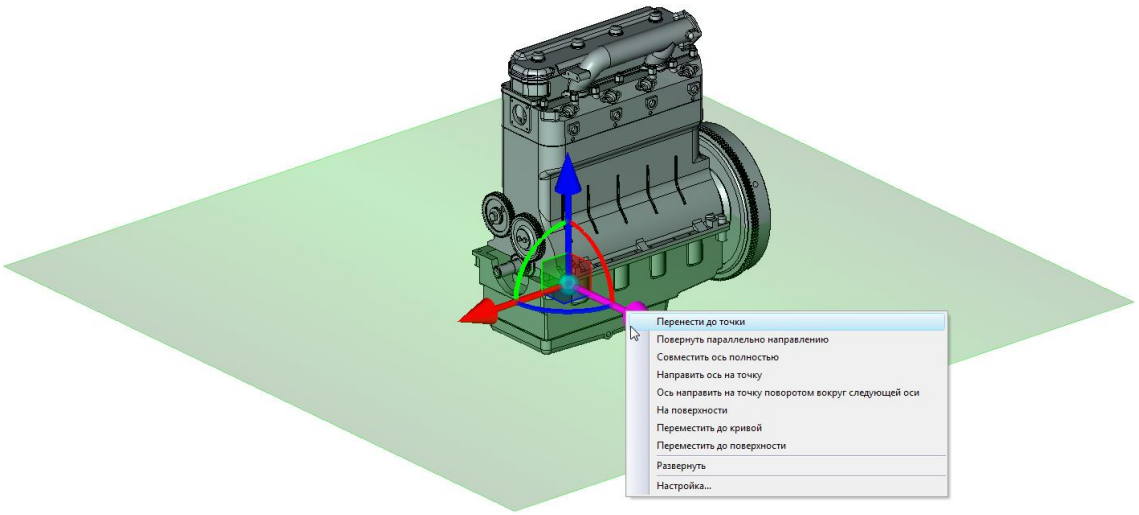
После задания необходимого положения секущего угла в пространстве необходимо подтвердить его создание с помощью  в окне свойств или автоменю.

Создание 3D сечения на основе плоскости

После выбора опции  в автоменю появятся следующие опции

	<L>	Выбрать плоскость
	<Tab>	Изменить направление сечения
	<F>	Выбрать систему координат
	<B>	Выбрать рассекаемые тела

В 3D сцене появляется зелёная плоскость – это «заготовка» секущей плоскости, и специальный манипулятор в виде ЛСК для управления положением плоскости. С помощью манипулятора и команд его контекстного меню можно задать управлять положением секущей плоскости.



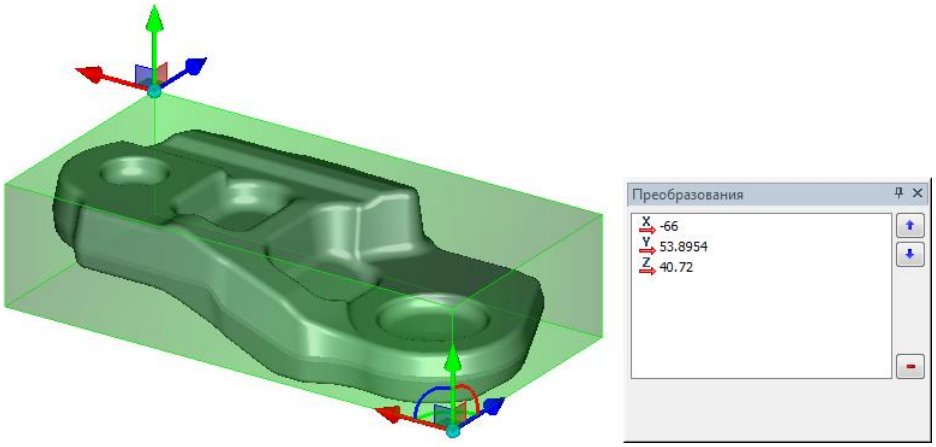
Для того, чтобы привязать секущую плоскость к уже существующему 3D элементу (грани, плоскости и т.п.), можно использовать опцию . Выпадающий список опции  содержит фильтры выбора 3D объектов, определяющих плоскость. Также можно привязывать плоскость к различным 3D точкам при перемещении манипулятора с помощью двух нажатий .

Опция  циклически меняет направление взгляда создаваемого 3D сечения.

После выбора плоскости и направления взгляда сечения необходимо подтвердить его создание с помощью  в окне свойств или автоменю.

Создание 3D сечения параллелепипедом

После выбора опции  в 3D сцене появляется предварительное изображение секущего параллелепипеда с двумя манипуляторами в виде ЛСК в противолежащих вершинах. Задание требуемого положения и размера параллелепипеда осуществляется перемещением/поворотом манипуляторов.



Задающие вершины параллелепипеда привязывать к различным 3D точкам при перемещении манипуляторов с помощью двух нажатий .

Для задания исходной системы отсчёта, одну из вершин параллелепипеда можно привязать к ЛСК с помощью опции:

	<F>	Выбрать систему координат

Манипулятор вершины будет совмещён с выбранной ЛСК.

Координаты второй вершины параллелепипеда (задаваемые вторым манипулятором) отсчитываются относительно системы координат первого манипулятора.

Создание сечения по 3D виду

После выбора опции  в автоменю появятся дополнительные опции для выбора 3D точек, исходной кривой создаваемого сечения, и смены направления взгляда сечения.

Выбрать 3D точки позволяют следующие опции:

	<N>	Выбрать 3D узел
	<V>	Выбрать 3D вершину

С помощью данных опций можно выбрать любое количество 3D точек. Если при задании точек одна, например, была пропущена, необходимо отказаться от сделанного выбора и задать точки заново. Для отказа от выбранного набора точек используется опция:

	<K>	Отменить все узлы, определяющие сечения

Сменить направление взгляда сечения, предложенное системой позволяет опция:

	<Tab>	Изменить направление взгляда

После выбора 3D точек и направления взгляда сечения необходимо подтвердить его создание с помощью  в окне свойств или автоменю.

Создание сечений на основе 2D построений на рабочей плоскости

Построить таким образом сечение можно либо в 2D окне (на странице 2D чертежа, связанной с рабочей плоскостью), либо в 3D окне на активизированной рабочей плоскости.

После вызова данного режима с помощью опции  необходимо выбрать 2D элементы, определяющие исходную кривую сечения. Сделать это можно с помощью следующих опций автоменю:

	<N>	Выбрать следующий узел, определяющий сечение
	<C>	Выбрать 2D путь
	<M>	Выбрать обозначение вида для создания 3D сечения

Рабочая плоскость, на основе которой будет строиться 3D сечение, выбирается системой самостоятельно. В тех случаях, когда можно выбрать другую рабочую плоскость (например, на данной 2D странице расположено несколько рабочих плоскостей), в автоменю появится опция для смены рабочей плоскости:

	<W>	Выбрать другую рабочую плоскость

Для изменения направления взгляда сечения, как и в предыдущем способе, используется опция:

	<Tab>	Изменить направление взгляда

После выбора исходной кривой, рабочей плоскости и направления взгляда сечения необходимо подтвердить его создание с помощью  в окне свойств или автоменю.

Создание сечения на основе 2D проекции

Создание 3D сечения данным способом осуществляется с помощью опции . Создание такого сечения полностью аналогично предыдущему способу (созданию 3D сечения по рабочей плоскости).

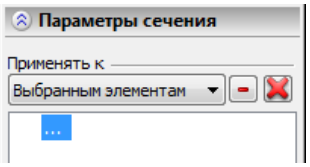
3D сечение на основе 2D проекции может быть создано системой автоматически (без вызова команды **“3SE: Построить сечение”**) в команде создания 2D проекции при построении разреза или сечение на основе 2D обозначения вида.

Выбор объектов сечения

Набор объектов сечения задаётся с помощью окна свойств.

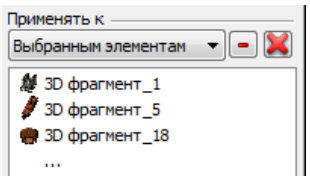
Список объектов можно задавать как прямо при входе в команду **“3SE: Построить сечение”** (до выбора способа создания сечения), так и на стадии создания 3D сечения любого типа. В первом случае заданный набор объектов автоматически применяется ко всем сечениям, создаваемым в текущем сеансе работы с командой. Во втором случае заданный набор объектов действует только для конкретного сечения.

Поместите курсор в строку “...” и нажмите . Команда автоматически перейдёт в режим выбора объектов сечения. В автоменю станет активной опция:



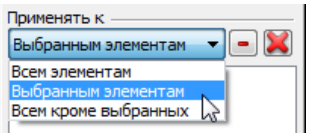
	<B>	Выбрать рассекаемые тела

Выпадающее меню данной опции содержит список фильтров выбираемых объектов (Тело/операция/сварной шов).



Объекты можно выбирать в 3D окне либо в дереве 3D модели.

Способ интерпретации заданного набора объектов (Применять ко всем элементам; Применять только к выбранным; Применять ко всем, кроме выбранных) устанавливается с помощью выпадающего списка **Применять к**.

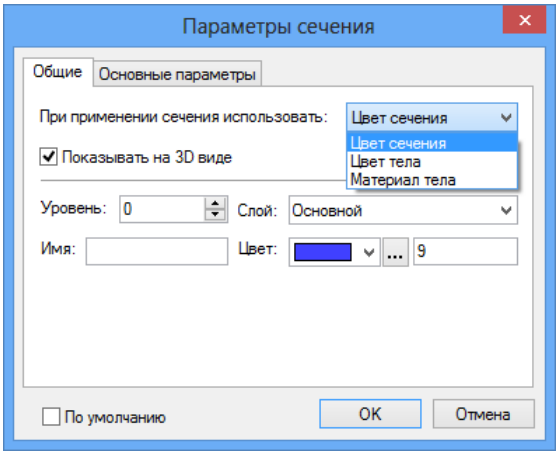


Задание параметров 3D сечения

Задание параметров сечения осуществляется с помощью диалога параметров (опция).

Показывать на 3D виде. Задаёт отображение плоскости сечения на 3D виде.

Параметр **При применении сечения использовать:**



- **Цвет сечения.** Этим цветом рисуется сечение в 2D и 3D окнах. Кроме того, этот цвет применяется для окрашивания поверхностей, полученных при отсечении модели.
- **Цвет тела**. Когда выбрано данное значение, то поверхность, образованная в результате применения сечения, будет отображаться тем же цветом, что и модель.
- **Материал тела**. Сечение отображается материалом тела в соответствии с его текстурой, цветом и другими характеристиками.

Прозрачное редактирование сечений

3D сечения по плоскости, угловое и сечение октантом можно редактировать прямо в режиме ожидания команды, без вызова команды редактирования сечений. Для этого достаточно выбрать сечение в 3D окне с помощью . В 3D сцене появится манипулятор, позволяющий быстро изменить положение и ориентацию сечения.

3D Проекция элементов

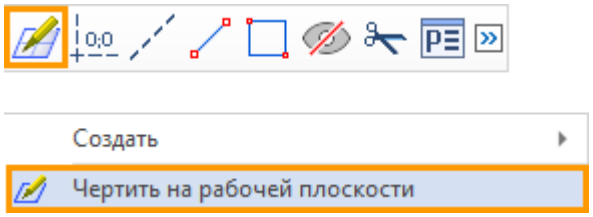
Команда **Проекция элементов** становится доступной в режиме активной рабочей плоскости.

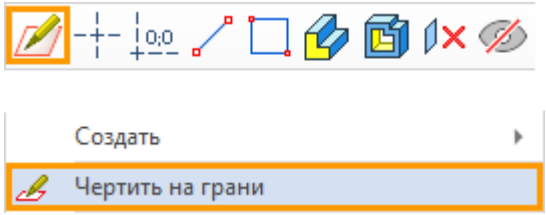
Пиктограмма	Лента
	Рабочая плоскость → Режимы → Проекция элементов

Команда позволяет проецировать на активную рабочую плоскость 3D элементы сцены: Узлы, Пути, Профили, Вершины, Рёбра, Грани, пересечения с активной рабочей плоскостью указанных элементов, очерки поверхностей. Полученные при проецировании линии или точки могут использоваться для создания 3D элементов, либо для позиционирования других линий на основе которых в свою очередь будут созданы 3D элементы. В последнем случае, полученную при проецировании линию нужно сделать вспомогательной.

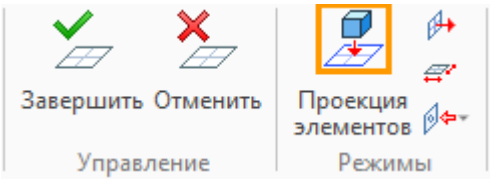
> Все созданные проекционные линии и точки ассоциативно перестраиваются при изменении спроецированных 3D элементов.

Чтобы команда проецирования элементов стала доступной в Ленте - нужно начать черчение на любой рабочей плоскости либо на грани (при черчении на грани рабочая плоскость создаётся автоматически). Иными словами, сделать уже существующую или новую рабочую плоскость активной.





В режиме активной рабочей плоскости в Ленте появляется группа «Режимы», в которой доступна команда **Проекция элементов**.



В команде **Проекция элементов** есть три основных способа создания спроецированных линий и точек на основе 3D элементов. Каждому варианту создания проекционных линий и точек соответствует своя пиктограмма в диалоге.

 Проекция элементов на рабочую плоскость



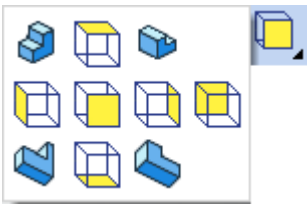
Пересечение элементов с рабочей плоскостью



Проекция линий очерка элементов на рабочую плоскость

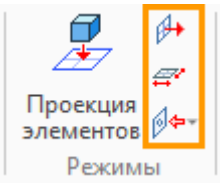
Для завершения команды и построения линий согласно указанным параметрам нужно нажать в автоменю команды или <Ctrl+Enter>.

Часто при работе с командой удобно менять взгляд на активную рабочую плоскость. Для свободного вращения 3D сцены в режиме активной рабочей плоскости нужно нажать пиктограмму  **Вращение сцены**. Пиктограмма находится по умолчанию справа, на панели Вид. Если режим вращения сцены активен, созданные построения на рабочей плоскости будут недоступны для редактирования свойств. Для отключения режима **Вращение сцены** нужно повторно нажать на пиктограмму. Если была выбрана любая команда построения 2D элементов – режим **Вращение сцены** автоматически отключится.



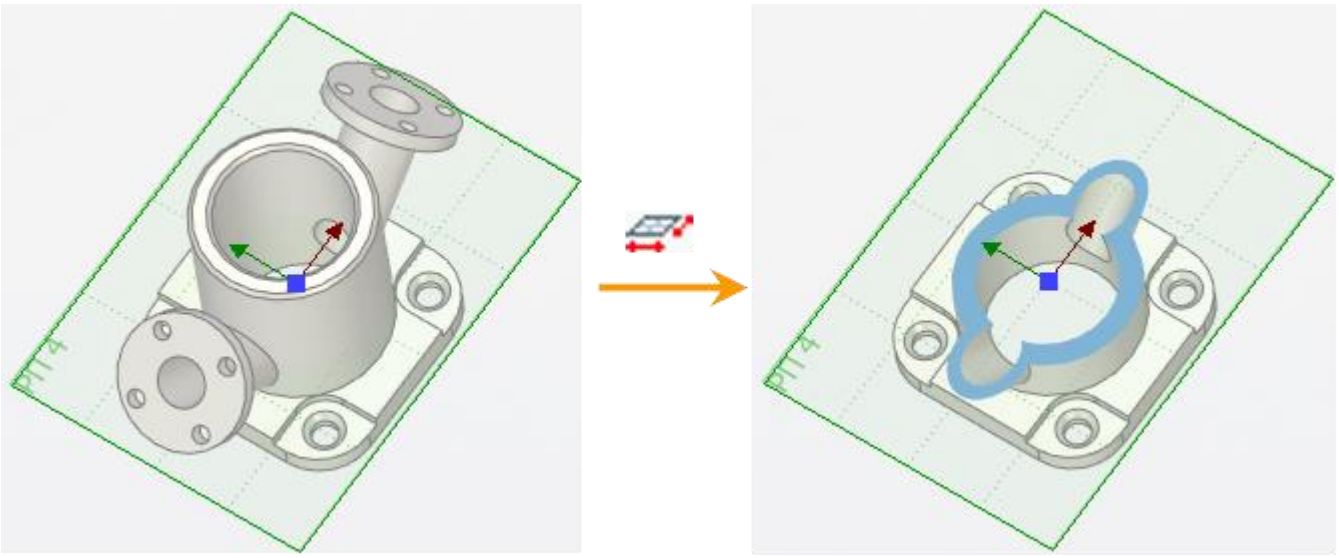
В режиме активной рабочей плоскости доступны и другие команды управления видом (которые тоже находятся на панели Вид):  **Развернуть по нормали к выбранному элементу** и **Точки взгляда**. Применение данных команд помогает увидеть ориентацию проецируемого элемента.

В Ленте, в группе «Режимы», доступны ещё три пиктограммы управления видами.



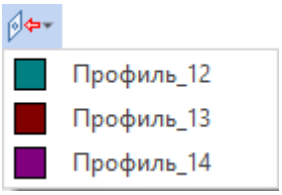
Первая пиктограмма  – ориентирует направление взгляда по нормали к активной рабочей плоскости.

Вторая пиктограмма  – делает разрез 3D модели по активной рабочей плоскости.



Повторное нажатие пиктограммы возвращает исходное отображение 3D модели.

Третья пиктограмма – центрирует вид на профиле, который создан на активной рабочей плоскости. При нажатии пиктограммы появляется список всех профилей, которые были созданы на активной рабочей плоскости. Вид будет центрироваться по выбранному профилю.

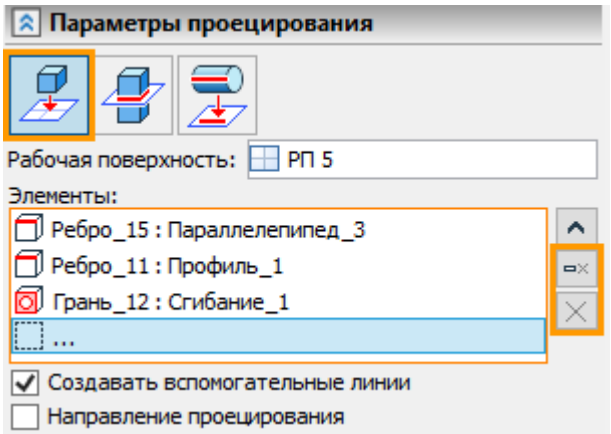


Проекция элементов на рабочую плоскость

Находясь в режиме активной рабочей плоскости можно спроецировать на плоскость Грань, Ребро, Вершину, Профиль, Путь, 3D узел. Для этого в Ленте вызываем команду **Проекция элементов** и выбираем опцию **Проекция элементов на рабочую плоскость** (активна по умолчанию).

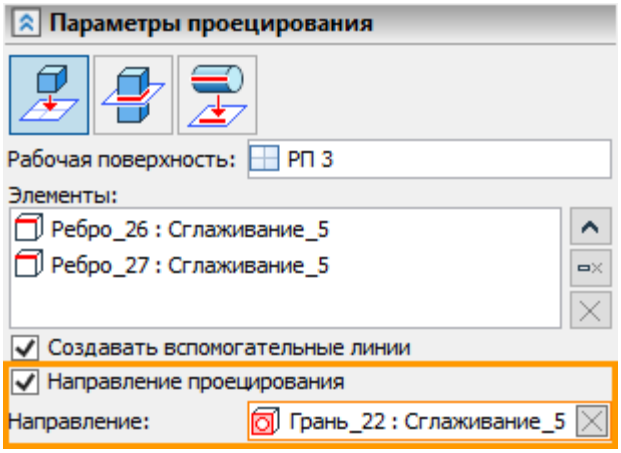
Панель фильтров по умолчанию отображает перечень всех возможных для проецирования данным способом 3D элементов.





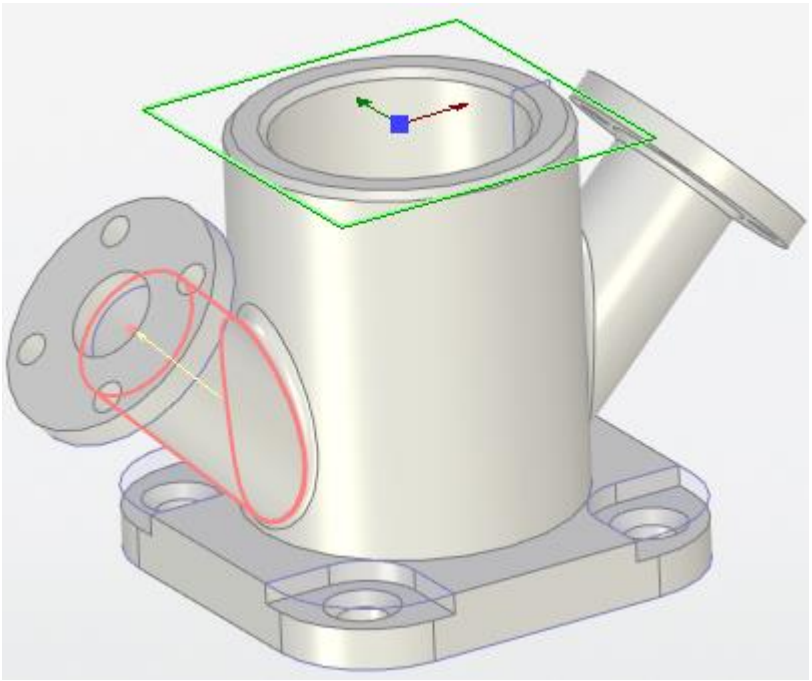
В параметрах команды нужно выбрать вариант проецирования (в данном случае первый), автоматически указывается активная рабочая плоскость, перечень выбранных элементов. Список выбранных элементов можно полностью очистить при помощи пиктограммы , или отменить выбор поэлементно при помощи .

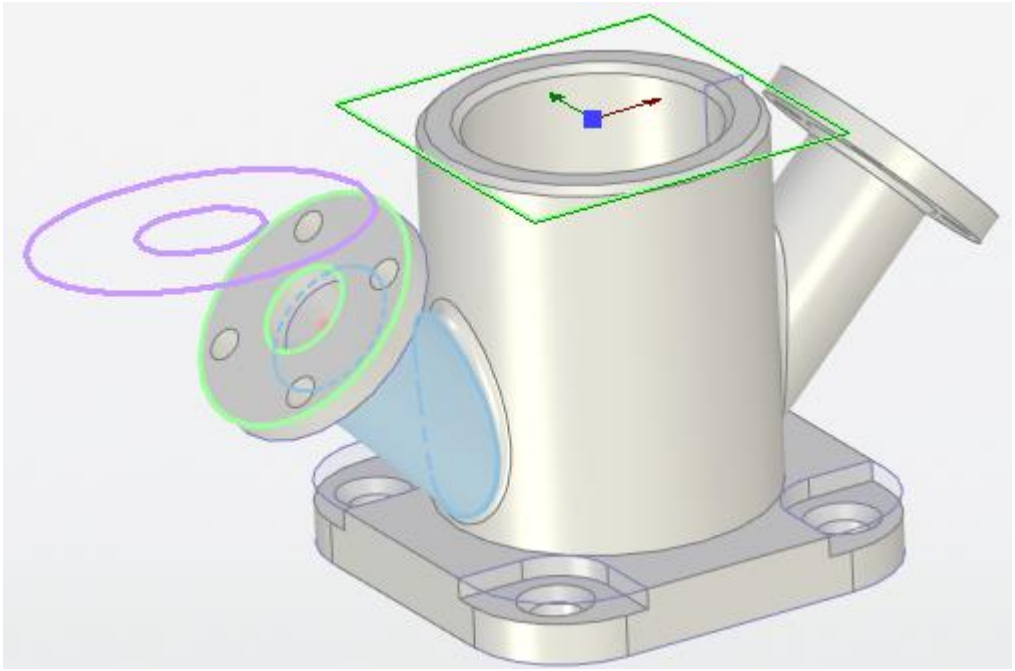
Также доступны две опции: **Создавать вспомогательные линии** и **Направление проецирования**. В случае указания флага первой опции – все созданные при проецировании линии будут вспомогательными.



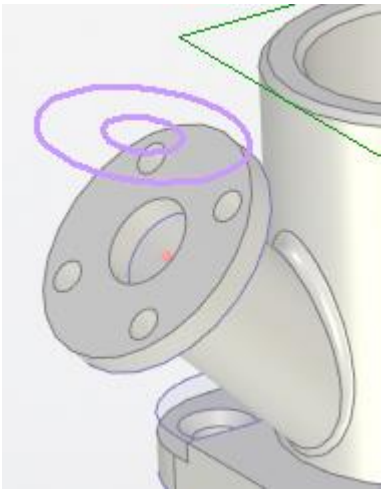
Если вторая опция не указана, то проецирование выполняется по нормали к рабочей плоскости. Если опция выбрана, то необходимо указать направление проецирования элемента на рабочую плоскость. Направление может задавать ребро, нормаль к грани или ось цилиндрической поверхности.

Например, можно спроецировать рёбра фланца патрубка в направлении его оси. Тогда в поле опции **Направление проецирования** нужно выбрать цилиндрическую грань: ось цилиндрической грани будет задавать направление проецирования.

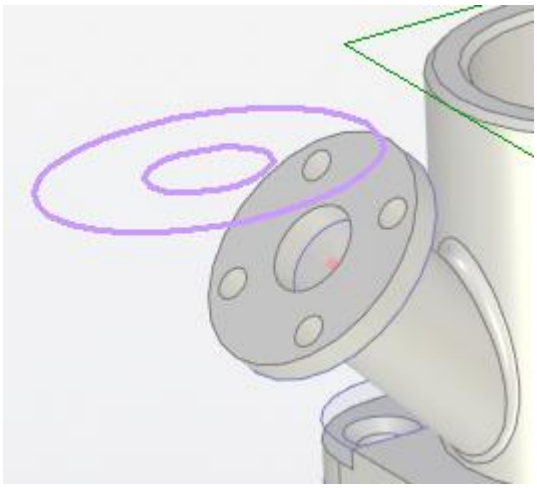




В результате, на активной рабочей плоскости будут созданы проекционные линии. В данном случае вспомогательные – т.к. мы указали соответствующую опцию.



Проецирование по нормали (без использования опции **Направление проецирования**)



Проецирование по направлению (с использованием опции **Направление проецирования**)

Пересечение элементов с рабочей плоскостью

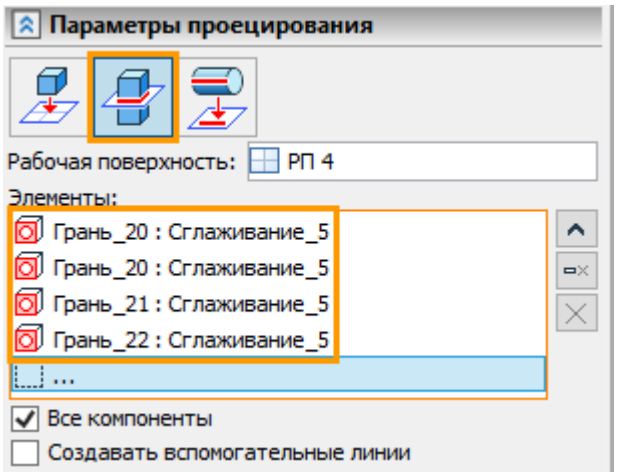
При помощи данной опции команды **Проекция элементов** на активную рабочую плоскость можно спроецировать элементы, образующиеся при пресечении активной рабочей плоскости с гранями,

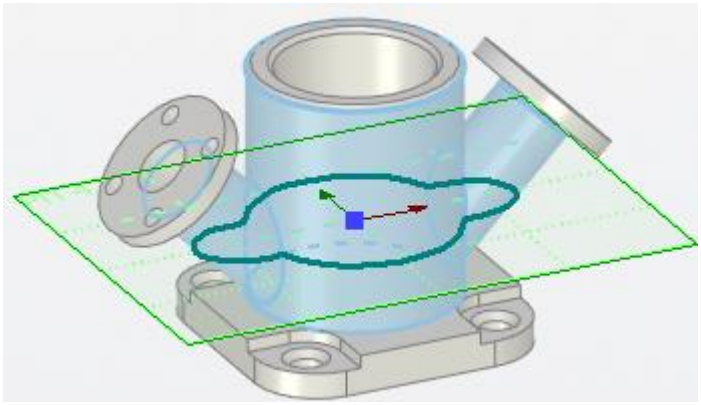
рёбрами, профилями, путями или другими рабочими плоскостями и рабочими поверхностями. Указанному перечню элементов соответствует фильтр опции.



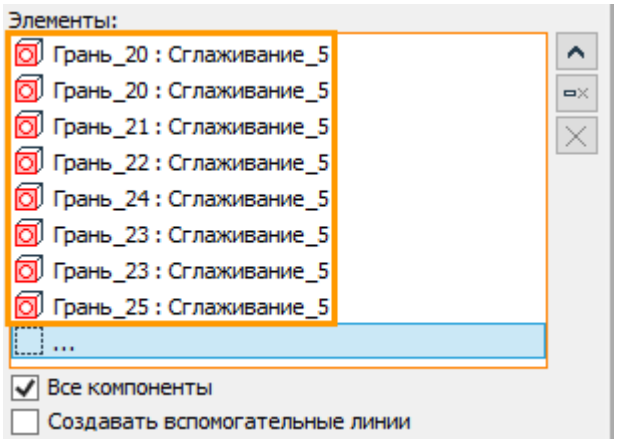
При пересечении активной рабочей плоскости с гранями, профилями или другими рабочими плоскостями и рабочими поверхностями – проекцией будут линии, при пересечении активной рабочей плоскости с рёбрами или путями – точки.

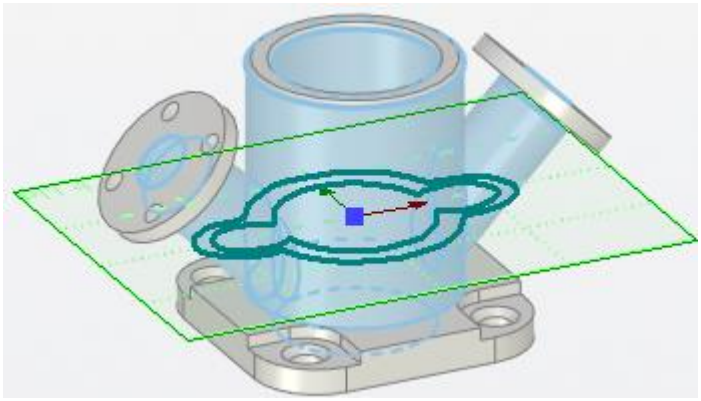
Например, можно получить линии пересечений граней патрубка с рабочей плоскостью проходящей через тело патрубка. Для этого нужно сделать рабочую плоскость активной, в Ленте выбрать команду **Проекция элементов** и указать вариант **Пересечение элементов с рабочей плоскостью**. Далее нужно выбрать грани патрубка. Выбрав внешние грани – мы получаем внешний контур сечения патрубка рабочей плоскостью.



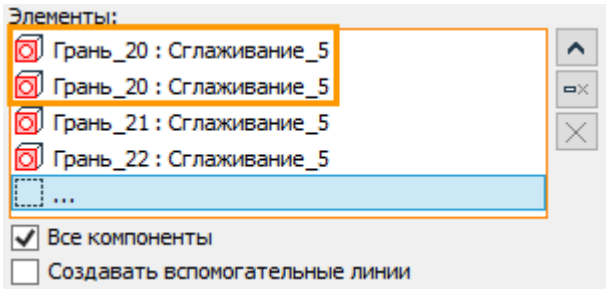


Выбрав и внешние и внутренние грани – мы получаем полный контур сечения патрубка рабочей плоскостью.

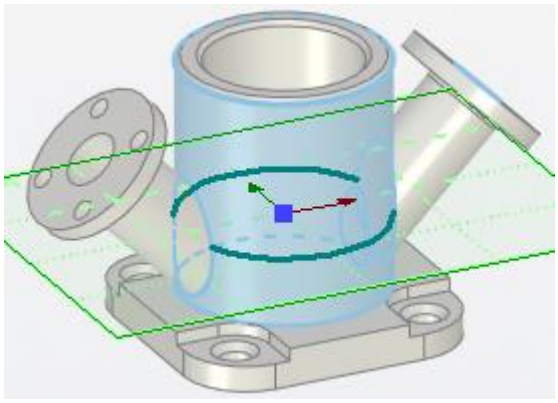


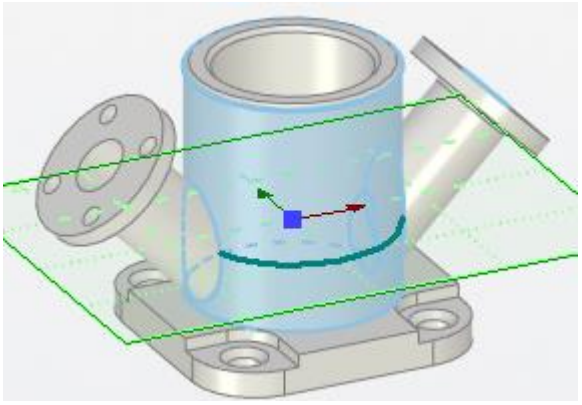


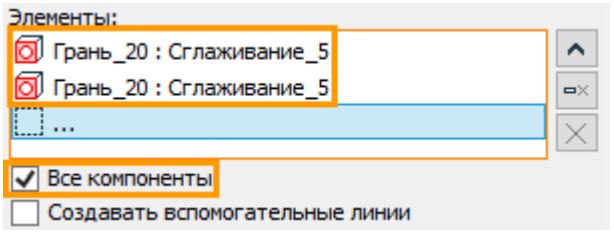
Из приведённого примера видно, что некоторые выбранные грани в перечне элементов указываются дважды. Например, «Грань_20».

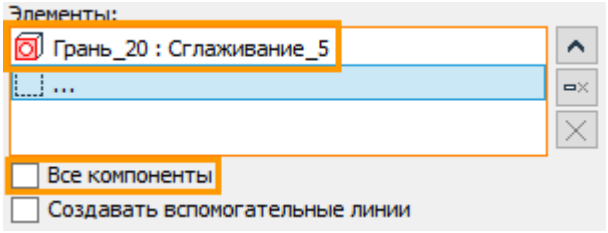


Это связанно с тем, что пересечение элемента «Грань_20» с рабочей плоскостью образует два ребра, и, следовательно, можно создать две проекционные линии.



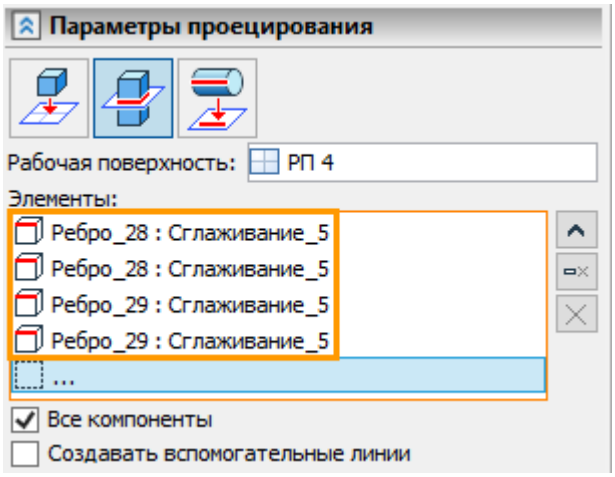


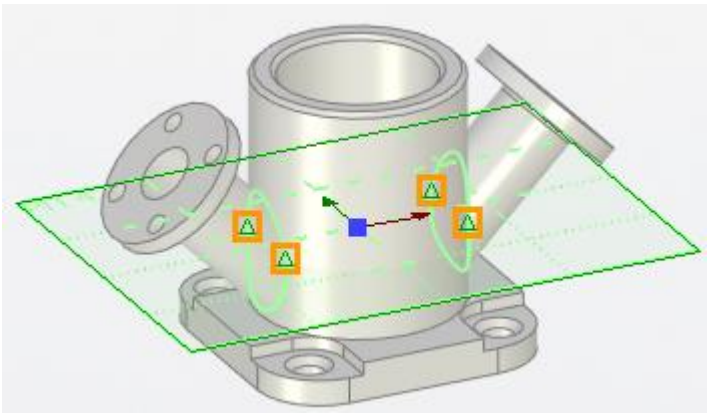




Если необходимо спроецировать только одну линию пересечения, то можно снять флаг опции **Все компоненты**. Тогда будет спроецировано только то пересечение, которое ближе к курсору в момент выбора грани. Другой способ – при помощи пиктограммы , удалить из списка лишний элемент.

Если выбрать рёбра пересечений граней патрубка – то результатом выполнения команды будет проекции точек.

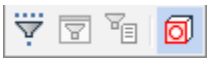




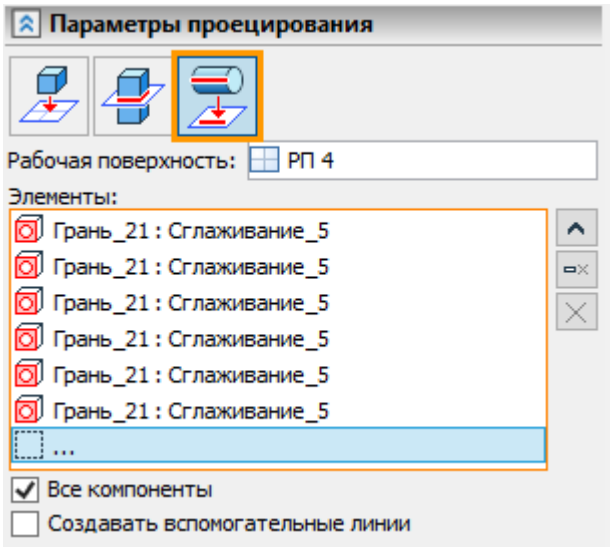
Как видно из примера – два выбранных ребра дают проекции четырёх точек, т.к. каждое ребро имеет два пересечения с активной рабочей плоскостью. В случае, если нужна только одна точка пересечения из нескольких, то нужно действовать по аналогии с предыдущим примером: не использовать опцию **Все компоненты** или удалять элементы из списка при помощи .

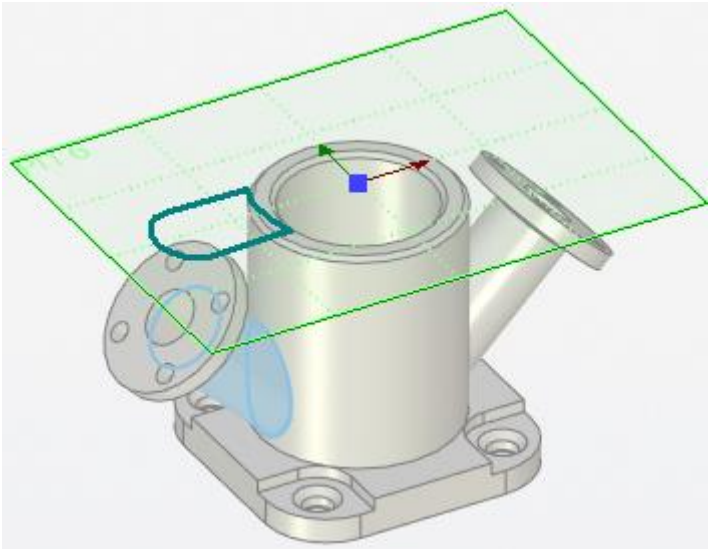
Проекция линий очерка элементов на рабочую плоскость

При помощи данной опции на активную рабочую плоскость можно спроецировать по нормали очерк граней тела. В фильтре данной опции доступны только грани.

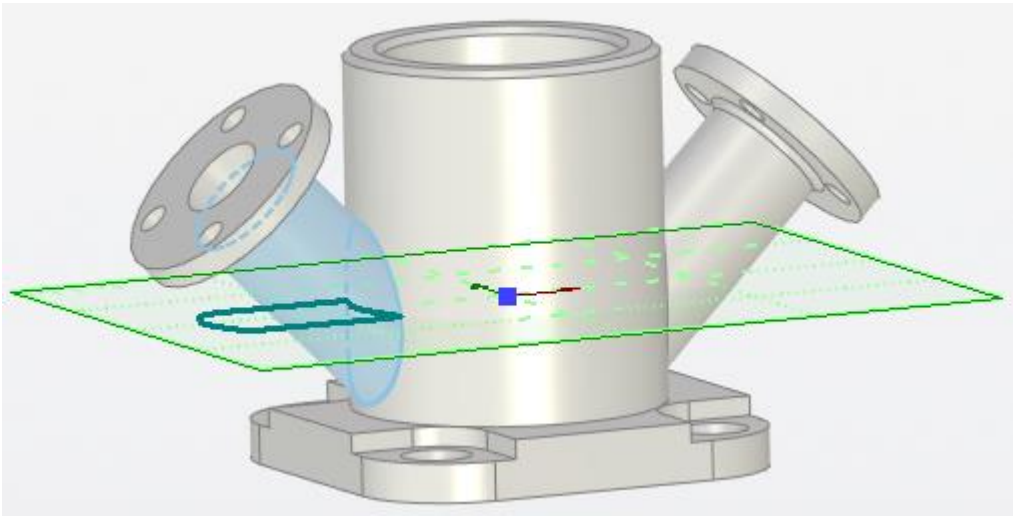


Например, можно сделать проекцию очерка наклонной цилиндрической грани патрубка на горизонтальную рабочую плоскость. Для этого нужно сделать рабочую плоскость активной, в Ленте выбрать команду **Проекция элементов** и указать вариант **Проекция линий очерка элементов на рабочую плоскость**.

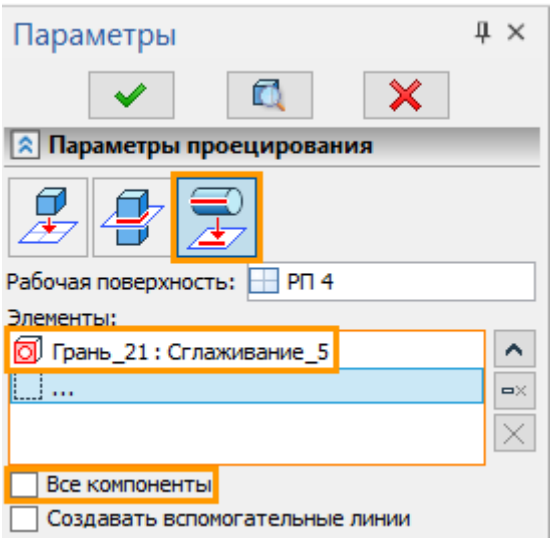


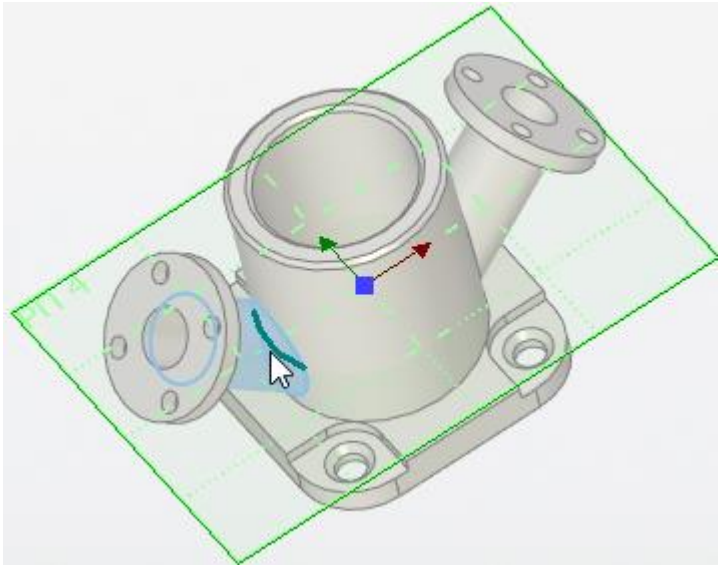


При этом активная рабочая плоскость может как пересекать грань, так и не пересекать. В любом случае будет построена полная линия очерка, спроецированная на грань по нормали.



В случае, если нужен только один конкретный элемент проекции очерка, то можно снять флаг опции **Все компоненты**. В этом случае будет выбран только тот элемент, который был ближе всего к курсору в момент выбора грани.

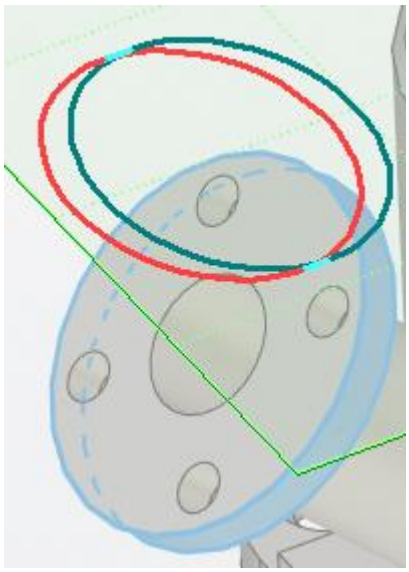




Либо, при помощи  пиктограммы удалить все лишние элементы.

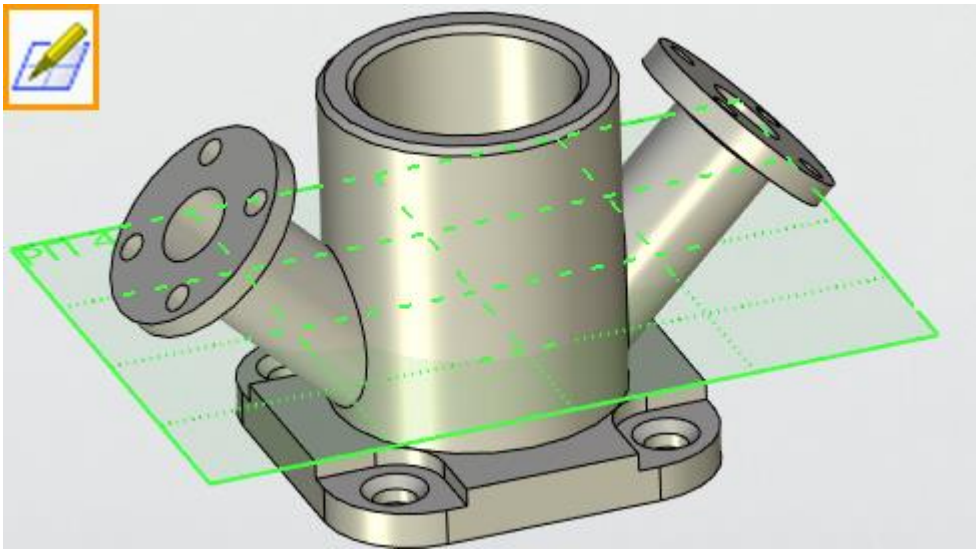
Проецируются не только внешние контуры габаритов граней, но и внутренние линии очерка граней, которые сама грань не заслоняет. Это хорошо демонстрирует пример проекции очерка цилиндрической грани фланца патрубка. Линии красного цвета соответствуют очерку грани по верхнему ребру, линии зелёного цвета - очерку грани по нижнему ребру. Линии бирюзового цвета соответствуют очерку цилиндрической поверхности.

Цвета отображения линий были изменены специально для пояснения принципа проецирования – подобная цветовая градация не является опцией команды.

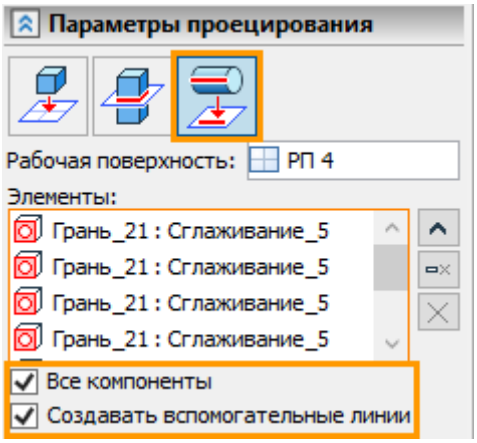


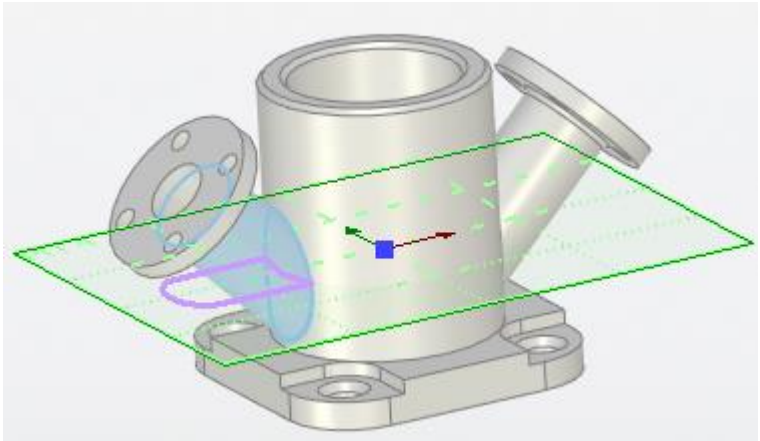
Комбинирование способов проецирования

Варианты проецирования можно сочетать для получения на рабочей плоскости нужных построений. Например, можно получить профиль, который будет представлять собой часть очерка грани наклонного патрубка, находящегося под рабочей плоскостью, которая пересекает указанную грань. Для этого нужно сделать активной рабочую плоскость, пересекающую наклонную цилиндрическую грань патрубка.



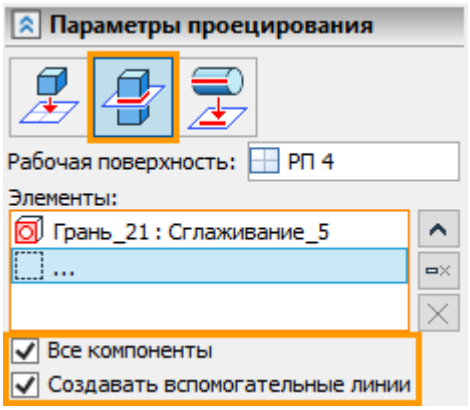
Выбираем в ленте команду **Проекция элементов** и указываем вариант **Проекция линий очерка элементов на рабочую плоскость**. Выбираем грань патрубка, опции **Все компоненты** и **Создавать вспомогательные линии** – активны.

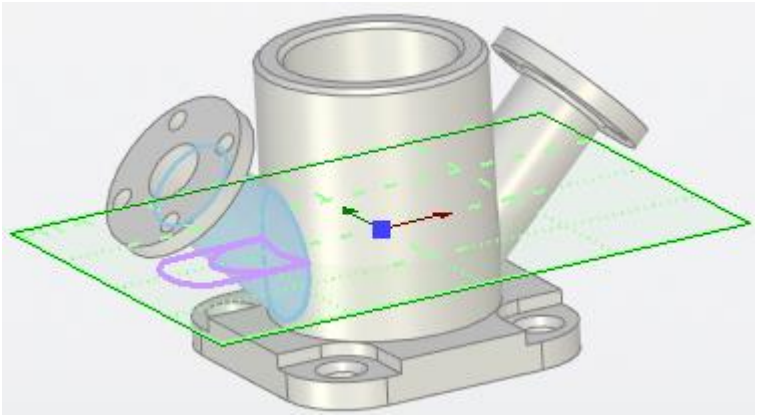




Создаём проекционные линии по указанным параметрам или <Ctrl+Enter>.

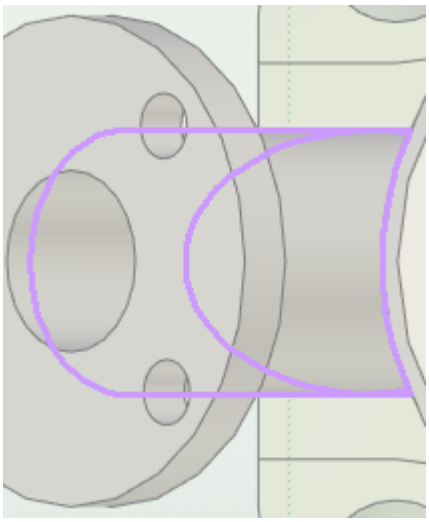
Далее в команде **Проекция элементов** выбираем опцию **Пересечение элементов с рабочей плоскостью** и вновь выбираем грань патрубка. Опции **Все компоненты** и **Создавать вспомогательные линии** – оставляем активными.

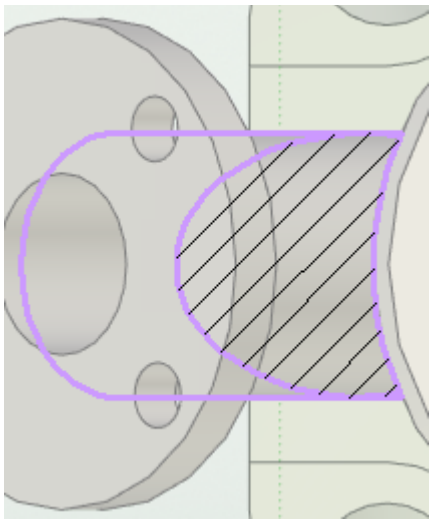


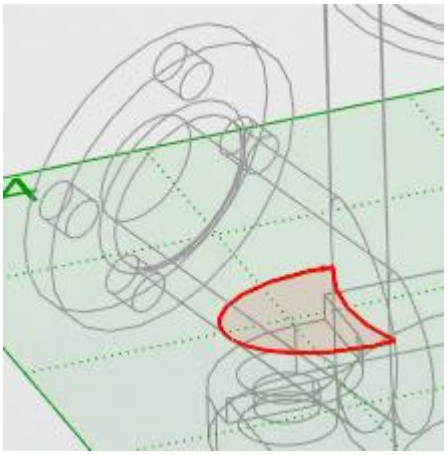


Создаём проекционную линию по указанным параметрам  или <Ctrl+Enter>.

Далее, в автоматическом режиме создания штриховки , заштриховываем область как показано на рисунке. Данная область будет соответствовать проекции очерка грани, находящейся под активной рабочей плоскостью.







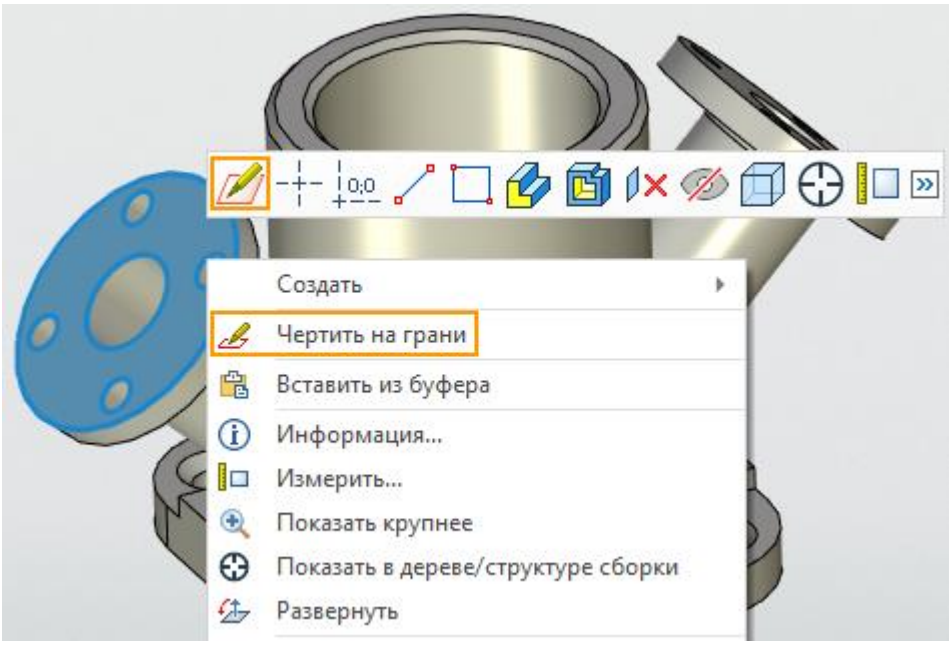
По созданной штриховке можно создать профиль для дальнейшей работы.

Автоматическое создание проекционных линий и точек

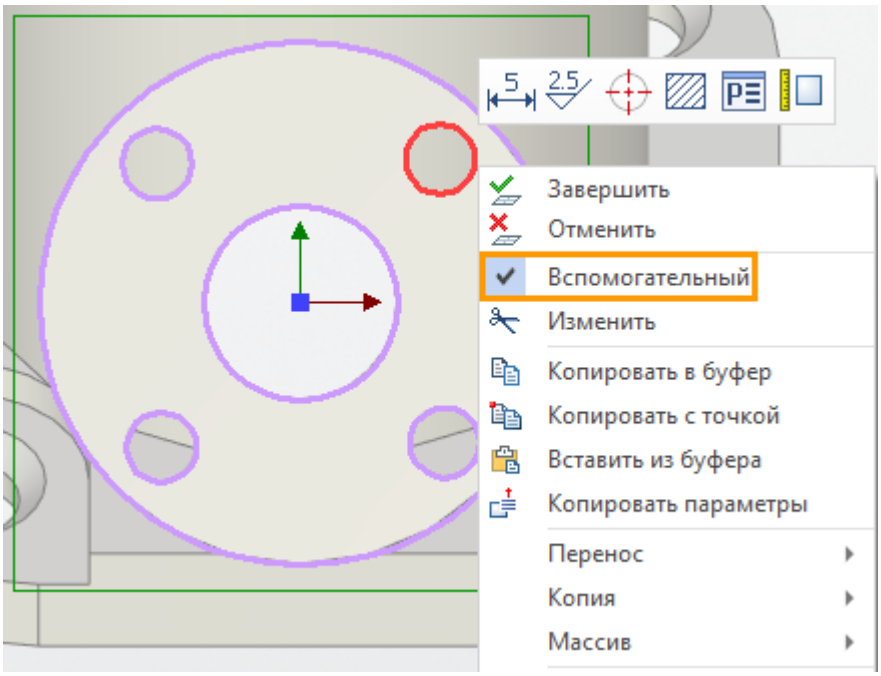
В некоторых случаях удобно автоматическое создание проекций 3D элементов сцены на активную рабочую плоскость.

Автоматическое создание проекционных линий

При выборе команды **Чертить на грани**, на автоматически созданной рабочей плоскости создаются проекционные линии контуров грани.



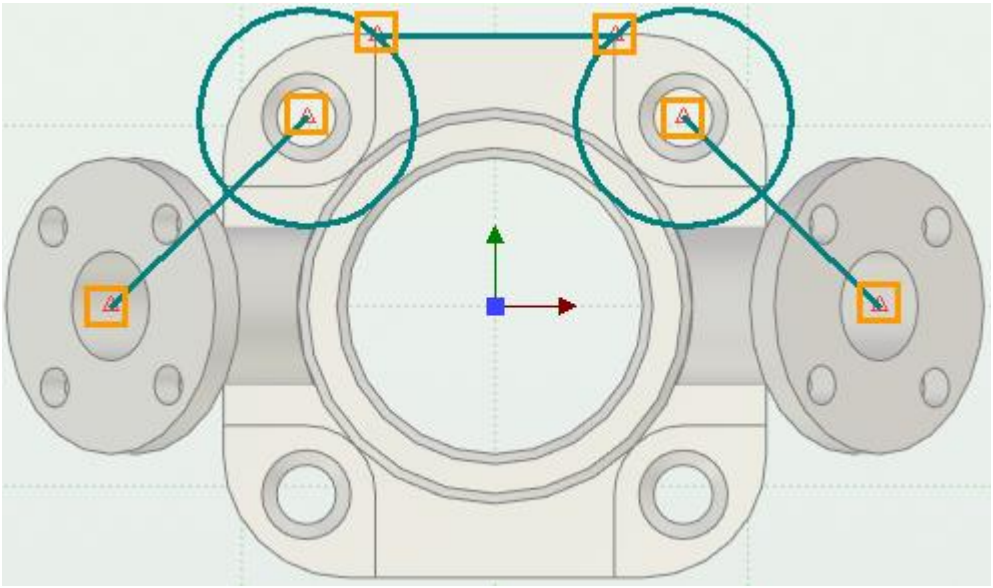
Данные линии всегда по умолчанию вспомогательные.



Автоматически созданные проекционные линии контура грани обладают всеми свойствами линий проекции: они ассоциативно перестраиваются при изменении грани, их можно делать основными, на их основе можно создавать профили и другие 3D элементы, между проекционными линиями и другими линиями можно создавать ограничения. Автоматически созданные проекционные линии можно удалять. В случае необходимости их можно будет повторно создать при помощи команды **Проекция элементов** и её опции **Проекция элементов на рабочую плоскость**.

Автоматическое создание проекционных точек

При создании линий эскиза и линий построения в панели привязок доступна пиктограмма **Привязка к 3D элементам**. При активной пиктограмме можно привязаться к проекциям точек 3D элементов. Проецируются центры рёбер, представляющих собой окружности, а также середины и крайние точки рёбер, представляющих собой отрезки и дуги. Точки проецируются по нормали к активной рабочей плоскости, на которой автоматически создаётся 2D точка. На рабочей плоскости 2D точки, созданные на основе проекций 3D элементов, обозначаются красной треугольной пиктограммой .



Привязка линий эскиза и линий построения к таким точкам сохраняется без создания Ограничений. Спроецированные точки ассоциативно перестраиваются в случае изменения 3D модели.

Если необходимо осуществить более сложную привязку построений к 3D элементам нужно применить команду **Проекция элементов** и использовать Ограничения.

Основные операции 3D моделирования

Выталкивание

Операция выталкивания позволяет создавать тела перемещением формообразующего элемента (контура выталкивания). В системах твердотельного моделирования операция выталкивания используется, как правило, чаще других.

В операции можно создать два вида выталкивания: выталкивание по произвольному вектору и выталкивание по нормали к поверхности исходного контура. Вид выталкивания определяет направление и способ создания выталкивания.

В качестве контура выталкивания можно использовать объекты с проволочной и листовой геометрией. Результатом выталкивания являются листовые или твёрдые тела в зависимости от типа геометрии контура.

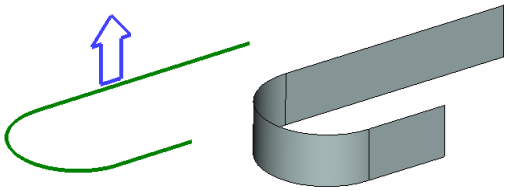
Длину выталкивания (т.е. начало и конец выталкивания) можно задавать различными способами, в том числе ограничивая её другими элементами модели.

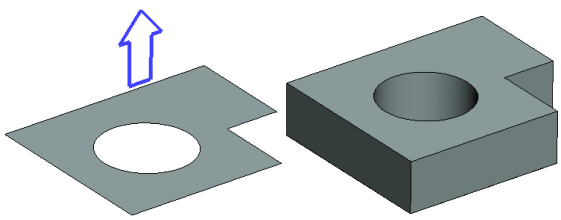
Основные понятия. Возможности операции

Контур выталкивания

В качестве контура выталкивания можно использовать проволочные и листовые объекты. Можно выбрать одновременно несколько элементов. В этом случае между ними выполняется операция объединения и только после этого производится выталкивание. Однако при выборе группы элементов допустимо выбирать только однотипные (только проволочные или только листовые) объекты: 3D профили и грани, или пути и рёбра.

Результатом выталкивания проволочного контура является листовое тело. При выталкивании листового контура получается твёрдое тело.



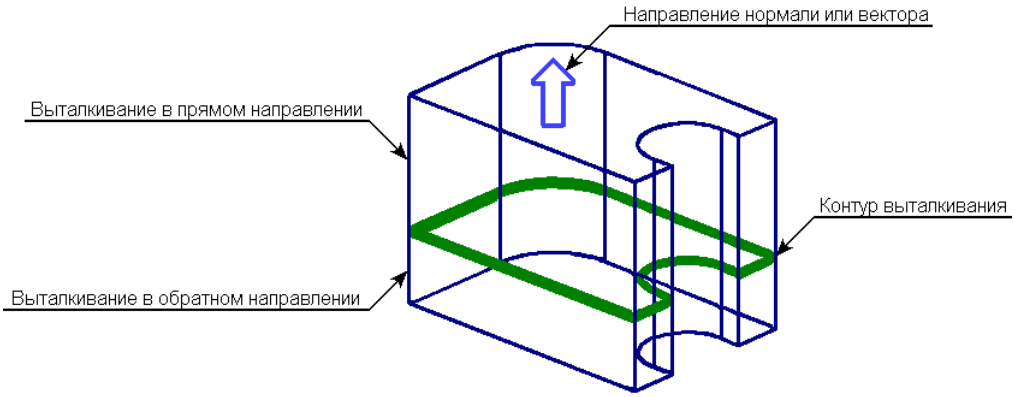


Направление выталкивания

Траектория перемещения контура при создании выталкивания определяется направлением выталкивания. В зависимости от вида выталкивания направление может задаваться нормалью к поверхности исходного контура или произвольным вектором.

В обоих случаях различают прямое и обратное направления перемещения контура. Прямое направление совпадает с направлением нормали или вектора выталкивания. Обратным называется направление, противоположное прямому. При создании выталкивания допускается перемещение

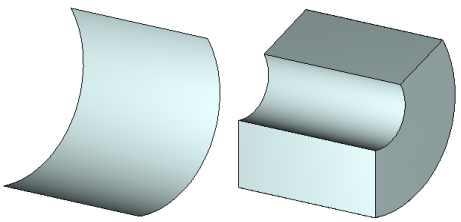
контура в обоих направлениях. По умолчанию система предлагает создавать выталкивание в прямом направлении.



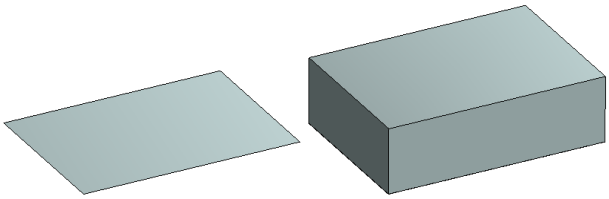
Выталкивание по нормали

Выталкивание по нормали предлагается системой автоматически при выборе листового или плоского проволочного контура. Каждая точка контура перемещается вдоль отдельной прямой, определяемой нормалью к поверхности контура в данной точке. Выталкивание в этом случае можно представить как построение эквидистанты к исходному контуру, причём отступ эквидистанты от исходного контура в данном случае определяется заданной длиной выталкивания.

На практике чаще всего выталкиванию подвергаются плоские контуры, для которых направление нормалей во всех точках контура совпадает. Условно можно считать, что в этом случае плоский контур поступательно перемещается вдоль одной прямой, определяемой единственной нормалью к плоскости контура. Поэтому выталкивание по нормали плоского контура можно рассматривать как частный случай выталкивания по произвольному вектору.



Выталкивание неплоского контура



Выталкивание плоского контура

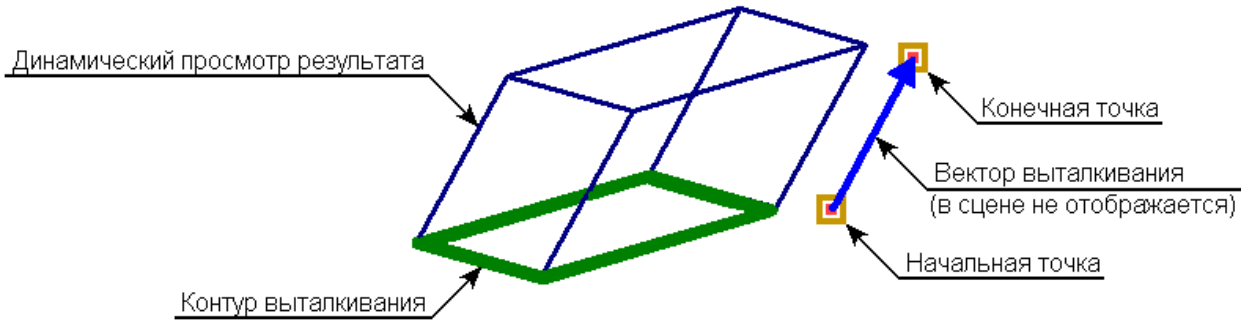
Выталкивание по произвольному вектору

Когда направление выталкивания не может быть определено нормалью (например, при выборе неплоского проволочного контура) или необходимо выталкивание в конкретном направлении, для его определения можно использовать произвольный вектор направления.

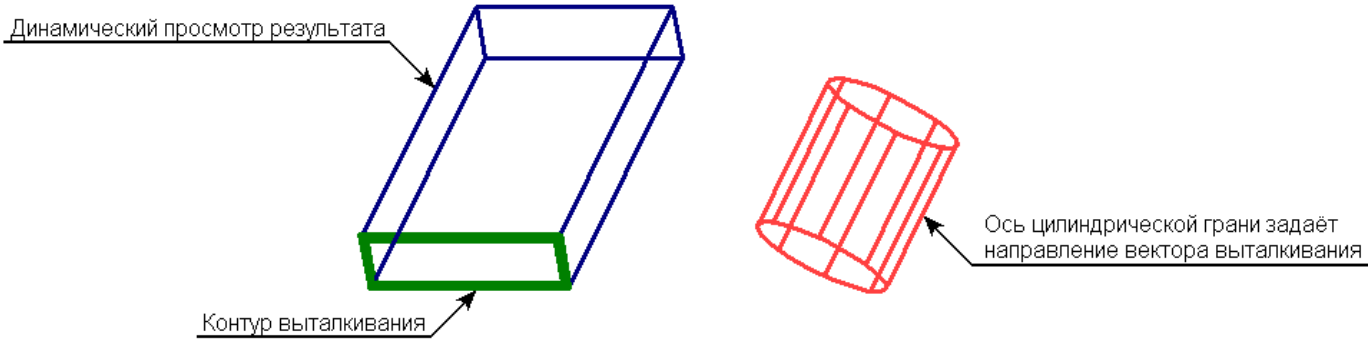
Вектор, определяющий направление выталкивания, задаётся двумя способами:

- ✓ указанием пары 3D точек (т.е. начала и конца вектора);
- ✓ выбором какого-либо элемента 3D модели, способного определить вектор нужного направления (произвольной длины).

Две 3D точки определяют начало и конец вектора направления выталкивания. В качестве 3D точек можно указывать 3D узлы и вершины. Допускается также выбор других элементов, определяющих нужную точку. Например, можно выбрать ребро – в этом случае в качестве 3D точки будет взята середина ребра. Выбор системы координат определит точку, совпадающую с началом системы координат. Выбранная сферическая или тороидальная грань даст точку – центр сферы/тора, и т.п.



При использовании второго способа выбранный 3D объект определяет вектор, задающий направление выталкивания. В качестве таких объектов могут использоваться плоские криволинейные рёбра, рабочие плоскости, плоские грани, поверхности (в качестве направления вектора берётся нормаль к выбранному элементу), прямые рёбра (вектор совпадает с выбранным ребром), системы координат (используется одна из осей), цилиндрические или тороидальная поверхности/грани (направление вектора совпадает с осью поверхности или грани).



Задание длины выталкивания

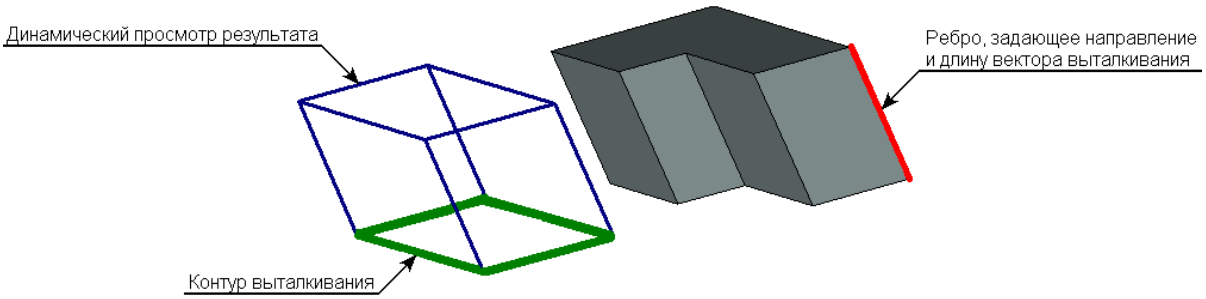
Длина выталкивания может быть задана тремя способами:

- ✓ Длиной вектора, задающего направление выталкивания;
- ✓ Произвольным числовым значением относительно положения исходного контура;
- ✓ Отступом относительно 3D точки или плоскости;
- ✓ Границами выталкивания.

Задание длины выталкивания по длине вектора направления

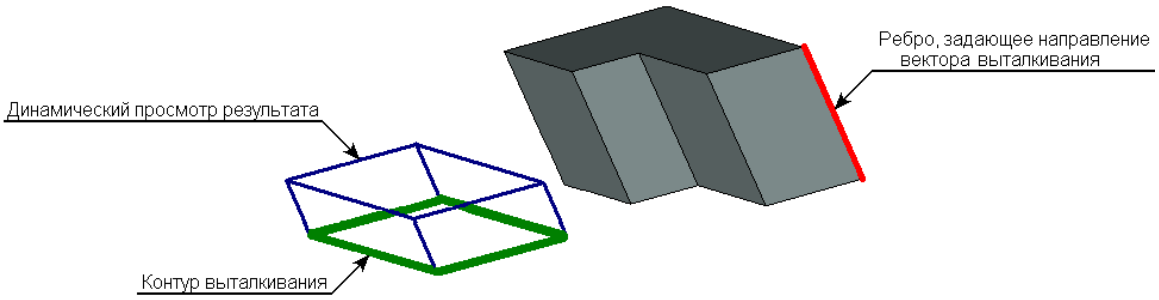
Вычисление длины выталкивания по длине вектора, задающего направление выталкивания, допустимо при задании направления двумя 3D точками или прямым ребром. Длина вектора

выталкивания в этом случае определяется расстоянием между заданными точками или длиной выбранного ребра. Выталкивание производится от положения исходного контура в прямом направлении на величину, равную длине вектора. Длина выталкивания в обратном направлении при необходимости может быть задана произвольным числовым значением или установлена равной длине выталкивания в прямом направлении.



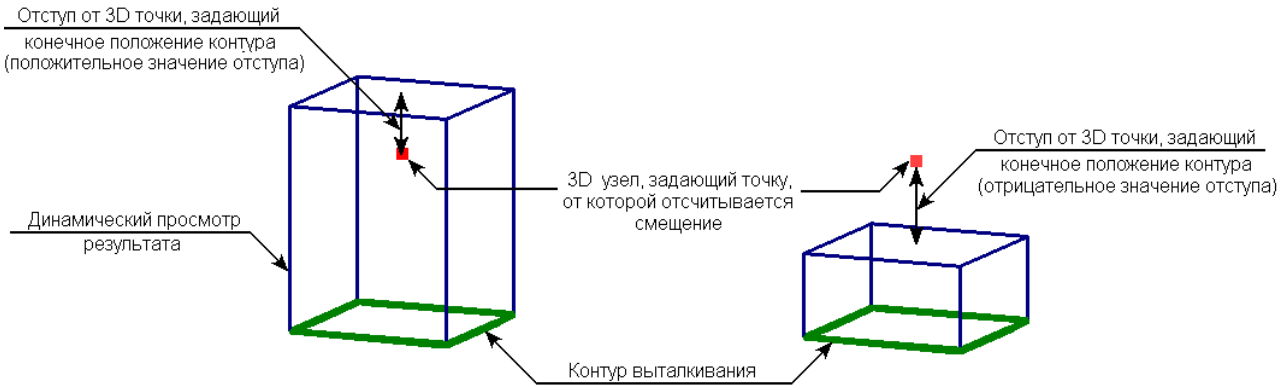
Задание длины выталкивания числовым значением

При использовании любых способов указания направления выталкивания длину выталкивания в прямом направлении (от положения исходного контура) можно задать произвольным числовым значением. Длина выталкивания в обратном направлении при необходимости задаётся произвольным числовым значением или устанавливается равной длине выталкивания в прямом направлении.



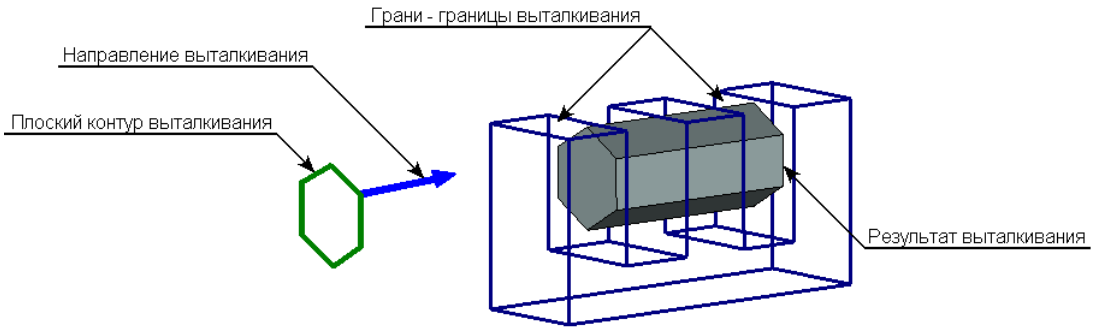
Задание длины выталкивания отступом относительно 3D точки или плоскости

Задание длины выталкивания отступом относительно произвольной 3D точки или плоскости возможно только при выталкивании плоского контура по нормали. Выталкивание производится от исходного положения контура до положения, заданного отступ.



Задание длины выталкивания границами выталкивания

При задании длины выталкивания с помощью границ выталкивание производится от одной границы до другой.



Типы границ

Граничные условия могут быть следующего типа:

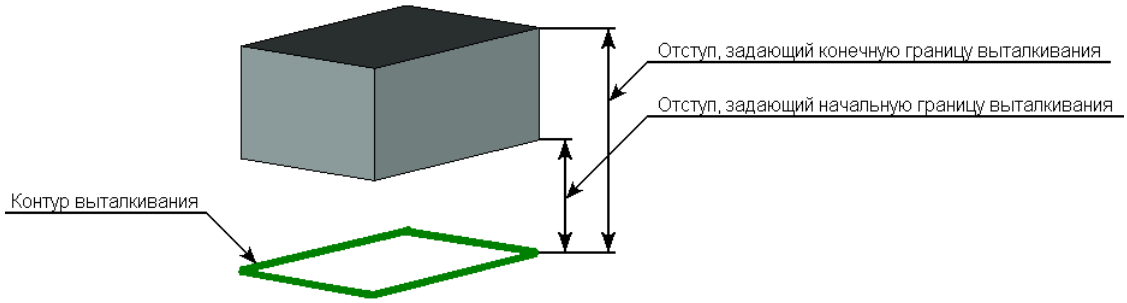
Отступ от плоскости исходного контура	Создаваемое тело ограничивается параллельно плоскости исходного профиля на заданном расстоянии от него
Ограничение точкой	Создаваемое тело ограничивается заданной 3D точкой
Ограничение поверхностью	Создаваемое тело ограничивается заданной поверхностью
Ограничение гранью	Создаваемое тело ограничивается заданной гранью
Ограничение твёрдым телом	Создаваемое тело ограничивается заданным твёрдым телом
Ограничение ближайшей в заданном направлении гранью тела	Создаваемое тело ограничивается ближайшей в данном направлении гранью заданного твёрдого тела

По габаритам тела	Создаваемое тела ограничивается с двух сторон заданным твёрдым телом
По габаритам тела в заданном направлении	Создаваемое тела ограничивается с одной стороны исходным положением профиля, а с другой стороны - заданным твёрдым телом
Ограничение листовым телом	Создаваемое тело ограничивается заданным листовым телом

Для успешного создания выталкивания по ограничениям необходимо, чтобы контур выталкивания полностью соприкасался с 3D элементом, заданным в качестве границы выталкивания

Отступ от плоскости исходного контура

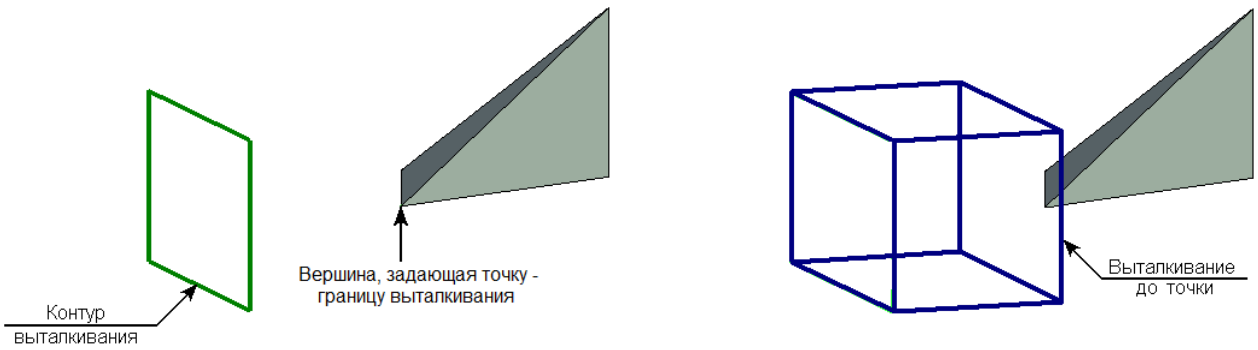
В качестве одной из границ выталкивания можно задать отступ от плоскости исходного контура. В этом случае выталкивание ограничивается на заданном расстоянии от исходного контура.



Ограничение точкой

В качестве границы выталкивания в прямом или обратном направлении можно указывать геометрическую 3D точку. В качестве 3D точки можно указывать 3D узел, вершину тела, середину ребра или любой другой 3D объект, способный определить точку.

Создаваемое выталкивание ограничивается заданной точкой.

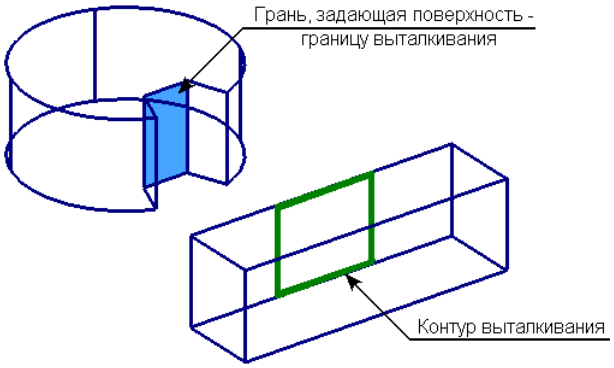


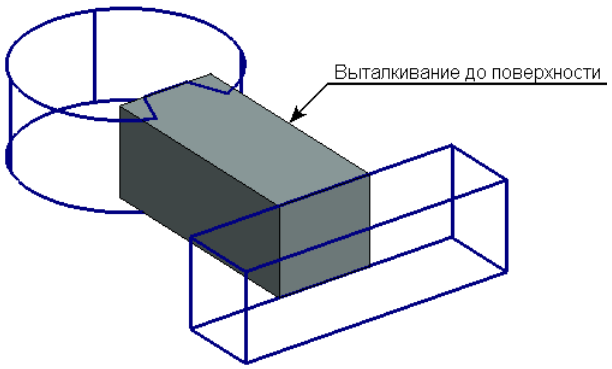
Ограничение поверхностью

В качестве одной из границ выталкивания можно задать поверхность. Для задания поверхности можно указать рабочую поверхность или плоскость. Допустимо также выбрать грань, плоское ребро

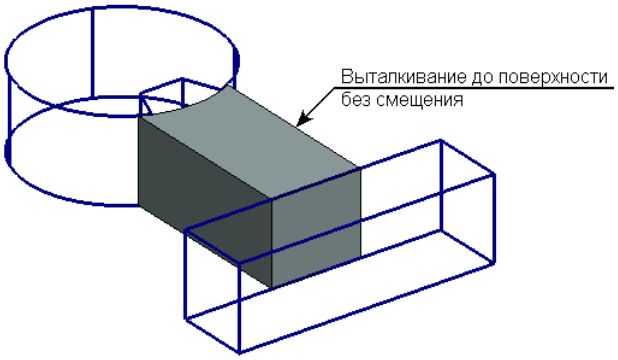
или простое тело (тело, все грани которого лежат на одной поверхности) – в этом случае в качестве границы выталкивания используется геометрическая поверхность, на которой лежит выбранный элемент.

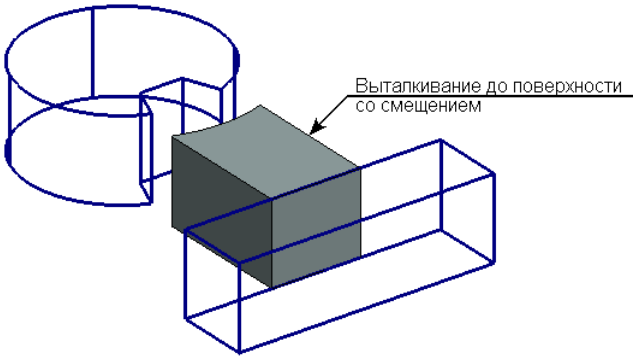
Создаваемое выталкивание ограничивается всей поверхностью. Если поверхность была задана лежащим на ней элементом, она по возможности продлевается за его пределы. Некоторые сложные поверхности, например, поверхности под сплайновой гранью тела, полученного в результате операции “По сечениям”, продлить невозможно. В этом случае границы поверхности совпадут с границами определяющего её объекта.





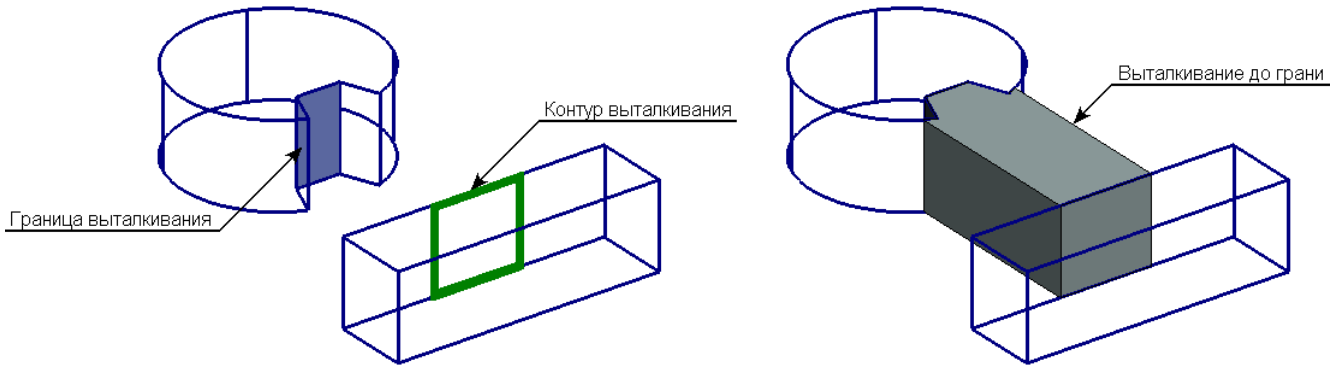
Дополнительно можно указать смещение относительно заданной поверхности (положительное значение задаёт отступ от внешней стороны поверхности).





Ограничение гранью

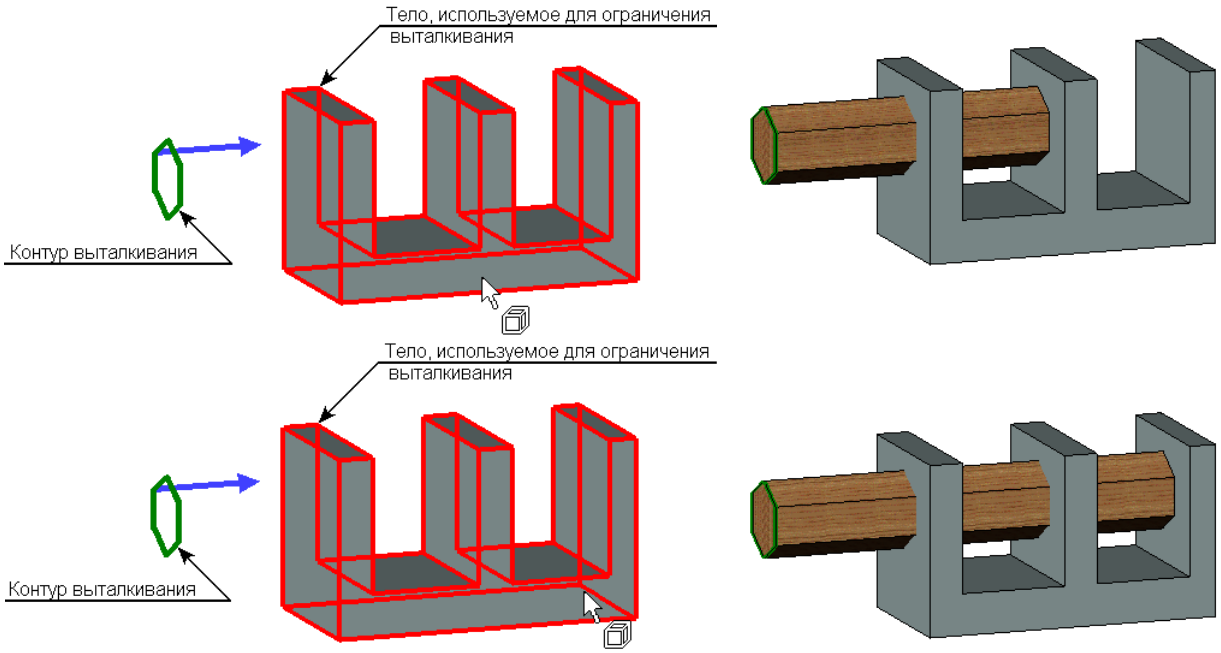
При выборе ограничения гранью создаваемое тело выталкивается в заданном направлении и ограничивается указанной гранью. Когда контур лишь частично соприкасается с выбранной гранью, для ограничения используются дополнительные грани, смежные с выбранной.



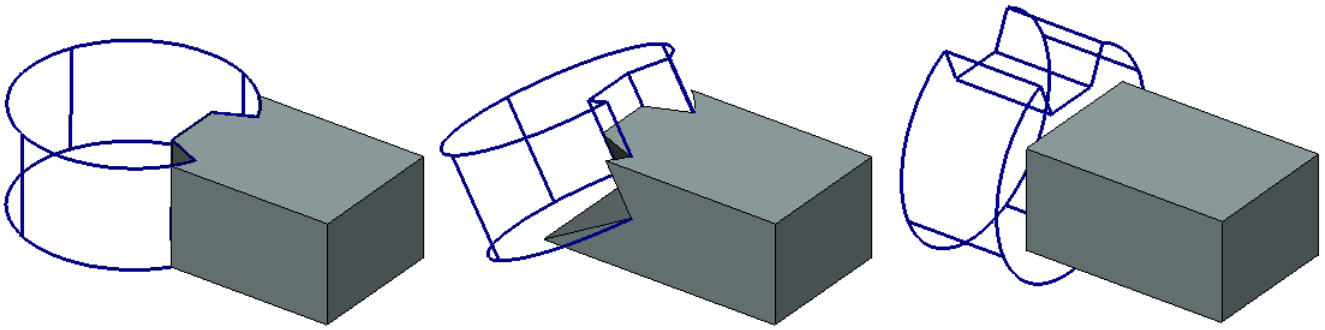
Ограничение твёрдым телом

В качестве границы выталкивания можно задать твёрдое тело. Создаваемое тело выталкивается в нужном направлении до нахождения пересечения с гранями заданного тела. Ограничение выталкивания производится так же, как и при указании в качестве границы конкретной грани.

Если граничное тело пересекается с создаваемым в нескольких местах, выбирается пересечение, ближайшее к месту клика мыши при выборе тела.



Ограничение телом является более надёжным способом, чем ограничение определённой гранью, так как при изменении топологии выбранного объекта (исчезновении или перемещении выбранной для обрезки при создании выталкивания грани тела) выталкивание будет ограничено новым набором граней.

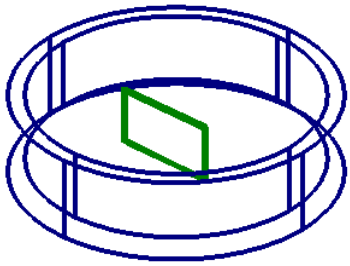


Ограничение ближайшей в заданном направлении гранью тела

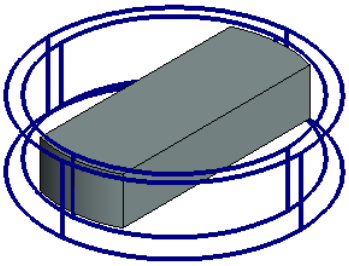
Частным случаем выталкивания до тела является выталкивание **до ближайшей грани тела** в заданном направлении. В этом случае всегда выбирается ближайшее пересечение с выбранным телом в заданном направлении выталкивания (прямом или обратном).

При задании подобного вида ограничения необходимо соблюдать ряд условий:

- ✓ Заданные границы выталкивания (хотя бы одна из которых – "До ближайшей грани") должны лежать по разные стороны относительно исходного контура. Исключением из данного правила является случай, когда вторая граница выталкивания задаётся отступом от плоскости исходного контура.
- ✓ Тело, ближайшая грань которого будет ограничивать выталкивание, должно лежать в прямом направлении от исходного контура, когда оно задаёт первую границу, и в обратном направлении, когда оно задаёт вторую границу.



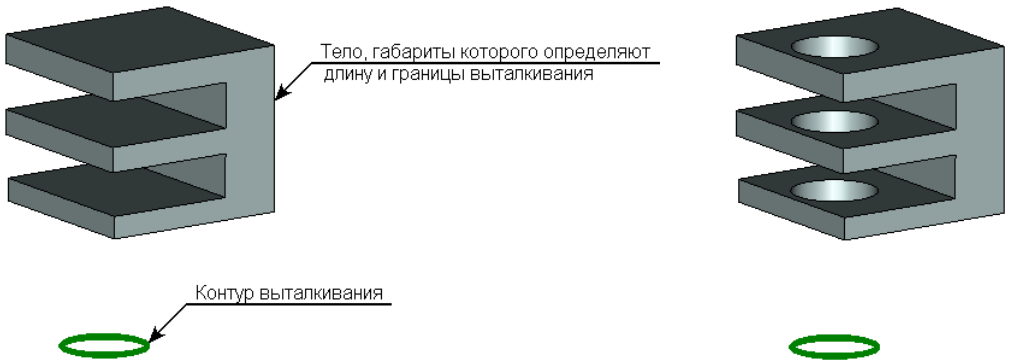
В качестве обоих границ выталкивания типа "До ближайшей грани" выбирается одно и то же цилиндрическое тело



Результат выталкивания

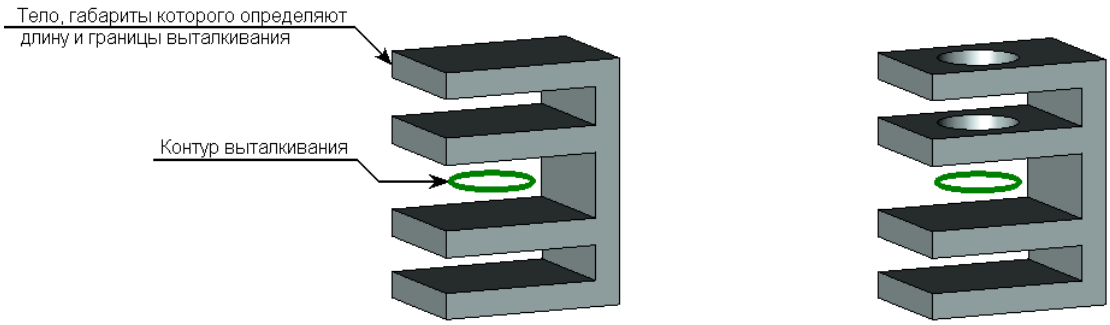
Через всё тело

Ещё одной разновидностью ограничения выталкивания пересечением с твёрдым телом является способ задания границ **Через всё**. Особенностью данного способа является одновременное задание обоих ограничений выталкивания и обязательное одновременное выполнение булевой операции вычитания или пересечения. Величина выталкивания определяется габаритами выбранного ограничивающего тела. Это тело будет использовано в качестве первого операнда булевой операции. Данный способ можно использовать, например, при создании сквозных отверстий в каком-либо теле.



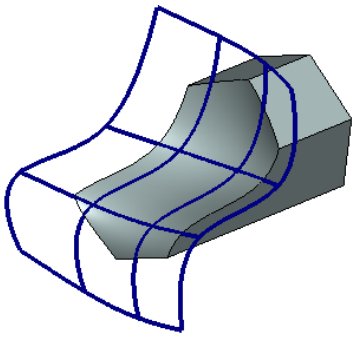
Через всё тело в заданном направлении

Этот способ ограничения выталкивания очень похож на предыдущий. Различие только в том, что в данном случае выталкивание производится только в прямом направлении от исходного положения контура. Таким образом, результирующее тело ограниченно с одной стороны исходным положением контура, а с другой стороны - выбранным ограничивающим телом. Как и в предыдущем случае, для данного способа обязательно одновременное выполнение булевой операции вычитания или пересечения.



Ограничение листовым телом

Ограничение выталкивания листовым телом осуществляется аналогично общему случаю ограничения твёрдым телом. В качестве границы выталкивания выбирается операция (поверхность), грань или 3D профиль. Создаваемое тело выталкивается в нужном направлении до нахождения пересечения с заданным листовым телом.



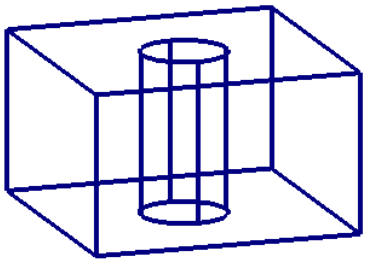
Если листовое тело пересекается с создаваемым в нескольких местах, выбирается пересечение, ближайшее к месту клика мыши при его выборе.

Дополнительные возможности выталкивания

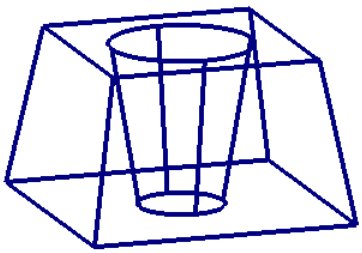
Создание уклонов

При создании выталкивания возможно автоматическое создание уклона боковых граней. Все боковые грани создаваемого тела отклоняются от своего исходного положения на заданный угол.

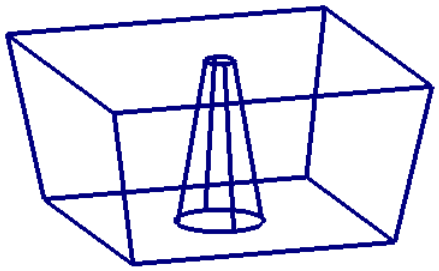
Направление отклонения граней зависит от заданного угла наклона и типа тела. Если результат выталкивания – твёрдое тело, то задание положительного значения угла наклона приводит к отклонению граней внутрь тела. Для получения обратного результата достаточно задать отрицательный угол наклона граней.



Выталкивание (твёрдое тело) без уклона



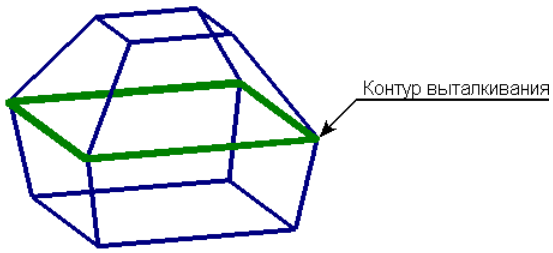
Выталкивание (твёрдое тело) с уклоном. Положительное значение угла наклона



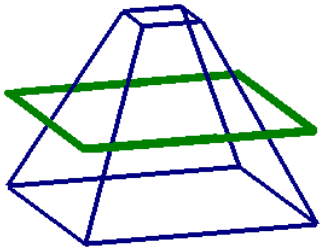
Выталкивание (твёрдое тело) с уклоном. Отрицательное значение угла наклона

При создании листового тела выбор направления отклонения граней остаётся за системой. Если решение системы отлично от желаемого, достаточно изменить знак заданного значения угла.

Угол наклона граней может задаваться как отдельно для каждого направления выталкивания (при задании длины выталкивания числовым значением или длиной вектора направления), так и для всего выталкивания в целом (при задании длины выталкивания указанием границ).



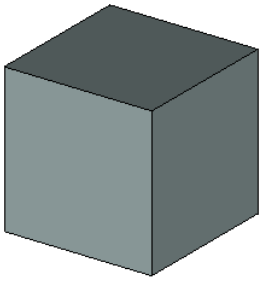
Создание разных уклонов в прямом и обратном направлении на выталкивании с заданием длины числовым значением



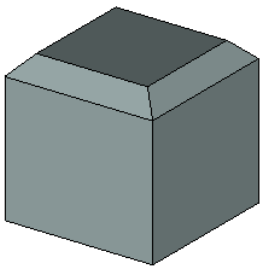
Создание однородного уклона на выталкивании с границами

Создание сглаживания

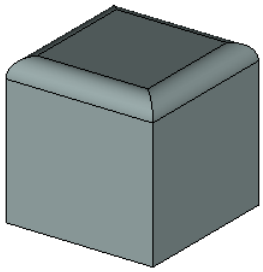
При создании выталкивания возможно одновременное сглаживание образующихся в процессе выталкивания боковых рёбер. Если результатом выталкивания является твёрдое тело, можно также добавить скругления или фаски на торцевых гранях результирующего тела.



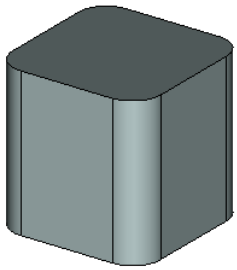
Результат выталкивания без сглаживания



Выталкивание с созданием фаски на одной из торцевых граней



Выталкивание со скруглением рёбер одной из торцевых граней



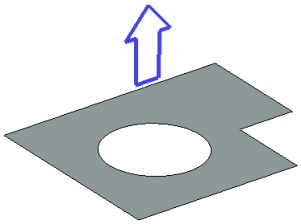
Выталкивание со скруглением боковых рёбер

Создание тонкостенных тел

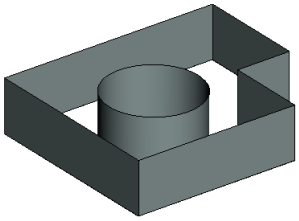
Дополнительный режим создания тонкостенного элемента позволяет изменить результат выталкивания. В результате получается тело, аналогичное созданному с помощью операции “Оболочка”. Данный режим доступен только при выталкивании плоских контуров.

При выталкивании любого плоского контура в режиме создания тонкостенного элемента первоначальным результатом выталкивания является листовое тело. Далее оно обрабатывается в зависимости от выбранного типа стенок:

Нет толщины – результат выталкивания остаётся без изменений (применяется для получения листового тела на основе листового же контура; для проволочного контура результат совпадает с результатом выталкивания без включения режима тонкостенного элемента);

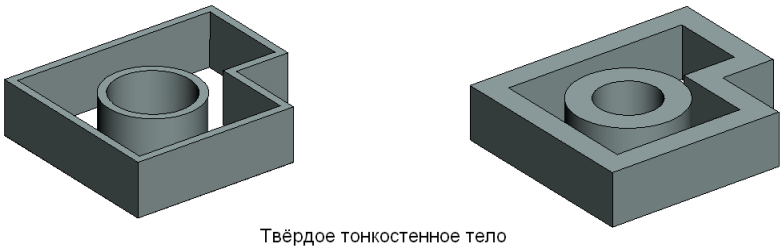


Исходный листовой профиль



Листовое тело

С приданием необходимой толщины боковым стенкам различными способами (внутрь, наружу, симметрично, с разной толщиной стенок внутри и снаружи исходной грани) – из листового тела создаётся тонкостенное твёрдое тело путём придания толщины стенкам.



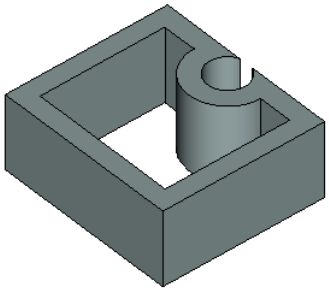
Твёрдое тонкостенное тело

Новые грани в тонкостенном теле образуются выталкиванием контура, эквидистантного к исходному контуру выталкивания. Форма граней зависит от способа обработки зазоров при создании эквидистантного контура:

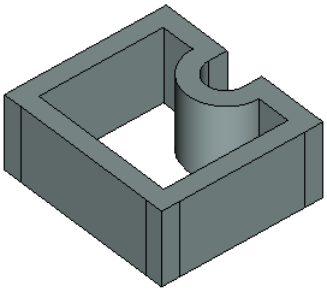
По кривой – строится продолжение кривых, образующих исходный контур.

По прямой – из точек разрыва строятся прямые линии, касательные к линиям контура в точках разрыва

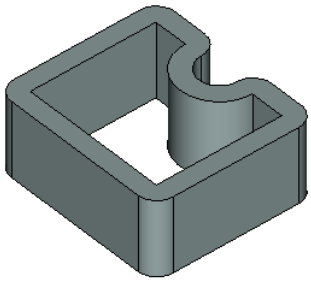
Со скруглением – строится скругление между конечными точками соседних сегментов создаваемого контура.



Создание тонкостенного тела наружу с обработкой зазоров "По кривой"



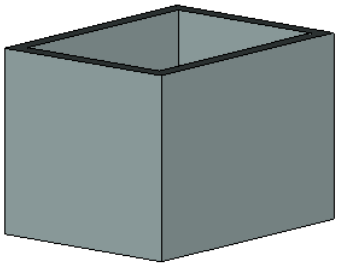
Создание тонкостенного тела наружу с обработкой зазоров "По прямой"



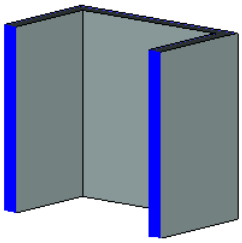
Создание тонкостенного тела наружу с обработкой зазоров скруглением

Создание “донышка” и “крышки”

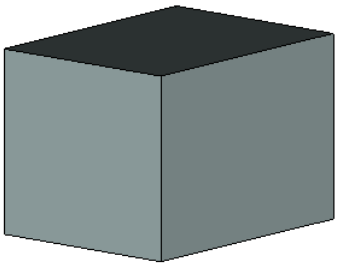
При создании тонкостенного тела получается тело, имеющее только боковые стенки. При необходимости можно автоматически добавить в результирующее тело “донышко” и “крышку” – торцевые стенки определённой толщины.



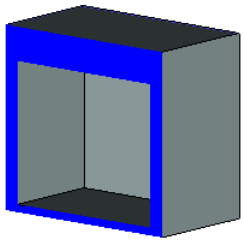
Результат выталкивания проволочного контура с приданием толщины боковым стенкам



Результат выталкивания проволочного контура с приданием толщины боковым стенкам (при включённой плоскости обрезки)



Результат выталкивания проволочного контура с приданием толщины боковым стенкам и созданием "донышка" и "крышки"

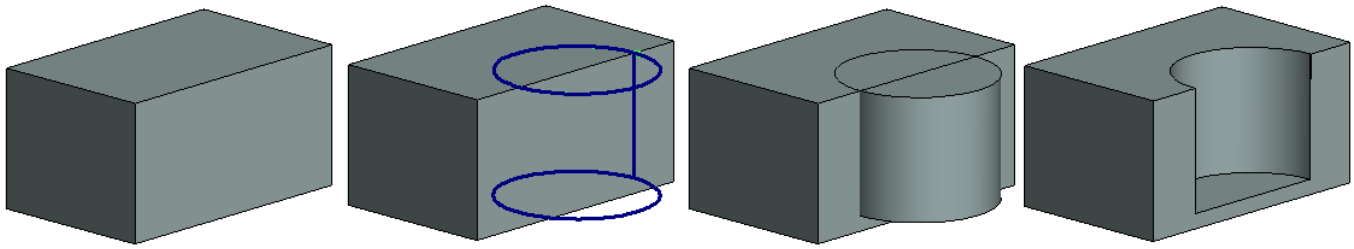


Результат выталкивания проволочного контура с приданием толщины боковым стенкам и созданием "донышка" и "крышки" (при включённой плоскости обрезки)

Данная возможность недоступна при выталкивании с заданием границ.

Использование создаваемого тела в булевой операции

Для ускорения процесса моделирования существует возможность одновременно с выполнением операции выталкивания автоматически выполнить булеву операцию, т.н. «автобулеву».



Исходное тело | Создание выталкивания | Результат выталкивания без применения булевой операции | Результат выталкивания с одновременным применением булевой операции вычитания

Создание операции выталкивания

Для создания операции выталкивания используется команда **3X: Создать выталкивание**. Вызов команды может быть выполнен одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Выталкивание
Клавиатура	Текстовое меню
<3X>	Операции > Выталкивание

Для работы в команде используются совместно автоменю и окно свойств. Они работают синхронно и дополняют друг друга. Состояние автоменю зависит от стадии задания операции, от предназначения и типа выбираемых объектов.

Для создания операции нужно выполнить следующие действия:

- ✓ Выбрать контур выталкивания;
- ✓ Указать направление выталкивания (необязательное действие при выталкивании по нормали);
- ✓ Задать длину или границы выталкивания (в ряде случаев - необязательное действие);
- ✓ Задать дополнительные параметры (уклон, сглаживания, режим тонкостенного элемента, создание булевой операции) (необязательное действие);
- ✓ Подтвердить создание операции.

Выбор контура выталкивания

Для создания операции в первую очередь необходимо задать контур выталкивания. После вызова команды в автоменю автоматически активизируется опция:

	<R>	Выбрать контур

Данная опция содержит список фильтров выбора 3D элементов, которые можно использовать в качестве контура выталкивания: цикл, ребро, грань, 3D профиль и другие проволочные и листовые объекты. При выборе элементов следует обращать внимание на активные фильтры. О работе с данными фильтрами подробнее написано в главе “Основные принципы и понятия 3D моделирования в T-FLEX CAD”.

Для задания контура выталкивания необходимо в 3D окне подвести курсор к нужному элементу. Указанный элемент будет подсвечен, у курсора появится подсказка с его названием. Для выбора необходимо нажать .

> 3D профили, созданные на основе штриховки, можно выбрать указанием на исходную штриховку в 2D окне.

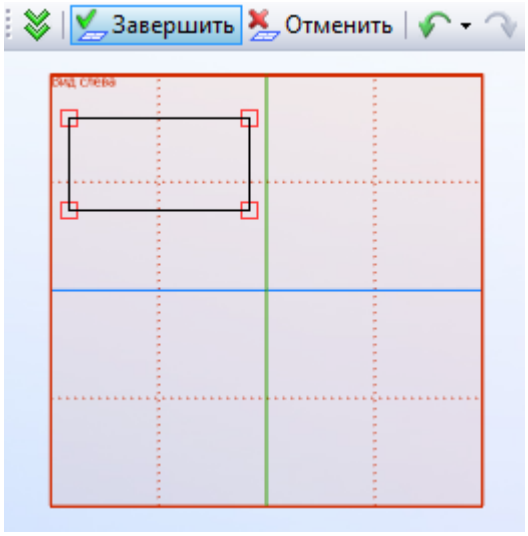
После выбора контура выталкивания в автоменю станет доступна опция отмены выбранного контура:

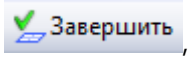
	<H>	Отменить выбор контура

Вызов команды с автоматическим выбором контура

Удобным способом работы с операцией выталкивания является вызов команды с автоматическим выбором контура выталкивания.

Используя режим черчения на активной рабочей плоскости (см. главу “Рабочие плоскости”), нужно начертить контур выталкивания.



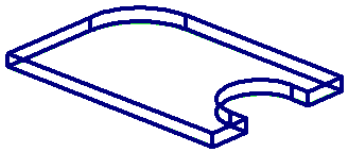
Затем, не выходя из режима активной рабочей плоскости по 

, нужно вызвать команду **3X: Создать выталкивание.** При этом система автоматически создаст 3D профиль на основе линий изображения основного типа, либо на основе штриховки и выберет его в качестве контура выталкивания.

Задание направления выталкивания

После выбора листового или плоского проволочного контура система автоматически предлагает создавать выталкивание по нормали.

Это легко понять по появившемуся в 3D сцене предварительному рёберному изображению создаваемого тела. Направление выталкивания в этом случае задавать не требуется. Отказаться от данного вида выталкивания можно, просто задав другое направление выталкивания, определив вектор направления.



Если предварительное изображение не появилось в 3D сцене, следовательно, выталкивание по нормали для данного контура невозможно.

Задать вектор направления выталкивания по элементу 3D модели позволяет опция:

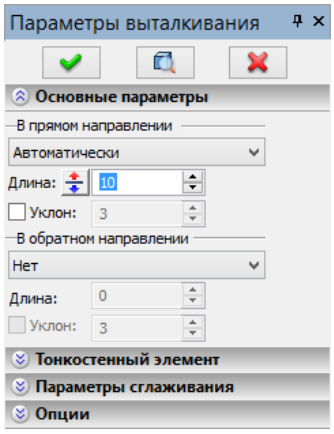
	<D>	Выбрать направление

Данная опция позволяет выбрать 3D элемент, способный определить вектор направления выталкивания. Выпадающий список данной опции содержит фильтры выбора соответствующих объектов. При выборе элементов следует обращать внимание на активные фильтры.

Определить вектор направления выталкивания по двум 3D точкам позволяют следующие опции автоменю (активизируются последовательно):

	<F>	Выбрать начальную точку выталкивания
	<S>	Выбрать конечную точку выталкивания

3D точку можно задать выбором 3D узла, вершины на теле, профиле, пути. Также можно указать ребро – в качестве 3D точки будет взята его середина (для прямого ребра) или центр (для ребра в виде полной окружности, дуги окружности или эллипса). Выбор сферической или торической грани даст в качестве точки центр сферы/тора. Система координат даст в качестве 3D точки своё начало.



Набор допустимых для выбора элементов определяется состоянием фильтров выбора в выпадающих списках указанных опций.

Помимо опций автоменю, для задания направления может использоваться и диалог окна свойств. Кнопка  диалога позволяет быстро изменить направление выбранного вектора или нормалей к поверхности на противоположное.

Последняя опция группы опций автоменю для задания направления отменяет сделанный выбор вектора:

	<K>	Отменить задание направления выталкивания

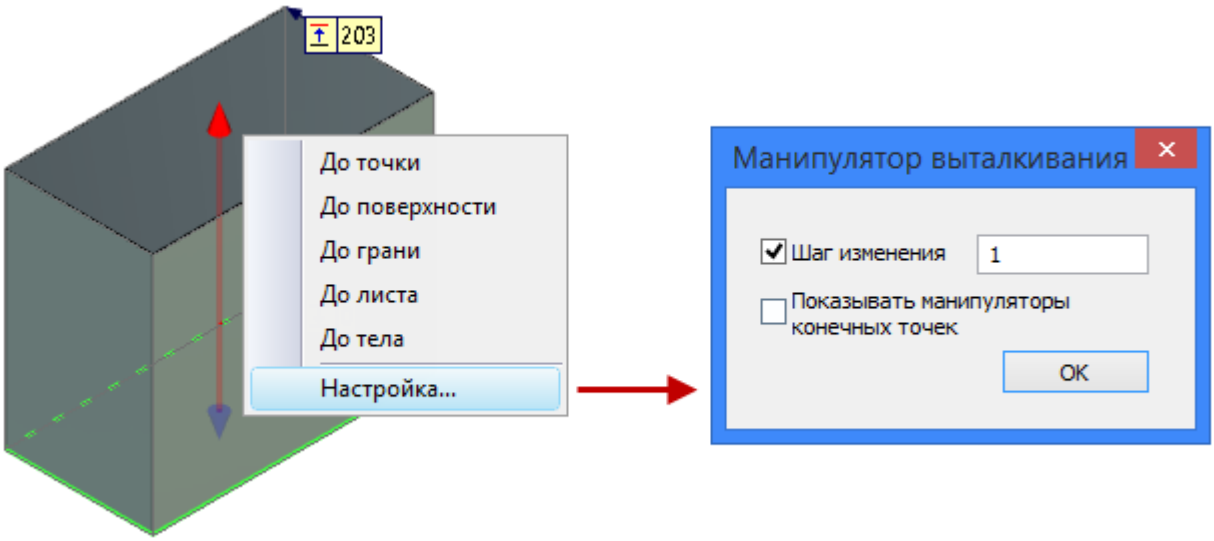
Задание длины выталкивания

Способ задания длины выталкивания устанавливается в окне свойств команды в разделе **Основные параметры**. Данный раздел содержит две группы параметров – **В прямом направлении** и **В обратном направлении**. Каждая группа содержит список вариантов, с помощью которых задаётся способ задания длины в определённом направлении или типы граничных условий.

Манипулятор выталкивания

Для задания длины, а также направления выталкивания можно использовать специальный манипулятор в виде большой двунаправленной стрелки, окрашенной в два цвета. Положительное направление выталкивания обозначено красным цветом, отрицательное – синим. Манипулятор имеет контекстное меню (вызываемое нажатием), в котором доступны дополнительные опции:

- ✓ настройка шага манипулятора;
- ✓ отображения дополнительных элементов манипулятора – шариков на концах стрелочки (используются для задания направления выталкивания двумя 3D точками);
- ✓ выбор типа границ выталкивания (граничной поверхности, грани, Тела).

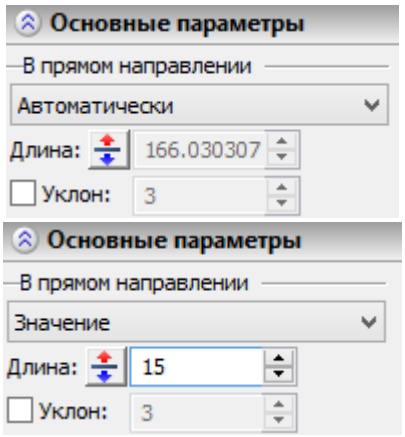


Все элементы манипулятора (ось стрелки, окончания в виде конусов и скрытые по умолчанию точки-шарики на концах стрелки) обладают собственной функциональностью. Клик на шарик на конце стрелки переводит команду в режим задания первой и второй точек направления выталкивания. Клик на ось стрелки переводит команду в режим выбора направления выталкивания. Клик на стрелку (конус) или перетаскивание стрелки позволяют задавать границы выталкивания по величине или привязкой к геометрической точке.

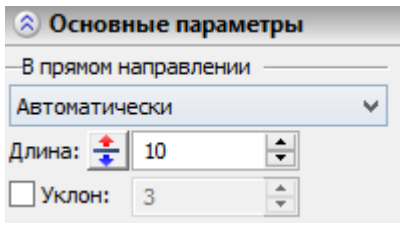
Задание длины выталкивания по длине вектора направления или числовым значением

По умолчанию для выталкивания в прямом направлении установлено значение **Автоматически**. Оно позволяет системе самой выбрать способ задания длины выталкивания в прямом направлении (в зависимости от способа задания направления выталкивания).

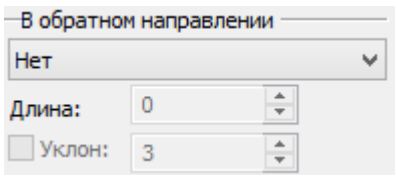
При задании направления выталкивания вектором система попытается определить длину выталкивания в прямом направлении по длине вектора. Это возможно только при задании вектора двумя 3D точками или прямым ребром. Поле значения длины выталкивания в прямом направлении становится недоступным для редактирования. Числовое значение, отражаемое в данном поле, указывает взятое с вектора значение длины. Для отказа от данного режима можно принудительно установить режим задания длины выталкивания (в прямом направлении) числовым значением. Для этого достаточно изменить способ задания длины на **Значение**.



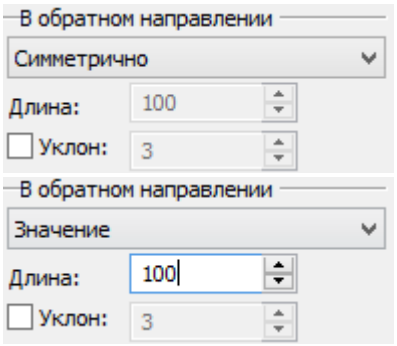
При задании вектора направления другими способами (например, по оси цилиндрической грани или нормали к поверхности), а также в случае выталкивания по нормали, определить длину выталкивания по длине вектора направления невозможно. В этой ситуации система предложит задать длину выталкивания числовым значением. Поле **Длина** станет доступным для ввода, в нём необходимо указать требуемое значение длины выталкивания (в прямом направлении).



Выталкивание в обратном направлении по умолчанию не производится. В группе параметров **В обратном направлении** в этом случае установлен вариант **Нет**. При этом поля для задания длины выталкивания и уклона в обратном направлении недоступны.



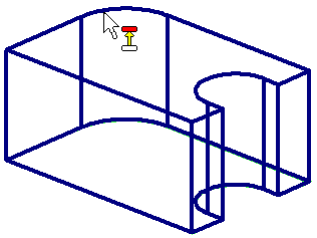
Если необходимо выполнить выталкивание в обратном направлении, следует выбрать другой вариант задания длины из списка. Чтобы длина выталкивания в обратном направлении совпадала с длиной выталкивания в прямом направлении, необходимо выбрать вариант **Симметрично**. Значение поля **Длина** останется недоступным.



Для задания длины выталкивания в обратном направлении независимым числовым значением следует выбрать вариант **Значение**. Поле для ввода значения длины станет доступным.

Предварительное рёберное изображение в 3D сцене показывает результат выталкивания при заданных параметрах. Кроме того, его также можно использовать для задания значения длины выталкивания как в прямом, так и в обратном направлении.

При подводе курсора к предварительному изображению создаваемого тела вид курсора меняется на (для выталкивания в прямом направлении) или (для выталкивания в обратном направлении). Передвигая курсор при нажатой , можно в динамическом режиме устанавливать величину выталкивания. Численное значение заданной длины отражается в окне свойств.



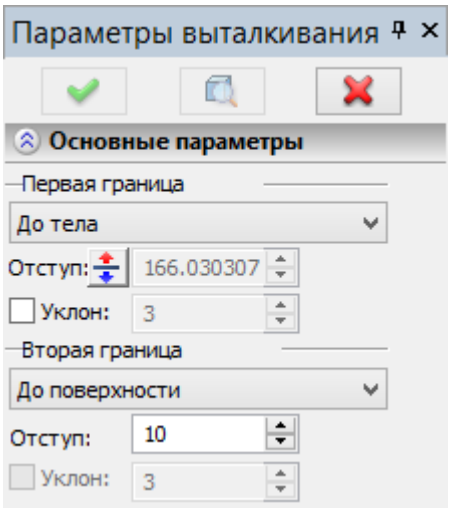
> Шаг, с которым перемещается динамический курсор, зависит от степени приближения объекта. Например, если постепенно приближать камеру, то в определённый момент шаг уменьшится в 10 раз.

Следует учесть, что при установке для выталкивания в прямом направлении режима определения длины по длине вектора выталкивания отражающееся в 3D сцене предварительное рёберное изображение позволяет динамически изменять длину только в обратном направлении. При выборе для длины выталкивания в обратном направлении варианта “Симметрично” изменить значение длины в этом направлении с помощью мыши также невозможно.

Задание границ выталкивания

Режиму задания длины с помощью границ соответствуют следующие варианты в списках способа задания длины выталкивания: **Через всё**, **Через всё по направлению**, **До поверхности**, **До грани**, **До тела**, **До листа**, **Отступ**, **До ближайшей грани**.

Задание границ выталкивания осуществляется с одновременным использованием окна свойств и автоменю. В окне свойств в параметрах выталкивания в прямом и обратном направлении выбирается тип каждой границы. Там же, при необходимости, задаются её параметры.



> Название групп параметров (“В прямом направлении”, “В обратном направлении”) при задании границ носит условный характер. Расположение границ относительно направлений выталкивания в общем случае может быть произвольным. Исключением является только граничное условие типа “До ближайшей грани”, задаваемое для определённого направления выталкивания.

После выбора типа границы в автоменю становится активна одна из следующих опций:

	<T>	Выбрать первую границу выталкивания
	<B>	Выбрать вторую границу выталкивания

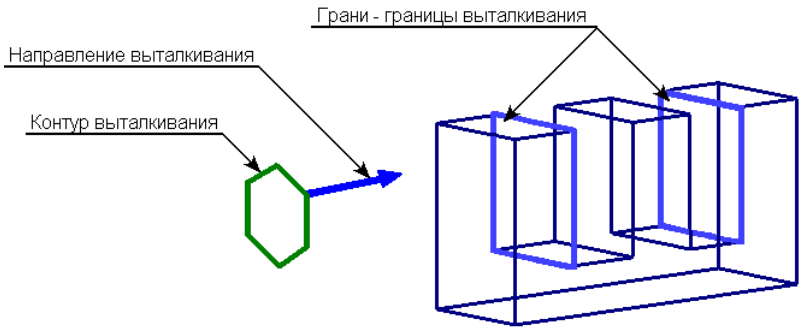
Данные опции используются для выбора 3D элементов, задающих граничные условия. Данные опции могут иметь выпадающие списки, содержащие фильтры для выбора 3D элементов. Наличие и содержимое списка определяется заданным типом соответствующей границы.

Отменить сделанный выбор позволяет последняя кнопка данной группы автоменю. В зависимости от состояния команды на ней может находиться пиктограмма одной из опций отмены границ:

	<U>	Сбросить первую границу выталкивания
	<U>	Сбросить вторую границу выталкивания
	<U>	Сбросить границы выталкивания

Опция  доступна в режиме задания первой границы (при активной опции ). Опция  доступна в режиме задания второй границы (при активной опции ). Когда команда находится в других режимах (например, в автоменю активна опция выбора контура или направления), отображается опция отмены сразу обоих границ .

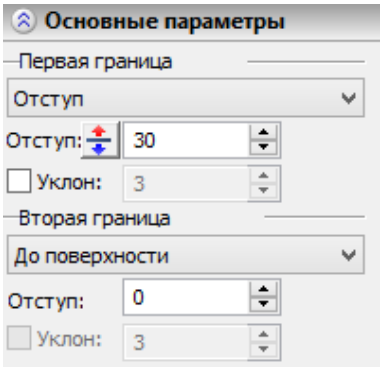
При использовании границ в 3D окне показывается вектор направления выталкивания (в виде голубой стрелки) и элементы, выбранные в качестве границ (по умолчанию помечаются *голубым* цветом).



Предварительное рёберное изображение создаваемого выталкивания не показывается. Для предварительного просмотра результата операции необходимо воспользоваться опцией просмотра автоменю или аналогичной кнопкой окна свойств:

	<F5>	Предварительный просмотр результата операции

Тип первой границы выбирается в параметрах выталкивания в прямом назначении. Из списка можно выбрать следующие варианты:



Отступ. Условие типа "От плоскости исходного контура". В параметрах выталкивания необходимо задать значение отступа от плоскости исходного контура в поле **Отступ**.

До поверхности. Условие типа "Ограничение поверхностью". В 3D сцене необходимо выбрать рабочую поверхность/плоскость, грань, плоское ребро, простое тело или профиль. Список доступных для выбора элементов определяется состоянием фильтров опции .

При необходимости можно задать смещение относительно заданной поверхности в поле **Отступ**.

До грани. Условие типа "Ограничение гранью". В 3D сцене необходимо выбрать грань, которая будет ограничивать выталкивание.

До тела. Условие типа "Ограничение твёрдым телом". В 3D сцене необходимо выбрать тело, пересечением с которым будет ограничено выталкивание. Если выбранное тело имеет с выталкиванием несколько пересечений, выбирается ближайшее к месту клика мышью при выборе тела.

До ближайшей грани. Условие типа "Ограничение ближайшей в заданном направлении гранью тела". В 3D сцене необходимо выбрать тело, ближайшая грань которого будет ограничивать выталкивание.

Обязательным условием является правильное положение заданного тела. Для первой границы выбранное тело должно находиться в прямом направлении выталкивания относительно исходного контура. Для второй границы тело должно лежать в обратном направлении.

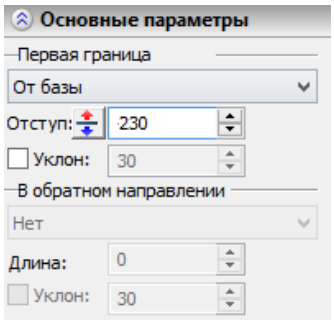
Через всё, **Через всё по направлению**. Условия типов “По габаритам тела” и “По габаритам в заданном направлении” соответственно. Для данных граничных условий вторая граница не задаётся.

При выборе граничных условий данных типов автоматически включается режим создания булевой операции (“Вычитание” или “Пересечение”). Тело, габариты которого будут определять длину выталкивания, задаётся как первый операнд булевой операции.

До листа. Условие типа “Ограничение листовым телом”. В 3D сцене необходимо выбрать листовое тело, грань или 3D профиль. Список доступных для выбора элементов определяется состоянием фильтров опции .

Тип второй границы задаётся в параметрах выталкивания в обратном направлении аналогично. Список доступных для выбора 3D элементов для каждого типа граничного условия определяется состоянием опции .

Задание длины выталкивания отступом относительно 3D точки или плоскости



Этот способ задания длины выталкивания включается при выборе в окне свойств варианта **От базы** либо при выборе в автоменю одной из опций:

	<Ctrl+N>	Выбрать точку задания длины выталкивания
	<Ctrl+P>	Выбрать плоскость задания длины выталкивания

Обе опции имеют выпадающие списки с фильтрами выбора геометрических объектов, определяющих 3D точку или плоскость.

Отменить выбор точки или плоскости можно с помощью опции:

	<Ctrl+F>	Отменить выбор базы для задания длины выталкивания

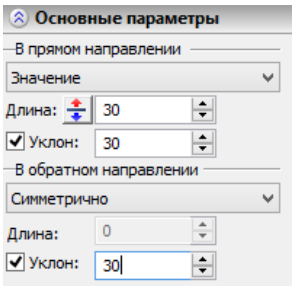
Задание дополнительных возможностей операции

Результат применения дополнительных возможностей выталкивания не отображается в 3D сцене на предварительном рёберном изображении создаваемого тела. Для его просмотра необходимо воспользоваться опцией .

Создание уклонов

Значение уклона указывается в окне свойств. В случае задания длины выталкивания произвольным числовым значением или по длине вектора направления отдельно указываются значения уклонов для выталкиваний в прямом и обратном направлении.

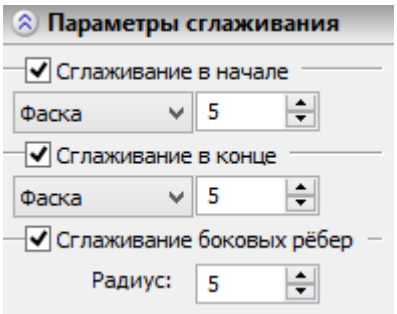
Для задания уклона в любом направлении выталкивания необходимо в соответствующей группе параметров (**В прямом направлении**, **В обратном направлении**) установить флажок **Уклон**. После этого станет доступно для редактирования поле для ввода числового значения уклона.



Когда длина выталкивания задаётся граничными условиями, значение уклона по всей длине выталкивания одинаковое. Численное его значение задаётся в параметрах первой границы выталкивания (в группе **В прямом направлении**).

Создание сглаженных рёбер

Параметры различных видов сглаживания можно задать в окне свойств в разделе **Параметры сглаживания**:



Группы параметров **Сглаживание в начале** и **Сглаживание в конце** определяют параметры сглаживаний на торцевых гранях выталкивания. Для создания сглаживания необходимо установить соответствующий флажок, выбрать из списка тип сглаживания – **Скругление** или **Фаска** и задать размер сглаживания.

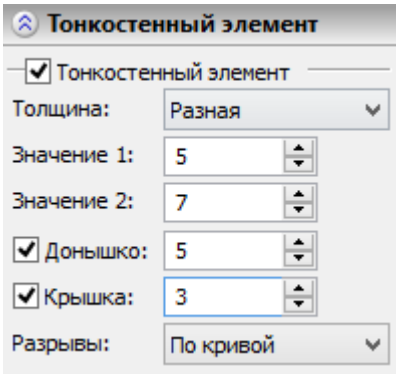
> Начальной считается торцевая грань, встречающаяся первой при движении в прямом направлении выталкивания.

Флажок **Сглаживание боковых рёбер** устанавливает режим скругления боковых рёбер выталкивания. Радиус скругления задаётся параметром **Радиус**.

Создание тонкостенных тел, “донышка” и “крышки”

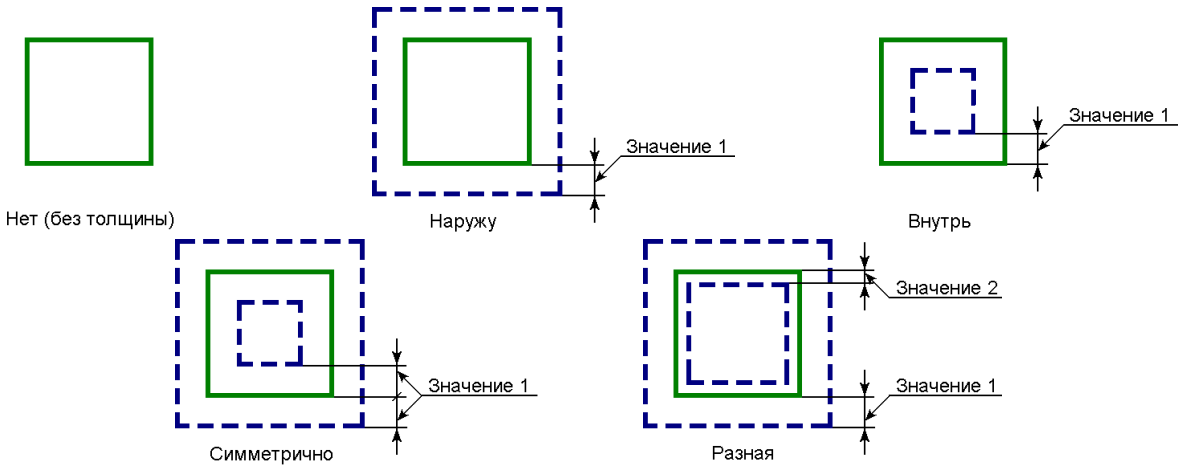
Параметры режима создания тонкостенного элемента можно задать в окне свойств в разделе **Тонкостенный элемент**. Для включения режима создания тонкостенного тела необходимо установить флажок **Тонкостенный элемент**. При включенном флажке становятся доступны параметры данного режима:

Толщина. Определяет способ придания толщины стенкам создаваемого тонкостенного тела. Из списка можно выбрать следующие варианты:



Нет. Без придания толщины боковым стенкам (результатом выталкивания будет листовое тело).

Наружу, Внутрь, Симметрично, Разная. Задают различные способы придания толщины. Результат применения каждого из этих способов показан на рисунках. Толщина стенки задаётся параметрами **Значение 1** и **Значение 2**.



Способ обработки зазоров при создании новых граней стенок задаётся параметром **Разрывы**: **По прямой**, **Скруглить**, **По кривой**.

Для создания “донышка” и “крышки” необходимо установить в параметрах одноимённые флажки и задать требуемую толщину этих элементов.

Использование создаваемого тела в булевой операции

Для создания булевой операции необходимо:

Включить режим создания булевой операции с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+B>	Режим создания булевой операции: «Сложение»

Булева операция создаётся при нажатой пиктограмме.

Выбрать тип создаваемой операции с помощью опции автоменю, содержащей выпадающий список:

	<Ctrl+'+'>	Сложение

	<Ctrl+'-'>	Вычитание
	<Ctrl+'*'>	Пересечение
	<Ctrl+'I'>	Интеллектуальный

Принцип действия интеллектуального режима:

- ✓ Если создаваемое тело и выбранное тело (явно или неявно) имеют пересечение объёмами - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело полностью лежит внутри выбранного тела - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело касается выбранного тела – тип булевой операции: **сложение.**
- ✓ Если условия, указанные в пунктах 1, 2, 3, не выполнены, или выбранное тело лежит внутри создаваемого, или при определении типа проникновения тел возникла ошибка – тип булевой **не определён**, **булева операция не будет создана**.

Выбрать первый операнд булевой операции (в некоторых случаях – необязательное действие) с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+T>	Выбрать исходное тело для булевой операции

Если в сцене присутствует всего одно тело, то оно выбирается автоматически. Создаваемое в операции выталкивания новое тело является вторым операндом булевой операции.

После подтверждения создания операции сначала создаётся тело выталкивания, а затем выполняется булева операция заданного типа.

Вращение

Результатом выполнения операции вращения является тело, образующееся при вращательном перемещении формообразующего элемента (контура вращения) вокруг пространственной оси. Поверхность профиля может располагаться произвольным образом относительно оси, но не должна пересекать её. Плоский контур не должен быть перпендикулярен оси вращения.

В качестве контура вращения можно использовать объекты с проволочной и листовой геометрией. Результатом вращения являются листовые или твёрдые тела.

Ось вращения можно задать любыми подходящими 3D элементами: 3D узлами, ребром, осью поверхности вращения, осью системы координат и т.д.

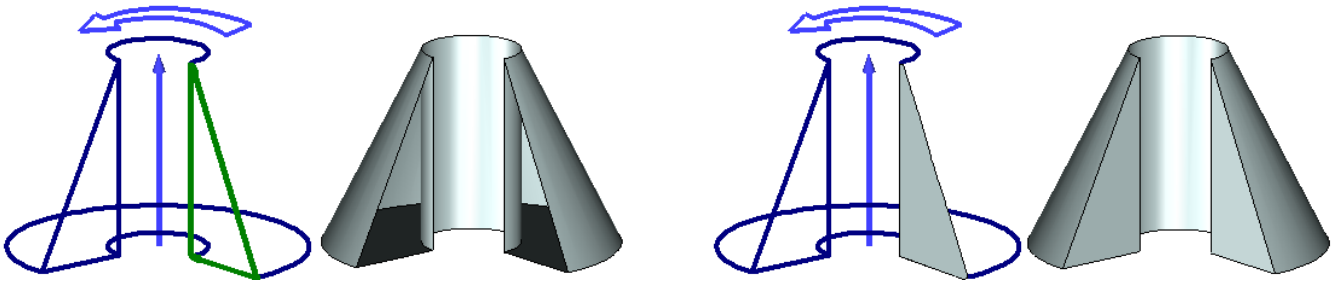
Основные понятия. Возможности операции

Операция вращения имеет много общего с операцией выталкивания, поскольку обе эти операции относятся к одной группе кинематических операций. Обе операции имеют одни и те же правила выбора исходного контура, создают тела одинакового типа и обладают одинаковыми дополнительными возможностями. Поэтому в данной главе мы не будем подробно описывать те возможности операции вращения, которые являются общими для обоих операций и уже были описаны в главе “Выталкивание”.

Контур вращения

Контур вращения может состоять из одного или нескольких проволочных или листовых объектов. При задании нескольких объектов можно выбирать только однотипные: только проволочные или только листовые объекты.

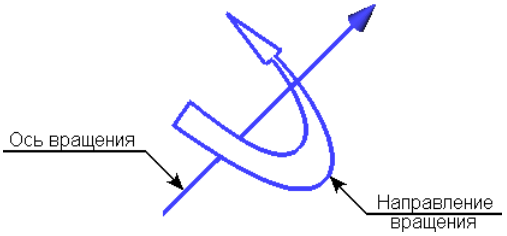
Результатом вращения проволочного контура является листовое тело, а при вращении листового контура получается твёрдое тело.



Ось вращения

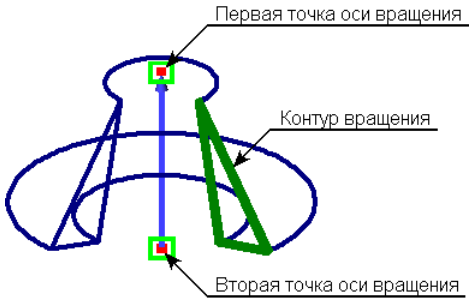
Ось представляет собой вектор, вокруг которого будет осуществляться вращение заданного контура. Направление вращения контура определяется правилом правостороннего винта: при взгляде вдоль направления вектора вращение контура происходит против часовой стрелки.

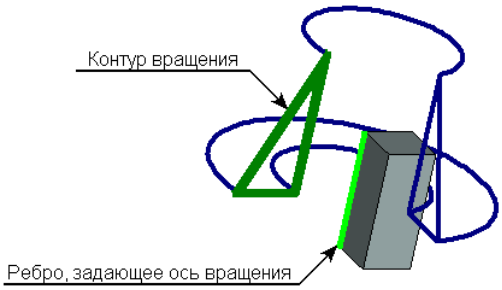
Задать ось можно либо указав пару 3D точек, через которые будет проходить ось, либо выбрав какой-нибудь элемент 3D модели, способный определить прямую.



Если в качестве первой точки выбран 3D узел, построенный по 2D узлу, то можно ограничиться заданием только одной точки. В этом случае берётся ось по нормали к рабочей плоскости, на которой лежит узел.

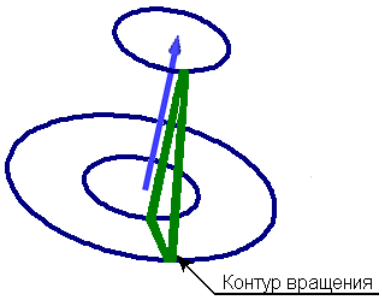
Определить ось целиком можно с помощью следующих 3D объектов: плоские криволинейные рёбра, представляющие из себя дугу окружности (в качестве оси вращения будет использована ось ребра), прямые рёбра (ось совпадает с выбранным ребром), системы координат (используется одна из осей), цилиндрические или тороидальные поверхности/грани (в качестве оси вращения будет использована ось поверхности или грани), различные кривые (в качестве оси берётся нормаль или бинормаль к кривой в точке). Направление оси определяется направлением выбранного элемента.



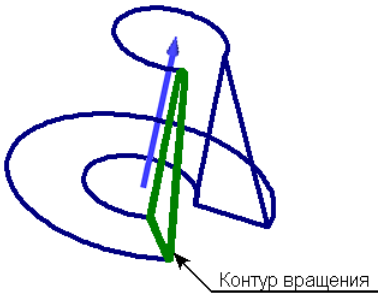


Угол вращения контура

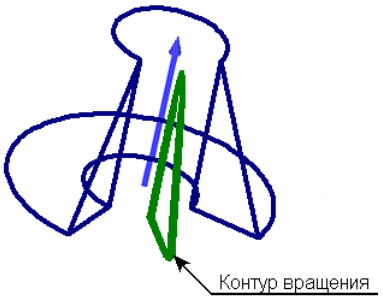
Вращение производится от исходного положения контура на указанный пользователем угол, не превышающий 360 градусов (полный оборот контура). Дополнительно можно задать начальный угол поворота. В этом случае контур будет вращаться вокруг оси от положения, определяемого начальным углом поворота, на заданный угол поворота.



Вращение с углом поворота 360 градусов (полный поворот)



Вращение с углом поворота, отличным от 360 градусов



Вращение с отступом от исходного положения контура (начальным углом поворота) и углом поворота, отличным от 360 градусов

Начальный угол и угол поворота задаются численными значениями в параметрах операции или с помощью указания дополнительных 3D точек.

Дополнительные возможности операции вращения

К дополнительным возможностям операции вращения относятся:

Сглаживание рёбер на боковых гранях результирующего тела. При создании твёрдого тела вращением на угол менее 360 градусов можно также добавить скругление или фаски на торцевых гранях;

Режим создания тонкостенного элемента;

Использование создаваемого тела в булевой операции.

Подробное описание данных возможностей приведено в главе “Выталкивание”.

Создание операции вращения

Для создания тела с помощью операции вращения используется команда **3RO: Создать вращение**. Вызов команды:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Вращение
Клавиатура	Текстовое меню
<3RO>	Операции > Вращение

Для создания операции нужно выполнить следующие действия:

- ✓ Выбрать контур вращения
- ✓ Указать ось вращения
- ✓ Задать начальный угол и угол поворота (в ряде случаев - необязательное действие)
- ✓ Задать дополнительные возможности операции (необязательное действие, выполняется аналогично описанному в главе “Выталкивание”.)
- ✓ Подтвердить создание операции

Выбор контура и оси вращения может быть осуществлён автоматически при вызове команды в режиме черчения на активной рабочей плоскости. При этом система автоматически создаст 3D профиль на основе линий изображения основного типа или штриховки и выберет его в качестве контура вращения. Если на рабочей плоскости была создана только одна штрихпунктирная линия, она автоматически будет выбрана в качестве оси вращения.

Выбор контура вращения

Для создания операции в первую очередь необходимо задать контур вращения. После вызова команды в автоменю автоматически активизируется опция:

	<R>	Выбрать контур

Для выбора контура вращения необходимо в 3D окне подвести курсор к нужному элементу. Выбираемый элемент будет подсвечен, у курсора появится подсказка с его названием. Для выбора необходимо нажать .

> 3D профили, созданные на основе штриховки, можно выбрать указанием на исходную штриховку в 2D окне.

После выбора контура вращения в автоменю станет доступна опция отмены выбранного контура:

	<H>	Отменить выбор контура

Задание оси вращения

После выбора контура вращения необходимо задать ось вращения.

Для задания оси по произвольному элементу 3D модели используется опция автоменю:

	<A>	Выбрать ось вращения

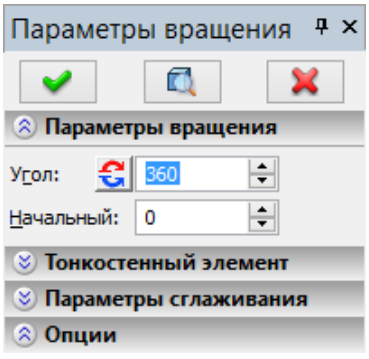
Данная опция позволяет выбрать 3D элемент, способный определить ось вращения. Выпадающий список данной опции содержит фильтры выбора соответствующих объектов. При выборе элементов следует обращать внимание на активные фильтры.

Определить ось вращения по двум 3D точкам позволяют следующие опции автоменю (активизируются последовательно):

	<F>	Выбрать первую точку оси
	<S>	Выбрать вторую точку оси

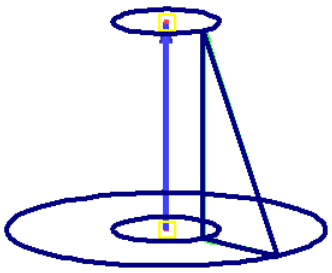
3D точку можно задать выбором 3D узла, вершины на теле, профиле, пути. Также можно указать ребро – в качестве 3D точки будет взята его середина (для прямого ребра) или центр (для ребра в виде полной окружности, дуги окружности или эллипса). Выбор сферической или торической грани даст в качестве точки центр сферы/тора. Система координат даст в качестве 3D точки своё начало.

Набор допустимых для выбора элементов определяется состоянием фильтров выбора в выпадающих списках указанных опций.



Задав ось одной точкой можно, если в качестве первой точки выбрать 3D узел, построенный по 2D узлу. В этом случае берётся ось по нормали к рабочей плоскости, на которой расположен 2D узел.

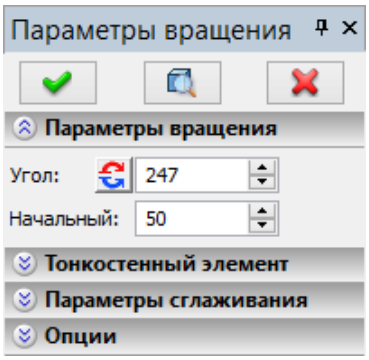
Направление оси, определяемое системой по порядку задания 3D точек или автоматически по выбранному 3D элементу можно быстро изменить на противоположное с помощью кнопки  в окне свойств. При изменении направления оси меняется и направление вращения контура.



После задания оси в 3D окне появляется предварительное рёберное изображение получающегося вращения со стрелкой, показывающей положение и направление оси вращения.

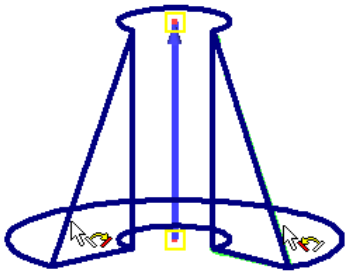
Задание начального угла и угла поворота

Начальный угол и угол поворота задаются в окне свойств команды в разделе **Параметры вращения**. По умолчанию система предлагает построить вращение с углом поворота 360 градусов (полный оборот контура) и нулевым начальным углом (при создании вращения контур будет перемещаться от своего исходного положения).



При необходимости параметры, предлагаемые по умолчанию, можно изменить. Угол поворота задаётся параметром **Угол**. Для изменения начального угла поворота необходимо ввести требуемое значение в поле **Начальный**.

Предварительное рёберное изображение 3D сцене показывает результат вращения при заданных параметрах. С его помощью можно задать значения и начального угла, и угла поворота прямо в 3D сцене. При подводе курсора к предварительному изображению создаваемого тела вид курсора меняется на  (для начального угла) или  (для угла вращения). Передвигая курсор при нажатой , можно в динамическом режиме устанавливать величину обоих углов. Численное значение заданного угла отражается в окне свойств.



Задать параметры вращения посредством выбора дополнительных 3D точек можно с помощью опций автоменю:

	<1>	Выбрать начальную точку вращения
	<2>	Выбрать конечную точку вращения

Данные опции становятся последовательно доступны после задания оси вращения. Обе опции содержат выпадающие списки, содержащие фильтры для выбора элементов, способных определить 3D точку.

При использовании 3D точек следует учитывать тип контура вращения. Если контур – плоский, то заданные точки определяют положение плоскости контура в стартовом и конечном положении вращения (плоскость контура в этих положениях будет проходить через заданные точки). Таким образом, первая точка в этом случае задаёт начальный угол, а сочетание первой и второй – угол поворота. Можно ограничиться заданием только первой точки, а угол поворота задать числовым значением в диалоге параметров.

При использовании 3D точек для неплоского контура всегда задаются обе точки. Причём в этом случае положение точек определяет только угол поворота, начальный угол всегда берётся равным нулю (вращение производится от исходного положения контура).

После задания 3D точек становится недоступным динамическое изменение величины углов в 3D сцене. Поля соответствующих параметров в окне свойств команды также становятся недоступны.

Отменить выбор 3D точек позволяет опция автоменю:

	<K>	Отменить выбор точек, задающих угол вращения

Использование создаваемого тела в булевой операции

Для создания булевой операции необходимо:

Включить режим создания булевой операции с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+B>	Режим создания булевой операции: «Сложение»

Булева операция создаётся при нажатой пиктограмме.

Выбрать тип создаваемой операции с помощью опции автоменю, содержащей выпадающий список:

	<Ctrl+'+'>	Сложение
	<Ctrl+'-'>	Вычитание
	<Ctrl+'*'>	Пересечение
	<Ctrl+'I'>	Интеллектуальный

Принцип действия интеллектуального режима:

- ✓ Если создаваемое тело и выбранное тело (явно или неявно) имеют пересечение объемами - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело полностью лежит внутри выбранного тела - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело касается выбранного тела – тип булевой операции: **сложение.**
- ✓ Если условия, указанные в пунктах 1, 2, 3, не выполнены, или выбранное тело лежит внутри создаваемого, или при определении типа проникновения тел возникла ошибка – тип булевой **не определен**, **булева операция не будет создана**.

Выбрать первый операнд булевой операции (в некоторых случаях – необязательное действие) с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+T>	Выбрать исходное тело для булевой операции

Если в сцене присутствует всего одно тело, то оно выбирается автоматически. Создаваемое в операции вращение новое тело является вторым операндом булевой операции.

После подтверждения создания операции сначала создается тело вращения, а затем выполняется булева операция заданного типа.

Булева операция

Булева операция предназначена для создания нового тела на основе двух или более уже существующих тел. В результате выполнения операции создаётся новое тело, являющееся комбинацией исходных тел.

Основные понятия. Возможности операции

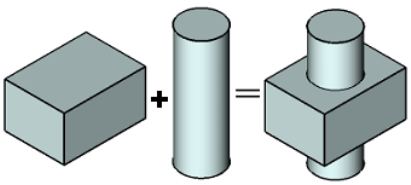
Типы булевой операции

Существует три типа булевой операции:

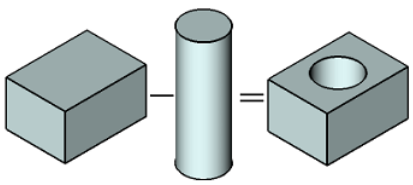
Сложение. Результатом выполнения операции является тело, объединяющее в себе все части тел, участвующих в операции.

Вычитание. Результатом выполнения операции является тело, полученное вычитание одного тела из другого.

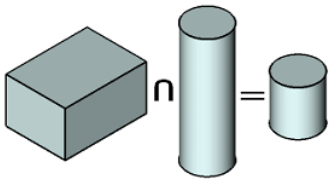
Пересечение. Результатом выполнения операции является тело, полученное пересечением тел, участвующих в операции и состоящее из общих частей этих тел.



Булева операция "Сложение"



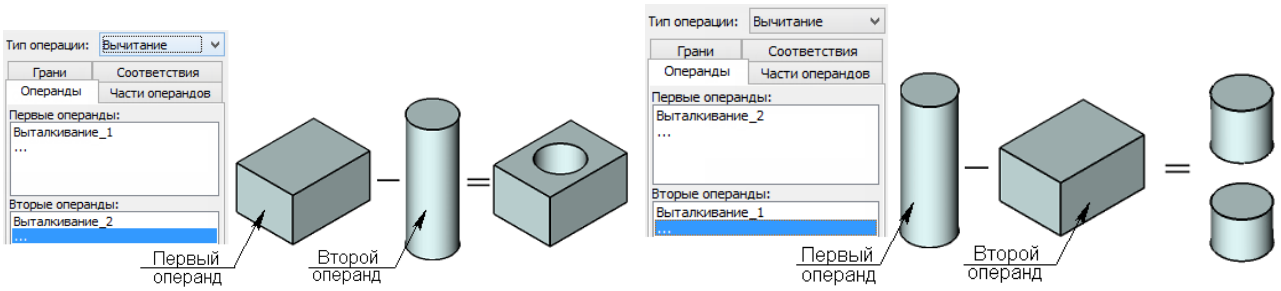
Булева операция "Вычитание"



Булева операция "Пересечение"

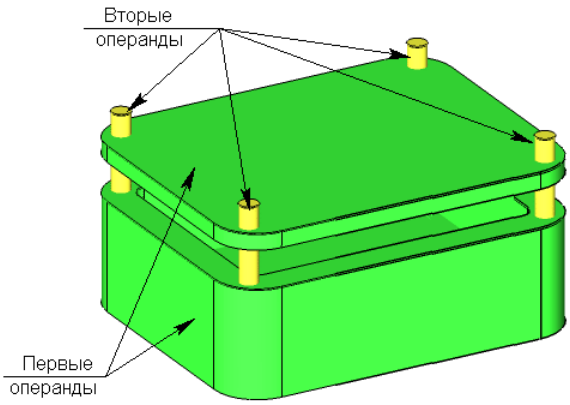
Операнды булевой операции

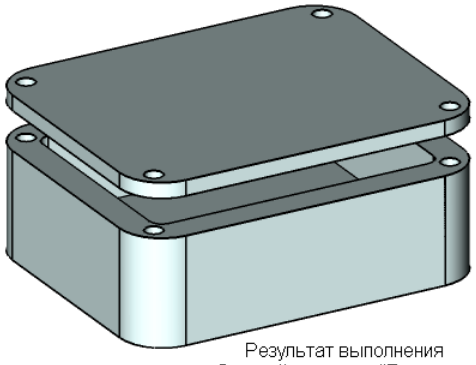
Тела, участвующие в булевой операции, называются “Операндами” булевой операции. Они делятся на первые и вторые операнды. Тела, над которыми выполняется преобразования, называются “Первыми операндами” булевой операции. Тела, с помощью которых выполняется преобразование, называются “Вторыми операндами”. В зависимости от того, в качестве какого операнда были выбраны тела, получаются различные результаты булевой операции.



Булева операция может также выполняться и между набором тел, часть которых может быть выбрана как первые операнды, а другие тела как вторые. В процессе выполнения такой операции

происходит объединение всех первых операндов в одно тело и всех вторых операндов в другое тело. Затем выполняется выбранная булева операция между этими телами. В результате получается одно многокомпонентное тело.





Результат выполнения
булевой операции "Вычитание"
между наборами операндов
(Многокомпонентное тело)

Результаты булевых операций

В качестве операндов могут быть выбраны как твёрдые, так и листовые тела. Возможность выбора различных комбинаций операндов и задание параметров позволяет формировать различные результаты булевых операций.

> Следует заметить, что в некоторых ситуациях, при сочетании определённых типов операндов в булевых операциях, невозможно получить результат.

Ниже рассмотрим основные комбинации операндов и результаты выполнения операции.

Выбор типа результирующего тела

В результате булевых операций в некоторых случаях может быть сформировано как твёрдое, так и листовое тело. Пользователь может выбрать тип результирующего тела при помощи параметра “Результат операции”.

> Эта опция носит рекомендательный характер и позволяет выбрать при прочих равных условиях тот или иной тип результирующего тела. Если невозможно в результате выполнения операции сформировать выбранный тип тела, то значение этого параметра будет игнорироваться.

Интерпретация листового тела

Листовое тело, использующееся в булевой операции в качестве операнда, может быть определено в команде как непосредственно листовое тело, либо как полупространство. В зависимости от интерпретации и того, в качестве какого операнда выбирается тело, будут получаться разные результаты.

Если операнд - листовое тело был определён как полупространство, то в сцене будут отображены векторы нормалей к поверхности листового тела. Направление этих векторов указывает, какое полупространство выбрано и повлияет на результат выполнения операции.

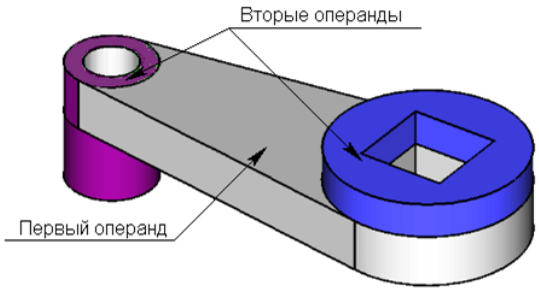
Операция “Сложение”

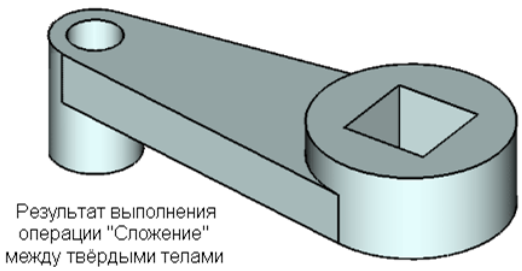
Результаты булевой операции “Сложение” при сочетании различных типов операндов:

Первый операнд	Второй операнд	Результат
твёрдое тело	твёрдое тело	твёрдое тело
листовое тело (полупространство)	твёрдое тело	листовое тело
твёрдое тело	листовое тело (полупространство)	твёрдое тело
листовое тело (полупространство)	листовое тело (полупространство)	листовое тело (создание углов)
листовое тело	листовое тело	листовое тело (сшивка)

Твёрдое тело + Твёрдое тело

Если в качестве первого и второго операнда используются твёрдые тела, то в результате выполнения операции будет сформировано одно тело, объединяющее в себе все части тел, участвующих в операции.

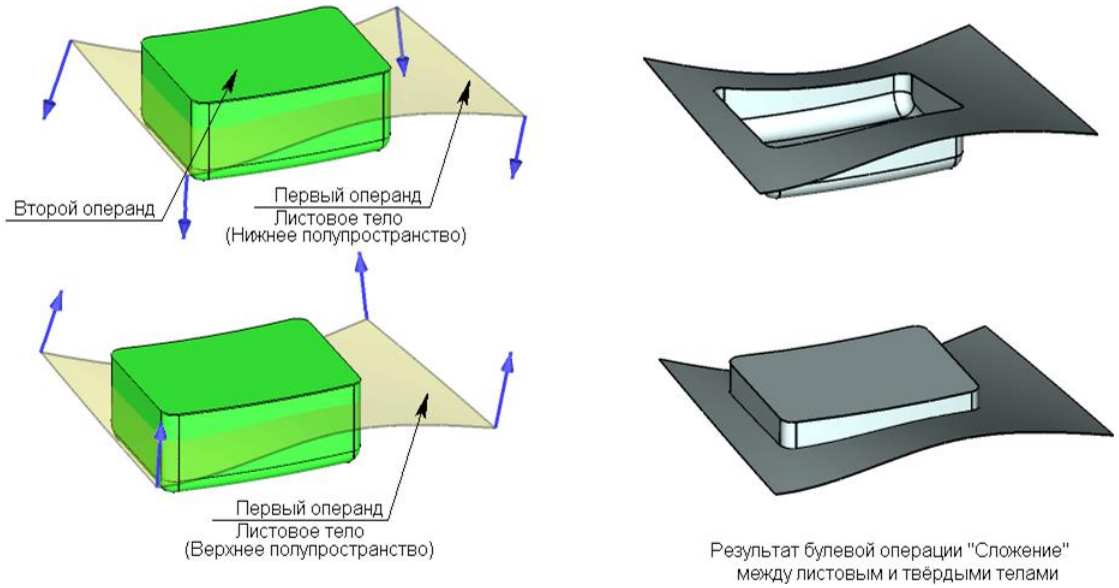




Листовое тело + Твёрдое тело

В результате выполнения операции будет сформировано листовое тело, переставляющее собой “продавливание” листового тела частью твёрдого тела. В зависимости от выбранного полупространства формируется “продавливание” либо нижней, либо верхней части.

> Следует отметить, что листовое тело должно полностью пересекать твёрдое тело.



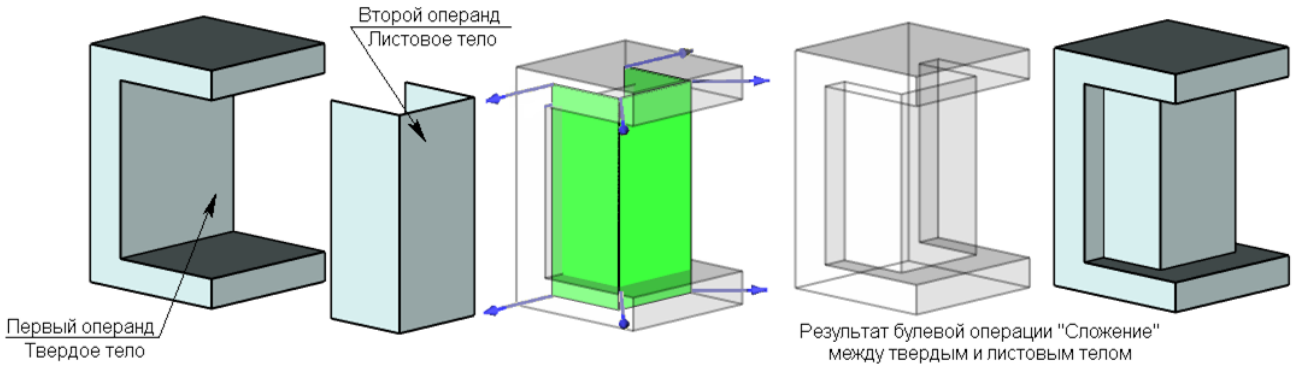
Твёрдое тело + Листовое тело

Если в качестве первого операнда было выбрано твёрдое тело, а в качестве второго – листовое, то в результате выполнения операции “Сложение” по умолчанию создается твёрдое тело. Грани листового тела будут формировать дополнительный объем для твердого тела.

Листовое тело в этом случае должно быть определено в команде как полупространство.

> Следует отметить, что для формирования такого рода булевой операции необходимо, чтобы листовое тело при сложении с твёрдым телом замыкало объём. В противном случае невозможно получить результат операции.

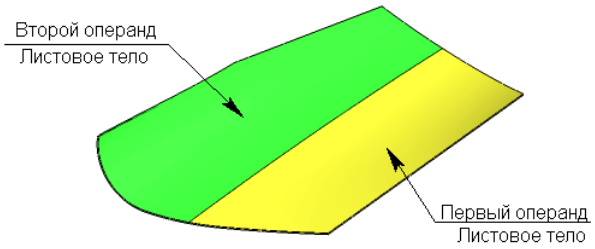
При выборе листового тела следует обратить внимание на направление векторов нормалей. При определённом направлении нормалей может получиться некорректное результирующее тело. В этом случае нужно выбрать другое полупространство в параметре “Интерпретация операнда”.

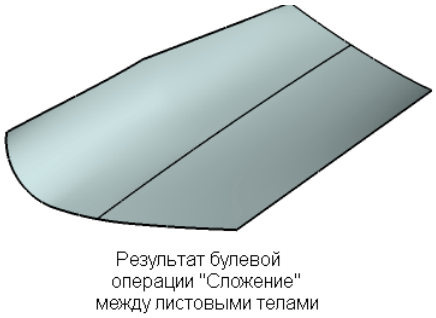


Листовое тело + Листовое тело

В результате сложения двух листовых тел получается листовое тело. Для успешного создания операции необходимо, чтобы грани листовых тел либо имели общее ребро, либо совпадали на определённом участке. Эта возможность является схожей с операции “Сшивка”. Отличие

заключается в том, что булева операция “Сложение” не удаляет зазоры между телами, а “Сшивка” пытается создать новую непрерывную поверхность.





Результат булевой операции "Сложение" между листовыми телами

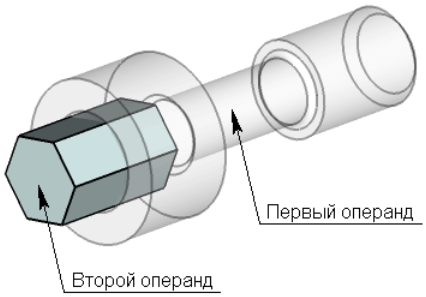
Операция “Вычитание”

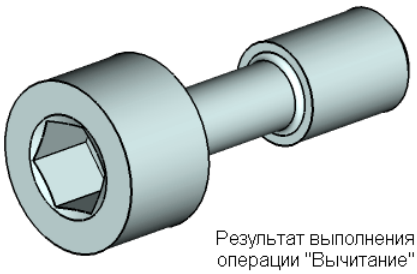
Результаты булевой операции “Вычитание” при сочетании различных типов операндов:

Первый операнд	Второй операнд	Результат
твёрдое тело	твёрдое тело	твёрдое тело
листовое тело	твёрдое тело	листовое тело
твёрдое тело	листовое тело (полупространство)	твёрдое тело
листовое тело (полупространство)	листовое тело (полупространство)	листовое тело (создание углов)

Твёрдое тело - Твёрдое тело

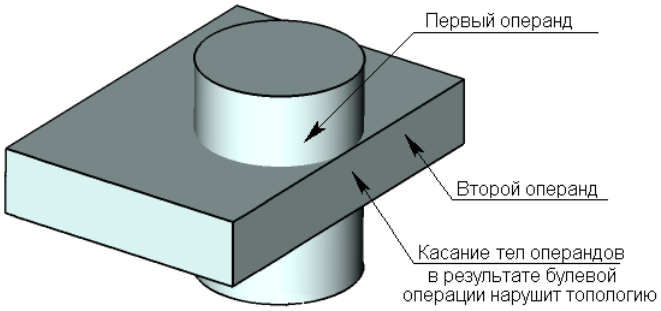
Результатом выполнения булевой операции “Вычитание” одного твёрдого тела из другого будет тело, переставляющее собой первый операнд, из которого удаляется объём второго операнда.





Результат выполнения операции "Вычитание" между твёрдыми телами

При создании булевой операции “Вычитание” не допускается такой ситуации, когда результирующее тело будет иметь области со стенками нулевой толщины. При этом нарушается топология модели.



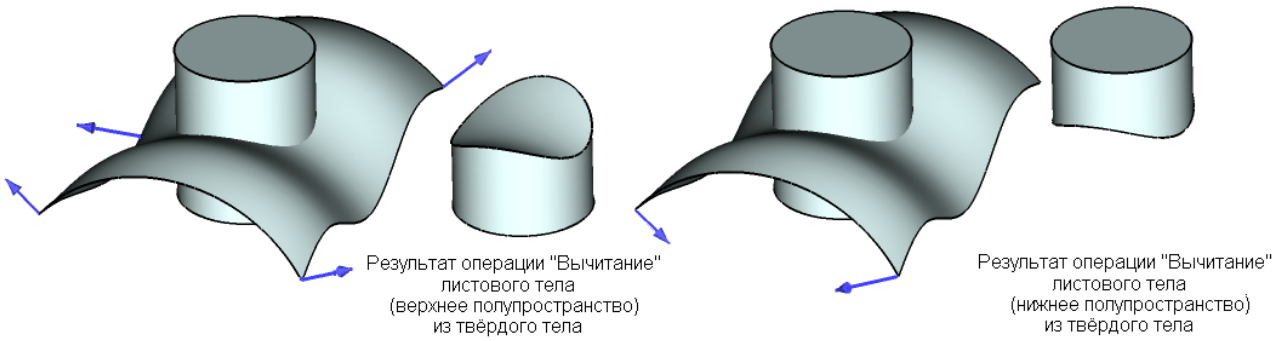
Листовое тело - Твёрдое тело

При вычитании твёрдого тела из листового, в листовом теле будет создано отверстие по форме второго операнда – твёрдого тела.



Твёрдое тело - Листовое тело (полупространство)

В результате вычитания листового тела из твёрдого остаётся часть твёрдого тела, отсечённая листовым телом. При этом листовое тело должно быть определено как полупространство. В зависимости от выбранного полупространства остается либо верхняя, либо нижняя часть твёрдого тела. Этот тип булевой операции является аналогом операции “Отсечение”.



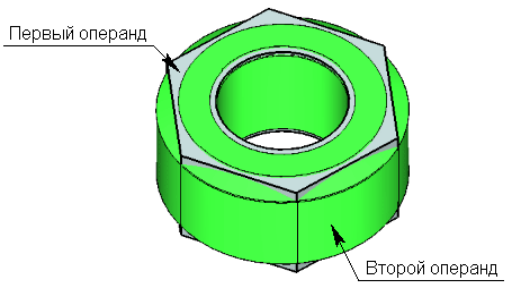
Операция “Пересечение”

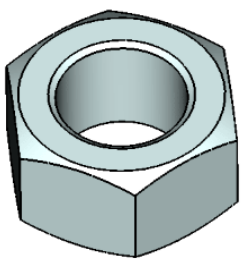
Результаты булевой операции “Пересечение” при сочетании различных типов операндов:

Первый операнд	Второй операнд	Результат
твёрдое тело	твёрдое тело	твёрдое тело
листовое тело	твёрдое тело	листовое тело
листовое тело (полупространство)	твёрдое тело	твёрдое тело
твёрдое тело	листовое тело (полупространство)	твёрдое тело
листовое тело (полупространство)	листовое тело (полупространство)	листовое тело (создание углов)

Твёрдое тело ∩ Твёрдое тело

Результатом пересечения твёрдых тел является тело, представляющее собой общую часть всех операндов.

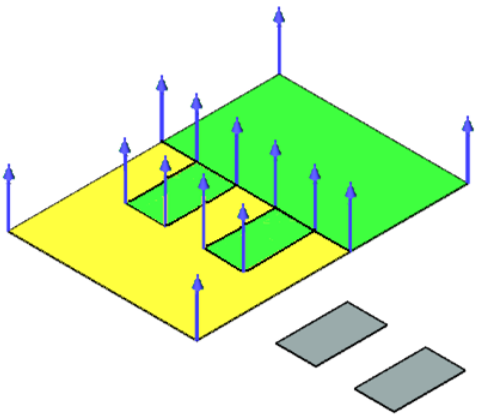




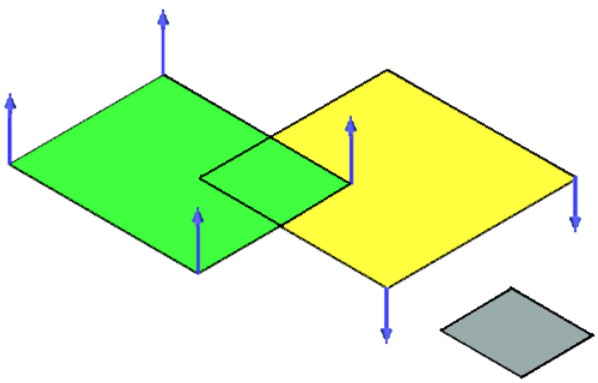
Результат булевой операции "Пересечение" между твёрдыми телами

Листовое тело (полупространство) ∩ Листовое тело (полупространство)

Если листовые тела совпадают на определённом участке, то в результате выполнения булевой операции “Пересечение” остается общая их часть.

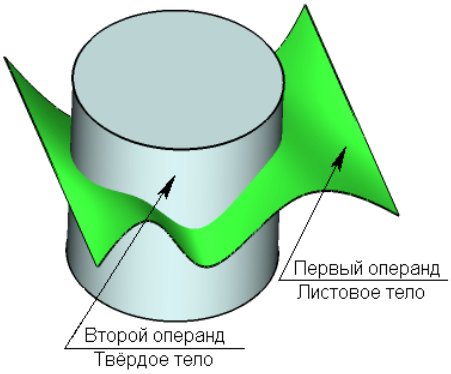


Результат операции "Пересечение" между двумя листовыми телами



Листовое тело ∩ Твёрдое тело

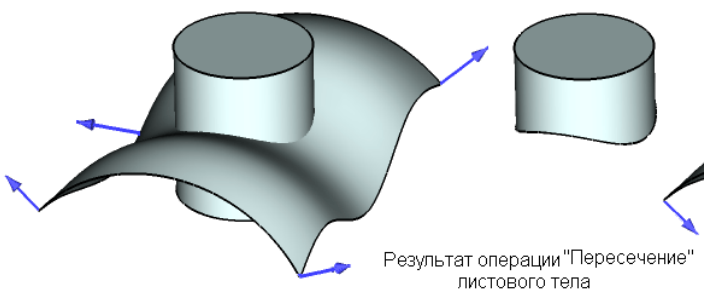
Если в качестве первого операнда было выбрано листовое тело, а в качестве второго – твёрдое, то в результате выполнения булевой операции “Пересечение” будет сформировано листовое тело, представляющее собой общую часть двух операндов.

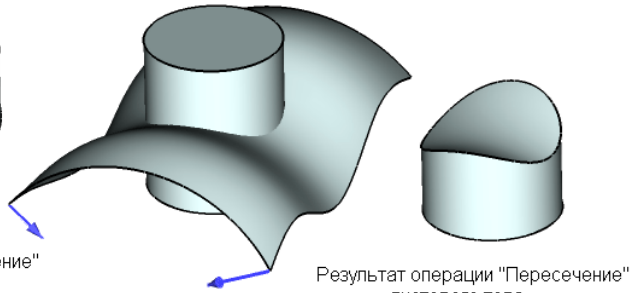




Твёрдое тело ∩ Листовое тело (полупространство)

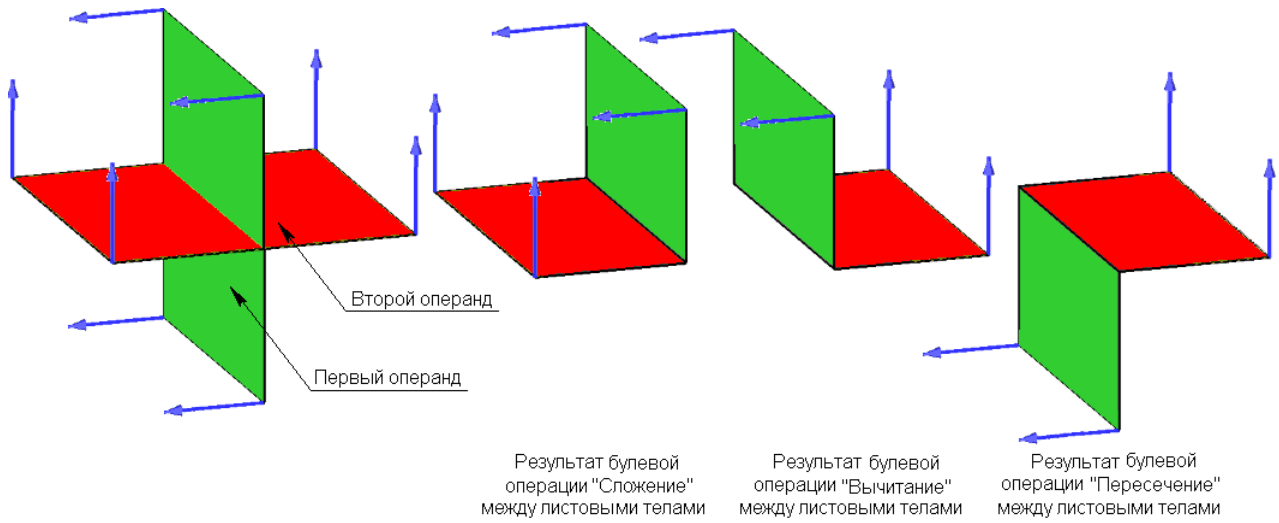
В результате выполнения булевой операции “Пересечение” листового тела, интерпретированного как полупространство, и твёрдого тела останется часть твёрдого тела, отсечённая листовым телом. Результат выполнения этой операции похож на результат выполнения булевой операции “Вычитания” листового тела (полупространства) из твёрдого тела. Отличие в том, что в результате выполнения операции “Пересечение” остаётся другая часть твёрдого тела. При этом порядок выбора операндов не влияет на результат.



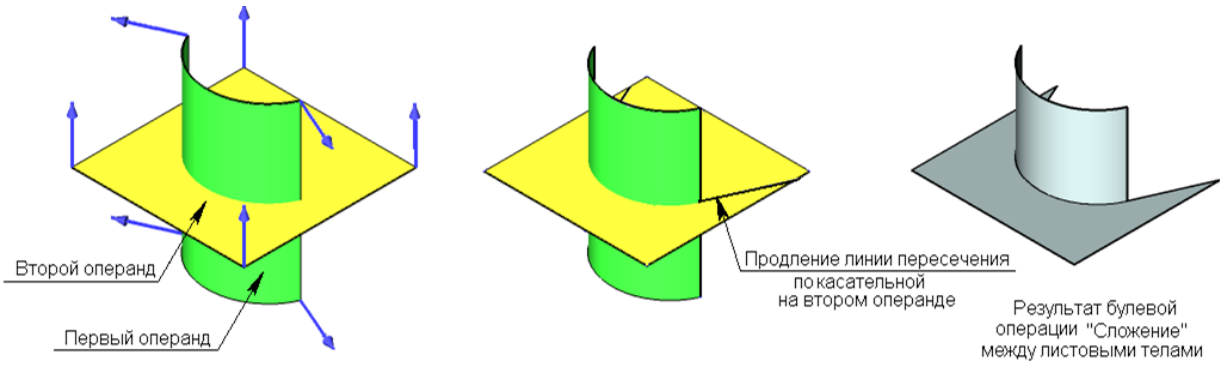


Булевы операции между листовыми телами (полупространствами)

Одной из возможностей применения булевых операций между листовыми телами является создание углов. Для этого листовые тела в команде должны пересекаться и быть определены как полупространства. В зависимости от направления нормалей к поверхностям листовых тел и типа применяемой булевой операции получаются различные результирующие листовые тела. При этом сохраняются направления нормалей на результирующем теле.



В случае, когда одно листовое тело не пересекает другое полностью, булева операция не сложится. Для исправления ситуации в параметрах булевой операции предусмотрена возможность продления ребер первого или второго операнда до ближайшего ребра или границы тела. В этом случае линия пересечения этих двух тел будет продлена по касательной до выбранного ребра или границы одного из операндов.



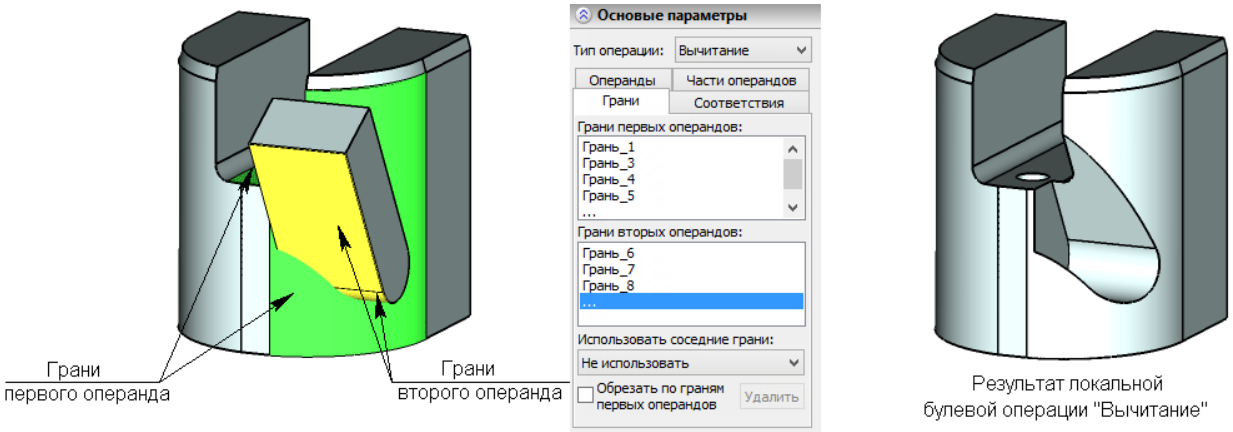
Глобальные и локальные булевы операции

Если в качестве операндов выбираются листовые или твёрдые тела, то такие типы булевых операций будем называть “Глобальными”. При создании такой булевой операции система сама определяет грани тел, участвующие в операции, и их пересечения. Если в булевой операции участвуют геометрически сложные тела или используется достаточно большое количество операндов, то поиск всех пересечений может сильно замедлить выполнение команды.

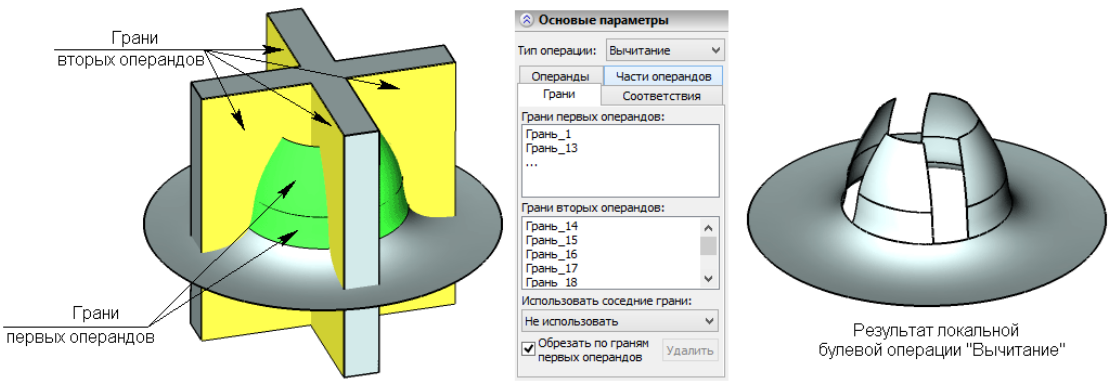
Помимо “Глобальной” булевой операцией в T-FLEX есть понятие “Локальной” булевой операции. В отличие от “Глобальной” булевой операции, где в качестве операндов выбираются только тела, в “Локальной” булевой операции помимо тел выбираются грани операндов. Выбрать грани операндов можно в параметрах операции на закладке “Грани”. В некоторых случаях использование “Локальной” булевой операции дает значительный выигрыш во времени регенерации модели по сравнению с “Глобальной” булевой операцией, т.к. в результате выполнения операции будут

искаться пересечения только указанных граней. Например, если нужно проделать отверстие в достаточно сложном теле и известно, что отверстие пересекает небольшое количество граней, то имеет смысл указать эти грани в параметрах операции.

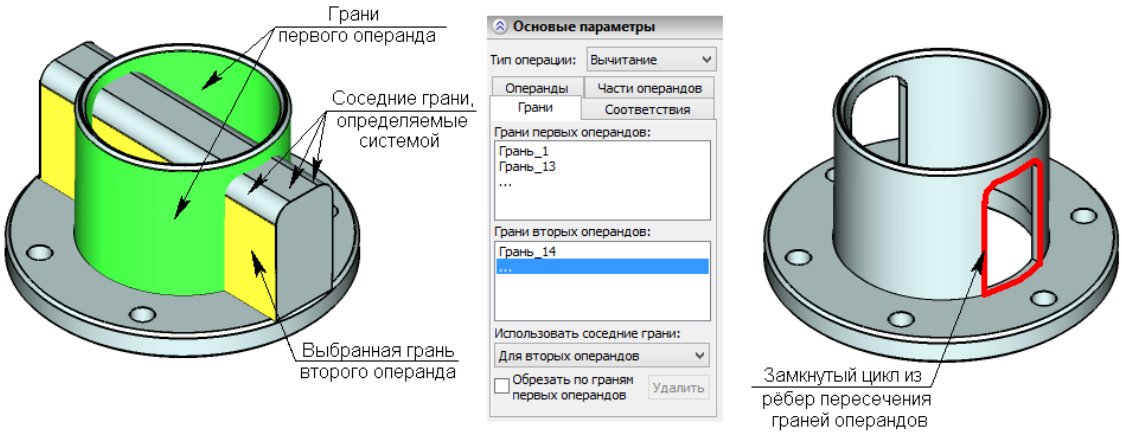
> Следует заметить, что нужно внимательно выбирать грани для "Локальной" булевой операции. В случае неправильно выбранных граней может сформироваться некорректное тело.



Выбор отдельных граней операндов в "Локальной" булевой операции с включенным параметром "Обрезать по граням первых операндов" позволяет формировать такие тела, как показано на рисунке ниже. При этом сначала будут определены линии пересечения граней операндов, а затем по этим линиям пересечения и границам граней первых операндов будут сформированы замкнутые циклы для формирования булевой операции.

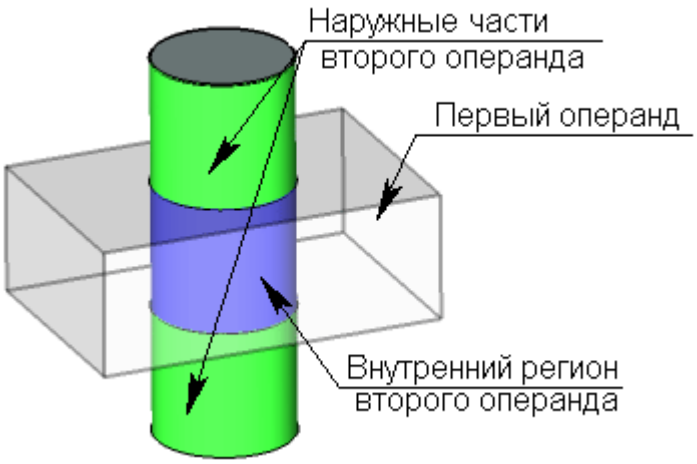


В некоторых случаях бывает удобно применить опцию "Использовать соседние грани" для первых или вторых операндов. Достаточно выбрать одну грань операнда, чтобы система сама доопределила соседние грани таким образом, чтобы линии пересечения граней операндов образовали замкнутые циклы. В этом случае при изменении количества граней, составляющий замкнутый цикл, в случае модификации операндов результат булевой операции останется корректным.

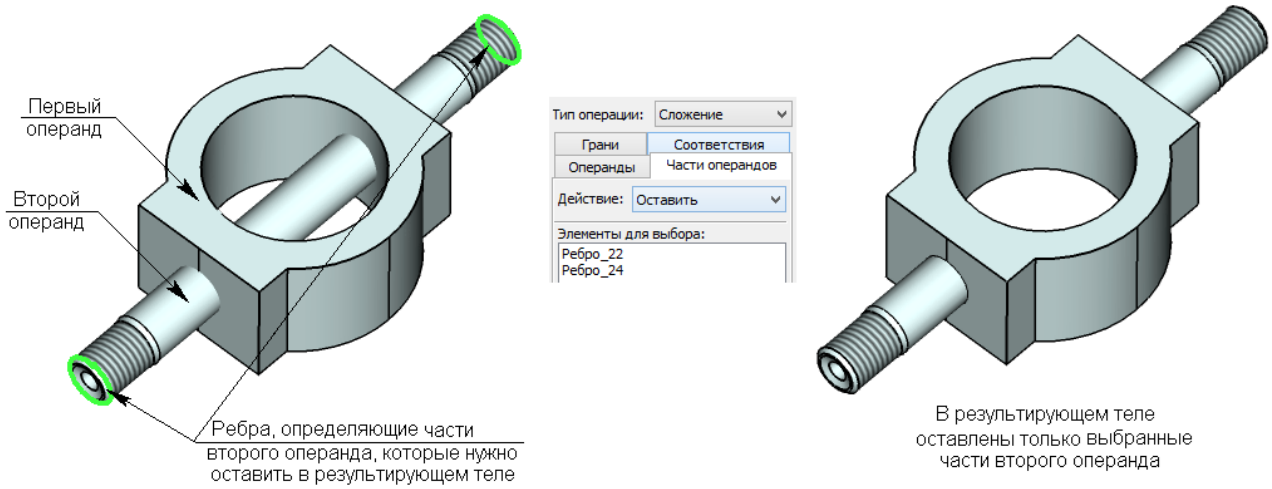


Выборочные булевы операции

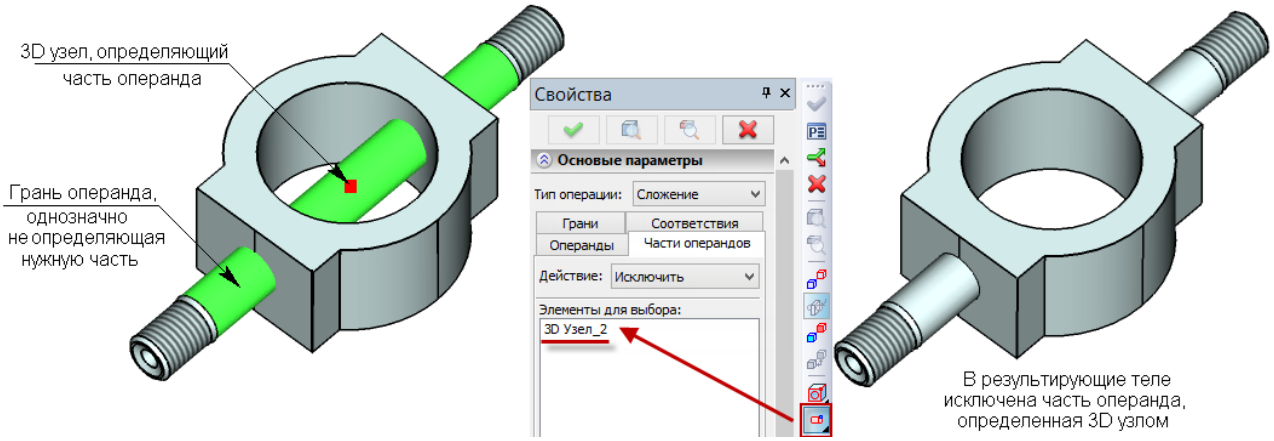
В результате пересечения граней операндов образуются общие рёбра. Эти рёбра разделяют тела операндов на части. Части операндов могут быть внутренними (общие части операндов) и наружными. При создании булевой операции есть возможность указать наружные части операндов, которые будут оставлены в результирующем теле или наоборот исключены из него.



Часть операнда определяется топологическими элементами: вершинами, рёбрами или гранями. Для выбора части операнда достаточно указать в параметрах операции на закладке “Части операндов” один из этих элементов. На рисунке ниже показана возможность применения выборочной булевой операции “Сложение”, при выполнении которой в результирующем теле остаются только выбранные части второго операнда.



В некоторых ситуациях выбранный топологический элемент явно не определяет нужную часть. Например, как показано на картинке ниже, выбранная грань принадлежит нескольким наружным частям операнда. Для того чтобы однозначно определить нужную часть надо построить 3D узел на этой грани и при помощи опции “Выбор точки” выбрать этот 3D узел. При этом грань выбирать не нужно.



Задание соответствий элементов

В тех случаях, когда операнды имеют совпадающие участки, в команде предусмотрена возможность дополнительного определения топологическое соответствие областей этих операндов. По этой информации команда выберет нужный алгоритм формирования булевой операции.

Эта возможность позволяет:

1. Ускорить процесс пересчёта булевой операции за счёт того, что указан конкретный тип контакта.
2. В некоторых случаях без указания соответствия невозможно получить результат булевой операции. Например, при контакте сплайновой и аналитической поверхностей (булева операция между цилиндром и гранью спирали на картинке ниже).

В команде предусмотрены четыре типа соответствия:

Полное совпадение – границы топологических элементов совпадают с заданной точностью.

Включение – границы второго элемента лежат в пределах границ первого элемента.

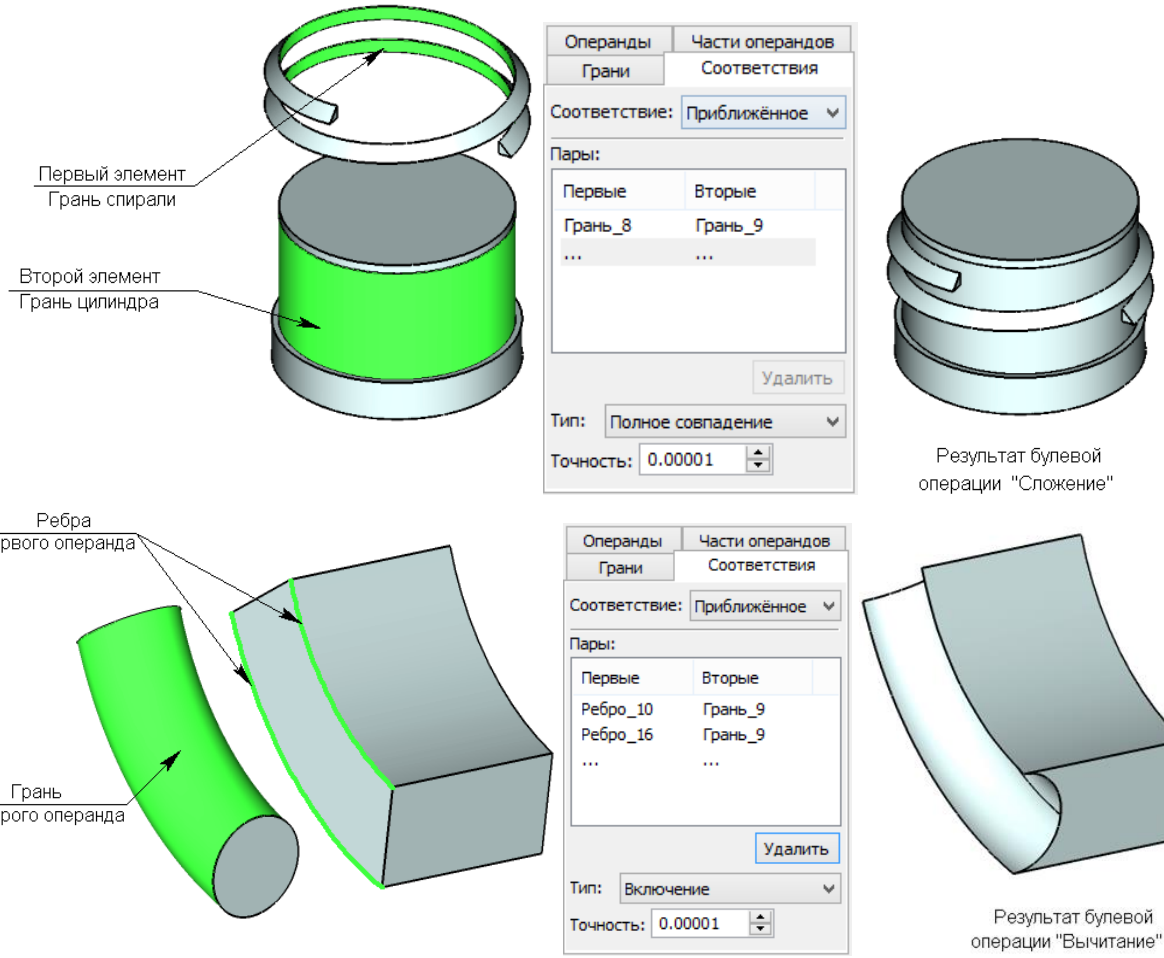
Частичное совпадение – границы одного элемента частично совпадают с границами другого элемента.

Проецирование – совпадение отпечатков границ топологических элементов.

В таблице ниже представлено описание типов соответствия для различной топологии операндов:

Соответствие / Тип контакта	Полное совпадение	Включение	Частичное совпадение	Проецирование
Вершина Вершина	–	–	–	Совпадение вершин операндов при проецировании
Ребро Ребро	Кривые рёбер совпадают с заданной точностью. Соответствующие вершины рёбер совпадают с заданной точностью.	Кривые рёбер совпадают с заданной точностью. Границы второго ребра лежат полностью в пределах первого ребра	–	Совпадение рёбер операндов при проецировании
Грань Ребро	–	Кривая ребра совпадает с поверхностью грани с заданной точностью. Ребро лежит полностью в пределах грани.	Кривая ребра совпадает с поверхностью грани с заданной точностью. Ребро может пересекать границы (ребра) грани.	–

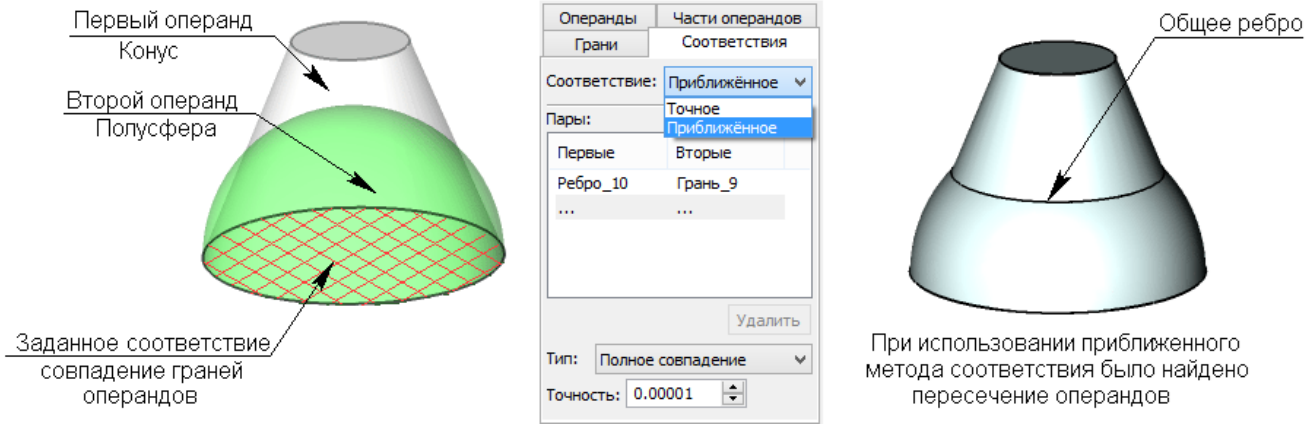
Грань Грань	Поверхности граней совпадают с заданной точностью. Каждое ребро первой грани соответствует ребру второй грани. Совпадение рёбер может быть не точным.	Поверхности граней совпадают с заданной точностью. Вторая грань лежит в передах первой грани. Ни одно ребро второй грани не пересекает границ первой грани. Хотя ребра граней могут совпадать.	Поверхности граней совпадают с заданной точностью. Границы одной грани могут пересекать границы другой грани. Ребра граней могут совпадать.	–



Соответствие может быть точным, либо приближенным. При точном соответствии предполагается, что операнды имеют только описанные контакты и других совпадений или пересечений нет. Если установить приближенное соответствие, то кроме указанных контактов система будет искать другие пересечения операндов. Выполнение этого метода занимает больше времени по сравнению с

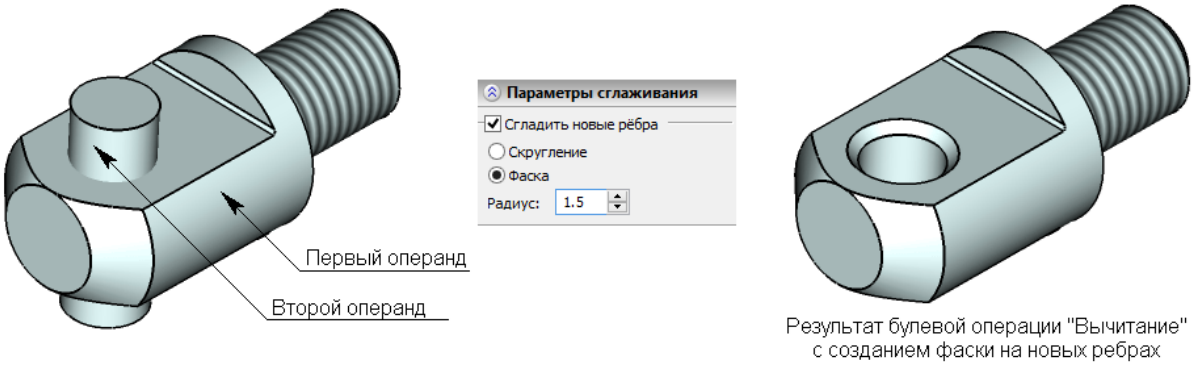
точным методом, зато в некоторых случаях является единственно возможным для получения результата булевой операции.

На рисунке ниже показано задание соответствия в булевой операции “Сложение” между полусферой и конусом, имеющими совпадающие основания. Если будет задано соответствие по совпадению граней основания и выбран точный метод, то в этом случае невозможно будет получить результат булевой операции, т.к. при пересечении операндов есть ещё одно общее ребро, не описанное в соответствиях. В этом случае единственно возможным будет приближенный метод, при реализации которого будет найдено это пересечение.



Сглаживание новых рёбер

Ещё одной возможностью булевых операций является сглаживание новых рёбер. Под новыми рёбрами подразумеваются ребра, полученные в результате пересечения граней операндов. При изменении геометрии операндов, уменьшении или увеличении числа новых рёбер, система будет автоматически это отслеживать и формировать сглаживание. В команде можно выбрать тип сглаживания: скругление или фаску и задать радиус сглаживания.

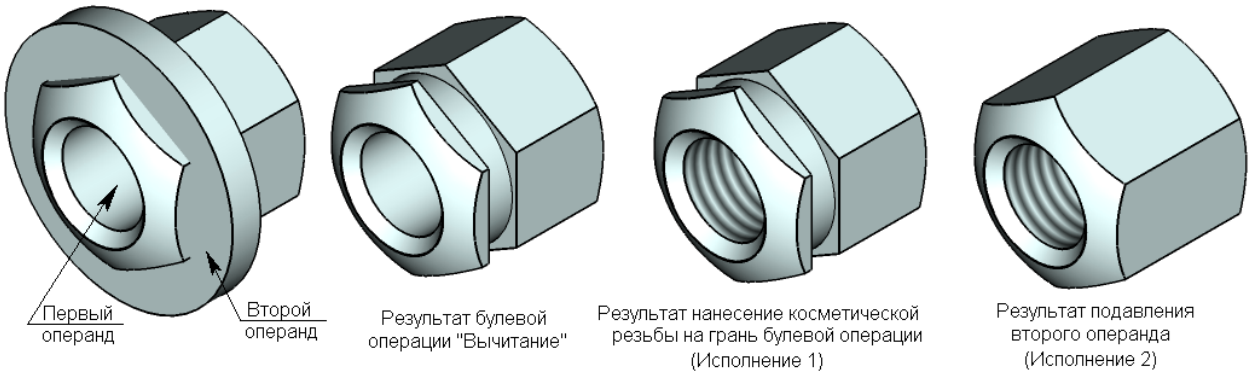


Отсутствие одного из операндов

При создании булевой операции можно установить параметр “Допускается возможность отсутствия одной из исходных операций”. Этот приём часто применяется в параметрических моделях, когда для определённого исполнения модели нужно исключить один из элементов. Как показано на рисунке

ниже гайка может иметь два исполнения: с проточкой и без неё. Для того чтобы реализовать эти исполнения в одной модели можно подавить второй операнд при этом будут сохранены все последующие операции, созданные на основе булевой (в примере это сохранение косметической резьбы на грани булевой операции).

Если этот параметр выключен, то при подавлении операнда будет выдаваться ошибка создания булевой операции.



Создание булевой операции

Вызов команды создания Булевой операции может быть выполнен одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Булева
Клавиатура	Текстовое меню
<3В>	Операции > Булева

Для работы в команде используются совместно автоменю и окно свойств. Они работают синхронно и дополняют друг друга. Состояние автоменю зависит от стадии задания операции, от назначения и типа выбираемых объектов.

Для создания операции нужно выполнить следующие действия:

- ✓ Выбрать булевы операнды;
- ✓ Выбрать тип булевой операции;
- ✓ Выбрать части операндов для формирования выборочной булевой операции (не обязательно);
- ✓ Задать соответствия элементов (не обязательно);
- ✓ Задать дополнительные параметры (при необходимости);
- ✓ Задать параметры сглаживания (не обязательно);
- ✓ Подтвердить создание операции.

Основные параметры операции

Выбор операндов

Выбор операндов для глобальной булевой операции

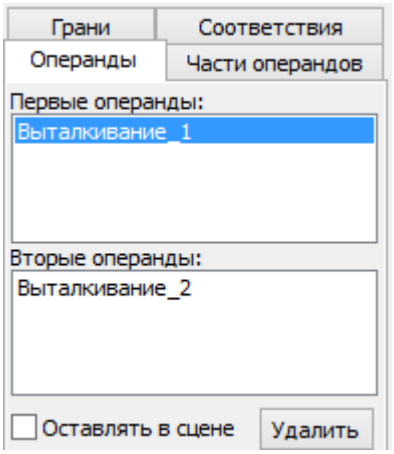
Для выбора операндов глобальной булевой операции используется следующая опция:

	<1>	Выбрать булевы операнды

При этом в автоменю становятся доступными опции:

	<F>	Выбрать первый операнд
	<S>	Выбрать второй операнд

При активизации одной из этих опций фокус ввода перемещаемся в соответствующее окно выбора первых или вторых операндов в окне свойств. И наоборот, переключаясь между окнами выбора операндов в окне свойств, в автоменю активизируется соответствующая опция.



Выбрать тела в качестве первых или вторых операндов можно непосредственно в 3D сцене или в окне дерева 3D модели. Тела первых операндов подсвечиваются в сцене зеленым цветом, тела вторых операндов – желтым. Выбранный в окне свойств операнд подсвечивается в сцене синим цветом.

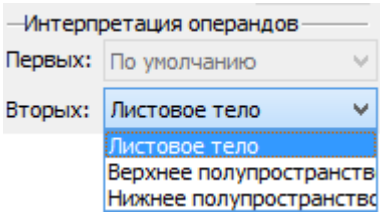
Для удаления любого операнда из списка нужно после его выбора в окне свойств нажать кнопку **[Удалить]**.

Для отмены выбора всех операндов служит опция:

	<D>	Отменить выбор всех операндов

После создания булевой операции тела операндов будут удалены из сцены и останется только результирующее тело. Для каждого операнда может включить параметр “**Оставлять в сцене**”. В этом случае после создания операции тело операнда с включенным этим параметром будет оставлено в сцене.

Если в качестве операнда выбирается листовое тело, то нужно задать интерпретацию этого тела. Возможны три варианта интерпретации листового тела: непосредственно как листовое тело, либо как верхнее или нижнее полупространство. В зависимости от того, как оно определяется системой, будут сформированы различные результаты булевой операции.



Определить листовые тела можно при помощи выбора соответствующих значений в выпадающих списках параметров интерпретации операндов.

Выбор операндов для локальной булевой операции

Для перехода в режим выбора граней для создания локальной булевой операции можно воспользоваться опцией автоменю:

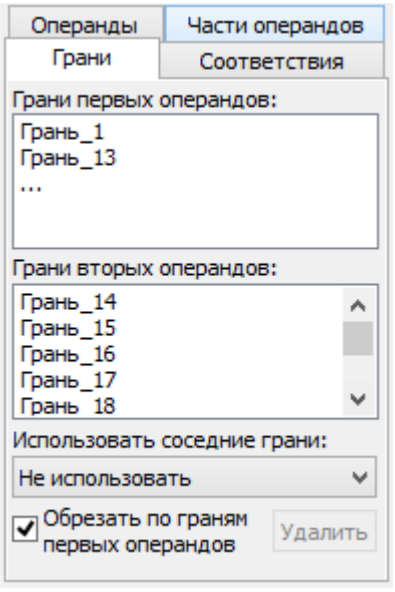
	<3>	Выбрать локальные грани

Также для активизации этого режима можно переключиться на закладку “**Грани**” в окне свойств.

При этом в автоменю становятся доступными следующие опции:

	<F>	Выбрать локальные грани первого операнда
	<S>	Выбрать локальные грани второго операнда

После выбора операндов можно, при помощи указанных опций автоменю или перевода фокуса ввода в окна закладки “Грани”, выбирать грани тел в сцене для создания локальной булевой операции.



Во время создания булевой операции можно не выбирать операнды, а сразу переключиться в режим выбора граней. При этом тела, грани которых выбраны, будут автоматически добавлены как операнды на соответствующую закладку в параметрах операции.

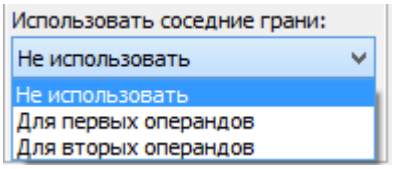
Маркировка граней первых и вторых операндов аналогична выбору операндов-тел. Для удаления грани нужно выбрать её в списке на закладе “Грани” и нажать кнопку **[Удалить]**.

В некоторых случаях необходимо включить параметр **“Обрезать по граням первых операндов”** для формирования правильного результата операции.

Для отмены выбора всех локальных граней служит опция:

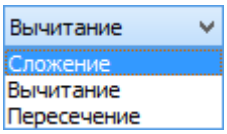
	<D>	Отменить выбор локальных граней

При создании локальной булевой операции могут быть использованы грани, соседние с выбранной гранью. Для этого нужно выбрать соответствующее значение в выпадающем списке параметра **Использовать соседние грани**.



Выбор типа булевой операции

Выбор типа операции осуществляется либо с помощью параметра **Тип операции** в окне свойств, либо с помощью следующих опций автоменю:



	<+>	Сложение
	<->	Вычитание
	<*>	Пересечение

При первом выполнении команды булевой операции после запуска программы в автоменю автоматически устанавливается тип булевой операции “Сложение”. При повторном вызове команды создания булевой операции в нажатом состоянии будет кнопка, соответствующая типу, выбранному при последнем использовании булевой операции.

Выбор частей операндов

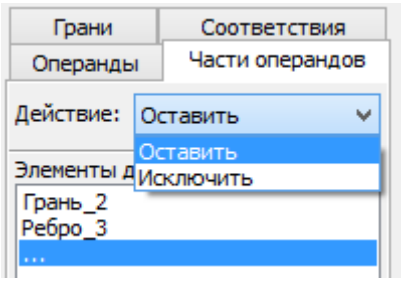
Для создания выборочной булевой операции служит следующая опция:

	<2>	Выбрать части операндов

Также для активизации этого режима можно переключиться на закладку **Части операндов** в окне свойств команды. При этом в автоменю становятся доступными следующие опции:

	<S>	Выбрать элемент, определяющий часть операнда
	<H>	Выбрать точку, определяющую часть операнда
	<D>	Отменить выбор элементов, определяющих частей операндов

При помощи этих опций можно выбрать элементы, определяющие части операндов. Имена выбранных элементов будут добавлены в список на закладке “Части операндов” в окне свойств.



На этой же закладке можно выбрать действие для выбранных частей операндов: оставлять их в результирующем теле или исключать. Это действие устанавливается для всех выбранных частей операндов.

Задание соответствия элементов

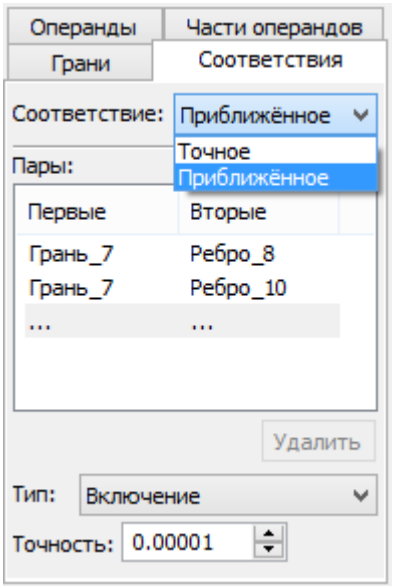
Для задания соответствия элементов служит опция:

	<4>	Задание соответствий элементов

Также для активизации этого режима можно переключиться на закладку “**Соответствия**” в окне свойств команды. При этом в автоменю становятся доступными следующие опции:

	<F>	Выбрать первый элемент
	<S>	Выбрать второй элемент
	<D>	Отмена выбора всех элементов

При помощи этих опций элементы для задания соответствия выбираются попарно. Имена выбранных элементов отображаются на закладке “Соответствия” в окне свойств. Для всех пар элементов может быть установлен точный или приближенный метод. Тип соответствия выбирается из списка параметра “Тип” на этой закладке.



> Следует отметить, что набор типов соответствия в этом списке может быть разным в зависимости от сочетания топологических элементов в паре (см. таблицу в параграфе “Задание соответствия элементов”).

На этой закладке может быть установлена точность соответствия.

Предварительный просмотр результатов булевых операций

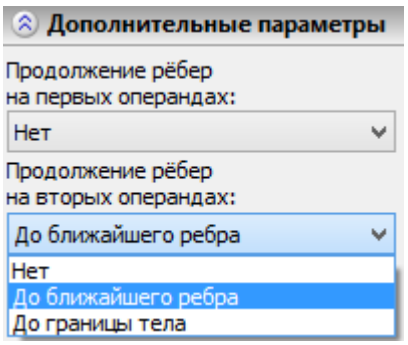
Для предварительного просмотра результата булевой операции, а также изменений, вносимых булевой операцией, необходимо воспользоваться опцией просмотра автоменю или аналогичной кнопкой окна свойств:

	<F5>	Предварительный просмотр результата операции
	<Ctrl+F5>	Предварительный просмотр изменений, вносимых операцией

Дополнительные параметры операции

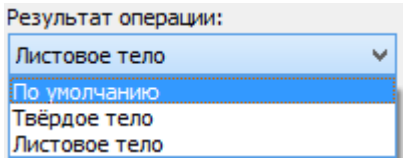
Продолжение рёбер операндов

Если в команде в качестве операндов используются листовые тела, определённые как полупространства, то в этом случае для формирования результата булевой операции может возникнуть необходимость продолжения рёбер пересечения операндов. Для этого нужно выбрать тип объекта, до которого продлевать рёбра первого или второго операнда. Это можно сделать при помощи соответствующих дополнительных параметров.



Выбор типа результирующего тела

Если в результате создания булевой операции может быть сформировано как твёрдое, так и листовое тело, то нужный тип можно выбрать при помощи опции **Результат операции** в дополнительных параметрах операции.



При значении “По умолчанию” командой будет создан приоритетный тип результирующего тела.

Как уже отмечалось ранее, эта опция носит рекомендательный характер. В случае невозможности формирования выбранного типа результирующего тела, значение этого параметра будет игнорироваться.

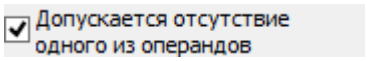
Копирование по образцу

Если в качестве одного из операндов используется 3D массив, то, включив параметр **“Копирование по образцу”**, можно значительно сократить время выполнения булевой операции.



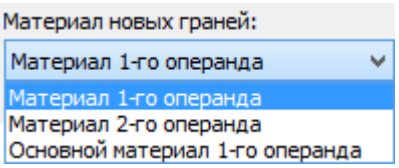
Возможность отсутствия одного из операндов

Если в создаваемой булевой операции включить параметр **“Допускается отсутствие одной из исходных операций”,** то в дальнейшем можно будет подавить один из операндов и при этом сохранить результат булевой операции.



Материал новых граней

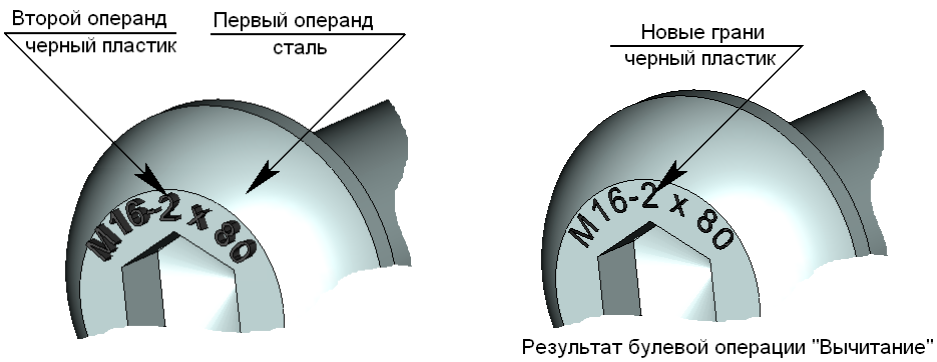
Для определения материала, который применяется к результату булевой операции, используется комбинация параметров. Помимо общих для всех операций параметров материала на закладке “Общие” (параметры “Источник”, “Основной”, “Покрытие”) учитывается также параметр назначения материала для новых граней, которые создаются в результате булевой операции. Для выбора материала используется опция **Материал новых граней.**



Может быть выбрано одно из трёх значений:

- ✓ “**Материал 1-го операнда**”. В этом случае для новых граней будет назначен основной материал, либо материал покрытия (если он задан), в соответствии с параметрами первого операнда. Если первых операндов несколько и они с разными материалами, то на новых гранях будет сохранён материал того операнда, который участвовал в формировании этих граней;

- ✓ “**Материал 2-го операнда**”. При этом значении параметра на новые грани результирующего тела перенесётся материал с тех граней второго операнда, которые участвовали в их формировании. Это может быть и основной материал, и материал покрытия (если он задан), и даже материал операции **“Наложение материала”**. Например, в результате булевой операции “Вычитание” между первым операндом с материалом сталь и вторым операндом с материалом чёрный пластик на созданных гранях результирующего тела будет наложен материал чёрный пластик. Если вторых операндов несколько, и они с разными материалами, то на новых гранях будет сохранён материал того операнда, который участвовал в формировании этих граней.



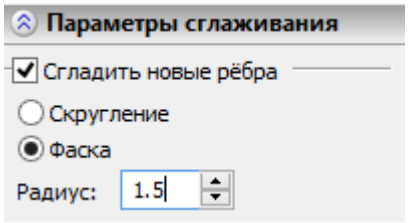
Результат булевой операции "Вычитание"

- ✓ **Основной материал 1-го операнда**. Действие этого параметра аналогично первому параметру (“Материал 1-го операнда”), за исключением случая, когда задан материал покрытия. В данном случае материал покрытия на новых гранях не применяется. Например, если в детали с основным материалом “Сталь” и с покрытием “Медь” с помощью булевой операции создать отверстие, то внутри оно будет выглядеть стальным в соответствии с основным материалом.



Сглаживание новых рёбер

Для включения режима сглаживания новых рёбер, полученных пересечением граней первых и вторых операндов, нужно включить параметр **Сгладить новые рёбра**. После этого становится доступна группа параметров, позволяющая выбрать тип сглаживания (“Скругление”, “Фаска”) и величину сглаживания (параметр “Радиус”).

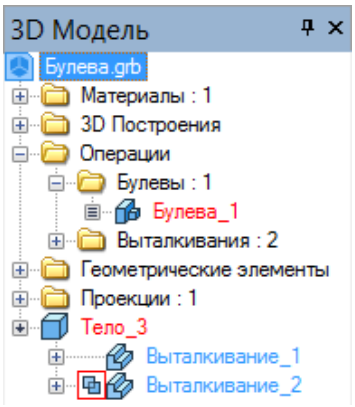


Особенности работы с булевыми операциями

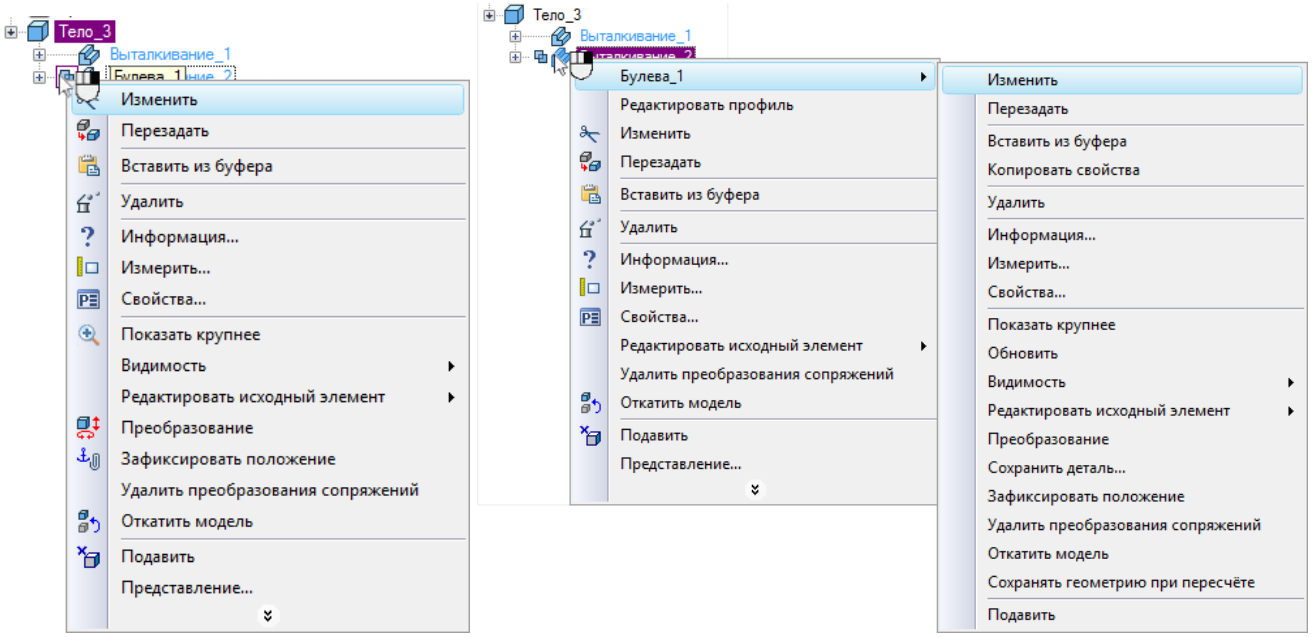
Отображение булевой операции в окне “3D Модель”

После создания булевой операции она помещается в папку “Булевы” в окне “3D модель”. Слева от каждой булевой операции отображается пиктограмма, обозначающая тип операции (Сложение, Вычитание, Пересечение).

Особым образом булевы операции отображаются в дереве 3D модели. При раскрытии структуры Тела булева операция показывается в виде пиктограммы слева от второго операнда. На рисунке справа показана “Булева операция_2”: пересечение первого операнда “Вращение_1” со вторым операндом “Выталкивание_2”.



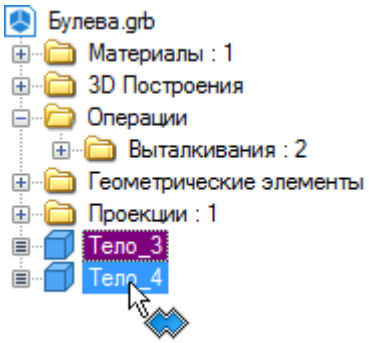
При нажатии на пиктограмме слева от второго операнда в дереве модели вызывается контекстное меню для булевой операции. Также контекстное меню для булевой можно вызвать из контекстного меню для второго операнда в дереве модели.



Создание булевой операции в дереве 3D модели

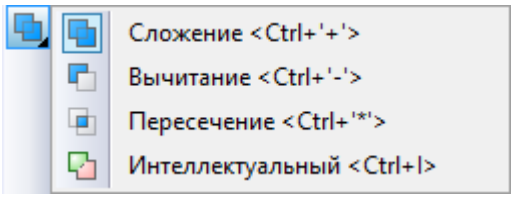
В дереве 3D модели можно создать булеву операцию без явного вызова команды создания.

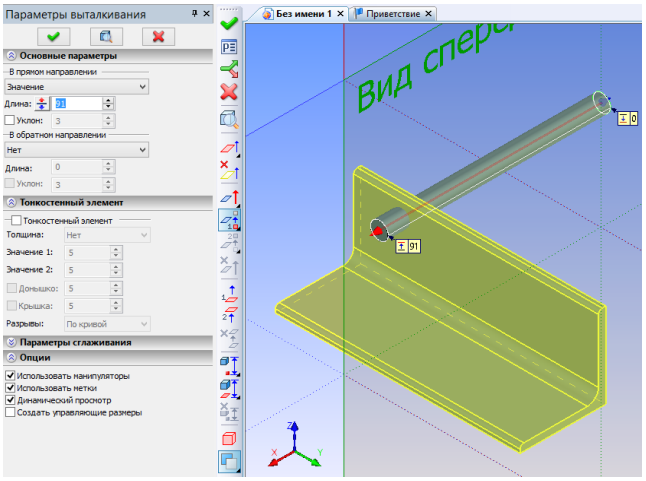
Используя метод Drag&Drop, можно выбрать одно тело в дереве 3D модели и удерживая левую кнопку мыши перетащить его на другое тело. В этом случае будет автоматически создана булева операция “Сложение”. Если при этом удерживать нажатым <Ctrl> будет создана булева операция “Вычитание”. Если вместо <Ctrl> удерживать нажатым <Shift> будет создана булева операция “Пересечение”. Перетаскиваемое тело будет вторым операндом, а тело, на которое перетаскивают – первым операндом.

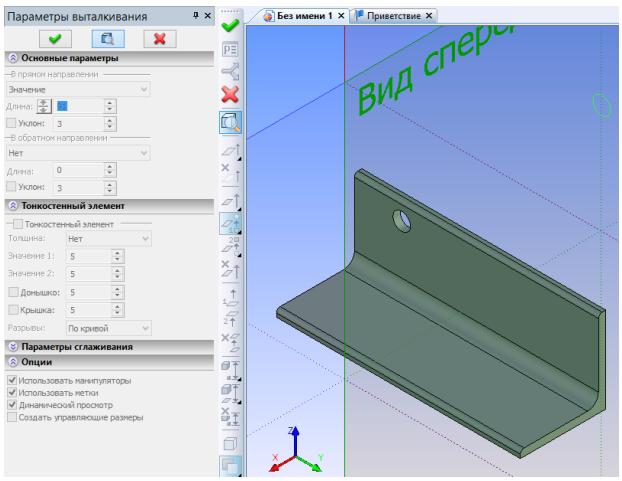


Автоматическое создание булевых операций при создании других операций

При создании многих операций T-FLEX CAD возможно автоматическое создание булевой операции. Создаваемое тело при этом всегда является вторым операндом булевой операции. В качестве первого операнда выбирается любое из уже существующих тел 3D модели.







Следует отметить, что предварительный просмотр при создании таких операций отображает результат автоматической булевой только при создании операции. При редактировании предварительный результат не отображается. Если автоматически создаваемая булева операция не имеет результата, то на предварительном просмотре будет видна только создаваемая операция.

Для создания булевой операции необходимо:

Включить режим создания булевой операции с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+B>	Режим создания булевой операции: «Сложение»

Булева операция создаётся при нажатой пиктограмме.

Выбрать тип создаваемой операции с помощью опции автоменю, содержащей выпадающий список:

	<Ctrl+'+'>	Сложение
	<Ctrl+'-'>	Вычитание
	<Ctrl+'*'>	Пересечение
	<Ctrl+'I'>	Интеллектуальный

Принцип действия интеллектуального режима:

- ✓ Если создаваемое тело и выбранное тело (явно или неявно) имеют пересечение объёмами - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело полностью лежит внутри выбранного тела - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело касается выбранного тела – тип булевой операции: **сложение.**
- ✓ Если условия, указанные в пунктах 1, 2, 3, не выполнены, или выбранное тело лежит внутри создаваемого, или при определении типа проникновения тел возникла ошибка – тип булевой **не определён**, **булева операция не будет создана**.

Выбрать первый операнд булевой операции (в некоторых случаях – необязательное действие) с помощью опции автоменю:

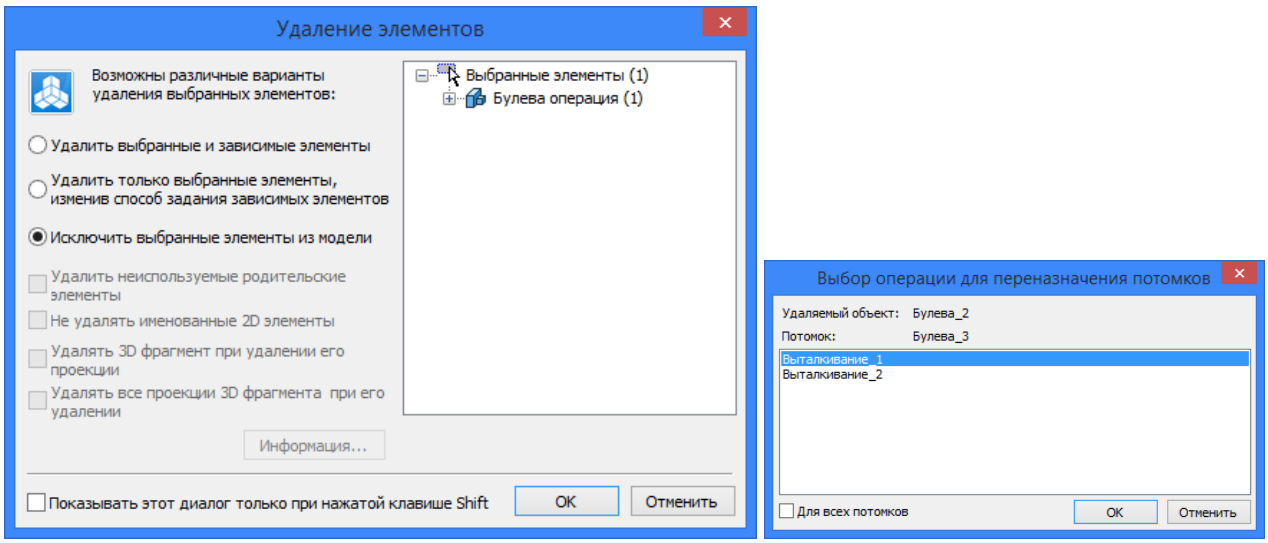
	<Ctrl+T>	Выбрать исходное тело для булевой операции

Если в сцене присутствует всего одно тело, то оно выбирается автоматически. Создаваемое в операции новое тело является вторым операндом булевой операции.

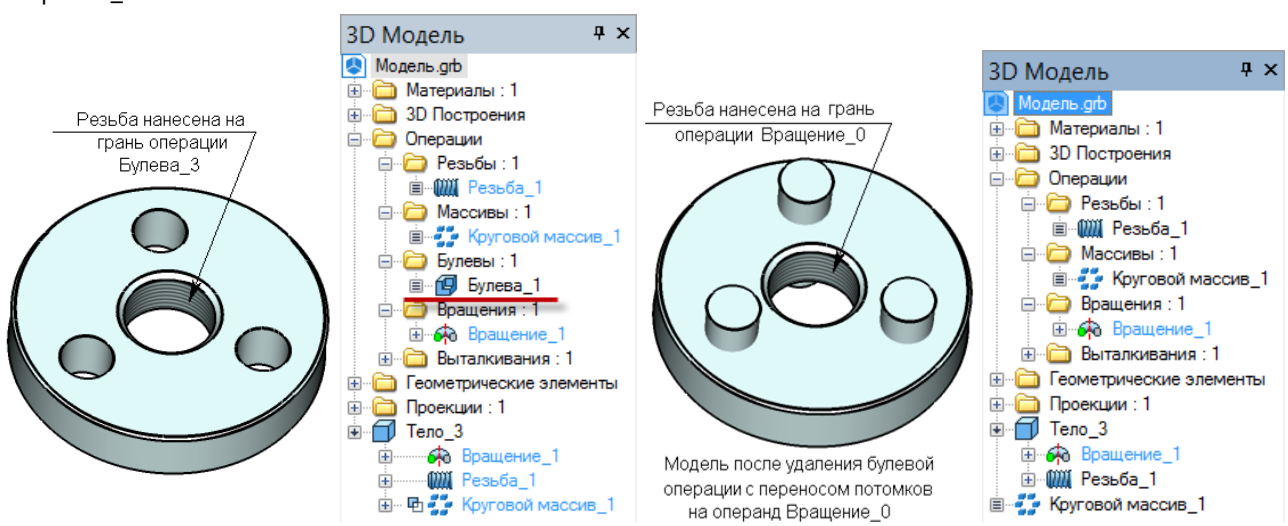
После подтверждения создания операции сначала создаётся тело, а затем выполняется булева операция заданного типа.

Удаление булевой операции

Если булева операция находится на верхнем уровне дерева, то при её удалении в дереве модели останутся Тела операндов этой булевой операции. Если же у булевой операции есть потомки, то при её удалении будет выдан диалог Удаление элементов. Если в этом диалоге выбрать вариант **Исключить выбранные элементы из модели, переназначив связи зависимых элементов на другие элементы**, то будет выдан диалог Выбор операции для переназначения потомков, в котором предлагается выбрать один из операндов удаляемой булевой операции, на который будут переведены все потомки.



На рисунке ниже показана структура Тела_1. Сначала была создана булева операция “Вычитание” операции “Круговой массив_1” из операции “Вращение_1”, а затем на грань результирующего тела булевой операции была нанесена “Резьба_1”. Если теперь удалить операцию “Булева_1” с попыткой исключения элемента из дерева модели и в диалоге “Выбор операции для переназначения потомков” выбрать операцию “Вращение_1”, то операция “Резьба _1” станет потомком операции “Вращение_1.



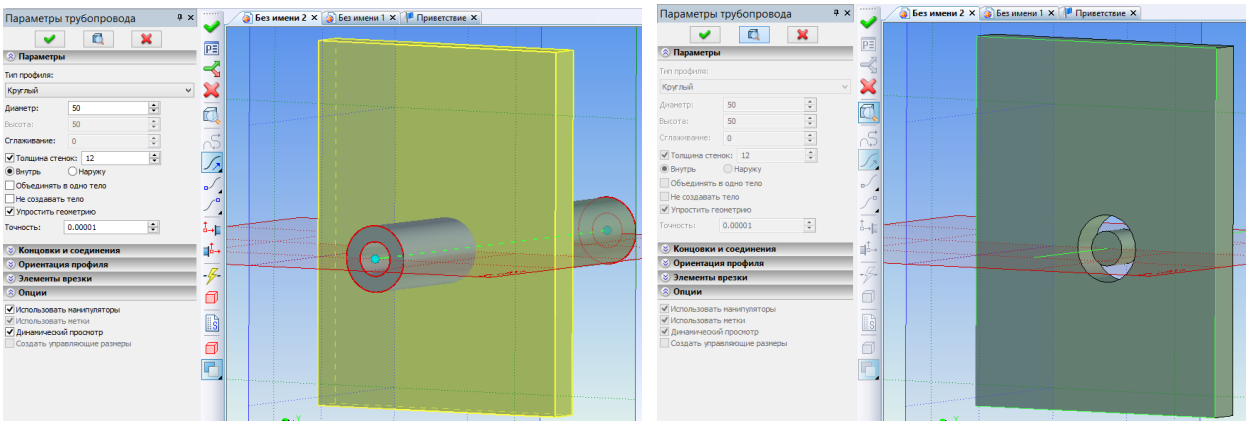
При удалении одного из операндов с исключением элемента из дерева модели, будет удалена и сама булева операция.

Булевы операции с 3D фрагментами

Использование 3D фрагментов в качестве операндов является уникальной возможностью для T-FLEX CAD. Благодаря этому значительно расширяются возможности создания параметрических 3D моделей и сборок. При вставке 3D фрагмента в сборку есть возможность автоматически создавать булеву операцию с телами сборки. Более подробно о возможностях использования 3D фрагмента в

качестве операнда можно посмотреть в главах “Создание сборочных 3D моделей” в параграфе “Подготовка документа T-FLEX CAD к использованию в качестве 3D фрагмента” и в главе “Настройка чертежа”, параграф “Закладка “3D”.

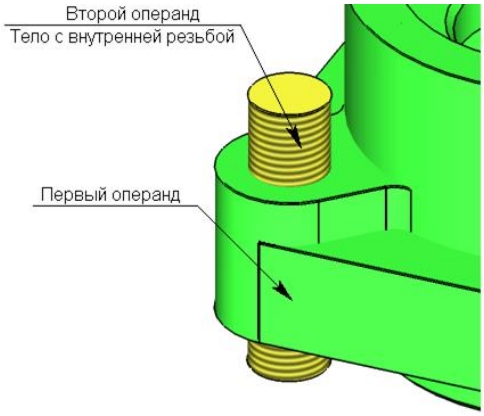
При создании 3D фрагментов с заданной автоматической булевой операцией предварительный просмотр отображает не только вставляемый фрагмент, но и результат этой булевой операции.

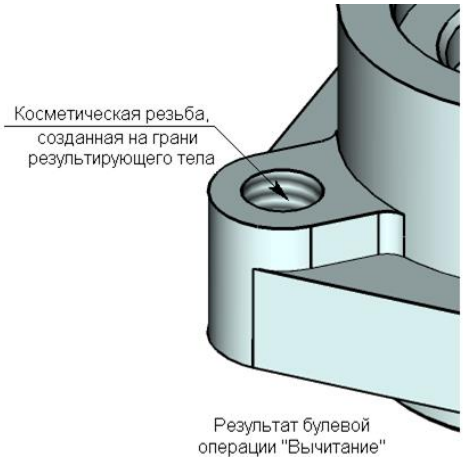


Нанесение резьбы при помощи булевой операции

Если на грани одного из операндов нанесена косметическая резьба и эта грань контактирует с гранями другого операнда, то в этом случае есть возможность автоматически создать косметическую резьбу на грани результирующего тела. Например, как показано на рисунке ниже, из тела корпуса вычитается тело с косметической резьбой на грани. При этом на созданной грани результирующего тела автоматически создаётся косметическая резьба.

Следует заметить, что резьба на грани второго операнда должна быть “Внутренней”, для того, чтобы на результирующем теле резьба в отверстии также была создана как “Внутренняя”.





Сглаживание рёбер

Операция сглаживания рёбер предназначена для получения сопряжения двух или более соприкасающихся поверхностей, принадлежащих одному телу. Сглаживание можно производить как над твёрдыми телами, так и над листовыми.

Существует несколько способов сопряжения:

- ✓ фаска (смещение; длина-угол);
- ✓ скругление;
- ✓ скругление с переменным радиусом (круговое, эллиптическое).

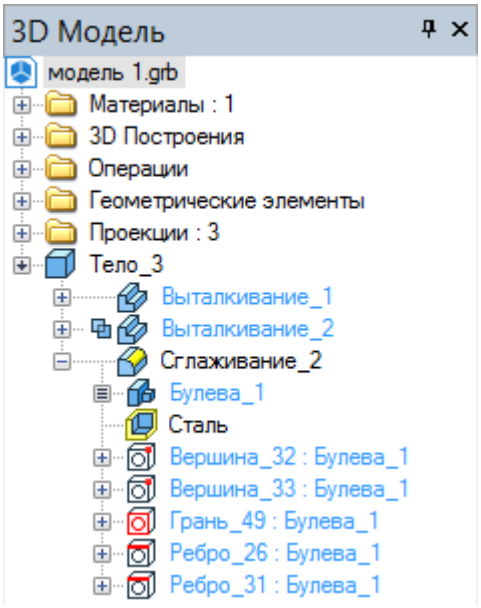
В результате выполнения операции ребро, являющееся пересечением двух граней, заменяется дополнительной поверхностью (поверхностью сглаживания), обеспечивающей требуемый переход от поверхности одной грани к поверхности другой.

В операции сглаживания рёбер доступен специальный режим диагностики, позволяющий в процессе создания операции оперативно оценивать возможность и причины возникновения ошибок.

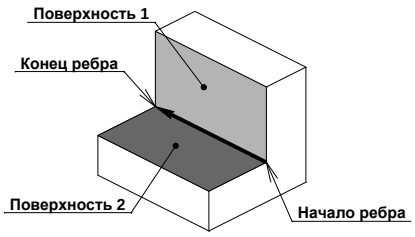
Основные понятия. Возможности операции

В операции сглаживания рёбер основой всегда служат рёбра листового или твёрдого тела. Иногда для уточнения формы поверхности требуется выбор отдельных вершин на используемых рёбрах. Однако набор опций автоменю позволяет выбирать помимо рёбер много других объектов – циклы, грани, вершины, операции. Это сделано с целью облегчить выбор некоторых характерных комбинаций рёбер. Так, выбирая вершину, мы выбираем все сходящиеся в ней рёбра; цикл по определению представляет собой определённую последовательность рёбер; при выборе грани выбираются все ограничивающие её ребра (один или несколько циклов); а, выбирая тело, мы автоматически выбираем все его рёбра, пригодные для выполнения сглаживания.

Очень важно понимать и то обстоятельство, как запоминается информация об исходных элементах сглаживания. В истории модели запоминается именно тот элемент, который был выбран при задании сглаживания. Так, если для сглаживания выбиралась грань, то в дереве модели хранится ссылка на грань. В этом случае набор рёбер для сглаживания формируется каждый раз новый. Это даёт существенное преимущество, так как при изменении топологии выбранного объекта (изменении количества рёбер на грани) операция будет корректно пересчитана для нового набора рёбер используемого объекта. Иначе, если было выбрано конкретное ребро, которое затем пропало, система выдаст ошибку.



Каждое выбранное ребро имеет направление, указываемое стрелкой. В зависимости от направления можно определить другие понятия, которые потребуются при задании различных видов сглаживания. Начало стрелки определяет начало ребра. Принято соглашение, что поверхность, которая расположена справа от ребра, если смотреть по направлению стрелки, условно называется первой сопрягаемой поверхностью, а расположенная слева – второй.



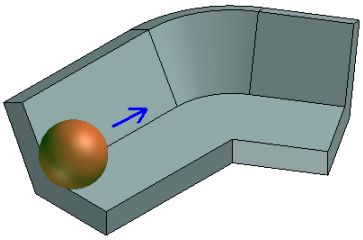
Виды сглаживания

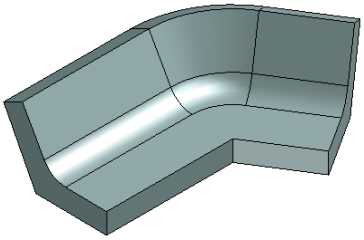
Скругление

Скругление – это наиболее часто используемый вид сглаживания. Вдоль выбранного ребра формируется поверхность плавного перехода от одной грани к другой, с условием, чтобы в каждом сечении этой поверхности, построенном перпендикулярно ребру, получалась дуга окружности заданного радиуса.

Для того чтобы легче понять, как образуется поверхность скругления, представьте себе шарик заданного радиуса, который катится вдоль выбранного ребра и касается прилегающих к этому ребру поверхностей. Катящийся шарик образует след, который является поверхностью сглаживания для данного ребра. Для заданной группы рёбер поверхность может быть сформирована в один или несколько проходов, например, если разные рёбра скругляются разными радиусами. В местах сопряжения нескольких поверхностей сглаживания иногда может получаться сложная сплайновая поверхность.

В зависимости от того, какой угол образуют грани скругляемого ребра – выпуклый или вогнутый, операция может как добавлять, так и удалять материал.

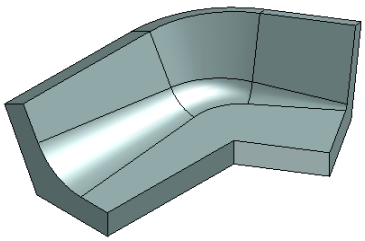


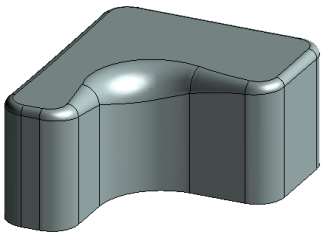


Скругляющий шарик обязательно должен иметь касание хотя бы с одной прилегающей гранью, в противном случае скругления не произойдет, и система сообщит об ошибке.

Скругление переменным радиусом

При данном способе скругления формируется поверхность переменного радиуса. Задаётся список специальных точек, в каждой из которых можно установить определённое значение радиуса сглаживания. Положение каждой точки задаётся в процентах от общей длины ребра. В начальный момент этот список состоит из двух точек, соответствующих 0% и 100% длины ребра.

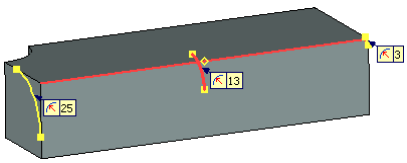


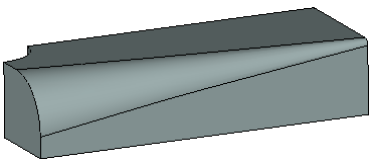


Если выбрано несколько рёбер, то для всех последовательностей сопряжённых рёбер, не обязательно гладко сопряжённых, точки задаются в процентах от всей длины последовательности. Направление рёбер в каждой последовательности становится общим. Оно устанавливается по направлению первого выбранного ребра в последовательности.

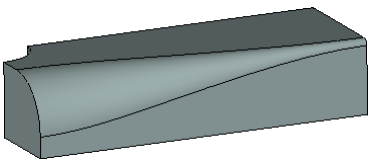
> При задании данного типа сглаживания по замкнутой последовательности рёбер всегда нужно следить за тем, чтобы радиусы начала и конца последовательности имели одинаковые значения.

Изменение радиуса сглаживания между точками может быть *линейным* или *гладким*. При линейном изменение радиуса описывается ломаной линией (радиус меняется линейно от точки к точке). При гладком – изменение радиуса задаётся кривой, имеющей в начальной и конечной точках горизонтальную касательную.





Линейное изменение радиуса



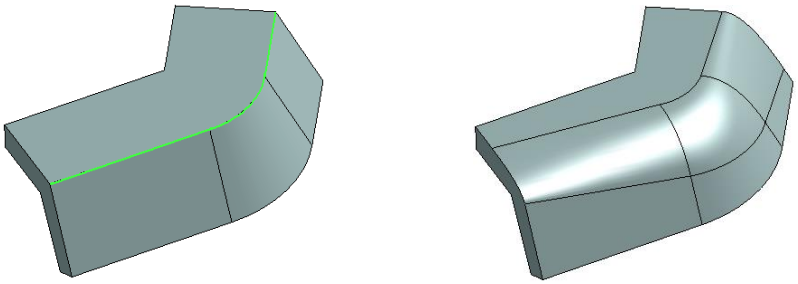
Гладкое изменение радиуса

Для некоторых специальных случаев существует режим, в котором можно задавать параметры переменного сглаживания для каждого отдельного ребра. При обработке таким способом гладкой

последовательности рёбер необходимо следить за тем, чтобы значения радиусов на стыках смежных рёбер были одинаковыми.

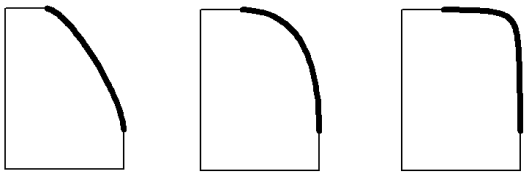
Сглаживание переменным эллиптическим радиусом

Данный способ сглаживания рёбер позволяет создавать более сложные поверхности перехода. Размер и форма поверхности перехода задаётся смещениями от условно первой и условно второй грани, и коэффициентом формы.



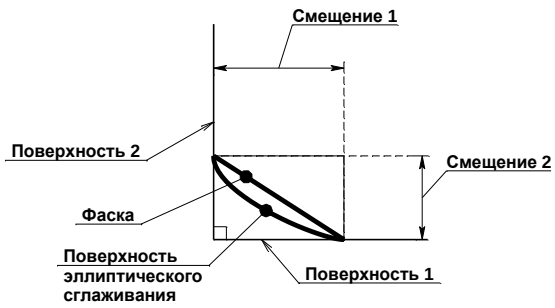
В зависимости от значения коэффициента выпуклости формы все получаемые поверхности делятся на три группы:

- ✓ первая группа значений коэффициента лежит в пределе от 0 до 0.5, не включая крайние значения. При этом сечение поверхности сглаживания имеет эллиптическую форму.
- ✓ ко второй группе относится значение 0.5. При этом значении выпуклости сечение поверхности сглаживания определяется параболой.
- ✓ третья группа значений лежит в пределе от 0.5 до 1, не включая крайние значения. При этом сечение поверхности сглаживания имеет гиперболическую форму.

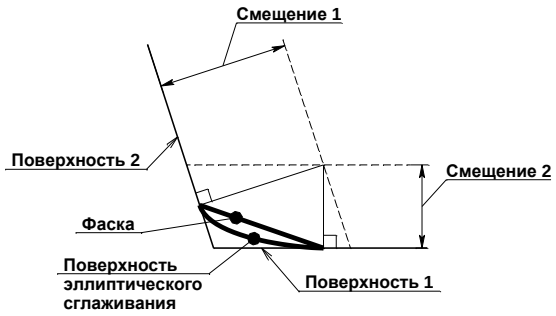


Форма поверхности может задаваться в каждой точке ребра (последовательности рёбер). Работа со списком точек осуществляется таким же образом, как и в переменном круговом сглаживании. Изменение радиуса сглаживания между точками также может быть *линейным* или *гладким*, как и в переменном круговом сглаживании.

Смещения от граней определяют границы поверхности сглаживания. Алгоритм построения поверхности сглаживания по смещениям – общий для эллиптического сглаживания и фаски по смещениям. Он проиллюстрирован на следующих рисунках:



Расчет поверхности сглаживания по смещениям при значении угла между поверхностями 90 градусов



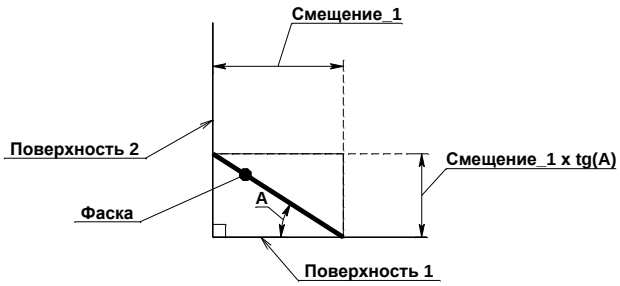
Расчет поверхности сглаживания по смещениям при произвольном значении угла между поверхностями

- ✓ От второй грани на расстоянии Смещения_1 строится эквидистантная поверхность.
- ✓ От первой грани на расстоянии Смещения_2 строится вторая эквидистантная поверхность.
- ✓ Из точек пересечения эквидистантных поверхностей опускаются перпендикуляры на исходные поверхности, получаются границы поверхности сглаживания.

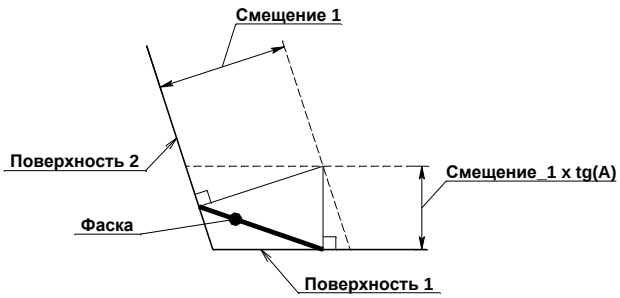
В частном случае, при построении сглаживания между плоскими ортогональными гранями, можно сказать, что расстояние от вершины до границы поверхности сглаживания равно величине смещения.

Фаска

По выбранному набору рёбер можно построить фаску. Фаска может быть задана двумя отступами от прилегающих граней, либо углом наклона и радиусом. Алгоритм построения фаски по смещению и углу проиллюстрирован на следующих рисунках:



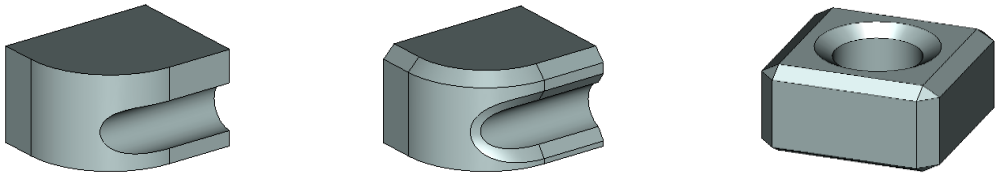
Расчет поверхности сглаживания по смещению и углу "A" при значении угла между поверхностями 90 градусов



Расчет поверхности по смещению и углу "A" при произвольном значении угла между поверхностями

По заданному углу рассчитывается второе смещение как произведение первого на тангенс угла. Дальнейшие вычисления происходят как в алгоритме построения фаски по двум смещениям.

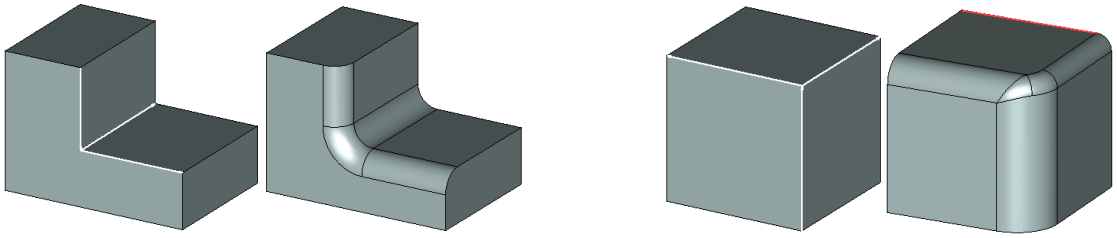
При построении фаски грани и рёбра не обязательно должны быть плоскими, они могут быть различной геометрической формы (см. рисунок ниже).



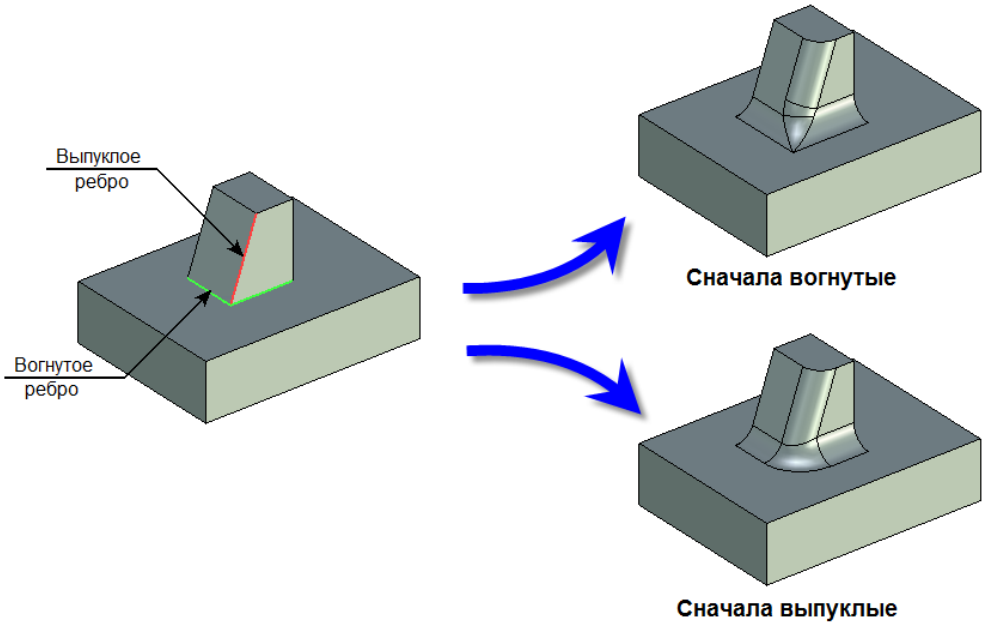
Особенности сглаживания группы рёбер

Автоматическое сглаживание вершин

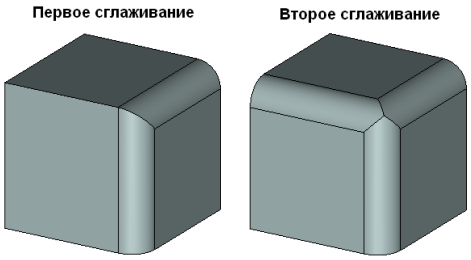
Одной операцией можно скруглить все рёбра, сходящиеся в одной вершине, причём рёбра могут быть разных типов, как выпуклые, так и вогнутые. При одновременном скруглении всех рёбер автоматически скругляется и вершина, в которой они сходятся.



Форму геометрии сглаживания в вершине можно менять, выбирая разный порядок сглаживания рёбер: *"По умолчанию"* (порядок сглаживания рёбер определяется системой самостоятельно), *"Сначала вогнутые"*, *"Сначала выпуклые"* (порядок сглаживания выпуклых рёбер не определён), *"Сначала с минимальной выпуклостью"*, *"Сначала с максимальной выпуклостью"*. Обратите внимание: для того, чтобы управлять формой сглаживания в вершине, необходимо при создании сглаживания дополнительно к рёбрам выбрать и саму вершину.



Если сглаживание вершины нежелательно, то сглаживание рёбер можно осуществить двумя операциями сглаживания, сначала сгладив два любых ребра, сходящихся в одной вершине, а затем третье. В этом случае результат будет выглядеть следующим образом:



Иногда бывает невозможно построить сглаживание сразу всех выбранных рёбер, система выдаст ошибку. В таком случае также нужно попробовать создать нужные сглаживания в несколько этапов.

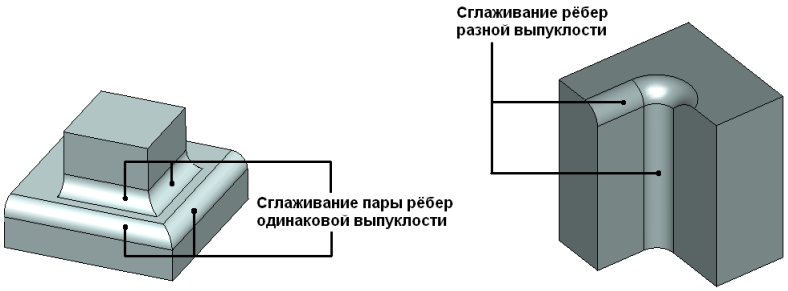
Из вышесказанного следует, что если правильно пользоваться возможностями данной операции, то сгладить можно практически все рёбра любой модели.

> При необходимости сглаживания нескольких рёбер одного тела предпочтительнее обходиться минимальным количеством операций сглаживания. Например, лучше сгладить набор рёбер одной операцией, чем провести ряд операций, сглаживая по одному ребру. При таком подходе регенерация модели протекает значительно быстрее, и работа системы по сглаживанию чаще проходит наиболее корректно.

Сглаживание двух рёбер из трёх, сходящихся в одной вершине

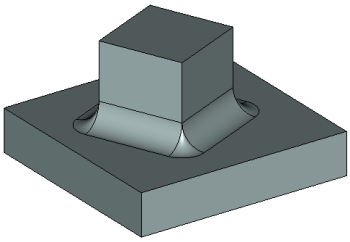
При сглаживании двух рёбер одной выпуклости формируется две поверхности сглаживания – по одной на каждое ребро. Вершина в этом случае не сглаживается, а в этом месте строятся новые ребра, образованные пересечением поверхностей сглаживания.

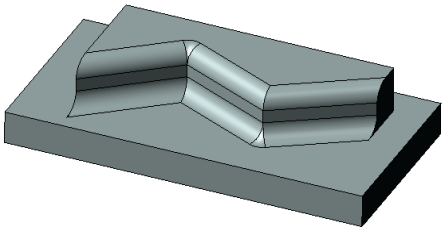
При сглаживании двух рёбер разной выпуклости вершина, в которой соединяются рёбра, тоже сглаживается. Это делается автоматически.



Обработка вершин с рёбрами разной выпуклости

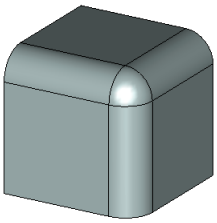
Следует отдельно обратить внимание на случай, когда в вершине сходятся три ребра разной выпуклости. При этом если сглаживать два ребра одной выпуклости, то можно воспользоваться дополнительной возможностью сглаживания вершины, в которой сходятся эти рёбра. Для этих целей требуется дополнительно выбрать саму вершину. Результаты проиллюстрированы на следующих рисунках:



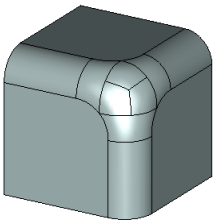


Сглаживание группы рёбер с отступом от вершины

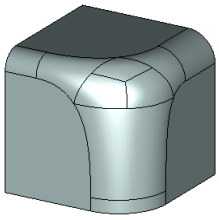
При скруглении группы рёбер, сходящихся в одной вершине, можно задавать некоторый отступ от этой вершины. Влияние отступа на форму поверхности сглаживания продемонстрировано на следующих рисунках:



Отступы не заданы

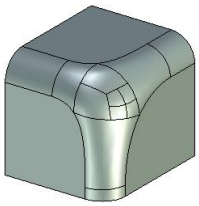


Заданы одинаковые отступы и радиусы скругления

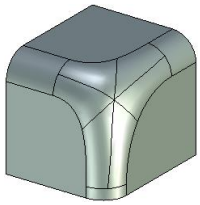


Разные значения отступов и радиусов скругления

Как видно, отступ позволяет задать зону, в которой осуществляется плавный переход одной поверхности сглаживания в другую. В переходной зоне не гарантируется сохранение заданного радиуса поверхности. Переходная зона может формироваться с использованием переходных поверхностей или без них.



Сглаживание с использованием переходных поверхностей



Сглаживание без переходных поверхностей

Параметр «Отступ» может быть задан в начале и в конце любого ребра. Но осуществление отступов возможно только для группы из трёх или более рёбер, сходящихся в одной вершине. Часть сходящихся рёбер может иметь направление от вершины, а часть – на вершину. При этом нужно следить, чтобы отступы на всех рёбрах были заданы со стороны вершины. Если одно ребро попадает на две вершины, в которых задаются отступы, тогда отступ задаётся и в начале этого ребра, и в конце.

В некоторых случаях система T-FLEX CAD позволяет автоматически синхронизировать параметры «отступ» для рёбер, имеющих различное направление. Например, это происходит при выборе группы рёбер указанием на вершину (подробное описание процедуры задания отступов описано ниже).

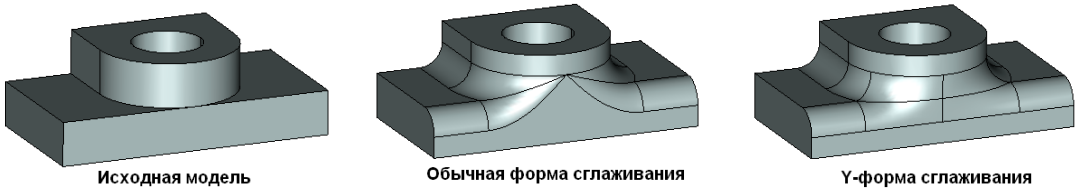
Для обозначения отступа на рёбрах в процессе задания параметров операции существуют специальные динамические манипуляторы. По их наличию и положению можно легко определять

параметры отступов, а также, изменяя мышью положение манипуляторов, можно эти параметры изменять.

Специальные функции сглаживания рёбер

Y-форма

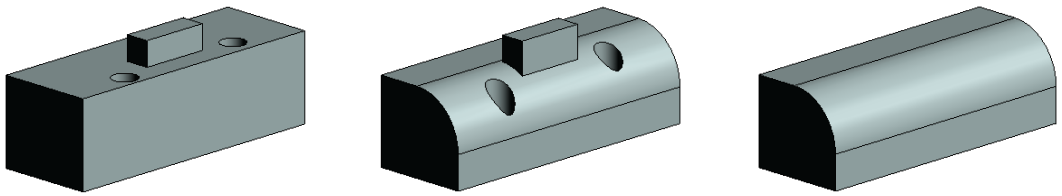
При схождении двух рёбер разной выпуклости по касательной в вершине с тремя или более гранями, возможно использование специальной функции обработки вершины – создание Y-формы сглаживания. Данный способ обработки вершины позволяет создавать в переходной зоне поверхности с более низким искривлением по сравнению с обычным сглаживанием.



Данный вид обработки вершины применим только для создания скруглений постоянным или переменным радиусом.

Удаление топологии

В случае, когда поверхность скругления полностью перекрывает другие топологические объекты, возможны два варианта завершения операции. Система может сохранить все топологические элементы, выполняя обрезку или достраивая необходимые участки поверхностей. Во втором случае останется только поверхность сглаживания, а все перекрываемые объекты будут удалены.



Обработка перекрытий

На практике довольно часто поверхность скругления вступает в контакт с элементами геометрии тела, не являющимися гранями, которые образуют скругляемое ребро. В этом случае наступает момент, когда система использует специальные опции обработки таких перекрытий. Существует четыре типа перекрытий:

- **Гладкие перекрытия** – когда поверхность скругления гладко сопрягается с другим скруглением на обрабатываемом теле. В зоне сопряжения поверхность скругления деформируется для обеспечения одновременного касания к исходной грани и к сопрягаемой поверхности.
- **На острое ребро –** при построении скругления остаётся неизменным ребро, на которое «наползает» поверхность скругления при построении сглаживания. Поверхность скругления в зоне соприкосновения с ребром формируется качением шарика,

касательно к одной исходной грани и с опорой на «стесняющее» ребро. При обработке перекрытий с сохранением острых рёбер имеется возможность дополнительно включать/выключать алгоритм, анализирующий случаи, когда только часть сглаживаемой поверхности (на концах) «наползает» на острое ребро. Отключение ненужных, более сложных алгоритмов позволит несколько ускорить время пересчета модели.

- **Вырез –** скругление строится так, что элемент, на который заползает поверхность сглаживания, игнорируется, и деформации поверхности сглаживания не происходит, а поверхности пересекаемого элемента обрезаются или достраиваются.
- **Зоны с малой кривизной** – иногда в модели в пределах построения сглаживания присутствуют места, в которых радиус кривизны поверхностей настолько мал, что сглаживающий шарик заданного радиуса не может прокатиться с соблюдением непрерывного касания к боковым стенкам. В таком случае система может использовать специальные обработки для обеспечения сглаживания заданным радиусом в искривлённой зоне:
  - **Только сглаживания** – в этом случае система будет обрабатывать искривленные зоны самым быстрым алгоритмом, считая, что поверхности таких областей созданы только сглаживаниями постоянного радиуса. При несоответствии типа исходной поверхности и невозможности создать новое сглаживание выдаётся ошибка.
  - **Искривление на границе** – система обрабатывает искривленные зоны, считая, что зона с большой кривизной занимает пространство какой-нибудь грани боковой стенки целиком.
  - **Искривление внутри грани** – это наиболее сложный, но и самый универсальный алгоритм. Он позволяет обрабатывать такие случаи, когда зона с большой кривизной расположена на участке грани боковой стенки сглаживания. В этом случае поверхность сглаживания дополнительно дробится для обеспечения правильной обработки.

При включении опций система допускает наличие того или иного типа перекрытия. Если строящееся скругление должно наползти на несколько других скруглений с различными типами перекрытия, то выбор оптимального решения остаётся за системой. Сначала она пробует выполнить плавное сопряжение, затем скругление с сохранением острых рёбер и, наконец, вырез. Вид обработки искривленных зон зависит от выбранного алгоритма.

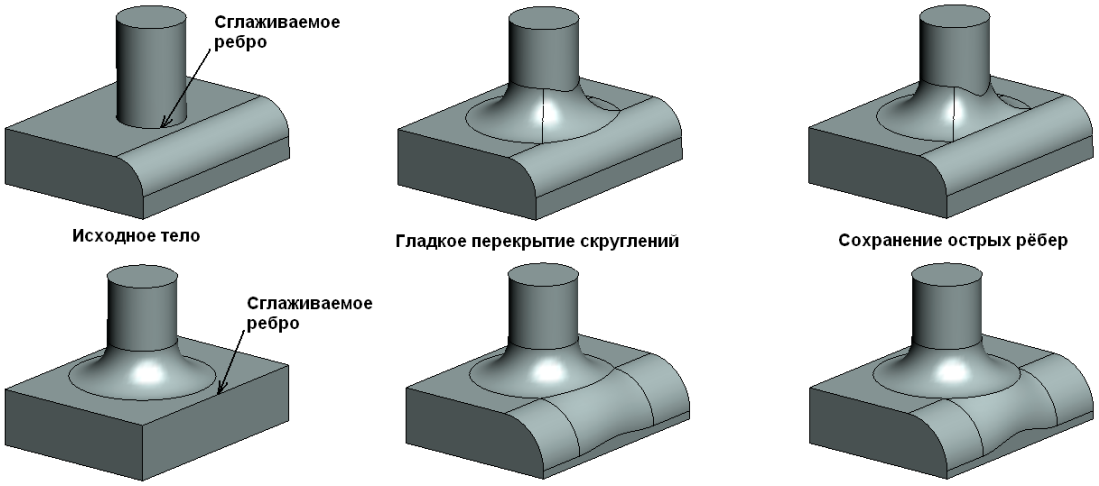
Вы можете контролировать поведение системы в случае появления перекрытия. Контроль над опциями сопряжения предназначается для случая, когда система получает результаты, отличные от ожидаемых. Вы можете устанавливать опции перекрытия в любом желаемом сочетании.

> Система старается применить все три типа обработки перекрытий в приведенном порядке. Если какой-то из типов обработки выключен, то он исключается из списка обработок и не применяется.

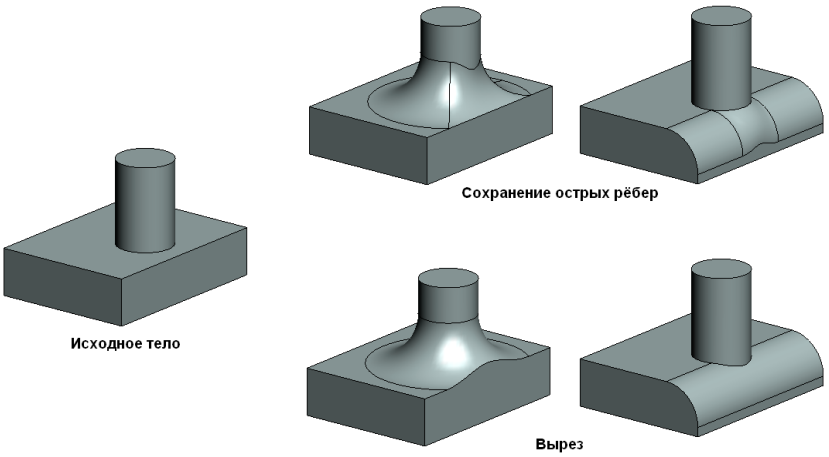
Если все три опции запрещены, и скругление наползает на грани и рёбра тела, то система отказывается от построения скругления и выдаёт сообщение о невозможности построения скругления.

Следующий ряд примеров иллюстрирует возможности операции при использовании различных опций обработки перекрытий:

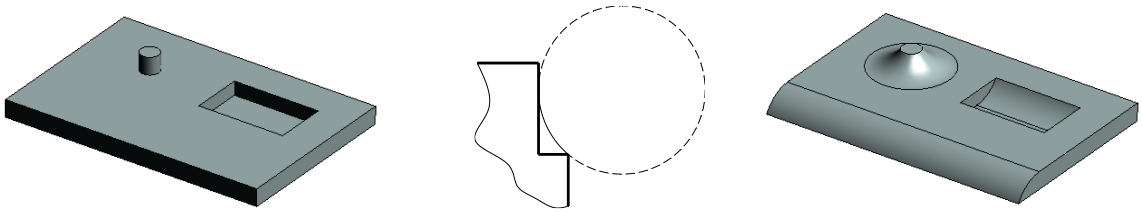
- Пример управления обработкой перекрытия – включение и отключение опции обработки гладкого перекрытия. Опция «**Вырез**» к данному примеру не применима.



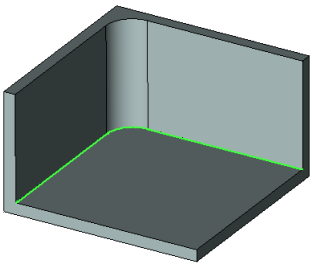
- Пример управления обработкой перекрытия – включение и отключение опции обработки «**Сохранять острые рёбра**». Опция «**Учитывать гладкие перекрытия**» к данному примеру не применима.



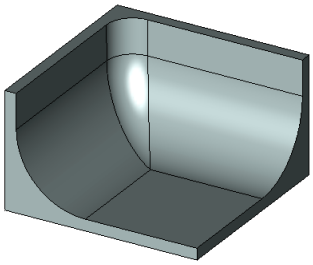
- Пример построения поверхности сглаживания при включенной опции «**Сохранять острые рёбра**». Обрабатывается случай, когда невозможно построение поверхности сглаживания заданного радиуса, касательной сразу к двум граням сглаживаемого ребра. При отключении опции система выдаст сообщение о невозможности построения скругления.



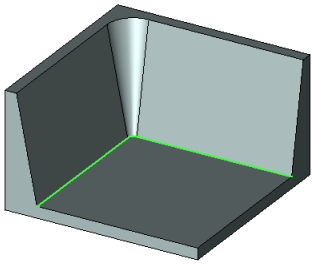
➔ Пример обработки зон с большой кривизной в боковой стенке сглаживания различными алгоритмами. В месте, где радиус сглаживания больше радиуса кривизны боковой стенки сглаживания, система проводит коррекцию поверхности сглаживания.



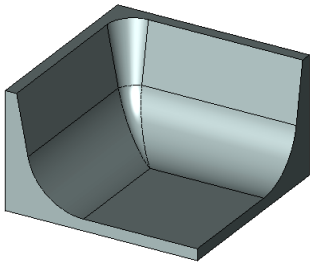
Исходный вариант



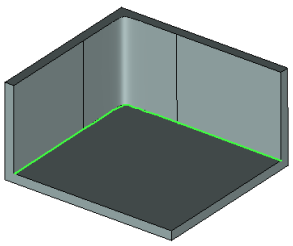
Обработка «Только сглаживания»



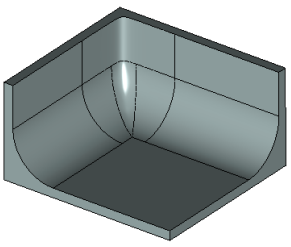
Исходный вариант



Обработка «Искривление на границе»



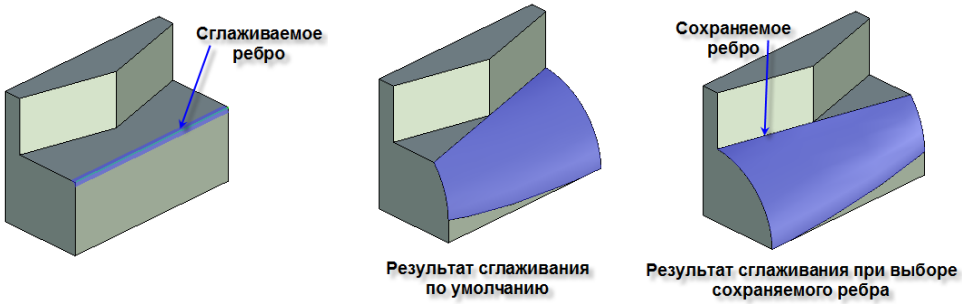
Исходный вариант



Обработка «Искривление внутри грани»

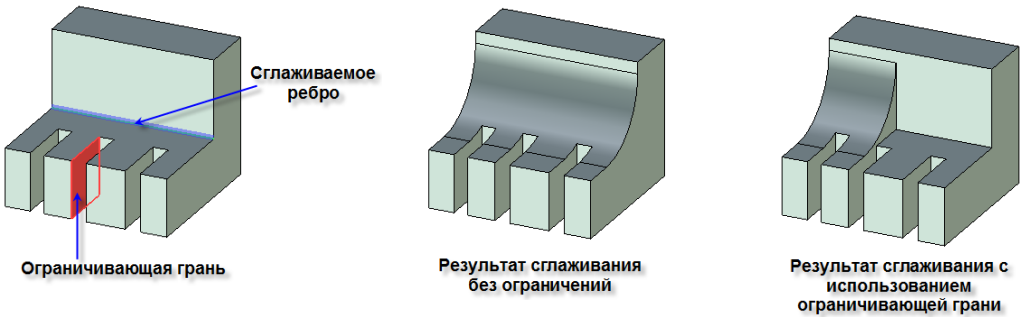
Явное задание сохраняемых рёбер

При создании сглаживания можно указывать рёбра тела, которые не нужно менять при сглаживании. Поверхность сглаживания в результате пройдёт по этим рёбрам.



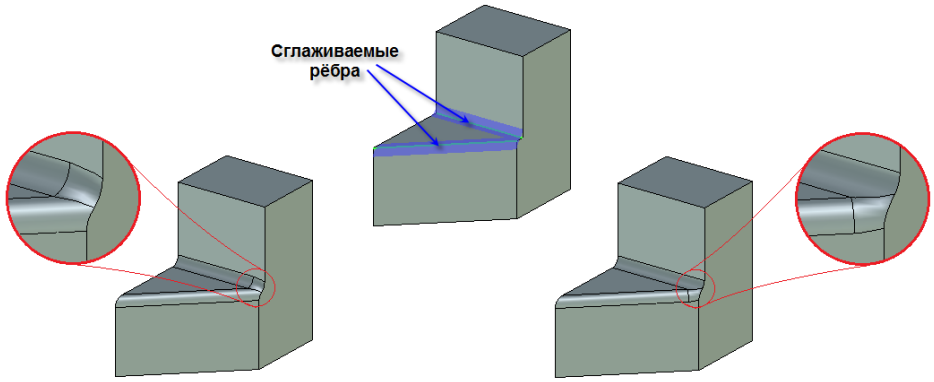
Задание ограничивающей геометрии

Задание ограничивающей геометрии позволяет обрезать сглаживание геометрией произвольной грани, плоскостью или листовым телом. Эта функциональность позволяет формировать сглаживание в различных сложных конфигурациях.



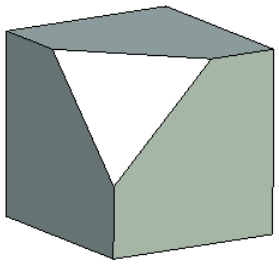
Задание порядка формирования сглаживания при перекрытии поверхностей сглаживания на нескольких рёбрах

В случаях перекрытия поверхностей сглаживания на нескольких рёбрах разной выпуклости можно добиться требуемого поведения этих поверхностей, меняя порядок формирования сглаживания. Порядок формирования определяется выбранным приоритетом обработки рёбер: сначала вогнутые или сначала выпуклые.



Результаты сглаживания с разным порядком обработки рёбер

Задание фаски на вершине



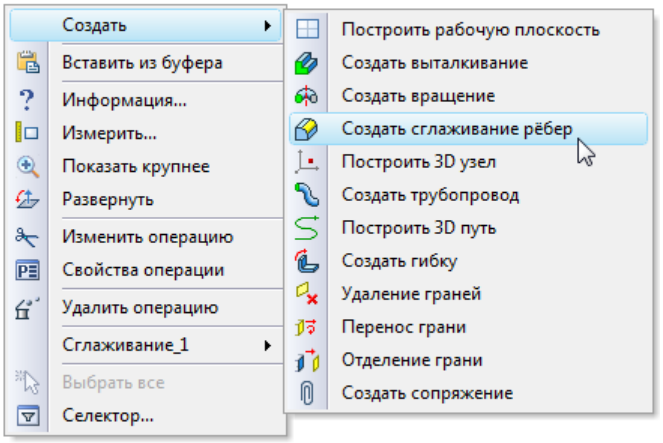
Для вершины, в которой сходятся три ребра, возможно создание фаски без задания сглаживания на соседних рёбрах. Эта опция работает без задания радиусов сглаживания, просто по выбору вершины с тремя рёбрами. Она строит треугольник по точкам, смещённым от вершины на заданные величины, и отсекает им тело. Этот режим работает и на вершинах, в которые сходится более трёх рёбер. В этом случае по возможности также формируется плоскость, а при невозможности – гладкая поверхность, затягивающая область.

Правила задания операции

Для сглаживания рёбер используется команда “**3DE: Создать сглаживание рёбер**”. Вызов команды может быть выполнен одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Сглаживание → Рёбер
Клавиатура	Текстовое меню
<3DE>	Операции > Сглаживание > Рёбер

Также вызов команды осуществляется из контекстного меню, вызванного при выборе одного из элементов, на котором можно построить операцию сглаживания. Таковыми являются грани, рёбра, циклы, вершины, операции.



Для создания операции сглаживания необходимо выполнить следующий набор действий:

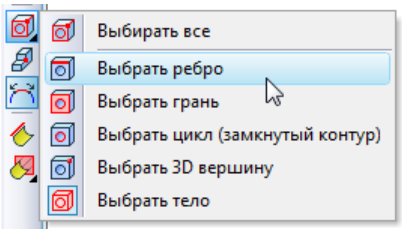
- ✓ Выбрать элементы для сглаживания.
- ✓ Задать параметры сглаживания.
- ✓ Подтвердить создание операции.

Правила выбора объектов

После запуска команды в автоменю активна универсальная опция, позволяющая выбирать все пригодные для создания операции объекты:

	<E>	Выбор граней, рёбер и вершин

Выпадающий список данной опции содержит фильтры выбора различных 3D объектов: рёбер, граней, циклов, 3D вершин и тел.



Выбор элементов осуществляется в 3D окне. Курсор нужно подвести к необходимому объекту. Выбираемый элемент при этом пометится, а у курсора появится подсказка для этого элемента в виде текстовой строки. Для выбора нужно нажать .

Рассмотрим подробнее использование каждого фильтра выбора из списка опции .

Выбрать ребро . Настраивает систему на выбор рёбер. Она может быть использована совместно с режимом выбора последовательности гладко сопряжённых рёбер, который активируется опцией:

	<S>	Режим выбора последовательности гладко сопряженных рёбер

Последовательностью гладко сопряженных рёбер называется набор рёбер, образующий замкнутую или разомкнутую неразрывную кривую, не имеющую изломов (обеспечивается непрерывность по первой производной).

При использовании данного режима автоматически выбираются все рёбра, способные составить гладкую последовательность вместе с выбираемым ребром.

Выбрать вершину . Настраивает систему на выбор вершин. При указании в вершину выбираются все рёбра, сходящиеся в данной вершине. Для выбранной таким образом группы рёбер автоматически задаётся нулевой отступ от выбранной вершины. При рассогласовании направлений сходящихся рёбер выполняется автоматическая синхронизация параметров **«Начало»** и **«Конец»** таким образом, чтобы для всех рёбер отступ задавался в выбранной вершине.

Данный фильтр может использоваться в режиме выбора вершин без автоматического выбора рёбер. Это нужно для создания некоторых специальных случаев сглаживания (Y-форма, обработка вершин с рёбрами разной выпуклости). Опция, включающая и выключающая этот режим, приведена ниже:

	<Z>	Разрешить выбор вершин без выбора рёбер

В этом случае при указании на вершину выбора рёбер не происходит, а в список выбранных элементов для сглаживания добавляется выбранная вершина.

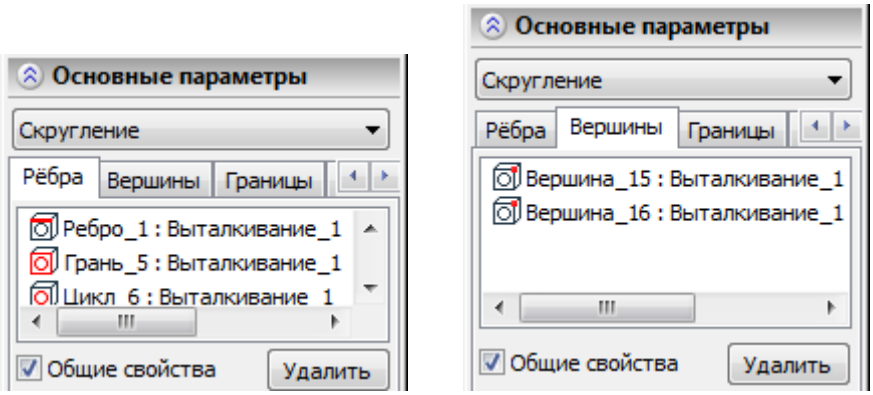
Выбрать цикл (замкнутый контур) . Настраивает систему на выбор замкнутого контура ребёр (цикла). Начало и конец рёбер, входящих в замкнутый цикл, не требуют определения. В этом случае параметры сглаживания задаются для всех рёбер одновременно. Для каждого отдельного ребра цикла нельзя задать индивидуальные параметры. В качестве первой поверхности для всех рёбер цикла будет являться грань, обрамляемая выбранным циклом. Это необходимо помнить при создании фаски.

Выбрать грань . Настраивает систему на выбор граней. Как и в предыдущем случае, для рёбер выбранной грани, используются одинаковые параметры. В качестве первой поверхности для всех рёбер этой грани является сама грань.

Выбрать тело . Настраивает систему на выбор тел (операций). После указания на операцию в список выбранных объектов попадают все рёбра тела, пригодные для сглаживания. Это принципиальное отличие от двух предыдущих фильтров позволяет задавать разные свойства для разных рёбер одного выбранного тела.

Выбранные объекты сглаживания заносятся в виде списка в специальные поля диалога свойств операции. Рёбра, грани и циклы помещаются в список на закладке “Рёбра”. Вершины, выбранные с помощью опции  (без выбора рёбер) заносятся в список на закладке “Вершины”.

Отменить выбор объектов сглаживания можно с помощью кнопки **[Удалить]** в окне свойств команды или повторным выбором элементов в 3D окне.



Задание параметров операции. Использование манипуляторов

Параметры операции могут задаваться на любом этапе создания операции. Для задания параметров операции могут быть использованы **окно свойств**, работающее в прозрачном режиме или **диалог параметров**, требующий обязательного подтверждения для актуализации изменений. Совместно с окном свойств работают вспомогательные графические объекты – манипуляторы.

Окно свойств операции «Сглаживания рёбер» состоит из трёх секций: **«Основные параметры»**, **«Обработка перекрытий»**, **«Опции»**. Часть элементов управления в окнах задания параметров могут пропадать или замещаться другими. Это зависит от типа сглаживания, от типа обрабатываемого элемента (ребро или вершина).

Процесс задания параметров удобнее начинать после выбора элементов для создания скругления. Как уже было сказано выше, выбранные рёбра, грани, циклы отображаются в списке на закладке “Рёбра”. Вершины, выбранные с помощью опции  (без выбора рёбер) заносятся в список на закладке “Вершины”. Выбирая конкретный объект в этих списках, можно задать для него параметры сглаживания. Изначально свойства сглаживания задаются одинаковыми для всех элементов. Об этом свидетельствует включенный флажок **«Общие свойства»**. Отключив этот флажок, можно задавать персональные параметры сглаживания для каждого элемента списка объектов сглаживания.

Тип сглаживания выбирается из выпадающего списка. В зависимости от типа сглаживания появляются элементы управления для задания сопутствующих этому типу параметров.

Использование манипуляторов

Для задания основных численных параметров сглаживания в наглядном динамическом режиме удобно использовать специальные вспомогательные графические объекты – манипуляторы. Манипуляторы появляются автоматически после выбора объектов сглаживания. Их количество, вид и размер зависит от типа сглаживания, от вида выбранных объектов, от типа и значений изменяемых с их помощью параметров.

Манипуляторы рисуются разными цветами. По умолчанию активный манипулятор (который в данный момент мы двигаем мышкой) рисуется красным цветом, а все остальные – пассивные – рисуются жёлтым.

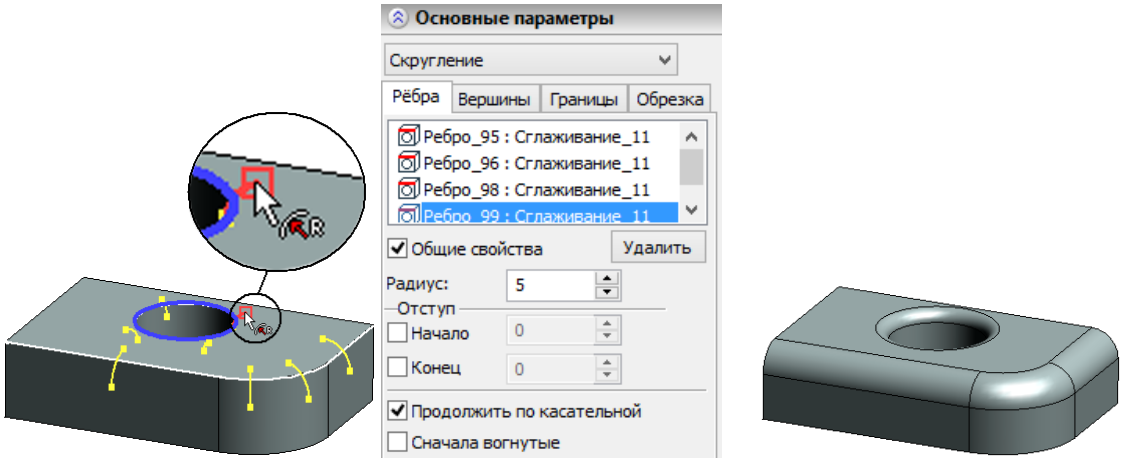
> Использование манипуляторов при одновременном сглаживании большого количества рёбер на компьютере небольшой производительности может вызывать ощутимые замедления системы. Для ускорения работы в этом случае манипуляторы можно выключить. Флажок, включающий манипуляторы, находится в окне свойств в секции «**Опции**».

В последующих параграфах рассмотрены все виды манипуляторов для каждого типа сглаживания.

Задание скругления постоянным радиусом

- ✓ Выберите объекты для создания скругления. Это удобнее сделать на первом этапе. Но при необходимости выбор объектов возможен в любой момент задания операции.
- ✓ Установите в выпадающем списке тип сглаживания «**Скругление**».
- ✓ Задайте радиус скругления. Предварительное его значение можно установить при помощи манипуляторов.

> Манипуляторы для обозначения и изменения радиуса скругления появляются на каждом выбранном ребре. На прямых рёбрах – в количестве 1 штуки, на криволинейных – по 2 штуки, на замкнутых – по 4 штуки.



Изначально для всех рёбер, обрабатываемых одной операцией, задаётся одно значение радиуса. При изменении одного манипулятора все другие изменяются синхронно на это же значение. Для задания индивидуальных свойств какого-то ребра, выберите его в списке рёбер окна свойств, и отключите флажок «**Общие свойства**». Далее для этого ребра можно задать индивидуальное значение радиуса в поле «**Радиус**». Манипуляторы, управляющие радиусом сглаживания на этом ребре, будут изменяться независимо от остальных.

- ✓ Подтвердите создание операции кнопкой .

Задание скругления с переменным круговым радиусом

- ✓ Выберите рёбра для создания скругления;

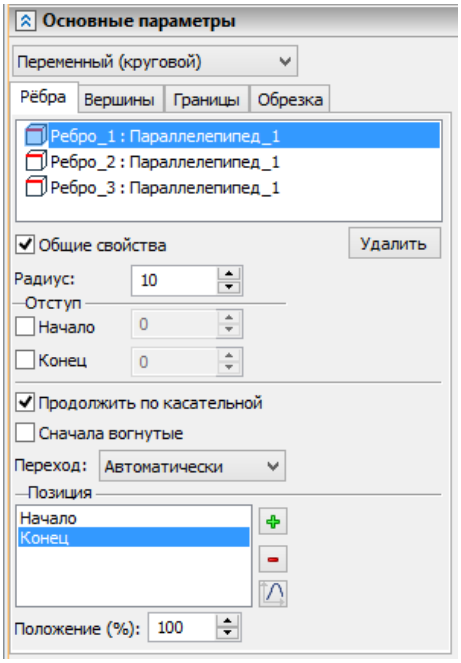
- ✓ Выберите в выпадающем списке окна свойств тип сглаживания «**Переменный (круговой)**». Появляются необходимые элементы управления для задания остальных параметров;
- ✓ Далее требуется задать набор промежуточных точек и значение радиуса в каждой точке;

Важно понимать следующее. Изначально система пытается составить одну последовательность (не обязательно гладкую) из всех выбранных рёбер. Если это не возможно, то будет составлено несколько последовательностей. Для каждой последовательности рёбер набор точек раскладывается по всей длине последовательности.

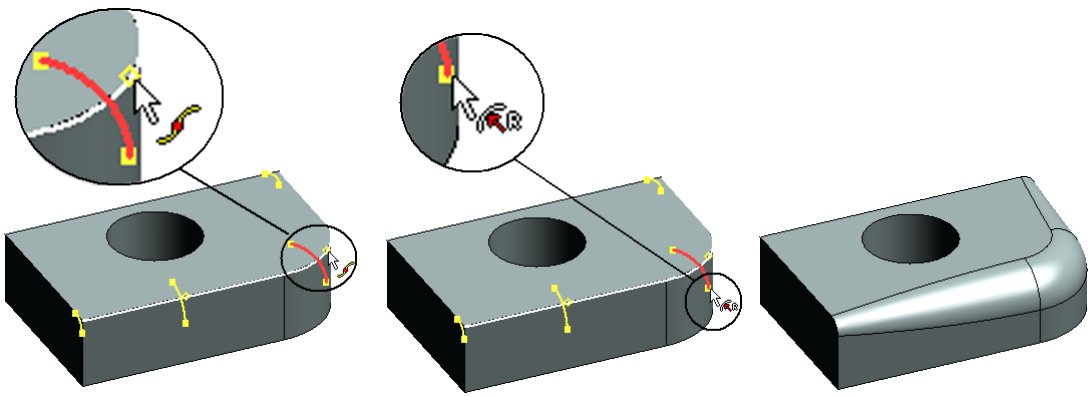
Система может автоматически составлять последовательности только из тех рёбер, которые помечены флажком «**Общие свойства**». Если для какого-либо ребра флажок «**Общие свойства**» отключен, то весь набор точек раскладывается на этом ребре, причём этот набор строго индивидуален для данного ребра.

> Если обрабатывается несколько рёбер, составляющих гладкую последовательность, с отключенным флажком «**Общие свойства**», то нужно следить за тем, чтобы радиусы в месте соединения рёбер были одинаковыми.

Список точек для задания радиуса задаётся в поле «**Позиция**». Изначально существует две точки – «Начало» и «Конец», соответствующие 0% и 100% длины ребра (последовательности). Эти точки существуют всегда, и изменить их положение нельзя.



Для добавления новой промежуточной точки нажмите кнопку . На ребре появляется новый манипулятор, управляющий положением новой точки и радиусом сглаживания в этой точке. Двигая ручки манипулятора можно изменять оба эти параметра для обрабатываемой точки.



Текущее положение промежуточной точки отражается в поле «**Положение (%):**». Сюда же можно ввести точное значение с клавиатуры. Для уточнения значения радиуса в промежуточной точке сначала нужно выбрать её из общего списка «**Позиция**». Далее можно ввести значение радиуса в поле «**Радиус:**».

Положение точек для задания радиуса сглаживания можно задавать и с помощью графика. Для этого используется кнопка  окна свойств. При нажатии на кнопку открывается окно редактирования графика. Область определения графика по оси X ограничена значениями 0-100 (так как координата X каждой точки – это её положение на ребре в процентах относительно длины ребра). Область значений функции тоже ограничена – запрещено задавать значения радиуса меньше 0. Подробно о работе с графиками рассказано в главе “Графики”.

- ✓ Задайте тип изменения радиуса – **Линейный**, **Гладкий**, и особый вариант – **Автоматически**;

  Тип изменения радиуса выбирается из выпадающего списка параметра **Переход**. По умолчанию установлен вариант **Автоматически**. В этом случае:

  - если для текущего сглаживания заданы только начальная и конечная точки, то изменение радиуса будет рассчитываться по линейному алгоритму;
  - в противном случае (когда заданы внутренние точки) применяется гладкий алгоритм изменения радиуса.

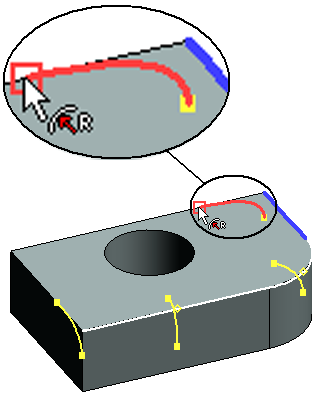
- ✓ Подтвердите создание операции нажатием кнопки .

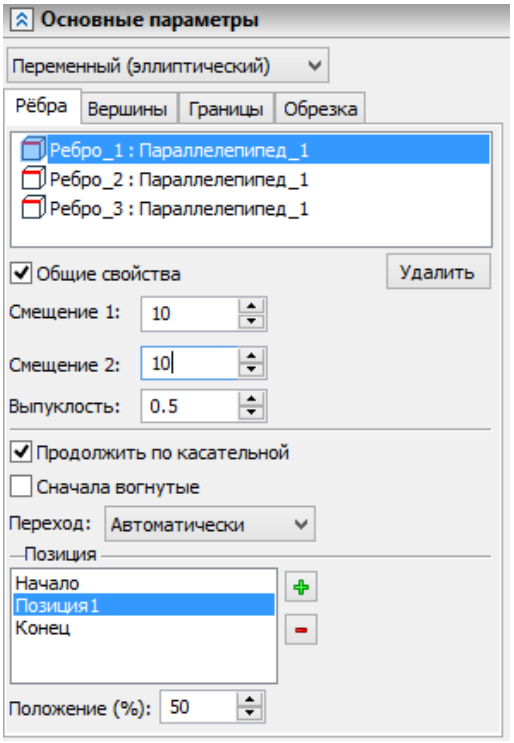
Задание скругления переменным эллиптическим радиусом

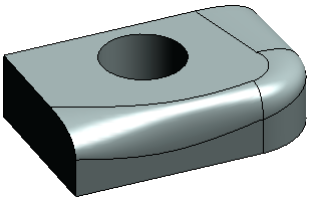
- ✓ Выберите рёбра для создания скругления;
- ✓ Выберите в выпадающем списке окна свойств тип сглаживания **Переменный (эллиптический)**. Появляются необходимые элементы управления для задания остальных параметров;
- ✓ Далее требуется задать набор промежуточных точек, смещения и значение коэффициента формы в каждой точке;

Скругление переменным эллиптическим радиусом, как и предыдущий вид скругления переменным радиусом, базируется на специальных точках. Приёмы задания набора точек аналогичны приёмам, описанным для переменного кругового скругления (за исключением возможности задания точек с помощью графика). Отличие при задании этого типа сглаживания состоит в способах задания формы скругления.

При данном способе сглаживания для каждой точки задаются два смещения, определяющие границы поверхности сглаживания в данном сечении, и коэффициент формы поверхности.







В самом общем случае, когда вы не используете манипуляторы, рекомендуется следующий порядок задания параметров поверхности в точках:

- Установить курсор на требуемое ребро в списке выбранных элементов.
- Установить курсор в поле списка точек.
- Добавить необходимое количество промежуточных точек, задать их положение на ребре или текущей последовательности рёбер.
- Перебирая точки для каждого ребра, задать значения смещений и коэффициентов формы.

✓ Задайте тип изменения радиуса – **Линейный**, **Гладкий**, **Автоматически** (точно также, как и при создании сглаживания переменным круговым радиусом);

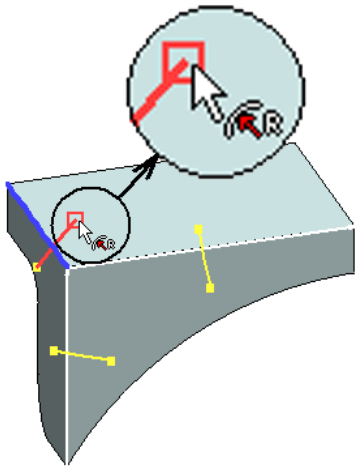
✓ Подтвердите создание операции можно нажатием кнопки .

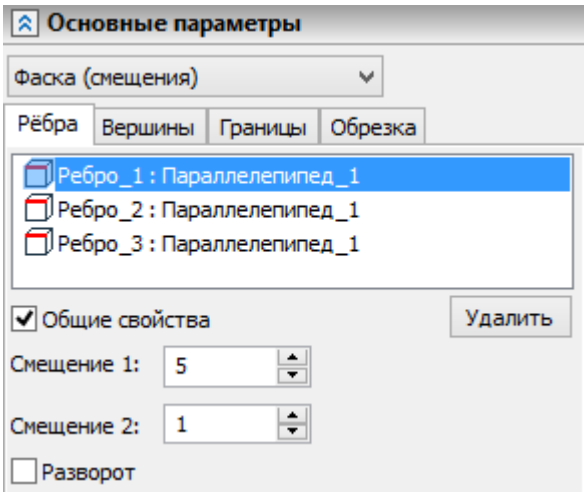
Задание фаски

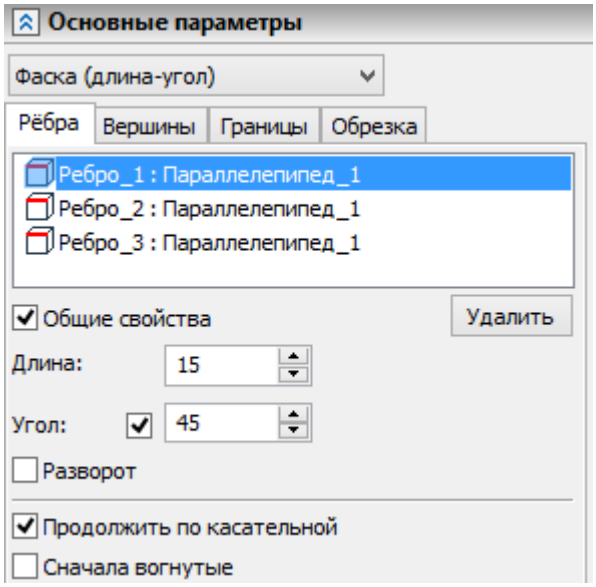
✓ Выбрать рёбра для создания фаски.

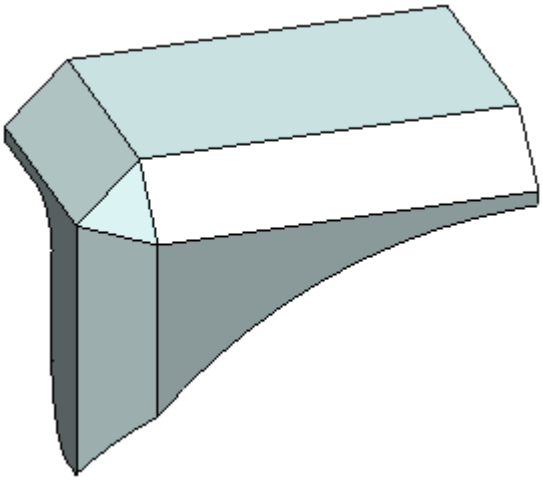
✓ Выбрать тип сглаживания **Фаска (смещения)** или **Фаска (длина-угол)**.

✓ Задать параметры фаски. Для разных типов фаски набор параметров различен. Удобнее всего для установки приблизительного значения пользоваться манипулятором-фаской. Точное значение можно задать в окне свойств.









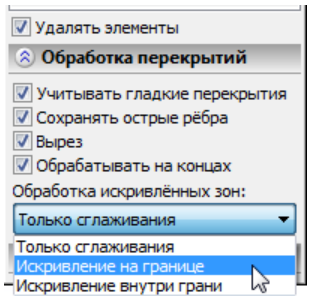
При задании фаски по смещениям одна ручка манипулятора задаёт первое смещение, другая управляет вторым смещением. С какой стороны от ребра будет задаваться первое и второе смещение, зависит от направления ребра. Направление ребра можно изменить на противоположное при помощи флажка **Разворот**. Этот флажок работает для каждого отдельного ребра и не зависит от параметра **Общие свойства**.

При задании фаски по углу вторая ручка манипулятора будет задавать параметр **Угол**. В окне свойств напротив поля «Угол» можно включить специальный флажок, который заблокирует изменение угла при помощи второй ручки манипулятора. При этом передвижение обеих ручек манипулятора будет задавать только первое смещение при неизменном угле.

✓ Подтвердить создание операции нажатием кнопки .

Управление специальными функциями сглаживания

Удаление топологии. Функцией удаления топологии управляет специальный флажок **Удалять элементы** в окне свойств. Управление этой функцией возможно для всех типов сглаживания.



Обработка перекрытий. Установка на обработку перекрытий задаётся при помощи соответствующих флажков, расположенных в отдельной секции окна свойств. По умолчанию, все опции включены. При таком положении опций система пытается применить все возможные типы обработки перекрытий в порядке расположения опций.

Алгоритм обработки зон с маленькой кривизной выбирается из выпадающего списка.

Продолжение сглаживания по касательной. Во всех видах сглаживания доступна функция сглаживания гладких последовательностей рёбер, примыкающих к уже выбранным рёбрам. Сглаживание рёбер ведётся в том порядке, в котором они расположены в поле **Список**. Данная функция ведёт поиск гладкой последовательности среди соседних рёбер, примыкающих к сглаживаемому в данный момент ребру. Гладкая последовательность может существовать ранее или образоваться при появлении нового ребра на границе поверхности сглаживания в результате сглаживания предыдущего ребра из набора. В случае определения гладкой последовательности система пытается продолжить поверхность сглаживания на всю последовательность.

Вышеописанная опция  имеет похожее назначение, но её отличие в том, что она позволяет выбирать все рёбра последовательности указанием на одно из них, то есть помещает все рёбра последовательности в поле **Список**. При использовании флажка **Продолжить по касательной** в списке выбранных элементов для сглаживания могут присутствовать не все рёбра сглаживаемой последовательности, а только одно. Это важно при возможном последующем изменении топологии модели, когда состав гладкой последовательности может меняться. В этом случае достаточно выбрать для сглаживания наиболее «стабильное» ребро из всей последовательности.

Задание скругления Y-формы

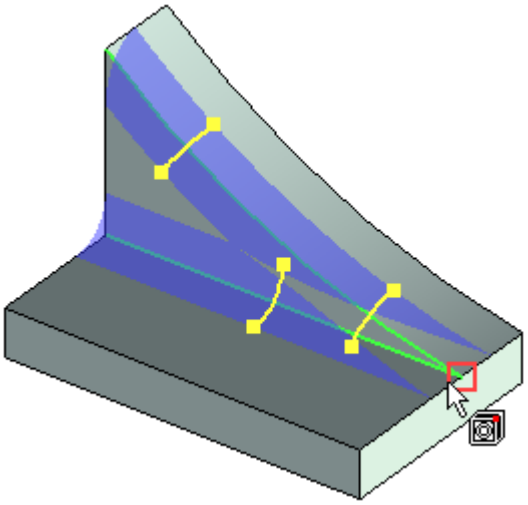
- ✓ Выбрать рёбра, необходимые для создания сглаживания.
- ✓ Выбрать вершину, в которой предполагается создание сглаживания Y-формы. Для выбора вершины без выбора рёбер требуется задействовать опцию автоменю:

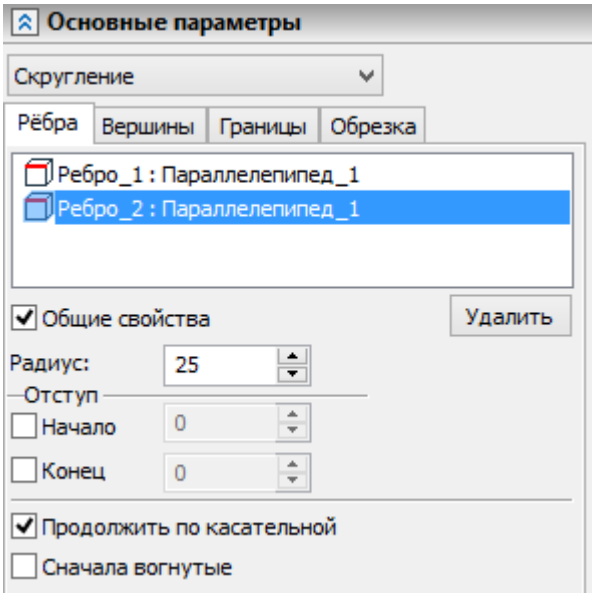
	<Z>	Разрешить выбор вершин без выбора рёбер

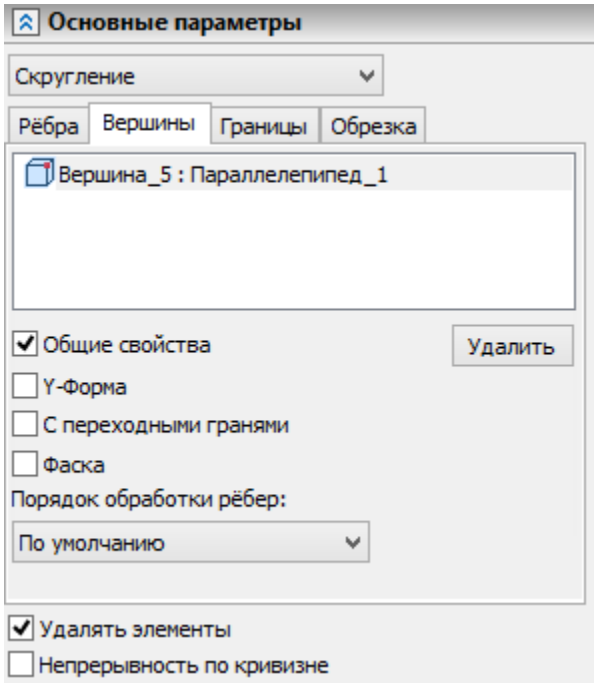
- ✓ В списке на закладке **Вершины** указать на вершину и включить для неё флажок **Y-форма**.

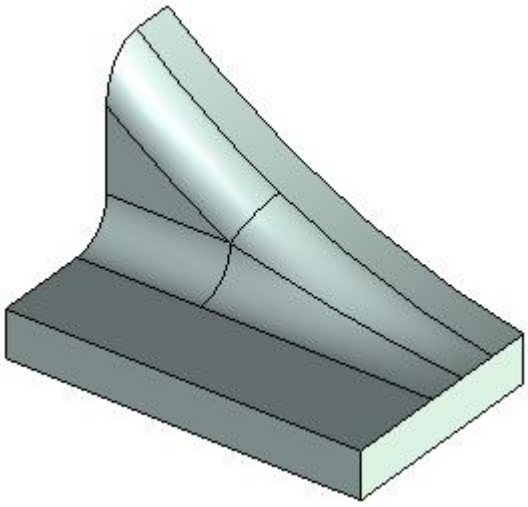
Если построение сглаживания Y-формы в данной вершине невозможно, то система попытается построить обычное сглаживание, а флаг «**Y-форма**» будет проигнорирован.

✓ Для рёбер задать значение радиуса сглаживания. Это можно сделать при помощи соответствующих манипуляторов или в поле **Радиус**, которое становится доступным после выбора ребра в списке выбранных рёбер на закладке **Рёбра**.









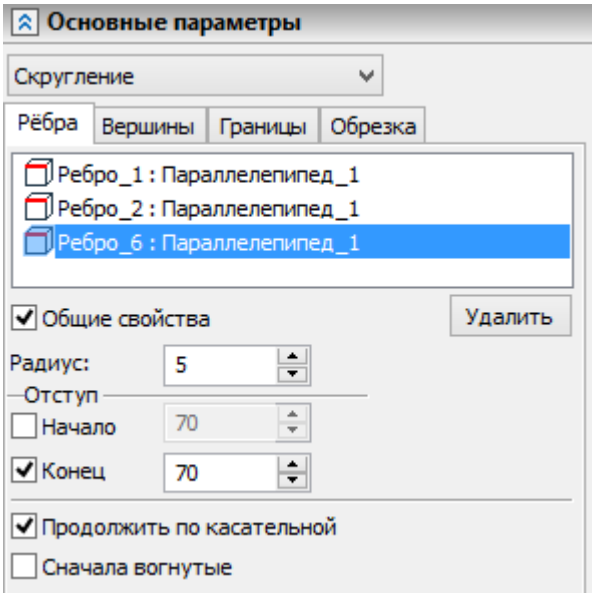
✓ Подтвердить создание операции .

Задание фаски на вершине

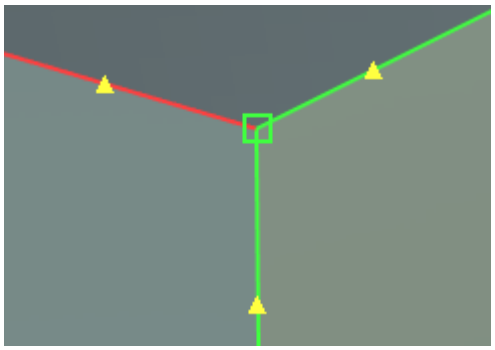
Для создания фаски на вершине удобнее всего следовать алгоритму, описанному ниже:

- ✓ Выберите вершину, в которой нужно создать фаску. На вкладку **Рёбра** будут добавлены все рёбра, которые прилегают к этой вершине.
- ✓ Для рёбер нужно задать величину отступа.

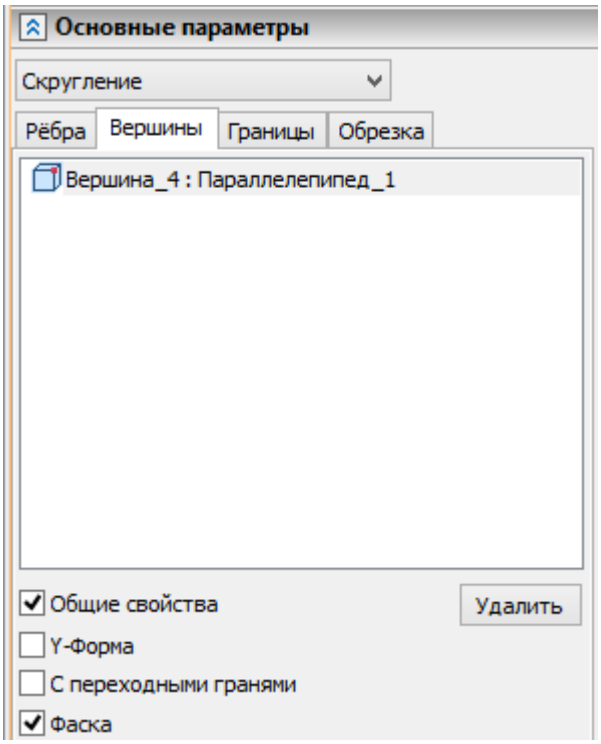
  Для двух рёбер будет активен параметр отступа **Начало**, для одного ребра **Конец**. Нужно ввести значение для отступа в поле рядом с параметром.

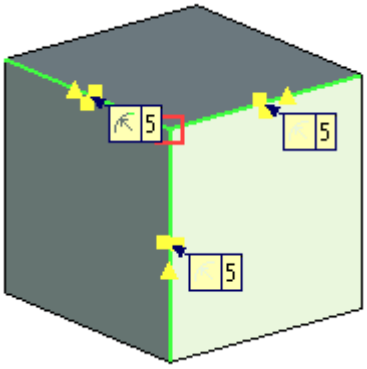


В сцене рядом с вершиной появятся манипуляторы, которые отображают величину отступов.

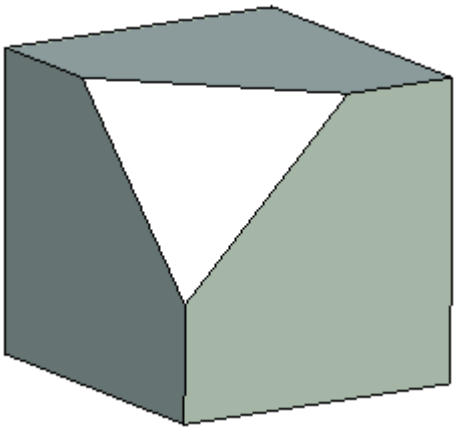


✓ Перейдите на закладку **Вершины** и выберите в сцене вершину, в которой будет создана фаска. Включите для неё флажок **Фаска**.



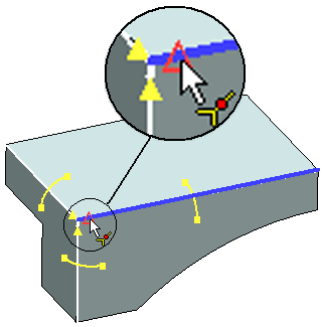


✓ Подтвердить создание операции .



Задание сглаживания со сферическими вершинами и отступами от вершины

Параметры отступов от вершины могут быть заданы при сглаживании рёбер всеми типами сглаживания, кроме фаски. Если предполагается создать сглаживание с отступами от вершины, то удобнее всего следовать нижеописанному алгоритму:



1. Выбор объектов (рёбер) для сглаживания производить выбором вершин, в которых предполагается задавать отступы. Выбор рёбер указанием на вершину возможен при выключенном режиме .

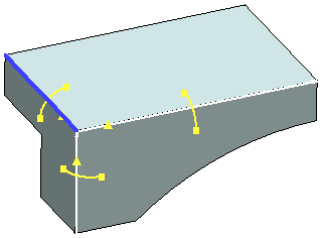
   При выборе рёбер таким способом автоматически устанавливаются нулевые значения отступов от выбранной вершины. Об этом свидетельствует появление специальных манипуляторов.

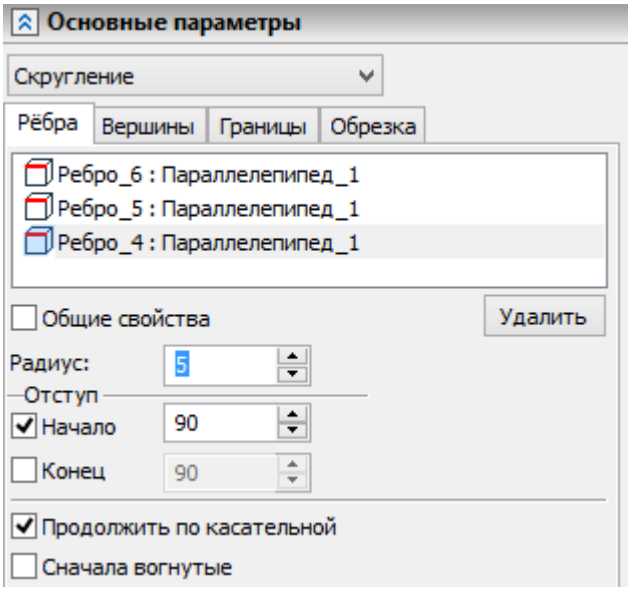
   В список выбранных рёбер на закладке **"Рёбра"** окна свойств заносятся только рёбра, примыкающие к вершине. Сама вершина туда не попадает.

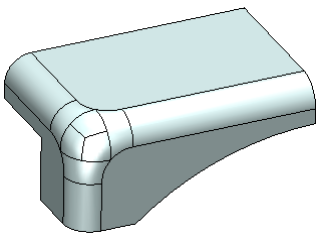
2. Задание значения отступов. Эту процедуру удобнее всего производить при помощи манипуляторов, управляющих отступами.

Изначально для всех рёбер включён флажок **«Общие свойства»**. Это позволяет задавать одинаковые отступы для всех рёбер, сходящихся в выбранных вершинах. При изменении значения одного отступа на остальных рёбрах устанавливается такое же значение. Это видно по синхронному изменению положения всех манипуляторов, управляющих отступами.

Для задания разных значений отступов нужно отключить флаг **«Общие свойства»**. Это не обязательно делать сразу для всех рёбер. Можно задать индивидуальные свойства только для избранных рёбер, отключив только для них флаг **«Общие свойства».** Для остальных же по-прежнему будут использоваться общие свойства.



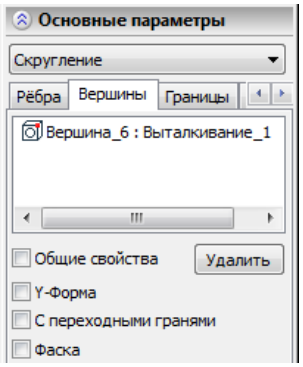


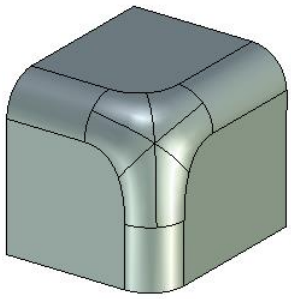


Значения отступов отображаются в окне свойств, в поле **«Начало»** и **«Конец»** - в зависимости от того, в какой части ребра задан отступ. В эти же поля можно ввести точные значения с клавиатуры. Около каждого поля есть флажок, который активирует параметр **«Отступ»** в начале или в конце ребра. Когда мы выбирали рёбра описанным выше способом (указанием на вершину) система самостоятельно активировала нужные флажки для рёбер, сходящихся в выбранных вершинах. Причём она сделала это в соответствии с ориентацией сходящихся рёбер. Часть рёбер имеет отступ в начале, часть в конце, но все ребра имеют отступ от той вершины, в которой они сходятся.

В самом общем случае можно активировать параметры отступа вручную при помощи указанных флажков. Визуально контролировать параметры задаваемого отступа можно при помощи манипуляторов.

3. Задание значения радиуса для сглаживаемых рёбер. Тип сглаживания может быть задан любой, кроме фаски. Задание параметров сглаживания для рёбер производится согласно описанным выше правилам для используемого типа сглаживания.
4. Если требуется построить сглаживание без переходных поверхностей, необходимо дополнительно выбрать саму вершину. Сделать это можно, включив опцию . Выбранная вершина заносится в список на закладке "Вершины". Для выбранной вершины станет доступен флажок **"С переходными гранями"**.





5. Подтвердить создание операции .

Обработка вершин с рёбрами разной выпуклости

> Данная специальная обработка может осуществляться только при использовании скругления постоянным радиусом.

Для сглаживания двух рёбер одной выпуклости из трёх сходящихся рёбер разной выпуклости с обработкой вершины нужно дополнительно выбрать вершину, в которой сходятся рёбра. Для выбора отдельной вершины включите специальный режим:

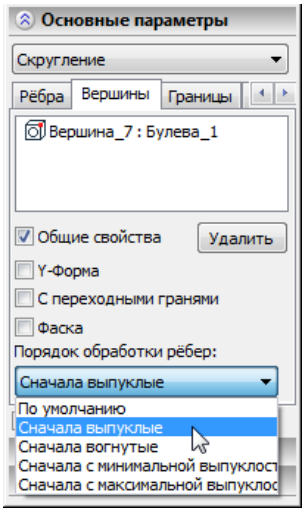
	<Z>	Разрешить выбор вершин без выбора рёбер

После этого выберите нужную вершину. Выбранная вершина заносится в список на закладке “**Вершины**” окна свойств. Остальные параметры сглаживания задаются по правилам, описанным для типа сглаживания «**Скругление**».

Задание порядка сглаживания рёбер при сглаживании вершин

Для автоматического сглаживания вершины в общем случае необходимо выбрать все рёбра, сходящиеся в данной вершине. Этого достаточно для создания сглаживания. Однако если предполагается воспользоваться опцией выбора порядка сглаживания рёбер, необходимо дополнительно выбрать саму вершину с помощью опции опцию . Для выбранной вершины станет доступен параметр “**Порядок обработки рёбер**”.

Примерный алгоритм создания сглаживания в этом случае таков:



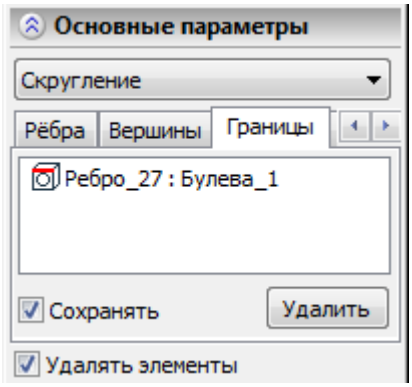
- ✓ Выбрать объекты (рёбра) для сглаживания. Выбирать можно как непосредственно рёбра, либо указав вершину, в которой они сходятся, при выключенной опции .
- ✓ Задать значение радиуса для сглаживаемых рёбер. Задание параметров сглаживания для рёбер производится согласно описанным выше правилам для используемого типа сглаживания.
- ✓ Если предполагается управлять формой геометрии сглаживания в вершине, то дополнительно необходимо выбрать саму вершину. Сделать это можно, включив опцию . Выбранная вершина заносится в список на закладке “Вершины”.
- ✓ Для выбранной вершины станет доступен параметр **“Порядок обработки рёбер”**. Из выпадающего списка можно выбрать один из следующих вариантов: **“По умолчанию”**, **“Сначала выпуклые”**, **“Сначала вогнутые”**, **“Сначала с минимальной выпуклостью”**, **“Сначала с максимальной выпуклостью”**.
- ✓ Подтвердить создание операции .

Задание сохраняемых рёбер

Для задания сохраняемых рёбер используется опция:

	<L>	Выбрать сохраняемые рёбра

Выбранные рёбра заносятся в список на закладке “**Границы**”.

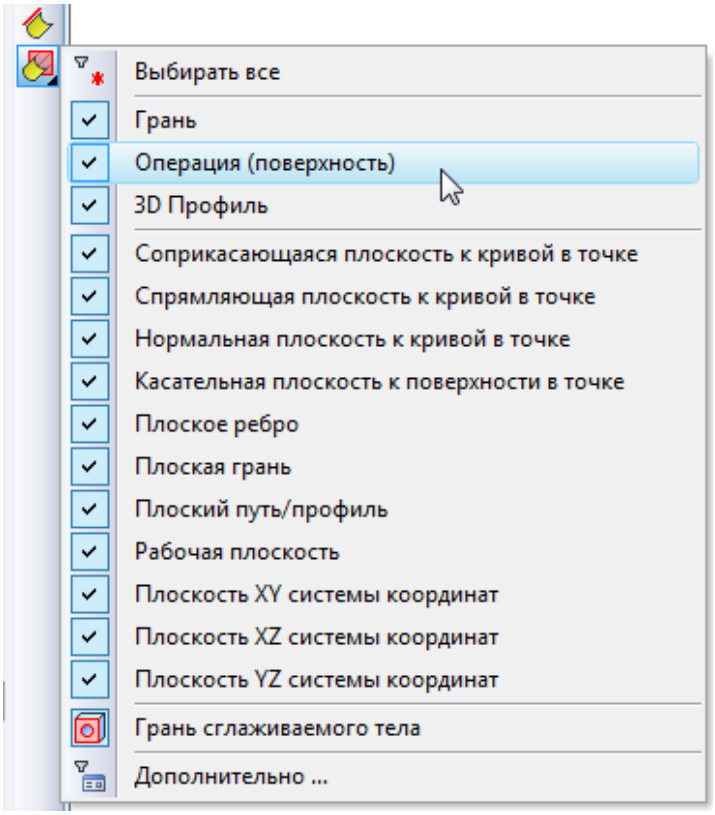


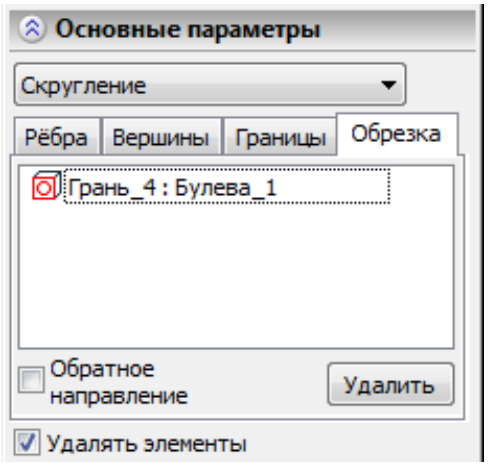
Задание ограничивающей геометрии

Для задания ограничивающей геометрии используется опция:

	<T>	Выбрать элемент, задающий поверхность или плоскость обрезки

Выпадающий список опции содержит набор фильтров выбора различных 3D объектов, способных определить поверхность обрезки. Выбранный объект заносится в список на закладке “**Обрезка**”.

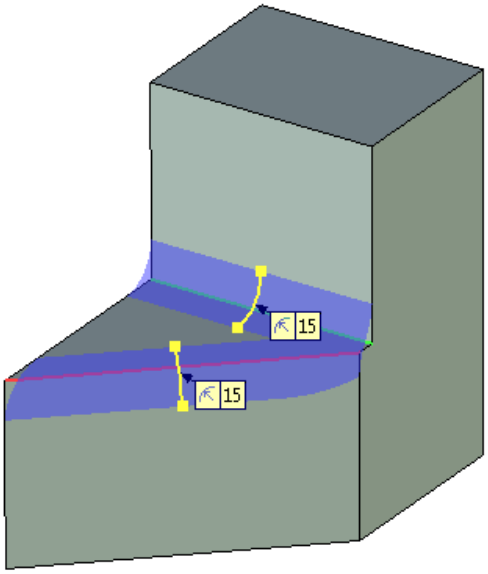


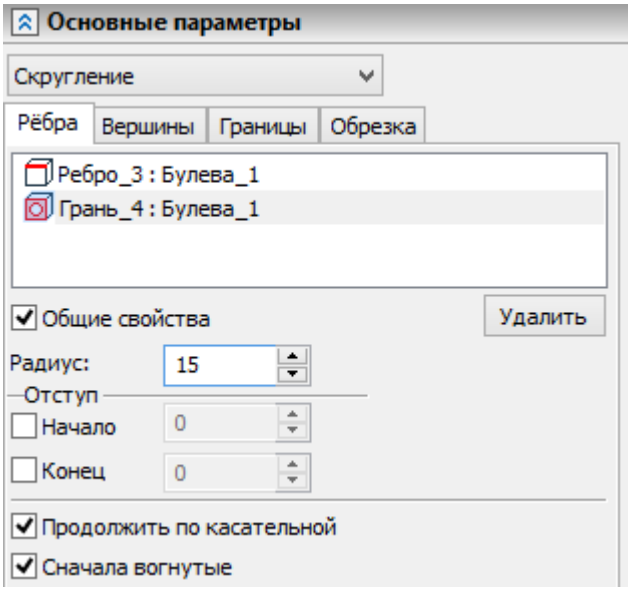


Дополнительный флажок “**Обратное направление**” позволяет изменить положение создаваемого сглаживания относительно заданной ограничивающей плоскости/поверхности.

Задание порядка формирования сглаживания при перекрытии поверхностей сглаживания на нескольких рёбрах

Порядок формирования перекрывающихся поверхностей сглаживания можно регулировать с помомщью флажка **“Сначала вогнутые”** на закладке “Рёбра” окна свойств команды.





Режим диагностики

Специальный режим диагностики в операции сглаживания рёбер позволяет определить возможность и причины возникновения ошибок при создании сглаживания.

> Отсутствие ошибок в режиме диагностики является необходимым, но не достаточным условием для успешного создания сглаживания. Отсутствие ошибок в режиме диагностики не гарантирует благополучного завершения создания операции.

Вход в режим диагностики осуществляется с помощью следующей опции автоменю:

	<D>	Диагностика

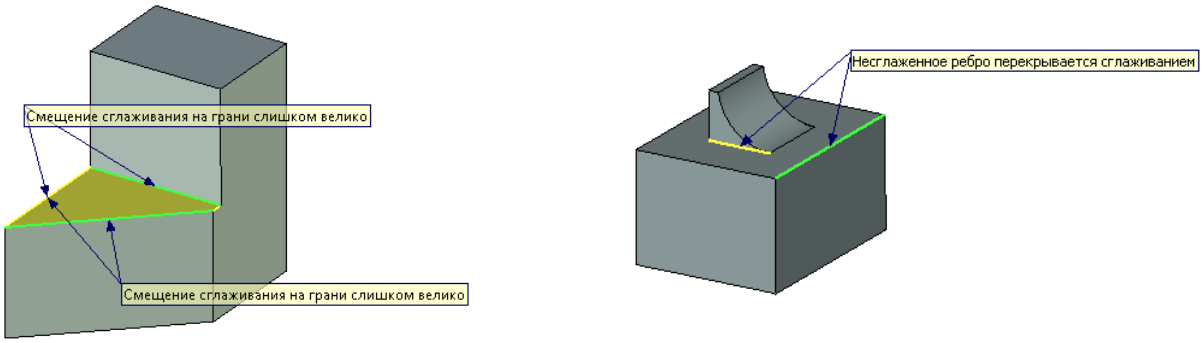
Данная опция доступна для выбора сразу после выбора объектов сглаживания.

> Опция запуска режима диагностики доступна также в режимах предварительного просмотра и просмотра изменений, вносимых операцией, если в этих режимах при регенерации модели возникают проблемы.

При входе в режим диагностики система автоматически анализирует заданные объекты и параметры сглаживания. Объекты, при сглаживании которых могут возникнуть проблемы, помечаются в списке восклицательным знаком – .

> В режиме диагностики в окне свойств системы блокируются все поля, кроме списка объектов сглаживания.

При выборе в списке какого-либо из помеченных объектов (ребра, вершины, грани) в 3D окне на модели подсвечиваются заданные этим объектом рёбра. Также показывается метка с текстом, описывающим ошибку. В некоторых случаях дополнительно помечается геометрический элемент 3D модели, создающий проблему. Можно выбрать сразу несколько объектов, чтобы оценить сразу несколько проблем. Для этого используется выбор с помощью <Shift>+, <Ctrl>+. При входе в режим диагностики выбраны все проблемные объекты.



Зелёным цветом выделены сглаживаемые рёбра, жёлтым показывается геометрический элемент модели, приводящий к возникновению проблемы

Если в режиме диагностики в списке выбрано несколько ошибочных объектов, то выбор метки с помощью без передвижения метки на значительное расстояние приводит к отмене выбора остальных объектов.

По выходу из режима диагностики пометка элементов с ошибками специальными иконками в списке сохраняется для удобства исправления обнаруженных проблем.

Сглаживание граней

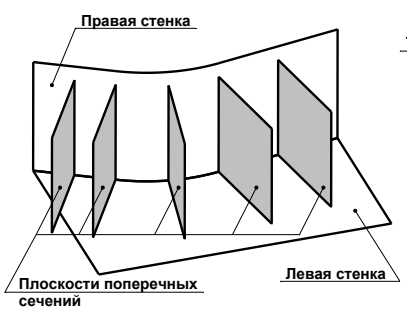
Операция сглаживания граней позволяет строить поверхность перехода от одного набора гладко сопряженных граней к другому.

Наборы сглаживаемых граней не обязаны иметь общие рёбра (пересекаться). Сглаживание можно производить как над твёрдыми телами, так и над листовыми. Команда имеет много настроек для управления формой поверхности перехода, задания условий обрезки, ограничений и др. Не следует рассматривать данную операцию как альтернативу операции сглаживания рёбер. Эти два подхода со своими плюсами и минусами удачно дополняют друг друга.

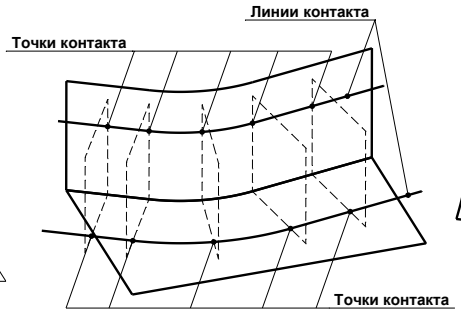
Дополнительной возможностью операции является построение поверхности перехода (сглаживания) от набора рёбер проволочного тела к набору граней (сглаживание типа "кривая-грань"). Результирующее тело в этом случае одной стороной будет проходить по рёбрам проволочного тела, а другой по указанному набору граней. Данный вариант сглаживания имеет много ограничений.

Основные понятия. Возможности операции

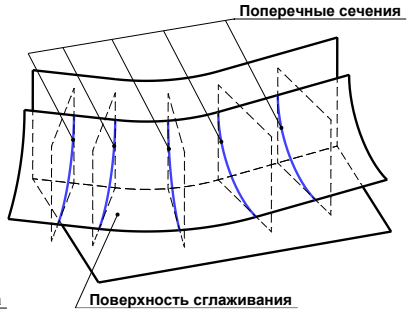
Два сглаживаемых набора граней условно называют *правой* и *левой стенками*. В самом общем случае они могут располагаться в пространстве как угодно и иметь произвольную геометрическую поверхность. Система рассчитывает поверхность перехода от правой стенки к левой стенке за несколько шагов.



1 шаг



2 шаг



3 шаг

- ✓ Вначале она должна получить *набор плоскостей*, в которых будут рассчитываться *поперечные сечения* поверхности сглаживания. Положение каждой плоскости зависит от наличия и формы вспомогательной направляющей, а также от выбранного алгоритма расчета – в зависимости от установленного **типа сглаживания**. Можно создавать различные эффекты сглаживания, используя разные способы ориентации плоскостей поперечного сечения.
- ✓ Далее в каждой плоскости рассчитываются две точки, в которых будет заканчиваться будущая поверхность сглаживания. Одна точка принадлежит правой, другая – левой стенке. Эти точки будем назвать *точками контакта* поверхности сглаживания. Совокупность точек контакта на правой и левой стенках образуют две *линии контакта*. Положение точек в

каждом поперечном сечении зависит от формы и взаимного расположения стенок, а также от выбранного алгоритма расчёта – в зависимости от установленного **режима** сглаживания.

- ✓ На заключительном этапе система рассчитывает каждое поперечное сечение поверхности сглаживания между двух точек контакта, полученных на предыдущем этапе. **Форма** поперечного сечения поверхности сглаживания зависит от расположения точек контакта и от выбранного алгоритма расчета формы.
- ✓ На конечный результат также могут влиять ряд дополнительных функций и граничных условий.

Направляющая

Направляющая служит своего рода гидом для расчета положения плоскостей поперечного сечения поверхности сглаживания. В качестве направляющей можно использовать 3D путь. При расчёте различных типов сглаживания направляющая используется в большинстве случаев. Если все параметры заданы, а система не предлагает подтвердить создание операции, значит, скорее всего, ей требуется направляющая.

Если длина направляющей недостаточна для расчета всей поверхности сглаживания, то система продлевает её, достраивая на концах прямые участки, касательные к 3D пути в крайних точках. Если длина направляющей избыточна, то система попытается самостоятельно выбрать нужный ей участок 3D пути.

Иногда операция может быть создана без использования направляющей, например, в простых случаях сферического сглаживания.

Типы сглаживания

Существует три типа сглаживания. Каждый тип включает свой алгоритм определения положения плоскостей поперечного сечения для расчета поверхности сглаживания.

Сферическое сглаживание

При использовании данного типа сглаживания плоскости поперечного сечения ориентируются ортогонально правой и левой стенкам. Этот тип сглаживания в режимах «Постоянный радиус» и «Постоянная ширина» не требует использования направляющей.

В режиме «Постоянный радиус» точки контакта образуются от соприкосновения правой и левой стенок с воображаемой сферой заданного радиуса. Эта сфера «прокатывается» по всей длине правой и левой стенок и образует две линии контакта. Плоскости поперечного сечения проходят через точки контакта и центр воображаемой сферы в момент её нахождения в точках контакта.

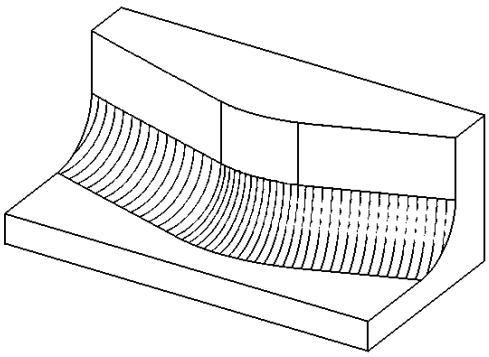
Сферическое сглаживание – единственный тип, при котором работает режим «Постоянная ширина». В этом случае система автоматически позиционирует плоскости поперечного сечения для максимально точного обеспечения нужных свойств выбранного режима сглаживания. Выбор направляющей при этом также не требуется.

В режиме «Переменный радиус» обязательно требуется использовать направляющую. Из текущей точки на направляющей определяются ближайшие точки на сглаживаемых поверхностях. Из полученных точек на правой и левой стенках восстанавливаются нормали к их поверхностям.

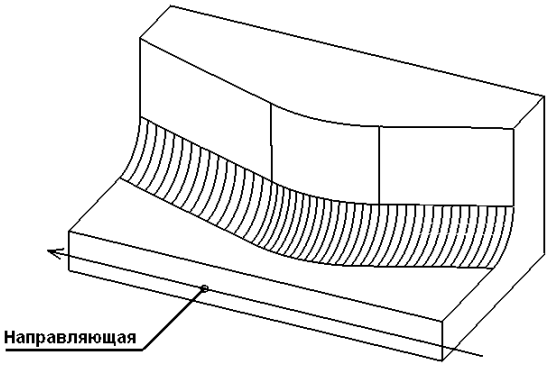
Плоскость поперечного сечения проходит через текущую точку на направляющей, а нормаль плоскости вычисляется как векторное произведение векторов нормалей в точках на поверхностях. В частном случае (это справедливо только для плоских поверхностей стенок) можно сказать, что плоскость поперечного сечения строится через точку на направляющей и разворачивается перпендикулярно обеим стенкам.

Дисковое сглаживание

Через каждую точку направляющей строится плоскость, перпендикулярная направляющей. В этой плоскости рассчитывается текущее сечение поверхности сглаживания.



Сферическое сглаживание



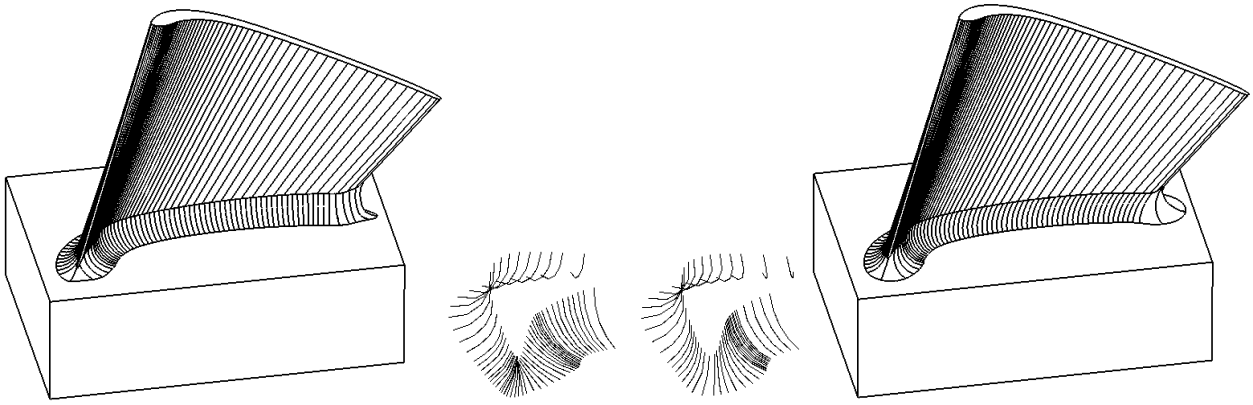
Дисковое сглаживание

Изопараметрическое сглаживание

Этот тип сглаживания не предназначен для общего использования. Изопараметрическое сглаживание является специальным типом, который предназначен для скругления между полкой и лопаткой турбины. Для такого рода деталей скругление изопараметрического типа способно создать наилучший результат.

Изопараметрический тип сглаживания похож на дисковый, однако при этом плоскости поперечного сечения поверхности сглаживания ориентируются по изопараметрическим линиям поверхности лопатки. По этой причине в качестве первого набора граней (левая стенка) обязательно должна быть выбрана поверхность лопатки.

Направляющая обязательно должна принадлежать левой стенке (с которой берутся изолинии). В точках направляющей устанавливается соответствие с изолинией на поверхности лопатки. Далее строится сглаживание с поверхностью заданного сечения по касательной к текущей изолинии.



Сферическое сглаживание

Изопараметрическое сглаживание

Из рисунков видно, что при использовании другого типа сглаживания (например, сферического) на поверхности сглаживания могут возникать зоны с самопересечением. При изопараметрическом сглаживании такого рода проблемы исключаются.

Режимы сглаживания

Режимы сглаживания устанавливают способ расчета границы поверхности сглаживания в текущем поперечном сечении поверхности сглаживания. В сечении рассчитывается только положение крайних точек (**точек контакта**) поверхности сглаживания. То, что будет построено между крайними точками, зависит от выбранной **формы** поверхности сглаживания.

Постоянный радиус

При данном режиме сглаживания строится поверхность сглаживания постоянной формы по всей длине поверхности. Слово «радиус» в названии данного режима употреблено весьма условно, так как во всех режимах может строиться не только скругление конической формы, но и фаска, и непрерывная по кривизне поверхность (см. ниже «Формы поверхности сглаживания»). Это зависит от установленной **формы сглаживания**. При выборе конической формы сечения в данном режиме строится поверхность, каждое поперечное сечение которой представляет дугу окружности заданного радиуса.

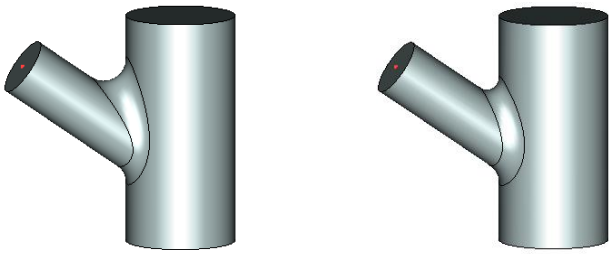
Переменный радиус

При данном режиме сглаживания поверхность сглаживания может изменять параметры своей формы на протяжении всей длины. Управление всеми параметрами поперечного сечения осуществляется в специальных вспомогательных точках, распределённых вдоль поверхности сглаживания. В режиме переменного радиуса точки контакта рассчитываются по двум смещениям, заданным для каждой вспомогательной точки. Принцип расчёта точек контакта по смещениям точно такой же, как в команде **Сглаживание рёбер**. В этой же главе (см. параграф «Переменное эллиптическое сглаживание») приведены подробное объяснение и иллюстрация метода. Отличие сглаживания переменным радиусом в операции «Сглаживание граней» от переменного эллиптического сглаживания в операции «Сглаживание рёбер» состоит в способе нахождения

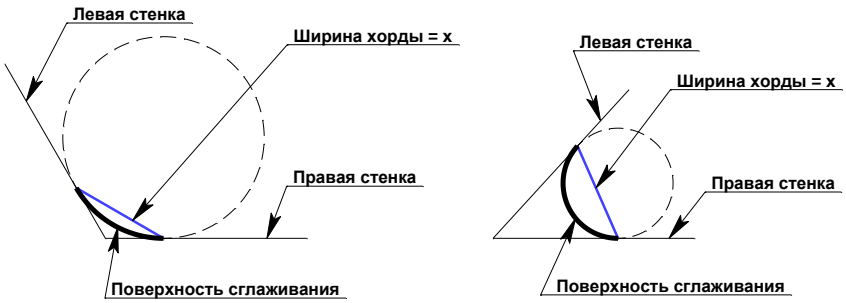
плоскостей поперечного сечения и в возможности выбора других форм поперечного сечения (не только конической).

Постоянная ширина

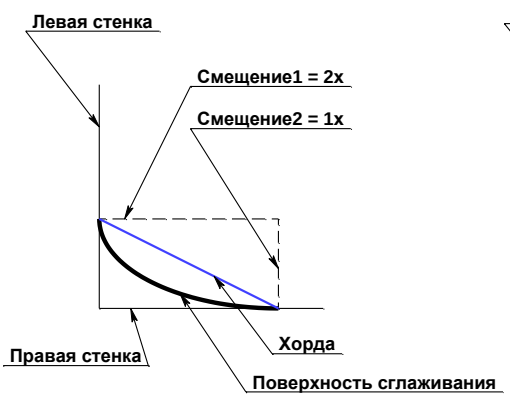
При данном режиме сглаживания поперечное сечение поверхности сглаживания строится из условия сохранения постоянной длины хорды, соединяющей точки контакта в поперечном сечении. Этот тип сглаживания особенно полезен, когда угол между сглаживаемыми гранями изменяется по длине сглаживания, но требуется задать приблизительно постоянное количество материала, затраченного на каждое поперечное сечение для сглаживания.



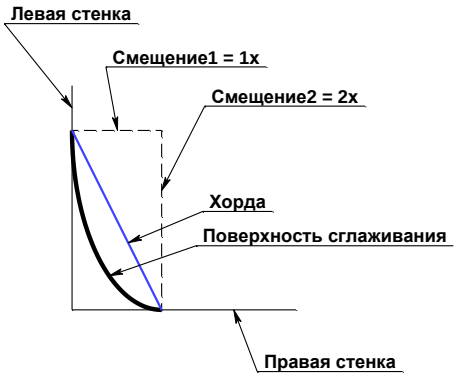
Для режима «Постоянная ширина» может быть установлен только сферический тип сглаживания.



Для данного режима сглаживания управляющими параметрами являются длина хорды и отношение смещений, задающее положение крайних точек поверхности сглаживания. Отношение смещений, отличное от единицы, создаёт сглаживание с постоянной длиной хорды и асимметричным поперечным сечением.



Отношение=2



Отношение=0.5

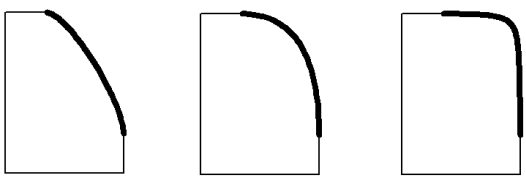
В режиме постоянной ширины система автоматически подбирает форму конического сечения.

Формы поверхности сглаживания

Форма сечения поверхности сглаживания может быть трёх видов.

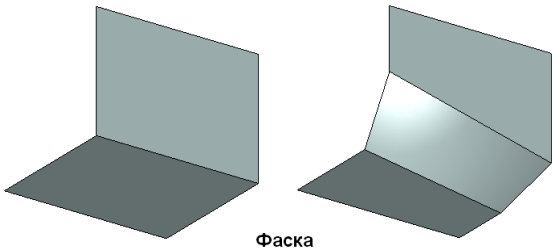
Коническая форма

Коническая форма сечения представляет собой одну из разновидностей сечения конуса плоскостью. Это может быть окружность, эллипс, парабола или гипербола. В режиме постоянного радиуса при выборе формы конического сечения строится поперечное сечение поверхности сглаживания в виде дуги окружности заданного радиуса. В режиме переменного радиуса форма сечения зависит от одного коэффициента, определяющего степень искривления поверхности. При разных значениях коэффициента может получаться эллипс, парабола или гипербола.



Фаска

Форма поперечного сечения поверхности сглаживания при создании фаски рассчитывается следующим образом: точки контакта, рассчитанные в каждом поперечном сечении, соединяются прямой линией. Построение фаски возможно при любом типе и режиме сглаживания.

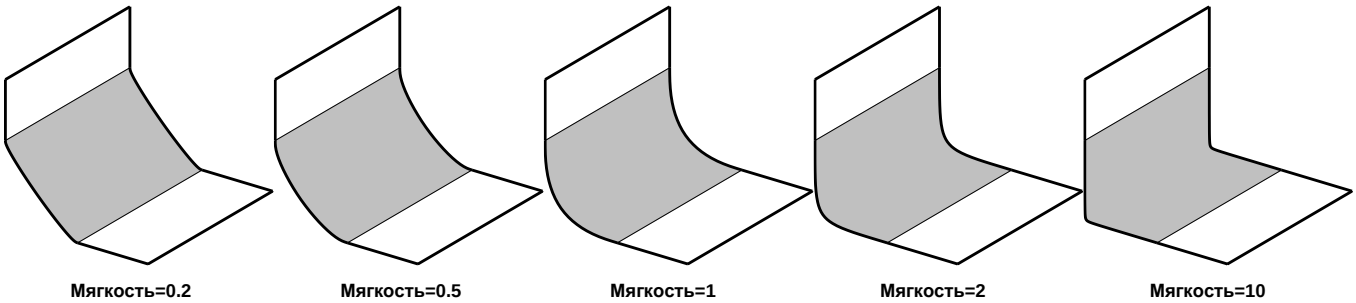


Фаска

Непрерывная по кривизне форма

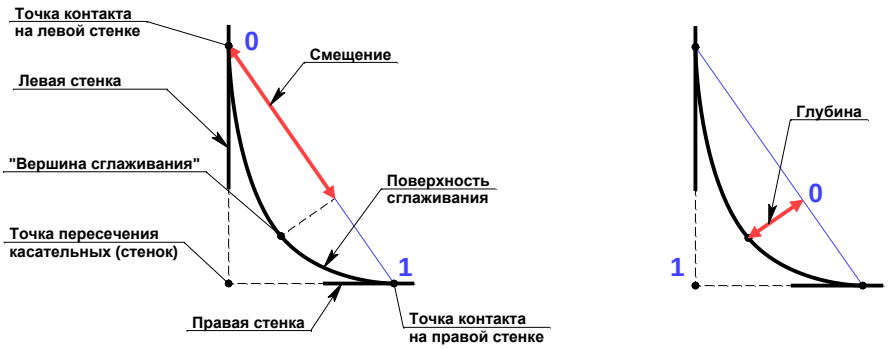
При данном способе построения в месте сопряжения поверхностей стенок и поверхности сглаживания обеспечивается непрерывность функции кривизны поверхности. То есть поверхность сглаживания в точках контакта имеет ту же самую кривизну, как и у стенок.

При режимах сглаживания «Постоянный радиус» и «Постоянная ширина» форма поверхности зависит от одного коэффициента **Мягкость**, управляющего плавностью перехода от одной стенки к другой.



Минимальное значение мягкости стремится к нулю, максимальное не ограниченно. При минимальном значении мягкости форма поперечного сечения поверхности сглаживания начинает напоминать фаску. Однако если есть необходимость создать фаску, то рекомендуется устанавливать форму сглаживания «фаска».

В режиме «Переменный радиус» поверхностью сглаживания с непрерывной по кривизне формой поперечного сечения можно управлять изменением двух коэффициентов – **Смещение** и **Глубина**.

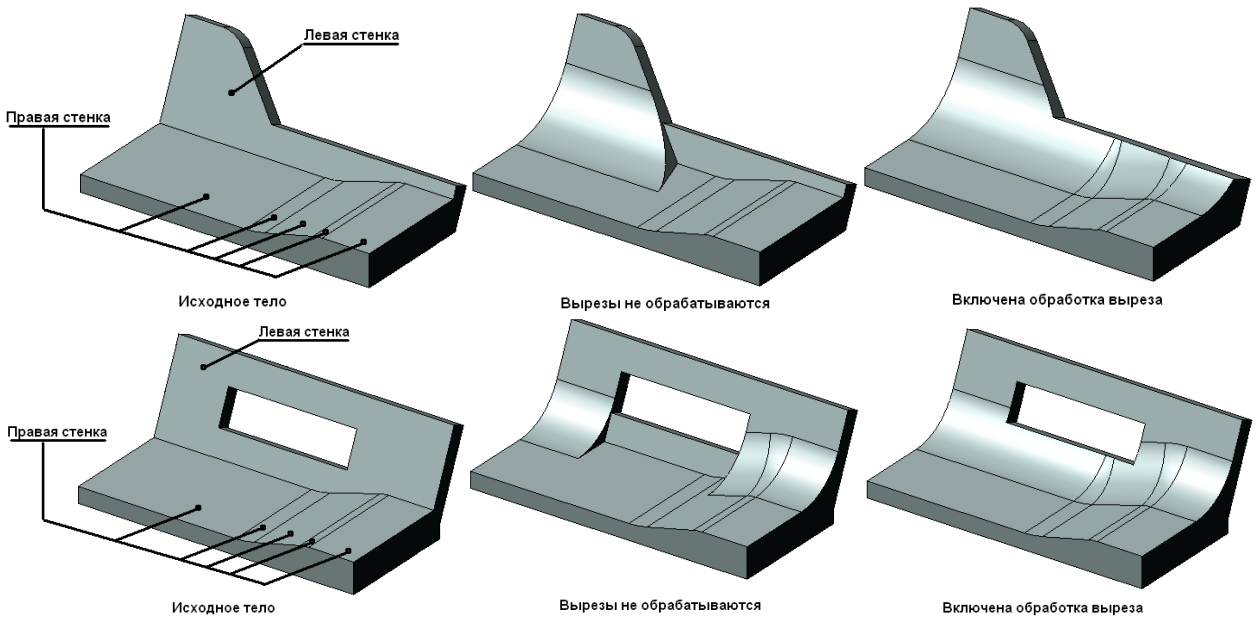


Эти два параметра совместно определяют точку с максимальной глубиной сглаживания в текущем поперечном сечении – «вершины сглаживания». «Смещение» определяет положение «вершины сглаживания» между двумя точками контакта. Параметр изменяется в пределе от 0 до 1, не включая крайние значения. При значениях, близких к нулю, вершина сглаживания приближается к левой стенке, при значениях, близких к единице – к правой. «Глубина» определяет положение «вершины сглаживания» между отрезком, соединяющим две точки контакта, и точкой пересечения касательных к правой и левой стенкам. Параметр изменяется в пределе от 0 до 1, не включая крайние значения. При значениях, близких к нулю, «вершина сглаживания» приближается к отрезку, соединяющему точки контакта; при значениях, близких к единице – к точке пересечения касательных правой и левой стенок.

Специальные возможности

Вырез

Иногда стенки сглаживаемых граней могут содержать включения топологии (вырезы), пересекающие линию контакта поверхности сглаживания. Специальная опция «Вырез» позволяет распознать эти включения и дать возможность продолжить сглаживание в стеснённой зоне, обрезая поверхность сглаживания поверхностями прилегающих к стенкам граней. Без использования данной опции сглаживание будет остановлено перед стесненной зоной, то есть там, где линия контакта была прервана.



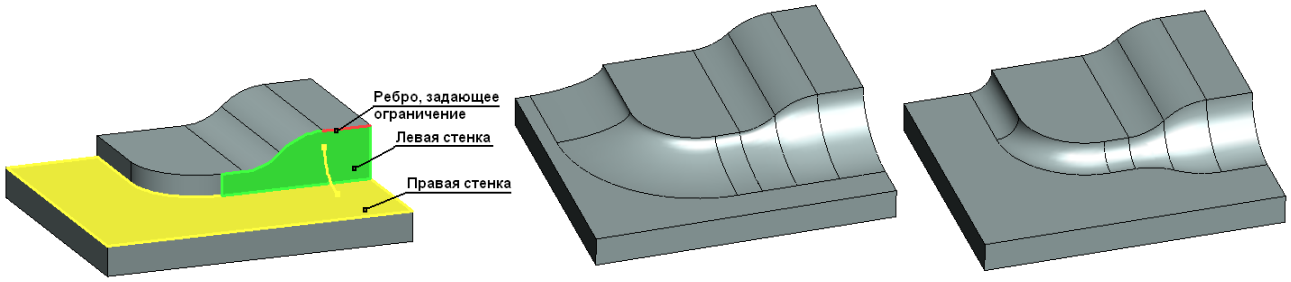
Продолжение по касательной

Данная опция команды обеспечивает возможность для продолжения поверхности сглаживания на смежные с выбранными стенками грани тела при условии, что смежные грани гладко сопрягаются между собой и со стенками. Это упрощает процесс задания операции, позволяя выбрать только по одной грани в качестве правой и левой стенки. Система будет пытаться продлить поверхность сглаживания на все смежные грани, насколько это возможно.



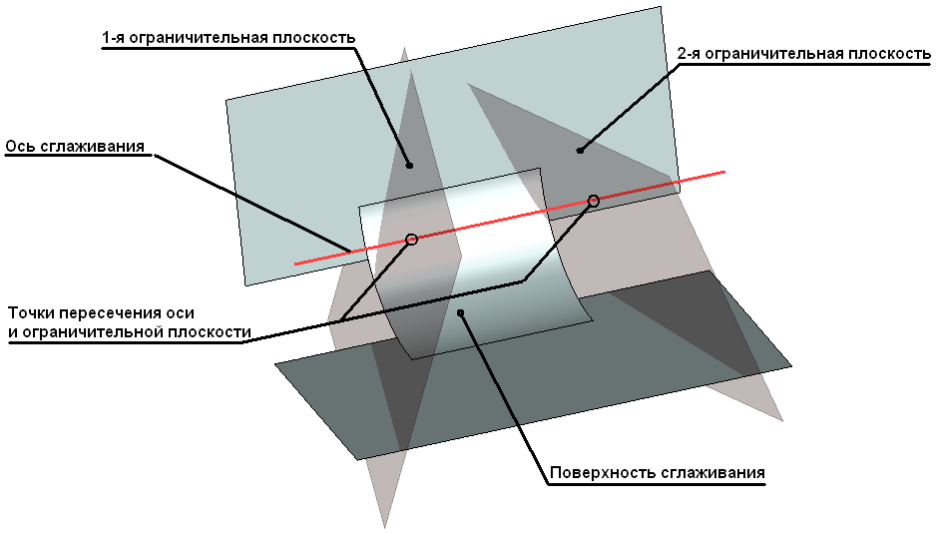
Функцию продления по касательной нельзя использовать для сглаживания дискового и изопараметрического типов.

Функция продолжения по касательной работает при задании **граничных условий** (подробности см. ниже). Это дает возможность для создания граничных условий задавать всего одно ребро, если все ограничивающие рёбра представляют собой гладкую последовательность.



Обрезка плоскостями

При помощи плоских граней или рабочих плоскостей можно задать ограничение зоны сглаживания. Одна ограничивающая плоскость делит поверхность сглаживания на две части, оставляя в сцене всего одну из них. Всего может быть задано не более двух ограничивающих плоскостей. Две плоскости могут с двух сторон ограничивать центральный участок поверхности сглаживания.



Важно понимать, что ограничивающая плоскость при разделении поверхности сглаживания не отсекает её. Поверхность сглаживания разделяется по плоскости поперечного сечения в точке пересечения ограничивающей плоскости и оси сглаживания.

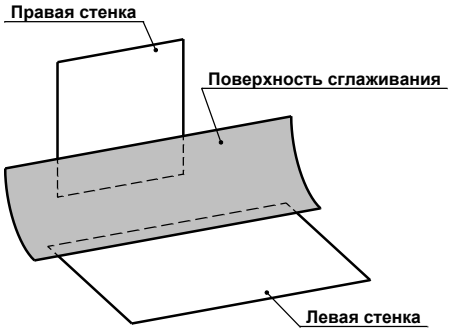
Обработка торцов

При создании сглаживания граней возможен выбор способа обрезки краёв поверхности сглаживания. Геометрия самих стенок при обрезке поверхности сглаживания не нарушается. Всего имеется четыре варианта обработки:

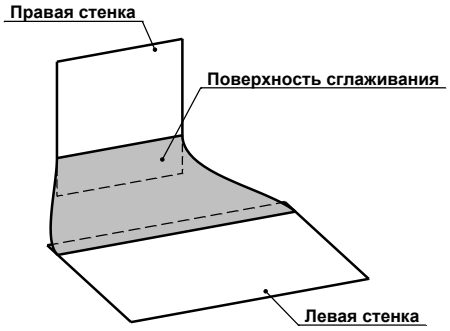
- ✓ **Нет обработки.** При отключении обрезки поверхность сглаживания продлевается за пределы границ обоих стенок.

- ✓ **Укороченная обрезка.** Строится поверхность сглаживания, обрезанная по наиболее короткой стенке.
- ✓ **Удлиненная обрезка.** Строится поверхность сглаживания, обрезанная по наиболее длинной стенке.
- ✓ **Обрезка по всем стенкам.** Поверхность сглаживания обрезается по границам обеих стенок. При этом боковое ребро поверхности сглаживания формируется таким образом, чтобы обеспечить касание к боковым ребрам обрезающих стенок.

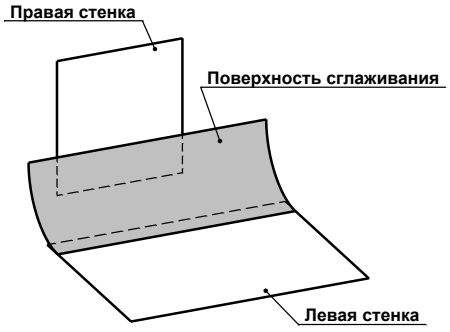
Первые три варианта могут использоваться только в том случае, если конечный результат будет получен в виде листового тела.



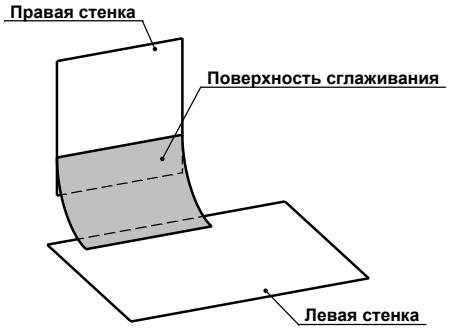
Обрезка отключена



Обрезка по всем стенкам



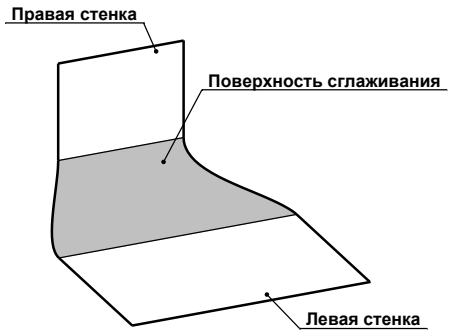
Удлиненная обрезка



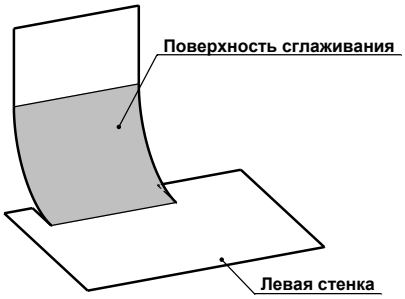
Укороченная обрезка

Обрезка стенок

В дополнение к обрезке поверхности сглаживания может использоваться обрезка стенок по линии контакта.



Обрезка по стенкам + Обрезка стенок



Укороченная обрезка + Обрезка стенок

Выбор варианта топологии конечного результата

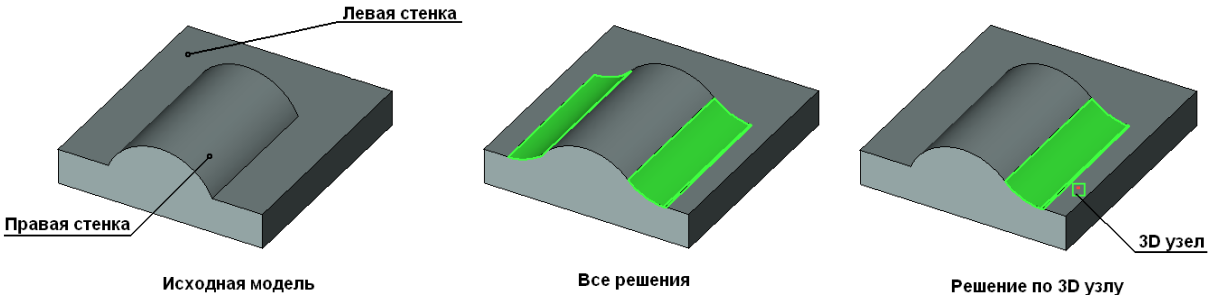
Операция сглаживания граней может быть сохранена в структуре модели в различных топологических вариантах. Выбор топологического решения конструктивно объединён с функцией обрезки стенок (см. предыдущий параграф). Всего для выбора доступно 4 решения:

- ✓ **«Отдельное тело»** означает, что ни одна из стенок не будет обрезана и поверхность сглаживания будет представлена в виде отдельного листового тела. В структуре модели на прежнем уровне сохранятся объекты, выбранные в качестве стенок, а операция сглаживания граней будет представлена отдельным листовым телом – поверхностью сглаживания.
- ✓ **«Обрезать стенки»** обрезает обе стенки по линии контакта, но не присоединяет сглаживание ни к одной из стенок. Это решение имеет практический смысл только при работе с листовыми телами.

  В структуре модели на верхнем уровне останется только операция сглаживания граней. Те операции, грани которых были выбраны в качестве стенок, будут записаны в истории модели на предыдущем уровне. Но при этом операция сглаживания граней будет представлена тремя листовыми телами. Это значит, что если, например, применить к результату операцию **"3SD: Разделить на тела"**, то мы получим 3 отдельных листовых тела – две обрезанных стенки и одну поверхность сглаживания.
- ✓ **«В левой стенке»** обрезает обе стенки и присоединяет поверхность сглаживания к стенкам. Если сглаживание производится между двумя различными листовыми телами, то эти тела объединяются поверхностью сглаживания в одно. В структуре модели дальнейшее развитие получает та операция, которая использовалась в качестве левой стенки.
- ✓ **«Новое тело»** обрезает обе стенки, добавляет сглаживание к стенкам и по возможности создаёт твёрдое тело. При использовании данного решения обязательно должен быть включён режим «Обрезать по стенкам». Данная опция похожа на предыдущую. Отличие этой опции состоит в том, что выполняется дополнительная проверка результата на образование замкнутого объема и система пытается создать твёрдое тело.

Решение по узлу

Иногда может случиться, что для выбранного набора стенок может существовать несколько поверхностей сглаживания. Можно оставить их все. А можно указать одно конкретное решение. Система выбирает решение, наиболее близкое к выбранному узлу.



Обработка искривленных зон

Алгоритмы обработки искривленных зон позволяют строить сглаживание в таких местах, где значение радиуса кривизны боковых стенок меньше радиуса сглаживания. Работа этой опции возможна только для сферического сглаживания коническим сечением постоянного радиуса. Более подробно данная функциональность описана в главе «Сглаживание рёбер».

Граничные условия

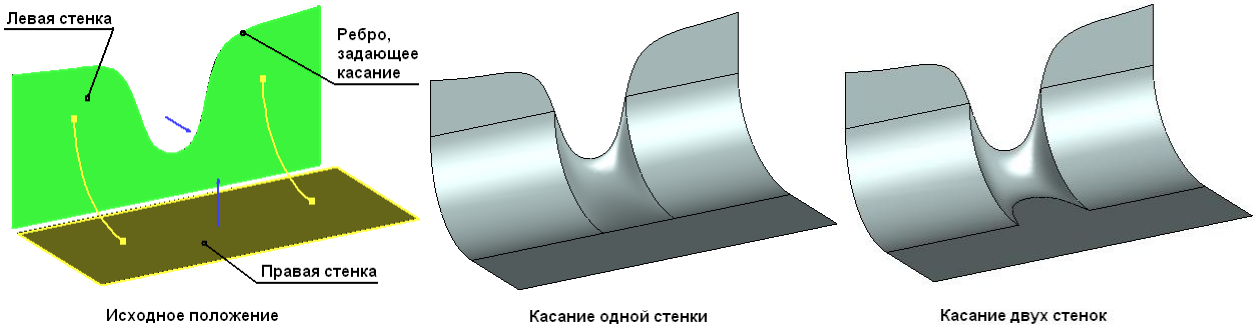
Касание граней

В случаях, когда поверхность сглаживания выходит за пределы сглаживаемых граней (правой или левой стенки), система может корректировать поверхность сглаживания для сохранения ребра, с которым вступает в контакт поверхность сглаживания. Получается, что линия контакта поверхности сглаживания в зоне соприкосновения с ребром сдвигается и проходит непосредственно по этому ребру. Коррекция поверхности сглаживания осуществляется с соблюдением условия касания к поверхности стенки в точках контакта.

В случаях, когда сечение поверхности сглаживания не вписывается в пределы стенок, возможно задать два типа ограничения - «Касание одной грани» или «Касание двух граней».

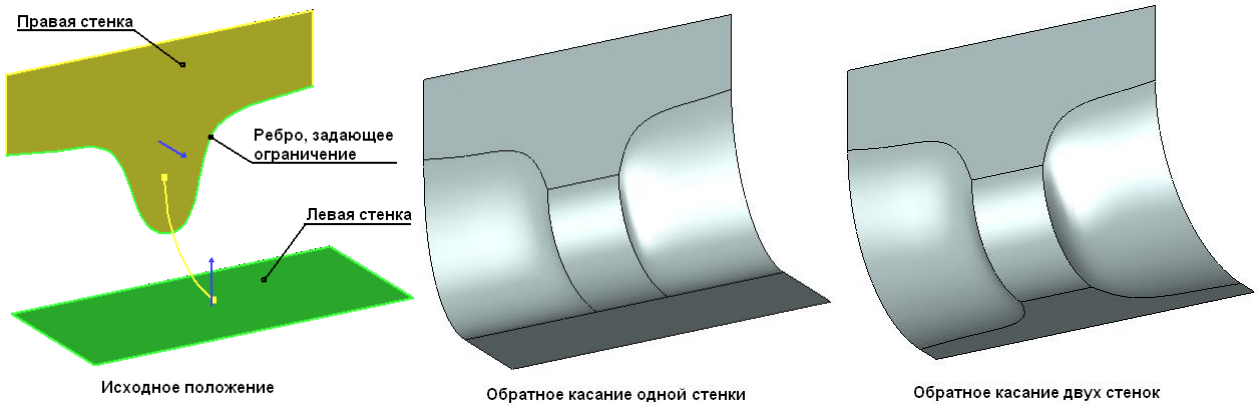
Для определения граничного условия выбирается ребро или набор рёбер, принадлежащих какой-либо стенке.

Если выбрано касание одной грани, то противоположная линия контакта поверхности сглаживания не искажается, а подчиняется закону, заданному для определения формы поверхности (например, радиусу). Если выбрано касание двух граней, то противоположная линия контакта искажается симметрично.



Обратное касание граней

В качестве граничного условия выбирается ребро или набор рёбер, принадлежащих какой-либо стенке. При слишком малых значениях радиуса, при которых невозможно построение поверхности сглаживания, система сдвигает линию контакта до граничного ребра. По линии контакта поверхность сглаживания является касательной к граням стенки. Если выбрано обратное касание одной стенки, то противоположная линия контакта поверхности сглаживания не искажается, а подчиняется закону, заданному параметрами поверхности (например, радиусу). Если выбрано обратное касание двух стенок, то противоположная линия контакта искажается симметрично. Таким образом, в местах выполнения граничных условий форма поверхности сглаживания уже не определяется радиусом, а искажается для обеспечения граничных условий.

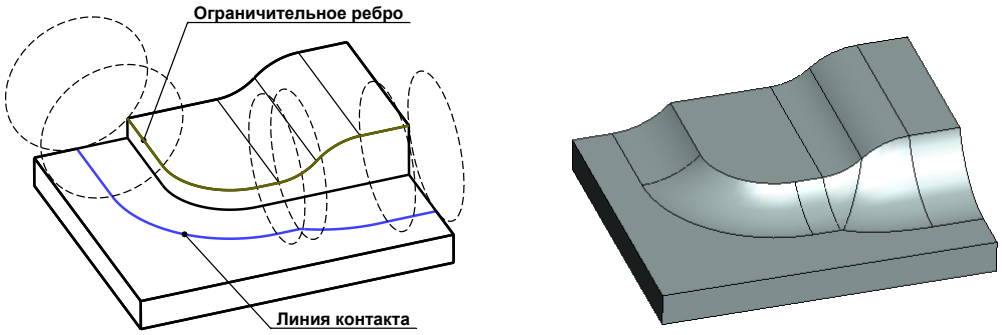


Обрезка

Представляет собой вид обработки «на острое ребро», при котором не соблюдается касание к граничному ребру.

Ребро, на которое наползает поверхность сглаживания, остается неизменным. Поверхность сглаживания строится без искажений таким образом, что поперечное сечение опирается с одной стороны на стенку и линию контакта, с другой стороны – на острое ребро, не изменяя при этом закона образования формы поперечного сечения.

Для понимания можно представить простой случай: строится сферическое сглаживание постоянным радиусом. При этом можно сказать, что сфера заданного радиуса, образующая поверхность, при прокатывании опирается с одной стороны на стенку, а с другой стороны на острое ребро.

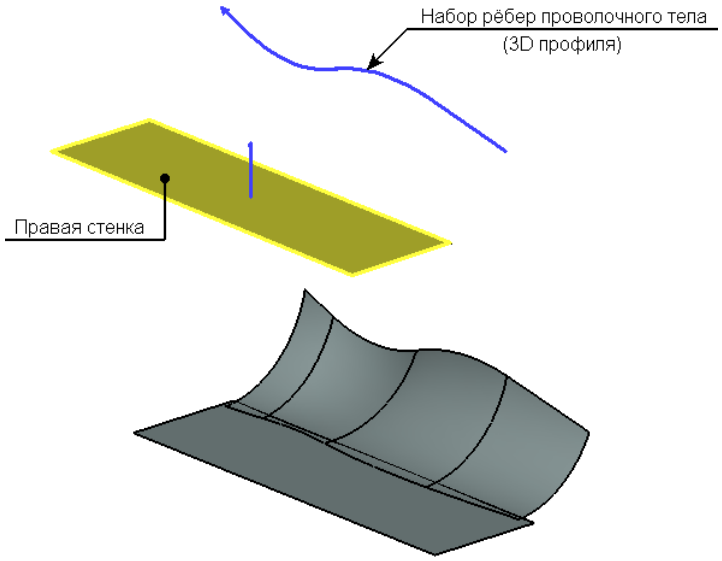


Таким образом, при данном способе ограничения касание к стенке поверхности сглаживания в области острого ребра не обеспечивается, но зато форма сечения не искажается и строится по заданному закону на всем протяжении поверхности сглаживания.

Сглаживание типа “кривая-грань”

Сглаживание типа “кривая-грань” является дополнительной возможностью операции сглаживания граней. Возможности данного режима ограничены. Для построения такого сглаживания указывается один набор граней в качестве правой или левой стенки и набор рёбер проволочного тела в качестве граничного условия. Вторая стенка не задаётся.

Результирующее тело в этом случае одной стороной будет проходить по ребрам проволочного тела, а другой по граням указанного набора.



В данном режиме поддерживается только сглаживание постоянного радиуса. В качестве результата можно выбрать только “отдельное тело” или “в левой стенке”. Все остальные параметры операции в этом режиме игнорируются.

Правила задания операции

Вызов команды создания операции может быть выполнен одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Сглаживание → Граней
Клавиатура	Текстовое меню
<3DF>	Операции > Сглаживание > Граней

Для работы в команде и задания необходимых компонентов совместно используется диалог свойств и автоменю. Они работают синхронно и дополняют друг друга. Состояние автоменю зависит от стадии задания операции, от предназначения и типа выбираемых объектов. Режимы выбора объектов могут переключаться как с помощью автоменю, так и при помощи диалога свойств.

Для создания операции нужно выполнить следующие действия:

- ✓ Выбрать первый набор граней (Левая стенка)
- ✓ Выбрать второй набор граней (Правая стенка)
- ✓ Задать тип сглаживания (при необходимости)
- ✓ Выбрать направляющую (при необходимости, в зависимости от типа сглаживания)
- ✓ Выбрать режим сглаживания (при необходимости)
- ✓ Выбрать форму сечения поверхности сглаживания (при необходимости)
- ✓ Задать геометрические параметры поперечного сечения поверхности сглаживания
- ✓ Задать граничные условия и специальные возможности (необязательное действие)
- ✓ Подтвердить создание операции

Работа с манипуляторами и декорациями

На этапе подготовки операции сглаживания граней по мере задания параметров и выбора различных объектов в 3D окне появляются вспомогательные элементы. Эти элементы помогают быстро оценивать и изменять вид будущей операции. Их количество, вид и размер зависит от заданных свойств операции, от назначения выбранных объектов, от типа и значений изменяемых с их помощью параметров. Элементы, при помощи которых можно изменять значения параметров в динамическом режиме, называются **Манипуляторами**. Пассивные элементы, служащие только для отображения тех или иных свойств операции, называются **Декорациями**.

Манипуляторы рисуются разными цветами. По умолчанию активный манипулятор (который в данный момент мы двигаем мышкой) рисуется красным цветом, а все остальные рисуются жёлтым. Декорации по умолчанию рисуются голубым цветом.

Манипулятор нужен для быстрой оценки и коррекции результата, поэтому его форма соответствует форме поверхности сглаживания лишь приблизительно. Манипулятор не учитывает всех нюансов

поперечного сечения в случае непрерывной по кривизне поверхности и не реагирует на изменение таких параметров как «Выпуклость», «Мягкость» и т.п.

> Работа с манипуляторами при одновременном использовании большого количества объектов на компьютере небольшой производительности может вызывать ощутимые замедления системы. Для ускорения работы в этом случае манипуляторы можно выключить. Флажок, включающий манипуляторы, находится в окне свойств в секции **Опции**.

В последующих параграфах рассмотрены все виды манипуляторов и декораций для каждого варианта сглаживания граней.

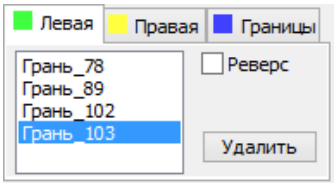
Выбор набора граней

Обычно задание операции начинают с выбора наборов граней, между которыми будет строиться поверхность сглаживания. Набор граней левой или правой стенки формируется, когда активна одна из следующих опций автоменю:

	<L>	Выбрать грань левой стенки
	<R>	Выбрать грань правой стенки

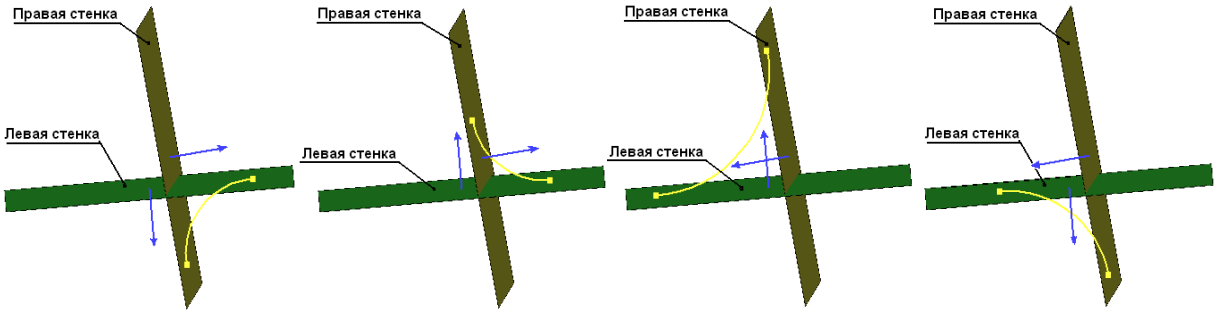
Переключение между опциями осуществляется нажатием на кнопку пиктограммы в автоменю.

Включение определенной опции автоматически активирует нужную закладку окна свойств. В специальном поле под закладкой отображается список выбранных граней в наборе правой или левой стенок. Переключение между закладками окна свойств также активирует нужные опции выбора граней.



Выбор граней осуществляется при помощи мыши в окне 3D вида. Выбранные грани набора левой стенки по умолчанию подсвечиваются **зелёным** цветом, грани набора правой стенки подсвечиваются **жёлтым** цветом. Настройки цвета подсветки граней осуществляются в установках системы. Текущий цвет подсветки выбранных граней для каждого набора отображается в цветном квадрате на закладках окна свойств.

В центре каждой выбранной грани рисуется декорация в виде стрелки, показывающая на ту сторону грани, к которой будет примыкать поверхность сглаживания. В общем случае можно представить, что две стенки образуют 4 квадранта, в каждом из которых теоретически возможно построение поверхности сглаживания. Поверхность сглаживания создаётся в том квадранте, в направлении которого указывают обе стрелки.



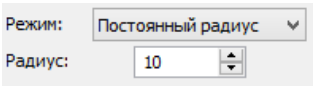
Для твёрдых тел направление стрелки устанавливается автоматически; для листовых тел направление граней нужно контролировать пользователю самостоятельно. Для изменения направления, предложенного системой, на противоположное нужно установить или снять флажок **«Реверс».**

Для удаления грани из набора стенки достаточно выбрать её в списке окна свойств на соответствующей закладке и нажать кнопку **[Удалить]**.

Выбор режима сглаживания

Задание (смену) режима сглаживания можно осуществить на любом этапе подготовки операции. Наименование режима выбирается из выпадающего списка в окне свойств. Доступно для выбора три режима: **Постоянный радиус**, **Переменный радиус** и **Постоянная ширина**.

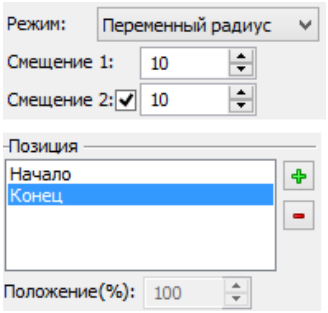
Настройка режима «Постоянный радиус»



В режиме «Постоянный радиус» дополнительно требуется задать «радиус» поверхности сглаживания. Поле для задания «радиуса» появляется в окне свойств сразу после выбора данного режима. По умолчанию система предлагает значение радиуса 10 единиц.

Это поле взаимодействует с манипулятором. В зависимости от выбранной формы поверхности сглаживания манипулятор рисуется в виде дуги окружности или в виде отрезка (только при создании фаски). Количество манипуляторов зависит от количества граней в составе правой и левой стенок. Все манипуляторы изменяются синхронно и отвечают за один и тот же параметр «радиус».

Настройка режима «Переменный радиус»

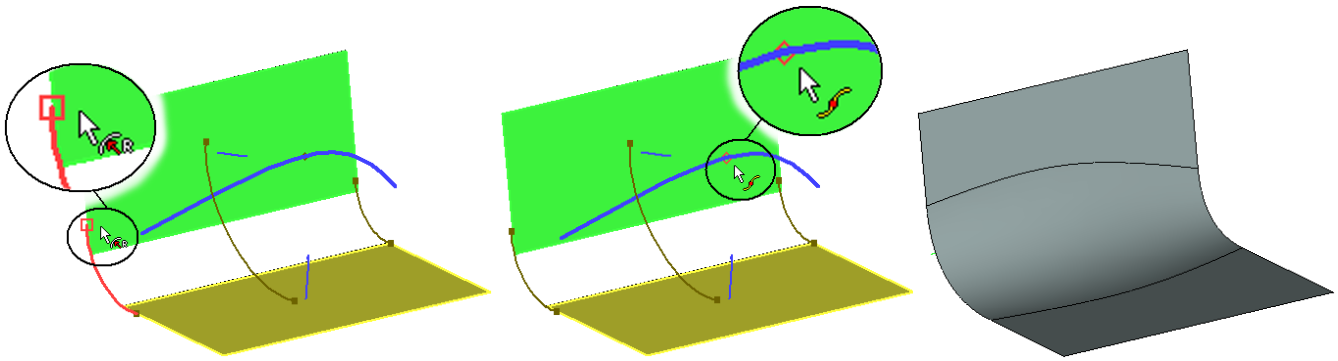


В режиме «Переменный радиус» появляется гораздо больше дополнительных элементов управления в разных частях окна свойств.

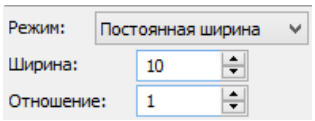
В нижней части диалога свойств находятся стандартные элементы управления для работы с промежуточными точками переменного сглаживания. В специальном поле «Позиция» можно работать со списком вспомогательных точек. Здесь всегда присутствуют точка **Начало** и **Конец**. Остальные точки именуются в порядке их создания. Добавлять или удалять вспомогательные точки можно при помощи кнопок **[Добавить]** и **[Удалить]**. Положение точки задаётся в специальном поле в процентах от общей длины поверхности сглаживания.

В режиме «Переменный радиус» необходимо задать величину двух смещений для каждой вспомогательной точки. Изначально система предлагает задать второе смещение, равное первому, о чем свидетельствует включенный флажок напротив второго смещения в окне свойств. При включенном флажке оба смещения изменяются синхронно. При выключении флажка для второго смещения можно задать собственное значение.

Положение вспомогательных точек и значения смещений в них можно задавать при помощи специальных манипуляторов (см. рисунок ниже).



Настройка режима «Постоянная ширина»

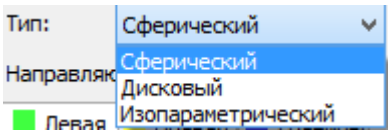


В режиме «Постоянная ширина» необходимо задать численное значение двух параметров – **«Ширина»** и **«Отношение»**. По умолчанию система предлагает значения ширины 10 единиц и отношения - 1.

Эти поля взаимодействуют с манипулятором. В зависимости от выбранной формы поверхности сглаживания манипулятор рисуется в виде дуги окружности или в виде отрезка (только при создании фаски). Количество манипуляторов зависит от количества граней в составе правой и левой стенок.

Выбор типа сглаживания

Тип операции сглаживания выбирается из выпадающего списка в окне свойств. Можно выбрать любой из трёх вариантов: **Сферический**, **Дисковый**, **Изопараметрический**. По умолчанию система устанавливает сферический тип сглаживания.

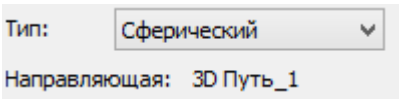


Выбор направляющей

Для включения режима выбора направляющей нужно активизировать следующую опцию автоменю:

	<S>	Выбрать 3D путь для задания направляющей

Выбор 3D пути осуществляется в 3D окне или в дереве модели при помощи мыши. Имя выбранного 3D пути отображается в окне свойств.



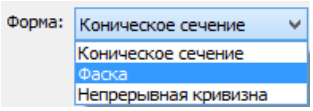
В качестве направляющей можно использовать всего один 3D путь. Если, например, по ошибке был указан не тот путь, то можно сразу выбрать другой. Выбор нового 3D пути отменяет выбор предыдущего, и в качестве направляющей будет использоваться последний выбранный путь.

Отказаться от использования направляющей можно при помощи опции автоменю:

	<W>	Отменить выбор 3D пути для задания направляющей

Задание формы поперечного сечения

Форма поперечного сечения выбирается из выпадающего списка в окне свойств. В списке предлагается три варианта: **Коническое сечение**, **Фаска** и **Непрерывная кривизна**. По умолчанию система устанавливает коническую форму сечения.

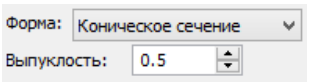


В зависимости от **режима** сглаживания и выбранной **формы** сечения в окне свойств для управления формой сечения и задания его геометрических параметров могут автоматически появляться или, наоборот, отсутствовать дополнительные элементы управления.

Настройка конического сечения

При использовании режима сглаживания «Постоянный радиус» дополнительная настройка конического сечения не требуется. В этом режиме при выборе конической формы в сечениях поверхности сглаживания формируется дуга окружности.

Для конического сечения в режиме «Переменный радиус» задаётся дополнительный коэффициент **Выпуклость**. Значение коэффициента устанавливается отдельно для каждой характерной точки переменного сглаживания.



По умолчанию система присваивает коэффициенту значение, равное 0,5. При этом форма поперечного сечения представляет собой параболу. При меньших значениях в сечении строится эллипс, при б**о**льших – гипербола. Значение коэффициента не может быть меньше 0 и больше 1.

В режиме «Постоянная ширина» форма конического сечения зависит от настроек самого режима, в частности от параметра «Смещение». Если задано отношение смещений, равное 1, то в сечении поверхности сглаживания будет формироваться дуга окружности, в противном случае сечение будет представлять параболу.

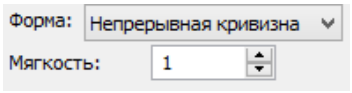
Настройка фаски

Дополнительная настройка этой формы сечения не требуется ни при каких режимах сглаживания. Точки контакта, рассчитанные в соответствии с выбранным режимом в каждом поперечном сечении, соединяются прямой линией.

Настройка непрерывного по кривизне сечения

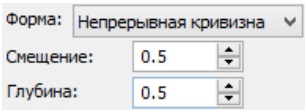
Реализовать непрерывное по кривизне сечение возможно только при сферическом типе сглаживания, поэтому при выборе данной формы сечения система автоматически переключается на сферический тип сглаживания.

В режимах «Постоянный радиус» и «Постоянная ширина» управление формой сечения осуществляется при помощи одного коэффициента **Мягкость**.



Значение мягкости всегда должно быть больше нуля. По умолчанию система устанавливает значение коэффициента, равное единице.

В режиме «Переменный радиус» форма непрерывного по кривизне сечения зависит от двух коэффициентов – **Смещение** и **Глубина**. Оба параметра изменяются в пределе от 0 до 1, не включая крайние значения. По умолчанию им присвоено значение 0,5.

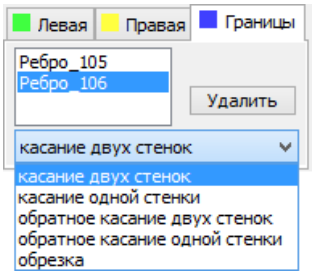


Значения коэффициентов устанавливаются отдельно для каждой характерной точки переменного сглаживания.

Задание граничных условий

Все виды граничных условий задаются по дополнительно выбранным рёбрам. Для входа в режим выбора рёбер нужно задействовать следующую пиктограмму автоменю:

	<C>	Выбрать ребро для задания ограничения



Включение данной опции автоматически активирует закладку **«Границы»** окна свойств. В специальном поле под закладкой отображается список выбранных рёбер. Переключение на данную закладку окна свойств из любого другого режима также активирует опцию выбора рёбер.

Выбор типа граничного условия осуществляется из выпадающего списка. Всего доступно 5 вариантов выбора: **касание двух стенок**, **касание одной стенки**, **обратное касание двух стенок**, **обратное касание одной стенки** и **обрезка**. По умолчанию система предлагает «касание двух стенок».

Для каждого ограничительного ребра необходимо персонально настроить тип граничного условия, действуя в определённом порядке. Сначала необходимо выбрать граничное ребро в общем списке рёбер, затем установить (если требуется) тип граничного условия, пользуясь выпадающим списком.

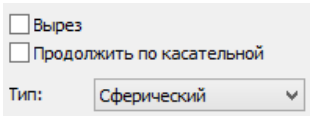
Для удаления ребра из списка ограничивающих рёбер необходимо нажать кнопку **[Удалить]** в окне свойств на закладке «Границы».

> Следует понимать, что при создании ограничений нужно предварительно обеспечить благоприятные геометрические параметры поверхности сглаживания путём задания соответствующего режима и формы сглаживания.
>
> Так, если заданы такие параметры поперечного сечения поверхности сглаживания, что поверхность не доходит до ограничивающего ребра, то обеспечение условий «касания» двух или одной стенок невозможно. И наоборот, если требуется создать ограничение типа «обратного касания», то нужно обеспечить такой «радиус» поверхности сглаживания, чтобы она не доходила до ограничивающего ребра и вообще до стенки в зоне ограничения.

Из вышесказанного следует, что при создании поверхности сглаживания с использованием граничных условий нормальная работа манипуляторов часто становится невозможна. Например, при создании «обратного касания» поверхность сглаживания изначально не достаёт до стенок, и манипуляторы в зоне ограничения не рисуются. И, наоборот, при создании «касания стенок» поверхность сглаживания не вписывается между стенками; манипулятор при этом отображает максимально большую дугу, которую можно вписать между стенок.

Настройка специальных возможностей

Вырез. Продолжение по касательной



Для включения опций обработки вырезов и продолжения по касательной необходимо включить соответствующие флажки в окне свойств. Эти параметры доступны для изменения при всех видах сглаживания.

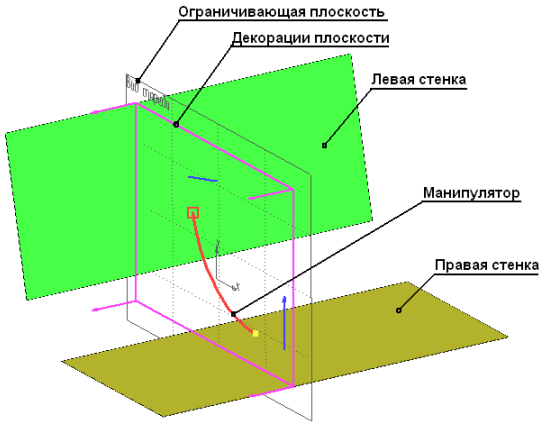
Задание обрезающих плоскостей

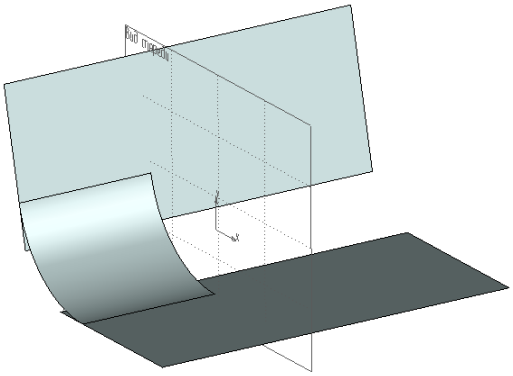
Для выбора первой или второй ограничительных плоскостей необходимо вначале задействовать одну из следующих опций автоменю:

	<F>	Выбор первой ограничительной плоскости
	<D>	Выбор второй ограничительной плоскости

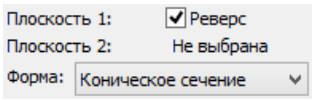
После включения опции в 3D окне станут доступными для выбора рабочие плоскости и плоские грани. Выбор осуществляется в 3D окне или в дереве модели при помощи мыши.

При выборе ограничивающей плоскости рисуются обозначающие её декорации синего цвета. Декорация представляет собой прямоугольник, лежащий на ограничительной плоскости. Размер прямоугольника рассчитывается исходя из габаритов правой и левой стенок. Из вершин прямоугольника перпендикулярно ограничивающей плоскости рисуются стрелки. Стрелки указывают ту сторону от ограничивающей плоскости, с которой будет оставлена поверхность сглаживания.





После выбора **первой** или **второй** ограничительной плоскости в окне свойств вместо надписи «не выбрана» появляется флажок **«Реверс»** для изменения направления стрелок.

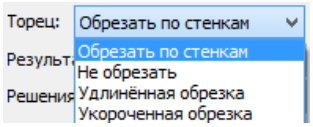


Если требуется использовать всего одну ограничительную плоскость, но нужно задать только **Первую** плоскость. Задавать и **Первую**, и **Вторую** ограничительные плоскости нужно только тогда, когда требуется использовать одновременно две ограничительные плоскости.

Отказаться от ограничительных плоскостей можно при помощи следующих опций автоменю:

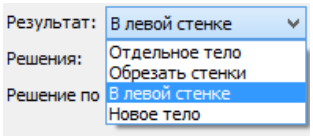
	<Z>	Отменить выбор первой ограничительной плоскости
	<X>	Отменить выбор второй ограничительной плоскости

Выбор вида обработки торцов



Вид обработки торцов поверхности сглаживания выбирается из выпадающего списка в окне свойств. Для выбора доступно 4 варианта: **Обрезать по стенкам**, **Не обрезать**, **Удлинённая обрезка**, **Укороченная обрезка**. По умолчанию система предлагает вариант «Обрезать по стенкам».

Настройка варианта топологии конечного результата



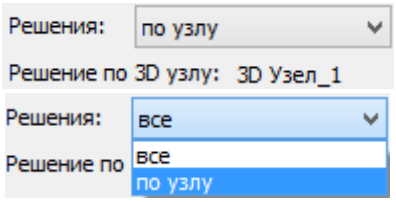
Вариант топологии конечного результата выбирается из выпадающего списка в окне свойств. Всего доступно для выбора 4 варианта: **Отдельное тело**, **Обрезать стенки**, **В левой стенке** и **Новое тело**. По умолчанию система предлагает вариант «В левой стенке».

Настройка решения по узлу

Выбор 3D узла для уточнения результата в случае образования нескольких поверхностей сглаживания осуществляется после активизации следующей опции автоменю:

	<E>	Выбрать 3D узел, определяющий ближайшую результирующую поверхность

После выбора узла его имя записывается в окне свойств операции. Далее от пользователя требуется явно указать, использовать ли системе решение по 3D узлу, или использовать все полученные решения. Тип решения выбирается из выпадающего списка. Доступны для выбора два пункта: **Все** и **По узлу**. Данный переключатель позволяет оперативно менять тип решения без отмены выбора вспомогательного 3D узла.



Отказаться от выбора 3D узла можно при помощи следующей опции автоменю:

	<N>	Отменить выбор 3D узла, задающего ближайший результат

Создание сглаживания типа “кривая-грань”

Для создания сглаживания типа “кривая-грань” необходимо указать:

- ✓ набор граней твёрдого/листового тела в качестве левой или правой стенки сглаживания. Вторая стенка не задаётся;
- ✓ Набор гладко сопряжённых рёбер проволочного тела (3D профиля, 3D пути) как граничное условие;
- ✓ Радиус сглаживания;

- ✓ Вариант топологии конечного результата (только **Отдельное тело** или **В левой стенке**).

Все остальные параметры операции в данном режиме не используются.

Как и в общем случае, для выбора граней необходимо либо активировать одну из закладок “Левая/Правая” в окне свойств команды, либо использовать одну из опций автоменю:

	<L>	Выбрать грань левой стенки
	<R>	Выбрать грань правой стенки

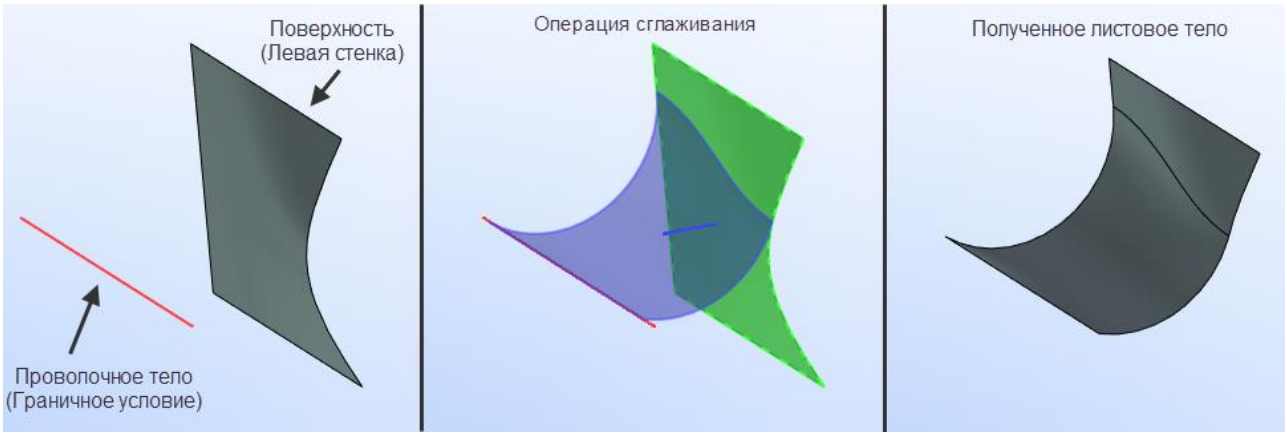
Набор рёбер задаётся как граничное условие. Для выбора рёбер необходимо активировать закладку “Границы” в окне свойств команды или опцию автоменю:

	<C>	Выбрать ребро для задания ограничения

Тип граничного условия менять не нужно.

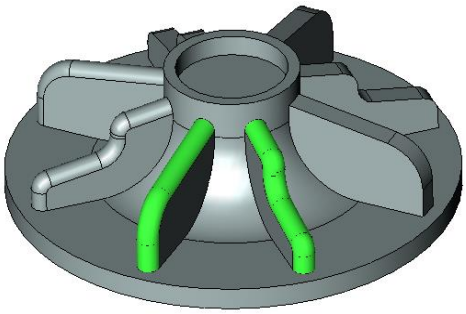
Вариант топологии конечного результата определяется выпадающим списком “Результат” в окне свойств. Для данного режима сглаживания можно использовать только два варианта: **Отдельное тело** и **В левой стенке**.

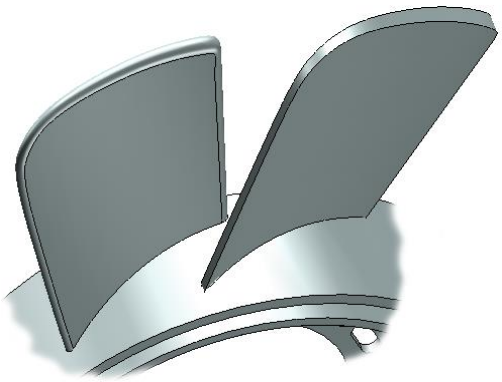
Вариант “В левой стенке” можно задать только в случае, если исходный набор граней принадлежит листовому телу. В этом случае результирующее тело присоединяется к исходному листовому телу, вне зависимости от того, какая стенка была задана в операции – левая или правая.



Сглаживание трёх граней

Операция сглаживания трёх граней позволяет строить поверхность перехода от одного набора гладко сопряженных граней к другому набору. При этом поверхность сглаживания будет построена по касательной к третьему набору граней. Наиболее типовая задача, решаемая при помощи данной операции, – формирование гладкой поверхности перехода на торцевой стороне плоской детали. Наборы сглаживаемых граней не обязаны иметь общие рёбра(пересекаться).





Сглаживание можно производить как над твёрдыми телами, так и над листовыми. Данную операцию можно рассматривать как вынесенный в отдельную команду частный случай операции сглаживания граней. В связи с тем, что сглаживание трёх граней разделяет много концепций с операцией сглаживания граней, за подробным объяснением некоторых терминов и понятий нужно вначале обратиться к главе «Сглаживание граней».

Основные понятия. Возможности операции

Общие концепции операции

В качестве основы для операции «Сглаживание трёх граней» служат три набора граней. Наборы называются **правой**, **левой** и **средней** стенками. Наборы граней левой и правой стенок должны иметь между собой гладкие сопряжения, набор граней средней стенки может сопрягаться под небольшим углом (не более 5°). Стенки же не обязаны сопрягаться между собой. Все наборы граней могут быть получены как от одного твёрдого тела, так и от одного, двух или трёх листовых тел. Недопустимо создавать сглаживание трёх граней между стенками, полученными от различных твёрдых тел или комбинации листовых и твёрдых тел.

Форма сглаживания

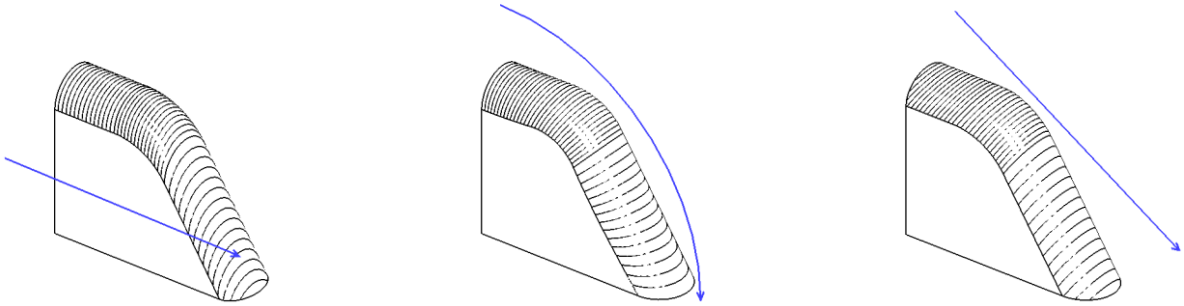
Сглаживание трёх граней может быть построено двумя типами: сферическим и дисковым.

При сферическом типе поверхность сглаживания образуется путём перемещения вписанной между стенками воображаемой сферы по всей длине стенок, образуя в точках контакта с ними гладкое

сопряжение по касательной. При этом форма поперечного сечения поверхности сглаживания рассчитывается не обязательно в виде дуги окружности.

При дисковом типе поверхность сглаживания формируется на основе набора плоскостей поперечного сечения и направляющей. Плоскости строятся перпендикулярно направляющей и содержат три точки контакта в местах касания поверхности сглаживания со стенками. Форма поперечного сечения поверхности сглаживания в плоскости всегда рассчитывается в виде дуги окружности, которая вписывается таким образом, чтобы обеспечить касание к каждой стенке.

В качестве направляющей всегда служит 3D путь. Направляющая не должна иметь изломов. Если длины направляющей недостаточно для расчёта всех поперечных сечений, то концы её продлеваются по касательной. Если длина направляющей избыточна, то система пытается самостоятельно выбрать нужный ей участок 3D пути.

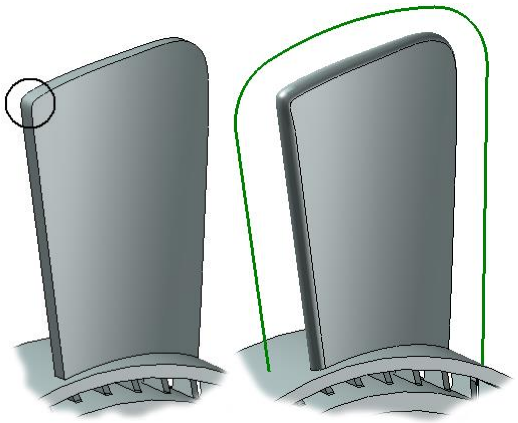


Зависимость геометрии поверхности сглаживания от направляющей

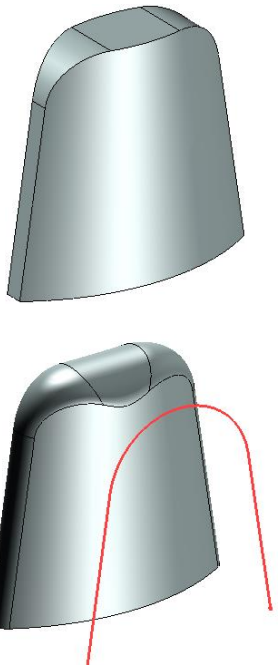
> Если левая и средняя стенки сопрягаются между собой, то роль направляющей может взять на себя их общее ребро (набор рёбер). В этом случае выбор направляющей не обязателен.

В случае применения дискового типа построения поверхности сглаживания, когда ребро между левой и средней стенками имеют сложную форму, для обеспечения успешного результата между гранями необходимо создать новую направляющую более простой формы в сравнении с ребром, лишь приблизительно повторяющей его форму. Рассмотрим два характерных примера:

Пример 1. Требуется создать сглаживание боковой части лопасти вентилятора с применением дискового типа построения. В данном случае система не может использовать ребро между левой и средней стенкой по следующей причине: в указанной кружком зоне ребро имеет небольшой радиус закругления. Если система попытается строить плоскости поперечного сечения, располагая их перпендикулярно ребру, то рассчитанные поперечные сечения поверхности сглаживания будут пересекаться друг с другом. Создать сглаживание в этом случае помогает дополнительная направляющая (3D путь), которая примерно повторяет форму ребра, но лишена указанных недостатков.

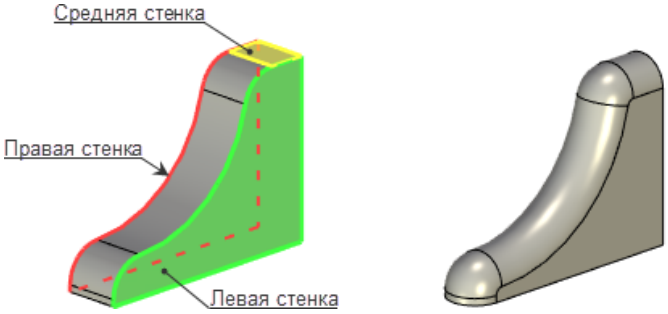


Пример 2. В данном примере левая и правая стенки представляют собой выпуклую коническую поверхность. Из-за этого деталь в центре утолщается. На первый взгляд радиус закругления ребра не так уж мал. Но из-за увеличения толщины детали и искривления ребра в другом направлении система вынуждена сильно увеличивать радиус поверхности сглаживания, в результате чего снова возникает самопересечение поверхности сглаживания. Если использовать плоскую направляющую указанной формы, то поверхность сглаживания легко построится.

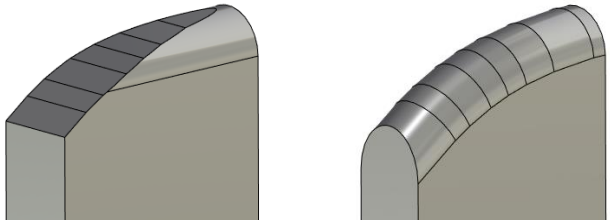


Сглаживание по смежным граням

Режим выбора последовательно сопряжённых граней обеспечивает возможность системе автоматически выбирать связанную последовательность гладко сопряжённых между собой граней необходимой стенки при указании одной из входящих в эту последовательность грани.



В случае, если смежные грани средней стенки сопряжены под углом, система позволяет задать угол, при котором эти грани будут участвовать в сглаживании.

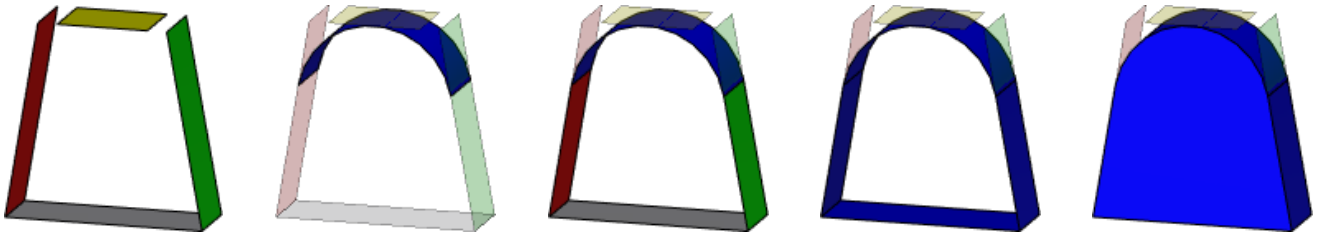


Результат

При сглаживании трёх граней твёрдого тела результат всегда будет в виде твёрдого тела.

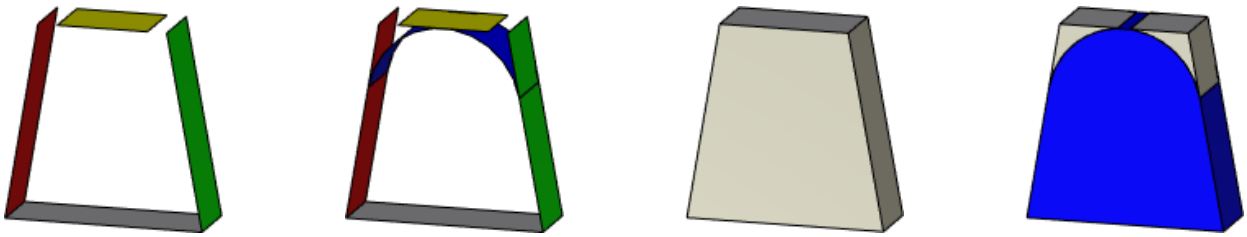
При сглаживании трёх граней листового тела, либо трёх листовых тел система позволяет определить тип результирующего сглаживания:

- ✓ **Не обрезать**. Поверхность сглаживания не присоединяется к стенкам; стенки удаляются. Результат – листовое тело.
- ✓ **Обрезать обе**. Левая и правая стенки обрезаются в точках контакта с поверхностью сглаживания; поверхность сглаживания не присоединяется к стенкам. Результат – отдельные листовые тела.
- ✓ **Обрезать и сшить**. Левая и правая стенки обрезаются в точках контакта с поверхностью сглаживания; поверхность сглаживания присоединяется к стенкам. Результат – одно листовое тело.
- ✓ **Создать твёрдое тело**. Левая и правая стенки обрезаются в точках контакта с поверхностью сглаживания; поверхность сглаживания присоединяется к стенкам, образуя замкнутое пространство. Результат – твёрдое тело.
- ✓ **Авто**. Система самостоятельно подбирает оптимальный результат сглаживания.



Исходный набор листовых тел | Не обрезать | Обрезать обе | Обрезать и сшить | Создать твёрдое тело

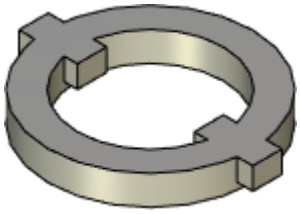
Также система предусматривает возможность создания сглаживания в виде отдельного тело, сохраняя при этом топологию исходных тел.



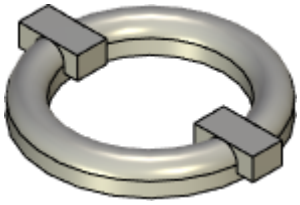
Исходный набор листовых тел | Результат | Исходное твёрдое тело | Результат

Иногда возникают ситуации, когда для выбранного набора стенок может существовать несколько поверхностей сглаживания. Можно оставить их все либо указать одно конкретное решение. Система

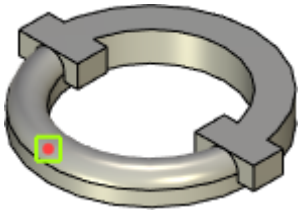
выбирает решение, наиболее близкое к выбранной 3D точке. В качестве 3D точки могут выступать 3D узел, вершина либо середина ребра.



Исходное тело



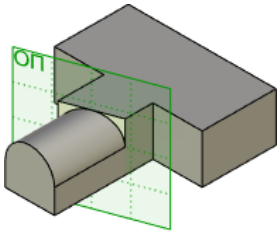
Все решения

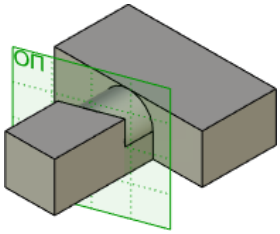


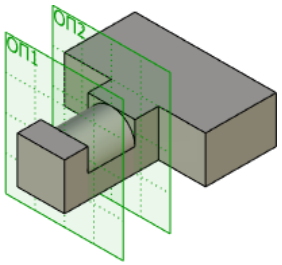
Решение по 3D узлу

Обрезка поверхности сглаживания

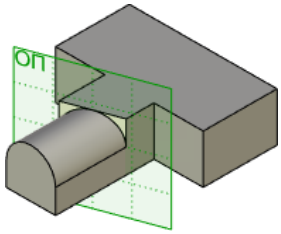
При помощи плоских граней или рабочих плоскостей можно задать ограничение зоны сглаживания. Одна ограничивающая плоскость делит поверхность сглаживания на две части, оставляя в сцене одну из них. Всего может быть задано не более двух ограничивающих плоскостей. Две плоскости могут с двух сторон ограничивать центральный участок поверхности сглаживания.



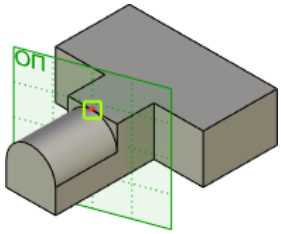




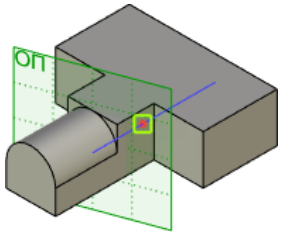
Ориентация границы сглаживания зависит от ограничивающей плоскости и выбранной формы сглаживания. При установленном параметре **Обрезка** граница сглаживания проходит по границам ограничивающей плоскости. В противном случае граница сглаживания проходит перпендикулярно направлению поверхности сглаживания через точку, образованную одним из следующих способов:



- ✓ Пересечением ограничивающей плоскости и вершины сглаживания (для сферической формы сглаживания);



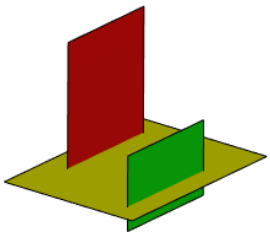
- ✓ Пересечением ограничивающей плоскости и заданной направляющей (для дисковой формы сглаживания).



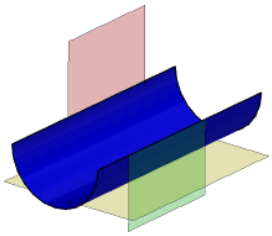
Обрезка по стенкам

При создании сглаживания граней возможен выбор способа обрезки краёв поверхности сглаживания. Геометрия самих стенок при обрезке поверхности сглаживания не нарушается. Всего имеется четыре способа обрезки:

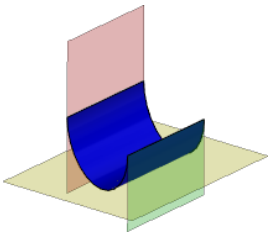
- ✓ **Не обрезать**. В этом случае поверхность сглаживания продлевается за пределы границ всех стенок.
- ✓ **По обеим стенкам**. Поверхность сглаживания обрезается по границам левой и правой стенок. При этом боковое ребро поверхности сглаживания формируется таким образом, чтобы обеспечить касание к боковым ребрам обрезающих стенок.
- ✓ **По короткой**. Поверхность сглаживания обрезается по наименее удалённым рёбрам стенок.
- ✓ **По длинной**. Поверхность сглаживания обрезается по наиболее удалённым рёбрам стенок.



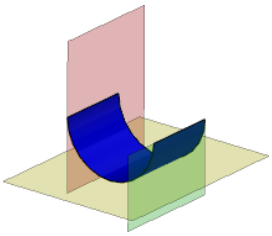
Исходный набор листовых тел



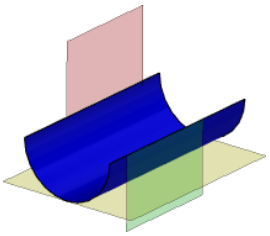
Не обрезать



По обеим стенкам

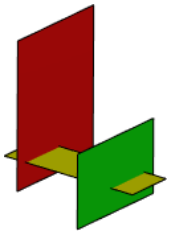


По короткой

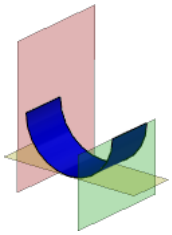


По длинной

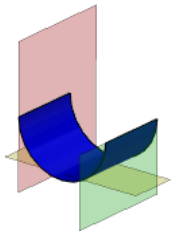
Дополнительно система даёт возможность не учитывать среднюю стенку при создании поверхности сглаживания. Например, опция может быть полезна при создании тела с обрезкой по стенке в режиме **По короткой** либо **По длинной**.



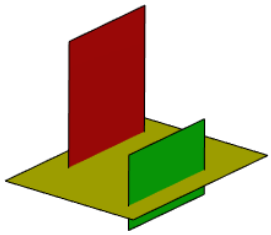
Исходный набор листовых тел



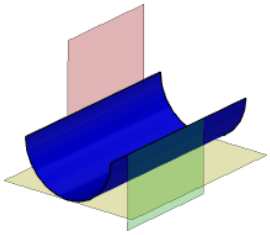
По короткой, с учётом средней стенки



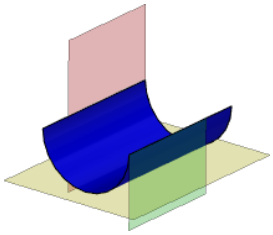
По короткой, без учёта средней стенки



Исходный набор листовых тел



По длинной, с учётом средней стенки



По длинной, без учёта средней стенки

Способы обрезки **Не обрезать**, **По короткой**, **По длинной** могут использоваться только в том случае, если конечный результат будет получен в виде листового тела.

Правила задания операции

Вызов команды создания операции может быть выполнен одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Сглаживание → Трёх Граней
Клавиатура	Текстовое меню
<3DT>	Операции > Сглаживание > Трёх Граней

Для работы в команде и задания параметров совместно используется диалог свойств и автоменю. Они работают синхронно. Режимы выбора объектов могут переключаться как с помощью автоменю, так и при помощи диалога свойств.

Для создания операции нужно выполнить следующие действия:

- ✓ Выбрать первый набор граней (левая стенка)
- ✓ Выбрать второй набор граней (средняя стенка)
- ✓ Выбрать третий набор граней (правая стенка)
- ✓ Задать форму сглаживания (при необходимости)
- ✓ Выбрать направляющую (при необходимости, в зависимости от типа сглаживания)
- ✓ Задать параметры результата (при необходимости)
- ✓ Выбрать элементы обрезки (при необходимости)
- ✓ Задать параметры обрезки по стенкам (при необходимости)
- ✓ Подтвердить создание операции

Выбор набора граней

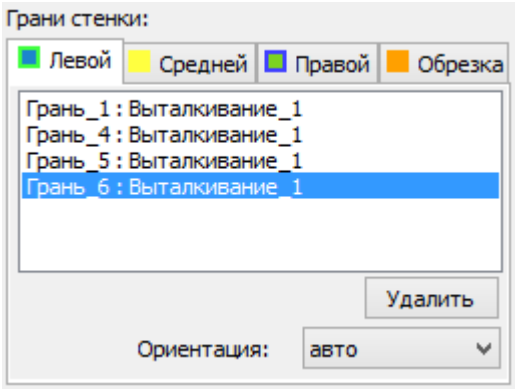
Обычно задание операции начинают с выбора наборов граней, между которыми будет строиться поверхность сглаживания. Набор граней левой или правой стенки формируется, когда активна одна из следующих опций автоменю:

	<L>	Выбрать грань левой стенки
	<C>	Выбрать грань центральной стенки
	<R>	Выбрать грань правой стенки

Переключение между опциями осуществляется нажатием на кнопку пиктограммы в автоменю.

Включение определённой опции автоматически активирует нужную закладку окна свойств. В специальном поле под закладкой отображается список выбранных граней в наборе правой, левой или средней стенок. Переключение между закладками окна свойств также активирует нужные опции выбора граней.

Выбор граней осуществляется при помощи мыши в окне 3D вида. Текущий цвет подсветки выбранных граней для каждой стенки отображается в цветном квадрате на закладках окна свойств.



Для автоматического выбора связанной последовательности гладко сопряжённых граней необходимо включить опцию:

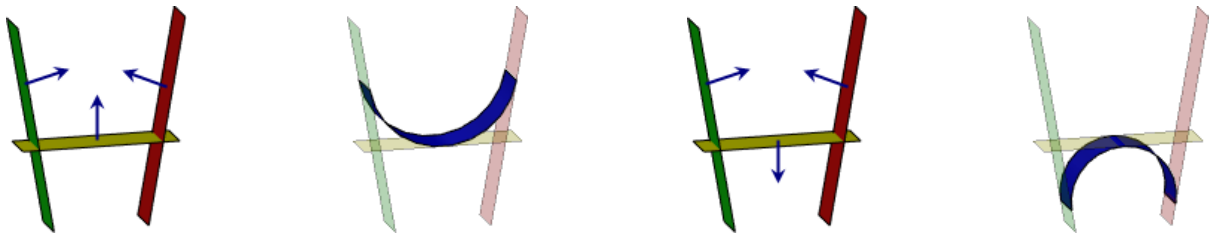
	<S>	Режим выбора последовательности гладко сопряжённых граней

После включения данной опции достаточно указать любую грань необходимой стенки, входящую в требуемую последовательность. Остальные грани будут добавлены автоматически.

Отменить выбор сразу всех элементов можно, воспользовавшись опцией:

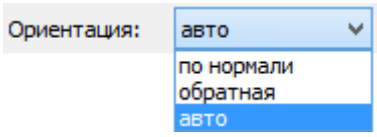
	<K>	Отменить выбор всех элементов

В центре каждой выбранной грани рисуется декорация в виде стрелки, показывающая на ту сторону грани, к которой будет примыкать поверхность сглаживания. Поверхность сглаживания создаётся в том направлении, в сторону которого указывают все три стрелки.



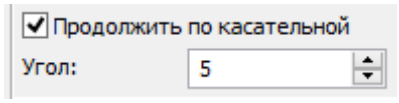
Управление направлением стрелки осуществляется в специальном поле **Ориентация**, которое находится под списком граней в окне свойств на каждой закладке. Выбор решения осуществляется из выпадающего списка. Для твёрдых тел направление стрелки устанавливается автоматически. При этом для всех граней установлен режим **авто**. Для листовых тел направление граней нужно контролировать пользователю самостоятельно.

Для изменения направления стрелки, предложенного системой, необходимо выбрать другой вариант ориентации из двух доступных: **по нормали** или **обратная**.



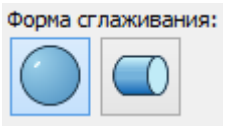
Для удаления грани из набора стенки достаточно выбрать её в списке окна свойств на соответствующей закладке и нажать кнопку **[Удалить]**.

Чтобы обеспечить участие смежных граней средней стенки, сопряжённых под углом, в построении сглаживания, необходимо в соответствующей закладке окна свойств установить флаг в поле **Продолжить по касательной** и задать максимальный угол сопряжения этих граней.



Выбор формы сглаживания

Выбор формы (типа) сглаживания осуществляется при помощи соответствующих иконок в окне свойств. По умолчанию система устанавливает сферический тип сглаживания.

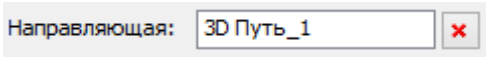


Выбор направляющей

Для включения режима выбора направляющей нужно активизировать следующую опцию автоменю:

	<W>	Выбрать направляющую

Выбор 3D пути осуществляется в 3D окне или в дереве модели при помощи мыши. Имя выбранного 3D пути отображается в окне свойств, в поле **Направляющая**.

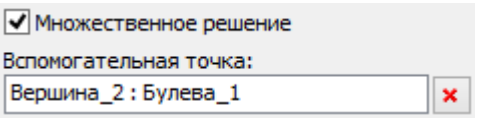


Отмена выбора направляющей осуществляется при помощи кнопки .

Задание параметров результата

Множественное решение

Выбор вспомогательной точки для уточнения результата в случае образования нескольких поверхностей сглаживания осуществляется после включения флажка **Множественное решение** в окне свойств.



Для этого необходимо активировать соответствующее поле и выбрать нужную 3D точку в 3D окне.

Отмена выбора вспомогательной точки осуществляется при помощи кнопки .

Выбор типа обрезки стенок

Выбор типа обрезки стенок осуществляется при помощи соответсвтующих кнопок в окне свойств. По умолчанию система устанавливает тип **Авто**.



Для создания поверхности сглаживания в виде отдельного тела необходимо установить соответсвтующий флажок в окне свойств.

Выбор элементов обрезки

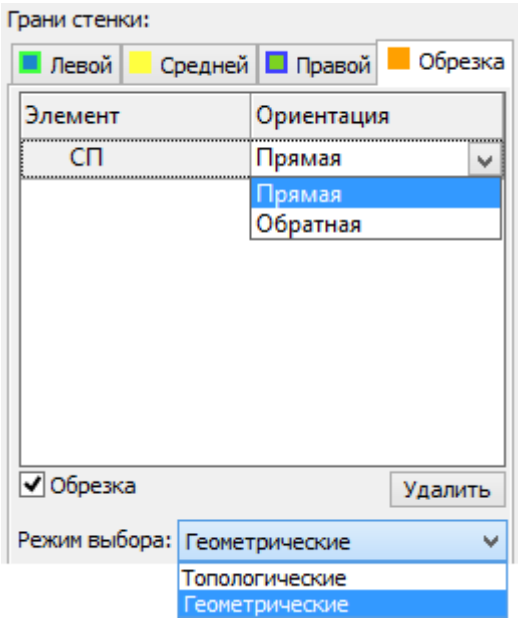
Для выбора элементов, ограничивающих зону сглаживания, необходимо обратиться к закладке **Обрезка** в окне свойств. Затем определить режим выбора элементов: топологические (плоскости, поверхности, прямые) или геометрические (грани, циклы, рёбра).

Выбор элементов производится при помощи мыши в 3D окне после активации поля **Элемент**.

Направление результирующей поверхности сглаживания определяется значением выпадающего списка **Ориентация**.

Для удаления ограничивающего элемента достаточно выбрать его в списке окна свойств и нажать кнопку **[Удалить]**.

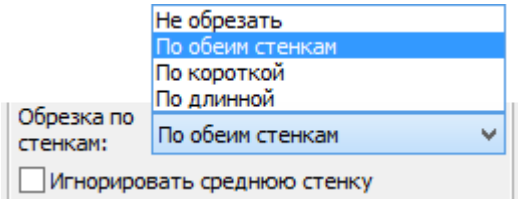
Флаг **Обрезка** позволяет определить ориентацию границы сглаживания.



Обрезка по стенкам

Способ обрезки краёв поверхности сглаживания выбирается из выпадающего списка опции **Обрезка по стенкам** в окне свойств. По умолчанию система устанавливает способ обрезки **По обеим стенкам**.

Для того, чтобы средняя стенка не учитывалась при создании поверхности сглаживания, необходимо установить флажок в поле **Игнорировать среднюю стенку**.



По сечениям

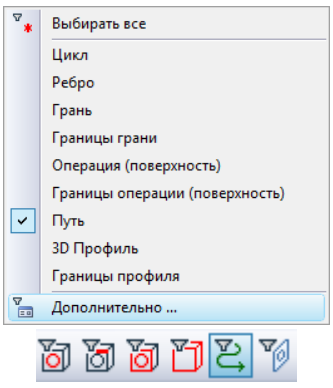
Операция предназначена для создания твёрдых тел или поверхностей со сложной геометрией. В качестве базовых для операции «По сечениям» могут служить практически любые элементы модели, имеющие в своей основе геометрию одного из трёх типов: «точка», «проволока», «лист». В зависимости от типа геометрии исходных элементов результат может быть получен как в виде твёрдого тела, так и в виде набора поверхностей. Сплайновые результирующие поверхности формируются на основе заданного набора сечений и направляющих, с учётом выбранных граничных условий. Среди настроек операции есть оптимизационный модуль, позволяющий формировать, где это возможно, простые аналитические поверхности.

Основные понятия. Возможности операции

«Точка» в трёхмерном пространстве может быть определена 3D узлом, 3D вершиной, задана при помощи параметра «положение» на объекте. К элементам с «проволочной» геометрией (имеющих длину/периметр, но не имеющих площади) относятся все линейные объекты – рёбра, 3D пути, циклы, некоторые виды 3D профилей. Иногда система позволяет автоматически считывать нужный тип геометрии с площадных объектов, например, с граней. К «листовым» объектам (имеющим площадь, но не имеющим объёма) относятся все виды поверхностей, грани и 3D профили, созданные на основе замкнутого контура. Иногда в качестве листового объекта допускается выбор операции, если результат этой операции представляет собой поверхность (набор поверхностей).

При выборе элементов на любом этапе следует обращать внимание на активные фильтры выбора объектов. Ими удобно пользоваться, так как при наведении курсора на группу элементов в общем случае система не всегда может предложить именно тот элемент, который нам нужен. Так, например, если мы хотим выбирать не сам профиль, а только его ребро, то нужно настроить фильтр на выбор рёбер.

Для включения нужного фильтра можно использовать выпадающий список активной в текущий момент опции автоменю. Если опция имеет такой список фильтров, то в правом нижнем углу её пиктограммы нарисован черный треугольник. Если нажать и немного подождать, то появится список доступных для данной команды фильтров. Упрощённый вариант набора доступных фильтров синхронно отображается на системной панели в виде соответствующих кнопок.

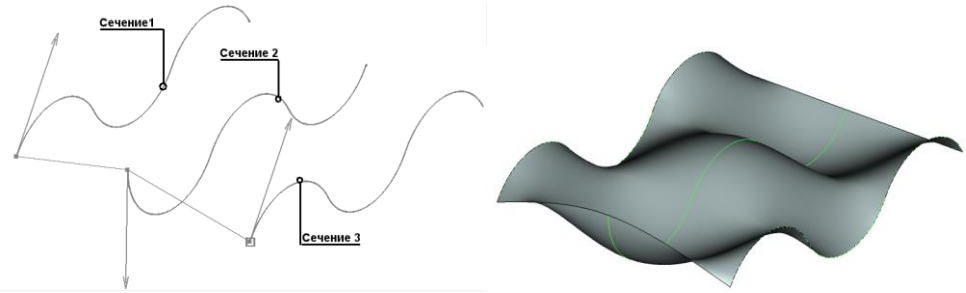


Для включения одного фильтра и выключения всех остальных нужно указать на кнопку фильтра с нажатой клавишей <Ctrl>.

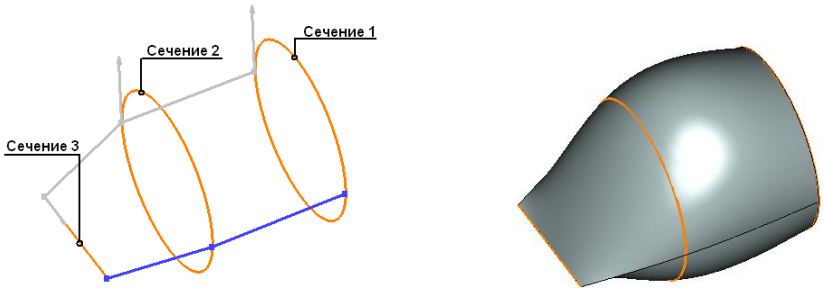
Сечения

Сечения служат для определения формы поверхности в первом направлении. Для создания операции в самом простом случае достаточно выбрать как минимум два сечения.

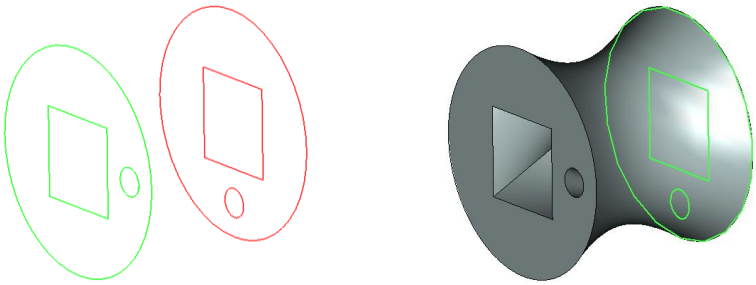
Сечение может представлять собой листовой или проволочный объект. Проволочный объект может быть как замкнутым, так и разомкнутым. Одно сечение может быть составлено из нескольких частей, которые можно свободно добавлять и удалять в процессе задания операции. Набор объектов, составляющих одно сечение, должен иметь геометрию одного типа. Например, одно сечение может составлять набор путей и рёбер, или набор сопряженных граней.



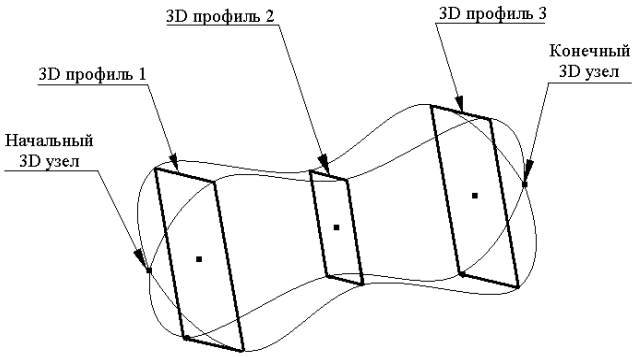
Контуры всех сечений, по которым строится результирующая поверхность, должны быть одного типа: либо замкнутые, либо разомкнутые. Исключение составляет случай создания тела типа «тюбик», когда основной набор задан замкнутыми сечениями, а первое или последнее сечение задано разомкнутой «проволокой». Для успешного создания такого тела необходимо строго соблюсти ряд условий при задании точек соответствия (см. ниже).



В качестве сечений могут быть использованы многоконтурные профили, при условии одинаковости их топологий. Например, это могут быть подобные профили или копии одного и того же многоконтурного профиля. В этом случае никакие другие параметры не могут быть заданы (направляющие, точки соответствия, граничные условия).



В качестве первого и последнего сечения может использоваться точка. В этом случае поверхность на концах будет сходиться в выбранных точках.



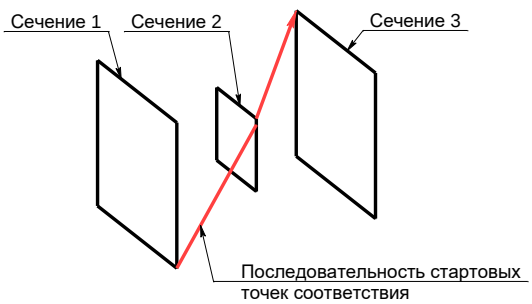
Сечение имеет такое свойство, как направление обхода контура. При задании операции на выбранном сечении в направлении обхода рисуется стрелка. Направление обхода контура используется при расчёте поверхности, оно должно совпадать для всех выбранных сечений. В большинстве случаев система самостоятельно может определять направления сечений для достижения успешного результата. Но при необходимости оно может быть изменено пользователем для каждого отдельного сечения.

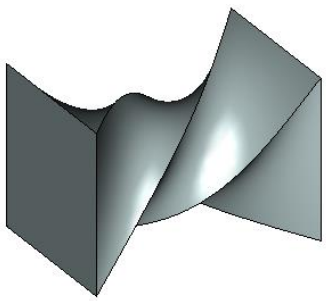
Точки соответствия

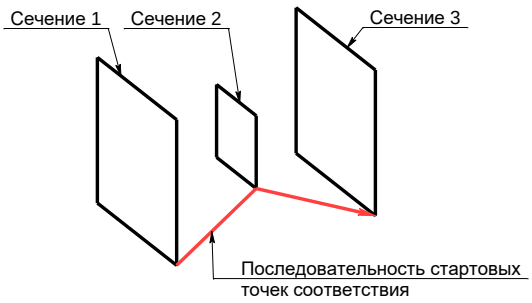
Точки соответствия позволяют задать направление построения поверхности между характерными точками разных сечений. Всегда существует как минимум одно соответствие между точками сечений. Изначально оно строится между стартовыми точками сечений. Новые последовательности точек соответствия добавляются пользователем самостоятельно. Любую последовательность точек соответствия, в том числе и стартовых, можно редактировать. На предварительной схеме задаваемой операции (она рисуется в 3D окне по мере выбора элементов) каждый набор точек соответствия соединяется прямыми линиями.

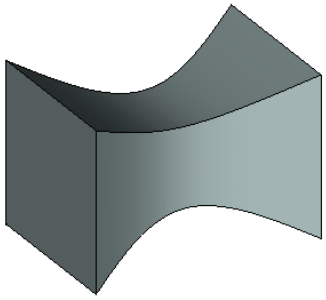
> Для разомкнутых контуров стартовые точки могут быть заданы только в начале или в конце сечения.

В каждый набор точек соответствия входит по одной точке с каждого сечения, за исключением крайних сечений, заданных точкой. В качестве точек соответствия можно использовать 3D-узлы, вершины сечений или точки, заданные на ребре сечения при помощи параметра «положение».







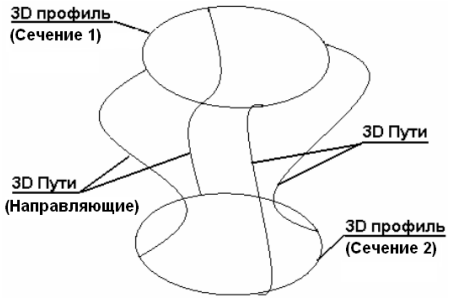


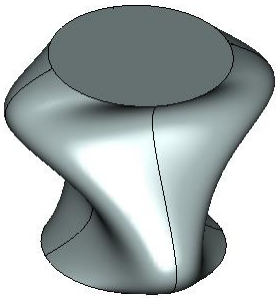
Если заданы разомкнутые крайние сечения при остальных замкнутых (создается тело типа «тюбик»), то при задании точек соответствия нужно выполнить следующие условия:

- ✓ Обязательно должны быть заданы минимум две последовательности точек соответствия, проходящих через начало и через конец первой и последней разомкнутой проволоки.
- ✓ На замкнутых профилях не должно быть «свободных» вершин, т.е. вершин по которым не заданы последовательности точек соответствия.
- ✓ Все последовательности точек соответствия должны сходиться только в начале и в конце первой и последней разомкнутой проволоки.

Направляющие

Направляющие аналогичны сечениям и используются для задания формы результирующей поверхности по второму направлению. В отличие от сечений в качестве направляющих может быть использована только проволочная геометрия. При выборе листовых объектов используется их периметр. Все объекты должны иметь непрерывную 1-ю производную, то есть на «проволоке» не должно быть изломов. Другим условием является обязательное пересечение направляющей со всеми сечениями, в том числе и с сечениями, заданными точкой. Одна направляющая может быть составлена из нескольких гладко сопряжённых линейных объектов.

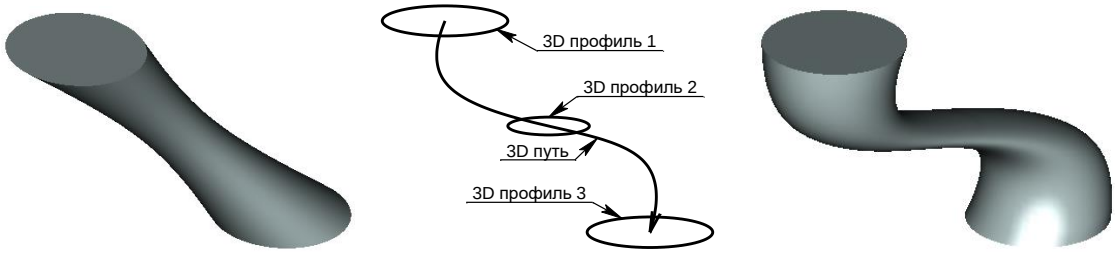




Направляющие могут быть замкнутые или разомкнутые. Замкнутые направляющие используются при создании замкнутых тел.

Вместо направляющих может быть использован один 3D путь, являющийся аналогом множества направляющих, проходящих через все точки сечений. Путь задаёт граничные условия для всей результирующей поверхности. Поэтому при задании направляющего пути другие граничные условия не задаются. Единственным исключением является возможность указать касательное направление к создаваемой поверхности по тому же пути в точке его пересечения с сечением,

заданным 3D профилем (см. ниже). Данный путь не обязан иметь пересечения с сечениями. На приведенном ниже рисунке первая операция создана без использования пути и направляющих, вторая – с использованием 3D пути.



Граничные условия

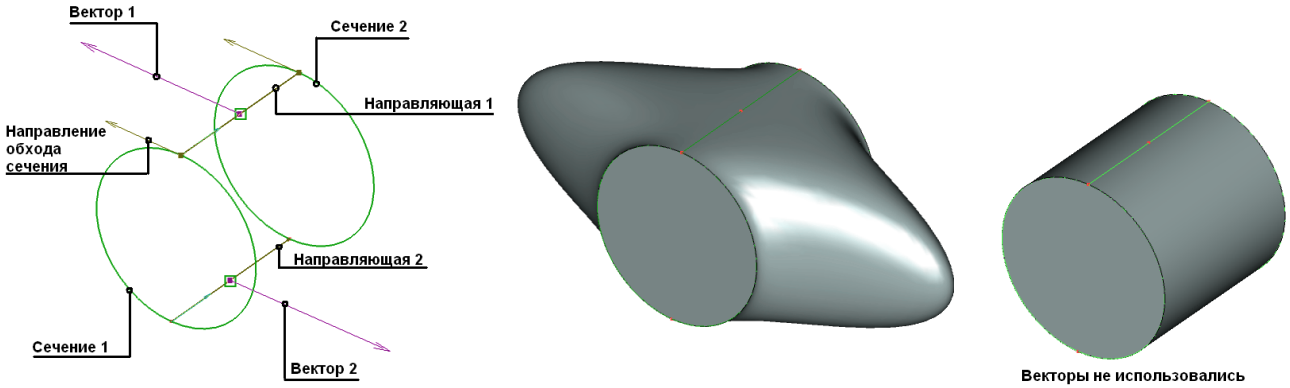
Граничные условия являются дополнительными критериями при формировании результирующей поверхности.

Для всех сечений и направляющих, кроме случая задания одного направляющего 3D пути, могут быть заданы следующие граничные условия:

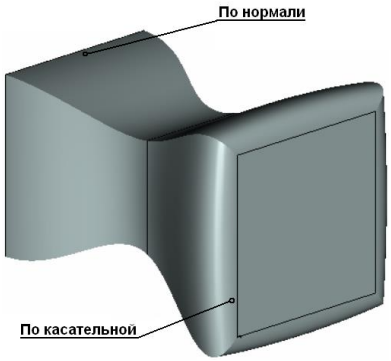
- Грани – с помощью граней можно задать 1-ю производную (направление) в каждой точке ребра сечения и в сегменте направляющей, или 2-ю производную (кривизну) только для ребра сечения. Направление берётся с грани в точке касания грани с ребром каркаса. Грань, задаваемая в качестве условия, обязательно должна заканчиваться на ребре сечения или направляющей, для которого задаётся условие.



- Векторы – используются для задания 1-й производной (направления) результирующей поверхности в произвольной точке контура сечения или направляющей.



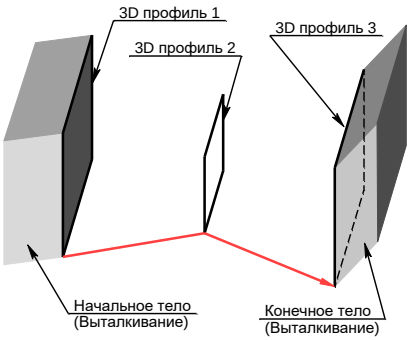
Для первого и последнего сечений могут быть заданы следующие граничные условия:

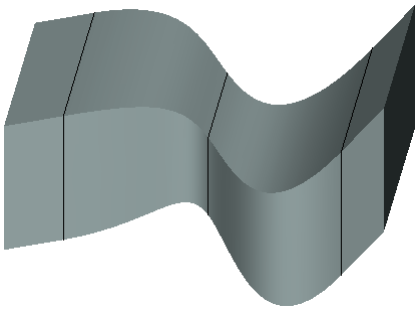


- По нормали наружу – результирующая поверхность строится перпендикулярно к плоскости сечения. Вектор нормали вычисляется автоматически и всегда направлен во внешнюю сторону будущего тела.
- По нормали к профилю – то же, что и предыдущее условие. Вектор нормали берётся с профиля. Данная функциональность оставлена от предыдущих версий T-FLEX
- По касательной – результирующая поверхность строится по касательной к плоскости сечения.

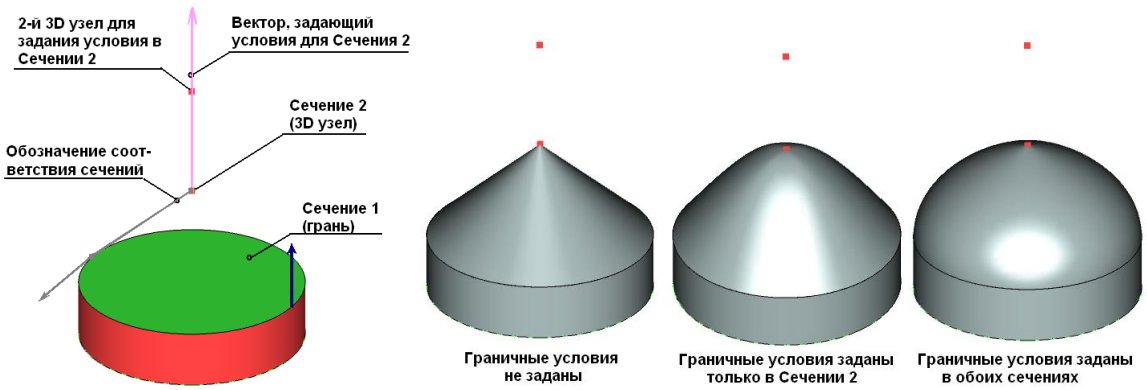
Перечисленные выше три условия можно задать только для того сечения, через которое возможно построить плоскость или которое представляет собой часть плоскости изначально.

- Тело – тело, с которого берутся касательные условия. Тело должно непосредственно одной из граней примыкать к сечению, причем желательно, чтобы грань полностью совпадала с сечением. Касательные условия (направление) берутся с боковых граней тела.





Для точек, используемых в качестве первого и последнего сечения, могут быть заданы граничные условия в виде вектора, задающего нормаль к плоскости, проходящей через точку. Результирующая поверхность будет строиться по касательной к данной плоскости.



Все вышеперечисленные граничные условия для сечений являются взаимоисключающими. Это означает, что на одну и ту же область или точку нельзя наложить несколько граничных условий. Для крайних сечений нельзя задать условия в случае построения замкнутой поверхности.

Граничные условия могут вступать в конфликт друг с другом. Ребру сечения или направляющей должна соответствовать только одна грань, если ребру соответствует несколько граней, то граничное условие для данного ребра игнорируется и выдается соответствующее предупреждение. Граничное условие в виде вектора не может быть задано на пересечении сечения с направляющей, также нельзя задать два вектора в одной точке.

Если вместо направляющих задан один 3D путь, то для создаваемой поверхности можно указать только один вид граничных условий – условие касательности к пути в точке его пересечения с сечением. Сечение, для которого задаётся условие, должно обязательно состоять из одного 3D профиля. Граничное условие задаётся указанием грани того профиля, на основе которого было определено сечение.



Совместимость со старыми версиями

Начиная с версии 8, в T-FLEX CAD используется новый механизм построения, не полностью совместимый со старыми версиями. Для объектов старых версий используется старый механизм построения, полностью совместимый со старыми версиями. При любом изменении старого объекта он конвертируется в объект новой версии, после чего для него будет использоваться только новый механизм построения. Отменить конвертацию объекта в новую версию операции можно при

помощи команды **UN: Отменить изменения**, при этом также будут отменены все изменения данных объекта.

Правила задания операции «По сечениям»

Вызов команды создания операции может быть выполнен одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → По сечениям
Клавиатура	Текстовое меню
<3SL>	Операции > По сечениям

Для работы в команде и задания необходимых компонентов совместно используется диалог свойств и автоменю. Они работают синхронно и дополняют друг друга. Состояние автоменю зависит от стадии задания операции, от предназначения и типа выбираемых объектов. Режимы выбора объектов могут переключаться как с помощью автоменю, так и при помощи диалога свойств.

При расчете данной операции поверхность формируется на основе элементов каркаса и заданных граничных условий. Элементами каркаса являются сечения и направляющие.

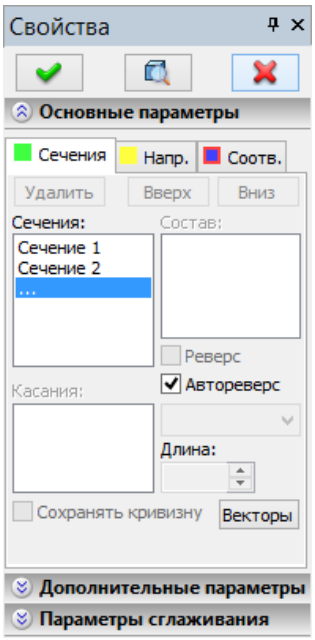
Для создания операции нужно выполнить следующие действия:

- ✓ Задать сечения
- ✓ Задать направляющие (необязательное действие)
- ✓ Задать точки соответствия (необязательное действие)
- ✓ Задать граничные условия (необязательное действие)
- ✓ Подтвердить создание операции.

Выбор сечений

Задание операции всегда начинают с выбора сечений. Для успешного создания операции требуется задать как минимум два сечения. В качестве сечения может быть использован любой объект системы, содержащий проволочную либо поверхностную геометрию.

Для входа в режим выбора сечений нужно поместить фокус ввода в свободную строку поля «**Сечения**». Оно находится в диалоге свойств операции на закладке [**Сечения**]. Автоменю переключается в режим выбора сечений.



Становятся активными соответствующие опции.

	<U>	Выбрать сечения

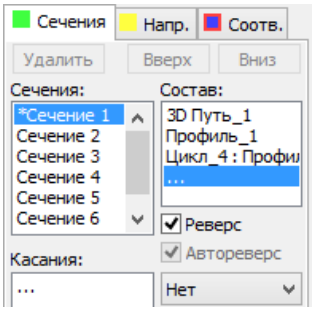
Эта опция определяет включение режима выбора сечений.

	<R>	Выбрать профиль

Данная опция позволяет гибко настраивать фильтры для выбора объектов. В правом нижнем углу пиктограммы нарисован черный треугольник, что указывает на наличие выпадающего списка.

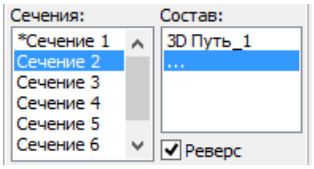
Далее можно выбирать элементы в 3D окне. Каждый выбранный элемент будет добавлен в конец списка сечений как новое сечение. Сечения можно передвигать по списку вверх и вниз при помощи соответствующих кнопок диалога свойств. Для удаления любого объекта из списка во всех трёх полях диалога нужно после выбора объекта в списке нажать кнопку **[Удалить]** или клавишу <Del>.

> ОГРАНИЧЕНИЯ: Первое и последнее сечения не могут быть перемещены по списку, если они являются точками, либо если для них заданы граничные условия, специфичные для первого и последнего сечений.



Каждое сечение может быть составлено из нескольких однотипных объектов. Для задания составного сечения нужно воспользоваться полем «**Состав**». В этом поле отражается список из имен выбранных элементов для каждого конкретного сечения. Для пополнения состава сечения нужно переместить фокус ввода в поле «**Состав**», после чего можно приступить к выбору дополнительных объектов.

> ОГРАНИЧЕНИЯ: Сечение может быть составлено только из объектов, содержащих геометрию одного типа.



Если по каким-либо причинам при составлении контура сечения система получает ошибку, то данное сечение помечается символом «*». Причины могут быть различны: например, при пересчете модели образовались разрывы, или исчезли те элементы, из которых состояло сечение.

По умолчанию в команде включен режим выбора гладко сопряжённых рёбер. В этом режиме при выборе одного ребра происходит автоматический выбор связанных с ним рёбер, являющихся продолжением данного ребра без разрыва первой производной (то есть без изломов). Включение/отключение режима осуществляется при помощи соответствующей опции автоменю:

	<G>	Режим выбора последовательности гладко сопряжённых рёбер

В качестве крайних сечений (первого или последнего) могут быть заданы точечные объекты – 3D узлы или вершины. Для задания такого сечения нужно активировать следующую опцию автоменю:

	<E>	Выбрать 3D точку

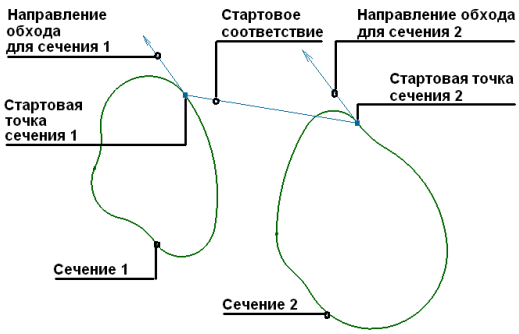
Переключая фильтры селектора, можно выбирать любые объекты, способные определить точку в трёхмерном пространстве: 3D узел, 3D вершину, центр дуги, центр сферы, начало системы координат. Новое сечение-точка всегда будет крайним, то есть будет находиться в начале или в конце списка сечений.

Информация на схеме при задании сечений

Элементы, которые выбраны в качестве сечений, по умолчанию подсвечиваются *зелёным* цветом. Активное сечение подсвечивается *красным* цветом. Активным называется сечение, с которым в данный момент производятся какие-то действия. Например, это происходит в момент работы над составом сечения. Настройки цветов производятся в установках системы.

> Квадратик на закладке [**Сечения**] залит тем же цветом, которым в текущий момент помечаются выбранные сечения.

При выборе каждого сечения назначается стартовая точка. Набор стартовых точек образует первую последовательность соответствия. При работе с замкнутыми сечениями стартовая точка назначается в ближайшей к курсору вершине контура сечения. При использовании незамкнутых сечений стартовая точка назначается на ближайшем конце «проволоки». Если предложенный системой вариант синхронизации сечений не подходит, то стартовую последовательность можно изменить или добавить новые соответствия. Подробное описание работы с соответствиями см. ниже.



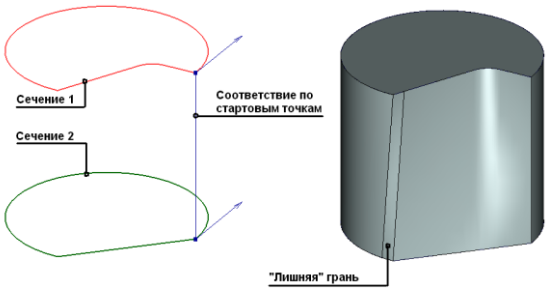
В каждом сечении из стартовой точки рисуется стрелка, показывающая направление обхода контура. Для успешного создания операции необходимо добиваться одинакового направления во всех сечениях. Изменить направление обхода контура можно, используя флажок **«Реверс»**. При переключении флажка для разомкнутого контура стартовая точка перемещается на противоположный конец контура.

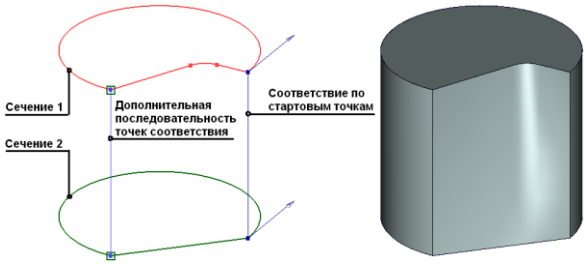
При использовании замкнутых контуров система сама пытается установить синхронизацию направлений обхода, используя **«Автореверс»**.

Задание точек соответствия

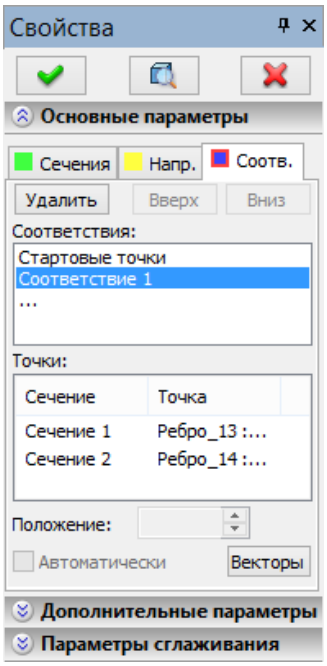
После того как сечения заданы, системе необходимо соотнести их друг с другом. Нужно определить, каким образом будет формироваться поверхность. После задания сечений уже есть одна

последовательность соответствия, автоматически заданная по стартовым точкам. В сложных случаях одной последовательности бывает недостаточно.





В точках соответствия сечения разбиваются на секторы. Часть образующих будущей поверхности проходит строго по точкам соответствия. Пространство между секторами разбивается на равное количество элементов, через которые будут строиться остальные образующие поверхности. При наличии вершины на участке сечения между точками соответствия хотя бы в одном сечении система дополнительно разбивает соответствующие секторы в тех же пропорциях во всех сечениях и добивается одинакового количества секторов во всех сечениях. В таких ситуациях возможно появление новых, не всегда нужных, рёбер и граней. Поэтому наиболее оптимальным будет являться вариант задания точек соответствия в вершинах сечений. По возможности следует стремиться именно к такому способу задания точек соответствия.



Для переключения в режим задания точек соответствия нужно перейти на закладку [**Соотв.**] диалога свойств операции. На этой закладке присутствует два взаимосвязанных поля со списками, в которых задаются последовательности и точки соответствия. Каждая последовательность содержит по одной точке на каждом сечении, кроме сечения-точки. Точки выбираются в направлении от первого к последнему сечению. Состав последовательности можно наблюдать во втором поле «Точки».

Для задания новой последовательности нужно поместить курсор на свободную строчку в поле «Соответствия». После этого система будет готова к заданию точек. В автоменю активируются соответствующие опции:

	<C>	Задать точки соответствия

Данная опция определяет включение режима выбора точек соответствия.

По умолчанию в команде выбираются все три типа точек. С помощью автоменю можно настроить фильтр для выбора одного типа объектов: только узлов, только вершин или только точек на рёбрах. Для настройки используются следующие опции автоменю:

	<A>	Выбор всех точек
	<N>	Выбор 3D узлов
	<X>	Выбор вершин
	<K>	Задание точек на рёбрах

На схеме автоматически подсвечивается красным (по умолчанию) цветом первое сечение – оно становится активным. После выбора точки на первом сечении подсвечивается второе – и так далее, пока не будут выбраны точки на всех сечениях. На активном сечении также подсвечены все вершины. Работает объектная привязка – можно привязать точку к вершине сечения или к 3D узлу на сечении.

Если привязка к вершинам и узлам не требуется, то можно построить точку на ребре сечения. В этом случае её положение на ребре будет определяться параметром, принимающим значения от 0 (в начале ребра) до 1 (в конце ребра). Направление ребра совпадает с направлением обхода контура сечения.

Для выбора точки необходимо указать курсором в нужный объект и нажать . Селекция объектов производится в соответствии с текущими настройками фильтров.

Флажок **«Автоматически»** используется для автоматической расстановки точек соответствия. Автоматические точки соответствия могут быть заданы только для плоских замкнутых сечений при условии, что не более чем одно сечение имеет разрывы 1-й производной (излом). При сбросе флажка «автоматически» точки, созданные автоматически, конвертируются в объекты, которые можно изменять.

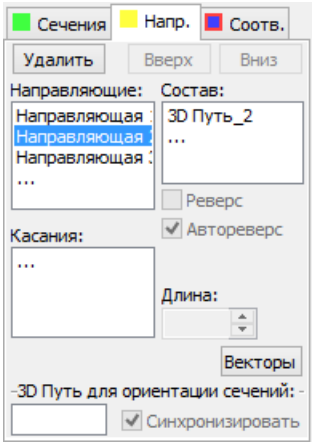
> ОГРАНИЧЕНИЕ: Не допускается перекрещивание последовательностей точек соответствия друг с другом.

Для редактирования какого-либо объекта – последовательности или точки – нужно всего лишь выбрать его в диалоге свойств, после чего можно переопределить его, выбрав новый объект в 3D окне. Так, для редактирования целой последовательности (например, стартовой) нужно выбрать в поле **соответствия** объект **стартовые точки**, после чего по очереди указать нужные точки на каждом сечении. Подсветка и объектная привязка работает как при первом задании последовательности. Для редактирования одной точки в последовательности нужно сначала выбрать эту точку в списке поля «точки», затем выбрать другой объект в 3D окне. При редактировании точки подсвечивается соответствующее сечение.

После редактирования выбранного объекта система переходит к изменению следующего в списке объекта (точки или последовательности) или предлагает задать новую последовательность, если редактируемый объект был последним в списке.

Для удаления любого объекта из любого поля нужно выбрать его и нажать клавишу <Del> или кнопку **[Удалить]**.

Выбор направляющих



Направляющие являются элементами каркаса операции в поперечном направлении. Задание направляющих во многом аналогично процессу задания сечений.

Для переключения в режим задания направляющих, нужно перейти на закладку **[Напр.]** диалога свойств. На этой закладке, так же, как и на закладке для задания сечений, есть три поля **Направляющие**, **Состав** и **Касания**. С последним полем мы будем работать при задании граничных условий (см. ниже). Если при составлении контура направляющей возникает ошибка, то направляющая помечается «*».

Для выбора новой направляющей нужно поместить курсор в свободную строку поля **Направляющие**. Она также помечена троеточием. После переключения на закладку автоменю переходит в режим выбора направляющих. Появляются нужные для работы опции:

	<V>	Выбрать направляющие

Данная опция определяет включение режима выбора направляющих.Для удобства можно настроить нужные фильтры выбора объектов. Кнопки фильтров также находятся на системной панели или в выпадающих списках соответствующих опций автоменю.

	<R>	Выбрать 3D профиль

Данная опция позволяет гибко настраивать фильтры для выбора объектов. В правом нижнем углу пиктограммы нарисован черный треугольник. Это указывает на наличие выпадающего списка.

По умолчанию в команде включен режим выбора гладко сопряжённых рёбер:

	<G>	Режим выбора последовательности гладко сопряженных ребер

Далее можно выбирать элементы в 3D окне или в дереве модели.

> ОГРАНИЧЕНИЕ: Направляющая обязательно должна иметь пересечения со всеми сечениями, в том числе и с сечениями, заданными точкой.

Информация на схеме при задании направляющих

Элементы, которые выбраны в качестве направляющих, по умолчанию подсвечиваются *жёлтым* цветом. Активная направляющая подсвечивается *красным* цветом. Направляющая становится активной при выборе ее в списке направляющих. Настройки цветов производятся в установках системы.

> Квадратик на закладке [**Напр.**] залит тем же цветом, которым в текущий момент помечаются выбранные направляющие.

На конце каждой направляющей рисуется стрелка, показывающая направление обхода её контура. Для успешного создания операции необходимо добиваться направления от первого сечения к последнему. Для незамкнутых направляющих направление устанавливается автоматически. Изменить направление обхода замкнутого контура можно, используя флажок **«Реверс»**. При использовании замкнутых контуров система сама пытается установить синхронизацию направлений обхода, используя **«Автореверс»**.

Аналог направляющих – 3D путь

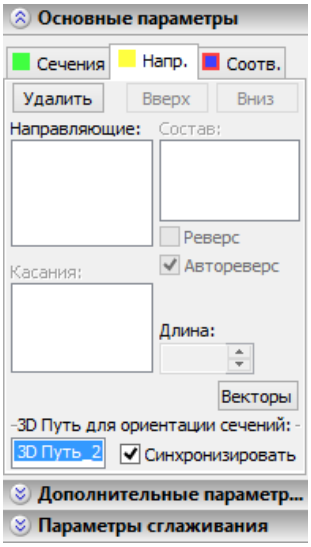
Существует возможность управлять направлением создаваемой поверхности сразу в каждом сечении.

> Данная функциональность оставлена в основном для совместимости со старыми версиями. При создании новой операции для более точного определения формы поверхности рекомендуется пользоваться направляющими и задавать граничные условия.

Для перехода в режим выбора пути нужно поместить курсор в поле «3D путь». В автоменю активизируется опция:

	<W>	Выбрать 3D путь

После этого можно выбрать 3D путь в 3D окне или в дереве модели.



Указанный путь влияет на форму тела следующим образом: определяется набор векторов, построенных от точки соответствия к пути по кратчайшему расстоянию между ними для всех точек каждой последовательности. Затем, используя алгоритм минимального кручения, система рассчитывает поверхность тела.

Для создания операции необходимо, чтобы выбранный путь был направлен от первого сечения к последнему. Если в окне свойств установить флажок **Синхронизировать**, то система при необходимости будет автоматически менять направление выбранного пути.

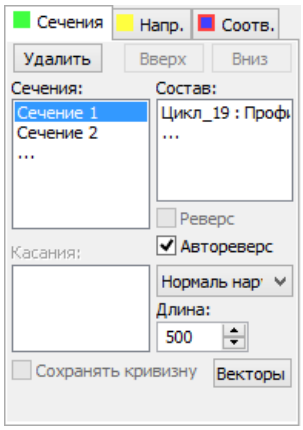
Для отмены выбора пути снова поместите курсор в поле **Путь** и нажмите клавишу <Del> или кнопку диалога **[Удалить]**.

> Функции определения второго направления поверхности по направляющим и по пути являются взаимоисключающими. При использовании пути выбор направляющих блокируется. И наоборот, если задана хотя бы одна направляющая, поле **Путь** становится недоступным.

Задание граничных условий

Для различных компонентов операции могут быть заданы разные граничные условия. Они задаются с целью обеспечить получение более точной поверхности, в том числе и с формированием плавных переходов.

Условия для крайних сечений



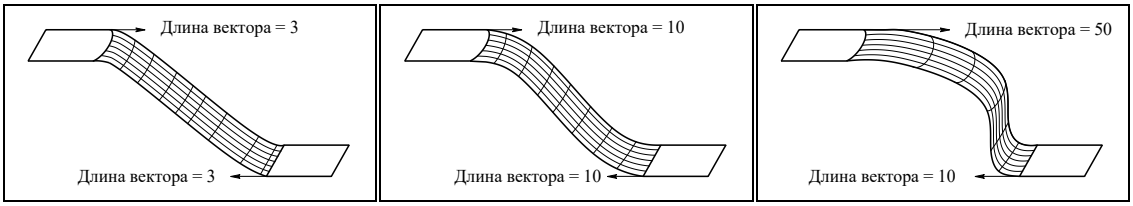
Данные граничные условия специфичны и могут быть определены только для первого и последнего сечений, если эти сечения заданы на основе плоских контуров. Геометрической информации плоского контура достаточно, чтобы определить критерии формирования поверхности в области данного сечения.

Всего можно задать два условия подхода поверхности – по нормали к плоскости сечения или по касательной. Степень искривления поверхности задаётся числом, определяющим длину векторов.

Для установки такого граничного условия нужно выполнить следующие шаги:

1. Выбрать нужное крайнее сечение в общем списке сечений. Выбранное сечение становится активным и подсвечивается красным.
2. Если геометрия данного сечения подходящая, то на этой же закладке диалога станет доступным для редактирования список из четырёх условий: **Нет**, **Нормаль наружу**, **По касательной, Нормаль к профилю**. Требуется выбрать нужное условие.
3. В поле **Длина** установить нужное численное значение.

Значение устанавливается в абсолютных модельных единицах, поэтому требуемое число зависит от размеров модели. При больших размерах модели для достижения одного и того же эффекта нужно устанавливать бо**л**ьшие численные значения.



Для крайних сечений существует способ задания граничных условий касания к телам. Сплайновая поверхность в этом случае будет натягиваться касательно к периферийным граням выбранных тел. Для задания такого граничного условия необходимо выполнить следующие действия:

1. Выбрать нужное крайнее сечение в общем списке сечений. Выбранное сечение становится активным и подсвечивается красным.
2. Установить курсор в поле **касания.** Если выбрано крайнее сечение, то в автоменю становится активной опция для выбора тела (другая опция, которая тоже появляется в автоменю и предназначена для выбора грани, рассмотрена ниже)

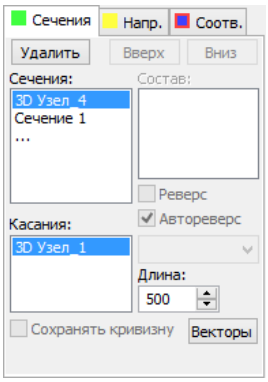
	<B>	Выбрать тело для задания граничного условия в начале
	<B>	Выбрать тело для задания граничного условия в конце

Внешний вид опции зависит от того, первое или последнее сечение обрабатывается.

3. Выбрать тело. Обрабатываемое сечение должно совпадать с гранью тела. Касание будущей поверхности будет обеспечиваться к прилегающим граням тела.

Условия для сечений, заданных 3D точкой

Через сечение-точку может быть построена плоскость. Поверхность, сходящаяся в крайнем сечении-точке, будет строиться по касательной к данной плоскости. Для определения плоскости в пространстве нужен дополнительный объект, задающий направление вектора нормали плоскости. Степень искривления поверхности задаётся длиной вектора.



Для задания данного граничного условия нужно выполнить следующие шаги:

1. Выбрать нужное сечение в общем списке сечений.
2. Установить курсор в поле **касания**. Если выбрано сечение-точка, то в автоменю появляются следующие опции для выбора новых объектов:

	<S>	Выбрать вторую точку вектора

Первая опция настраивает фильтры для выбора точек (3D узлов, вершин и др.).

Вторая опция предназначена для выбора объектов, способных определить направление (прямых рёбер, путей, профилей, осей поверхностей вращения, систем координат и т.д.).

	<D>	Выбрать направление вектора для концевой точки

3. Воспользовавшись одной из опций, выбрать точку или направление в 3D окне. После выбора в поле **Касания** появится имя выбранного объекта.
4. Задать значение длины вектора. Для этого нужно ввести число в поле **Длина**.

Условия для произвольных сечений и направляющих

Для всех сечений и направляющих могут быть заданы граничные условия в виде граней. При соблюдении ряда ограничений данные условия могут определять направление (первую производную) или кривизну (вторую производную) будущей поверхности в области обрабатываемого элемента.

Для задания граничного условия в виде граней нужно выполнить следующие шаги:

1. Выбрать элемент, для которого будет задаваться граничное условие. Сечения выбираются из списка **Сечения** на закладке [**Сечения**], направляющие выбираются на закладке [**Напр.**] из списка **Направляющие.** Выбранный элемент становится активным и подсвечивается красным.
2. Поместить курсор в поле **Касания**. В автоменю активизируется опция для выбора касательных поверхностей.

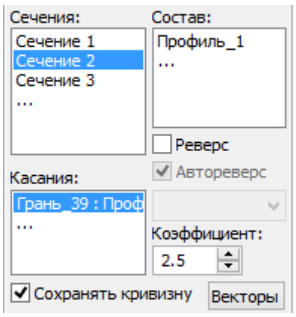
	<F>	Выбор касательных поверхностей

3. В 3D окне выбрать грань, которая будет задавать граничное условие в сечении или направляющей. Если к элементу каркаса прилегает несколько граней, то нужно выбрать их все. При этом следует помнить о необходимости соблюдать некоторые ограничения:
   - Обрабатываемый элемент (сечение, направляющая или их сегмент) должен целиком лежать на выбранной грани
   - Выбранная грань должна оканчиваться на обрабатываемом элементе
   - Нельзя задать грань для элемента каркаса (сегмента элемента) одного направления, если он имеет пересечение с элементом каркаса другого направления. Это означает, что если в операции заданы направляющие, то для целого сечения данное граничное условие не применимо. В некоторых исключительных случаях, при использовании незамкнутых сечений, система позволяет использовать данное граничное условие при наличии одной направляющей.

В случае невыполнения этих ограничений касательное условие игнорируется и выводится сообщение в окно диагностики.

Из вышесказанных ограничений следует, что для направляющей такого рода граничные условия могут быть заданы только в отдельных её сегментах, когда сама направляющая задана множеством гладко сопряжённых элементов.

Выбранные грани помечаются зеленым (по умолчанию) цветом.



4. Для выбранных касательных поверхностей задать численное значение в поле **Длина**. Это значение определяет степень влияния граничного условия на кривизну будущей поверхности в области обрабатываемого элемента каркаса.
5. Необязательное действие. Включить дополнительный флажок **Сохранять кривизну**. Это должно обеспечить 2-е производные в области соприкосновения обрабатываемого элемента каркаса и выбранных граней. Без выполнения этого действия обеспечиваются 1-е производные.

Обратите внимание, что при задании одного направляющего 3D пути граничные условия в виде граней можно указывать только для сечений, заданных 3D профилем. При этом в качестве объекта для задания касания может быть выбрана только грань того же 3D профиля.

Векторы граничных условий

Граничное условие в виде вектора может быть задано в произвольной точке на элементах каркаса операции «По сечениям» - в точке на сечении, направляющей, или в точке соответствия.

Для задания вектора используется дочерний диалог свойств. Он вызывается при нажатии на кнопку **[Векторы]**. Эта кнопка есть на всех трёх закладках основного диалога свойств. При переключении по закладкам основного диалога дочерний диалог может оставаться на экране. Его вид меняется в зависимости от режима операции и от того, какой элемент операции в данный момент является активным.

I. Задание вектора на элементах каркаса

Для того чтобы задать вектор на сечении или направляющей надо выполнить следующие действия:

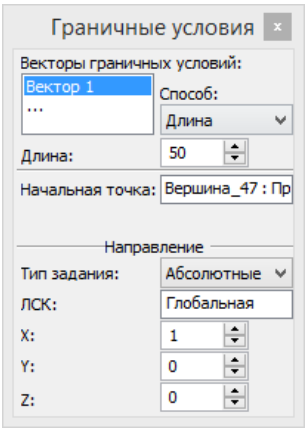
1. Выбрать элемент каркаса, на котором будет строиться вектор. Для этого нужно переключиться на соответствующую закладку основного диалога и выбрать элемент каркаса из списка. После выбора сечения или направляющей элемент каркаса становится активным и подсвечивается красным цветом.
2. Вызвать дочерний диалог нажатием кнопки **[Векторы]**.
3. Установить курсор в свободную строку поля **Векторы граничных условий** дочернего диалога. Она помечена троеточием. Система переходит в режим задания вектора. Подсвечиваются все вершины активного сечения/направляющей. В автоменю появляются следующие опции настройки фильтра:

	<A>	Выбор всех точек
	<N>	Выбор 3D узлов
	<X>	Выбор вершин
	<K>	Задание точек на рёбрах

   По умолчанию активна первая опция.
4. Определить вектор в пространстве. Имеется несколько способов определения вектора. Различия состоят в способах задания начальной точки, направления и длины вектора.

Начальная точка вектора может быть задана следующими способами:

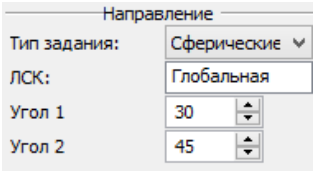
- В вершине сечения/направляющей. Необходимо указать курсором в одну из вершин сечения/направляющей. Имя вершины записывается в поле **Начальная точка** дочернего диалога.
- В 3D узле, построенном на ребре сечения или направляющей. Необходимо указать курсором в 3D узел, лежащий на сечении/направляющей. Имя 3D узла записывается в поле **Начальная точка** дочернего диалога.
- В произвольном месте на любом ребре сечения или направляющей с заданием параметра, определяющего положение точки на ребре. При указании в произвольное место на ребро сечения/направляющей создаётся новая точка. Имя ребра заносится в поле **Начальная точка.** Положение точки определяется параметром на ребре. Параметр определяется значением от 0 до 1. Его значение можно редактировать.



Из выбранной точки на схеме в 3D окне рисуется стрелка, обозначающая вектор.

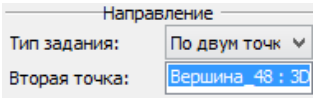
После указания начальной точки в дочернем диалоге становятся доступными новые параметры для задания направления вектора. Направление вектора задаётся одним из способов:

- В абсолютных координатах, считая, что начальная точка вектора направления находится в координатах <0,0,0>. При дополнительном выборе локальной системы координат расчет направления производится в относительной системе координат.
- В сферических координатах. Требуется задать два угла, которые определят направление вектора.

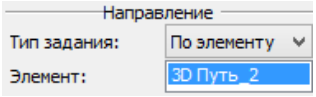


- По второй выбранной точке. Нужно выбрать объект, который может определить точку в трёхмерном пространстве – 3D узел, вершину, центр дуги и т.д. При переключении в режим задания направления по второй точки автоменю появляется опция с выпадающим списком фильтров:

	<S>	Выбрать вторую точку вектора



- По элементу, способному определить направление. Таким элементом может быть ребро, дуга, грань, плоский 3D путь или 3D профиль, поверхность вращения, система координат. Направление берётся с самого элемента, по нормали к плоскости элемента, или по оси вращения поверхности вращения.



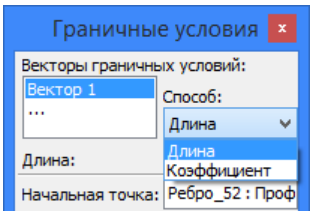
При задании направления по элементу в автоменю активна следующая опция:

	<D>	Задание направление вектора

Для задания локальной системы координат поместите курсор в поле **ЛСК:**. В автоменю появится опция:

	<L>	Выбрать ЛСК для векторов

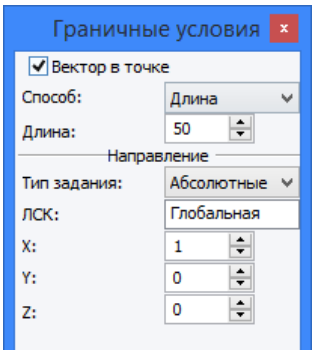
В 3D окне или в дереве модели выберите локальную систему координат. Это позволит задавать координаты направления векторов относительно осей выбранной системы координат. Для каждого вектора можно задать свою собственную систему координат.



5. Для сечения могут быть заданы векторные условия двух типов. Тип условия задаётся сразу для всех векторов, построенных на одном элементе каркаса. Выбор осуществляется из списка в дочернем диалоге:
   - Задание длины вектора.
   - Задание масштабного коэффициента. В этом случае операция сама вычисляет модуль производной по заданному направлению и умножает его на масштабный коэффициент.
6. (Необязательное действие). Для одного элемента каркаса может быть задано несколько векторов. Для задания нового вектора на том же элементе каркаса необходимо перейти к пункту 3.

II. Задание вектора в точках соответствия

Вектор в точке соответствия задаётся по тем же правилам, которые были описаны выше для элементов каркаса. Разница заключается в том, что точка соответствия, которая выбирается для построения вектора, автоматически определяет начальную точку вектора. Для задания вектора в точке соответствия необходимо выполнить следующие действия:



1. Переключиться на закладку [**Соотв.**] основного диалога свойств операции.
2. В списке **Соответствия** выбрать нужную последовательность точек соответствия.
3. В списке **Точки** выбрать нужную точку соответствия.
4. Вызвать дочерний диалог нажатием кнопки **[Векторы]**.
5. Установить флажок **Вектор в точке**. Включение данного флажка создаёт новый вектор в выбранной точке соответствия.
6. Задать направление и длину вектора (см. выше).

Использование создаваемого тела в булевой операции

Для создания булевой операции необходимо:

Включить режим создания булевой операции с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+B>	Режим создания булевой операции: «Сложение»

Булева операция создаётся при нажатой пиктограмме.

Выбрать тип создаваемой операции с помощью опции автоменю, содержащей выпадающий список:

	<Ctrl+'+'>	Сложение
	<Ctrl+'-'>	Вычитание
	<Ctrl+'*'>	Пересечение
	<Ctrl+'I'>	Интеллектуальный

Принцип действия интеллектуального режима:

- ✓ Если создаваемое тело и выбранное тело (явно или неявно) имеют пересечение объёмами - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело полностью лежит внутри выбранного тела - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело касается выбранного тела – тип булевой операции: **сложение.**
- ✓ Если условия, указанные в пунктах 1, 2, 3, не выполнены, или выбранное тело лежит внутри создаваемого, или при определении типа проникновения тел возникла ошибка – тип булевой **не определён**, **булева операция не будет создана**.

Выбрать первый операнд булевой операции (в некоторых случаях – необязательное действие) с помощью опции автоменю:

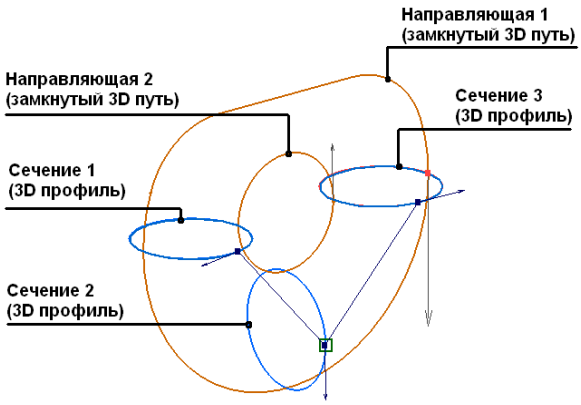
	<Ctrl+T>	Выбрать исходное тело для булевой операции

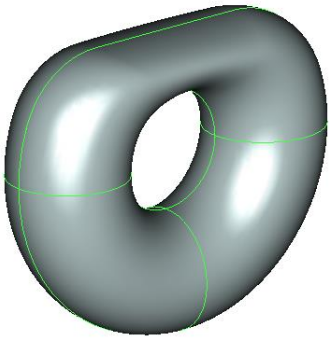
Если в сцене присутствует всего одно тело, то оно выбирается автоматически. Создаваемое в операции по сечениям новое тело является вторым операндом булевой операции.

После подтверждения создания операции сначала создаётся тело по сечениям, а затем выполняется булева операция заданного типа.

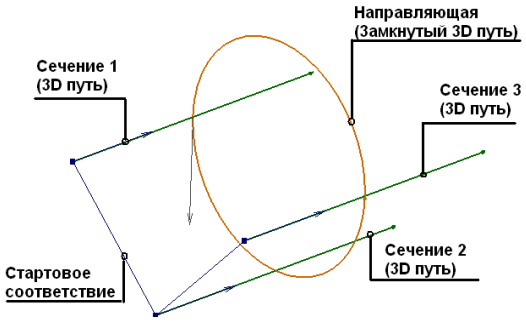
Задание дополнительных параметров операции

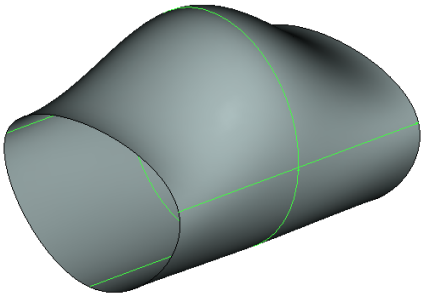
Флажок **Периодический** – используется для создания замкнутых тел или поверхностей. При установке данного параметра производится замыкание последнего сечения с первым. Данный параметр может быть установлен, если в качестве первого и последнего сечения не заданы точки, а также, если для первого и последнего профиля не заданы особые условия.



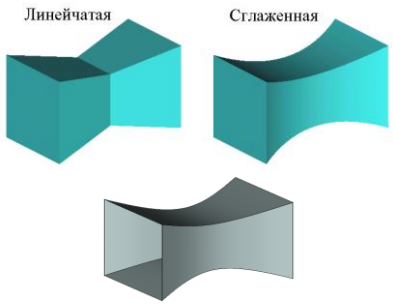


При использовании направляющих и задании свойства «Периодический» направляющие должны быть замкнутыми.



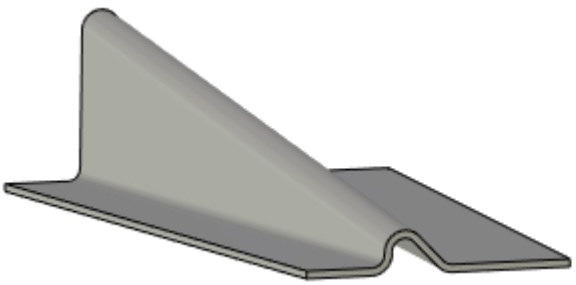


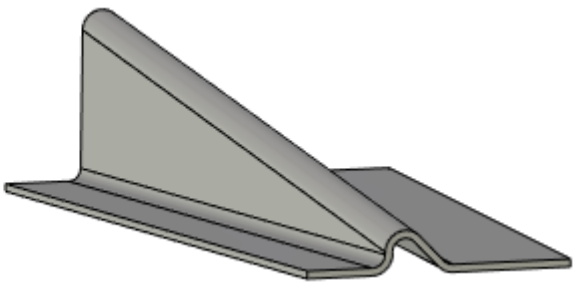
Флажок **Линейчатая** – если флажок установлен, строятся линейчатые поверхности, если сброшен, строятся сплайновые поверхности. Линейчатая поверхность представляет собой результат соединения пары сечений образующими-прямыми.



Флажок **Тонкостенный элемент**. Если сечения заданы элементами, содержащими листовую геометрию, то данный параметр позволяет получить в результате поверхность, а не твёрдое тело.

Сохранять исходное разбиение. При включённой опции границы поверхностей тела строятся на основе исходного разбиения сечений. Использование опции позволяет строить развёртку тела без применения дополнительных команд.





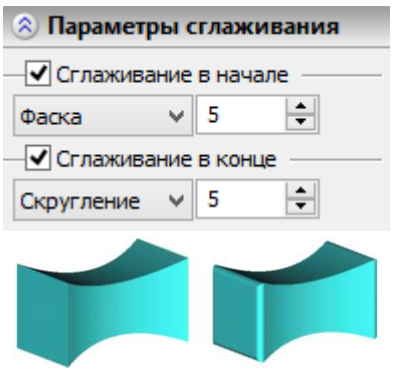
Параметры оптимизации

Параметр **Точность** позволяет задавать допуск для определения максимально допустимого расстояния между профилями и направляющими. Так, например, задание более грубого (большого) допуска в некоторых случаях позволит обработать ситуацию, когда сечения и направляющие не пересекаются, но находятся на близком расстоянии. Допуск задаёт то значение расстояния между ними, которое система будет игнорировать, и при этом будет считать, что направляющие пересекаются с сечениями. Кроме того, допуск задаёт минимальный размер ребра профиля или направляющей, который должен быть в 10 раз больше значения допуска. Как следствие, не меньше этого же значения должно быть расстояние между точками соответствия на одном профиле, стартовыми точками векторов, задающих граничные условия. Минимальное значение допуска равно 10^{-8}. Но следует помнить, что слишком маленькое значение допуска серьёзно замедлит работу системы. По умолчанию система предлагает использовать значение 10^{-5}.

Флажок **Упростить геометрию** – используется для упрощения геометрии и топологии результирующей поверхности. При включении данного параметра в местах, где это возможно, будут строиться аналитические поверхности (тор, цилиндр, сфера, плоскость) вместо сплайновых.

Параметры сглаживания

Если результирующее тело является сплошным, то к нему могут быть применены опции сглаживания и построения фасок. Сглаживание и создание фасок применяется к начальным и конечным поверхностям независимо.



Сглаживание в начале. Установка данного параметра задаёт режим сглаживания рёбер исходной поверхности, то есть поверхности со стороны первого выбранного сечения. Сглаживание осуществляется методом Скругление» или «Фаска». Размер сглаживания задаётся в соседнем поле.

Сглаживание в конце. Установка данного параметра задаёт режим сглаживания рёбер целевой поверхности, то есть поверхности со стороны последнего выбранного сечения. Сглаживание осуществляется методом Скругление» или «Фаска». Размер сглаживания задаётся в соседнем поле.

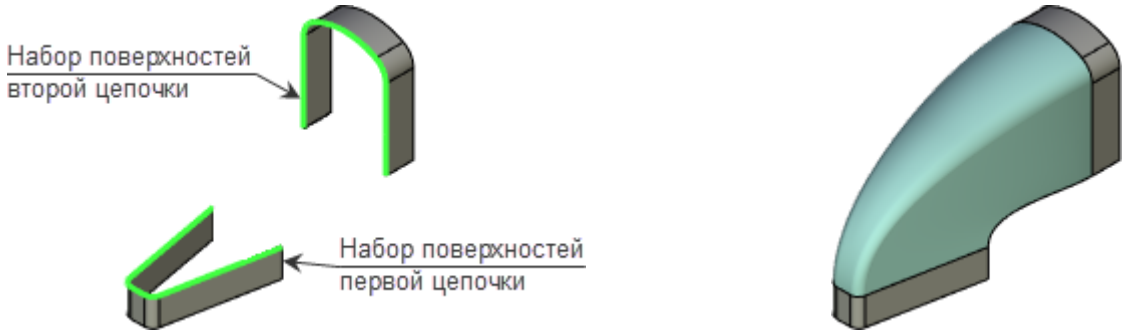
Мостик

Мостик – операция, предназначенная для соединения двух поверхностей переходной с возможностью управления параметрами сопряжения и границами крайних точек. В качестве исходных могут служить поверхности листовых или грани твёрдых тел. При этом, независимо от топологии базовых элементов, результат будет получен в виде поверхности листового тела.

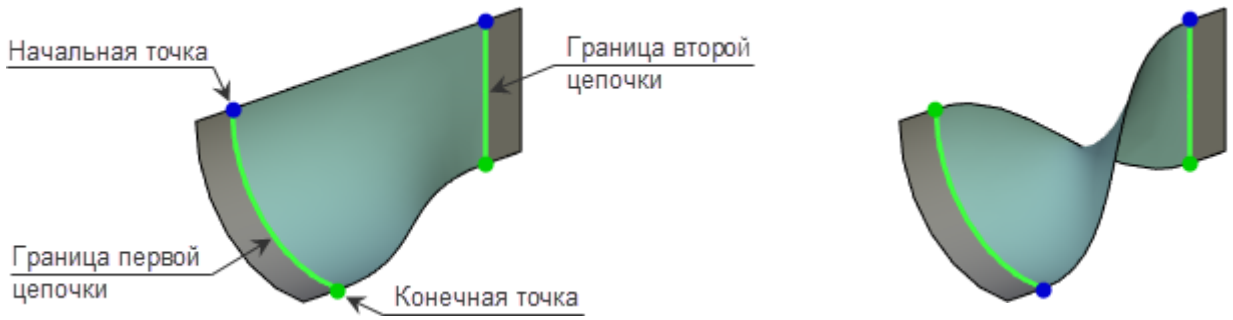
Основные сведения и возможности

Цепочки мостика

Переходная поверхность, образующаяся в результате операции, определяется геометрией исходных цепочек. Цепочка представляет собой поверхность либо грань твёрдого тела с выбранным ребром, которое будет являться границей с переходной поверхностью. Одна цепочка может быть составлена из нескольких последовательно соединённых поверхностей, которые можно свободно добавлять и удалять в процессе задания операции. Набор поверхностей, составляющих одну цепочку, должен принадлежать одному объекту либо телу.

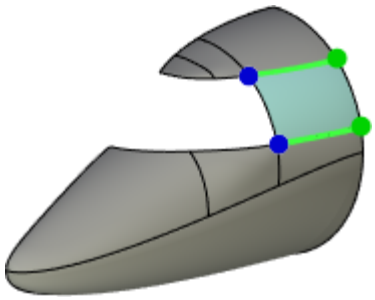


Каждая цепочка имеет крайние точки: начальную и конечную. Ориентация переходной поверхности определяется соответствием крайних точек между цепочками. В случае необходимости можно изменить последовательность соответствия точек, тем самым изменив ориентацию переходной поверхности.

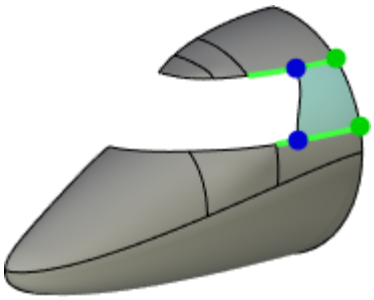


Система обеспечивает возможность управления границами переходной поверхности, сдвигая крайние точки вдоль рёбер исходных цепочек. Значения сдвига можно задать в процентном отношении от длины граничного ребра, в единицах измерения либо определять по геометрической точке, лежащей на границе. При необходимости допускается синхронизировать значения сдвига крайних точек.

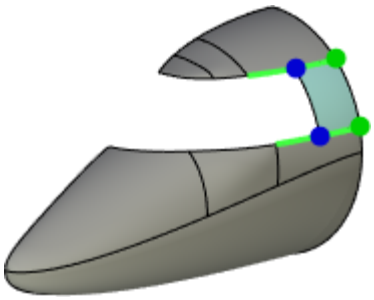
> Значение сдвига не может превышать длину ребра цепочки.



Сдвиг не задан

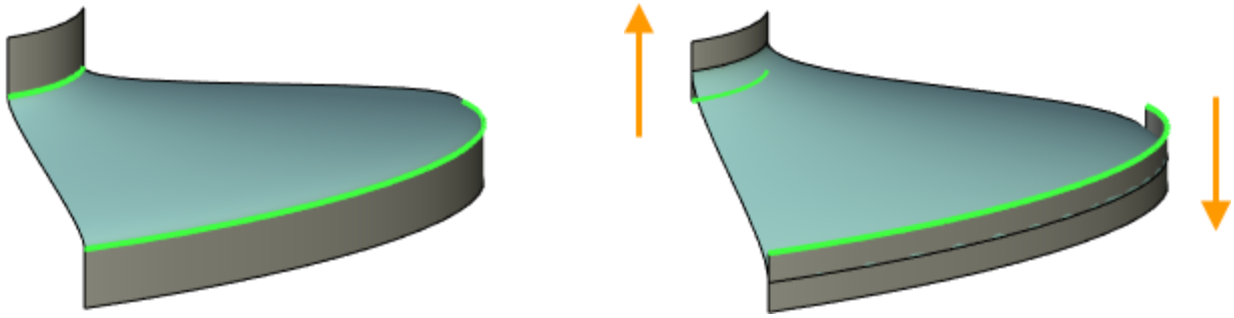


Различные значения начальных сдвигов

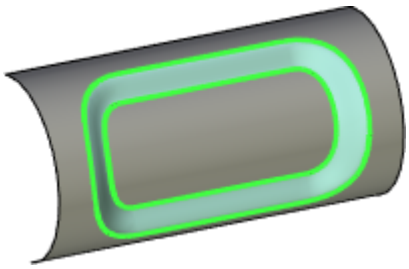


Значения начальных сдвигов синхронизированы

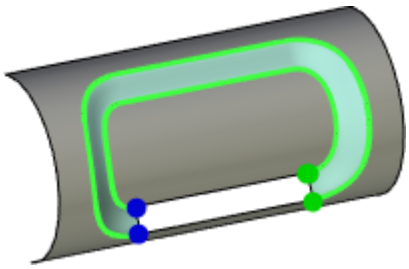
Помимо сдвига допускается смещение переходной поверхности по нормали к граничным рёбрам вглубь исходных цепочек.



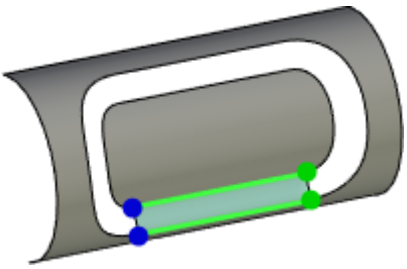
Исходные поверхности могут быть замкнутыми. При работе с замкнутыми цепочками допускается размыкать контур с последующим определением направления обхода.



Контур замкнутый



Разомкнутый – прямое направление



Разомкнутый – обратное направление

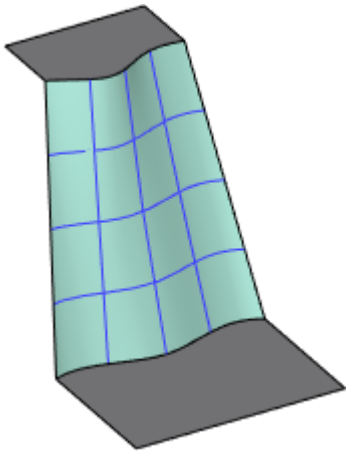
Граничные условия

На границе перехода от наборов исходных поверхностей к переходной система позволяет управлять параметрами сопряжения, определяя условие непрерывности – G0, G1, G2. Это позволяет получить более точную поверхность, в том числе с формированием плавных переходов.

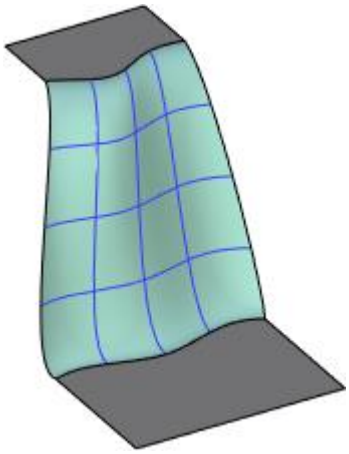
Непрерывность G0 означает, что границы исходного набора ограничивающих поверхностей и переходной поверхности совпадают в пространстве.

Непрерывность G1 означает, что не только границы исходного набора ограничивающих поверхностей и переходной поверхности совпадают в пространстве, но и совпадают их направления (касательные).

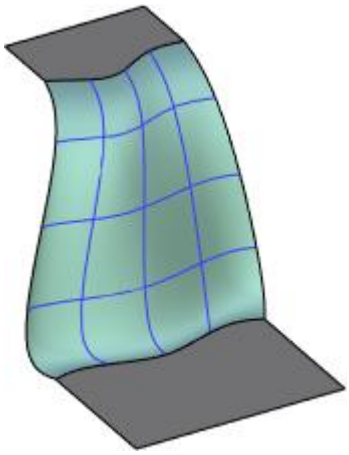
Непрерывность G2 означает, что помимо совпадения в пространстве и совпадения направления касательных, на границе поверхностей совпадают радиусы их кривизны.



Непрерывность G0

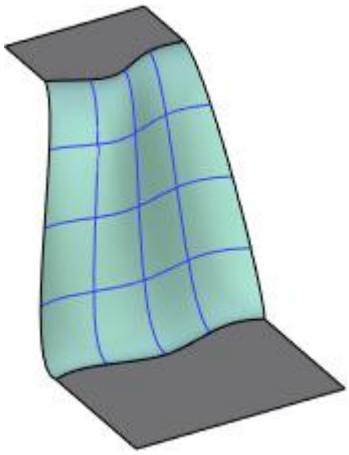


Непрерывность G1

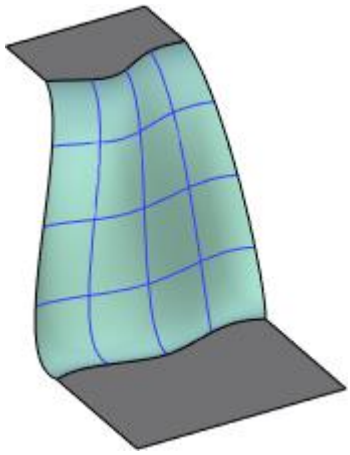


Непрерывность G2

Для условий непрерывности G1 и G2 допускается задавать значение модуля касательной – коэффициента, масштабирующего значение производной в заданном направлении.



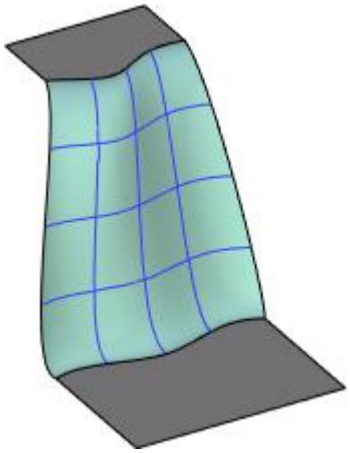
Значение модуля касательной равен 1,0



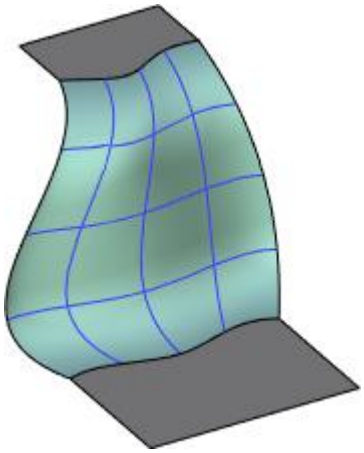
Значение модуля касательной равен 2,0

Типы сопряжений поверхностей

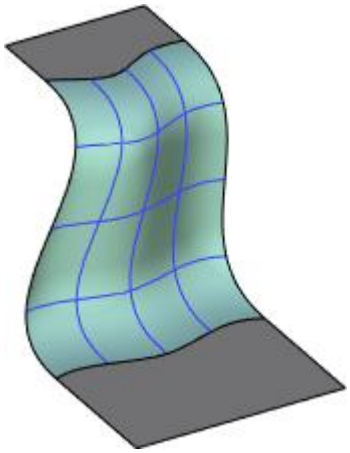
Формирование переходной поверхности обусловливается образующими кривыми, соединяющими крайние точки обеих цепочек. Для получения более точной поверхности допускается определять направление этих кривых относительно ограничивающих поверхностей.



Автоматически



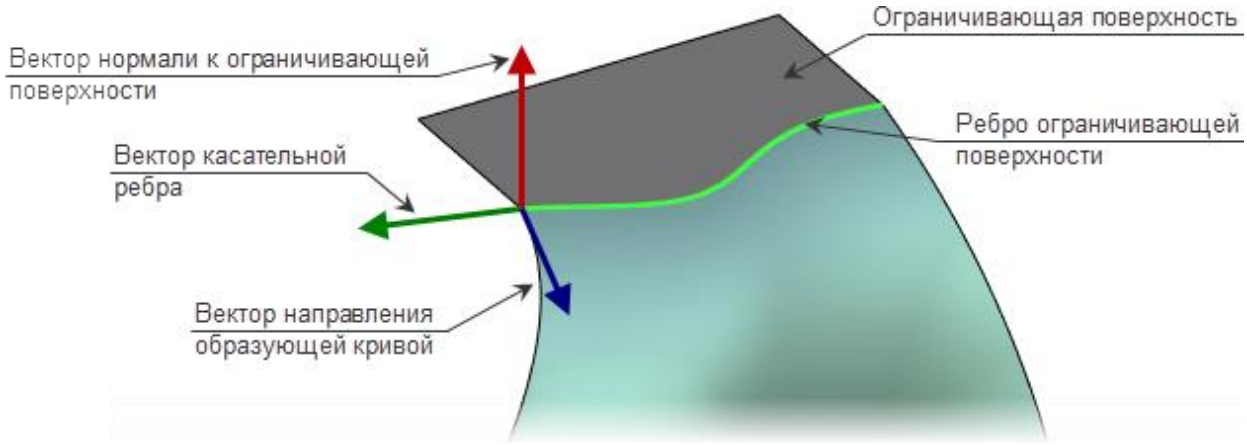
Перпендикулярно



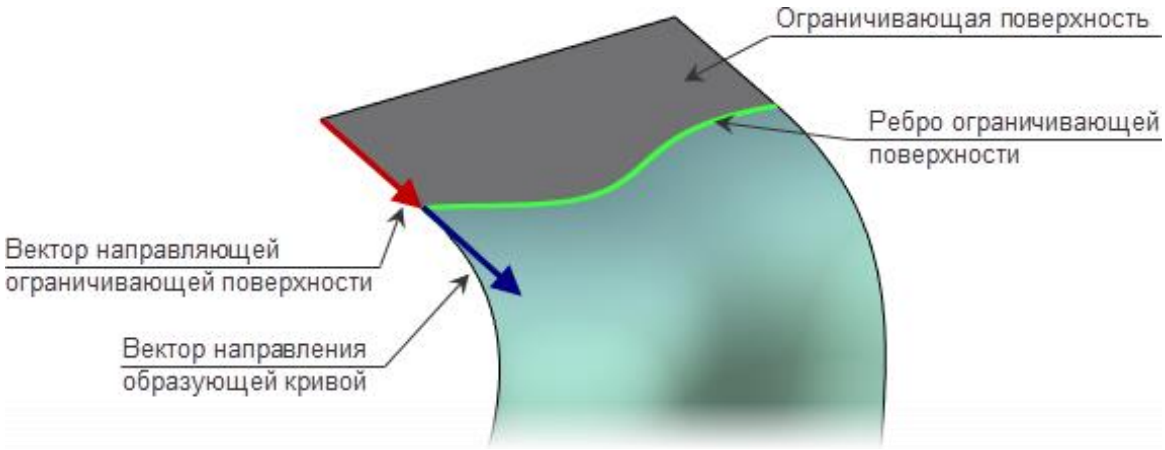
Изопараметрически

Доступно три варианта:

- ✓ Автоматически. В этом случае направление образующих определяется системой самостоятельно с целью получения оптимального результата.
- ✓ Перпендикулярно. В этом случае вектор направления образующей кривой перпендикулярен вектору нормали к ограничивающей поверхности и вектору касательной её ребра.

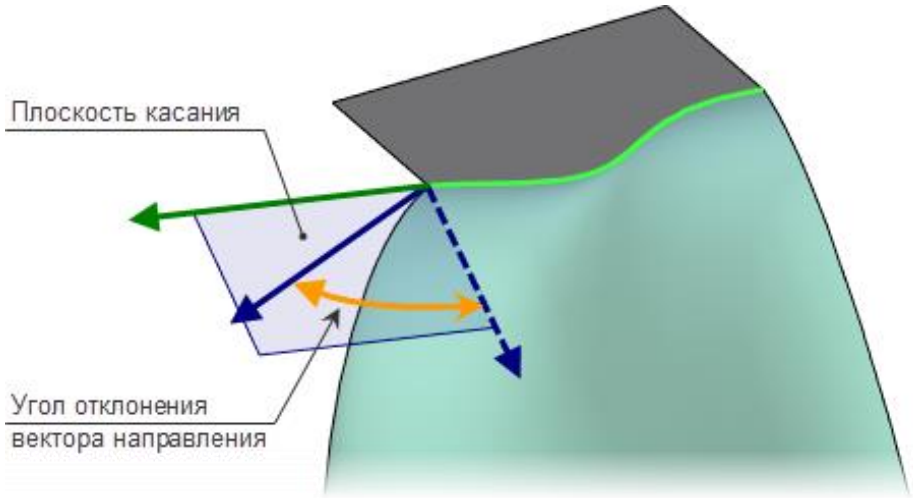


- ✓ Изопараметрически. В этом случае вектор направления образующей кривой является продолжением вектора направляющей ограничивающей поверхности.

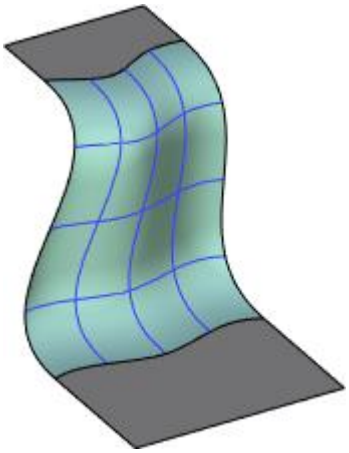


Помимо направления для образующих кривых допускается уточнять значения модуля касательной в крайних точках.

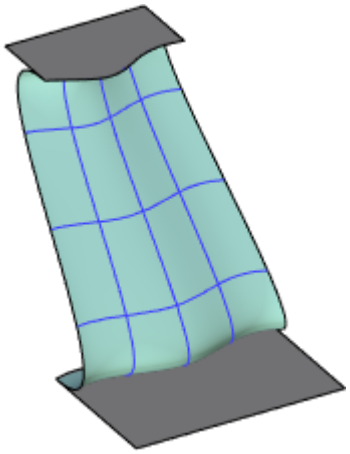
При перпендикулярном и изопараметрическом сопряжении поверхностей наряду с модулем касательной допускается задавать угол отклонения вектора направления образующей кривой в плоскости касания от исходного положения, определяемого способом сопряжения. Плоскость касания определяется вектором касания ребра ограничивающей поверхности и вектором направления.



По умолчанию переходная поверхность строится таким образом, что в результате она образовывает прямое касание с исходной цепочкой. Однако при необходимости допускается изменять направление касания на противоположное.



Прямое касание



Обратное касание

Дополнительные возможности

Результатом операции по умолчанию является отдельная поверхность, сопряжённая с исходными наборами поверхностей. При необходимости система позволяет сшивать исходные поверхности с переходной в одно листовое тело.



Набор исходных поверхностей



Результат без сшивки



Результат со сшивкой

Правила задания операции

Вызов команды создания операции может быть выполнен одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Мостик
Клавиатура	Текстовое меню
<BRI>	Операции > Мостик

Для работы в команде и задания необходимых параметров совместно используется диалог свойств и автоменю. Удобство изменения параметров при работе в динамическом режиме обеспечивается использованием специальных графических объектов в 3D окне – манипуляторов и меток, которые появляются автоматически после выбора элементов. Эти объекты помогают быстро оценивать и изменять вид будущего результата операции.

Для создания операции нужно выполнить следующие действия:

- ✓ Выбрать рёбра первой цепочки
- ✓ Выбрать рёбра второй цепочки
- ✓ Выбрать ограничивающие грани для обеих цепочек
- ✓ Определить граничные условия переходной поверхности
- ✓ Определить способ сопряжения поверхностей
- ✓ Задать параметры сдвигов
- ✓ Задать параметры результата
- ✓ Подтвердить создание операции

Выбор рёбер цепочек

Задание операции начинается с выбора рёбер, между которыми будет строиться переходная поверхность. Набор рёбер первой или второй цепочки формируется, когда активна одна из следующих опций автоменю:

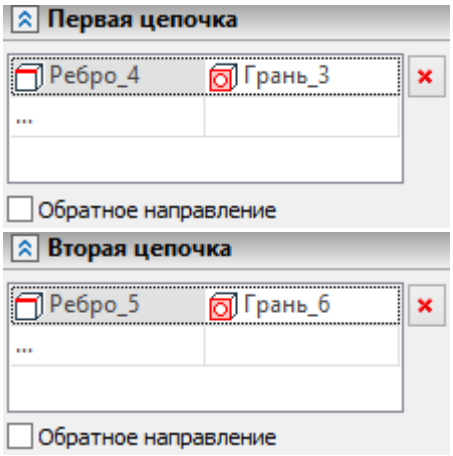
	<U>	Выбрать рёбра для первой цепочки
	<V>	Выбрать рёбра для второй цепочки

Переключение между опциями осуществляется нажатием на кнопку пиктограммы в автоменю.

Выбор рёбер осуществляется при помощи мыши в 3D окне.

Выбранные рёбра каждой цепочки отображаются в списках на соответствующих вкладках окна свойств. Переключение между списками в окне свойств активируют соответствующие опции в автоменю.

Для удаления выбранного ребра из списка используется кнопка Удалить .



По умолчанию включена опция:

	<G>	Режим выбора последовательности гладко сопряжённых рёбер

В этом случае достаточно указать любое ребро необходимой цепочки для автоматического выбора всей последовательности. Если нужно выбирать рёбра по отдельности, данную опицию следует отключить.

Для каждого ребра автоматически назначается ограничивающая грань, к которой строится переходная поверхность. Выбор другой ограничивающей грани для данного ребра осуществляется в 3D окне при включенной опции:

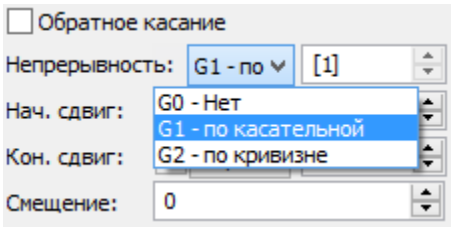
	<F>	Выбрать ограничивающую грань

Смена ориентации переходной поверхности в выбранной цепочке осуществляется параметром **Обратное направление**. В 3D окне имеется метка , дублирующая данный параметр.

Разрыв замкнутого контура цепочки и определение направления обхода осуществляется специальной меткой в 3D окне, которая имеет 3 состояния: замкнутый , разомкнутый – прямое направление , разомкнутый – обратное направление .

Определение граничных условий

Определение условия непрерывности для каждой цепочки осуществляется параметром **Непрерывность**. Для работы в динамическом режиме в 3D окне используется метка, соответствующая значению данного параметра: G0 , G1 , G2 .

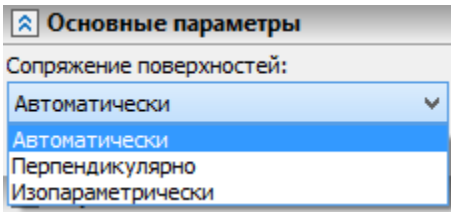


Условия непрерывности G1 и G2 предполагают задание параметра **Модуль касательной**. Для этого в 3D окне используется манипулятор в виде стрелки красного цвета, значение которого дублируется в окне свойств. По умолчанию значение равно [1].

Смена направления касания переходной поверхности с исходной цепочкой осуществляется параметром **Обратное касание**. В 3D окне этот параметр дублируется меткой .

Определение способа сопряжения поверхностей

Сопряжение поверхностей исходных цепочек с переходной определяется соответствующим параметром в окне свойств. По умолчанию установлено значение **Автоматически**.



Для управления касательной в выбранной крайней точке цепочки используется опция:

	<E>	Выбрать вершину для точного задания направления касательной

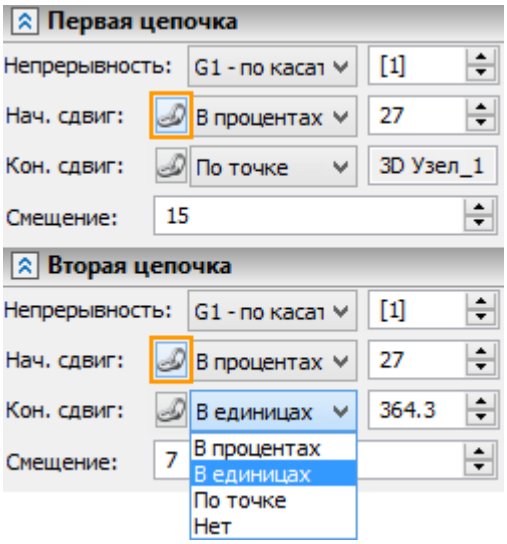
После выбора необходимой точки в 3D окне появляется манипулятор, управляющий значением модуля касательной образующей кривой в этой точке. Для сопряжения поверхностей **Перпендикулярно** и **Изопараметрически** дополнительно появляется манипулятор угла отклонения касательной от начального положения.

Задание параметров сдвига

Задание начальных и конечных сдвигов от крайних точек обеих цепочек осуществляется при помощи манипуляторов либо вводом значений в окне свойств. Значение допускается задавать в процентах от длины граничного ребра, в единицах измерения, а также определять по геометрической точке, лежащей на ребре. Выбор точки осуществляется в 3D окне.

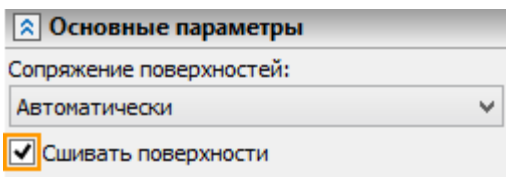
Для синхронизации значений сдвигов соответствующих точек цепочек необходимо включить параметр  для нужной точки любой цепочки.

Отступ границы переходной поверхности от границы цепочки по направлению ограничивающей поверхности задаётся манипулятором в виде синей стрелки в 3D окне, дублирующим параметр **Смещение**.



Задание параметров результата

Для сшивки переходной поверхности с исходными цепочками в одно листовое тело необходимо воспользоваться параметром **Сшивать поверхности**, располагающимся на вкладке **Основные параметры** в окне свойств.



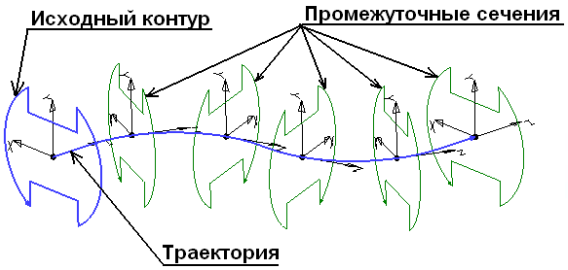
Тело по траектории

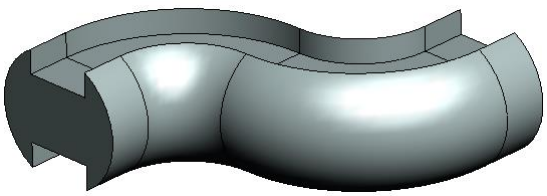
Операция «Тело по траектории» позволяет получать трёхмерное тело путём перемещения контура вдоль пространственной траектории. Операция относится к группе т.н. «кинематических» операций, то есть результатом её выполнения будет тело-след от перемещения исходного контура. Перемещение выполняется вдоль направляющей. В зависимости от типа геометрии исходного контура (контуром может быть проволока или листовое тело) результат операции может представлять листовое или твёрдое тело. В процессе движения контура по траектории возможно управление законами его ориентации, кручения и масштабирования.

Основные возможности операции

Контур

В качестве исходного контура может использоваться любой объект с проволочной или листовой геометрией. Также можно использовать многоконтурный 3D профиль. Движение контура получается за счёт его многократного копирования вдоль выбранной траектории. Копии контура мы будем называть ещё промежуточными сечениями. Для расчёта промежуточных сечений система вычисляет ориентацию системы координат промежуточного сечения. Исходная система координат рассчитывается для запоминания исходного положения контура. Копирование контура происходит от исходной системы координат к рассчитанной системе координат промежуточного сечения.



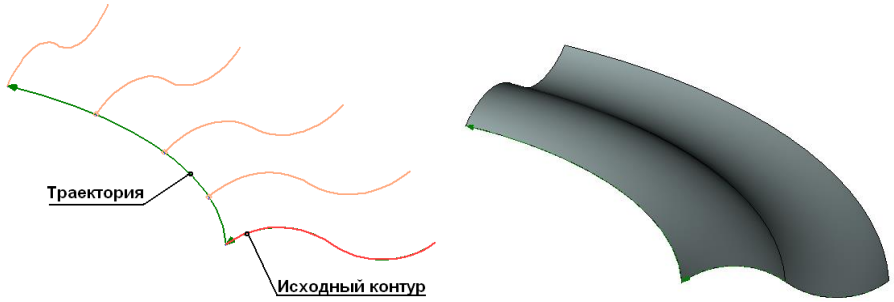


Исходная система координат контура вычисляется в первой точке траектории. Две её оси устанавливаются перпендикулярно траектории, а одна направлена по касательной к траектории в первой точке. Исходное положение контура фиксируется относительно исходной системы координат. Дальнейшее движение контура получается при перемещении исходной системы координат вместе с контуром в другие точки траектории, в которых рассчитана система координат промежуточного сечения.

Контроль над ориентацией контура

В зависимости от положения промежуточных сечений относительно траектории можно получить разные результаты. При создании операции можно установить один из трёх типов ориентации контура:

– **Перпендикулярно траектории**. Плоскость XY системы координат промежуточного сечения ориентируется всегда перпендикулярно пути. Вектор, касательный к направляющей в точке построения сечения, задаёт ось Z.



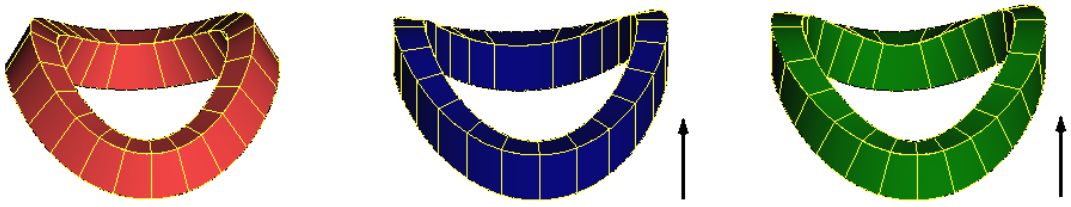
Режим предназначен в первую очередь для плоских контуров. При создании операции плоскость плоского контура всегда разворачивается перпендикулярно направляющей в каждой промежуточной точке.

В случае неплоского контура система сама вычисляет некоторую «среднюю нормаль», которую использует для ориентации контура. Для достижения наиболее предсказуемых результатов рекомендуется использовать дополнительную коррекцию исходного положения контура (см. раздел “Коррекция исходного положения контура”).

При использовании неплоской траектории условия перпендикулярности недостаточно для получения желаемого результата из-за кручения профиля вокруг траектории. В таких ситуациях может дополнительно указать *фиксирующее направление*. Задание фиксирующего направления меняет способ построения систем координат промежуточных сечений. Вариант изменения зависит от выбранного способа интерпретации фиксирующего направления: *фиксация по пути и направлению*, *фиксация вращения*.

Вектор, задающий фиксирующее направление, не должен совпадать с касательной к траектории ни в одной точке траектории.



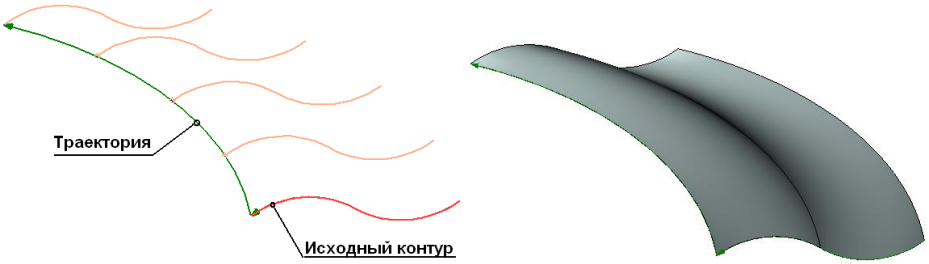


Фиксация по пути и направлению: касательная к траектории в каждой точке траектории проецируется на плоскость, перпендикулярную к фиксирующему направлению. Система

координат промежуточного сечения строится по полученной проекции касательной к траектории и по фиксирующему направлению.

Фиксация вращения: система координат промежуточного сечения строится по касательной к траектории в данной точке траектории и по векторному произведению фиксирующему направлению и касательной.

- **Параллельно исходному**. Оси системы координат каждого промежуточного сечения ориентируются также как и оси исходной системы координат. При полученном движении исходный контур перемещается параллельным переносом.



- **По направляющим**. При создании операции контур движется по траектории и направляется на точки дополнительных направляющих. Одновременно одна из направляющих задаёт и закон масштабирования контура. При данном способе направляющие должны иметь непрерывную функцию по касательной (не иметь изломов). Это – особый способ построения операции, который будет рассмотрен в отдельном параграфе (см. ниже). В некоторых частных случаях система допускает использовать поверхности для задания только ориентации (направления) движущегося контура.

Траектория и направляющие

Для создания операции можно использовать одну, две или три направляющие. Первая направляющая всегда выполняет функцию траектории, вдоль которой перемещается контур. В качестве траектории может выступать любой объект с проволочной геометрией. Чаще всего для задания траектории используется 3D путь, но можно также использовать 3D профили, набор рёбер, циклы и т.д.

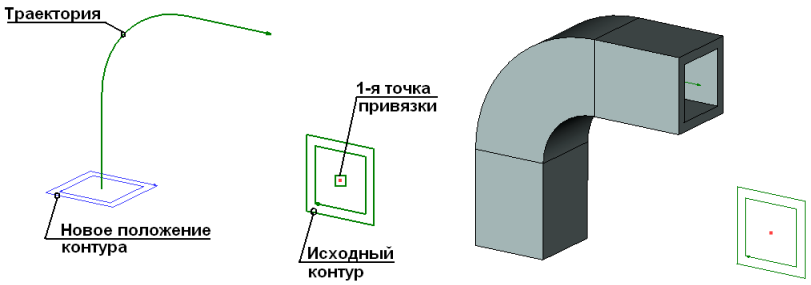
Две дополнительные направляющие нужны для задания специальных законов кручения или масштабирования промежуточных сечений.

Коррекция исходного положения контура

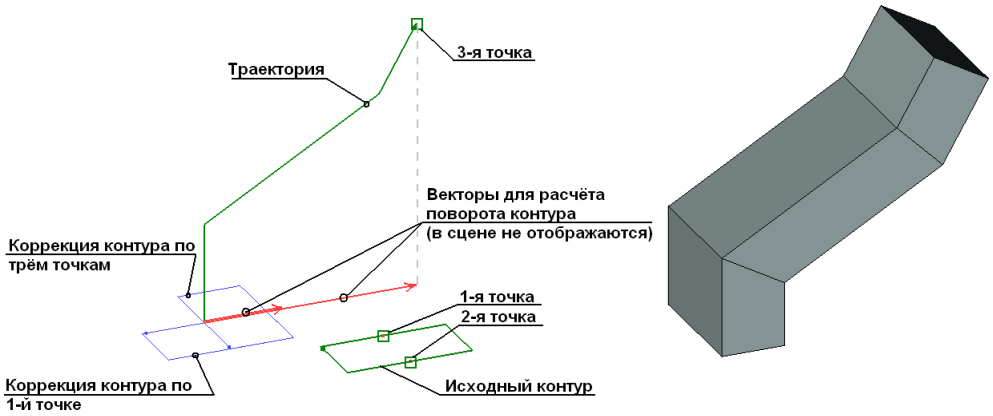
Исходное положение контура может быть дополнительно скорректировано выбором дополнительных одной или трёх 3D точек.

Одна точка позволяет задать место привязки контура к началу пути. Ориентация контура при этом зависит от выбранного метода ориентации. При установленном параметре «Перпендикулярно пути» плоскость плоского контура разворачивается ортогонально траектории в начальной точке. При использовании неплоских контуров система сама вычисляет некоторую «среднюю нормаль»,

которую использует для ориентации «плоскости» контура. При установленном параметре «Параллельно исходному» контур перемещается в начальную точку траектории параллельным переносом.



Коррекции исходного положения контура одной точкой может оказаться не достаточно, так как при этом не задан поворот контура вокруг его нормали. Для задания дополнительного разворота контура вокруг нормали можно выбрать ещё две точки. Вторая выбранная точка вместе с первой определит исходный вектор поворота (по аналогии вектора привязки 2D фрагмента). Третья выбранная точка вместе с началом траектории определит целевой вектор поворота, проекция которого на «плоскость контура» будет использоваться для определения угла дополнительного поворота контура. Если используется неплоский контур, то «плоскость контура» определяется по вычисленной «средней нормали».



Данный чертёж находится в директории “3D Моделирование. Операции/Тело по траектории/Чертеж 4”.

> При использовании неплоских контуров в некоторых случаях можно и не добиться желаемого результата исходного положения контура с помощью трёх точек. В этом случае рекомендуется поместить контур в требуемое положение ещё до создания операции «По траектории». Например, можно сразу создать его в нужном месте, а если это затруднительно, то можно использовать копирование по системам координат.

Кручение контура

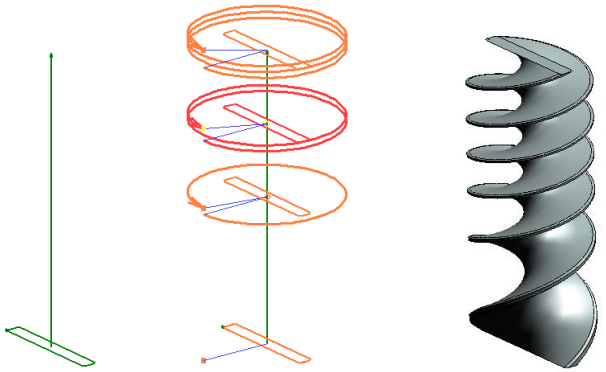
При движении контура можно задавать дополнительный закон кручения контура. Угол поворота промежуточных сечений может быть задан в таблице или при помощи дополнительной геометрии

– второй направляющей или поверхности. При этом есть значительные различия в способах расчёта угла поворота контура.

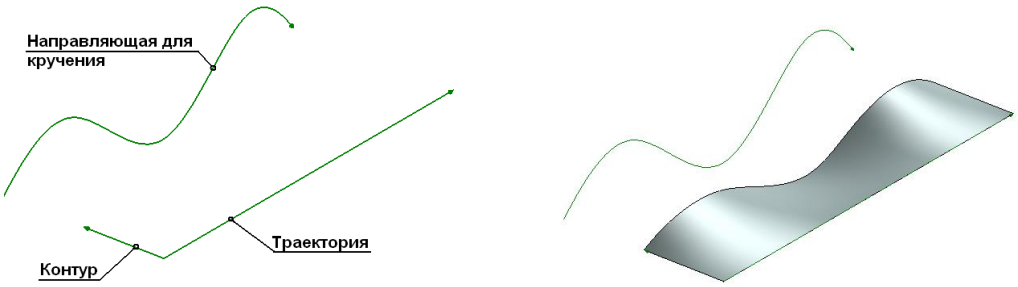
При использовании таблицы для задания закона кручения поворот на заданный угол каждого промежуточного сечения осуществляется вокруг оси Z рассчитанной системы координат.

Таблица представляет собой набор точек траектории, заданных в процентах от длины траектории, в которых указано фиксированное значение угла поворота. При табличном методе задания углов поворота работают специальные манипуляторы. Этот способ удобно использовать для создания тел вдоль траектории, например, в которых поверхность закручена по спирали.

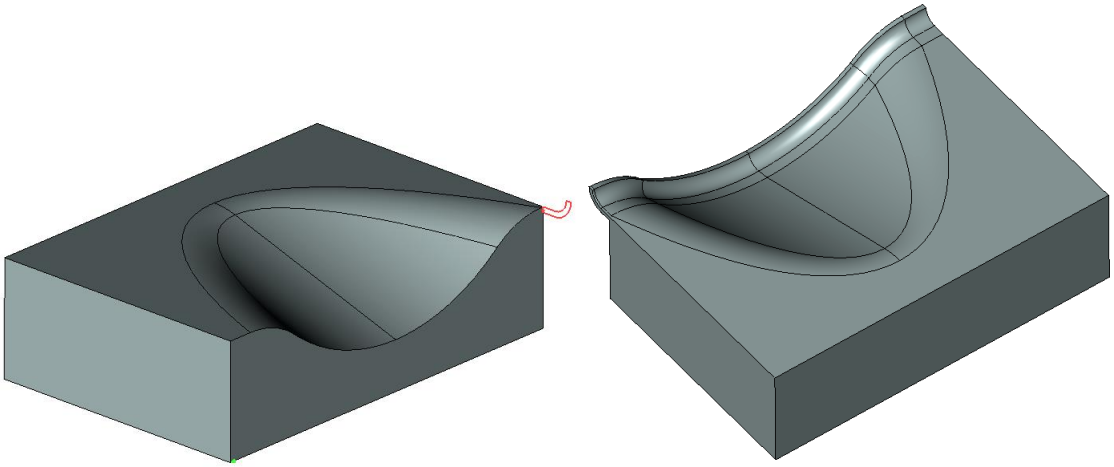
Точка траектории	Поло-жение	Угол
Начало	0%	0
Положение_1	50%	360
Положение_2	75%	720
Конец	100%	1080



Использование кривой или поверхности предназначено для решения ряда специальных задач. Например, если контур в процессе движения должен быть направлен всегда на заданную кривую, то следует использовать направляющую.



Если требуется создать дополнительную поверхность вдоль края какой-нибудь другой поверхности по касательной к ней, то для ориентации движущегося вдоль её края контура нужно выбрать поверхность. При этом будет соблюдено условие касания каждого промежуточного сечения вдоль края всей поверхности.



При построении тел с кручением контура с использованием направляющей или поверхности следует уделять особое внимание начальному положению контура. Так, для первого примера контур должен быть изначально направлен на первую точку дополнительной направляющей, а во втором случае контур в исходном положении должен прилегать по касательной к прилегающей поверхности.

При помощи дополнительной направляющей или поверхности система вычисляет вспомогательные векторы, чтобы получить значение угла поворота каждого промежуточного сечения. Угол поворота вычисляется как разница направлений вспомогательного вектора в первой точке траектории и вспомогательного вектора в текущей точке для каждого промежуточного сечения. Если вычисленный вспомогательный вектор не лежит в плоскости XY системы координат промежуточного сечения, то он дополнительно проецируется на эту плоскость.

При использовании поверхности для вычисления вспомогательного вектора, его направление в общем случае вычисляется как касательная к поверхности в точке этой поверхности, ближайшей к точке начала системы координат промежуточного сечения. В связи с этим для получения наиболее прогнозируемых результатов желательно, чтобы используемая поверхность вплотную прилегала к траектории. Например, для задания траектории в этом случае можно использовать ребра этой поверхности.

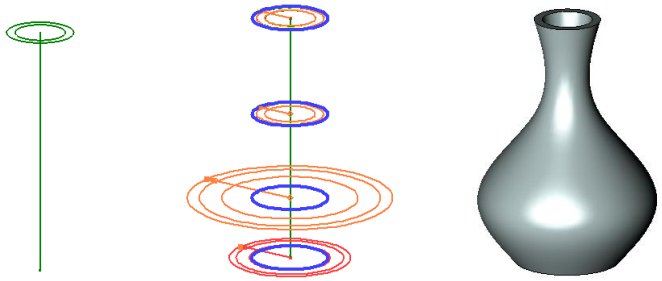
Если используется направляющая для вычисления углов поворота промежуточных сечений, то можно выбрать один из четырёх методов вычисления вспомогательного вектора. Методы вычисления векторов по дополнительным направляющим описаны в отдельном параграфе (см. ниже).

Масштабирование контура

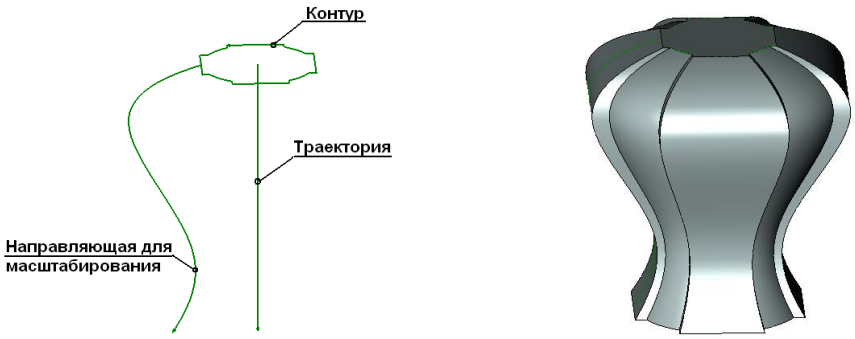
При «движении» контура можно задавать дополнительный закон масштабирования контура относительно начала системы координат сечения или относительно произвольной точки пространства, связанной с системой координат сечения и движущейся вместе с ней. Коэффициент масштабирования может быть задан в таблице или с использованием дополнительной направляющей.

Таблица масштабов представляет собой набор точек траектории, в которых указано фиксированное значение масштабного коэффициента. Значение коэффициента в остальных точках траектории интерполируется системой автоматически.

Точка траектории	Поло-жение	Масштаб
Начало	0%	0
Положение_1	50%	0
Положение_2	75%	3
Конец	100%	2

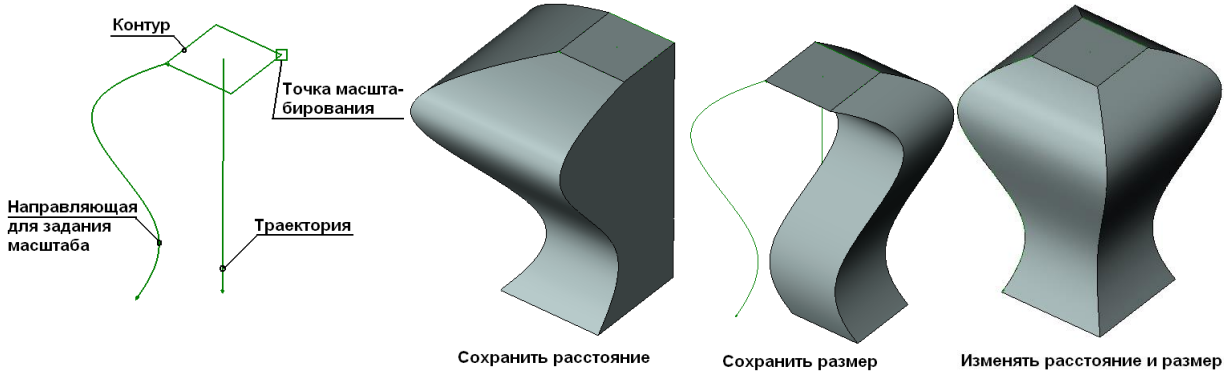


При использовании дополнительной направляющей коэффициент масштабирования текущего промежуточного сечения получается из отношения длины вспомогательного вектора, рассчитанного в текущей точке траектории, и длины вспомогательного вектора, рассчитанного для первого сечения. Методы вычисления вспомогательных векторов с использованием направляющих описаны в отдельном параграфе (см. ниже).



При использовании точки масштабирования возможен выбор способа изменения контура относительно точки:

- ✓ изменять только размер контура, а расстояние от начала системы координат сечения до выбранной точки оставить неизменным;
- ✓ масштабировать только расстояние, сохранив исходные размеры контура;
- ✓ масштабировать и то и другое.



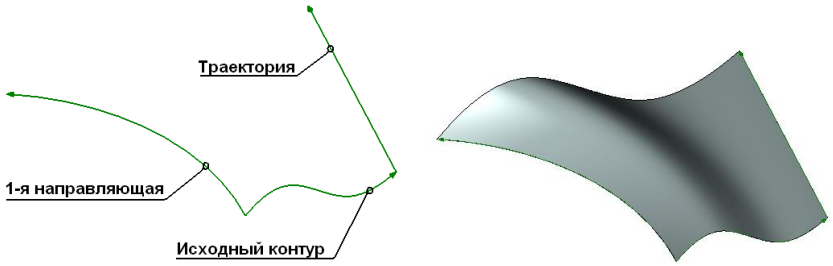
Создание тела по направляющим

При создании тела по направляющим используется контур, траектория и как минимум одна дополнительная направляющая. С помощью первой дополнительной направляющей рассчитывается первый вспомогательный вектор для каждого промежуточного сечения. Промежуточные точки для определения вспомогательных векторов на траектории и дополнительных направляющих всегда рассчитываются «по параметру». Этот вектор используется одновременно для масштабирования промежуточного сечения и для вычисления направления одной из осей системы координат промежуточного сечения (ориентации промежуточного сечения). Направление второй оси системы координат промежуточного сечения может рассчитываться автоматически (из векторного произведения полученного вспомогательного вектора и касательной к траектории в точке начала системы координат промежуточного сечения).

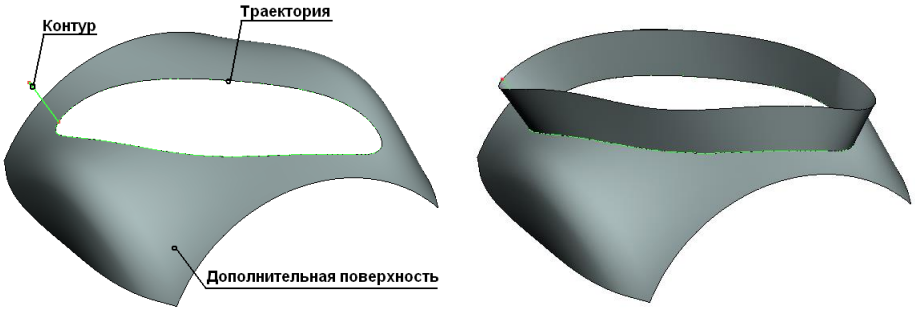
Если нужно ориентировать промежуточные сечения иначе, чем предлагает система, то можно использовать вторую дополнительную направляющую. При помощи неё система вычислит второй вспомогательный вектор для каждого промежуточного сечения. По двум вспомогательным векторам будет определена плоскость XY системы координат промежуточного сечения. Ось Y системы координат промежуточного сечения будет ориентирована в направлении, ближайшем ко второму вспомогательному вектору.

Способ создания тела по направляющим может быть использован для решения ряда специфических задач, таких например, как затягивание пространства между двумя кривыми при помощи поверхности, полученной из заданного контура. При создании такого тела предполагается, что исходный контур одной точкой будет лежать в начале первой направляющей, а второй своей точкой – в начале второй направляющей. В принципе, какой-то результат можно получить и при других исходных ориентациях контура, но при этом прогнозировать результат довольно сложно.

Если, например, исходный проволочный контур двумя крайними точками опирался на начало направляющих, то мы получим поверхность, соединяющую первую и вторую направляющие подобно исходному контуру.



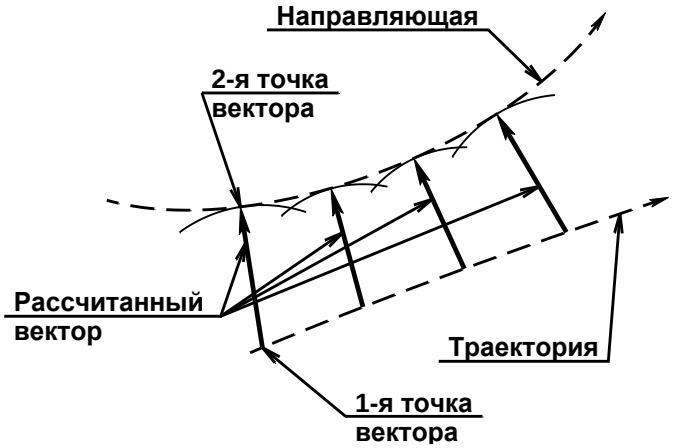
Вместо первой и второй дополнительных направляющих можно использовать поверхности. При этом для ориентации контура будут использованы векторы-направления, вычисленные как нормали к поверхностям в точках, ближайших к точкам траектории. На практике чаще всего используются поверхности, граничащие с траекторией. Применение такого способа кручения контура при помощи поверхностей актуально в случаях, когда не применимы первые два способа ориентации контура - «перпендикулярно траектории» и «параллельно исходному». На следующем примере построено новое тело, в котором контур-отрезок ориентирован по нормали к дополнительной поверхности в каждой точке траектории.



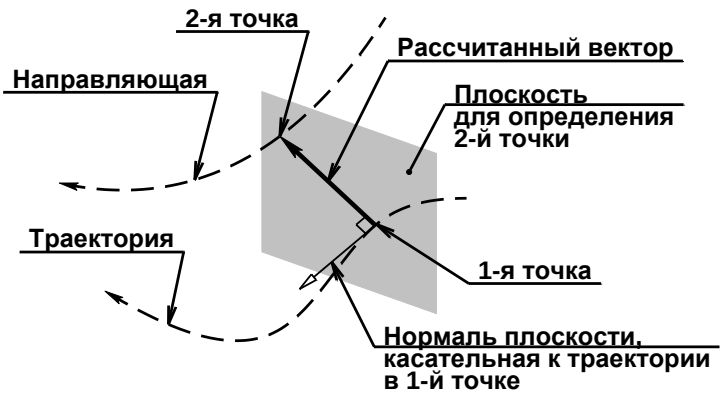
Методы вычисления вспомогательных векторов с использованием направляющих

Вспомогательные векторы система использует для ориентации осей системы координат промежуточного сечения (поворота сечения) или для вычисления коэффициента масштабирования промежуточного сечения. При использовании дополнительной направляющей расчёт вспомогательного вектора производится следующим образом. Начало каждого вспомогательного вектора для каждого промежуточного сечения находится на траектории – в точках начала систем координат промежуточных сечений. Вторые точки вспомогательных векторов, определяющие их направление, располагаются на дополнительной направляющей. Расчёт вторых точек для определения вспомогательных векторов может производиться четырьмя методами.

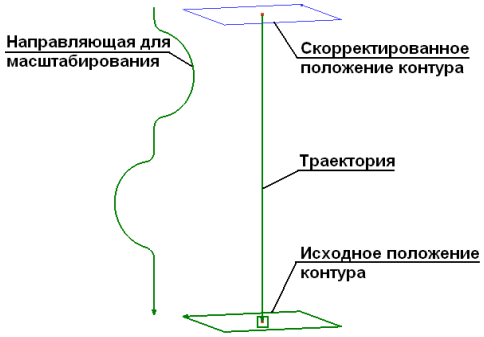
По минимальному расстоянию. В качестве второй точки вектора будет взята точка направляющей, ближайшая к первой точке вектора на траектории.



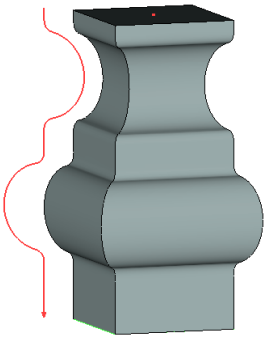
Перпендикулярно пути. Перпендикулярно траектории в первой точке строится плоскость. Эта плоскость должна пересечься с направляющей. В качестве второй точки используется точка пересечения плоскости и второй направляющей. Если в каких-то точках траектории нет пересечения перпендикулярной плоскости со второй направляющей, то выдаётся ошибка пересчёта операции.



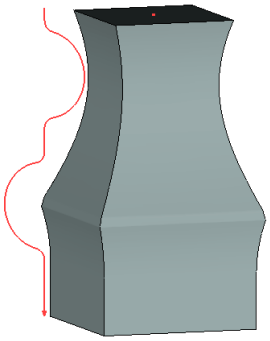
Пример применения опций «Перпендикулярно пути» и «По минимальному расстоянию»:



Исходные данные

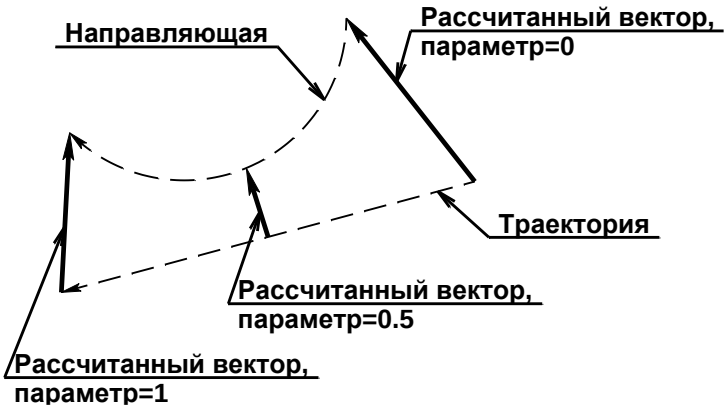


Построение операции с опцией «Перпендикулярно пути»

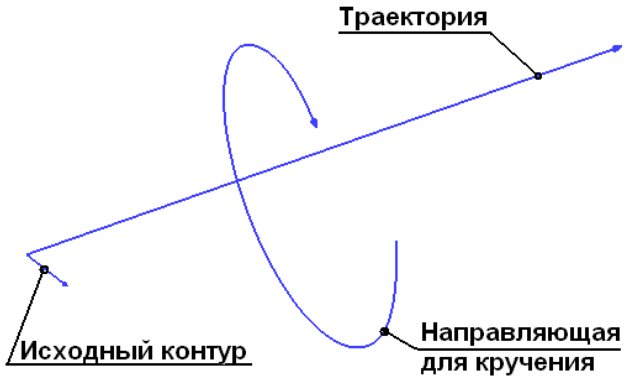


Построение операции с опцией «По минимальному расстоянию»

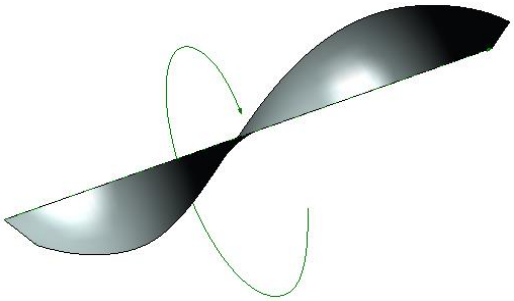
По параметру. Положение любой точки на кривой может быть задано параметром – значением, определяющим положение точки в процентах от длины кривой (0 – в начале кривой 1 – в конце кривой). Точка на направляющей берётся с тем же значением параметра, что и у первой точки на траектории. Данный способ вычисления дополнительного вектора является наименее требовательным к ориентации и длине направляющих.



Данная опция автоматически применяется при использовании метода ориентации сечения «По направляющим». Также пользователь может её включать самостоятельно при задании закона масштабирования или кручения, например, когда дополнительная направляющая короче траектории или не подходят остальные способы. Пример применения опции «По параметру»:



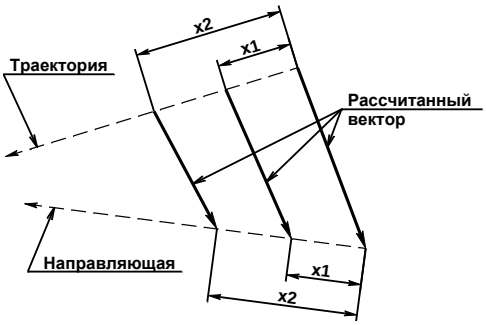
Исходные данные



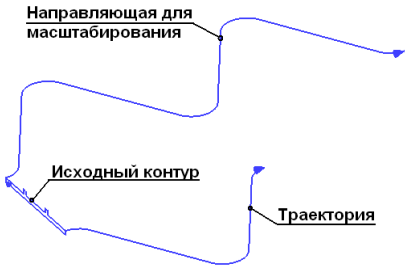
Построение операции с опцией «По параметру»

По смещению. Вычисляется длина траектории от начала кривой до первой точки. Затем на этом же расстоянии от начала направляющей берётся вторая точка. При данном способе вычисления направления вспомогательная направляющая должна быть равна или больше по длине, чем траектория.

Данная опция может применяться, когда, например, нужно использовать только часть вспомогательной направляющей, равной по длине периметру траектории.

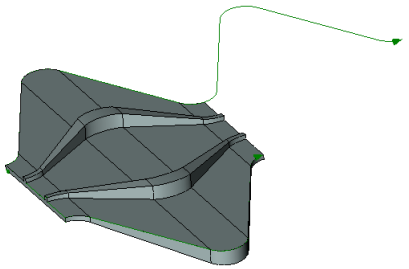


Пример применения опции «По смещению»:



Исходные данные.

Контур движется параллельно исходному положению



Построение операции с опцией «По смещению»

Правила задания операции

Для создания операции используется команда **3SW: Создать тело по траектории**. Вызов команды:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → По траектории
Клавиатура	Текстовое меню
<3SW>	Операции > По траектории

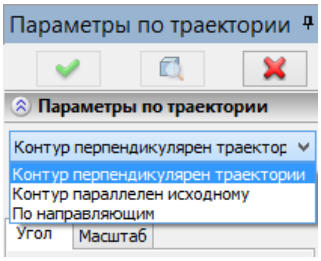
Общий алгоритм действий для создания операции следующий:

- ✓ Выбрать способ ориентации контура;
- ✓ Выбрать контур;
- ✓ Выбрать элементы для задания траектории;
- ✓ Задать коррекцию исходного положения контура. (Необязательное действие);
- ✓ Задать дополнительные направляющие или поверхность. (Необязательное действие);
- ✓ Задать параметры операции. (Необязательное действие);
- ✓ Подтвердить создание операции.

Выбор способа ориентации контура

Способ ориентации контура желательно установить в первую очередь, так как в зависимости от результата выбора система для дальнейших действий предложит определённый набор опций.

Выбор способа производится в окне свойств операции, в специальном поле с выпадающем списком. Выпадающий список содержит все три возможных варианта ориентации контура – «Контур перпендикулярен траектории», «Контур параллелен исходному», «По направляющим». Первое, и как показывает опыт, наиболее часто используемое значение, система предлагает по умолчанию. Так что если нужно ориентировать контур перпендикулярно пути, пункт по выбору способа ориентации контура можно пропустить.



При установке первых двух способов в автоменю остаётся набор опций для выбора траектории, коррекции исходного положения контура, выбора направляющих, задающих законы кручения и масштабирования. При выборе способа «По направляющим» в автоменю остаются опции для коррекции исходного положения контура, опции для выбора второй и третьей направляющих.

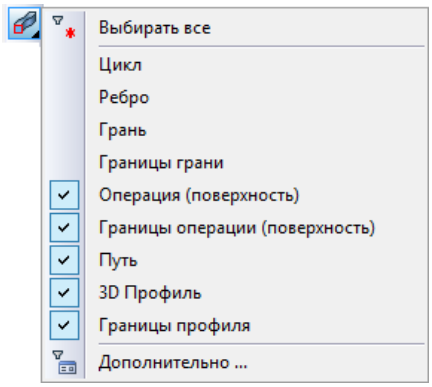
Выбор контура

Первая опция, которая включается в автоменю автоматически после вызова команды, предназначена для выбора контура:

	<R>	Выбрать контур

Опция представляет набор фильтров для селектора, помогающих выбирать нужные объекты. Пиктограмма имеет выпадающий список, который появляется после продолжительного нажатия . В качестве контура пригодны любые объекты с листовой или проволочной геометрией - 3D профили, 3D пути, рёбра, грани, поверхности и т.д.

Элемент, выбранный для задания контура, подсвечивается.



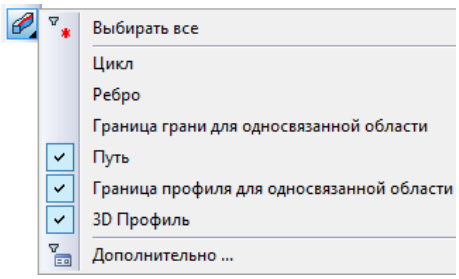
Выбор траектории

После задания контура система автоматически включает опцию для выбора траектории:

	<T>	Выбрать траекторию

Опция также представляет набор фильтров для селектора, помогающих выбирать нужные объекты. В выпадающем списке можно установить, какие объекты с проволочной геометрией использовать для задания траектории – 3D профили, 3D пути, рёбра, грани, поверхности и т.д.

Элемент, выбранный для задания траектории, подсвечивается.



После выбора траектории становится доступной пиктограмма подтверждения операции . Введённых данных уже достаточно для создания операции. Выбранный контур будет двигаться из текущего положения вдоль траектории «перпендикулярно траектории» или «параллельно исходному».

Задание коррекции исходного положения контура

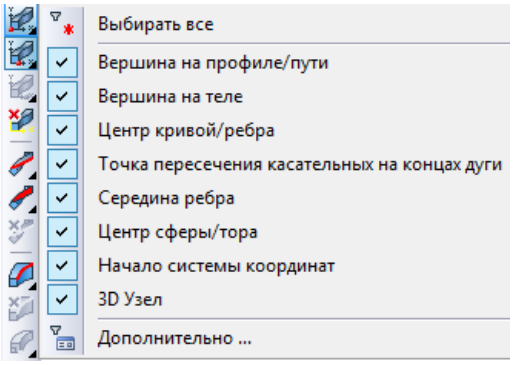
После выбора траектории система предлагает осуществить коррекцию исходного положения контура. Если выполнения этого шага не требуется, то можно перейти к следующим действиям, принудительно вызвав соответствующие опции автоменю.

Сначала система предлагает выбрать первую точку для привязки контура:

	<F>	Выбрать стартовую точку положения контура

Для выбора точки можно использовать ряд подходящих объектов. У опции есть выпадающий список, позволяющий настроить систему на выбор объектов нужного типа.

После выбора точки новое изображение контура появляется возле начала траектории. Изображение сориентировано в соответствии с выбранным способом ориентации контура и привязано к началу траектории по выбранной точке.



После выбора первой точки можно перейти к следующим шагам. По умолчанию система предлагает продолжить коррекцию и поочерёдно включает опции для задания второй и третьей точек:

	<S>	Задать вторую точку для привязки контура
	<O>	Выбрать точку для задания поворота контура

После выбора второй точки ничего в сцене не изменится. Система перейдёт в режим ожидания выбора третьей точки. После выбора третьей точки изображение скорректированного контура будет довёрнуто на третью точку в соответствии с правилами, описанными в «Основных возможностях».

Задание фиксирующего направления и варианта фиксации ориентации контура

Задание фиксирующего направления является необязательным действием и может быть пропущено.

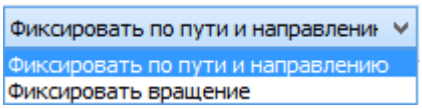
> Задание фиксирующего направления возможно только в том случае, если не задан закон кручения контура (в табличной форме или с помощью направляющих).

Для указания вектора фиксирующего направления используются следующие опции автоменю:

	<L>	Выбрать направление
	<1>	Выбрать первую точку, задающую направление
	<2>	Выбрать вторую точку, задающую направление

Опция  позволяет задать вектор фиксирующего направления, указав один 3D элемент (ребро, прямой путь, и т.п.). Опции  и  используются для задания вектора направления с помощью двух 3D точек.

Вариант фиксации (*фиксация по пути и направлению*, *фиксация вращения*) выбирается из выпадающего списка в диалоге окна свойств.



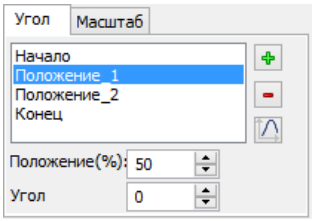
Задание закона кручения контура

Задать закон кручения контура можно либо в таблице, либо с использованием вспомогательной геометрии. Последовательно рассмотрим оба способа.

Табличный способ задания кручения

В окне свойств на закладке «Угол» находятся поля для задания закона кручения.

Для создания новых условий кручения контура нажмите кнопку . При первом нажатии добавляются две характерные точки «Начало» и «Конец». При повторных нажатиях добавляются новые промежуточные точки на траектории. Численные данные для каждой промежуточной точки задаются в окне свойств. Положение каждой точки задаётся в процентах от длины траектории. Значение угла поворота сечения задаётся в градусах, в поле «Угол». Для удаления промежуточной точки нужно её выбрать и нажать кнопку .



Положение промежуточных точек можно задавать или редактировать и с помощью графика. Для этого используется кнопка  окна свойств. При нажатии на кнопку открывается окно редактирования графика. Область определения графика по оси X ограничена значениями 0-100.

Область значений функции не ограничена. Подробно о работе с графиками рассказано в главе “Графики”.

Для удобства задания параметров кручения в сцене отображаются вспомогательные элементы – манипуляторы и декорации.

Декорации представляют собой изображение промежуточного сечения для каждой заданной точки, а также стрелки с указанием направления и угла поворота. Стрелка развивается по спирали и показывает полный угол поворота. Это удобно, если угол поворота более 360 градусов. Декорации неактивной точки рисуются жёлтым цветом, а декорации точки, с которой производится в данный момент работа – красным.

Манипулятор представляет собой два отрезка голубого цвета, показывающих векторы нулевого и заданного углов. На концах одного отрезка-манипулятора имеется две «ручки». При воздействии на них мышкой с нажатой можно изменять значение угла поворота и положение точки на пути. При подведении курсора к «ручке» манипулятора курсор принимает соответствующую форму.

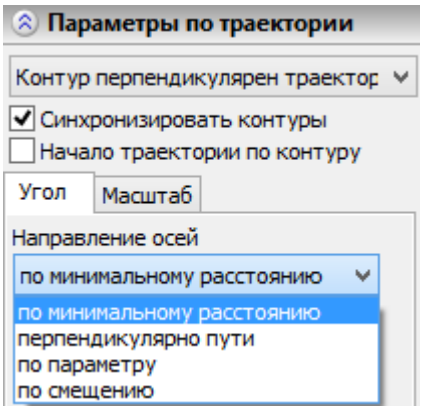
Использование вспомогательной геометрии для задания кручения

Выбрать направляющую для задания закона кручения можно при помощи опции:

	<W>	Выбрать направляющую для задания закона кручения

Для задания направляющей можно использовать любые объекты с проволочной геометрией.

После выбора направляющей диалог в окне свойств автоматически переключается на отображение выпадающего списка, из которого можно выбрать метод вычисления вектора поворота. Для выбора доступны четыре варианта: «по минимальному расстоянию», «перпендикулярно пути», «по параметру», «по смещению».



Выбрать поверхность для задания закона кручения можно при помощи опции:

	<N>	Выбрать поверхность для задания закона кручения

Для задания поверхности можно использовать грань, листовой 3D профиль или операцию-поверхность.

При использовании вспомогательной геометрии манипуляторы и декорации не используются.

Задание закона масштабирования контура

Задать закон масштабирования контура можно либо в таблице, либо с использованием вспомогательной геометрии. Последовательно рассмотрим все способы.

Табличный способ задания масштабирования контура

В окне свойств на закладке «Масштаб» находятся поля для задания закона масштабирования. Принцип задания параметров точно такой же, как при задании кручения табличным способом.

Как и закон кручения, закон масштабирования контура можно задавать с помощью графика. Для этого используется кнопка  окна свойств. При нажатии на кнопку открывается окно редактирования графика. Область определения графика по оси X ограничена значениями 0-100. Область значений функции тоже ограничена – запрещено задавать значения радиуса меньше 0.

Дополнительно в окне свойств имеется выпадающий список для регулировки параметров масштабирования относительно точки привязки. При задании закона масштабирования табличным способом в сцене также отображаются манипуляторы и декорации.

Декорации представляют собой изображение промежуточного сечения для каждой промежуточной точки. Декорации неактивной точки рисуются жёлтым цветом, а декорации для точки, с которой производится в данный момент работа – красным. Также рисуются две окружности – одна голубого цвета, другая красного или жёлтого цвета, в зависимости от того, активна ли данная точка. Две окружности нужны, чтобы можно было быстро оценить степень масштабирования. Размер голубой окружности всегда остаётся постоянным, а другая окружность меняет свой размер в зависимости от значения масштабно коэффициента. По радиусу второй окружности нарисован манипулятор - стрелка жёлтого или красного цвета. На концах стрелки есть две ручки, при помощи которых можно менять положение точки и значение масштабного коэффициента.

Выбор направляющей и дополнительной точки для масштабирования

Выбрать направляющую для задания закона масштабирования можно при помощи опции:

	<A>	Выбрать направляющую для задания закона масштабирования

Задать точку, относительно которой будет рассчитываться масштабирование, можно опцией:

	<V>	Выбрать точку масштабирования

Для выбора можно использовать любые объекты, способные определить 3D точку.

После выбора точки в окне свойств становится доступен выпадающий список, управляющий способами масштабирования относительно точки. Можно выбрать один из трёх пунктов – «Сохранить размер», «Сохранить расстояние», «Изменить расстояние и размер».

Задание тела по направляющим

Отличие метода «по направляющим» от методов «перпендикулярно траектории» и «параллельно исходному» заключается в том, что обязательно нужно выбрать одну направляющую, которая

одновременно будет задавать и закон масштабирования, и закон кручения. При этом нельзя выбрать метод вычисления векторов и точку масштабирования, но можно задать коррекцию исходного положения профиля при помощи одной или трёх точек. Во время коррекции система ведёт себя точно так же, как и при установленном параметре «перпендикулярно траектории».

Выбор второй направляющей производится при помощи опции, которая появляется автоматически при выборе метода «по направляющим»:

	<W>	Выбрать направляющую, задающую масштаб и кручение контура

Для выбора доступны любые объекты с проволочной геометрией. Однако для успешного создания операции на направляющей не должно быть изломов. Выбранный объект подсвечивается (по умолчанию зелёным цветом).

Выбрать направляющую поверхность для задания закона кручения можно при помощи опции:

	<Ctrl+W>	Выбрать направляющую поверхность, задающую кручение контура

Для задания поверхности можно использовать грань, листовой 3D профиль или операцию-поверхность.

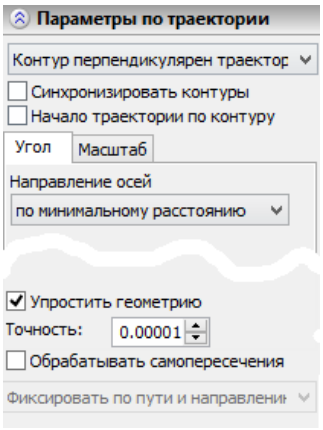
При необходимости уточнить ориентацию промежуточных сечений можно выбрать третью направляющую при помощи опции:

	<A>	Выбрать направляющую, задающую ориентацию контура

Для задания ориентацию контура с помощью направляющей поверхности используется опция:

	<Ctrl+A>	Выбрать направляющую поверхность, задающую ориентацию контура

Дополнительные возможности операции



Синхронизировать контуры. При установке данного флажка направление траектории изменяется на противоположное.

Начало траектории по контуру. Параметр предназначен для случаев использования замкнутой траектории, когда чётко не определена начальная точка. При включённом флажке в качестве начальной точки (от которой будет строиться тело по траектории) автоматически выбирается ближайшая к контуру точка на траектории.

Упростить геометрию. Данная установка позволяет строить аналитические поверхности (плоскости, цилиндры, сферы и торы) там, где это возможно. При отключённом параметре всегда строится точная сплайновая поверхность.

Точность. Параметр устанавливает допуск к создаваемой поверхности – отклонение полученной поверхности от точного решения. Измеряется в метрах.

Обрабатывать самопересечения. Данный параметр позволяет исправлять некоторые случаи самопересечений, возникающих при создании операции.

Операция «Тело по траектории» относится к группе кинематических операций, поэтому при её создании можно воспользоваться рядом дополнительных возможностей, присущих большинству кинематических операций:

- ✓ Создание тонкостенного элемента вместо твёрдого тела.
- ✓ Придание заданной толщины стенкам создаваемого тела.
- ✓ Сглаживание в начале, в конце, боковых рёбер.

Более подробное описание этих возможностей приведено в главе “Выталкивание”.

Использование создаваемого тела в булевой операции

Для создания булевой операции необходимо:

Включить режим создания булевой операции с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+B>	Режим создания булевой операции: «Сложение»

Булева операция создаётся при нажатой пиктограмме.

Выбрать тип создаваемой операции с помощью опции автоменю, содержащей выпадающий список:

	<Ctrl+'+'>	Сложение
	<Ctrl+'-'>	Вычитание
	<Ctrl+’*’>	Пересечение

	<Ctrl+'I'>	Интеллектуальный

Принцип действия интеллектуального режима:

- ✓ Если создаваемое тело и выбранное тело (явно или неявно) имеют пересечение объёмами - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело полностью лежит внутри выбранного тела - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело касается выбранного тела – тип булевой операции: **сложение.**
- ✓ Если условия, указанные в пунктах 1, 2, 3, не выполнены, или выбранное тело лежит внутри создаваемого, или при определении типа проникновения тел возникла ошибка – тип булевой **не определён**, **булева операция не будет создана**.

Выбрать первый операнд булевой операции (в некоторых случаях – необязательное действие) с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+T>	Выбрать исходное тело для булевой операции

Если в сцене присутствует всего одно тело, то оно выбирается автоматически. Создаваемое в операции тело по траектории новое тело является вторым операндом булевой операции.

После подтверждения создания операции сначала создаётся тело по траектории, а затем выполняется булева операция заданного типа.

Создание операции с использованием твёрдого тела

В команде **По траектории** имеется возможность использовать твёрдое тело в качестве исходного объекта, перемещающегося вдоль выбранной траектории. При этом во время перемещения тело вращается вокруг заданной оси. След, оставляемый телом, может быть использован впоследствии, например, для булевой операции.

Команда позволяет моделировать след, который при обработке оставляет фреза.

Для создания операции требуется:

- ✓ Выбрать формирующее твёрдое тело ,
- ✓ Выбрать траекторию ,
- ✓ Выбрать направление оси вращения тела ,
- ✓ Выбрать точку привязки оси вращения тела ,
- ✓ Выбрать фиксирующее направление , точку начального позиционирования  и используемые грани тела  (необязательные действия).

Опции операции

Для выбора формирующего твёрдого тела используется опция:

	<M>	Выбрать формирующее твёрдое тело

В качестве формирующего тела может быть выбрано только твёрдое тело. Нельзя выбрать листовое тело или сеточную модель.

Неважно где именно располагается обрабатывающее тело по отношению к траектории.

> Нужно учесть, что большие габариты обрабатывающего тела по сравнению с заданной траекторией могут привести к возникновению самопересечений и невозможности создания операции.

После выбора формирующего тела необходимо выбрать траекторию, по которой оно будет двигаться, с помощью опции:

	<T>	Выбрать траекторию

В качестве траектории может использоваться, например, путь, расположенный на плоскости или в пространстве.

Траектория может быть замкнутой. Для замкнутой траектории нужно обязательно задать точку начального позиционирования.

Траектория должна быть расположена перпендикулярно к оси вращения формирующего тела, если не выбрано фиксирующее направление, которое задаёт ориентацию формирующего тела.

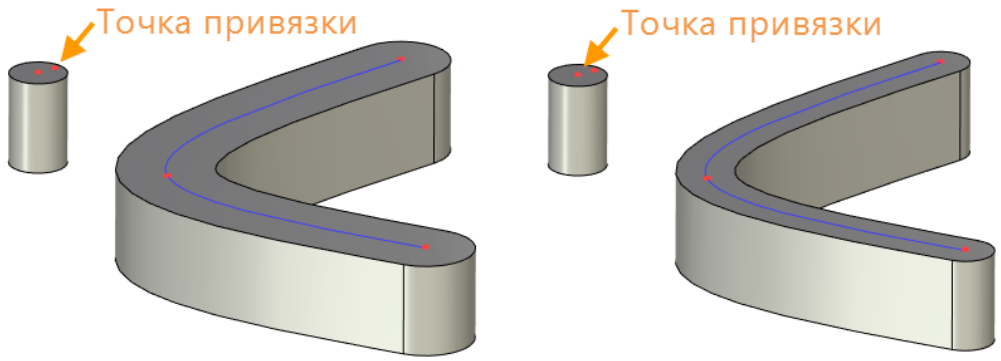
Во время перемещения тело будет вращаться. Поэтому нужно задать направление оси, вокруг которой оно будет вращаться, с помощью опции:

	<A>	Выбрать направление оси вращения формирующего тела

После выбора оси, необходимо выбрать точку её привязки.

	<S>	Выбрать точку привязки оси вращения формирующего тела

Точка привязки оси определит положение тела относительно траектории, так как точка привязки будет лежать на выбранной траектории.



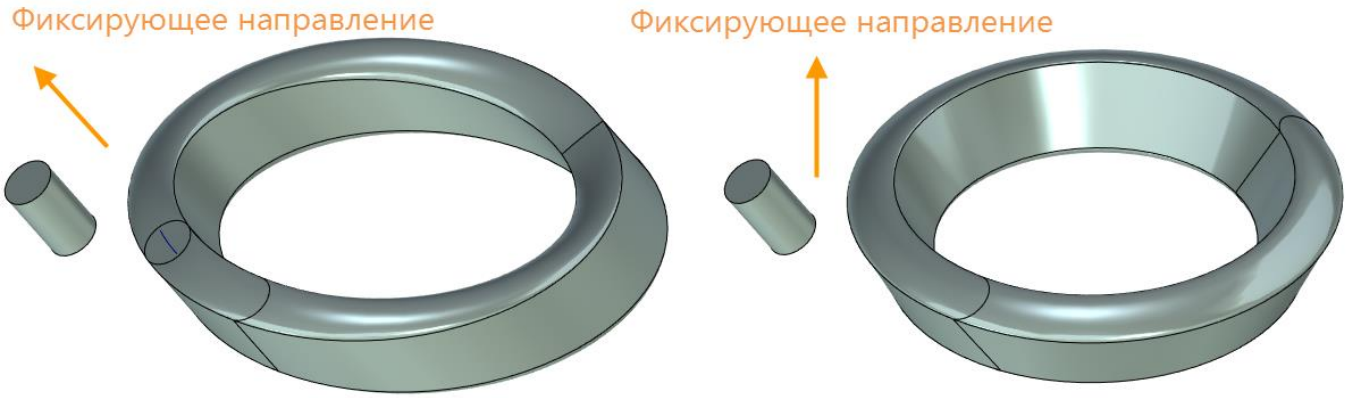
Фиксирующее направление задаёт ориентацию формирующего тела относительно траектории.

Для выбора фиксирующего направления обрабатывающего тела используется опция:

	<L>	Выбрать фиксирующее направление

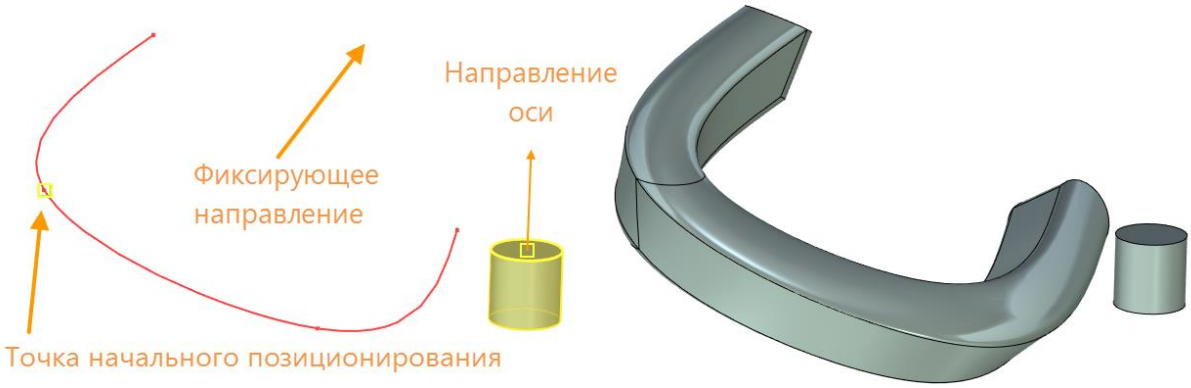
Фиксирующее направление можно задать двумя точками с помощью опций:

	<1>	Выбрать 1-ю точку фиксирующего направления
	<2>	Выбрать 2-ю точку фиксирующего направления



Фиксирующее направление не обязано совпадать с направлением оси вращения формирующего тела.

Если при создании пространственной траектории направление оси обрабатывающего тела и фиксирующее направление не совпадают, необходимо дополнительно задать точку начального позиционирования.



Пространственная траектория должна отвечать следующему требованию: все кривые траектории должны быть аналитическими кривыми, кривыми типа C2 или неэкспортированными спиральными кривыми.

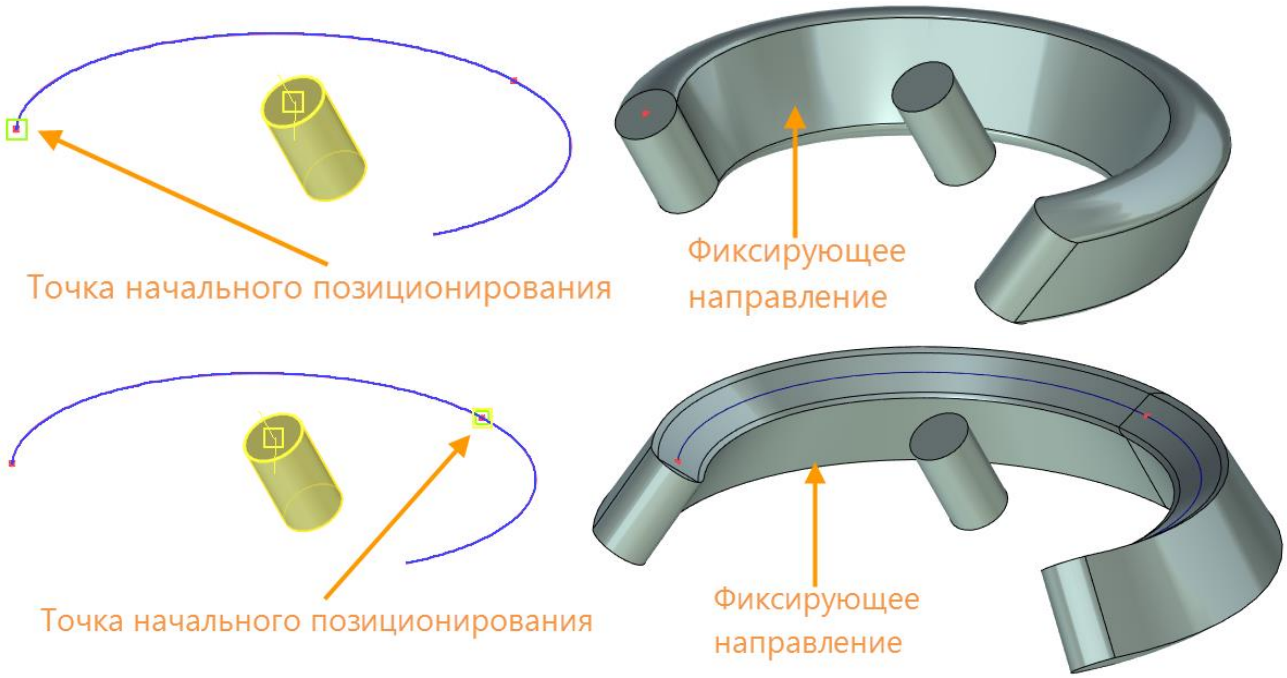
Фиксирующее направление не должно совпадать ни в одной точке с касательной к траектории.

Дополнительную информацию о фиксирующем направлении можно прочитать в разделе “Основные возможности операции”.

Для задания точки начального позиционирования обрабатывающего тела используется опция:

	<V>	Выбрать точку для начального позиционирования

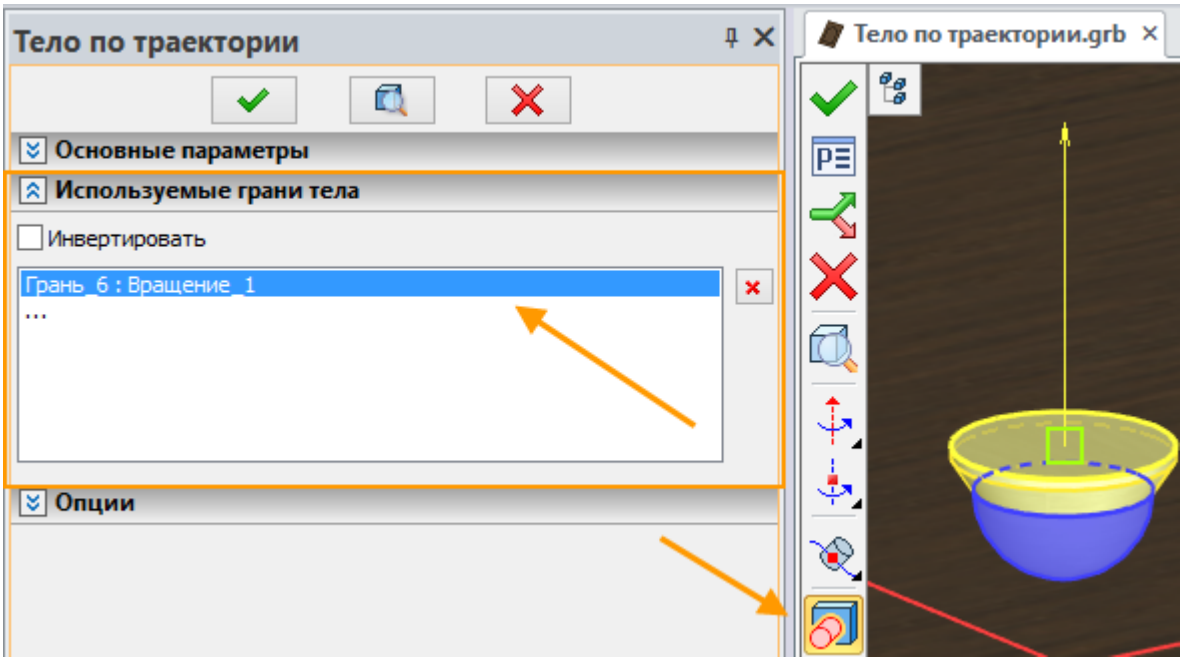
Задание положение точки начального позиционирования на траектории влияет на форму тела, полученного в результате выполнения операции.



С помощью опции **Выбрать используемые грани тела** , у обрабатывающего тела можно выбирать используемые грани.

	<F>	Выбрать используемые грани тела

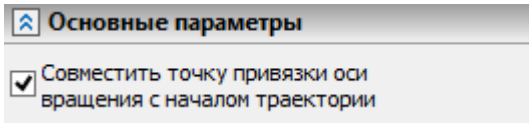
Только выбранные грани будут участвовать в операции. Если установить флаг **Инвертировать**, то выбранные грани не будут участвовать в операции.



Результирующее тело можно использовать для булевой операции.

> Подробнее о булевых операциях можно прочитать в главе "Булева операция".

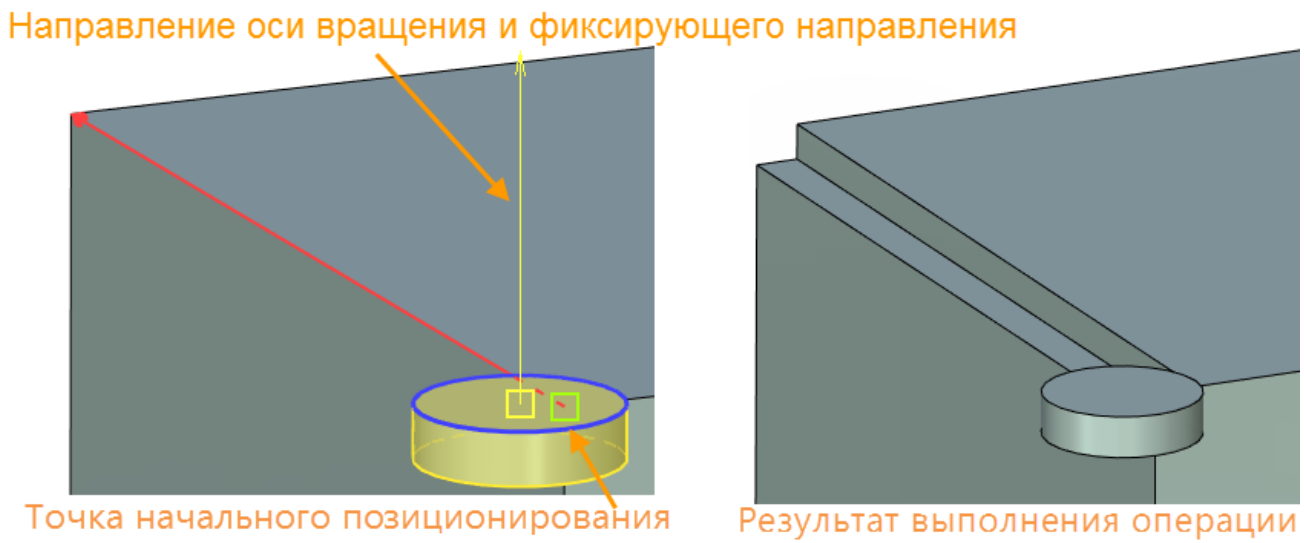
Если обрабатывающее тело должно находиться на некотором расстоянии от траектории, необходимо снять флаг **Совместить точку привязки оси вращения с началом траектории**.



В этом случае после задания всех основных параметров операции, необходимо дополнительно выбрать фиксирующее направление и точку начального позиционирования.

> Если обрабатывающее тело не расположено на траектории, траектория должна быть задана кривой типа G1.

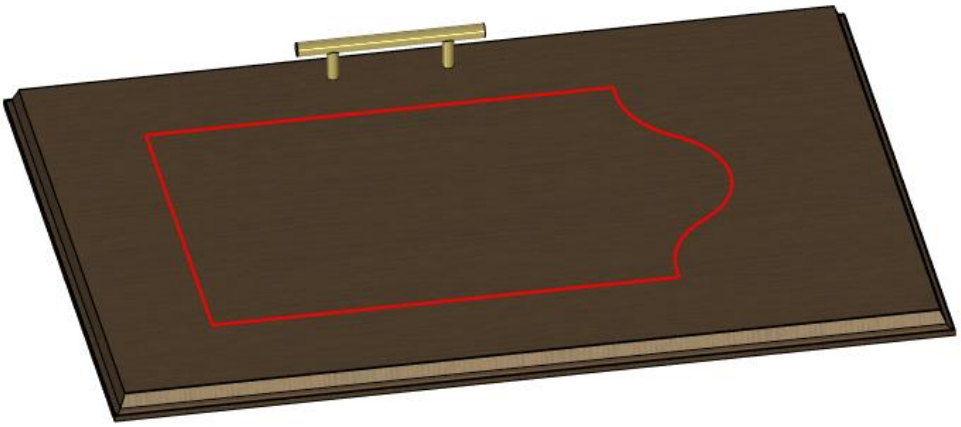
Например, фиксирующее направление может совпадать с направлением оси вращения формирующего тела. Точка начального позиционирования может находиться в начале траектории.



Пример использования твёрдого тела для создания операции

Например, требуется создать канавку на дверце. Для этого создаётся траектория на обрабатываемом теле и обрабатывающее тело нужной формы:

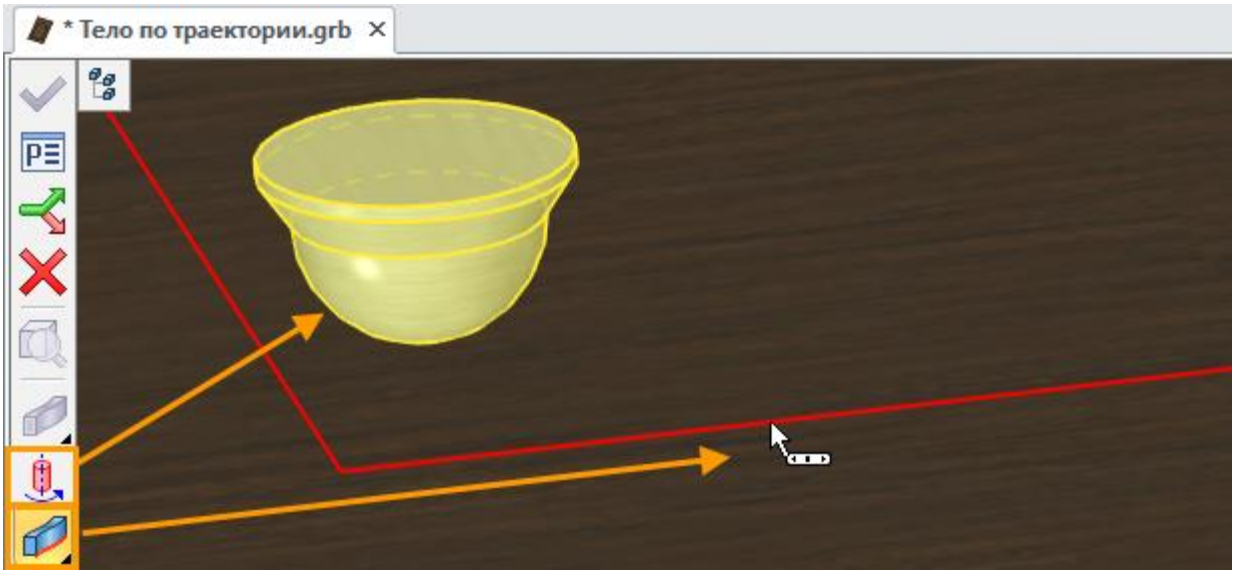
Траектория на обрабатываемом теле:



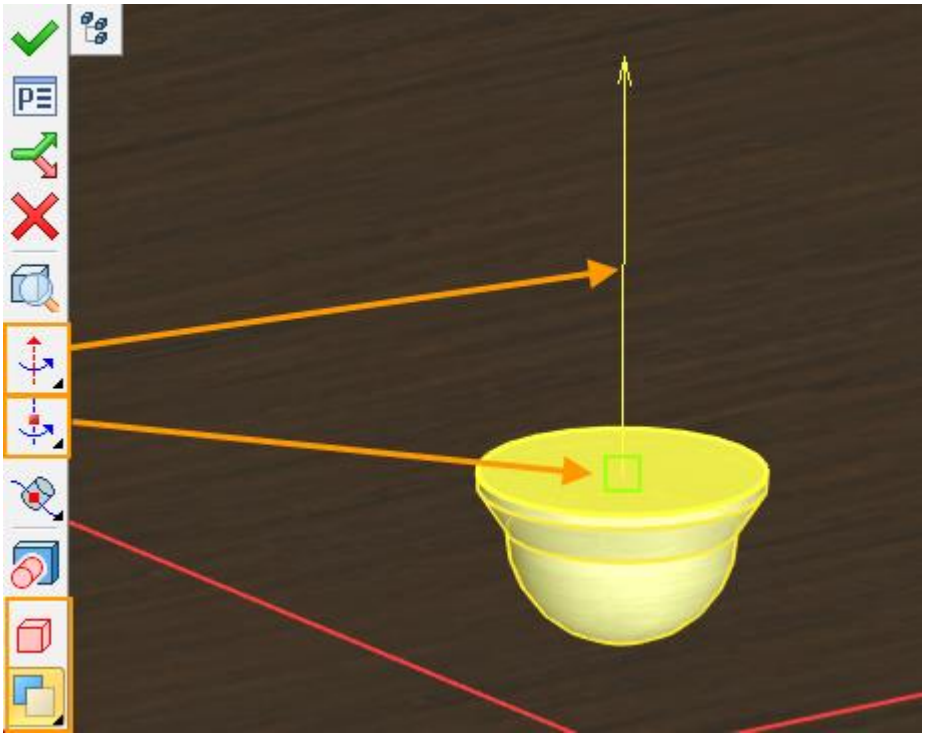
Обрабатывающее тело:



После активации команды необходимо выбрать обрабатывающее тело и траекторию:



Для обрабатывающего тела задаётся ось вращения  и точка привязки оси вращения .



Затем обрабатывающее тело перемещается вдоль заданной траектории, одновременно вращаясь вокруг указанной оси, формируя канавку.

С учётом использования опции булевой операции **Вычитание** в итоге получаем следующий результат.

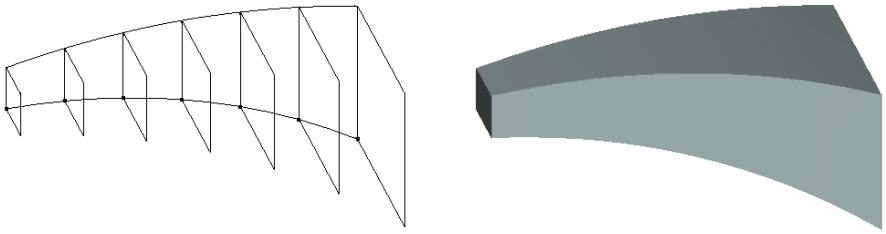


Тело по параметрам

Общие сведения

Тело по параметрам представляет собой разновидность тела по траектории. Операция служит для создания тел со сложной геометрией поверхностей. Конечное тело получается в результате «движения» профиля по произвольной или специально заданной пространственной траектории. При этом система позволяет задать зависимость изменения параметров профиля от параметров его перемещения.

«Движение» профиля осуществляется за счет многократного копирования исходного профиля. По полученному набору профилей формируется конечное тело. Тело может быть замкнутым. В зависимости от типа геометрии профиля (лист или проволока) конечное тело может быть как твердым, так и листовым.



Ведущим параметром операции является номер копии профиля. Номер копии автоматически изменяется в процессе расчета операции от 1 до указанного количества с шагом 1.

Для каждой копии профиля рассчитывается так называемая **система координат текущей копии.** Копирование исходного профиля происходит в направлении от исходной системы координат к рассчитанной системе координат текущей копии. В качестве исходной системы координат пользователь может выбрать одну из локальных систем координат модели. Если локальная система координат не выбрана, то в качестве исходной системы координат используется глобальная система координат.

Определение положения начала и ориентация осей системы координат текущей копии производится двумя способами. Можно задавать законы изменения параметров системы координат, описывая их выражениями. Другой способ позволяет использовать 3D пути или поверхности других тел для определения в пространстве системы координат текущей копии. Каждый из способов подробно будет описан ниже. Управляя системой координат копии, пользователь управляет положением и ориентацией каждой копии профиля.

Управление параметрами системы координат копии осуществляется через диалог параметров операции. Можно выделить два основных типа параметров операции - **управляемые параметры** и **управляющие параметры**.

Управляемые параметры – их значения рассчитываются автоматически в процессе создания операции. Для считывания значений таких параметров можно назначить независимые переменные.

Независимыми называют те переменные системы, которым присвоено конкретное значение, а не выражение. Они не зависят от других переменных системы. В свою очередь от них могут зависеть некоторые параметры 2D или 3D построений, а также другие (зависимые) переменные.

В блоке управляемых параметров имя независимой переменной всегда выбирается из списка уже существующих в системе независимых переменных.

Параметр **номер копии** всегда является управляемым. Для него обязательно нужно выбрать независимую переменную, которой будет присваиваться текущее значение номера копии при расчёте операции.

Как можно использовать управляемые параметры?

Чтобы задать зависимость между параметрами, определяющими положение копии в пространстве, и формообразующими параметрами копии профиля, вы можете подставить в поле управляемого параметра имя независимой переменной модели. После расчета положения системы координат для текущего положения копии профиля, в блоке управляемых параметров присваиваются значения назначенным переменным. Если от назначенной независимой переменной каким-либо образом зависит геометрия профиля, то при создании каждой копии значения управляемых параметров будут присваиваться соответствующим параметрам модели. Таким образом, в зависимости от значений управляемых параметров будет пересчитываться форма профиля.

Переменная, которой присваивается значение номера копии, может указывать на номер строки базы данных.

Управляющие параметры – поля, зависимости в которых задаются пользователем. В поле управляющих параметров может быть вписано произвольное выражение. В данное выражение можно включить любую переменную системы. Например, включите в него переменную, отвечающую за номер копии. При этом получится определённая выражением зависимость данного параметра от номера копии.

Расчёт операции выполняется в следующем порядке: присваивается следующее значение номеру копии, рассчитываются управляющие параметры, вычисляются остальные управляемые параметры (если они есть), пересчитывается исходный профиль с текущими значениями переменных, выполняется копирование профиля.

Правила создания операции

Способы вызова команды:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → По параметрам
Клавиатура	Текстовое меню
<3SA>	Операции > По параметрам

В автоменю становятся доступными следующие пиктограммы:

	<R>	Выбрать контур
	<F>	Отменить выбор контура
	<1>	Выбрать кривую, задающую положение начала координат
	<2>	Выбрать кривую, задающую направление оси X
	<3>	Выбрать кривую, задающую направление оси Y
	<4>	Выбрать поверхность, задающую ориентацию оси X
	<5>	Выбрать поверхность, задающую ориентацию оси Y
	<6>	Выбрать исходную систему координат
	<7>	Отменить выбор элементов, задающих систему координат

В зависимости от способа определения системы координат текущей копии, некоторые параметры могут являться как управляющими, так и управляемыми. При этом можно выделить два основных способа создания тела с параметрическим изменением профиля:

- ✓ Способ свободной ориентации копии
- ✓ Способ ориентации копии по путям или поверхностям

В каждом случае используются разные опции автоменю, несколько иная последовательность действий по заданию необходимых элементов и свойств операции. Далее рассмотрим каждый способ отдельно.

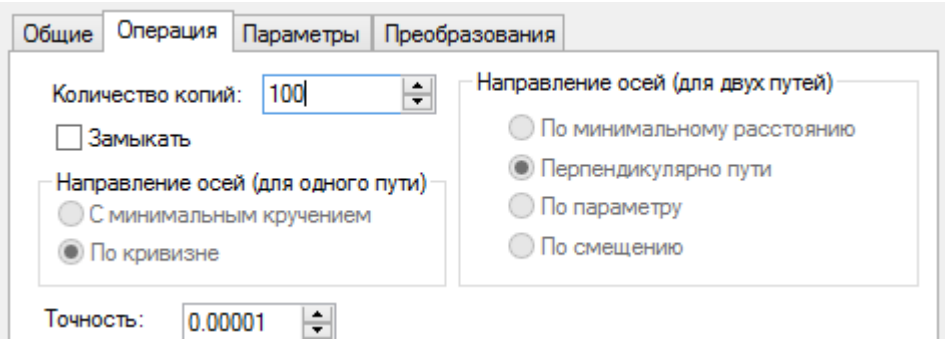
Способ свободной ориентации копии

Для создания тела по параметрам достаточно выбрать 3D профиль, задать количество копий и назначить независимую переменную на параметр «номер копии». Используя переменную, принимающую значения номеров копий, можно создать определенные зависимости в полях управляющих параметров, а также в 2D или 3D построениях, от которых, в свою очередь, будет зависеть форма и положение 3D профиля.

Выбрать 3D профиль можно с помощью соответствующей опции в автоменю:

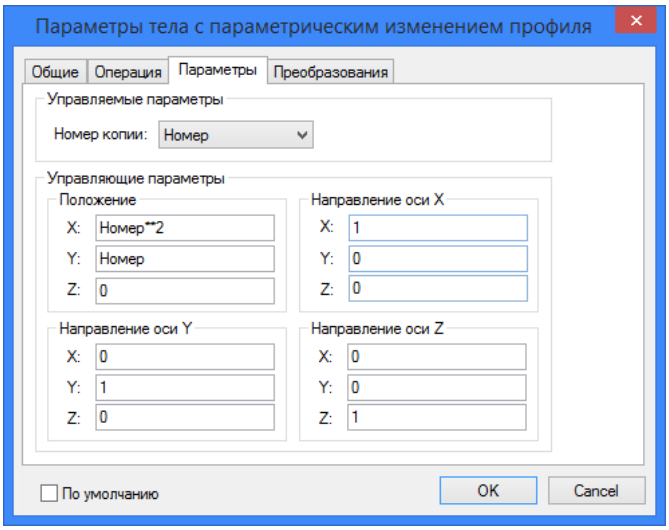
	<R>	Выбрать контур

Количество копий профиля можно назначить в диалоге параметров операции на закладке **Операция**.



Кроме параметра **Количество копий**, на данной закладке присутствует активная опция **Замыкать**. Если опцию включить, то тело, которое строится по набору сечений (набору копий исходного профиля), гладко замыкается, как если бы первое сечение было выбрано дважды.

После задания количества копий можно перейти к закладке «**Параметры**».



На этой закладке присутствует 2 типа параметров, объединенных под названиями «**управляющие параметры**» и «**управляемые параметры**».

При создании операции по данной схеме, управляемым параметром является только номер копии, а управляющими являются параметры, отвечающие за положение текущей копии профиля в пространстве. Для удобства выделено 4 группы управляющих параметров: **положение**, **направление оси X**, **направление оси Y**, **направление оси Z**.

Группа параметров «**Положение**» управляет координатами X,Y,Z точки, определяющей положение начала системы координат текущей копии.

Остальные параметры задают три вектора, которые определяют ориентацию системы координат текущей копии.

Вы можете явно описать положение системы координат текущей копии как функцию от номера копии. Для этого в блоке управляющих параметров необходимо описать требуемую зависимость (указать имена существующих переменных, зависящих от номера копии явно или неявно).

Каждый вектор, задающий направление оси системы координат копии определяется двумя точками. Первая точка имеет координаты <0.0.0>. Координаты вторых точек векторов, направляющих оси системы координат текущей копии, определяются параметрами X,Y,Z из соответствующей группы управляющих параметров.

В случае если векторы, определенные пользователем, не ортогональны или не образуют правую тройку, система доопределяет их автоматически. Определение осей идет по порядку X,Y,Z. Без изменения остаётся направление оси X, ось Y доворачивается до получения угла 90° в плоскости XY, затем определяется ось Z.

В случае, когда задано всего два вектора (например, для оси X и Z), то порядок доопределения векторов меняется и третий вектор (для оси Y) определяется в последнюю очередь.

Каждая копия профиля получается после копирования исходного профиля в направлении от глобальной системы координат к рассчитанной на данном шаге системе координат текущей копии.

Дополнительно можно выбрать локальную систему координат с помощью опции в автоменю:

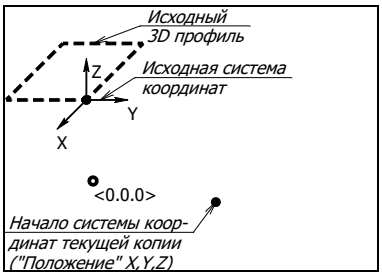
	<6>	Выбрать исходную систему координат

В этом случае при копировании исходного профиля будет использоваться выбранная система координат в качестве исходной.

При создании тела по параметрам по описываемой схеме, система вычисляет положение и ориентацию текущей копии профиля в следующем порядке:

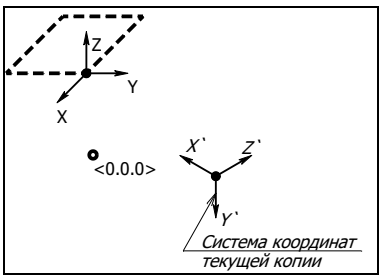
1. Переменной, отвечающей за номер копии, присваивается следующее значение.

2. Вычисляются абсолютные координаты точки, определяющей положение начала для системы координат текущей копии. Расчёт ведется по выражениям в полях управляющих параметров (группа **Положение**).



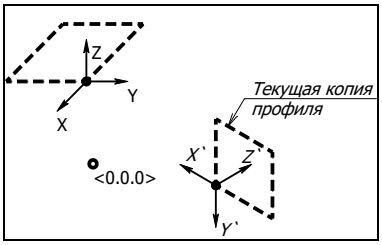
3. Вычисляются координаты векторов, определяющих направления осей системы координат текущей копии. Расчёт ведётся по выражениям в полях управляющих параметров (группа **Направление**)

4. Создается система координат копии, расположенная в точке начала координат копии и ориентированная в соответствии с определёнными векторами.



5. Если геометрия 3D профиля каким-либо образом зависит от переменной, которой присваивается номер текущей копии, то профиль будет пересчитан с текущим значением переменной.

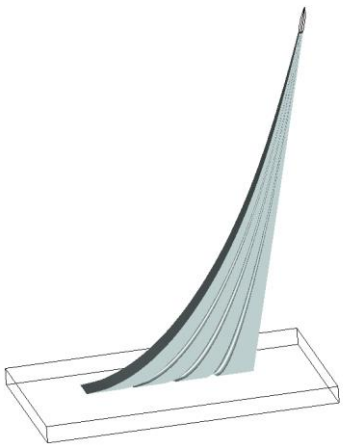
6. Исходный профиль копируется по направлению от исходной системы координат к полученной системе координат текущей копии. Если исходная система координат не выбиралась, то при копировании профиля в качестве исходной используется глобальная система координат.



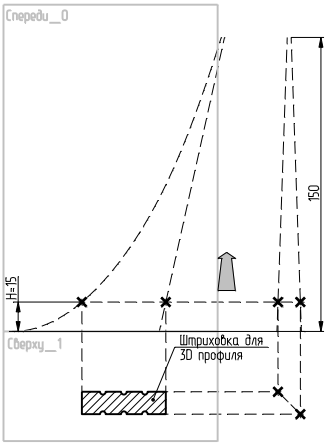
После расчета всех копий исходного профиля результат объединяется в единое твердое или листовое тело сплайновыми поверхностями.

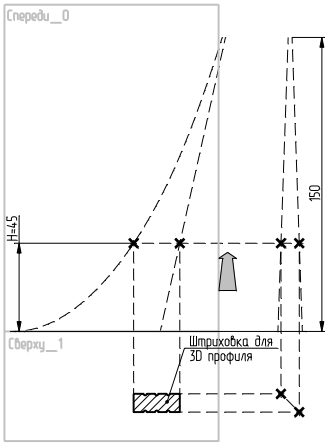
Пример 1

В качестве первого примера построим несложную модель (см. рисунок справа). Не будем останавливаться на подробностях создания вспомогательных 2D и 3D элементов построения, а вкратце рассмотрим сам принцип. Файл данного примера находится в директории *«3D Моделирование. Операции/ Тело по параметрам /По параметрам 3.grb»*



Такую модель можно построить, если перемещать в пространстве 3D профиль, косвенно привязанный к нескольким направляющим. Будем использовать четыре направляющие на 2D виде: две определяют вид спереди и две – вид слева. Три направляющих являются прямыми, а одна – сплайном.





Проведена горизонтальная линия построения. Положение этой прямой определено выражением «H-1». Таким образом, оно зависит от переменной «H».

Поскольку ряд значений параметра **номер копии** начинается с единицы, иногда требуется вводить поправку (–1) в выражения, где участвует переменная **номер копии**. В данном

примере требуется, чтобы первая копия профиля располагалась у основания, т.е. имела координату Y=0.

На пересечении горизонтальной прямой и направляющих построены четыре 2D узла. Эти узлы определят длину и ширину профиля, если к ним привязать вертикальные прямые. Для привязки плоскости профиля, по одному из 2D узлов построен 3D узел. Канавки по бокам профиля построены таким образом, что всегда делят его сторону на четыре равные части. Радиус канавок линейно зависит от длины профиля.

Понадобится две рабочие плоскости – вид спереди и вид сверху. Первая нужна для построения 3D узла, а вторая – для создания профиля. Начало координат находится на уровне основания модели (см. рисунки). Из начала координат построена прямая под углом 45° к горизонтали. Она нужна для передачи связи от направляющих на виде слева к штриховке профиля на виде сверху.

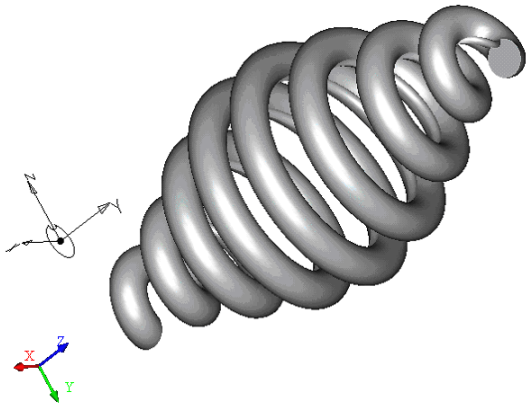
Все построения увязаны между собой таким образом, что при изменении значения переменной «H» происходит следующая цепочка изменений: горизонтальная прямая изменяет свое положение, вследствие чего изменяется положение зависящих от нее 2D узлов. Далее по цепочке изменится геометрия штриховки профиля, а также изменится положение 3D узла, к которому привязана плоскость 3D профиля. Соответственно, переместится в пространстве и сам 3D профиль.

В параметрах операции для хранения значения номера копии нужно назначить переменную «H». На закладке **Операция** нужно задать количество копий, соответствующее высоте модели с учетом поправки (150+1=151).

Описывать закон перемещения системы координат копии не нужно, поскольку исходный профиль перемещается сам при изменении номера копии. В результате получается, что система координат каждой копии совпадает с глобальной системой координат, поэтому текущая копия будет совпадать с исходным профилем по положению и геометрическим параметрам. Здесь важно только то, как движется исходный профиль при изменении переменной «H», то есть при изменении номера копии.

Описанный способ удобен при использовании данных двухмерного чертежа для построения сложной модели.

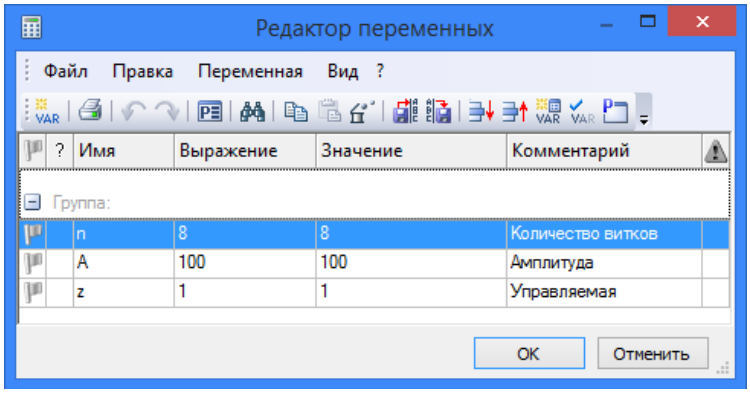
Пример 2



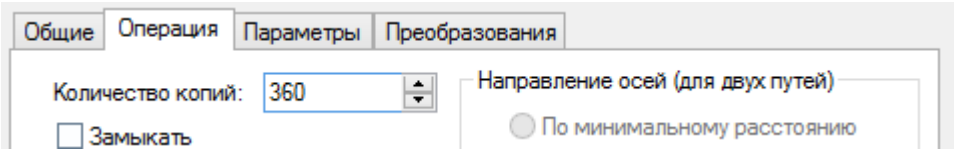
Второй пример демонстрирует метод построения модели, для которой известен точный закон перемещения профиля.

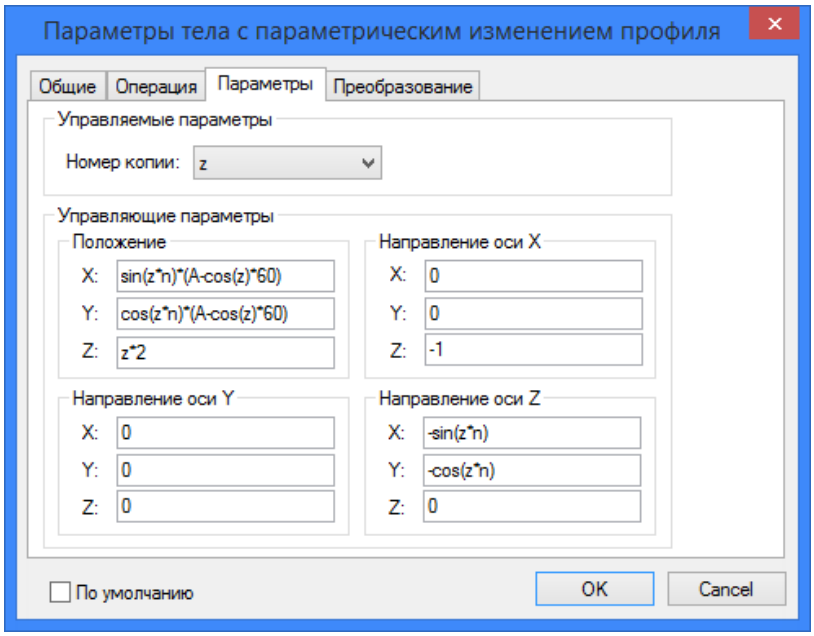
Данный пример находится в директории *«3D Моделирование/Тело по параметрам/По параметрам 1.grb»*.

Исходными данными для создания операции служат: 3D профиль; ЛСК, построенная в центре профиля и сориентированная относительно профиля как показано на рисунке (ось Z лежит в плоскости профиля и направлена на канавку); несколько независимых переменных.



В параметрах операции необходимо задать соответствующие выражения, как показано на следующих рисунках:





Выражения в группе **Положение** описывают винтовой закон с изменяющейся амплитудой. Амплитуда изменяется по закону косинуса.

Количество копий равно 360 из следующих соображений: 360 градусов – период используемых в выражениях тригонометрических функций.

Из рисунка видно, что ось Z исходной системы координат профиля должна быть всегда направлена в центр спирали (канавкой – к центру), ось X – в противоположном направлении по отношению к оси Z глобальной системы координат. Выражения, описывающие эти законы, находятся в соответствующих полях управляющих параметров. Ось Y определяется автоматически.

Способ ориентации копии по путям или поверхностям

Поскольку не всегда с помощью выражений удаётся точно описать закон изменения параметров копии, иногда удобно использовать 3D пути или поверхности других тел для определения положения и ориентации системы координат текущей копии.

Точка, определяющая начало системы координат текущей копии профиля, привязывается к 3D пути. Положением точки на этом пути можно управлять двумя способами.

Оси X и Y можно сориентировать по другим 3D путям или поверхностям других тел.

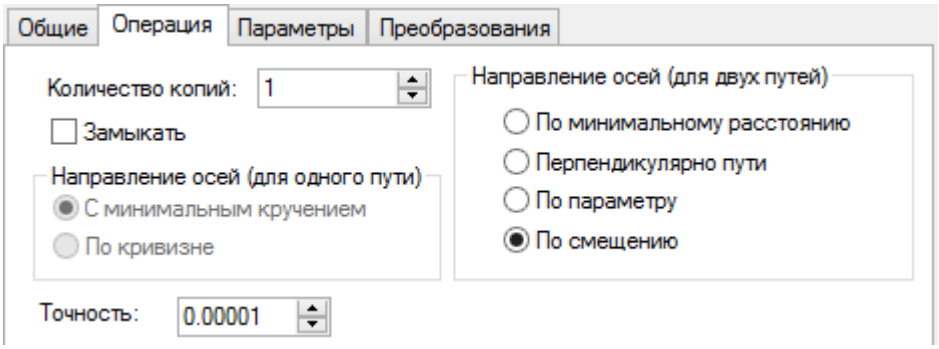
Выбор 3D пути для привязки начала системы координат копии осуществляется с помощью опции:

	<1>	Выбрать кривую, задающую положение начала координат

Выбор элементов для определения ориентации осей X и Y (ось Z определяется автоматически) осуществляется с помощью следующих опций в автоменю:

	<1>	Выбрать кривую, задающую положение начала координат
	<2>	Выбрать кривую, задающую направление оси X
	<3>	Выбрать кривую, задающую направление оси Y
	<4>	Выбрать поверхность, задающую ориентацию оси X
	<5>	Выбрать поверхность, задающую ориентацию оси Y

При создании операции с использованием 3D путей, закладки диалога **Операция** и **Параметры** несколько отличаются от описанных выше:



На этой закладке будут активны различные опции для управления направлениями осей. Какая группа будет активна, зависит от того, сколько путей было выбрано всего – один (только для определения начала системы координат копии) или два (для определения начала системы координат копии и для задания ориентации оси X и/или Y).

Группа **Направление осей (для одного пути)**:

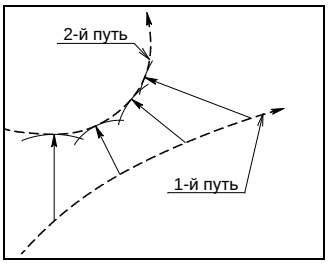
По кривизне. Ось X совпадает по направлению с вектором кривизны пути. Если 3D путь представляет собой прямую, то ось ориентируется по оси X глобальной системы координат.

С минимальным кручением. Ось X направлена таким образом, чтобы обеспечить плавное вращение от положения вектора кривизны в начале пути к положению вектора кривизны в конце пути.

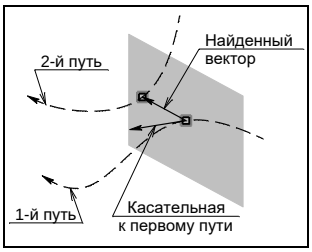
Ось Z всегда направлена по касательной к пути в точке начала координат текущей копии.

Направление оси Y, если оно не определено, вычисляется автоматически по осям X и Z.

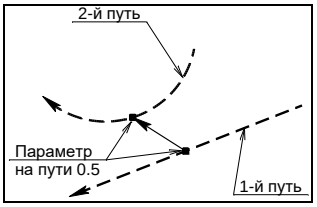
Группа **Направление осей (для двух путей)**:



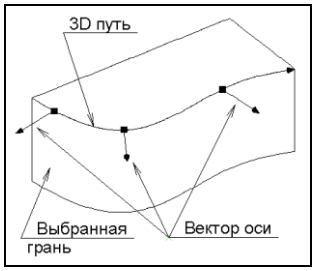
По минимальному расстоянию между путями в точке начала координат. Из точки начала системы координат копии на первом пути строится вектор к ближайшей точке на втором пути.



Перпендикулярно пути. Перпендикулярно касательной к первому пути в точке начала координат строится плоскость. Вектор оси задаёт точка пересечения второго пути и плоскости. Если искомая точка не найдена, выдается сообщение об ошибке.



По параметру/по смещению. Значение выражения в одном из этих полей управляющих параметров задают точку, принадлежащую второму пути, которая будет задавать направление оси.

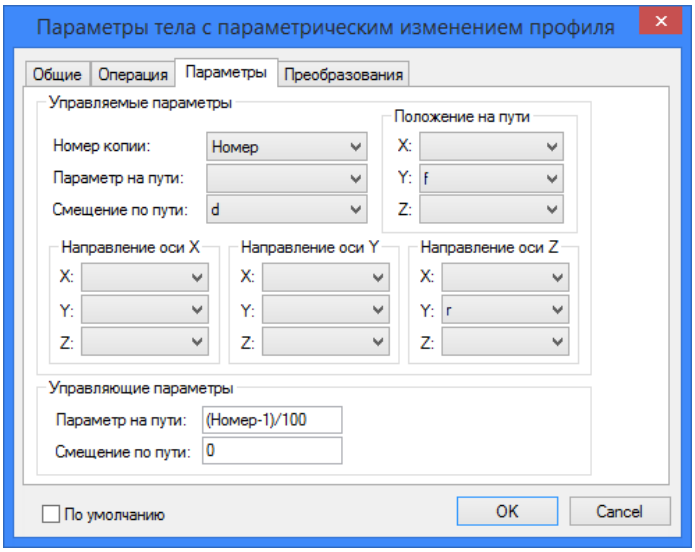


Если выбрана грань для ориентации оси, то в общем случае на грани определяется ближайшая точка до точки на пути, определяющей начало координат. Нормаль к поверхности грани в найденной на грани точке определяет направление оси. Наиболее прогнозируемый результат будет, если точка начала координат будет лежать на поверхности. Поэтому рекомендуется использовать грань для ориентации осей копии профиля в тех случаях, когда первый 3D путь принадлежит поверхности, выбираемой для ориентации профиля.

Построенные таким образом оси X и Y могут быть не перпендикулярны (если они направлены параллельно, то система выдаёт сообщение об ошибке). В этом случае ось Y будет дополнительно ориентирована до перпендикуляра к оси X в плоскости, которой принадлежат обе оси. Ось Z будет определяться автоматически.

Если для оси X задан путь или грань, а для оси Y нет, то ось Z будет направлена по касательной к пути, задающему положение начала координат, а ось Y определится автоматически. Если оси X и Z не перпендикулярны, то ось X дополнительно ориентируется описанным выше способом.

Рассмотрим закладку **Параметры**:



Как видно из рисунка, к группе управляемых параметров теперь относится не только параметр **номер копии**, а также группы **положение на пути**, **направление оси X**, **направление оси Y**, **направление оси Z**. Плюс к этим параметрам добавились **параметр на пути** и **смещение по пути**.

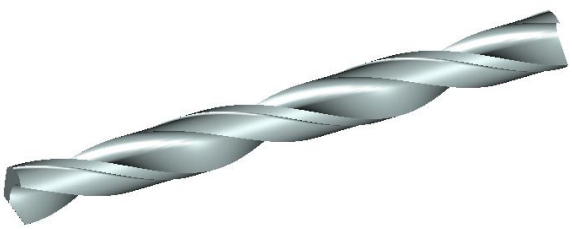
С помощью группы управляемых параметров «**Положение на пути**» можно считывать абсолютные координаты точки начала координат текущей копии. Управляемые параметры из групп **Направление оси ...** позволяют получить значения координат для векторов осей системы координат копии. Вы можете использовать информацию о положении и ориентации текущей копии профиля в пространстве для задания связи с другими параметрами модели.

В группу управляющих параметров входят **параметр на пути** и **смещение по пути**. Параметр на пути и смещение по пути выполняют одну и ту же функцию – определяют положение точки на пути разными способами. Поэтому в полях управляющих параметров нельзя задать одновременно и параметр на пути, и смещение. Параметр на пути изменяется в пределах от 0 (в начале пути) до 1 (в конце пути); смещение по пути измеряется в единицах модели и равно длине участка пути от начала до искомой точки.

> Если в соответствующем поле управляющих параметров вы описали функцию изменения параметра на пути, то управляемый параметр можно назначить только на смещение по пути, и наоборот.

Пример 3

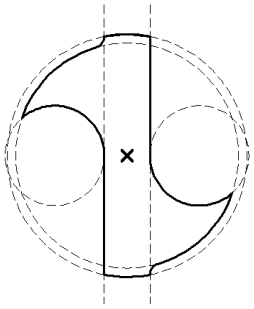
Рассмотрим создание тела по параметрам с использованием 3D путей на примере модели рабочей части сверла. Файл с данным примером находится в директории *«3D Моделирование.*



Операции / Тело по параметрам / По минимальному расстоянию.grb».

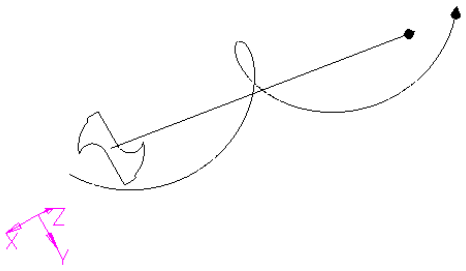
Создайте новый документ по прототипу с рабочими плоскостями.

Следующий шаг – построение 3D профиля. Для этого активизируйте рабочую плоскость «Вид сверху» и начертите контур, как показано на рисунке.



Для удобства профиль желательно построить таким образом, чтобы его центр находился в начале глобальной системы координат. В этом случае не потребуется строить локальную систему координат для привязки копии профиля к 3D пути во время создания операции.

Далее необходимо построить два 3D пути, с помощью которых профиль будет располагаться в пространстве при создании тела по параметрам. Путь, который отвечает за положение профиля, представляет собой прямую и совпадает с осью сверла. Его можно создать по двум 3D узлам, построенным на оси сверла. Длина этого пути будет определять длину рабочей части сверла. Другой путь отвечает за ориентацию профиля в пространстве и представляет собой винтовую линию. Второй путь легко построить с помощью цилиндрической рабочей поверхности.

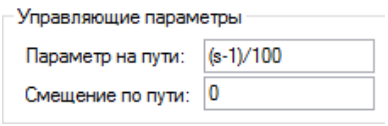


В редакторе переменных нужно создать независимую переменную для хранения значения номера копии. В данном примере была создана переменная *s*.

После вызова команды создания операции нужно выбрать 3D профиль, 3D путь для определения положения профиля и 3D путь для определения направления оси X. В параметрах операции на закладке **Операция** нужно задать количество копий – 101 (с учетом поправки) и выбрать опцию для двух путей **по минимальному расстоянию**.

На закладке **Параметры** выберите переменную *s* для номера копии. В данном примере из управляемых параметров нужен только этот.

В поле управляющих параметров **параметр на пути** нужно вписать выражение, по которому будет рассчитываться положение профиля на пути в зависимости от номера копии. Следует помнить, что параметр на пути изменяется в пределах от 0 до 1.



Коммуникации

Общие сведения

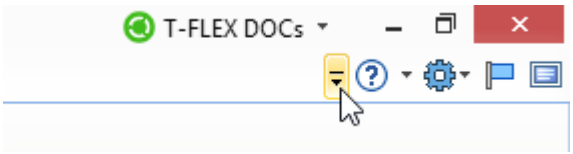
В системе T-FLEX CAD существует набор команд **Коммуникации**, предназначенный для автоматизации работ по моделированию систем электроснабжения, вентиляции и трубопроводов.

Команды позволяют:

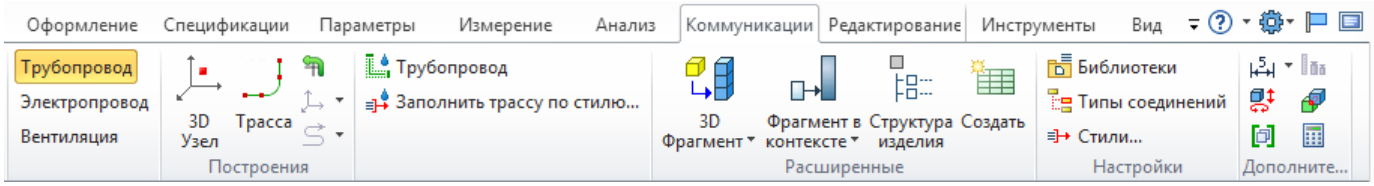
- ✓ Прокладывать пространственные траектории коммуникаций, в том числе автоматически;
- ✓ Создавать элементы коммуникаций в соответствии с заданными техническими требованиями;
- ✓ Задавать совместимость элементов коммуникаций для исключения ошибок при проектировании;
- ✓ Устанавливать стили коммуникаций, отвечающие за соединение однотипных элементов.

Команды для создания разных типов коммуникаций разделены на группы **Электропровод**, **Вентиляция** и **Трубопровод**. Использование этих команд позволяет обеспечивать контроль совместимости различных элементов между собой.

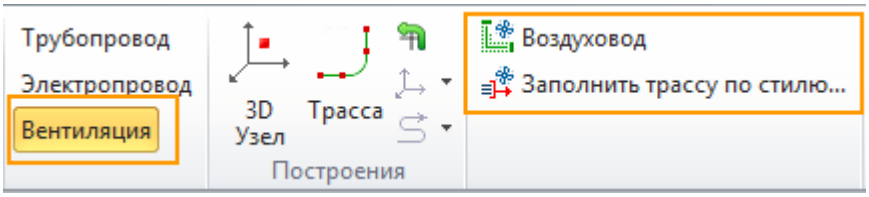
Для получения доступа к командам нужно активировать вкладку **Коммуникации** в ленте. Для этого нужно кликнуть по иконке



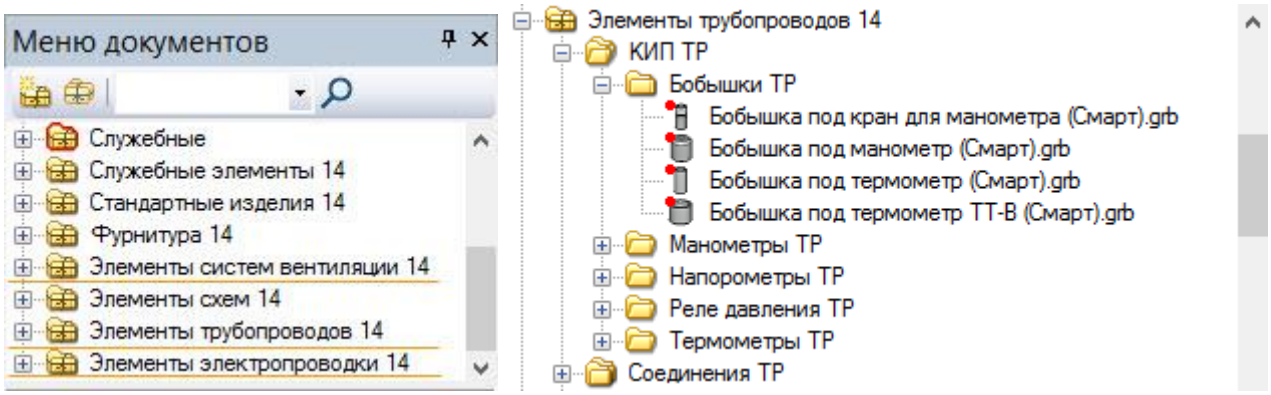
В выпадающем списке нужно выбрать пункт **Коммуникации**. Здесь находятся команды для каждого из типов коммуникаций, а также общие сервисные команды.



В левой части можно выбрать одну из трёх групп: **Электропровод**, **Вентиляция** или **Трубопровод**. При выборе группы становятся доступны команды для данного типа коммуникаций.



Для каждого типа коммуникаций имеется своя библиотека с набором соответствующих фитингов.



Фитинг — соединительная часть коммуникации, устанавливаемая в местах разветвлений, поворотов, переходов на другой диаметр. В системе T-FLEX CAD фитинг может быть представлен фрагментом или смарт-фрагментом. В последнем случае его поведение запрограммировано в макросе.

Подробную информацию о создании и использовании фитингов можно найти в разделе “Фитинги”.

Траектория для создания коммуникации строится при помощи команды **3PP: Построить трассу**.

Подробную информацию о создании трасс можно найти в главе “Трассы”.

Функциональность команд **Электропровод**, **Вентиляция**, **Трубопровод** группы **Коммуникации** одинакова. Отличие заключается в типах доступных для выбора точек подключения, трасс и фитингов.

Например, трубопроводы могут быть построены только на соответствующем им типе трасс, и соединяться только с другими трубопроводами. Это сделано для исключения ошибок в случаях, когда в сборке существует сразу несколько типов коммуникаций.

Элементы без назначенного типа могут быть соединены с любыми коммуникациями, в том числе фитингами.

Подробную информацию о задании типов коммуникаций можно найти в разделе “Типизация коммуникаций”.

Для создания коммуникаций без назначенного типа используется команда:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Трубопровод
Клавиатура	Текстовое меню
<3PI>	Операции > Трубопровод

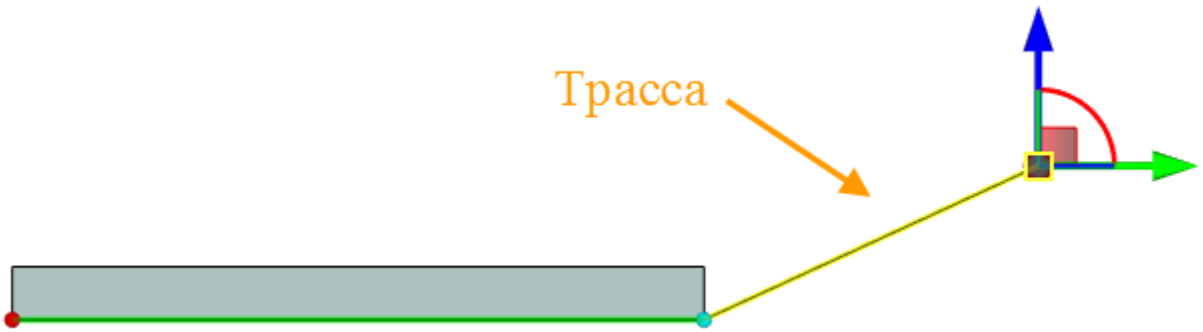
Команда позволяет использовать элементы начал, концовок и окончаний от разных типов коммуникаций. Далее в главе приведено общее описание функциональности команд без разделения на типы.

Пример создания коммуникации

В этом разделе приведён общий случай создания коммуникации типа трубопровод.

Для создания трубопровода нужно выбрать соответствующий пункт в текстовом меню **Сервис** > **Коммуникации** > **Трубопровод** > **Трубопровод**.

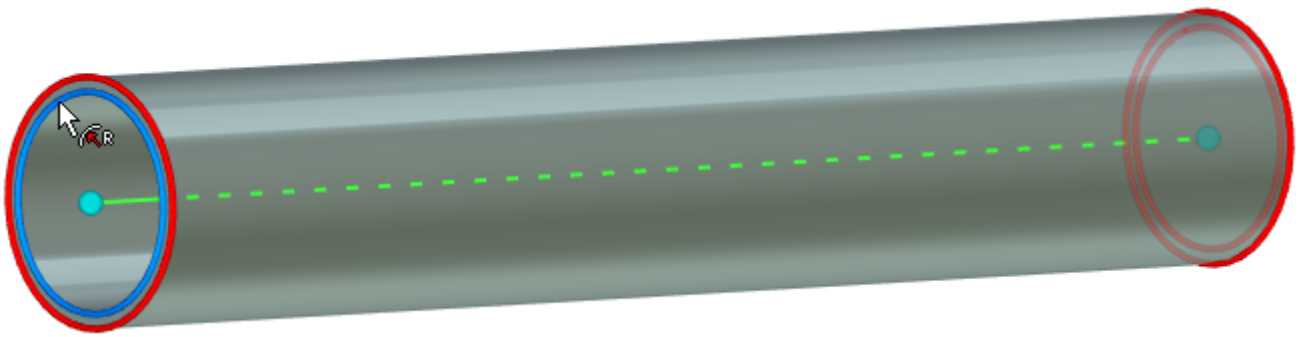
Операция **Трубопровод** позволяет создавать 3D тело, образованное перемещением контура по пространственной траектории - трассе. Трасса может быть создана с помощью одной из команд группы **Коммуникации – Трасса** или **Прокладка трассы**. Кроме того, трасса может быть задана ребром, 3D профилем или другим элементом, определяющим проволочную геометрию.



Форма и размеры профиля трубы задаются без дополнительных 2D построений. Они определяются в окне **Свойства**, появляющемся в левой части окна при вызове команды.

> Подробнее о свойства трубопровода можно прочитать в разделе “Свойства трубопровода”.

Имеется возможность построить трубу, как по всей длине трассы, так и на её ограниченном участке.



Для задания операции после вызова команды необходимо выполнить следующие действия:

1. Выбрать 3D кривую, которая задаёт траекторию движения профиля.
2. Задать границы трубопровода (необязательное действие).
3. Задать параметры операции (тип профиля, концовки и соединения, размеры и т.д.).
4. Подтвердить создание операции.

Создание трубопровода может производиться двумя способами:

1) Траектория трубопровода разбивается на отдельные участки – прямые линии, дуги окружности, сплайны. Для каждого сегмента строится отдельное тело - в зависимости от типа сегмента это линейчатая или сплайновая поверхность. В результате создаётся многотельная операция, к которой можно применить операцию **3SD: Создать операцию разделения на тела** для получения отдельных тел – сегментов трубопровода.

> Подробную информацию о создании операции разделения на тела можно найти в главе “Разделение”.

2) Траектория рассматривается как единый путь, вдоль которого с некоторым шагом перемещается профиль трубы. В результате получается единое тело, поверхность которого состоит из совокупности сплайновых и аналитических граней. В ряде случаев система может упростить геометрию получающегося тела, заменив (там, где это возможно) сплайновые поверхности аналитическими (участками цилиндра или тора).

> В версиях T-FLEX CAD 10 и ниже, при создании трубопровода как единого тела использовался иной механизм. Для трубопровода генерировалась единая сплайновая поверхность. При работе с такими трубопроводами в T-FLEX CAD будет использоваться старый алгоритм расчёта поверхности трубопровода.

По умолчанию используется первый способ. Его применение позволяет в дальнейшем затрачивать меньше времени на регенерацию модели. Однако созданный таким образом объект может вести себя некорректно при выполнении некоторых операций (например, при создании 2D проекции или булевой операции) из-за наличия в его составе нескольких тел. Применение второго способа устраняет этот недостаток, но время регенерации модели увеличивается.

Автоменю команды трубопровод

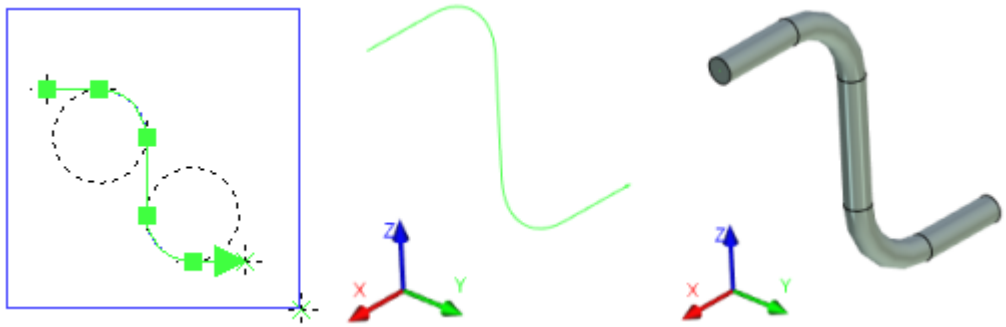
После вызова операции **Трубопровод** в автоменю автоматически устанавливается опция:

	<T>	Выбрать траекторию

Опция позволяет указать пространственную траекторию трубопровода, в соответствии с которой он будет проложен. Когда опция активна, нужно выбрать 3D объект. Этот объект определит траекторию, по которой будет построен трубопровод.

> Если в качестве траектории трубопровода выбирается 3D путь, построенный по 2D путям, его можно выбрать в 2D окне.

Выбранный 3D объект и определяющие его элементы подсвечиваются.



Если трасса не задана или требует корректировки, нужно воспользоваться опцией:

	<B>	Создать/редактировать трассу

Подробно создание трасс описано в главе «Трассы».

По завершении создания/редактирования трассы следует нажать , в результате чего произойдёт возврат в команду построения трубопровода.

Параметры трубопровода можно задать в диалоговом окне, вызываемом опцией:

	<P>	Задать параметры операции трубопровод

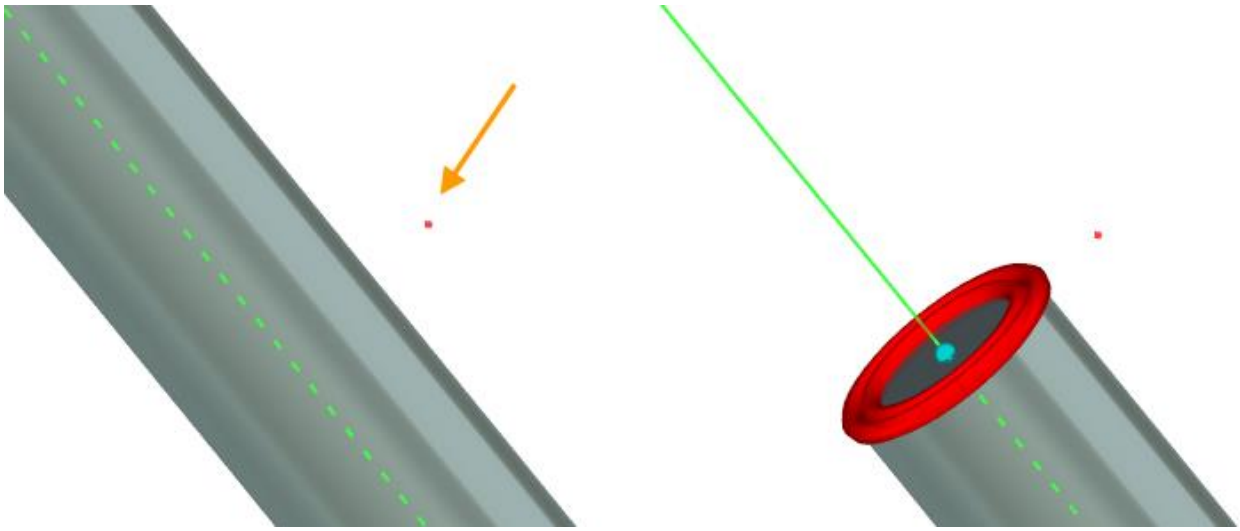
Подробное описание параметров трубопровода дано в разделе “Свойства трубопровода”.

Чтобы определить начало или конец трубопровода в соответствии с расположением других объектов в сцене, нужно воспользоваться опциями:

	<L>	Выбрать начальную точку трубопровода
	<M>	Выбрать конечную точку трубопровода

Данные опции позволяют выбрать в качестве соответствующей границы трубопровода любой 3D объект, способный определить точку. Система строит к этой точке плоскость, перпендикулярную трассе трубопровода. До этой плоскости и достраивается трубопровод.

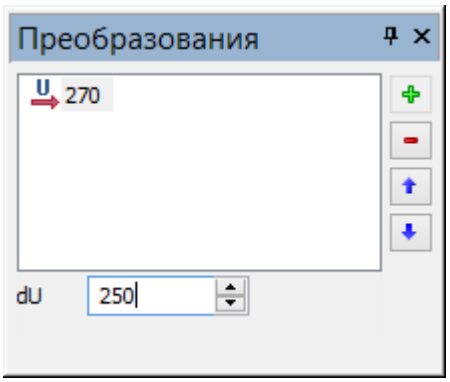
Концы трубопровода не могут выходить за пределы выбранной трассы.



Отредактировать положение начальной и конечной точки трубопровода можно с помощью опций:

	<S>	Редактировать расположение начальной границы
	<E>	Редактировать расположение конечной границы

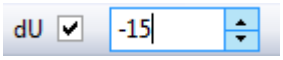
При выборе одной из опций появляется окно **Преобразования**, в котором показано текущее расположение одной границы относительно другой. Это значение можно изменить.



Определить границы трубопровода можно также с помощью манипуляторов. Для этого необходимо подвести курсор к манипулятору на границе трубопровода и, зажав, переместить его на требуемое расстояние. Начальная граница задаётся смещением от начала пути, величина смещения имеет знак "+". Конечная граница задаётся смещением от конца пути, величина смещения имеет знак "–".



Текущая величина смещения отображается на системной панели. Её можно изменить.



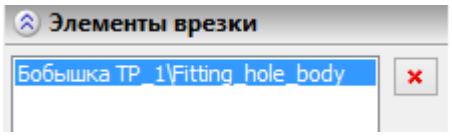
Для создания врезки используется опция:

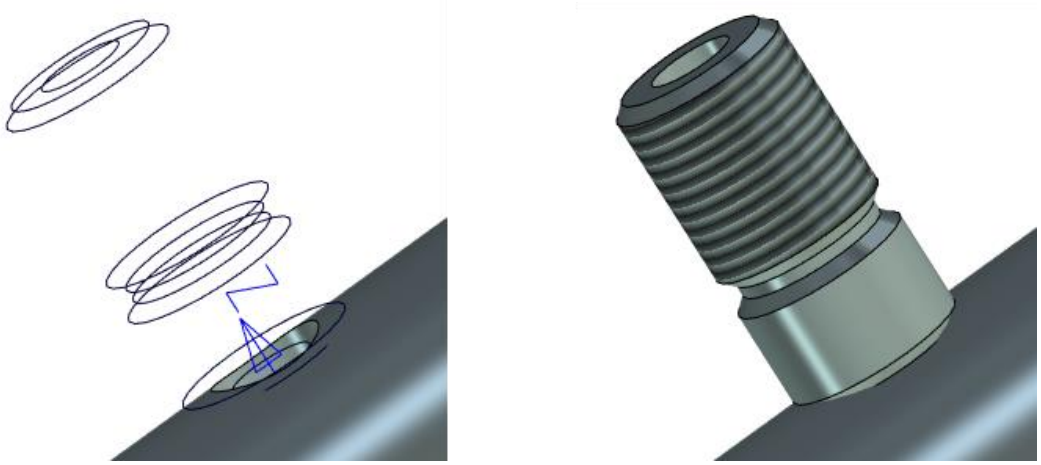
	<O>	Выбрать операцию для создания врезки

Опция позволяет выбрать тело, которое создаст вырез в трубе. После создания выреза тело останется в сцене.

> Врезка позволяет системе воспринимать трубопровод как единый элемент, даже если установлены фитинги, разделяющие его на части. Это необходимо для правильного учёта количества трубопроводов и длины каждого из них.

Элементы врезки отображаются в окне свойств коммуникации в секции **Элементы врезки**.





Отменить выбор всех исходных путей и точек можно с помощью опции:

	<K>	Отменить выбор пути и точек

Для редактирования стандартов трубопроводов используется опция:

	<G>	Редактировать список стандартов

После её активации появляется окно **Редактор стандартов**. В этом окне можно задать параметры профиля трубопровода на основе существующих стандартов.

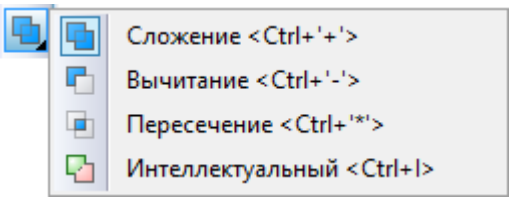
> Подробную информацию о стандартах трубопровода и их использовании можно найти в разделах “Параметры” и “Редактор стандартов трубопровода”.

Для выбора доступных библиотек концов и середин трубопроводов используется опция:

	<C>	Конфигурация библиотек

> Подробную информацию об этой опции можно найти в главе “Отверстия”.

Создаваемый трубопровод можно сразу использовать для булевой операции. Для этого следует выбрать в автоменю один из типов операции:



Выбрать исходное тело для создания операции можно с помощью опции:

	<Ctrl+T>	Выбрать исходное тело для булевой операции

> Подробную информацию о создании булевой операции можно найти в главе “Булева операция”.

Свойства трубопровода

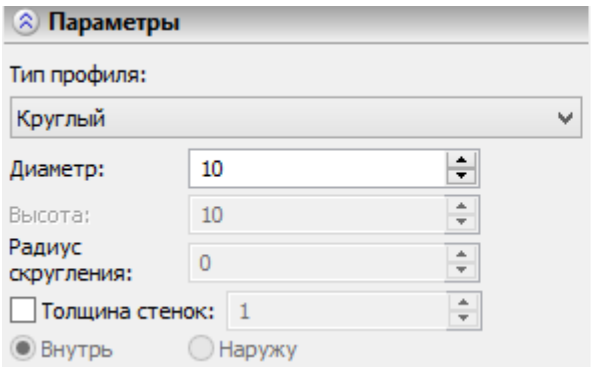
В окне **Свойства** команды **Трубопровод** можно определить следующие свойства трубопровода:

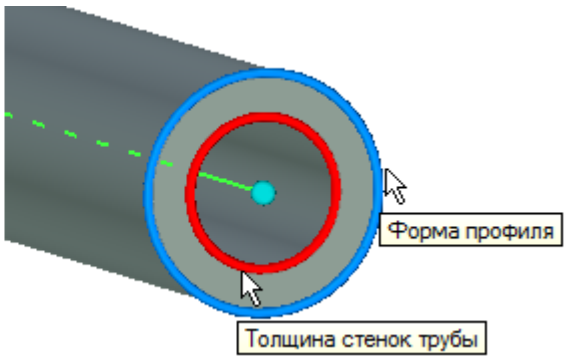
Параметры

В разделе **Параметры** задаются основные свойства профиля трубопровода.

Тип профиля. В выпадающем списке можно выбрать один из типов профиля: **круглый**, **прямоугольный, выбрать стандарт**. В зависимости от выбранного типа профиля предлагается задать его размеры.

Круглый профиль





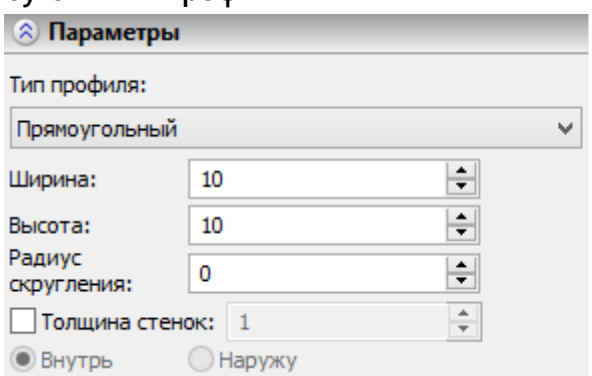
Диаметр трубы. По умолчанию в этом поле задаётся значение наружного диаметра трубы. Если переключатель установлен в положение **Наружу,** параметр определяет внутренний диаметр трубы.

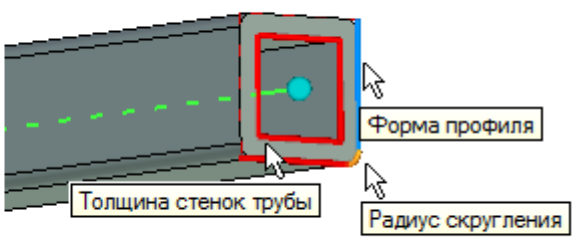
Толщина стенок. Разница между наружным и внутренним радиусами трубы. По умолчанию эта величина откладывается внутрь трубы (переключатель установлен в положение **Внутрь**).

Изменять диаметр и толщину стенок трубы можно при помощи манипуляторов в 3D сцене. Текущее значение редактируемого параметра можно отслеживать и задавать на системной панели.

> Если при создании трубопровода исчезает изображение скругления между двумя прямыми участками трубы, то это говорит о том, что соотношение между диаметром скругления и диаметром трубы было задано некорректно.

Прямоугольный профиль





Ширина, высота, радиус скругления по умолчанию задают параметры наружного профиля трубы. Если переключатель установлен в положение **Наружу**, определяется внутренний профиль. Допустимое значение **радиуса скругления** от “0” (отсутствие скругления) до половины минимальной из размерностей: длины или высоты.

> Если радиус скругления не попадает в допустимое значение или по внутренним причинам не удалось построить сглаживание, система выведет диагностическое сообщение.

Толщина стенок. По умолчанию эта величина откладывается внутрь трубы (переключатель установлен в положение **Внутрь**).

Изменять размеры прямоугольного профиля можно при помощи манипуляторов в 3D сцене. Текущее значение редактируемого параметра можно отслеживать и задавать на системной панели.

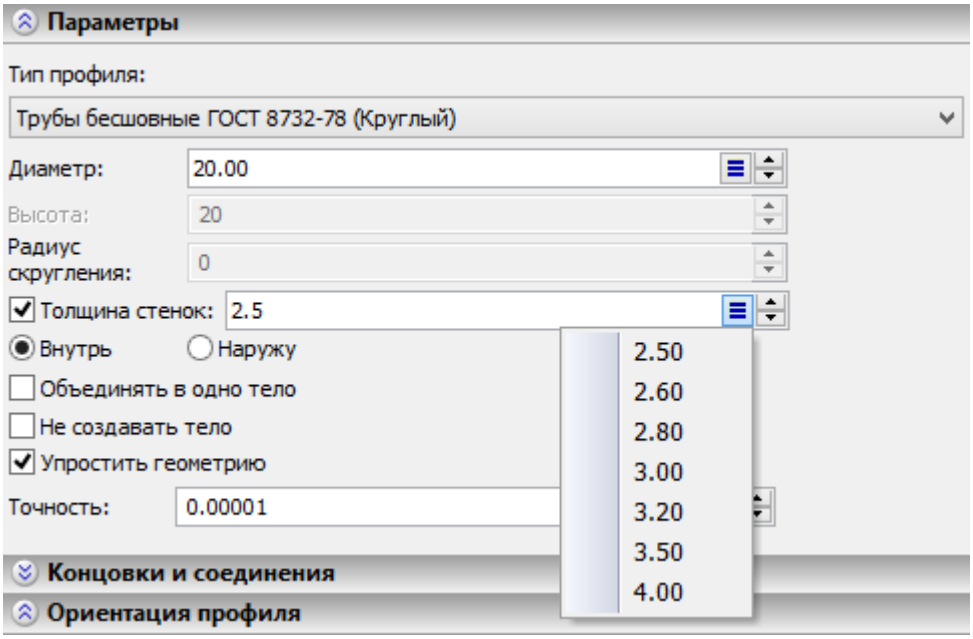
Выбрать стандарт

Если тип профиля должен соответствовать определённому стандарту, значения его параметров выбираются из заданного списка значений этого стандарта.

Параметры делятся на управляющие и управляемые (зависимые). Набор допустимых значений зависимого параметра определяется выбранным значением управляющего.

Для круглого типа профиля управляющим параметром является диаметр, зависимыми – толщина стенок, фиксация внутреннего сечения, объединение в одно тело.

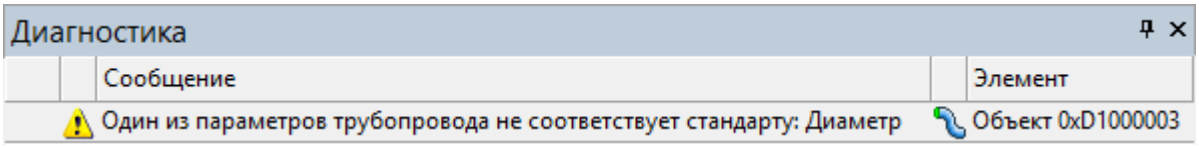
Для прямоугольного: управляющие параметры – ширина и высота; зависимые - толщина стенок, фиксация внутреннего сечения, сглаживание.



Управление списком стандартов осуществляется с помощью окна **Редактор стандартов**.

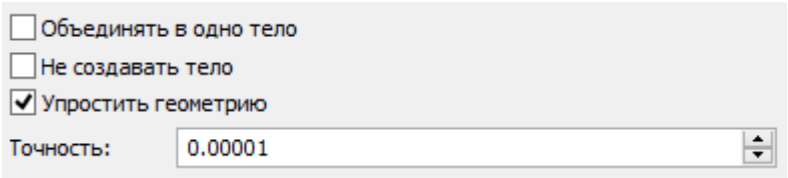
Подробную информацию об этом окне можно найти в разделе “Редактор стандартов”.

При редактировании профиля трубопровода, определённого стандартом, система выведет диагностическое сообщение, если установленное значение какого-либо из параметров не соответствует стандарту.



Общие параметры

Для всех типов профиля доступны следующие параметры:



Объединять в одно тело. Данный параметр задаёт способ создания трубопровода. Когда флаг не установлен, используется первый способ создания (по отдельным сегментам пути). В результате получается многотельная операция. При установленном параметре используется второй способ, т.е. результат операции будет представлять собой одно тело.

Подробную информацию о способах создания трубопровода можно найти в разделе “Пример создания коммуникации”.

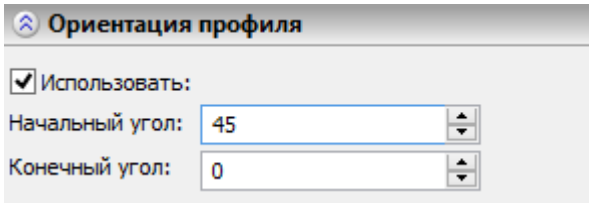
Не создавать тело. При установке данного параметра, операция создаётся, но не отражается в 3D сцене. Это уменьшает время пересчёта модели. Данный параметр можно использовать в моделях с большим количеством трубопроводов.

Упростить геометрию. При установке данного параметра, геометрия получающегося тела будет упрощаться за счёт замены (там, где это возможно) сплайновых поверхностей на аналитические поверхности (участками цилиндра или тора).

Точность. Данный параметр задаёт точность построения трубопровода. Условно можно считать этот параметр шагом перемещения профиля трубы по траектории трубопровода.

Ориентация профиля

Возможность задавать угол вращения трубопровода включается установкой флага **Использовать**. Флаг доступен только для прямоугольного профиля.



Ориентация профиля - полный угол вращения относительно оси направленной вдоль касательной к пути. Он задаётся на границах трубы двумя параметрами:

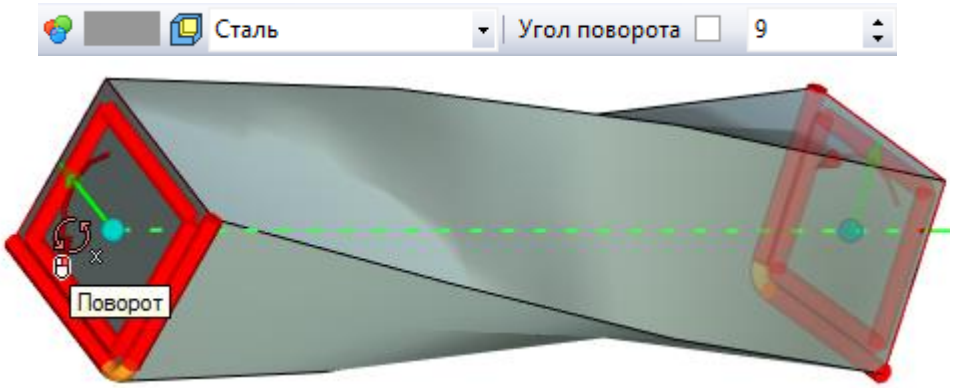
Начальный или **конечный угол**, определяется как угол между осями Y базовой ЛСК и исходной ЛСК.

Исходная ЛСК – ось X направлена по касательной к пути, ось Y по принципиальной нормали к пути.

Базовая ЛСК – ЛСК (коннектор, точка подключения), с которой совпадает граница трубы (начало или конец). Ось X направлена по касательной к пути, точка начала системы координат совпадает с точной границей (начало или конец) трубы.

Угол задаётся пользователем через **Окно свойств** или с помощью манипулятора в 3D сцене.

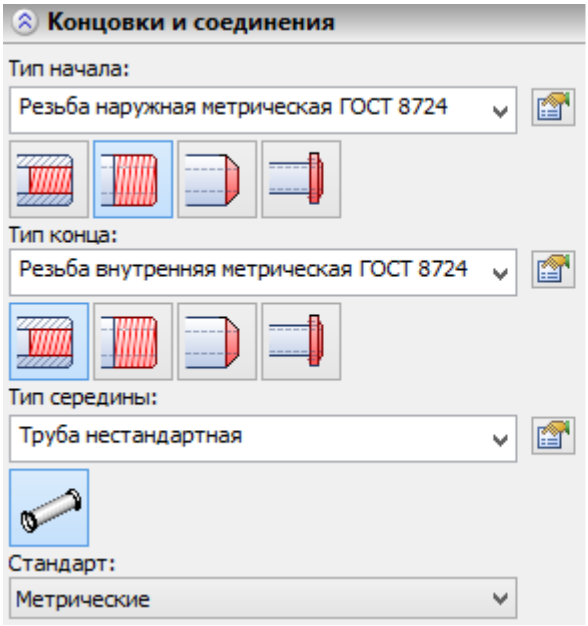
При использовании манипулятора текущий угол поворота отображается на системной панели.

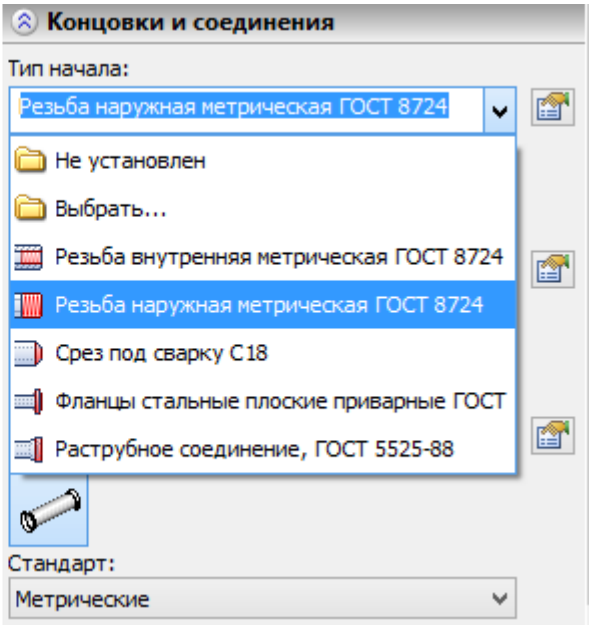


Концовки и соединения

В команде **Трубопровод** имеется возможность устанавливать типы концовок и соединений трубопровода путём добавления в модель соответствующих фрагментов из библиотеки. В качестве фрагментов могут выступать внешняя и внутренняя резьба, развальцовка, срез под сварку и др.

В окне **3D Модели** такой трубопровод представлен как один объект, хотя физически может содержать в себе несколько фрагментов (начало, середина, конец). При попытке редактирования таких фрагментов происходит запуск команды **Изменить трубопровод**.





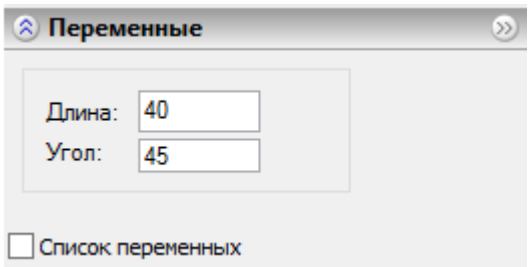
Тип концовки или соединения можно выбрать из выпадающего списка быстрого доступа или щёлкнув на соответствующей этому типу иконке. Если в списке выбран тип, иконка которого отсутствует в окне свойств, то крайняя правая иконка будет заменена на иконку последнего выбранного типа. В выпадающем списке есть пункт “Выбрать”. С помощью него можно выбирать фрагменты, в случае если для одного стандарта подключено несколько библиотек.

Для выбора стандарта доступных типов отверстий можно использовать выпадающий список в поле **Стандарт**.

> Элементы концовки и соединения созданы как адаптивные фрагменты. Они хранятся в папке *“T-FLEX CAD\Библиотеки\Коммуникации”*. Набор таких фрагментов может быть дополнен пользователем.

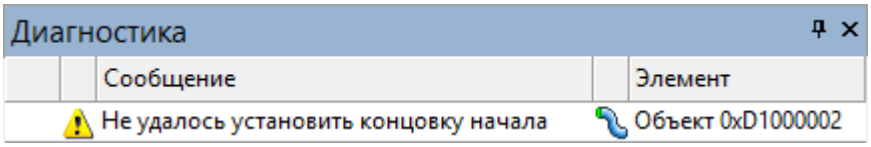
Для выбора стандарта доступных типов концовок и соединений можно использовать выпадающий список в поле **фильтр**.

Для задания значений внешних переменных фрагментов предназначены иконки справа от названия фрагмента . При нажатии на эту иконку в окне **Свойства** появляется раздел **Переменные**.



После ввода значений переменных, система проводит проверку на корректность установки концовок и выводит диагностические сообщения при невозможности их создания.

Например, такая ситуация может возникнуть, если длина концовки больше длины трубопровода.



Вы можете выбрать тип концовки и соединения с помощью опции:

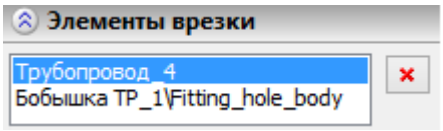
	<B>	Конфигурация библиотек

Подробную информацию об этой опции можно найти в главе “Отверстия”.

Элементы врезки

В данной секции отображаются элементы, использованные в опции **Выбрать операцию для создания врезки**, а также элементы, использованные для создания формы выреза в трубе. Эти элементы не добавляются в окно **3D Модель**.

При необходимости их можно удалить с помощью кнопки .



Редактор стандартов

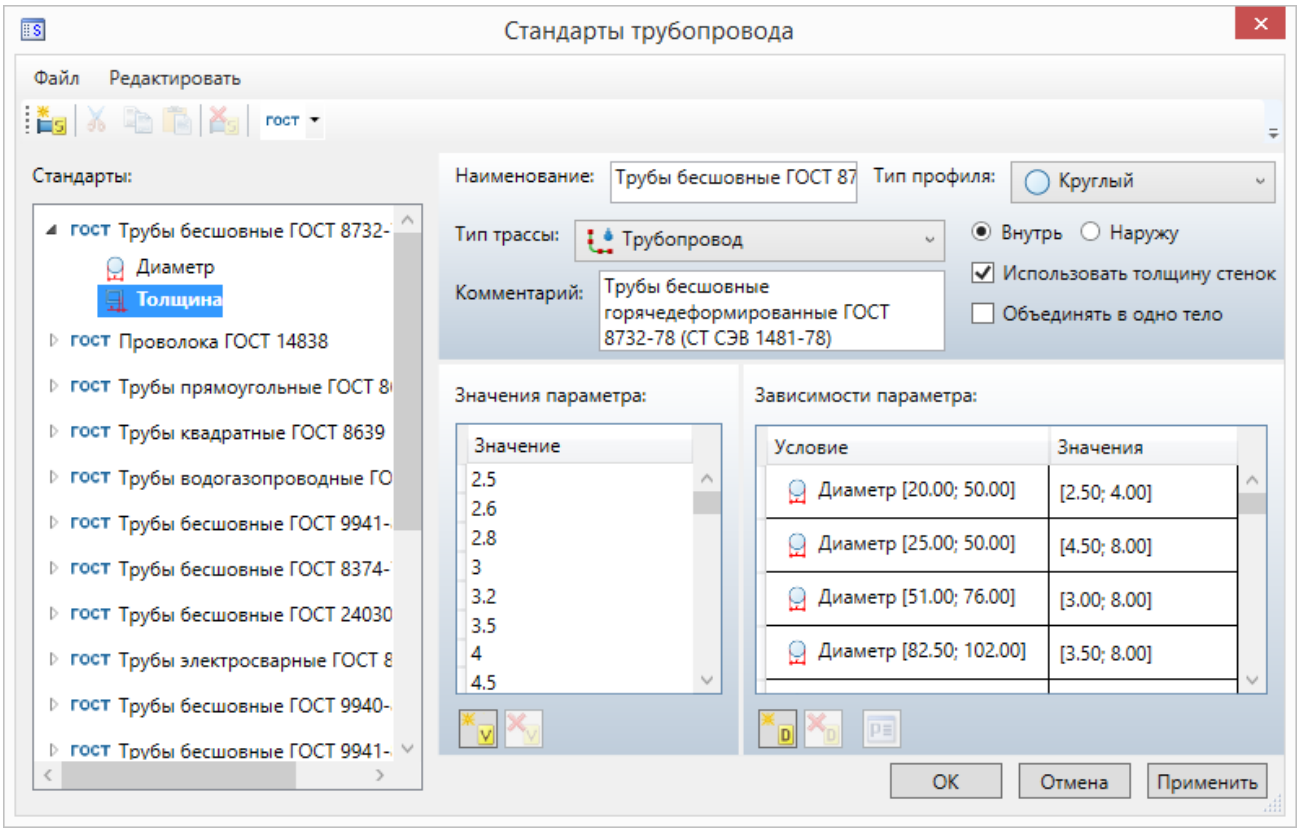
Редактор служит для создания списка стандартов трубопровода. Здесь можно задать основные свойства стандарта и его управляющие и управляемые параметры.

Вызов редактора стандартов трубопровода осуществляется из автоменю команды **Трубопровод** с помощью опции:

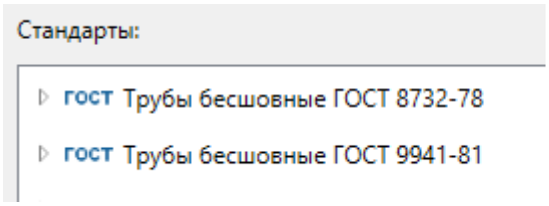
	<G>	Редактировать список стандартов

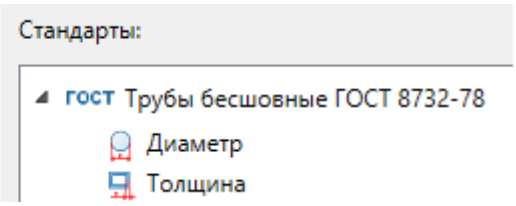
В левой части окна редактора отображается список всех доступных стандартов с указанием определяемых ими параметров трубопровода. Справа отображаются параметры стандарта. При необходимости эти параметры можно изменить. В верхней части окна находится панель инструментов. Она служит для работы со списком стандартов.

Список стандартов с параметрами хранится в файле **PipeStandards.xml** в папке “T-FLEX CAD \Program”.



Для стандарта можно вводить допустимые значения параметров и зависимости между ними. Чтобы показать список доступных к редактированию параметров, необходимо щёлкнуть по значку ▷, слева от наименования стандарта.





При выделении какого-либо параметра, в правой части окна отображается список его возможных значений, а для управляемого параметра - список зависимостей. Зависимости показывают, какие значения может принимать управляемый параметр при конкретном значении управляющего или в заданном интервале значений.

Редактор позволяет изменять существующие стандарты и добавлять новые. Для добавления стандарта необходимо нажать на кнопку  на панели инструментов, выбрать тип стандарта (ГОСТ, ISO или др.) из выпадающего списка  и заполнить все нужные поля в правой части окна.

Иконки на панели инструментов служат для того чтобы вырезать , копировать , вставить  или удалить  стандарт.

Для стандарта трубопровода можно установить следующие параметры:

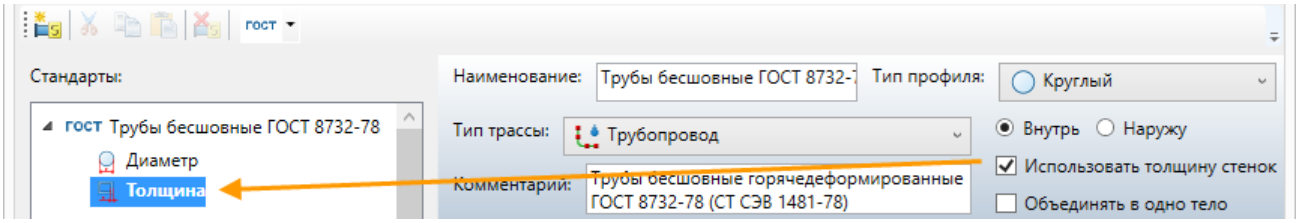
Наименование – имя стандарта, которое будет отображаться в списке.

Тип трассы – определяет тип трассы, к которой может быть применён данный стандарт.

Тип профиля – определяет профиль для данного стандарта – **круглый** или **прямоугольный**.

> Подробную информацию о типах профилей можно найти в разделе “Параметры”.

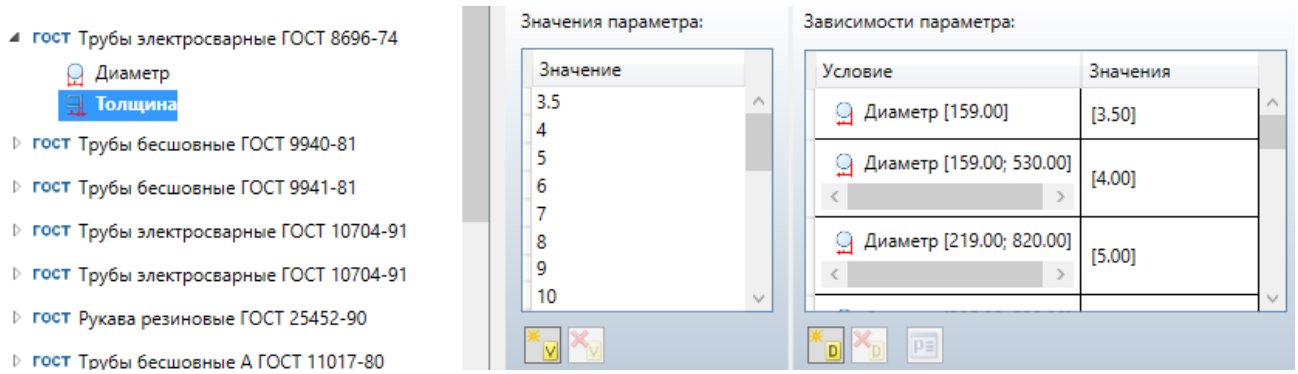
- **Внутрь, наружу.** Можно выбрать один из способов приращения толщины стенок. Изменение способа приращения толщины стенок **Внутрь\Наружу** в окне **Свойства**, будет считаться нежелательным. Способ приращения может быть изменён, но это приведёт к сообщению в окне диагностики.
- **Использовать толщину стенок.** Если флаг установлен, то в списке стандартов появляется параметр **Толщина**. Без флага задание значений толщины стенок недоступно.



- **Объединять в одно тело.** Флаг идентичен одноимённому флагу в окне параметров трубопровода. Задаёт путь создания тела для данного стандарта.

> Подробную информацию о свойствах флага можно найти в разделе “Параметры”.

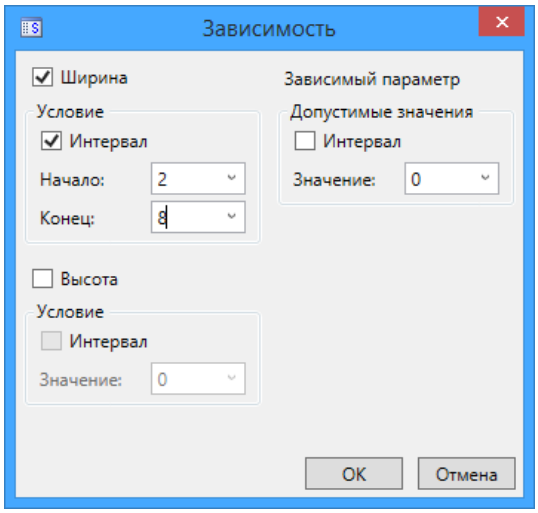
После выбора параметра стандарта из списка в левой части окна, можно задавать его значения и зависимости в правой части окна.



Значения параметров добавляются путём нажатия на кнопку , зависимости создаются с помощью кнопки .

Для удаления значений и зависимостей используются кнопки  и  соответственно или клавиша *<Delete>*.

Для редактирования ранее созданной зависимости следует нажать . После нажатия на иконку появляется диалоговое окно **Зависимость**.

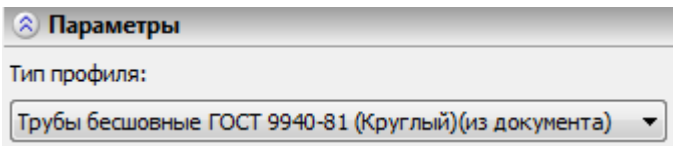


В окне **Зависимость** предлагается задать значение или интервал значений управляющих параметров и зависимого параметра. Для задания интервала значений необходимо установить флажок в соответствующем поле.

Изменение стандарта

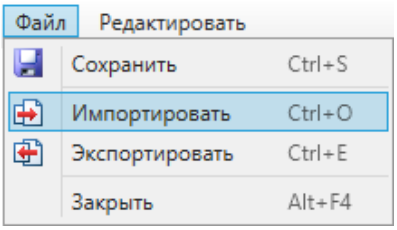
Если стандарт по какой-либо причине был изменён в редакторе, это не повлияет на коммуникации, созданные на основе этого стандарта.

Трубопровод, построенный с использованием исходной версии стандарта, не изменится, но в диалоге параметров трубопровода к названию стандарта добавляется пометка «из документа».



Импорт/Экспорт стандартов

Редактор стандартов позволяет экспортировать и импортировать списки стандартов в формате XML-файлов. Соответствующие команды вызываются в пункте меню **Файл** > **Импортировать**, **Файл** > **Экспортировать**.

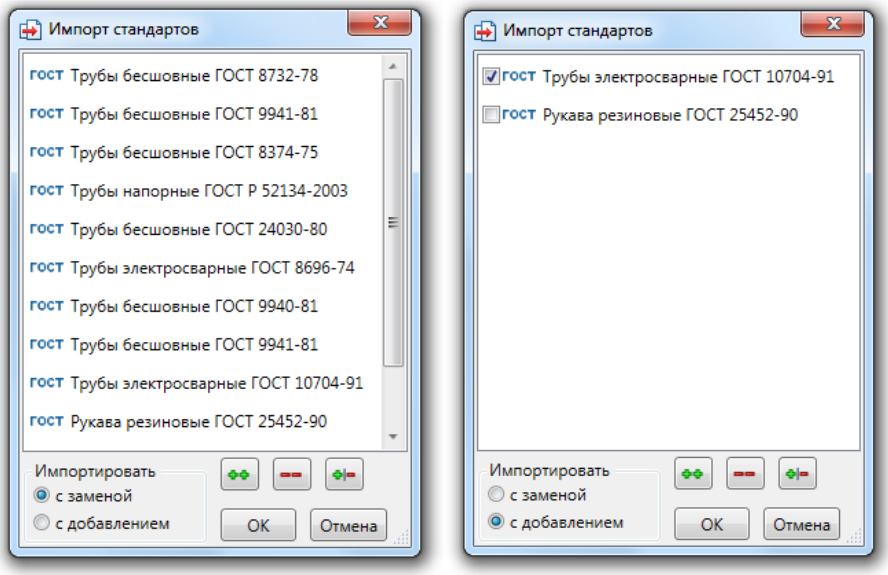


При экспорте стандарта необходимо указать имя файла и папку для его хранения.

При импорте стандартов доступны две опции:

- **с заменой**: текущий список полностью заменяется списком стандартов из внешнего файла.

- **с добавлением**: в окне можно выбрать стандарты, которые необходимо поместить в текущий список при импорте. Импортируемый список при этом фильтруется - не отображаются стандарты, уже имеющиеся в текущем списке.



Иконки в нижней части окна позволяют выполнять следующие действия со списками стандартов:

 - выбрать все стандарты.

 - отменить выбор всех стандартов.

 - инвертировать выбор стандартов.

Фитинги

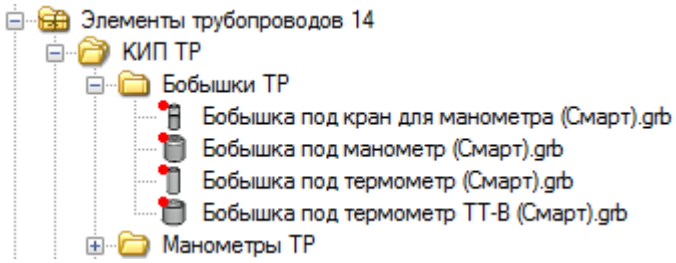
Фитинг — соединительная часть трубопровода, устанавливаемая в местах его разветвлений, поворотов, переходов на другой диаметр. Фитинги служат для герметичного перекрытия трубопровода и прочих вспомогательных целей.

В качестве фитингов удобно использовать смарт-фрагменты. Смарт-фрагменты автоматически адаптируются под ранее созданные элементы и влияют на состав и геометрию фрагментов, которые к ним пристыковываются.

Например, при врезке крестовины в пересечение двух труб, эти трубы автоматически разрезаются пополам. Их торцы преобразуются в соответствии с требуемым типом соединения с крестовиной. Автоматическая связь с параметрами других элементов коммуникаций обеспечивается макросом, включённым в файл фитинга, и использованием специальных переменных, коннекторов и ЛСК.

В общем случае создание фитинга похоже на создание 3D фрагмента с использованием макроса. Ниже подробно описаны особенности создания и использования каждого типа фитинга.

Файлы, которые подготовлены для использования в качестве фитингов, содержат в имени строку «(смарт)». При необходимости можно добавлять в библиотеку свои элементы.



Фитинг получает часть значений своих внешних переменных из параметров трубопровода, например, диаметр трубы. Кроме того, фитинг может передавать значения параметров трубопроводу, если это задано в файле фитинга.

По умолчанию определены следующие типы фитингов:

Имя фитинга	**Описание**
Cap	заглушка, двойное колено, ниппель (переходник с трубы на гибкий шланг)
CornerFracture	уголок на излом
CornerRadius	уголок на радиус
Tee	тройник
Crossing	крестовина
Adapter	адаптер, переходник, втулка, гайка, клапан, редуктор
Clamp	хомут, может взаимодействовать с параллельными трубами
CornerEnd	уголок концевой, может взаимодействовать с параллельными трубами
Inset	врезка в трубу
None	тип не определён

Вставка фитинга

Для вставки фитинга используется механизм Drag’n’Drop.

После перемещения фитинга из библиотеки в сцену появляются опции для определения его положения на трубопроводе.

	<P>	Выбрать путь
	<T>	Выбрать трубопровод

Когда выбрана опция , фрагмент располагается в указанной точке пути. При выборе опции , система определяет подходящую для привязки точку на выбранном трубопроводе (излом трассы, пересечение трасс, конечная точка трассы), если это возможно.

После выбора пути или трубопровода, для каждого типа фитинга появляется свой набор опций.

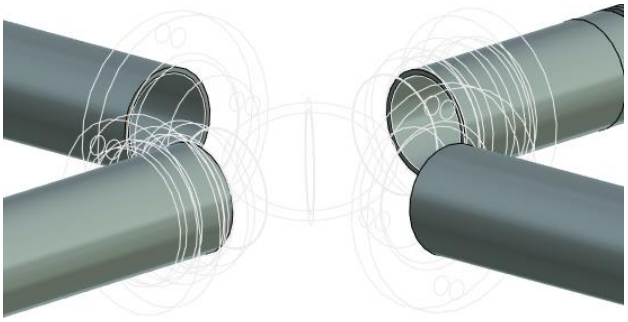
Для Tee и Crossing:

	<R>	Развернуть фрагмент вдоль главного направления
	<T>	Развернуть фрагмент вдоль альтернативного направления
	<V>	Выбрать следующую точку привязки

Опции и позволяют поворачивать фрагмент вокруг главного и альтернативного направления, тем самым меняя положение стволов и отростков.

Опция доступна, если фрагмент расположен на пересечении двух трубопроводов/путей.

> Если фрагмент (тройник или крестовина) находится в точке пересечения путей – управление вращением и перемещением с помощью манипулятора запрещено.



Для угольников CornerFracture, CornerRadius, CornerEnd:

	<R>	Развернуть фрагмент вдоль главного направления
	<F>	Выбрать следующую точку привязки

При вызове опций  или  автоматически подбирается следующая подходящая для привязки фитинга точка. При следующих вызовах точки будут циклически перебираться.

Уголок может быть установлен на концах трубы и на изломах

Для Inset, Clamp:

	<D>	Выбрать трубопровод для привязки направления оси Y
	<R>	Развернуть фрагмент

Выбрав опцию  необходимо выбрать трубопровод. В соответствии с его положением будет направлена ось Y.

Для Cap, Adapter:

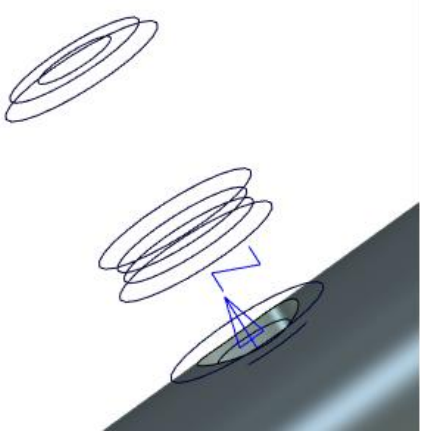
	<R>	Развернуть фрагмент

Данные типы фитинга ограничивают трубу на концах.

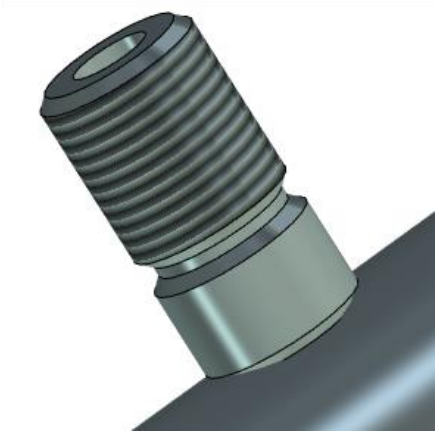
Для всех вставляемых смарт-фрагментов доступны опции:

	<E>	Рёберное отображение
	<N>	Вставить новый фрагмент после подтверждения

Рёберное отображение. Позволяет переключаться между режимом рёберного отображения и режимом тоновой закраски с материалом.



Рёберное отображение

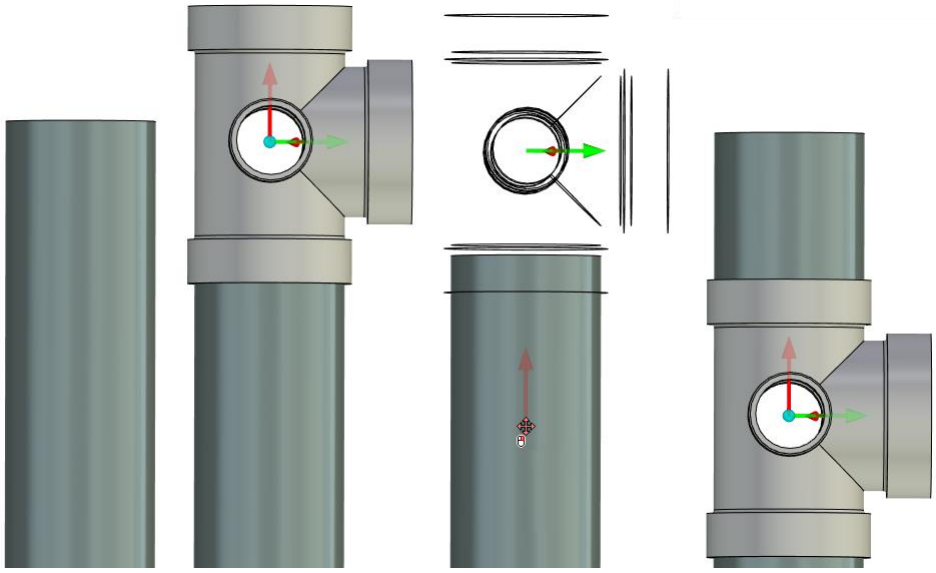


Тоновая закраска с материалами

Вставить новый фрагмент после подтверждения. После нажатия кнопки подтверждения, будет вставлен новый фрагмент, аналогичный предыдущему.

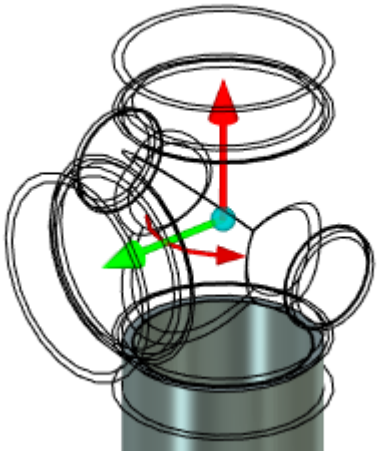
Основные положения

При вставке фитинга в конец трубы или начало трубы – разделение трубы не происходит. При изменении типа привязки будет произведено разделение трубы на две, если это возможно. При этом исходные концевые параметры первичной трубы будут восстановлены.

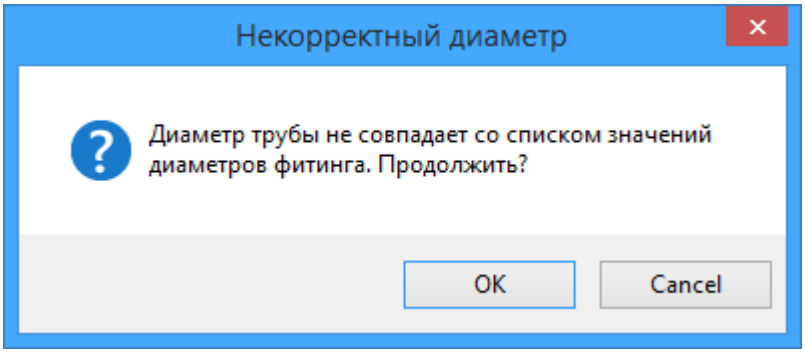


При добавлении фитинга или изменении его положения, система определяет необходимость разбиения трубы на две. Неиспользуемая часть трубы будет подавлена и удалена после выхода из команды.

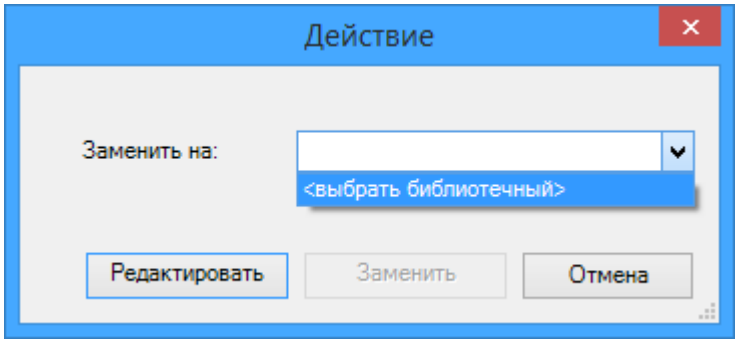
Для позиционирования фитинга может быть использован специальный манипулятор, который позволяет вращать фитинг и перемещать его вдоль пути.



В случае если выбранный фитинг не соответствует трубопроводу, появляется соответствующее предупреждение.

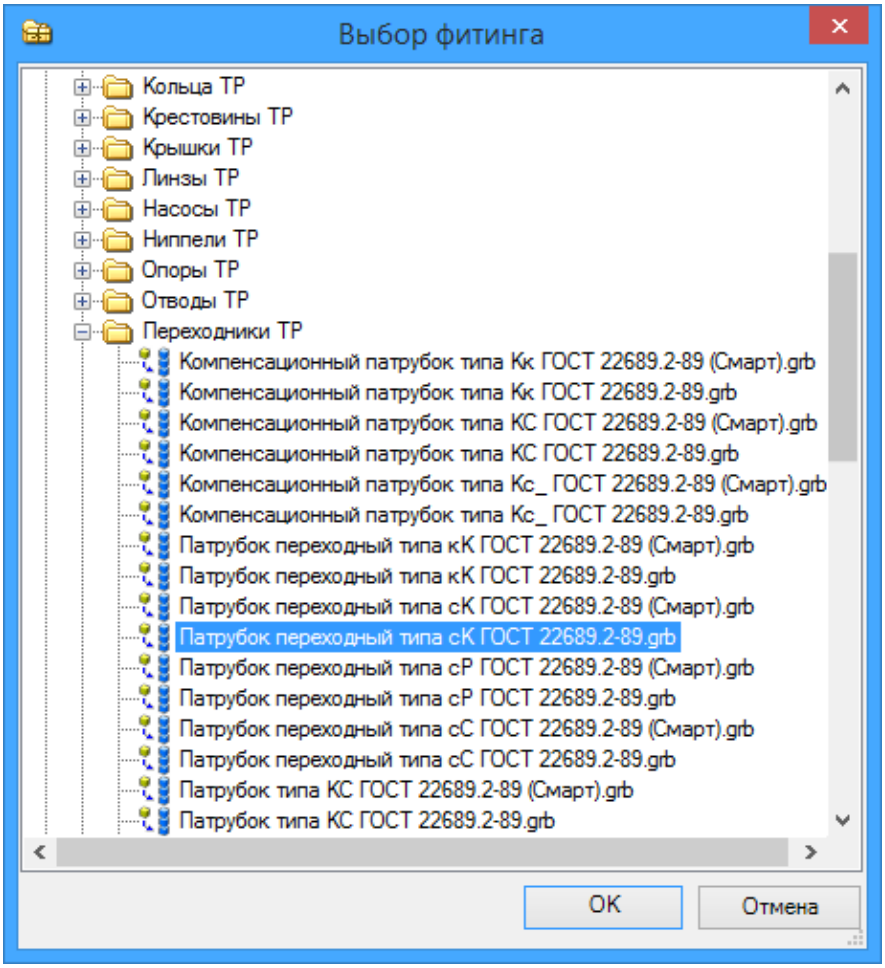


При редактировании фитинга появляется окно **Действие**. В нём можно выбрать редактирование текущего фитинга, выбрать новый фитинг из библиотеки или отменить редактирование.

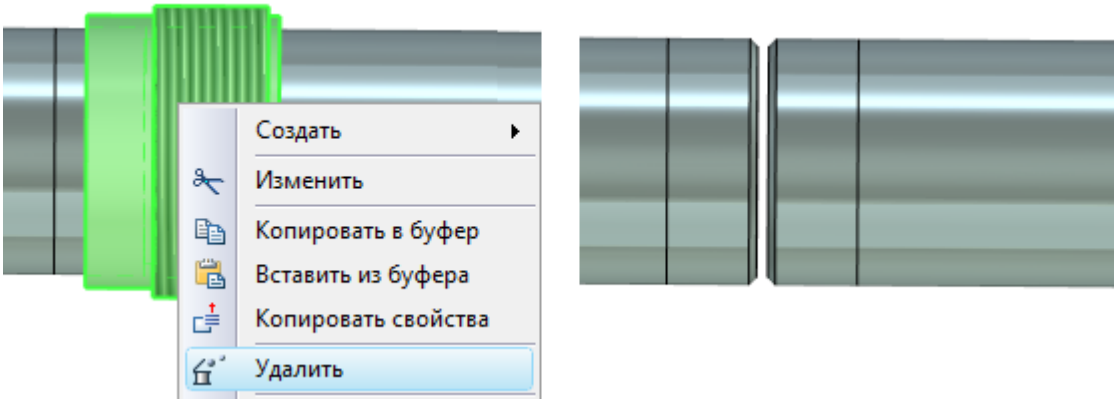


Для замены фитинга нужно выбрать новый фрагмент из библиотеки с помощью пункта <Выбрать библиотечный>. При замене фитинга появляется окно **Выбор фитинга**, в котором можно указать в списке один из фрагментов библиотеки. После этого необходимо нажать кнопку [Заменить] в окне **Действие**.

> После замены система автоматически выходит из команды редактирования.



При удалении фитинга связанные с ним трубы не удаляются.



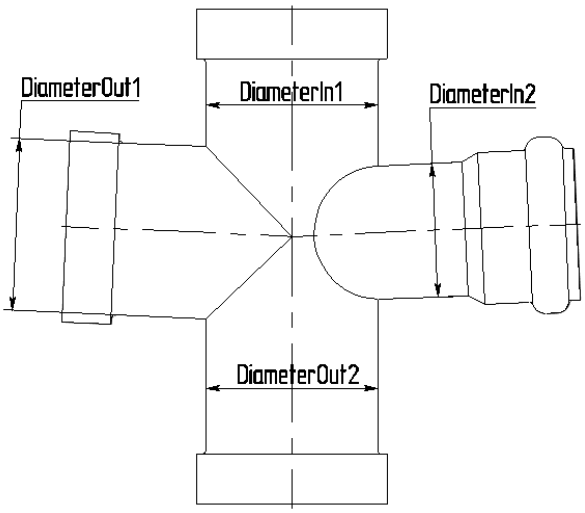
Имена параметров фитинга

Таблица ключевых внешних диаметров smart-фрагмента.

Имя переменной	Назначение	Описание
DiameterIn1	Управляет входным диаметром фитинга главного направления	Обязательно наличие переменных у Cap, CornerXxx, Tee, Crossing, Adapter, Clamp
DiametrOut1	Управляет выходным диаметром фитинга главного направления	Обязательно наличие переменных у CornerXxx, Tee, Crossing, Adapter
DiametrIn2	Управляет входным диаметром фитинга альтернативного направления	Обязательно наличие переменных у Crossing
DiametrOut2	Управляет выходным диаметром фитинга альтернативного направления	Обязательно наличие переменных у Tee, Crossing

Внешняя переменная Diameter*** отвечает за связь между соответствующими диаметрами фитинга и трубы. Благодаря переменным, макрос может считать диаметр трубы, к которой присоединяется фитинг и задать соответствующий диаметр самого фитинга.

При создании смарт-фрагмента может использоваться от одной (бобышка, крестовина с одинаковыми диаметрами всех ответвлений) до четырёх (крестовина с четырьмя разными диаметрами) внешних переменных, в зависимости от количества входных и выходных диаметров фитинга.



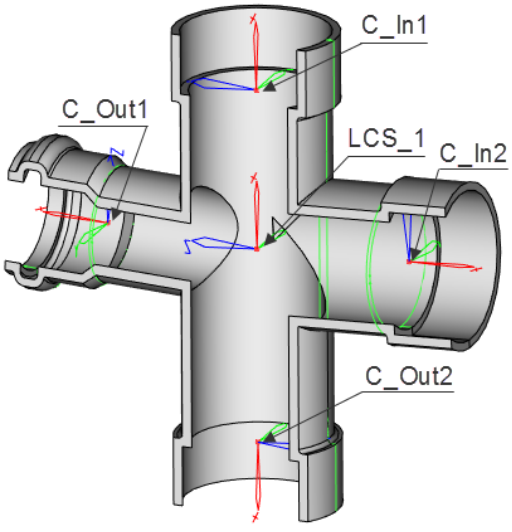


Таблица ключевых ЛСК smart-фрагмента.

Объект	Описание
LCS_1	Исходная ЛСК фрагмента, обязательно должна быть указана как ЛСК по умолчанию в параметрах документа фрагмента.
C_In1, C_Out1, C_In2, C_Out2	Имена коннекторов, входной/выходной главного и альтернативного направления

Перечисленные в таблице ЛСК отвечают за обрезку трубопровода, на который вставляется фитинг.

Для присоединения фрагмента обязательно должна быть создана главная ЛСК - LCS_1, отвечающая за положение фитинга на трубопроводе. Остальные четыре ЛСК отвечают за присоединение труб соответствующих диаметров и появления соединительных элементов (фланца, резьбы) в местах сопряжения трубы с фитингом. Эти ЛСК учитываются в макросе.

Таблица ключевых параметров коннектора, управляющих логикой работы команды вставки smart-фрагмента.

Имя параметра	Назначение	Описание
autoFilePipeEnd	Тип конца/начала трубы, если данный коннектор является окончанием трубы. Может отсутствовать.	Шаблон значения параметра: *<библиотека>имя_файла*.grb Отвечает за следующие функции: - создаёт на трубе косметическую резьбу - срезает кромку под сварку - делает развальцовку
autoLength	Длина фрагмента в направлении данного коннектора	Сумма длин входного и выходного коннектора = длина направления (главного или альтернативного)
autoDiameter	Значение диаметра трубы будет взято с фитинга	Параметр может отсутствовать. В этом случае будет назначен диаметр как у исходной трубы
autoThickness	Значение толщины трубы будет взято с фитинга	Параметр может отсутствовать. В этом случае будет назначена толщина как у исходной трубы

auto - управляет логикой работы команды при вставке smart-фрагмента с коннектором.

Перечисленные выше параметры позволяют задавать дополнительные настройки фитинга при вставке.

Поведение смарт-фрагментов в трубопроводных системах

1.	У-образные сгибы	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу. • Делит участок трубы на два участка • Делит трубопровод на более чем два участка • Модифицирует диаметр трубы с большего на меньший и обратно • Срезает кромку под сварку • Вставляется на середину участка трубопровода • Вставляется на концы трубопровода • Вставляется на радиусы трубопровода • Вставляется на углы трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с несколькими трубопроводам • Взаимодействует с другими фитингами • Взаимодействует с пересекающимися ветвями трубопровода
2.	Адаптер (ниппель)	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Делит участок трубы на два участка • Модифицирует диаметр трубы с большего на меньший и обратно • Вставляется на концы трубопровода • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с несколькими трубопроводам • Взаимодействует с другими фитингами • Взаимодействует с параллельными ветвями трубопровода • Делает развальцовку трубы/шланга
3.	Ветви (приварные бобышки)	• Делает отверстие в трубе • Срезает кромку под сварку • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с несколькими трубопроводами • Взаимодействует с пересекающимися ветвями трубопровода

4.	Втулки	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Делит участок трубы на два участка • Модифицирует диаметр трубы с большего на меньший и обратно • Срезает кромку под сварку • Вставляется на концы трубопровода • Вставляется на середину участка трубопровода
5.	Гайки/перегородки (контргайки)	• Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом
6.	Двойное колено	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Срезает кромку под сварку • Вставляется на концы трубопровода • Отсекает вторую часть трубопровода • Модифицирует диаметр трубы с большего на меньший и обратно • Срезает кромку под сварку • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с несколькими трубопроводами • Взаимодействует с параллельными ветвями трубопровода • Взаимодействует с другими фитингами
7.	Клапаны	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Делит участок трубы на два участка • Отсекает вторую часть трубопровода • Модифицирует диаметр трубы с большего на меньший и обратно • Срезает кромку под сварку • Вставляется на концы трубопровода • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с несколькими трубопроводами • Взаимодействует с другими фитингами • Взаимодействует с пересекающимися ветвями трубопровода

8.	Колено	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Делит участок трубы на два участка • Отсекает вторую часть трубопровода • Модифицирует диаметр трубы с большего на меньший и обратно • Срезает кромку под сварку • Вставляется на радиусы трубопровода • Вставляется на углы трубопровода • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с несколькими трубопроводами • Взаимодействует с другими фитингами • Взаимодействует с пересекающимися ветвями трубопровода
9.	Крестовины	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Делит участок трубы на два участка • Отсекает вторую часть трубопровода • Модифицирует диаметр трубы с большего на меньший и обратно • Срезает кромку под сварку • Вставляется на концы трубопровода • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с несколькими трубопроводами • Взаимодействует с другими фитингами • Взаимодействует с пересекающимися ветвями трубопровода
10.	Муфта	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Делит участок трубы на два участка • Модифицирует диаметр трубы с большего на меньший и обратно • Вставляется на концы трубопровода • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с несколькими трубопроводами • Взаимодействует с другими фитингами

11.	Заглушка/наконечник	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Отсекает вторую часть трубопровода • Вставляется на концы трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с другими фитингами
12.	Хомут	• Меняет геометрию 3D пути. • Взаимодействует с несколькими трубопроводами • Взаимодействует с пересекающимися ветвями трубопровода • Взаимодействует с параллельными ветвями трубопровода • Взаимодействует с перекрещивающимися ветвями трубопровода
13	Редуктор	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Делит участок трубы на два участка • Модифицирует диаметр трубы с большего на меньший и обратно • Срезает кромку под сварку • Вставляется на концы трубопровода • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с несколькими трубопроводами
14.	Тройники	• Создаёт на трубе внутреннюю косметическую резьбу • Создаёт на трубе наружную косметическую резьбу • Делит участок трубы на два участка • Отсекает вторую часть трубопровода • Модифицирует диаметр трубы с большего на меньший и обратно • Срезает кромку под сварку • Вставляется на концы трубопровода • Вставляется на радиусы трубопровода • Вставляется на углы трубопровода • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с несколькими трубопроводами • Взаимодействует с другими фитингами • Взаимодействует с пересекающимися ветвями трубопровода

15.	Уплотнения	• Взаимодействует с другими фитингами
16.	Фланцы	• Делит участок трубы на два участка • Вставляется на концы трубопровода • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Взаимодействует с другими фитингами
17.	Опоры трубопроводов	• Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с одним трубопроводом • Вставляется на радиусы трубопровода • Вставляется на углы трубопровода • Взаимодействует с несколькими трубопроводами • Взаимодействует с параллельными ветвями трубопровода • Взаимодействует с другими фитингами
18.	Компенсаторы	• Делит участок трубы на два участка • Срезает кромку под сварку • Взаимодействует с одним трубопроводом (Вставляется на концы трубопровода) • Вставляется на середину участка трубопровода • Взаимодействует с другими фитингами

Создание макроса фитинга

При создании нового фитинга в его файл добавляется стандартный текст макроса. В тексте макроса задаётся один из перечисленных выше типов.

Ниже приведён текст стандартного макроса типа “Crossing”:

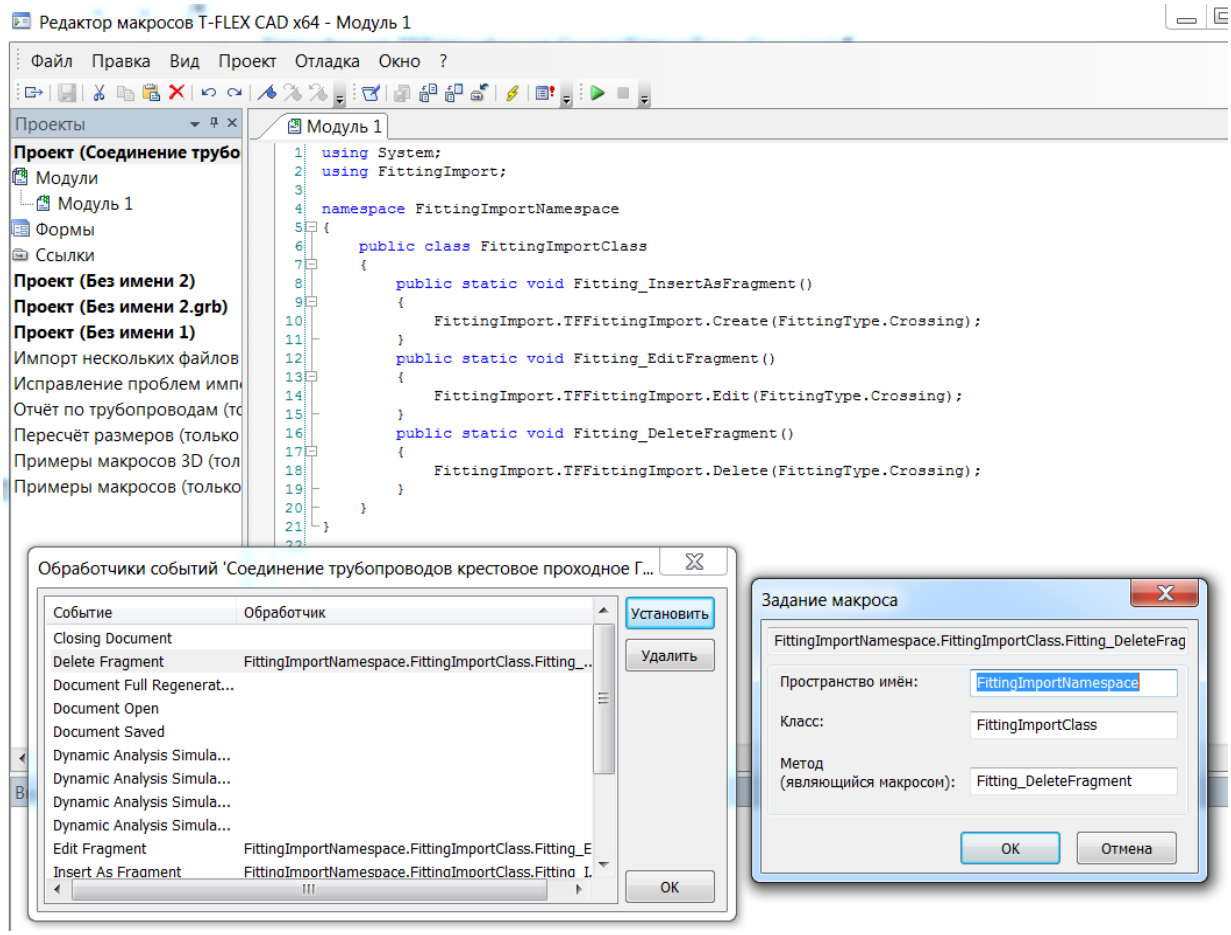
```
using System;
using FittingImport;

namespace FittingImportNamespace
{
	public class FittingImportClass
	{
		public static void Fitting_InsertAsFragment()
		{
			FittingImport.TFFittingImport.Create(FittingType.Crossing);
		}
		public static void Fitting_EditFragment()
```

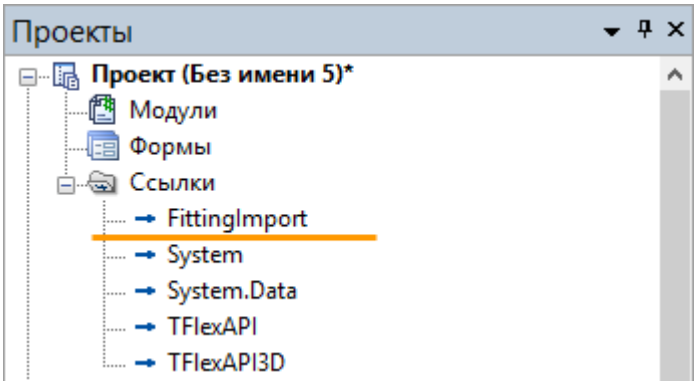
```
        {
            FittingImport.TFFittingImport.Edit(FittingType.Crossing);
        }
        public static void Fitting_DeleteFragment()
        {
            FittingImport.TFFittingImport.Delete(FittingType.Crossing);
        }
    }
}
```

> Подробную информацию о создании макросов можно найти в главе “Макросы”.

После написания текста макроса необходимо **установить три обработчика событий**: вставка как фрагмент (Fitting_InsertAsFragment), редактирование (Fitting_EditFragment), удаление (Fitting_DeleteFragment).



Для успешной компиляции макроса необходимо добавить в проект ссылку на FittingImport.



Пример создания смарт - фрагмента

В данном примере перечислены основные шаги для успешного создания смарт-фрагмента.

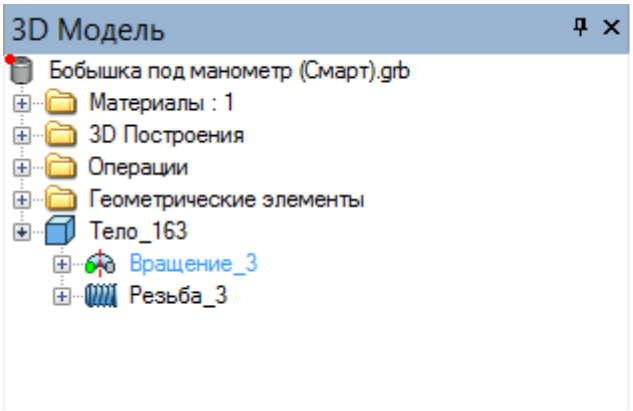
Создание смарт-фрагмента условно разбито на четыре этапа:

- ✓ Создание тела фитинга,
- ✓ Проектирование тела для создания формы выреза в трубе,
- ✓ Настройка параметров фитинга,
- ✓ Создание макроса.

> В качестве примера использован smart-фрагмент “Бобышка” из библиотеки “Примеры 3D 15\Сервисные инструменты\ Коммуникации\ Бобышка под манометр (Смарт).grb”

Создание тела фитинга

Для начала необходимо создать тело фрагмента. В данном случае для создания бобышки применены операции **3RO: Вращение** и **3AT: Резьба.** Вначале контур будущего тела был повернут вокруг оси на 360 градусов, а затем в получившемся отверстии была создана резьба.





> Подробную информацию о командах **Вращение** и **Резьба** можно найти в главах “Вращение” и “Резьба”.

Создание тела для задания отверстия

Следующий шаг – создание тела для задания отверстия.

> Тело для задания отверстия – элемент фитинга, определяющий форму и размеры отверстия в трубе, в которую вставляется фитинг. После того как фитинг будет вставлен в трубу, тело для создания отверстия исчезнет.

Для создания смарт-фрагмента фитинга существуют определённые правила задания ЛСК, коннекторов и переменных.

Для создания бобышки нужно обязательно задать входной диаметр фитинга главного направления “DiameterIn1” и главную ЛСК - “LCS_1”.

> Имена переменных и их описания приведены в разделе “Имена параметров фитинга”.

Задание входного диаметра

Диаметр задаётся в **Редакторе переменных**. Эта переменная определяет диаметр трубы, в которую вставляется фитинг и задаёт положение фитинга относительно него.

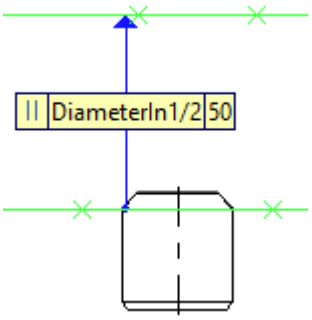
?	Имя	Выражение	Значение	Комментарий
	DiameterIn1	100	100	Диаметр трубы, мм

При создании переменной можно задать любое значение диаметра. При вставке фитинга в сборку макрос автоматически определит диаметр трубы, на которую вставляется фитинг, и занесёт его значение в переменные.

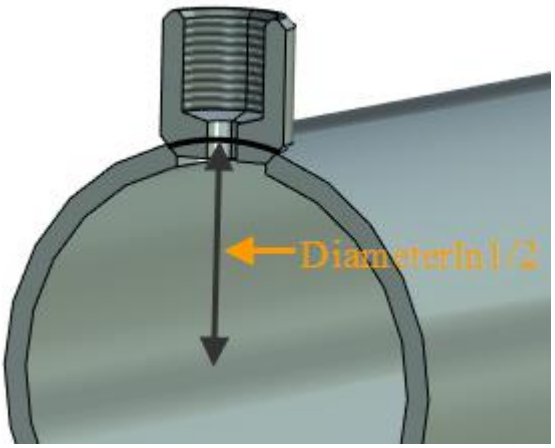
> Для переменной необходимо установить флаг **Внешняя переменная**.

Задание ЛСК

Для определения положения ЛСК в примере создана линия построения. Линия расположена на расстоянии заданном внешней переменной “DiameterIn1/2” от торца цилиндрической части бобышки. Так как диаметр трубы делится пополам, отверстие будет создано до центра трубы, а бобышка будет расположена на самой трубе.

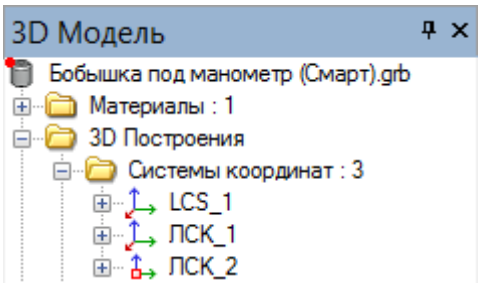


Линия для определения положения ЛСК



Будущее расположение бобышки на трубопроводе

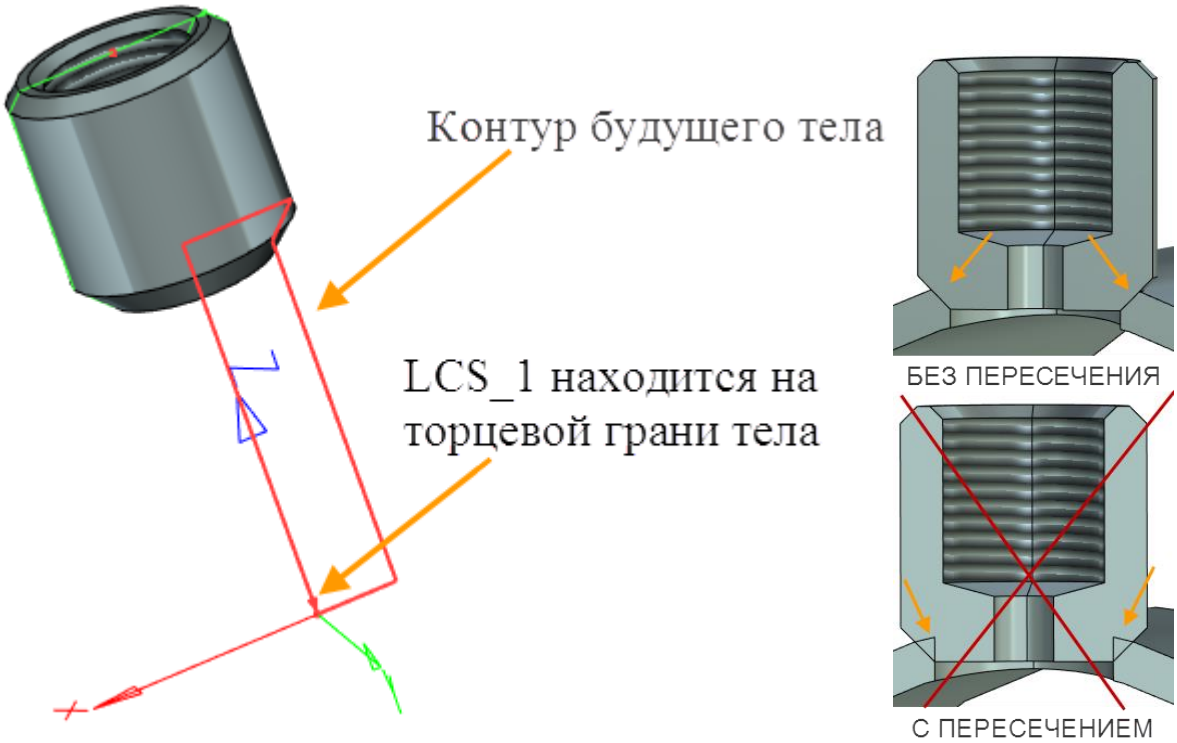
В точке пересечения созданной линии и оси бобышки строится ЛСК. Этой ЛСК присваивается имя LCS_1.



В данном случае к фитингу не будут подсоединяться ни элементы трубопровода, ни другие фитинги, так что создание дополнительных коннекторов (C_In, C_Out), диаметров (DiameterIn2, DiameterOut), а также их параметров не требуется.

Создание тела

Следующим шагом создаётся тело для задания формы выреза в трубе. Контур создаваемого тела должен повторять форму выреза в трубе, чтобы при вставке не возникло пересечения тел фитинга и трубопровода.

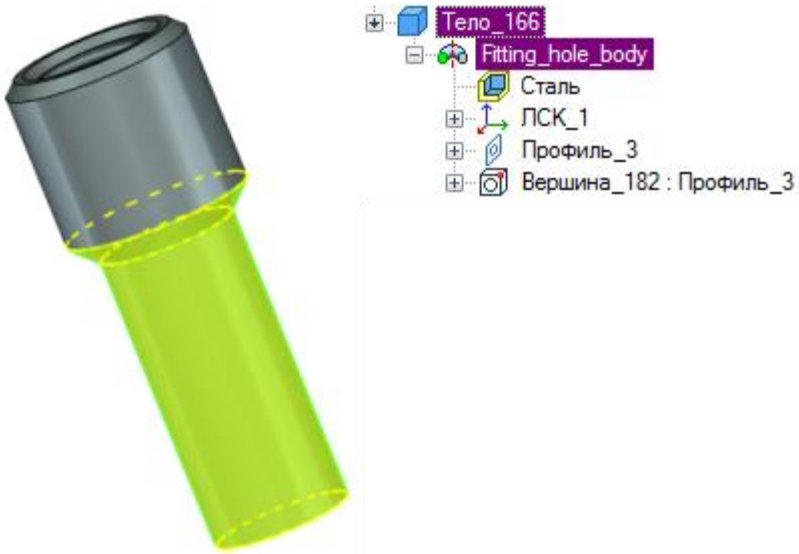


Длина тела должна зависеть от положения LCS_1. Это делается для того, чтобы можно было регулировать положение фитинга на трубе в зависимости от диаметра трубы.

Желательно, чтобы тело имело наиболее простую геометрию – параллелепипед или цилиндр. Это сократит время пересчёта трубопровода.

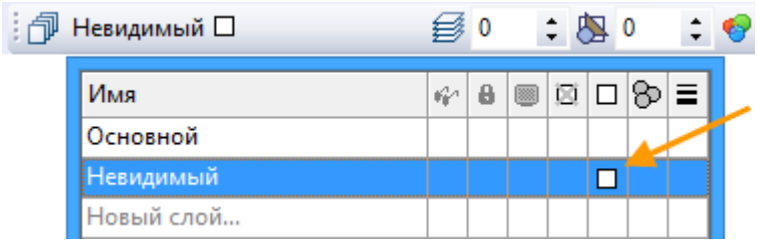
В случае если тело не создано, вырез делается по форме самого вставляемого фрагмента.

В данном случае тело получено путём вращения контура вокруг оси.

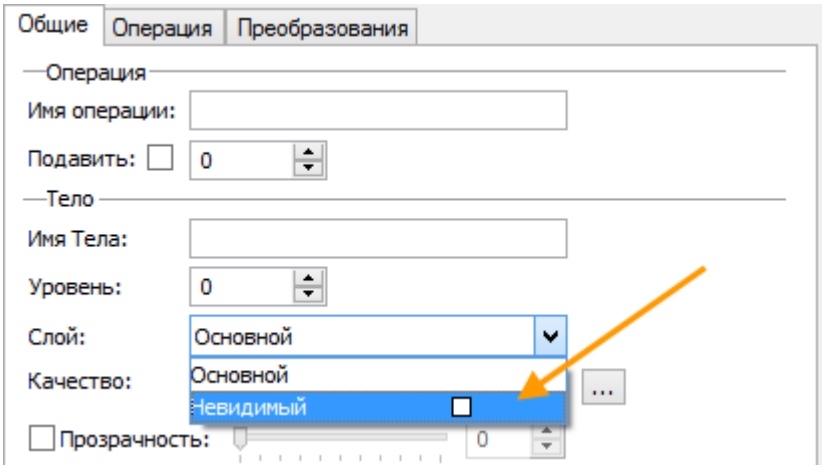


Тело для задания формы выреза в трубе следует скрыть в 3D сцене и на чертеже. Для того чтобы его скрыть нужно выполнить следующую последовательность действий.

➔ В редакторе слоёв необходимо создать новый слой и назвать его – “Невидимый” и поставить отметку в столбце **Видимый только при вставке в сборку**.



В параметрах созданного тела на закладке **Общие** необходимо указать ранее созданный слой “Невидимый”, после чего тело будет скрыто в 3D сцене.



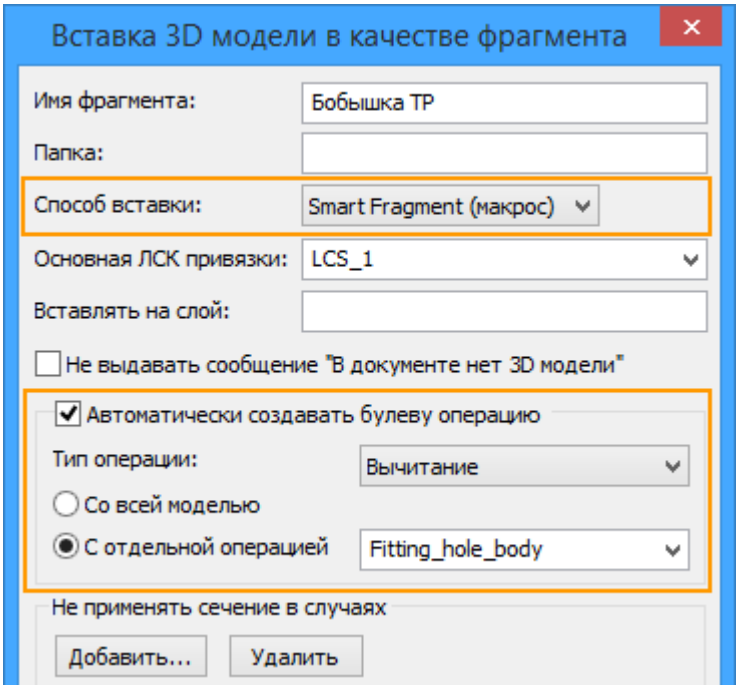


Настройка параметров фитинга

После создания тела фитинга необходимо задать ему параметры для вставки в сборку в качестве смарт-фрагмента. Для этого в команде **ST: Задать параметры документа**, необходимо зайти на вкладку **3D** и нажать кнопку [Фрагмент].

В появившемся окне необходимо:

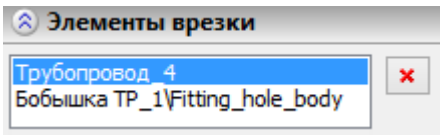
- Указать **Способ вставки** – **Smart Fragment (макрос)** (Создание макроса описано ниже). Система будет использовать заданный в **Редакторе макросов** макрос при вставке этого тела.



- Установить флаг **Автоматически создавать булеву операцию.** Из выпадающего списка необходимо выбрать **Тип операции** - **вычитание**, чтобы тело создавало вырез в трубе и указать **С отдельной операцией**, чтобы вырез делался только с помощью выбранного тела, а не всего фитинга.
  В поле справа нужно указать имя тела, которое будет использовано для булевой операции. В данном случае - “Fitting_hole_body”.

Задание вышеперечисленных параметров позволит системе автоматически выполнить макрос и создать булеву операцию при вставке смарт-фрагмента.

После выполнения булевой операции, тело для создания формы выреза в трубе исчезнет. Оно будет указано в секции **Элементы врезки** в окне **Свойства** для выбранного элемента трубопровода.



Создание макроса

Далее приведена последовательность действий для создания макроса вставки смарт-фрагмента.

➔ В редакторе макросов необходимо создать новый макрос. Текст макроса для различных фитингов отличается только типом, указанным в скобках. В данном случае это тип “Inset”.

Модуль 1

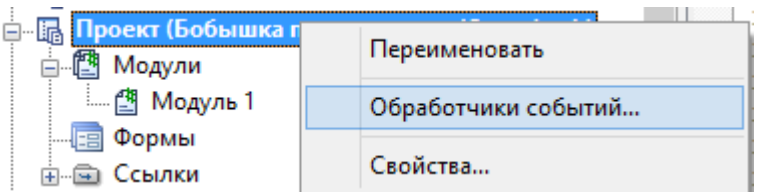
```
using System;
using FittingImport;

namespace FittingImportNamespace
{
    public class FittingImportClass
    {
        public static void Fitting_InsertAsFragment()
        {
            FittingImport.TFFittingImport.Create(FittingType.Inset);
        }
        public static void Fitting_EditFragment()
        {
            FittingImport.TFFittingImport.Edit(FittingType.Inset);
        }
        public static void Fitting_DeleteFragment()
        {
            FittingImport.TFFittingImport.Delete(FittingType.Inset);
        }
    }
}
```

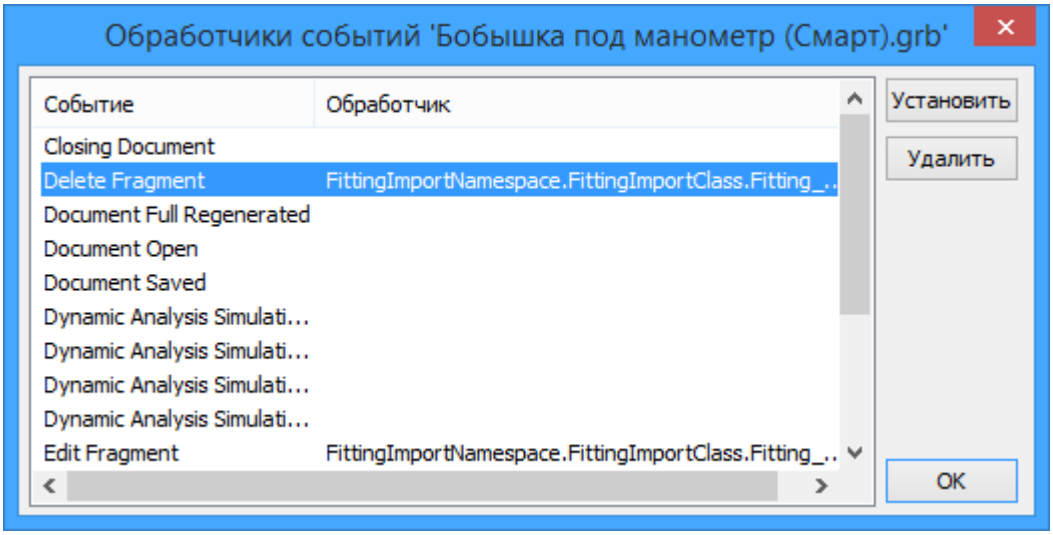
Далее необходимо установить три обработчика событий:

- ✓ вставка как фрагмент (Fitting_InsertAsFragment),
- ✓ редактирование (Fitting_EditFragment),
- ✓ удаление (Fitting_DeleteFragment).

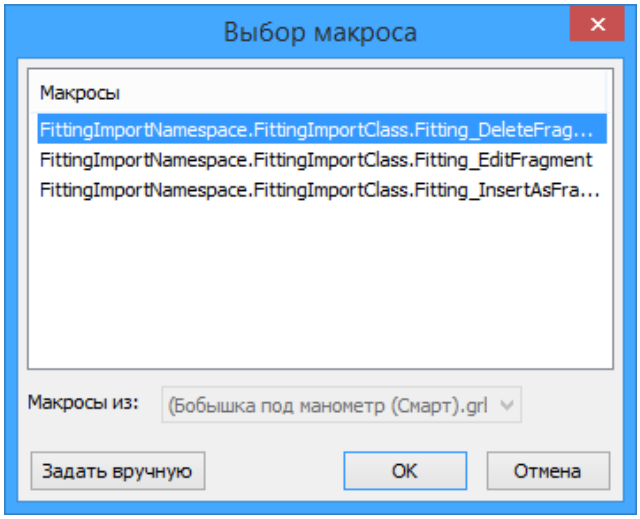
Для задания обработчика необходимо выбрать проект и в контекстном меню выбрать **Обработчики событий...**.

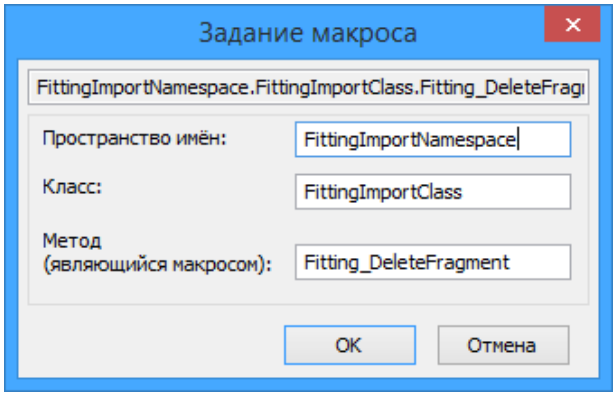


В появившемся окне нужно поочерёдно выбрать три строки “Delete fragment”, Edit Fragment, “Insert As Fragment” и выбрать для них макрос с помощью кнопки [Установить].

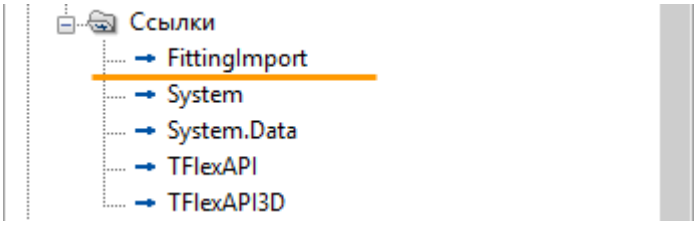


Так как главный макрос был предварительно создан в редакторе макросов, то появится список, из которого можно выбрать необходимую часть макроса. При необходимости макрос можно задать вручную с помощью кнопки [Задать вручную].





➔ Для успешной компиляции макроса необходимо в проект добавить ссылку на FittingImport.



После выполнения всех вышеперечисленных пунктов, файл фрагмента нужно сохранить. Теперь созданный фитинг можно использовать для вставки в сборку.

> Подробную информацию о создании макросов можно найти в главе “Макросы”.

После выполнения всех вышеперечисленных действий необходимо сохранить файл фрагмента. Теперь его можно добавлять в 3D сцену с помощью механизма Drag’n’Drop.

Пример создания окончаний и соединений трубопровода

При создании моделей середины и окончаний трубопроводов необходимо учитывать приведённый ниже набор правил.

Для добавления моделей концовок и окончаний в библиотеку используйте команду:

	<B>	Конфигурация библиотек

> Подробную информацию об этой опции можно найти в главе “Отверстия”.

В файле фрагмента необходимо создать следующие **переменные**:

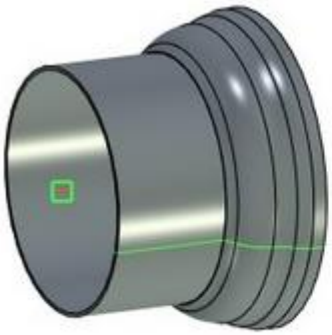
- ✓ **Diameter** или **D** - диаметр трубы (допустимый диапазон значений от 0 до 10000)
- ✓ **Thickness** или **T** - толщина стенки трубы (допустимый диапазон значений от 0 до 10000)
- ✓ **InnerDiameter** или **InnerD** - использование внутреннего диаметр (возможные значения 0 или 1)

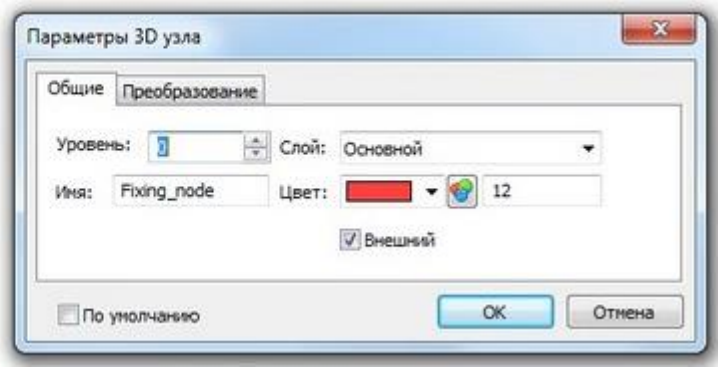
> Примечание. Переменная **InnerDiameter (D)** может использоваться для подавления одного из тел в файле фрагмента. Одно тело будет видимым при использовании внутреннего диаметра, второе - при использовании внешнего.

Правила создания фрагмента окончания или соединения

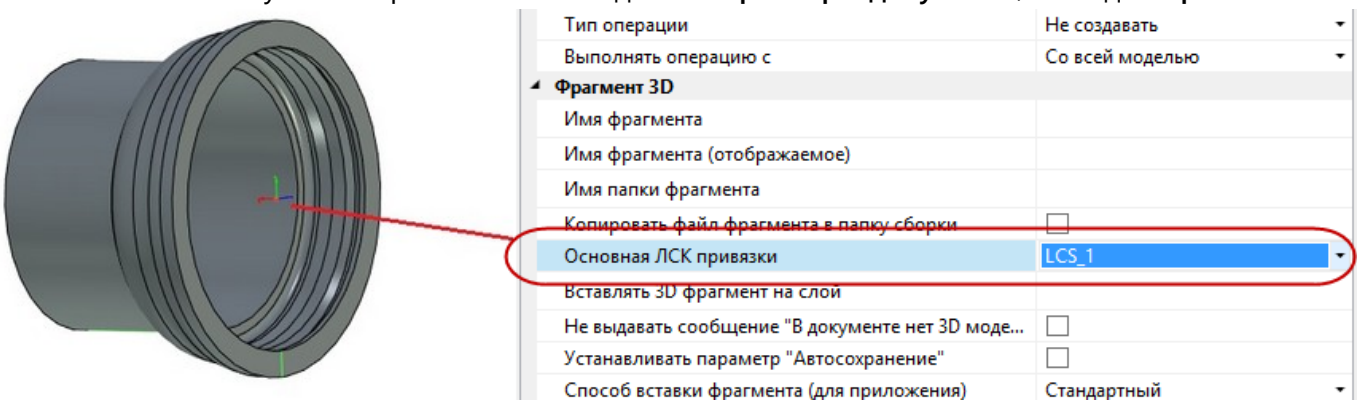
После создания 3D модели необходимо:

➔ Построить **внешний 3D узел** (внешний узел должен быть только один). Этот узел будет ограничивать примыкающую трубу, он должен располагаться на "внутреннем торце" тела фрагмента.





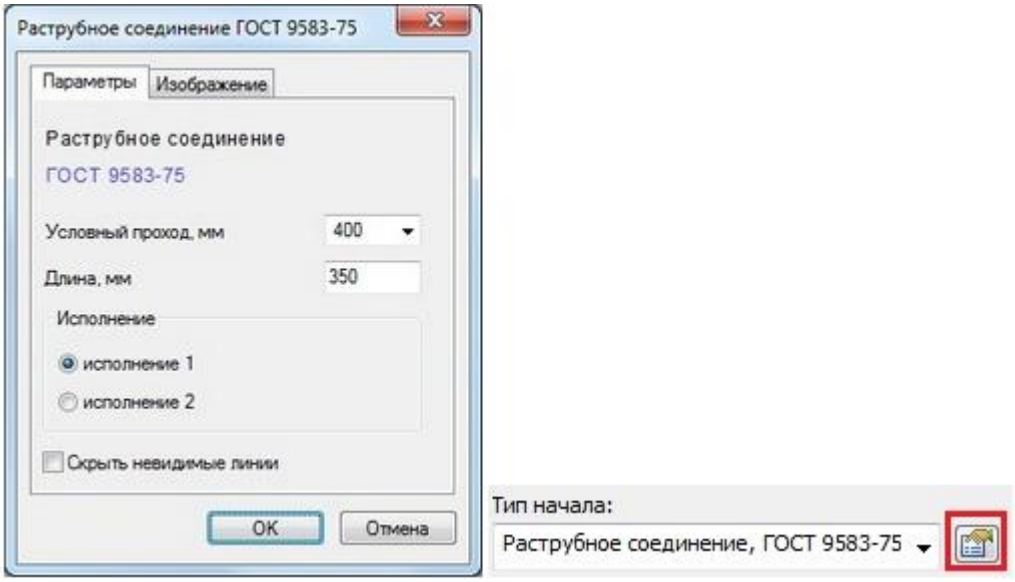
➔ Построить **внешнюю ЛСК.** Эта ЛСК должна располагаться на "внешнем торце" тела фрагмента и будет использоваться для его привязки. Её необходимо назначить как основную ЛСК привязки в команде **ST: Параметры документа**, закладка **Фрагмент 3D**.



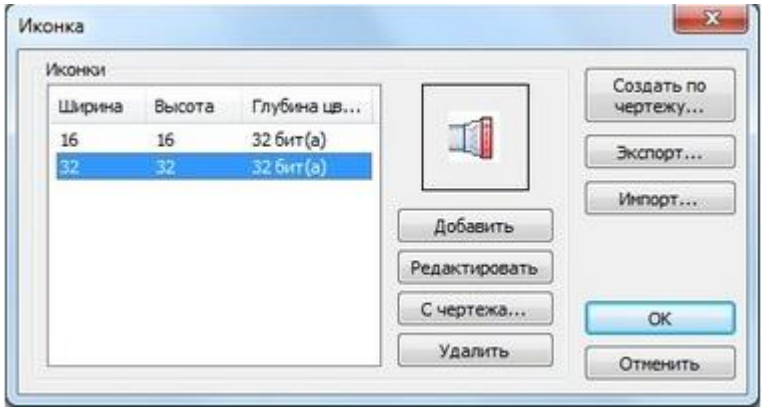
Подробнее о создании ЛСК можно прочитать в главе “Локальные системы координат”.

➔ Создать пользовательский **диалог редактирования внешних переменных** (необязательное действие). Данный диалог автоматически встраивается в окно свойств при вызове переменных окончания в команде создания\редактирования трубопровода.

Подробнее о создании диалога можно прочитать в главе “Элементы управления. Создание пользовательских диалогов”.



➔ Создать иконку при помощи команды Сервис > Специальные данные > Иконка. (необязательное действие).



Подробнее о создании иконок можно прочитать в главе “Просмотр и иконки документа”.

➔ в редакторе переменных добавить диагностику нежелательных комбинаций значений переменных.

Подробнее о переменных можно прочитать в главе “Переменные”.

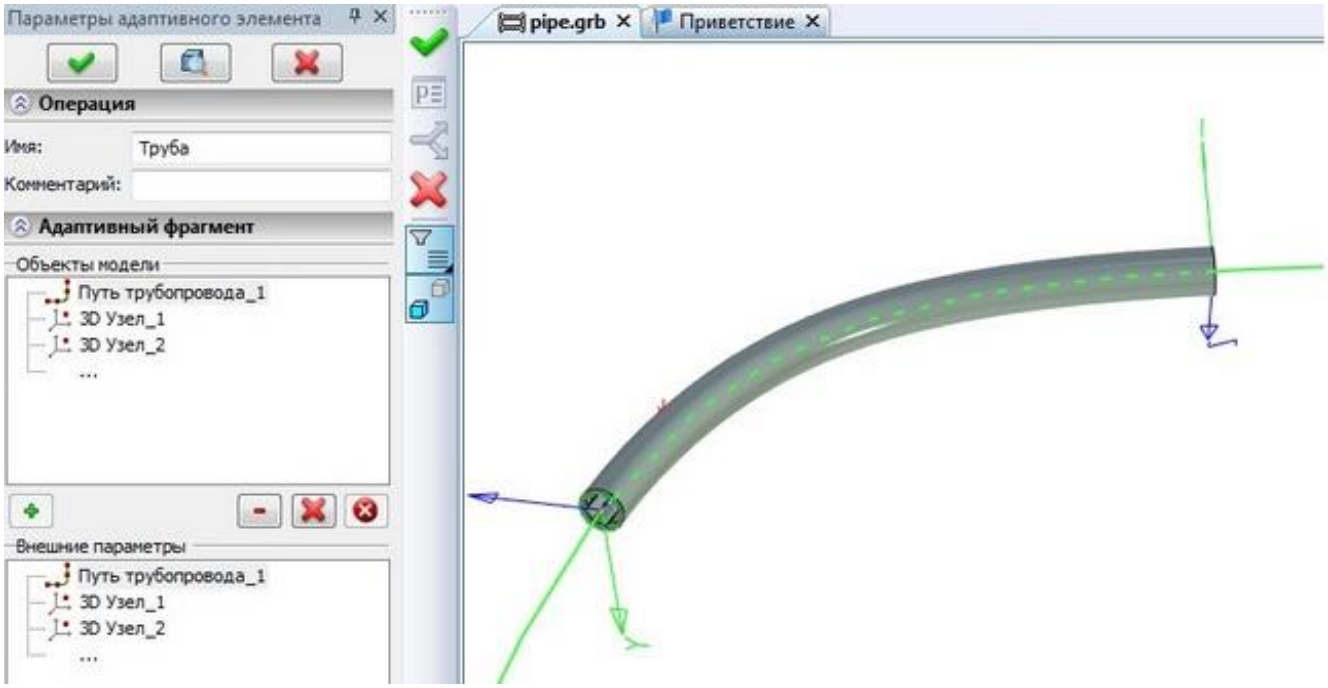
Правила создания файла фрагмента середины трубопровода

В файле фрагмента необходимо создать переменные, описанные в начале раздела: **Diameter, Thickness, InnerDiameter**.

Для создания 3D модели середины трубы можно использовать любую удобную операцию, например операцию **По траектории**. Важно, чтобы тело строилось на 3D пути.

После создания 3D модели необходимо задать параметры в команде **Адаптивный фрагмент**. Это позволит создавать трубопровод, используя любую выбранную трассу.

Подробнее о создании адаптивных фрагментов можно прочитать в главе “Адаптивные 3D фрагменты”.



Имя. Параметр задаёт имя операции в дереве модели, которое будет присваиваться трубопроводу при использовании данного фрагмента.

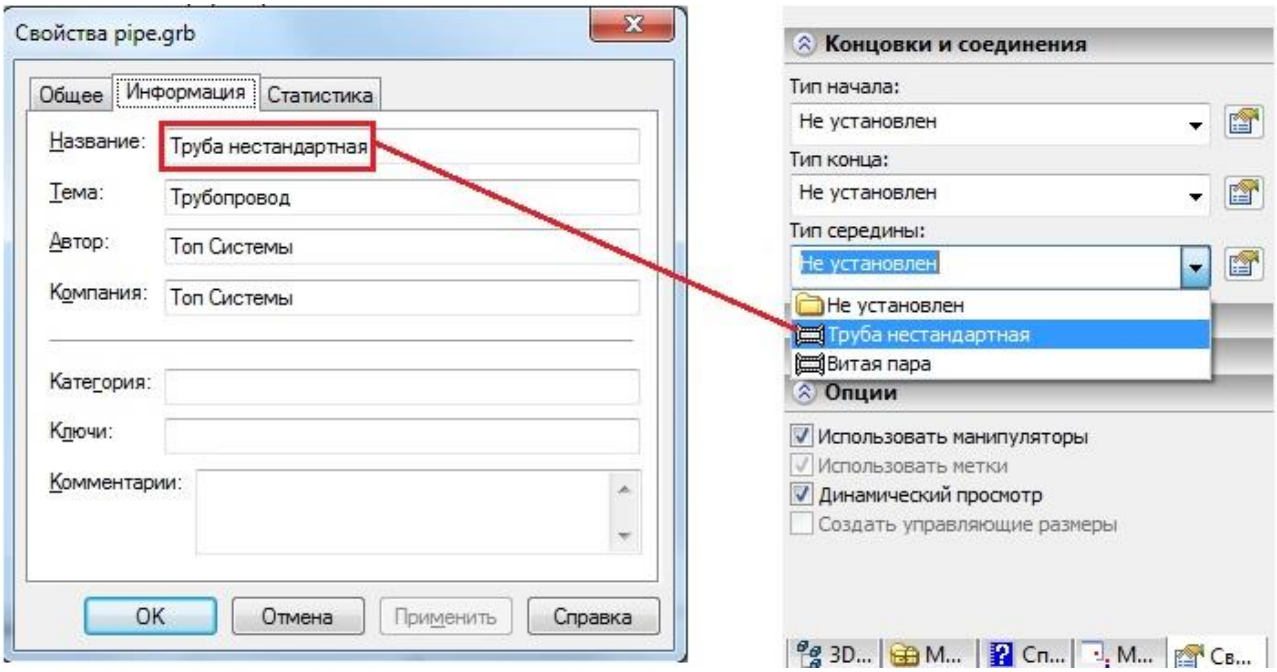
Геометрические параметры.

- **путь** (3D путь или Трасса). Элемент, определяющий траекторию трубопровода.
- **3D узел начала трубы**
- **3D узел конца трубы**

> Важно соблюдать последовательность геометрических параметров в списке. Первым должен быть путь, а затем точки начала и конца.

Создание иконки и диалога внешних переменных для фрагмента не являются обязательным действием.

Имя, которое отображается в списке концовок и соединений в команде создания трубопровода, задаётся в команде **Файл > Свойства** на закладке **Информация**.



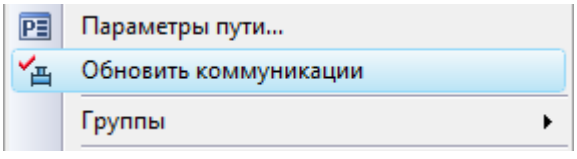
После выполнения всех вышеперечисленных действий необходимо сохранить файл фрагмента.

Обновление коммуникаций

После изменения параметров трубы необходимо вызывать команду «**Обновить коммуникации**», т.к. полный пересчёт модели не выполняет обновления цепочки трубопроводов и фитингов.

Пиктограмма	Лента
	
Клавиатура	Текстовое меню
<3PC>	Сервис > Коммуникации > Обновить коммуникации

Команда «**Обновить коммуникации**», вызванная из контекстного меню для выбранного участка трубопровода, обновляет фитинги локально, т.е. только на концах выбранного участка.



Команда **3PC: Провести обновление коммуникаций** выполняет обновления по всей структуре трубопровода.

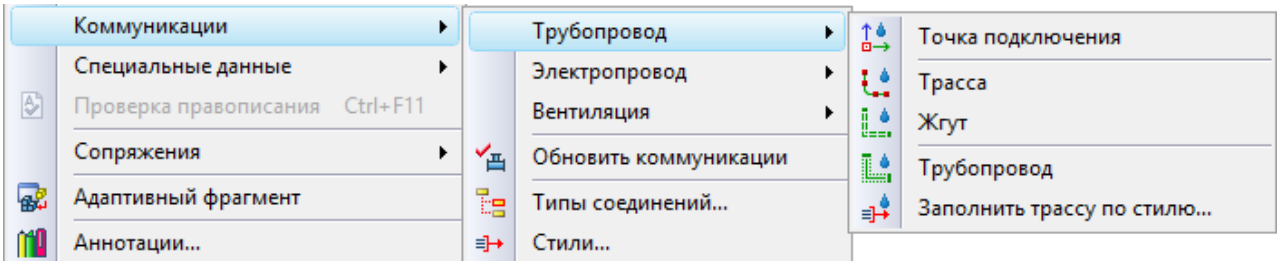
Типизация коммуникаций

С целью автоматизации работы при проектировании коммуникаций, объектам могут быть назначены определённые типы. Назначение типа позволяет исключать ошибки при операциях подключения элементов друг к другу.

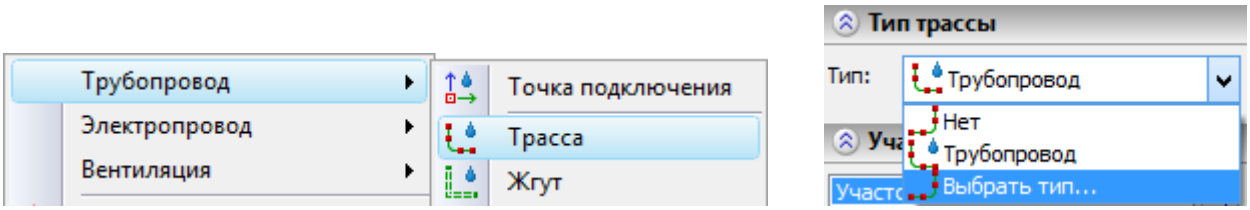
Для описания правил совместимости объектов различных типов используется редактор **TI: Редактировать типы соединений**. С его помощью можно назначать допустимые соответствия между трассами и фитингами, между трассами разных типов.

Есть возможность создавать объекты с базовой типизацией. Базовыми типами считаются Электропровод, Вентиляция, Трубопровод.

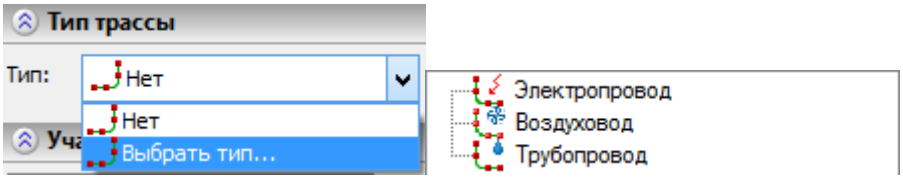
Для этих базовых типов в меню **Коммуникации** доступны команды создания точки подключения, трассы, жгута, трубопровода, а также команда заполнения трассы по стилю.



При вызове команды **Трасса** из одной из трёх групп текстового меню **Коммуникации**, открывается стандартный диалог команды **Трасса**, при этом параметру **Тип** присвоен базовый тип (Электропровод, Вентиляция или Трубопровод). Для уточнения типа в выпадающем меню следует выбрать опцию “Выбрать тип”. Будет предложен список типов, являющихся дочерними по отношению к базовому типу.



Если же команда **Трасса** была вызвана через текстовое меню **Построения> Трасса**, с помощью пункта “Выбрать тип” можно будет выбрать тип из всех имеющихся в библиотеке типов трасс.

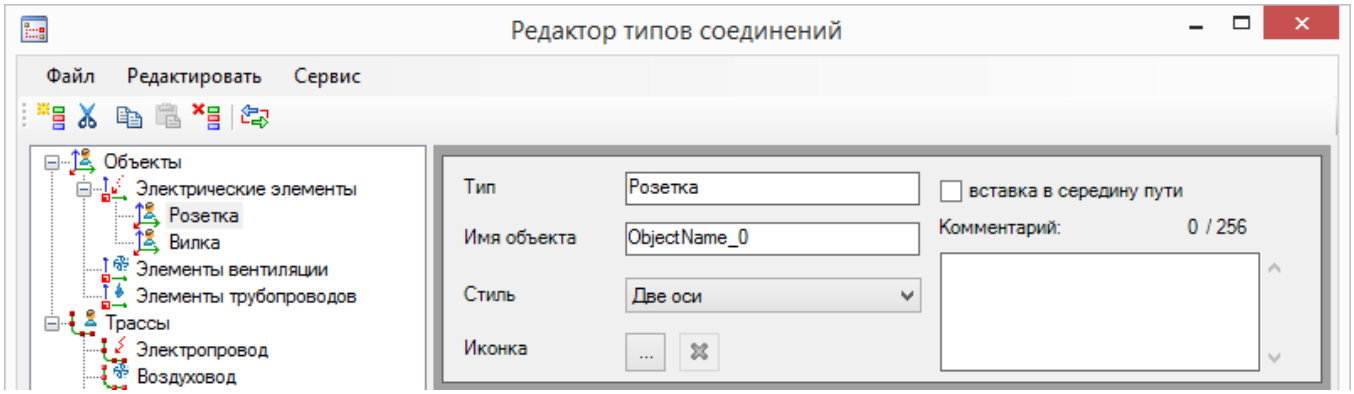


В выпадающем списке отображаются 10 последних использованных типов. При вызове команды с базовой типизацией это будут только типы, порождённые базовым типом, при использовании стандартной команды – все использованные типы.

Для настройки совместимости типов служит редактор типов соединений.

Команда Редактировать типы соединений

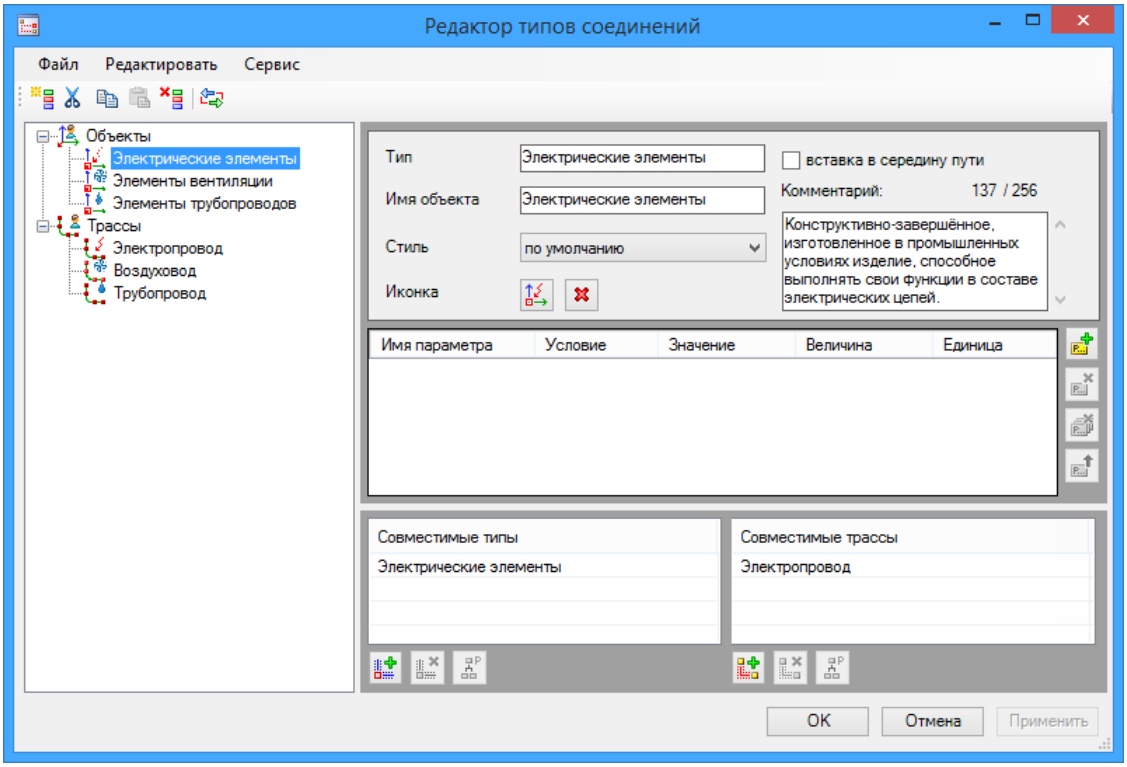
С помощью редактора типов соединений можно описать правила совместимости различных типов коммуникаций. Настройка совместимости позволяет избежать ошибок при работе нескольких специалистов над одним проектом. Например, исключить случайное соединение низковольтных и высоковольтных кабелей в процессе проектирования.



Вызов редактора осуществляется из меню **Коммуникации** командой **Типы соединений**.

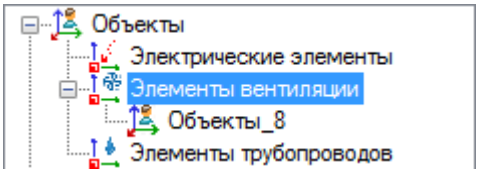
Пиктограмма	Лента
	Коммуникации → Настройки →Типы соединений
Клавиатура	Текстовое меню
<TI>	Сервис > Коммуникации > Типы соединений

В левой части окна находится дерево типов. Оно состоит из двух основных разделов: “Объекты” и “Трассы”.



Над деревом типов располагается панель инструментов для его редактирования.

Создать. Позволяет создать новый тип. Объект будет добавлен в выбранный тип из списка. Параметры нового типа описаны ниже.



Вырезать. Выбранный объект будет вырезан из дерева.

Копировать. Позволяет копировать тип.

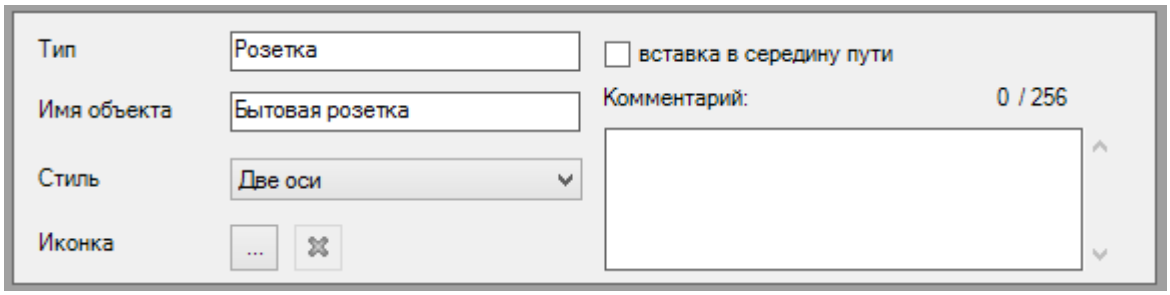
Вставить. Позволяет вставить элемент. Работает с опциями **Вырезать** и **Копировать**.

Удалить. Позволяет удалить выбранный тип.

Редактор физических величин. Даёт доступ к внутреннему справочнику физических величин. Работа со справочником описана ниже.

Параметры типа

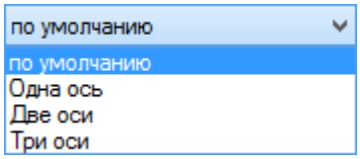
В правой части окна отображаются заданные параметры выбранного типа.



Тип. В поле можно задать уникальное имя типа, к которому принадлежит объект. Имя типа будет отображаться в списке в левой части окна **Редактор типов соединений** и в выпадающем списке типов при создании объектов (точек подключения и трасс).

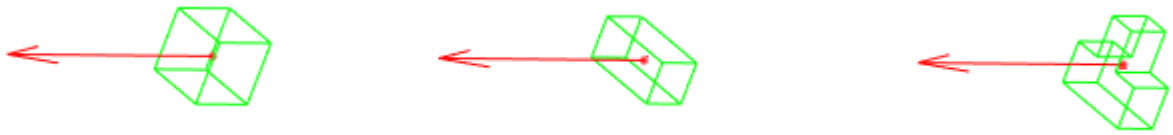
Имя объекта. Определяет имя объекта заданного типа. Имя будет отображаться в дереве модели. Имена разных объектов могут совпадать.

Стиль. Определяет количество осей, необходимых для правильного соединения объектов.



Например, для соединения типа "Вилка – розетка" необходимо совпадение двух осей.

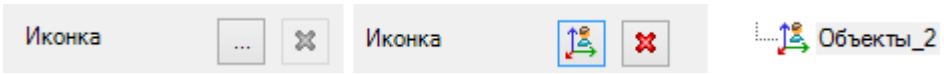
Стиль учитывается при создании точек подключения и трасс.



Одна ось Две оси Три оси

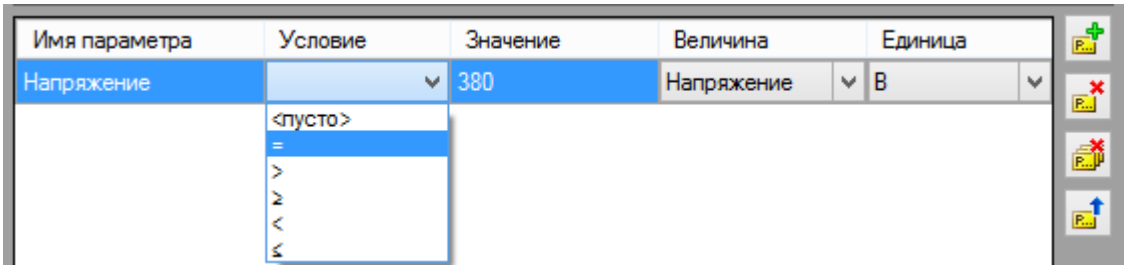
Иконка. Позволяет установить иконку, которая будет отображаться слева от типа. Выбрать файл для иконки можно с помощью кнопки ... . В открывшемся окне доступны стандартные иконки.

Удалить иконку элемента можно с помощью кнопки .



Комментарий. В поле можно внести комментарий к выбранному элементу. Число символов, доступных для комментария, отображается над полем.

Для каждого элемента можно задать набор параметров.



Имя параметра. Если у двух объектов одинакового типа совпадают имена параметров, то эти параметры сравниваются. При несовместимости параметров, соединить объекты нельзя.

Условие. Условие можно выбрать из выпадающего списка.

Значение. Заданное в поле значение учитывается при сравнении параметров.

Величина. Из выпадающего списка можно выбрать физическую величину. Физические величины настраиваются в **Редакторе физических величин**.

> Подробную информацию о редакторе физических величин можно найти в разделе “Физические величины”.

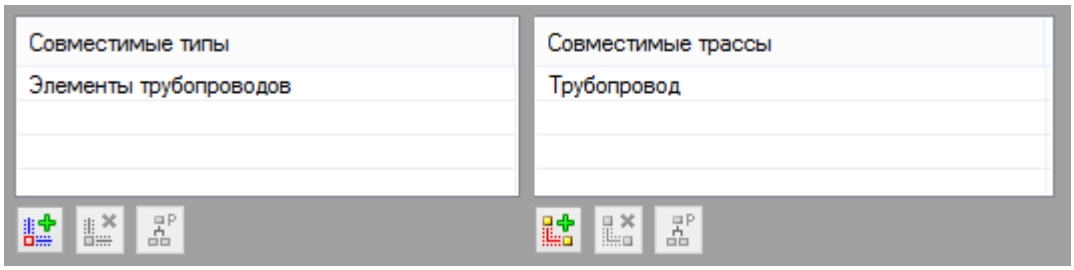
Единица. После выбора величины становится доступен список соответствующих ей единиц измерения.

В правой части располагается набор кнопок для управления наследованием параметров. По умолчанию объекты наследуют все параметры объектов верхнего уровня иерархии.

Кнопка  показывает параметры, которые наследует выбранный тип. Для того чтобы изменить наследуемые параметры используется опция .

 - опции позволяют добавлять и удалять параметры из списка.

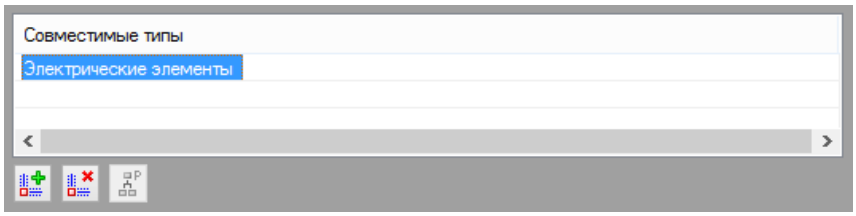
В нижней части окна можно задать совместимые элементы.



Опции  и  позволяют добавить совместимые типы и трассы из списка. Опции  и  позволяют удалить добавленные типы и трассы.

Опция  позволяет управлять наследованием типов параметров. Когда опция включена, все объекты внутри типа наследуют все его совместимые элементы. После отключения опции можно удалить все, кроме одной наследуемой совместимости.

Для трасс можно задать только совместимые типы.



Структура дерева и описание типов содержится в файле ConnectorType.xml. Для управления данным файлом в меню «Файл» доступны следующие команды:

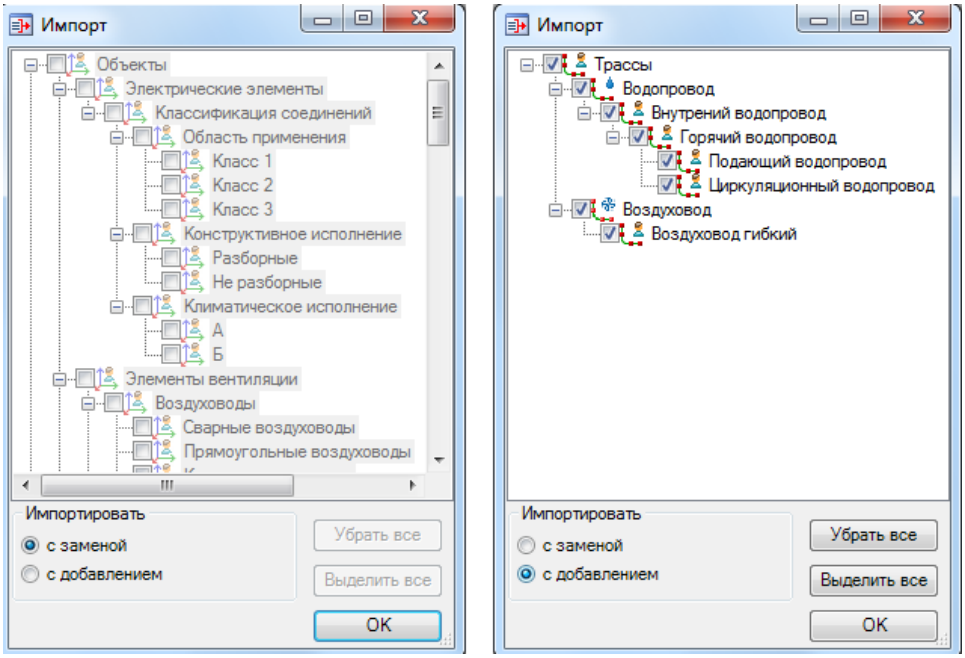
- **Сохранить** (активна, если какой-либо элемент в дереве был изменён): сохраняет файл ConnectorType.xml в C:\Users\User_name\AppData\Local\Top Systems\T-FLEX CAD 3D 15 x64\Rus.

- **Импортировать**: заменяет содержимое текущего ConnectorType.xml содержимым импортируемого файла. Если файл ConnectorType.xml был изменён, перед импортом предлагается сохранить его под другим именем.

При импорте дерева типов доступны две опции:

- с заменой: текущий список полностью заменяется списком из внешнего файла.

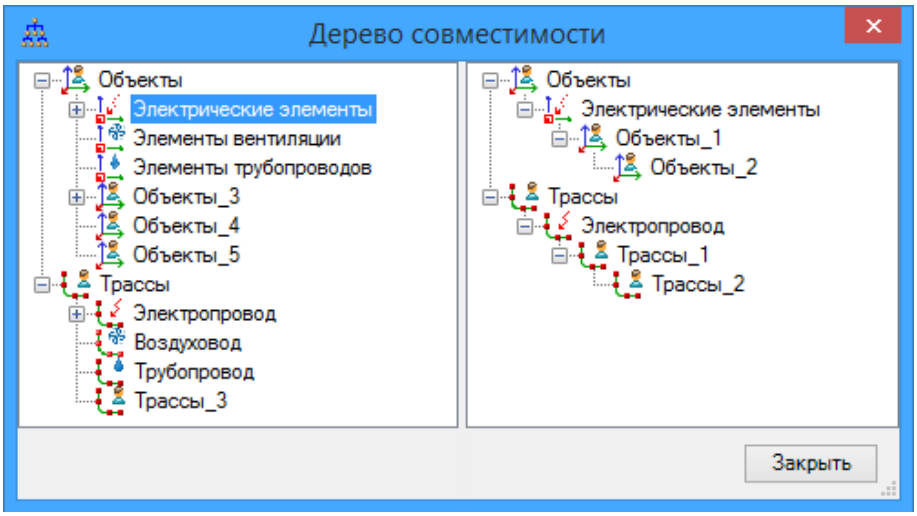
- с добавлением: пользователю предлагается выбрать типы, которые необходимо поместить в текущий список. Импортируемый список при этом фильтруется: не отображаются типы, уже имеющиеся в текущем списке.



- **Экспортировать**: сохраняет файл ConnectorType.xml в указанном месте. При желании, файлу можно задать другое имя.

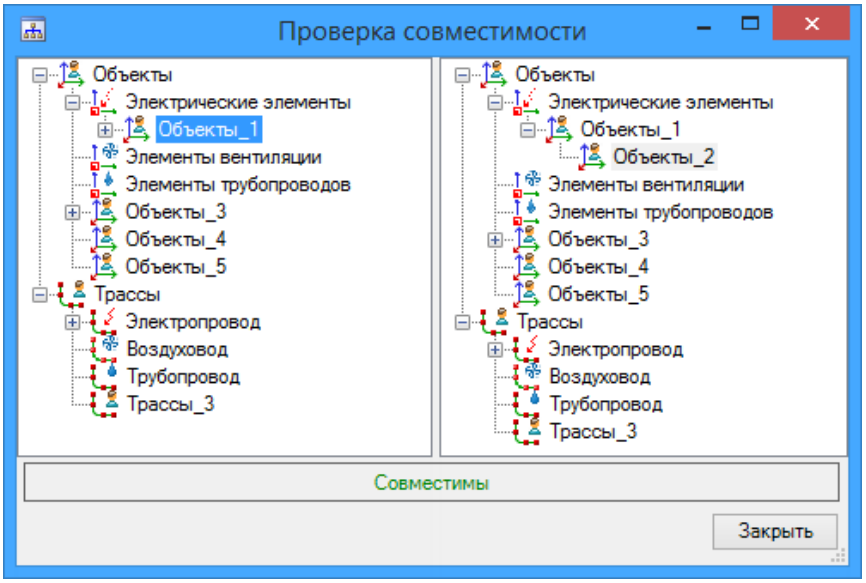
Дерево совместимости

Команда **Сервис\Дерево совместимости** отображает в отдельном окне созданные правила совместимости. Для выбранного в левой части окна элемента в правой части отображаются все совместимые объекты и трассы. Дерево позволяет наглядно увидеть существующую структуру совместимости.



Проверка совместимости

Команда **Сервис\Проверить совместимость** позволяет проверять совместимость любой пары элементов в списках объектов и трасс. Выберите элемент в левом окне и элемент в правом окне – в строке внизу отобразится наличие или отсутствие совместимости.



Физические величины

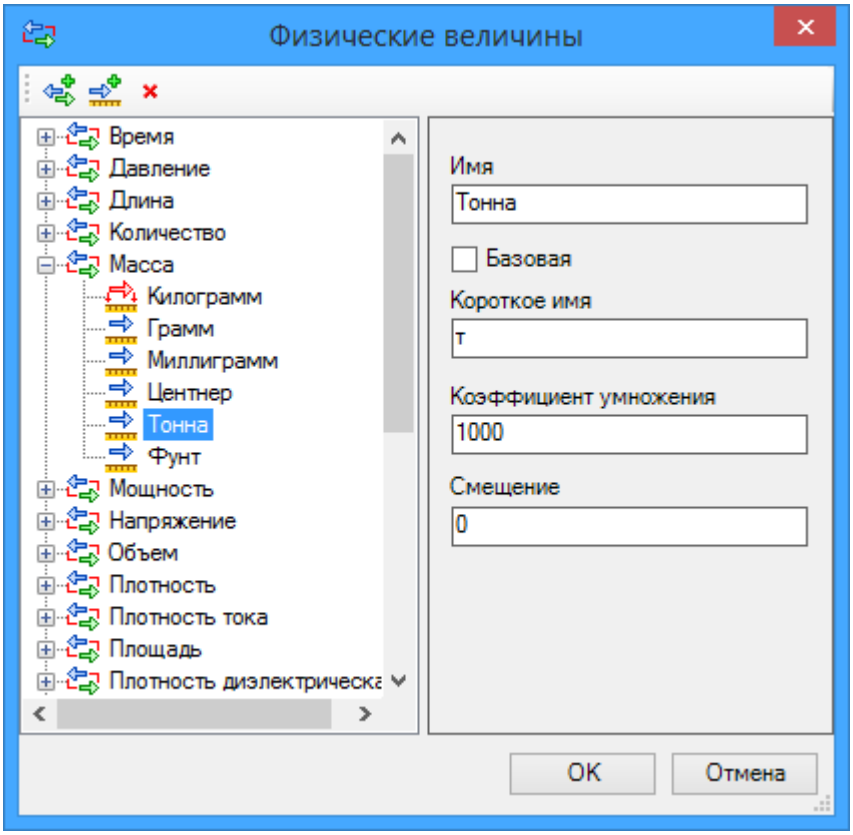
Команда **Редактировать\Редактор физических величин** отображает внутренний справочник физических величин для редактора типов соединений. Для каждой величины существует список единиц измерения с указанием имени и короткого имени.

Флаг **Базовая** задаёт единицу измерения по умолчанию. Для остальных единиц измерения указывается **Коэффициент умножения** для пересчёта в базовую единицу. Список величин и единиц измерения может редактироваться при помощи команд:

- Добавить величину

- Добавить единицу измерения

- Удалить



Жгуты

Жгут является частью иерархической структуры трассы, объединяющей несколько трасс или других жгутов. Например, жгуты могут использоваться при автоматической прокладке трасс.

Для создания жгутов необходимо построить трассы, которые впоследствии будут объединены в жгуты.

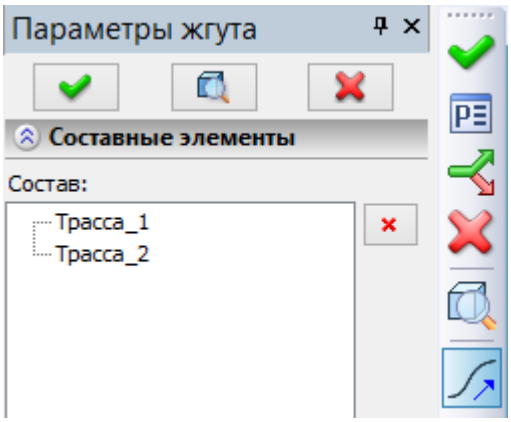
Вызов команды создания жгута осуществляется из меню **Коммуникации**. Каждому создаваемому жгуту присваивается базовый тип.

Пиктограмма	Лента
	Коммуникации → Построения → Жгут
Клавиатура	Текстовое меню
< >	Сервис > Коммуникации > Трубопровод > Жгут

После активации команды следует указать трассы, которые будут объединены в жгут. Выбор трасс происходит при включённой опции  в автоменю.

> Обязательным условием объединения в жгут двух трасс, является наличие хотя бы одной точки пересечения двух соседних участков.

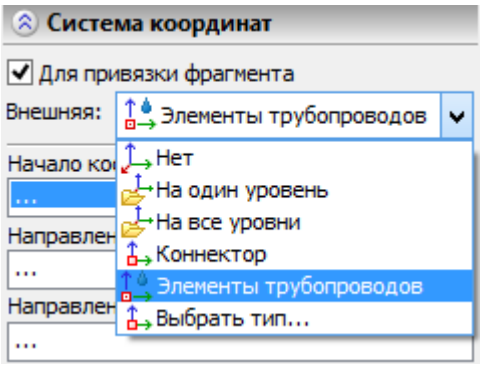
Все выбранные трассы отображаются в окне **Свойства** в разделе **Составные элементы**.



Для завершения создания жгута необходимо нажать .

Точки подключения

Для автоматизации соединения элементов коммуникаций друг с другом используются точки подключения – коннекторы. Они представляют собой ЛСК, которым присвоены определённые типы.



Если тип ЛСК отсутствует в используемой иерархии типов, то рядом с ЛСК будет пометка “из документа”.

При создании коннекторов для их позиционирования могут быть использованы только объекты совместимого типа или же объекты без присвоенного типа. При добавлении в модель типизированного элемента система проверяет, может ли данная точка быть использована для привязки элемента, т.е. совместимы ли объекты данных типов.

Подробную информацию о создании коннекторов можно найти в главе “Локальные системы координат”.

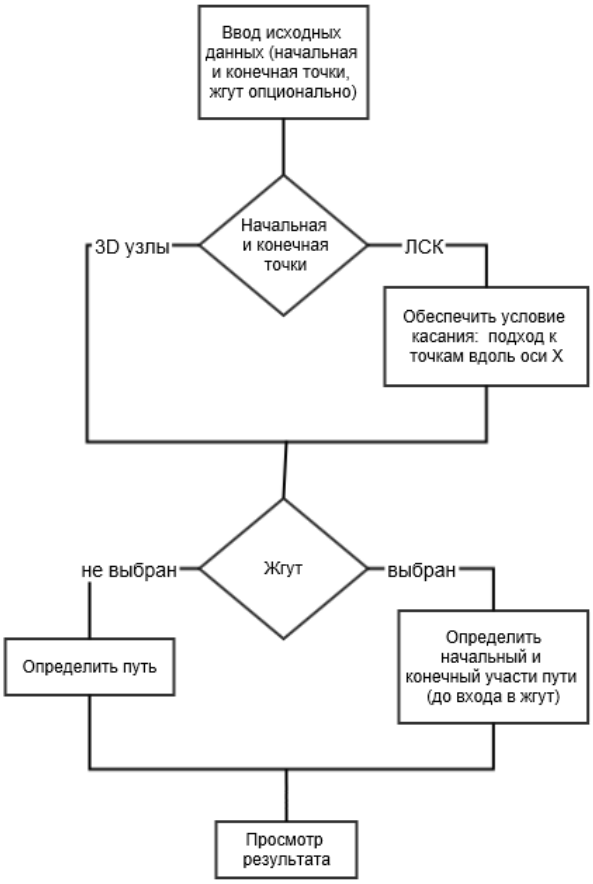
Автоматическая прокладка трасс

Команда **Прокладка трассы** осуществляет автоматическую прокладку трассы между выбранными узлами. Для задания траектории среднего участка трассы может быть использован жгут.

Для вызова команды:

Пиктограмма	Лента
	Коммуникации → Построения → Прокладка трассы
Клавиатура	Текстовое меню
	Сервис > Коммуникации > Прокладка трассы

Алгоритм действий при работе с командой может быть представлен следующим образом



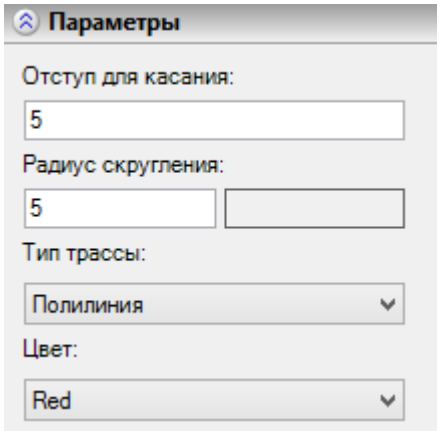
Рассмотрим пример.

Трасса будет проходить между двумя ЛСК. Часть трассы будет проходить по жгуту.

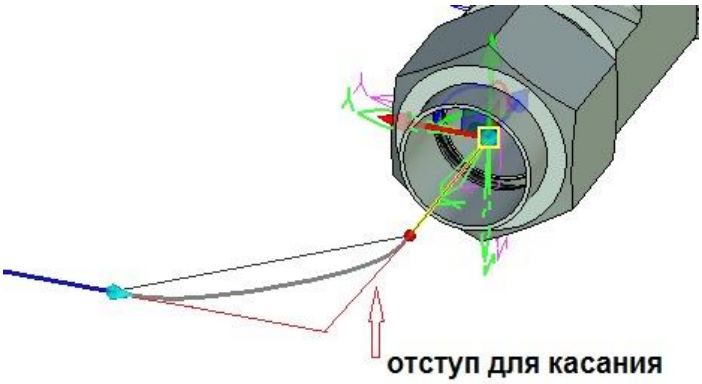
После вызова команды доступны следующие опции:

	<F>	Выбрать начальную точку
	<S>	Выбрать конечную точку
	<D>	Сбросить начальную и конечную точки
	<L>	Выбрать жгут
	<C>	Отменить выбор жгута
	<N>	Продолжить
	<P>	Вернуться
	<R>	Продолжить работу команды после применения текущих изменений

В окне **Свойства** можно задать параметры создаваемой трассы:



- **Отступ для касания** – задаёт расстояние, на которое участок трассы отступает от точки пересечения с другим участком для построения сопряжения между ними.



- **Радиус скругления** - задаёт радиус скругления в точках излома трассы.

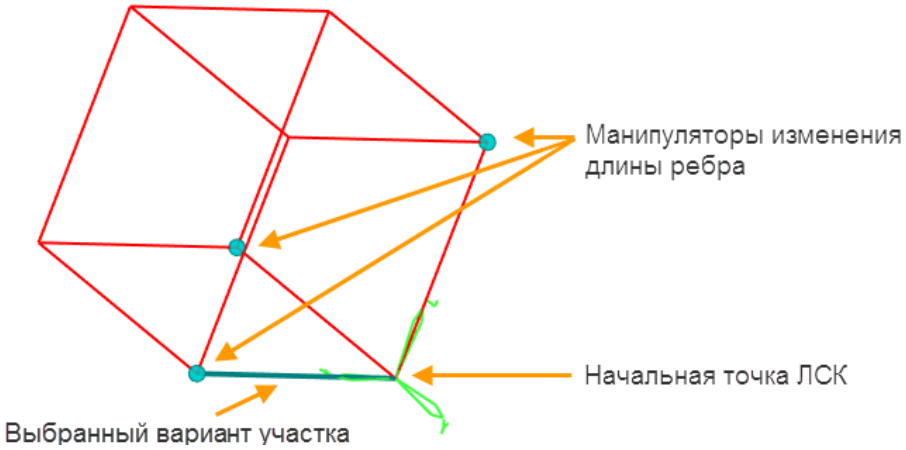
- **Тип трассы**: полилиния, сплайн по точкам, сплайн по полилинии – может быть отдельно задан для каждого участка трассы.

- **Цвет** - задаёт цвет трассы по умолчанию.

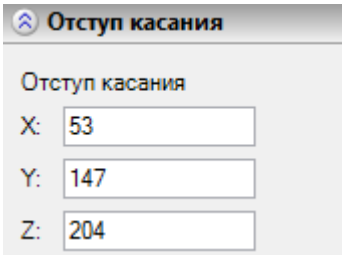
Прокладка трассы происходит в несколько этапов. На каждом этапе строится участок трассы. Участок прокладывается по рёбрам манипулятора-параллелограмма или прямоугольника. Этот манипулятор появляется для каждого участка трассы. Можно выбирать рёбра, по которым будет проложена трасса, и задавать длину этих рёбер.

После задания исходных данных для построения трассы – начальной ЛСК  и конечной ЛСК  и жгута , необходимо нажать кнопку  **Продолжить**.

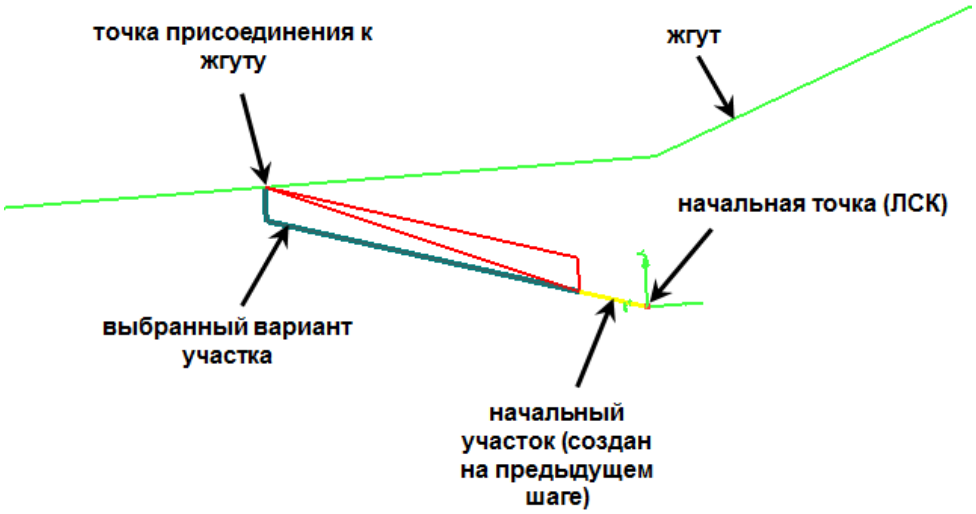
После этого появляется манипулятор-параллелограмм, с помощью которого нужно указать вариант подхода трассы к первой точке вдоль оси X. Для указания варианта необходимо выбрать нужные рёбра манипулятора.



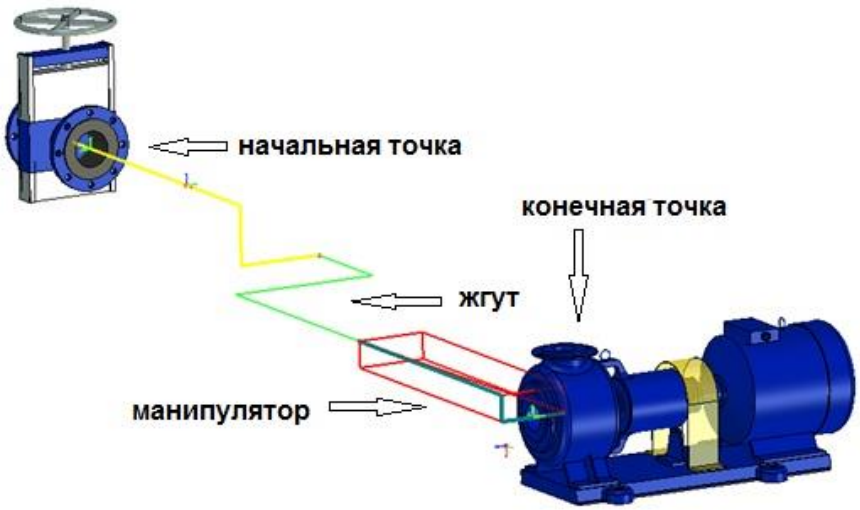
Изменить длину рёбер можно с помощью манипуляторов или в разделе **Отступ для касания** в окне **Свойства**.



После выбора нужного варианта необходимо нажать  и повторить действия для второй точки. На следующих двух шагах система автоматически находит ближайшие точки для соединения со жгутом и предлагает определить участки пути до этих точек. Действие выполняется аналогично предыдущим, путём выбора рёбер параллелепипеда. Подобным же образом задаётся траектория для построения трассы без использования жгута.



Заключительный шаг – предварительный просмотр результата. Можно подтвердить создание трассы, нажав , или же с помощью опции вернуться на предыдущие этапы для корректировки каких-либо параметров.



После построения трасса доступна для редактирования стандартными средствами редактирования трасс: можно изменять типы участков, радиусы сопряжения и т.д.

Стили коммуникаций

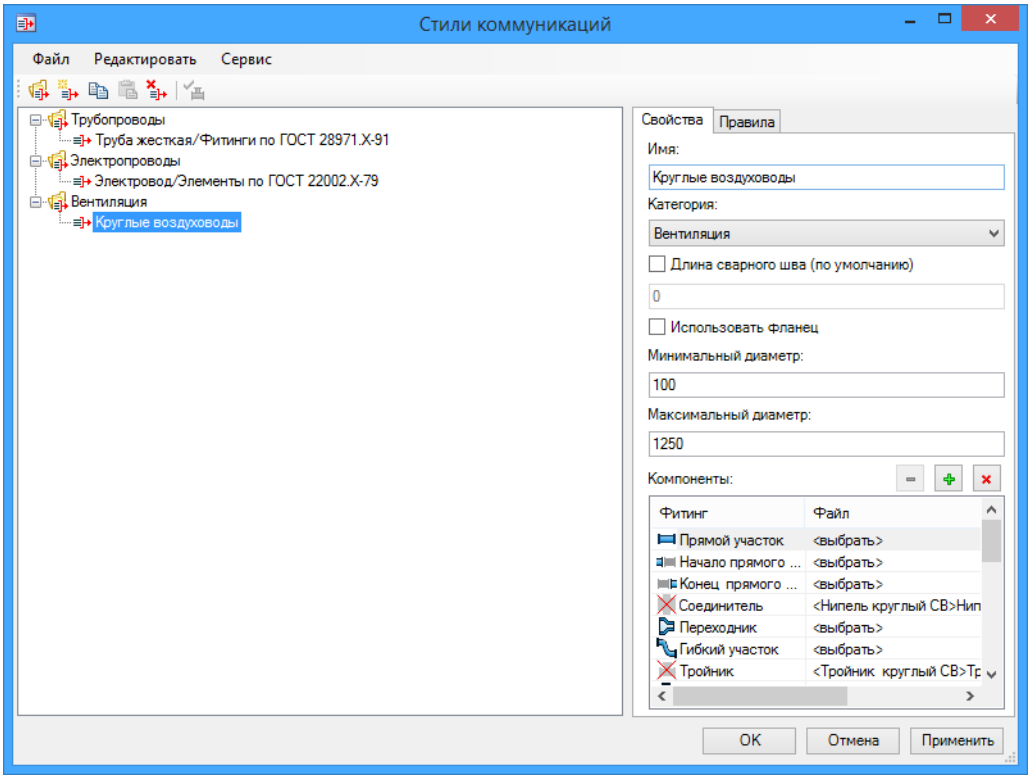
Стиль - группа настроек, предназначенная для автоматического заполнения участков трасс. Стили соответствуют стандартам, которые обычно применяются при проектировании трубопроводов. Например, детали трубопровода зачастую должны соответствовать определённым требованиям по длине и диаметру сегмента; кроме того, эти детали должны содержать фитинги из определённых материалов.

Определения стилей сохраняются в редакторе стилей. С помощью редактора можно просматривать, добавлять, изменять и удалять стили. Определения нескольких стилей можно также импортировать в редактор и экспортировать из него в виде файла в формате .xml. Можно изменить любой из стилей по умолчанию, или использовать их в качестве основы для создания новых пользовательских стилей. Кроме того, пользовательские стили можно создавать на основе пустого стиля.

Вызов редактора стилей осуществляется из меню **Коммуникации**:

Пиктограмма	Лента
	Коммуникации → Настройки → Стили
Клавиатура	Текстовое меню
	Сервис > Коммуникации > Стили

После вызова редактора появляется диалоговое окно **Стили коммуникаций**.



В верхней части окна располагается инструментальная панель:

 **Создать категорию** позволяет создать новую папку для стилей.

 **Создать стиль** создаёт новый стиль в выбранной категории.

 **Копировать стиль** копирует выбранный стиль.

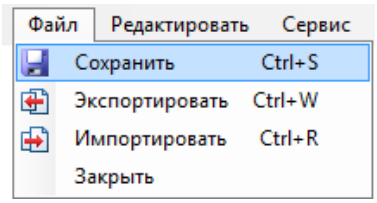
 **Вставить стиль** вставляет копированный стиль в выбранную категорию.

 **Удалить** удаляет выбранный стиль.

 **Обновить информацию о фитингах** - обновляет данные о фитингах.

В левой части окна располагается список категорий и стилей ,созданных в документе.

Созданные стили можно экспортировать в формат *.xml и импортировать из файла с помощью соответствующих команд в меню **Файл**.



Параметры выбранного стиля отображаются в правой части окна.

Закладка **Свойства**

Имя. В поле можно задать имя стиля, которое будет отображаться в списке в левой части окна.

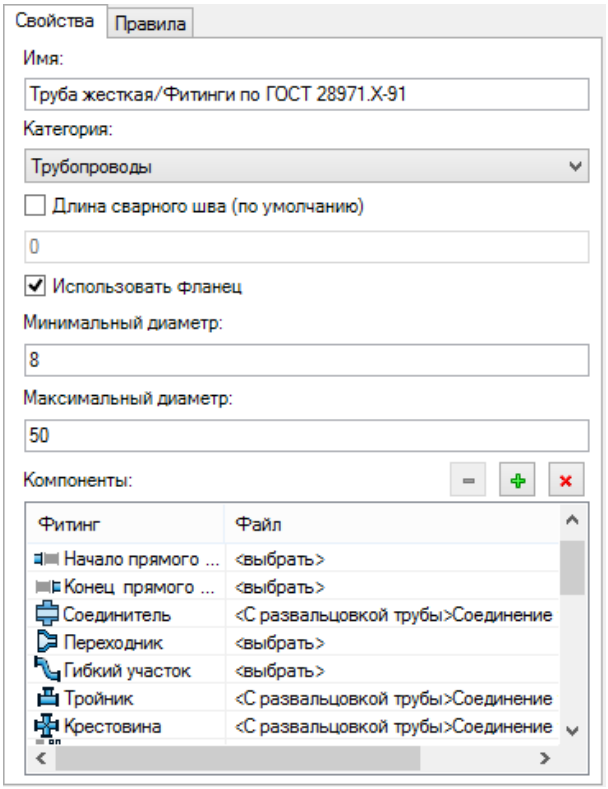
Категория. В выпадающем списке содержатся категории, к которым можно отнести выбранный стиль. При желании можно создать новую категорию, выбрав соответствующий пункт меню из выпадающего списка.

Длина сварного шва по умолчанию. Когда флаг активен, можно задать длину сварного шва по умолчанию.

Использовать фланец. Определяет использование фланцев для стиля.

Минимальный диаметр и **максимальный диаметр** определяет допустимые диаметры коммуникаций.

В окне **Компоненты** отображается список типов фитингов и соответствующих им файлов.



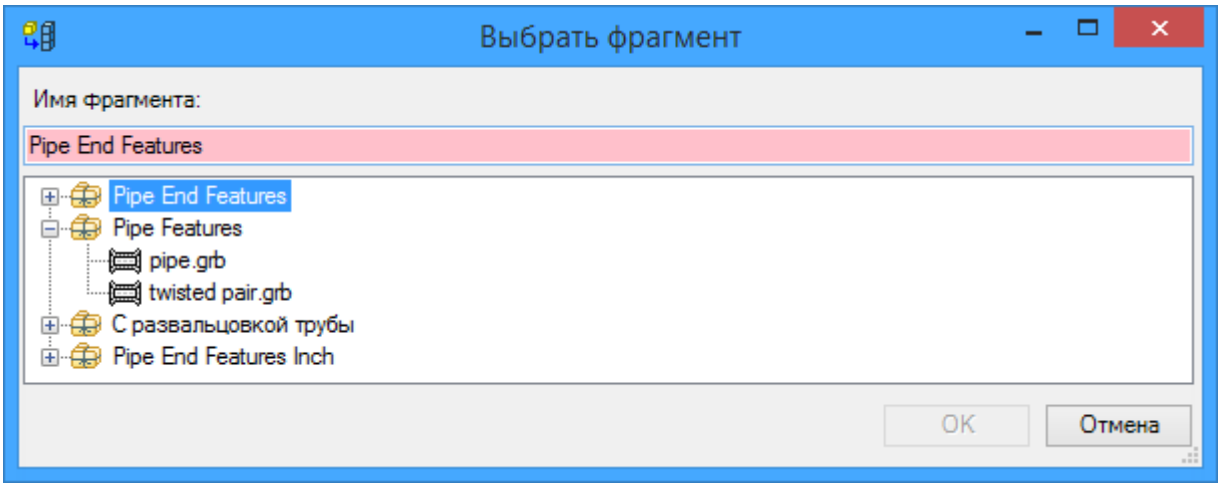
Для работы с окном **Компоненты** используются кнопки:

удалить компонент. Удаляет выбранный файл из списка.

выбрать компонент. Добавляет файл в список.

удалить все компоненты. Удаляет все файлы из списка.

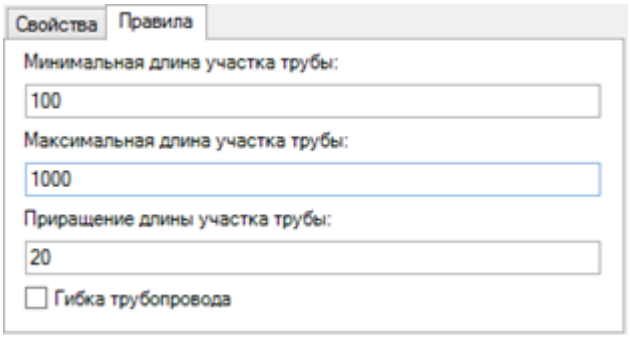
После клика мышью в поле <выбрать> или нажатия кнопки , появляется следующее окно:



В этом окне отображаются все доступные для выбора фрагменты в библиотеках T-FLEX.

Если имя фрагмента подсвечено красным, выбор невозможен.

Закладка Правила.

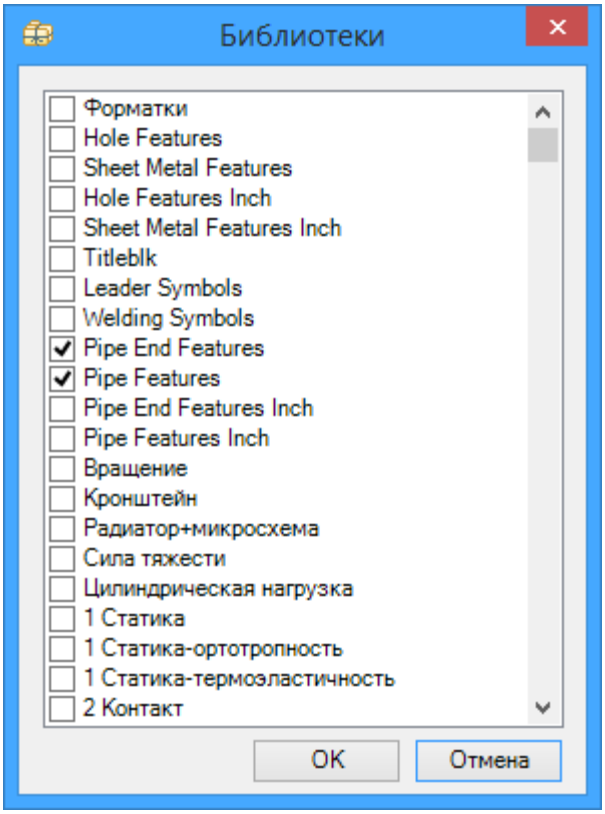


Минимальная длина участка трубы, Максимальная длина участка трубы - задают минимальную и максимальную длину участка трубы.

Приращение длины участка трубы. Можно указать приращение длины. Приращение длины это шаг, с которым система учитывает указанные выше условия.

Гибка трубопровода. При установленном флаге производится гибка трубопровода с заданным стилем.

Полный список библиотек берётся из T-FLEX. Для выбора библиотек используется опция **Сервис** > **Библиотеки**.



Заполнение трассы по стилю

Для применения стилей используется команда **Заполнить трассу по стилю**, доступная для всех типов коммуникаций.

Пиктограмма	Лента
	Коммуникации → Построения → Заполнить трассу по стилю
Клавиатура	Текстовое меню
	Сервис > Коммуникации > Трубопровод > Заполнить трассу по стилю

После активации в автоменю доступны следующие команды:

	<P>	Выбрать трассу
	<B>	Выбрать начальную точку на трассе
	<E>	Выбрать конечную точку на трассе

	<D>	Сбросить начальную и конечную точки
	<A>	Выбрать альтернативные трассы
	<L>	Сбросить альтернативные трассы
	<C>	Очистить трассу
	<N>	Продолжить
	<M>	Вернуться
	<R>	Продолжить работу команды после применения текущих изменений

 После активации необходимо выбрать основную трассу для создания коммуникации.

 и  позволяют ограничить коммуникацию. Элемент будет сгенерирован или удалён на указанном участке трассы.

 Отменяет выбор начальной и конечной точек.

 Позволяет выбрать альтернативные трассы. Эти трассы должны быть соединены с основной трассой.

 Отменяет выбор всех альтернативных трасс.

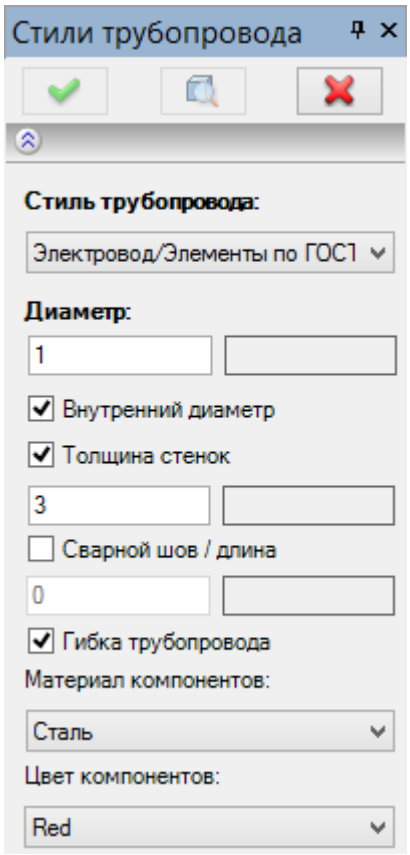
 Удаляет все компоненты трассы - узлы, ЛСК, фрагменты.

 Позволяет создать новую коммуникацию сразу после создания текущей.

 Осуществляет предпросмотр результата операции. После первого нажатия осуществляется предпросмотр на основной трассе , после следующего нажатия – на альтернативных .

 Осуществляет возврат к предыдущему шагу предпросмотра.

В окне **Свойства** можно задать параметры создаваемого элемента.



Стиль трубопровода – в выпадающем списке можно выбрать один из созданных стилей заполнения трассы. В списке сохраняется до десяти ранее использованных стилей.

Диаметр – в поле задаётся диаметр трубопровода. Диаметр должен находиться в интервале, заданном в параметрах выбранного стиля.

Внутренний диаметр – когда флаг установлен, заданный диаметр учитывается как внутренний.

Толщина стенок – позволяет задать диаметр стенок.

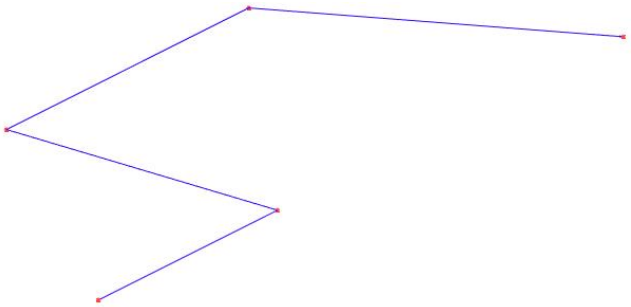
Сварной шов/длина – в поле задаётся зазор между компонентами.

Гибка трубопровода. Если в библиотеке отсутствует подходящий фитинг для места скругления, то при активной опции в этом месте будет произведена гибка. При гибке трубопровода сварной шов не учитывается.

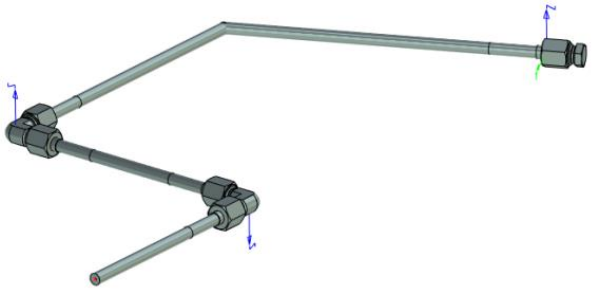
Материал компонентов. Список содержит материалы, использованные в текущей модели.

Цвет компонентов. Цвет тоновой окраски элементов трубопровода.

С помощью зелёного и красного цветов отображается возможность применения введённого в поле значения.



Исходная трасса



Трасса, заполненная по стилю

3D ИЗОБРАЖЕНИЯ

В отличие от фрагмента, 3D изображение представляют собой оболочку трёхмерного объекта, без параметрических свойств и связей между элементами изображения. 3D изображение используются для создания трёхмерных сборочных конструкций. На базе 3D изображений невозможно создавать другие элементы, например, нельзя выбрать какую-либо грань такого объекта. Нельзя также использовать 3D изображения в булевых операциях и при построении 2D проекции, не работает для 3D изображения и команда “Разборка”.

В документ T-FLEX CAD можно добавить 3D изображения, хранящиеся в файлах следующих графических форматов: grb (файл T-FLEX.CAD), wrl (файл формата VRML), iv (файл формата Open Inventor), x3d, 3ds, ply, obj, stl, dxf, dwg.

Для сохранения 3D изображения в составе документа T-FLEX CAD, содержащего 3D модель, необходимо в параметрах этого документа, на закладке “3D” установить параметр “Сохранять 3D изображение в файле документа”. Для сохранения 3D изображения в отдельном файле в форматах iv, wrl, 3d, ply, obj, stl следует воспользоваться командой **Файл > Экспорт**.

Следует помнить, что при хранении 3D изображения внутри файла T-FLEX CAD существенно увеличивается объём занимаемого на диске пространства. Размер 3D изображения, в свою очередь, зависит от плотности сетки, установленной в параметрах документа на момент создания изображения.

СОЗДАНИЕ 3D ИЗОБРАЖЕНИЙ

Для вставки 3D изображения в модель используется команда **3I: Вставить 3D изображение**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → 3D изображение
Клавиатура	Текстовое меню
<3I>	Операции > 3D изображение

После вызова команды доступно выполнение следующих действий:

	<Q>	Выбрать исходную 3D картинку
	<S>	Выбрать или создать систему координат привязки
	<T>	Выбрать или создать заново целевую систему координат
	<F>	Выбрать 2D фрагмент

	<O>	Выбрать файл
	<R>	Повторить предыдущее 3D изображение
	<I>	Бесконечный повтор вставки 3D изображения

Для вставки 3D изображения в сборку необходимо выполнить следующие действия:

1. **Выбрать 3D изображение**.

   Выбор выполняется тремя способами:

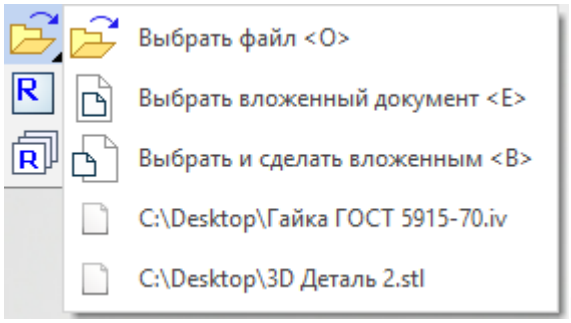
   - нанесение нового 3D изображения (опция);
   - выбор уже нанесённого 3D изображения-(опция).
   - выбор уже нанесённого 2D фрагмента и использование его 3D модели (опция).

2. **Выбрать или создать исходную систему координат 3D изображения** (опция). По умолчанию используется система координат внешней модели, заданная при её создании.
3. **Выбрать или задать заново целевую систему координат** (опция).
4. **Задать параметры 3D изображения** (*необязательное действие*).
5. **Завершить нанесение 3D изображения** (в автоменю или окне свойств).

Файлы изображений можно выбирать как из библиотеки T-FLEX CAD, так и просто из каталога на диске.

В выпадающем списке опции можно выбрать один из трёх вариантов источника 3D изображения и использовать список предыдущих файлов

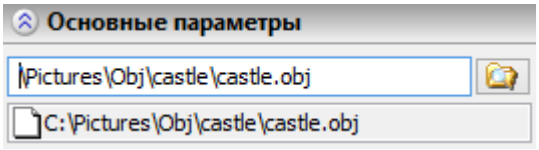
:



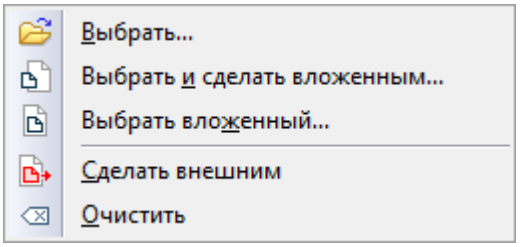
При выборе варианта **«Выбрать и сделать вложенным»** добавленное 3D изображение будет храниться в файле текущего документа, а не во внешнем файле.

Вариант **«Выбрать вложенный документ»**, появляется только для файлов, имеющих вложенные документы.

Имя выбранного файла/внутреннего документа отображается в окне свойств команды (слева от кнопки). Серое (недоступное для редактирования) поле, расположенное чуть ниже, является информационным и показывает абсолютный путь на файл, из которого берётся картинка.



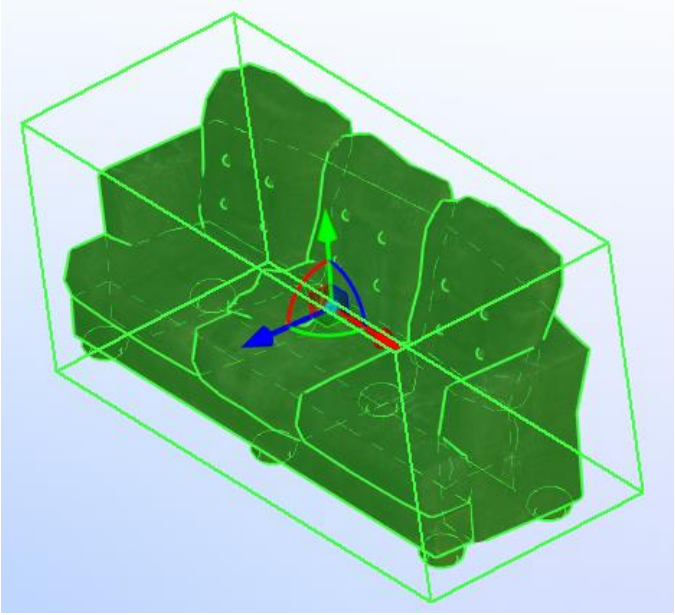
Если нажать на кнопку уже после выбора пути к файлу, появится выпадающий список:



Первые три пункта такие же, как в опции . Опция «Сделать внешним» позволяет выгрузить вложенное изображение во внешний файл. Опция «Очистить» позволяет быстро удалить путь к файлу.

После добавления 3D изображения появляется манипулятор, позволяющий изменять положение создаваемого изображения в пространстве. По умолчанию начало координат манипулятора расположено в центре охватывающего параллелепипеда. При необходимости можно изменить положение манипулятора при помощи опции **Выбрать или создать исходную систему координат**. В отличии от создания 3D фрагмента исходную систему координат 3D изображения нельзя привязать к самому изображению, т.к. изображение не имеет геометрических данных. В остальном процесс выбора/создания исходной и целевой систем координат аналогичен подобному процессу при вставке 3D фрагментов. Этот процесс подробно описан в главе **Создание преобразований 3D элементов**.

При создании 3D изображения нельзя задать значения внешних переменных. Вставка 3D изображения происходит с теми значениями переменных, которые заданы в файле чертежа 3D изображения на момент его сохранения.



Использование 3D изображений для создания планировок

При создании планировок, в которых используются объекты с фиксированными размерами, рекомендуется использовать 3D изображения. При пересчёте 3D модели регенерация 3D изображения происходит гораздо быстрее, чем регенерация 3D фрагмента.

Планировки с использованием 3D изображений создаются так же, как и с использованием 3D фрагмента, с той лишь разницей, что 3D изображение при нанесении 2D фрагмента автоматически не создаётся. 3D изображение наносится вручную путём выбора 2D фрагмента.

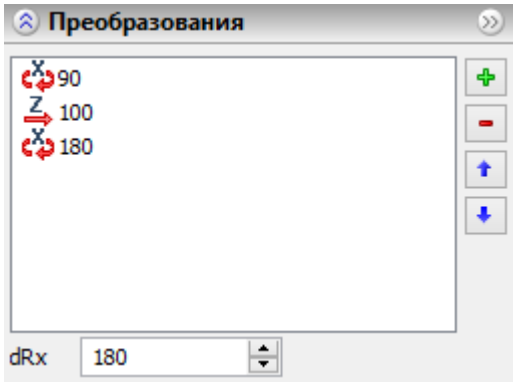
> При нанесении 2D фрагмента для создания планировок с использованием 3D изображения, необходимо следить за тем, чтобы в команде **SO: Задать установки системы** (“Настройка > Установки...”) на закладке **Фрагменты** параметр **Создание 3D Фрагментов автоматически** был отключён.

Подробно ознакомится с данной возможностью системы можно в главе “Создание сборочных 3D моделей” (раздел “Создание сборки из 3D фрагментов”) с учётом поправок для 3D изображения.

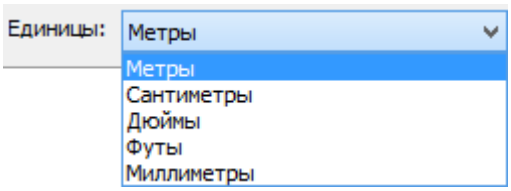
> Для планировки можно использовать только те 2D фрагменты, которые были сохранены при включённом параметре “**Сохранять 3D изображение в файле документа**”.

Свойства 3D изображений

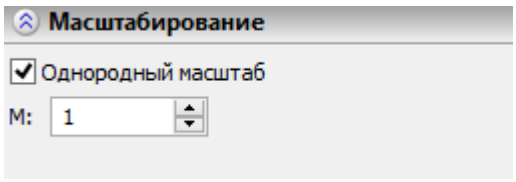
Изменения положения (перемещения и повороты) отображаются в окне свойств в секции **"Преобразования"**. При необходимости можно задать точное значение для любого преобразования в списке.

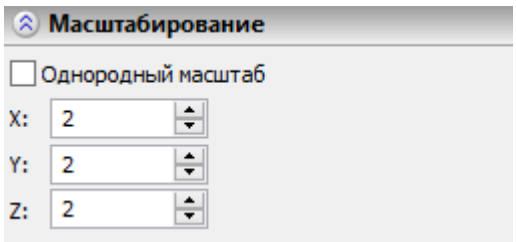


Для вставляемого 3D изображения можно указать единицы измерения, после чего его размер будет автоматически пересчитан. Эта функция полезна для форматов, при добавлении которых не передаются сведения об исходных единицах измерения изображения. При этом система будет использовать в качестве исходных единицы, заданные в команде **ST: Задать параметры документа**, закладка **3D**.

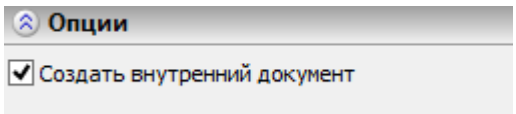


В окне свойств можно указать масштаб 3D изображения. Масштаб может быть однородный по всем осям или задаваться для каждой оси отдельно. Для задания неоднородного масштаба надо снять флаг "Однородный масштаб".





В разделе **Опции** можно установить флаг **«Создать внутренний документ».** При установленном флаге файл изображения сохраняется в текущем документе. Это позволяет увеличить скорость загрузки данных. В противном случае при открытии документа система обращается к внешнему файлу изображения.



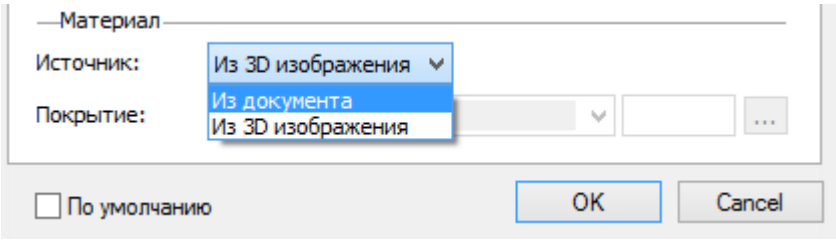
Опция  позволяет повторить нанесение последнего из созданных изображений.

Опция  запускает многократный повтор вставки последнего из созданных изображений. Вставка повторяется, пока не будет прервана пользователем.

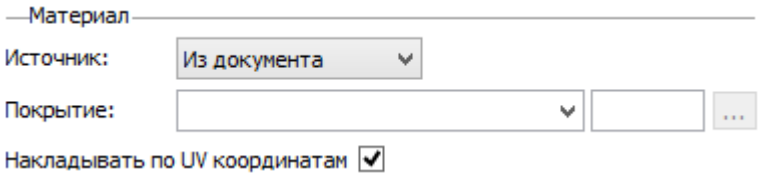
Задание материала покрытия

К 3D изображениям можно применять материалы покрытий. Существует два способа: Первый способ - применить материал покрытия к 3D изображению с помощью функции “drag’n’drop”. Для этого необходимо открыть окно «Материалы» и использовать материал покрытия из списка материалов модели или из библиотеки «Покрытия».

Второй способ – выбрать материал покрытия в окне свойств 3D изображения. Для этого нужно нажать в автоменю кнопку  и на закладке **Общие** в поле “**Источник** выбрать из выпадающего списка пункт “**Из документа**. После этого становится доступным поле “**Покрытие**, в котором можно выбрать необходимый материал. Этот материал будет использоваться в качестве материала покрытия тела.



Важно помнить, что материал покрытия может быть применён только для всего 3D изображения в целом, т.к. оно представляет собой единый объект.В параметрах 3D изображений доступна опция **Накладывать по UV координатам.** Опция позволяет накладывать материал по UV координатам, которые хранятся в файле 3D изображения.



Редактирование 3D изображений

Для вызова редактирования 3D изображения используется команда:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3EI>	Правка > Операции > 3D Изображение	

Подробнее о редактировании можно прочитать в главе «**Редактирование** ».

Имеется возможность заменить редактируемое 3D изображение на другое. Новое изображение может быть загружено из файла или выбрано среди других присутствующих в сцене изображений. Во втором случае необходимо воспользоваться опцией:

	<F4>	Выполнить команду редактирования элемента

В автоменю нужно выбрать опцию  и щелкнуть по любому другому 3D изображению в сцене. Редактируемое 3D изрображение будет заменено на выбранное.

Внешняя модель

Команда предназначена для вставки 3D моделей в форматах Parasolid, STEP, ACIS , IGES, Siemens NX (Unigraphics), Creo/ProE, SolidWorks, Catia V5, Catia V4, Autodesk Inventor, Solid Edge, Rhino, I-Deas, JT, PRC, VDA-FS. Вставленная таким образом модель является полноправной операцией T-FLEX CAD. При этом следует помнить, что внешняя модель, состоящая из нескольких операций, при вставке в T-FLEX CAD будет являться единым объектом. Для дальнейших преобразований, требующих использование отдельного тела такой модели, необходимо предварительно воспользоваться операцией **Разделение**.

Вставка внешней модели напоминает создание 3D фрагмента, но с ограниченными возможностями. Например, нельзя задать значения внешних переменных. Нельзя выбрать исходную систему координат привязки (в качестве неё используется глобальная система координат модели).

Режимы работы с внешней моделью

При вставке внешней модели в текущем документе сохраняется ссылка на её файл и её исходная геометрия. В дальнейшем пользователь может выбрать один из двух режимов работы с внешней моделью:

В первом режиме система отслеживает все изменения в файле внешней модели. При изменении файла будет изменяться и внешняя модель в текущем документе.

Во втором режиме изменения в файле внешней модели системой не отслеживаются. При работе с моделью используется геометрия, сохранённая в текущем документе при последнем обращении к файлу модели. Ссылка на файл модели в текущем документе сохраняется – это позволяет в дальнейшем вернуться к первому режиму работы. Применение данного режима позволяет уменьшить время и затраты оперативной памяти при работе с текущим документом, но увеличивает место, занимаемое им на диске. Данный режим обеспечивает работу с документом, в который вставлена внешняя модель, при отсутствии файла внешней модели.

Второй режим работы устанавливается системой автоматически, если при обращении к файлу внешней модели система обнаруживает его отсутствие.

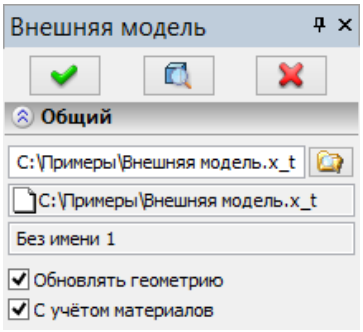
Вставка внешней модели

Для вставки модели формата Parasolid используется команда **ЗМО: Вставить внешнюю модель**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Внешняя модель
Клавиатура	Текстовое меню
<ЗМО>	Операции > Внешняя модель

Для вставки внешней модели необходимо выполнить следующие действия:

1. **Выбрать файл внешней модели**. Выбор файла внешней модели осуществляется в окне свойств команды или с помощью опции:



	<F>	Выбрать внешнюю модель

Под полем ввода имени файла в диалоге свойств внешней модели отображаются ещё два информационных поля. В одном показывается полный путь на выбранный файл внешней модели, в другом – файл-источник внешней модели (т.е. файл, на основе которого был создана модель).

Сведения о файле-источнике отображаются, если в исходном файле хранится соответствующая информация.

В контекстном меню созданной внешней модели будет присутствовать команда **Открыть файл источник**. Данная команда открывает исходный файл, если он существует по данному пути в соответствующем данному типу файла приложении.

2. **Выбрать или создать исходную систему координат внешней модели**.

Выбор или создание исходной системы координат осуществляется с помощью опции:

	<S>	Выбрать или создать исходную систему координат

По умолчанию используется система координат внешней модели. **Выбрать или задать заново целевую систему координат**.

Выбор целевой системы координат осуществляется с помощью опции:

	<T>	Выбрать или создать заново целевую систему координат

Данная опция автоматически устанавливается после выбора внешней модели. Выбор целевой системы координат сводится к выбору ЛСК, с которой надо совместить исходную систему координат внешней модели. Если не выбрана ни одна система координат, то по умолчанию используется глобальная система координат.

Отменить выбор целевой системы координат можно с помощью опции:

	<C>	Отменить привязку к локальной системе

> Процесс выбора/создания исходной и целевой систем координат подробно описан в главе “Создание сборочных 3D моделей”.

3. **Задать параметры внешней модели** (*необязательное действие*).

В окне свойств операции можно задать следующие параметры:

Обновлять геометрию. Данный параметр устанавливает режим работы с внешней моделью. При установленном флаге используется первый режим работы (отслеживаются все изменения в файле модели). Снятый флажок включает второй режим.

С учётом материалов. Данный параметр позволяет использовать исходные материалы внешней модели.

Параметры внешней модели также можно задать в диалоге общих параметров операции, вызываемом опцией:

	<P>	Задать параметры элемента

4. **Завершить создание операции** ( в окне свойств или автоменю).

Внешняя модель будет отображена в 3D виде только после завершения создания операции или при предварительном просмотре результата операции с помощью . При создании внешней модели система выполняет проверку корректности импортированной модели. Если в модели есть ошибки, то выдаётся окно с сообщением об ошибке и вариантами возможных действий.

> Внешняя модель может быть также получена в результате выполнения команды импорта **IM: Импортировать документ** (см. главу “Экспорт/Импорт документов” руководства пользователя по двухмерному проектированию и черчению).

Редактирование внешней модели

Для редактирования внешней модели используется команда:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3EMO>	Правка > Операции > Внешняя модель	

С помощью этой команды можно изменить расположение редактируемой внешней модели или заменить её на другую внешнюю модель, загруженную из файла.

Подробнее о редактировании можно прочитать в главе «Редактирование».

3D копии

3D копия – операция системы T-FLEX CAD, позволяющая копировать существующие операции, Тела, 3D элементы построения и даже наборы граней.

Параметры копирования определяются заданием двух ЛСК: исходной системы координат копирования и целевой. Преобразование осуществляется переносом исходной системы координат вместе со связанными с ней объектами копирования в положение, которое занимает целевая система координат.

Операция создания 3D копии позволяет при копировании симметрично отображать выбранные элементы относительно одной из плоскостей целевой системы координат привязки.

При создании 3D копии операций возможно автоматическое объединение созданной копии с исходной операцией, а также использование режима переноса (когда исходные тела при копировании удаляются).

Основные положения

Объекты копирования

Набор копируемых объектов одной операции может содержать несколько элементов одного типа (только операции, только Тела, только грани и т.п.). В зависимости от типа 3D копии (т.е. от типа выбранных объектов копирования) меняются параметры и возможности операции (см. раздел “Типы 3D копий”).

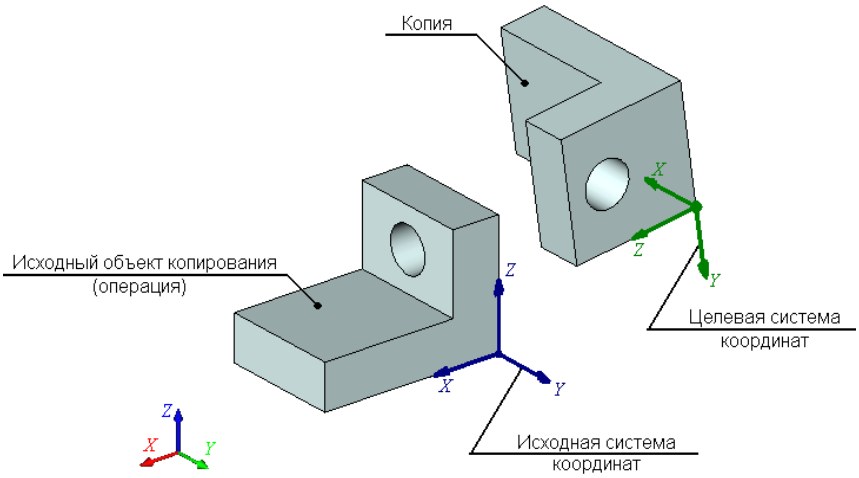
Исходная и целевая системы координат

В качестве исходной и целевой систем координат можно выбрать любые существующие ЛСК.

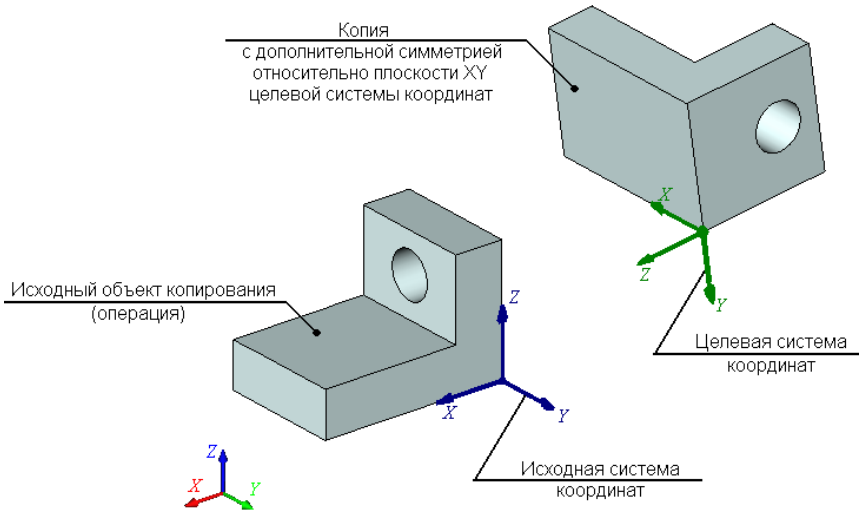
Если нужная ЛСК (исходная или целевая) отсутствует в 3D модели, её можно создать автоматически при задании операции 3D копии. Для этого достаточно указать 3D точку начала координат требуемой ЛСК. В указанной точке создаётся новый 3D элемент – ЛСК. Направления её осей совпадут с направлением осей мировой системы координат.

Общие принципы копирования

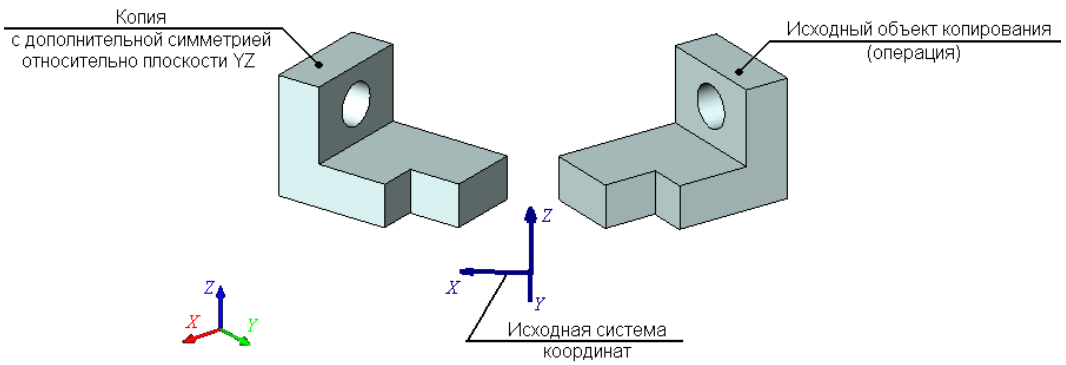
Положение создаваемой копии в общем случае определяется путём переноса исходной системы координат в целевую.



К создаваемой копии дополнительно можно применить преобразование симметрии относительно одной из плоскостей целевой системы координат.



При создании копии с дополнительной симметрией можно задать только одну исходную ЛСК. В этом случае система будет считать, что исходная и целевая ЛСК совпадают.



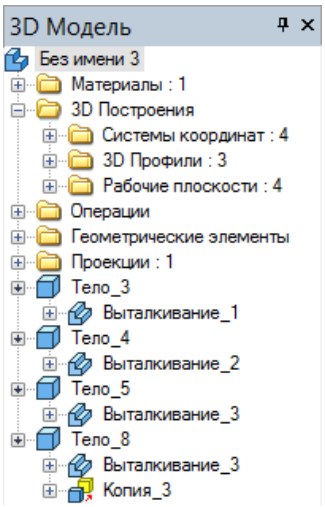
Дополнительное симметричное отражение копии позволяет получать результат, аналогичный применению операции 3D симметрии. Например, можно использовать такие копии для создания

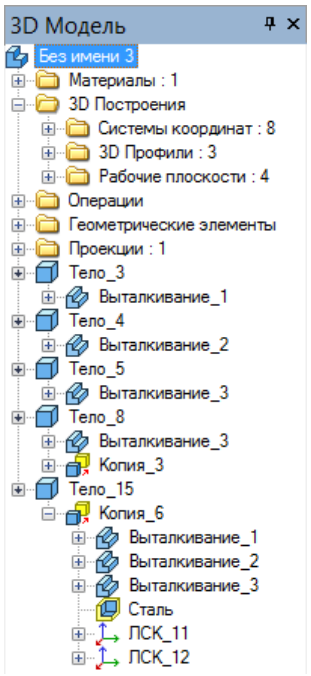
симметричных деталей (построить половину детали, выполнить операцию копирования с симметрией и сделать булеву операцию сложения двух половинок).

Типы 3D копий

Копия операций

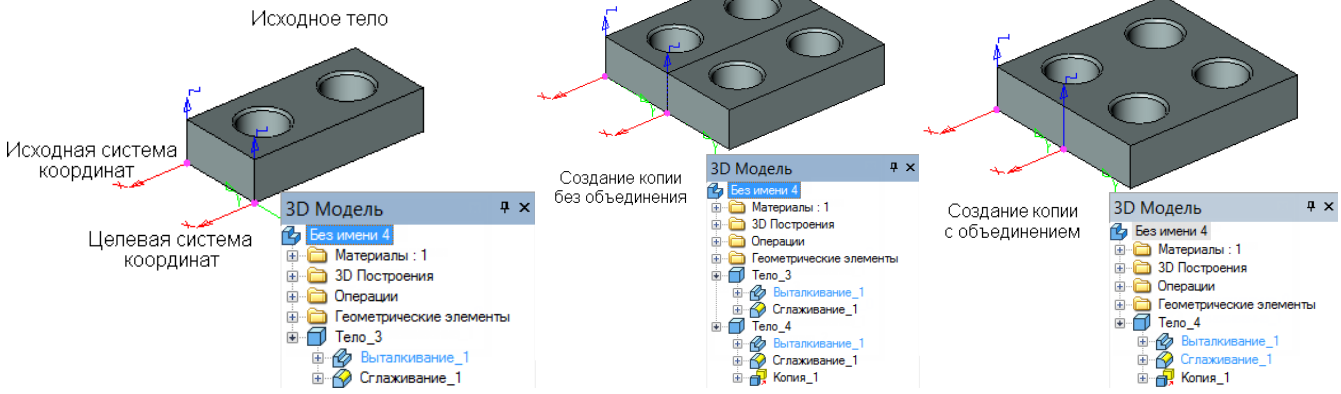
3D копия операций позволяет копировать существующие операции модели. В результате создания операции копирования появляются новые тела – копии исходных операций.



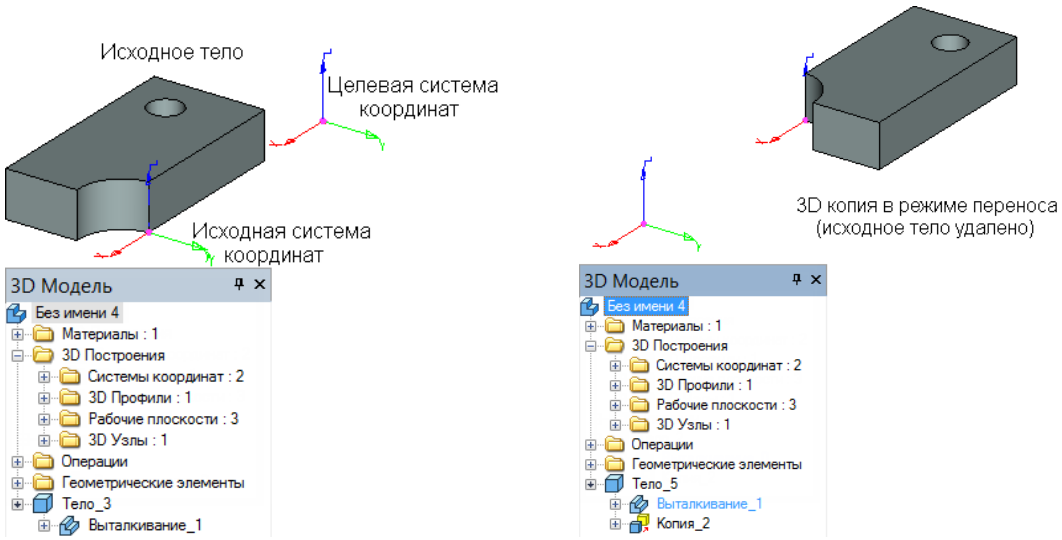


В структуре модели результат 3D копии операций отображается следующим образом: если для создания копии была выбрана только одна операция, то последней операцией созданного Тела-копии будет сама операция 3D копии. Если же 3D копия создавалась сразу для нескольких объектов, то создающими операциями у новых Тел будут ссылки на операцию копирования.

Дополнительный режим *копирования с объединением* автоматически объединяет созданную копию с телом исходной операции. Если набор объектов копирования содержит более одной операции, то каждая созданная копия объединяется с соответствующей ей исходной операцией.



3D копия операций может работать в режиме переноса. В этом случае тело исходной операции удаляется, и в 3D сцене и в дереве 3D модели остаётся только созданная копия.



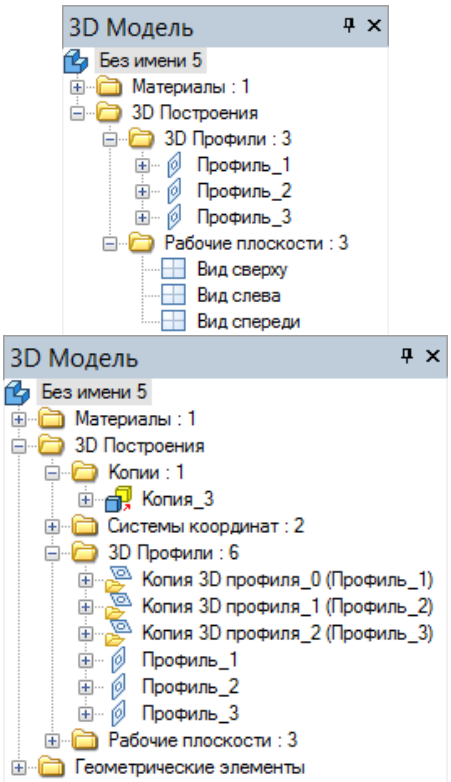
Копия Тел

3D копия Тел создаётся так же, как и копия операций. Но если 3D копия операций копирует только результаты конкретных операций, то копия Тел копирует целиком Тело, полученное с использованием выбранной операции. Если в дальнейшем это Тело будет доработано, 3D копия будет пересчитана с учётом новых операций, вошедших в историю Тела (аналогично массивам Тел).

Копия 3D элементов построения

Операция копирования позволяет создавать копии любых 3D элементов построения.

В дереве 3D модели созданная операция заносится в специальную папку “3D Построения/Копии”. Элементы-копии, полученные в результате применения операции, также заносятся в соответствующие папки дерева. Например, при создании копии 3D профиля результирующий профиль-копия будет занесён в папку “3D Построения|3D профили”.



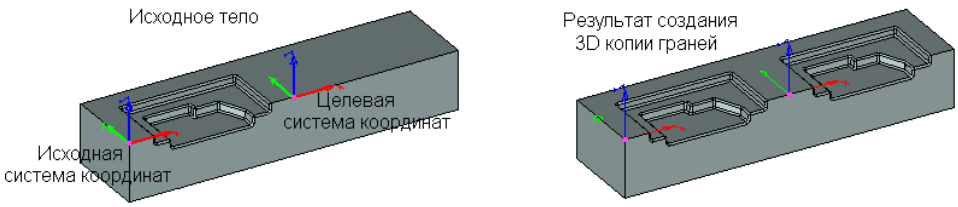
Дерево 3D модели до и после создания 3D копии элементов построения

При копировании рабочих плоскостей и ЛСК к создаваемым копиям нельзя применять дополнительное преобразование симметрии.

Копия граней

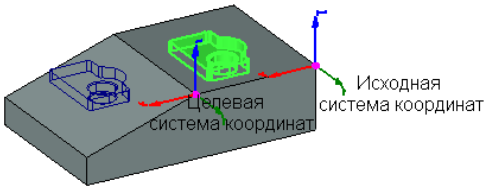
Копирование граней позволяет добавлять к существующим в 3D модели телам отверстия и выступы, повторяющие уже имеющиеся конструктивные элементы.

3D копия граней всегда создаётся на базе одного тела модели: все копируемые грани должны принадлежать этому телу. Результат создания операции копирования – набор граней-копий – также включается в исходное тело.

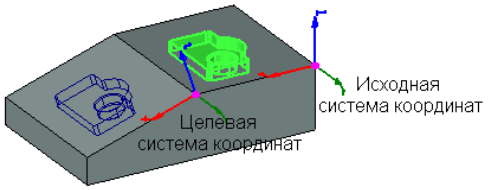


Выбранный для создания 3D копии набор граней может быть произвольным, однако должен полностью описывать геометрию копируемого конструктивного элемента детали. Грани-копии

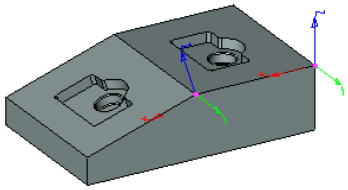
должны лежать в пределах исходного тела и пересекаться с другими его гранями так же, как грани исходного набора.



Пересечение копии с гранями исходного тела иное, чем у исходного набора (3D копия не будет создана)

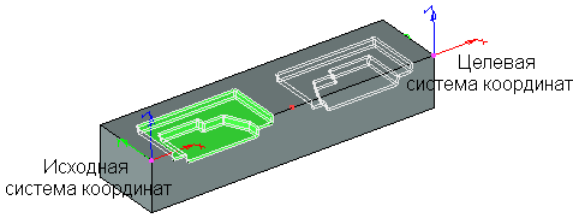


Пересечение копии с гранями исходного тела такое же, как у исходного набора (3D копия будет создана успешно)

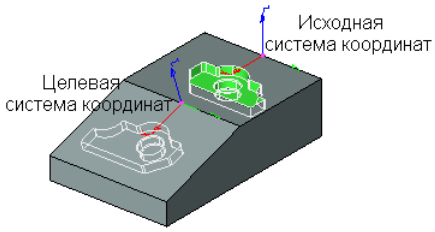


Результат создания 3D копии граней

При создании копии с симметрией на исходный набор граней накладывается дополнительное условие: все рёбра, ограничивающие копируемый набор граней, должны принадлежать одной “базовой” (не входящей в список копируемых) грани тела.



3D копия граней с симметрией относительно плоскости YZ целевой системы координат не будет создана, т.к. рёбра, ограничивающие набор копируемых граней, принадлежат двум "базовым" (не входящим в список копируемых) граням исходного тела



3D копия граней с симметрией относительно плоскости XZ целевой системы координат будет успешно создана, т.к. рёбра, ограничивающие копируемый набор граней, принадлежат одной "базовой" (не входящей в список копируемых) грани тела

Задание исходного набора граней осуществляется так же, как и в массиве граней:

Выбором замкнутой последовательности рёбер, ограничивающей требуемый набор граней.

Прямым выбором всех необходимых граней;

Выбором операции, в результате которой был создан требуемый набор граней.

На результат создания операции копирования граней можно влиять с помощью следующих дополнительных режимов:

Копирование в пределах одной грани. Применение данного режима существенно уменьшает время пересчёта 3D копии граней;

Продлевать поверхности (используется только совместно с режимом “Копирование в пределах одной грани”). Система автоматически будет продлевать или укорачивать копируемые грани для обеспечения корректной вставки их в тело;

Проверять пересечение с другими гранями (используется для предотвращения создания самопересекающегося тела).

> Подробное описание этих режимов приведено в главе “Массивы”.

Ограничения

При создании и редактировании операции имеются следующие ограничения:

- ✓ Если хотя бы один из исходных объектов 3D копирования был использован для создания тела (включая 3D сварку), режим **Перенос** будет недоступен.
- ✓ Если хотя бы один из результирующих объектов операции был использован для задания любого другого объекта T_FLEX CAD, то во время редактирования 3D копии, возможность изменения нескольких исходных объектов, а также возможность включать и отключать режим копирования с объединением будут недоступны (для 3D копии операций);

Эти ограничения действуют на все типы 3D копий, кроме копий граней.

При копировании рабочих плоскостей или ЛСК, к этим копиям не могут быть применены дополнительные преобразования операции.

Создание копии

Для создания копии тела используется команда **3СР: Создать копию**:

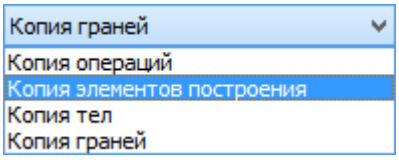
Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Копия
Клавиатура	Текстовое меню
<3CP>	Операции > Копия

Для выполнения операции копирования необходимо выполнить следующие действия:

- ✓ Выбрать исходные объекты копирования;
- ✓ Выбрать исходную систему координат;
- ✓ Выбрать целевую систему координат;
- ✓ Задать параметры копирования;
- ✓ Завершить создание операции.

Выбор типа копии

Выбор типа создаваемой операции осуществляется в окне свойств команды с помощью выпадающего списка: **Копия операций**, **Копия элементов построения**, **Копия Тел**, **Копия граней**.



В зависимости от того, какой тип копии выбран в списке, меняется набор опций автоменю команды и набор параметров в окне свойств.

Выбор исходных объектов копии

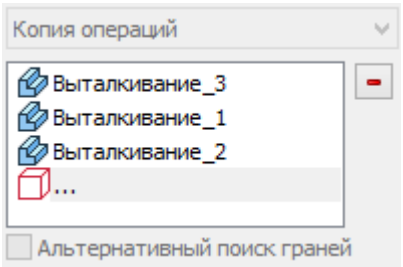
Для выбора исходных объектов копирования в автоменю будет доступна одна из следующих опций (в зависимости от выбранного типа операции):

	<N>	Выбрать 3D операцию (для копии операций)
	<N>	Выбрать 3D операцию (для копии Тел)
	<N>	Выбрать элемент построения
	<N>	Выбор копируемых граней или ограничивающих их рёбер и циклов

Выбор исходных объектов для копии 3D операций, Тел, 3D элементов построения

Выбор объектов осуществляется прямо в 3D сцене или в дереве 3D модели. Выбранные объекты заносятся в список исходных объектов в окне свойств операции.

Для выбора 3D Тела можно указать (также либо в 3D сцене, если это возможно, или в дереве 3D модели) *любую* из операций, участвующих в создании данного Тела. В список выбранных объектов автоматически будет занесена *последняя* операция данного Тела.



Обратите внимание, что после выбора первого объекта (операции, элемента построения) опция / / автоматически отключается, и система переходит к заданию исходной системы координат. Для выбора нескольких объектов копирования необходимо самостоятельно повторно активизировать опцию выбора объектов копирования в автоменю команды или поместить курсор в строку "..." списка выбранных объектов (в окне свойств команды).

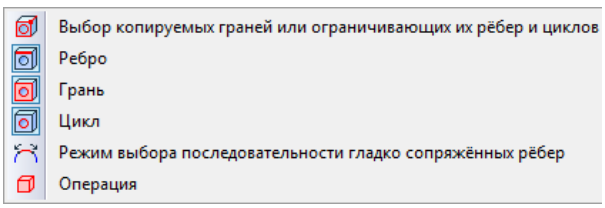
Для отказа от какого-либо из выбранных объектов следует указать его в списке и нажать кнопку .

После выбора первого же объекта копирования поле задания типа копии становится недоступным для редактирования. Для смены типа копии необходимо удалить все 3D объекты, уже занесённые в список исходных объектов. Только после этого можно будет выбрать другой тип копирования.

Выбор исходных объектов для копии граней

Выбор исходного набора для копии граней осуществляется точно так же, как выбор исходных граней для массива граней, описанный в главе "Массивы".

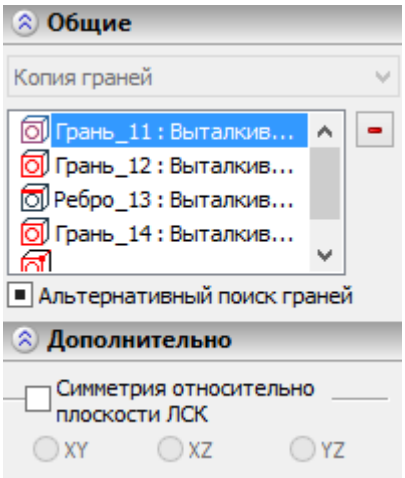
Выпадающий список опции выбора копируемого набора граней позволяет задать способ выбора: выбором самих граней, выбором ограничивающих их рёбер, выбором операции (эти же фильтры дублируются в системной панели).



Работа с фильтрами из выпадающего списка опции подробно изложена в главе “Массивы”, при описании создания массива граней.

Выбор операций, ограничивающих рёбер или самих граней осуществляется в 3D окне. Операции можно также выбирать в дереве 3D модели.

При задании набора граней с помощью ограничивающих рёбер дополнительный флажок **Альтернативный поиск граней** указывает, какой набор граней из двух, определяемых заданной последовательностью рёбер, будет выбран в качестве исходного объекта копирования. Флажок имеет три состояния:



Включён по умолчанию ■. Система выбирает набор граней самостоятельно (по условию минимума площади). Если в процессе дальнейшей работы с 3D моделью соотношение площадей изменится, система автоматически изменит исходный набор граней;

Включён ☑/Выключен ☐. Каждое из этих двух состояний будет соответствовать конкретному набору граней (соответствие определяется системой). При любых дальнейших изменениях модели копируемый набор граней не меняется.

При создании копии граней опция остаётся активной до тех пор, пока пользователь самостоятельно не активизирует опцию выбора исходной/целевой системы координат.

Выбор исходной системы координат

Выбор существующей ЛСК в качестве исходной системы координат осуществляется с помощью опции:

	<S>	Выбрать исходную систему координат

Для автоматического создания ЛСК необходимо воспользоваться опцией:

	<F>	Выбрать 3D точку для создания исходной системы координат

Данная опция позволяет выбрать любой 3D элемент, способный определить 3D точку, которая будет началом координат новой ЛСК.

Выбор целевой системы координат

Выбор целевой системы координат происходит аналогично выбору исходной системы координат. Существующая ЛСК выбирается опцией:

	<T>	Выбрать целевую систему координат

Создать новую ЛСК в 3D точке можно с помощью опции:

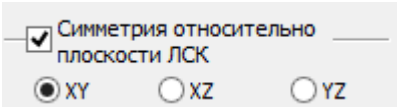
	<W>	Выбрать 3D точку для создания целевой системы координат

Отказаться от выбранной ЛСК можно с помощью опции:

	<C>	Отменить выбор целевой системы координат

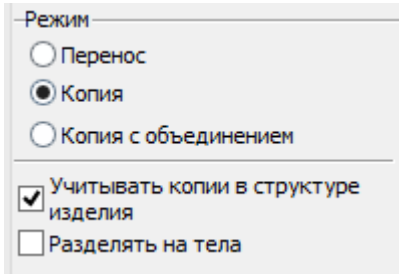
Задание параметров копирования

Необходимость применения преобразования симметрии к создаваемым копиям задаётся в окне свойств команды с помощью флажка **Симметрия относительно плоскости ЛСК**. Плоскость целевой системы координат, относительно которой будет осуществляться симметрия, выбирается с помощью переключателя: **XY**, **XZ**, **YZ**.



В диалоге параметров операции, вызываемом опцией , можно также задать параметры преобразования копии. Заданные там смещения и углы поворота будут применяться относительно целевой системы координат копии.

Режим копирования при создании 3D копии операций выбирается с помощью переключателя **Режим** в разделе **Дополнительно** окна свойств команды: **Перенос**, **Копия**, **Копия с объединением**.



Дополнительный флажок **Учитывать копии в структуре изделия** используется только при копировании 3D фрагментов, включаемых в структуру изделия. При установке флажка копии фрагментов также будут учитываться в структуре изделия. Когда флажок снят, в спецификацию попадает только исходный фрагмент.

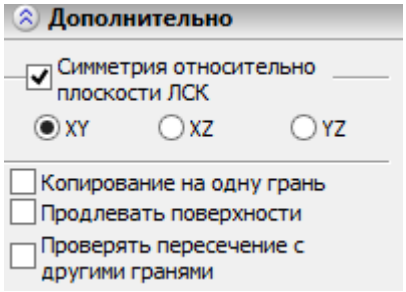
Флажок **Разделять на тела** используется при копировании сразу нескольких операций. Для каждой из них создаётся отдельное Тело-копия.

Дополнительные параметры копирования граней отличаются от параметров копий других типов:

Копирование на одну грань. Данный флажок устанавливается, когда необходимо включить режим “Копирование в пределах одной грани”.

Продлевать поверхности. Включает одноимённый режим. Всегда используется совместно с предыдущим флажком.

Проверять пересечение с другими гранями. Данный флажок позволяет включить режим проверки пересечения создаваемых копий с уже существующими гранями тела.



Массивы

Массив – это операция системы T-FLEX CAD, позволяющая создавать копии уже существующих 3D объектов.

Расположение создаваемых копий (элементов массива) зависит от вида массива: линейный, круговой, массив по точкам, массив по пути, параметрический массив. Элементы массива могут располагаться вдоль направляющего вектора с заданным шагом (линейный массив), по окружности вокруг заданной оси (круговой массив), вдоль пути (массив по пути), в заданных 3D точках (массив по точкам) или в зависимости от заданного параметрического закона (параметрический массив).

В качестве исходных объектов для создания массивов (объектов копирования) могут выбираться 3D элементы построения, операции, Тела, грани. Набор копируемых объектов каждого массива может содержать несколько элементов, но обязательно одного типа.

В зависимости от типа копируемых объектов массивы делятся на следующие типы: массивы элементов построения, массивы операций, массивы Тел, массивы граней. Все массивы одного типа, вне зависимости от их вида, обладают общими особенностями создания и редактирования.

Копии, полученные в результате создания всех массивов, кроме массива Тел, можно использовать при выполнении последующих операций. Результат выполнения массива Тел допускается использовать только при создании другого массива.

Типы массивов. Особенности каждого типа

По типу копируемых элементов все массивы делятся на следующие типы:

Массивы элементов построения;

Массивы операций;

Массивы Тел;

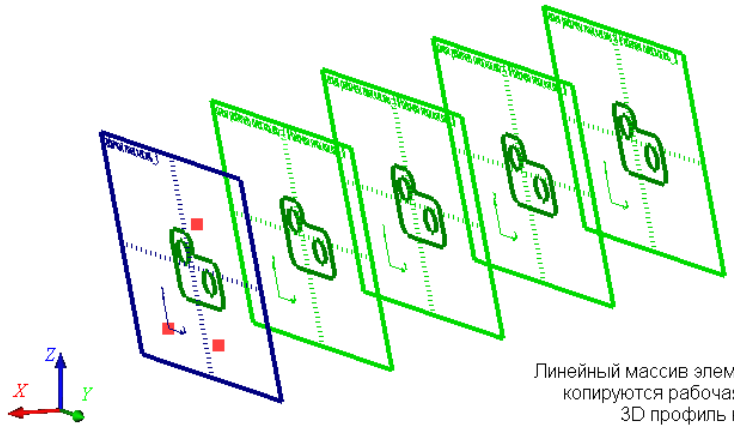
Массивы граней.

Создание любого массива начинается с выбора его типа.

Массив элементов построения

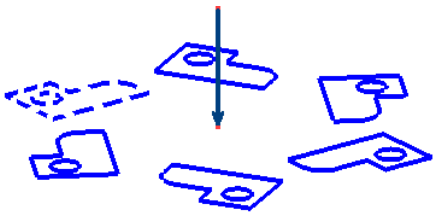
Массив элементов построения позволяет создавать особый тип 3D элементов – *массив 3D построений*. В качестве объектов копирования могут быть выбраны любые 3D объекты построения, кроме сечений, источников света, камер. Это могут быть 3D узлы, 3D пути, 3D профили, рабочие плоскости и т.п. В один массив могут входить объекты построения разного типа: например, 3D профили и 3D пути.

> При создании любого вида массива рабочих плоскостей автоматически создаются 2D страницы чертежа типа “Рабочие плоскости” для каждого элемента массива.

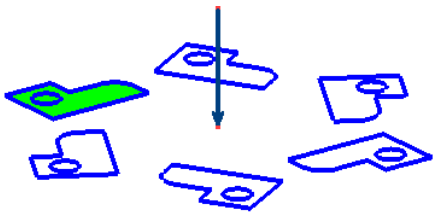


Линейный массив элементов построения: копируются рабочая плоскость и 3D профиль на ней

Исходные элементы построения в массив не включаются. На месте исходного элемента (элементов) в массиве образуется “пропуск”. Однако в массив можно включить дополнительную копию, совпадающую по положению с исходными элементами.



Круговой массив 3D профилей без дополнительной копии

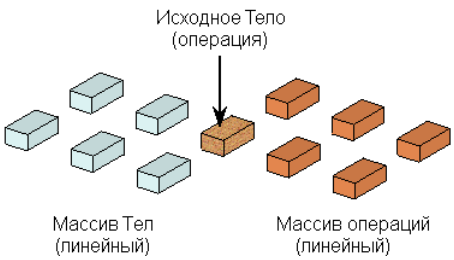


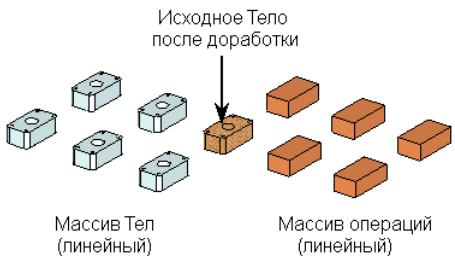
Круговой массив 3D профилей, содержащий дополнительную копию, совпадающую с исходным элементом (дополнительная копия закрашена)

Массив Тел и массив операций

Массивы Тел и массивы операций создают копии уже существующих тел сцены. Исходным объектом для массивов этих типов служит операция.

Массив операций копирует только результат конкретной операции. Если на её основе создать ещё одну, например, сгладить ребро, то массив при этом не изменится. Массив Тел копирует целиком Тело, полученное с использованием выбранной операции. Если в дальнейшем это Тело будет доработано, массив пересчитывается с учётом новых операций, вошедших в историю Тела.





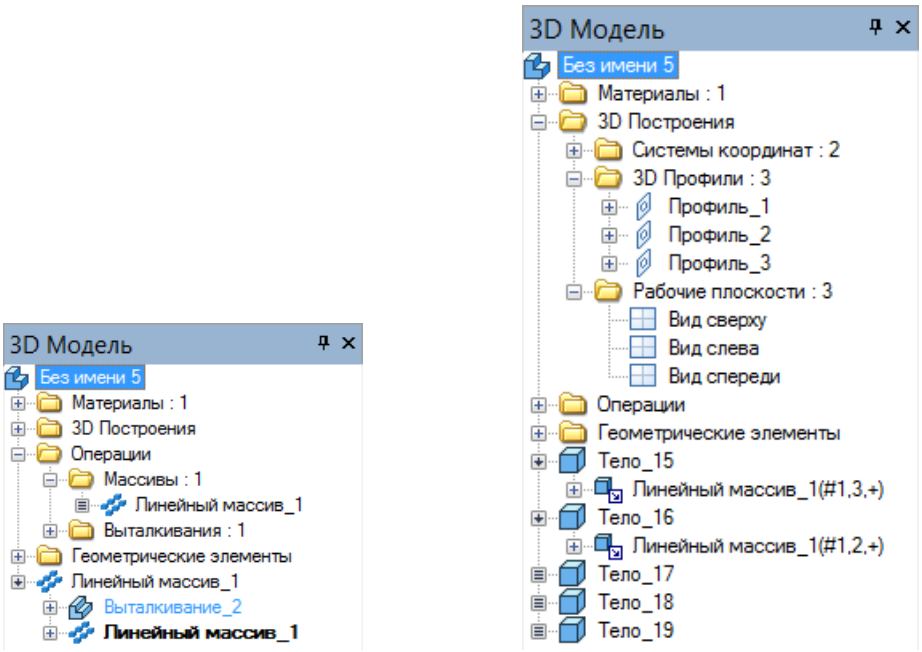
При создании массива Тел всегда создаётся новое 3D Тело-массив. Исходное Тело (Тела) в массив не включается (на его месте в массиве будет “пропуск”).

В массиве операций необходимо отдельно определить, нужно или нет включать исходную операцию в состав массива. Если исходная операция включается в массив, то на неё распространяются все параметры, заданные для данного массива: материал, общесистемные параметры (уровень, слой, цвет), параметры преобразований и т.п. Кроме того, если для создания массива была выбрана последняя операция в истории какого-либо Тела, то такое Тело после создания массива исчезает – оно заменяется массивом.

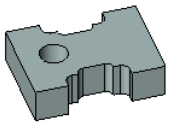
Когда же исходная операция не включается в состав массива, сама операция и Тело, которое она создаёт, останутся независимыми объектами 3D модели. В массиве в этом случае будет “пропуск” в месте, соответствующем положению исходной операции (так же, как при создании массива построений).

При создании любых массивов Тел и операций можно также использовать следующие дополнительные режимы:

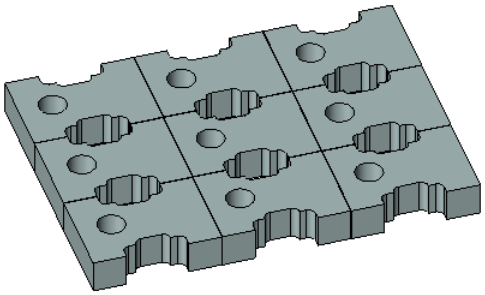
Режим разделения на отдельные Тела – созданный массив автоматически разделяется на отдельные Тела-копии;



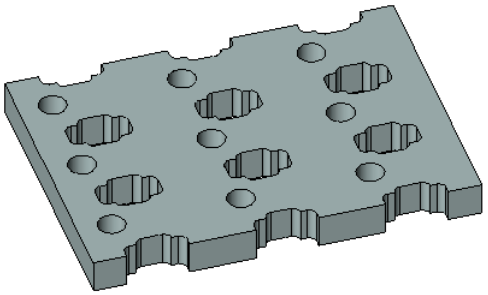
Режим объединения копий массива – между всеми элементами массива выполняется булева операция сложения.



Исходная операция



Результат создания массива без применения режима объединения копий (видны боковые рёбра отдельных копий)

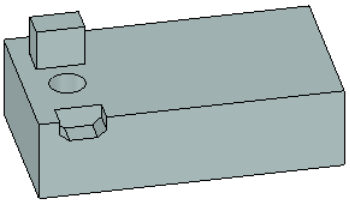


Результат создания массива с применением режима объединения копий

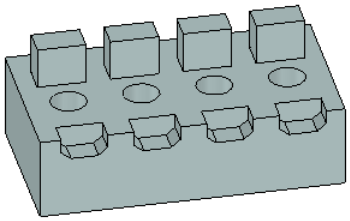
Массив граней

Основное назначение любых массивов граней – добавление к существующим в 3D модели Телам отверстий и выступов, повторяющих уже имеющиеся в данном Теле конструктивные элементы. Поэтому массив граней всегда создаётся на базе одного Тела модели: все копируемые грани должны принадлежать этому Телу. Результат создания массива – набор граней-копий – также будет включён в исходное Тело.

> При создании массива граней никогда не создаётся новое 3D Тело – только трансформируется уже существующее.



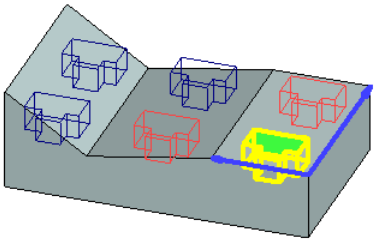
Исходное тело



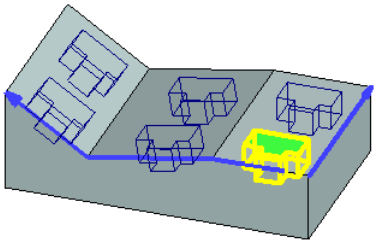
Результат создания массива граней (копировались грани отверстия, паза и выступа)

Выбранный для создания массива набор граней может быть произвольным, но он должен полностью описывать геометрию копируемого отверстия, паза или выступа детали. Создаваемые копии должны лежать в пределах исходного тела.

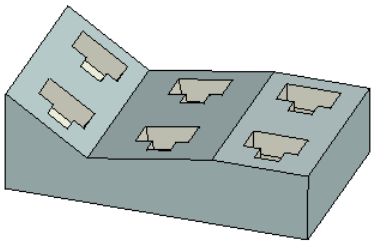
При создании массива граней не может меняться топология исходного тела. Поэтому необходимо создавать массив таким образом, чтобы грани-копии пересекались с гранями исходного тела так же, как грани исходного набора.



В линейном массиве граней пересечение копий с гранями исходного тела иное, чем у исходного набора (массив не будет создан)



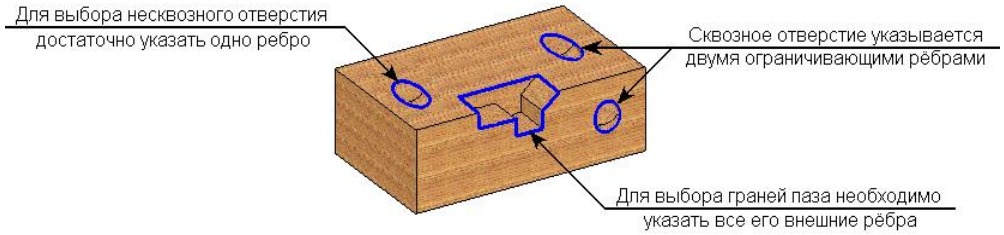
Массив граней по пути обеспечивает одинаковое пересечение создаваемых копий и исходного набора с гранями тела



Результат создания массива граней по пути

Для задания набора можно указывать:

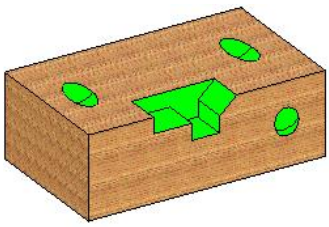
Рёбра, ограничивающие набор граней. Совокупность рёбер определяет два возможных набора граней (условно говоря, “внутри” и “снаружи” заданной последовательности рёбер). Система может автоматически выбрать копируемый набор (из условия минимума площади) или предоставить выбор пользователю.



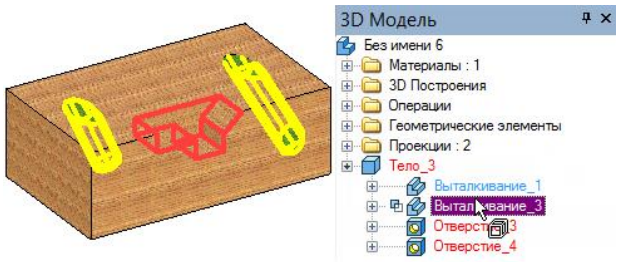
> Выбранные рёбра должны образовывать одну или несколько замкнутых последовательностей.

Все грани, которые необходимо включить в исходный набор массива;

Операцию, в результате которой был создан требуемый набор граней (например, операция “Отверстие”). В этом случае в массиве сохраняется ссылка на выбранную операцию. Если в дальнейшем геометрия такой операции изменится, 3D массив будет пересчитан с учётом этих изменений.



Задание копируемого набора выбором всех граней



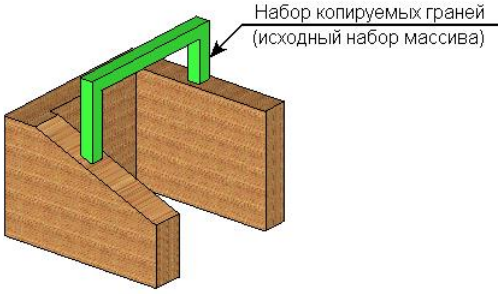
Задание копируемого набора выбором операций

На результат создания массива граней можно влиять с помощью следующих дополнительных режимов:

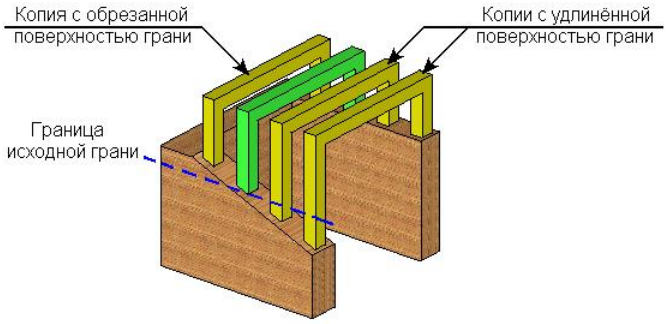
Копирование в пределах одной грани. Применение данного режима существенно уменьшает время пересчёта массива. Однако данный режим можно использовать только тогда, когда все элементы создаваемого массива лежат на той же грани, что и исходный набор;

Продлевать поверхности (используется только совместно с режимом “Копирование в пределах одной грани”). Данный режим позволяет создавать массив граней при нарушении условия одинакового пересечения исходного набора граней и всех копий массива с гранями исходного тела. Система автоматически будет продлевать или укорачивать копируемые грани для обеспечения корректной вставки их в тело.

Применение данного режима возможно только в том случае, если все копии лежат в пределах тех же граней тела, что и исходный набор.

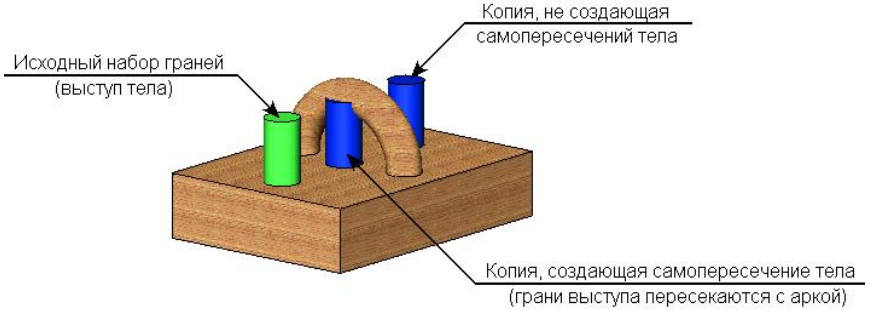


Исходное тело



Создание массива граней с использованием режима
"Продлевать поверхности"

Проверять пересечение с другими гранями (используется для предотвращения создания самопересекающегося тела). При использовании данного режима система проверяет создаваемые грани-копии на предмет пересечения их с уже существующими гранями тела. Если такое пересечение будет обнаружено, массив не создаётся.



При использовании режима "Проверять пересечение с другими гранями"
данный массив граней (копируется выступ тела) не будет создан
из-за пересечения одной из копий с аркой на исходном теле

- *Не проверять границы тела* (по умолчанию включена). При использовании данного режима проверка на корректность получающегося массива осуществляется единожды после создания всех копий. При этом система проверяет получившиеся копии только по следующему критерию: они должны лежать в пределах хотя бы одной из граней тела. Такая проверка не исключает полностью возникновение ошибок в случаях, когда грани-копии лежат на границах граней, зато в несколько раз уменьшает время построения большого массива.

При выключении режима “Не проверять границы тела” система перед началом копирования проверяет, не будет ли результат копирования находиться вне границ всех граней тела. Если так, такие грани-копии просто не создаются. Вторая стадия проверки осуществляется после копирования – созданные грани-копии проверяются на пересечение с границами той грани тела, на которую они были скопированы. Если для какой-нибудь копии пересечение обнаружено, то эта копия удаляется из массива. Такой режим работы обеспечивает бо́льшую надёжность механизма построения массива, но сильно увеличивает время его построения.

Виды массивов. Особенности массивов каждого вида

Все 3D массивы, создаваемые в T-FLEX CAD, можно разделить *по способу копирования* на следующие виды:

Линейный;

Круговой;

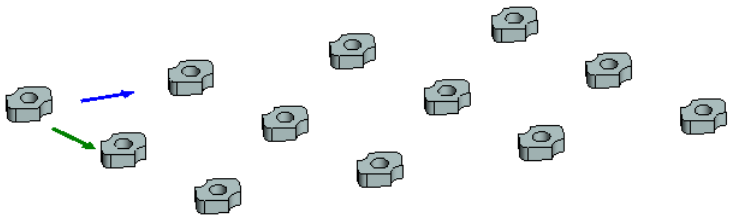
По точкам;

По путям;

Параметрический.

Линейный массив

Линейный массив создаётся путём размещения копий исходных объектов вдоль одного или двух направляющих векторов. В зависимости от числа направляющих векторов создаётся одномерный либо двумерный массив. Все элементы линейного массива лежат в одной плоскости.



Направляющие векторы линейного массива задаются либо двумя 3D точками (вектор будет направлен от первой выбранной точки ко второй), либо одним 3D объектом, способным определить вектор в пространстве.

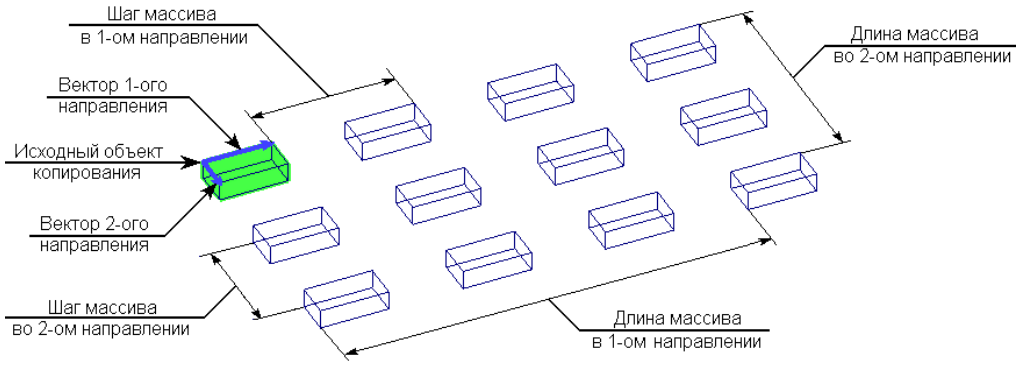
Размер массива вдоль каждого направления характеризуется количеством копий, шагом их размещения и общей длиной массива по данному направлению. Для задания массива достаточно указать только два параметра из трёх. В зависимости от используемого режима это могут быть:

количество копий и шаг;

общая длина и шаг;

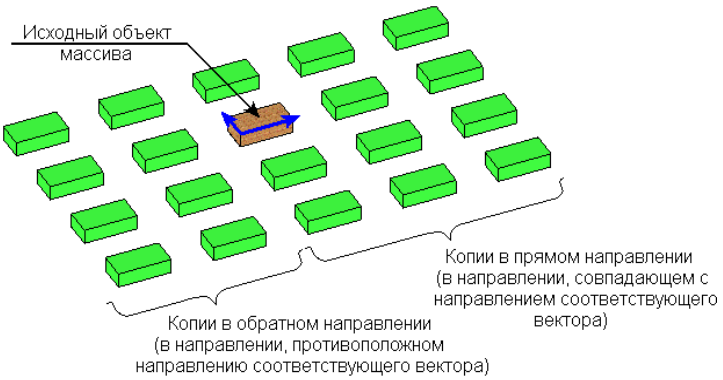
количество копий и общая длина.

В любом режиме один из задаваемых параметров (шаг массива или общая длина в данном направлении) может вычисляться системой автоматически на основе длины вектора направления и значения второго параметра.



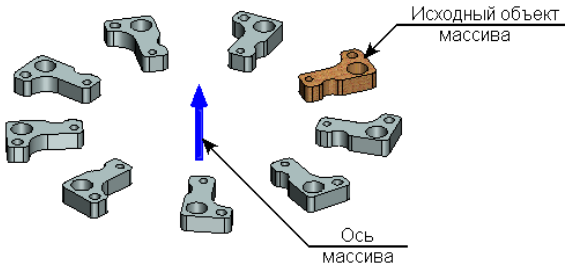
Число копий вдоль каждого вектора направления всегда учитывает исходный объект копирования (даже если он не включается в состав массива). Например, на предыдущем рисунке показан массив, содержащий 4 копии вдоль первого вектора направления и 3 копии вдоль второго вектора направления.

В линейном массиве можно создавать копии не только в прямом, но и в обратном направлении вдоль каждого направляющего вектора. Копии в обратном направлении строятся с тем же шагом, что и в прямом направлении вдоль данного вектора. Количество копий в обратном направлении либо совпадает с количеством копий в прямом направлении вдоль этого вектора, либо задаётся отдельным числовым значением.



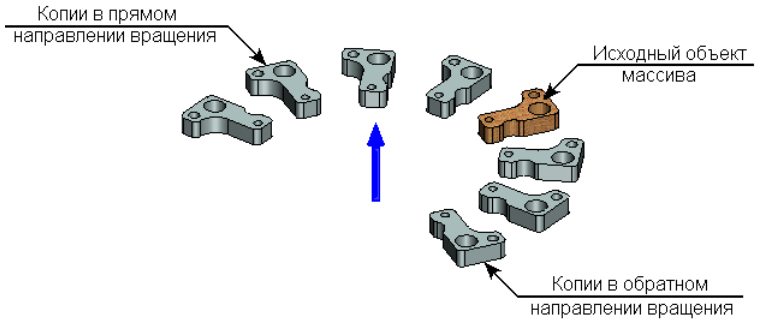
Круговой массив

В круговом массиве копии размещаются по окружности вокруг оси массива. Ось вращения кругового массива, как и направляющие векторы в линейном массиве, задаётся выбором двух 3D точек или одного 3D элемента, способного определить вектор в пространстве.



Положение элементов массива вокруг оси определяется количеством копий, шагом вращения каждой копии и общим углом вращения элементов массива вокруг оси. Шаг вращения копии определяет, на какой угол надо повернуть исходное тело вокруг оси для получения первой копии. Вторая копия создаётся поворотом первой на тот же угол и т.д. Вращение осуществляется по часовой стрелке (при направлении взгляда вдоль оси массива).

Допускается вращение в обратном направлении, в том числе создание копий одновременно в двух направлениях – прямом и обратном. Вращение в противоположном направлении осуществляется с тем же шагом, что и в прямом направлении (количество копий может отличаться).



Для задания массива достаточно указать только два определяющих параметра из трёх, например:

Количество копий и шаг;

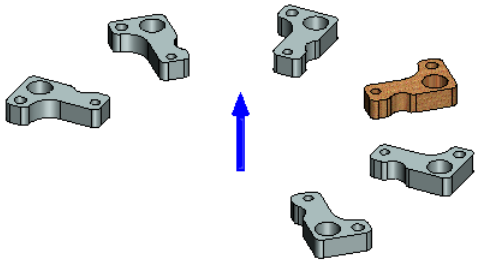
Общий угол и шаг;

Количество копий и общий угол.

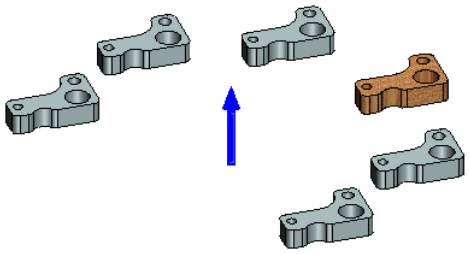
> Третий параметр вычисляется системой автоматически.

Шаг вращения или общий угол элементов массива можно задать с помощью двух дополнительных 3D точек. Требуемый угол будет равен углу между плоскостями, проходящими через ось вращения и соответствующую 3D точку.

При создании копий возможны два варианта ориентирования копий: *с поворотом* и с использованием *параллельного переноса*. В первом случае для создания копии исходное тело действительно поворачивается вокруг оси массива. Во втором случае исходное тело копируется без доворота относительно оси (т.е. ориентация каждой копии в пространстве совпадает с ориентацией исходного тела).

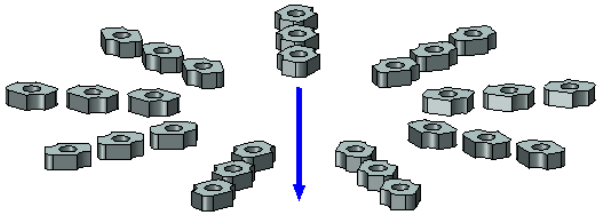


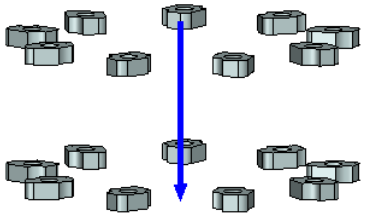
Круговой массив с поворотом копий вокруг оси



Круговой массив с параллельным переносом копий

Круговой массив также допускает создание копий во втором направлении: вдоль радиус-вектора массива (элементы массива будут располагаться в одной плоскости, образуя рисунок в виде концентрических кругов) или вдоль оси (элементы массива располагаются по поверхности цилиндра).

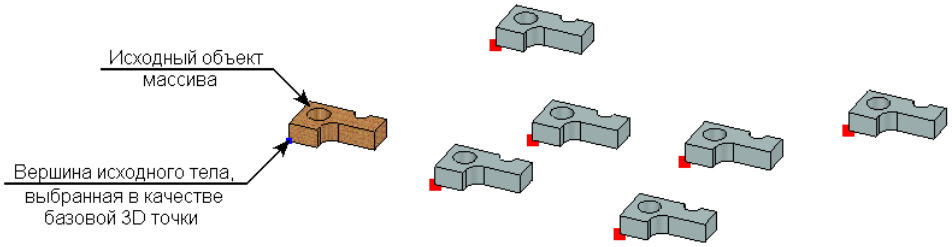




Количество копий вдоль второго направления задаётся так же, как и в линейном массиве.

Массив по точкам

Для создания 3D массива по точкам указывается базовая 3D точка на исходном объекте массива и любое количество целевых 3D точек (в которые необходимо скопировать исходный объект). Элементы массива будут расположены в заданных 3D точках.



Массив по точкам (целевые 3D точки заданы 3D узлами)

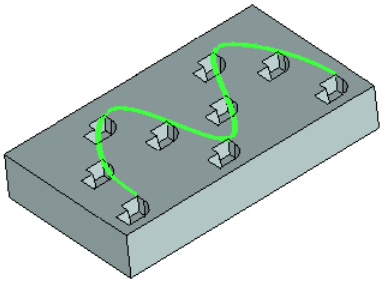
Целевые точки массива задаются последовательным выбором отдельных 3D точек (3D узлов, вершин тел и т.п.) или массивов 3D узлов. У одного и того же массива в список целевых точек могут входить одновременно и 3D точки, и массивы узлов.

Массив по пути

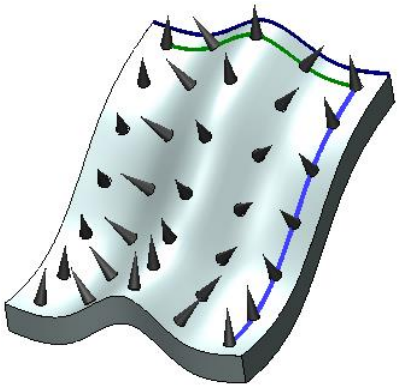
В массиве по пути расположение элементов массива определяется одним или двумя 3D кривыми. Такой массив можно рассматривать как аналог линейного массива, но с расположением копий не вдоль прямых, а вдоль одной или двух пространственных кривых. В качестве таковых используются любые 3D кривые (3D пути, 3D профили, криволинейные рёбра и т.п.). В тех случаях, когда

выбирается замкнутая 3D кривая, дополнительно указывается 3D точка, проекция которой на выбранную кривую определит начало направляющей кривой массива.

При использовании одной направляющей кривой строится одномерный массив, при двух направляющих кривых – двумерный массив по пути. Для простоты рассмотрим сначала создание массива с одной направляющей кривой.



Массив по пути
с одной направляющей кривой



Массив по пути с двумя
направляющими кривыми

Расположение копий (элементов массива) вдоль направляющей кривой зависит от следующих параметров массива: количество копий, шаг и общая длина массива вдоль данной кривой, а также способ позиционирования копий.

Количество копий, шаг и общая длина массива вдоль направляющей кривой - параметры взаимосвязанные. Для задания массива достаточно указать любые два параметра из трёх. Недостающий параметр будет рассчитан системой самостоятельно. Общая длина массива может быть взята с направляющей кривой (система определит длину кривой и найденное значение будет считаться длиной массива вдоль данного направления).

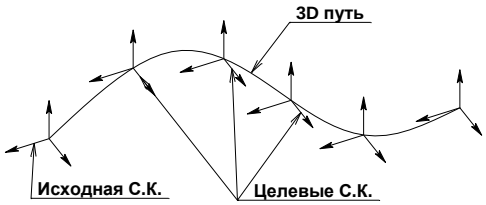
> Общая длина массива не может превышать длину направляющей кривой.

Тип позиционирования определяет:

- Расположение точек привязки копий (элементов массива) вдоль направляющей кривой. В зависимости от используемого типа позиционирования шаг массива по пути определяет либо расстояние вдоль пути между точками привязки копий, либо длину хорды пути.
- Ориентацию копий в пространстве. Положение копий в пространстве определяется путём совмещения исходной системы координат объекта копирования (т.е. исходного объекта массива) с целевой системой координат каждой копии. Исходная система координат создаётся в начале направляющей кривой, целевая – в точке привязки копии. Направление осей обеих систем координат определяется типом позиционирования копий.

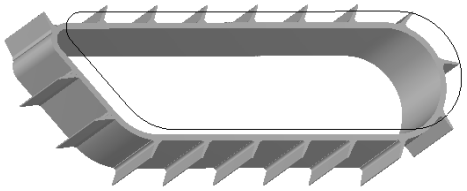
Способ позиционирования копий может быть следующим:

Со смещением по пути. Целевые системы координат всех копий размещаются на пути в соответствии с установленными параметрами шага и количества копий. Направление осей этих систем координат постоянное и не зависит от геометрии 3D пути.



Данный способ позиционирования можно применять, когда нужно расположить копии исходного тела вдоль направляющей кривой с сохранением пространственной ориентации копии как у исходного тела.

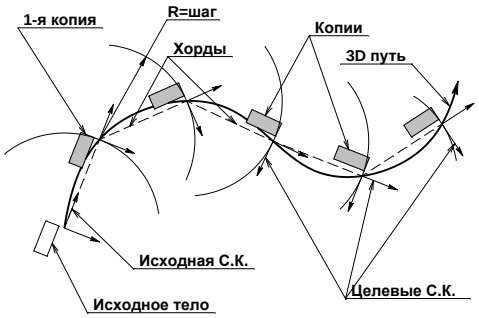
С минимальным кручением. Ось X целевой системы координат каждой копии направляется таким образом, чтобы обеспечить плавное вращение от положения вектора кривизны в начале пути к положению вектора кривизны в конце пути. Ось Z всегда направлена по касательной к пути в точке начала координат текущей копии.



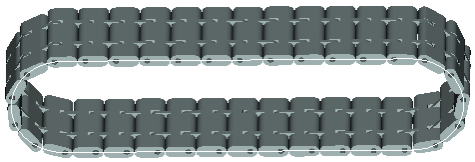
В качестве примера применения массива по пути с минимальным кручением можно привести модель конвейерной ленты.

Данный пример находится в библиотеке *" Примеры 3D 15"*, в папке *"Трехмерное моделирование\Массивы_Конвейер.grb"*.

По хорде. Из начала пути, в котором располагается исходная система координат, строится сфера радиусом, равным заданному шагу массива. К точке пересечения сферы и 3D пути будет привязана вторая копия. Из полученной точки строится новая сфера и т.д. Таким образом определяются все точки привязки копий. В таких точках располагаются целевые системы координат копий. Ось X целевой системы координат сориентирована по предыдущей хорде 3D пути. Хорда пути образуется двумя соседними точками привязки копий.



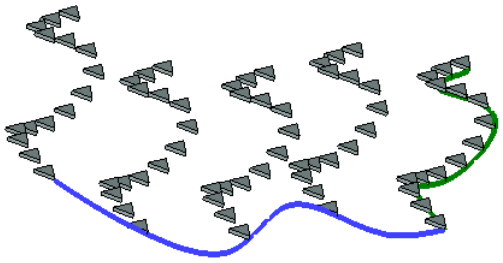
Исходная система координат расположена в начале пути. Её ось X направлена на точку расположения первой копии. Шагом массива при использовании данного типа позиционирования копий является длина хорды 3D пути.



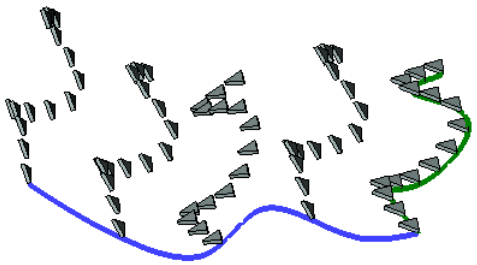
Данный способ позиционирования может успешно применяться, например, при моделировании гусеничных лент или цепных передач.

Пример модели гусеничной ленты находится в библиотеке *" Примеры 3D 15"*, в папке *"Трехмерное моделирование\Массивы_Гусеница.grb"* **.**

Двумерный массив по пути создаётся аналогично. Для второй направляющей кривой также задаются количество копий, шаг и общая длина массива в данном направлении, способ позиционирования копий. Обратите внимание, что в качестве исходного объекта в данном направлении будет использоваться целиком результат создания одномерного массива вдоль первой направляющей кривой.



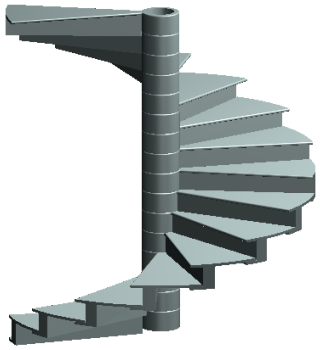
Двумерный массив по пути
со способом позиционирования "Со смещением по пути"
во втором направлении



Двумерный массив по пути
со способом позиционирования "С минимальным кручением"
во втором направлении

Параметрический массив

Параметрический массив использует универсальный механизм, позволяющий получать массив путём параметрического копирования исходного элемента. Этот же механизм используется в операции “Тело по параметрам” и в одном из режимов создания 3D пути. Работа такого алгоритма подробно описана в главе “Тело по параметрам”. Поэтому в данном параграфе приведено лишь краткое описание алгоритма и характерные примеры.



Ступени лестницы - элементы параметрического массива тел (3D фрагментов)

Параметрический массив может быть только массивом Тел, операций или элементов построения. Параметрический массив граней создать невозможно.

Для создания параметрического массива необходимо определить закон, по которому будет рассчитываться так называемая **система координат текущей копии**. Копирование исходного объекта массива осуществляется в направлении от исходной системы координат к рассчитанной целевой системе координат текущей копии.

В качестве исходной системы координат пользователь может выбрать одну из локальных систем координат модели. Если локальная система координат не выбрана, то в качестве исходной системы координат используется глобальная система координат.

Система координат текущей копии (т.е. положение её начала и ориентация осей) может определяться одним из двух способов:

- *Свободная ориентация копии*. Законы изменения параметров системы координат текущей копии описываются с помощью выражений.
- *Ориентация копии по 3D кривым или поверхностям*. Для определения положения в пространстве системы координат текущей копии используются существующие 3D кривые или поверхности других тел. Управляя системой координат копии, пользователь управляет положением каждой копии.

Управление системой координат копии осуществляется через параметры массива. Параметры подразделяются на два типа - **управляемые параметры** и **управляющие параметры**.

Управляемые параметры – параметры, значения которых рассчитываются автоматически в процессе создания элемента. Для считывания значений таких параметров можно назначить независимые переменные.

Управляющие параметры – поля, зависимости в которых задаются пользователем. В поля управляющих переменных вписываются произвольные выражения, в которые можно включить любую переменную системы. Например, если включить в такое выражение переменную, отвечающую за номер копии, значение данного параметра будет зависеть от номера копии.

Некоторые параметры массива могут быть как управляющими, так и управляемыми. Ведущий параметр **«номер копии»** всегда является управляемым. Для него обязательно нужно выбрать независимую переменную, которой будет присваиваться текущее значение номера копии при расчёте операции. Номер копии автоматически изменяется в процессе расчёта массива от 1 до указанного количества с шагом 1.

Расчёт выполняется в следующем порядке: присваивается следующее значение номеру копии, рассчитываются управляющие параметры, вычисляются остальные управляемые параметры (если они есть), выполняется копирование.

При использовании способа свободной ориентации копии достаточно выбрать исходный объект массива, задать количество копий и назначить независимую переменную на параметр «номер копии». Используя переменную, принимающую значения номеров копий, можно создать определённые зависимости в полях управляющих параметров, а также в 2D или 3D построениях, от которых, в свою очередь, будет зависеть положение и геометрия исходного тела.

Примером параметрического массива со свободной ориентацией копии является модель винтовой лестницы, приведённая на рисунке в начале данного параграфа.

Способ ориентации копии по путям или поверхностям удобно использовать, когда не удаётся точно описать закон изменения параметров копии с помощью выражений. В таких случаях бывает удобно использовать различные 3D кривые или поверхности для определения положения и ориентации системы координат текущей копии.

Ограничения и исключения

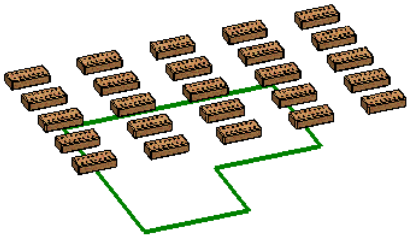
Для исключения из массива части создаваемых копий используются *ограничения* и *исключения*.

Ограничения

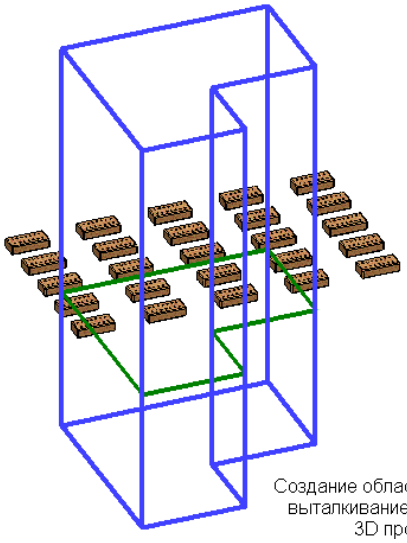
Задание ограничений состоит в выборе области 3D пространства, в которой должны находиться создаваемые копии – *области ограничения*. В этом режиме все копии, создаваемые в соответствии с основными параметрами массива, проверяются системой на вхождение в область ограничения. Если копия полностью принадлежит данной области, она войдёт в результирующий массив. Когда копия расположена вне области ограничения или принадлежит ей лишь частично, в результирующий массив она не включается.

> Задание ограничений не используется для всех видов массивов элементов построений, а также для любых параметрических массивов.

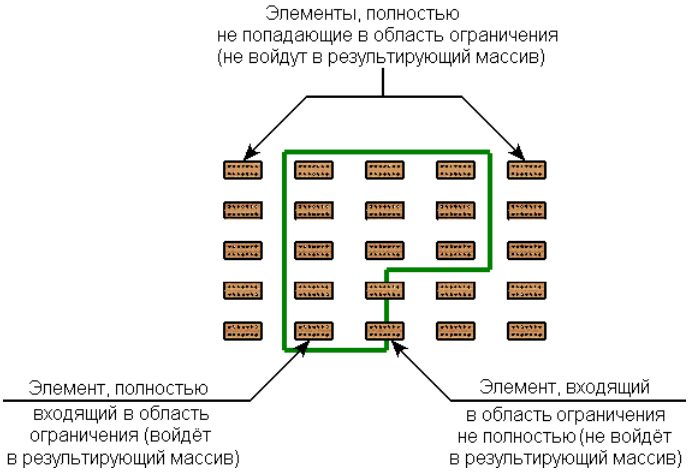
Область ограничения задаётся 3D объектом с листовой геометрией – гранью, 3D профилем, листовым телом. Выбранный объект выталкивается в обе стороны вдоль оси ограничения на бесконечные расстояния. Результат выталкивания и будет областью ограничения массива.

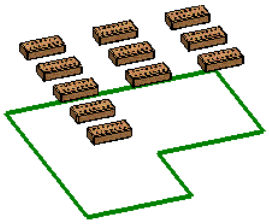


Исходный массив и 3D профиль, который будет задавать область ограничения массива



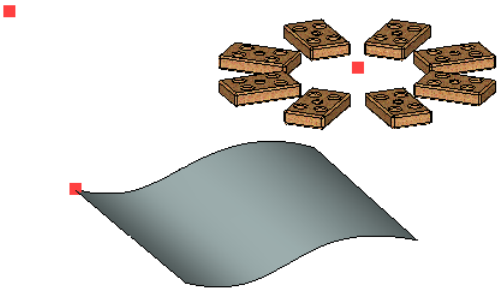
Создание области ограничения выталкиванием выбранного 3D профиля



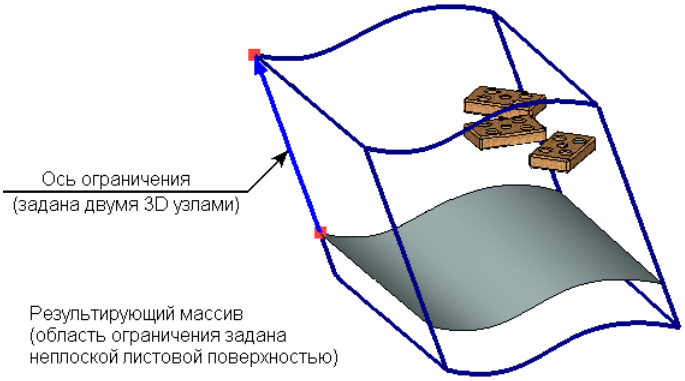


Результирующий массив

Когда область ограничения задана плоским 3D объектом, то ось ограничения по умолчанию совпадает с нормалью к плоскости выбранного объекта. При необходимости можно задать произвольное направление оси ограничения, указав ось с помощью двух 3D узлов или одного 3D объекта, способного определить прямую линию. Если же область ограничения массива описывается неплоским листовым 3D объектом, задание оси ограничения является обязательным действием.

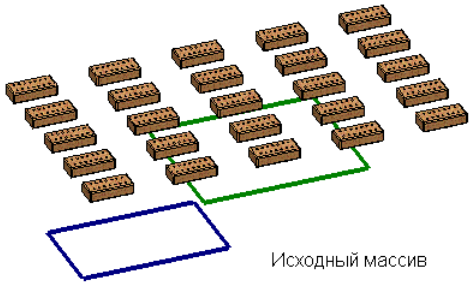


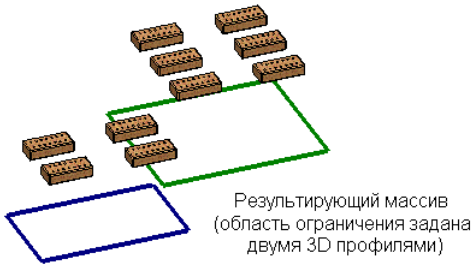
Исходный круговой массив



Результирующий массив (область ограничения задана неплоской листовой поверхностью)

Допускается задание области ограничения с помощью нескольких листовых 3D объектов. Все объекты выталкиваются в одном направлении. Область ограничения будет представлять собой сумму областей, полученных в результате выталкивания каждого из выбранных объектов.





Исключения

Исключения, или исключаемые элементы, – это элементы массива, которые не нужно включать в результирующий массив. В качестве исключений можно указывать любые элементы массива, кроме исходного объекта.

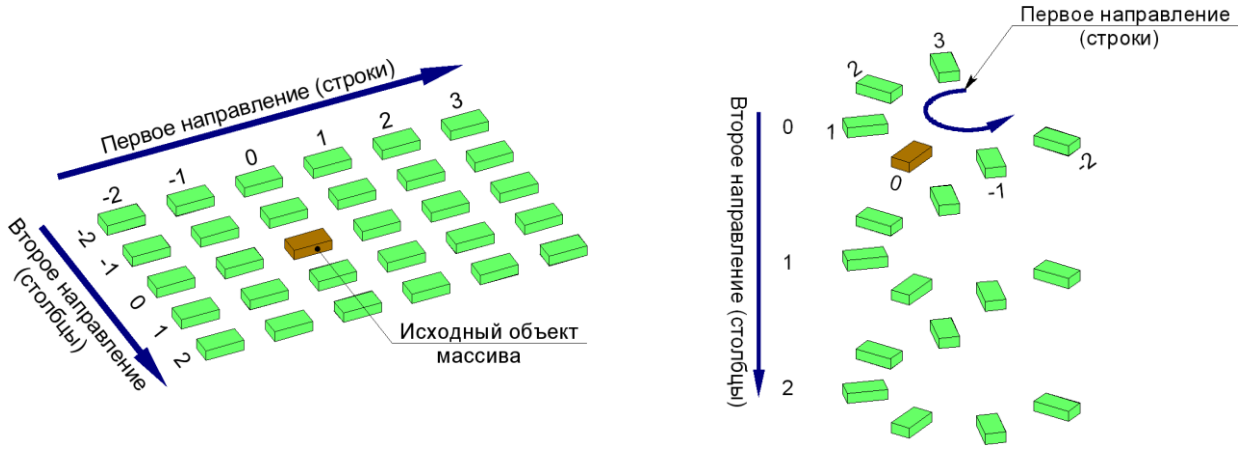
> Задание исключений возможно для массивов типа: линейный, круговой и массив по пути.

Для задания исключения указывается его положение в исходном массиве, т.е. строка и столбец массива, на пересечении которых расположен этот элемент (для кругового массива и массива по пути “строка” и “столбец” – названия условные). Размерность массива в первом направлении определяет количество строк, во втором – количество столбцов массива.

Строки и столбцы массивов нумеруются следующим образом:

- 0, 1, 2, …, N-1 – в прямом направлении (N – количество копий в строке/столбце в прямом направлении)
- -1, -2, …, -M+1 – в обратном направлении (M – количество копий в строке/столбце в обратном направлении).

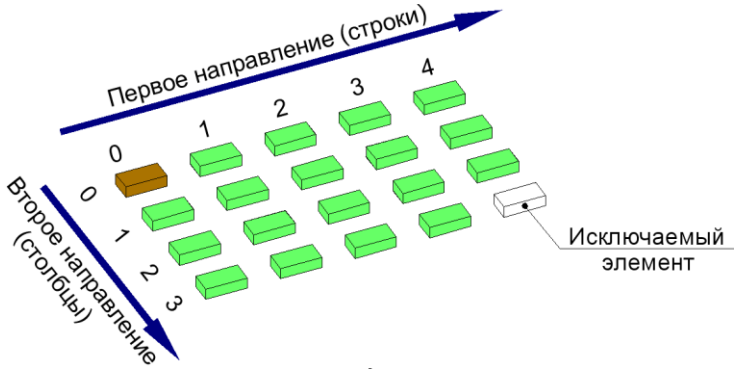
> Обратите внимание, что столбец и строка, в которых расположен исходный объект массива, имеют номер 0. Это важно учитывать при задании исключений.
>
> В массиве Тел элемент массива с координатами (0,0) исключить нельзя.

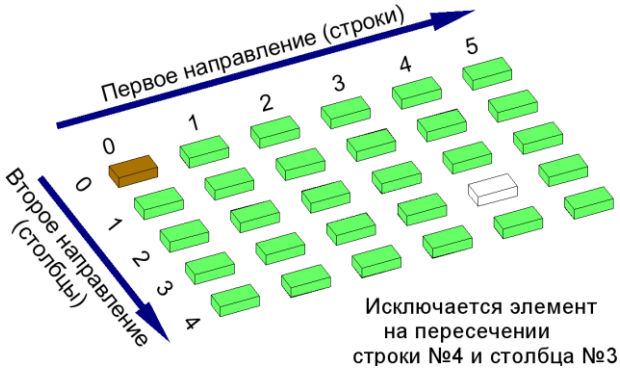


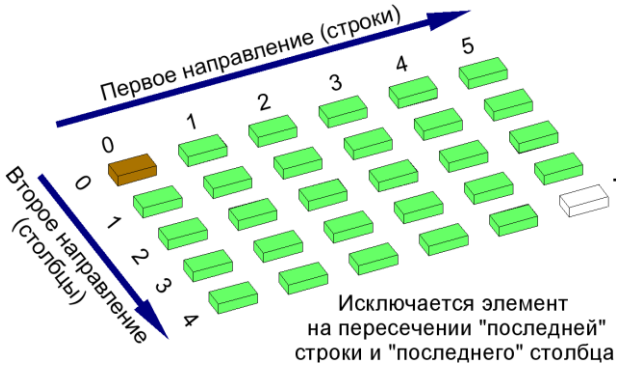
Вместо номера некоторых строк/столбцов можно использовать описательные характеристики, определяющие их положение в исходном массиве:

- ✓ *Начальная* строка/столбец – строка/столбец, в которых расположен исходный объект массива (имеют номер 0);
- ✓ *Последняя* строка/столбец – строка/столбец, являющиеся последними в прямом направлении создания копий;
- ✓ *Последняя в обратном направлении* строка/столбец – строка/столбец, являющиеся последними в обратном направлении создания копий;

Такой способ задания положения исключений удобно использовать для удаления элементов внешних строк/столбцов в массивах переменного размера, особенно когда размерности массива задаются общей длиной и шагом, или общей длиной и количеством элементов. Например, необходимо удалить в линейном массиве размером 5x4 (копии создаются только в прямом направлении вдоль обоих векторов) элемент, расположенный на пересечении последних строки и столбца массива. Можно просто указать в качестве исключения элемент на пересечении строки №4 и столбца №3. Но тогда при последующем увеличении массива (например, до 6 строк и 5 столбцов) будет исключаться элемент именно с такими координатами (последняя строка теперь будет иметь номер 5, а столбец – номер 4). Чтобы всегда исключался последний элемент массива, нужно в качестве исключения указать элемент на пересечении “последней” строки и “последнего” столбца.



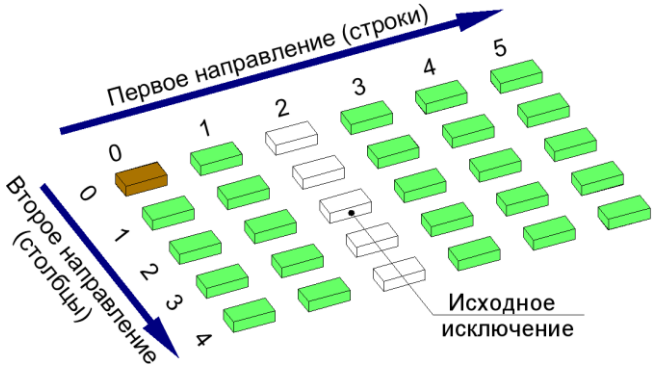




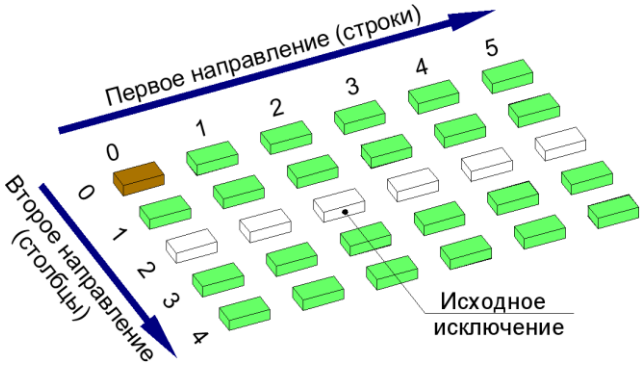
К каждому заданному исключению можно применить следующие дополнительные режимы:

Режим удаления строки. Применение данного режима приводит к исключению из массива целиком строки, в которой расположен указанный элемент;

Режим удаления столбца. При использовании данного режима из массива исключается столбец, в котором расположен указанный элемент;

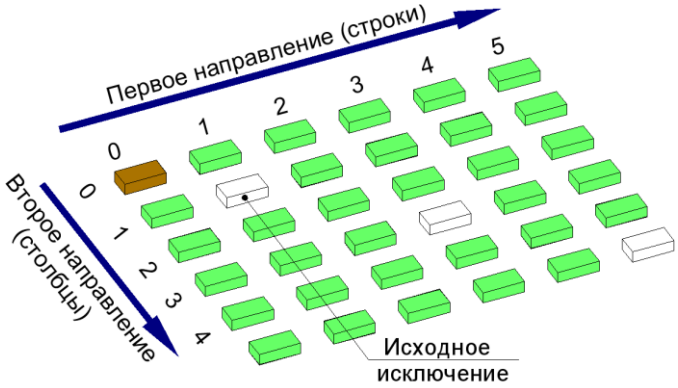


Результат применения режима удаления строки
к указанному исключению

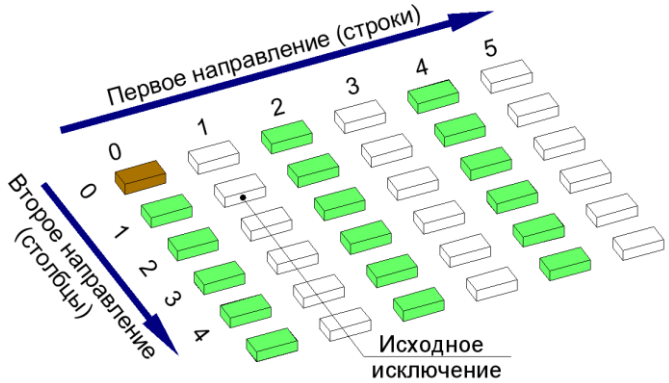


Результат применения режима удаления столбца
к указанному исключению

Циклический повтор. Результат применение данного режима зависит от того, используются ли предыдущие режимы. Если они не используются, то применение данного режима приведёт к удалению не только исходного исключения, но и элементов, следующих за ним через такое же количество строк и столбцов от начала массива. При использовании данного режима вместе с предыдущими будут циклически удаляться целые строки или столбцы.



Результат применения режима циклического повтора к указанному исключению



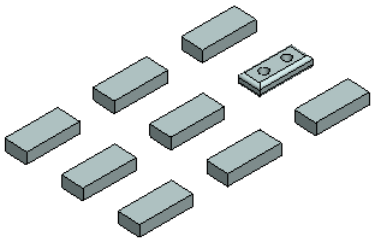
Результат применения к указанному исключению режима циклического повтора совместно с режимом удаления строки

Изменение числа копий в массиве. Привязка к элементам массива

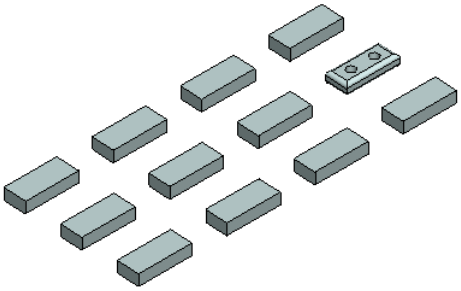
При изменении количества копий любого массива добавление или удаление элементов происходит непосредственно перед последней копией массива в данном направлении. Идентификация геометрических составляющих элементов граничных строк и столбцов массива (первых и последних в любом направлении) при этом не меняется.

В результате любая операция, созданная на элементе первой или последней строки (первого или последнего столбца) массива сохраняется при любом изменении его размерности. Например, сглаживание рёбер, созданное на элементе последней строки массива Тел или операций, будет выполняться корректно как при увеличении, так и при уменьшении числа строк массива.

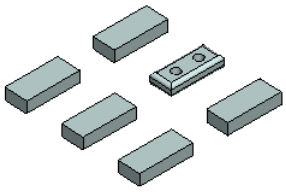
> Создание операций на “внутренних” копиях массива может привести к возникновению ошибок генерации при уменьшении размерности массива.



Операции сглаживания рёбер и создания отверстий применены к элементу последней строки линейного массива Тел



Результат увеличения числа строк массива



Результат уменьшения числа строк массива

Создание 3D массивов

Для создания массива используются следующие команды:

Лента
3D Модель → Операции → Массив

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3AL>	«Операции|Массив|Линейный»	
<3AR>	«Операции|Массив|Круговой»	
<3AN>	«Операции|Массив|По точкам»	
<3AP>	«Операции|Массив|По пути»	
<3AA>	«Операции|Массив|Параметрический»	

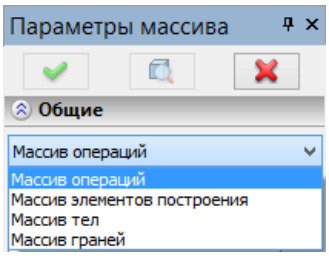
Интерфейсы всех команд очень похожи. Поэтому дальнейшее описание, если это не оговаривается особо, будет относиться ко всем массивам.

Для создания любого массива после вызова соответствующей команды необходимо выполнить следующие действия:

- ✓ Выбрать тип создаваемого массива (массив элементов построения, массив операций, массив Тел, массив граней);
- ✓ Выбрать исходные объекты массива;
- ✓ Выбрать направляющие элементы и задать основные параметры массива (действия, выполняемые на данном шаге, зависят от типа создаваемого массива);
- ✓ Задать дополнительные параметры массива. Набор доступных режимов, устанавливаемых с помощью данных параметров, зависит от типа массива – см. раздел “Типы массивов. Особенности каждого типа”;
- ✓ Задать ограничения и исключения (если это необходимо и возможно);
- ✓ Подтвердить создание массива ( в автоменю или окне свойств).

Выбор типа массива и исходных объектов массива

Выбор типа массива осуществляется в окне свойств соответствующей команды. Раздел “Общие” окна свойств всех массивов начинается с выпадающего списка, позволяющего указать требуемый тип.



У параметрического массива в списке будет отсутствовать пункт “Массив граней”.

В зависимости от выбранного типа в автоменю будет доступна одна из следующих опций для выбора исходных объектов массива:

	<N>	Выбрать элемент построения
	<N>	Выбрать 3D операцию (для массива операций)
	<N>	Выбрать 3D операцию (для массива Тел)
	<N>	Выбор копируемых граней или ограничивающих их рёбер и циклов

Выбираемые объекты будут занесены в список исходных объектов массива в окне свойств операции.

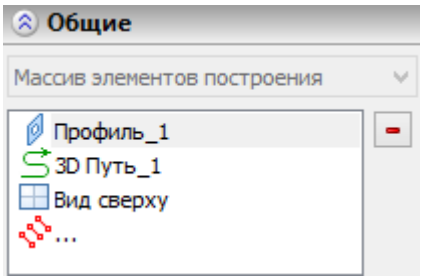
> Для возврата к выбору исходных объектов на любой стадии создания массива достаточно перевести фокус ввода в поле списка исходных элементов. Опция выбора будет включена автоматически.

Для отказа от какого-либо из выбранных объектов следует указать его в списке и нажать кнопку .

> Обратите внимание, что после выбора первого же объекта копирования поле задания типа массива становится недоступным для редактирования. Для смены типа массива необходимо удалить все 3D объекты, уже занесённые в список исходных объектов массива. Только после этого можно будет выбрать другой тип массива.

3D элементы построения и операции выбираются простым указанием их либо прямо в 3D сцене (с помощью), либо в дереве модели.

Для выбора 3D Тела можно указать (также либо в 3D сцене, если это возможно, или в дереве 3D модели) *любую* из операций, участвующих в создании данного Тела. В список выбранных объектов автоматически будет занесена *последняя* операция данного Тела.



Выбор исходных объектов для массива граней следует рассмотреть более подробно.

Выбор исходного набора граней для массива граней

Выпадающий список опции выбора копируемого набора граней позволяет задать способ выбора: выбором самих граней, выбором ограничивающих их рёбер, выбором операции (эти же фильтры дублируются в системной панели).

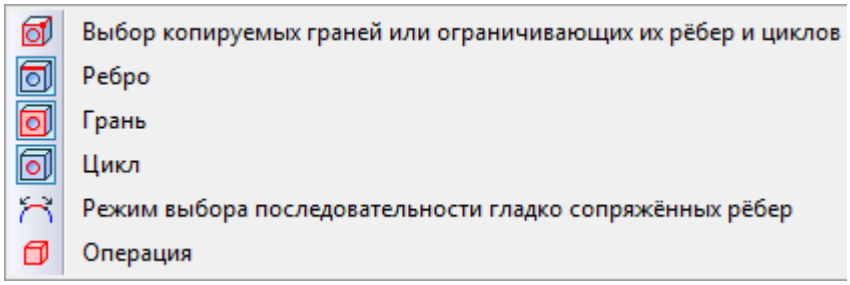
Первый пункт выпадающего списка используется для одновременного включения всех фильтров.

Для выбора операции, в результате которой был получен требуемый набор граней, необходимо включить фильтр . Данный фильтр имеет более высокий приоритет, чем другие фильтры данного списка. Поэтому, если одновременно с фильтром выбора операций включить любой другой

доступный в данном списке фильтр, например, фильтр выбора граней , то независимо оттого, что будет указано пользователем при выборе – операция или грань – в список исходных объектов копирования будет занесена именно операция. Т.е. в случае указания в 3D сцене грани в список объектов копирования заносится целиком операция, создавшая эту грань. Данное свойство фильтра позволяет осуществлять быстрый выбор операций по одному ребру или грани.

Для того, чтобы можно было выбирать сами грани копируемого набора, в списке должна быть включена опция и отключена опция .

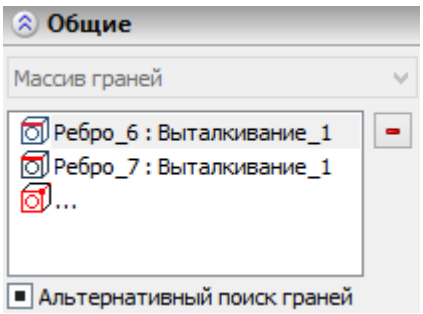
Для выбора ребёр (или сразу последовательности рёбер), ограничивающих требуемый набор граней, необходимо включить фильтры (для выбора отдельных рёбер) и/или , (для выбора целиком последовательности рёбер). Опция при этом также должна быть отключена.



Какой набор граней из двух возможных, определяемых заданной последовательностью рёбер, выбирать в качестве исходного объекта массива, указывает дополнительный флажок **“Альтернативный поиск граней”** в окне свойств.

Флажок имеет три состояния: включён по умолчанию ■, включён ☑ и выключен ☐.

Для того, чтобы система выбирала набор граней самостоятельно (по условию минимума площади), необходимо установить флажок в состояние ■. Если в процессе дальнейшей работы с 3D моделью соотношение площадей изменится, система автоматически выберет в качестве исходного объекта массива другой набор граней.



В тех случаях, когда необходимо прямо указать один из двух возможных наборов граней, используются два других состояния флажка (включен ☑ и выключен ☐). Каждое из них будет соответствовать конкретному набору граней. Какой набор граней будет соответствовать конкретному состоянию флажка, выбирается системой произвольно после задания набора рёбер. В этом случае при любых дальнейших изменениях модели копируемый набор граней не меняется.

Задание направляющих элементов и основных параметров массива

Линейный массив

Для задания направляющего вектора линейного массива в первом направлении можно использовать опцию автоменю:

	<D>	Выбрать первое направление

Данная опция позволяет задать направляющий вектор одним 3D элементом (прямым ребром, гранью и т.п.).

Задать направляющий вектор двумя 3D точками позволяют опции:

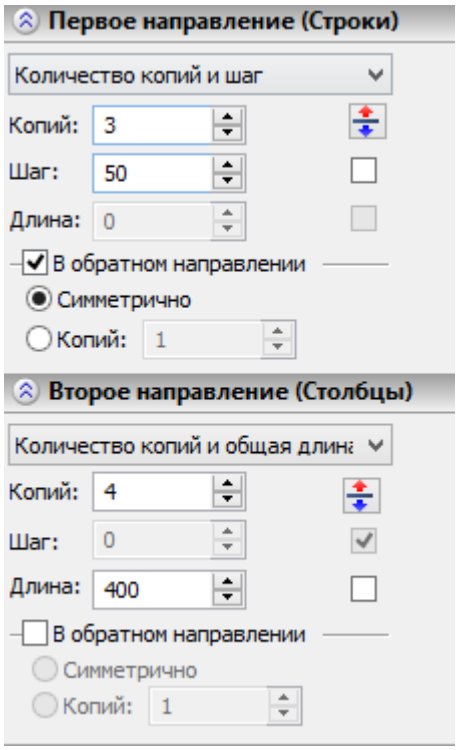
	<F>	Выбрать начальную точку первого направления
	<S>	Выбрать конечную точку первого направления

Отменить сделанный выбор в обоих случаях позволяет опция:

	<K>	Отменить задание первого направления

Для задания второго направляющего вектора в автоменю имеются аналогичные опции:

	<J>	Выбрать второе направление
	<T>	Выбрать начальную точку второго направления
	<O>	Выбрать конечную точку второго направления
	<L>	Отменить задание второго направления



Размер массива задаётся в окне свойств операции одинаково для обоих направляющих векторов. Параметры массива в первом направлении устанавливаются в разделе **Первое направление (строки)**, во втором направлении – в разделе **Второе направление (столбцы)**. Кнопки  в каждом разделе позволяют быстро изменять направление соответствующего вектора на противоположное, не перезадавая его.

Первое поле каждого раздела содержит выпадающий список для выбора задаваемых параметров: **Количество копий и шаг**, **Общая длина и шаг** и **Количество копий и общая длина**. В зависимости от выбранного варианта ниже будет доступны поля ввода для задания соответствующих параметров: **Копий** – позволяет задать количество копий в данном направлении, **Шаг** и **Длина** – задают соответственно шаг и длину массива в данном направлении.

Для автоматического вычисления значения шага/длины массива по длине вектора направления необходимо установить флажок справа от соответствующего параметра. Поле ввода при этом становится недоступным.

Для создания копий массива в обратном направлении вдоль направляющего вектора необходимо в разделе окна свойств, соответствующем нужному вектору, установить флажок **“В обратном направлении”**. При этом становится доступен переключатель для выбора количества копий в обратном направлении. Для того, чтобы копий было столько же, сколько в прямом направлении, нужно выбрать вариант **“Симметрично”**. Для задания произвольного числа копий в обратном направлении необходимо установить переключатель в положение **“Копий”** и ввести требуемое количество копий.

Круговой массив

Для задания оси кругового массива можно использовать следующую опцию автоменю:

	<A>	Выбрать ось вращения

Данная опция позволяет задать ось массива выбором одного 3D элемента.

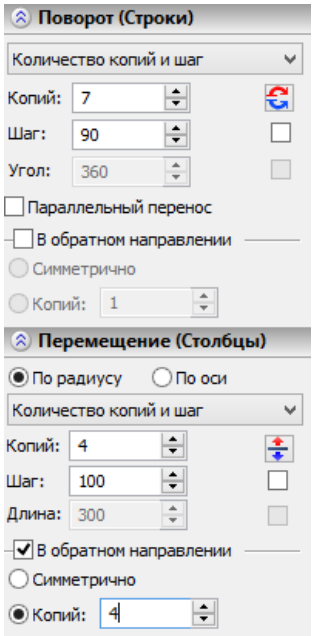
Задать ось с помощью двух 3D точек позволяют опции:

	<F>	Выбрать первую точку оси
	<S>	Выбрать вторую точку оси

Отменить сделанный выбор в обоих случаях позволяет опция:

	<K>	Отменить выбор оси вращения

Размер массива задаётся в окне свойств операции. Параметры массива в первом направлении (вращение вокруг оси) устанавливаются в разделе “**Поворот (строки)**”, во втором направлении – в разделе “**Перемещение (столбцы)**”.



Параметры кругового массива в обоих направлениях задаются так же, как и аналогичные параметры линейного массива. Единственное отличие – дополнительный флажок “**Параллельный перенос**”. При снятом флажке создаётся массив с поворотом копий относительно оси. Для создания массива с параллельным переносом копий необходимо включить данный флажок.

Для задания шага вращения или общего угла массива с помощью двух дополнительных 3D точек используются следующие опции автоменю:

	<T>	Выбрать начальную точку вращения
	<O>	Выбрать конечную точку вращения

Данные опции становятся доступны после задания оси массива. После задания точек становятся недоступны поля для ввода значения соответствующего параметра (шага или общего угла массива).

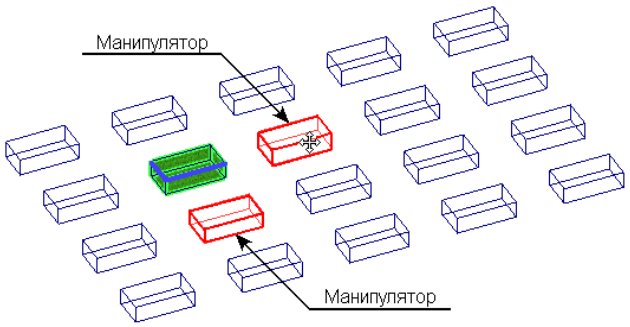
Отменить выбор дополнительных точек можно с помощью опции:

	<L>	Отменить выбор точек, задающих угол вращения

Использование манипуляторов в линейном и круговом массивах

В линейном и круговом массиве для задания параметров массива (числа копий, шага и общей длины массива в каждом направлении) можно использовать манипуляторы. Они позволяют, в зависимости от способа задания параметров массива, задавать или количество копий, или шаг, или общую длину (общий угол) массива.

Визуально манипуляторы выглядят как окрашенные *красным* цветом (по умолчанию) элементы массива. При приближении курсора к линии манипулятора появляется значок или (в зависимости от параметра, который будет изменяться при перемещении манипулятора). Если в этот момент начать перемещать курсор с нажатой , то предварительное рёберное изображение создаваемой операции станет динамически меняться, а в окне свойств будет изменяться значение соответствующего параметра.



Массив по точкам

Базовая точка на исходном объекте массива указывается с помощью опции автоменю:

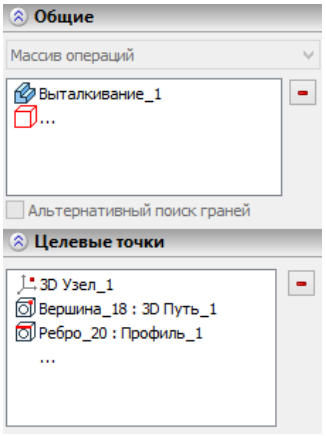
	<S>	Выбрать точку исходного положения

Данная опция активизируется автоматически после выбора исходного объекта массива.

После выбора базовой точки становится активной опция для задания целевых точек:

	<T>	Выбрать точку целевого положения

Опция позволяет последовательно указать любое количество целевых точек. Выбранные точки заносятся в список **Целевые точки** в окне свойств операции.



Выбрать массив 3D узлов можно с помощью опции:

	<A>	Выбрать массив узлов – точек целевого положения

Отменить выбор точек можно двумя способами. От всех выбранных точек можно отказаться, воспользовавшись опцией автоменю команды:

	<K>	Отменить выбор точек

Произвольную точку можно удалить, выбрав её в списке целевых точек в окне свойств и нажав кнопку .

Массив по пути

Первая направляющая кривая массива по пути выбирается с помощью опции:

	<T>	Выбрать первую направляющую кривую

Начальная точка замкнутой кривой указывается с помощью следующей опции автоменю:

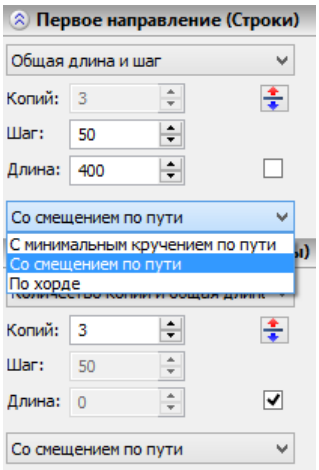
	<S>	Выбрать стартовую точку на замкнутом пути

Отказаться от выбранной точки можно, просто указав другую точку или воспользовавшись опцией:

	<K>	Отменить выбор стартовой точки на замкнутом пути

Аналогичный набор опций используется для задания второй направляющей кривой:

	<O>	Выбрать вторую направляющую кривую
	<F>	Отменить выбор второй направляющей кривой
	<B>	Выбрать стартовую точку на замкнутом пути
	<R>	Отменить выбор стартовой точки на замкнутом пути



Размер массива задаётся в окне свойств операции. Параметры массива в первом направлении (вдоль первой направляющей кривой) устанавливаются в разделе **Первое направление (строки)**, во втором направлении – в разделе **Второе направление (столбцы)**.

Параметры массива по пути в обоих направлениях задаются аналогично заданию параметров линейного массива.

Способ позиционирования для каждого направления задаётся в конце каждого раздела – выбором необходимого варианта из выпадающего списка.

> При использовании способа позиционирования **По хорде** размер массива в данном направлении можно задавать, только используя вариант **Количество копий и шаг**.

Параметрический массив

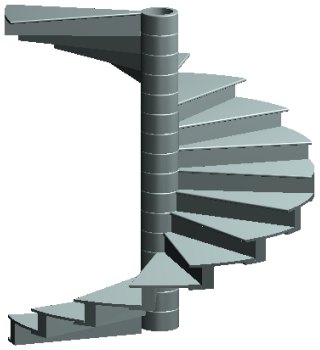
При создании параметрического массива в автоменю присутствуют следующие опции (доступны после выбора исходных объектов массива):

	<1>	Выбрать кривую, задающую положение начала координат
	<2>	Выбрать кривую, задающий направление оси X
	<3>	Выбрать кривую, задающий направление оси Y
	<4>	Выбрать поверхность, задающую ориентацию оси X
	<5>	Выбрать поверхность, задающую ориентацию оси Y
	<6>	Выбрать исходную систему координат
	<7>	Отменить выбор элементов, задающих систему координат

Как уже отмечалось выше, создание параметрического массива аналогично созданию тела по параметрам. Подробно этот механизм описан в главе “Тело по параметрам”. Здесь мы рассмотрим создание массива на примере модели винтовой лестницы.

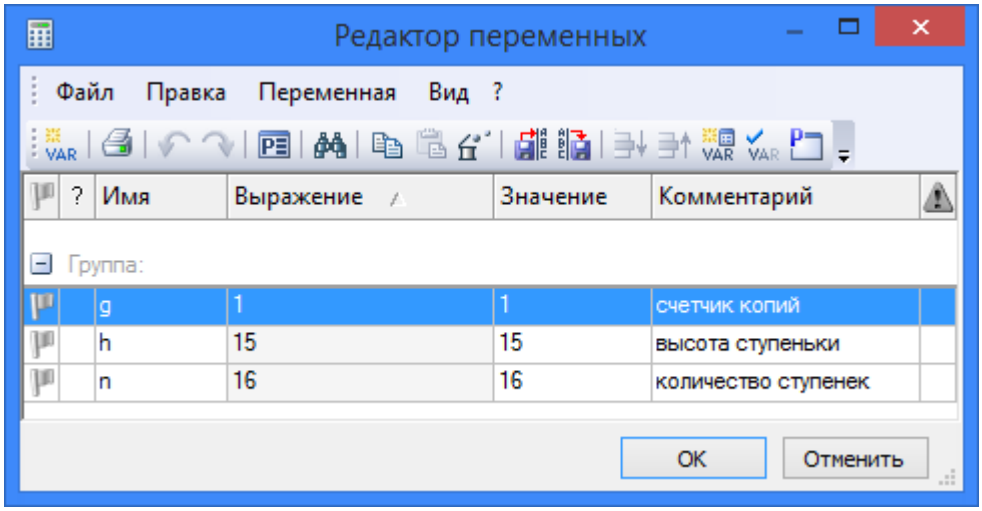
> Файлы примера находятся в библиотеке “ *Примеры 3D 15”*, в папке *“3D моделирование. Операции\Массив_Винтовая лестница.grb”*.

Модель построена как параметрический массив со свободной ориентацией копий на основе 3D фрагмента одной секции лестницы.



При создании массива таким способом достаточно выбрать тело, задать количество копий и назначить независимую переменную на параметр «номер копии». Используя переменную, принимающую значения номеров копий, можно создать определённые зависимости в полях управляющих параметров, а также в 2D или 3D построениях, от которых, в свою очередь, будет зависеть положение и геометрия исходного тела.

В данном примере секция лестницы копируется с изменением положения по высоте и угла поворота относительно оси лестницы. Для удобства работы с моделью в редакторе переменных созданы следующие переменные:

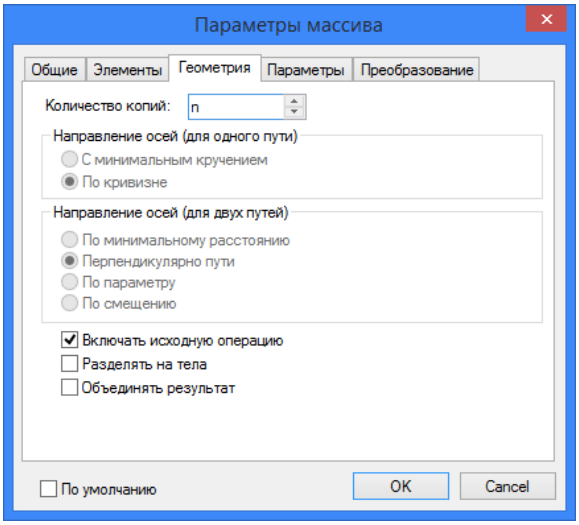


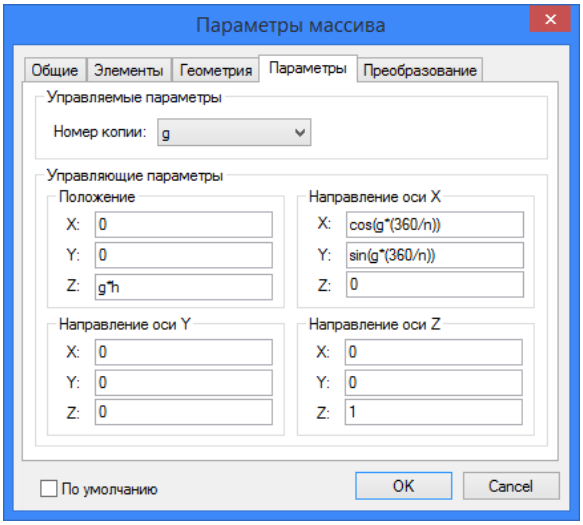
Секция винтовой лестницы вставлена в документ в качестве 3D фрагмента. Данный фрагмент вставлен таким образом, что ось лестницы совпадает с глобальной осью Z. Если бы фрагмент располагался произвольно, то потребовалось бы дополнительно выбрать локальную систему координат с помощью опции:

	<6>	Выбрать исходную систему координат

Её ось Z должна была бы быть направлена по оси лестницы.

В данном примере закон, по которому будет определяться положение каждой копии в зависимости от значения счётчика копий, можно описать в полях управляющих параметров. Параметры массива можно задать в окне свойств массива или в диалоге параметров операции.



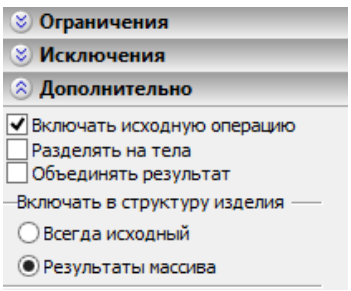


Позиция копий будет вычисляться по линейному закону вдоль глобальной оси Z с шагом, заданным переменной h. Ось X системы координат текущей копии будет вращаться вокруг оси лестницы. Это движение оси X определяет группа параметров **“Направление оси X”**. Направление оси Z системы координат копии совпадает с осью лестницы и с глобальной осью Z. Направление оси Y системы координат копии должно вычисляться автоматически, поэтому все управляющие параметры в данной группе заданы нулевыми значениями.

Задание дополнительных параметров массива

Дополнительные параметры всех массивов устанавливаются в разделе “**Дополнительно**” окна свойств соответствующей операции. То, какие параметры доступны в данном разделе, зависит от типа массива.

Для массивов элементов построения, операций и тел доступны следующие флажки:



Включать исходную операцию (доступен для массивов элементов построения и операций). Если параметр установлен, то исходные объекты включается в массив. Параметры, установленные для массива (цвет, материал) распространяются и на исходные объекты массива.

Разделять на тела (доступен для массивов Тел и операций). При установке данного флажка включается режим разделения массива на отдельные тела (каждая копия массива автоматически превращается в новое Тело).

Объединять результат (доступен для массивов Тел и операций). Установка данного флажка включает режим объединения копий массива с помощью булевой операции сложения.

Для массивов, созданных в версии 7.2 и ранее, флажки **Разделять на тела** и **Объединять результат** будут недоступны.

Дополнительный параметр **Включать в спецификацию** актуален только для массивов на основе 3D фрагментов. Он определяет, что будет заноситься в спецификацию:

Всегда исходный. В спецификацию включается только исходный фрагмент, вне зависимости от параметров массива. Результаты создания массива в спецификации не учитываются;

Результаты массива. В спецификацию включаются именно результаты массивы. В зависимости от состояния флажка **Включать исходную операцию** это либо все копии массива (когда флажок включен), либо копии массива и исходный объект (флажок выключен).

При редактировании массивов, созданных в версии 7.2 и ранее, также будет доступен дополнительный флажок **Без учёта исходной операции** (флажок будет установлен). В таких массивах при подсчёте числа копий не учитывались исходные объекты массива. При снятии флажка он исчезает, и количество элементов массива рассчитывается в соответствии с описанными правилами (т.е. в числе элементов массивов учитываются исходные объекты).

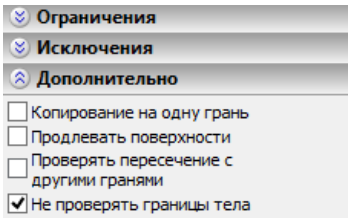
Дополнительные параметры массива граней отличаются от параметров других массивов:

Копирование на одну грань. Данный флажок устанавливается, когда необходимо включить режим "Копирование в пределах одной грани".

Продлевать поверхности. Включает одноимённый режим. Всегда используется совместно с предыдущим флажком.

Проверять пересечение с другими гранями. Данный флажок позволяет включить режим проверки пересечения создаваемых копий массива с уже существующими гранями тела.

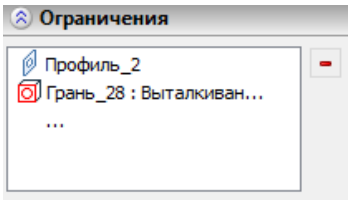
Не проверять границы тела. Данный флажок включает одноимённый режим. По умолчанию включён.



Задание ограничений

Для задания 3D элемента, определяющего область ограничения, необходимо активизировать следующую опцию автоменю команды:

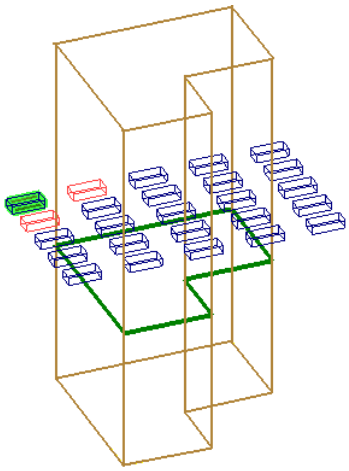
	<Alt+C>	Выбор ограничивающих элементов



3D элементы выбираются в 3D сцене с помощью . 3D профили и операции можно также указывать в дереве 3D модели. Выбранные объекты заносятся в список ограничивающих объектов в разделе “Ограничения” окна свойств операции.

Для отмены выбора какого-либо из заданных объектов необходимо указать его в списке ограничивающих объектов и нажать кнопку .

> Для задания ограничений можно также просто установить фокус ввода в соответствующее поле окна свойств операции. Опция задания ограничивающих объектов будет активизирована автоматически.



В случае выбора плоского 3D объекта в 3D сцене отрисуется условное обозначение области ограничения в виде выталкивания по нормали выбранного объекта. При задании неплоских ограничивающих объектов область ограничения строится только после задания оси ограничения.

Для задания оси ограничения одним 3D объектом следует воспользоваться опцией:

	<Alt+D>	Выбор вспомогательного направлени ограничений

Для задания оси начальной и конечной точками используются опции:

	<Alt+F>	Выбор первой точки вспомогательного направления ограничений
	<Alt+S>	Выбор второй точки вспомогательного направления ограничений

Отказаться от выбранной оси ограничения можно с помощью опции:

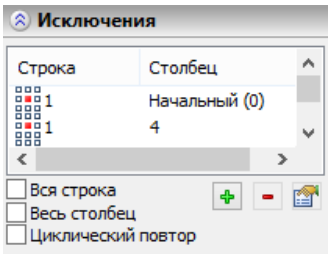
	<Alt+K>	Отмена выбора вспомогательного направления ограничений

Задание исключений

Для задания исключаемых элементов массива необходимо активизировать следующую опцию автоменю:

	<Alt+X>	Выбор исключаемых элементов массива

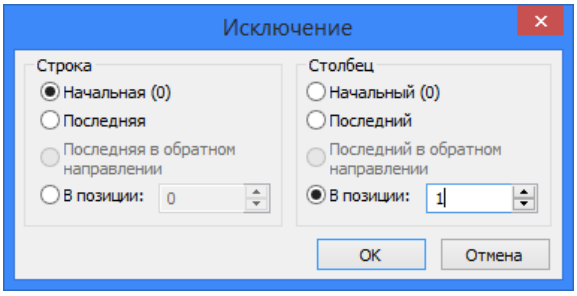
Для выбора исключаемого элемента достаточно указать на его предварительное изображение в 3D сцене с помощью . Выбранный элемент будет помечен в 3D сцене *серым* цветом и занесён в список исключаемых элементов в разделе “Исключения” окна свойств.



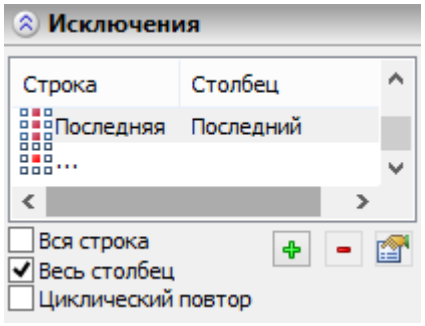
Список исключаемых элементов организован в виде таблицы, в которой отображаются номера строк и столбцов выбранных исключений. Для удаления исключения из списка необходимо выбрать его в списке и нажать кнопку .

Положение элементов, заданных выбором в 3D сцене, записывается в табличку с помощью числовых обозначений строки и столбца. Задать исключение с использованием описательных характеристик его положения позволяет кнопка . После нажатия кнопки появляется окно диалога для выбора исключаемого элемента.

В окне диалога необходимо указать, на пересечении каких строки и столбца лежит исключаемый элемент, установив переключатели **Строка** и **Столбец** в требуемое положение. Помимо описательных характеристик, здесь можно использовать и числовые обозначения строк и столбцов. Для этого необходимо выбрать вариант **В позиции** и задать номер строки/столбца.



После закрытия окна диалога нажатием клавиши **[OK]** заданное исключение появится в списке исключаемых элементов.



Для включения режимов удаления строки/столбца и режима циклического повтора для одного из выбранных исключений необходимо выбрать его в списке исключаемых элементов в окне свойств и установить для него флажок, соответствующий нужному режиму:

- **Вся строка** – включает режим удаление строки;
- **Весь столбец** – включает режим удаления столбца;

Циклический повтор – включает режим циклического повтора исключения.

3D симметрия

3D симметрия – операция системы T-FLEX CAD, позволяющая симметрично отразить выбранные 3D объекты относительно заданной плоскости. В качестве исходных объектов для создания симметрии (объектов симметрии) могут выбираться 3D элементы построения, операции, Тела, грани.
При создании симметрии операций возможно автоматическое объединение созданной копии с исходной операцией, а также использование режима переноса (когда исходные тела при копировании удаляются).

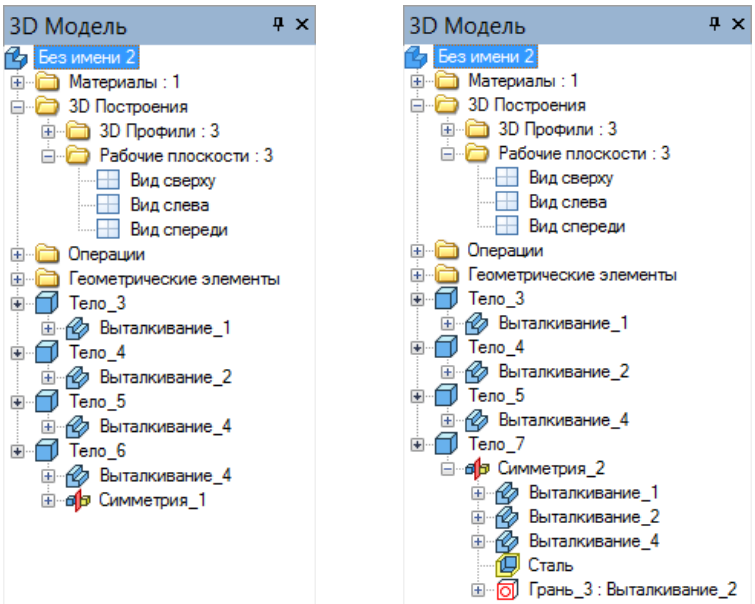
Типы симметрии. Общие сведения

Набор копируемых объектов одной операции симметрии может содержать несколько элементов, обязательно одного типа (только операции, только Тела, только грани и т.п.). Результат выполнения операции и её параметры зависят от типа исходных данных симметрии.

Симметрия операций

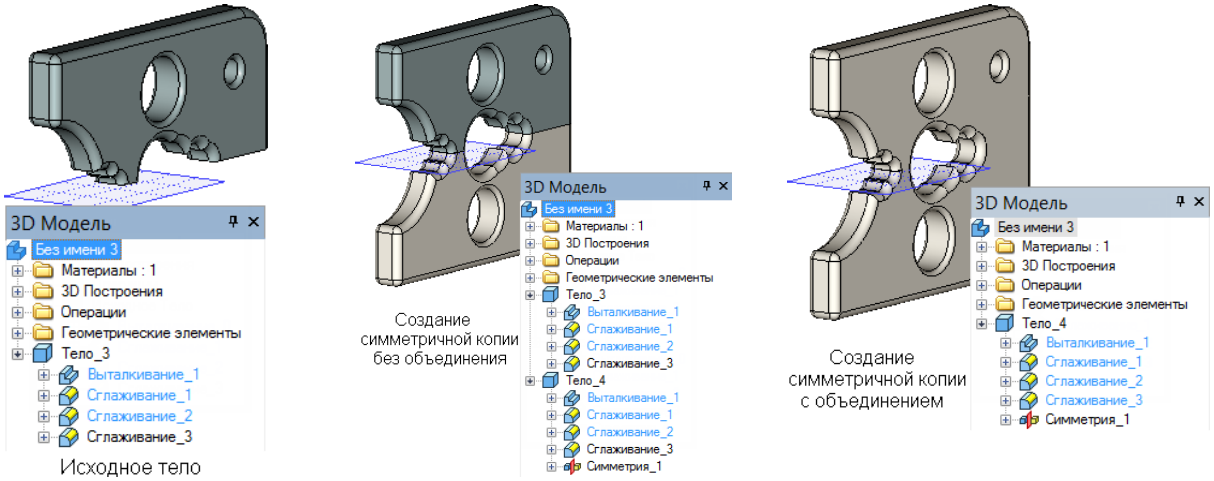
Симметрия операций позволяет симметрично копировать существующие операции модели. В результате появляются новые Тела – симметричные копии исходных операций.

В структуре 3D модели результат симметрии операций отображается следующим образом: если для создания симметрии была выбрана только одна операция, то последней операцией созданного Тела-копии будет сама операция симметрии. Если же симметрия создавалась сразу для нескольких операций, то создающими операциями у новых Тел будут ссылки на операцию симметрии.

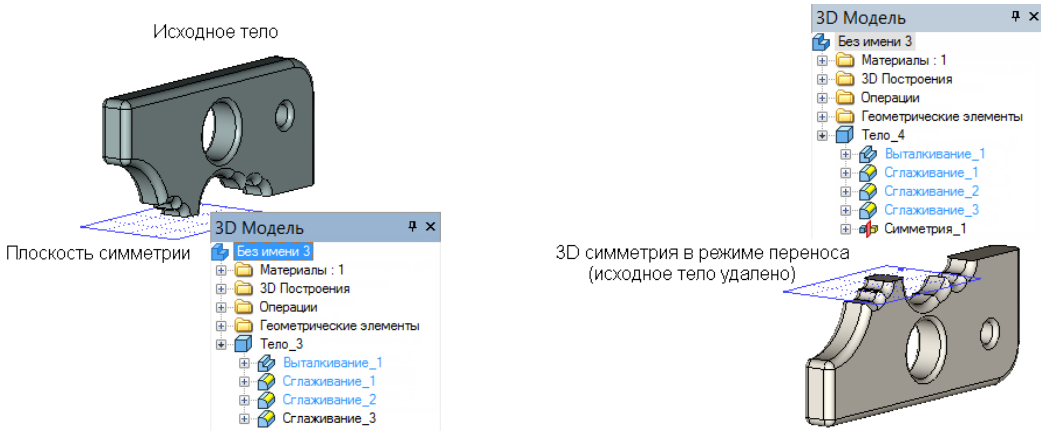


Дополнительный режим *копирования с объединением* автоматически объединяет созданную копию с телом исходной операции. Если набор объектов симметрии содержит более одной операции, то

каждая созданная симметричная копия объединяется с соответствующей ей исходной операцией. Данный режим может быть полезен при проектировании сборок с большим количеством симметричных деталей.



3D копия операций может работать в режиме переноса. В этом случае тело исходной операции удаляется, и в 3D сцене и в дереве 3D модели остаётся только созданная копия.



Симметрия Тел

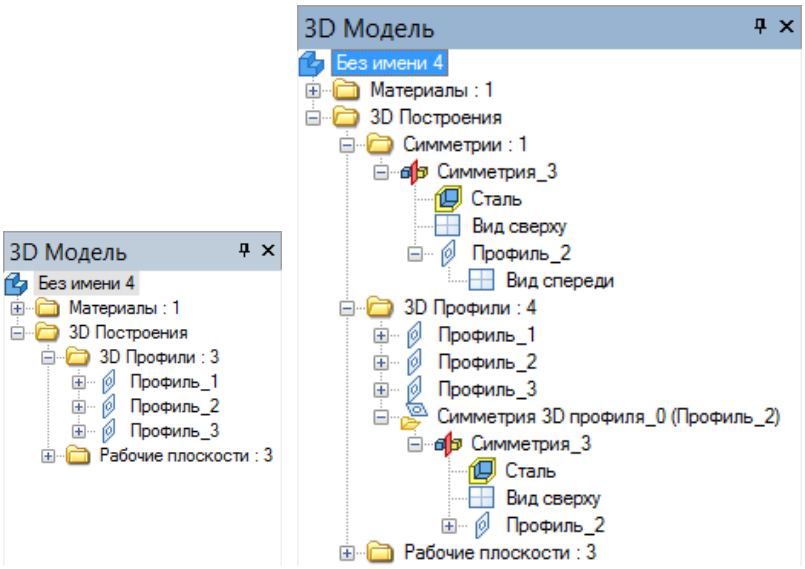
Симметрия Тел создаётся так же, как и симметрия операций. Но если симметрия операций копирует только результаты конкретных операций, то симметрия Тел копирует целиком Тело, полученное с использованием выбранной операции. Когда в дальнейшем это Тело будет доработано, симметрия будет пересчитана с учётом новых операций, вошедших в историю Тела.

Симметрия 3D элементов построения

Операция симметрии позволяет симметрично копировать любые 3D элементы построения, кроме рабочих плоскостей и ЛСК. Как и в предыдущем случае, в рамках одной операции можно подвергать симметрии сразу несколько 3D элементов построения.

В дереве 3D модели созданная операция заносится в специальную папку «3D Построения\Симметрии».

Элементы-копии, полученные в результате операции, также заносятся в соответствующие папки дерева. Например, при создании симметрии 3D профиля результирующий профиль-копия будет занесён в папку “3D Построения\3D профили”.

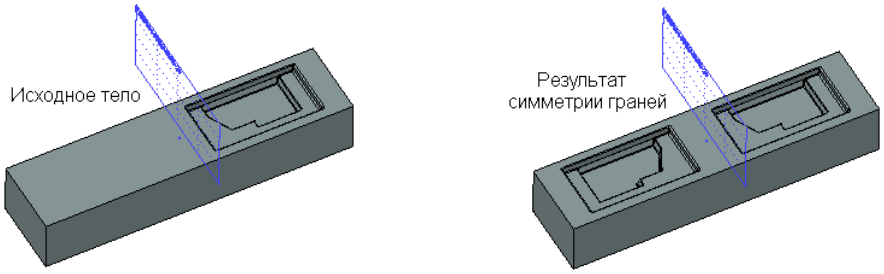


Дерево 3D модели до и после создания 3D симметрии элементов построения

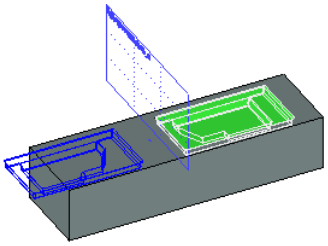
Симметрия граней

Симметрия граней, как и массив граней, и 3D копия граней, позволяет добавлять к существующим в 3D модели телам отверстия и выступы, повторяющие уже имеющиеся конструктивные элементы.

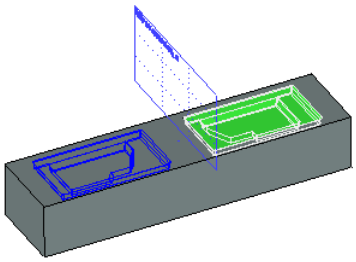
Все копируемые грани одной операции симметрии должны принадлежать одному телу. Результат создания операции симметрии – набор граней-копий – также включается в исходное тело.



Выбранный для создания симметрии набор граней должен полностью описывать геометрию копируемого конструктивного элемента детали. Грани-копии должны лежать в пределах исходного тела и пересекаться с другими его гранями так же, как грани исходного набора.



Пересечение граней симметричной копии иное, чем у исходного набора (симметрия граней не будет создана)



Пересечение граней симметричной копии такое же, как у исходного набора (симметрия граней будет успешно создана)

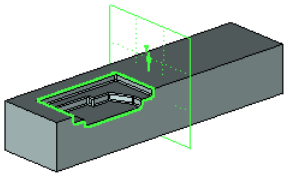
Задание исходного набора граней осуществляется так же, как и в массиве граней:

Выбором замкнутой последовательности рёбер, ограничивающей требуемый набор граней.

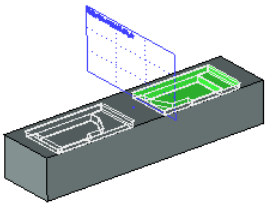
Прямым выбором всех необходимых граней;

Выбором операции, в результате которой был создан требуемый набор граней.

Кроме того, на исходный набор граней симметрии накладывается дополнительное условие: все рёбра, ограничивающие копируемый набор граней, должны принадлежать одной “базовой” (не входящей в список копируемых) грани тела.



3D симметрия граней не будет создана, т.к. рёбра, ограничивающие выбранный набор граней, не принадлежат одной "базовой" (не входящей в список копируемых) грани тела



3D симметрия граней будет создана успешно, т.к. рёбра, ограничивающие выбранный набор граней, принадлежат одной "базовой" (не входящей в список копируемых) грани тела

На результат создания операции симметрии граней можно влиять с помощью следующих дополнительных режимов:

Копирование в пределах одной грани. Применение данного режима существенно уменьшает время пересчёта симметрии;

Продлевать поверхности (используется только совместно с режимом “Копирование в пределах одной грани”). Система автоматически будет продлевать или укорачивать копируемые грани для обеспечения корректной вставки их в тело;

Проверять пересечение с другими гранями (используется для предотвращения создания самопересекающегося тела).

> Подробное описание этих режимов приведено в главе “Массивы”.

Создание симметрии

Для создания операции симметрии используется команда **3SY: Симметрия 3D элемента**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Симметрия
Клавиатура	Текстовое меню
<3SY>	Операции > Симметрия

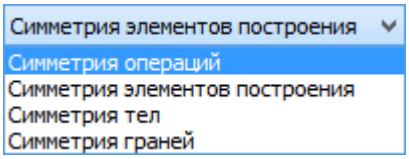
Для создания операции симметрия необходимо выполнить следующие действия:

- ✓ Выбрать исходные объекты симметрии;
- ✓ Выбрать плоскость симметрии;
- ✓ Задать параметры симметрии (например, режим симметрии);
- ✓ Завершить создание нажатием  в автоменю или окне свойств команды.

Выбор типа симметрии

Выбор типа создаваемой операции осуществляется в окне свойств команды с помощью выпадающего списка: **Симметрия операций**, **Симметрия элементов построения**, **Симметрия Тел**, **Симметрия граней**.

В зависимости от того, какой тип симметрии выбран в списке, меняется набор опций автоменю команды и набор параметров в окне свойств.



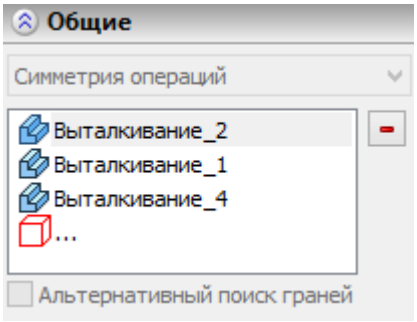
Выбор исходных объектов симметрии

Для выбора исходных объектов симметрии в автоменю будет доступна одна из следующих опций (в зависимости от выбранного типа симметрии):

	<N>	Выбрать 3D операцию (для симметрии операций)
	<N>	Выбрать 3D операцию (для симметрии Тел)
	<N>	Выбрать элемент построения
	<N>	Выбор копируемых граней или ограничивающих их рёбер и циклов

Выбор исходных объектов для симметрии 3D операций, Тел, 3D элементов построения

Выбор объектов осуществляется прямо в 3D сцене или в дереве 3D модели. Выбранные объекты заносятся в список исходных объектов копирования в окне свойств операции.



Для выбора 3D Тела можно указать (также либо в 3D сцене, если это возможно, или в дереве 3D модели) *любую* из операций, участвующих в создании данного Тела. В список выбранных объектов автоматически будет занесена *последняя* операция данного Тела.

После выбора первого объекта (операции, элемента построения) опция  автоматически отключается, и система переходит к заданию плоскости симметрии. Для выбора нескольких объектов копирования необходимо самостоятельно повторно активизировать опцию выбора объектов копирования в автоменю команды или поместить курсор в строку "..." списка объектов копирования (в окне свойств команды).

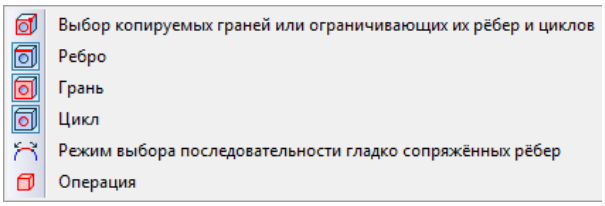
Для отказа от какого-либо из выбранных объектов следует указать его в списке и нажать кнопку .

После выбора первого же объекта копирования поле задания типа операции становится недоступным для редактирования. Для смены типа копии необходимо удалить все 3D объекты, уже занесённые в список исходных объектов. Только после этого можно будет выбрать другой тип операции.

Выбор исходных объектов для копии граней

Выбор исходного набора для копии граней осуществляется точно так же, как выбор исходных граней для массива граней (см. главу "Массивы").

Выпадающий список опции выбора копируемого набора граней  позволяет задать способ выбора: выбором самих граней, выбором ограничивающих их рёбер, выбором операции (эти же фильтры дублируются в системной панели).

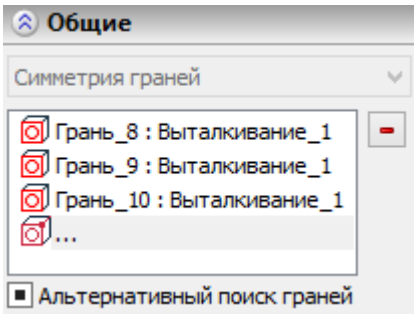


Выбор операций, ограничивающих рёбер или самих граней осуществляется в 3D окне. Операции можно также выбирать в дереве 3D модели.

При задании набора граней с помощью ограничивающих рёбер флажок **Альтернативный поиск граней** указывает, какой набор граней из двух, определяемых заданной последовательностью рёбер, будет выбран в качестве исходного объекта симметрии. Флажок имеет три состояния:

Включен по умолчанию ■. Система выбирает набор граней самостоятельно (по условию минимума площади). Если в процессе дальнейшей работы с 3D моделью соотношение площадей изменится, система автоматически изменит исходный набор граней;

Включен ☑**/Выключен** ☐. Каждое из этих двух состояний будет соответствовать конкретному набору граней. Какой набор граней будет соответствовать конкретному состоянию флажка, выбирается системой произвольно после задания набора рёбер. При любых дальнейших изменениях модели копируемый набор граней не меняется.



При создании симметрии граней опция  остаётся активной до тех пор, пока пользователь самостоятельно не активизирует опцию выбора плоскости симметрии.

Важно! Чтобы получить корректную модель, грани-копии должны лежать в пределах исходного тела и пересекаться с другими его гранями так же, как грани исходного набора.

Выбор плоскости симметрии

Плоскость симметрии выбирается с помощью следующей опции автоменю:

	<S>	Выбрать плоскость симметрии

При создании симметрии 3D операций, Тел, 3D элементов построения данная опция включается автоматически после выбора первого объекта симметрии. Если в этот момент её отключить (для выбора нескольких объектов симметрии), то после выбора всех требуемых объектов потребуется принудительное включение опции.

При создании симметрии граней опция  всегда требует самостоятельной активизации пользователем.

Опция  содержит выпадающий список фильтров для выбора 3D объектов, способных определить плоскость. Выбор осуществляется в 3D окне или в окне дерева 3D модели.

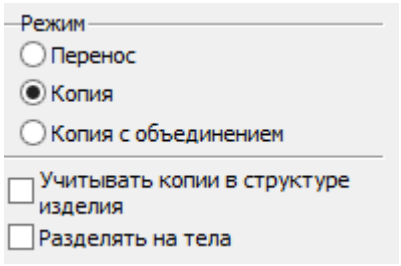
Отменить выбор плоскости симметрии можно с помощью опции:

	<K>	Отменить выбор плоскости симметрии

Задание параметров симметрии

Задание параметров для симметрии 3D операций, Тел и 3D элементов построения

Режим симметрии выбирается с помощью переключателя **Режим** в разделе **Дополнительно** окна свойств команды: **Перенос**, **Копия**, **Копия с объединением**.



В некоторых случаях варианты “Перенос” и “Копия с объединением” могут быть недоступны (см. раздел “Ограничения операции симметрии”, а также описание особенностей различных типов симметрии).

Дополнительный флажок **Учитывать копии в спецификации** используется только при создании симметрии 3D фрагментов, включаемых в спецификации. При установке флажка симметричные копии фрагментов также будут учитываться в спецификации. Когда флажок снят, в спецификацию попадает только исходный фрагмент.

Флажок **“Разделять на тела”** используется при копировании сразу нескольких операций. Для каждой из них создаётся отдельное Тело-копия.

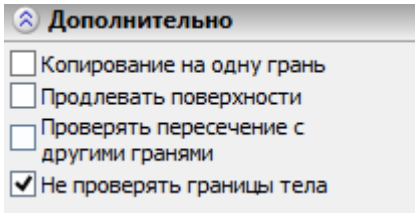
Задание параметров для симметрии граней

Дополнительные параметры симметрии граней отличаются от параметров симметрии других типов:

Копирование на одну грань. Данный флажок устанавливается, когда необходимо включить режим “Копирование в пределах одной грани”.

Продлевать поверхности. Включает одноимённый режим. Всегда используется совместно с предыдущим флажком.

Проверять пересечение с другими гранями. Данный флажок позволяет включить режим проверки пересечения создаваемых копий с уже существующими гранями тела.



Не проверять границы тела. Включённый параметр позволяет создать симметрию граней без запуска проверки самопересечений и правильности получаемой геометрии. Это существенно увеличивает скорость выполнения операции. Следует использовать этот параметр только если вы уверены в корректности получающейся модели.

Отсечение

Операция отсечения позволяет получить 3D тело путем отсечения от исходного тела лишней части, либо получить два новых тела путем рассечения исходного тела на две части. Операция применяется как к твёрдым, так и к листовым телам – результатом будет тело(а) того же типа.

Задание операции отсечения

Для операции отсечения используется команда **3CU: Отсечь по сечению**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Отсечение
Клавиатура	Текстовое меню
<3CU>	Операции > Отсечение

После вызова команды в автоменю наряду с общесистемными опциями появляются опции, позволяющие создать отсечение и рассечение:

	<B>	Выбрать 3D операцию
	<S>	Выбрать сечение
	<W>	Выбор секущей рабочей плоскости
	<P>	Выбор набора секущих поверхностей
	<K>	Отменить выбор набора секущих поверхностей
	<Tab>	Изменить направление сечения
	<M>	Произвести операцию рассечения на два тела

Создание отсечения

Процесс задания операции отсечения состоит из следующих этапов:

1. **Выбор тела** (опция  устанавливается автоматически). В окне 3D вида или в дереве 3D модели надо выбрать тело, для которого необходимо применить операцию отсечения. Выбранное тело подсветится.

2. **Выбор секущего элемента или набора секущих элементов**.

   В качестве секущих элементов можно использовать 3D сечение, рабочую поверхность, 3D профиль, грань тела или листовое тело. Рассечение тела производится по поверхности секущего элемента.

   Допускается задавать набор секущих элементов. В набор можно включать грани, 3D профили, листовые тела (выбор нескольких 3D сечений или рабочих плоскостей не допускается). В этом случае сначала осуществляется сшивка элементов набора в одно листовое тело, а затем производится отсечение исходного тела результатом сшивки. Необходимыми условиями создания отсечения в случае задания набора секущих элементов будет следующее: для элементов набор должно быть возможно создание сшивки; получившееся секущее тело должно полностью пересекать исходное тело.

   Выбор секущих элементов осуществляется с помощью опций автоменю. 3D сечение и рабочая плоскость выбираются с помощью опций  и  соответственно. Набор секущих элементов (граней, 3D профилей, листовых тел) задаётся с помощью опции . Отдельный 3D профиль (грань, листовое тело) задаётся как набор из одного элемента.

   После выбора секущего элемента на его границах появляются стрелки, которые указывают на ту часть тела, которая останется в сцене после выполнения отсечения. Направление стрелок можно поменять опцией <Tab> (пиктограмма ).

3. **Задать общие параметры операции** (*необязательное действие)* с помощью опции . Подробное описание общих параметров операции приведено в главе “Общие параметры 3D элементов”.

4. **Подтверждение создания операции** ( в автоменю или окне свойств).

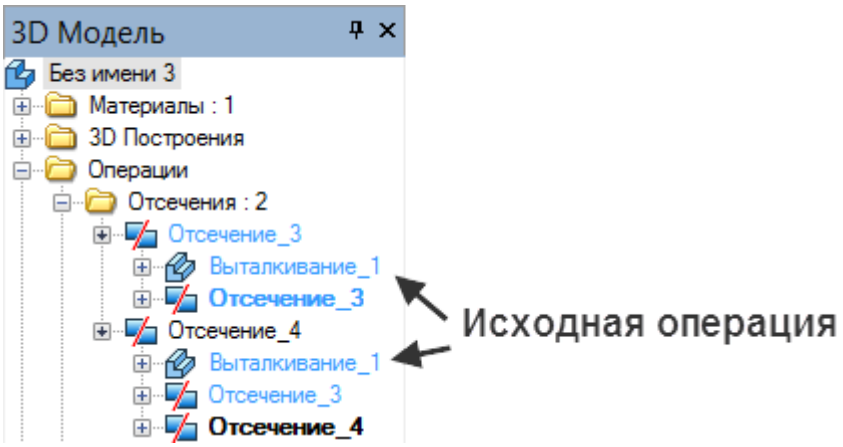
После подтверждения создания операции в окне 3D вида появится новое 3D тело.

Создание рассечения

Для рассечения тела на две части необходимо дополнительно установить опцию:

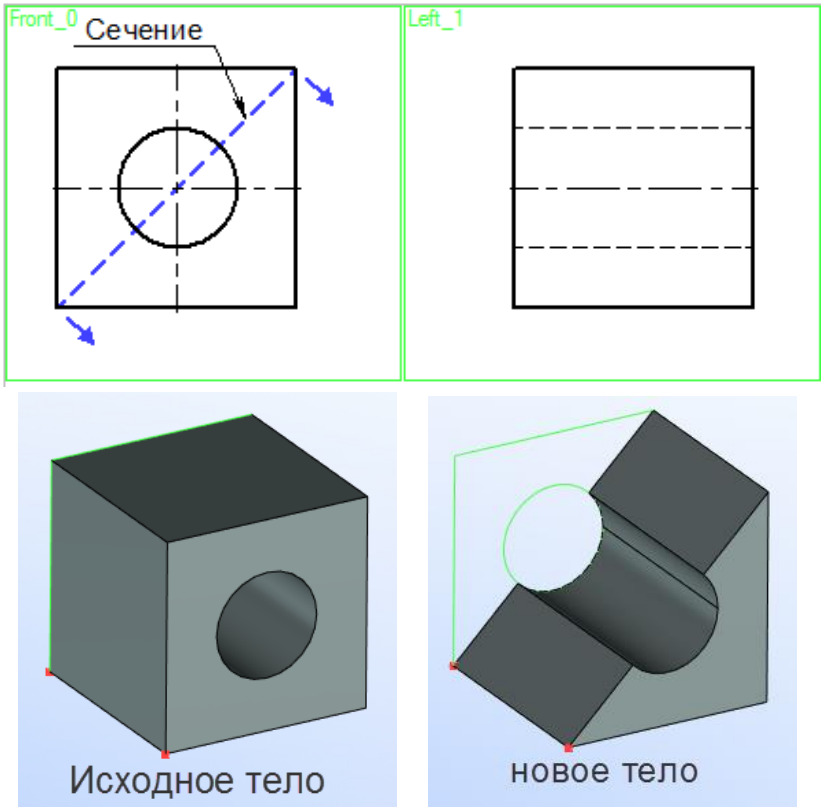
	<M>	Произвести операцию рассечения на два тела

В этом случае на основе исходного тела автоматически создаются две операции рассечения с одинаковыми параметрами. Редактирование таких операций выполняется также совместно. Для задания отдельных параметров одной из операций необходимо вызвать её диалог параметров, не входя в режим редактирования (например, из контекстного меню для данной операции). Удаление операций происходит независимо.



Примеры создания операции

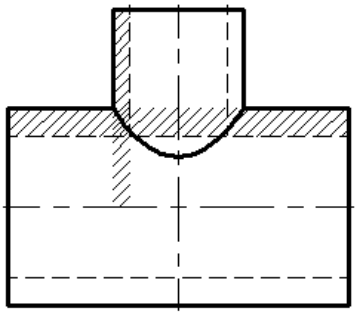
Отсечение тела 3D сечением

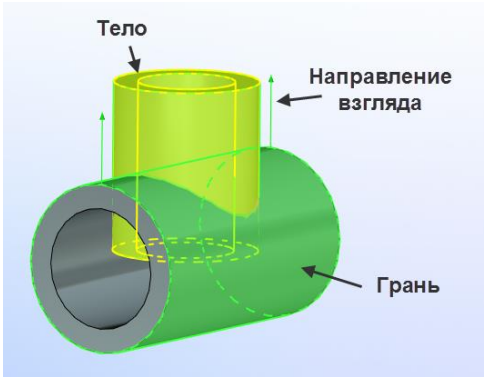


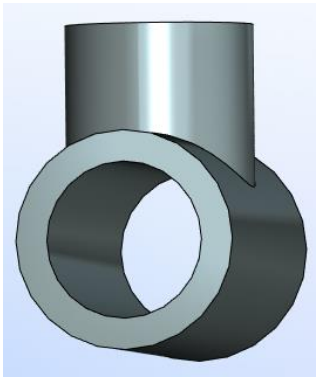
Данный чертёж находится в библиотеке *"Примеры 3D 15"*, папка *"3D моделирование. Операции\Отсечение\По сечению.grb"*.

Отсечение тела гранью

Интересной возможностью задания операции отсечения является отсечение тела гранью. Рассмотрим следующий пример:





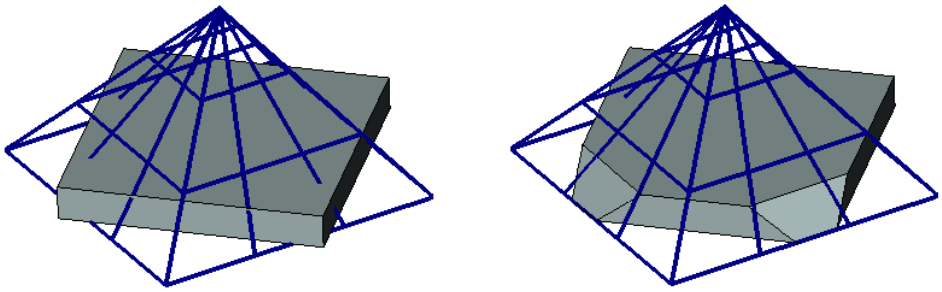


Данный чертеж находится в библиотеке *" Примеры 3D 15"*, папка *"3D моделирование. Операции\Отсечение\Отсечение гранью.grb"*.

На рисунке представлен чертеж пересечения двух труб. Для создания 3D тел были использованы две операции вращения. Затем, с помощью грани одного тела произведено необходимое отсечение.

Отсечение тела набором секущих элементов

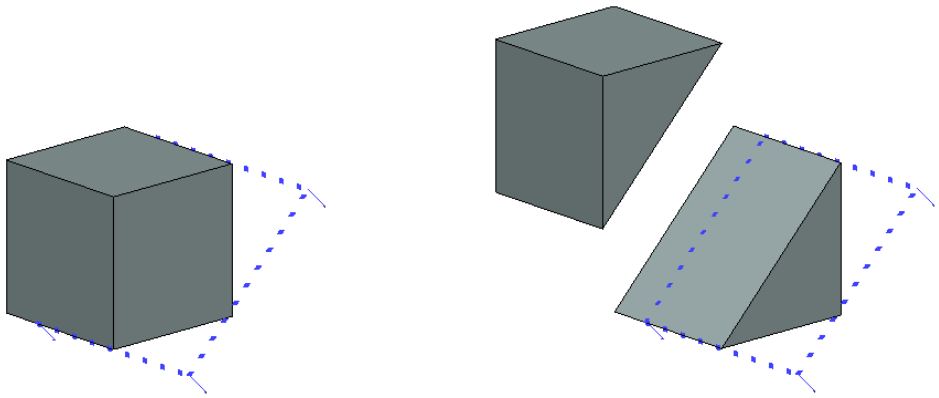
На рисунке приведён пример отсечения тела плиты двумя передними гранями пирамиды.



Данный чертёж находится в библиотеке *"Примеры 3D 15"*, папка *"3D моделирование. Операции\Отсечение\Отсечение набором секущих поверхностей.grb"*.

Рассечение тела на две части

На рисунке, приведенном ниже, представлено изображение исходного тела, а также изображение двух тел, полученных в результате операции рассечения (для наглядности получившиеся тела разнесены в пространстве с помощью команды **Сервис > Преобразование**).



Данная 3D модель находится в директории *“3D моделирование. Операции\ Отсечение\По сечению с разделением на два тела.grb”*.

Разделение

Команда предназначена для разделения на отдельные Тела операций, состоящих из нескольких компонентов (как твёрдых, так и листовых), не имеющих между собой никаких соединений. Например, результат создания линейного или кругового массива, булевой операции, после выполнения данной команды будет разделён на отдельные физические компоненты, которые будут выбираться по отдельности. Также команда может быть использована при работе с импортированной из другой системы моделью, которая состоит из нескольких объёмов или листовых тел.

Создание разделения

Для разделения тела используется команда **“3SD: Разделить на тела”**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Разделение
Клавиатура	Текстовое меню
<3SD>	Операции > Состав модели > Разделить на тела

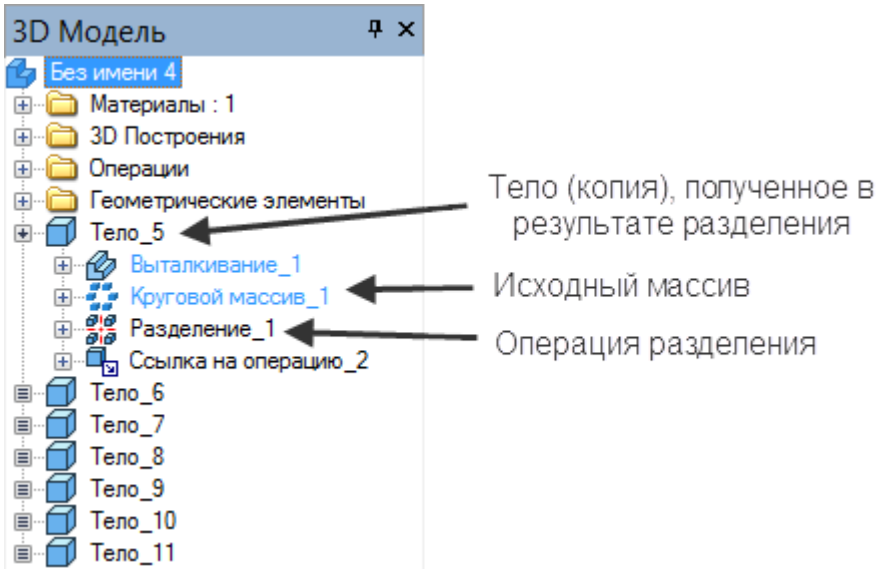
Существует еще один способ вызова команды: Подведите курсор к одной из операций модели и нажмите , в появившемся меню выберите пункт “Создать”. Появится список возможных команд, которые можно вызвать при выборе операции. Выберите пункт “Разделить на тела”, при этом выбранное тело подсветится.

Создание операции «Разделение» заключается в выборе тела исходной операции, состоящего из нескольких компонентов, и подтверждении разделения.

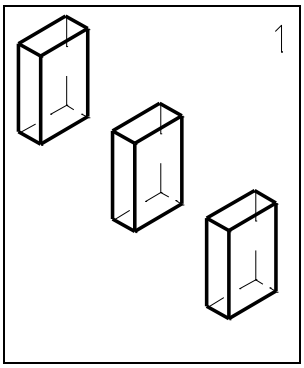
Выбор исходной операции осуществляется с помощью опции:

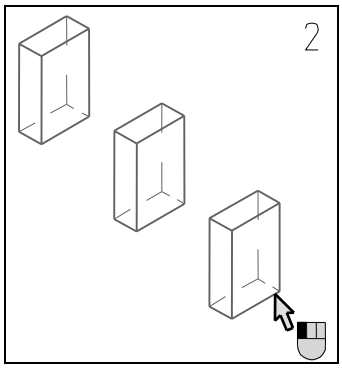
	<F>	Выбрать тело

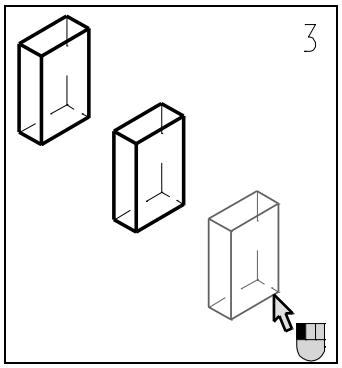
Данная опция устанавливается автоматически после вызова команды. Разделение производится путём создания копий всех компонентов, составляющих исходную операцию. Именно эти копии и отображаются в 3D окне. В дереве 3D модели запись разделения выглядит следующим образом:



На рисунке 1, приведенном ниже, представлена модель, созданная с помощью линейного массива. Известно, что все тела (компоненты) массива изначально являются единым объектом модели. При подводе курсора к одному из элементов массива, подсвечивается весь массив целиком, что наглядно видно из рисунка 2. На рисунке 3 показана ситуация после выполнения разделения. В этом случае система позволят выбрать каждое тело по отдельности.





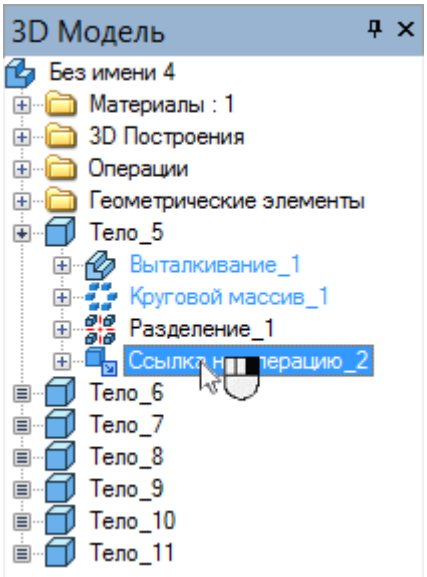


Параметры разделения

Непосредственно для операции разделения параметры не задаются. А вот для тел-копий, полученных в результате этой операции, можно задать отдельно общие параметры, вызвав соответствующее окно диалога. В этом случае окно диалога можно вызвать после завершения операции разделения из контекстного меню, вызванного при выборе тела-копии в 3D окне или из дерева 3D модели.

Появившееся в результате окно диалога является типовым для многих операций системы. В нем можно задать общесистемные и специальные параметры, а также параметры преобразования.

Имя операции. Для тел полученных в результате операции “Разделить на тела”, генерируются следующие имена: Ссылка на операцию_1, Ссылка на операцию_2 и т.д.



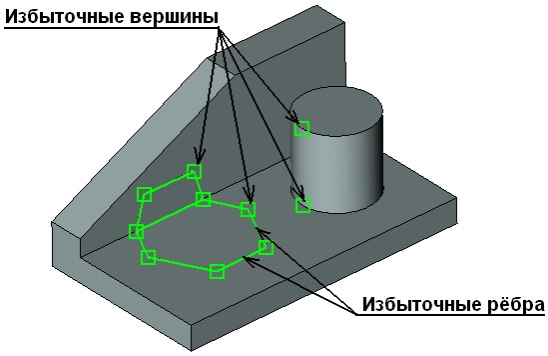
Упрощение модели

Команда «Упростить модель» предназначена для удаления избыточных рёбер или вершин из заданного тела операции, а также для упрощения геометрической основы граней и рёбер. Избыточные элементы могут возникать в процессе моделирования при выполнении некоторых операций. Наличие таких элементов в модели не является ошибкой, но в некоторых ситуациях их удаление может принести пользу. Данная операция как раз позволяет решить проблемы в сложных случаях, когда достижению цели мешают избыточные рёбра или вершины (например, для создания сглаживаний), а также данная функция может быть использована для упрощения состава импортированных моделей.

Общие сведения

Удаление избыточных элементов

При упрощении модели могут удаляться только вершины или рёбра. Избыточная вершина обычно может быть исключена из модели, если она принадлежит только одному замкнутому ребру (обычно это ребро поверхности вращения) или принадлежит двум смежным рёбрам, лежащим на одной кривой. Ребро обычно удаляется, если это – изолированные, незамкнутые последовательности рёбер внутри одной грани или если это – ребро между двумя смежными гранями, лежащими на одной поверхности.



Операция позволяет указывать для обработки вершины, рёбра, грани, операции. Допустимые типы элементов обрабатываются следующим образом:

- ✓ вершина будет удалена, если она является избыточной;
- ✓ если ребро является избыточным, то оно будет удалено. Если концевые вершины этого ребра тоже избыточные, то они также потом будут удалены.
- ✓ при указании грани любые избыточные рёбра на ней должны быть удалены. Затем удаляются избыточные вершины.
- ✓ при указании операции последовательно удаляются все избыточные рёбра и вершины, пока не останется таковых. Если тело операции содержит сплайновые грани или кривые,

лежащие на одной поверхности или одной кривой, то они соединяются в одну грань или в одно ребро.

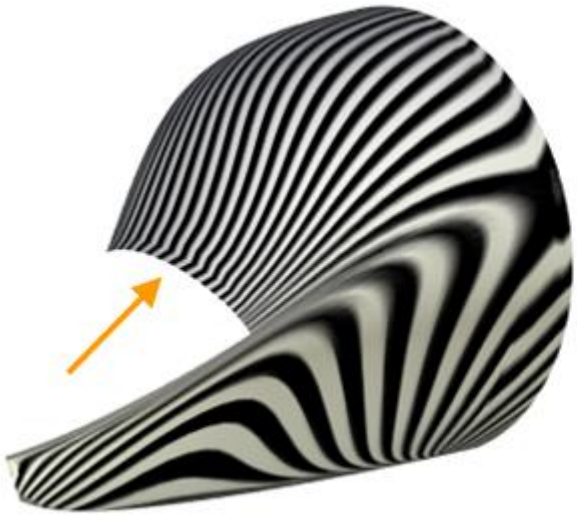
Если пользователь указал элемент, а система не может исключить его из модели, то он будет проигнорирован.

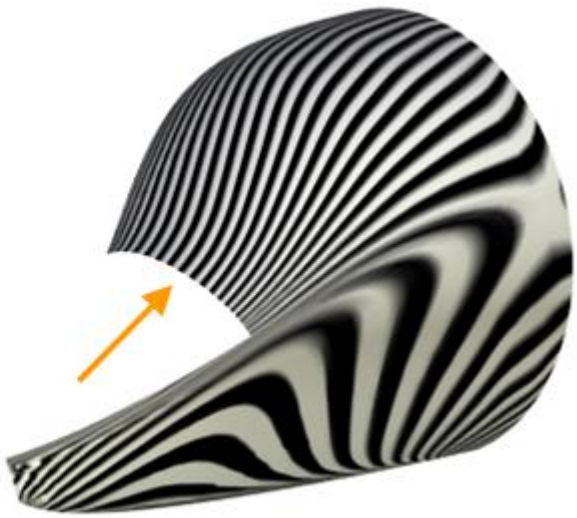
Упрощение топологии

Одновременно с удалением излишней топологии может производиться упрощение отдельных топологических элементов. Если сплайновые рёбра или грани лежат на простых кривых или на аналитических поверхностях (плоскость, цилиндр, тор или сфера), то геометрическая основа этих элементов заменяется более простой. Эта функциональность идентична опции «упростить геометрию», имеющейся в некоторых операциях (например, «Тело по траектории» или «По сечениям»).

В качестве исходных данных для данной обработки пользователь может выбирать отдельные грани или операцию целиком (как для комплексной обработки).

При упрощении набора граней в случае, когда не удаётся привести их к аналитической поверхности, т.е. плоскости, цилиндру и т.д., выбранные грани заменяются одной гранью с гладкой сплайновой поверхностью. Такое упрощение улучшает качество поверхности. Полученная поверхность менее требовательна к ресурсам компьютера.





Работа с командой

Команда вызывается следующими способами:

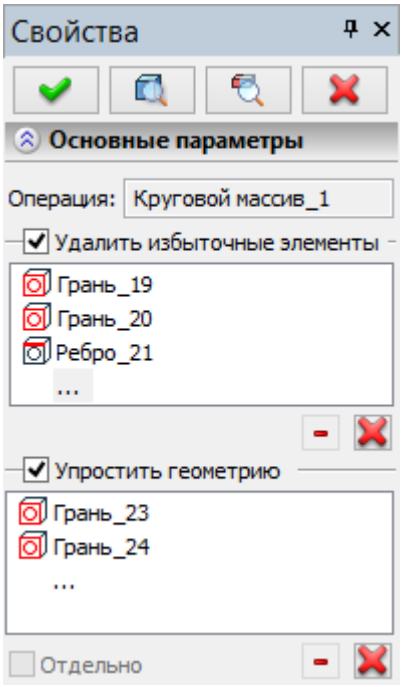
Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Упрощение
Клавиатура	Текстовое меню
<3SI>	Операции > Состав модели > Упрощение

Данная операция позволяет раздельно включать каждый вид обработки – упрощение модели и удаление избыточных элементов – при помощи соответствующих флажков в окне свойств. Для каждой обработки можно формировать свой список обрабатываемых элементов. Если обработка выключена, то она не производится, а работа со списком элементов заблокирована.

Для комплексной обработки пользователь может выбрать операцию целиком (рекомендуется). Для выбора операции можно использовать опцию автоменю:

	<O>	Выбрать операцию

Имя операции появляется в поле «Операция:». Списки элементов для всех обработок в этом случае останутся пустыми. Если список для обработки пустой, это означает, что система будет исследовать все топологические элементы данной операции при выполнении обработки.



При пустом списке обработки «Упрощение геометрии» в окне свойств доступна опция «Отдельно». При её включении активируется специальный режим, который позволяет выполнить последовательное упрощение набора граней, лежащих на одной геометрической поверхности. В

другом случае выполняется одновременная обработка всех граней. Например, имеется набор граней, лежащих на сплайновой геометрической поверхности, которая на одном участке близка к плоскости. При раздельной обработке система сможет упростить те грани, которые попадают на «плоский» участок. При одновременной обработке система не сможет упростить ни одной грани.

В отдельных случаях пользователь может использовать возможность локального изменения топологии модели. Списки элементов для разных обработок формируются при помощи опций автоменю:

	<R>	Выбор элементов для удаления
	<G>	Выбор граней для упрощения

Также элемент можно выбрать, если поместить курсор в поле окна свойств со списком. Нужная опция автоменю включится автоматически.

Для отмены выбора всех элементов используется команда:

	<F>	Отменить выбор всех элементов

В данной команде существует полезная возможность посмотреть, какие элементы модели из выбранных на данный момент являются избыточными или упрощаемыми. Для включения просмотра используется следующая опция автоменю:

	<V>	Показать удаляемые элементы и упрощаемые грани

После вызова этого режима система на выбранной операции подсветит все рёбра, вершины и грани, которые она сможет на данный момент подвергнуть обработке. Удаляемые и упрощаемые элементы подсвечиваются разными цветами.

> Данный режим удобнее всего использовать для анализа геометрии сразу целой операции. После анализа топологии всей операции пользователь при необходимости сможет более уверенно использовать возможность локальной обработки

Уклон граней

Данная операция позволяет отклонять одну или несколько выбранных граней на заданный угол с автоматической коррекцией смежных граней. Для каждой уклоняемой грани можно задавать свой угол уклона.

Уклон граней можно использовать, к примеру, при проектировании деталей, изготовляемых методом литья под давлением. Добавление уклонов в деталь позволяет обеспечить извлечение детали из матрицы.

Основные понятия и возможности операции

Направление уклона

Направление, от которого отсчитывается угол уклона граней, определяется вектором. Этот вектор может быть задан двумя способами:

Первый способ предполагает выбор объекта, геометрия которого определяет вектор уклона: нормаль к грани, плоское ребро и т.д.

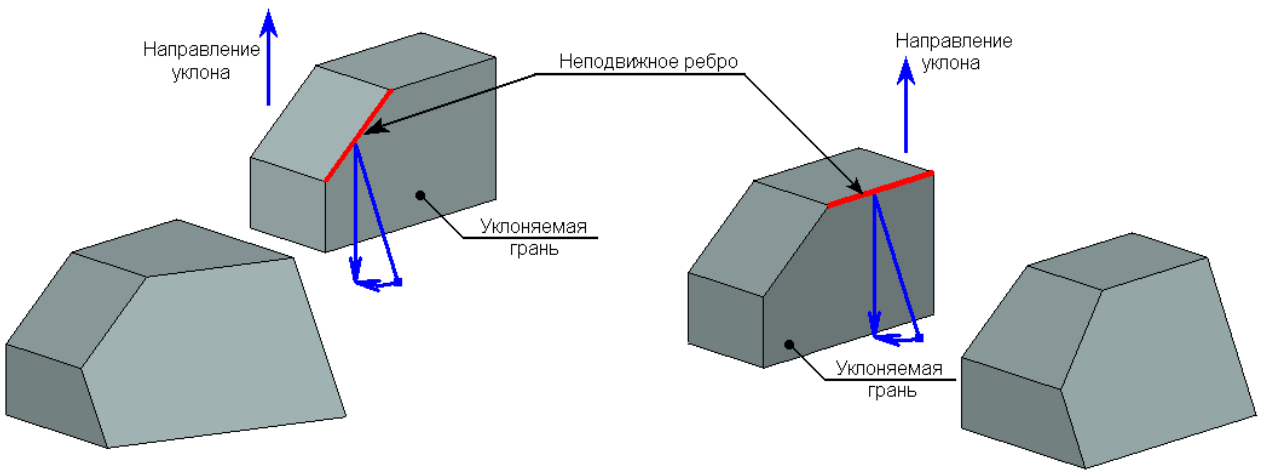
Вектор может быть задан двумя 3D точками. Вторая 3D точка определяет направление вектора.

При проектировании литейных деталей нужно установить направление уклона по направлению разъёма пресс-формы.

Неподвижное ребро/неподвижная грань уклона

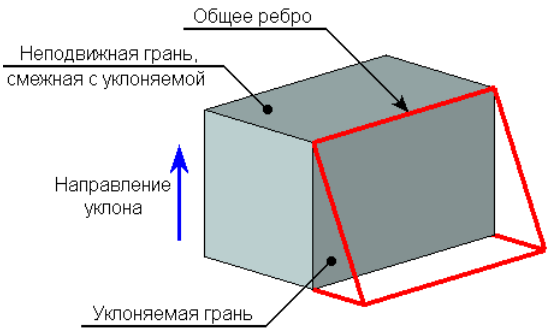
Для каждой уклоняемой грани необходимо указать неподвижное ребро или грань.

Неподвижное ребро задаёт неподвижную линию уклона – линию на уклоняемой грани, которая не меняет своего положения в процессе уклона. Относительно неподвижной линии происходит построение поверхности уклона. Неподвижное ребро должно принадлежать тому же телу, что и уклоняемая грань.

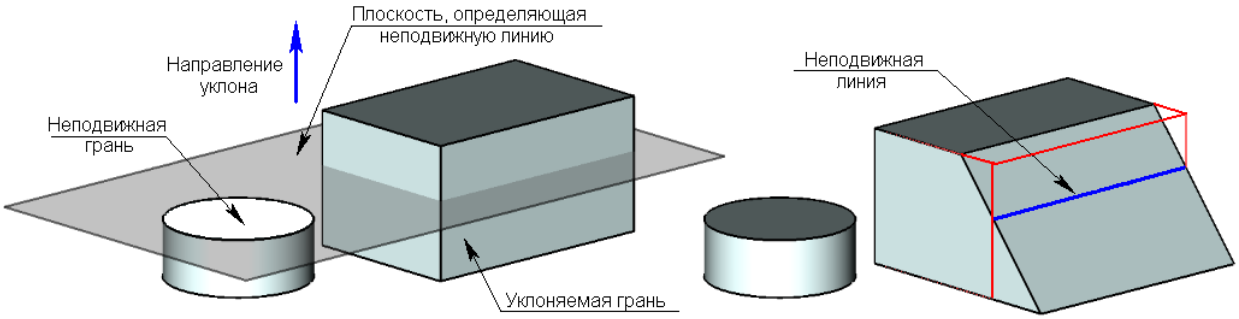


Вместо ребра можно указать неподвижную грань. Пересечение выбранной грани с уклоняемой гранью определяет неподвижную линию уклона.

В отличие от неподвижного ребра, неподвижная грань может быть выбрана на другом теле. После выбора неподвижной грани команда строит поверхность на её основе до пересечения с уклоняемой гранью. Линия пересечения этой поверхности с уклоняемой гранью будет неподвижной линией, относительно которой будет строиться уклон грани.

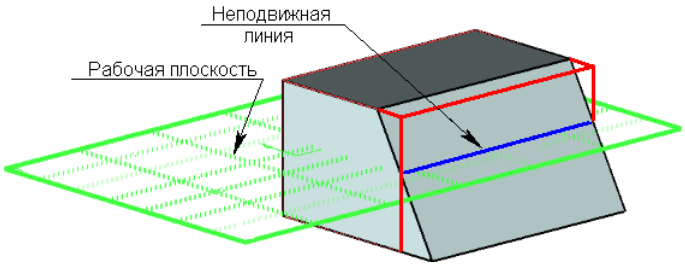


Неподвижная грань может быть смежной с уклоняемой гранью. В этом случае общее ребро будет являться неподвижным ребром, относительно которого будет уклоняться грань.



Неподвижные рёбра и неподвижные грани определяются отдельно для каждой уклоняемой грани.

Вместо набора неподвижных граней можно указать одну рабочую плоскость. Она будет задавать неподвижную линию сразу для всех уклоняемых граней текущей операции. Неподвижная линия каждой уклоняемой грани будет определяться как пересечение выбранной рабочей плоскости с данной гранью.



Отсчёт угла уклона

Угол уклона грани отсчитывается в соответствии со следующим алгоритмом:

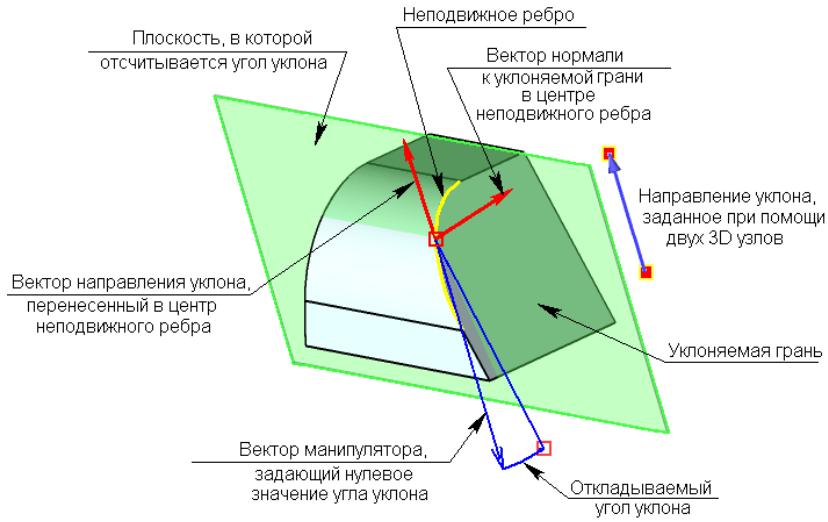
В каждой точке неподвижной линии строится нормаль к уклоняемой грани.

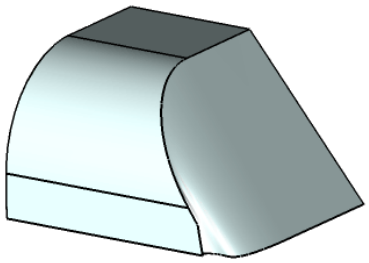
В эту же точку переносится вектор направления уклона.

На основе этих двух векторов строится плоскость, в которой будет отсчитываться угол уклона.

Далее определяется вектор, задающий нулевое значение угла уклона.

Относительно этого вектора в плоскости откладывается угол уклона и строится результирующий вектор, через который будет проходить поверхность уклонённой грани.



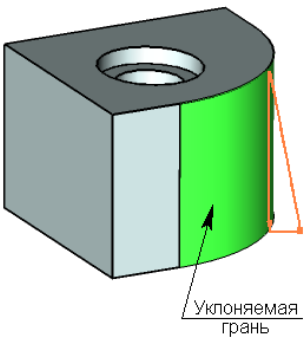


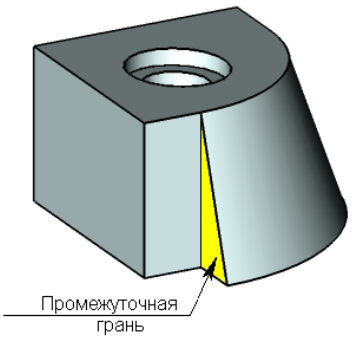
Результат уклона грани

Обработка стыков между уклоняемыми и смежными с ними гранями

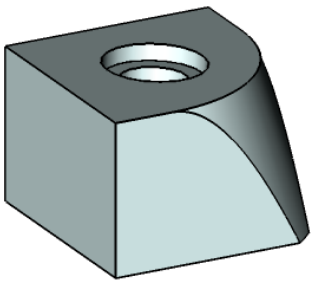
При выполнении уклона возможно возникновение разрывов между уклоняемыми и смежными с ними неуклоняемыми гранями. Для обработки таких разрывов можно использовать два способа:

- ✓ Создание дополнительных плоских граней;
- ✓ Продолжение поверхности неуклоняемой грани.





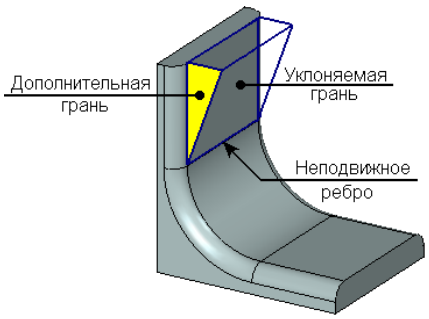
Создание промежуточной грани



Сохранение сопряжения между уклоняемой и смежной с ней гранями

Первый способ предполагает создание дополнительной плоской грани для заделки разрыва. Второй способ позволяет сохранить сопряжение между этими гранями. При этом часть уклонённой грани будет отсечена поверхностью, построенной на продолжении смежной грани.

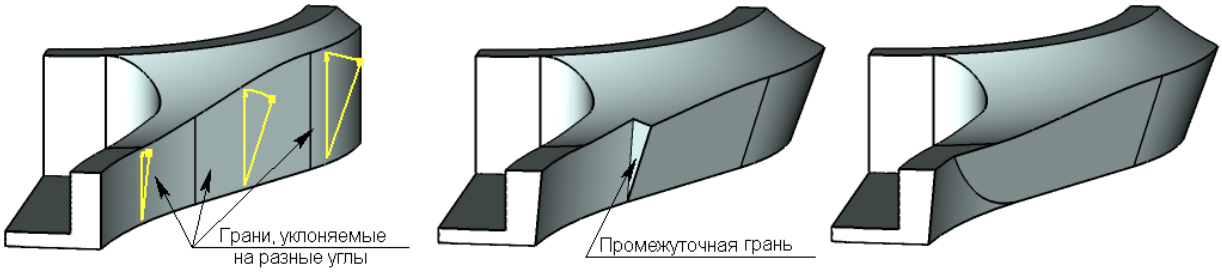
В некоторых случаях создание дополнительной грани является единственно возможным вариантом заделки разрыва на стыке граней. На рисунке справа представлен именно такой случай.



Обработка стыков между уклоняемыми гранями

При уклоне смежных граней на разные углы между ними возможно образование разрывов. Для исправления этой ситуации можно использовать следующие способы:

- ✓ Создание дополнительных плоских граней;
- ✓ Продолжение поверхности неуклоняемой грани;
- ✓ Сохранять сглаживание.



Методы создания уклона

В операции предусмотрены различные методы формообразования уклоняемой грани:

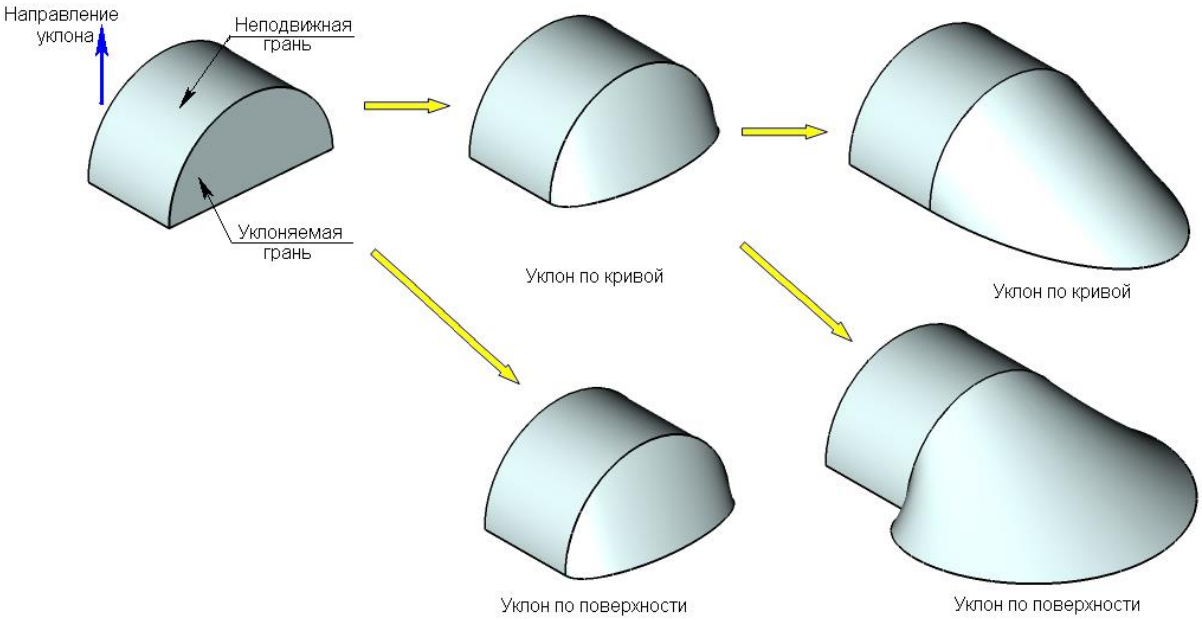
- ➔ Стандартный;
- ➔ По кривой;
- ➔ По поверхности;
- ➔ По смещению (см. ниже параграф “Уклон по смещению”).

По умолчанию используется стандартный метод уклона граней. Он позволяет построить поверхность уклона, точно следующую форме исходной поверхности и заданному углу уклона.

В ряде случаев стандартный метод не позволяет создать требуемый уклон. В таких ситуациях можно использовать методы “По кривой” и “По поверхности”. Эти виды уклона менее строго следует форме исходной уклоняемой грани, что позволяет построить уклон в тех случаях, когда стандартный метод уклона не работает. Методы “По кривой” и “По поверхности” отличаются способом разрешения неопределённости при создании поверхности уклона. В первом случае для построения уклона используется касательная к кривой неподвижного ребра, а во втором – нормаль к уклоняемой

поверхности. Уклоны “по кривой” и “по поверхности” обычно применяются для придания детали более эстетического вида.

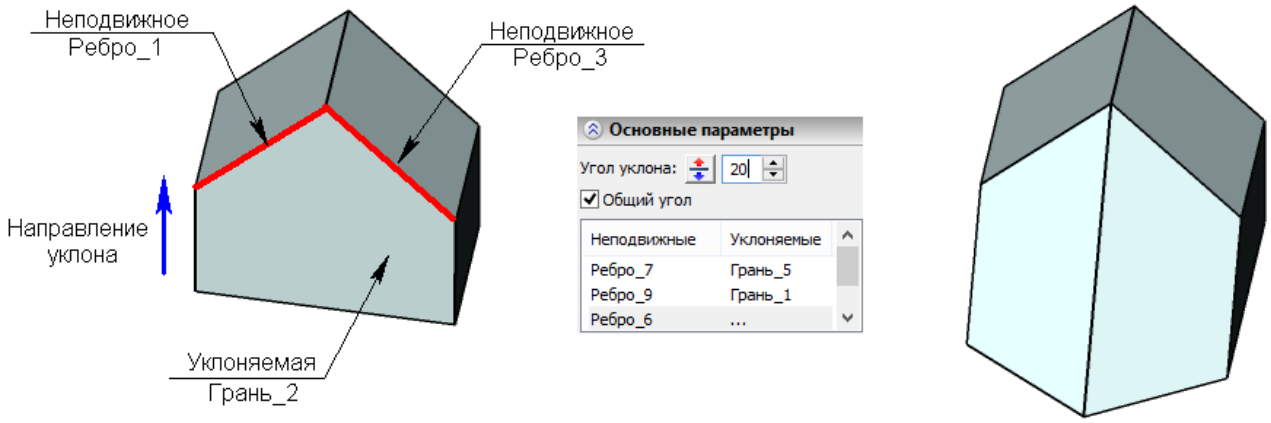
Во многих случаях методы “По кривой” и “По поверхности” дают одинаковое решение. Например, в примере на рисунке ниже разница между этими методами заметна только при повторном применении уклона.



Дополнительные возможности уклона

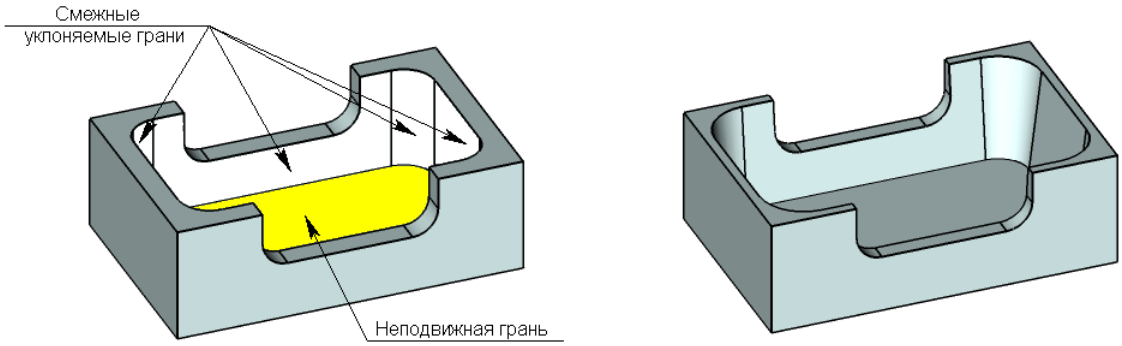
Уклонение грани относительно нескольких неподвижных граней/рёбер

Операция позволяет создавать уклон выбранной грани относительно нескольких неподвижных граней или рёбер. В результате создания операции уклоняемая грань разобьется на две части. Рёбра полученных граней будут иметь заданный угол уклона.



Уклон всех смежных граней

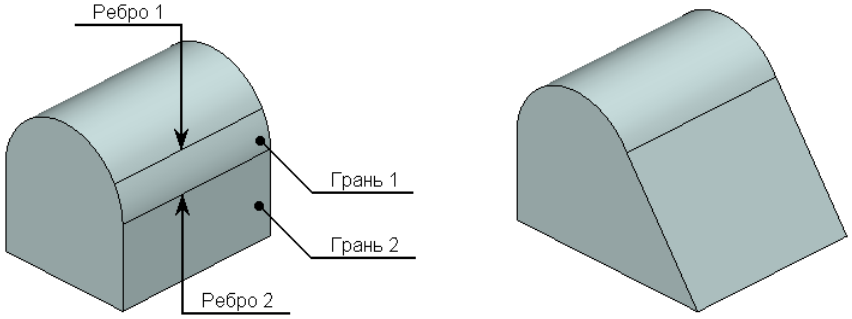
Для быстрого создания уклонов в команде предусмотрен режим уклона всех граней, смежных с неподвижной. В этом случае достаточно указать только неподвижную грань. Команда сама определит все смежные грани для уклона.



Совместная обработка смежных граней

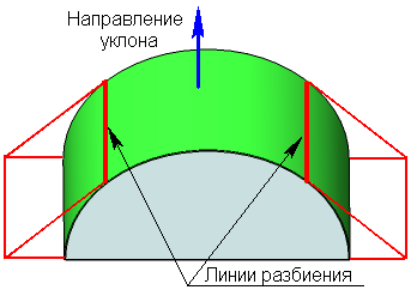
Режим совместной обработки смежных граней позволяет производить одновременный уклон пары смежных граней, когда одна из уклоняемых граней служит неподвижной гранью для второй. В обычном режиме попытка выполнения такого уклона приведёт к возникновению ошибки.

На рисунке ниже приведён пример, в котором требуется одновременно уклонить две грани: **“Грань 1”** и **“Грань 2”**. Для грани **“Грань 1”** в качестве неподвижного ребра выбирается **“Ребро 1”**. Для **“Грани 2”** неподвижная линия должна определяться гранью **“Грань 1”** или ребром **“Ребро 2”**. Но и **“Грань 1”**, и **“Ребро 2”** будут изменены при выполнении уклона. В этой ситуации может помочь режим совместной обработки граней. Включив его и указав **“Грань 1”** в качестве неподвижного объекта для грани **“Грань 2”**, можно получить корректный уклон одновременно обеих граней.



Разбиение грани

Данный параметр используется в тех случаях, когда необходимо создать уклон криволинейной грани. Команда разбивает грань на участки, определяя ту позицию, при которой возможно создать поверхность уклона. Уклонённые участки будут проходить касательно к оставшейся криволинейной части грани, под заданным углом к вектору уклона.



Сложные виды уклона граней

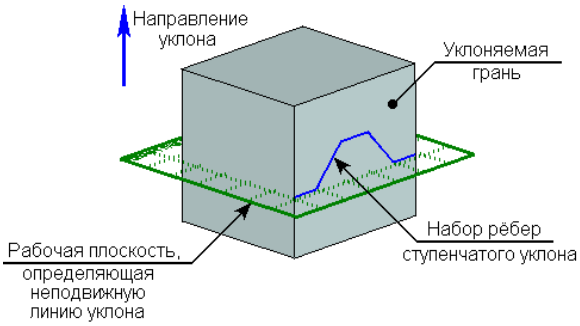
Ступенчатый уклон

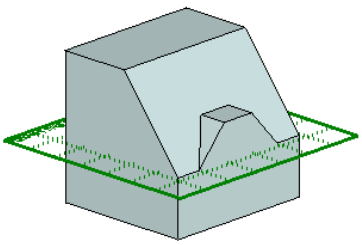
Для создания ступенчатого уклона задаются:

- ✓ Направление уклона;
- ✓ Неподвижная грань или рабочая плоскость;
- ✓ Уклоняемая грань;
- ✓ Непрерывная последовательность рёбер на уклоняемой грани, геометрия которых должна быть сохранена при выполнении уклона. Все рёбра заданной последовательности должны быть не параллельны вектору направления уклона.

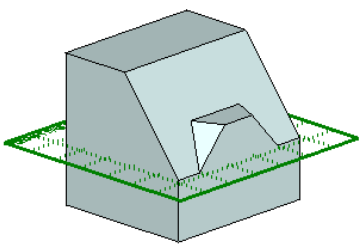
> Для добавления рёбер на уклоняемую грань можно использовать команду “**3ZS: Разделить грань**”.

В результате уклоняемая грань “поворачивается” относительно неподвижной грани/рабочей плоскости. Вдоль линии, образованной заданной последовательностью рёбер, формируется “ступенька”. Дополнительные грани, формирующие “ступеньку”, могут быть созданы двумя способами: перпендикулярно исходной грани или под заданным углом уклона.



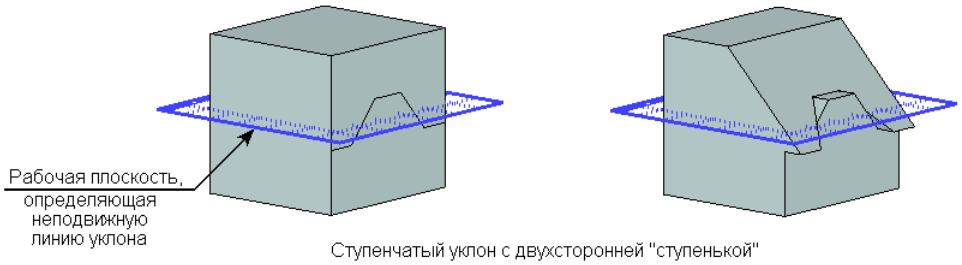


Ступенчатый уклон со "ступенькой", сформированной перпендикулярно исходной грани



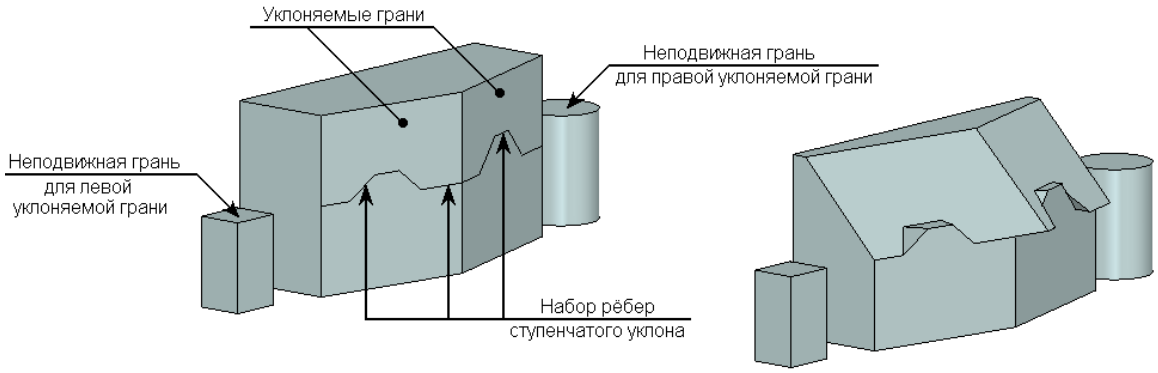
Ступенчатый уклон со "ступенькой", сформированной в соответствии с заданным углом уклона

При создании ступенчатого уклона возможно создание двухсторонней “ступеньки”.



Ступенчатый уклон с двухсторонней "ступенькой"

Ступенчатый уклон можно создавать сразу на нескольких гранях тела.

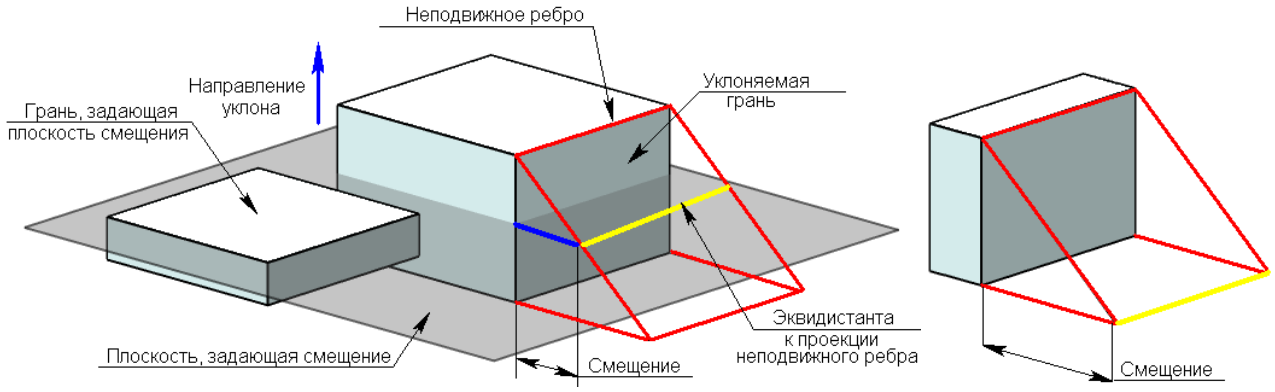


Уклон по смещению

Метод задания уклона “по смещению” позволяет определять величину уклона не по углу, а по смещению уклоняемой грани относительно исходного положения.

Механизм получения уклона методом “по смещению” следующий:

- ✓ На плоскость, выбранной для задания смещения грани, по направлению уклона проецируется неподвижная грань или ребро;
- ✓ Относительно спроецированной грани или ребра строится эквидистанта на заданное расстояние. В данном случае параметром уклона является смещение эквидистанты;
- ✓ Результирующая поверхность будет проходить через эквидистанту к проекции неподвижного ребра.



Создание уклона граней

Вызов команды создания операции “Уклон граней” осуществляется одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Уклон → Уклон граней
Клавиатура	Текстовое меню
<ЗТА>	Операции > Уклон > Уклон граней

Создание уклона граней

После вызова команды для создания уклона (кроме ступенчатого уклона и уклона по смещению) необходимо:

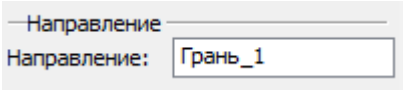
- ✓ Указать направление уклона;
- ✓ Задать требуемое количество пар неподвижная линию/уклоняемая грань;
- ✓ Задать угол уклона (или набор углов уклона при уклонении нескольких граней);
- ✓ Выбрать метод уклона (при необходимости);
- ✓ Задать при необходимости дополнительные параметры (способ заделки стыков между уклоняемыми и неуклоняемыми гранями; между гранями, уклоняемыми на разные углы);
- ✓ Завершить создание операции с помощью .

Задание направления уклона

Для задания направления уклона одним 3D объектом используется опция:

	<D>	Выбрать направление уклона

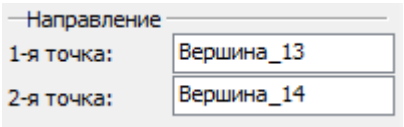
Данная опция позволяет выбирать в 3D сцене объекты, чья геометрия может определить вектор направления уклона. После выбора объекта его имя отображается в окне свойств.



Для задания направления уклона двумя 3D точками используются следующие опции:

	<1>	Выбрать первую точку направления уклона
	<2>	Выбрать вторую точку направления уклона

Выбранные элементы так же отображаются в окне свойств. Направление уклона отображается в виде вектора в 3D сцене.



Отменить выбор направления можно при помощи опции:

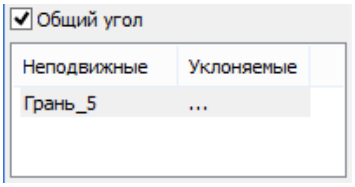
	<X>	Отменить выбор направления

Задание неподвижного объекта и уклоняемой грани

После задания направления уклона команда предлагает определить неподвижную линию первой уклоняемой грани. Для этого используются следующие опции автоменю:

	<T>	Выбрать неподвижную грань
	<E>	Выбрать неподвижное ребро
	<W>	Выбрать рабочую плоскость

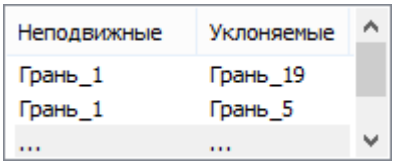
После выбора соответствующего элемента он будет добавлен в список “Неподвижные/Уклоняемые” окна свойств команды.



Затем система предложит выбрать уклоняемую грань. В автоменю станет активной опция:

	<F>	Выбрать уклоняемую грань

Выбранная уклоняемая грань также заносится в список “Неподвижные/ Уклоняемые” рядом с соответствующим ей неподвижным объектом.



> Неподвижная линия (ребро, грань, рабочая плоскость) и уклоняемая грань задаются попарно. Каждой уклоняемой грани должен соответствовать неподвижный объект, и наоборот.

Дальнейшее поведение команды зависит от типа выбранного неподвижного объекта. Если это было неподвижное ребро, то будет предложено выбрать следующее неподвижное ребро. Если же это были грань или рабочая плоскость, то система будет ожидать задания ещё одной уклоняемой грани. Выбранная ранее неподвижная грань/плоскость по умолчанию будет считаться неподвижным объектом для всех выбираемых затем уклоняемых граней. Для того, чтобы выбрать другой неподвижный объект, необходимо вручную активизировать соответствующую опцию ( или ), выбрать требуемый объект (грань или ребро), а затем указать уклоняемую грань.

> Обратите внимание, что в рамках одной операции можно указывать только одну рабочую плоскость – она станет неподвижным объектом для всех уклоняемых граней.

Для создания уклона всех граней, смежных с одной неподвижной гранью, достаточно после выбора неподвижной грани включить следующую опцию автоменю:

	<A>	Выбрать все смежные уклоняемые грани

Все грани, смежные с заданной неподвижной гранью, будут автоматически выбраны как уклоняемые.

Для того, чтобы изменить уже заданные неподвижные объекты или уклоняемые грани, необходимо выбрать в списке **Неподвижные /Уклоняемые** нужную пару, включить опцию выбора требуемого объекта () и выбрать его заново.

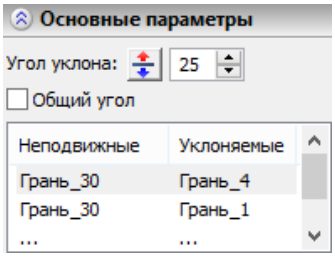
Удалить заданную пару неподвижный объект/уклоняемая грань можно, выбрав их в списке и нажав кнопку **[Удалить]** или клавишу <Del>.

Отменить выбор рабочей плоскости можно также при помощи опции:

	<X>	Отменить выбор рабочей плоскости

Задание угла уклона

Угол уклона задаётся числовым значением в параметрах операции. Он может быть общим для всего набора пар неподвижных объектов и уклоняемых граней, или задаваться для каждой пары в отдельности. По умолчанию задаётся общий угол.



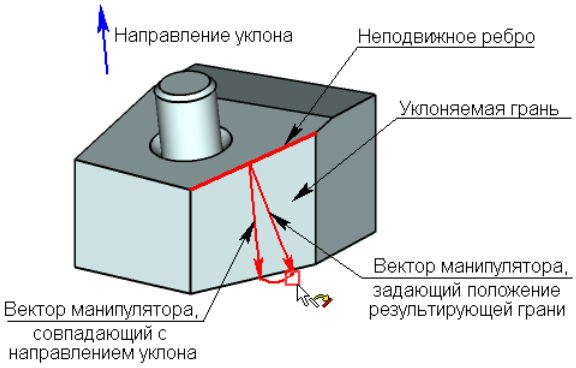
Если для определённой пары неподвижный объект/уклоняемая грань требуется задать отличное от общего значение угла, необходимо выполнить следующие действия:

В окне свойств команды установить курсор на выбранную пару неподвижного и уклоняемого объектов.

Снять галочку с параметра **Общий угол**.

Задать значение угла для выбранной пары.

Для более наглядного задания углов уклона граней в команде предусмотрено использование манипуляторов. С помощью манипуляторов можно динамически изменять значение угла уклона.

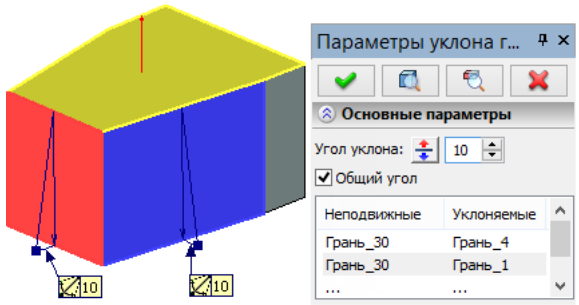


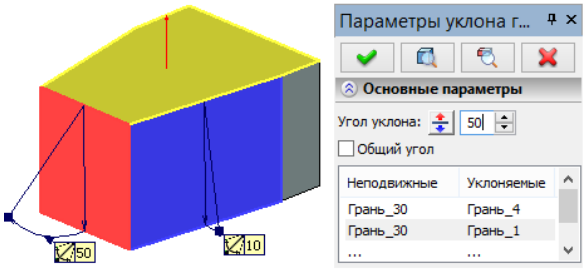
> В некоторых сложных случаях манипуляторы могут не отображаться.

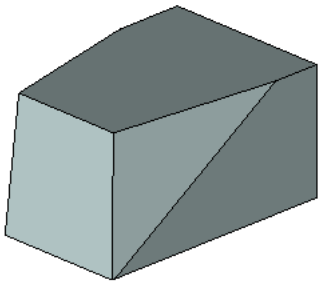
Манипулятор для задания угла уклона представляет собой два вектора, соединённые дугой окружности. Оба вектора берут своё начало от неподвижного объекта (грань, ребро). Направление первого вектора совпадает с направлением уклона. Направление второго вектора определяет положение результирующей грани. Изменение угла уклона производится перемещением конца второго вектора.

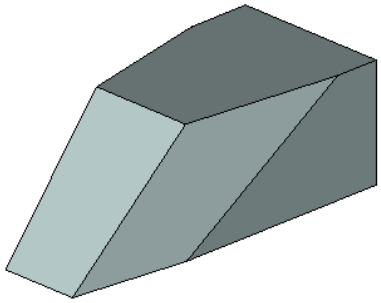
Для каждой пары неподвижный объект/уклоняемая грань в 3D сцене будет отображён свой манипулятор. Если для всех пар неподвижный объект/уклоняемая грань установлен общий угол, то достаточно изменить угол уклона при помощи любого из манипуляторов. Если для какой-либо пары

выключен параметр “**Общий угол**”, то изменение положения манипулятора приведёт к изменению угла только для этой пары.









Изменить направление уклона грани можно либо задав отрицательное значение угла, либо включив кнопку  в диалоге параметров уклона грани.

Создание уклона по смещению

Для создания *уклона граней по смещения* необходимо:

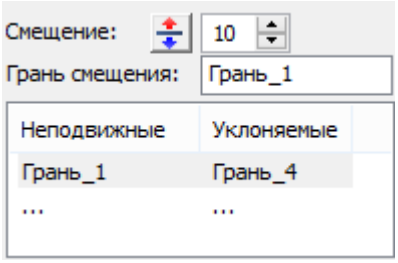
- ✓ Задать направление уклона;
- ✓ Указать неподвижную линию уклона;
- ✓ Указать уклоняемую грань или набор граней;
- ✓ Указать грань, в плоскости которой будет откладываться смещение;
- ✓ Задать смещение уклоняемой грани;
- ✓ Задать при необходимости дополнительные параметры (способ заделки стыков между уклоняемыми и неуклоняемыми гранями, между гранями, уклоняемыми на разные углы и т.п.);
- ✓ Завершить создание операции с помощью .

Направление уклона, неподвижная линия уклона и уклоняемая грань указываются так же, как и при обычном уклоне. Для задания грани, в плоскости которой будет откладываться смещение, необходимо включить следующую опцию автоменю:

	<O>	Выбрать грань для построения уклона по смещению

Имя выбранной грани будет отображено в окне свойств команды (поле **Грань смещения**). Смещение задаётся числовым значением в параметре **Смещение**.

При задании грани для отсчёта смещения для параметра **Метод** автоматически устанавливается значение **Уклон по смещению**.



Создание ступенчатого уклона

Для создания *ступенчатого уклона граней* необходимо:

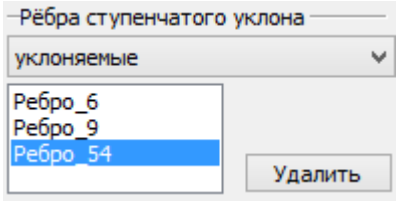
- ✓ Задать направление уклона;
- ✓ Указать неподвижную линию уклона;
- ✓ Указать уклоняемую грань или набор граней;
- ✓ Указать последовательность рёбер на уклоняемой грани;
- ✓ Задать угол уклона (или набор углов уклона в случае выбора нескольких уклоняемых граней);
- ✓ Указать способ создания дополнительных граней (по нормали или с уклоном);
- ✓ Завершить создание операции с помощью .

Направление уклона, неподвижная линия уклона и уклоняемая грань указываются так же, как и при обычном уклоне.

Для задания рёбер ступенчатого уклона необходимо включить опцию:

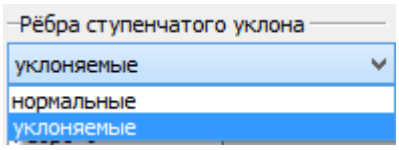
	<G>	Выбрать набор рёбер для ступенчатого уклона

При активизации этой опции команда переходит в режим выбора рёбер, относительно которого будет формироваться ступенчатый уклон.



Выбранные рёбра ступенчатого уклона будут занесены в соответствующий список окна свойств команды. Удалить выбранное ребро можно, выбрав его в списке и нажав на кнопку **[Удалить]**.

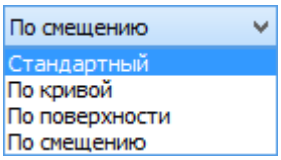
Способ создания дополнительных граней, образующих “ступеньку”, выбирается с помощью списка **Рёбра ступенчатого уклона**. Если установить значение **Нормальные**, грани будут сформированы перпендикулярно исходной грани. При значении **Уклоняемые** грани будут формироваться под заданным углом уклона.



Дополнительные параметры операции

Метод формирования уклона

Метод формирования уклона выбирается из выпадающего списка параметра **Метод**.

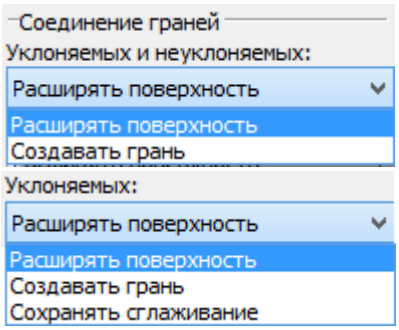


> Метод формирования уклона **По смещению** может быть установлен автоматически при включении опции выбора грани смещения (см. параграф “Создание уклона по смещению”).

Обработка стыка между гранями

Выбрать метод соединения уклоняемой и смежной с ней гранями можно при помощи параметра **Соединение граней/Уклоняемых и неуклоняемых** в окне свойств команды.

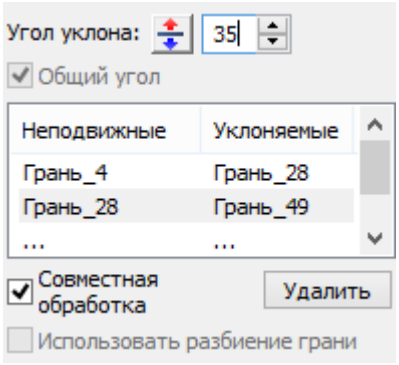
Аналогично можно выбрать метод соединения между уклоняемыми гранями.



Совместная обработка граней

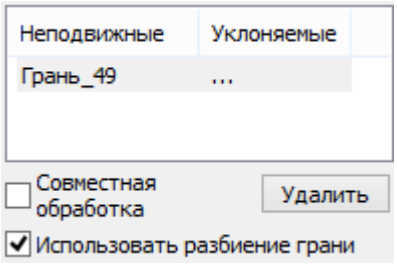
Для совместной обработки двух смежных граней необходимо указать одну из граней в качестве неподвижной для второй, и включить флажок **Совместная обработка** в диалоге свойств команды.

> По такому же принципу можно совместно уклонять три и более граней.



Разбиение грани

Для создания уклона с разбиением грани необходимо выбрать разбиваемую грань в качестве неподвижной (уклоняемая грань в этом случае не указывается) и установить флажок **Использовать разбиение грани**.



Следует отметить, что данная функциональность разбиения грани осталась в команде для поддержания совместимости с предыдущими версиями T-FLEX CAD. Разделить криволинейную грань на участки для последующего уклонения можно различными способами в команде **3ZS: Разделить грань**.

Уклон тела

Операция уклона тела позволяет формировать двухсторонние уклоны граней тела относительно заданного направления уклона и разделяющего тела. Разделяющее тело делит исходное тело на две части: "верхнюю" и "нижнюю", которые уклоняются отдельно друг от друга. В качестве разделяющего обычно указывается листовое тело, но можно использовать и твёрдые тела.

Для "верхних" и "нижних" уклонов операция позволяет задавать разные углы уклона. При необходимости можно задавать только "верхний" или "нижний" угол, т.е. создавать односторонний уклон тела.

Использование операции уклона тела позволяет значительно упростить процесс проектирования литых деталей и их формообразующих. Разделяющее тело соответствует поверхности разъёма, а направление уклона – направлению разъёма литейной формы.

Основные понятия и возможности операции

Основные понятия

Для создания уклона тела прежде всего необходимо указать само уклоняемое тело, разделяющее тело, наборы "верхних" и "нижних" неподвижных рёбер уклоняемого тела, направление и угол уклона.

Направление уклона

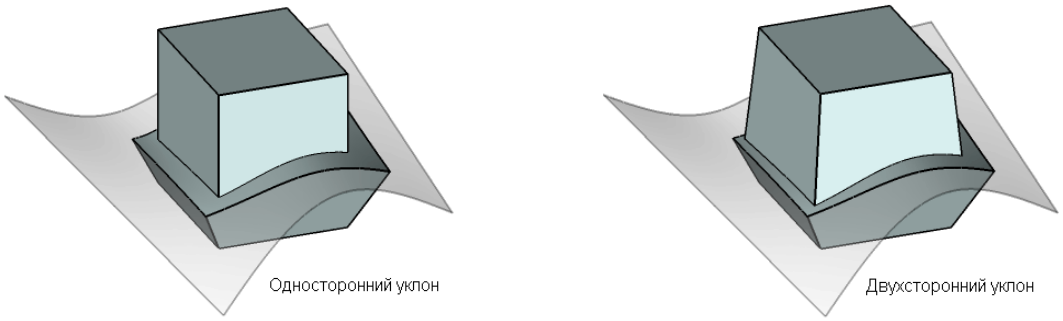
Направление уклона представляет собой ориентированный в пространстве вектор, относительно которого будут отсчитываться углы уклона граней.

Вектор направления уклона может быть определён двумя способами:

- Одним 3D объектом, геометрия которого может определить вектор;
- Двумя 3D точками, задающими начало и конец вектора.

Разделяющее тело

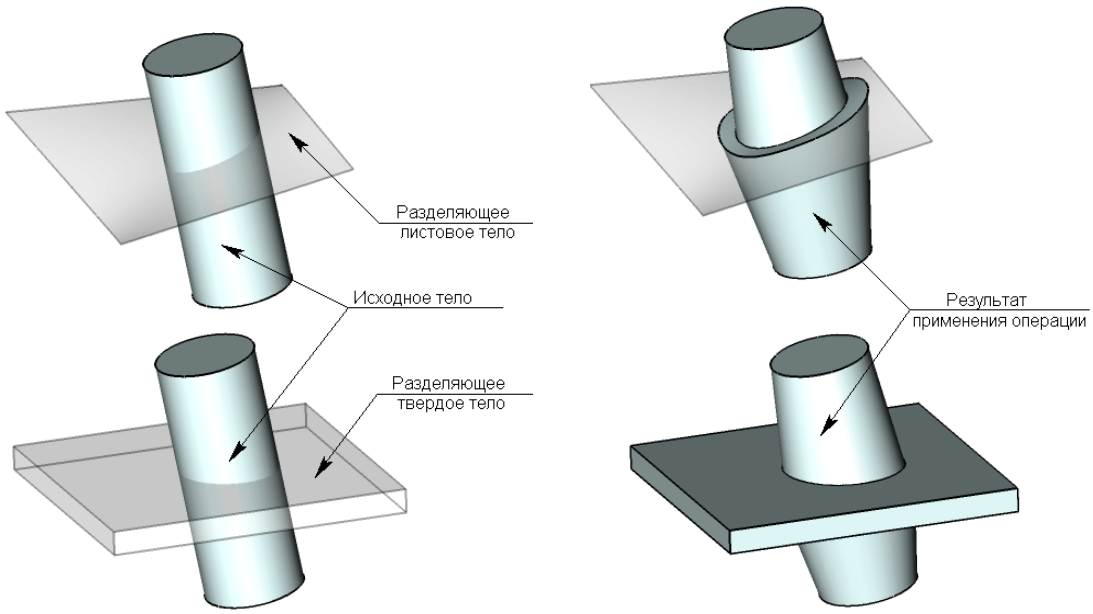
Разделяющее тело используется для разделения исходного тела на две части, каждая из которых может уклоняться отдельно. При уклонении граней по обе стороны от разделяющего тела получается *двухсторонний уклон*. При уклонении граней, расположенных с одной стороны от разделяющего тела, строится *односторонний уклон* тела.



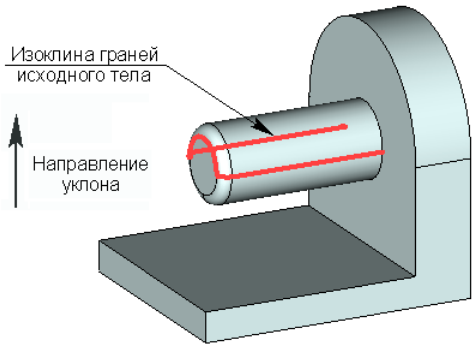
В качестве разделяющего тела может быть использовано как листовое, так и твёрдое тело. Чаще всего в качестве разделяющего используется листовое Тело. После выполнения операции разделяющее Тело остаётся в 3D сцене.

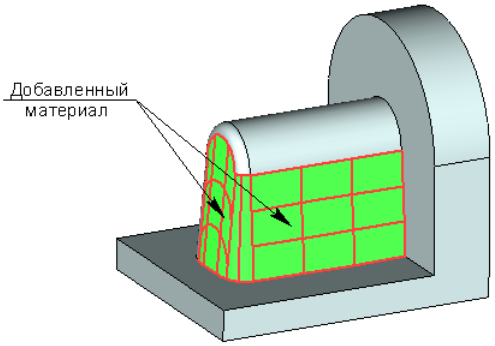
Разделяющее тело не должно иметь сквозных отверстий. Кроме того, разделяющее тело должно быть достаточно большим, чтобы полностью пересекать результирующее тело по направлению уклона.

Если в качестве разделяющего тела было выбрано твёрдое Тело, то в результате применения операции “Уклон тела” будет образовано одно Тело путём объединения уклонённого Тела с разделяющим.



В качестве разделяющего тела может быть использовано само исходное тело. На рисунке ниже изоклина граней исходного тела была выбрана в качестве исходных рёбер для создания уклона. В качестве разделяющего тела выступает само исходное тело.

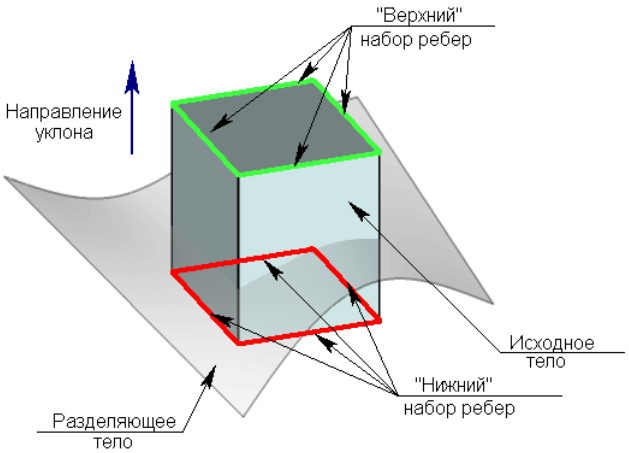




Неподвижные рёбра/грани

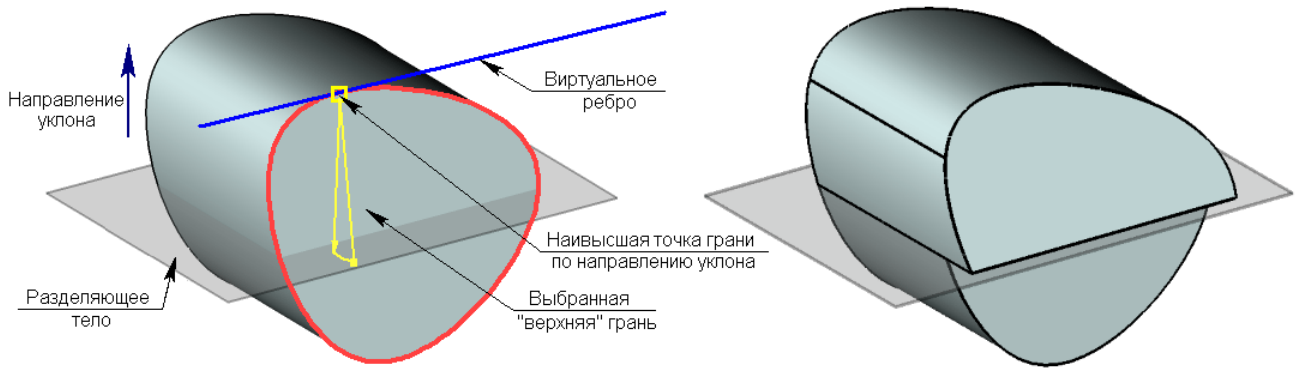
Для формирования двухстороннего уклона тела требуется указать два набора рёбер: “верхние” рёбра и “нижние” рёбра.

“Верхним” и “нижним” набором исходных рёбер будем условно называть рёбра исходного тела, расположенные соответственно выше и ниже “разделяющего тела” по направлению уклона. Рёбра задают грани, для которых требуется построить уклон, а также определяют неподвижные линии этих граней.



Можно выбрать только один набор неподвижных рёбер (“верхний” или “нижний”). В этом случае будет сформирован односторонний уклон.

Вместо исходных рёбер можно указывать сами исходные грани. Например, при создании уклона тела может возникнуть ситуация, когда не возможно выбрать исходные рёбра “верхнего” и “нижнего” набора. Либо этих рёбер не существует, либо их геометрия не позволяет сформировать уклон тела. В этом случае для уклона указываются наборы исходных граней, по которым определяются виртуальные рёбра для построения уклона тела. Если, например, грань выбрана как “верхняя”, то команда автоматически определяет наивысшую точку этой грани по заданному направлению уклона. В этой точке определяется виртуальное ребро, проходящее касательно к ребру выбранной грани и перпендикулярно вектору направления уклона.



Угол уклона

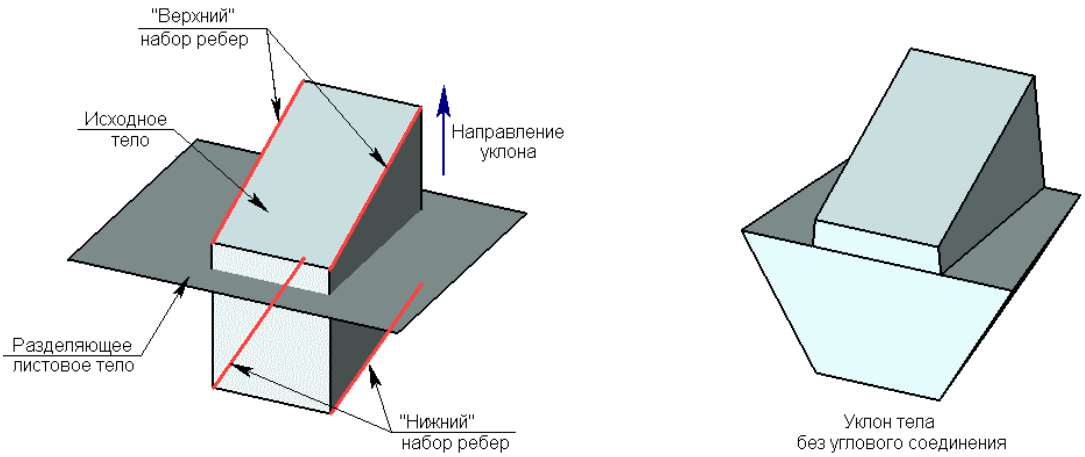
Угол уклона задаётся отдельно для “верхнего” и “нижнего” набора рёбер, т.е. для “верхних” и “нижних” граней. В рамках каждого набора все грани будут иметь одинаковый угол уклона.

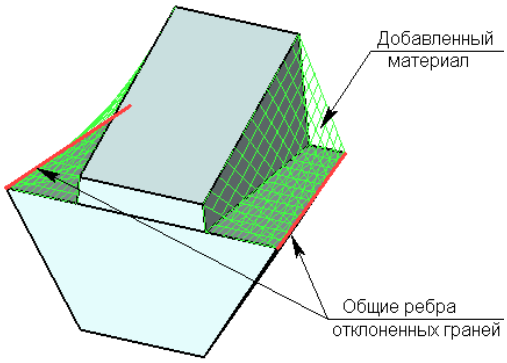
Угловое соединение

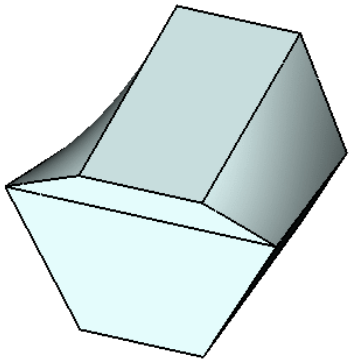
В результате выполнения двухстороннего уклона по линии раздела уклоняемых граней тела может образоваться разрыв-ступенька вследствие неравномерного смещения “верхних” и “нижних” граней. Избежать образования ступеньки можно, используя режим *углового соединения*.

При создании углового соединения система автоматически корректирует смещения “верхних” и “нижних” отклоняемых граней таким образом, чтобы они имели общее ребро (на разделяющем теле). Корректировка смещений всегда производится путём добавления материала.

Угловое соединение может быть создано только при построении двухстороннего уклона с листовым разделяющим телом.



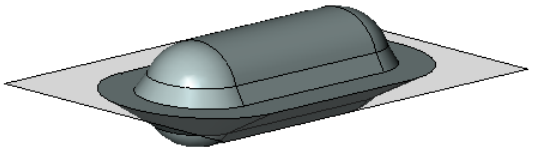




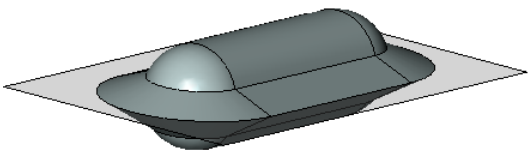
Уклон тела с угловым соединением

Формирование углового соединения может осуществляться одним из следующих методов:

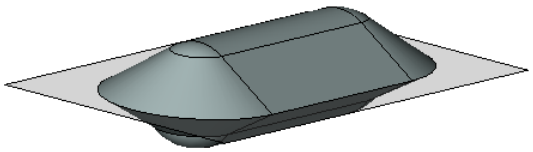
- *"От ребра"* – материал добавляется от определяющего данную грань ребра. Границы скорректированной грани будут включать в себя исходное ребро, заданное для этой грани (или часть ребра);
- *"По касательной к грани"* – материал добавляется таким образом, чтобы исправленная поверхность была касательной к соседним граням (там, где это возможно). Исходные рёбра при этом могут быть удалены и заменены новыми, сформированными на основе линии пересечения скорректированной грани и соседней грани;



Результат уклона без углового соединения



Угловое соединение методом "От ребра"

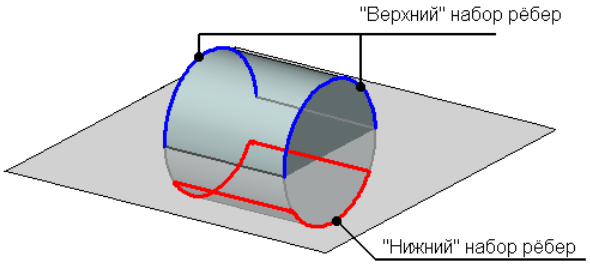


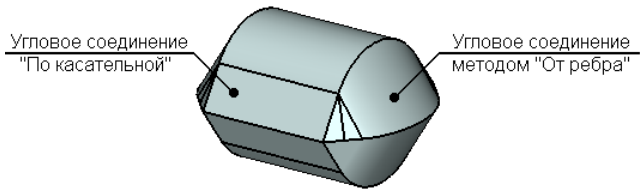
Угловое соединение методом "По касательной к грани"

- *Комбинация первых двух вышеописанных методов* – в зависимости от геометрии получающегося тела система выбирает для каждой уклоняемой грани, нуждающейся в коррекции, свой метод формирования углового соединения. Приоритет отдаётся методу "От ребра". Если для какой-то грани его использовать не удаётся, применяется метод "По касательной к грани".

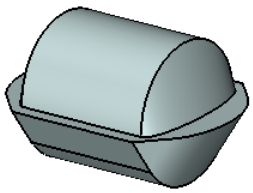
  На рисунке ниже приведён пример создания углового соединения с использованием комбинации двух методов. "Верхний" набор рёбер уклона здесь является незамкнутым, и для боковой цилиндрической грани невозможно применить метод "От ребра". Поэтому для создания углового касания на боковых гранях уклонённого тела был

использован метод “По касательной к грани”. На торцевых гранях коррекция осуществлена методом “От ребра”.



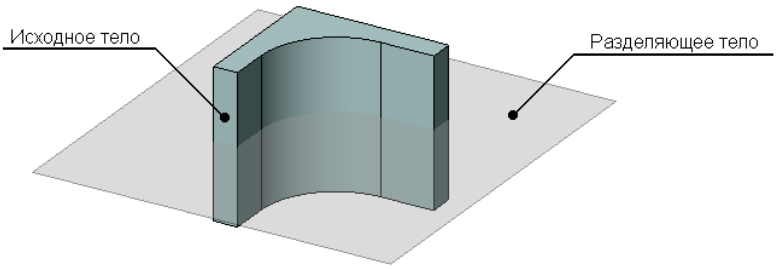


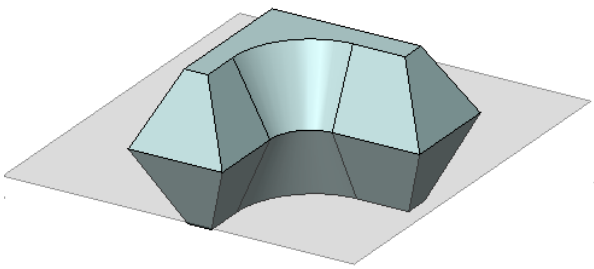
Уклон тела с угловым соединением комбинацией методов



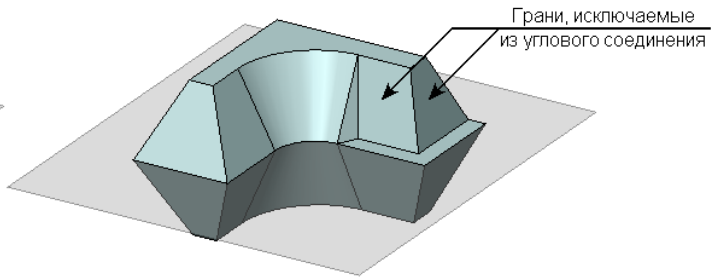
Уклон тела без углового соединения

По умолчанию в режиме углового соединения система корректирует смещения всех уклоняемых граней. При необходимости можно запретить коррекцию смещения любой из уклоняемых граней.





Уклон с угловым соединением
всех уклоняемых граней



Уклон с исключением части граней
из углового соединения

Метод создания уклона

В команде предусмотрены следующие методы формирования уклона тела:

“Стандартный” – позволяет построить поверхность уклона, точно следующую форме исходной поверхности и заданному углу уклона.

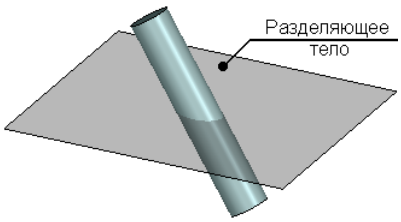
“По кривой”, “По поверхности” – менее строго следуют форме исходных уклоняемых граней, что позволяет построить уклон в тех случаях, когда стандартный метод уклона не работает.

Более подробно эти алгоритмы описаны в главе “Уклон граней”.

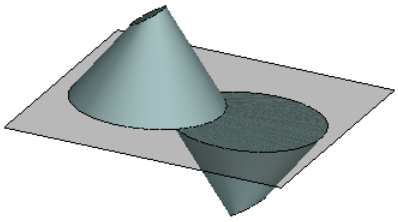
По умолчанию в операции используется стандартный метод уклона. При необходимости можно использовать другой метод уклона как для всего уклоняемого тела, так и для каждой уклоняемой грани в отдельности.

Исправление вогнутых углов

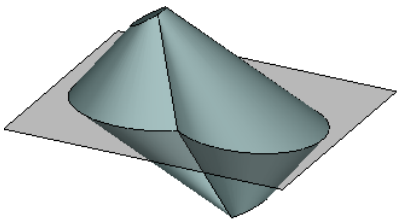
В некоторых случаях при создании уклона с угловым соединением на теле образуются вогнутые углы, что может помешать удачному созданию операции уклона.



Исходное тело



Уклон без углового соединения



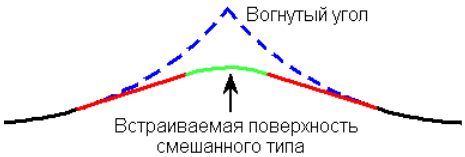
Уклон с угловым соединением
(образовались вогнутые углы)

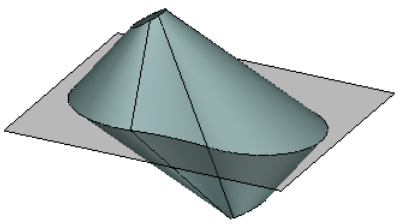
Для исключения подобной ситуации в операции предусмотрены различные способы обработки вогнутых углов:

- Не исправлять – образующиеся вогнутые углы оставляются без изменений;
- Цилиндрическая поверхность – вогнутые углы “закрываются” поверхностью цилиндрического типа. При этом в плоскости разделяющего тела проекция вогнутого угла заменяется дугой окружности заданного радиуса.

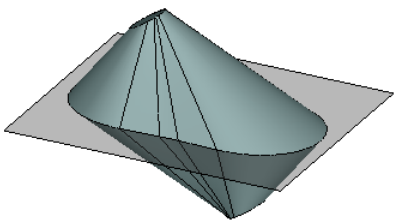


- Смешанная поверхность – вогнутые углы “закрываются” поверхностью смешанного типа. В плоскости разделяющего тела проекция угла заменяется комбинацией дуги окружности заданного радиуса и прямых, касательных к поверхности уклоняемого тела.





Исправление вогнутых углов с помощью
поверхности цилиндрического типа



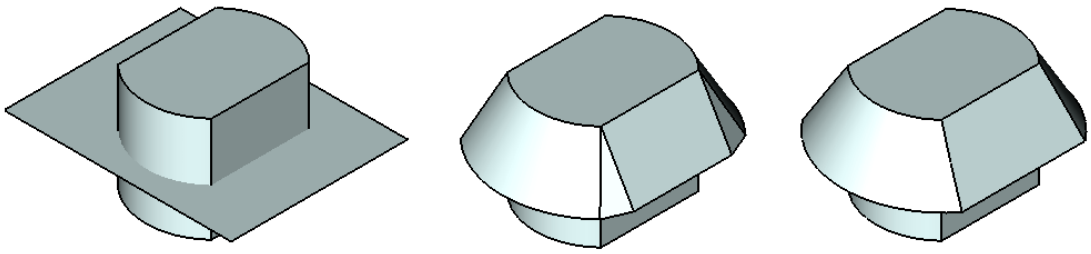
Исправление вогнутых углов с помощью
поверхности смешанного типа

Обработка стыков уклонённых граней

При создании уклона в команде есть возможность выбора способа обработки стыков между уклоняемыми гранями. Существует два способа обработки:

Расширять поверхности – в этом случае смежные уклонённые грани будут продлены до пересечения.

Создавать плоские – при использовании этого способа будет создана плоская грань между двумя смежными уклоненными гранями.

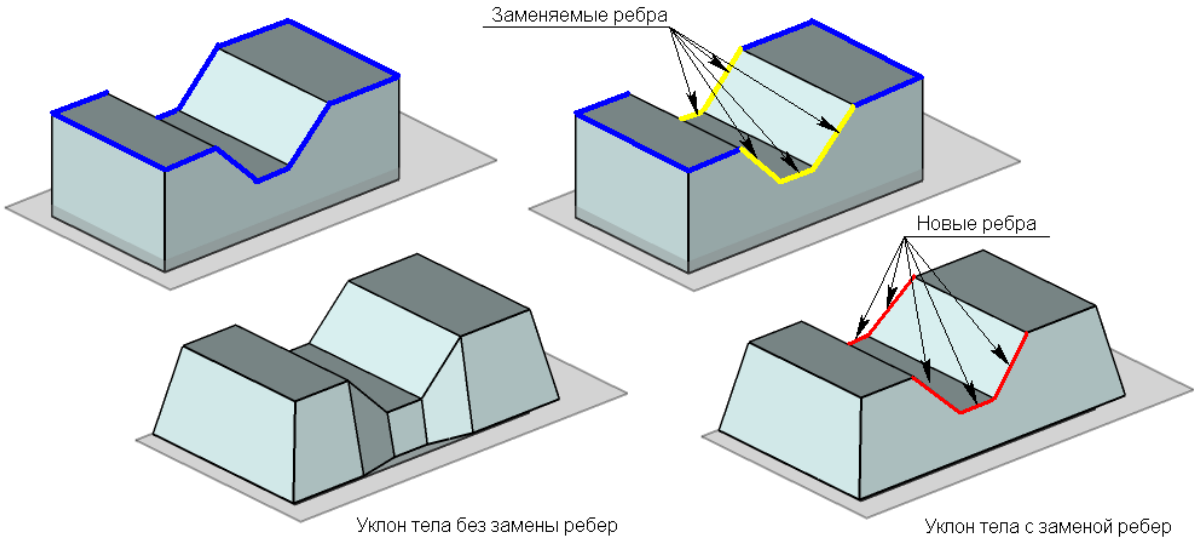


Заделка стыка при помощи плоских граней

Заделка стыка, продлением смежных граней до пересечения

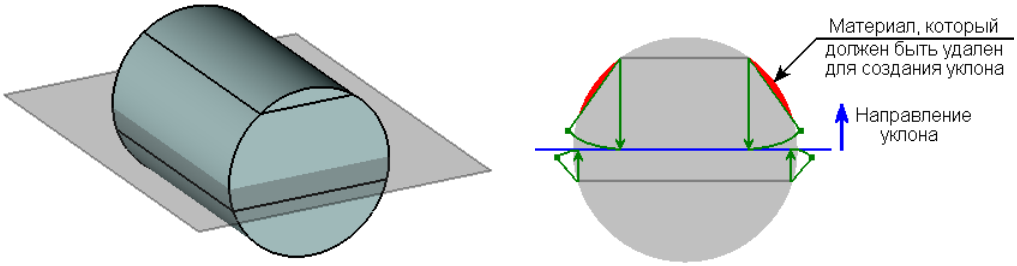
Замена рёбер

В ряде случаев сохранение формы рёбер, определённых как неподвижные, приводит к созданию лишних граней на уклоняемом теле. Для улучшения результата операции можно разрешить замену некоторых “неподвижных” рёбер. Благодаря этой возможности, в отдельных случаях удаётся избежать создания дополнительных отклонённых граней. При этом рёбра создаются таким образом, чтобы сформировать единую отклонённую грань.



Подрез

В некоторых случаях создание уклона требует не добавления, а удаления материала уклоняемого тела. В такой ситуации необходимо использовать опцию создания *подреза*. В противном случае выполнение уклона будет невозможным.



Создание уклона тела

Вызов команды создания операции **Уклон тела** может быть выполнен одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Уклон → Уклон тела
Клавиатура	Текстовое меню
<ЗТВ>	Операции > Уклон > Уклон тела

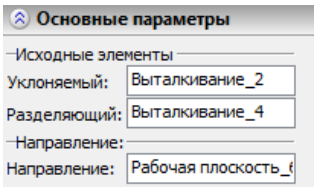
Для создания уклона тела необходимо выполнить следующие действия:

- ✓ Выбрать исходное тело.
- ✓ Выбрать разделяющее тело.
- ✓ Задать направление уклона.
- ✓ Выбрать верхний набор рёбер.
- ✓ Выбрать нижний набор рёбер (необходимо для двухстороннего уклона).
- ✓ Задать верхние и нижние углы уклона.
- ✓ Задать дополнительные параметры уклона (метод создания уклона, способ обработки стыков между уклоняемыми гранями, угловое соединение и т.п.);
- ✓ Завершить создание операции с помощью .

Основные исходные данные операции

Выбор исходного тела

При входе в операцию “Создание уклона тела” режим выбора исходного тела активизируется автоматически.



	<S>	Выбрать исходное тело

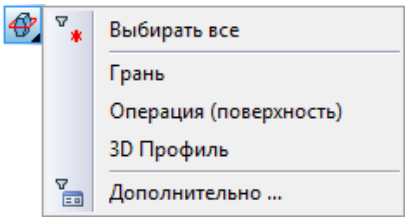
Выбрать исходное тело можно либо в сцене, либо в дереве 3D модели. После выбора исходного тела в окне свойств будет отображена соответствующая операция исходного тела.

Выбор разделяющего тела

После выбора исходного тела происходит переход в режим выбора разделяющего тела. Для выбора твёрдого или листового тела в качестве разделяющего в автоменю команды предусмотрены следующие опции:

	<A>	Выбрать разделяющее твёрдое тело
	<H>	Выбрать разделяющее листовое тело

При использовании одной из этих опций для выбора разделяющего тела, соответствующим образом настраивается селектор. Например, в режиме выбора листового тела в качестве разделяющего могут быть использованы следующие объекты: грань, 3D профиль, операция (поверхность). Кроме того, фильтры выбора объектов можно настроить и с помощью выпадающего списка опции .



В режиме выбора твердого тела в качестве разделяющего доступен выбор только объектов с твердотельной геометрией.

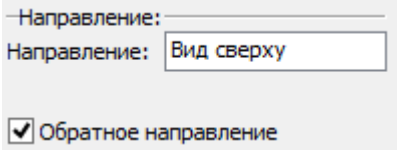
Имя объекта, используемого в качестве разделяющего тела, отображается в окне “Свойства”.

Задание направления уклона

Следующим шагом создания операции является выбор элемента для задания направления уклона. Это можно сделать при помощи опции:

	<D>	Выбрать направление уклона

Как и в большинстве других операций, опция выбора направления уклона позволяет выбирать различные 3D элементы, определяющие вектор направления. Объект, задающий направление, отображается в окне свойств.

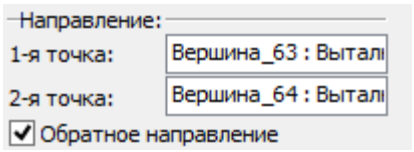


Для изменения направления уклона на противоположное следует включить параметр **Обратное направление**.

Также направление уклона можно задать при помощи двух 3D точек. Для этого предусмотрены следующие опции:

	<1>	Выбрать первую точку направления уклона
	<2>	Выбрать вторую точку направления уклона

Выбранные элементы отображаются в окне “Свойства”.



Отменить выбор направления можно при помощи опции:

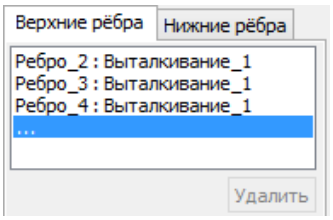
	<K>	Отменить выбор направления

Выбор неподвижных рёбер

Выбор набора рёбер осуществляется непосредственно в 3D окне. Для создания одностороннего уклона достаточно выбрать только верхний набор рёбер. Для двухстороннего уклона необходимо выбрать ещё и нижний набор рёбер. Для этого используются следующие опции:

	<T>	Выбрать верхние рёбра
	<B>	Выбрать нижние рёбра

Каждое выбранное ребро будет добавляться в список рёбер в окне “Свойства”. Переключение режима выбора верхнего или нижнего набора рёбер можно осуществить либо при помощи опций автоменю, либо переключением соответствующих закладок в диалоге окна “Свойства”. Для удаления ребра нужно выбрать его в списке, нажать кнопку **[Удалить]** или клавишу <Del>.



Опции  и  можно использовать совместно с режимом выбора последовательности гладко сопряжённых рёбер, который активируется опцией:

	<G>	Режим выбора последовательности гладко сопряжённых рёбер

Последовательностью гладко сопряжённых рёбер называется набор рёбер, образующий замкнутую или разомкнутую неразрывную кривую, не имеющую изломов (обеспечивается непрерывность по первой производной).

При использовании данного режима автоматически выбираются все рёбра, способные составить гладкую последовательность вместе с выбираемым ребром.

Для отмены выбора всех рёбер служит следующая опция:

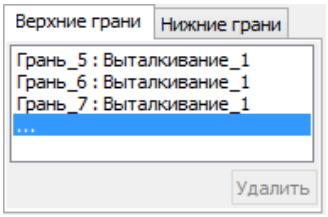
	<R>	Отменить выбор всех рёбер

Выбор неподвижных граней

Для выбора нижних и верхних граней предусмотрены следующие опции:

	<U>	Выбрать верхние грани
	<O>	Выбрать нижние грани

Перейти в режим выбора верхних и нижних граней также можно, указав курсором на пустую строку в окне “Свойства” на закладках диалога “Верхние и нижние грани”. Выбор граней, так же, как и рёбер, осуществляется в 3D окне. Выбранные грани будут добавлены в список граней в окне “Свойства”. Для удаления грани нужно выбрать её в списке, нажать кнопку **[Удалить]** или клавишу <Del>.



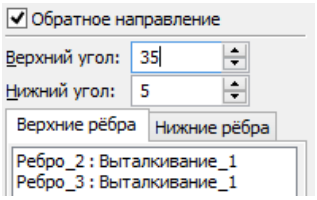
Для отмены выбора всех граней служит опция:

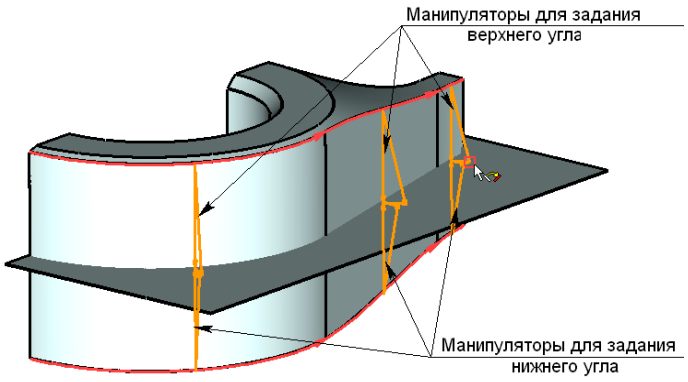
	<Z>	Отменить выбор всех граней

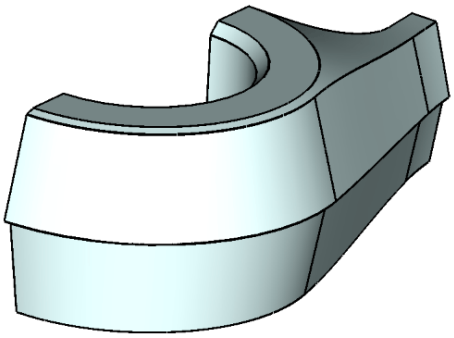
Задание углов уклона

В команде существует возможность задания углов уклона верхней и нижней граней исходного тела. Задать углы можно, указав значение в диалоге окна “Свойства”.

Изменить значения углов уклона можно и при помощи манипуляторов. После того как были определены рёбра, относительно которых будет строиться уклон тела, в 3D окне будут отображены манипуляторы для изменения углов. Принцип действия этих манипуляторов такой же, как и манипуляторов, используемых для задания углов уклона в команде **“ЗТА: Создать уклон граней”**.





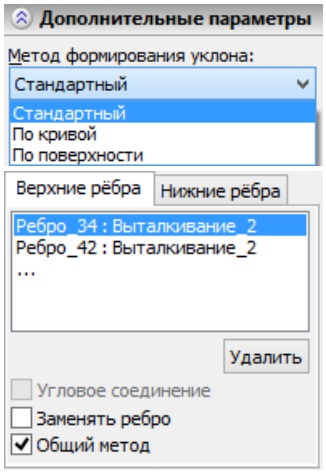


На этом этапе в автоменю становится доступна опция:

	<Y>	Закончить ввод

Дополнительные параметры операции

Выбор метода формирования уклона

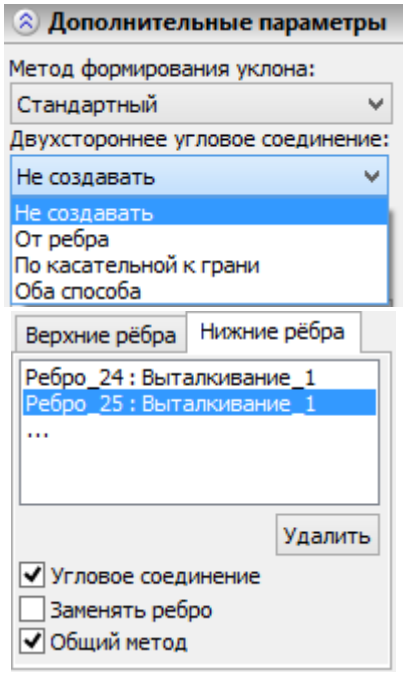


Метод формирования уклона определяется значением параметра **Метод формирования уклона**. Для изменения значения параметра используется выпадающий список. По умолчанию используется стандартный метод.

Для всех выбранных неподвижных рёбер уклона по умолчанию установлен флажок **Общий метод**. Это значит, что значение параметра “Метод формирования уклона” едино для всех выбранных неподвижных рёбер уклона. При изменении значения данного параметра меняется метод создания уклона всех уклоняемых граней.

Для того, чтобы указать для какой-либо уклоняемой грани другой метод уклона (отличный от заданного для всего тела) необходимо: выбрать в списке рёбер ребро, соответствующее данной грани, отключить флажок **Общий метод**, и с помощью параметра “Метод формирования уклона” указать нужный способ уклона.

Создание углового соединения



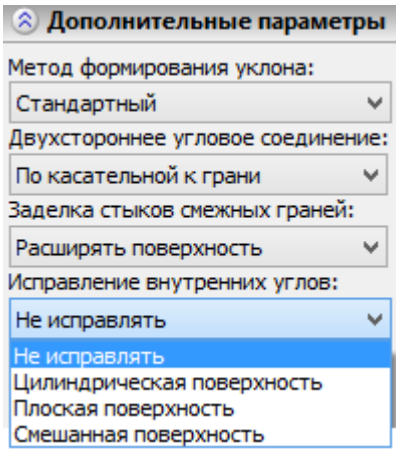
Созданием углового соединения управляет параметр **Двухстороннее угловое соединение**. По умолчанию установлено значение **Не создавать**, т.е. угловое соединение не создаётся.

Для создания углового соединения необходимо выбрать из выпадающего списка одно из следующих значений: **От ребра**, **По касательной к грани**, **Оба способа**. Различие между этими тремя вариантами было описано выше.

> Угловое соединение может быть создано только при построении двухстороннего уклона с листовым разделяющим телом.

По умолчанию угловое соединение создаётся для всех уклонённых граней тела. Для исключения какой-либо грани из углового соединения необходимо выбрать в списке ребро, соответствующее данной грани, и снять флажок **"Угловое соединение"** для данного ребра.

Выбор способа исправления вогнутых углов



За исправление вогнутых углов, возникающих при выполнении уклона с угловым соединением, отвечает параметр **Исправление вогнутых углов**. По умолчанию для данного параметра установлено значение **Не исправлять**, т.е. вогнутые углы оставляются без изменений.

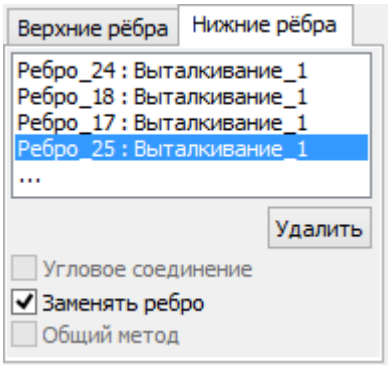
Для автоматического исправления вогнутых углов необходимо выбрать из выпадающего списка данного параметра другое значение:

- **Цилиндрическая поверхность** – вогнутый угол закрывается поверхностью цилиндрического типа. Дополнительно нужно указать радиус поверхности в параметре **Радиус**;
- **Смешанная поверхность** – вогнутый угол закрывается поверхностью смешанного типа. Радиус цилиндрического сегмента поверхности указывается с помощью параметра **Радиус**.

Управление заменой рёбер

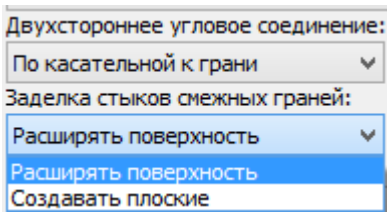
Возможностью замены неподвижных рёбер при формировании уклона управляет флажок **Заменять ребро**. По умолчанию запрещена замена всех выбранных рёбер уклона (флажок отключен для всех рёбер).

Чтобы разрешить замену какого-либо ребра, следует выбрать его в списке рёбер и установить флажок "Заменять ребро".



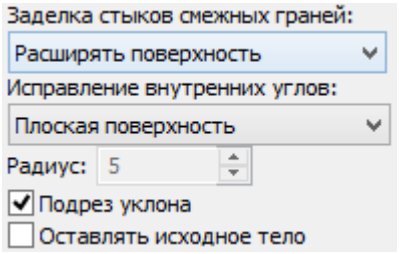
Заделка стыков смежных граней

Способ обработки стыков между уклоняемыми гранями выбирается с помощью параметра **Заделка стыков смежных граней**.



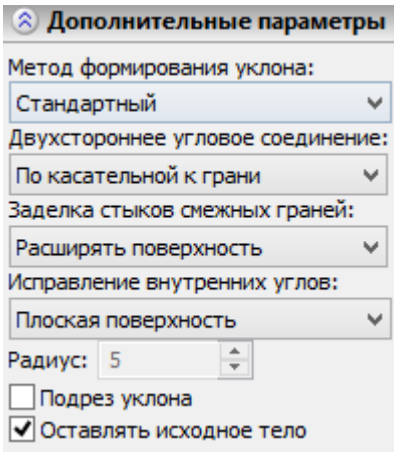
Задание подреза

Режим подреза уклона включается с помощью флажка **Подрез уклона**. По умолчанию этот флажок отключён.



Оставлять исходное тело

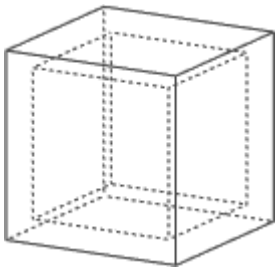
Операция создания уклона тела позволяет оставлять исходное тело в 3D сцене. Для этого достаточно установить флаг **Оставлять исходное тело**.

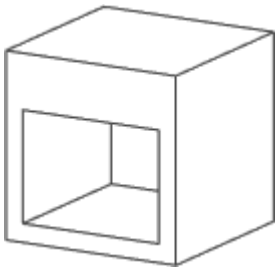

Дополнительные параметры
Метод формирования уклона:
Стандартный
Двухстороннее угловое соединение:
По касательной к грани
Заделка стыков смежных граней:
Расширять поверхность
Исправление внутренних углов:
Плоская поверхность
Радиус:
5
Подрез уклона
Оставлять исходное тело

Оболочка

Основные положения

Операция **Оболочка** позволяет создавать эквидистантные тела или строить оболочки на основе твёрдых тел. Оболочка представляет собой полое, тонкостенное твёрдое тело со стенками указанной толщины. При построении оболочек часть граней исходного твёрдого тела можно удалять.





Принцип построения операции **Оболочка** заключается в следующем: для каждой грани исходного листового или твёрдого тела на заданном расстоянии строится эквидистантная поверхность. В зависимости от желания пользователя эквидистанта может строиться либо наружу, либо внутрь поверхностей обрабатываемого тела (по нормали или против нормали). Эквидистантные поверхности можно использовать как самостоятельный результат – для получения эквидистантных тел. Также эквидистанты могут ограничить часть внутреннего объёма исходного твёрдого тела для получения оболочки.

Создание оболочки

Вызов команды **3SH:Создать оболочку** осуществляется одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Оболочка
Клавиатура	Текстовое меню
<3SH>	Операции > Оболочка

Для создания оболочки необходимо выполнить следующий набор действий:

- Выбрать удаляемую грань или твёрдое тело целиком;
- Выбрать грань, для которой толщина стенки задаётся отдельно (*необязательное действие*);
- Задать параметры (*необязательное действие*);
- Завершить создание операции.

Для создания эквидистантного тела необходимо:

- Выбрать исходное листовое или твёрдое тело;

- Включить режим создания эквидистантного тела;
- Задать параметры (*необязательное действие*);
- Завершить создание операции.

Выбор удаляемой грани или тела

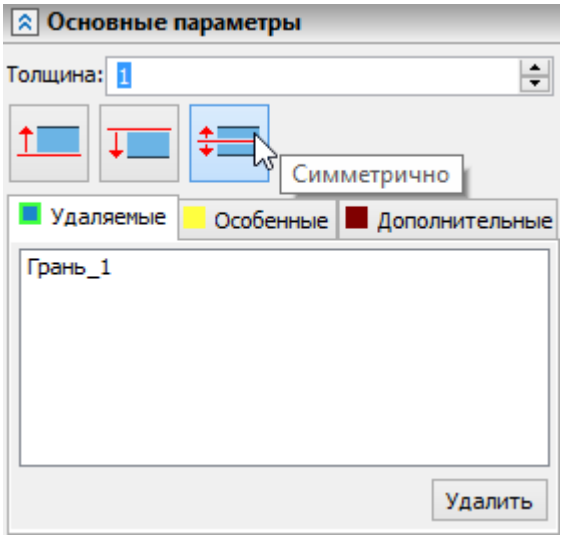
Для создания оболочки твёрдого тела с удалением одной или нескольких граней используется опция:

	<R>	Выбрать удаляемую грань

Именно эта опция установлена по умолчанию после вызова команды. С её помощью можно выбрать грань или набор граней, которые при создании оболочки будут удалены. Одновременно с выбором первой удаляемой грани происходит и выбор тела, которому принадлежит эта грань. Тело в этом случае подсвечивается, а выбранная грань выделяется цветом.

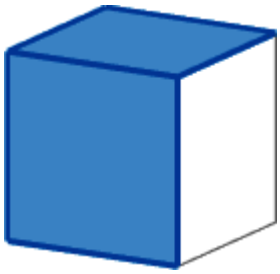
Выбранные для удаления грани заносятся в список в специальном поле окна свойств на закладке **Удаляемые**.

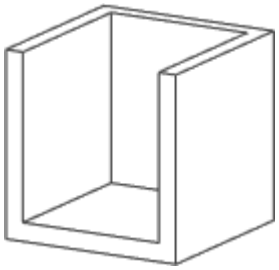
> Перевод курсора в окно свойств в поле с этим списком активизирует опцию выбора удаляемых граней.



В поле **Толщина** окна свойств можно задать толщину для остальных стенок создаваемой оболочки. По умолчанию установлено значение 1. Это значит, что всем оставшимся граням тела, будет придана толщина 1мм (единицы измерения зависят от настроек документа).

Наращивание стенок оболочки может производиться наружу, внутрь или симметрично относительно исходного тела. Выбор нужного направления осуществляется нажатием кнопки с соответствующей иконкой в окне свойств.



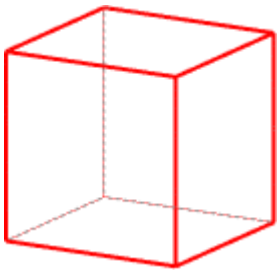


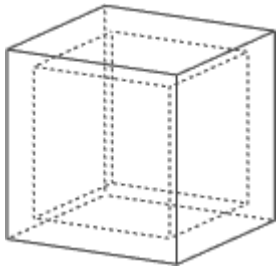
Толщина стенок может иметь как положительное, так и отрицательное значение. При задании отрицательных значений построение оболочки будет производиться в противоположную сторону.

Если необходимо создать оболочку, не удаляя ни одной грани, то сразу после вызова команды создания оболочки следует воспользоваться опцией автоменю:

	<O>	Выбрать тело

С помощью этой опции необходимо выбрать твёрдое тело, из которого будет создаваться полое тело с заданной толщиной стенок.



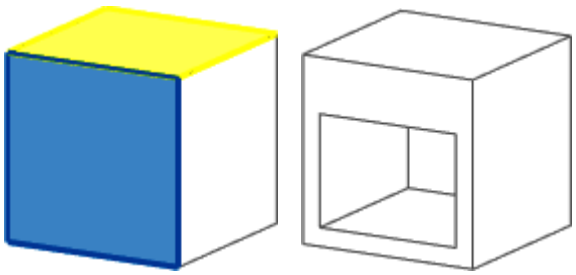


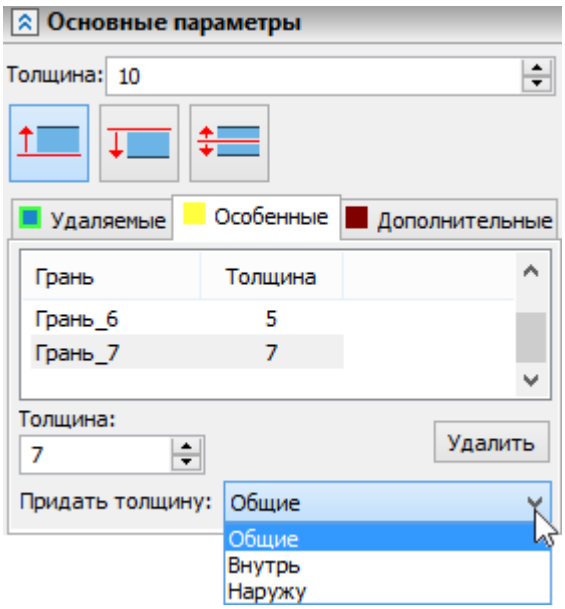
Выбор граней, для которых толщина стенки задаётся отдельно

Если необходимо для одной или нескольких граней задать отдельную толщину стенок, то такие грани нужно выбрать с помощью опции автоменю:

	<T>	Выбрать грань, для которой толщина стенки задаётся отдельно

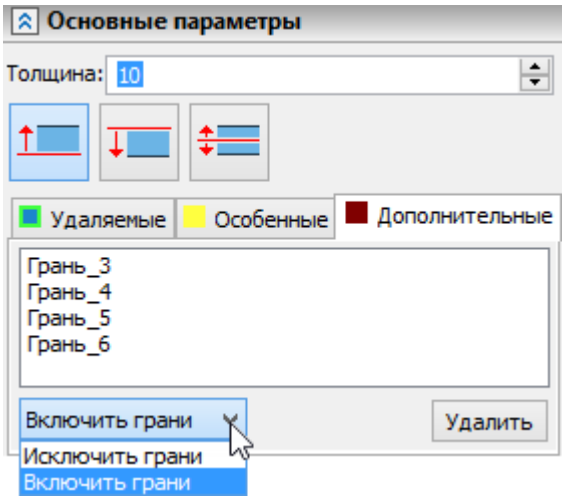
Эта опция доступна только тогда, когда уже выбрано тело или удаляемая грань. Выбранные грани называются *особенными* и попадают в отдельный список окна свойств на закладке **Особенные**. Для каждой выбранной таким образом грани можно задать толщину и направление после выбора одной или группы граней в списке.

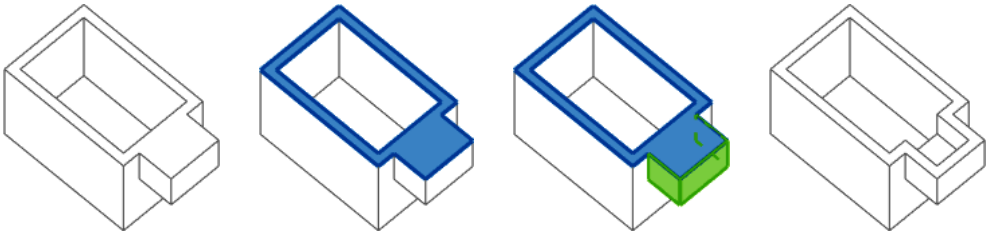




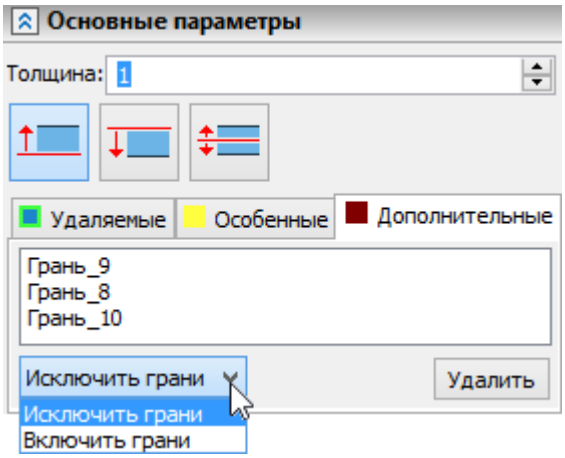
Включение и исключение дополнительных граней

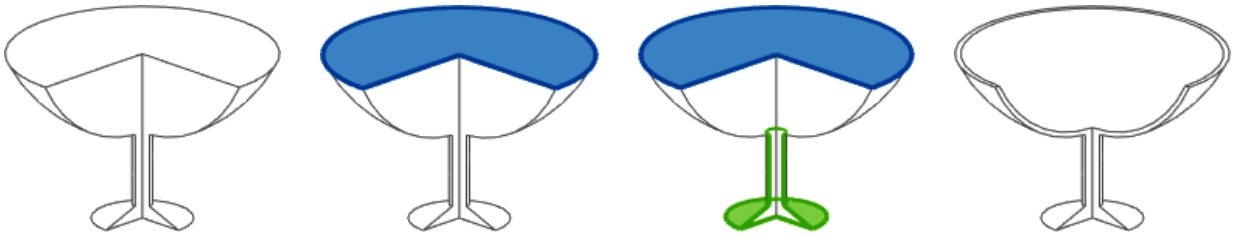
Если в оболочку необходимо включить дополнительное тело, для этого нужно объединить существующую оболочку и целевое тело при помощи команды **Булева**. Затем вызвать повторно команду **Оболочка**, после чего назначить удаляемую грань, обратиться к закладке **Дополнительные** в окне свойств и выбрать грани, которые необходимо включить в оболочку. В выпадающем списке нужно выбрать режим **Включить грани**. Величина смещения дополнительных граней задаётся в поле **Толщина.**





Если в теле присутствуют грани, которые не должны участвовать в создании оболочки, необходимо после назначения удаляемой грани обратиться к закладке **Дополнительные** в окне свойств и выбрать исключаемые грани. В выпадающем списке нужно выбрать режим **Исключить грани**.





Отменить выбор удаляемых, особенных или дополнительных граней, выбранных для индивидуального задания параметров толщины, можно с помощью опции:

	<K>	Отменить выбор граней их указанием

Для отмены выбора необходимо указать курсором на выбранную грань и нажать . Отмену выбора граней можно производить при работе с соответствующими списками в окне свойств. Для этих целей возле каждого списка находится кнопка **[Удалить]**.

Отменить выбор сразу всех граней можно с помощью опции

	<F>	Отменить выбор всех граней

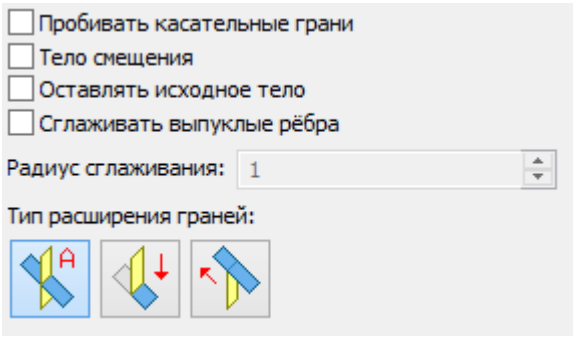
Подтверждение создания операции возможно, когда в автоменю становится доступна опция

	<Y>	Закончить ввод

В результате в окне 3D вида появится тело – оболочка.

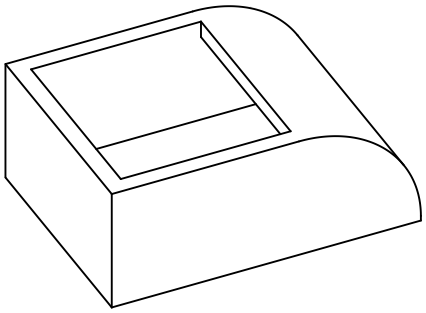
Дополнительные параметры операции

Дополнительные параметры операции можно настроить в окне свойств при помощи соответствующих переключателей:



➔ **Пробивать касательные поверхности**. Установка данного параметра позволяет создать оболочку в тех случаях, когда удаляемая грань является касательной к соседним неплоским граням, например созданным скруглением (радиусная фаска).



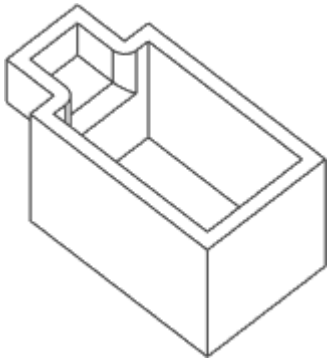


➔ **Создавать тело смещения**. Установка данного флажка включает режим создания эквидистантного (не полого) тела, грани которого будут смещены относительно граней

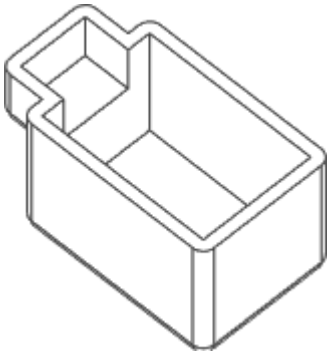
исходного тела на указанную величину. Данный режим может быть полезен для создания заготовок с припуском на обработку.

При создании тел смещения в команде **Оболочка** можно использовать листовые тела.

- **Оставлять исходное тело.** Данная опция позволяет вместе с результатом оставить в сцене исходное тело. Это может быть полезным, когда нужно иметь одновременно две модели детали, например, с припуском на обработку и оригинал.
- **Сглаживать выпуклые рёбра.** Опция позволяет сглаживать выпуклые рёбра, образованные *пропорциональным* смещением смежных граней. Величина смещения определяет толщину результирующей стенки оболочки.

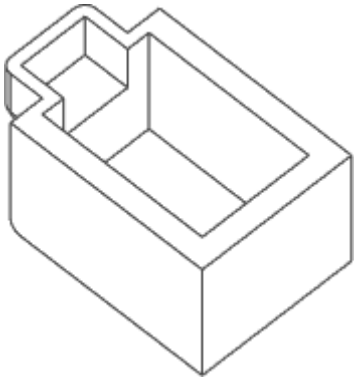


Сглаживание выпуклых рёбер при смещении граней внутрь

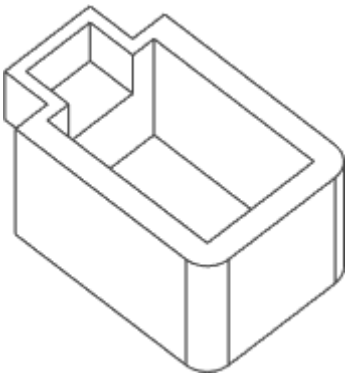


Сглаживание выпуклых рёбер при смещении граней наружу

Таким образом сглажены будут только те выпуклые рёбра, толщина смежных стенок которых будет равна радиусу скругления.

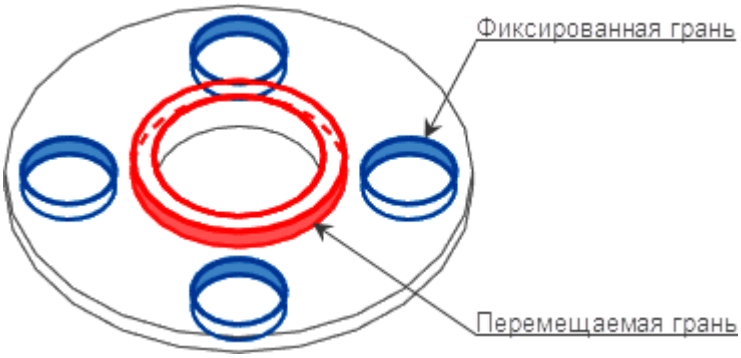


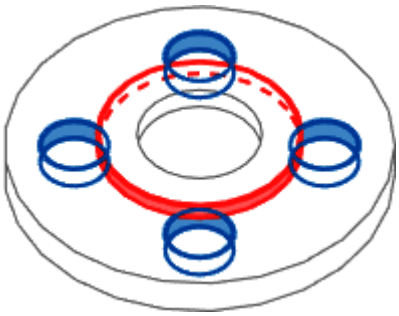
Сглаживание рёбер с толщиной смежных стенок, равной 10 (радиус скругления 10)



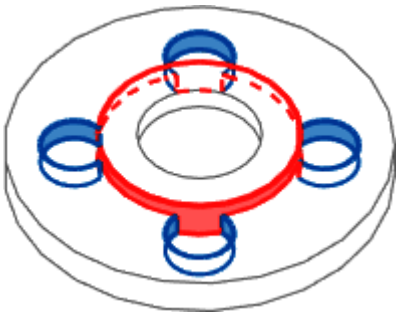
Сглаживание рёбер с толщиной смежных стенок 20 (радиус скругления 20)

➔ **Тип расширения граней.** Опция позволяет определить какая грань будет игнорирована в случае перекрытия граней.

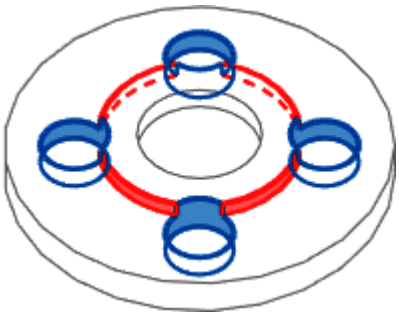




Авто – перемещаемые и фиксированные грани не перекрываются



Расширение перемещаемых – перемещаемые грани перекрывают фиксированные



Расширение фиксированных – фиксированные грани перекрывают перемещаемые

Динамический просмотр

В процессе задания/редактирования параметров оболочки в 3D окне динамически отображается будущий результат текущей операции. Для ускорения работы динамический просмотр можно отключить, сняв флажок **Динамический просмотр** в секции «Опции» окна свойств команды.

Использование манипуляторов

Для задания основных численных параметров оболочки в наглядном динамическом режиме удобно использовать специальные вспомогательные графические объекты – манипуляторы. Манипуляторы появляются автоматически после выбора объектов.

В данной операции используется 2 типа манипуляторов:

- ✓ Манипулятор задания общей толщины оболочки (появляется при выборе тела или удаляемой грани на самой большой - не выбранной - грани модели);
- ✓ Манипуляторы задания толщины особенных граней.

Манипуляторы могут задавать смещение граней как во внутрь, так и наружу, синхронизированы с параметрами направления смещения граней.

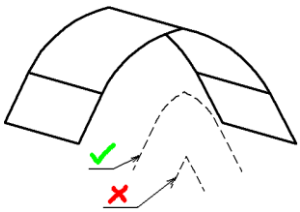
> Работа с манипуляторами при одновременном использовании большого количества объектов на компьютере небольшой производительности может вызывать ощутимые

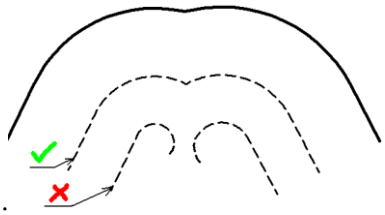
замедления системы. Для ускорения работы в этом случае манипуляторы можно выключить. Флажок **Использовать манипуляторы** находится в окне свойств в секции «Опции».

Возможные причины ошибок

При создании операции «Оболочка» могут возникать ситуации, когда система не сможет рассчитать конечный результат. Причиной неудачи могут стать некоторые особенности геометрии исходных тел. Рассмотрим наиболее типичные ситуации:

1. **Вырождение граней**. При построении эквидистант часть граней может исчезать. Иногда система может обрабатывать такие случаи, но если таких граней в результате встречается много или исчезает несколько смежных друг с другом граней, система выдаёт ошибку.

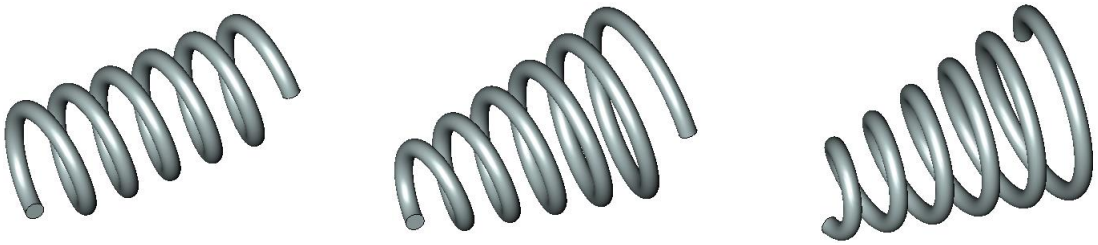
1. 

2. 

2. **Эквидистантные грани не пересекаются**. После построения эквидистантных граней система находит линии пересечения соседних граней для получения конечного тела. Иногда могут возникать ситуации, когда две соседние эквидистантные грани не пересекаются.

Пружины

Операция Пружина позволяет получить 3D тело в виде винтовой конической или цилиндрической пружины с круглым сечением. Тело создаётся путём перемещения профиля-окружности по винтовой кривой, определяющей ось проволоки в пружине.

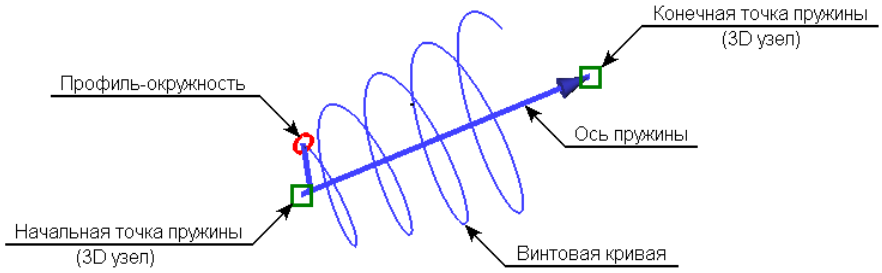


Для ускорения процесса моделирования существует возможность одновременно с созданием пружины выполнить булеву операцию (данная возможность была подробно описана в главе “Выталкивание”).

Основные сведения и возможности операции

Ось пружины

Винтовая кривая, по которой перемещается профиль-окружность, строится вокруг оси пружины. Ось определяется двумя 3D точками: начальной и конечной. 3D точки могут задаваться 3D узлами, а так же любым 3D объектом, способным определить точку в пространстве. Вектор, задающий ось пружины, будет направлен от первой точки ко второй (соответственно будут определяться начало и конец пружины). Вид кривой определяется параметрами пружины. Перемещаемый профиль будет располагаться перпендикулярно исходной кривой.



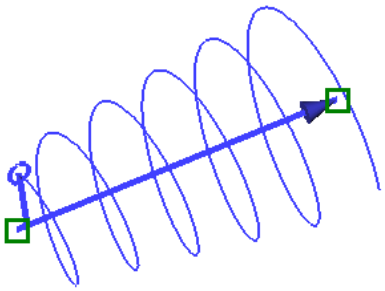
Основные параметры пружины

Вид получающегося в результате выполнения данной операции тела определяется следующими параметрами:

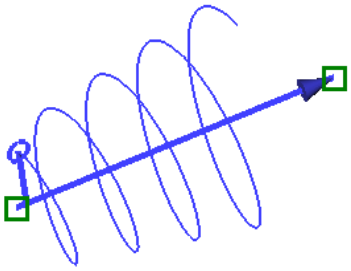
- Радиус/диаметр проволоки пружины – определяет радиус/диаметр профиля-окружности, перемещением которого образуется тело;

- средние радиусы пружины на её концах – т.е. радиусы винтовой кривой в начале и конце пружины (у цилиндрической пружины средние радиусы в начале и конце пружины совпадают). Опция **Режим** позволяет указать, радиус или диаметр будет использован для задания начала и конца пружины. Диаметр может быть задан как внешний или внутренний. Шаг, количество витков и длина пружины в свободном состоянии. Пружину можно создать, используя любое сочетание входных данных: **Длина, Шаг** и **Витки**. Система отслеживает, чтобы было задано минимально необходимое количество параметров для создания пружины.
- направление навивки пружины: по часовой стрелке (правое) или против часовой стрелки (левое).
- начальный угол - позволяет задать значение начального угла пружины.

Длина пружины в свободном состоянии может задаваться расстоянием между 3D точками, определяющими её ось. В этом случае достаточно задать только шаг либо только количество витков – недостающий параметр система вычислит самостоятельно. В тех случаях, когда задаются и шаг, и количество витков пружины, её длина будет определяться только ими.



Длина пружины определяется расстоянием между 3D узлами, задающими ось (дополнительно задан шаг пружины)

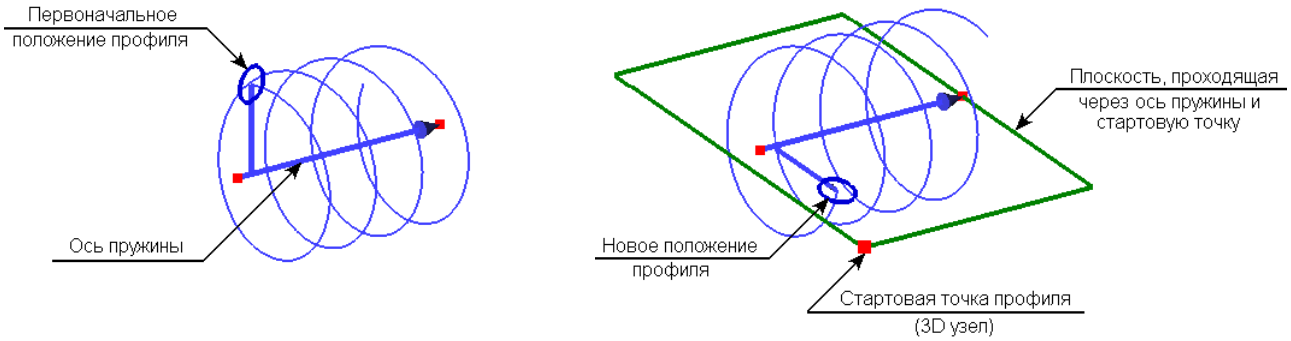


Длина пружины определяется на основе заданных значений шага и количества витков (n=4) пружины

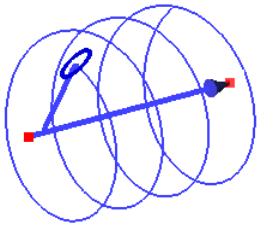
Начальное положение профиля пружины

Начальное положение профиля выбирается системой произвольно. Его можно изменить, задав требуемое положение с помощью дополнительной 3D точки – стартовой точки профиля. Дополнительно можно указать числовое значение угла поворота профиля (от исходного положения).

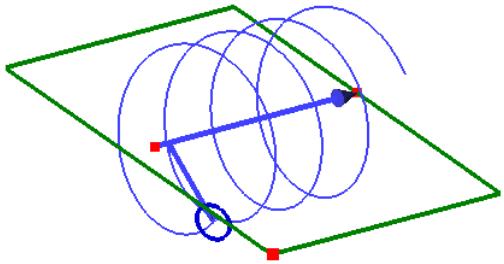
При задании стартовой точки профиля он переместится по заданному начальному радиусу пружины на плоскость, проходящую через выбранную точку и ось пружины.



При одновременном задании угла стартовой точки и числового значения угла поворота угол откладывается от положения профиля, заданного стартовой точкой.



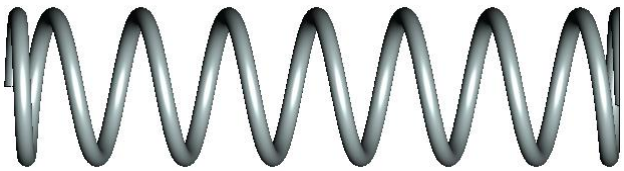
Задание начального положения профиля числовым значением угла поворота (30°) без выбора стартовой точки



Задание начального положения профиля с помощью стартовой точки и числового значения угла поворота (30°)

Поджим и шлифовка концов пружины

При необходимости на концах пружины можно выполнить сжатие и зашлифовку витков. На рисунке ниже показана пружина, у которой в начале поджат один виток, а на конце один виток поджат и ¾ окружности зашлифовано.



Положение пружины относительно начальной и конечной точек

Пружину, длина которой задана шагом и количеством витков, можно принудительно выровнять по начальной или конечной точкам.



Выравнивание по начальной точке



Выравнивание по конечной точке

Создание операции пружина

Для создания операции пружина используется команда **3SP: Создать пружину**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Пружина
Клавиатура	Текстовое меню
<3SP>	Операции > Пружина

Для создания пружины необходимо выполнить следующие действия:

- ✓ Задать ось пружины.
- ✓ Задать параметры пружины (радиус проволоки, основной радиус пружины и т.д.).
- ✓ Выбрать стартовую точку положения профиля пружины (*необязательное действие*).
- ✓ Подтвердить создание операции.

Задание оси пружины

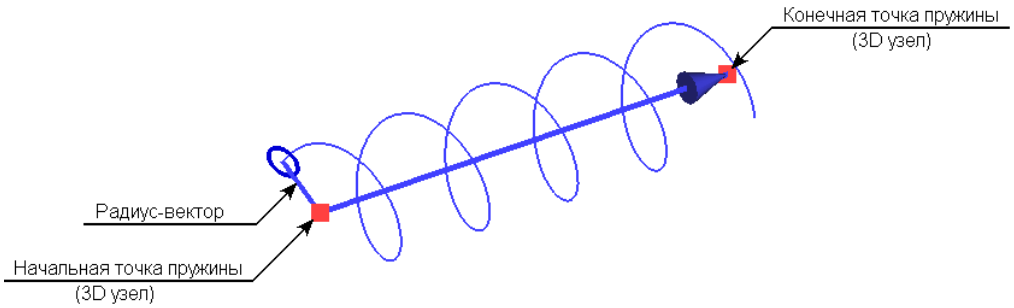
Начальная точка оси пружины задаётся с помощью следующей опции автоменю:

	<F>	Выбрать начальную точку оси

Конечная точка оси выбирается с помощью опции:

	<S>	Выбрать конечную точку оси

Данные опции активизируются последовательно. Выбранные 3D объекты помечаются. После выбора второй точки в 3D сцене отобразится вектор, определяющий ось пружины, винтовая кривая, профиль-окружность (в соответствии со значениями параметров пружины, установленными по умолчанию). Также отобразится радиус-вектор, показывающий средний радиус в начале пружины.



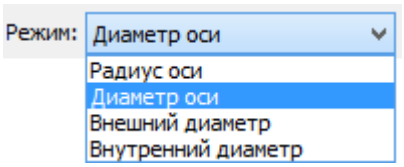
На данном этапе можно уже закончить создание операции пружина, нажав в окне свойств или автоменю.

Параметры пружины можно задать в окне свойств команды или в диалоге параметров операции, вызываемом с помощью опции .

Задание параметров операции пружина

В первой секции окна свойств – **Основные параметры** – задаются основные параметры пружины (радиус проволоки, радиусы самой пружины, направление навивки пружины и т.д.).

Параметр **Режим** позволяет указать, радиус или диаметр будет использован для задания начала и конца пружины. Диаметр может быть задан как внешний или внутренний.



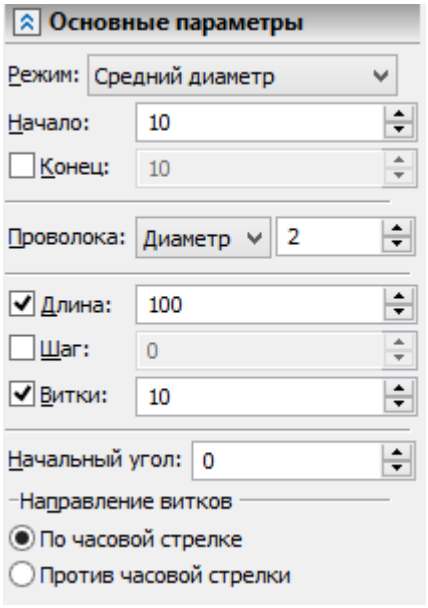
Средние радиусы пружины в её начале и конце задаются параметрами **Начало** и **Конец**. По умолчанию создаётся цилиндрическая пружина. При необходимости можно указать разные значений радиусов, установив флаг для параметра **Конец** и задав его значение.

Радиус/диаметр проволоки пружины указывается в поле **Проволока**.

Пружину можно создать, используя любое сочетание входных данных: **Длина, Шаг** и **Витки**. Система отслеживает, чтобы было задано минимально необходимое количество параметров для создания пружины – два из трёх перечисленных выше. Третий параметр система вычисляет самостоятельно. Чтобы задать значение параметра ручную, нужно установить флаг слева от имени параметра.

Начальный угол. Параметр задаёт угловое смещение начала пружины относительно стартовой точки профиля.

Выбор направления навивки пружины осуществляется с помощью переключателя **Направление витков**.



Выбор стартовой точки положения профиля пружины

Задать стартовую точку профиля пружины можно с помощью следующей опции автоменю (она становится активной после выбора второй точки оси):

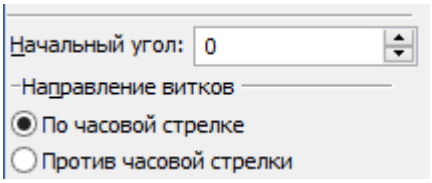
	<B>	Выбрать стартовую точку положения профиля

Отказаться от выбранной 3D точки можно, просто выбрав другую точку с помощью той же опции, либо воспользовавшись опцией:

	<K>	Удалить стартовую точку положения профиля

В этом случае профиль примет первоначальное положение.

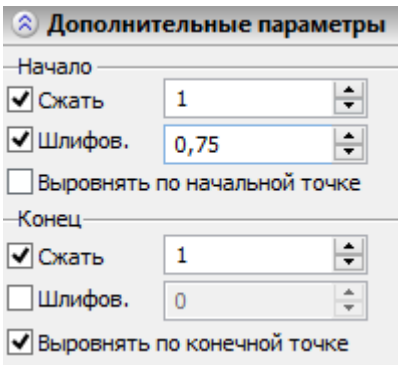
Задать числовое значение угла поворота профиля от исходного положения можно в окне свойств операции, в параметре **Начальный угол** (секция **Основные параметры**).



Задание поджима и зашлифовки концов пружины

Параметры поджима и зашлифовки концевых витков пружины устанавливаются во второй секции окна свойств операции – в секции "**Дополнительные параметры**".

Для того, чтобы поджать витки в начале пружины, необходимо установить флажок **Начало/Сжать** и указать в поле ввода рядом необходимое количество витков (например, *"0,75"* или *"1"*). Установка флажка **Начало/Шлифовать** позволяет задать шлифуемую часть окружности начального витка. Аналогично задаются параметры поджима и шлифовки в конце пружины – с помощью флажков **Конец/Сжать** и **Конец/Шлифовать**.



Задание выравнивания пружины по начальной и конечной точкам

Для выравнивания пружины по начальной или конечной точкам необходимо установить в окне свойств соответствующий флажок: **Выровнять по начальной точке** или **Выровнять по конечной точке**. В случае неоднозначного выбора (при одновременной установке обоих флажков), система самостоятельно выравнивает пружину по начальной точке.

Использование создаваемого тела в булевой операции

Для создания булевой операции необходимо:

Включить режим создания булевой операции с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+B>	Режим создания булевой операции: «Сложение»

Булева операция создаётся при нажатой пиктограмме.

Выбрать тип создаваемой операции с помощью опции автоменю, содержащей выпадающий список:

	<Ctrl+'+'>	Сложение
	<Ctrl+'-'>	Вычитание
	<Ctrl+'*'>	Пересечение

	<Ctrl+'I'>	Интеллектуальный

Принцип действия интеллектуального режима:

- ✓ Если создаваемое тело и выбранное тело (явно или неявно) имеют пересечение объёмами - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело полностью лежит внутри выбранного тела - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело касается выбранного тела – тип булевой операции: **сложение.**
- ✓ Если условия, указанные в пунктах 1, 2, 3, не выполнены, или выбранное тело лежит внутри создаваемого, или при определении типа проникновения тел возникла ошибка – тип булевой **не определён**, **булева операция не будет создана**.

Выбрать первый операнд булевой операции (в некоторых случаях – необязательное действие) с помощью опции автоменю:

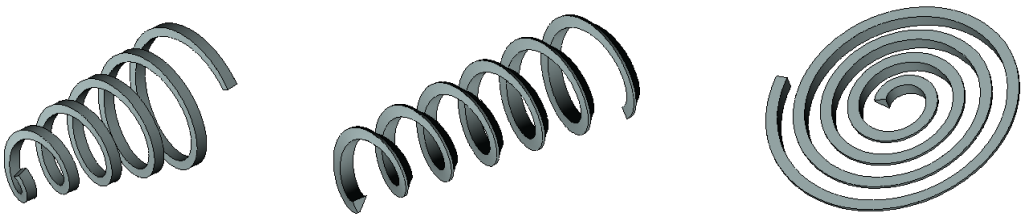
	<Ctrl+T>	Выбрать исходное тело для булевой операции

Если в сцене присутствует всего одно тело, то оно выбирается автоматически. Создаваемое в операции пружина новое тело является вторым операндом булевой операции.

После подтверждения создания операции сначала создаётся тело пружины, а затем выполняется булева операция заданного типа.

Спирали

Операция Спираль позволяет получить 3D тело в виде винтовой конической или цилиндрической пружины произвольного профиля. Функциональность данной операции во многом аналогична функциональности операции Пружина. Спираль создаётся путём перемещения произвольного замкнутого 3D профиля по винтовой кривой. Профиль может быть ориентирован ортогонально оси спирали, либо ортогонально винтовой кривой.

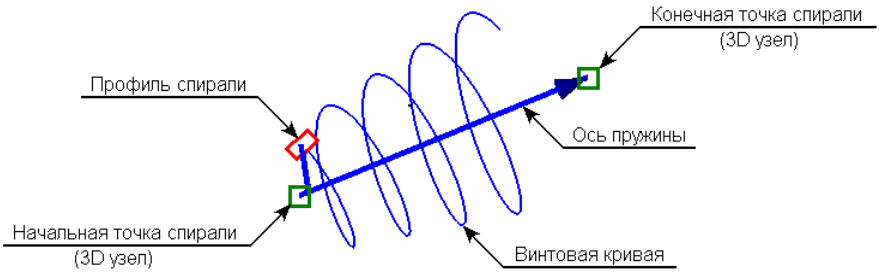


Для ускорения процесса моделирования существует возможность одновременно с созданием спирали выполнить булеву операцию (данная возможность была подробно описана в главе “Выталкивание”).

Основные сведения и возможности операции

Ось спирали

Винтовая кривая, по которой перемещается профиль, строится вокруг оси спирали. Ось определяется двумя 3D точками: начальной и конечной. 3D точки могут задаваться 3D узлами, а также любым 3D объектом, способным определить точку в пространстве. Вектор, задающий ось спирали, будет направлен от первой точки ко второй (соответственно будут определяться начало и конец спирали). Вид кривой определяется параметрами спирали. Перемещаемый профиль будет располагаться перпендикулярно исходной кривой.



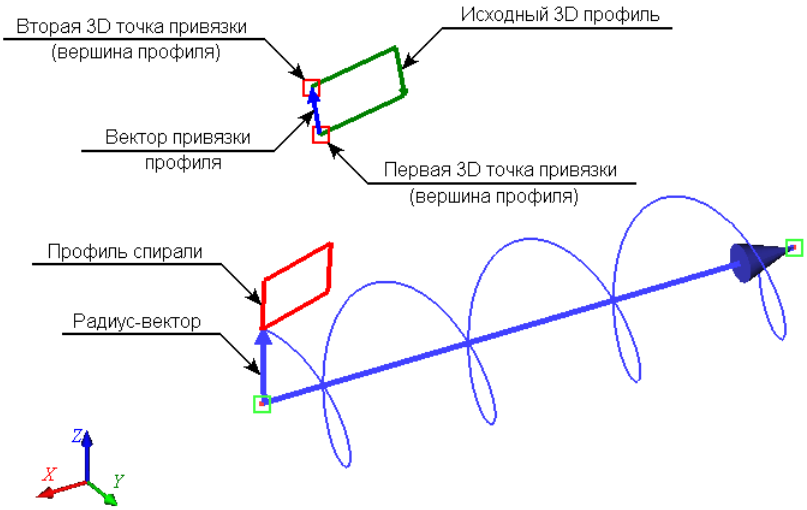
Профиль спирали и его ориентация в пространстве

В качестве профиля спирали можно выбрать любой замкнутый одноконтурный 3D профиль.

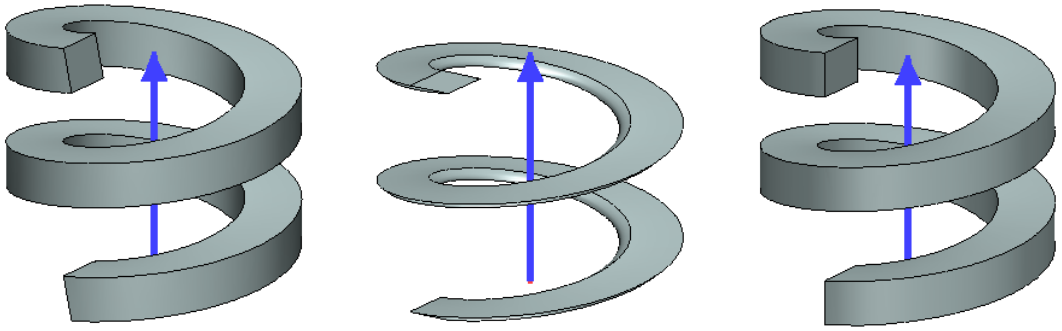
Положение профиля в пространстве задаётся с помощью вектора привязки. Вектор привязки профиля спирали указывается с помощью двух 3D точек привязки профиля. Вектор привязки

профиля будет направлен от первой 3D точки ко второй. Вектор привязки профиля, созданного на основе 2D построений, можно задавать с помощью двух 2D узлов на плоскости профиля.

При создании спирали первая точка вектора привязки профиля совмещается с конечной точкой радиус-вектора в начале спирали, а направление вектора совпадает с направлением радиус-вектора.

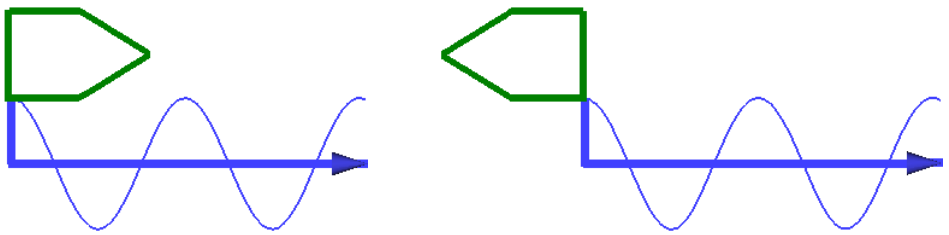


Затем профиль поворачивается вокруг вектора привязки до одного из следующих положений: *перпендикулярно винтовой кривой*, *перпендикулярно оси* или *параллельно оси*.



Перпендикулярно винтовой кривой спирали | Перпендикулярно оси спирали | Параллельно оси спирали

При необходимости можно развернуть профиль спирали вокруг радиус-вектора на 180º.



Основные параметры спирали

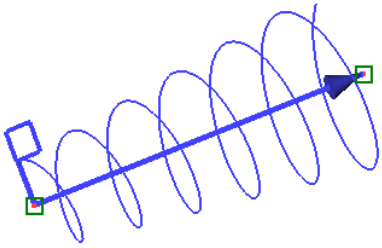
К основным параметрам спирали относятся следующие величины:

средние радиусы спирали на её концах – т.е. радиусы винтовой кривой в начале и конце спирали;

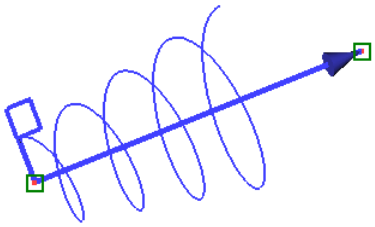
шаг, количество витков и длина спирали в свободном состоянии;

направление навивки спирали: по часовой стрелке (правое) или против часовой стрелки (левое).

Длина спирали в свободном состоянии может задаваться расстоянием между 3D точками, определяющими её ось. В этом случае достаточно задать только шаг либо только количество витков, а недостающий параметр система вычислит самостоятельно. В тех случаях, когда задаются и шаг, и количество витков спирали, её длина будет определяться только ими.



Длина спирали определяется расстоянием между 3D узлами, задающими ось (дополнительно задан шаг спирали)



Длина спирали определяется на основе заданных значений шага и количества витков (n=4) спирали

Радиус спирали также может вычисляться системой автоматически – значение его будет равно расстоянию от оси спирали до первой точки привязки профиля.

Начальное положение профиля спирали

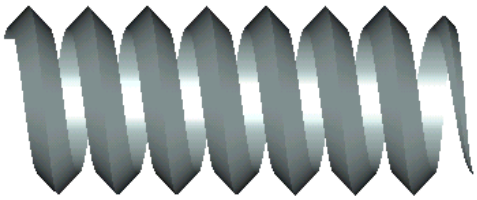
Начальное положение профиля спирали определяется системой следующим образом: начальный радиус-вектор спирали лежит в плоскости, проходящей через ось спирали и точку замыкания исходного 3D профиля. При необходимости можно выбрать другое начальное положение, задав требуемое положение с помощью дополнительной 3D точки – стартовой точки профиля – или указав числовое значение угла поворота профиля (от исходного положения).

При задании стартовой точки профиля он переместится по заданному начальному радиусу спирали на плоскость, проходящую через выбранную точку и ось спирали (данная возможность была описана в главе “Пружины”).

При одновременном задании угла стартовой точки и числового значения угла поворота угол откладывается от положения профиля, заданного стартовой точкой.

Сглаживание

При необходимости можно выполнить сглаживание конечных витков спирали с различной степенью затухания. Данная возможность существует для задания сбега резьбы при создании резьбовых тел при помощи операции спираль.



Уменьшение формирующего профиля при сглаживании происходит против направления вектора привязки профиля.

Задание операции спираль

Для создания спирали используется команда **3SR: Создать спираль**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Спираль
Клавиатура	Текстовое меню
<3SR>	Операции > Спираль

Для создания спирали необходимо выполнить следующие действия:

- ✓ Задать ось спирали с помощью двух 3D узлов.
- ✓ Выбрать 3D профиль.
- ✓ Задать ориентацию профиля в пространстве.
- ✓ Задать начальное положение профиля (выбрать стартовую точку положения профиля – *необязательное действие).*
- ✓ Задать параметры спирали (радиус спирали и т.д.).
- ✓ Подтвердить создание операции ( в окне свойств или автоменю).

Параметры пружины задаются в окне свойств команды или в диалоге параметров операции, вызываемом с помощью опции .

Задание оси спирали

Начальная 3D точка оси спирали задаётся с помощью следующей опции автоменю:

	<F>	Выбрать начальную точку оси

Конечная точка оси выбирается с помощью опции:

	<S>	Выбрать конечную точку оси

Данные опции активизируются последовательно. Выбранные 3D объекты помечаются. После выбора второй точки в 3D сцене отобразится вектор, определяющий ось спирали, винтовая кривая и радиус-вектор, показывающий радиус в начале спирали.

Выбор профиля спирали

После задания оси спирали в автоменю становится активной следующая опция:

	<C>	Выбрать 3D профиль

Для выбора профиля спирали необходимо подвести курсор в окне 3D вида к 3D профилю и нажать . 3D профиль, созданный по 2D штриховке, можно выбрать, указав в окне 2D вида (или на активизированной рабочей плоскости) исходную 2D штриховку.

Задание ориентации 3D профиля в пространстве

3D точки, определяющие вектор привязки профиля, задаётся с помощью следующих опций автоменю:

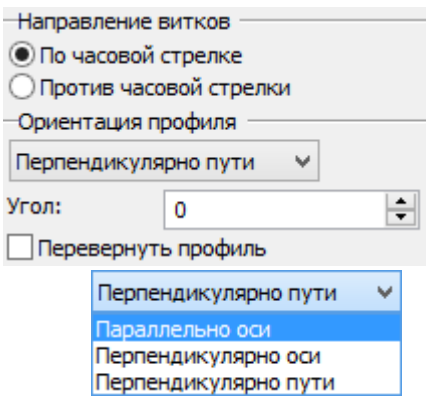
	<R>	Выбрать первую 3D точку привязки
	<T>	Выбрать вторую 3D точку привязки

Определить вектор привязки 2D узлами (для 3D профиля, созданного на основе 2D элементов) можно с помощью другой пары опций автоменю команды:

	<N>	Выбрать первый 2D узел привязки
	<A>	Выбрать второй 2D узел привязки

Выбранные 3D точки (или 2D узлы) подсвечиваются, однако вектор привязки профиля в сцене не отображается.

Способ ориентации профиля задаётся в параметрах операции, в группе **Ориентация профиля**. Выпадающий список содержит следующие варианты:



Параллельно оси – плоскость профиля спирали при его движении вдоль винтовой кривой всегда будет параллельна оси спирали;

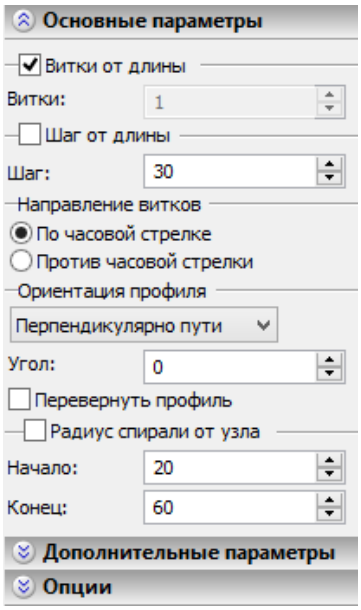
Перпендикулярно оси – плоскость профиля спирали будет перпендикулярна оси спирали;

Перпендикулярно пути – плоскость профиля будет всегда располагаться перпендикулярно винтовой кривой.

Для поворота профиля спирали вокруг радиус-вектора на 180^0 достаточно установить флажок “**Перевернуть профиль**”.

На данном этапе можно уже закончить создание спирали, нажав  в окне свойств или автоменю.

Задание параметров спирали



Основные параметры спирали (количество витков и шаг, радиусы спирали в начале и конце, направление навивки и т.п.) задаются в первой секции окна свойств – **Основные параметры**.

Для того чтобы длина спирали рассчитывалась по расстоянию между 3D точками, определяющими ось спирали, необходимо установить один из флажков: **Витки от длины** или **Шаг от длины**. Значение параметра, для которого флажок установлен (т.е. количество витков или шаг), система вычисляет самостоятельно. Для второго параметра будет доступно поле для ввода числового значения (параметр **Витки** или **Шаг**). Если ни один из указанных флажков не установлен, необходимо задать и количество витков спирали, и её шаг.

Выбор направления навивки спирали осуществляется с помощью переключателя **Направление витков**.

Радиус спирали будет рассчитываться автоматически (по расстоянию между осью и первой точкой привязки профиля спирали), если установить флажок **Радиус спирали от узла**. Для задания произвольных числовых значений радиуса в начале и конце спирали необходимо снять флажок и задать требуемые значения в полях **Начало** и **Конец**.

Выбор стартовой точки положения профиля спирали

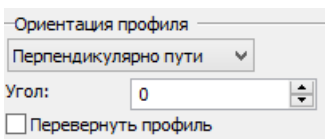
Задать стартовую точку профиля спирали можно с помощью следующей опции автоменю:

	<B>	Выбрать стартовую точку положения профиля

Отказаться от выбранной 3D точки можно, просто выбрав другую точку с помощью той же опции, либо воспользовавшись опцией:

	<K>	Удалить стартовую точку положения профиля

В этом случае профиль примет первоначальное положение.



Задать числовое значение угла поворота профиля от исходного положения можно в окне свойств операции, в параметре **Угол** (секция **Основные параметры**).

Использование создаваемого тела в булевой операции

Для создания булевой операции необходимо:

Включить режим создания булевой операции с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+B>	Режим создания булевой операции: «Сложение»

Булева операция создаётся при нажатой пиктограмме.

Выбрать тип создаваемой операции с помощью опции автоменю, содержащей выпадающий список:

	<Ctrl+'+'>	Сложение
	<Ctrl+'-'>	Вычитание
	<Ctrl+'*'>	Пересечение
	<Ctrl+'I'>	Интеллектуальный

Принцип действия интеллектуального режима:

- ✓ Если создаваемое тело и выбранное тело (явно или неявно) имеют пересечение объёмами - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело полностью лежит внутри выбранного тела - тип булевой операции: **вычитание.**
- ✓ Если создаваемое тело касается выбранного тела – тип булевой операции: **сложение.**
- ✓ Если условия, указанные в пунктах 1, 2, 3, не выполнены, или выбранное тело лежит внутри создаваемого, или при определении типа проникновения тел возникла ошибка – тип булевой **не определён**, **булева операция не будет создана**.

Выбрать первый операнд булевой операции (в некоторых случаях – необязательное действие) с помощью опции автоменю:

	<Ctrl+T>	Выбрать исходное тело для булевой операции

Если в сцене присутствует всего одно тело, то оно выбирается автоматически. Создаваемое в операции спираль новое тело является вторым операндом булевой операции.

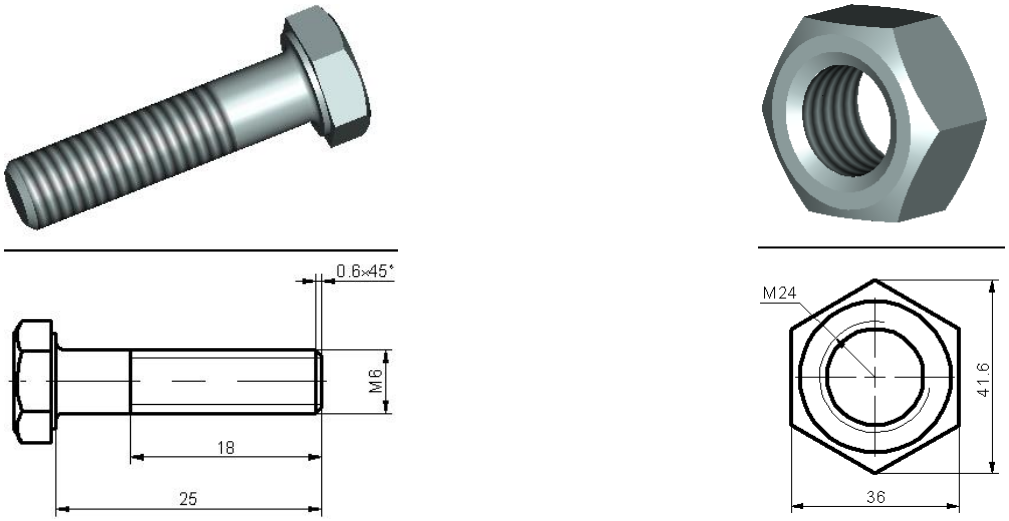
После подтверждения создания операции сначала создаётся спираль, а затем выполняется булева операция заданного типа.

Резьба

В T-FLEX CAD можно создавать косметические резьбы на цилиндрических и конических гранях трёхмерной модели. Косметическая резьба не является точным геометрическим представлением реальной резьбы, которое может быть получено в команде **3SR: Создать спираль**. Однако, она вполне подходит для решения большинства задач, связанных с моделированием резьб, требуя при этом значительно меньше вычислительных ресурсов.

Косметическая резьба представляет собой текстуру, наложенную на выбранную грань. Условное изображение отражает шаг, направление и границы резьбы.

При создании чертежей по проекциям косметических резьб автоматически формируется условное обозначение резьбы.



Основные понятия. Возможности операции

Косметические резьбы создаются на основе специальной базы данных *«Threads.mdb»*, которая находится в папке *«...\Program»*. База данных содержит геометрические параметры стандартных резьб в соответствии со стандартами. При необходимости базу можно дополнять собственными резьбами. Также можно создавать нестандартные резьбы напрямую в T-FLEX CAD, без использования базы данных.

При создании косметической резьбы необходимо выбрать несущую грань (цилиндрическую или коническую), задать тип (стандарт) резьбы, вид резьбы (наружная или внутренняя) и её основные параметры. Для задания параметров резьбы используются окно свойств либо стандартный диалог параметров. Значения всех параметров резьбы можно задать с помощью переменных. Дополнительно можно указать отступы резьбы относительно границ несущей грани либо

произвольного 3D объекта. Положение окончания резьбы можно также задать относительно её начала, указав, таким образом, длину резьбы.

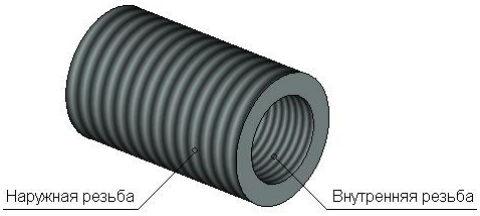
Параметры стандартной резьбы – шаг, рабочая высота профиля, обозначение – могут быть либо подобраны системой автоматически, либо заданы пользователем вручную.

В режиме автоподбора система выбирает параметры резьбы из базы данных в соответствии со значением диаметра несущей грани. При изменении несущего диаметра параметры резьбы автоматически пересчитываются.

При ручном задании параметры резьбы вводятся пользователем числовыми значениями или с помощью переменных. Заданные значения сверяются с базой данных резьб. Если для данного типа резьбы подобного диаметра или шага не существует, из базы данных будет взято ближайшее к заданному значение. В этом случае параметры резьбы не будут изменяться при изменении диаметра несущей грани. В случае создания нестандартной резьбы (отсутствующей в базе данных резьб) все её параметры задаются вручную.

На подбор параметров и поведение резьбы влияет её вид – наружная это резьба или внутренняя. Для наружной резьбы диаметр несущей грани считается наружным диаметром, для внутренней резьбы – внутренним. При одном и том же диаметре несущей грани параметры, подобранные системой для наружной и внутренней резьбы, будут разными. Вид резьбы (наружная или внутренняя) является характеристикой постоянной и может быть задан двумя способами.

Первый способ – вид резьбы определяется автоматически при создании. На вогнутой грани создаётся внутренняя резьба, на выпуклой – наружная. Если впоследствии при булевых и иных изменяющих тела операциях грань из выпуклой превратится в вогнутую или наоборот, резьба исчезнет. Автоматически определяемый вид резьбы подходит для большинства резьб.



Второй способ – вид резьбы явно задаётся пользователем при её создании и не зависит от текущего вида несущей грани. Это необходимо, например, при создании фрагментов отверстий. Во фрагменте резьба наносится на выпуклую грань, но помечается как внутренняя. После вставки фрагмента с применением булевой операции вычитания несущая грань резьбы становится вогнутой. Таким образом, резьба после булевой операции переносится на результирующую внутреннюю цилиндрическую грань отверстия.

При создании 2D проекции для обозначения резьбы автоматически создаются соответствующие линии изображения. Параметры этих линий изображения задаются отдельно от остальных.

Создание резьбы

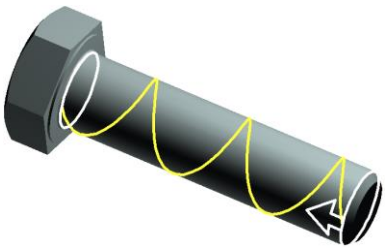
Для создания резьбы используется команда **3AT: Создать резьбу**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Операции → Резьба
Клавиатура	Текстовое меню
<3AT>	Операции > Резьба

Прежде всего необходимо выбрать в 3D окне цилиндрическую или коническую грань, на которой необходимо создать резьбу. В автоменю после запуска команды активна опция:

	<F>	Выбрать грань

После выбора на грани появляется схематичное изображение резьбовой спирали, начала и конца резьбы. По умолчанию резьба наносится на всю длину выбранной грани. Стрелка на изображении резьбы показывает направление нарезки резьбы. Направление нарезки определяется при выборе грани: начало резьбы совмещается с той границей грани, к которой был ближе курсор в момент нажатия . Информация о направлении нарезки резьбы необходима для правильного задания границ резьбы.

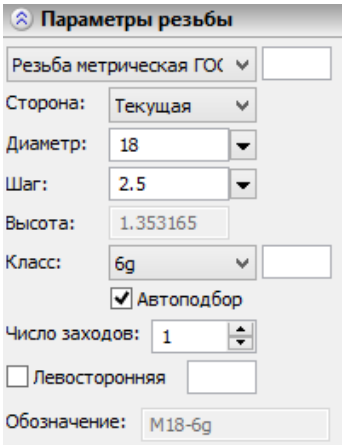


После выбора первой грани опция  остаётся активной и позволяет выбрать для нанесения резьбы следующую грань того же типа и диаметра. Это позволяет одновременно создавать резьбу на нескольких гранях.

Задание основных параметров резьбы

В параметрах резьбы (диалог окна свойств или диалог параметров опции ) выбирается тип резьбы: одна из стандартных, имеющихся в базе данных, или нестандартная резьба. Поле ввода рядом со списком выбора типа резьбы позволяет задать тип резьбы с помощью числового значения или переменной (число будет соответствовать порядковому номеру резьбы в базе данных).

Параметр **Сторона** задаёт вид резьбы (наружная или внутренняя). Из списка можно выбрать один из трёх вариантов:



Текущая. Вид резьбы определяется типом несущей грани на момент создания резьбы. При последующем изменении типа несущей грани на противоположную (например, в результате булевой операции) резьба будет удалена как несоответствующая грани.

Наружная. Резьба считается наружной (вне зависимости от типа несущей грани). При автоподборе значений параметров диаметр грани считается наружным диаметром резьбы.

Внутренняя. Резьба считается внутренней (вне зависимости от типа несущей грани). При автоподборе значений параметров диаметр грани считается внутренним диаметром резьбы.

Для большинства резьб предпочтительнее оставлять “Текущая”. Вариант “Внутренняя”, ”Наружная” следует применять на гранях, тип которых планируется в дальнейшем изменить. Например, при создании фрагментов отверстий, которые при вставке вычитаются из основного тела, создаётся “Внутренняя” резьба, хотя грань во фрагменте - наружная.

При выборе нестандартной резьбы все её параметры, в том числе обозначение на чертеже, задаются пользователем только вручную числовыми значениями или с помощью переменных.

Для стандартной резьбы по умолчанию включен режим автоподбора параметров (флажок **Автоподбор**). В этом случае параметры резьбы подбираются по диаметру несущей грани. Из ряда диаметров заданной резьбы выбирается ближайшее значение. В случае нахождения двух значений выбирается более приоритетный в соответствии с требованиями ГОСТ. Затем из ряда шагов, соответствующих выбранному диаметру, подбирается наиболее предпочтительный шаг (для метрической резьбы таким будет крупный шаг, для других резьб – рекомендуемый в ГОСТ).

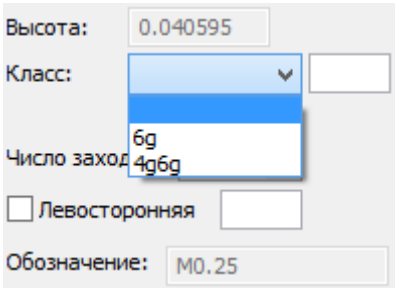
Режим автоподбора действует не только при создании резьбы. При изменении диаметра несущей грани при включенном режиме автоподбора параметры резьбы также будут автоматически меняться.

Выбранные диаметр и шаг отображаются в соответствующих полях диалога параметров (**Диаметр**, **Шаг**). В поле **Высота** отражается высота рабочего профиля резьбы для данного шага. При необходимости можно выбрать другой шаг из предлагаемого системой списка. В этом случае при автоматическом пересчёте после изменения диаметра грани будет подбираться не наиболее предпочтительный шаг, как должно быть по умолчанию, а ближайший к установленному вручную.

При отключенном режиме автоподбора в диалоге параметров для стандартной резьбы можно задать произвольные значения параметров или имена переменных. Однако и в этом случае

параметры резьбы берутся из базы данных – подбираются ближайшие к значениям, введённым пользователем. Такие параметры не меняются при изменении диаметра несущей грани.

Дополнительное поле "Класс" позволяет задать для резьбы допуск или класс точности (для иностранных резьб). У резьб, для которых в базе данных заданы допустимые значения допуска/класса точности, значение данного параметра можно выбрать из выпадающего списка. Содержимое списка формируется на основе значений, заданных в базе данных, в зависимости от типа и вида резьбы.



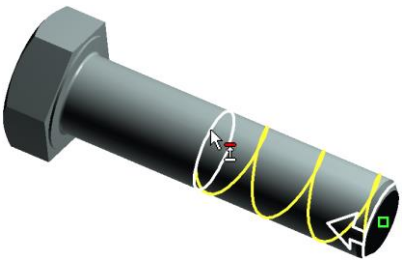
Для задания числа заходов резьбы служит поле **"Число заходов"**.

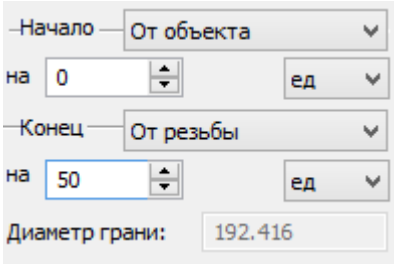
По умолчанию создаваемая резьба считается правосторонней. Если необходимо создать левостороннюю резьбу, необходимо включить флажок **"Левосторонняя"**. Поле ввода слева от флажка позволяет управлять его состоянием с помощью числовой переменной (значение "1" – флажок включен, "0" – выключен).

В поле **"Обозначение"** можно просмотреть обозначение резьбы, которое будет проставляться на проекции.

Задание отступов

По умолчанию резьба наносится на всю длину выбранной грани, т.е. для границ резьбы заданы нулевые отступы от границ грани. При необходимости можно задать другую величину отступов, а также изменить способ задания отступов – относительно границ грани, относительно произвольного 3D объекта и т.д.





Задать значение отступов можно как численным значением в окне свойств, так и визуально в окне 3D вида. Для этого необходимо подвести курсор к манипулятору, задающему положение одной из границ резьбы. Вид курсора изменится на (начало резьбы) или (конец резьбы). После этого, передвигая курсор при нажатой , можно определить новое положение соответствующей границы резьбы. В окне свойств будет отражаться установленное значение отступа. При необходимости его можно уточнить, введя новое значение.

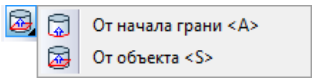
Изменить способ задания отступов резьбы можно как в диалоге параметров, так и с помощью опций автоменю:

	<A>	Тип задания начала резьбы

	<D>	Тип задания конца резьбы

Каждая из опций содержит вложенный список вариантов задания начала и конца резьбы соответственно.

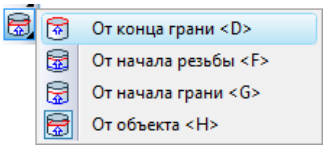
Для начальной границы резьбы можно выбрать:



От начала грани. Установлено по умолчанию. Отступ начала резьбы отсчитывается от начальной границы несущей грани. Начальной границей грани считается та, ближе к которой был расположен курсор при выборе грани.

От объекта. Отступ начала резьбы будут отсчитываться от выбранного дополнительно 3D объекта. После выбора данного варианта необходимо указать требуемый объект.

Для конечной границы резьбы:



От конца грани. Установлено по умолчанию. Отступ начала резьбы отсчитывается от конечной границы несущей грани.

От начала резьбы. Отступ отсчитывается от начальной границы резьбы, задавая фактически длину резьбы.

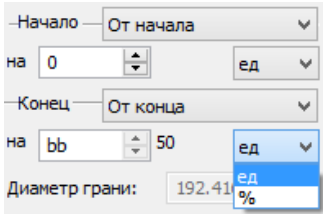
От начала грани. Отступ конца резьбы отсчитывается от начальной границы несущей грани.

От объекта. Отступ конца резьбы будут отсчитываться от выбранного дополнительно 3D объекта. После выбора данного варианта необходимо указать 3D объект.

Способы задания **“От объекта”** можно установить только с помощью опций автоменю.

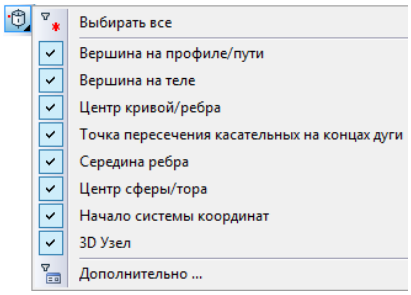
Например, для болта одним из параметров резьбы является её длина, измеряемая от торца стержня. Часто резьба наносится на грань, уже обрезанную фаской. Для учета фаски при задании длины резьбы необходимо задать для начальной границы вариант “От объекта” и указать в качестве объекта саму торцевую грань стержня или лежащий на ней элемент (например, 3D узел). А для конечной границы резьбы в этом случае можно установить “От резьбы” и задать в качестве значения отступа точное значение длины резьбы.

Величина отступов по умолчанию задаётся в единицах модели (команда **“ST: Задать параметры документа”**, закладка “3D”). Возможен вариант задания отступов в процентах от длины грани или (если для отступа конца резьбы установлено “От резьбы”) от расстояния между началом резьбы и концом грани.



При выборе для любой из границ резьбы варианта “От объекта” в автоменю становятся доступны опции выбора 3D объекта:

	<V>	Выбирать точки
	<L>	Выбирать прямые
	<U>	Выбирать плоскости



В качестве объекта можно выбрать 3D элементы, способные определить точку, прямую линию, плоскость. Каждая из указанных опций содержит список фильтров выбора 3D элементов, настраивающих селектор на выбор нужного типа геометрии. О работе с данными фильтрами подробнее написано в главе “Основные принципы и понятия 3D моделирования в T-FLEX CAD”.

Для выбора другого объекта, определяющего положение границы резьбы, достаточно произвести новый выбор. Отказ от привязки границ резьбы к объекту осуществляется изменением типа задания соответствующего отступа резьбы в автоменю или диалоге свойств.

Одновременно отказаться от выбранных несущей грани и объектов, относительно которых располагаются границы резьбы, можно с помощью опции автоменю:

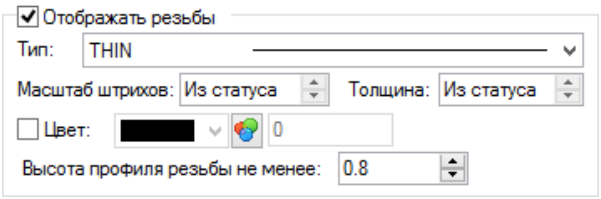
	<R>	Отменить выбор всех граней

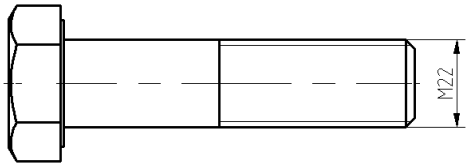


После завершения создания резьбы нажатием опции  на выбранной грани появляется схематичное изображение резьбы.

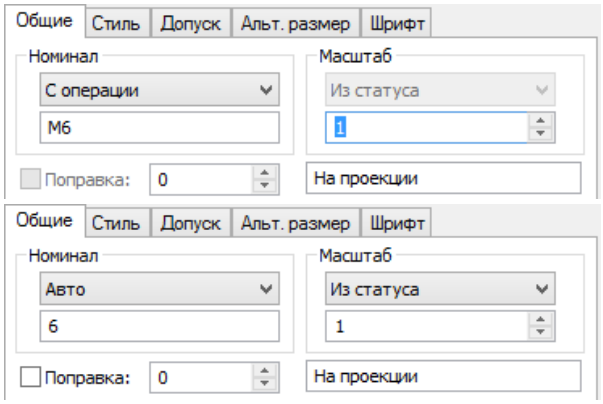
Отображение резьбы на 2D проекциях

На 2D проекциях резьбовых тел по умолчанию автоматически проставляются линии обозначения резьбы. Наличие линий управляется свойствами проекции, закладка “Линии”.

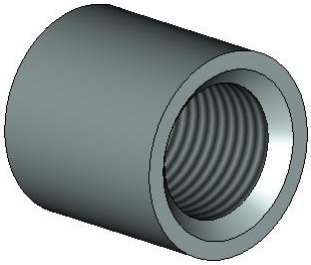


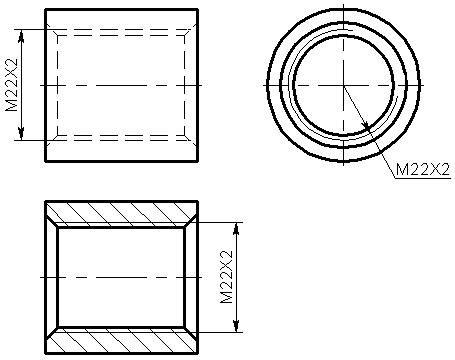


При простановке размеров по линиям резьбы автоматически проставляется обозначение резьбы. Для отмены режима простановки обычного размера необходимо в параметрах размера изменить значение параметра “Номинал” на “Авто”. По умолчанию у размеров по линиям резьбы стоит “С операции”.

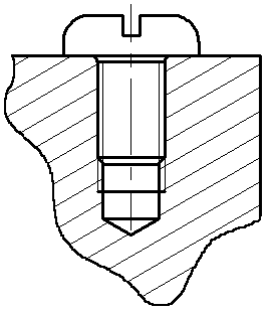


Скрытые резьбы могут отображаться на 2D проекции пунктирными линиями при включении режима показа невидимых линий, а при создании сечения или разреза резьба изображается обычным способом. В этих случаях также возможно автоматическое нанесение обозначения резьбы при создании размеров по линиям резьбы.





При построении разрезов резьбовых соединений в свойствах 2D проекции должен быть установлен флажок “Закрашивать очерк элемента” (подробное описание приведено в главе “2D проекции. Создание чертежей по 3D моделям”). Если флажок установлен, то изображение резьбового соединения строится корректно. В противном случае линии проекции болта и отверстия будут накладываться друг на друга (так как тела в резьбовом соединении имеют взаимное проникновение).



Отверстия

Операция "Отверстие" призвана облегчить создание стандартных отверстий различных типов. Она позволяет создавать как одиночные отверстия в одном теле, так и сразу наборы отверстий или отверстия в нескольких отдельных телах. При создании резьбовых отверстий автоматически наносится косметическая резьба.

Основные понятия и возможности операции

Операция "Отверстие" позволяет создать набор отверстий. Все отверстия в наборе будут одинакового типа, размера и глубины. Набор может состоять из одного или более отверстий.

Для каждого отверстия набора задаётся *точка привязки*, лежащая на грани тела, в котором необходимо создать отверстие. Грань, на которой располагается точка привязки, будет являться *несущей* гранью отверстия.

Несущие грани отверстий одного набора (т.е. входящих в состав одной операции) могут совпадать, быть разными, и даже принадлежать различным телам.

> При одновременном создании отверстий на нескольких отдельных телах получится одна многотельная операция. Если при дальнейшей работе с моделью каждое из этих тел должно использоваться отдельно, то после создания отверстия необходимо будет воспользоваться операцией разделения.

Ориентация отверстий в наборе – ориентация оси отверстия в пространстве, угол поворота отверстия относительно его оси – может быть различной.

Для каждого элемента набора в процессе создания или редактирования операции можно изменить точку привязки, ориентацию. Любое отверстие можно удалить из набора.

Шаблоны отверстий

Для создания отверстий используется два типа механизмов: примитивы или фрагменты (шаблоны).

Примитивы – механизм, создающий специальную операцию создания примитива для задания формы отверстия. Никаких внешних объектов при этом не используется.

При использовании механизма шаблона в тело вставляется специальный 3D фрагмент – шаблон отверстия. Шаблон имеет набор параметров, которые предназначены для определения типа и размеров создаваемого на его основе отверстия.

Шаблоны отверстий хранятся в параметрической библиотеке *"Hole Features"*, входящей в конфигурацию "Служебная". При необходимости эта библиотека может быть дополнена пользователем самостоятельно.

> Если в команде **ST: Задать параметры документа**, на закладке "3D", заданы дюймовые единицы длины, то при создании отверстий будет использоваться библиотека *"Hole Features Inch"*.

В стандартную библиотеку входят шаблоны отверстий следующих типов:

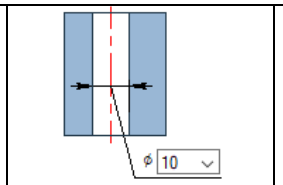
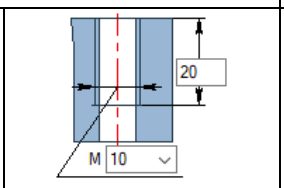
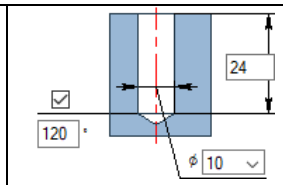
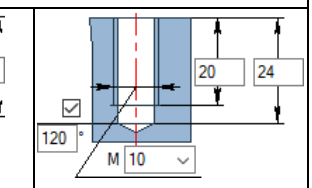
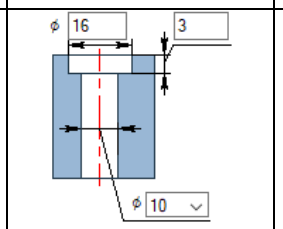
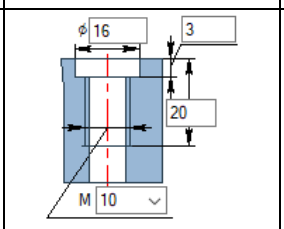
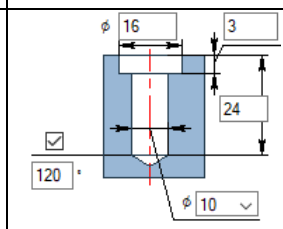
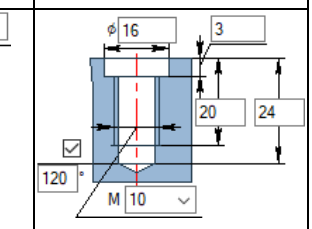
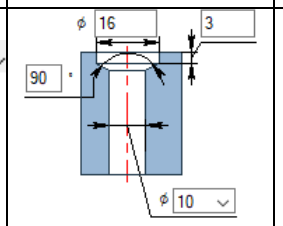
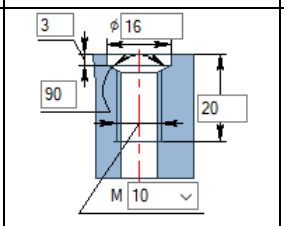
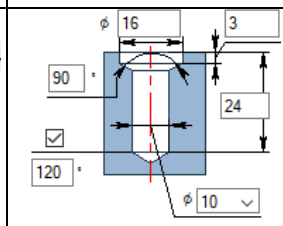
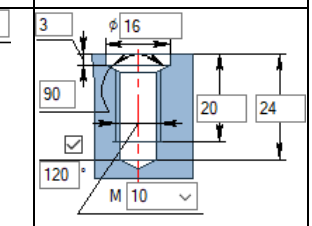
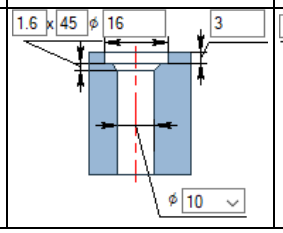
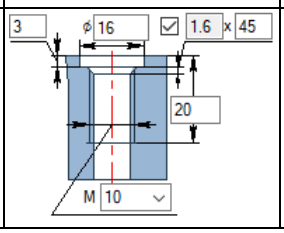
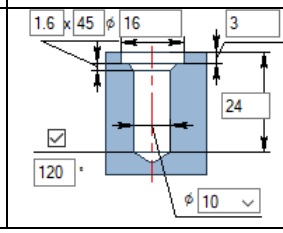
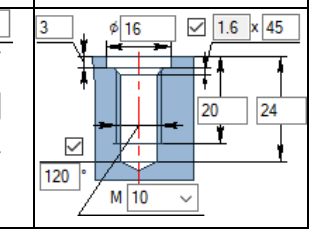
Под концы установочных винтов (тип 1, 2, 3);

Резьбовое;

Центровое (форма A, B, C, E, F, H, R, T).

Для расширения списка отверстий, входящих в библиотеку, необходимо по определённым правилам создать шаблон нового типа отверстий в отдельном документе и добавить его в соответствующую библиотеку (*"Hole Features"* для метрических единиц или *"Hole Features Inch"* - для дюймовых).

Таблица шаблонов отверстий часть 1

Выбор	Под крепёжные детали	Резьбовое	Выбор	Под крепёжные детали	Резьбовое
	Насквозь			На заданную глубину	
					
					
					
C x 4 5			C x 4 5		

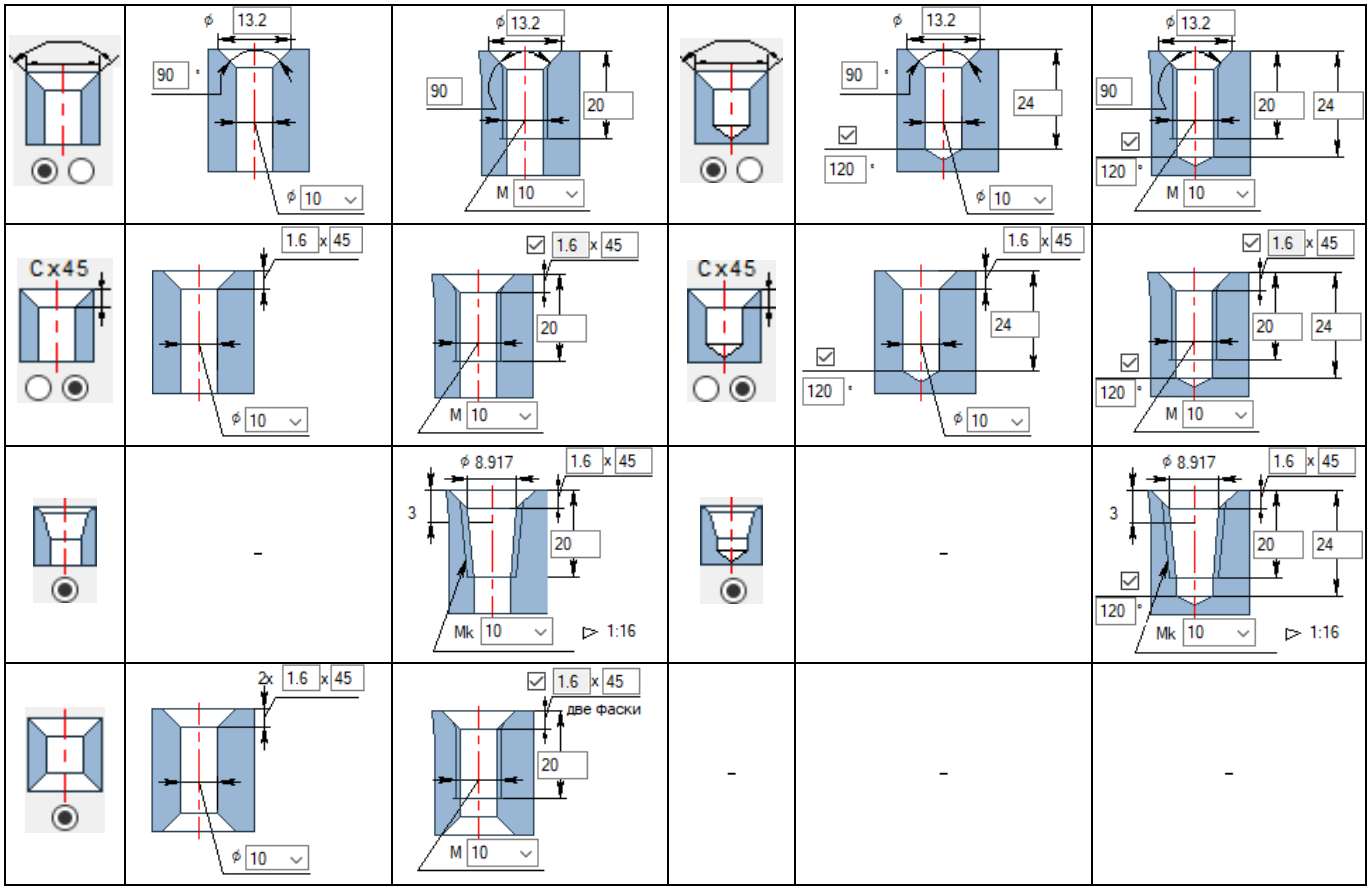


Таблица шаблонов отверстий часть 2

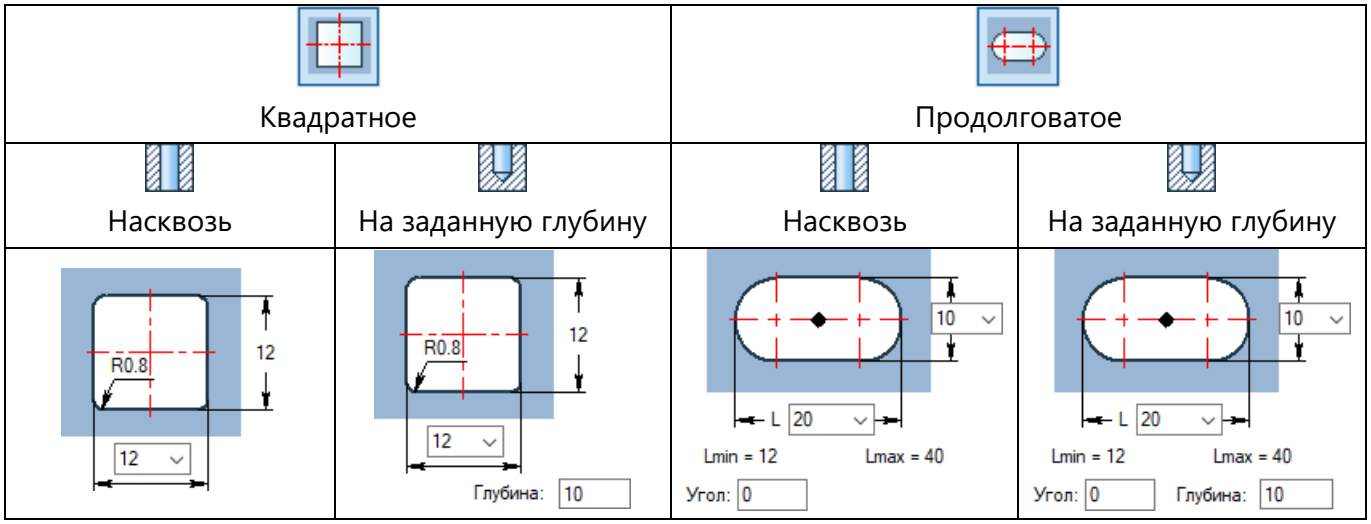
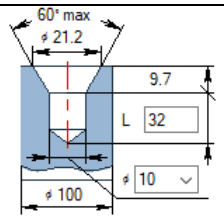
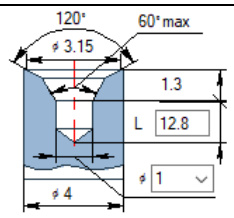
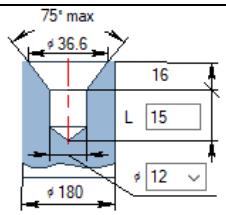
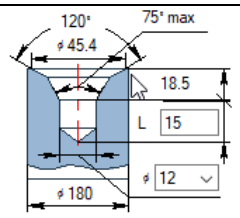
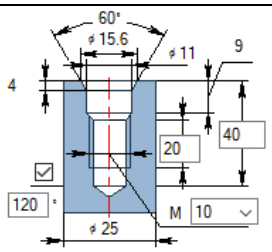
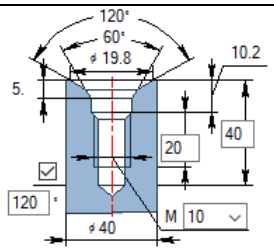
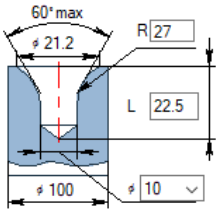
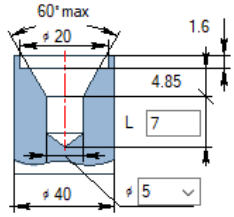


Таблица шаблонов отверстий часть 3

Центральное			
A	B	C	E
			
F	H	R	T
			

Точки привязки отверстий

Для задания положения создаваемых отверстий необходимо последовательно для каждого отверстия указать его точку привязки. К каждой точке привязывается одно отверстие. Несущая грань каждого отверстия выбирается системой автоматически. Оси отверстий по умолчанию направлены по нормали к несущим граням.

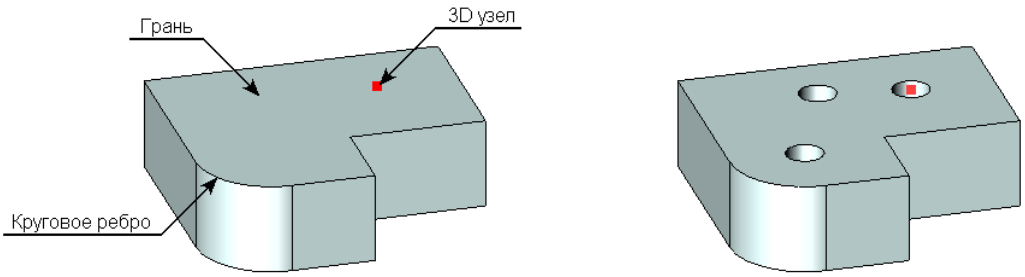
Точки привязки отверстий задаются одним из следующих 3D элементов.

Гранью тела. Заданная грань станет несущей гранью отверстия; центр отверстия будет расположен в точке указания курсора при выборе грани.

3D узлом, лежащим или не лежащим на грани тела.

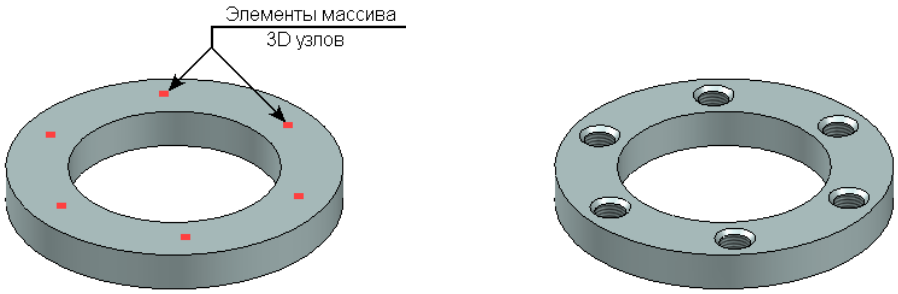
- Если 3D узел лежит на грани, то грань будет выбрана в качестве несущей, центр отверстия совпадёт с заданным узлом.
- Если 3D узел не лежит на грани, то нужно выбрать тело (несколько тел), затем 3D узел. Отверстие будет построено по нормали к ближайшей грани тела. Если требуется выполнить отверстие не по нормали к поверхности, то дополнительно нужно указать направление. Если система не может рассчитать глубину отверстия то будет выдано соответствующее предупреждение.

Круговым ребром, лежащим на одной из граней тела. Грань, на которой лежит плоскость выбранного кругового ребра, будет выбрана в качестве несущей; центр отверстия привязывается к центру окружности кругового ребра.



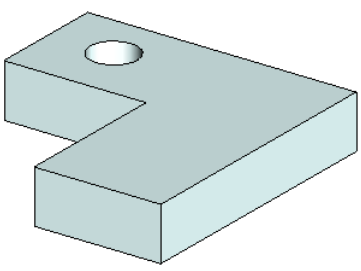
Ребром отверстия. Круговое ребро отверстия будет определять центр и несущую грань отверстия на заданную глубину из шаблона.

Для быстрого создания набора отверстий в качестве точки привязки можно указать массив из 3D узлов. Автоматически будет создано отверстие в каждом 3D узле – элементе массива.

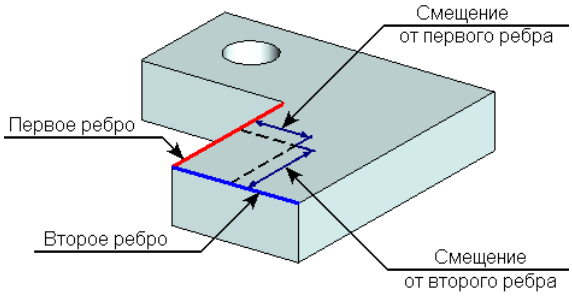


Точку привязки любого отверстия в наборе можно изменить одним из следующих способов:

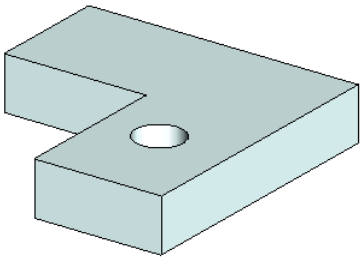
1. Полностью перезадать точку привязки (со сменой несущей грани или 3D элемента, к которому должен быть привязан центр отверстия);
2. Изменить положение отверстия на текущей грани (не меняя саму несущую грань) – путём задания *смещений* центра отверстия от двух боковых рёбер несущей грани. Центр отверстия привязывается к точке грани, определяемой заданными смещениями;



Исходное положение отверстия



Задание смещений от боковых рёбер



Новое положение отверстия

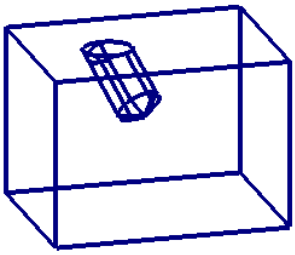
3. Использовать режим создания соосного отверстия с автоматическим изменением положения отверстия на несущей грани (см. параграф “Соосные отверстия).

Соосные отверстия

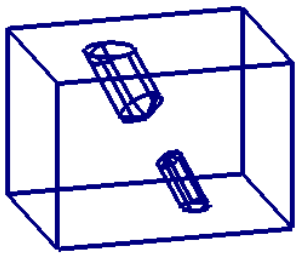
Любое отверстие может быть создано как соосное (т.е. лежащее на той же оси) произвольной цилиндрической или конической грани. Это можно использовать для создания отверстия, соосного другому существующему круглому отверстию.

Положение исходной грани должно допускать создание соосного ей отверстия. Например, при создании отверстия, соосного другому отверстию, исходное отверстие не может быть расположено на той же грани, что и создаваемое.

Направление оси создаваемого отверстия будет совпадать с направлением оси исходной грани.



Исходное отверстие



Соосное отверстие

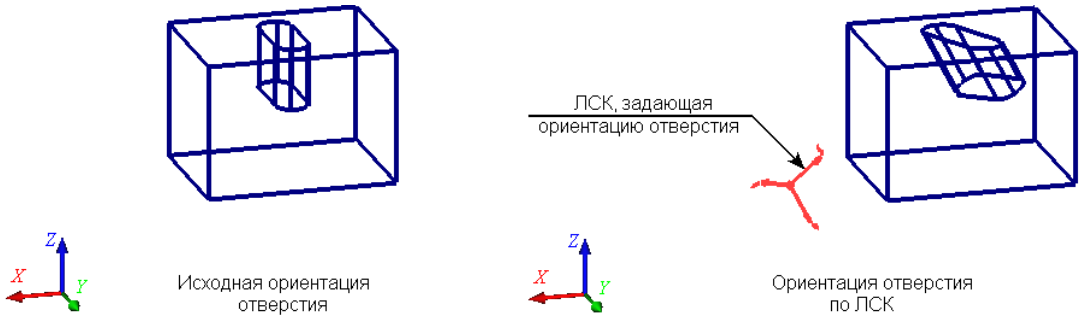
Ориентация отверстий

По умолчанию все создаваемые отверстия размещаются системой так, чтобы ось каждого отверстия (ось X системы координат шаблона отверстия) была направлена по нормали к поверхности несущей грани в точке привязки. Ориентация поперечного сечения отверстия, т.е. угол поворота отверстия вокруг его оси (определяемый направлением оси Y системы координат отверстия) выбирается системой произвольно.

При необходимости можно изменить ориентацию каждого отверстия набора отдельно. Изменить ориентацию отверстия можно одним из двух способов:

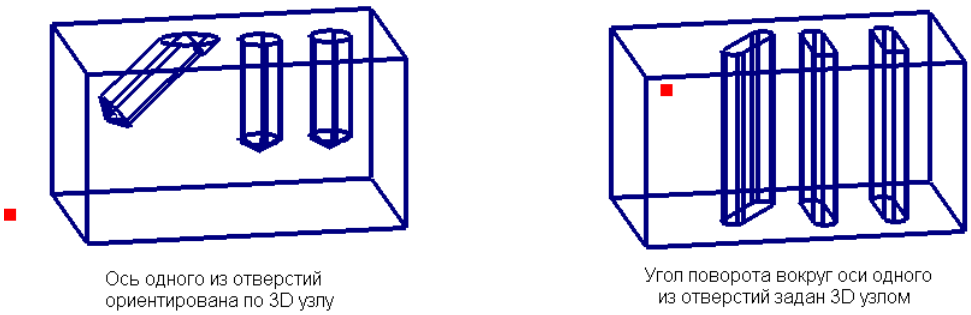
По дополнительной ЛСК – заданная ЛСК используется для задания направления осей системы координат отверстия (заданной в его шаблоне). Отверстие поворачивается таким образом,

чтобы направления всех осей системы координат отверстия совпали с направлением осей выбранной ЛСК;

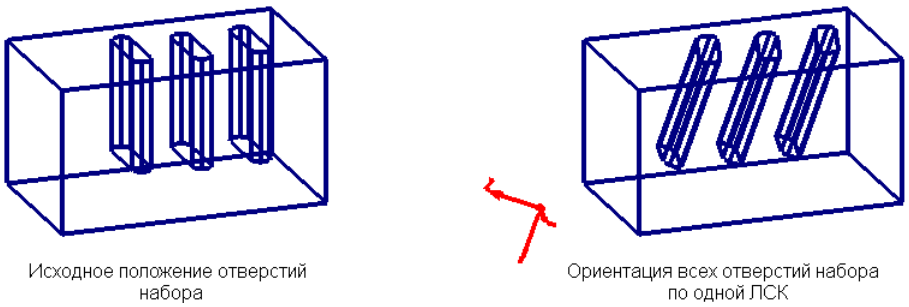


По 3D узлам – в этом случае отдельно задаются ориентация оси отверстия и угол поворота отверстия вокруг его оси. Можно определить только одну из этих величин, например, поворот отверстия вокруг оси, а саму ось оставить неизменной (так, как её расположила система) – для доворота некруглого отверстия вокруг его оси.

При задании 3D узла для ориентации оси отверстия ось будет направлена от точки привязки отверстия к 3D узлу. При задании 3D узла для поворота отверстия ось Y системы координат отверстия направляется от точки привязки к выбранному узлу.



При ориентации по ЛСК возможна ориентация всех отверстий текущего набора по одной системе координат.



Глубина отверстия

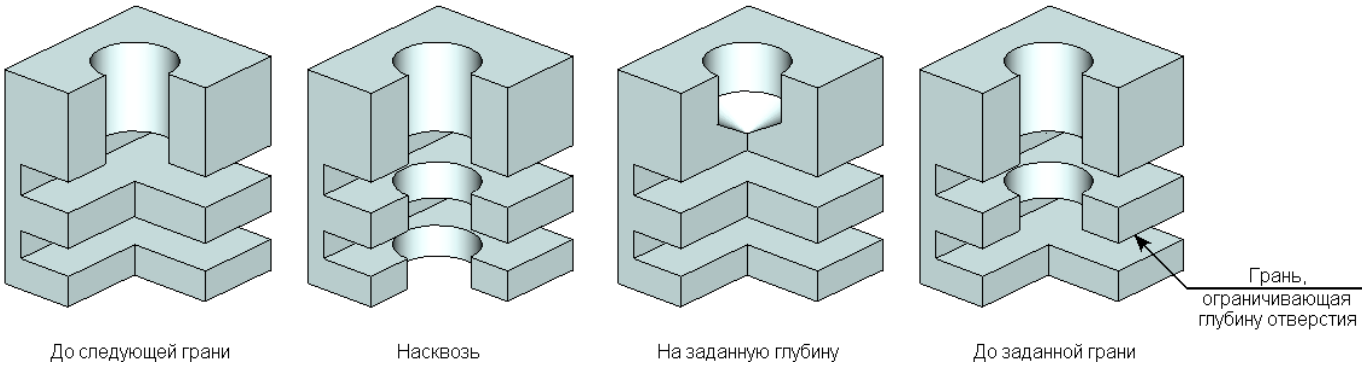
Глубина отверстий набора может задаваться числовым значением или вычисляться автоматически в зависимости от задействованного режима:

До следующей грани. Отверстия создаются до ближайших граней, пересекаемых поверхностями отверстий.

Насквозь. Отверстия создаются через всё выбранное тело (набор тел).

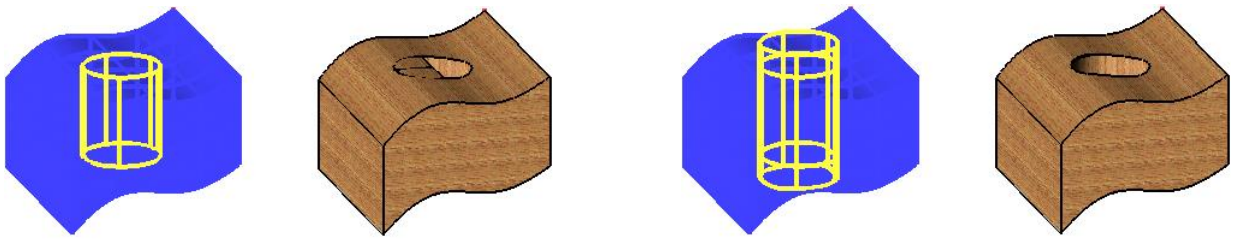
На заданную длину. Длина отверстий определяется числовым значением.

До заданной грани. Отверстия создаются до заданной грани (выбранная грань должна пересекаться с поверхностями создаваемых отверстий).



Для отверстий под концы установочных винтов и центровых отверстий формы A, B, C, E, R, T допускается использовать только режим “На заданную глубину”.

Случаи, когда оси отверстий не перпендикулярны пересекаемым ими граням тела или когда грани тела, пересекаемые отверстиями, неплоские, могут потребовать дополнительных мер для получения корректных входов отверстий. В этой ситуации удобно использовать режим *учёта неплоских граней*: отверстия дополнительно продлеваются с двух сторон на заданную величину припуска, а затем обрезаются гранями тела.



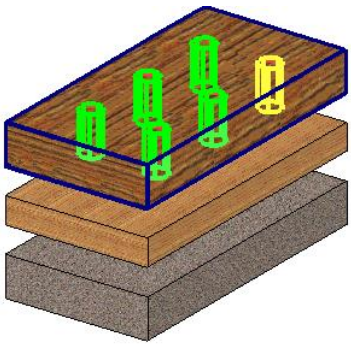
Создание отверстия без учёта неплоских граней

Создание отверстия с учётом неплоских граней

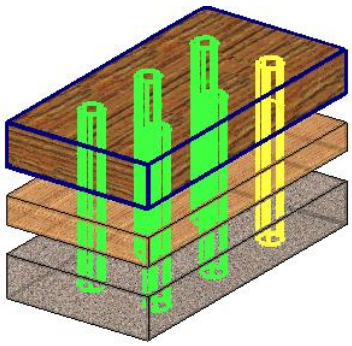
Отверстия через несколько тел

Отверстия могут проходить сразу через несколько твёрдых тел. Результатом создания такого набора отверстий будет одна многотельная операция.

Если при дальнейшей работе с моделью каждое из этих тел должно использоваться отдельно, то после создания отверстия необходимо будет воспользоваться операцией разделения.



Создание набора отверстий через одно тело



Создание набора отверстий через несколько тел

Создание отверстий

Для создания стандартных отверстий используется команда **3Н: Создать отверстие**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Отверстие
Клавиатура	Текстовое меню
<3Н>	Операции > Отверстие

Для создания отверстия необходимо выполнить следующие действия (порядок выполнения действий может быть другим):

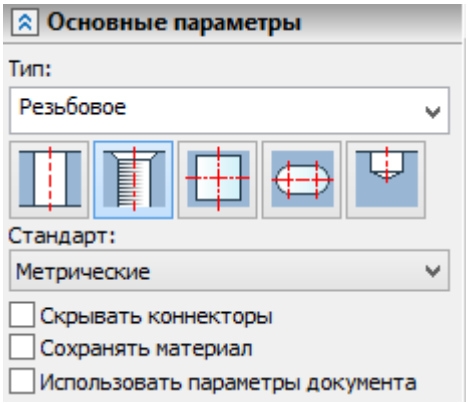
- ✓ Выбрать тип и основные геометрические параметры создаваемого набора отверстий;
- ✓ Задать точки привязки отверстий;
- ✓ Выбрать необходимую глубину отверстий;
- ✓ Изменить ориентацию осей и углы поворота отверстий, выбранные системой по умолчанию (необязательное действие);
- ✓ Завершить создание отверстий (с помощью  в автоменю или окне свойств).

Выбор типа и основных геометрических параметров отверстий

Выбор типа создаваемых отверстий осуществляется в окне свойств операции. Список отверстий содержит все элементы служебной библиотеки отверстий (*Hole Features* или *Hole Features Inch*).

Тип отверстия можно выбрать из выпадающего списка быстрого доступа или щёлкнув на соответствующей этому типу иконке. Если в списке выбран тип, иконка которого отсутствует в окне свойств, то крайняя правая иконка будет заменена на иконку последнего выбранного типа.

В выпадающем списке есть пункт “Выбрать”. С его помощью можно выбирать элементы из пользовательских библиотек.



Содержимое списка связано с выбранным типом в поле **Стандарт**. При изменении стандарта, список изменяется соответственно.

Для выбора библиотек отверстий используется опция:

	<B>	Конфигурация библиотек

Подробную информацию о конфигурациях можно найти в разделе “Конфигурация библиотек”.

В нижней части окна свойств отображается условное обозначение отверстия выбранного типа и поля ввода всех его геометрических параметров. Для задания любого размера достаточно поместить курсор в соответствующее поле ввода на схеме и ввести требуемое число (или выбрать его из списка). Вместо числовых значений можно указывать переменные. В этом случае в качестве значения параметра будет выбираться ближайшее к значению переменной число из соответствующего списка.

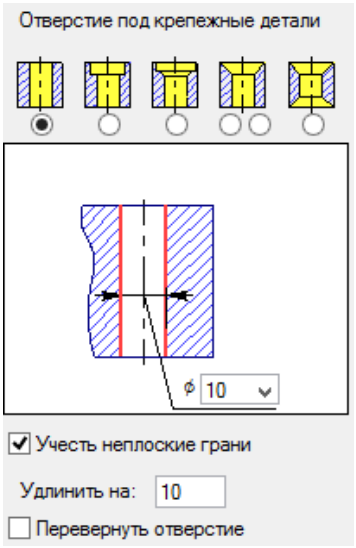
Скрывать коннекторы. Флаг позволяет скрыть коннекторы создаваемых отверстий.

Сохранять материал. При активном флаге, к граням создаваемого отверстия будет применён основной материал тела. В противном случае будет использован материал покрытия.

Использовать параметры документа. Опция используется для отверстий, созданных с помощью механизма фрагментов. Если опция установлена, то в отверстии используются параметры документа, например, единицы измерения. Если опция выключена, то в отверстии будут использованы параметры самого фрагмента отверстия.

У сквозных несимметричных (то есть, например, имеющих фаску с одной стороны) отверстий можно при необходимости изменить направление оси отверстия на противоположное, установив дополнительный флажок **Перевернуть отверстие**. Обратите внимание, что данный флажок влияет на вид всех отверстий создаваемого набора.

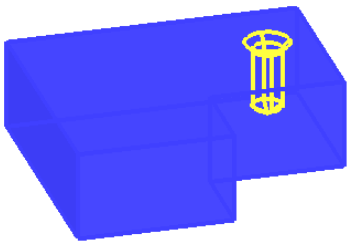
Изменить первоначально заданные тип и размеры отверстий можно в любое время при создании или редактировании отверстий (до завершения создания нажатием).



Задание точек привязки отверстий

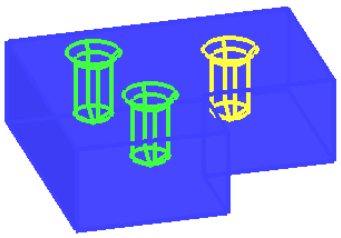
Для задания точек привязки отверстий в автоменю должна быть активна опция (активна по умолчанию при входе в команду):

	<A>	Выбрать грань, узел или круговое ребро для задания центра отверстия



При включенной опции достаточно указать в 3D окне требуемую грань, 3D узел или круговое ребро на грани. Тело, которому принадлежит выбранный элемент, подсвечивается, на нём появляется предварительное рёберное отображение создаваемого отверстия.

После задания точки привязки первого отверстия опция остаётся активной. Это позволяет перейти к созданию набора отверстий без дополнительных действий. Достаточно продолжить задание точек привязки после выбора первой точки.



В результате последовательного задания нескольких точек привязки в 3D сцене появляется предварительное изображение набора отверстий. Тип и геометрические параметры всех элементов набора будут совпадать.

Создать набор отверстий по массиву 3D узлов позволяет опция:

	<M>	Создать массив отверстий

После выбора опции необходимо задать исходный массив узлов. Выбрать массив можно в дереве 3D модели или прямо в 3D сцене, указав любой из элементов массива с помощью .

Важно! При создании массива отверстий необходимо выставить максимально возможное количество элементов массива. Если это правило не соблюдено, при последующем увеличении количества отверстий в массиве может возникнуть смещение или исчезновений новых отверстий.

Задание глубины отверстия

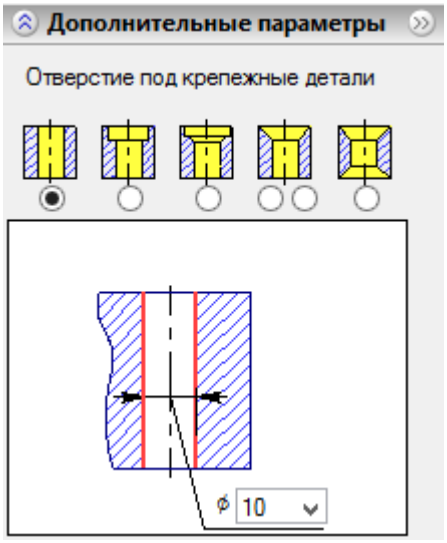
Необходимый режим задания глубины отверстия устанавливается с помощью следующих опций автоменю команды:

	<E>	До следующей грани
	<F>	Насквозь
	<J>	На заданную длину
	<S>	До заданной грани

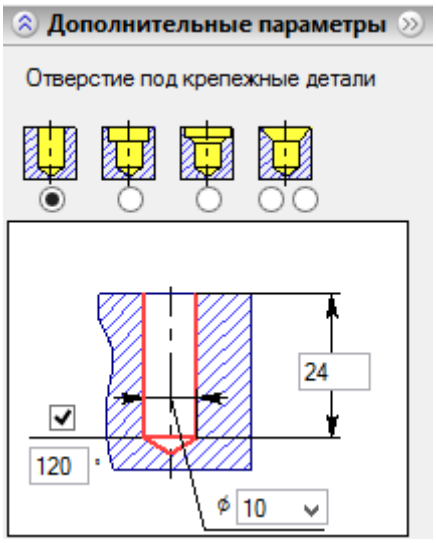
В зависимости от типа отверстий часть опций может быть недоступна.

Выбор первых двух режимов не требует каких-либо дополнительных действий. Глубина отверстий будет определена системой автоматически.

При включении режима  в окне свойств операции, на условном обозначении отверстия, появятся дополнительные поля для задания глубины отверстия.



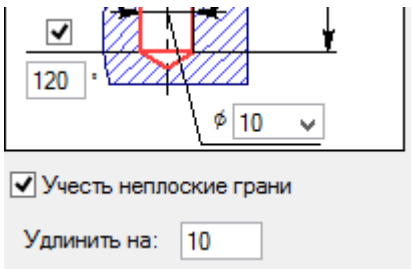
Вид окна свойств для отверстий типа “Под крепёжные детали” в режиме задания глубины “Насквозь”, “До заданной грани”, “До следующей грани”



Вид окна свойств для отверстий типа “Под крепёжные детали” в режиме задания глубины “На заданную длину”

В последнем режиме (опция ) необходимо дополнительно указать в 3D сцене грань, до которой необходимо прорезать отверстия. Выбранная грань будет помечена цветом (по умолчанию – *красным*).

Дополнительный режим учёта неплоских граней включается флажком **“Учесть неплоские грани”** в нижней части окна свойств операции. После установки флажка в окне свойств появляется дополнительное поле **“Удлинить на”**, в котором необходимо ввести величину припуска отверстия.



Создание отверстий через несколько тел одновременно

Выбрать дополнительные тела можно с помощью опции:

	<K>	Выбрать дополнительные тела

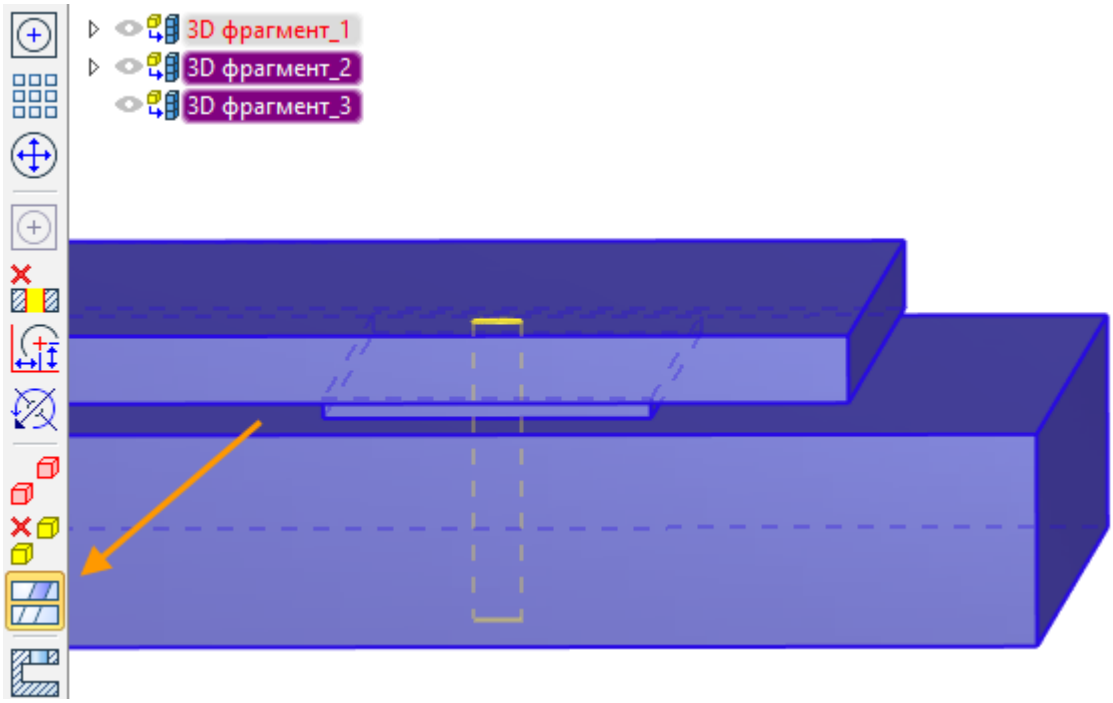
Тела можно выбирать как в дереве модели, так и прямо в 3D сцене.

Отменить выбор тел позволяет опция:

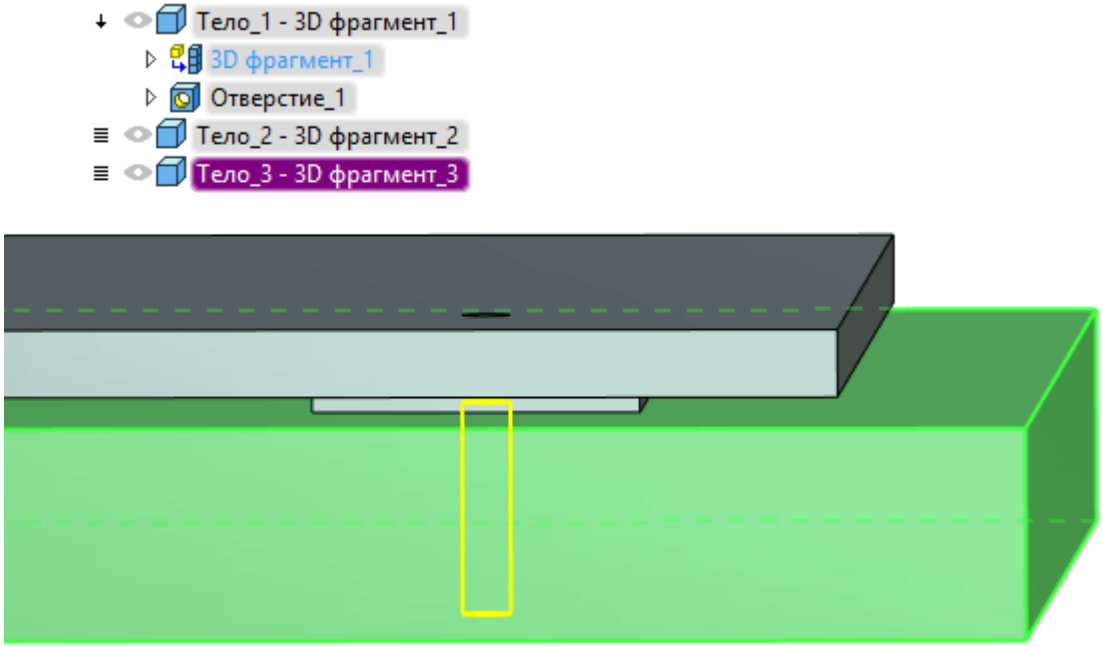
	<L>	Отменить выбор дополнительных тел

С помощью опции **Создавать соосные тела**  можно создавать соосные отверстия в нескольких телах или фрагментах, и при этом они не будут объединены в одно.

	<H>	Создавать соосные отверстия



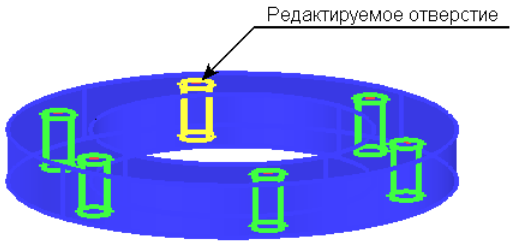
Для каждого тела создаётся независимое отверстие.



Параметризация поддерживается на уровне общих переменных. Т.е. если задать размеры отверстия через переменные, то эти переменные сохранятся для каждого из отверстий.

Выбор отверстия для изменения положения и ориентации отверстия

Изменение точки привязки и ориентации выполняется отдельно для каждого отверстия в создаваемом наборе. То отверстие, параметры которого можно редактировать в данный момент, выделяется в 3D сцене цветом. По умолчанию используется *жёлтый* цвет. Остальные отверстия набора – *зелёные*.



Обычно редактируемым является последнее созданное отверстие. Выбрать другое отверстие набора можно с помощью опции:

	<D>	Выбрать отверстие для редактирования

После активизации данной опции достаточно указать курсором на одно из созданных отверстий и нажать . Указанное отверстие будет выделено.

Удалить выбранное отверстие можно с помощью опции:

	<X>	Удалить отверстие

Изменение точки привязки отверстия

Полностью перезадать точку привязки отверстия можно с помощью опции:

	<R>	Изменить положение отверстия

После вызова данной опции необходимо указать новую точку привязки редактируемого отверстия.

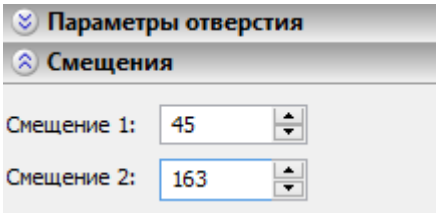
Изменить положение отверстия на текущей несущей грани можно с помощью опции:

	<C>	Задать смещение отверстия

После активизации данной опции в автоменю появятся вспомогательные опции для выбора рёбер, от которых будут откладываться смещения, и задания самого смещения:

	<D>	Выбрать ребро, определяющее первое смещение
	<F>	Выбрать ребро, определяющее второе смещение
	<G>	Задать смещение отверстия

Для задания смещений необходимо с помощью опций и последовательно указать в 3D сцене два боковых ребра несущей грани. Значения смещений можно задать, просто указав курсором необходимое положение центра отверстия на грани (при активной опции) или введя в окне свойств операции точные числовые значения смещений.



Выйти из режима задания смещений можно с помощью опции:

	<R>	Выйти из режима задания смещения отверстия

Изменение ориентации отверстия. Создание соосного отверстия

Для изменения ориентации отверстия используется следующая опция автоменю команды:

	<T>	Задать направление отверстия

После активизации данной опции в автоменю появятся вспомогательные опции для задания новой ориентации редактируемого отверстия.

Задать ориентацию отверстия по ЛСК можно с помощью опции:

	<L>	Выбрать систему координат для задания направления отверстия

После вызова опции необходимо указать требуемую ЛСК. Редактируемое отверстие будет ориентировано в соответствии с осями выбранной системы координат.

Ориентировать ось отверстия по 3D узлу поможет опция:

	<F>	Выбрать 3D узел для задания направления отверстия

Поворот отверстия вокруг выбранного положения оси задаётся с помощью опции:

	<G>	Выбрать 3D узел для задания угла поворота отверстия

Для быстрой смены ориентации всех отверстий набора используется опция:

	<A>	Выбрать систему координат для задания направления всех отверстий

Отверстие, соосное любой цилиндрической/конической грани, создаётся с помощью опции:

	<O>	Выбрать грань для создания соосного отверстия

После активизации данной опции необходимо указать в 3D сцене грань, на одной оси с которой должно находиться создаваемое отверстие.

Отказаться от выбранной ориентации можно с помощью следующих опций:

	<D>	Отменить задание направления отверстия
	<Q>	Отменить задание направления всех отверстий

Выйти из режима задания смещений можно с помощью опции:

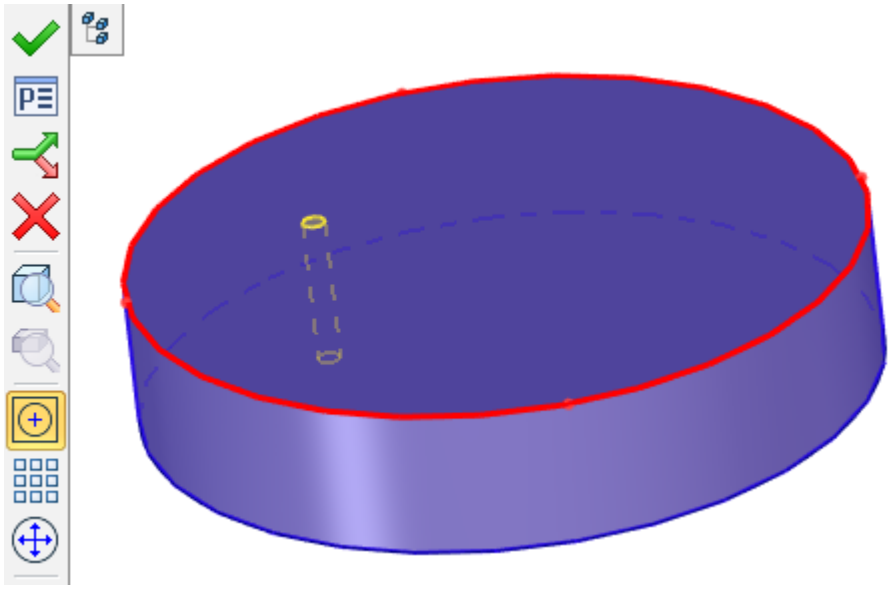
	<R>	Выйти из режима задания направления отверстий

Создание отверстий с заданным направлением

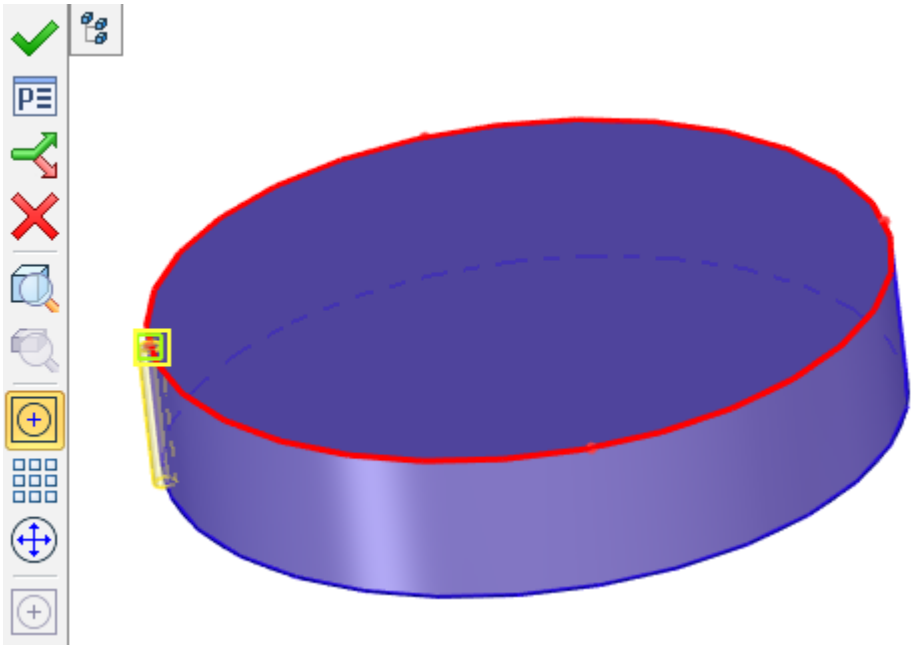
Иногда требуется создать отверстия по узлам, построенным на границе двух и более граней с учётом направления. Так как система не может автоматически определить направление, она подбирает первое подходящее решение. Однако пользователь может самостоятельно задать направление, выполнив следующую последовательность действий.

В данном примере мы построим массив отверстий по узлам, созданных на ребре тела. Узлы были созданы заранее.

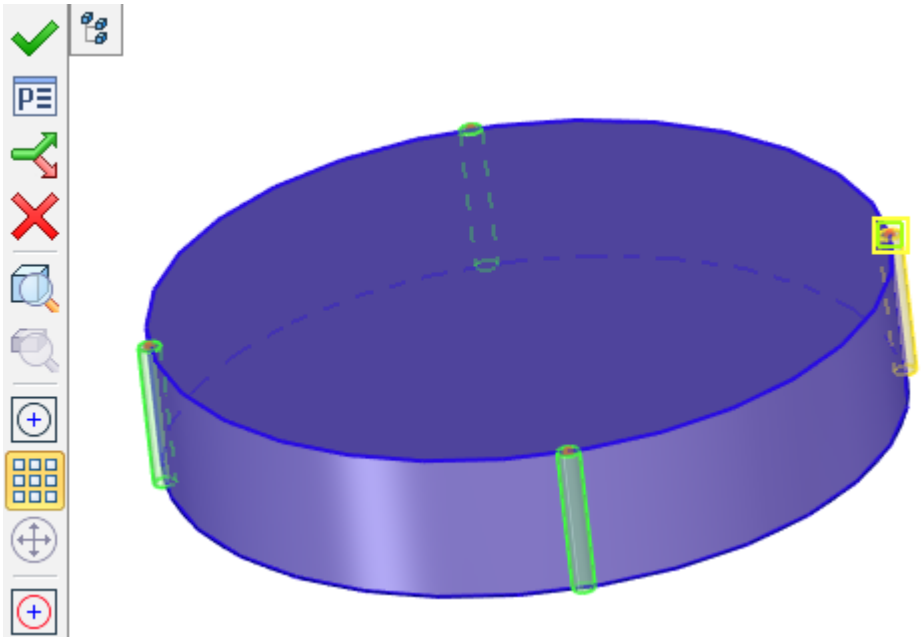
Шаг 1. Выбираем грань отверстия. Грань определяет направление отверстия.



Шаг 2 – Привязываем текущее отверстие к узлу массива. Система построит отверстия относительно выбранной грани.



Шаг 3 - Выбираем остальную часть массива.



Конфигурация библиотек

Опция автоменю **Конфигурация библиотек** отображает структуру библиотек, используемых в текущей операции. Опция позволяет указать фрагменты, которые попадут в выпадающий список быстрого доступа, а также подключить библиотеки пользователя с дополнительными фрагментами.

После вызова опции появляется окно **Конфигурации**. В нём отображается дерево со следующими папками конфигураций:

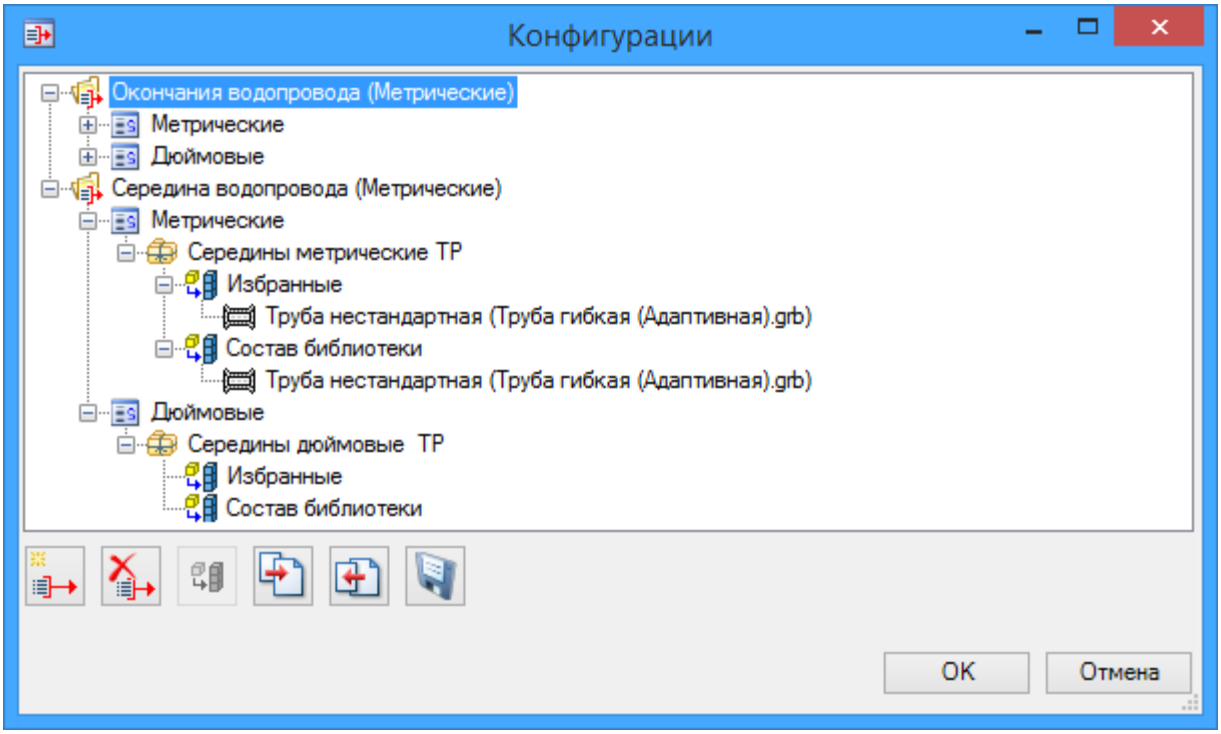
Конфигурация библиотеки. Зависит от команды, в которой было вызвано это окно.

Стандарт. Определяет набор библиотек привязанных к стандарту.

Подключённая библиотека. Содержит файлы с фрагментами для добавления в выпадающий список быстрого доступа.

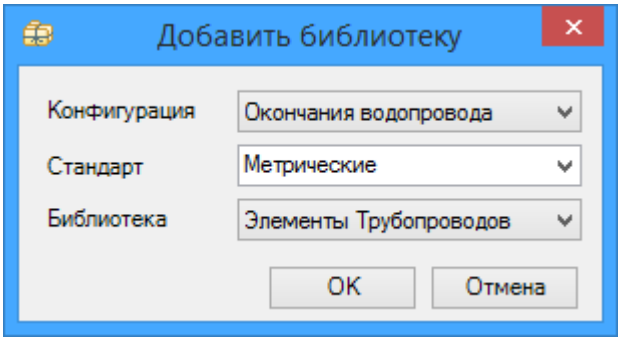
В папке каждой библиотеки есть группы “Избранные” и “Состав библиотеки”.

В группе “Состав библиотеки” отображаются все файлы фрагментов, находящиеся в выбранной библиотеке. В группе “Избранные” отображаются фрагменты, которые включены в список быстрого доступа.



Добавить библиотеку. После активации появляется окно **Добавить библиотеку**.

Нужно выбрать конфигурацию, стандарт и подключаемую библиотеку. По умолчанию в системе создано два стандарта: метрический и дюймовый. Для добавления нового стандарта необходимо ввести его имя в поле **Стандарт**. Выпадающий список в поле **Библиотека** содержит все библиотеки, которые подключены в окне **Меню документов**.



Удалить элемент. Удаляет выбранную конфигурацию, стандарт или библиотеку.

Добавить/удалить фрагмент как элемент по умолчанию. Позволяет выбрать фрагменты, которые будут добавлены в список для быстрого доступа и в группу “Избранное”.

Экспортировать конфигурацию библиотек позволяет экспортировать конфигурации во

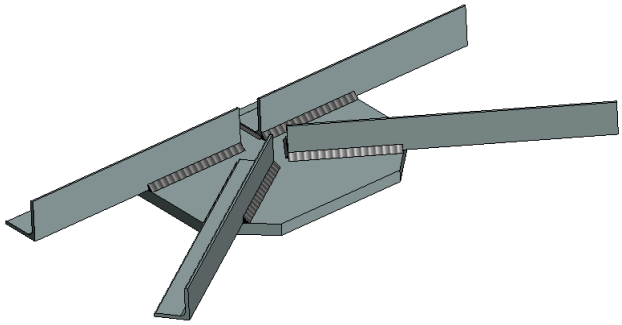
внешний файл формата *.xml.

**Импортировать конфигурацию библиотек** позволяет загрузить конфигурации из внешнего файла формата *.xml.

**Сохранить изменения**. Позволяет сохранить внесённые в конфигурациях изменения.

Сварка в 3D модели

Команды T-FLEX CAD для моделирования сварных швов позволяют создавать сварные швы не только на 2D чертеже, но и на 3D модели. В 3D сцене место сварки обозначается специальным «декоративным» телом с характерной текстурой.



Для 3D сварного шва можно создавать обозначение так же, как и для сварного шва на 2D чертеже. Обозначение можно проставить непосредственно на 3D модели (это будет 3D надпись) или на 2D проекции данной модели.

При создании таблицы сварных швов на одной из 2D страниц данного документа, 3D сварные швы попадают в неё наравне с 2D сварными швами.

Основные сведения о 3D сварных швах

3D сварной шов может создаваться различными способами. Все способы создания 3D сварных швов можно разделить на группы:

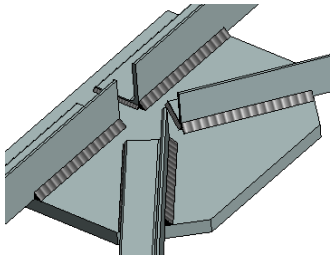
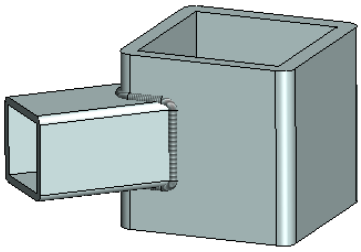
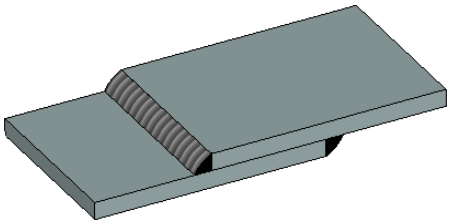
- ✓ 3D сварные швы, созданные по граням 3D модели;
- ✓ 3D сварные швы по направляющим: “по одной направляющей” и “по трём направляющим”;
- ✓ 3D сварные швы, созданные по рёбрам, 3D путям, 3D профилям, операциям;
- ✓ 3D сварные швы, созданные по уже существующим 3D сварным швам.

Для 3D сварных швов по граням и по направляющим в 3D сцене создаётся новое “косметическое” тело. Такие швы не влияют на остальную часть 3D модели и не включаются в историю 3D модели. В дереве 3D модели тело сварного шва помещается в отдельную папку “Сварные швы”.

> Для тела сварного шва используется материал “WeldMaterial” из стандартной библиотеки материалов T-FLEX CAD.

При создании 3D сварного шва другими способами новое тело не создаётся. Изображением сварного шва в 3D сцене будут те элементы модели, по которым он создан.

Используя различные способы создания 3D сварных швов T-FLEX CAD, можно имитировать на 3D модели различные виды сварных соединений.

Для любого 3D сварного шва можно указать, к какому *типу сварных швов* он принадлежит. Тип определяет все основные характеристики шва (тип сварного соединения, конструктивные элементы, обозначение). Принадлежность сварного шва к определённому типу не зависит от способа создания шва.

> Тип сварного шва создаётся как отдельный элемент модели. Типы швов, определённые в документе, являются общими и для 2D, и для 3D сварных швов. Подробно о создании типов сварных швов рассказано в главе “Сварка” руководства “Основы. Двухмерное проектирование и черчение”.

Тип 3D сварного шва можно не указывать. Такой 3D шов называется *нестандартным*. Нестандартный 3D сварной шов не заносится в таблицу сварных швов. Кроме того, нестандартные 3D сварные швы не отображаются в дереве швов окна “Сварные швы”.

Нестандартные 3D сварные швы можно использовать для декорирования 3D модели. Например, пользователь хочет прорисовать сварной шов на модели только для большей её наглядности, не планируя в дальнейшем создавать документацию по сварным швам. В такой ситуации нецелесообразно тратить время на создание типа сварного шва. Достаточно задать на 3D модели нестандартный 3D сварной шов.

> Следует отличать “нестандартный” 3D сварной шов от 3D сварного шва, созданного по нестандартному типу шва, параметры которого были заданы пользователем произвольно. 3D сварной шов нестандартного типа заносится в таблицу сварных швов.

Способы создания 3D сварных швов

Создание 3D сварных швов по граням

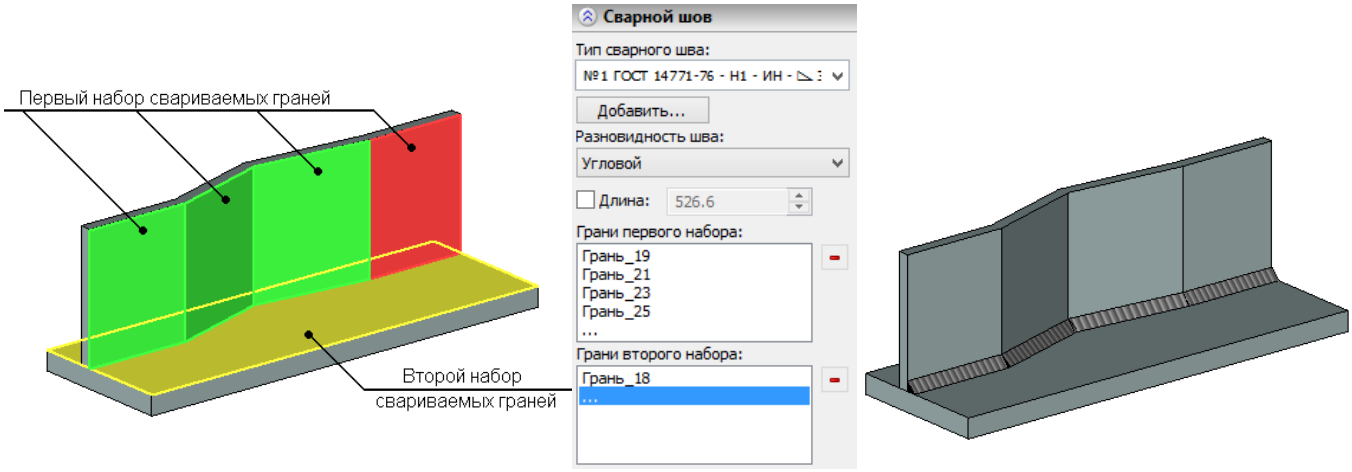
Существует три способа создания 3D сварного шва по граням 3D модели:

- ✓ Создание углового шва;
- ✓ Создание углового прерывистого шва;
- ✓ Создание стыкового шва.

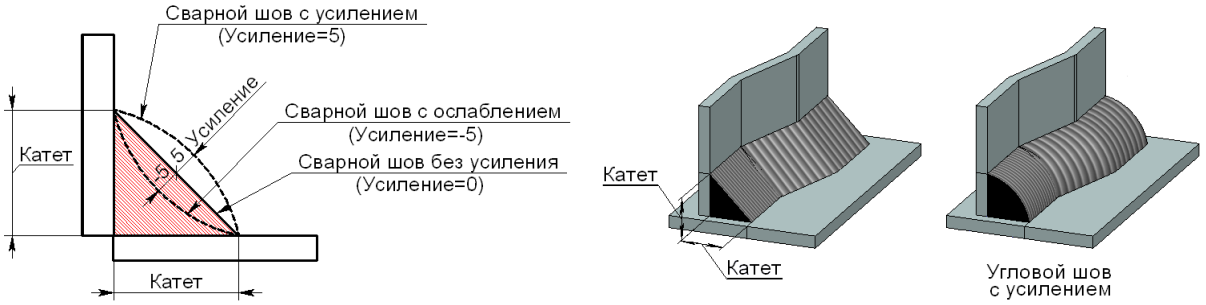
Во всех способах сварной шов создаётся на основе двух наборов свариваемых граней. Наборы определяют грани, которые должны быть “соединены” сварным швом. Количество граней в наборах может не совпадать. Выбранные грани должны принадлежать одному или двум Телам.

Угловой шов

При создании углового шва указываются два набора свариваемых граней, катет шва и величина усиления/ослабления. В результате строится сварной шов между поверхностями указанных наборов граней, величина которого соответствует заданному катету.

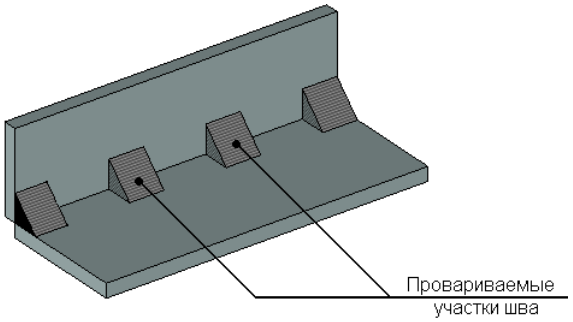


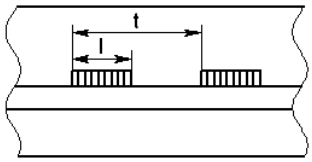
Значения катетов отсчитываются от линии пересечения граней (см. рисунки). Ослабление/усиление создаваемого сварного шва указывается как максимальное отклонение линии скругления шва от прямой линии. Положительное значение отклонения соответствует усилению шва, отрицательное – ослаблению.



Прерывистый угловой шов

Прерывистый угловой шов представляет собой угловой шов, проваренный не целиком, а отдельными участками. Поэтому создаётся он в основном так же, как и угловой шов. Дополнительно необходимо указать *размер провариваемого участка* и *размер шага*. Обратите внимание, что для некоторых типов сварных швов эти параметры могут быть определены и в параметрах самого типа (если этого требует соответствующий ГОСТ). В этом случае значения, заданные для самого шва, “перекрывают” значения, заданные для типа этого шва.



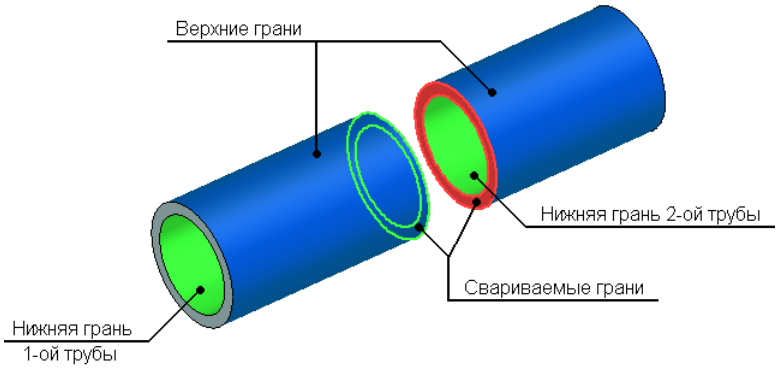


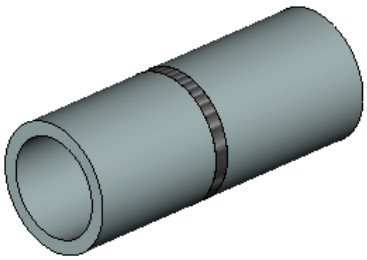
Параметры прерывистового углового шва:
l - шаг, t - размер провариваемого участка

Стыковой шов

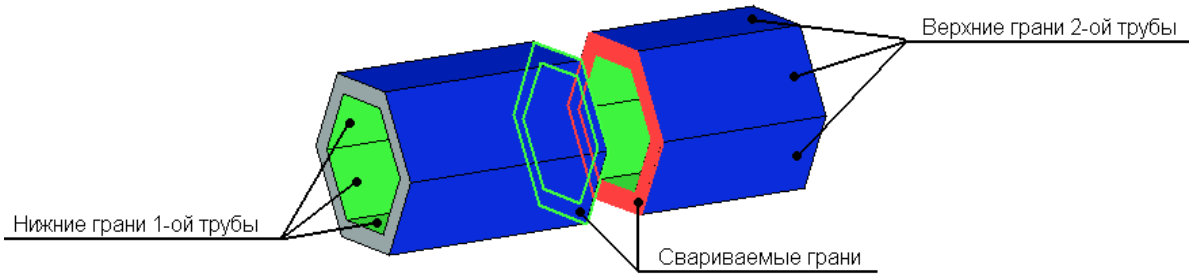
Стыковой шов соединяет целиком поверхности, заданными двумя наборами свариваемых граней. Для обеспечения правильной ориентации шва дополнительно надо указать *верхние* и *нижние* грани для каждого набора свариваемых граней. Они задают необходимое соответствие для построения тела сварного шва. В качестве верхних и нижних граней выбираются грани, имеющие со свариваемыми общие рёбра.

Например, при создании стыкового шва между двумя трубами с круглым сечением в качестве верхних граней выбираются внешние цилиндрические грани обоих тел. Нижними гранями в этом случае будут внутренние цилиндрические грани. Можно выбрать и наоборот, главное – соответствие внешней грани одного тела с внешней гранью другого тела, а внутренней грани – с внутренней.

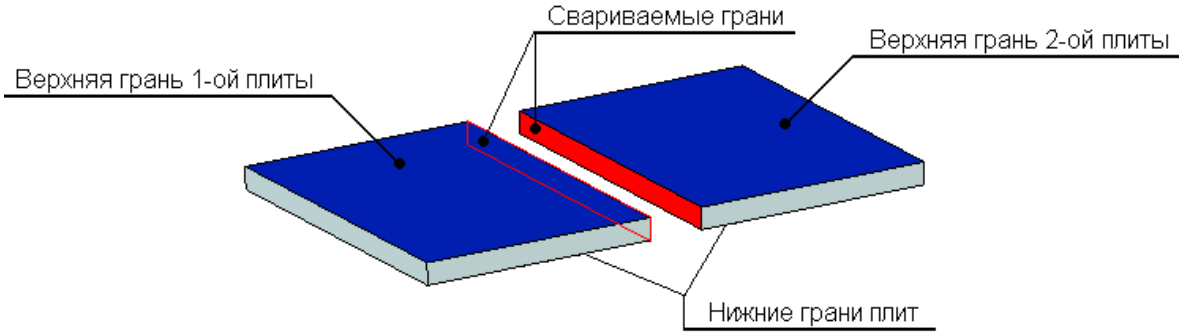




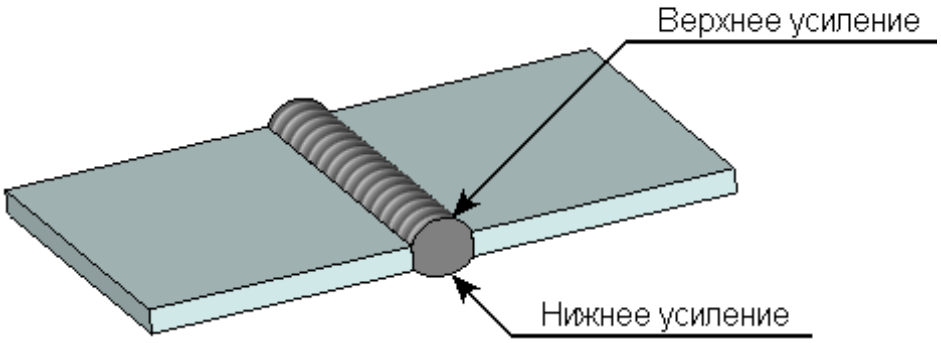
При создании стыкового шва между двумя трубами с некруглым сечением в качестве верхних граней выбираются все внешние грани обеих труб, в качестве нижних граней – все внутренние грани. Если на каждом теле необходимо указать несколько верхних граней, то порядок выбора граней одного тела должен совпадать с порядком выбора граней другого тела. То же самое справедливо и для случая выбора нескольких нижних граней на каждом теле.



При создании стыкового сварного шва между двумя плитами в качестве верхних и нижних граней выбираются те грани тела, вдоль которых будет проходить создаваемый сварной шов. Обратите внимание, что верхняя грань на одной плите должна быть с той же стороны шва, что и верхняя грань на другой плите.



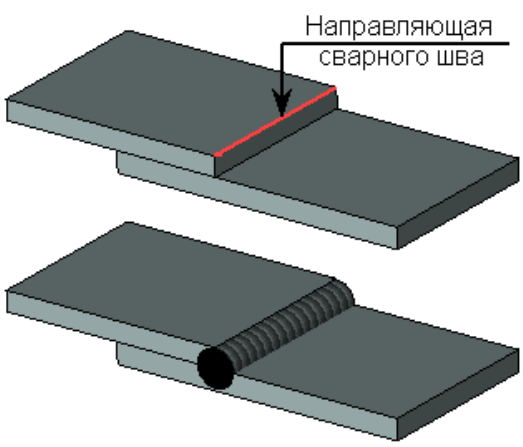
Для стыкового шва можно дополнительно указать величину усиления/ослабления шва с обеих сторон свариваемых деталей (т.е. со стороны верхних и нижних граней).



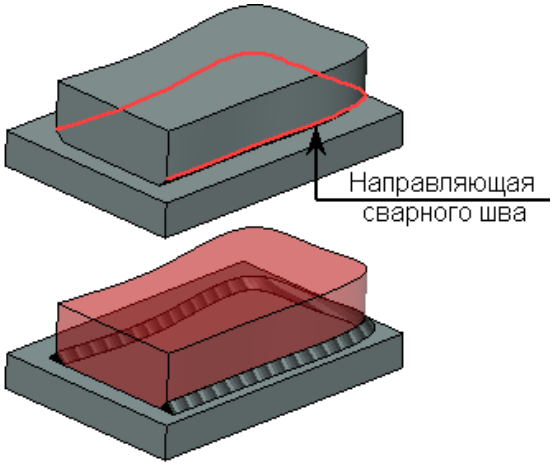
Создание 3D сварных швов по направляющим

Сварной шов по одной направляющей

При создании сварного шва по направляющей тело сварного шва создаётся перемещением профиля шва вдоль произвольной направляющей. Направляющая шва может быть замкнутой.



Сварной шов с круглым профилем

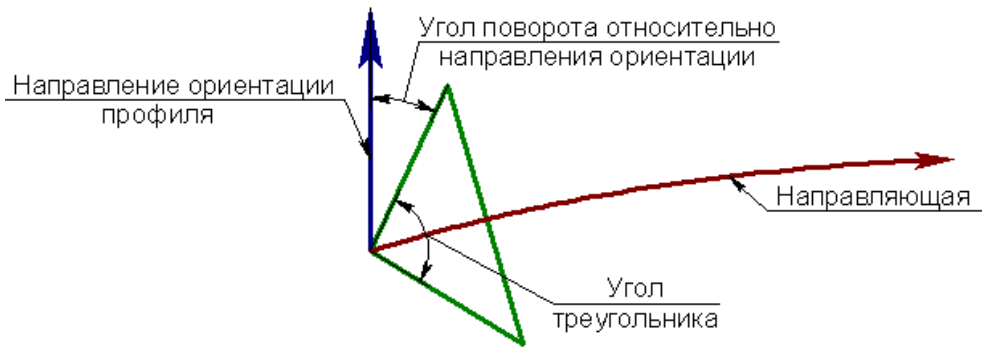


Сварной шов с треугольным профилем

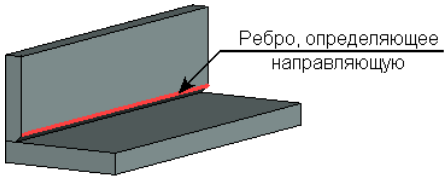
В качестве направляющей можно указывать рёбра, 3D пути, 3D профили и т.п. Направляющую можно задать набором 3D элементов (рёбер, путей и т.п.), при условии, что все выбранные элементы образуют непрерывную последовательность.

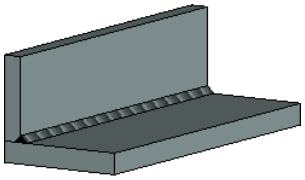
Форма профиля выбирается из вариантов, предлагаемых системой: окружность или равнобедренный треугольник. Для круглого профиля шва указывается радиус, для треугольного профиля – размер боковой стороны и величину угла между боковыми сторонами.

Для точной ориентации треугольного профиля дополнительно нужно указать направление ориентации профиля и угол поворота профиля относительно этого направления. При построении шва вершина треугольника совмещается с точкой на направляющей, а одна из сторон треугольника – с заданным вектором направления, а затем профиль доворачивается на требуемый угол.

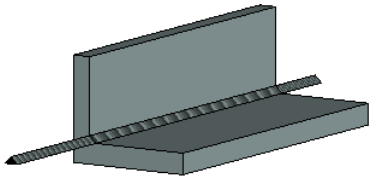


Длина создаваемого сварного шва равна длине направляющей. В ситуациях, когда необходимо создать шов длиннее направляющей, можно указать величину расширений на концах направляющей. Тело сварного шва будет удлиненно по касательным к направляющей в её конечных точках на величину заданных расширений.





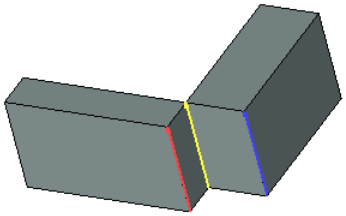
Сварной шов без расширений



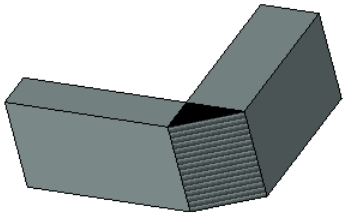
Сварной шов с расширениями с обеих сторон

Сварной шов по трём направляющим

Для создания сварного шва данного типа указываются три направляющие. Треугольное в сечении тело шва формируется таким образом, чтобы его боковые рёбра совпали с направляющими.



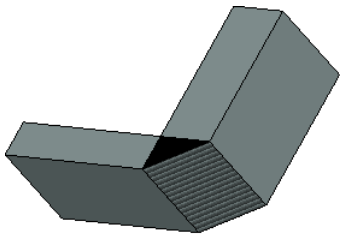
В качестве направляющих выбраны
рёбра свариваемых тел

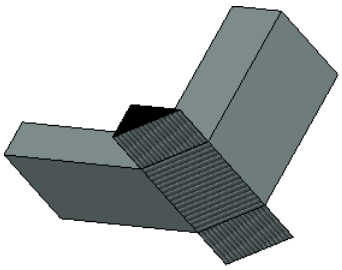


В качестве направляющих можно указывать рёбра, 3D пути, 3D профили и т.п. Направляющие можно задавать набором элементов (рёбер, путей и т.п.), при условии, что все элементы одной направляющей образуют непрерывную последовательность.

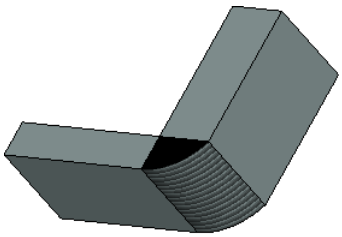
Длина создаваемого сварного шва равна длине первой направляющей. В ситуациях, когда необходимо создать шов длиннее направляющей, можно указать величину расширений на концах направляющей. Тело сварного шва будет удлиненно (параллельным переносом торцевых сечений) на величину заданных расширений.

Для сварного шва данного типа можно указать величину усиления/ослабления на стороне шва, лежащей между первой и второй направляющей.





Сварной шов с расширениями
на обоих концах



Сварной шов с усилением

Создание 3D сварных швов по рёбрам, 3D путям, 3D профилям, операциям

3D сварной шов, создаваемый по рёбрам, 3D путям, 3D профилям, операциям можно использовать в тех случаях, когда требуемое изображение сварного шва невозможно построить по граням модели. С его помощью можно указать, что какие-то уже существующие элементы 3D модели являются сварным швом. Для большей информативности при создании составного шва можно

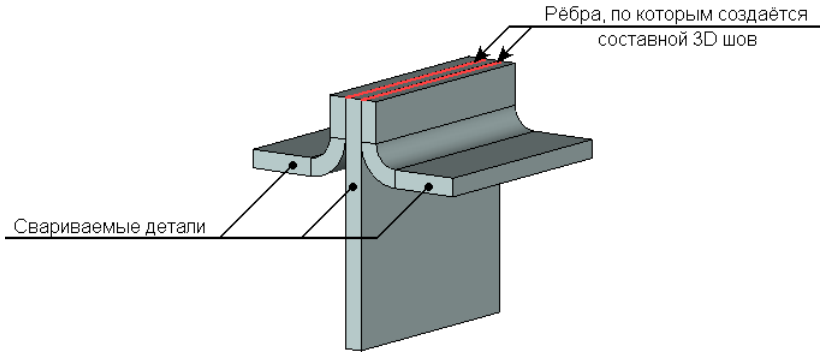
указать, какие детали он соединяет. Обратите внимание, что такой 3D сварной шов не может быть нестандартным.

При создании 3D сварного шва в 3D сцене не создаётся дополнительное “декоративное” тело шва. Однако такой шов можно “увидеть” – при выборе его в окне сварных швов в 3D сцене будут подсвечиваться соответствующие 3D объекты.

> При необходимости телу, определяющему 3D сварной шов, можно самостоятельно назначить материал “WeldMaterial”.

3D сварной шов, созданный по рёбрам, 3D путям, 3D профилям, операциям заносится в таблицу сварных швов наравне с другими видами сварных швов. Длина составного шва в режиме автоматического расчёта определяется как сумма периметров или длин всех составляющих его элементов 3D модели, кроме тел (операций). Тела, входящие в состав составного сварного шва, при автоматическом расчёте его длины не учитываются.

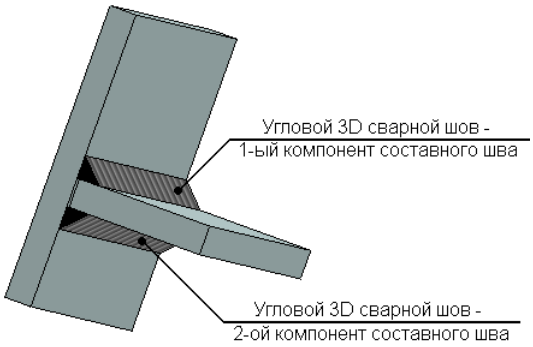
В качестве примера рассмотрим создание торцевого сварного шва. Допустим, необходимо создать сварной шов, соединяющий три детали (картинка ниже). Ни угловой, ни стыковой 3D швы в данном случае не подходят. Поэтому создадим 3D сварной шов по двум рёбрам и дополнительно укажем, какие тела должны быть сварены данным швом.



Создание 3D сварных швов по существующим 3D сварным швам

3D сварной шов может быть создан на основе набора уже существующих 3D сварных швов. Такой шов не может быть нестандартным. Как и в предыдущем случае, при создании такого 3D сварного шва дополнительное тело в 3D сцене не создаётся.

В качестве примера такого шва можно рассмотреть создание в T-FLEX CAD таврового двухстороннего сварного шва. Тавровый шов можно имитировать с помощью пары угловых сварных швов. Для того, чтобы в дальнейшем эта пара воспринималась системой как единый шов, следует дополнительно объединить их в один составной шов.



Для большей информативности при создании составного шва можно указать, какие детали он соединяет.

Длина составного шва в режиме автоматического расчёта определяется как сумма длин всех составляющих его 3D сварных швов. Параметры составного шва определяются типом данного шва. Параметры исходных сварных швов игнорируются.

В таблицу сварных швов в общем случае заносятся и исходные 3D сварные швы, и результирующий сварной шов, созданный на их основе. Чтобы избежать дублирования, рекомендуется в качестве исходных швов использовать нестандартные 3D сварные швы. В этом случае в таблицу сварных швов они не попадут.

Создание 3D сварного шва

Создание 3D сварного шва осуществляется с помощью команды **W3: Создать 3D сварной шов**:

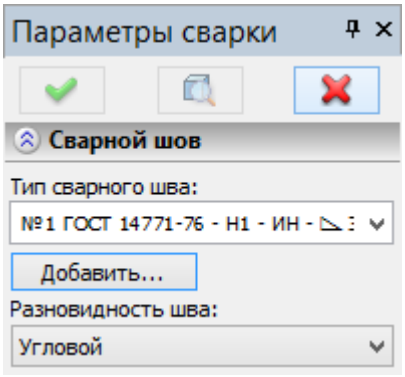
Пиктограмма	Лента
	Сборка → Сборка → Сварной шов → Сварной шов
Клавиатура	Текстовое меню
<W3>	Сервис > Сварка > 3D Сварной шов

Для создания 3D сварного шва необходимо:

- ✓ Задать тип создаваемого сварного шва;
- ✓ Выбрать способ создания сварного шва;
- ✓ Выбрать исходные геометрические объекты шва (зависит от способа создания шва);
- ✓ Задать длину шва (если это необходимо);
- ✓ Задать дополнительные параметры шва (катет, усиление или другие параметры в зависимости от разновидности шва);
- ✓ Подтвердить создание сварного шва.

Выбор типа 3D сварного шва

Тип создаваемого сварного шва выбирается в окне свойств команды в выпадающем списке **Тип сварного шва**. Список содержит все созданные в текущем документе T-FLEX CAD типы сварных швов.



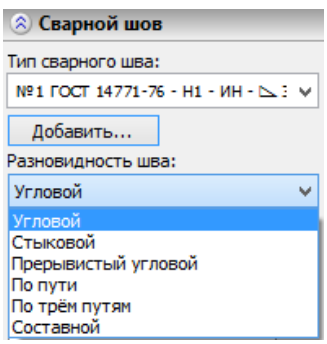
Если требуемый тип сварного шва ещё не создан, можно воспользоваться кнопкой **[Добавить...]**. При нажатии на эту кнопку будет запущена команда создания нового типа сварного шва. После завершения создания типа система вернётся в команду создания шва. Созданный тип шва будет автоматически выбран.

Если на момент запуска команды **W3: Создать 3D сварной шов** в текущем документе не определено ни одного типа сварного шва, то будет автоматически запущена команда создания типа шва.

> О создании нового типа сварного шва подробно рассказано в главе “Сварка” руководства “Основы. Двухмерное проектирование и черчение”.

Помимо созданных пользователем типов швов, список “Тип сварного шва” содержит дополнительный вариант **Нестандартный**. Он используется для создания нестандартных 3D сварных швов.

Выбор способа создания 3D сварного шва



Выбор способа создания 3D сварного шва осуществляется с помощью выпадающего списка **Разновидность шва** в окне свойств команды.

Для того, чтобы создать 3D сварной шов по граням модели, необходимо выбрать в списке один из следующих вариантов – **Угловой** (создание углового сварного шва), **Прерывистый угловой** (создание прерывистого углового шва), **Стыковой** (создание стыкового сварного шва).

Сварные швы по направляющей или по трём направляющим можно создать, выбрав в списке варианты **По пути** и **По трём путям** соответственно.

Для создания 3D сварного шва по существующим элементам 3D модели (кроме граней) следует выбрать вариант **Составной**.

> Вариант “Составной” отсутствует в списке, если в поле “Тип сварного шва” установлено “Нестандартный”.

Выбор исходных геометрических объектов сварного шва. Дополнительные параметры шва

Набор исходных геометрических объектов создаваемого шва, а также дополнительные параметры шва, зависят от способа создания этого шва. Поэтому рассмотрим отдельно разные способы создания 3D сварного шва.

Сварные швы по граням. Угловой и угловой прерывистый сварные швы

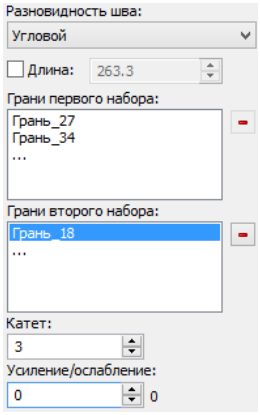
При выборе в списке пункта “Угловой” или “Угловой прерывистый” в автоменю команды становятся доступны следующие опции для выбора двух наборов свариваемых граней:

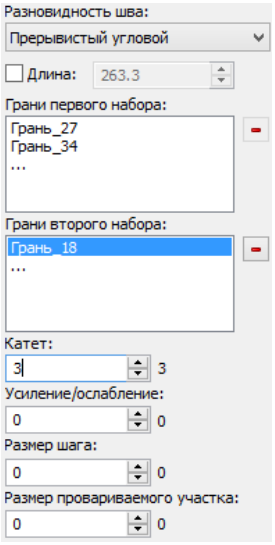
	<1>	Выберите грани первого набора
	<2>	Выберите грани второго набора

Выбранные грани заносятся в списки **Грани первого набора** и **Грани второго набора**. Для отказа от выбора какой-либо грани необходимо указать её в соответствующем списке с помощью  и нажать кнопку .

Величину **катета** и **усиления** сварного шва можно задать с помощью одноимённых параметров окна свойств.

Для углового прерывистого шва дополнительно можно указать **размер шага** и **размер провариваемого участка**.





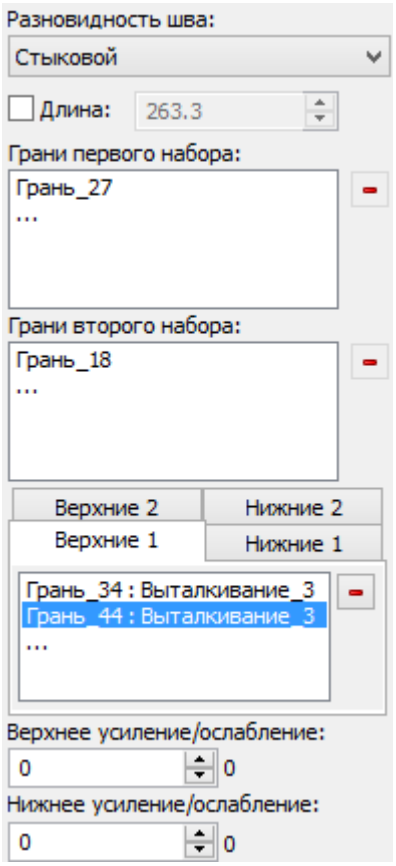
Сварные швы по граням. Стыковой шов

Два набора свариваемых граней стыкового шва выбираются с помощью тех же опций  и , что и для угловых швов. Дополнительно в автоменю будут присутствовать опции для выбора верхних и нижних граней свариваемых тел:

	<T>	Выберите верхние грани первого набора
	<B>	Выберите нижние грани первого набора
	<Y>	Выберите верхние грани второго набора
	<N>	Выберите нижние грани второго набора

Выбранные грани помещаются в списки **Верхние 1**, **Верхние 2**, **Нижние 1**, **Нижние 2**. Для отказа от выбора какой-либо грани необходимо указать её в соответствующем списке с помощью и нажать кнопку **[Удалить]**.

В окне свойств для стыкового шва также можно задать **верхнее усиление** (т.е. усиление шва со стороны верхних граней) и **нижнее усиление** (усиление шва со стороны нижних граней).



Сварной шов по направляющей

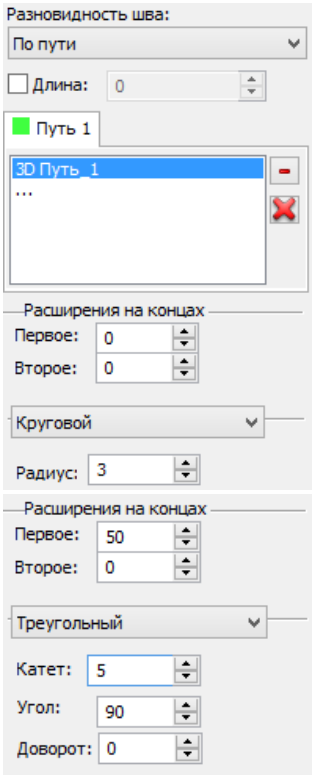
Для создания шва по направляющей необходимо установить в списке “Разновидность шва” вариант “По пути”. После этого в автоменю команды станет доступна опция для выбора направляющей:

	<T>	Выбрать направляющую

Выпадающий список данной опции содержит фильтры выбора 3D объектов – циклов, рёбер, 3D путей, 3D профилей и т.д. Выбранные в качестве элементов направляющей объекты заносятся в список **"Путь 1"** в окне свойств команды. Для отказа от выбора какого-либо 3D объекта необходимо указать его в этом списке с помощью и нажать кнопку .

Полностью отменить выбор направляющей можно, нажав кнопку в окне свойств или с помощью опции автоменю:

	<D>	Отменить выбор направляющей



Если длина выбранной направляющей недостаточна, можно увеличить длину шва, указав величину расширений. Это можно сделать с помощью параметров группы **Расширения на концах** в окне свойств команды.

Группа параметров в нижней части раздела **Сварной шов** окна свойств позволяет выбрать тип профиля шва: **Круговой** (окружность) или **Треугольный**. При выборе **кругового** профиля необходимо указать его **радиус**.

Для **треугольного** профиля указываются величина боковой стороны треугольника (параметр **Катет**), угол между сторонами треугольника (**Угол**) и угол поворота относительно направления ориентации профиля (**Доворот**).

Направление ориентации треугольного профиля указывается с помощью опции автоменю:

	<R>	Выбрать направление, задающее ориентацию профиля

Отказаться от выбранного направления можно с помощью опции:

	<U>	Отменить выбор направления, задающего ориентацию профиля

Сварной шов по трём направляющим

Для создания шва по трём направляющим необходимо установить в списке "Разновидность шва" вариант "По трём путям". После этого в автоменю команды станут доступны опция выбора направляющих:

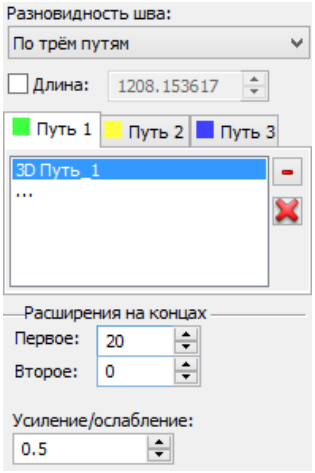
	<T>	Выбрать первую направляющую
	<D>	Отменить выбор первой направляющей
	<W>	Выбрать вторую направляющую
	<K>	Отменить выбор второй направляющей

	<A>	Выбрать третью направляющую
	<M>	Отменить выбор третьей направляющей

Выбранные объекты заносятся в списки **Путь 1**, **Путь 2**, **Путь 3** в окне свойств команды.

Длина создаваемого шва будет равна длине первой направляющей. Увеличить длину можно, указав величину расширений на концах пути с помощью параметров группы **Расширения на концах**.

В диалоге окна свойств для сварного шва по трём направляющим также можно задать **усиление/ослабление** шва.



Сварные швы по рёбрам, 3D путям, 3D путям, 3D профилям, операциям, 3D сварным швам

Для создания шва по рёбрам, 3D путям, 3D профилям, операциям и уже существующим 3D швам необходимо установить в списке “Разновидность шва” вариант “Составной”. После этого в автоменю команды станут доступны опции для выбора исходных объектов 3D модели:

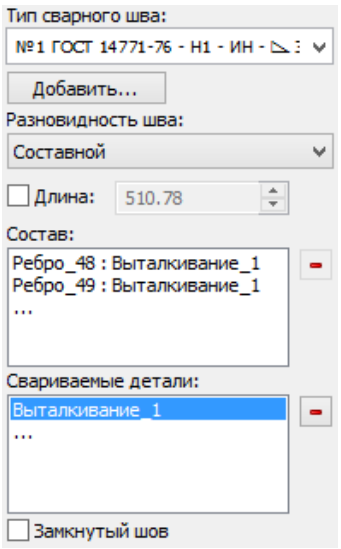
	<C>	Выбрать компоненты составного шва

Выпадающий список данной опции содержит фильтры выбора 3D объектов – 3D сварных шов, рёбер, 3D путей, 3D профилей, операций.

Выбранные в качестве составляющих 3D сварного шва объекты заносятся в список “Состав” в окне свойств команды. Для отказа от выбора какого-либо 3D объекта необходимо указать его в этом списке с помощью и нажать кнопку .

Детали, которые будут соединяться создаваемым швом, можно указать с помощью опции:

	<D>	Выбрать свариваемые детали



Дополнительно для составного шва можно указать, что он является замкнутым, установив флажок “**Замкнутый шов**”.

Задание длины сварного шва

Способ расчёта длины шва определяется состоянием флажка **Длина**. Когда флажок отключен, длина шва рассчитывается системой автоматически. При включенном флажке значение длины задаётся пользователем в поле ввода справа от флажка.

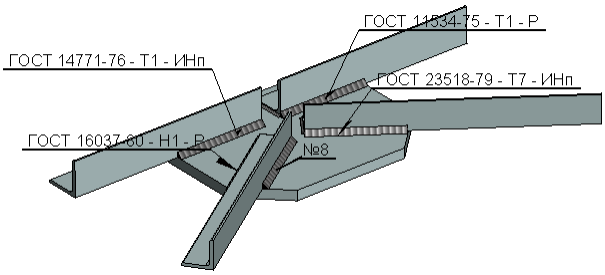
Создание обозначения 3D сварного шва

Обозначение 3D сварного шва создаётся с помощью той же команды, что и обозначение 2D сварного шва:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<WN>	Сервис > Сварка > Обозначение сварного шва	

Работа с этой командой описана в главе “Сварка” руководства “Основы. Двухмерное проектирование и черчение”.

Обозначение 3D сварного шва представляет собой 3D надпись, текст которой формируется автоматически на основе параметров сварного шва.



Обозначение 3D сварного шва может быть проставлено и как 2D надпись на 2D проекции при выборе в команде создания обозначения линий проекции, соответствующих 3D сварному шву.

Создание таблицы сварных швов

Подробно о создании таблицы сварных швов рассказано в главе “Сварка” руководства “Основы. Двухмерное проектирование и черчение. Здесь напомним только, что таблица сварных швов создаётся с помощью команды **WT: Создать таблицу сварных швов**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<WT>	Сервис > Сварка > Таблица сварных швов	

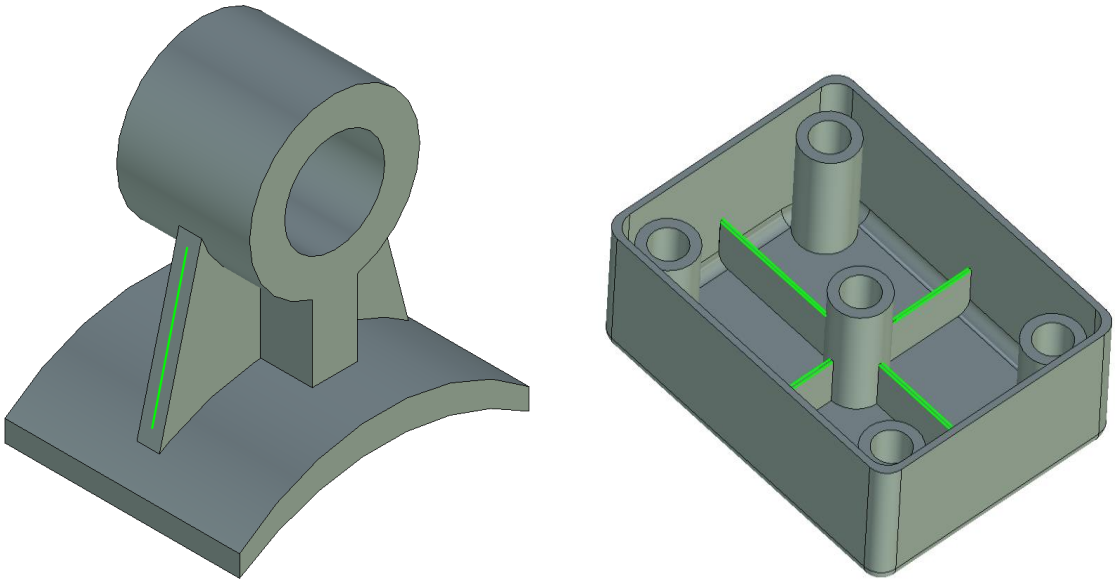
С помощью данной команды можно создать таблицу сварных швов в текущем документе T-FLEX CAD или экспортировать её в документ Excel.

В таблицу сварных швов заносятся все 2D сварные швы и стандартные 3D сварные швы.

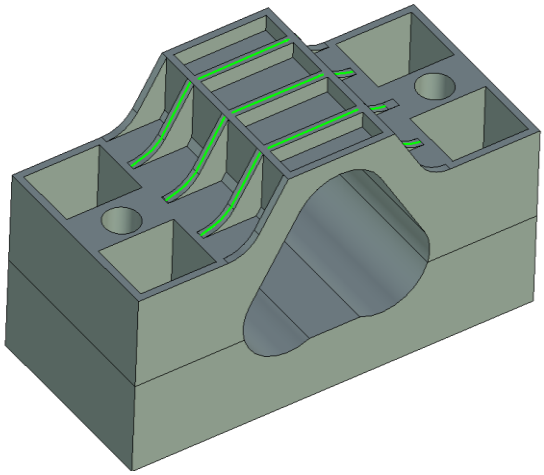
Ребро жёсткости

Ребро жёсткости представляет собой элемент, полученный методом расширения контура до пересечения с гранями исходного тела в заданном направлении.

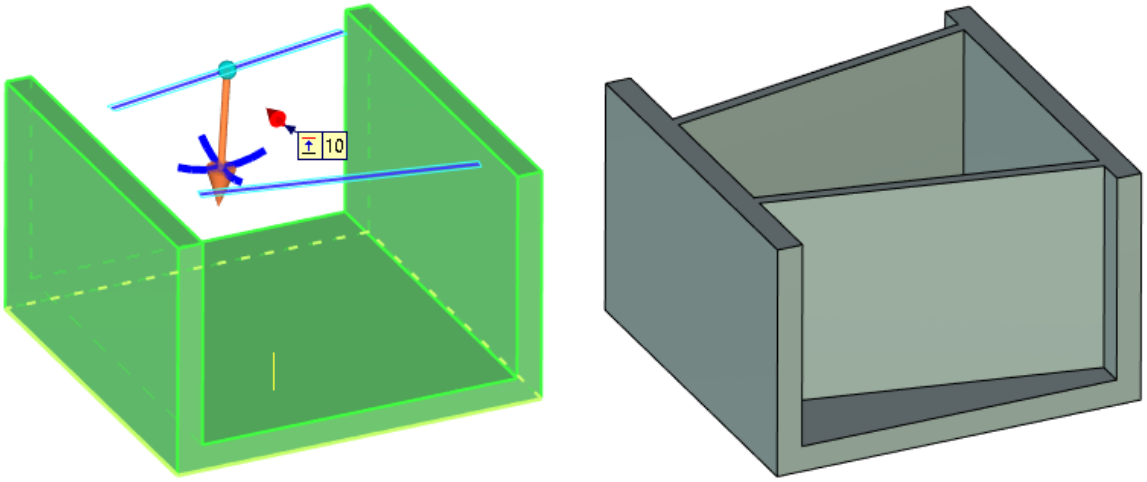
Ребро может создаваться на основе как замкнутых, так и разомкнутых контуров. Результатом выполнения операции является твёрдое тело, полученное с использованием булевой операции объединения созданного ребра жёсткости с исходным телом.



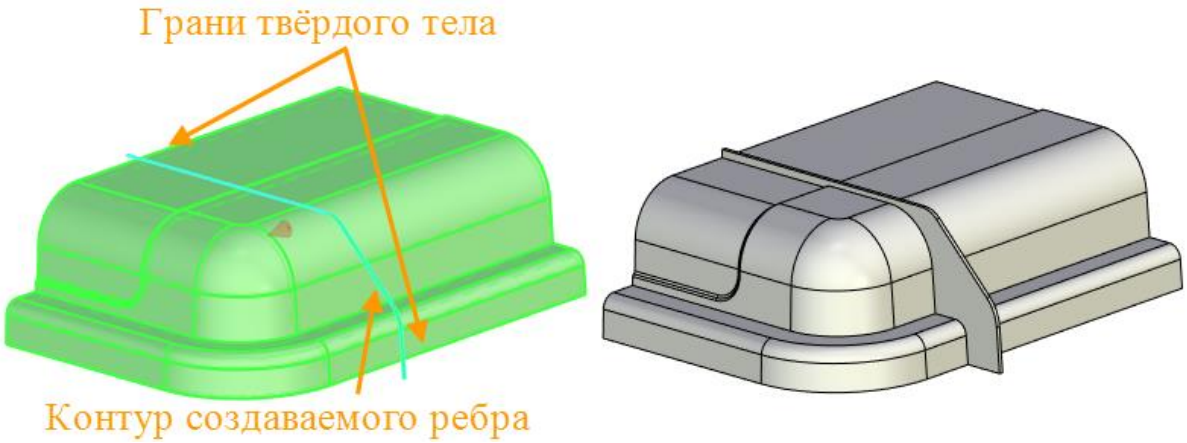
Пользователь задаёт направление расширения исходного контура и его толщину. Путём выбора нескольких контуров можно создавать сетку рёбер жёсткости. Толщина для нескольких объектов в этом случае задаётся сразу же для всей сетки.



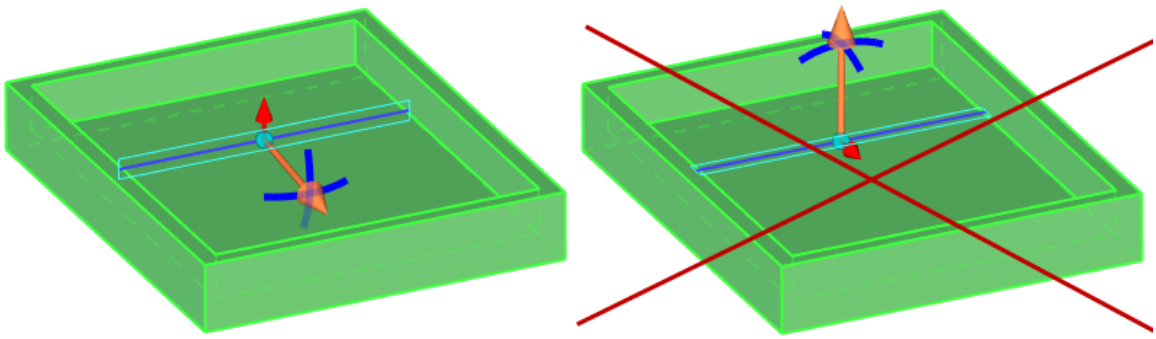
Контур может состоять из нескольких частей. В этом случае для всех частей контура задаётся одно общее направление на твёрдое тело.



Контур создаваемого ребра жёсткости не обязательно ограничивать стенками твёрдого тела. Достаточно, чтобы система могла автоматически определить границы создаваемого ребра. На картинке ребро жёсткости ограничено плоскостями, в которых лежат грани твёрдого тела.



Необходимо помнить, что если границы не могут быть автоматически определены, то построение ребра будет невозможно.



Создание ребра жёсткости

Перед построением ребра жёсткости детали требуется создать контур, определяющий форму этого ребра.

Для создания ребра жёсткости используется команда **3ST: Создать ребро жёсткости**. Вызов команды:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Ребро
Клавиатура	Текстовое меню
<3ST>	Операции > Ребро жёсткости

Для создания операции необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- ✓ Выбрать исходное тело
- ✓ Выбрать образующий контур
- ✓ Выбрать направление контура
- ✓ Задать толщину ребра жёсткости
- ✓ Задать дополнительные возможности операции (необязательное действие)
- ✓ Подтвердить создание операции

Выбор исходного тела

Для создания ребра жёсткости в первую очередь необходимо выбрать исходное тело. После вызова команды в автоменю автоматически активизируется опция:

	<S>	Выбрать тело

Выбор контура

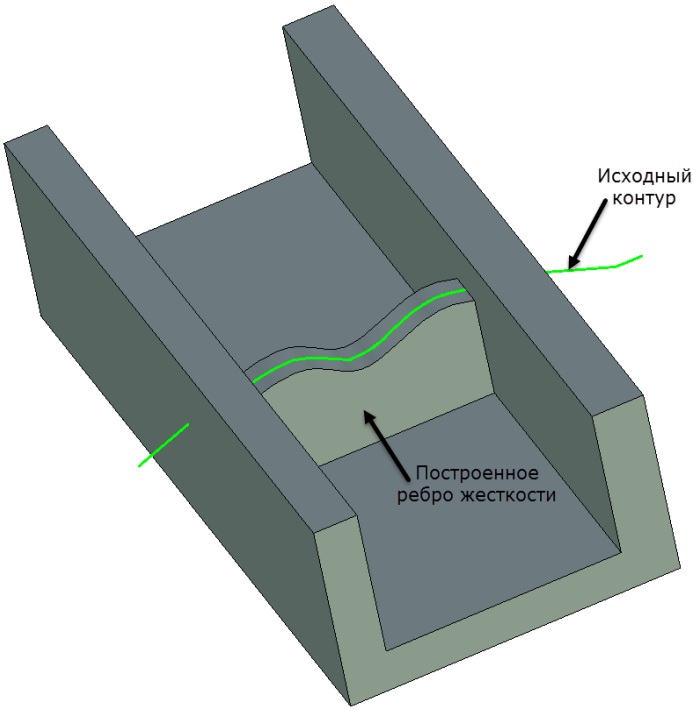
После выбора исходного тела автоматически активизируется опция выбора контура, определяющего форму создаваемого ребра жёсткости.

	<C>	Выбрать образующий контур

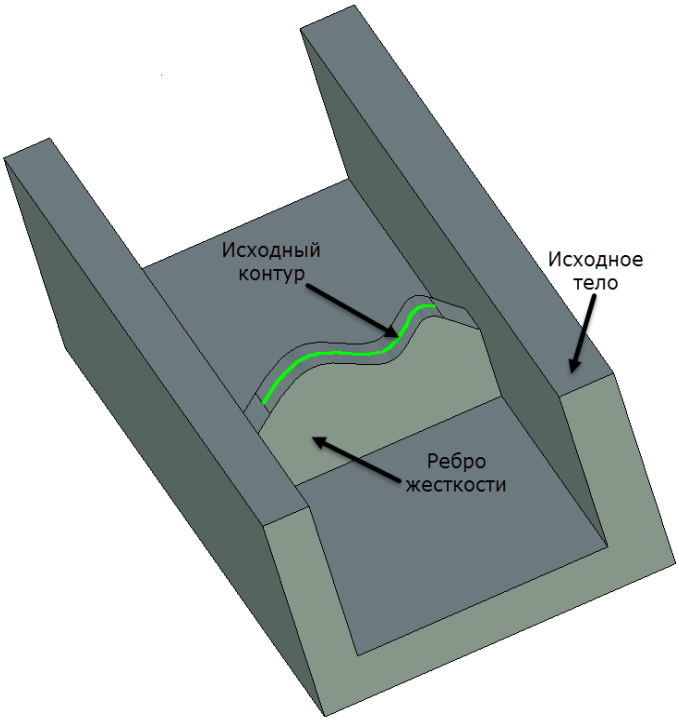
В качестве контура могут быть использованы 3D профили, грани, ребра, пути, циклы. Если в модели существует единственный профиль, то он тоже будет выбран автоматически.

После выбора первого контура данная опция остаётся активной и, при необходимости, можно выбрать несколько контуров.

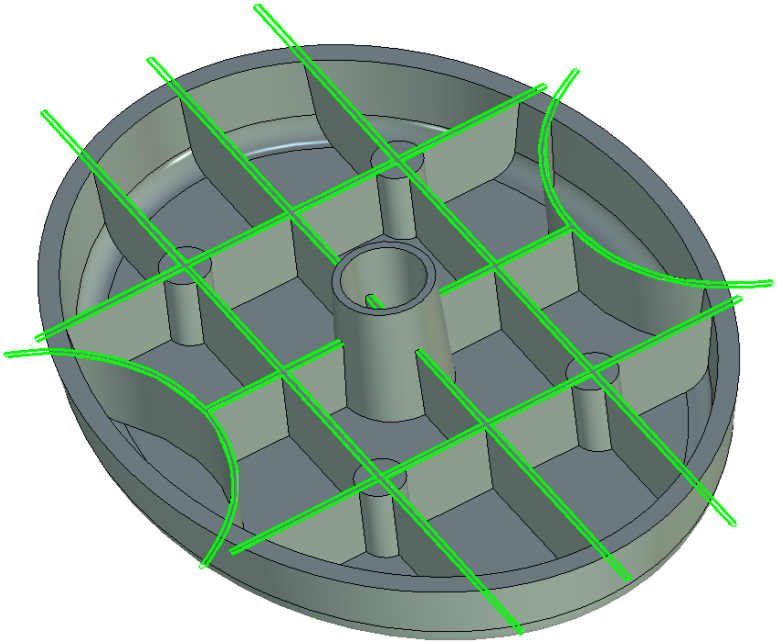
При выходе контура за пределы исходного тела происходит его усечение до нужных размеров.



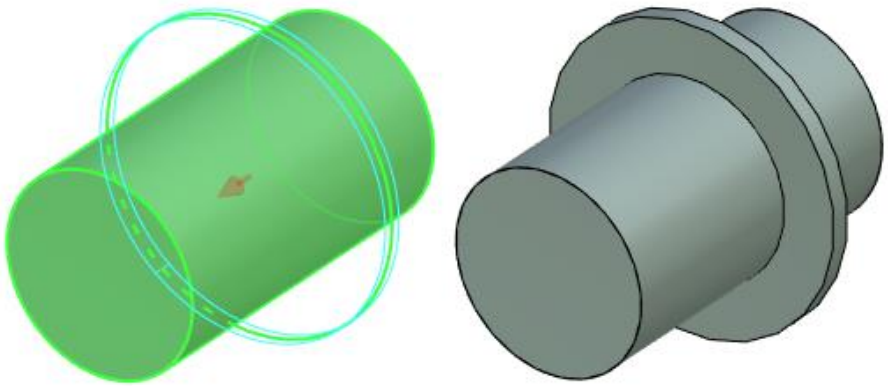
Контур, если он разомкнут, продлевается до пересечения с моделью, а все пространство между поверхностями детали и данным контуром будет заполнено материалом заданной толщины.

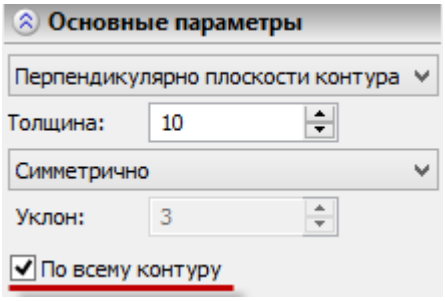


Контур, состоящий из нескольких частей, может создавать два и более рёбер.

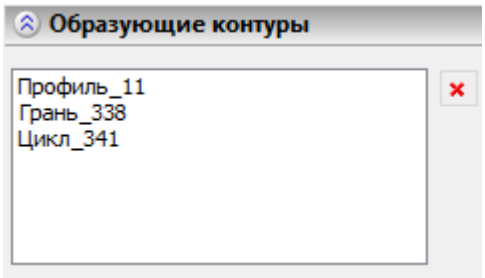


По всему контуру. При включенной опции можно создать ребро жёсткости по замкнутому контуру снаружи тела.





Все выбранные контуры отображаются во вкладке «**Образующие контуры**» в окне свойств команды.



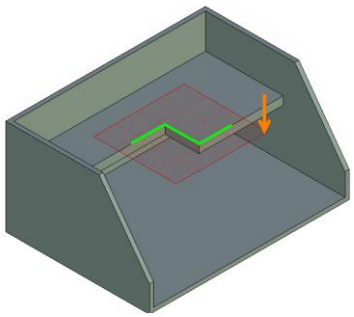
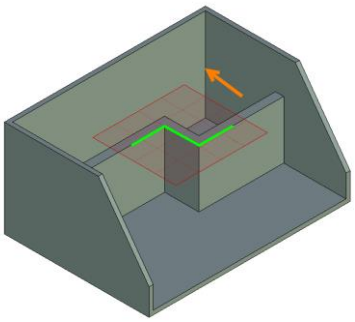
Кнопка  удаляет выбранный контур из списка.

Направление расширения контура

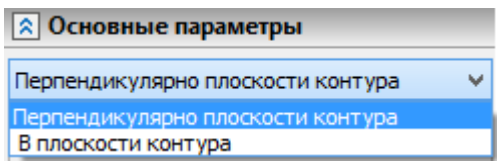
Расширение контура может осуществляться в двух направлениях:

В плоскости контура

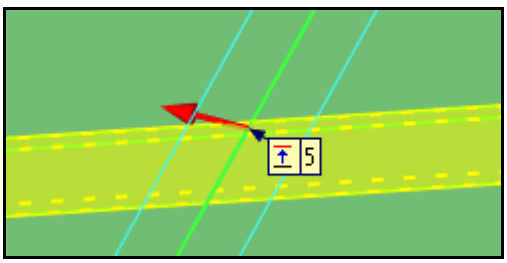
Перпендикулярно плоскости контура

Положение	Положение и форма ребра	Результат построения
Перпендикулярно плоскости контура.	Поверхность ребра образуется расширением контура в направлении, перпендикулярном его плоскости.	
В плоскости контура	Поверхность ребра образуется расширением контура в направлении его плоскости.	

Для выбора варианта расширения контура необходимо воспользоваться вкладкой «**Основные параметры**» окна свойств команды.



Направление расширения контура отображается в сцене при помощи манипулятора – стрелки.



Направление контура для прямого отрезка

Для образующего контура, заданного прямым отрезком, плоскость расположения определяется автоматически. Если отрезок является профилем, то выбирается плоскость, в которой он создан. Если отрезок задан участком пути, то система определяет плоскость, в которой он расположен, довернув отрезок в глобальной системе координат до ближайшей плоскости, с которой он будет совпадать.

В соответствии с выбранной плоскостью расположения строится направление расширения контура.

Для выбора направления расширения контура вручную, необходимо воспользоваться опцией:

	<D>	Выбрать направление контура

После активации, необходимо указать вспомогательный элемент. Если указывается объект, задающий плоскость - грань, рабочая плоскость и т.п., то направлением будет являться нормаль к этой плоскости. Либо можно сразу указать объект, определяющий направление, - прямое ребро, ось системы координат и т.п.

Направление расширения контура, заданное с помощью данной опции, будет влиять на все выбранные контуры, заданные прямыми отрезками.

Для отмены выбора направления используется опция:

	<K>	Отменить выбор направления контура

Выбор направления на твёрдое тело

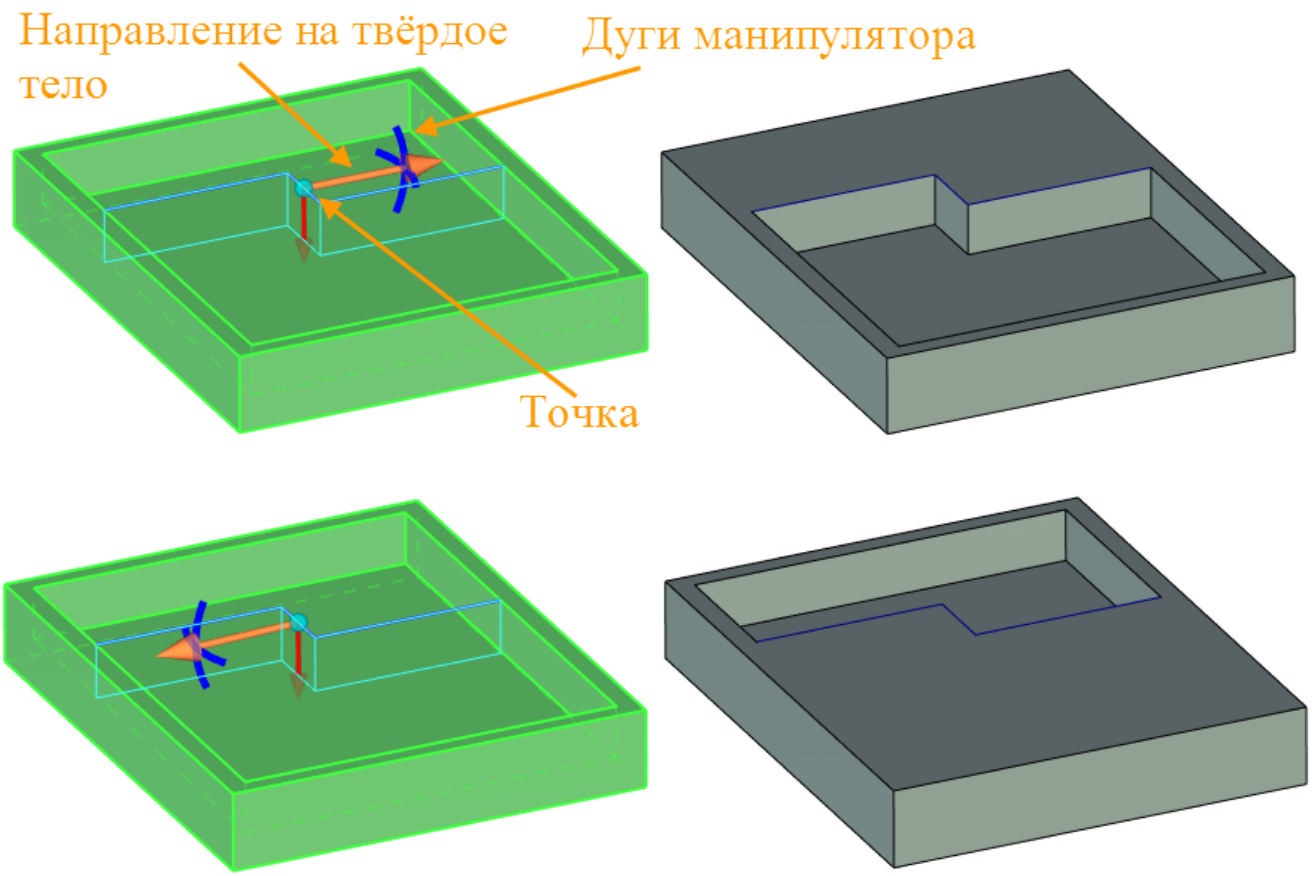
Кроме задания направления расширения контура, можно выбрать направление на твёрдое тело. С его помощью определяется, какая часть полупространства, созданного образующим контуром, будет преобразована в ребро жёсткости.

Для выбора направления на твёрдое тело служит специальный манипулятор, который указывает внутрь ребра жёсткости из точки расположенной на контуре. Если контур разомкнут, точка располагается в центре линии контура. Для замкнутого контура расположение точки на контуре выбирается произвольно. Для удобства работы с манипулятором её можно переместить вдоль контура.

Направление на твёрдое тело можно выбрать для каждого отдельного контура. Для изменения направления нужно переместить манипулятор, потянув за одну из его дуг.

Манипулятор позволяет вручную задать направление на твёрдое тело. Таким образом, системе не требуется самостоятельно определять нужное направление.

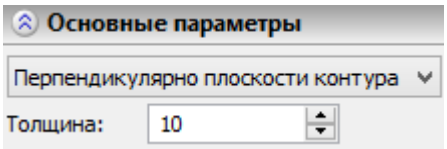
После создания операции, всё пространство между стенками исходного тела и контуром в указанном манипулятором направлении будет преобразовано в ребро жёсткости заданной толщины.



Толщина ребра

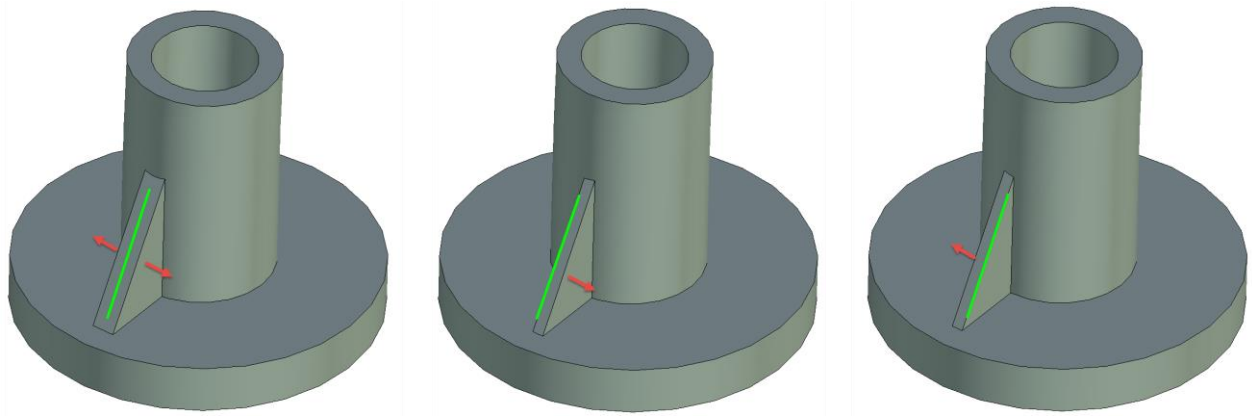
При формировании ребра жёсткости происходит приращение материала в направлении перпендикулярном плоскости расширения контура.

Значение толщины можно задать в поле вкладки **Основные параметры** окна свойств команды или при помощи манипулятора, указывающего направление контура.



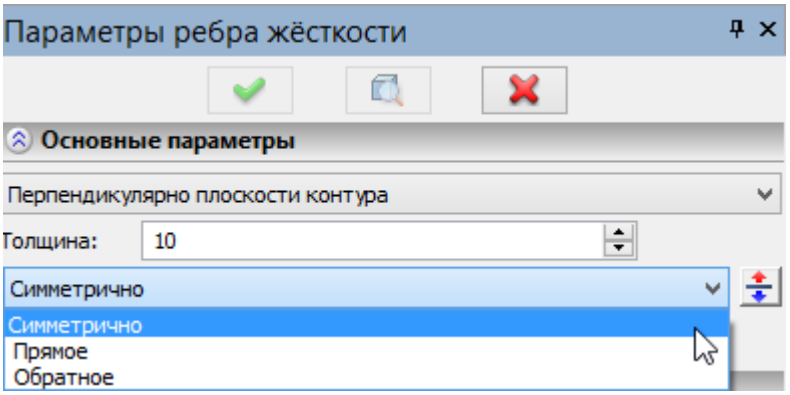
Для ребра также нужно указать направление приращения толщины:

- **Прямое**. Направление совпадает с направлением нормали плоскости контура.
- **Обратное**. Направление противоположно направлению нормали плоскости контура.
- **Симметрично**. Толщина придаётся ребру в обоих направлениях относительно плоскости контура.



Симметрично | Прямое направление | Обратное направление

Направление приращения толщины можно выбрать из выпадающего списка во вкладке «**Основные параметры**:



В случае если задаваемое значение параметра толщины станет больше значения длины контура, то соответствующее поле переименовывается в "**высоту**".

Дополнительные возможности операции

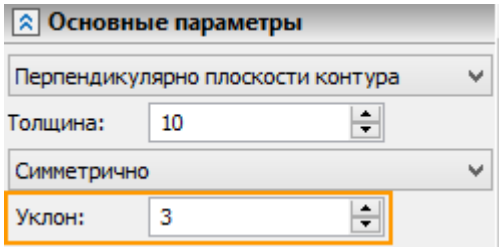
Уклон граней ребра. Если требуется, чтобы грани ребра жёсткости имели уклон, необходимо выполнить следующие действия:

1. Выбрать направление уклона, воспользовавшись опций:

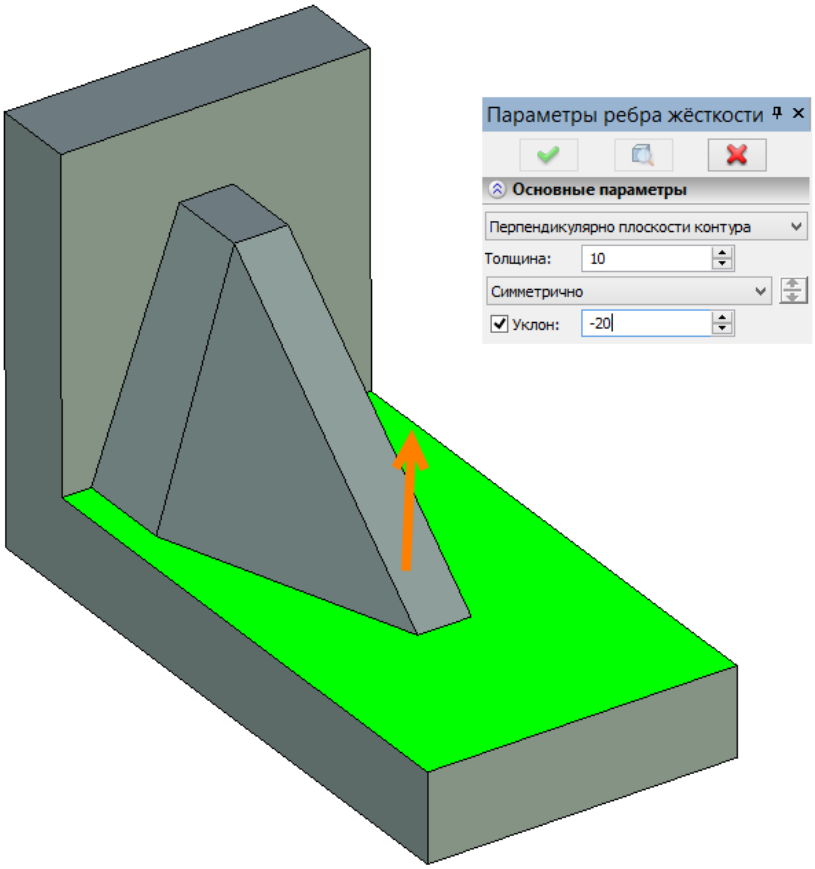
	<T>	Выбрать направление уклона

При включении этой опции выбирается геометрический элемент, задающий направление уклона.

2. Включить флажок **Уклон** на вкладке **Основные параметры** окна свойств команды.



3. Ввести значение угла уклона в поле рядом с флажком.

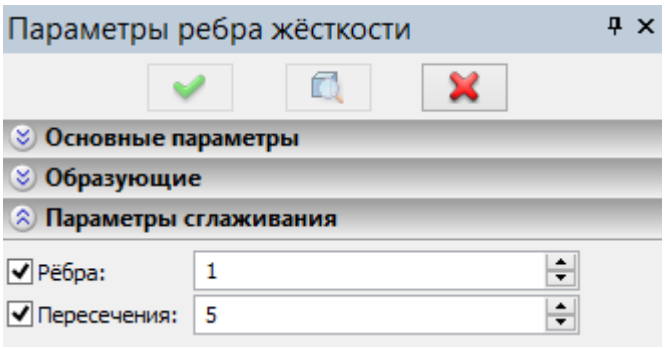


На примере в качестве геометрического элемента, задающего направление уклона выступает нормаль к выделенной грани.

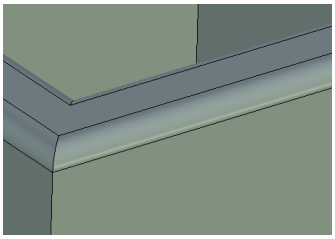
Для отмены выбора направления уклона используется опция:

	<R>	Отменить выбор направления уклона

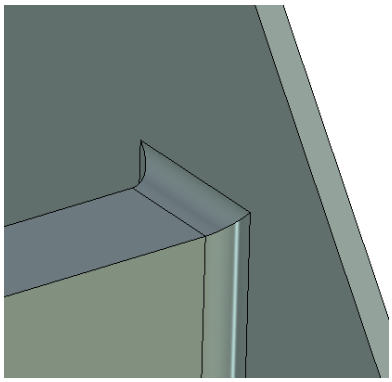
Сглаживание рёбер жёсткости. Для задания параметров сглаживания рёбер жёсткости необходимо воспользоваться вкладкой **Параметры сглаживания** в окне свойств команды.



Для сглаживания боковых граней ребра жёсткости нужно включить флажок **Рёбра** и ввести необходимое значение радиуса сглаживания в поле рядом с флажком.



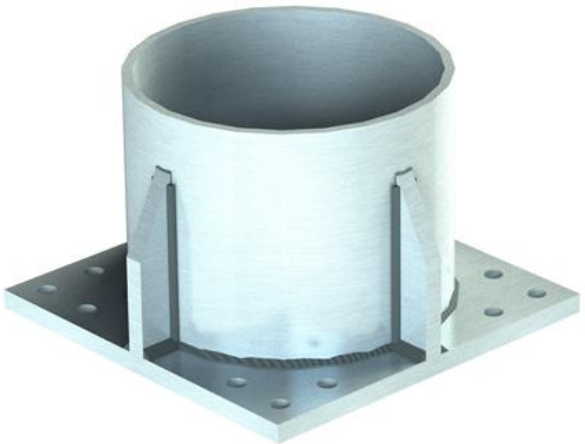
Для сглаживания пересечений ребра жёсткости с исходным телом нужно включить флажок «**Пересечение**» и ввести необходимое значение радиуса сглаживания в поле рядом с флажком.



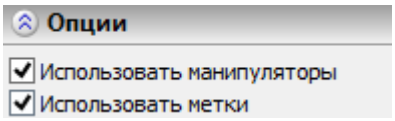
Отдельное тело. Ребро жёсткости может быть создано как отдельное тело.

Опция, в частности, позволяет создавать сварные конструкции с использованием рёбер жёсткости.

Данный способ часто применяется при моделировании сварной конструкции фланца и трубы.

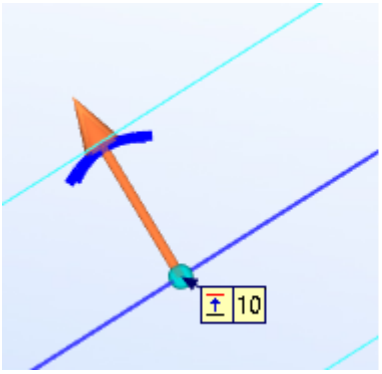


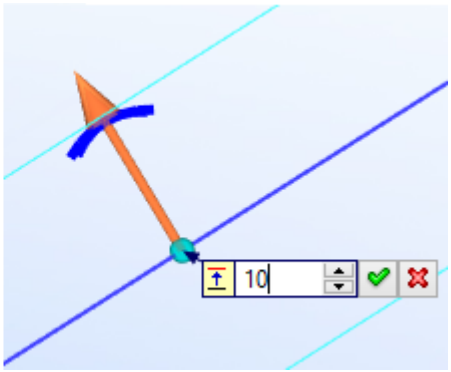
В разделе **Опции** можно настроить отображение вспомогательных элементов на экране.



Опция **Использовать манипуляторы** позволяет включать/отключать отображение манипуляторов, задающих направление на твёрдое тело и ширину ребра жёсткости.

Опция **Использовать метки** позволяет включать/отключать отображение метки, показывающей толщину создаваемого ребра.





Редактирование рёбер жёсткости

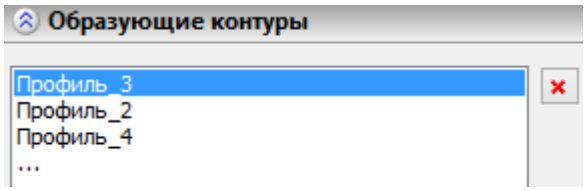
Для редактирования операции используется опция:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3EST>	Правка > Операции > Ребро жёсткости	

Для перезадания толщины и направления на твёрдое тело в режиме редактирования необходимо выбрать ребро жёсткости, а затем воспользоваться опцией:

	<F4>	Выполнить команду редактирования элемента

В открывшемся окне свойств в разделе **Образующие контуры** нужно выбрать необходимый контур и заново задать его параметры.



Подробнее о редактировании можно прочитать в главе **Редактирование 3D элементов.**

Сборочные 3D модели

Создание сборочных 3D моделей

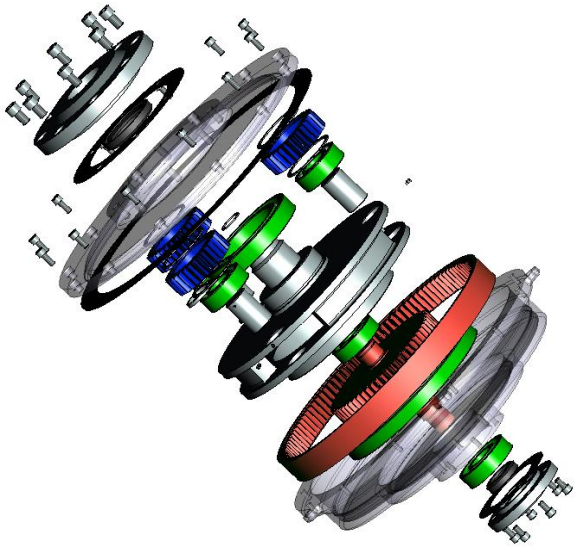
В данной главе описана методика проектирования трёхмерных сборочных моделей в системе T-FLEX CAD. Для целей проектирования 3D сборок могут использоваться различные команды и операции. Также в этой главе подробно описаны правила работы с такими элементами системы, как 3D Фрагменты и Детали.

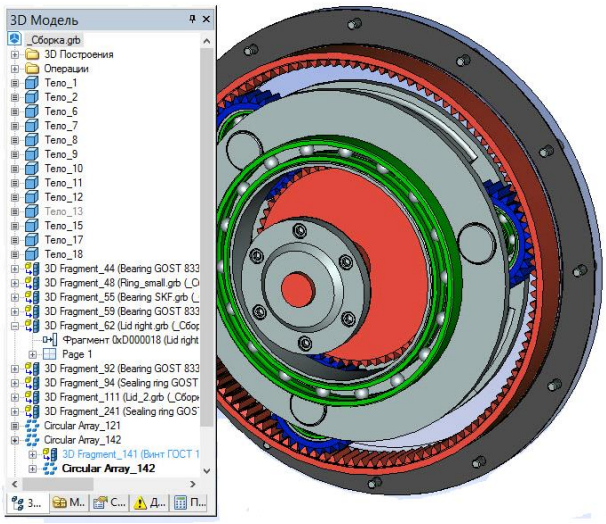
Общие сведения

Что такое трёхмерная сборочная модель?

Под сборочной трёхмерной моделью понимается такая модель T-FLEX CAD, в составе которой участвует геометрия других 3D моделей, хранящихся в отдельных файлах. Компонентом сборки может служить 3D модель, созданная в T-FLEX CAD, либо модель другой системы, переданная в T-FLEX CAD в одном из поддерживаемых обменных форматов. Следует понимать, что сборочной конструкцией (с точки зрения её сути) конструктор в принципе для себя может считать модель, созданную на основе не отдельных файлов-деталей, а из элементов-операций одного документа, поскольку система T-FLEX CAD поддерживает такую функциональность. Но такой документ назвать сборочным нельзя, потому что в нем отсутствуют ссылки на геометрию, взятую из других документов.

В сборочном документе всегда сохраняется связь с документом элемента сборки (детали). При работе со сборкой система следит за состоянием используемых файлов. В случае изменения файла детали система сделает запрос на обновление данных. Каждый обновлённый компонент будет заново пересчитан и загружен в сборку. Сборочная модель не может использоваться без своих компонентов, но каждый файл, участвующий в сборке, может быть вполне самостоятельным документом, и в свою очередь также может являться сборкой. Количество уровней вложенности подсброк в системе не ограничено.

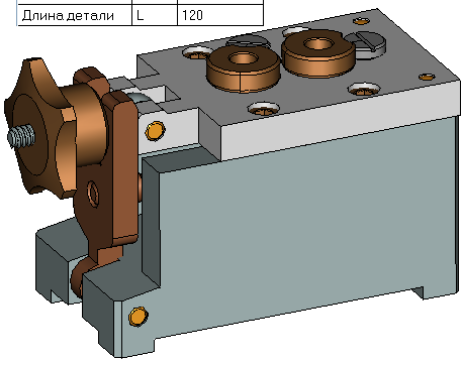




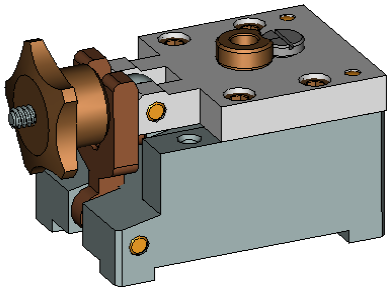
Использование параметрических моделей

Любую модель системы T-FLEX CAD можно построить таким образом, что можно будет изменять её при помощи переменных. Если такую модель использовать в качестве компонента сборки, то это даёт значительные преимущества. Особенно это эффективно, когда такая модель используется много раз в одной или нескольких сборках с различными вариантами значений внешних переменных. Один и тот же файл параметрической детали может обеспечивать сразу несколько сборок. Управление параметрическими компонентами сборки может осуществляться из сборочного документа.

Комментарий	Имя	Значение
Высота детали	H	70
Ширина детали	B	40
Диаметр	D	16
Угол скоса	AL	10
Длина детали	L	120



Комментарий	Имя	Значение
Высота детали	H	50
Ширина детали	B	40
Диаметр	D	10
Угол скоса	AL	12
Длина детали	L	90



Создание спецификаций

Каждый компонент сборки может нести в себе данные для автоматического создания разного рода отчётов и спецификаций. Однако в этой главе мы не будем подробно описывать создание спецификаций. Более подробную информацию по этому вопросу можно получить в главе «Спецификации».

Анализ тел на пересечение

Одна из типовых задач, для решения которой создаётся сборочная модель – проверить изделие на собираемость, исследовать все тела сборки на предмет взаимных проникновений. В T-FLEX CAD есть специальные инструменты, решающие подобные задачи. С их помощью можно запустить проверку двух выбранных или всех тел модели на пересечение, измерить отдельные геометрические элементы или отношения. За более подробной информацией по данному вопросу обращайтесь к главе «Анализ геометрии».

Методы проектирования сборок

В зависимости от способа создания компонентов сборки можно выделить два основных подхода к созданию сборочной модели.

Во многих случаях удобно взять уже готовую модель и включать её в состав сборки, задав её положение в сборке. Этот способ проектирования сборок условно называется **снизу-вверх**. При таком подходе в системе T-FLEX элементы сборочной модели называют **3D фрагментами**. По этой схеме удобно проектировать сложные сборки или типовые механизмы, содержащие значительную долю унифицированных деталей. Для данного метода можно выделить ряд характерных преимуществ:

- ✓ проектирование деталей в отдельном файле, позволяющее разделить на компоненты и упростить общий процесс проектирования составного изделия;
- ✓ возможность использования одного и того же 3D фрагмента в разных сборочных документах, составление библиотек, часто используемых параметрических 3D фрагментов;
- ✓ возможность создания 3D фрагментов с автоматическим позиционированием в пространстве на основе 2D фрагментов и рабочей плоскости (так называемая «планировка»).

Часто бывает, что наоборот, удобнее и нагляднее проектировать деталь, имея определённое представление о её месте в сборке и размерах, беря за основу геометрические элементы других деталей сборочной модели. Этот метод проектирования мы будем называть **сверху вниз**, а компоненты сборки, геометрическая основа для которых взята из этой же сборочной модели - **Деталями**. Сборочная модель может создаваться “с чистого листа”, когда конструктор определяет общую компоновку сборочной единицы. Затем происходит выделение отдельных элементов и их детальная проработка, как в отдельных файлах, так и в контексте общей сборки. При таком подходе в некоторых случаях облегчается задание привязок элементов друг к другу и может обеспечиваться параметрическая связь между ними. Использование метода проектирования «сверху вниз» иногда позволяет исключить работу с внешними переменными. Параметры деталей в этом случае определяются родительскими элементами. Изменения внизу иерархии связанных деталей приводит к автоматическому изменению всех деталей-потомков в сборке. Кроме того, значения исходных параметров изделия можно получать непосредственно из контекста сборки, опираясь на элементы сборочной модели. Например, можно сделать отверстия в крышке, опираясь на отверстия в корпусе. При этом конструктор работает с элементами, принадлежащими фрагменту, но одновременно в

окружении детали видит и может использовать элементы, принадлежащие сборочному чертежу. Такой режим далее будет называться **работой в контексте сборки**.

Принципиальное различие методов не мешает при создании сборочных документов сочетать оба подхода.

Создание сборки из 3D фрагментов

Принцип работы механизма 3D фрагментов

Сборка составляется из 3D фрагментов при проектировании методом «от детали к сборке». При этом предполагается, что основная работа по созданию моделей деталей в отдельных файлах уже проведена и осталось только включить их в состав сборки. Основные этапы, которые необходимо провести для вставки 3D фрагмента заключаются в следующем:

- ✓ Выбор файла с 3D моделью, который будет использоваться в качестве 3D фрагмента.
- ✓ Привязка 3D фрагмента к сборочной модели.
- ✓ Задание значений внешних переменных фрагмента и установок.

Далее рассмотрим, в чем заключаются основные принципы нанесения 3D фрагментов.

Связь сборки с файлом 3D фрагмента

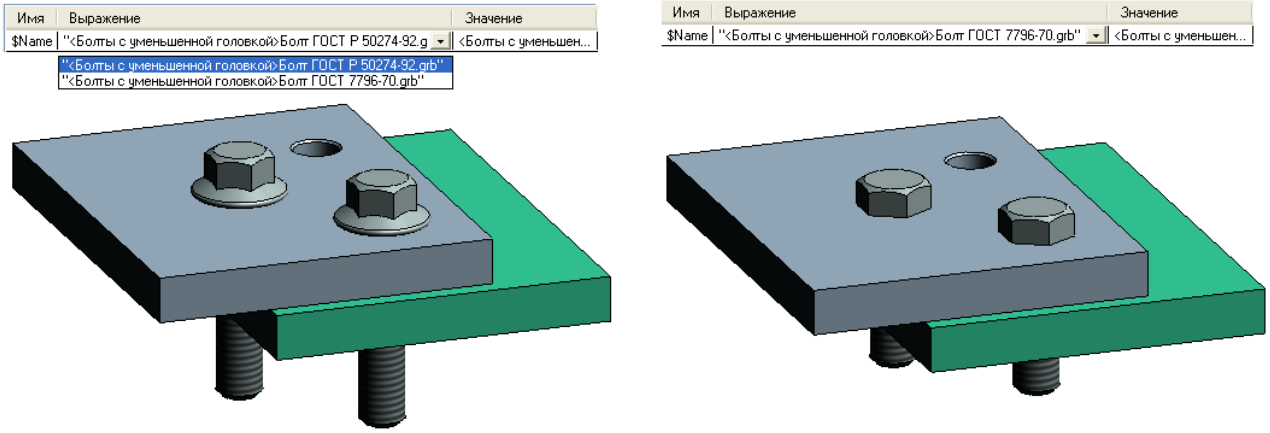
Существует два способа выбора файла с 3D моделью. Во-первых, можно явно выбрать файл с моделью. Другой способ позволяет использовать существующие на чертеже 2D фрагменты, у которых есть 3D модель. Это возможно в случае, если 2D фрагменты уже были использованы в текущем документе, например, для первоначального создания сборочного чертежа.

Система всегда сохраняет связь между файлом 3D фрагмента и файлом сборки. В файле сборки, в параметрах каждого 3D фрагмента хранится ссылка, по значению которой осуществляется поиск файла 3D фрагмента. T-FLEX CAD самостоятельно отслеживает изменения, производимые с файлом 3D фрагмента. При необходимости она заново загружает в сборку данные 3D фрагмента. При этом поиск 3D фрагмента осуществляется по хранимой ссылке. Путь ссылки на файл фрагмента может быть либо полным, либо относительным. Для обеспечения б**о**льшей гибкости системы, особенно при переносе моделей с одного компьютера на другой, рекомендуется использовать относительные пути для ссылок. При записи относительной ссылки в качестве ориентира может быть использован файл сборки и его место в файловой системе. Другой способ создания относительных ссылок позволяет использовать конфигурации библиотек.

Фрагмент с переменной ссылкой на файл

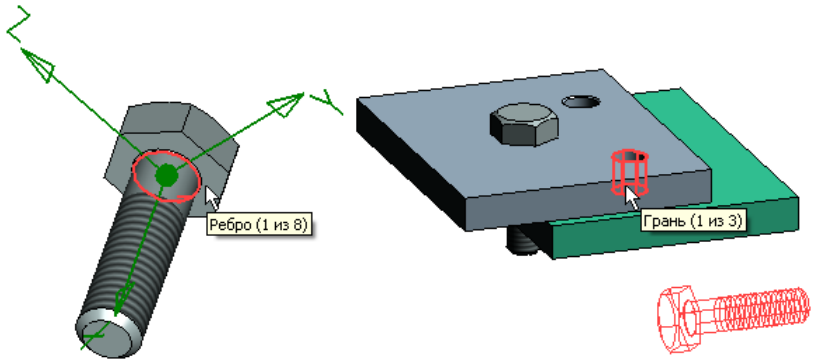
Также как при использовании 2D фрагментов, при нанесении 3D фрагментов можно для ссылки на файл использовать текстовую переменную, значение которой – путь на файл используемого в данный момент 3D фрагмента. В зависимости от условий это значение может изменяться, становясь ссылкой на другой файл 3D фрагмента. Это позволяет создавать сборки с изменяющимися элементами. При использовании 3D фрагментов существует одно условие. Все 3D фрагменты,

которые могут использоваться в таком случае, должны иметь исходную систему координат с одним и тем же именем, или иметь привязку по мировой системе координат.



Привязка 3D фрагмента

Для подключения модели 3D фрагмента к сборочной модели необходимо решить вопрос привязки. Смысл привязки 3D фрагмента сводится к определению двух систем координат – исходной и целевой. Одна система координат принадлежит 3D фрагменту, другая расположена на сборочной модели. Геометрия 3D фрагмента однозначно позиционируется в пространстве после совмещения исходной и целевой систем координат. В качестве исходной и целевой систем координат обычно выступает специально назначенная или созданная непосредственно при вставке 3D фрагмента Локальная Система Координат (ЛСК), а при отсутствии ЛСК её функцию берет на себя Мировая Система Координат.



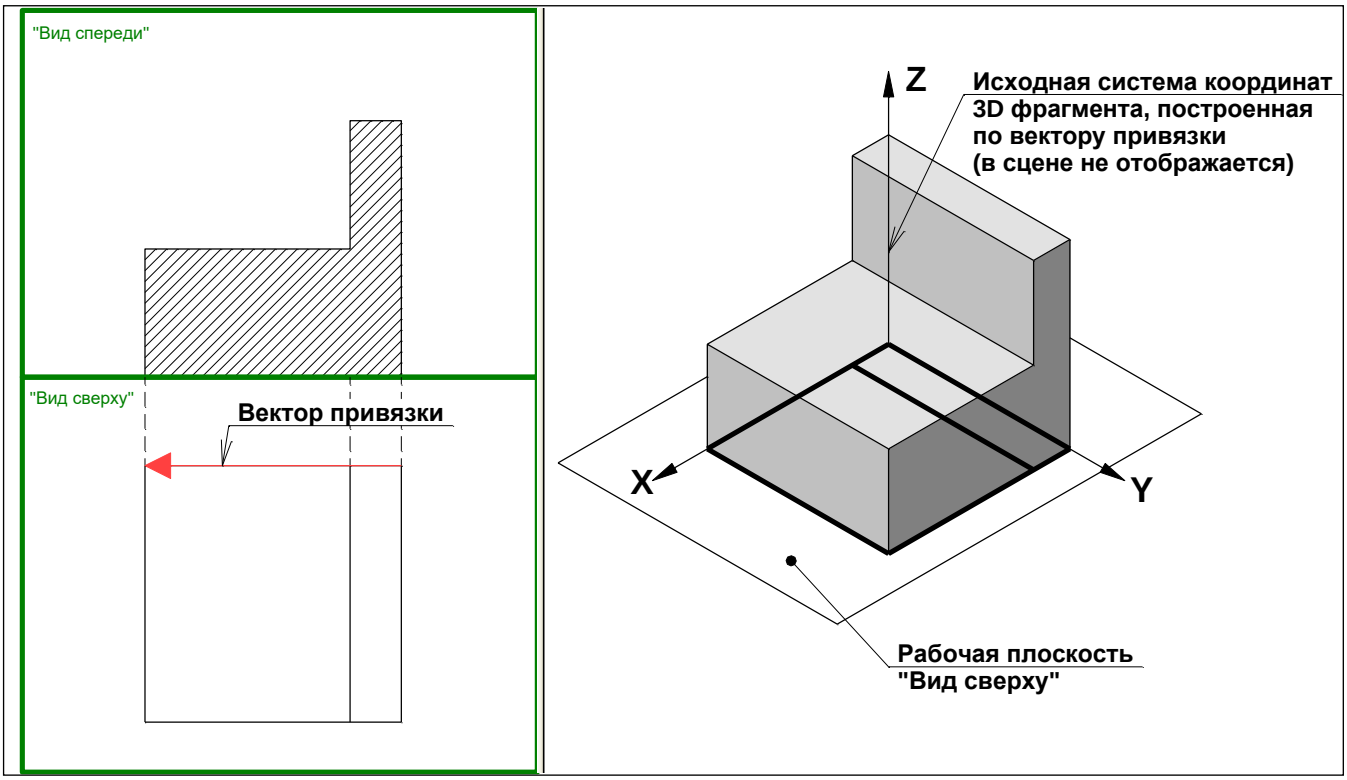
Выбираем ребро – создаём исходную ЛСК

Выбираем цилиндрическую грань – создаём целевую ЛСК

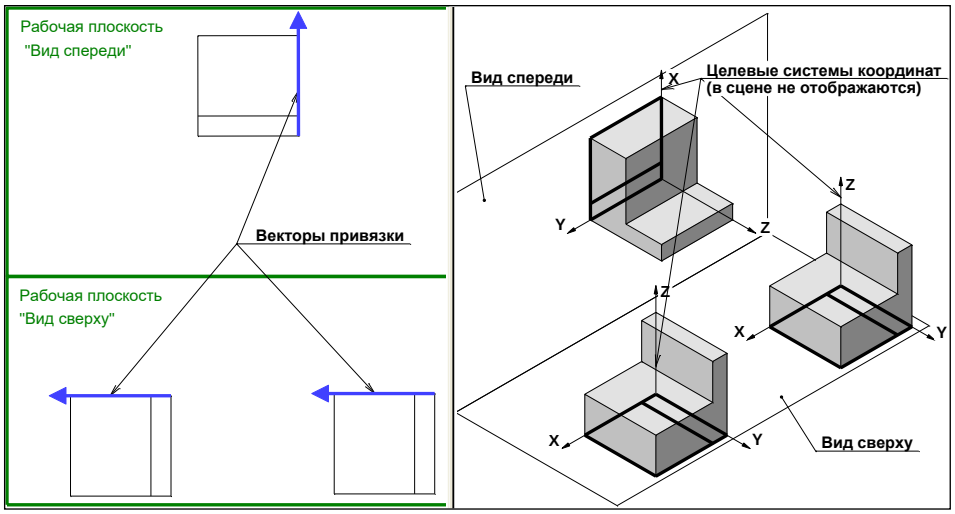
> В сложных случаях, когда привязка по системам координат не может обеспечить правильное расположение 3D фрагмента, рекомендуется пользоваться механизмом сопряжений (подробное описание механизма сопряжений см. ниже).

Существует также ещё и особый способ определения положения 3D фрагмента по 2D фрагменту. Этот способ называют ещё «планировка». В этом случае ориентация 3D фрагмента производится по

вектору привязки 2D фрагмента. Вектор привязки должен быть связан с рабочей плоскостью. В итоге получаются две системы координат. Исходная система рассчитана на основе вектора привязки и связанной с ним рабочей плоскости в документе фрагмента. Целевая система координат будет рассчитана по конечному положению вектора привязки на странице чертежа сборки и выбранной рабочей плоскости.

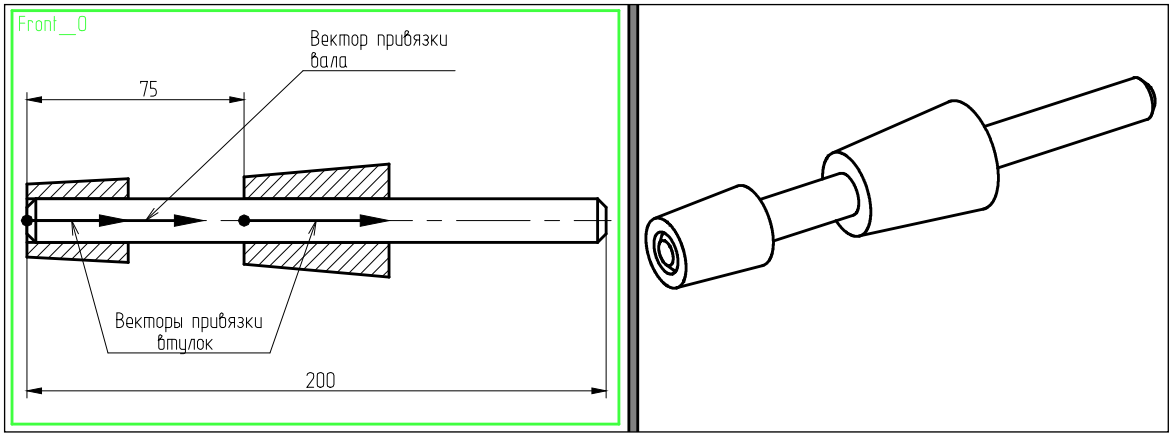


Ось X систем координат совпадает с вектором привязки и лежит на рабочей плоскости. Ось Z перпендикулярна рабочей плоскости. Ось Y получается как векторное произведение. При данном способе привязки никаких новых ЛСК не строится. Трёхмерные данные для 3D фрагмента загружаются из того же файла 2D фрагмента. Получается, что 2D фрагмент используется для составления плана (чертежа), а 3D фрагмент – для построения трёхмерной модели. Этот способ удобно использовать в некоторых специализированных случаях проектирования, когда требуется расположить несколько трёхмерных объектов на одном уровне (плоскости). Это может быть, например, задача размещения мебели в помещении или оборудования в цеху. Управление расположением трёхмерных объектов в этом случае можно осуществлять прямо из чертежа, перемещая соответствующие 2D фрагменты на плане.



Если 2D фрагмент построен на странице, на которой нет рабочей плоскости, то система автоматически выполнит преобразования по переносу оси X на страницу выбранной рабочей плоскости. При этом вектор привязки как будто бы переносится на страницу рабочей плоскости с теми же страничными координатами, которые он имел на исходной странице документа. Далее построение ведётся как обычно.

Данную возможность можно успешно применять и при создании обычных сборочных чертежей. На рисунке представлена элементарная модель, созданная на основе двухмерного сборочного чертежа, фрагменты которого были нанесены с помощью векторов привязки. В файлах фрагментов не создавались системы координат привязки 3D фрагментов. В сборочном чертеже не было создано ни одной целевой системы координат. При создании модели использовался принцип создания 3D планировок. Если вы внимательно прочли данный параграф, то вам не составит труда разобраться с методом построения этой модели.



Данный чертёж находится в папке “Примеры 3D 15/3D Моделирование. Операции/3D Сборки/3D фрагменты/Сборка.grb”.

Дополнительные преобразования

В качестве вспомогательного средства для уточнения своего положения или в некоторых случаях даже как самостоятельный вид позиционирования каждый 3D фрагмент может использовать **Дополнительные преобразования**. Они представляют собой перемещения вдоль координатных осей системы координат привязки и повороты относительно этих осей. Величина любого из дополнительных преобразований может быть задана как константами, переменными или выражениями, так и привязкой к геометрическим объектам 3D модели.

Переменные 3D фрагмента

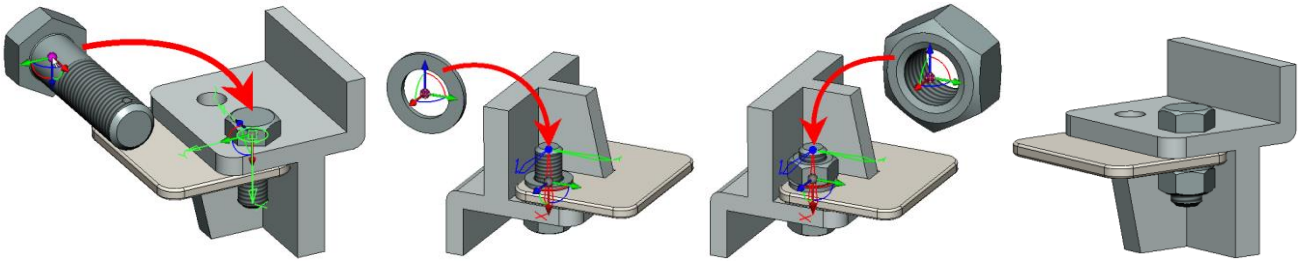
Управление параметрическими связями 3D фрагмента осуществляется через его внешние переменные. При расчёте фрагмента сначала загружаются из оригинального файла все нужные геометрические связи и данные, затем подставляются значения внешних переменных, записанные в сборке для этого фрагмента, и производится пересчёт. Таким образом, оригинальный файл остаётся неизменным. В одном и том же сборочном документе может содержаться несколько одноименных 3D фрагментов, имеющих уникальные значения внешних переменных. Например, один и тот же болт может быть использован в сборке с разными диаметрами и длинами.

Использование 3D коннекторов

3D коннекторы – особый вид ЛСК, позволяющих автоматически связать внешние переменные для стыкуемых параметрических элементов сборочных 3D моделей. Они значительно упрощают позиционирование деталей и подбор параметров при проектировании сборок. При привязке 3D фрагмента к 3D коннектору, значения переменных из коннектора автоматически передаются в модель фрагмента, после чего производится её пересчёт. Предварительное изображение 3D фрагмента сразу принимает размеры, соответствующие значениям переменных 3D коннектора.

Например, нужно надеть на болт М10 гайку М10. При вставке болта в сборку с размером М10 его коннектор автоматически запомнил этот диаметр. При вставке гайки, в тот момент, когда мы выбираем элементы болта, автоматически выбирается нужный коннектор для привязки гайки. Для переменной, отвечающей за диаметр гайки, установлено предписание – спросить значение переменной у коннектора. Если имена совпадают, то коннектор болта передаёт в гайку значение М10. Таким образом, сразу после выбора коннектора положение, параметры и изображение гайки приводится в соответствие с нужным болтом.

3D коннекторы пользователь может создавать самостоятельно при подготовке модели 3D фрагмента (См. главу «Локальные системы координат»). Элементы служебных библиотек и стандартные изделия, поставляемые с системой (Крепёж, Отверстия и т.д.), уже имеют встроенные 3D коннекторы.



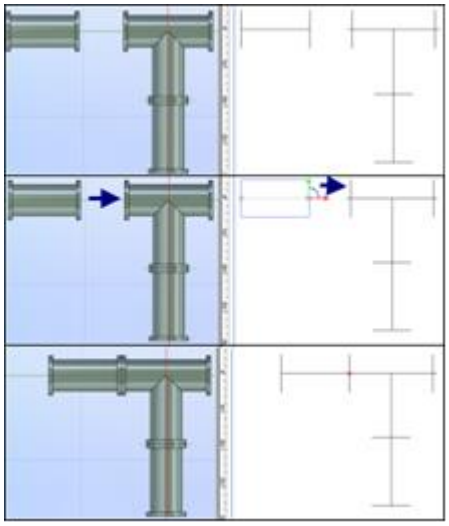
Для 3D коннектора могут быть определены правила вставки, которые действуют при выборе данного коннектора в сборке для привязки фрагмента. Правило вставки – это обязательное дополнительное определение положения фрагмента перемещением его по одной из координатных осей или поворотом относительно оси (см. *"Дополнительные преобразования"*).

Внешние геометрические параметры 3D фрагмента

Для 3D фрагмента внешними параметрами могут являться не только внешние переменные, но и геометрические элементы (твёрдое тело, 3D узел, 3D путь, 3D профиль, рабочая плоскость, ЛСК, вершина, ребро, грань, цикл). Такой 3D фрагмент называется **адаптивным**. Как правило, адаптивные 3D фрагменты чаще используются для прямого моделирования (создание проточек, канавок нестандартных отверстий и т.п. элементов), а не для создания сборок, поэтому вся информация по работе с адаптивными 3D фрагментами вынесена в отдельную главу этой книги (см. главу «Адаптивные 3D фрагменты»).

Использование 2D-фрагмента в качестве «проекции» для 3D фрагмента

В сборку можно добавить 2D фрагменты, которые являются проекциями соответствующих им 3D фрагментов. Этот механизм особенно полезен при разработке планов расстановки оборудования на производстве. Кроме того, он может помочь при создании поэтажного плана зданий, плана расстановки мебели в комнате и т.п.



Для использования 2D фрагмента в качестве проекции 3D фрагмента необходимо в первую очередь выбрать рабочую плоскость чертежа, на которой будет располагаться 2D фрагмент. Эта плоскость поможет правильно расположить его в сборке. Затем необходимо выбрать 3D фрагмент, который будет использован в качестве источника нового 2D фрагмента. Следующим шагом определяем тип 2D фрагмента. Это может быть сделано в диалоговом окне команды «Фрагменты», где можно выбрать тип проекции или вектор, ассоциированный с заранее созданным 2D чертежом. Вектор должен соответствовать рабочей плоскости, выбранной в самом начале. Чертёж будет перенесён на выбранную рабочую плоскость. В результате будет получен 2D фрагмент, соответствующий исходному 3D фрагменту. Положение обоих фрагментов будет изменяться при изменении положения любого из них.

Связь 2D и 3D фрагментов.

При вставке нового трёхмерного фрагмента в системе всегда создаётся и 2D фрагмент, ссылающийся на этот же файл. Между 2D и 3D фрагментами всегда существует неразрывная связь. Оба фрагмента используют общие данные значений переменных, а также некоторые установки – имя файла, способ включения в спецификации, установки статуса. Как правило, при создании сборочной 3D модели 2D фрагмент не нужен, поэтому система по умолчанию его скрывает. Выбрать его можно только через специализированную команду редактирования 2D фрагмента. Этой командой удобно пользоваться, например, при необходимости массового изменения ссылок на файлы фрагментов (эта команда имеет удобные инструменты для одновременной работы со списками фрагментов). В документе 3D фрагмента помимо трёхмерной геометрии может содержаться и двухмерный чертёж. Этот чертёж при соблюдении определённых правил можно использовать для автоматического создания сборочного чертежа. При этом изображение каждого 2D фрагмента будет накладываться на первую страницу сборочного документа с теми же страничными координатами, которые были у изображения в исходном файле.

Правила работы с 3D фрагментами

Для нанесения 3D фрагмента используется команда **3F:Создать 3D фрагмент**. Вызов команды:

Пиктограмма	Лента
	Сборка → Сборка → 3D фрагмент
Клавиатура	Текстовое меню
<3F>	Операции > 3D фрагмент

Для вставки 3D фрагмента в сборку необходимо выполнить следующие действия:

➔ Выбрать 3D фрагмент.

Выбор выполняется следующими способами:

- нанести новый 3D фрагмент, выбрав файл;
- выбрать уже нанесённый 2D фрагмент и использовать его трёхмерную модель;
- если перетащить значок файла модели из окна Проводника Windows или из служебного окна библиотек T-FLEX CAD в 3D окно, то команда вставки 3D фрагмента будет запущена автоматически и данный файл будет выбран для вставки.

➔ **Выбрать или создать исходную систему координат фрагмента**. Выбор может быть выполнен автоматически – при наличии в 3D фрагменте одной или специально назначенной ЛСК.

➔ **Выбрать или создать целевую систему координат сборки**.

➔ **Задать значение внешних переменных фрагмента.**

Это действие не выполняется, если используется существующий 2D фрагмент или 3D фрагмент не имеет внешних переменных.

Значения переменных могут быть заданы автоматически при привязке 3D фрагмента к коннектору другого 3D фрагмента.

➔ **Задать параметры фрагмента**. (Необязательное действие)

➔ **Завершить ввод.**

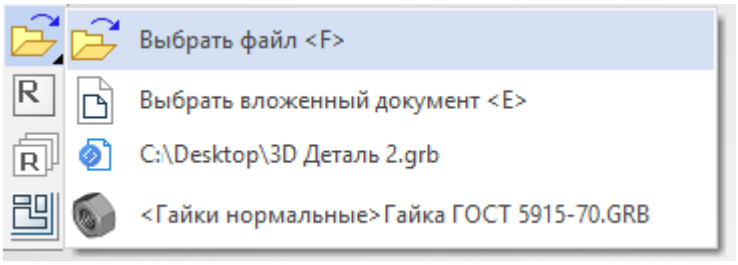
Выбор 3D фрагмента

Выбрать 3D фрагмент можно при помощи опции:

	<F>	Выбрать 3D фрагмент

В этом случае фрагмент выбирается в стандартном окне диалога для открытия файла. Файл фрагмента может быть выбран либо из указанной папки на диске, либо из библиотеки.

В выпадающем списке опции  можно выбрать один из вариантов источника 3D фрагментов и использовать список предыдущих файлов



В прозрачном режиме работает опция:

	<A>	Выбрать исходный 2D или 3D фрагмент

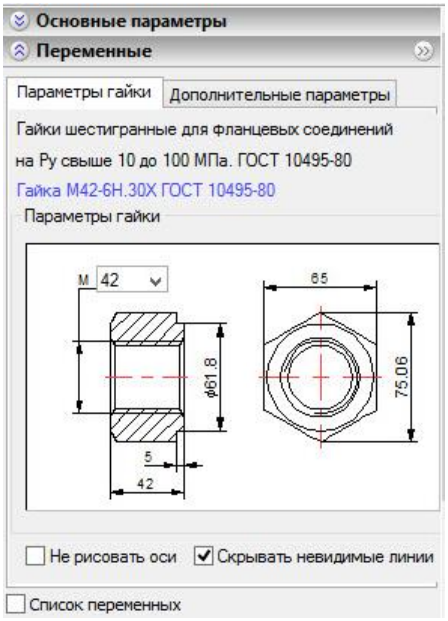
В этот момент достаточно указать на существующий в модели 3D фрагмент, значок файла в окне библиотек «Меню документов» и система выбирает указанный элемент для вставки в качестве

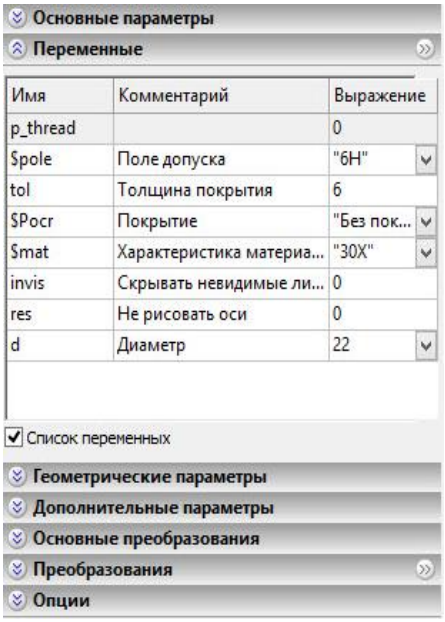
нового 3D фрагмента. При выборе в 2D окне существующего 2D фрагмента система будет использовать его трёхмерную модель.

После нанесения 3D фрагмента путь до его файла будет храниться в свойствах операции. Путь может быть полным, относительно файла сборки или относительно используемой библиотеки. В некоторых случаях система умеет самостоятельно записывать относительный путь для ссылки. Более подробную информацию о правилах записи относительных ссылок можно прочесть в главе «2D фрагменты».

Задание значений внешних переменных

После выбора файла окно свойств заполняется параметрами 3D фрагмента. Один из его разделов предназначен для работы с внешними переменными. Внешние переменные могут отображаться в виде списка – как в редакторе переменных. Если для управления внешними переменными создан пользовательский диалог, то он будет автоматически встроен в окно свойств 3D фрагмента. При необходимости можно переключаться между двумя режимами отображения внешних переменных. Это осуществляется переключением флажка **Список переменных** в окне свойств.





Информация о внешних переменных отображается на всём протяжении работы команды создания 3D фрагмента. В любой момент можно изменить значения, взятые из файла фрагмента. Для актуализации в 3D окне внесенных изменений в окне свойств имеется специальная кнопка .

Если изменять значения внешних переменных в окне свойств не очень удобно (например, из-за большого размера пользовательского диалога), то можно вывести раздел для переменных в отдельное окно и внести изменения там. Вызов отдельного окна осуществляется при помощи специальной кнопки в правом верхнем углу раздела.

> Если в модели 3D фрагмента отсутствуют внешние переменные, то при выполнении команды вставки 3D фрагмента никаких инструментов для управления внешними переменными не появляется.

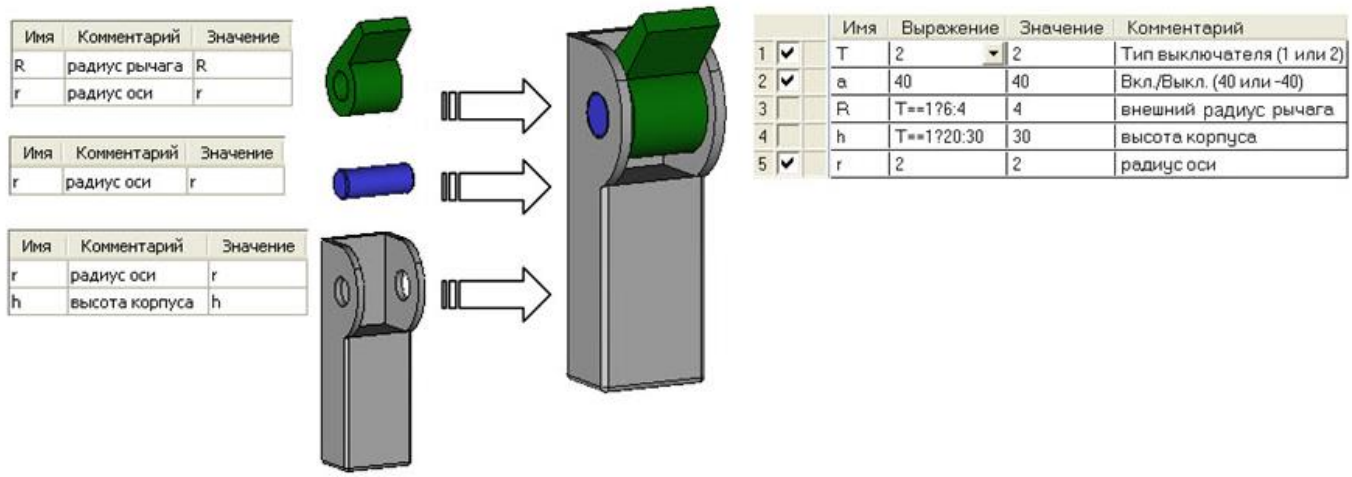
При привязке 3D фрагмента к коннектору значения переменных фрагмента могут быть заданы автоматически. (См. параграф «**Использование коннекторов**».)

Правила задания параметрических связей

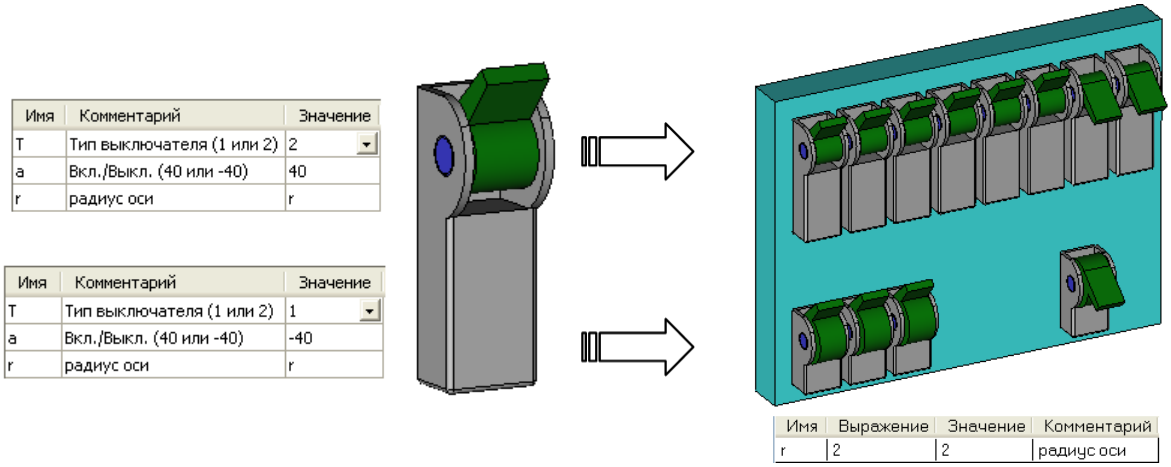
Связывание параметров разных деталей между собой – основная задача при проектировании параметрических сборок, требующая от конструктора понимания работы внутренних механизмов T-FLEX CAD, при помощи которых осуществляется связь. Первый из таких инструментов, который обязательно нужно освоить, это редактор переменных. Окно редактора переменных появляется во многих местах системы, например, при задании значений внешних переменных фрагмента. Правила работы с редактором, переменными, функциями, и т.п. описано в главе **Переменные**.

Рассмотрим здесь на простом примере, как можно связать параметры деталей, чтобы можно было управлять ими из сборочной модели. Опустим подробные описания прочих действий, не связанных с организацией параметрической сборки (описание процесса создания файлов деталей, привязки, и проч.).

Задача – создать блок выключателей, состоящий из монтажной пластины и набора выключателей. Выключатели могут быть двух типов. Типы выключателей отличаются некоторыми размерами, но могут быть составлены из одних и тех же параметрических деталей. Рычаг выключателя должен регулироваться на два положения «включено/выключено». Сам выключатель состоит из отдельных деталей - корпуса, оси, и рычага. Эти детали параметрические, они имеют необходимые внешние переменные. Из них мы можем получить параметрическую модель выключателя, в которой внешними переменными будет регулироваться тип выключателя и положение рычага. Из параметрической модели выключателя нужно составить сборочную модель блока выключателей.



На иллюстрации в левой части показаны детали выключателя. Слева от каждой детали находится картинка с таблицей внешних переменных каждой детали. Эти таблицы взяты из диалога задания внешних переменных при вставке каждого 3D фрагмента. Видно, что в качестве значений внешних переменных фрагментов были подставлены соответствующие переменные сборки (на данном этапе это файл выключателя). В правой части иллюстрации показана сборочная модель выключателя и таблица, взятая из редактора переменных. Из этого рисунка видно, как осуществляется управление параметрами выключателя: в зависимости от значения переменной <T>, управляющей типом выключателя, изменяются переменные <R> и <h> – они отвечают за геометрические характеристики составных деталей; переменная <a> отвечает за положение рычага и определяет свойство модели «включено/выключено»; внешняя переменная <r> будет передавать значение радиуса оси в следующую сборку.



Следующий этап – составление сборочной модели (блока выключателей) из полученной параметрической модели выключателя. На иллюстрации в левой части показана модель выключателя и две таблицы его внешних переменных с присвоенными разными значениями, задаваемыми при составлении сборки. Из рисунка видно, что переменным <T> и <a> присвоены численные значения, а переменной <r> в качестве значения присвоена переменная <r> сборки. Таким образом, параметрическая сборочная модель построена. В блоке выключателей из редактора переменных возможно управление значением радиуса оси выключателя. Остальные параметры выключателей оказались фиксированными. Если потребуется их изменение, то это можно будет сделать, вызвав команду редактирования переменных 3D фрагмента.

При использовании коннекторов параметрические связи между двумя деталями могут быть установлены напрямую, минуя этап создания общей переменной в сборке. При этом переменные новой детали, привязанной к коннектору уже нанесённой на сборку другой детали, будут зависеть только от значений её переменных (см. ниже «**Использование коннекторов**»).

Выбор/создание исходной системы координат

Автоматически предлагаемые системой шаги по привязке 3D фрагмента зависят от того, есть ли в модели 3D фрагмента заранее подготовленные локальные системы координат, а если есть, то сколько их:

- ✓ Если в модели 3D фрагмента присутствует одна ЛСК, и в её свойствах заявлено, что она может использоваться для привязки 3D фрагмента, то система автоматически выбирает её в качестве исходной и переходит к следующему этапу – заданию целевой системы координат. Система ведёт себя точно так же, если в документе 3D фрагмента имеется несколько ЛСК, но одна из них специально назначена для использования в качестве исходной (см. параграф «**Подготовка документа к использованию в качестве 3D фрагмента**»)
- ✓ Если в модели 3D фрагмента присутствует несколько ЛСК, одинаково пригодных для привязки 3D фрагмента, то T-FLEX CAD выбирает привязку по умолчанию (по глобальной системе координат) и переходит к заданию целевой системы координат. Для выбора системы координат нужно переключиться в специальный режим выбора/создания исходной системы координат.
- ✓ Если в модели 3D фрагмента отсутствуют локальные системы координат, то T-FLEX CAD выбирает привязку по умолчанию (по глобальной системе координат) и переходит к заданию целевой системы координат. Для создания новой исходной системы координат нужно переключиться в специальный режим выбора/создания исходной системы координат.

Работа в режиме выбора/создания исходной системы координат осуществляется в отдельном 3D окне, в которое загружается модель 3D фрагмента. Данное 3D окно открывается принудительно – из команды создания 3D фрагмента при помощи опции:

	<S>	Выбрать или создать исходную систему координат

После открытия нового окна в начальный момент в автоменю помимо стандартных присутствуют следующие опции:

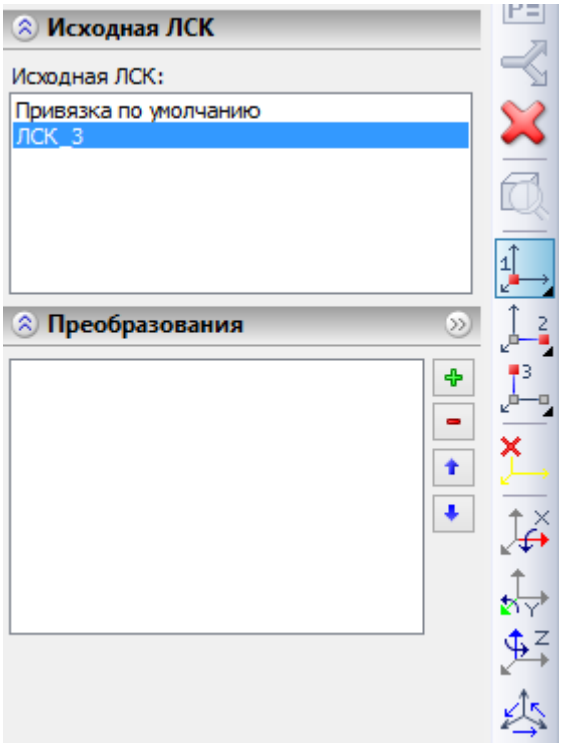
	<1>	Выбрать точку, задающую начало координат
	<2>	Выбрать элемент, задающий направление оси X
	<3>	Выбрать элемент, задающий направление оси Y
	<C>	Выбрать или создать заново систему координат
	<A>	Повернуть систему координат вокруг оси X на 90°
	<O>	Повернуть систему координат вокруг оси Y на 90°

	<Z>	Повернуть систему координат вокруг оси Z на 90°
	<9>	Циклический поворот системы координат

Выбор опции  возвращает пользователя к сборке и включает режим задания целевой ЛСК.

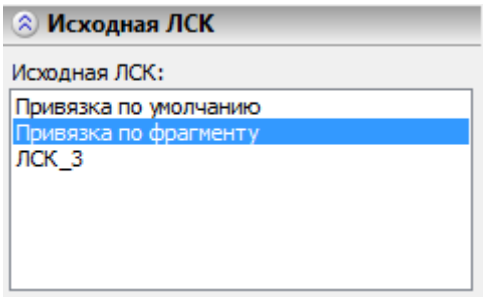
Опция  предназначена для перехода к действиям по заданию геометрических параметров адаптивного фрагмента (подробное описание см. в главе “Адаптивные 3D фрагменты”)

При работе опции  выбор существующей ЛСК осуществляется в 3D окне или из списка в окне свойств.



Система также позволяет создать новую ЛСК на основе геометрии 3D фрагмента. Для активации режима создания новой исходной ЛСК нужно выбрать на 3D модели первый элемент для определения точки начала координат. При этом можно выбирать любые подходящие элементы модели в соответствии с активными фильтрами селектора на системной панели. После выбора начала новой исходной ЛСК в автоменю появляются остальные опции для задания ЛСК. Создание системы координат выполняется по тем же принципам, что и в специализированной команде создания ЛСК **3О: Построить систему координат**. При этом используются аналогичные опции и инструменты. Задаётся центр и направление осей ЛСК. Дополнительно доступны опции циклического разворота и поворота осей на 90 градусов. В данной главе мы опустим подробное описание процесса создания локальной системы координат.

При создании новой ЛСК следует понимать, что она создаётся не в файле 3D фрагмента, а относится только к данной операции 3D фрагмента и хранится в сборочном документе. Созданная исходная система координат в сборке отображаться не может. Для её изменения нужно вызвать команду редактирования 3D фрагмента и войти в режим выбора/создания исходной ЛСК.



При создании новой исходной ЛСК в списке исходных ЛСК для фрагмента появится новая строка **Привязка по фрагменту**. Для выхода из режима выбора/создания исходной ЛСК нужно воспользоваться кнопкой .

Выбор/создание целевой системы координат

Режим выбора или создания целевой системы координат включается с помощью опции автоменю:

	<T>	Выбрать или создать целевую систему координат

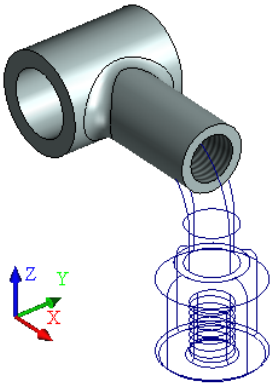
В большинстве случаев эта опция включается автоматически после выбора файла фрагмента и после выхода из режима создания исходной ЛСК. Если в сборочной модели имеется подходящая ЛСК, то действия пользователя сводятся к выбору ЛСК сборочной модели, с которой надо совместить исходную систему координат фрагмента. Если не будет выбрана ни одна ЛСК сборочной модели, то в качестве целевой будет использована Мировая система координат сборочной модели.

Также можно построить новую целевую систему координат на основе элементов 3D модели. Построение целевой системы координат осуществляется при помощи тех же инструментов, которые использовались для построения исходной. Главное отличие состоит в том, что все действия производятся в основном 3D окне с текущей сборочной моделью. Модель 3D фрагмента при этом позиционируется в пространстве в соответствии с устанавливаемыми настройками целевой системы координат.

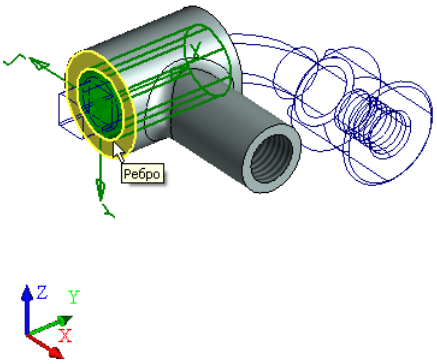
Опции для определения элементов новой целевой системы координат появляются после выбора точки начала ЛСК. После выбора точки начала можно сориентировать оси X и Y.

В том случае, если сразу не удалось сориентировать ЛСК нужным образом, можно воспользоваться функциями дополнительного определения системы координат. Они позволяют быстро поворачивать построенную ЛСК вокруг своих осей на 90 градусов () производить циклический разворот осей системы координат вокруг начала координат (при нажатии  оси

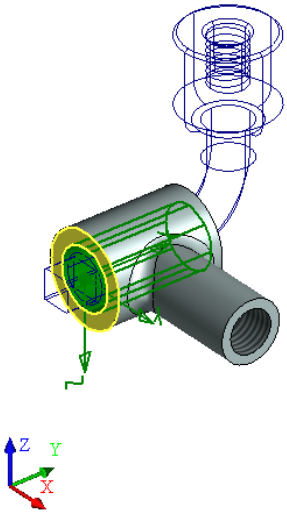
меняются местами).



Положение фрагмента в абсолютных координатах



Положение фрагмента после выбора ребра для целевой ЛСК



Положение фрагмента после использования функции поворота вокруг оси X на 90°.

Для того чтобы сбросить все данные, определяющие на текущий момент целевую систему координат, используйте опцию автоменю:

	<C>	Сбросить систему координат

Выбор 3D коннекторов

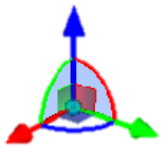
Коннектор может быть выбран в режиме выбора или создания целевой системы координат, который активируется автоматически сразу после входа в команду вставки фрагмента (опция ). В этом режиме нужно убедиться, что на системной панели активирован фильтр селектора для выбора коннекторов .

Для поиска коннектора на какой-либо детали нужно подвести курсор к одному из ассоциированных с коннектором элементов. В стандартных элементах, например, в болтах, в качестве ассоциированного элемента можно выбирать резьбовые грани на стержне болта. Уже при подведении курсора к такому элементу коннектор подсвечивается. Для выбора коннектора нужно нажать .

Задание дополнительных преобразований

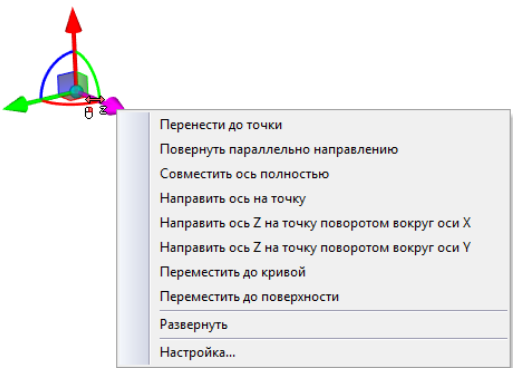
Управление дополнительными преобразованиями осуществляется при помощи манипулятора в 3D окне, секции **Преобразования** окна свойств и диалога **Группы преобразований** секции **Основные преобразования** окна свойств. Манипулятор при вставке 3D фрагмента присутствует постоянно, если в окне свойств включена опция **Использовать манипуляторы**.

Манипулятор позволяет задать неограниченное число преобразований перемещения вдоль указанных осей, смещения в плоскостях и поворота выбранных осей на требуемый угол в нужной плоскости. Манипулятор представляет собой изображение системы координат. Оси координат соединены между собой цветными дугами, смежные плоскости соединены между собой условными цветными квадратиками, центр манипулятора отмечен серым шариком. Различные части манипулятора являются активными элементами, предназначенными для задания преобразований:

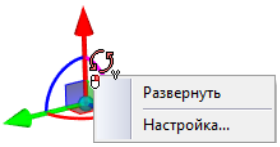


- ✓ оси манипулятора предназначены для задания перемещений;
- ✓ дуги манипулятора предназначены для задания поворотов;
- ✓ изображения плоскостей предназначены для перемещения в плоскостях **XY, XZ, YZ**;
- ✓ центр манипулятора используется для ручного входа в режим динамической привязки.

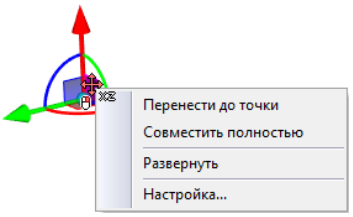
При подведении курсора к различным активным частям манипулятора курсор меняет свой вид, предлагая задать соответствующие виды дополнительных преобразований. Рядом с курсором появляется всплывающая подсказка о типе предлагаемого преобразования. Выбираемый элемент манипулятора подсвечивается другим цветом. При указании на ось пользователь может перейти к заданию перемещения вдоль выбранной оси.



При указании на дугу система предлагает задать поворот в соответствующей плоскости. При этом в дополнение выбирается ближайшая к курсору ось манипулятора с тем, чтобы пользователь мог задать поворот, направляя выбранную ось на конкретный элемент модели.



При указании на изображение плоскости пользователь может перейти к заданию смещения по выбранной плоскости.



При выборе одного из перечисленных выше элементов манипулятора в контекстном меню становятся доступны следующие команды:

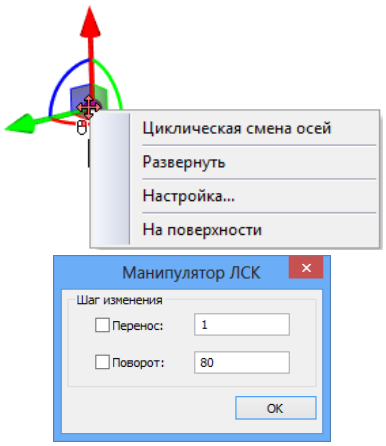
-для перемещения вдоль оси;

-для перемещения в плоскости;

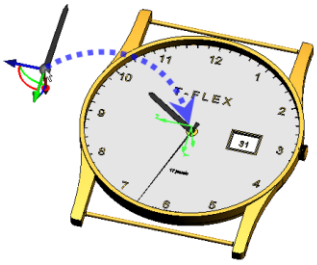
-для поворота по трём осям;

-для перемещения по трём осям.

Пункт меню **Настройка** задаёт шаг изменения расстояния и угла при перемещениях и поворотах манипулятора.



Для задания преобразования при помощи манипулятора пользователь должен выбрать активный элемент манипулятора нажатием . Далее можно, не отпуская нажатой кнопки, двигать курсор. Преобразование будет задано при отпускании кнопки мыши.



Начинаем вставлять фрагмент (минутная стрелка). Выбираем ребро на оси часов для задания целевой ЛСК (положения фрагмента-стрелки)



Поворачиваем стрелку. Для этого указываем на нужный элемент манипулятора и нажимаем левую кнопку мыши



Перемещаем курсор, удерживая кнопку мыши нажатой. Поворачиваем фрагмент вокруг оси

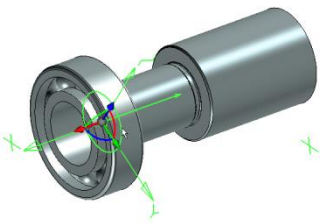


Отпускаем кнопку мыши, завершаем задание преобразования

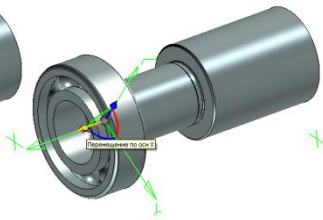
Также можно после выбора манипулятора отпустить кнопку мыши, переместить курсор, и выбрать новый элемент (указать место в пространстве) для привязки преобразования повторным нажатием .



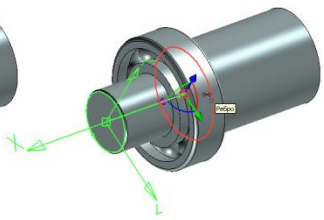
Начинаем вставлять фрагмент (подшипник)



Выбираем круговое ребро - определяем целевую систему координат (положение фрагмента)



Кликом выбираем ось манипулятора для задания перемещения вдоль оси

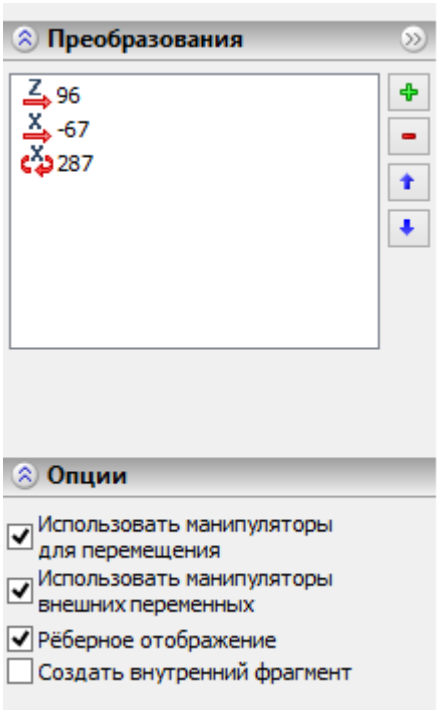


Выбираем круговое ребро для задания конечной точки перемещения

Клик в центр манипулятора означает переход к действиям по изменению целевой системы координат. При этом начинает работать **режим динамической привязки**. В этом режиме изображение фрагмента привязано к курсору. При подведении курсора к элементам модели изображение фрагмента сразу занимает положение, показывающее позицию фрагмента в случае

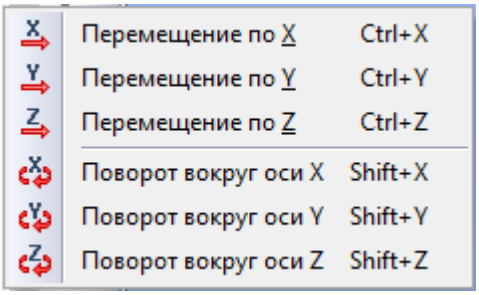
выбора этого элемента. В этом режиме можно кликнуть в свободное место пространства или выбрать элемент модели для привязки. В первом случае создаются новые дополнительные преобразования для размещения фрагмента в месте клика. После выбора нового элемента модели для привязки все ранее заданные дополнительные преобразования могут быть удалены.

Секция «**Преобразования**» окна свойств может использоваться для контроля, коррекции численных значений, создания и удаления преобразований 3D фрагмента. В специальном поле отображается список всех дополнительных преобразований, заданных на данный момент для 3D фрагмента. Каждое преобразование помечается специальным значком, обозначающим его тип (перемещение или поворот, какой оси). Если значение преобразования задано константным значением, то это значение отображается рядом со значком. Если преобразование привязано к элементу модели, то рядом со значком отображается имя элемента. Элементы списка показываются в порядке, соответствующем их созданию. Несколько последовательных однотипных преобразований автоматически суммируются.



Ниже основного списка преобразований имеется поле для ввода и редактирования значений.

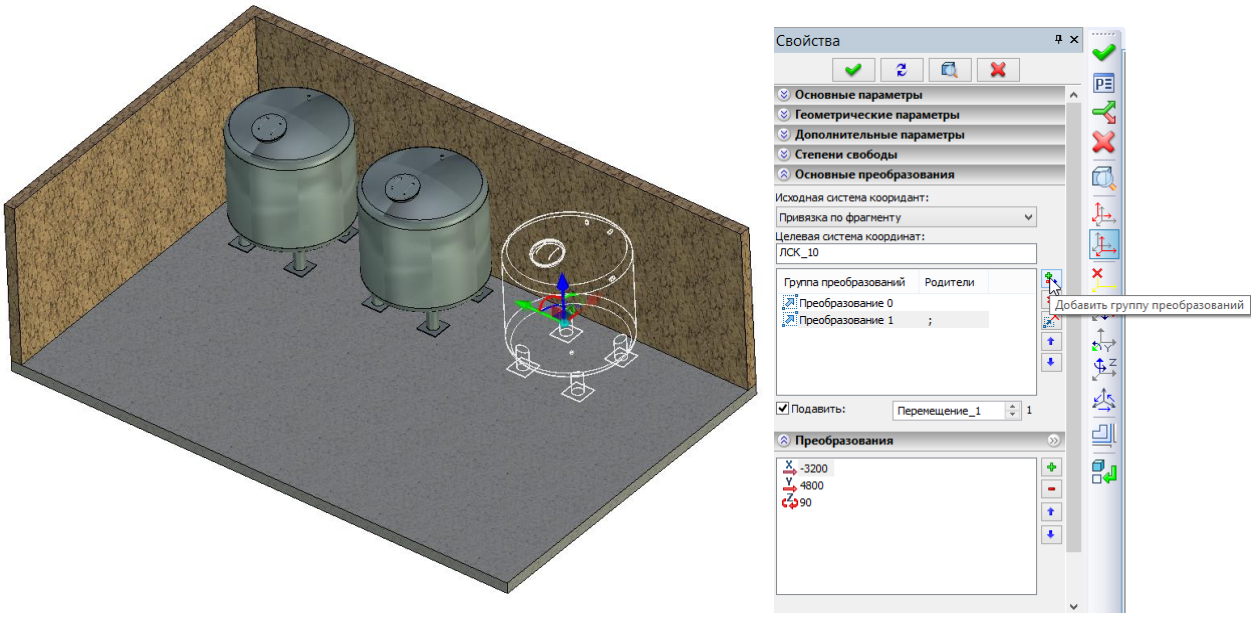
Справа от списка преобразований находятся графические кнопки. Кнопка предназначена для добавления нового преобразования. При нажатии появляется список возможных преобразований, из которого предлагается выбрать нужный тип. После выбора типа в списке преобразований появляется новая строка. В поле ввода значений можно ввести значение преобразования. Для сохранения преобразования нужно нажать **[Enter]**. Кроме этого, для задания значения можно перейти в 3D окно и использовать манипулятор, который перемещается в соответствии с выбранным типом преобразования.



При нажатии кнопки удаляется последнее в списке преобразование. При нажатии кнопок меняется последовательность выполнения преобразований.

Пользователь также имеет возможность создавать отдельные группы преобразований для 3D фрагментов. Деление преобразований на группы позволяет пользователю создавать сразу несколько вариантов положений 3D фрагмента в сборке.

Допустим, имеется вариант 3D планировки помещения. Необходимо, чтобы фрагмент (бочка) менял свое положение в зависимости от расположения стен и добавления новых объектов на планировку.

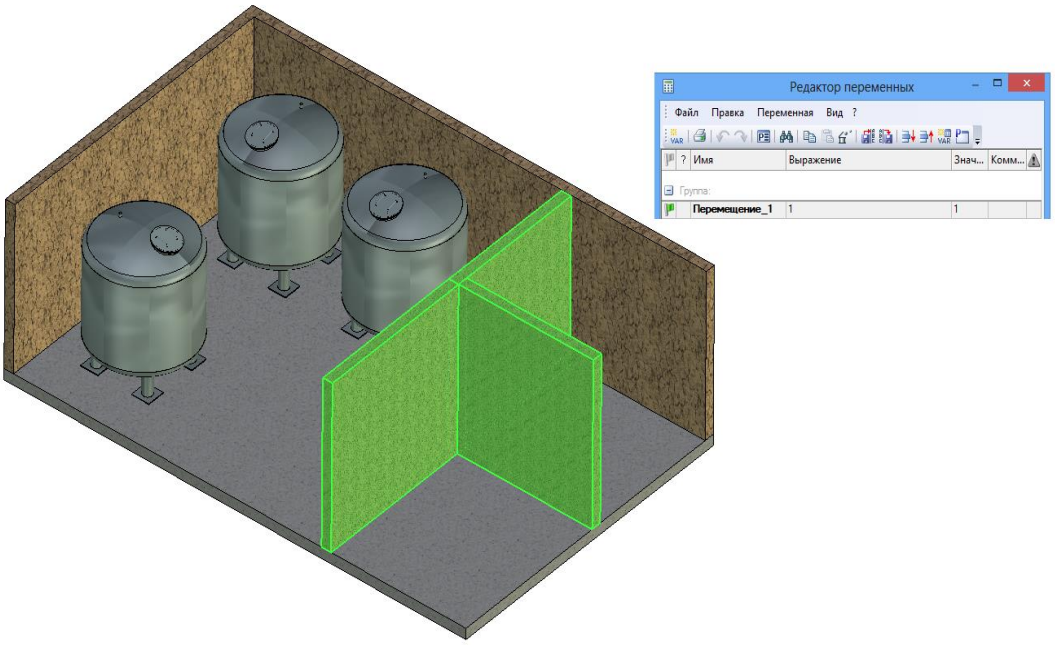


Для этого в окне свойств 3D фрагмента (бочка) в секции **Основные преобразования** находим диалог **Группы преобразований**. С помощью кнопки  добавляем группу преобразований, а именно задаем значения перемещений по осям X и Y и поворота вокруг оси Z.

> Важно помнить, что по умолчанию все преобразования для 3D фрагмента создаются в одной группе преобразований

Каждая группа преобразований имеет свое имя. Элементы списка показываются в порядке, соответствующем их созданию.

Для управления видимостью различных положений фрагмента ниже списка групп имеется флажок **Подавить**. Рядом с флажком есть поле, куда можно вводить цифры или записывать числовые переменные. Если в поле введено значение, отличное от 0, то группа преобразований становится подавленной. Для удобства работы в сборке зададим видимость положений фрагмента с помощью переменной.



После задания нескольких положений фрагмента (бочка) с помощью групп преобразований мы получили возможность манипулировать его перемещением наиболее простым и быстрым способом.

В этом случае для отображения изменений в преобразованиях в 3D окне необходимо воспользоваться кнопкой обновления 3D модели .

Справа от списка групп преобразований находятся графические кнопки.

Кнопка позволяет добавить новую группу преобразований.

При нажатии кнопки удаляется последняя в списке группа преобразований.

Кнопка позволяет удалить все группы преобразований.

При нажатии кнопок меняется последовательность выполнения групп преобразований.

> При привязке фрагмента к коннектору система может автоматически перейти к заданию дополнительных преобразований, если в коннекторе задано соответствующее предписание (см. главу “Локальные системы координат”).

После создания операции 3D фрагмента все заданные дополнительные преобразования записываются в общий список преобразований 3D фрагмента. Для каждого дополнительного преобразования формируется отдельная запись в списке преобразований 3D фрагмента.

Обновление фрагмента



Автоматически обновлять 3D фрагмент при изменении параметров. Если опция включена, то при изменении переменных или адаптивных параметров фрагмента будет автоматически происходить обновление фрагмента.

Кроме того, обновить фрагмент можно вручную, нажав кнопку **Обновить** в верхней части окна **Свойства**.

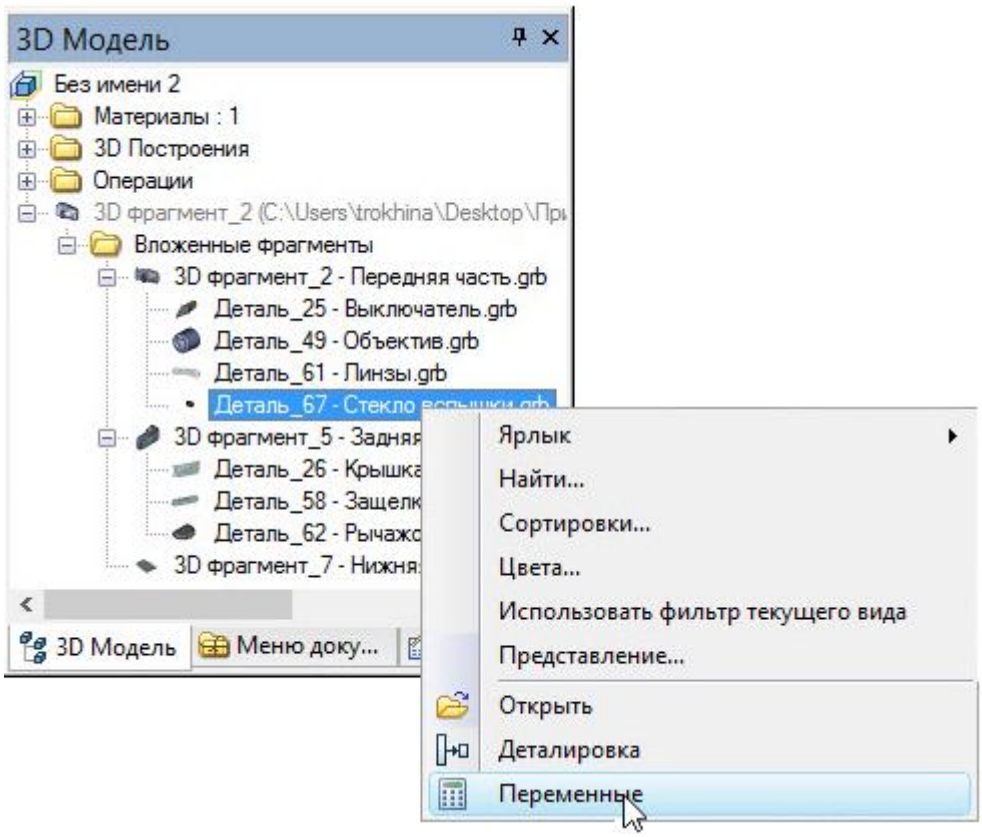


Работа со структурой сборочной модели

В процессе работы со сборочной моделью время от времени требуется получать различную вспомогательную информацию о состоянии 3D фрагментов: об их месте в структуре сборки, о наличии ошибок и т.п. Для этих целей существуют различные инструменты. Рассмотрим их в данном параграфе.

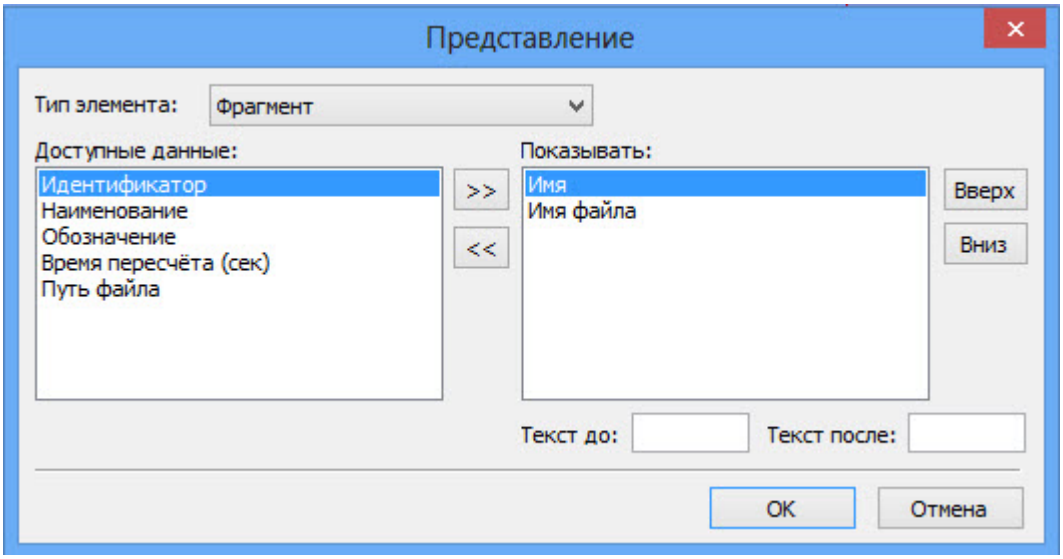
Прежде всего, 3D фрагменты и Детали отображаются в окне «**3D модель**». Это окно показывает полную иерархию всей сборочной модели, в нём можно определить место каждого 3D фрагмента в структуре модели, среди прочих 3D операций и элементов построений. 3D фрагменты могут отображаться в корне структуры модели наравне с Телами и Массивами.

Если 3D фрагмент в свою очередь тоже является сборкой и содержит вложенные 3D фрагменты, то информация обо всех вложенных элементах также отображается в общем дереве 3D модели. Для вложенных фрагментов любого уровня в контекстном меню доступны команды редактирования внешних переменных и создания деталировки. Для полноценной работы с вложенными 3D фрагментами нужно загружать на редактирование ту сборочную единицу, в состав которой он входит.



Выбирать вложенные 3D фрагменты для редактирования через уровень можно как в дереве 3D модели, так и прямо в 3D сцене. Для выбора в сцене введён специальный режим селектора – “Выбор вложенных подсборок по телам”. В этом режиме можно выбирать отдельные тела-фрагменты подсборок. Для выбранных фрагментов доступны команды открытия документов фрагмента, деталировки и редактирования переменных.

В окне «**3D модель**» для 3D фрагментов помимо имени файла и операции при необходимости может быть выведена различная дополнительная информация – путь файла, идентификатор, объем памяти под сетку, объем памяти под геометрию, время пересчёта, наименование и обозначение для спецификации. Количество выводимой информации можно настроить в диалоге команды **Представление**. Эту команду можно вызвать из контекстного меню при в окне «**3D модель**»

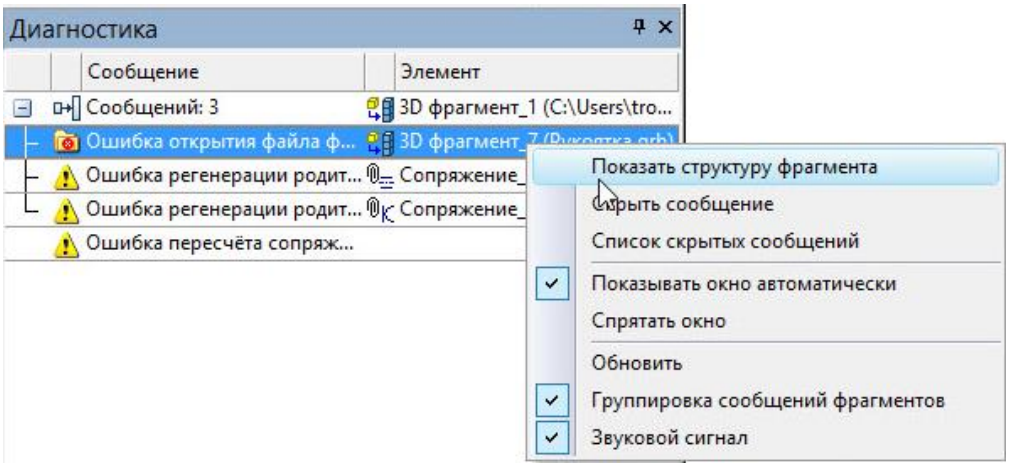


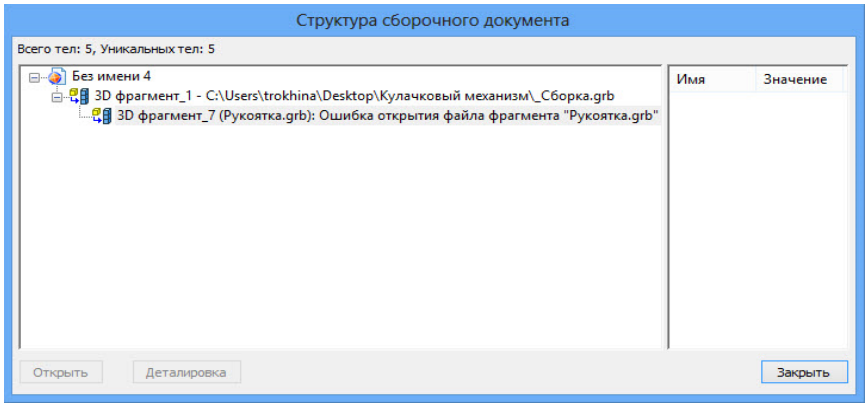
При возникновении внутри модели различных ошибок в дереве модели возле имени соответствующего элемента появляются специальные информационные пиктограммы:

1. При возникновении ошибки внутри модели 3D фрагмента или его систем координат выводится пометка.
2. 3D фрагменты, файлы которых не были найдены по указанной ссылке, помечаются красным крестом. 

3. Подавленные 3D фрагменты помечаются крестом синего цвета. 

Более подробные сообщения обо всех ошибках отображаются в окне «**Диагностика**». При выборе сообщения появляется контекстное меню. Если сообщение относится к 3D фрагменту первого уровня, то доступны все команды для работы с 3D фрагментом первого уровня. Если сообщение говорит об ошибке во вложенных фрагментах, то для работы с ними доступна только одна команда **Показать структуру фрагмента**.





Фрагмент, внутри которого выявлена ошибка, выделен автоматически, и показана только та часть структуры сборочной модели, в которую входит ошибочный фрагмент. В правом окне можно наблюдать информацию об имеющихся переменных фрагментов: имена переменных, их значения и комментарии. Для устранения ошибки в файле фрагмента можно открыть файл нажатием на кнопку *[Открыть]*. Ошибка в модели фрагмента может быть, например, вызвана тем, что задано некорректное значение его переменной. Для того чтобы открыть фрагмент с текущими значениями переменных служит команда **Деталь>Создать** с вариантом **Не сохранять**.

Другим важным инструментом управления сборкой является окно «Структура сборки». Подробнее о данном окне можно прочитать в соответствующем подразделе ниже.

Создание планировки

Для создания 3D фрагмента методом планировки нужно использовать опцию в основном автоменю команды вставки 3D фрагмента:

	<G>	Создать 3D фрагменты по рабочей плоскости (планировка)

После вызова данной опции устанавливается режим выбора 2D фрагментов, о чем говорит появившийся знак у курсора и установленная пиктограмма в автоменю. Теперь необходимо выбрать 2D фрагмент или набор 2D фрагментов, по которым необходимо создать 3D планировку.

После выбора 2D фрагментов необходимо определить рабочую плоскость, на которую будут установлены 3D фрагменты. Рабочую плоскость для ориентации 3D фрагмента можно задать самостоятельно, не зависимо от того, на какой рабочей плоскости был расположен 2D фрагмент.

Выбор рабочей плоскости осуществляется с помощью опции:

	<W>	Выбрать рабочую плоскость для задания положения 3D фрагмента

Выбор можно осуществить как в 2D, так и в 3D окне, если в 3D окне установлено визуальное отображение рабочей плоскости.

После подтверждения выбора нажатием на  в 3D сцене отобразится 3D планировка, созданная на основе 2D фрагментов.

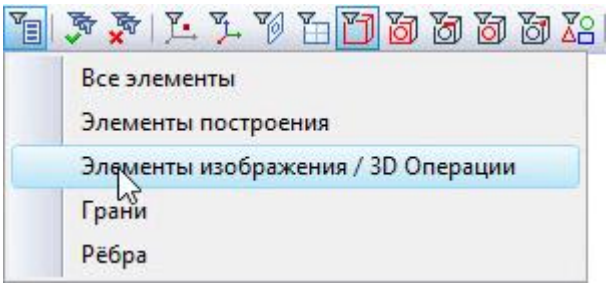
Если возникают ошибки при создании планировки, например, вектор 2D фрагмента не был связан с рабочей плоскостью, то система привязывает 3D фрагмент в абсолютных координатах без возможности привязки по ЛСК, пока не будет назначена связь вектора привязки и рабочей плоскости в документе фрагмента. Также выводится предупреждение «Не найдена ассоциированная рабочая плоскость в документе фрагмента».

Существует возможность управления расположением 3D фрагмента непосредственно в области 3D окна. Для изменения положения 3D фрагмента в области 3D окна необходимо использовать опцию в автоменю команды вставки 3D фрагмента:

	<L>	Режим планировки

При включённом режиме планировки на манипуляторе отображаются только оси рабочей плоскости. Все преобразования с 3D автоматически будут перенесены на 2D чертёж после нажатия . Преобразования с перемещением 3D фрагментов отображаются на 2D **только при включенном режиме планировки**.

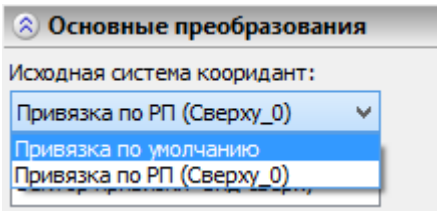
Редактирование положения 3D фрагмента также возможно при выборе конфигурации селектора **Элементы изображения /3D операции**.



Режим планировки используется только для 3D фрагментов с вектором привязки.

Для 3D фрагментов, у которых 2D фрагмент имеет вектор привязки, при выборе исходной системы координат имеется вариант привязки по рабочей плоскости.

Ориентация исходной системы координат фрагмента, привязанного к рабочей плоскости, совпадает с ориентацией вектора привязки на 2D.



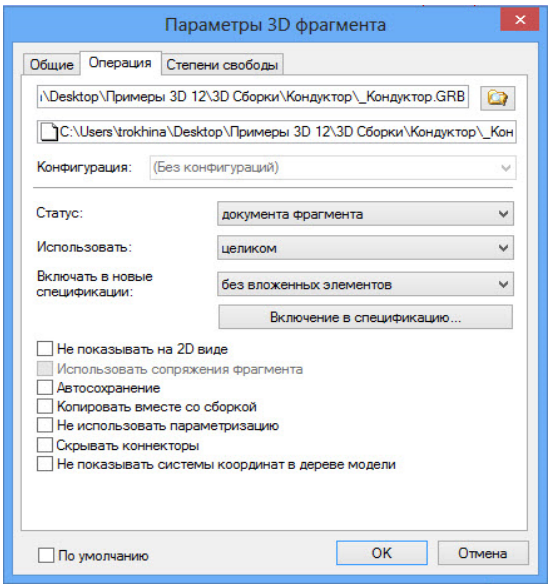
Параметры 3D фрагментов

Детальное задание многих параметров 3D фрагмента можно выполнить в любой момент в диалоге параметров. Он вызывается при помощи опции команды создания или редактирования фрагмента, а также из контекстного меню при выборе операции:

	<P>	Задать параметры 3D фрагмента

Диалог содержит три закладки. На закладке **[Общие]** находятся общие параметры для всех 3D элементов.

Многие параметры закладки **[Операция]** уже описаны в главе **Фрагменты** для двухмерного проектирования, так как применяются при нанесении 2D фрагментов. Исключение составляют три параметра.



Для задания значений внешних переменных 3D фрагментов можно использовать **конфигурации**, поэтому в диалоге свойств есть поле для выбора текущей конфигурации. Доступен выбор любой существующей конфигурации, или значения «без конфигураций».

Статус определяет источник параметров фрагмента, заданных в команде **ST: Задать параметры документа**.

Документа фрагмента. Параметры фрагмента будут взяты из файла фрагмента.

Текущего документа. Параметры фрагмента будут взяты из файла текущего документа.

Использовать. Параметр может принимать одно из двух значений: “целиком” или “как отдельные тела”. При установленном значении “как отдельные тела” дополнительно производится операция "Разделение" для расчленения фрагмента на отдельные тела. Это нужно в тех случаях, когда сам 3D фрагмент состоит из нескольких тел, а одно из них нужно использовать, например, в булевой операции с другим элементом сборки. Если разделения на тела не производить, то выбрать отдельное тело 3D фрагмента будет невозможно – операция «3D фрагмент» будет всегда выбираться целиком как один объект. Операцию «разделение» можно провести и вручную после вставки 3D фрагмента. Эффект будет тот же самый.

Включать в новую структуру изделия. В поле можно задать условия включения фрагмента в структуру изделия.

Более подробную информацию о включении в структуру изделия можно найти в главе “Структура изделия, отчёты, спецификации”.

Не показывать на 2D виде. Данный параметр позволяет отключать прорисовку двухмерной части фрагмента в окне 2D вида.

Использовать сопряжения фрагмента. В случае вставки в сборку другой сборочной единицы, в которой созданы сопряжения или определены степени свободы, имеется возможность перенести весь этот механизм в новую сборку одной операцией вставки 3D фрагмента. Для вставки в сборку такого фрагмента-механизма нужно одновременно включить опцию использования фрагмента **Как отдельные тела** и опцию **Использовать сопряжения фрагмента**.

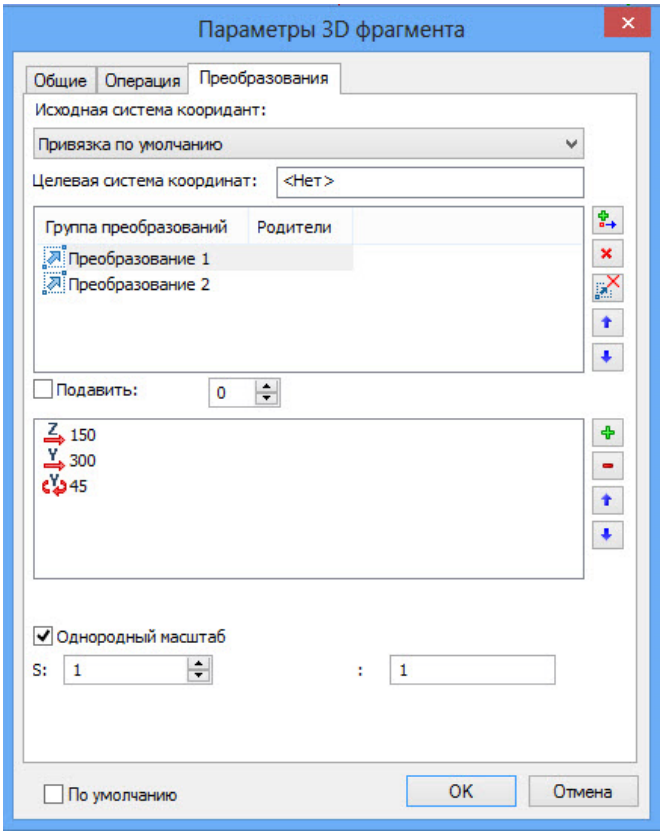
Автосохранение. При изменении значений внешних переменных фрагмента в сборке файл фрагмента пересохраняется в соответствии с новыми значениями. Обновление файла фрагмента происходит в момент сохранения файла сборки. Этот флаг удобно использовать для получения деталировочных чертежей. Если в файле фрагмента используются проекции, то для их пересчёта при автосохранении необходимо выставить режим автоматического обновления в свойствах проекции.

Копировать вместе со сборкой. Если этот флажок установлен, то рядом с файлом сборки создаётся папка, имеющая имя файла сборки, и в неё сохраняется файл фрагмента. Путь для фрагмента создаётся относительный.

Не использовать параметризацию. При установленном флажке изменить внешние переменные фрагмента нельзя. Окно “Переменные” не вызывается из контекстного меню фрагмента и не появляется при его редактировании.

Скрывать коннекторы. При установленном флажке коннекторы фрагмента не показываются в 3D сцене и в дереве 3D модели.

Не показывать системы координат в дереве модели. При включённом флажке внешние системы координат фрагмента отображаются в 3D сцене, но не видны в дереве 3D модели.



На закладке **[Преобразования]** можно работать со списком всех геометрических преобразований, примененных к данной операции 3D фрагмента. Среди них могут быть:

- ✓ дополнительные преобразования, заданные при создании или редактировании 3D фрагмента;
- ✓ преобразования, заданные в команде **3EG: Преобразование элементов** (работа с этой командой описана в главе *«Создание преобразований 3D элементов»*);
- ✓ преобразования для режима «Разборка»;
- ✓ специфические служебные преобразования для выполнения функций привязки 3D фрагмента.

Любое преобразование может быть применено либо постоянно, либо только в специальном режиме разборки изделия. Этим управляет соответствующий флажок в настройках каждого преобразования.

В 3D фрагментах и Деталях существует особые виды преобразования типа «Привязка...». Оно служит не для того, чтобы как-то трансформировать в пространстве тело 3D фрагмента, а только для управления наличием привязки по системам координат. Это преобразование создаётся системой автоматически при вставке каждого 3D фрагмента. Его название, зависит от типа привязки 3D фрагмента:

- **Привязка по ЛСК фрагмента** - преобразование, управляющее привязкой 3D фрагмента, если в качестве исходной системы координат использовалась ЛСК фрагмента.
- **Привязка по ЛСК сборки** - преобразование, управляющее привязкой 3D фрагмента, если в качестве исходной системы координат была создана в прозрачном режиме новая система координат при вставке 3D фрагмента.
- **Привязка по РП** - преобразование, управляющее привязкой 3D фрагмента, если используется способ привязки по 2D фрагменту (планировка).

При подавлении преобразования, управляющего привязкой 3D фрагмента, модель фрагмента позиционируется в сцене совмещением мировой системы координат 3D фрагмента и мировой системы координат сборки.

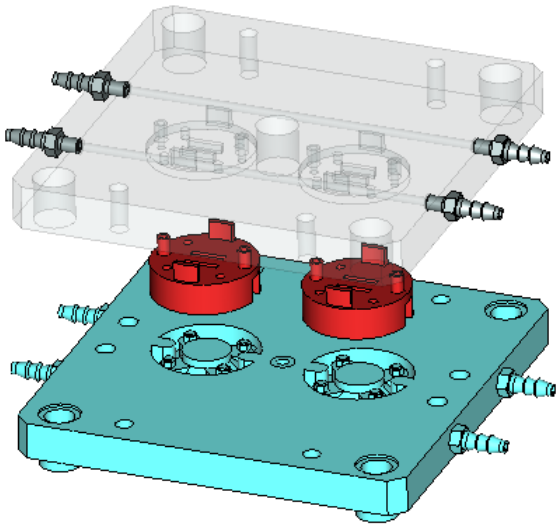
Для выключения любого преобразования нужно установить флажок **Подавить** в его свойствах. Рядом с флажком есть поле, куда можно вводить цифры или записывать числовые переменные. Если в поле введено значение, отличное от 0, то преобразование становится подавленным.

У 3D фрагментов существует еще один специализированный вид преобразования, служащий для автоматического переноса данных разборки 3D фрагмента из свойств его исходной системы координат. В специальной главе про локальные системы координат написано, что если планируется использовать данную ЛСК в качестве исходной при привязке 3D фрагмента, то в её свойствах можно сразу задать необходимые преобразования перемещения-поворота для разборки. Это преобразование называется **Преобразование разборки с исходной ЛСК**. Оно появляется только тогда, когда у исходной ЛСК 3D фрагмента действительно были заданы такие свойства. Данное преобразование нельзя никак изменять.

Если для исходной системы координат не были заданы преобразования для разборки, то при создании 3D фрагмента система может попытаться автоматически назначить какие-то преобразования разборки самостоятельно. Численные значения смещений она будет рассчитывать самостоятельно, исходя из габаритных размеров модели 3D фрагмента. При этом в список существующих преобразований будет добавлено новое с именем «Преобразование_№». У этого преобразования будет включен флаг «**только для разборки**». Автоматическое добавление преобразований разборки при создании 3D фрагментов можно отключить. Данная настройка находится в установках системы на закладке 3D (команда **"Настройка|Установки..."**, параметр "**Автоматически устанавливать параметры разборки при вставке фрагментов**").

Флажок **Применять разборку базовых элементов** позволяет производить разборку данного 3D фрагмента относительно его точки привязки с учетом преобразований разборки базовых элементов. Базовыми элементами могут являться другие операции 3D сцены, если они использовались для задания целевой системы координат текущего 3D фрагмента. То есть точка привязки данного 3D фрагмента дополнительно смещается на величину преобразования базового элемента.

Создание булевой операции на основе 3D фрагмента



3D фрагмент, как и другие операции можно использовать в булевых операциях. Например, можно вычесть тело 3D фрагмента из другой детали. При необходимости можно в документе 3D фрагмента ввести настройку, в которой будет указано, какой тип булевой операции будет автоматически создан при вставке этого документа в сборку (см. параграф «**Подготовка документа T-FLEX CAD к использованию в качестве 3D фрагмента**»). Если такая настройка существует, то при вставке 3D фрагмента надо выбрать одно из тел сборки. Если в сборке присутствует всего одно тело, то его выбор происходит автоматически. Это тело будет использоваться в качестве первого операнда булевой операции. В качестве второго тела используется одно из тел 3D фрагмента или все тела фрагмента сразу – в зависимости от установленной настройки.

Опция может быть полезна, например, при вставке отверстий в тело детали или при проектировании пресс-форм, когда для получения пуансона или матрицы из плиты нужно вычесть тело детали.

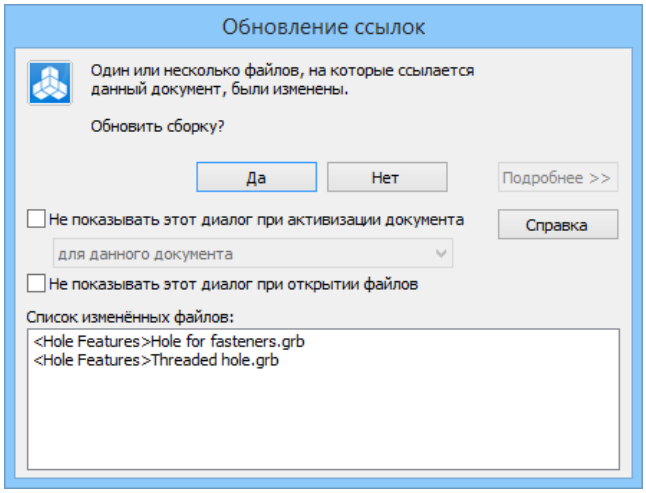
Для выбора первого операнда булевой и отмены выбора тел используются опции:

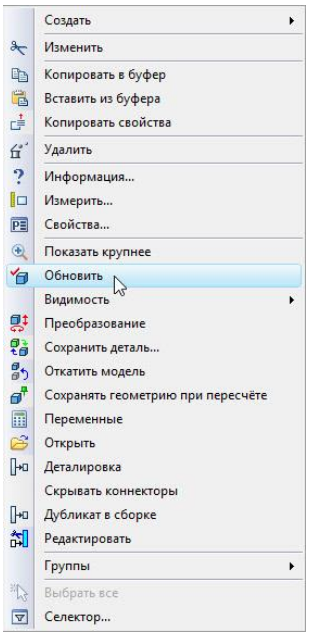
	<B>	Выбрать первый операнд
	<D>	Отменить выбор операндов

Обновление ссылок

Поясним использование опции **Обновить данные фрагмента**.

При нанесении 3D фрагмента внутри системы создаётся копия трёхмерной модели фрагмента в сборочном чертеже. При новом пересчёте сборки система больше не загружает геометрические данные 3D фрагмента, а использует сохранённые данные. Для обеспечения актуальности сборки система постоянно отслеживает факт сохранения файлов. Если файл изменяется, то система сразу предлагает обновить ссылки на документы, то есть загрузить новые геометрические данные изменённых 3D фрагментов.





Если нажать кнопку **[Да]**, то будут обновлены данные всех изменённых фрагментов. Если сборка состоит из значительного количества фрагментов, процедура обновления может быть достаточно продолжительной, хотя на самом деле требовалось обновить данные только одного фрагмента. Поэтому можно нажать кнопку **[Нет]**, а затем выбрать конкретный фрагмент и обновить только его данные. Локально обновить данные только одного 3D фрагмента можно командой **Обновить** контекстного меню, которое появляется при выборе операции 3D фрагмента .

Функцию обновления всех изменённых фрагментов можно вызвать принудительно при помощи команды **Файл** > **Сборка** > **Обновить ссылки**.

Однако если файлы 3D фрагментов остались неизменёнными, то ни при полном пересчёте, ни при обновлении ссылок 3D фрагменты заново не пересчитываются. В тех случаях, когда нужно гарантированно полностью пересчитать всю сборку со всеми входящими в неё 3D фрагментами (например, с целью полной проверки на наличие ошибок на всех уровнях), то следует воспользоваться **конвертером** файлов с установленным параметром «не проверять версии документов – сохранять все».

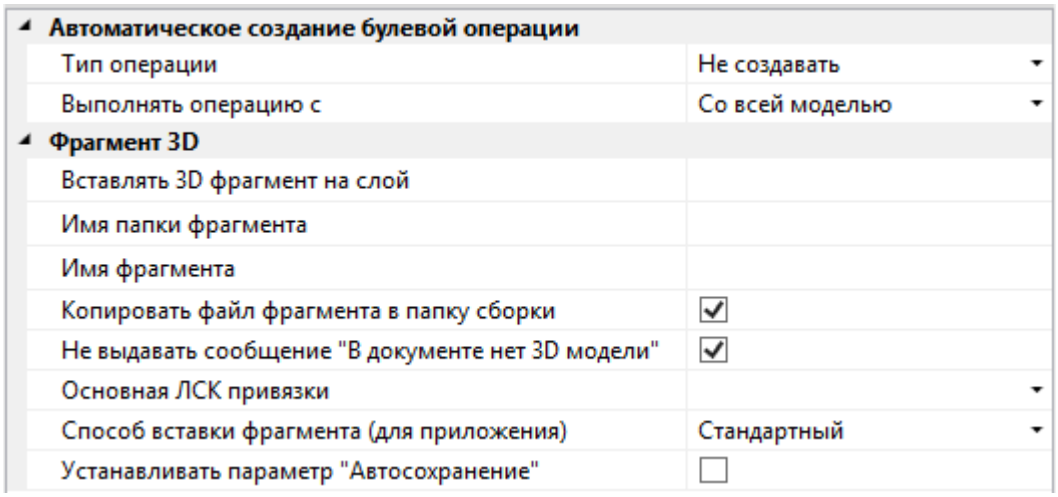
Более подробные сведения по работе с конвертером можно получить в главе «Преобразование документов, созданных в предыдущих версиях T-FLEX CAD»

Подготовка документа T-FLEX CAD к использованию в качестве 3D фрагмента

Для каждого документа T-FLEX CAD можно заранее выполнить необходимые настройки, которые в определённых ситуациях облегчат работу с этим документом при использовании его в сборочных 3D моделях в качестве 3D фрагмента.

Настройка статуса документа

В диалоге команды **ST: Задать параметры документа** на закладке **3D Фрагмент** можно указать **имя** и **папку** сохранения файла фрагмента при его вставке в сборку, **способ вставки** и **основную ЛСК привязки**, слой в сборке, на который будет автоматически помещён данный фрагмент; установить **исходную систему координат по умолчанию**, настроить **параметры для автоматической булевой операции.**



Автоматическое создание булевой операции

При нанесении 3D фрагмента можно **автоматически создать булеву операцию** заданного типа. В качестве первого операнда будет использоваться выбранное тело сборки, а в качестве второго – одно из тел 3D фрагмента, или все тела фрагмента сразу. Настройка автоматической булевой операции осуществляется при помощи нескольких параметров:

Тип операции. Данный параметр задаёт тип булевой операции (сложение, вычитание, пересечение), которая будет создаваться при вставке фрагмента в сборочную модель. Тип можно выбрать из списка.

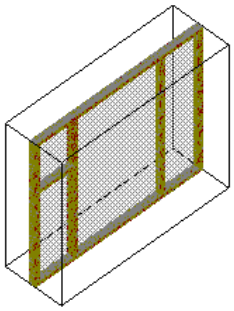
Выполнять операцию

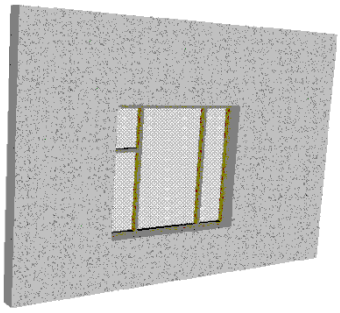
Со всей моделью. Если выбран данный параметр, то в качестве операнда булевой операции используется вся трёхмерная модель фрагмента.

С отдельной операцией. При выборе этого параметра булева операция будет создаваться только с одной отдельной операцией фрагмента. Конкретную операцию можно выбрать из списка всех существующих операций.

В том случае, если необходимо для булевой операции использовать тело, невидимое при работе с документом 3D фрагмента, можно помещать его на специальный слой, помеченный как **Видимый только при вставке в сборку**.

Рассмотрим на примере применение автоматического создания булевой операции при вставке фрагмента. Пусть есть 3D модель стены дома, в которую необходимо вставить окно в качестве 3D фрагмента. Для этого модель окна необходимо построить определённым образом. Нужно специально создать тело-параллелепипед, по которому будет вырезан проём в стене для вставки окна. Затем необходимо вызвать окно диалога "Вставка 3D модели в качестве фрагмента" (см. выше). Установите тип операции – вычитание, с отдельной операцией. Из списка операций необходимо выбрать ту, которая отвечает за создание специального параллелепипеда.





Фрагмент 3D

Имя фрагмента. Параметр задаёт имя, с которым будет отображаться фрагмент в дереве модели сборки.

Имя папки фрагмента. Параметр задаёт имя папки, в которую будет помещаться фрагмент в дереве модели сборки.

Имя фрагмента и имя папки считываются из файла фрагмента только при создании нового фрагмента. Если значения этих параметров изменить, то при обновлении фрагмента в сборке имя и папка останутся прежними.

- **Способ вставки фрагмента (для приложения)**. Из выпадающего списка можно выбрать один из вариантов:
- **Стандартный**. При вставке в сборку перемещение фрагмента возможно только при помощи манипулятора ЛСК (динамическое перемещение отключено);
- **Крепёж**. При вставке в сборку фрагмент динамически перемещается за курсором мыши;
- **3D расстановка.** Этот способ вставки предназначен для быстрого создания расстановки в 3D сцене. В файле фрагменты должны быть созданы специальные привязки к полу, стенам, потолку, горизонтальным поверхностям. Привязки определяются посредством коннекторов с определёнными параметрами;

- **По трём точкам.** При вставке фрагмента он может быть привязан к выбранным в сцене точкам. Фрагмент изменяет свой размер в зависимости от расстояния между этими точками.
- **Smart fragment (макрос).** Данный способ вставки предназначен для параметрических фрагментов, сценарий вставки которых описан в программе (макросе), хранящейся непосредственно в файле данного фрагмента или во внешнем модуле (DLL). При вставке файла в качестве фрагмента будет выполняться заданный пользователем макрос.

Основная ЛСК привязки выбирается из списка. В списке присутствуют все локальные системы координат модели, у которых установлен параметр **"Использовать для привязки фрагмента"**. При вставке этого документа в качестве 3D фрагмента, указанная система координат будет автоматически предложена в качестве исходной.

В свойствах подготовленной системы координат при необходимости можно установить разрешённые степени свободы, которые обеспечат правильное поведение данного 3D фрагмента в сборке в режиме перемещения сопряжённых элементов (см. главу «**Сопряжения и степени свободы**»).

Для несложных деталей, которые удобно вставлять в сборку в режиме **динамической привязки**, можно включить данный режим по умолчанию.

Вставлять 3D фрагмент на слой. Параметр задаёт имя слоя, на который будет помещён фрагмент при его вставке в сборку. Если в документе фрагмента установлен параметр **"Вставлять на слой",** а при вставке фрагмента в сборку такого слоя нет, то по запросу такой слой создаётся автоматически.

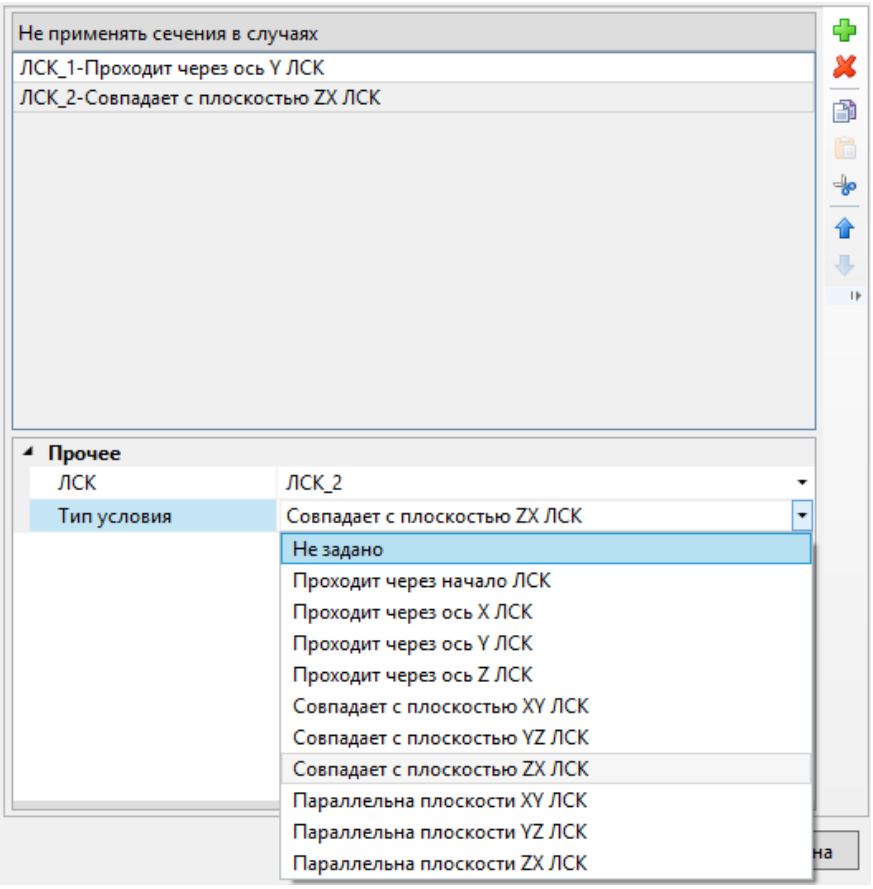
Не выдавать сообщение "В документе нет 3D модели". По умолчанию данный параметр отключён. В этом случае система не допускает вставки в 3D сборку фрагмента, в котором отсутствует или подавлена 3D модель. В качестве комментария выдаётся соответствующее сообщение в окне диагностики. При установленном флажке система позволяет вставку "пустого" фрагмента, не выдавая никаких сообщений.

На закладке **Сечения** можно задать условия для разрезов и сечений на 2D проекциях:

Группа **Не применять сечение в случаях** позволяет указать условия, при которых данный фрагмент не будет рассекаться при создании проекций сборочных моделей.

Для некоторых моделей (будущих деталей-компонентов сборочного документа) удобно заранее установить такие настройки, которые не позволят включать эти детали в число разрезаемых при создании проекций-разрезов для сборочных чертежей. Например, при создании моделей болтов заранее известно, что на определённых видах-разрезах они не должны быть разрезаны. Чтобы исключить кропотливую ручную настройку 2D проекции при работе со сборками, имеющими в своём составе такие детали, сделана эта опция.

Для создания нового условия нужно использовать кнопку . Появится дополнительный раздел **Условие применения сечения**, в котором из списков выбираются условия и имя ЛСК.



Условия формируются по отношению к предполагаемой исходной ЛСК фрагмента, существующей на данный момент в документе будущего 3D фрагмента. К примеру, деталь может не рассекаться, если плоскость сечения проходит через указанную ось исходной ЛСК, совпадает с одной из главных плоскостей ЛСК и т.д.

Задание переменных сборки

Для каждой внешней переменной текущего документа можно назначить имя переменной сборки. Это делается в том случае, если внешняя переменная, например, отвечает за типовой параметр (например, диаметр), и имя переменной сборки заранее известно (например, D). При нанесении данного документа в качестве фрагмента это имя переменной сборки (если эта переменная в сборке имеется) будет автоматически подставляться в качестве значения для переменной фрагмента в диалоге задания значений внешних переменных.

Задать имя переменной сборки можно в редакторе переменных. Команда вызывается из текстового меню редактора: Переменная > Имя переменной сборки.... Более подробную информацию о работе с редактором переменных можно прочесть в главе Переменные.

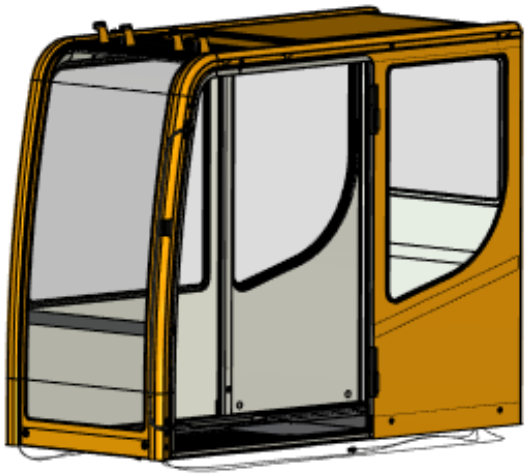
Проектирование сборок «Сверху вниз»

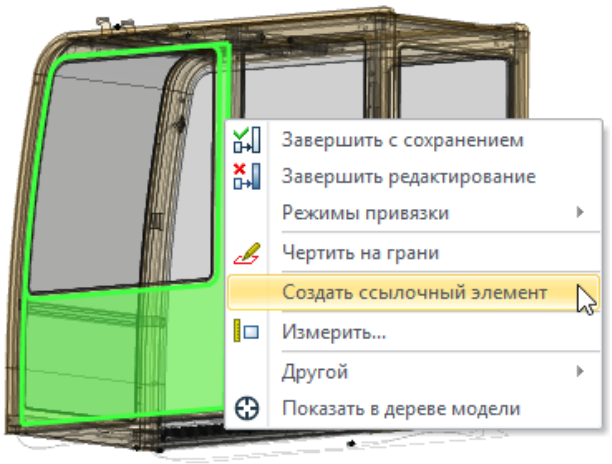
Принцип работы

При проектировании «Сверху вниз», детали можно создавать в сборке на основе геометрии других деталей в сборке. В этом заключается принципиальное отличие от проектирования «Снизу вверх», когда детали редактируются отдельно, независимо от других деталей в сборке, и то, как детали в сборке будут контактировать друг с другом, мы увидим только после завершения редактирования детали и обновления сборки. При проектировании «Сверху вниз» сборка определяет габариты, положение и контактирующие элементы входящих в неё деталей и подсборок, а значит при проектировании «Сверху вниз» необходимо обеспечить связь сверху вниз: связь между сборкой и фрагментами сборки. Связь между сборкой и фрагментами сборки осуществляется при помощи *ссылочных элементов*. Ссылочный элемент заимствует геометрию из сборки в деталь. Ссылочный элемент может заимствовать как основные элементы модели, так и топологические элементы. Контроль связи фрагментов между собой и со сборкой, актуальность исполнения фрагментов, навигация по сборке – осуществляется в окне *«Структура сборки»*.

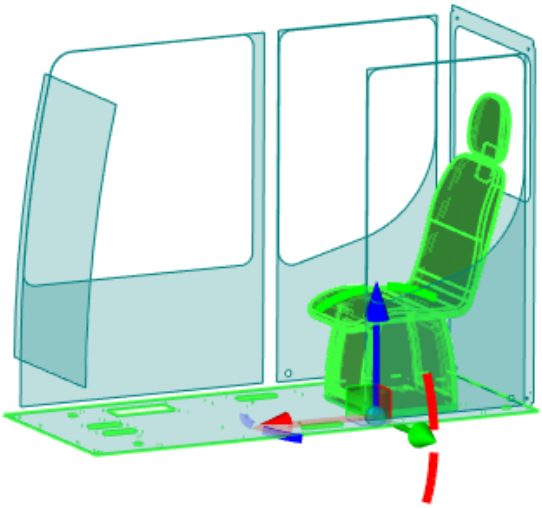
Принцип проектирования «Сверху вниз» и механизм работы ссылочных элементов позволяет решить задачи, возникающие при разработке сложных сборок. Например, пользователь может заимствовать геометрию элементов с вышестоящих фрагментов в структуре сборки, либо с фрагментов, расположенных в «параллельных» подсборках. Пользователь может в любой момент получить изменения выгруженной геометрии из исходного документа или обновить исходный документ в соответствии с изменениями в выгруженном файле.

Благодаря механизму ссылочных элементов появляется возможность эффективной работы в команде, где каждый пользователь выполняет свою задачу. Например, при проектировании кабины экскаватора, корпусные детали кабины разрабатывается одним пользователем, и у других пользователей нет доступа к этому файлу. Необходимые элементы корпуса кабины могут быть выгружены в отдельный файл, чтобы несколько пользователей могли работать параллельно.





На основе выгруженных элементов другой пользователь может располагать в кабине оборудование, имея полные данные о текущих габаритах кабины. При этом можно осуществлять привязку к выгруженной геометрии и обновлять выгруженную геометрию в соответствии с изменениями в исходном файле кабины, и затем передавать изменения, сделанные в кабине в общую сборку.





Метод проектирования «Сверху вниз» нельзя считать пригодным абсолютно для всех случаев проектирования сборок. У него существует ряд недостатков, которые несколько ограничивают его применение:

- ✓ более сложная схема организации по сравнению с методом «от детали к сборке»;
- ✓ меньшая устойчивость к топологическим изменениям 3D модели;
- ✓ детали менее удобны при использовании одной 3D модели в различных сборках;
- ✓ бОльшие требования по ресурсам компьютера.

Методы проектирования «Сверху вниз» и «Снизу вверх» можно сочетать. Метод проектирования «Снизу вверх» рационально использовать при добавлении в сборку стандартных деталей, деталей со строго заданной геометрией. Метод проектирования «Сверху вниз» предпочтительно использовать при проектировании деталей и узлов, обеспечивающих взаимосвязь и закрепление в сборке элементов конструкции, которые имеют строго заданную геометрию.

Создание элементов сборки при проектировании «Сверху вниз»

Команды для создания элементов сборки.

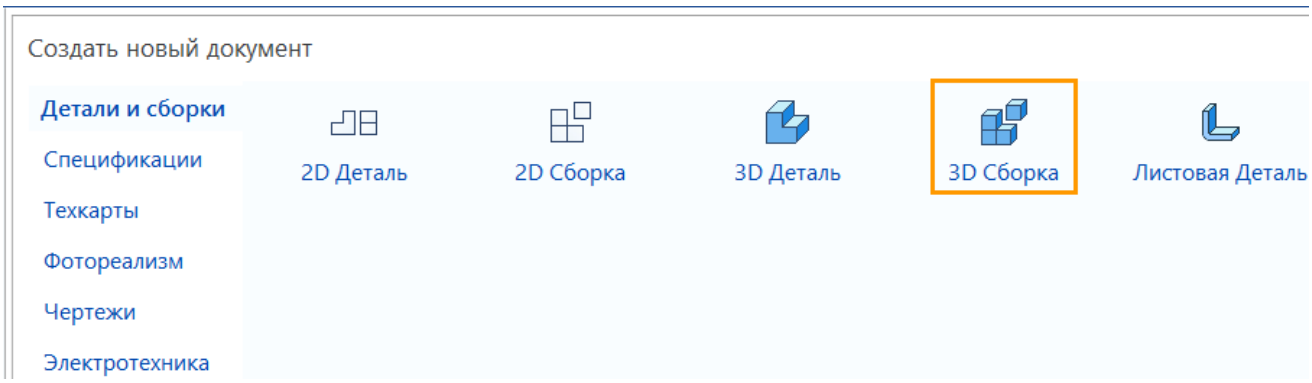
- ✓ <3F> **3D Фрагмент**. Позволяет вставить фрагмент по ЛСК. Применяется при проектировании «Снизу вверх».
- ✓ <FM> **Создать 3D фрагмент**. Позволяет создать фрагмент в структуре уже существующей сборки. Применяется при проектировании «Сверху вниз».
- ✓ **Деталь. Деталь>Создать и Деталь>Выгрузить**. Позволяет создать фрагмент на основе тела в сборке. Позволяет создать файл детали, зависящий от тела или фрагмента в сборке. Команда доступна в контекстном меню фрагмента или тела.
- ✓ <3RE> **Ссылочный элемент.** Позволяет фрагменту заимствовать геометрию из сборки или из другого фрагмента. Ссылочные элементы осуществляют связь, на которой построен принцип проектирования «Сверху вниз». Ссылочные элементы можно создавать только в контексте сборки (за исключением внутренних ссылок для устранения рекурсий – см. подраздел «Ссылочный элемент»).
- ✓ **Открыть в контексте сборки**: команда доступна в контекстном меню фрагмента. **Редактировать в контексте**: команда доступна в диалоге команды создания фрагмента (**Создать 3D фрагмент**).
- ✓ <Alt+7> **Структура сборки**. Команда открывает окно «Структура сборки». Окно необходимо для навигации по сборке и контроля изменений сборки.

Различные опции указанных команд, их сочетание при создании элементов сборки, позволяют создать сборки со сложными иерархическими взаимосвязями. Фрагменты могут по-разному зависеть как от сборки, так и от других фрагментов, можно сочетать принцип проектирования «Сверху вниз» с принципом проектирования «Снизу вверх». Типы фрагментов и варианты их связи между собой и со сборкой описаны в подразделе «Варианты связи фрагментов со сборкой при проектировании «Сверху вниз».

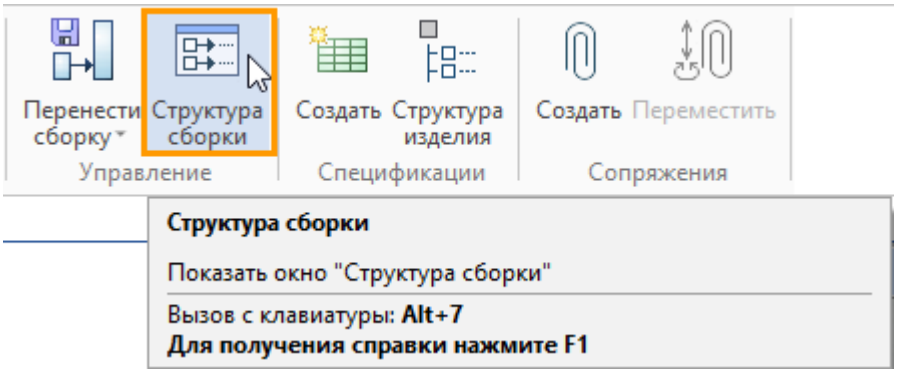
Создание структуры сборки в окне «Структура сборки»

Структуру сборки можно создавать как в процессе работы, так и заранее. Рекомендуемым способом работы при проектировании «Сверху вниз» является создание структуры иерархически связанных фрагментов, и дальнейшее их редактирование, начиная от фрагментов, которые не зависят от других, переходя далее к фрагментам, которые будут построены на основе уже созданных. Понятно, что полностью угадать итоговую структуру сложно, поэтому можно сделать только некоторую её часть, и дополнить структуру в процессе работы.

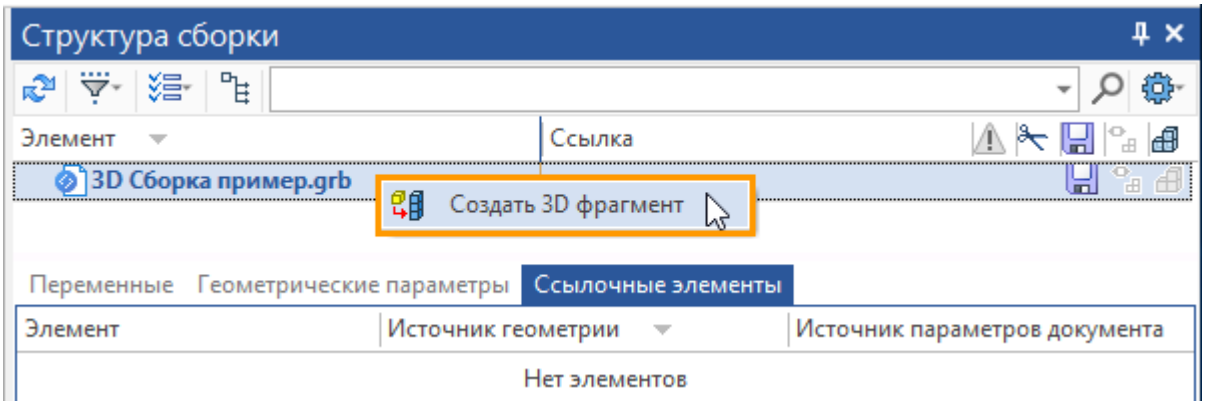
Чтобы создать иерархическую структуру сборки нужно создать файл сборки.



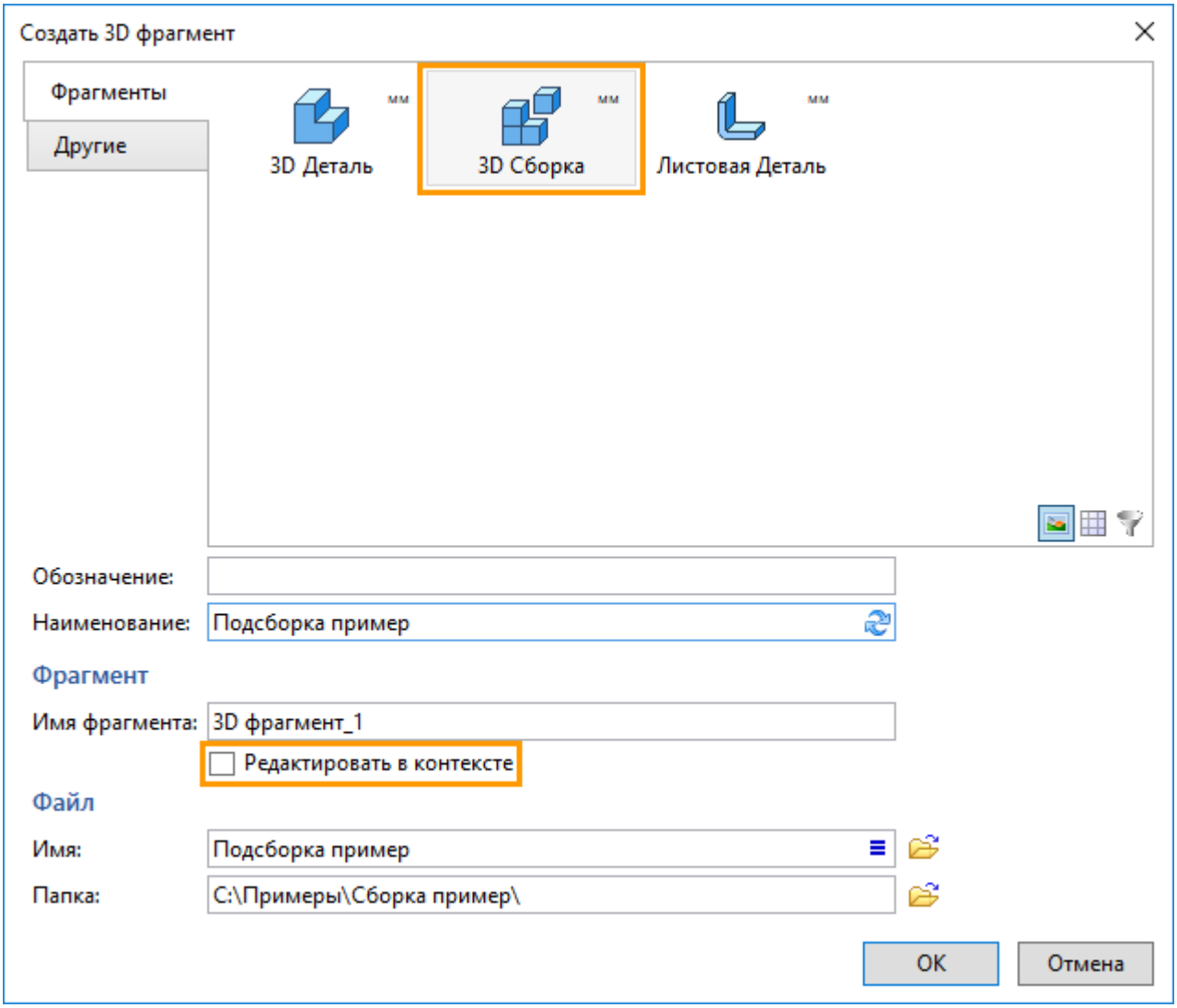
Сохранить файл сборки. Открыть окно «Структура сборки» <Alt+7> **Структура сборки**.



Далее в окне «Структура сборки» вызвать контекстное меню для созданного файла.

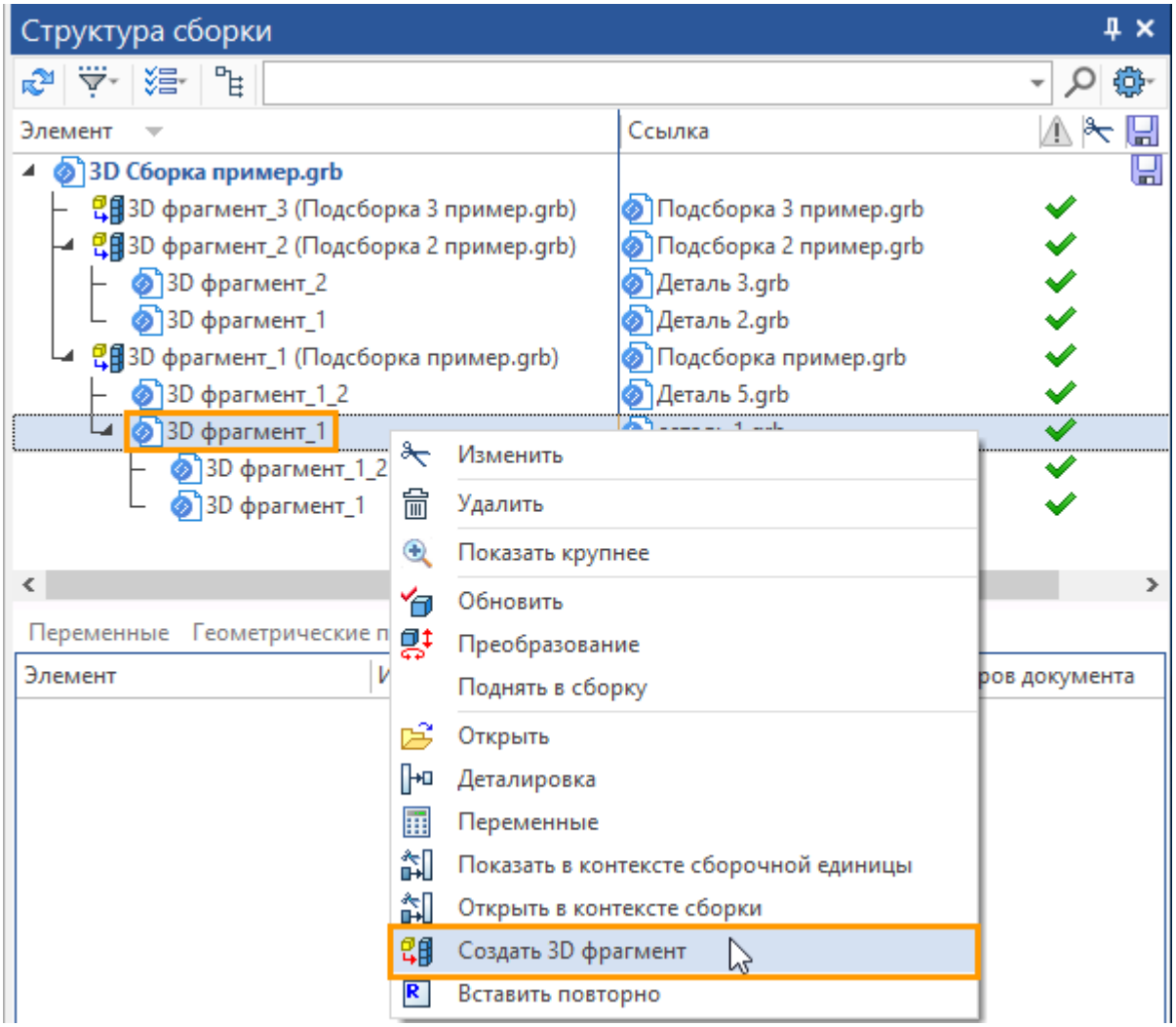


Выбрать команду **Создать 3D фрагмент**. В появившемся диалоге указать наименование, и не ставить опцию редактирования в контексте, т.к. сначала нужно создать структуру сборки. Отредактировать фрагменты как в контексте, так и не в контексте сборки, можно будет позже, когда пользователь перейдёт уже непосредственно к проектированию. После завершения работы с диалогом создания фрагмента файл фрагмента будет сохранён в указанной папке. По умолчанию файл нового фрагмента будет сохранён в папку, где находится файл сборки.



Работа с диалогом создания фрагмента описана ниже, в соответствующем подразделе.

По аналогии, вызывая через контекстное меню команду **Создать 3D фрагмент,** для того фрагмента, для которого мы хотим создать вложенный фрагмент, можно создать структуру любой сложности.



После окончания создания структуры нужно сохранить файл основной сборки, в котором мы работали, создавая структуру. Далее нужно наполнять фрагменты геометрией. Нужно это делать в контексте сборки, если мы хотим создать ссылочные элементы.

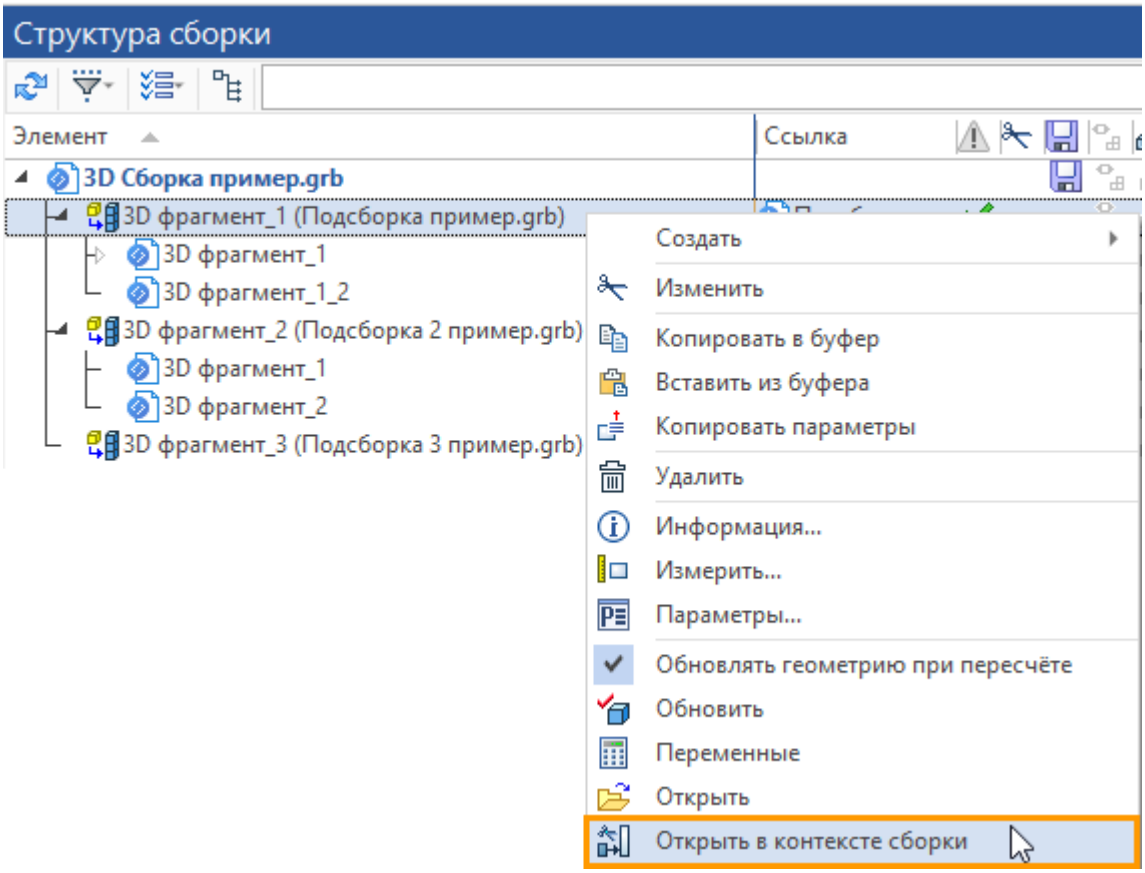
Работа в контексте сборки

При редактировании фрагмента в контексте сборки, 3D сцена фрагмента совмещается с 3D сценой сборки, из которой было вызвано редактирование фрагмента в контексте. 3D сцены совмещаются с учётом тех преобразований, которые получил фрагмент в сборке. Работая в контексте сборки, мы находимся в файле фрагмента. Все изменения, которые мы делаем – касаются только файла фрагмента. Окно «3D модель» отображает элементы построения файла фрагмента. Окно «Структура сборки» - показывает ветвь структуры, начиная с той сборки, в контексте которой мы работаем. Работа в контексте сборки выполняет две основные функции.

- ✓ Позволяет понимать положение и габариты фрагмента непосредственно в сборке.
- ✓ Позволяет создавать ссылочные элементы.

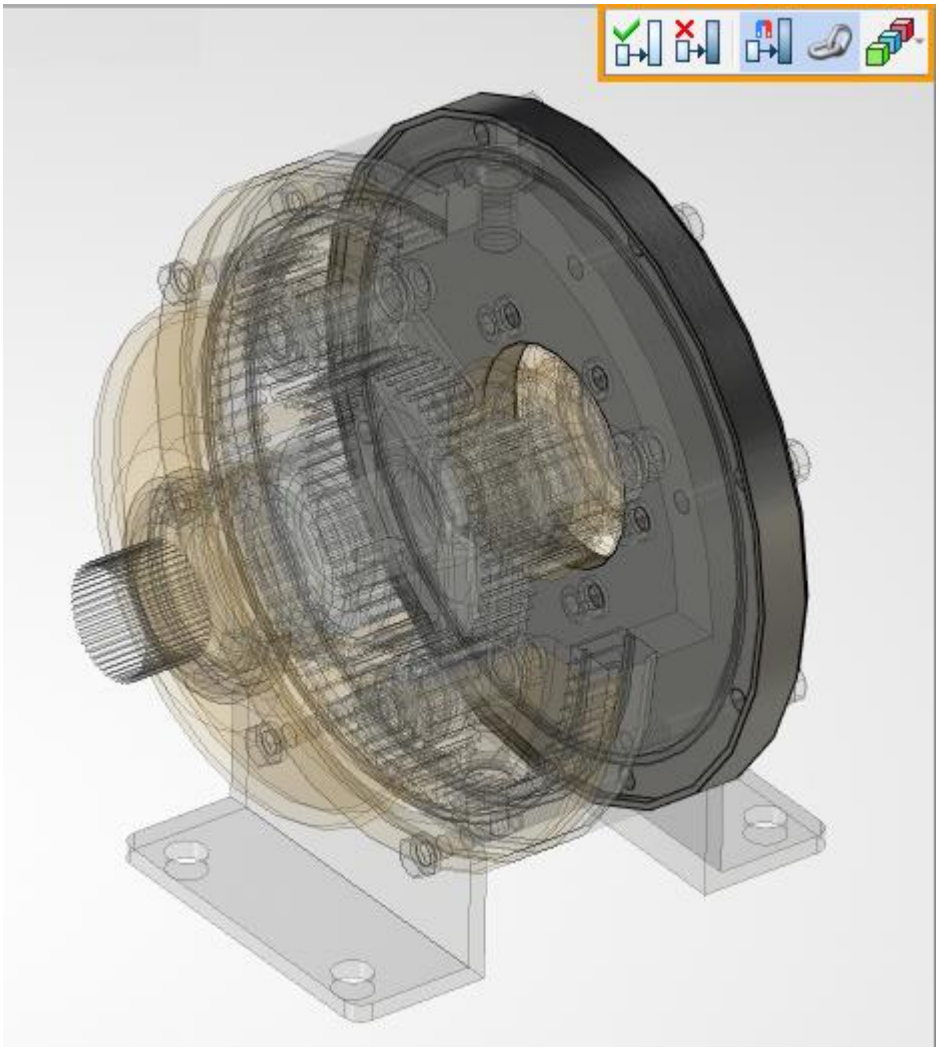
Как уже говорилось выше, основным инструментом связи сборки с фрагментами при проектировании «Сверху вниз» - является ссылочный элемент. Ссылочный элемент можно создать автоматически или вручную. Подробнее о том, в каких именно случаях ссылочный элемент создаётся автоматически – написано в подразделе «Ссылочный элемент». Вручную создавать ссылочные элементы нужно только в контексте сборки при помощи команды <3RE> **Ссылочный элемент**.

Для того, чтобы открыть фрагмент в контексте сборки нужно дважды кликнуть по нему в окне «Структура сборки», либо через контекстное меню фрагмента выбрать команду **Открыть в контексте сборки**. Контекстное меню фрагмента можно вызвать в окне «3D модель» или в окне «Структура сборки»



Фрагмент будет открыт в контексте той сборки, в которой мы находимся, при вызове редактирования фрагмента в контексте. Окно «Структура сборки» отображает структуру сборки начиная с той сборки, в которой мы находимся при вызове команды открытия в контексте сборки.

При открытии фрагмента в контексте сборки все построения сборки будут полупрозрачными, кроме тела редактируемого фрагмента. В правом верхнем углу 3D сцены появится меню с наиболее важными при работе в контексте командами.



 Сохранить фрагмент

 Завершить редактирование (выйти без сохранения изменений)

 Выбирать элементы сборки

 Создавать геометрические адаптивные параметры для ссылочных элементов

 Документ источник геометрии ссылочного элемента

Т.к. режим редактирования в контексте сборки в первую очередь необходим для создания ссылочных элементов, то опции **Выбирать элементы сборки**, **Создавать геометрические адаптивные параметры для ссылочных элементов** и **Документ источник геометрии ссылочного элемента** – относятся к созданию ссылочных элементов.

Если опция  активна (пиктограмма на синем фоне) то при создании геометрии фрагмента будут доступны построения сборки. Это могут быть и построения, относящиеся к фрагментам подсборок

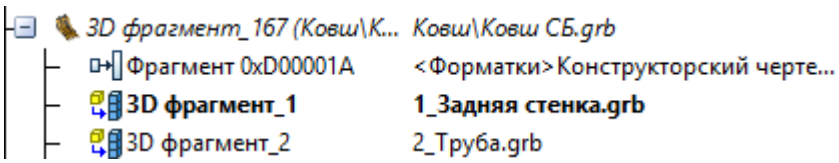
уровнем ниже, и к фрагментам того же уровня что и редактируемый фрагмент, и к фрагментам уровнем выше. Иными словами, все построения сборки вне зависимости от того, к каким фрагментам или телам они принадлежат.

> Если при редактировании фрагмента в контексте сборки, для выполнения какой либо операции было выбрано построение из сборки - автоматически для этой геометрии будет создан ссылочный элемент.

Опции создания ссылочных элементов с автоматическим обновлением и выбор документа источника – будут описаны в подразделе «Ссылочный элемент».

Выход из контекста с сохранением . При редактирования фрагмента в контексте сборки мы работаем в файле фрагмента. Если мы выходим из контекста – мы закрываем файл фрагмента. Мы можем закрыть файл с сохранением, а можем без сохранения изменений. Если без – то нужно использовать пиктограмму . Сохранение, в процессе работы в контексте, при помощи команды <Ctrl+S> **Сохранить** – будет сохранять файл фрагмента. Для сохранения сборки – надо выйти из контекста обратно в сборку и сохранить её.

В окне «Структура сборки» все сборки верхнего уровня, в которые входит редактируемый в контексте фрагмент, будут помечены курсивом. Это позволяет упростить поиск редактируемого фрагмента в структуре.



Наполнение сборки геометрией

Как уже говорилось выше, при работе со сборками «Сверху вниз» проектирование идёт от сборки к деталям. Геометрией сборки, которая определяет геометрию деталей, является совокупность деталей, входящих в сборку. Т.е. геометрию одних деталей определяют другие, с учётом их положения в сборке. Как правило есть детали или подсборки, которые не зависят от других деталей – это детали крупных каркасов, различные корпусы, рамы, фюзеляжи и т.д. Проектирование нужно начинать с таких деталей. Именно они наполнят сборку геометрией, на основе которой можно будет осуществлять проектирование от сборки к деталям.

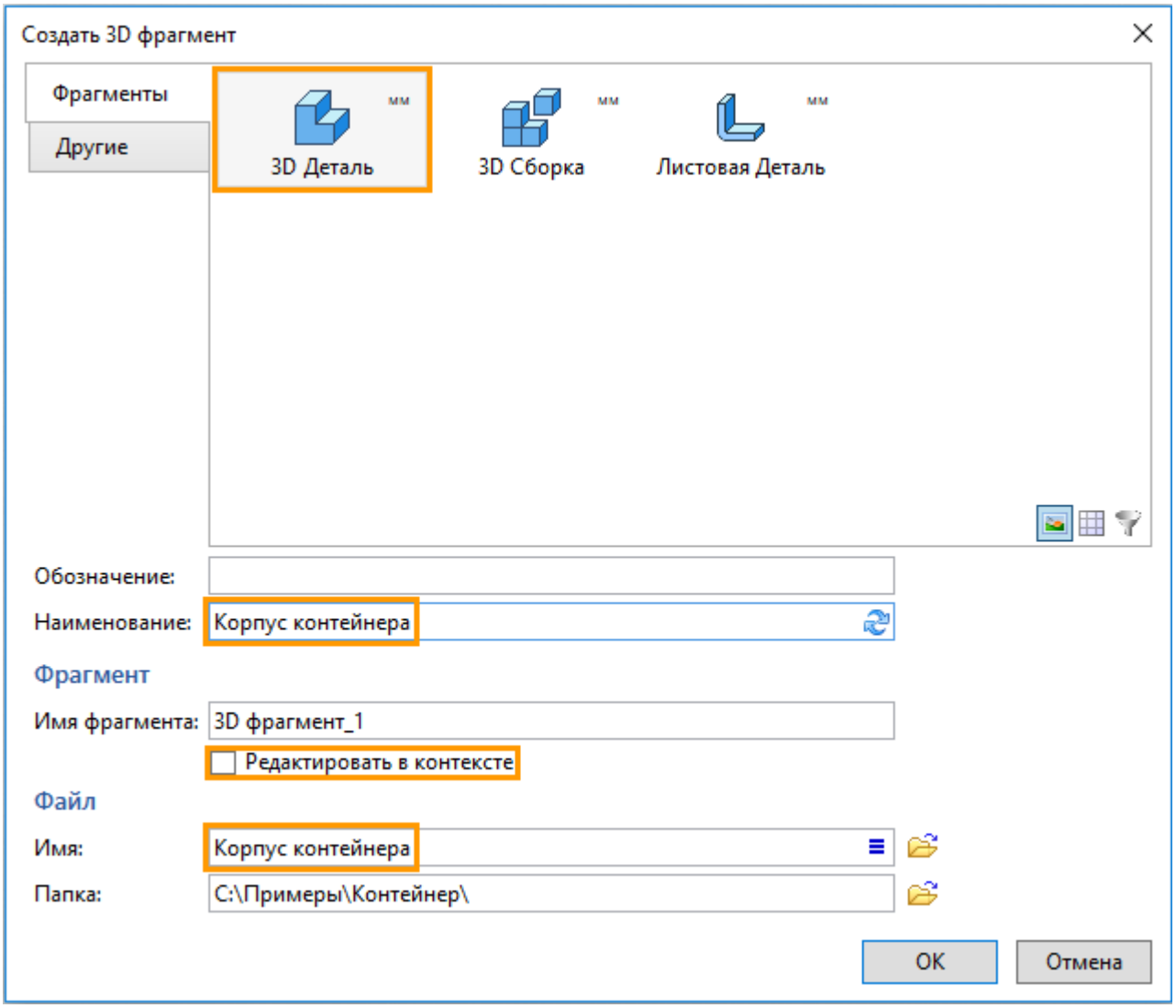
Рассмотрим простой пример. Допустим нам надо спроектировать контейнер, геометрия корпуса которого определяется требуемым объёмом, габаритами, толщиной стенок и способом крепления крышки. Тогда получается, что корпус контейнера определяет все другие детали сборки, тогда как другие детали никак не влияют на геометрию корпуса, соответственно проектирование контейнера надо начинать именно с детали «Корпус». Создадим сборку, в которой находится фрагмент корпуса контейнера. Это можно сделать двумя способами.

- ✓ Создать новый документ из прототипа «3D деталь», в котором построить тело корпуса контейнера, затем создать новый документ из прототипа «3D Сборка» и при помощи команды <3F> **3D Фрагмент** выставить фрагмент корпуса в сборку.

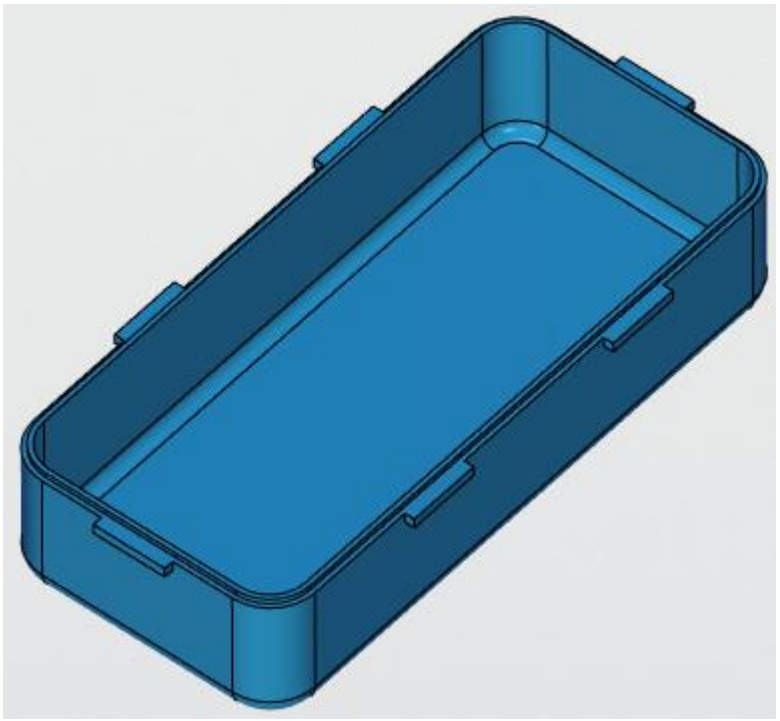
- ✓ Создать новый документ из прототипа «3D Сборка», затем при помощи команды <FM> **Создать 3D фрагмент** создать новый фрагмент, и далее в контексте сборки или не в контексте сборки (в данном случае это не важно, т.к. корпус не зависит от других построений) создать тело корпуса контейнера. Перед созданием корпуса можно сразу создать всю структуру сборки контейнера.

Первый способ соответствует принципу проектирования «Снизу вверх», второй – принципу «Сверху вниз». В данном случае как первый, так и второй способ приведут нас к абсолютно одинаковому результату. В общем случае, при создании сборок, можно применять одновременно оба принципа проектирования.

Воспользуемся вторым способом. Создадим файл сборки. Сохраним его, и назовём «Сборка контейнера». Далее выбираем команду <FM> **Создать 3D фрагмент.** В появившемся диалоге вводим наименование детали, или обозначение, или и то и другое. Пояснение работы с диалогом создания фрагмента дано ниже, в подразделе «Диалог создания фрагмента». В нашем случае правильнее будет выбрать прототип «3D Деталь» (т.к. корпус будет деталью, а не подсборкой). Флаг **Редактирование в контексте сборки** можно не указывать, т.к. в сборке на данный момент других тел нет и для корпуса не нужно создавать ссылочные элементы.



После нажатия кнопки «OK» мы всё ещё находимся в файле «Сборка контейнера». В окне «Структура сборки» мы видим, что в сборке появился фрагмент. Его пиктограмма говорит о том, что он неадаптивный. Для редактирования фрагмента вызываем его контекстное меню и выбираем **Открыть**. В файле нет никаких построений, система координат файла совпадает с системой координат сборки. Создаём тело корпуса на основе примитивов или создав необходимые стандартные рабочие плоскости.



Два основных способа создания деталей в сборке

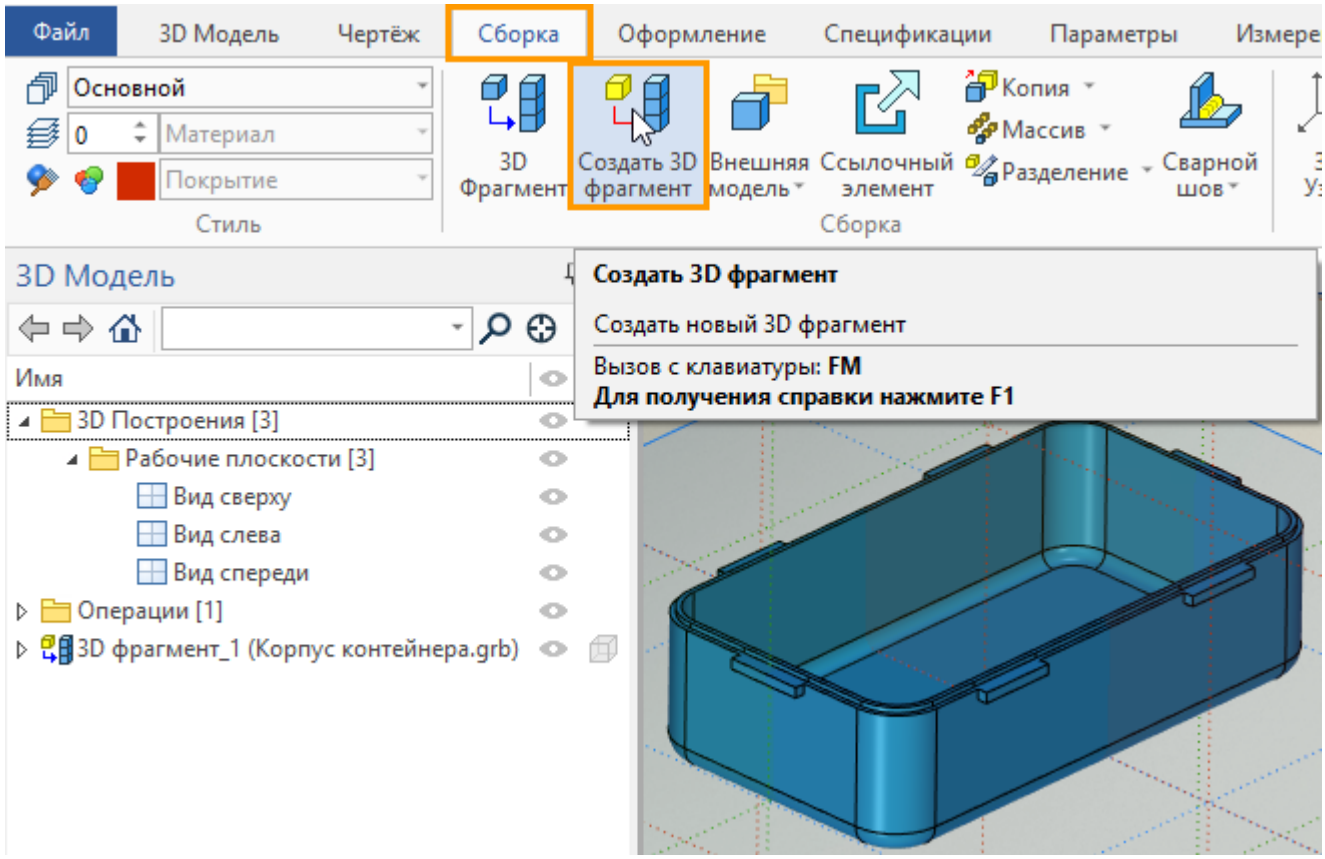
Создание первичной иерархии подсборок и деталей мы уже рассмотрели выше. Напомним, что рекомендуемым, и более удобным способом работы, является создание пустого файла детали при помощи команды <FM> **Создать 3D фрагмент**, и дальнейшее его наполнение геометрией с созданием ссылочных элементов в контексте сборки. В терминологии системы T-FLEX CAD, в общем случае, любая подсборка и любая деталь называются фрагментом. Поэтому говоря о создании фрагмента, мы можем говорить как о создании подсборки, так и о создании детали (если в созданный файл более не входит других деталей).

Может получиться так, что для правильной структуры сборки нужно на основе тела во фрагменте создать фрагмент. Т.е. фрагмент, в котором на данный момент находится тело – станет сборкой, а созданный фрагмент – деталью в этой сборке. Фрагмент, в котором находится тело может уже содержать другие фрагменты, т.е. уже быть сборкой. Для создания детали на основе тела во фрагменте существует набор опций команды **Деталь>Создать**. Это является вторым способом создания деталей при проектировании «Сверху вниз». Рассмотрим два указанных способа создания деталей на простом примере.

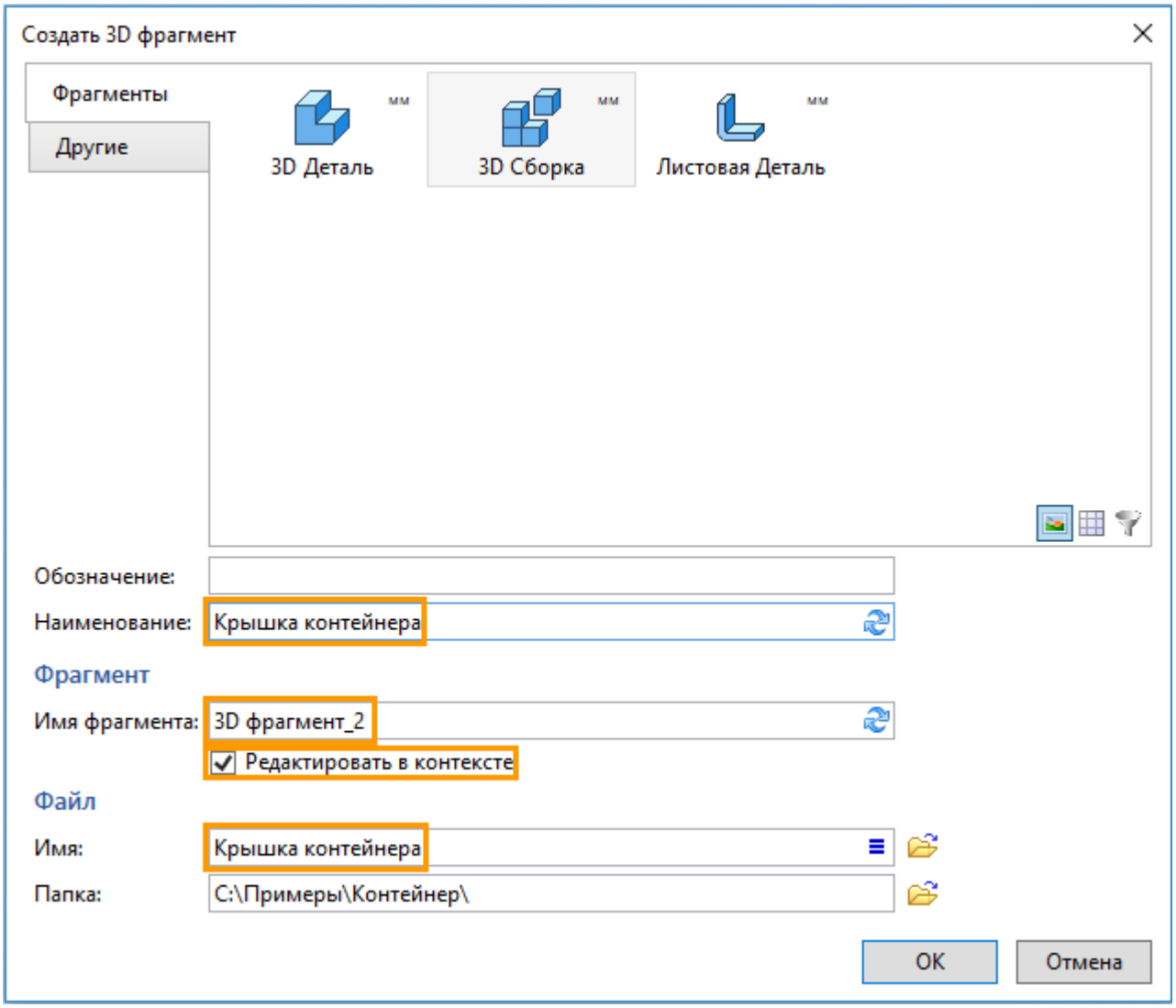
Создание детали при помощи команды Создать 3D фрагмент

Команду (<FM> **Создать 3D фрагмент**) мы уже рассматривали в предыдущем подразделе, теперь рассмотрим, как с её помощью создать фрагмент, который будет зависеть от сборки за счёт ссылочных элементов.

Создадим крышку для корпуса контейнера. Заходим в файл сборки «Сборка контейнера» (создание которого описано в предыдущим подразделе). Выбираем команду **Создать 3D фрагмент**.



В появившемся диалоге, если поставить флаг **Редактировать в контексте** сборки, то после сохранения файла на диск, созданный фрагмент автоматически будет открыт в контексте сборки. Тогда для построений будут доступны все элементы, которые есть в сборке на данный момент. В нашем случае будет доступна только геометрия фрагмента «Корпус контейнера», т.к. других фрагментов в сборке пока нет.

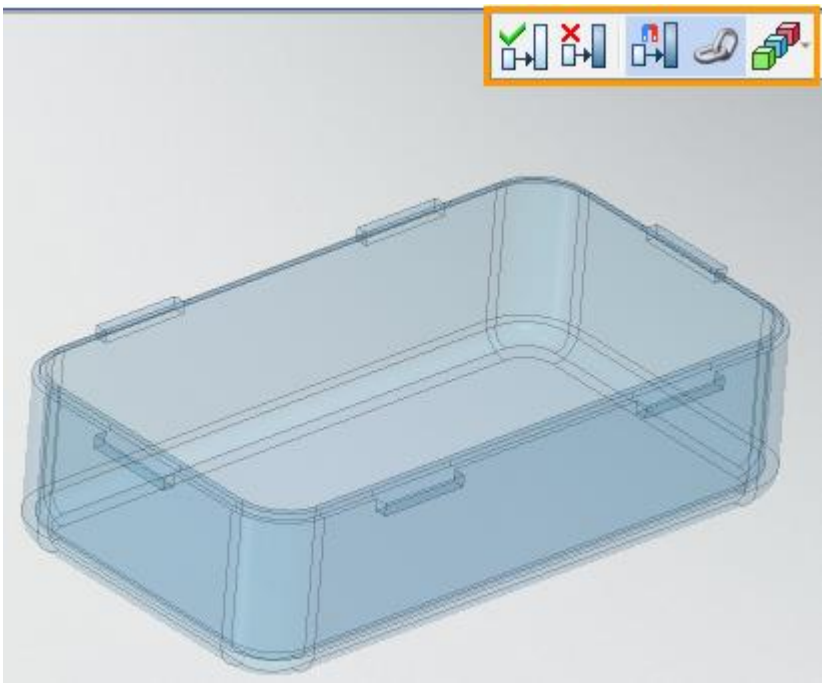


Мы хотим задать связь между корпусом и крышкой: между верхней гранью корпуса, его центрирующим ребром и ответными частями на крышке. Это нужно делать при помощи ссылочных элементов. Создавать ссылочные элементы нужно в контексте сборки – поэтому указываем флаг редактирования в контексте сборки.

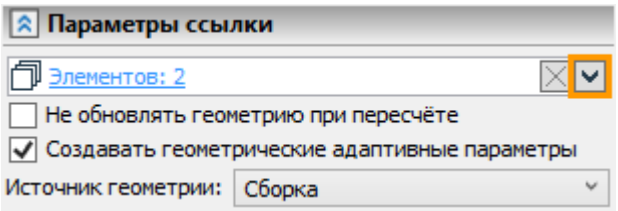
В диалоге создания фрагмента указываем наименование файла и выбираем прототип «3D Сборка», (на крышке будут спроектированы зажимы, и соответственно фрагмент станет сборочной единицей).

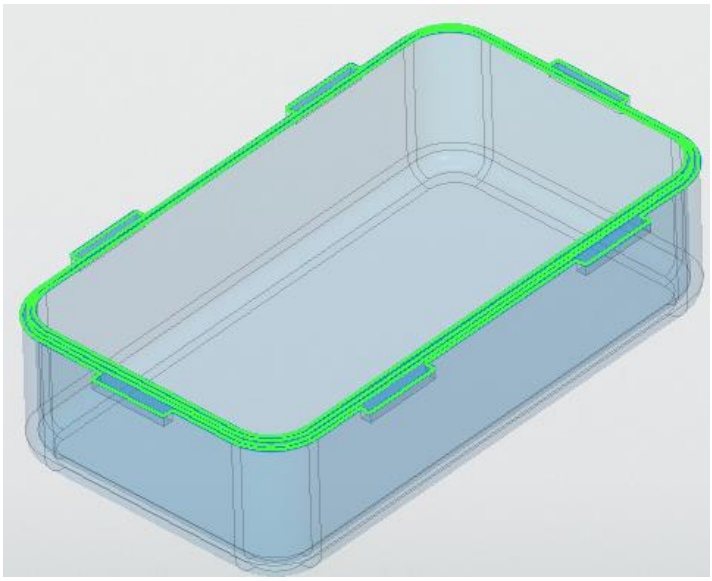
В поле имя фрагмента изменим предложенный по умолчанию вариант названия на «3D фрагмент_2», т.к. в нашем случае фрагмент крышки контейнера будет вторым в сборке. В общем случае логика наименования фрагментов в сборке остаётся за пользователем, т.к. ни на формирование структуры сборки, ни на структуру изделия имя фрагмента не влияет.

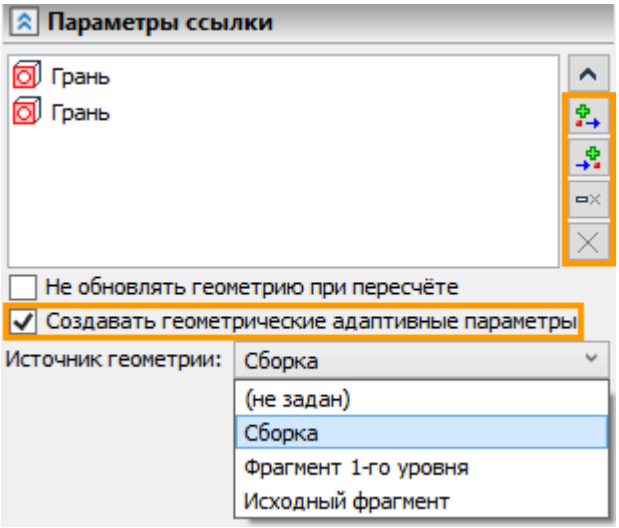
Т.к. был указан флаг **Редактировать в контексте**, то геометрия сборки станет полупрозрачной, а в верхнем правом углу 3D сцены появится специальная панель для управления основными опциями фрагмента в контексте сборки.



В Ленте, на закладке «Сборка», выбираем команду <3RE> **Ссылочный элемент** (подробнее о данной команде можно посмотреть в подразделе «Ссылочный элемент»). Выбираем две грани корпуса: верхняя определяет центрирующее ребро корпуса, нижняя – поверхность на которую опирается крышка. В окне свойств команды можно увидеть перечень граней. Чтобы развернуть список ссылочных элементов, нужно нажать пиктограмму рядом с полем указывающем количество ссылочных элементов.

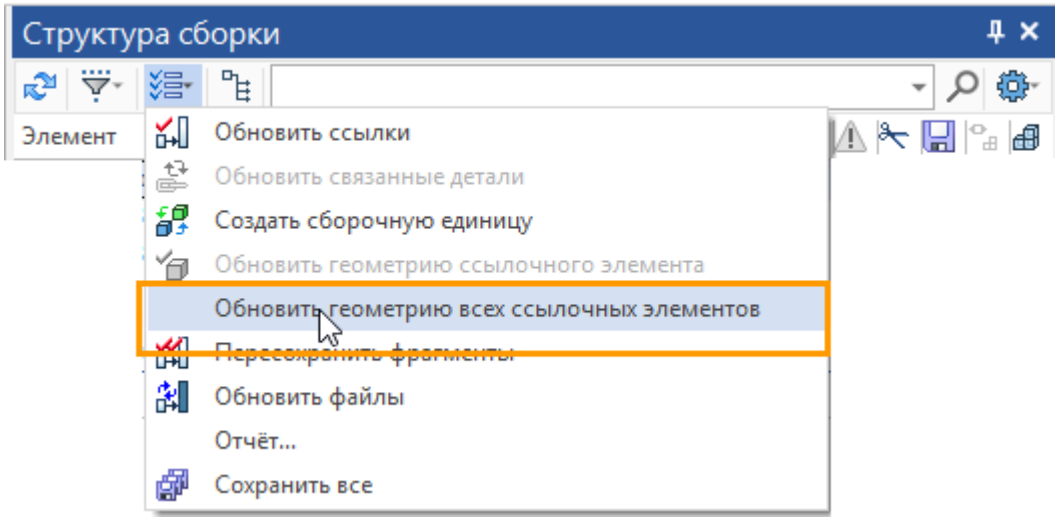






Флаг опции **Создавать геометрические адаптивные параметры для ссылочных элементов** означает, что созданный ссылочный элемент будет помещён в геометрические параметры фрагмента, и редактируемый фрагмент станет адаптивным. Создание геометрических адаптивных параметров возможно только при указании источника геометрии в сборке.

Если флаг опции **Не обновлять геометрию при пересчёте** не указывать, то ссылочные элементы будут автоматически обновлены при пересчёте ссылок из окна «Структура сборки».

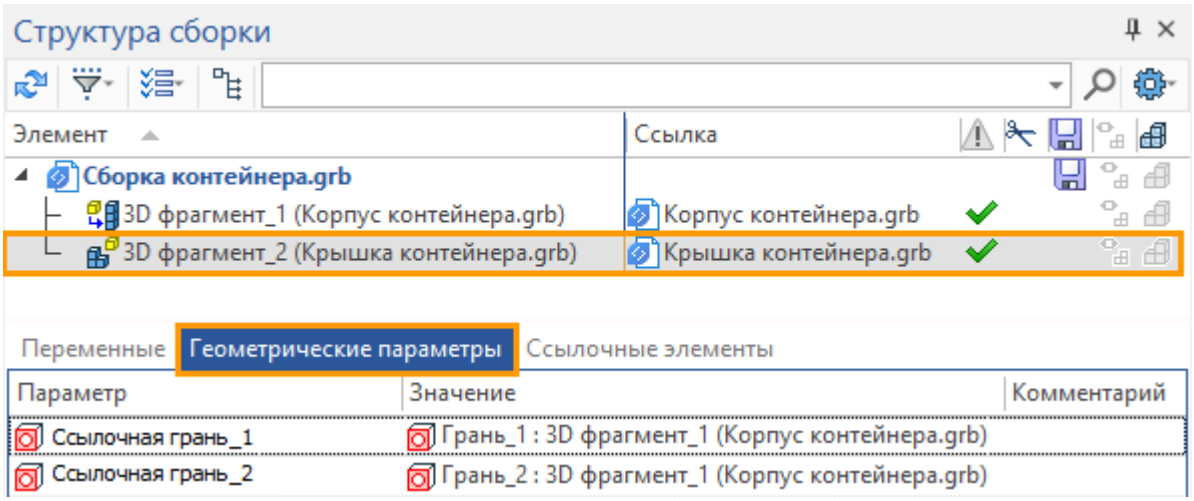


Укажем, что источник геометрии - сборка (подробнее о вариантах – см. подраздел «Определение файла, в котором будет геометрия источник ссылочного элемента»). Если ссылочный элемент, создан между сборкой и фрагментом первого уровня (как в данном случае, т.к. мы указали **Источник геометрии: Сборка**) ссылка по умолчанию будет являться геометрическим параметром, и при пересчёте сборки изменит фрагмент без обновления ссылочных элементов, но только в сборке. Геометрия фрагмента внутри его файла – останется без изменений пока не будет обновлена ссылка:

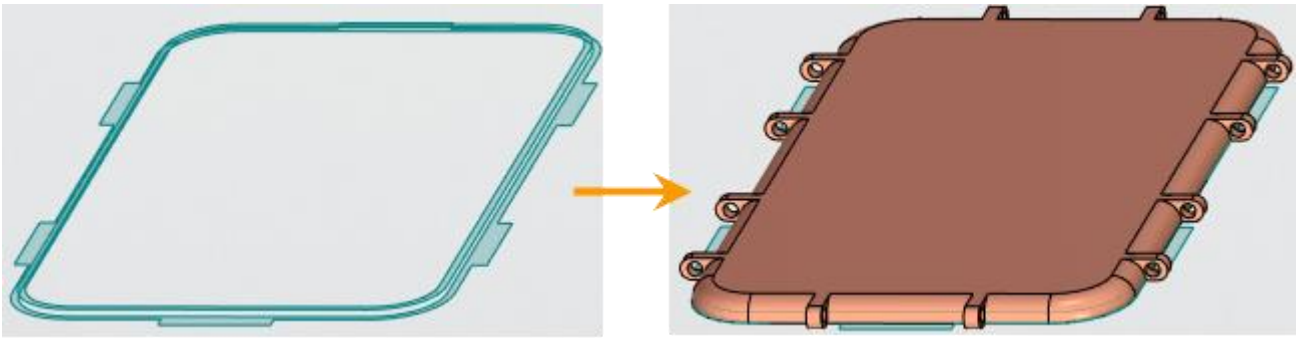
вручную или через окно «Структура сборки». Подробнее, о вариантах связи фрагментов со сборкой можно посмотреть ниже, в соответствующем подразделе.

Нажимаем пиктограмму - выходим из редактирования фрагмента в контексте сборки с сохранением изменений в файле фрагмента.

Важно обратить внимание на окно «Структура сборки». Пиктограмма фрагмента крышки контейнера отличается от пиктограммы корпуса контейнера . Фрагмент крышки контейнера адаптивный, т.к. имеет геометрические параметры, фрагмент корпуса – неадаптивный, т.к. геометрических параметров не содержит.

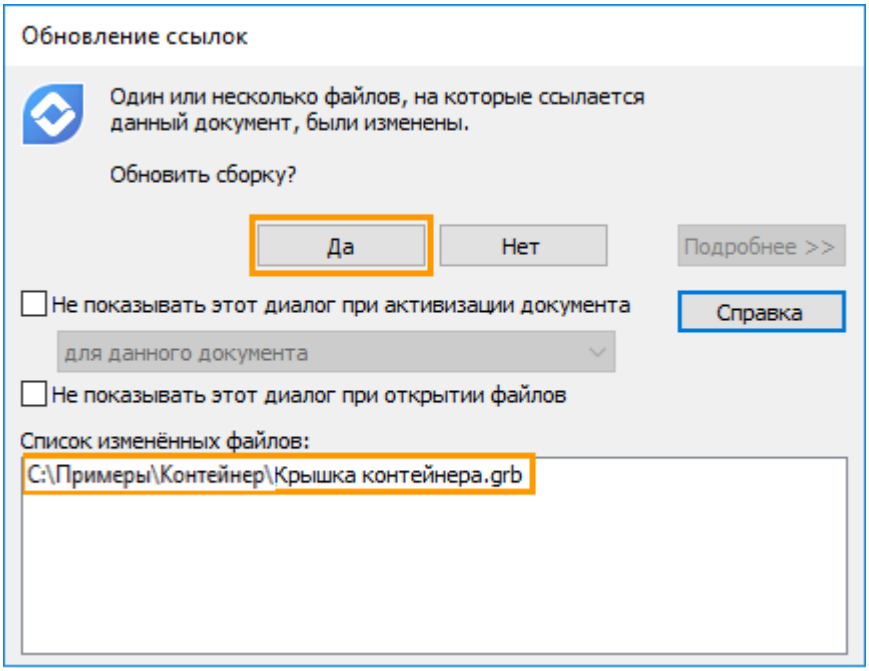


Дальнейшее построение геометрии крышки контейнера можно осуществлять как в контексте сборки так и просто открыв файл фрагмента. На основе ссылочной геометрии, нужно при помощи команд трёхмерного моделирования создать геометрию фрагмента крышки.



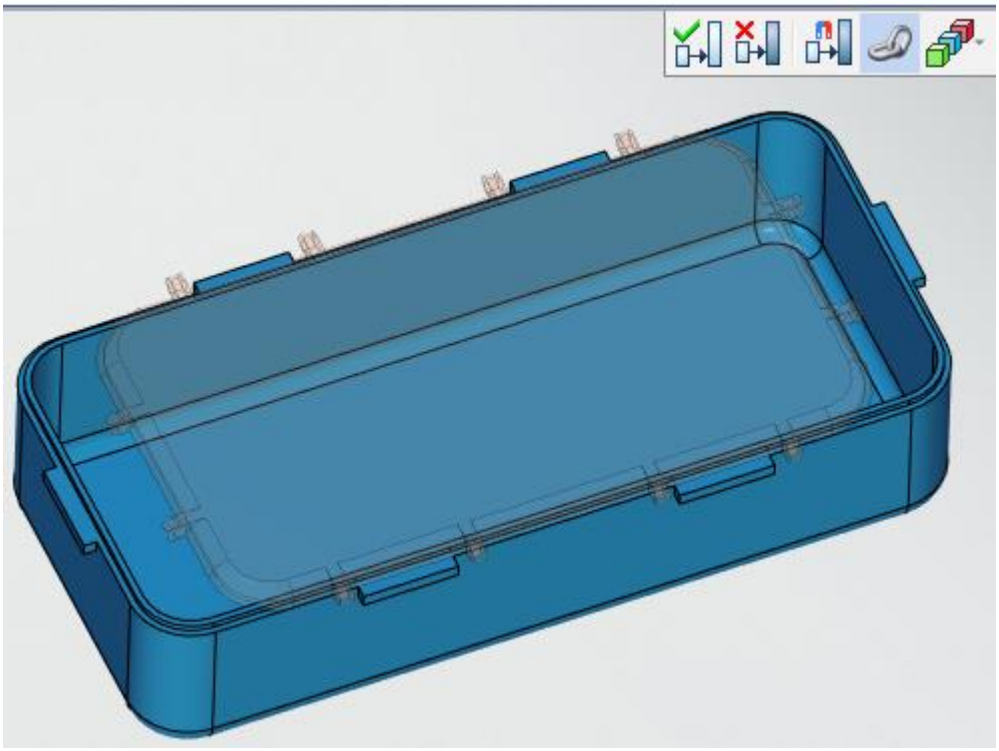
Если работа с файлом фрагмента будет осуществляться в контексте сборки, то лучше отключить опцию выбора элементов сборки (пиктограмма), чтобы не создать случайно ссылки, о которых не будем знать. После завершения построений нужно обязательно выйти из контекста сборки нажав пиктограмму .

Если создавать геометрию фрагмента не в контексте сборки, то после сохранения файла фрагмента сборку надо обновить. При открытии файла сборки – в диалоге, который появляется автоматически при изменении и сохранении фрагментов сборки, нужно указать обновление сборки.



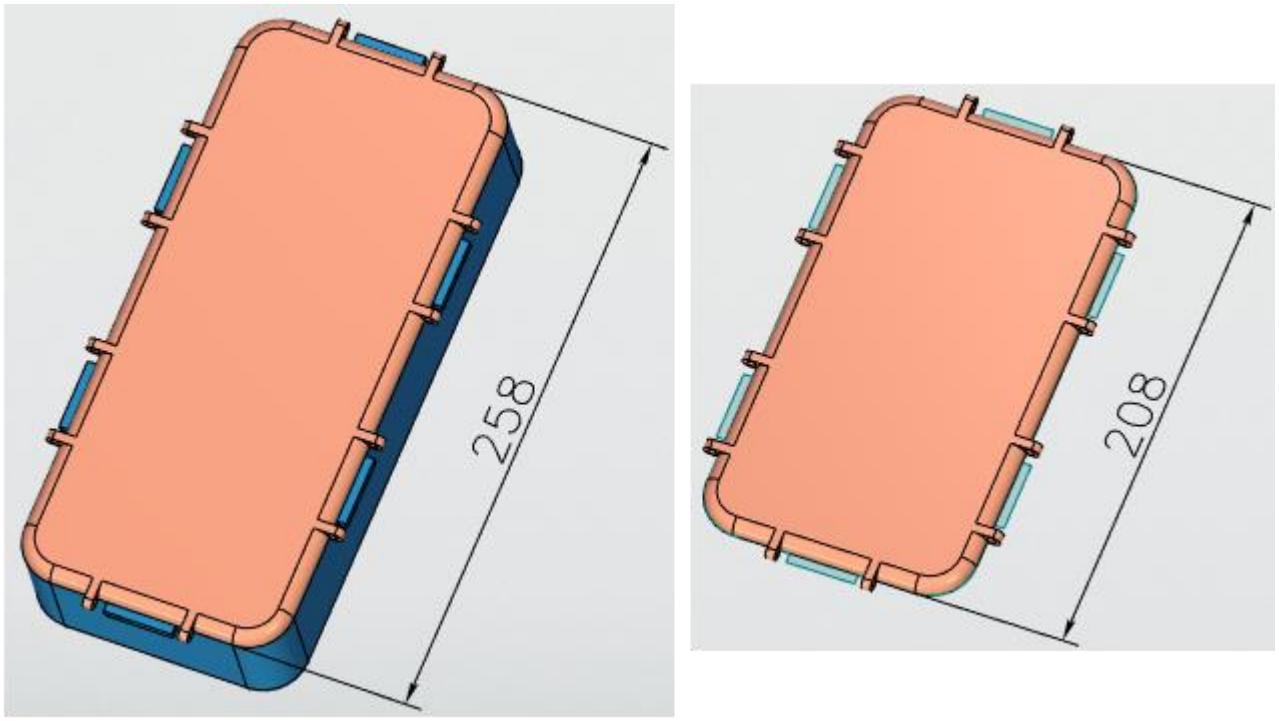
Теперь, чтобы пояснить работу ссылок и геометрических параметров изменим геометрию контейнера.

Откроем фрагмент «Корпус контейнера». Можно открыть фрагмент как в контексте сборки, так и просто открыть файл фрагмента. Откроем, для примера, в контексте сборки. Для этого в окне «Структура сборки» при помощи вызовем фрагмент. Изменим длину контейнера.

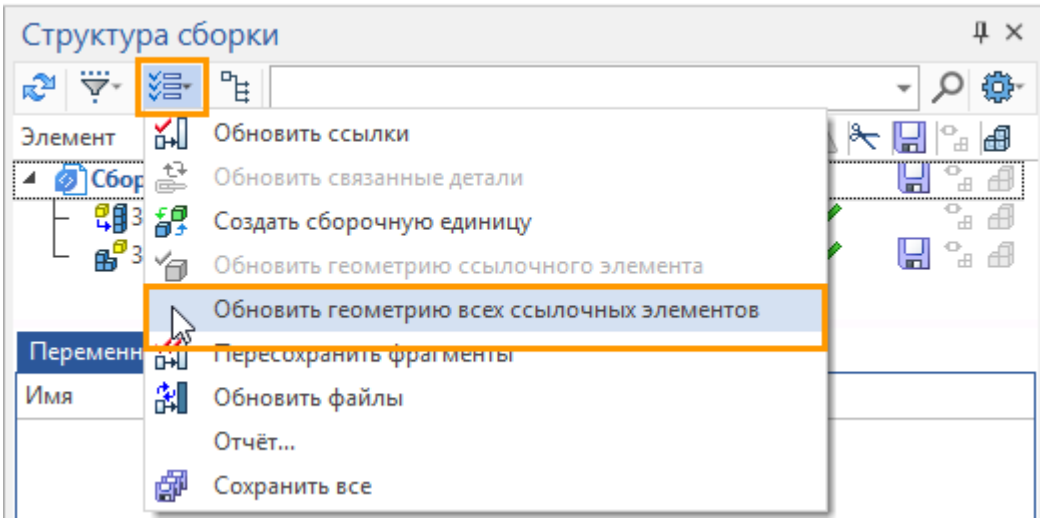


Фрагмент корпуса изменил свою длину, крышка – пока ещё нет, т.к. о сделанных изменениях сборка ещё «не знает». Только после того, как мы выйдем из контекста  изменения во фрагменте корпуса будут сохранены. После выхода из контекста, мы вновь находимся в файле сборки. В файле сборки ссылка на файл корпуса автоматически обновлена, и в сборке будет уже изменённая геометрия корпуса. Фрагмент крышки автоматически изменил геометрию, и крышка контейнера точно соответствует новой геометрии корпуса: после того, как мы изменили длину корпуса контейнера – геометрия-источник адаптивных ссылочных элементов перестроилась, и в сборке для геометрических параметров фрагмента крышки было присвоено новое значение.

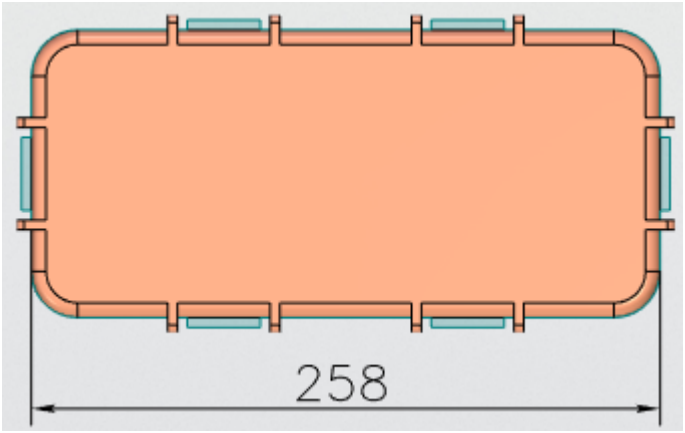
Откроем отдельно файл крышки. В файле крышки геометрия не изменилась (если мы откроем фрагмент крышки в контексте сборки, то будет отображаться его геометрия в сборке, а не геометрия в исходном файле). Такое поведение фрагмента вызвано тем, что его ссылочные элементы являются геометрическими параметрами, а значит в сборке геометрические параметры будут принимать значение согласно значению геометрических параметров в сборке, а в исходном файле – будет значение до изменений. В данном случае ссылочный элемент, являющийся геометрическим параметром, ведёт себя как внешняя переменная, которая может в сборке принимать значение, отличное от того, которое принимает в исходном файле.



Т.к. при создании ссылочных элементов мы не указывали флаг опции **Не обновлять геометрию при пересчёте** – то можно обновить ссылочные элементы через окно «Структура сборки». Обновить можно все ссылки, а можно только в отдельном фрагменте. В нашем случае разницы нет, т.к. только один фрагмент сборки содержит ссылочные элементы.



Вновь откроем файл фрагмента крышки контейнера.

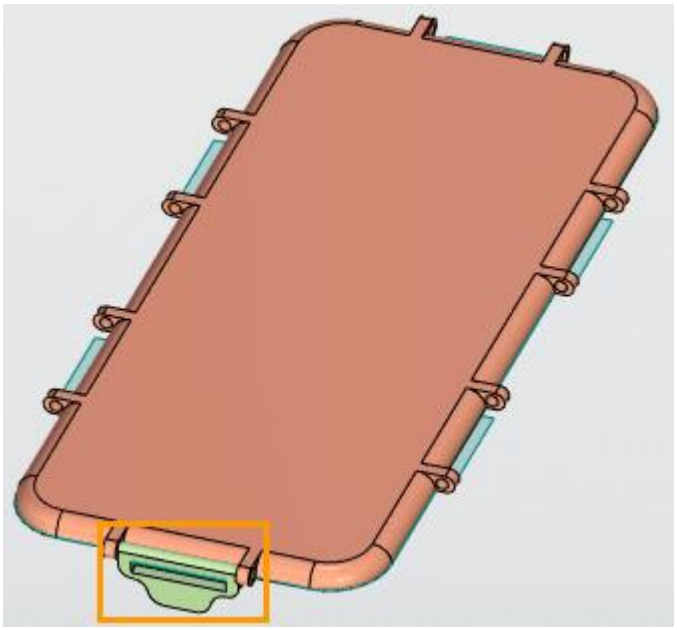


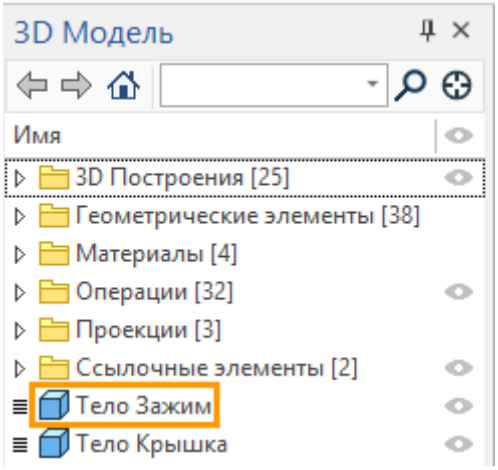
Ссылочные элементы обновились (был заимствован новый вариант геометрии-источника), геометрия крышки была автоматически пересчитана и сохранена.

Создание детали при помощи команды Деталь>Создать

Одной из возможностей команды **Деталь>Создать** – является создание детали на основе тел в исходном файле. Исходный файл – станет сборкой для созданной детали.

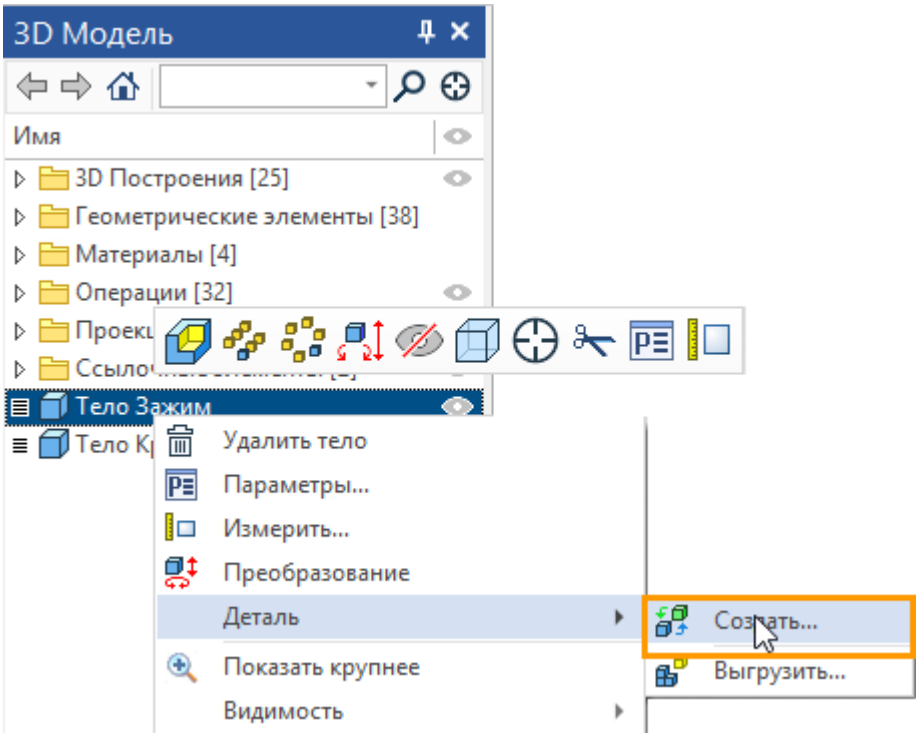
Продолжим пример с созданием сборки контейнера. Допустим пользователь построил тело зажима в файле «Крышка контейнера». Это не рекомендуемый способ работы, но допустимый.



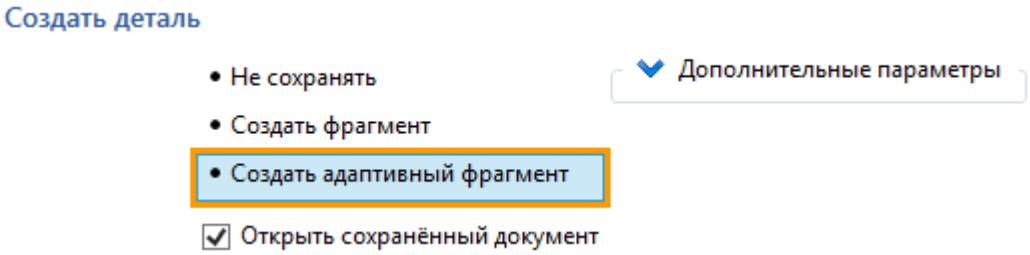


Необходимо, чтобы фрагмент «Крышка контейнера» содержал только одно тело – «Тело Крышка», а «Тело зажима» и все относящиеся к нему построения – были в отдельном файле. Пусть, кроме того, тело зажима должно быть фрагментом в файле крышки.

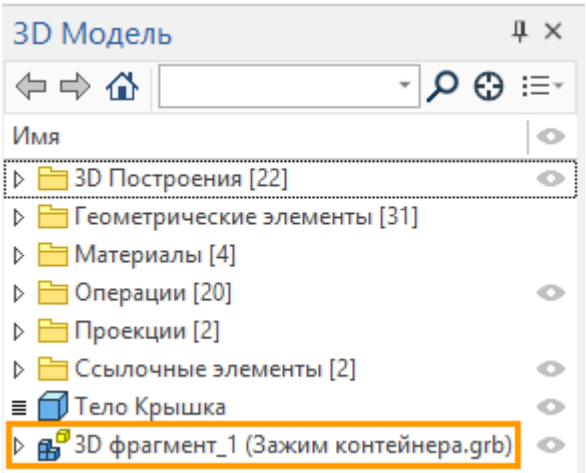
При помощи вызываем контекстное меню для тела зажима. Выбираем команду **Создать**.

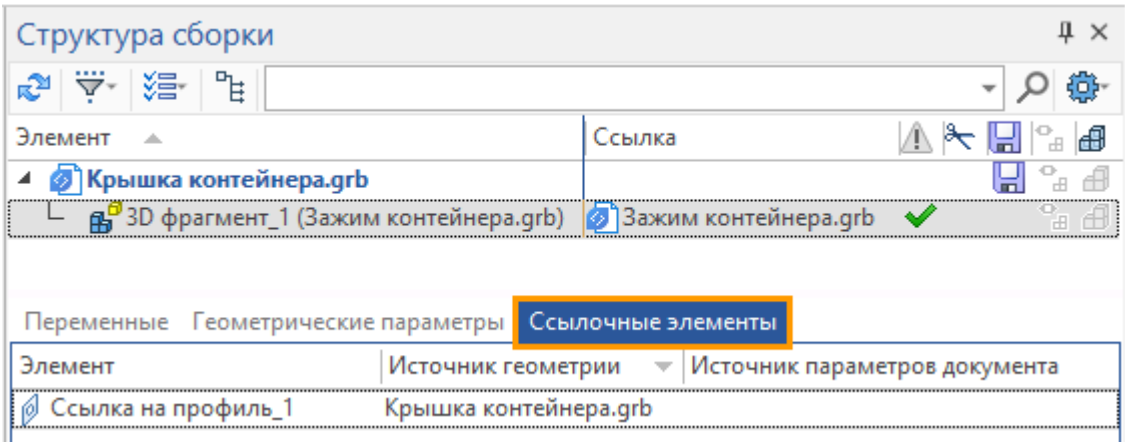


Диалог создания детали подробно описан в подразделе «Диалог создания детали». Нужно указать обозначение и наименование (либо заполнить только одно из полей). По умолчанию новый файл будет сохранён в папку, где находится файл, в котором мы применяем команду **Создать**. Выберем вариант создания адаптивного фрагмента, чтобы созданный фрагмент зажима – тоже был адаптивным (как и фрагмент «Крышка контейнера») и содержал в геометрических параметрах ссылочные элементы.



В результате, в окне «Структура сборки» и окне «3D модель» файла «Крышка контейнера» появился фрагмент. Фрагмент имеет ссылочные элементы для тех построений, которые нельзя забрать из исходного файла. Фрагмент зажима имеет пиктограмму адаптивного фрагмента, у которого есть геометрические параметры. Геометрические параметры данного фрагмента можно увидеть в соответствующей закладке окна «Структура сборки». В геометрические параметры попадают автоматически созданные ссылочные элементы, т.к. мы указали вариант создания адаптивного фрагмента.





При выполнении команды **Деталь>Создать** созданный фрагмент по отношению к исходной сборке всегда будет фрагментом первого уровня, поэтому его ссылочные элементы всегда будут геометрическими параметрами, при условии что мы выбрали вариант создания адаптивного фрагмента.

В общем случае есть несколько вариантов того, как будет создана деталь на основе тела из сборки.

- ✓ Будут созданы ссылочные элементы (подробнее см. подраздел «Автоматическое создание ссылочных элементов»).
- ✓ Будут созданы поднятые элементы (подробнее см. подраздел «Автоматическое создание поднятых элементов»).
- ✓ Будут созданы и ссылочные элементы и поднятые элементы.
- ✓ Не будет создано ни ссылочных элементов не поднятых. Это произойдёт в том случае, если тело можно полностью выделить из сборки.

Как можно увидеть в окне «Структура сборки» файла «Крышка контейнера», после выполнения команды **Деталь>Создать** – полученная структура аналогична той, которую мы получили в

предыдущем случае, когда использовали метод создания детали в контексте сборки. Однако в данном случае ссылочный элемент был создан автоматически.

> Нужно помнить, что наличие возможности получить деталь с автоматически созданными ссылочными элементами и полностью доступным для редактирования деревом модели в файле детали, после того, как она была построена в сборке – это возможность программы, направленная на то, чтобы исправить ошибку пользователя, которая заключается в том, что он создавал тела в файле сборки. Поэтому пользоваться командой **Деталь>Создать** взамен команды **Создать 3D фрагмент** с использованием ссылок – не рекомендуется.

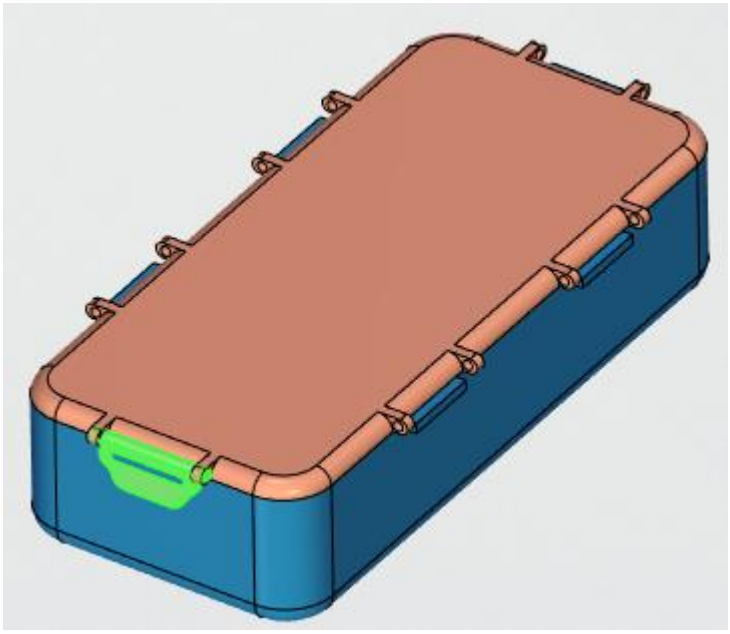
При сохранении тела в отдельном файле и его переподстановке в сборку, автоматически создаются ссылочные элементы и (или) поднятые элементы, количество которых и содержащуюся в них геометрию мы при создании не контролируем.

> При попытке выделить из сборки сложное тело как адаптивный фрагмент могут возникнуть рекурсии, которые будут устраняться дополнительными внутренними ссылками или созданием дополнительных сборочных единиц.

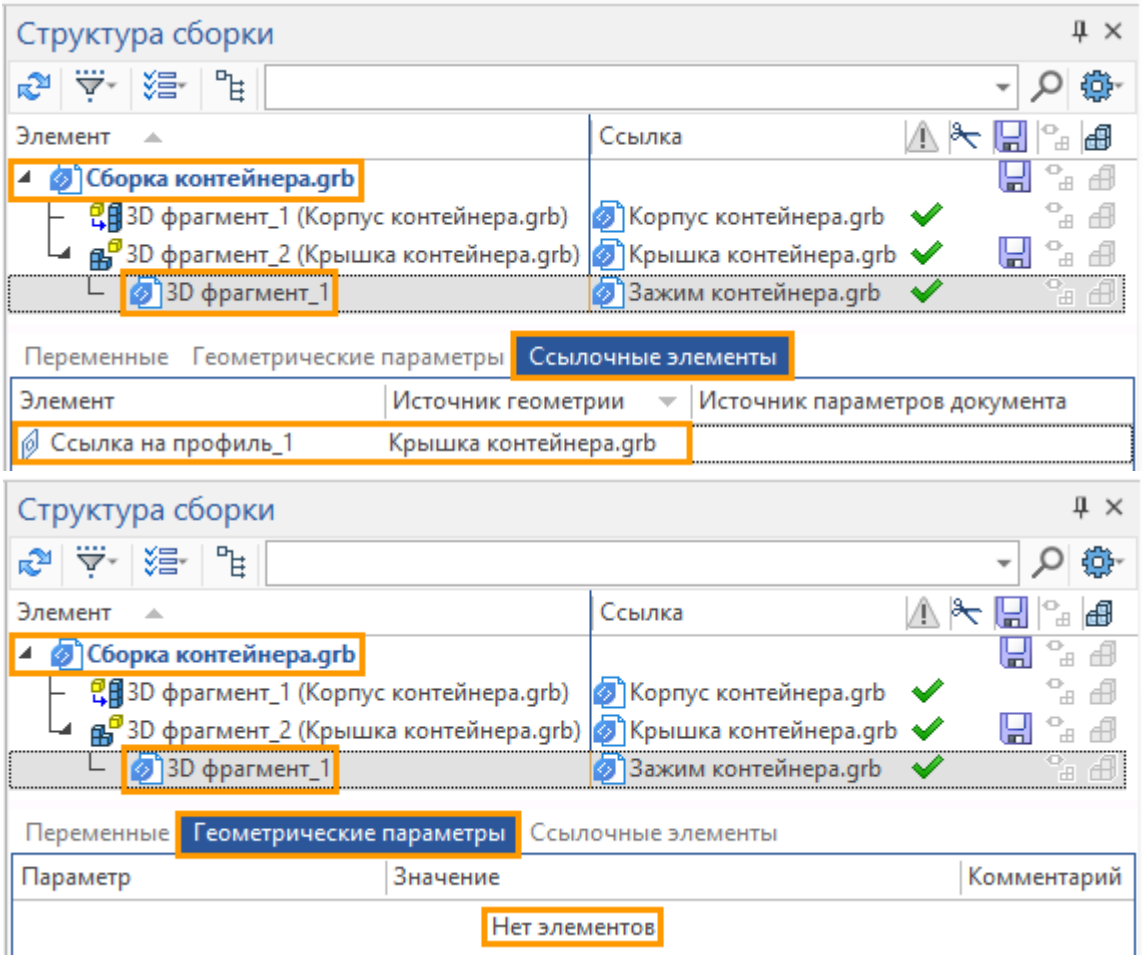
Подробную информацию о устранении рекурсий при помощи ссылочных элементов нужно смотреть в подразделе «Устранение рекурсий при помощи ссылочных элементов».

Т.к. работа со сборкой по технологии «Сверху-вниз» требует от пользователя понимания зависимостей фрагментов друг от друга – не рекомендуется использовать способы создания фрагментов усложняющих понимание взаимосвязей в сборке и усложняющих структуру ссылок в сборке.

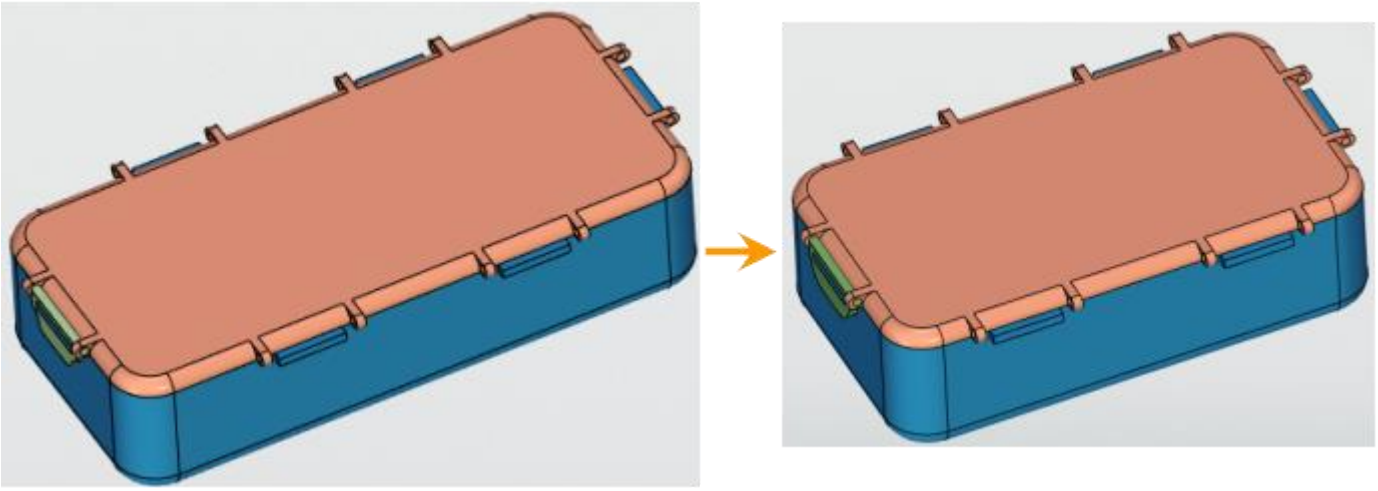
Созданный фрагмент в общей сборке «Сборка контейнера» стал фрагментом второго уровня. Для фрагментов второго уровня (и ниже) в окне структуры сборки мы не можем видеть геометрические параметры, но можем увидеть ссылочные элементы.



В случае создания фрагмента при помощи команды **Деталь>Создать** – для его автоматически созданных ссылочных элементов доступно обновление при пересчёте. Поэтому фрагменты созданные рассматриваемым способом будут обновлять геометрию в файле фрагмента при обновлении ссылок из окна «Структура сборки»



Если сделать изменения в геометрии-источнике ссылочных элементов в общей сборке «Сборка контейнера», которые изменят геометрию фрагмента «Крышка контейнера» (т.к. крышка является адаптивным фрагментом первого уровня для общей сборки), то фрагмент «Зажим контейнера» также изменит своё положение и (или) геометрию, т.к. является адаптивным по отношению к сборке «Крышка контейнера».



Можно создавать последовательные цепочки адаптивных фрагментов «Сборка→Фрагмент первого уровня» где каждый последующий фрагмент имеет в геометрических параметрах ссылочный элемент на свою сборку одним уровнем выше.

Многоуровневые сборки

В предыдущем разделе на примере создания цепочки адаптивных фрагментов мы уже видели пример создания детали второго уровня. Однако рассмотренный выше пример – это пример, когда создание каждого последующего фрагмента осуществляется в контексте сборки на уровень выше. Это не всегда возможно. Например, в том случае, если для создания детали второго уровня (или ниже) нам нужно опираться на геометрию не только подсборки на уровень выше, но и на сборки на два и более уровней выше. Можно выделить два основных способа создания многоуровневых сборок.

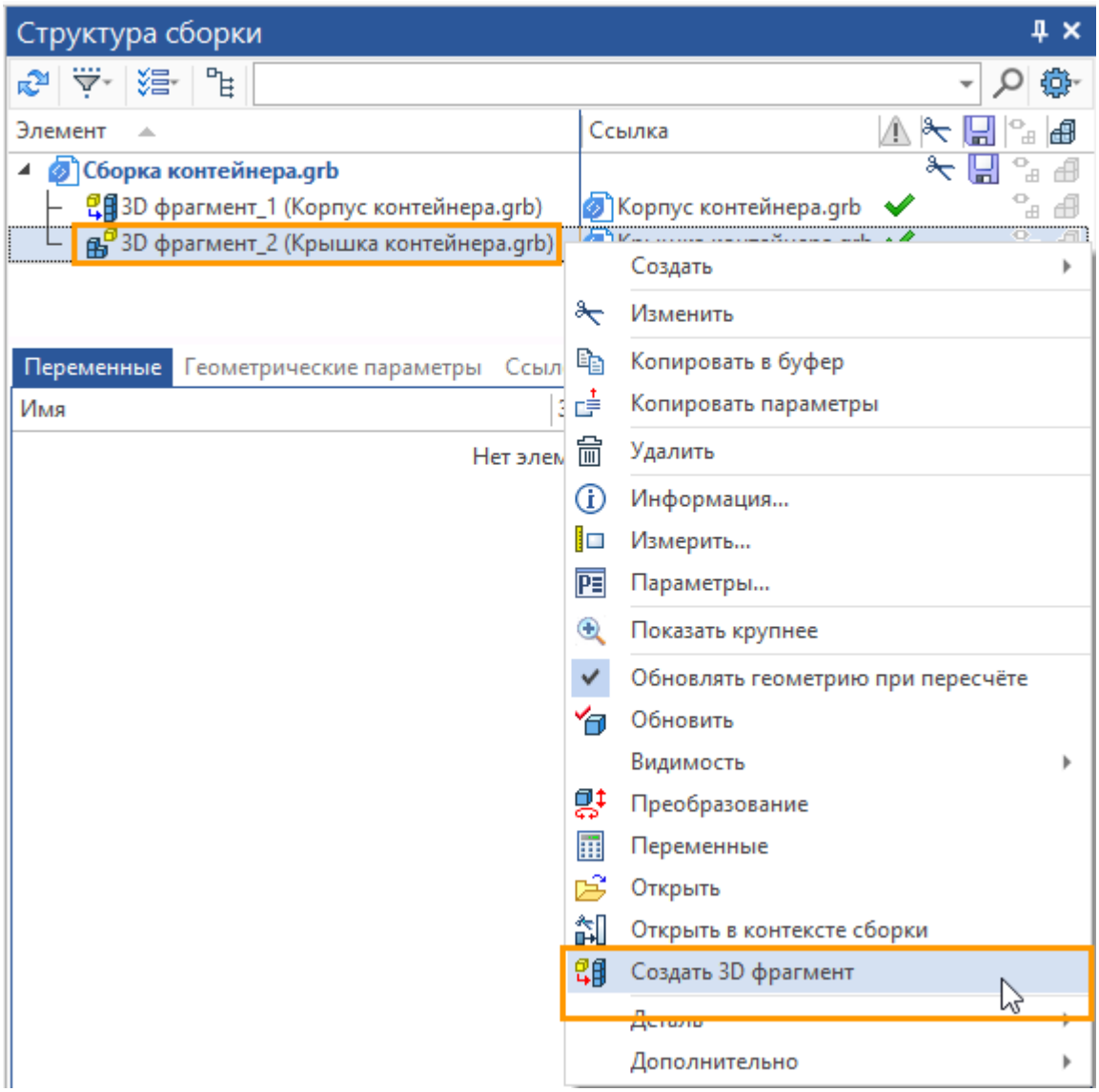
- ✓ Создание структуры сборки в окне «Структура сборки» при помощи команды <FM> **Создать 3D фрагмент** (см. подраздел «Создание структуры сборки») после чего работать с выбранным фрагментом в контексте общей сборки.
- ✓ Создавать цепочки фрагментов первого уровня, создавая и редактируя фрагменты только в контексте сборки на уровень выше (см. подраздел «Два основных способа создания деталей в сборке»). Таким способом можно создавать сборки адаптивных фрагментов.

Т.к. пример создания цепочки фрагментов первого уровня мы уже рассматривали выше, то теперь рассмотрим пример работы с фрагментами в контексте сборки на два или более уровня выше.

Создадим зажим контейнера в контексте общей сборки «Сборка контейнера». Будем считать, что структура сборки, при которой зажим является деталью сборочной единицы «Крышка контейнера» для нас является предпочтительной, но создавать зажим нам удобнее как на основании граней крышки, так и на основании граней корпуса. Оба фрагмента (корпус и крышка) у нас доступны только в общей сборке.

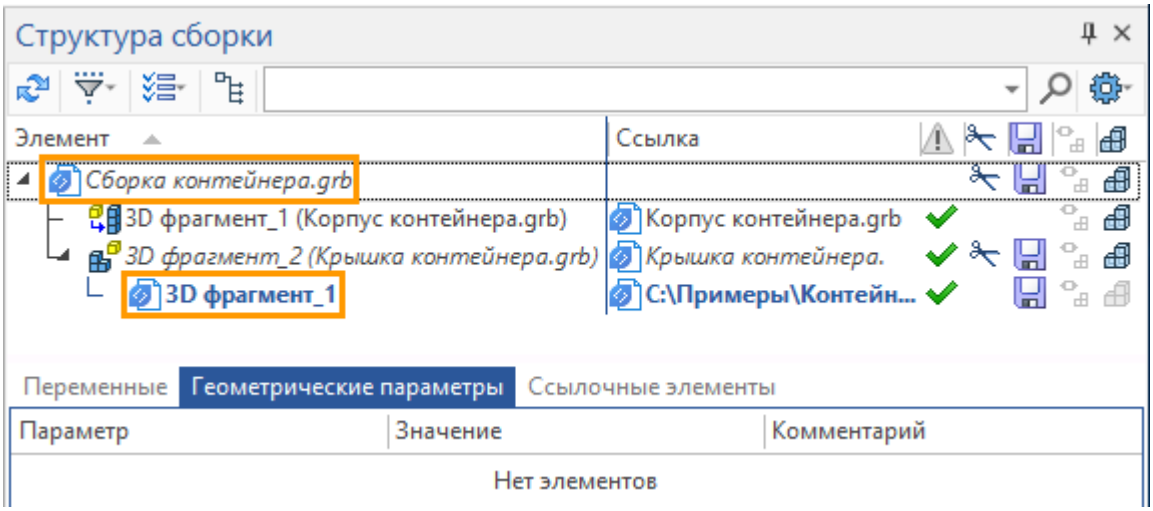
Откроем ранее созданную сборку «Сборка контейнера». Пусть сборка уже содержит фрагменты корпуса и крышки, причём фрагмент «Крышка контейнера» является адаптивным фрагментом

первого уровня. Создадим деталь зажима в подсборке крышки контейнера. Чтобы создать деталь в какой-либо подсборке, нужно вызвать контекстное меню фрагмента-подборки, в котором выбрать команду **Создать 3D фрагмент**. Вызовем контекстное меню фрагмента «Крышка контейнера». Выбираем команду **Создать 3D фрагмент**, появляется диалог команды. Вводим имя «Зажим контейнера, ставим флаг опции **Редактировать в контексте**. Редактирование будет в контексте той сборки, в которой мы находимся в данный момент, т.е. в нашем случае, созданный фрагмент будет открыт в контексте сборки «Сборка контейнера». Для сборки «Сборка контейнера» созданный фрагмент является фрагментом второго уровня.

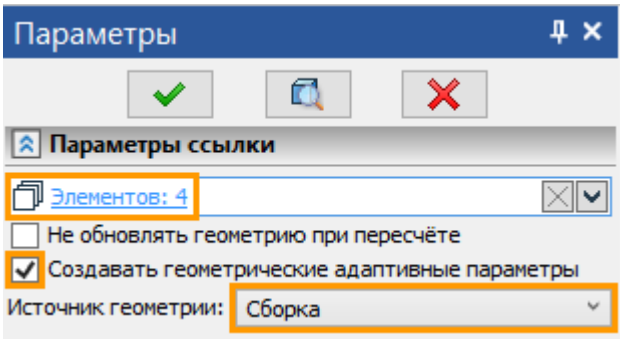


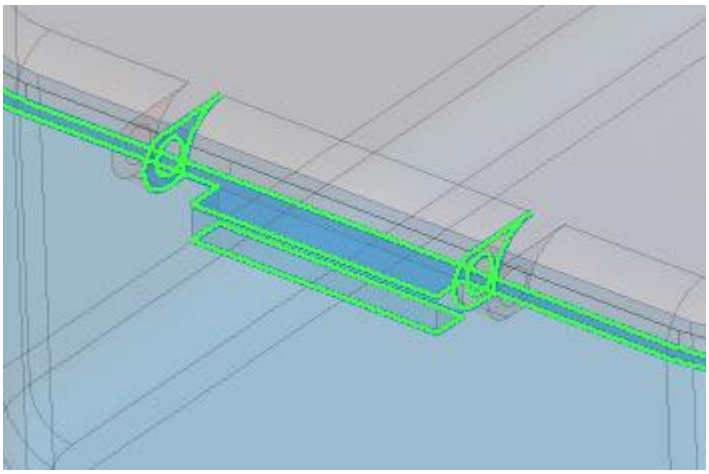
В окне «Структура сборки» мы можем увидеть полученную структуру: созданный фрагмент является фрагментом второго уровня для сборки, в контексте которой мы редактируем фрагмент. Цепочка

фрагментов, от редактируемого фрагмента к сборке, выделена курсивом. Такой способ представления позволяет лучше понимать положение редактируемого фрагмента в общей иерархии.



Создадим ссылочные элементы. Выберем две грани на крышке и две грани на корпусе. Две грани на крышке – будут задавать положение оси зажима и его ширину. Две грани на корпусе – габариты паза. Т.е. всего нужно создать четыре ссылочных элемента. Ссылочные элементы создаём при помощи команды **Ссылочный элемент**.

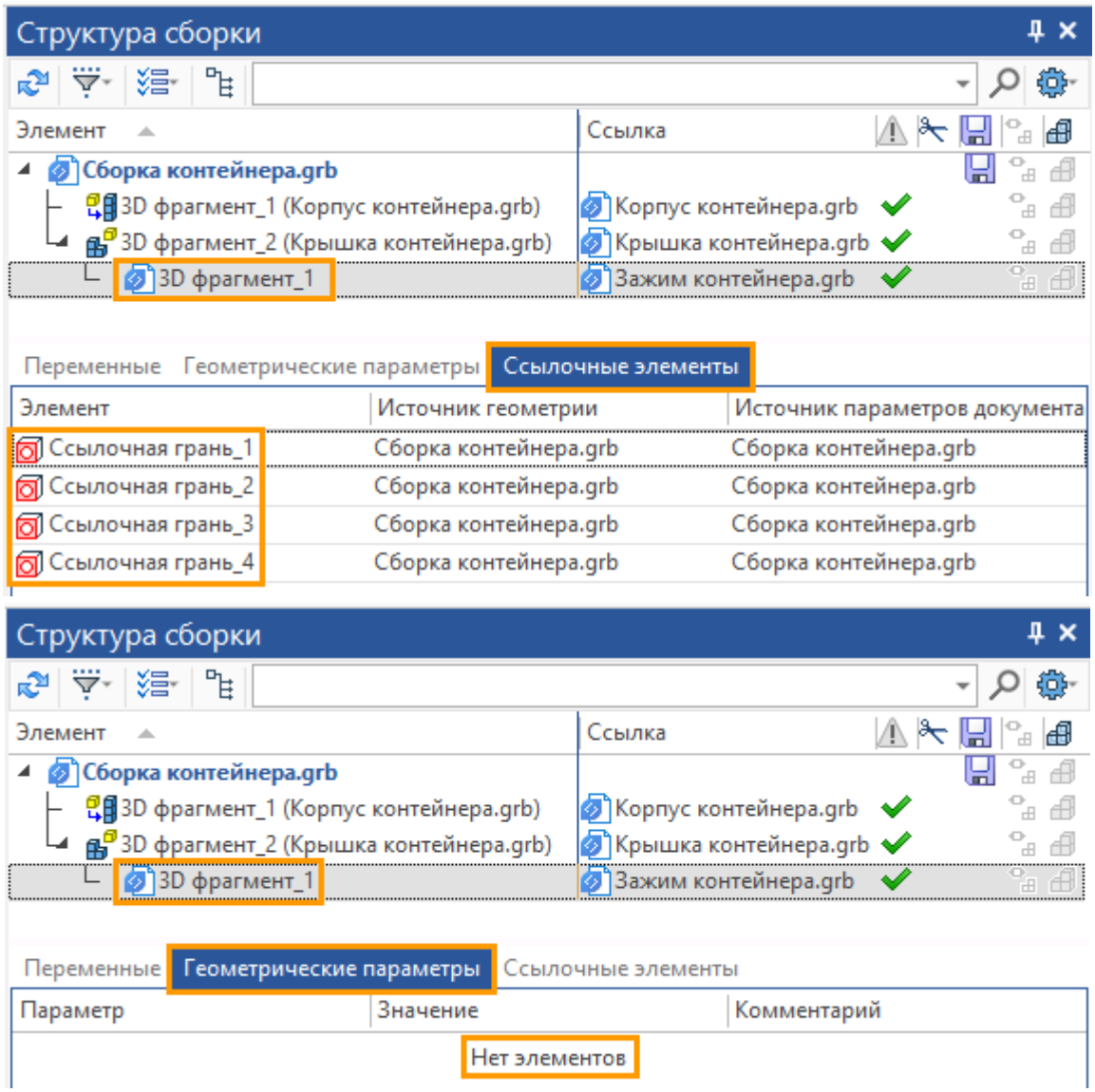




Оставим настройки по умолчанию: укажем создание геометрических адаптивных параметров и укажем источник геометрии в файле сборки, т.е. геометрия-источник будет находится в файле «Сборка контейнера». Создадим ссылки  и выйдем из редактирования в контексте с сохранением .

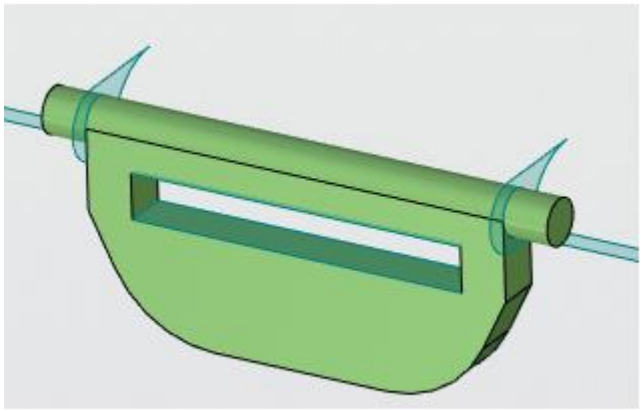
В окне структура сборки можно увидеть, что у фрагмента четыре ссылочных элемента для которых файлом источником геометрии является файл «Сборка контейнера», при этом, не смотря на выбранную опцию, в геометрические параметры ссылочные элементы не попали. Это связано с

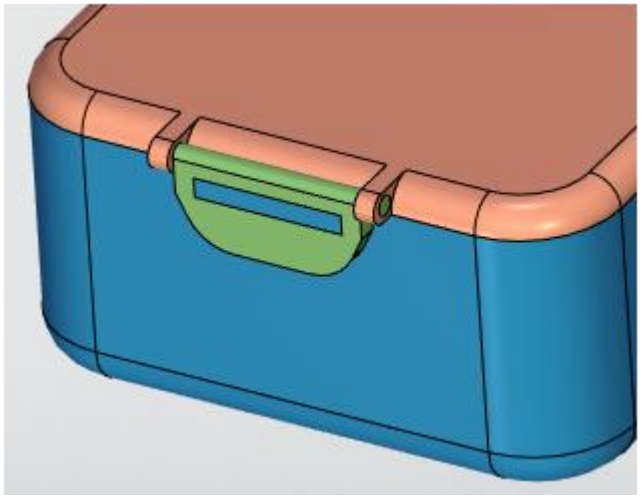
тем, что фрагмент для сборки является фрагментом второго уровня, а создание геометрических адаптивных параметров доступно только для связи «Сборка → фрагмент первого уровня».



Построение зажима на осонове геометрии ссылочных элементов можно делать как в контексте сборки, так и нет. При работе в контексте сборки рекомендуется отключать выбор элементов сборки (пиктограмма  не должна быть активной), чтобы не создать случайных ссылочных элементов. После завершения построений нужно обязательно выйти из контекста сборки нажав пиктограмму .

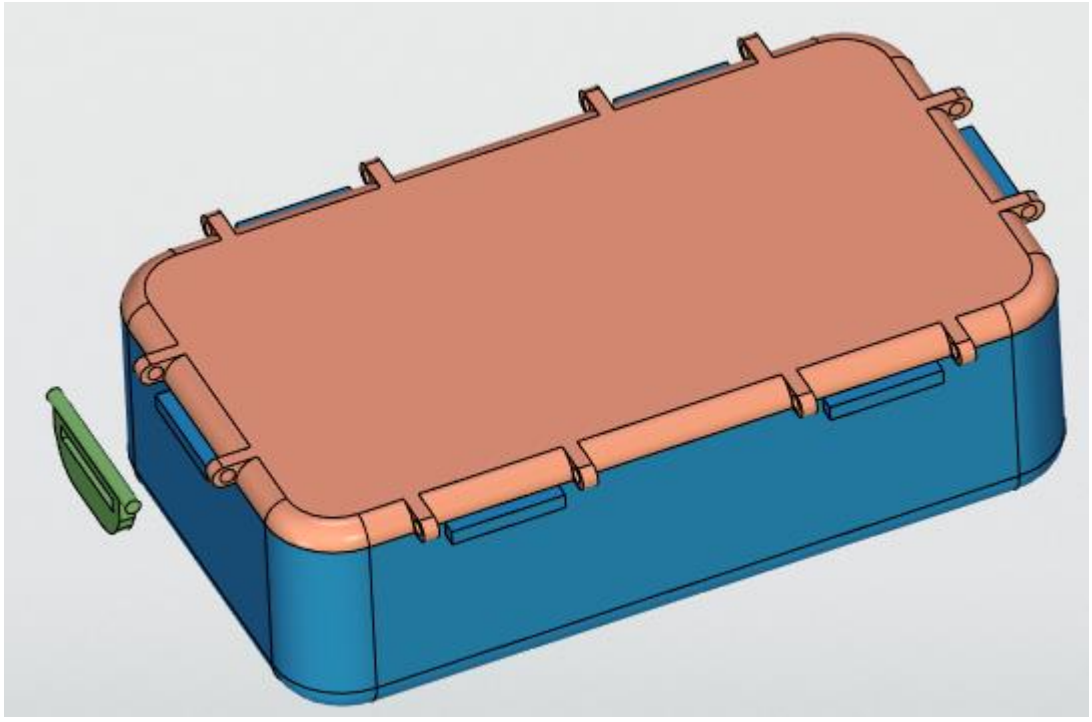
Если создавать геометрию фрагмента не в контексте сборки, то после сохранения файла фрагмента сборку надо обновить. При открытии файла сборки – в диалоге, который появляется автоматически при изменении фрагментов сборки, нужно указать обновление сборки.



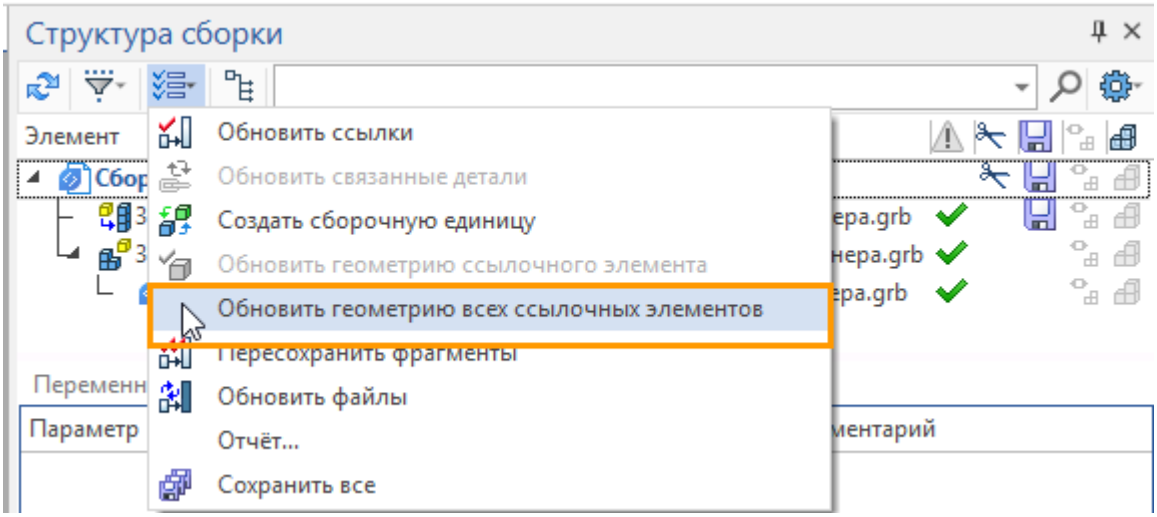


Приведём сравнительный пример изменения фрагментов первого уровня (содержащих в геометрических параметрах ссылочный элемент) и второго уровня (не содержащих ссылочный элементы в геометрических параметрах).

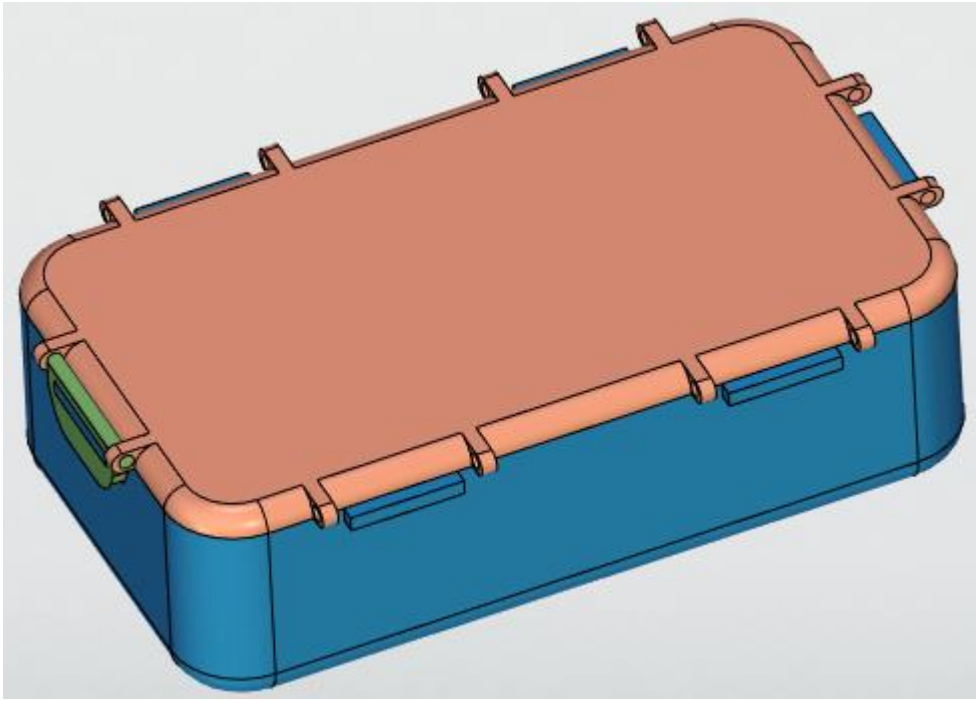
Изменим, как и ранее, при создании крышки контейнера, длину контейнера. Длина контейнера зависит от длины корпуса контейнера. Изменим длину корпуса контейнера в меньшую сторону.



Крышка, как адаптивный фрагмент, изменила свою геометрию, причём только в сборке (в файле фрагмента геометрия осталась неизменной, пока мы не обновим ссылочные элементы). Зажим, как фрагмент неадаптивный (без геометрических параметров) остался неизменным. Обновим ссылочные элементы для всей модели.

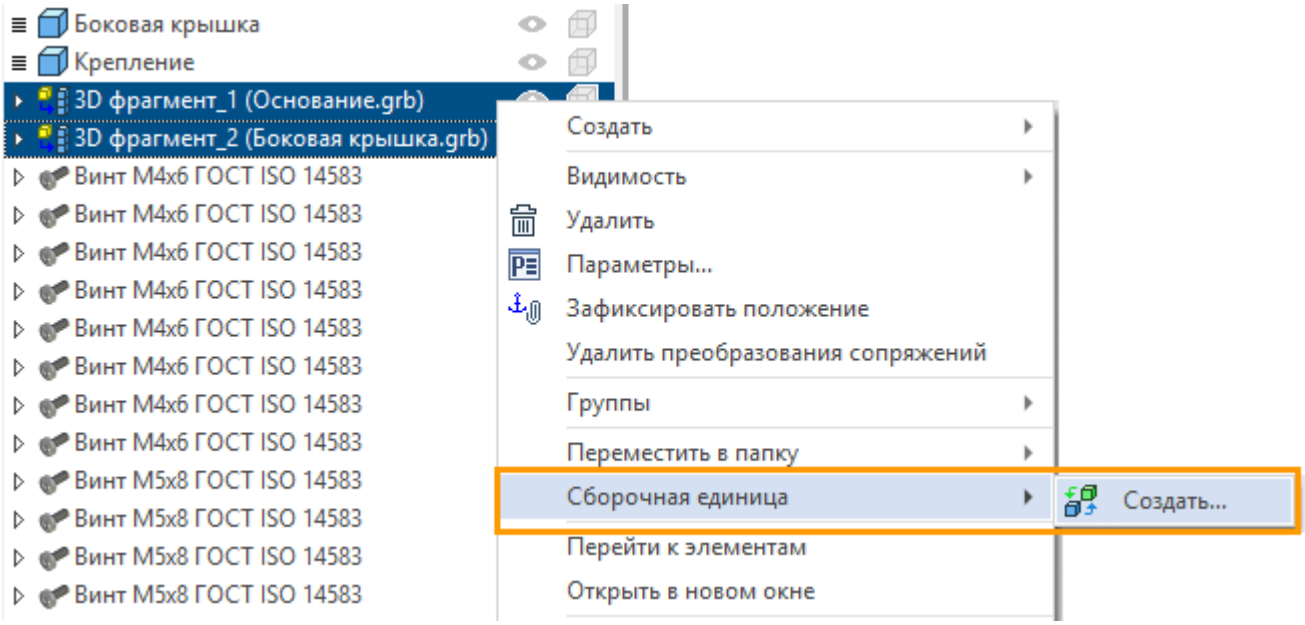


На вопросы о подтверждении обновления и сохранения отвечаем утвердительно. Ссылки были обновлены. Геометрия зажима изменилась как в сборке, так и в файле фрагмента. Файл фрагмента «Крышка контейнера» также изменил свою геометрию.

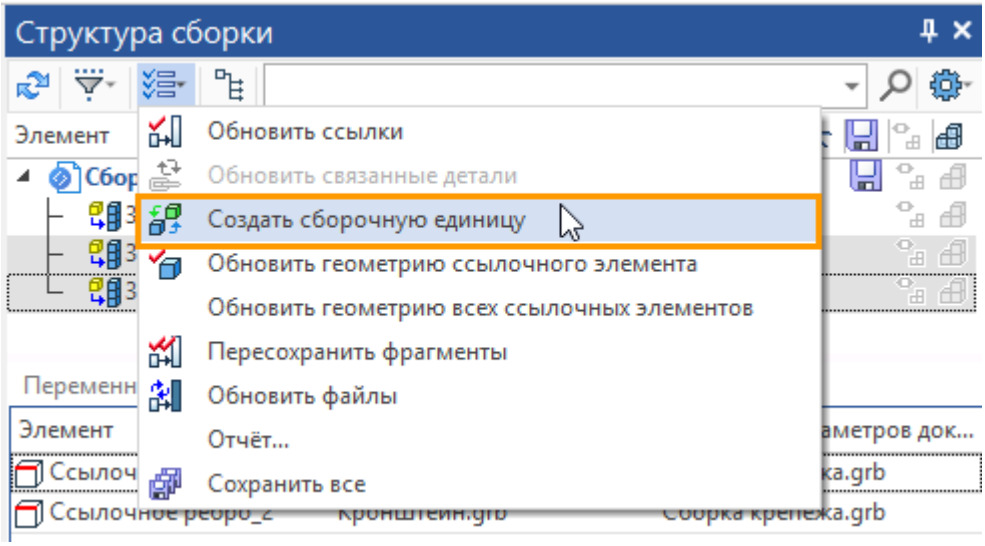


Создание сборочной единицы

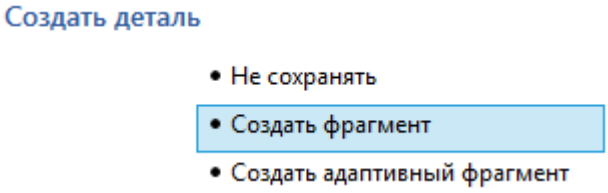
Данная команда доступна в окне «Структура сборки» и в контекстном меню фрагментов, выбранных в окне «3D модель». Позволяет изменить иерархию фрагментов в структуре сборки: поместить фрагменты в подсборку, изменив им уровень на n-1, где n – текущий уровень фрагментов.



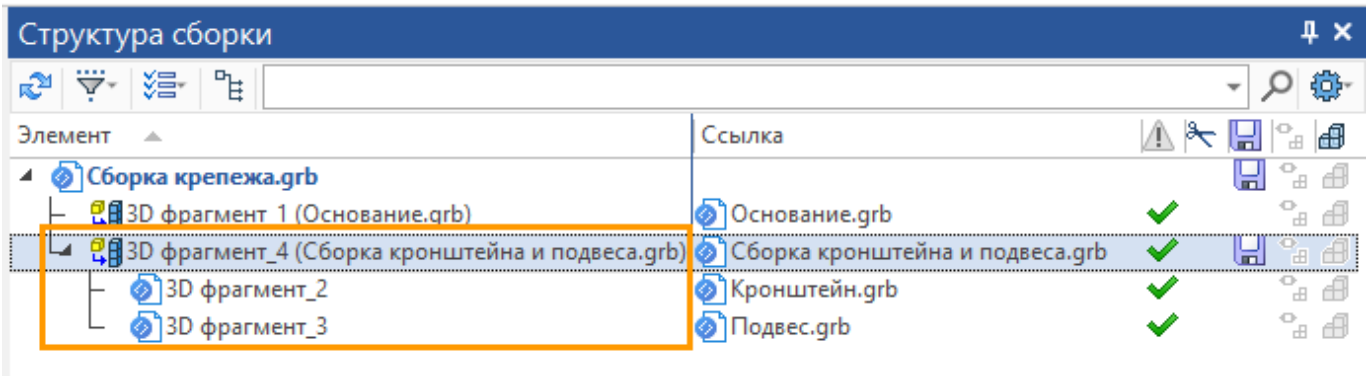
В окне «Структура сборки», выделив фрагменты, которые нужно поместить в отдельную подсборку, нажимаем пиктограмму **Действия** , из списка команд выбираем команду **Создать сборочную единицу**.



Появляется диалог создания детали (подробнее см. подраздел «Диалог создания детали»). Для создания новой сборочной единицы – выбираем вариант **Создать фрагмент**.



Изменения структуры можно увидеть в окне структура сборки. Выделенные фрагменты переместились на уровень ниже, а на их месте появилась новая сборочная единица.



Фрагменты в новой подсборке сохранят свои трансформации согласно той сборке, из которой они были помещены в новую подсборку. Ссылочные элементы сохранят как источник ссылочной геометрии так и источник параметров документа.

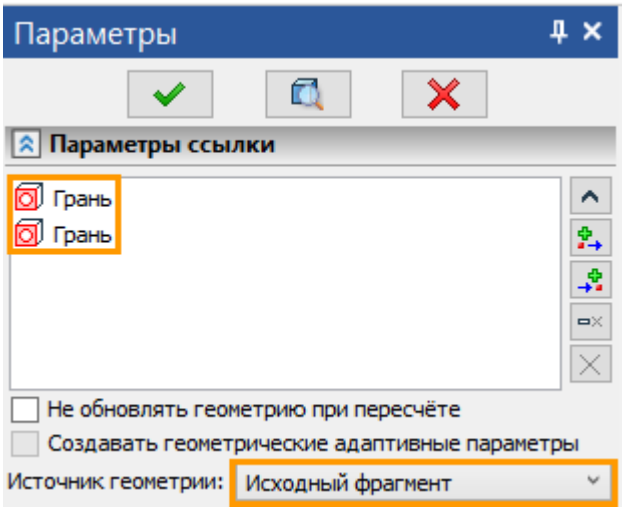
Если перемещаемый на уровень вниз фрагмент был адаптивным к сборке (подсборке), то он перестанет быть адаптивным, т.к. будет нарушена связь «Сборка → фрагмент первого уровня».

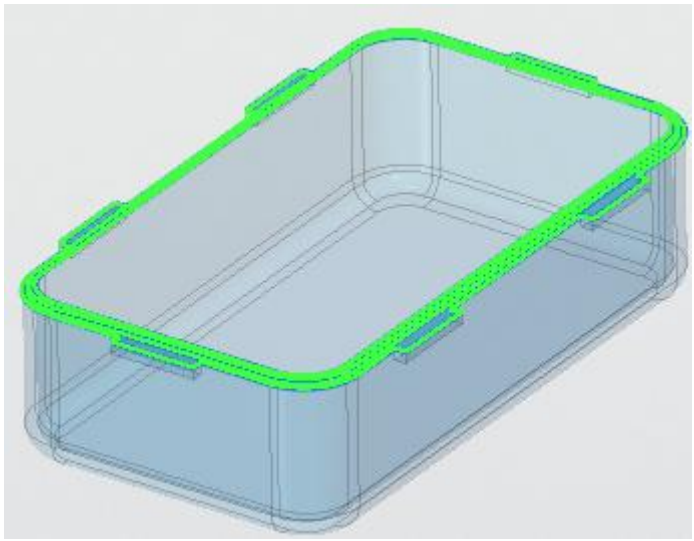
Детали, не зависящие от сборки

Принцип проектирования «Сверху вниз» подразумевает зависимость деталей от сборки. Однако не всегда такая связь является возможной. Например, когда точно известно какие элементы геометрии одного фрагмента, будут задавать элементы другого, но в какой именно сборке можно сделать их зависимыми друг от друга пока не известно. Такой случай возможен, когда итоговая структура сборки пока не понятна, либо из-за соображений секретности она скрыта. Тогда можно назначить связь не через сборку, а непосредственно между файлами. Связь между фрагментами мы в любом случае должны задать через сборочный файл. Но в этом случае он может быть временным. Пример использования временных сборочных файлов можно посмотреть также в разделе о трансформациях фрагмента в сборке.

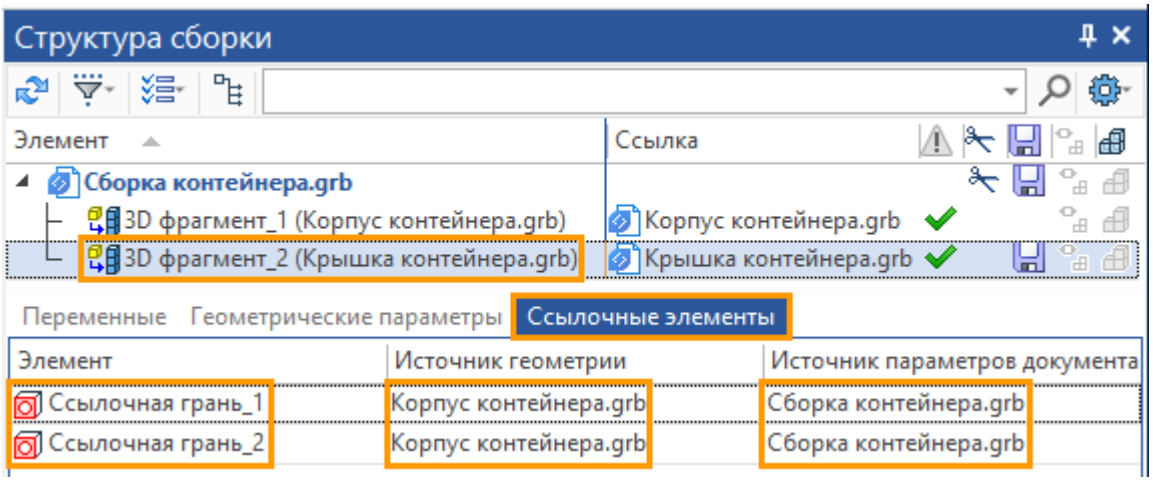
> Нужно помнить, что использование временных сборок, или недоступность сборки при редактировании фрагментов, должны быть вызваны реальной производственной или проектной необходимостью. Во всех остальных случаях не рекомендуется применять временные сборки и удалять сборки. Т.к. сама концепция проектирования «Сверху вниз» подразумевает наличие сборки, определяющей все входящие в неё детали.

Рассмотрим вариант, когда фрагмент «Крышка контейнера» зависит от геометрии корпуса независимо от сборки. Пусть у нас есть сборка «Сборка контейнера», в которой пока один фрагмент – «Корпус контейнера». Создадим новый фрагмент «Крышка контейнера» при помощи команды <FM> **Создать 3D фрагмент**, и укажем его редактирование в контексте сборки. Создадим два ссылочных элемента при помощи команды <3RE> **Ссылочный элемент**: выберем верхнюю грань, задающую фиксирующее ребро, и грань, на которую будет опираться крышка. В окне свойств укажем **Источник геометрии: исходный фрагмент**.

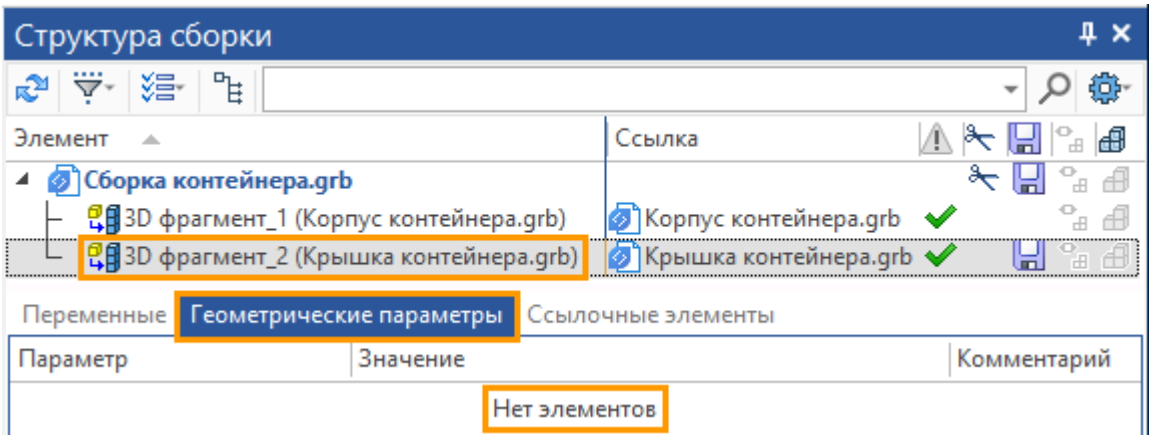




Выйдем из контекста сборки с сохранением . Проверим через окно «Структура сборки» как именно были созданы ссылочные элементы. Из окна «Структура сборки» видно, что у фрагмента «Крышка контейнера» есть два ссылочных элемента. Выбрав вариант обновления из исходного фрагмента (в данном случае мы могли выбрать и вариант обновления из фрагмента первого уровня, т.к. результат был бы тот же) – мы указали, что геометрия-источник в файле «Корпус контейнера». Источник параметров – это всегда файл сборки, в контексте которой был создан ссылочный элемент (подробнее нужно смотреть в разделе о трансформациях фрагмента в сборке).



Несмотря на то, что фрагмент «Крышка контейнера» является фрагментом первого уровня, т.к. при создании ссылочного элемента мы не указали, что источник геометрии в сборке, то в ссылочном элементе нет связи «Сборка→фрагмент первого уровня», и ссылочный элемент не попал в геометрические параметры, т.е. созданный фрагмент неадаптивный. Как можно увидеть, при смене варианта источника геометрии со сборки на другой вариант – опция создания геометрических параметров недоступна.

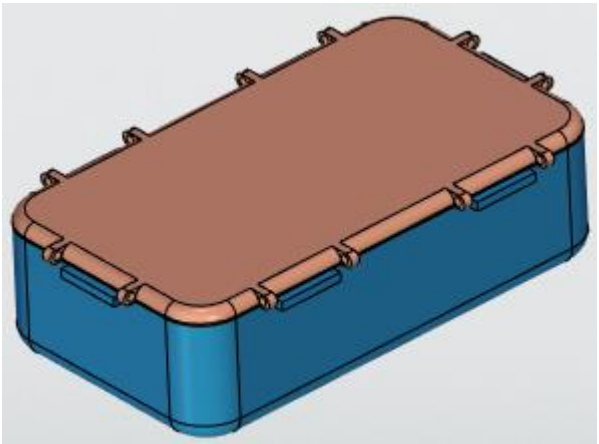


Создадим геометрию крышки на основании созданных ссылочных элементов.

Если мы изменим фрагмент «Корпус контейнера», то фрагмент «Крышка контейнера» преобразует свою геометрию под изменения корпуса только после обновления ссылочных элементов. Как это можно сделать через окно «Структура сборки» или через окно «3D модель» было показано ранее.

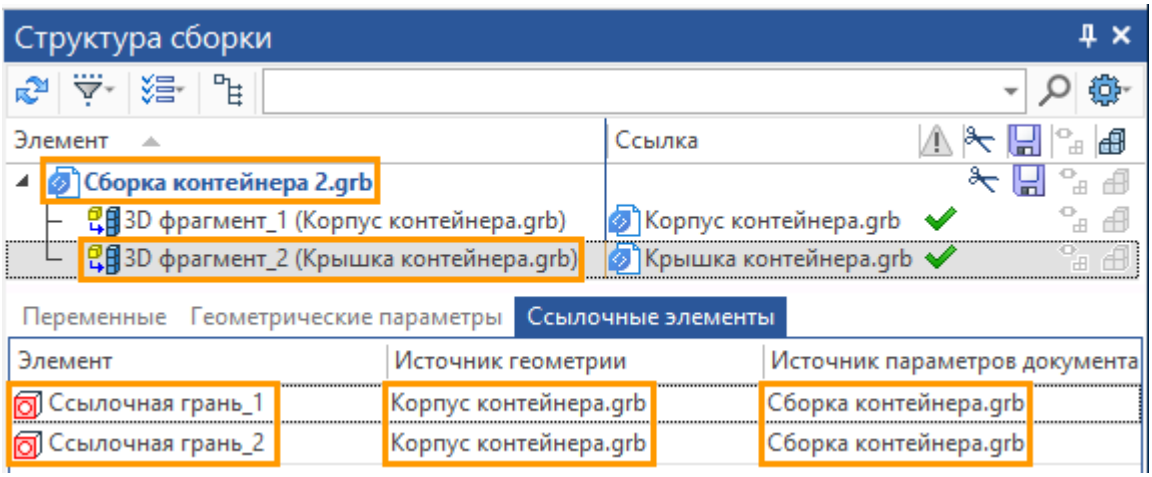
> Когда геометрия-источник не зависит от файла сборки – мы можем удалить файл сборки, при этом фрагменты не потеряют связь через ссылочные элементы.

Для примера удалим файл «Сборка контейнера» и создадим новый сборочный файл «Сборка контейнера 2». Вставим в него фрагменты «Корпус контейнера» и «Крышка контейнера» при помощи команды <3F> **3D Фрагмент**.

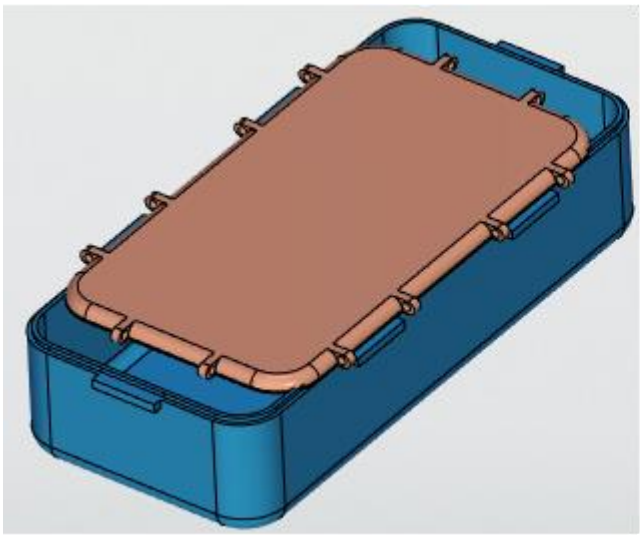


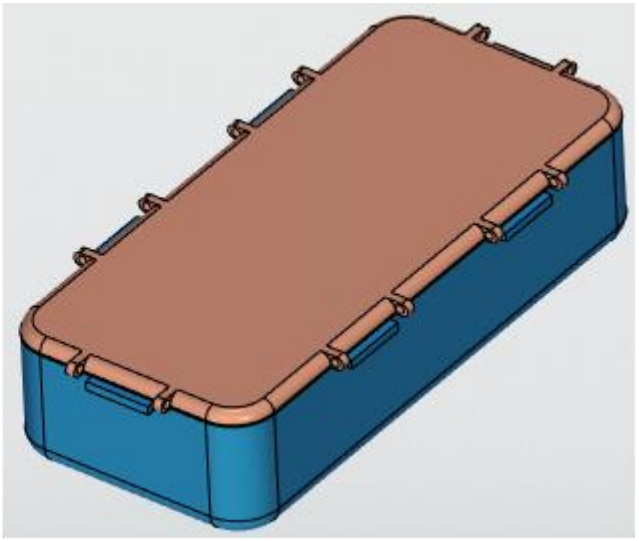
В окне «Структура сборки» новой сборки «Сборка контейнера 2» можно увидеть, что фрагмент «Крышка контейнера» как и раньше содержит ссылочные элементы, источник геометрии которых фрагмент «Корпус контейнера».

Источником параметров документа по-прежнему значится удалённый файл «Сборка контейнера». Это означает, что если для верного позиционирования фрагмента в сборке нам требовались перемещения, повороты или масштабирования – их нам придётся делать заново. В нашем случае никаких параметров трансформации из удалённой сборки во фрагмент не передавалось, т.к. фрагменты в сборке мы не перемещали и не масштабировали.



Изменим длину корпуса в новой сборке, и обновим ссылочные элементы через окно «Структура сборки».





Новый файл сборки «Сборка контейнера 2» обновился также, как если бы мы работали в исходном файле сборки «Сборка контейнера»

Выгрузить геометрию с возможностью последующего обновления

Если тело было создано в сборке (подсборке любого уровня), то его можно выгрузить, сделав деталью. Для этого нужно в контекстном меню тела выбрать команду **Деталь**. Чтобы фрагмент был создан как фрагмент с геометрическим параметром, но без ссылочных элементов нужно выбрать третий или четвёртый вариант выгрузки тела в команде **Деталь>Выгрузить**.

- ✓ Выгрузить деталь (команда **Деталь>Выгрузить**) с опцией **Создать операцию деталировки с возможностью последующего обновления файла детали при изменении сборки.**

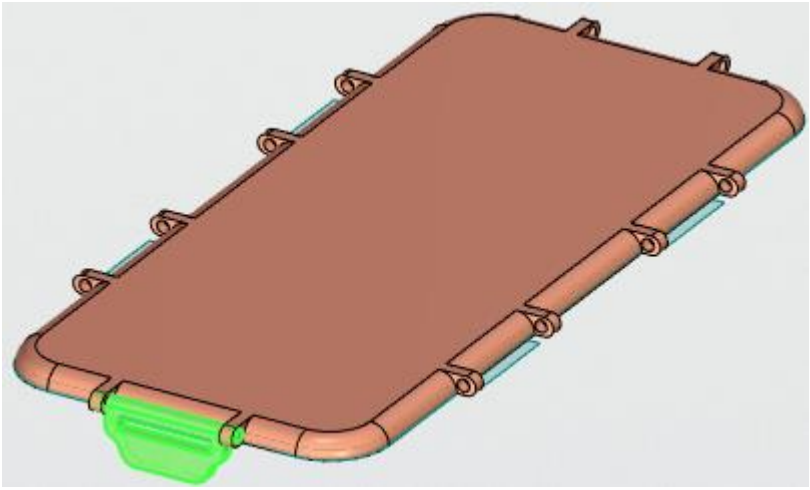
- ✓ Выгрузить деталь (команда **Деталь>Выгрузить**) с опцией **Создать операцию ассоциативной деталировки с возможностью последующего обновления файла детали при изменении сборки и возможностью получения результатов доработки детали в сборке**.

> В файлах фрагментов, созданных по третьему или четвёртому варианту команды **Выгрузить,** дерево построений недоступно. Геометрия в файлах представляет собой внешнюю модель. Редактирование геометрии фрагментов возможно только при изменении геометрии тела в файле сборки. Полноценную возможность редактирования файлов фрагментов, после их создания на основе тел в сборке, даёт команда **Деталь>Создать**.

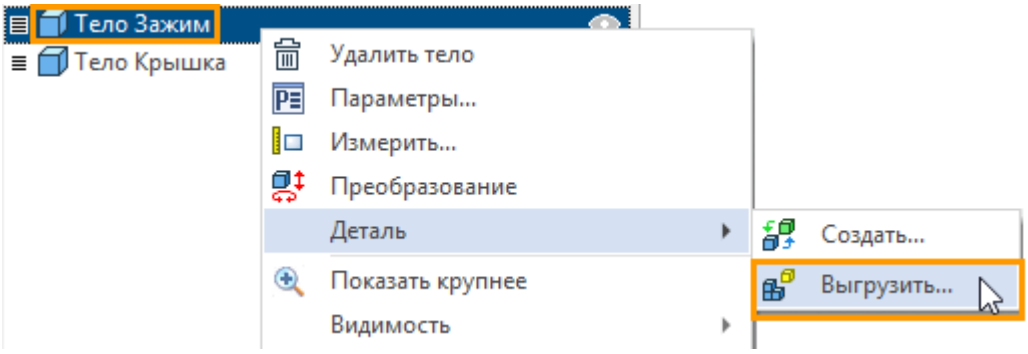
Рассматриваемые в данном подразделе варианты создания фрагментов в сборке рационально применять в том случае, если выгрузка тела при помощи команды **Деталь>Создать** приводит к появлению рекурсий (о возникновении рекурсий и их устранении подробнее можно прочитать в подразделе «Устранение рекурсий при помощи ссылочных элементов»). Либо, когда нужно сделать деталь, зависимую от сборки без использования ссылочных элементов.

> Рассматриваемые два варианта создания фрагментов не рекомендуется использовать если создаваемые фрагменты будут подсборками.

Вновь рассмотрим пример, когда мы спроектировали зажим в файле фрагмента «Крышка контейнера» и хотим на основе тела зажима создать фрагмент (данный пример уже был рассмотрен в подразделе «Создание детали при помощи команды Деталь>Создать»).



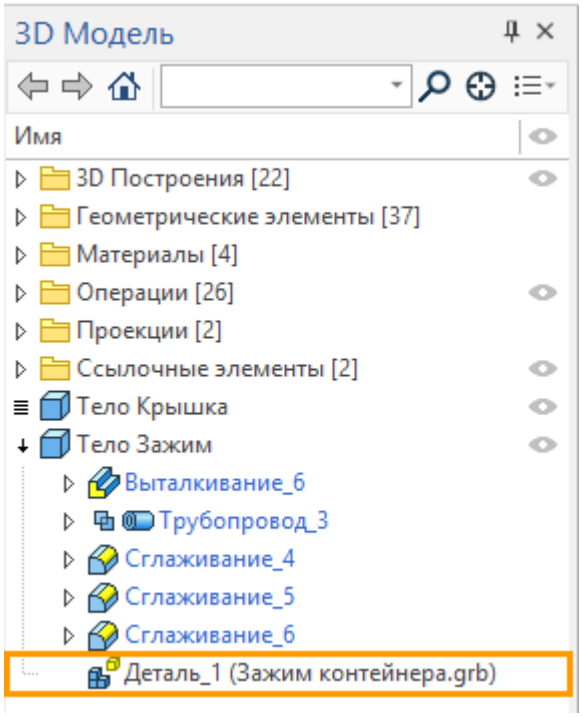
Вызываем, контекстное меню тела зажима, и выбираем команду **Деталь>Выгризуть**.



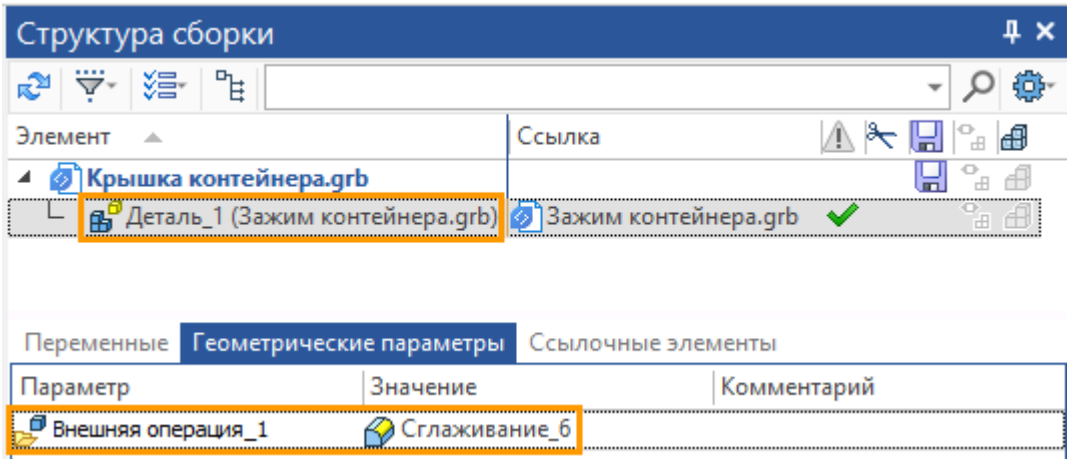
В появившемся диалоге указываем вариант **Создать операцию деталировки с возможностью последующего обновления файла детали при изменении сборки**. Принцип ввода имени файла и

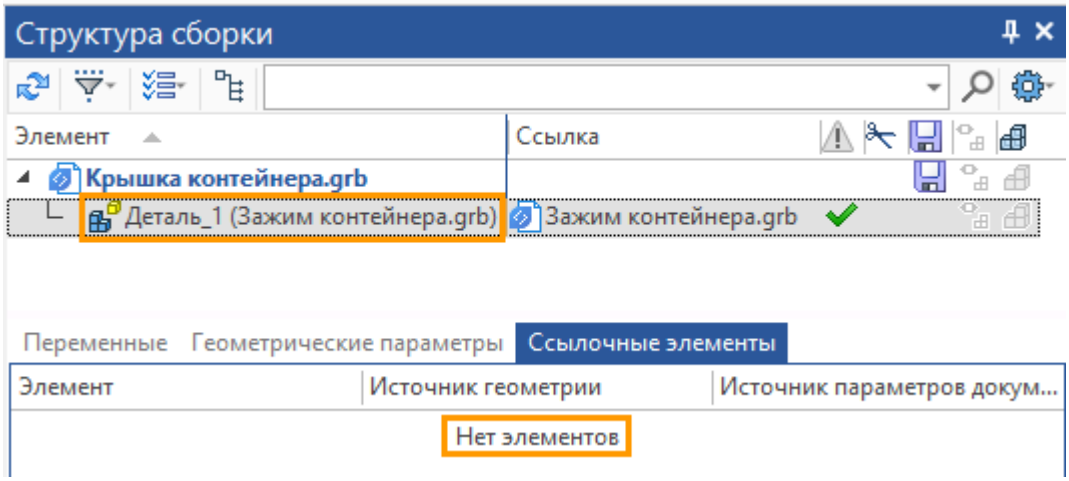
выбор прототипа, аналогичен принципу при работе с диалогом создания фрагмента. В разделе «Диалог выгрузки» можно увидеть краткую информацию о данном диалоге.

В результате выполнения команды, появится адаптивный фрагмент. В окне «3D модель» можно увидеть, что в структуре тела зажима появился адаптивный фрагмент.

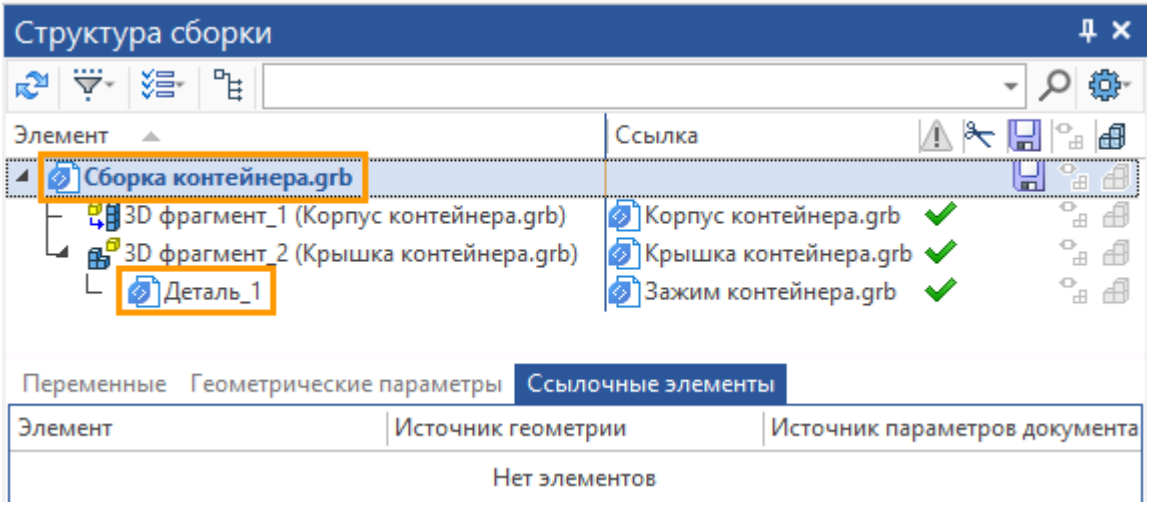


В окне «Структура сборки» файла «Крышка контейнера» также появился фрагмент первого уровня. Данный фрагмент содержит геометрический параметр «Внешняя операция_1» и не содержит ссылочных элементов.





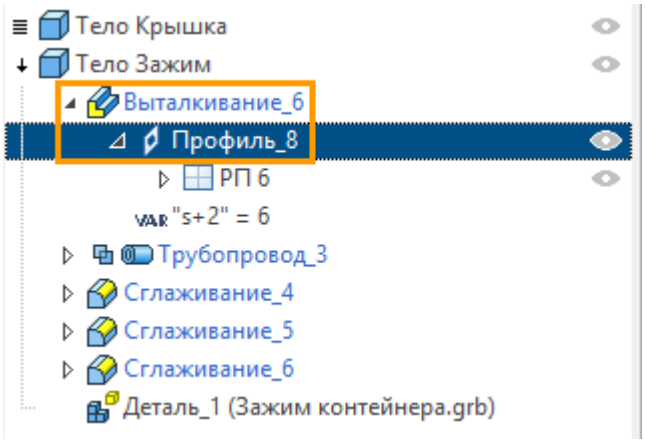
Также, мы можем увидеть созданный фрагмент в окне «Структура сборки» общей сборки «Сборка контейнера» как фрагмент второго уровня.

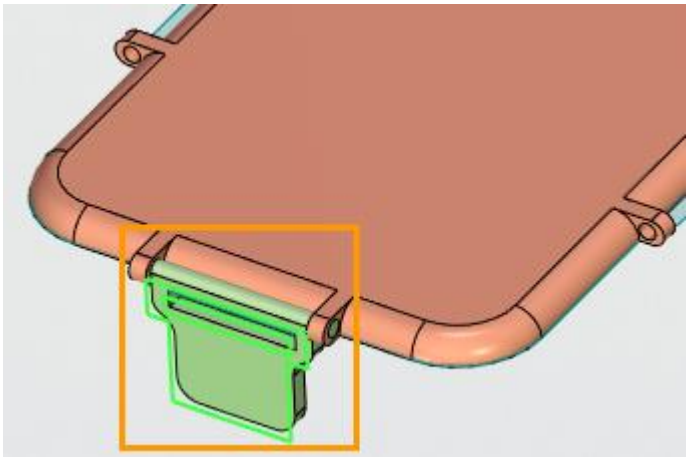


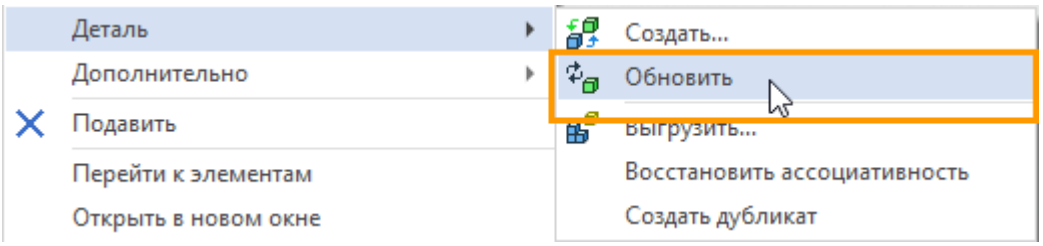
Наличие геометрического параметра «Внешняя операция_1» обеспечивает связь файла фрагмента «Зажим контейнера» со сборкой «Крышка контейнера», т.е. связь с файлом, из которого геометрия была выгружена. В файл фрагмента можно передать изменения, сделанные в исходном теле, находящемся в файле сборки. Для этого нужно выбрать команду **Обновить**.

> В файл фрагмента будут переданы изменения сделанные только в тех операциях, которые в дереве тела располагаются до выгрузки.

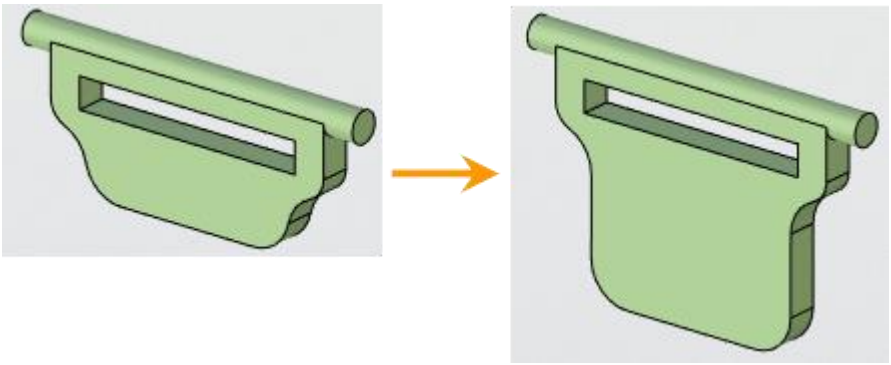
Например, мы можем изменить длину зажима, изменив профиль операции выталкивания, которая располагается до выгрузки. После изменения геометрии тела зажима, вызываем через контекстное меню команду **Обновить**.



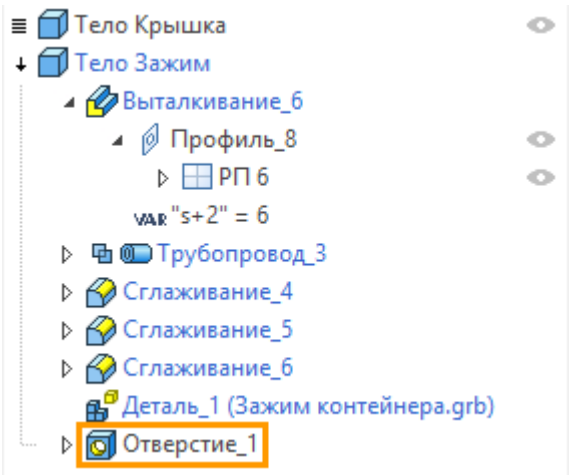


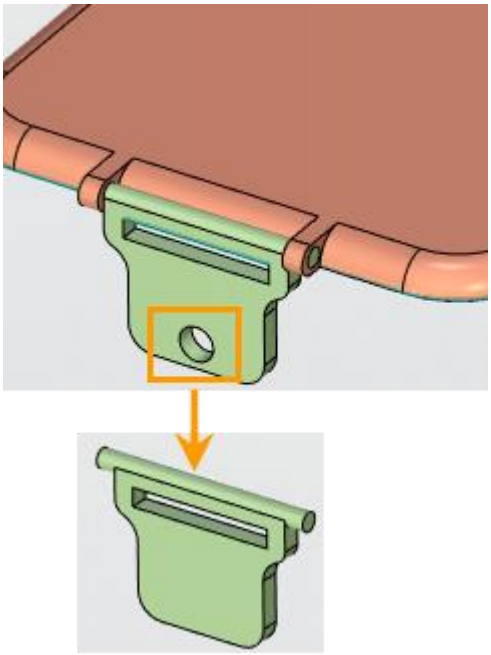


После выполнения команды **Обновить** файл фрагмента будет обновлён, согласно изменениям тела в сборке, и сохранён.

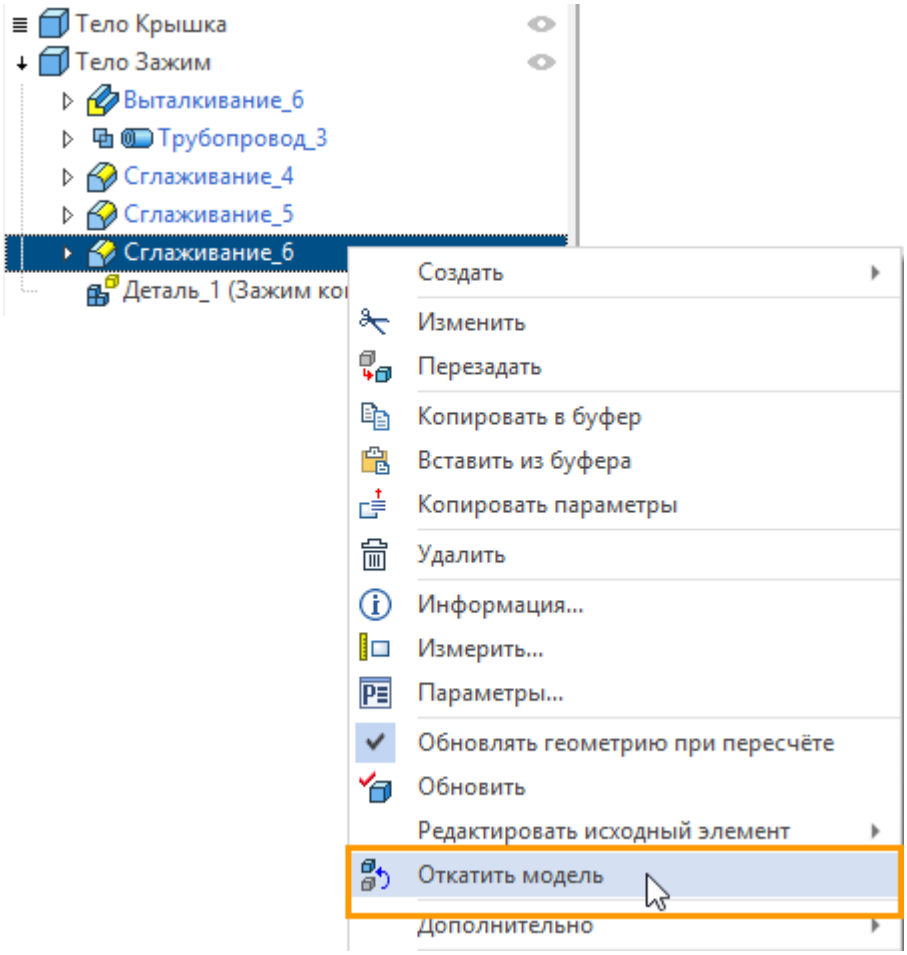


Мы *не можем* передать в файл фрагмента изменения геометрии тела, выполненные за счёт операций, находящихся в дереве тела после выгрузки. Например, если мы сделаем отверстие в теле зажима, и операция будет находиться после выгрузки, команда **Обновить** не передаст изменения в файл фрагмента.

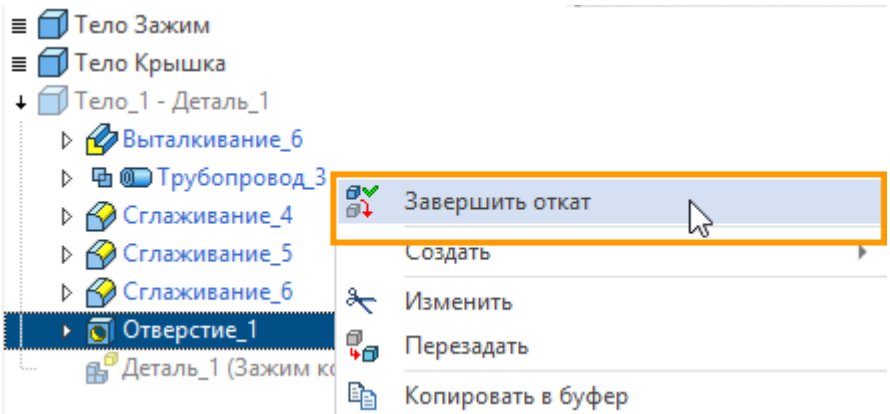


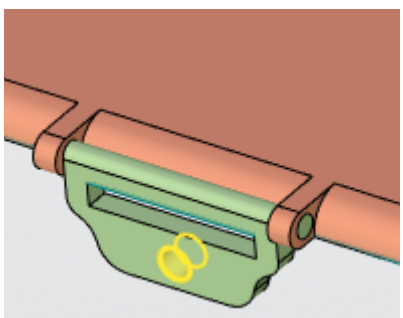


Мы *можем* добавить операции в дерево выгружаемого тела. Для этого нужно вызывать контекстное меню последней операции тела, и выбирать команду **Откатить модель**. Вызовем команду отката для тела зажима.

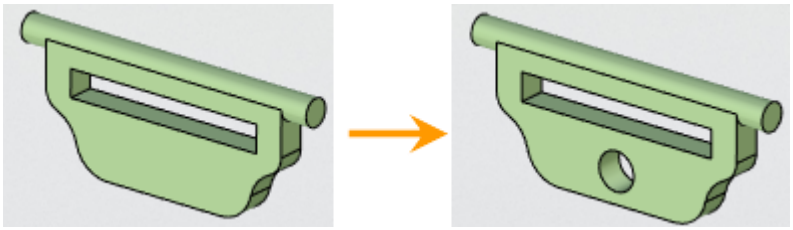


Добавим отверстие в геометрию зажима. Как видно из рисунка в дерево операций тела добавилось отверстие. Для завершения редактирования тела, нужно вызвать контекстное меню для операций тела или вызвать контекстное меню в свободном месте 3D сцены, и выбрать **Завершить откат**.



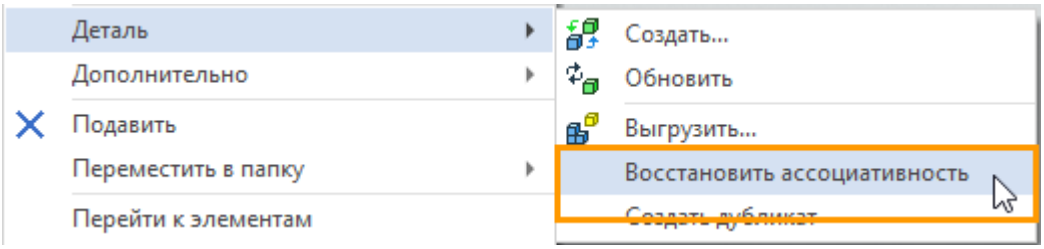


Созданное таким образом отверстие можно передать во фрагмент. Для этого в контекстном меню тела зажима зажима выбираем команду **Деталь** > **Обновить**. Файл фрагмента будет обновлён, изменениями согласно сборке, и сохранён.

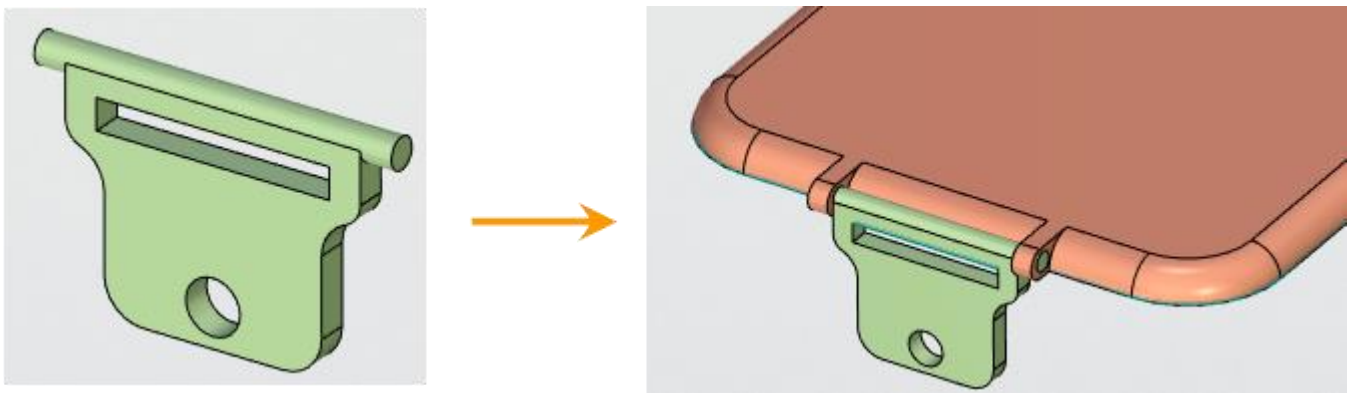


Мы *можем* передать изменения сделанные во фрагменте в сборку. Для этого нужно воспользоваться командой **Восстановить ассоциативность**.

Сделаем отверстие в зажиме, но только не в сборке, а в файле фрагмента. Для этого нужно открыть файл фрагмента зажима и сделать в нём отверстие, затем сохранить файл фрагмента. В сборке «Крышка контейнера» в контекстном меню тела зажима нужно вызвать команду **Восстановить ассоциативность**.



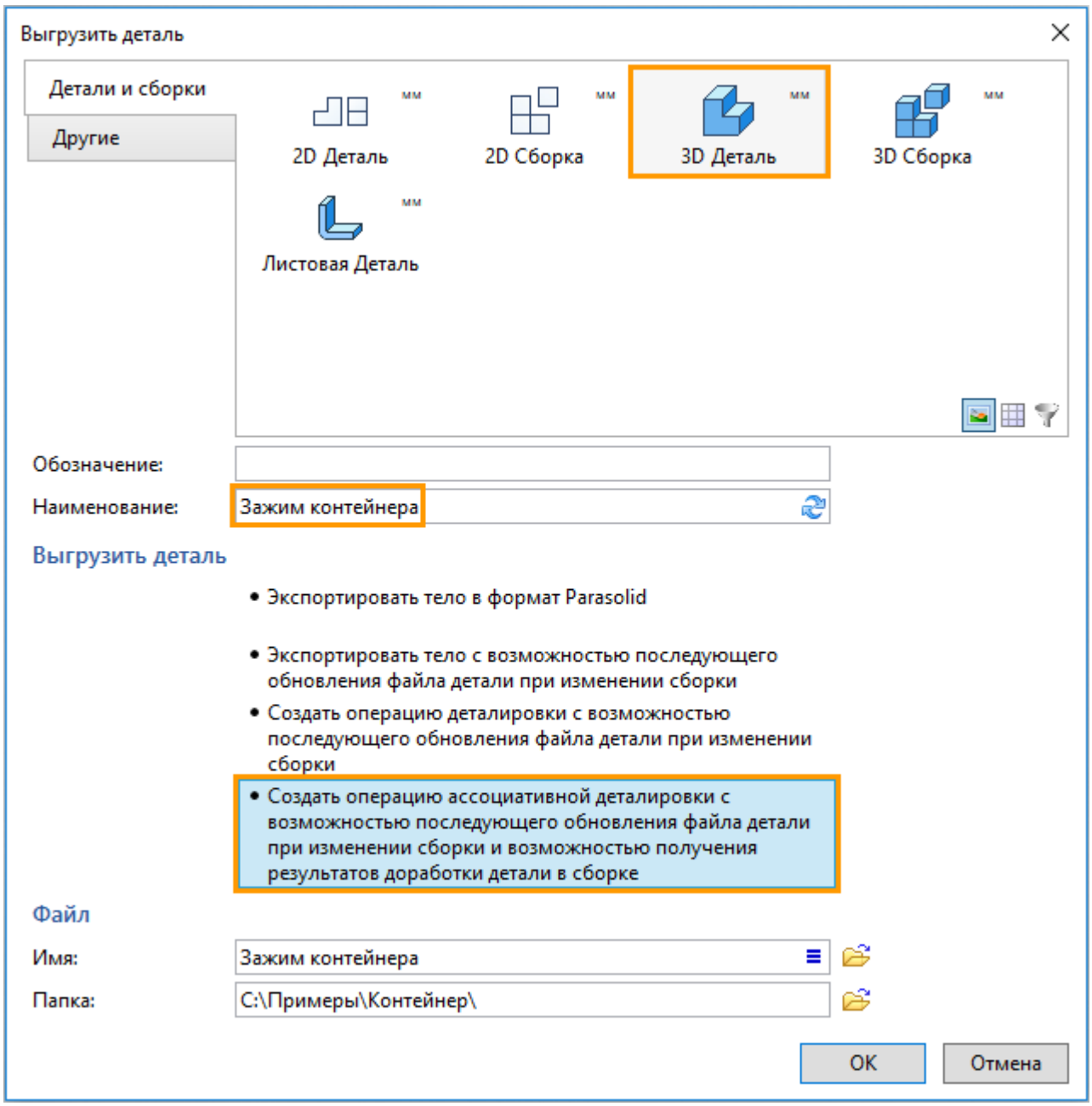
В результате выполнения операции изменения сделанные во фрагменте будут переданы в сборку.



Команда **Восстановить ассоциативность** будет доступна в контекстном меню только в том случае, если в файле фрагмента были сделаны изменения.

Рассмотрим четвёртый вариант выгрузки **Создать операцию ассоциативной деталировки с возможностью последующего обновления файла детали при изменении сборки и возможностью получения результатов доработки детали в сборке**.

Как и в предыдущем случае, вызываем команду **Выгрузить** через контекстное меню тела зажима в сборке, но в этот раз указываем четвёртый вариант.



Отображение созданного фрагмента в окнах «3D модель» и «Структура сборки» - аналогично предыдущему варианту выгрузки.

Как и в предыдущем случае, у фрагмента нет ссылочных элементов, и есть геометрический параметр («Внешняя модель_1»). Геометрический параметр обеспечивает связь фрагмента со сборкой.

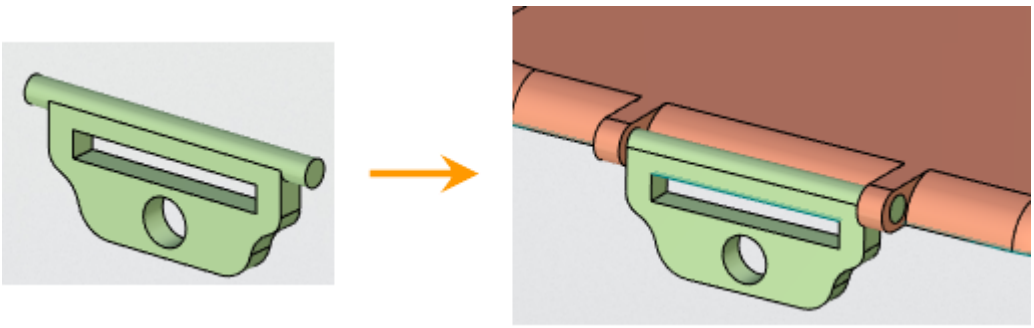
Как и в предыдущем случае, созданный фрагмент имеет связь только с файлом сборки, из которого был выгружен.

Как и в предыдущем случае, мы можем вносить изменения в операции тела, которые были созданы до выгрузки и, затем, при помощи команды **Обновить** – передать их в файл фрагмента.

Как и в предыдущем случае, мы можем добавлять операции в дерево тела до выгрузки – при помощи команды **Откатить модель**.

В отличие от предыдущего варианта выгрузки, изменения, сделанные во фрагменте, автоматически будут переданы в сборку. Т.е. для обновления сборки согласно изменениям в файле фрагмента нам *не нужно* использовать команду **Восстановить ассоциативность**.

Сделаем изменения во фрагменте зажима: создадим отверстие, затем сохраним фрагмент. Если открыть файл «Крышка контейнера» то, как и в случае изменения всех фрагментов, будет задан вопрос об обновлении сборки. После подтверждения обновления – фрагмент в сборке будет обновлён.



Повторная вставка детали

Через окно «Структура сборки» можно указать повторную вставку детали или подсборки.

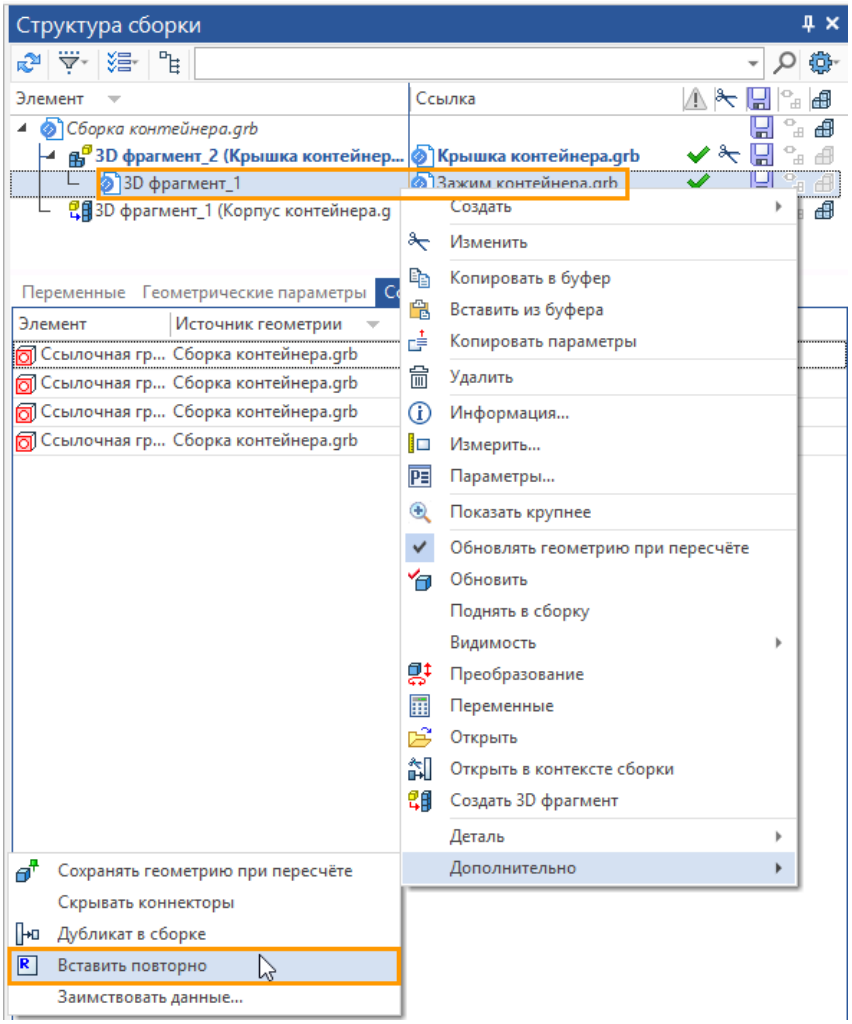
> Любой фрагмент любого уровня, будет вставляться повторно как фрагмент первого уровня для того файла сборки, который мы в текущий момент редактируем.

Продолжим пример с контейнером. Нам необходимо вставить зажимы крышки на все оставшиеся позиции. Фрагмент зажима является фрагментом второго уровня, входящим в сборку «Крышка контейнера». Если мы хотим, чтобы при повторной вставке фрагмент «Зажим контейнера» был фрагментом второго уровня, входящим в подсборку «Крышка контейнера», то нам необходимо открыть фрагмент «Крышка контейнера». Если мы хотим позиционировать фрагмент «Зажим контейнера» только на основании привязки к геометрии крышки – то можно просто открыть файл фрагмента «Крышка контейнера». Если мы хотим при позиционировании зажима привязываться ко всем элементам общей сборки, то нам надо открыть фрагмент «Крышка контейнера» в контексте сборки «Сборка контейнера». Все элементы общей сборки, к которым был привязан фрагмент «Зажим контейнера», будут для фрагмента «Крышка контейнера» ссылочными элементами.

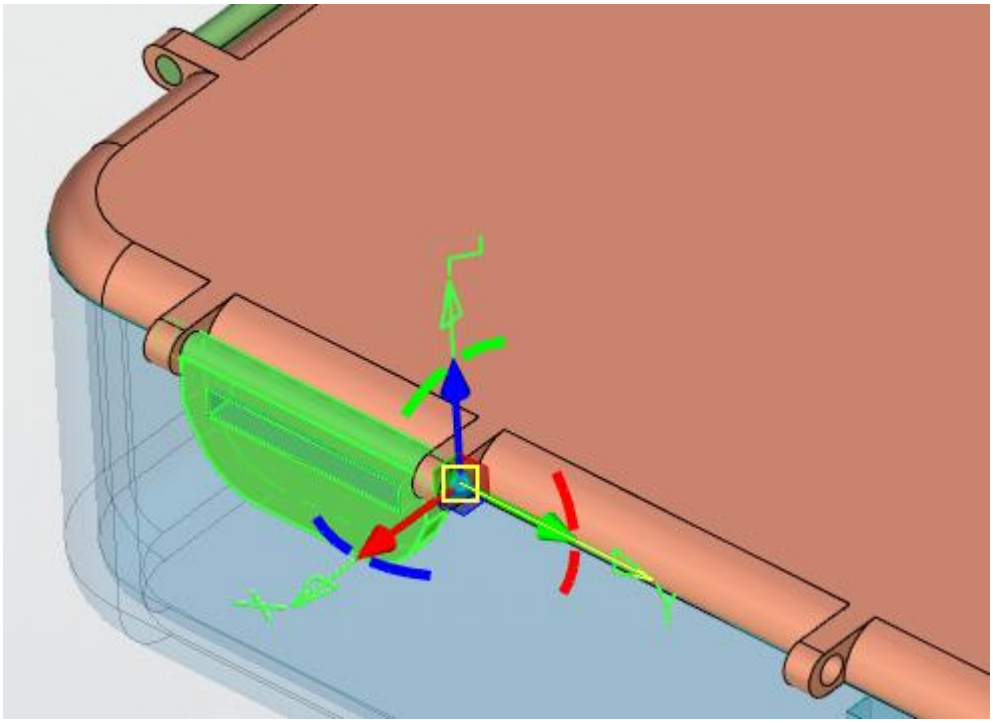
Рассмотрим оба случая.

Откроем файл «Сборка контейнера», откроем фрагмент «Крышка контейнера» в контексте сборки контейнера. Выключим выбор элементов сборки, сделав пиктограмму  неактивной. В этом случае привязка будет только к элементам крышки.

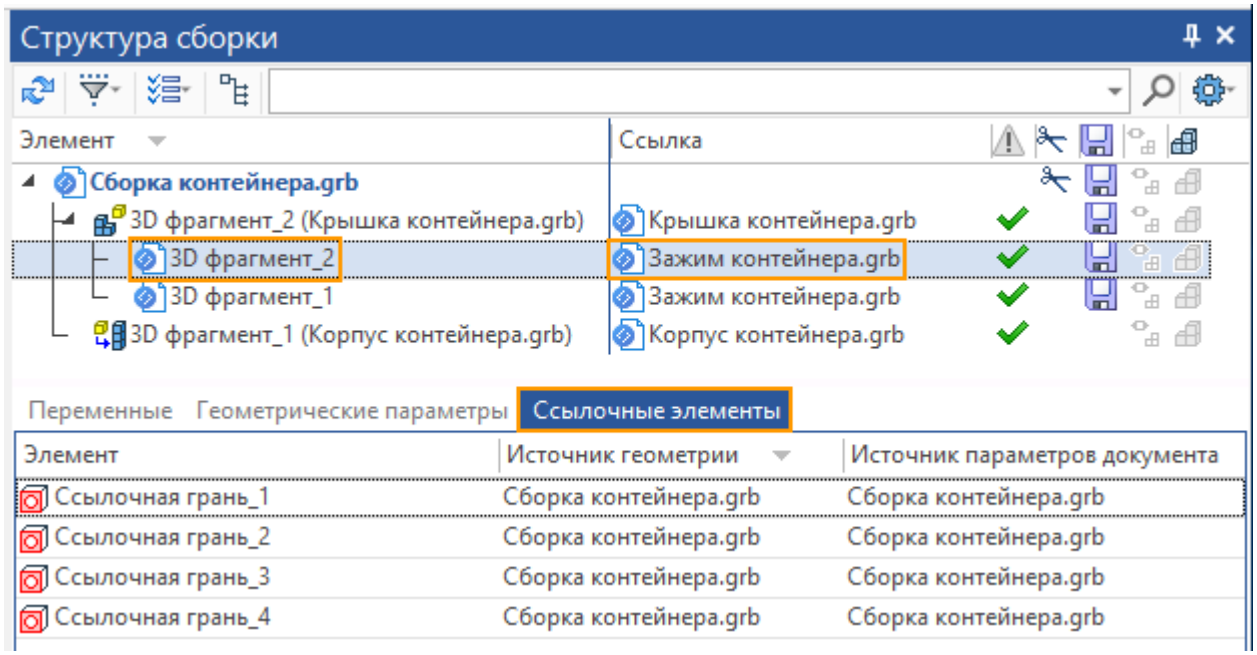
В окне «Структура сборки» вызовем контекстное меню для фрагмента «Зажим контейнера» и выберем команду **Вставить повторно**.



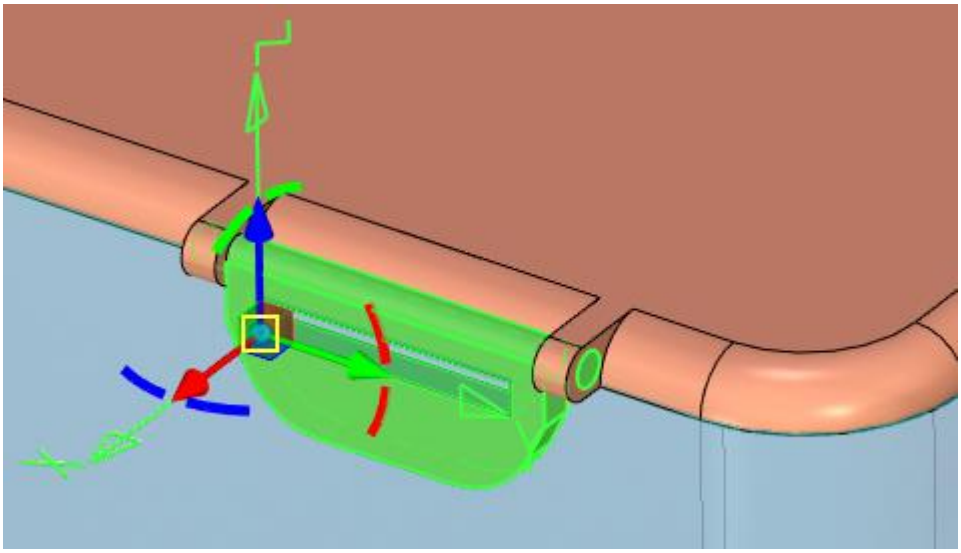
Далее по принципу вставки по ЛСК, как и для сборки «Снизу вверх», определяем положение фрагмента. Укажем исходную ЛСК на оси зажима и целевую ЛСК на оси лапки крышки. Поворотами вокруг осей определим верное положение зажима.



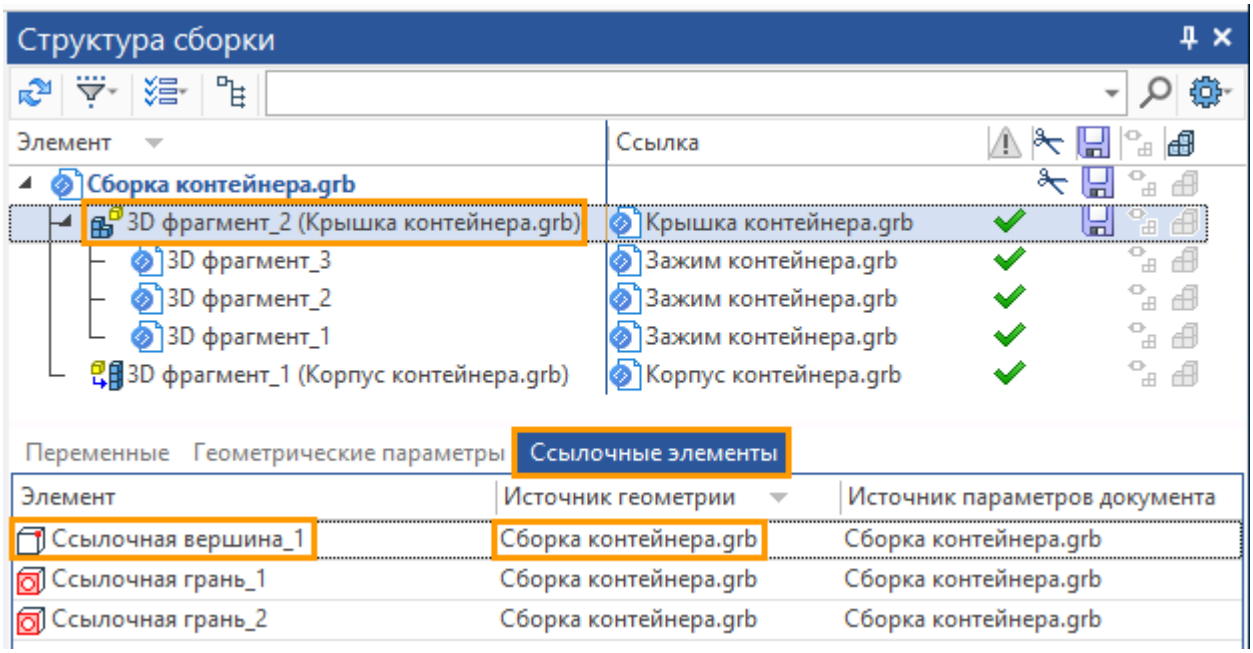
Выйдем из контекста сборки с сохранением . В окне «Структура сборки» появился второй фрагмент второго уровня. Он имеет ссылку на тот же исходный файл фрагмента «Зажим контейнера» и те же ссылочные элементы, т.к. ссылочные элементы принадлежат исходному файлу фрагмента.



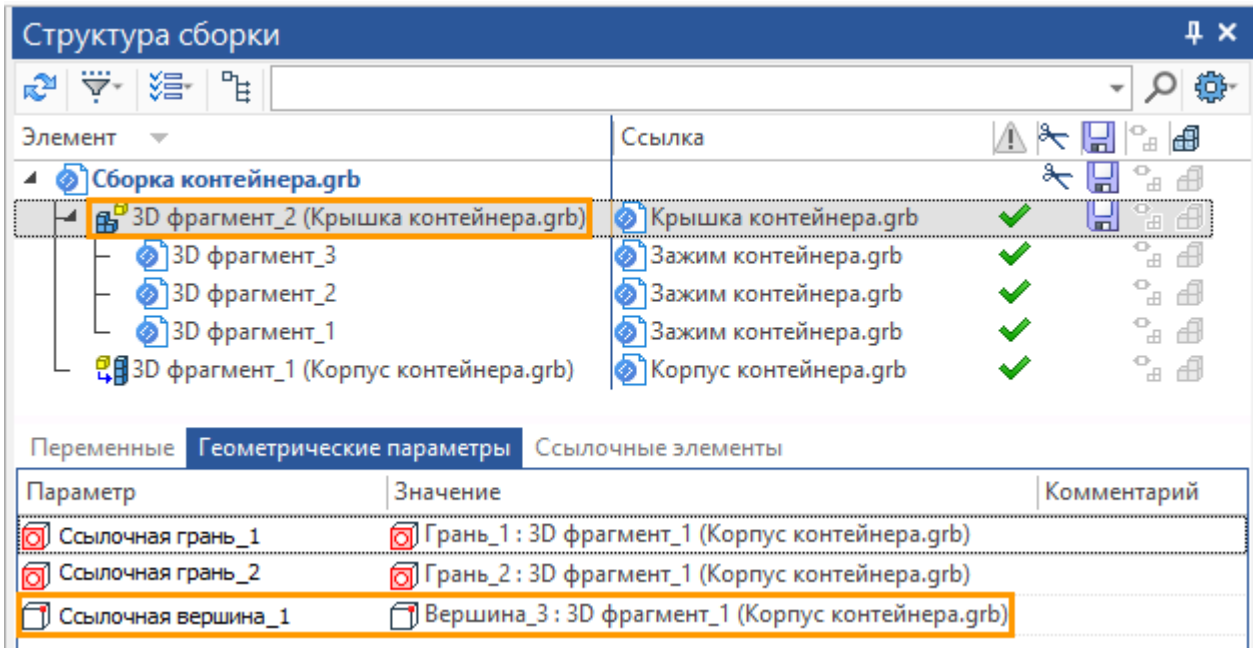
Вновь откроем фрагмент «Крышка контейнера» в контексте сборки. Теперь включим выбор элементов сборки, сделав пиктограмму  активной. В окне «Структура сборки», через контекстное меню фрагмента укажем повторную вставку. Выберем исходную ЛСК на вершине прямоугольного отверстия зажима, и целевую ЛСК на вершине ребра корпуса (т.е. на элементе сборки, в контексте которой мы работаем). Поворотами вокруг осей определим верное положение зажима.



В окне «Структура сборки» можно увидеть, что появился новый фрагмент зажима. Важно обратить внимание, что у фрагмента «Крышка контейнера» появился новый ссылочный элемент. Этот ссылочный элемент был создан автоматически, при выборе вершины для указания целевой ЛСК, при вставке фрагмента. Т.к. вершины ребра корпуса во фрагменте «Крышка контейнера» нет – то его нужно заимствовать из сборки, соответственно был создан ссылочный элемент.



Т.к. фрагмент «Крышка контейнера» является для сборки фрагментом первого уровня, то новый ссылочный элемент является также и геометрическим параметром фрагмента.

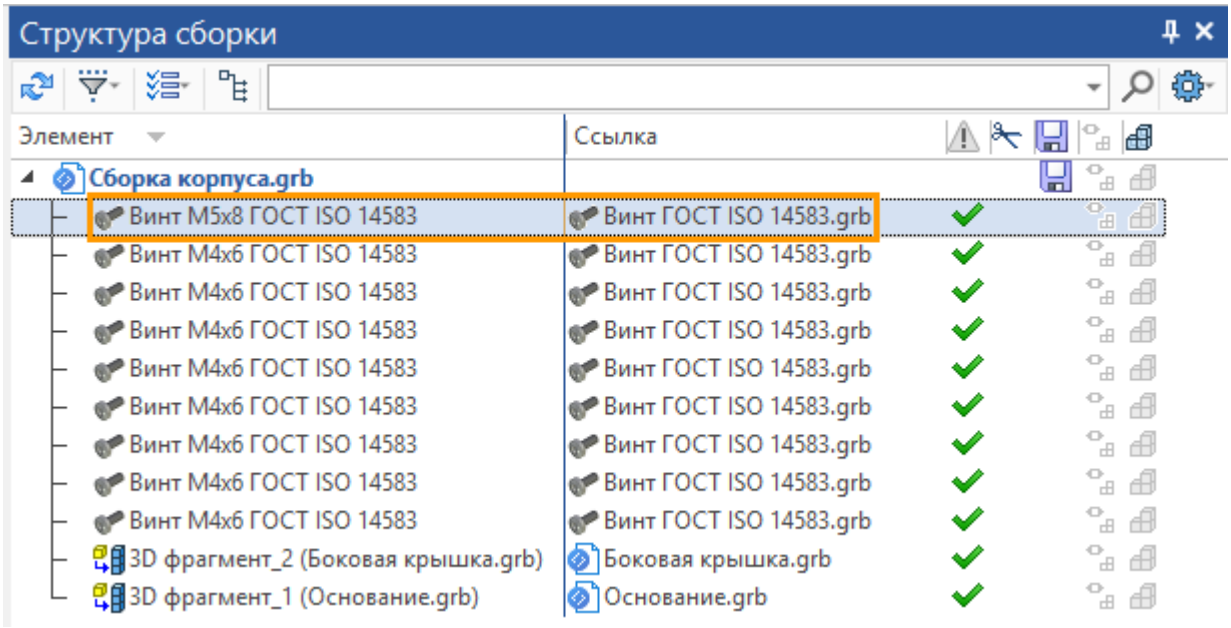


Дубликат детали

Команда создания дубликата детали **Деталь>Создать дубликат** доступна в контекстном меню каждого фрагмента. Дубликат делает как копию фрагмента в сборке, со всеми значениями его

параметров (внешних переменных и геометрических параметров), так и копию исходного файла на диске, также со всеми значениями параметров. Т.е. создаёт две одинаковые связи в сборке: «фрагмент в сборке → исходный файл фрагмента», сохраняя значения параметров как в сборке, так и в исходном файле.

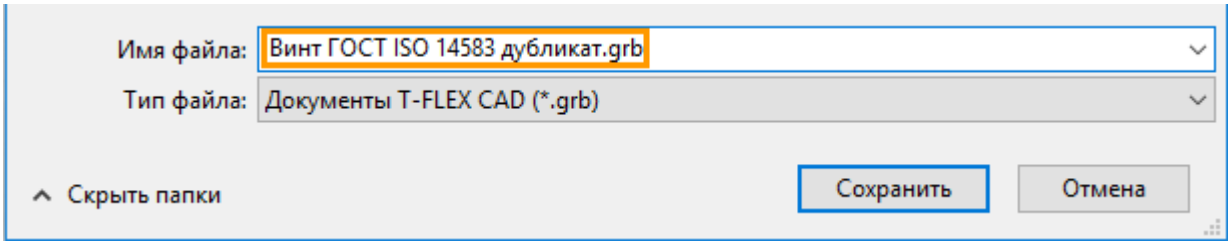
Рассмотрим пример. Пусть у нас есть сборка корпуса, где уже расставлены все винты М4х6. Каждый фрагмент имеет один и тот же исходный файл «Винт ГОСТ ISO 14583.grb». Кроме того, есть один винт М5х8, и у него тоже исходный файл - «Винт ГОСТ ISO 14583.grb».



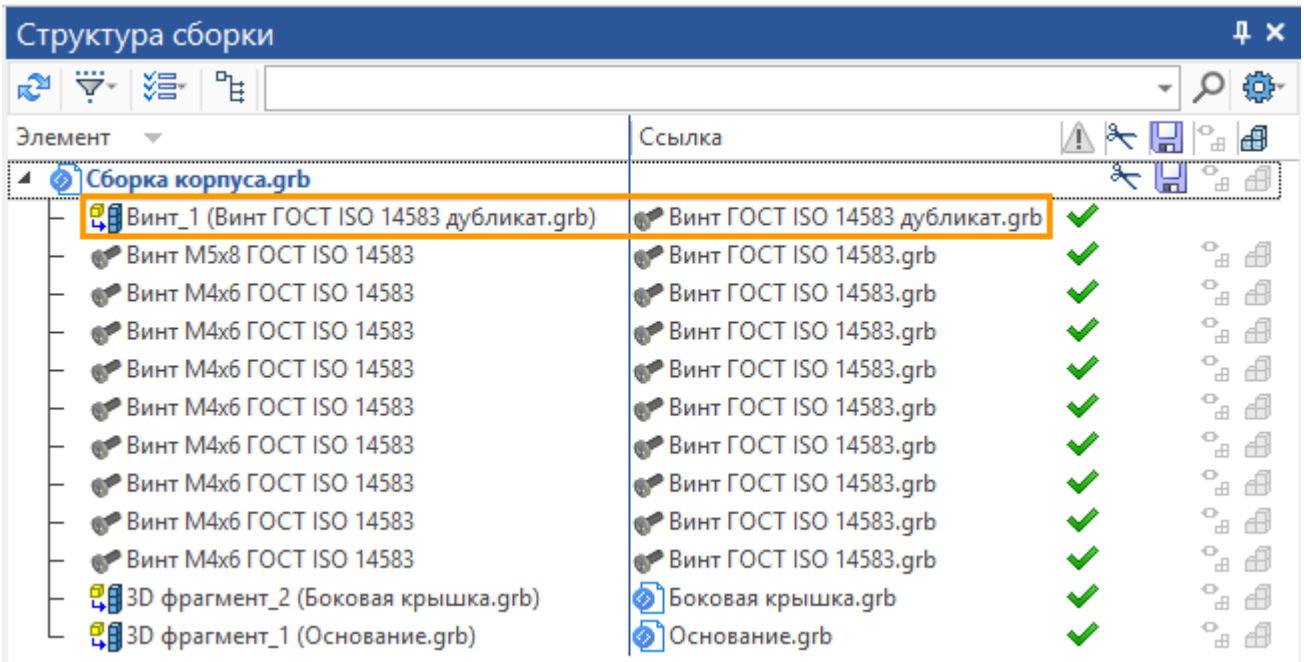
Файл «Винт ГОСТ ISO 14583.grb» имеет внешние переменные. Значения переменных в исходном файле, и у фрагментов винтов М4х6 и винта М5х8 – разные. Создадим дубликат связи «Фрагмент Винт М5х8 → Винт ГОСТ ISO 14583.grb». Для этого вызываем контекстное меню фрагмента винта М5х8 в окне «Структура сборки». Выбираем команду **Деталь>Создать дубликат**.



Появляется диалоговое окно, в котором нужно указать имя нового исходного файла и его расположение.



В результате был создан новый фрагмент, в точности повторяющий исходный, и новый исходный файл, также в точности повторяющий все параметры дубликата.



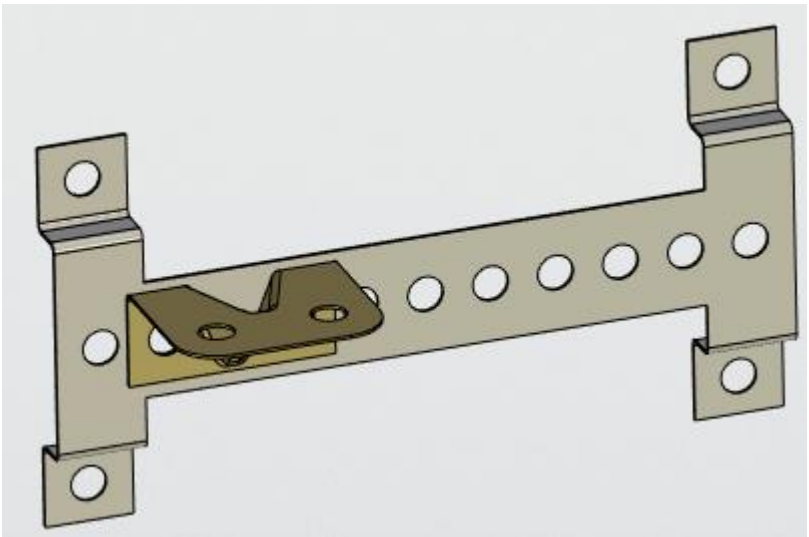
Расположение в сборке у нового фрагмента будет такое же, как у исходного, т.е. в нашем случае в одном отверстии будет два винта. Положение фрагмента, как и все его параметры, можно поменять.

Позиционирование, масштабирование и исполнение фрагментов в сборке (трансформации фрагмента)

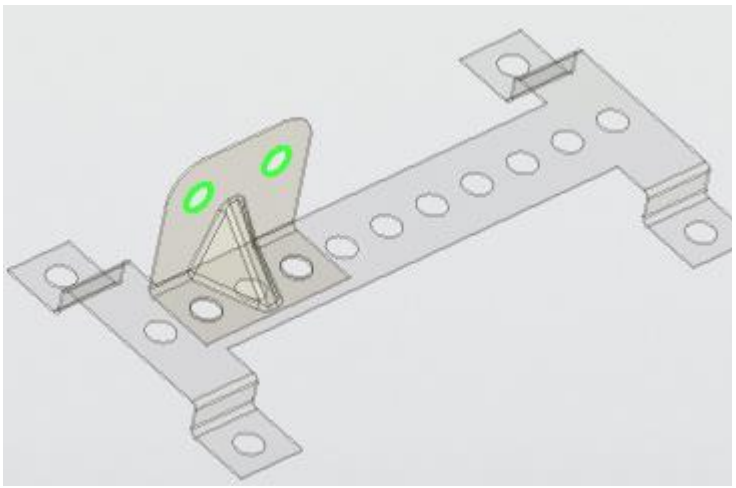
При проектировании «Сверху вниз» ссылочный элемент создаётся в контексте сборки на основе геометрии фрагментов, при этом заимствуется геометрия с учётом трансформаций фрагмента в сборке (т.е. с учётом его перемещений, поворотов, масштабирования и с учётом значений его параметров). Соответственно, каждому ссылочному элементу нужно «знать» не только геометрию-источник, но и «знать» трансформации геометрии-источника в сборке. Информация о трансформациях фрагмента, на основании геометрии которого был создан ссылочный элемент, находится в файле сборки, т.к. именно сборка определяет положение и исполнение всех фрагментов. Поэтому для каждого ссылочного элемента указывается не только исходный файл, где находится геометрия-источник, но и файл сборки, в контексте которой был создан ссылочный элемент. Для ссылочного элемента файл сборки является источником параметров документа.

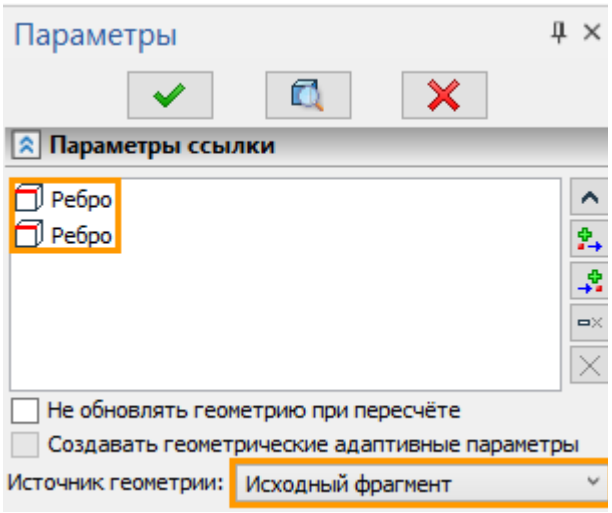
> Источником параметров документа всегда будет файл сборки, в контексте которой был создан ссылочный элемент.

Рассмотрим пример. У нас есть сборка крепежа. Допустим, пока мы точно не понимаем как именно должен располагаться кронштейн на опоре и не понимаем какой должен быть длины кронштейн. Поэтому длину кронштейна мы задали внешней переменной, а сам кронштейн в сборке расположили приблизительно.

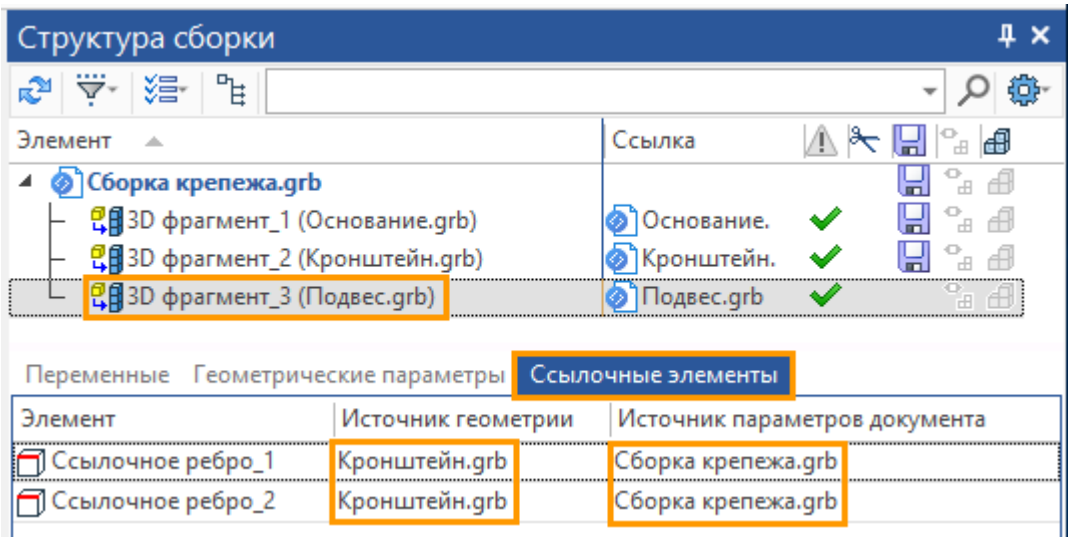


Нам нужно спроектировать подвес. Создадим два ссылочных элемента – рёбра отверстий кронштейна. Т.к. сборка у нас пока только приблизительная, то укажем файл, где будет содержаться геометрия-источник – фрагмент кронштейна. Для этого укажем **Источник геометрии: исходный фрагмент**.

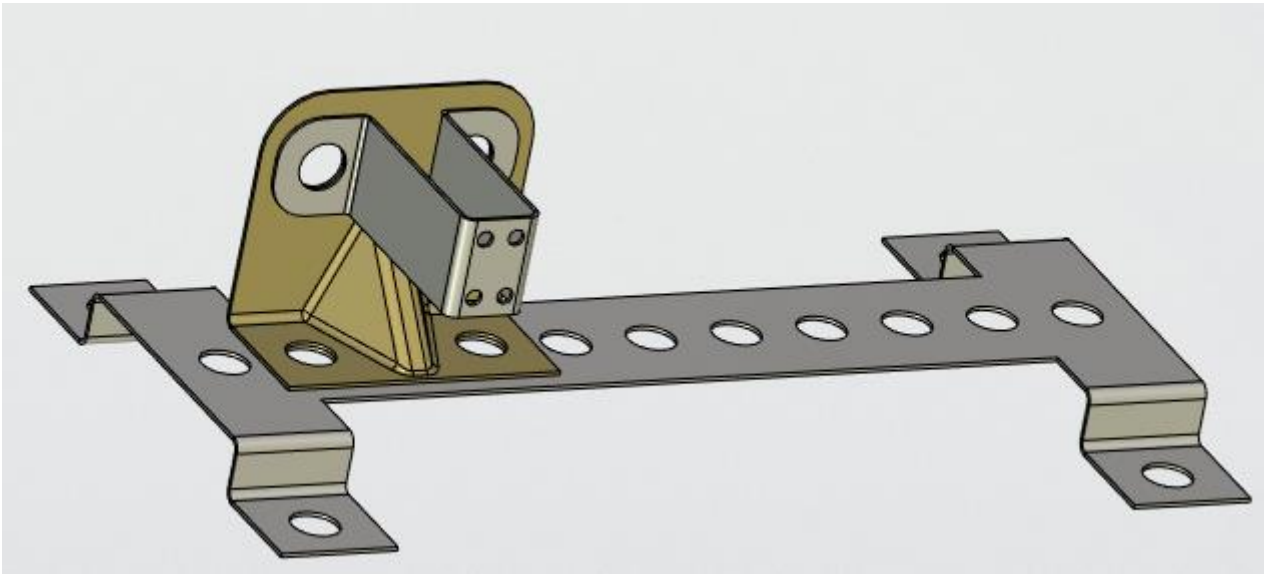




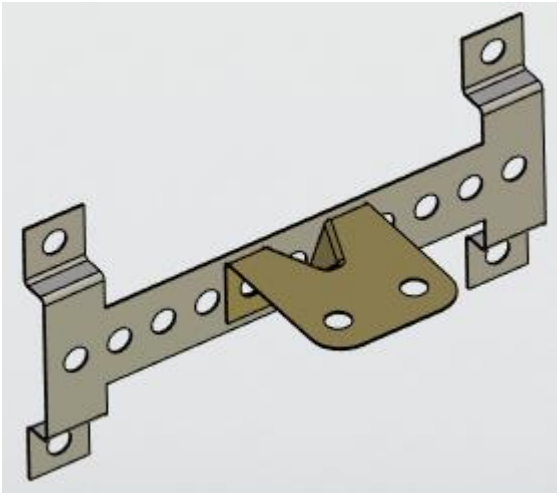
В результате у созданного фрагмента источник геометрии ссылочных элементов будет в файле «Кронштейн», а источник параметров (трансформаций) фрагмента – будет сборочный файл «Сборка крепежа».



Создадим геометрию подвеса.

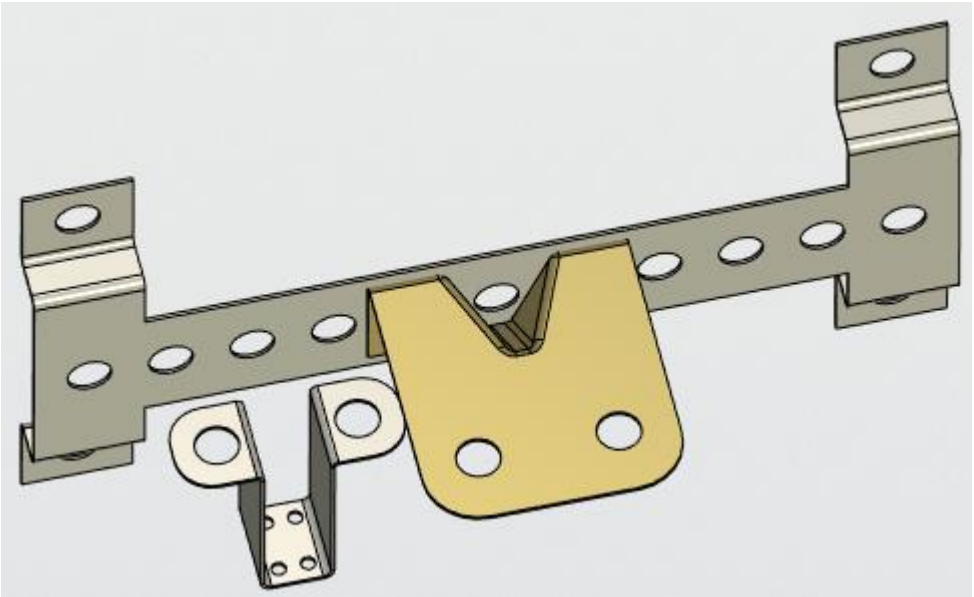


Предположим, наш вариант сборки оказался неверным. Длина кронштейна должна быть другая, и его расположение – тоже нужно изменить. Создадим новую сборку «Сборка крепежа исправленная».

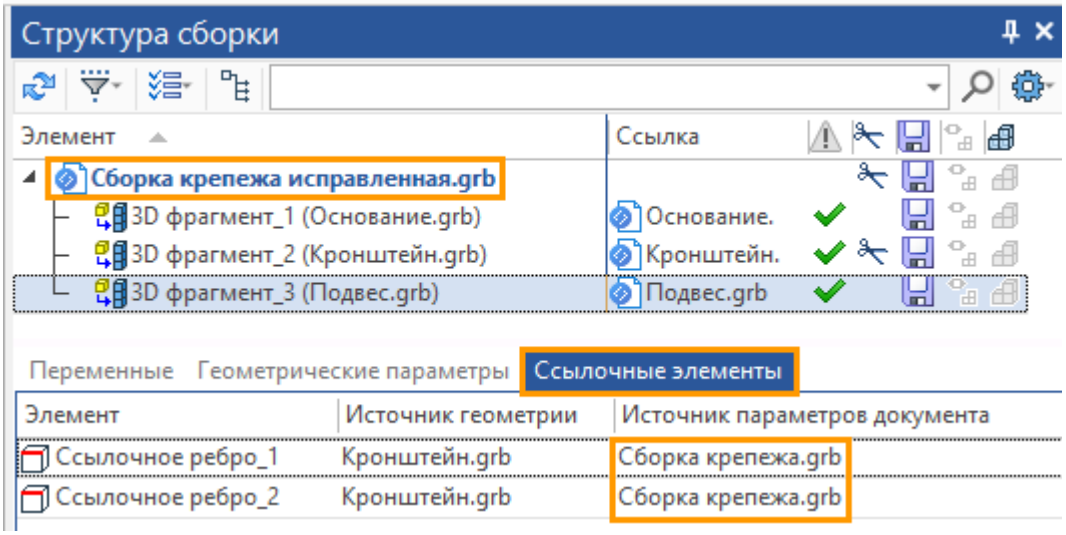


В новой сборке изменим положение кронштейна и изменим его длину, сменив значение внешней переменной, которая определяет длину кронштейна. Вставим фрагмент «Подвес».

Фрагмент будет расположен согласно расположению в старой сборке. Кроме того, т.к. фрагмент «Кронштейн» изменил свою геометрию только в сборке (согласно значению внешней переменой), а в исходном файле остался первоначальной длины, то подвес расположен не верно как вдоль опоры, так и вдоль кронштейна.



Пример показывает, что сама геометрическая ссылка сохранилась, но о трансформациях фрагмента «Кронштейн» в новой сборке, у фрагмента «Подвес» информации нет, т.к. источником параметров (трансформаций) фрагмента – остался старый сборочный файл «Сборка крепежа».



Данный пример лишь показывает важность информации, содержащейся в сборке. Нужно помнить, что использование временных сборок, или недоступность сборки при редактировании фрагментов, должны быть вызваны реальной производственной или проектной необходимостью. Во всех остальных случаях не рекомендуется применять временные сборки и удалять сборки. Т.к. сама концепция проектирования «Сверху вниз» подразумевает наличие сборки, определяющей все входящие в неё детали.

Варианты связи фрагментов со сборкой при проектировании «Сверху вниз»

При проектировании «Сверху вниз» фрагменты должны зависеть от сборки. В T-FLEX CAD, есть три механизма, при помощи которых можно осуществить такую связь:

- ✓ ссылочный элемент,
- ✓ геометрический параметр;
- ✓ внешние переменные.

Внешние переменные и геометрические параметры адаптивных фрагментов могут быть использованы и при проектировании «Снизу вверх», и не являются новой возможностью T-FLEX CAD. Использование внешних переменных и адаптивных фрагментов описано в соответствующих подразделах: «Правила задания параметрических связей» и «Адаптивные 3D фрагменты».

Ссылочный элемент – инструмент T-FLEX CAD, предназначенный специально для обеспечения связи от сборки к фрагментам (или напрямую между фрагментами). Ссылочный элемент фрагмента может быть помещён в геометрические параметры фрагмента – тогда такой фрагмент станет адаптивным.

Наличие ссылочного элемента в адаптивных параметрах даёт возможность при изменении геометрии в сборке, без обновления ссылочных элементов в файлах фрагментов, получить новое исполнение адаптивного фрагмента.

Рассмотрим возможные сочетания ссылочных элементов и геометрических параметров у фрагментов при проектировании «Сверху вниз».

- ✓ Фрагмент неадаптивный, без ссылочных элементов (частый случай, когда фрагмент вставлен в сборку по принципу «Снизу вверх» с использованием ЛСК).
- ✓ Фрагмент адаптивный, содержащий ссылочные элементы в геометрических параметрах (частый случай при работе с фрагментами первого уровня).
- ✓ Фрагмент адаптивный, содержащий геометрические параметры (устаревшие способы выгрузки детали)
- ✓ Фрагмент адаптивный содержащий ссылочные элементы как в геометрических параметрах, так и ссылочные элементы не в геометрических параметрах (частый случай при работе с фрагментами в контекстах разных сборок).
- ✓ Фрагмент неадаптивный, содержащий ссылочные элементы (частый случай при работе с фрагментами второго и более глубоких уровней).

В окнах «Структура сборки» и «3D модель» фрагменты, имеющие геометрические параметры, указываются при помощи специальной пиктограммы.

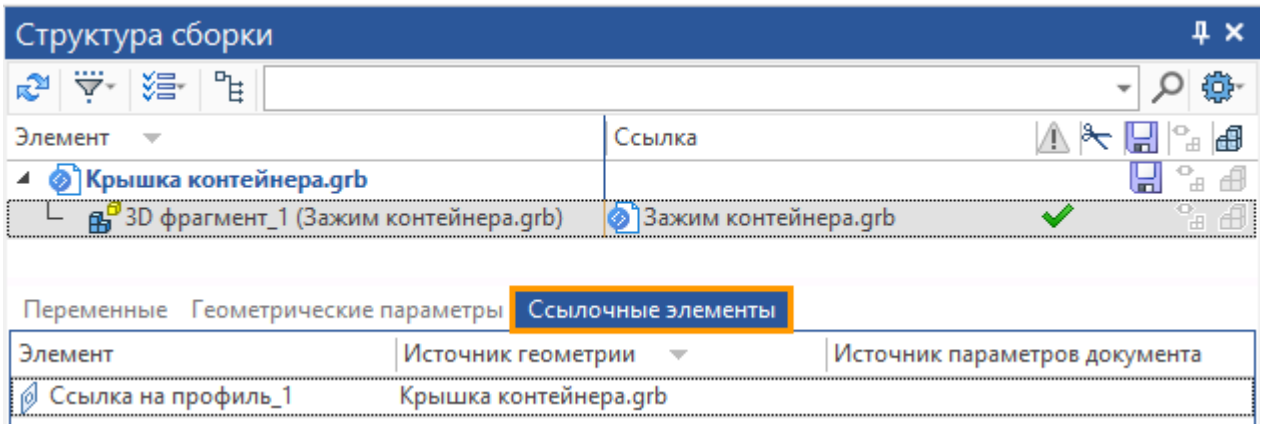
Наличие или отсутствие геометрических параметров фрагментов второго и более низких уровней в окне «Структура сборки» увидеть нельзя. Для этого нужно пользоваться окном «3D модель», или открыть фрагмент в контексте той подсборки для которой он является фрагментом первого уровня.

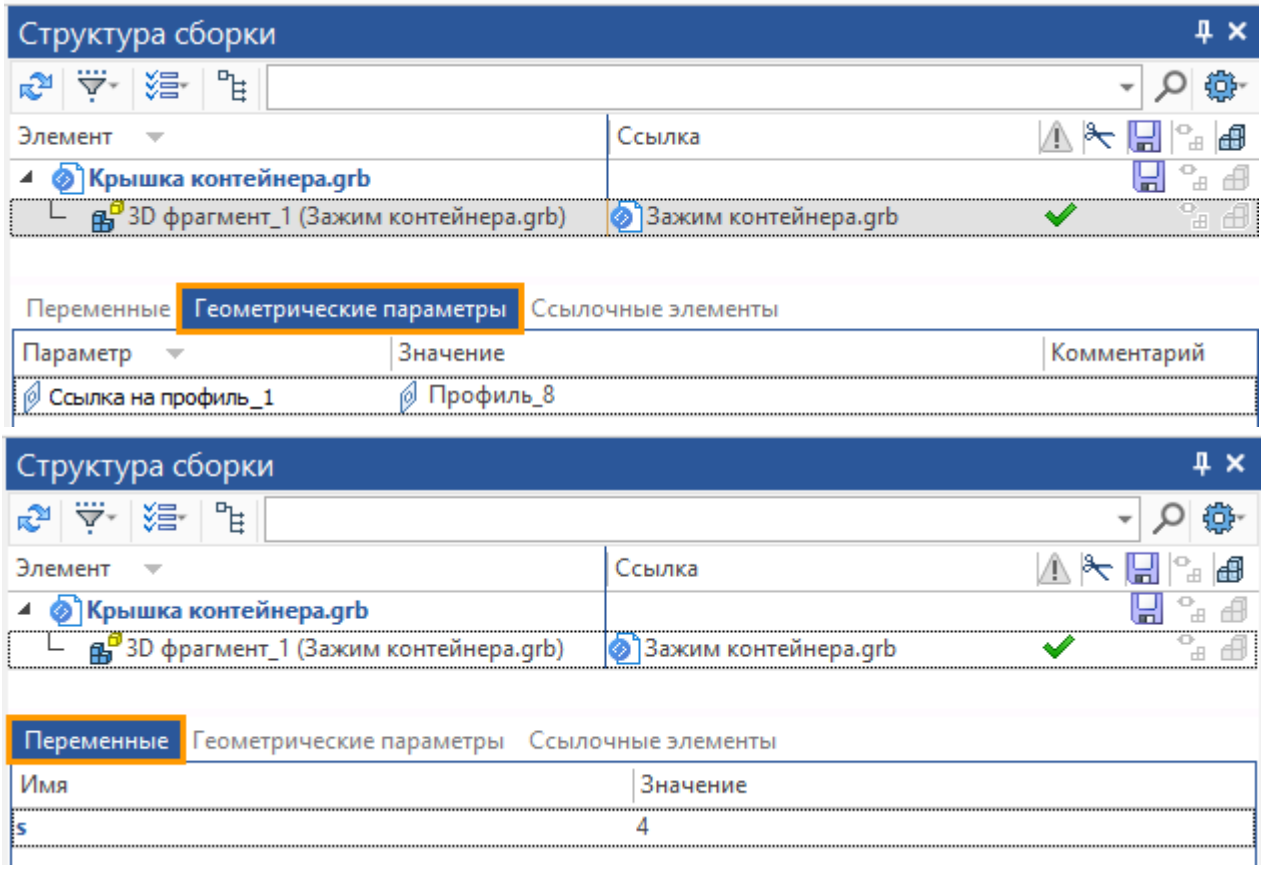
 Неадаптивный фрагмент или фрагмент содержащий только ссылочные элементы

 Адаптивный фрагмент содержащий геометрические параметры или ссылочные элементы в геометрических параметрах

 Фрагмент второго и более низкого уровня в окне «Структура сборки»

Внешние переменные фрагмента, его геометрические параметры и ссылочные элементы можно увидеть в окне «Структура сборки».





> Если фрагмент был создан не как адаптивный – его можно сделать адаптивным добавив геометрический параметр.
>
> Если фрагмент был создан без ссылочных элементов – их можно добавить, открыв фрагмент в контексте сборки и применив команду <3RE> **Ссылочный элемент**.
>
> Если фрагмент не имеет ссылочных элементов в геометрических параметрах – их можно создать, открыв фрагмент в контексте сборки в которой он является фрагментом первого уровня и применить команду <3RE> **Ссылочный элемент**.
>
> Любой фрагмент можно сделать неадаптивным – для этого нужно удалить все его геометрические параметры.

Иными словами, мы можем изменять варианты зависимости фрагмента от сборки.

> Ссылочные элементы – удалять нельзя, т.к. на их основе строятся тела фрагмента.

Можно поставить запрет обновления ссылочного элемента (либо при его создании, либо впоследствии через его контекстное меню в окне «3D модель»), в таком случае фрагмент будет себя вести как фрагмент без ссылочного элемента, т.к. дальнейшее заимствование геометрии-источника для ссылки будет запрещено.

Фрагмент неадаптивный без ссылочных элементов – это файл с элементами геометрии (или даже без них), который не имеет геометрических параметров.

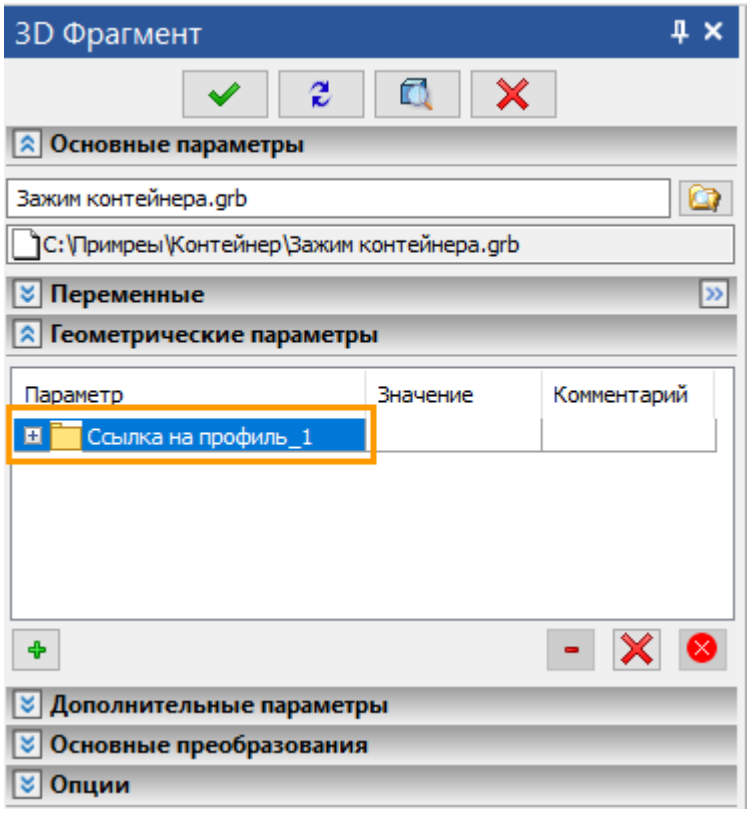
Создать неадаптивный фрагмент без ссылочных элементов можно следующими способами.

- ✓ При помощи команды <FM> **Создать 3D фрагмент** *не используя ссылочные элементы или другие геометрические параметры фрагмента*.
- ✓ При помощи команды **Деталь>Создать** с вариантом **Создать фрагмент**. При этом построение *не должно* зависеть от других построений в сборке.
- ✓ Обычной командой при проектировании по принципу «Снизу вверх» <3F> **3D Фрагмент.**

Неадаптивные фрагменты без ссылочных элементов имеет смысл создавать если деталь точно не будет изменяться. В случае, когда создаваемый фрагмент является основным в сборке. Т.е. когда от фрагмента зависят все остальные фрагменты, а сам фрагмент не зависит от изменения других фрагментов. В случае, когда изменения в сборке идут по схеме «Снизу вверх».

Фрагмент адаптивный, содержащий ссылочные элементы в геометрических параметрах. Такой фрагмент можно создать, если ссылочный элемент автоматически попадёт в геометрические параметры – подробная информация дана в подразделе «Ссылочный элемент в геометрических параметрах».

Геометрические параметры любого адаптивного фрагмента можно увидеть в окне свойств команды **3D фрагмент**. Чтобы вызвать данную команду для уже созданного фрагмента, можно в контекстном меню фрагмента выбрать **Изменить**.



Фрагмент адаптивный, содержащий геометрические параметры. Данный тип фрагмента обеспечивает связь только между сборкой и фрагментом первого уровня.

При проектировании «Сверху вниз» основным связующим элементом сборки является ссылочный элемент. При этом можно использовать и другие инструменты для связи фрагмента со сборкой: переменные и геометрические параметры. Как уже говорилось выше, ссылочный элемент может быть геометрическим параметром, но в данном случае рассматривается фрагмент, который вообще не содержит ссылочных элементов, а содержит только геометрические параметры. Случай, когда при проектировании «Сверху вниз» у фрагмента нет ссылочных элементов, но есть геометрические параметры может возникнуть если:

- ✓ пользователь использует два последних варианта команды **Деталь>Выгрузить**;
- ✓ пользователь использует команду <FM> **Создать 3D фрагмент**, но не создаёт ссылочные элементы, а при помощи команды <3U> **Адаптивный фрагмент**, создаёт для фрагмента геометрические параметры;
- ✓ пользователь использует принцип проектирования «Снизу вверх» и вставляет фрагмент (<3F> **3D Фрагмент**) который создан как адаптивный (<3U> **Адаптивный фрагмент**).

Фрагмент адаптивный содержащий ссылочные элементы как в геометрических параметрах, так и ссылочные элементы не в геометрических параметрах. Фрагменты, у которых часть ссылочных элементов попали в геометрические параметры, а часть нет – возможный случай. Такие фрагменты можно создать следующим образом.

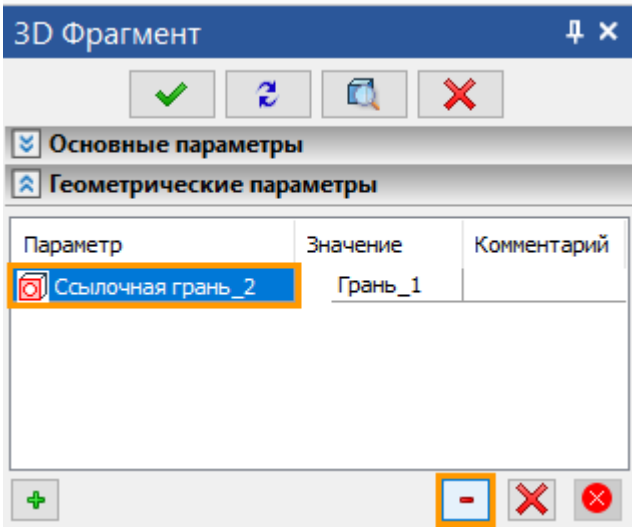
- ✓ Если создать для фрагмента ссылочные элементы в контексте разных сборок, в одной из которых фрагмент, является фрагментом первого уровня.
- ✓ Если при редактировании фрагмента в контексте сборки, для которой фрагмент является фрагментом первого уровня, для части ссылочных элементов указать геометрию-источник в сборке, а для части во фрагментах.
- ✓ Если для фрагмента, полученного при помощи команды **Деталь>Создать** с вариантом **Создать адаптивный фрагмент**, (считаем, что при выполнении данной команды были созданы ссылочные элементы в геометрических параметрах) создать ссылочный элемент в контексте другой сборки.

Нужно помнить, что адаптивные фрагменты изменяют свою геометрию согласно значению геометрических параметров в сборке, поэтому исполнение геометрии в файле фрагмента и исполнение фрагмента в сборке – могут отличаться. Чтобы фрагмент, у которого есть ссылочный элемент не в геометрических параметрах изменил свою геометрию в сборке – нужно обновить ссылочный элемент в файле фрагмента. Соответственно те ссылочные элементы, которые находятся в геометрических параметрах фрагмента изменят геометрию фрагмента без обновления ссылок в файле фрагмента, а те, которые не находятся в геометрических параметрах – изменят геометрию фрагмента только после обновления.

> Если фрагмент содержит часть ссылок в геометрических параметрах, а часть – вне геометрических параметров, то нужно понимать, что параллельно задействовано два разных способа связи фрагмента со сборкой и при изменении геометрии-источника ссылочных элементов нужно внимательно отнестись к порядку вносимых изменений и порядку обновления ссылочных элементов.

Если с обновлением геометрии фрагмента возникают проблемы, то можно удалить ссылочный элемент из геометрических параметров.

Для того, чтобы удалить ссылочный элемент из геометрических параметров, нужно вызвать контекстное меню фрагмента (через окно «3D модель» или окно «Структура сборки») и выбрать **Изменить**. В окне свойств фрагмента нужно развернуть вкладку «Геометрические параметры» и нажатием пиктограммы удалить геометрический параметр.



Фрагмент неадаптивный, содержащий ссылочные элементы. Данный вариант фрагмента один из самых распространённых. Такой фрагмент можно получить в следующих случаях:

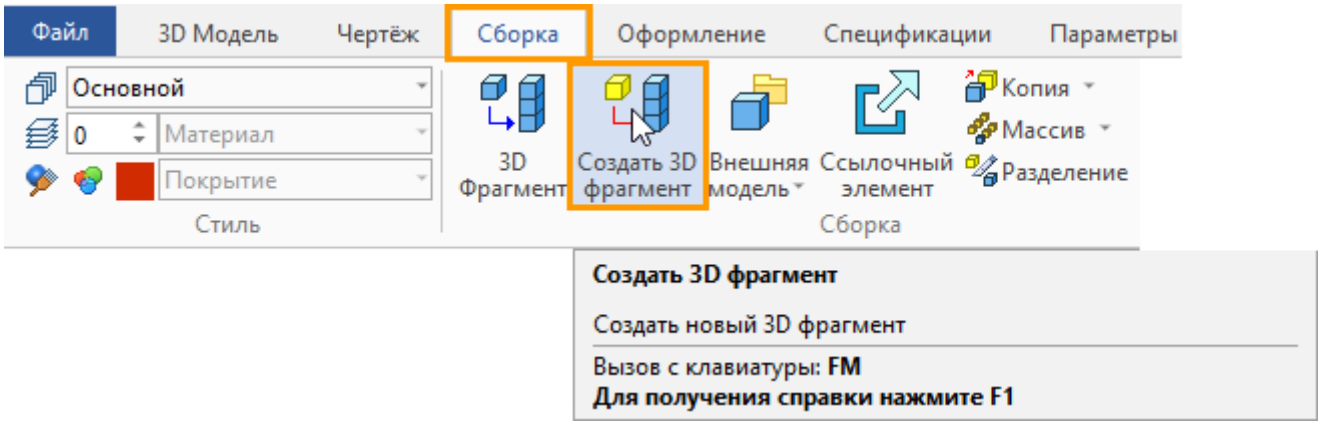
- ✓ пользователь создаёт фрагмент в контексте сборки для которой фрагмент является фрагментом второго уровня или ниже;
- ✓ пользователь указывает геометрию-источник не в сборке, а во фрагментах;
- ✓ пользователь отменяет опцию **Создавать геометрические адаптивные параметры** при создании ссылочного элемента;
- ✓ пользователь выбрал вариант **Создать фрагмент** в команде **Деталь>Создать**;
- ✓ пользователь удалил ссылочные элементы из геометрических параметров фрагмента.

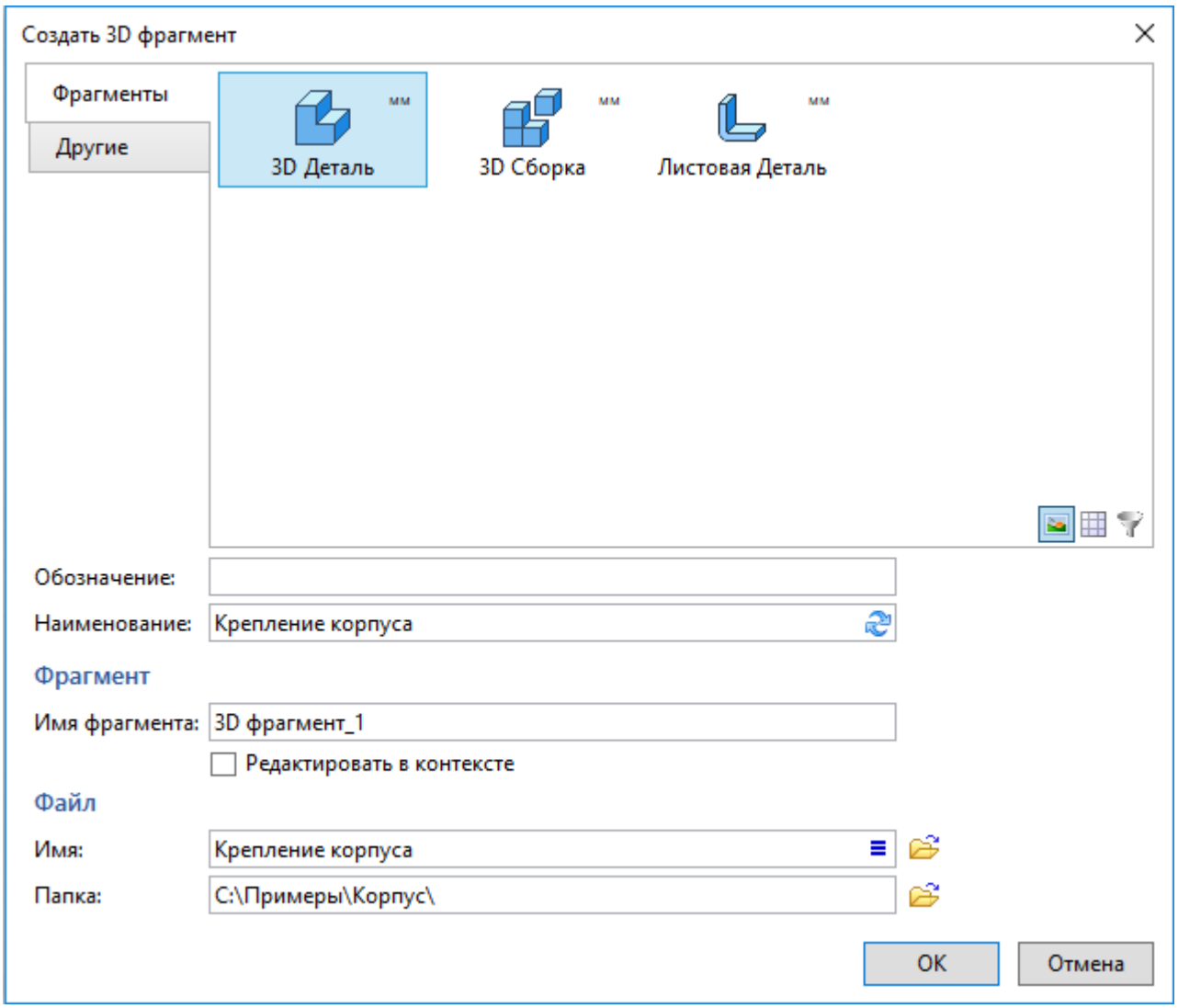
Диалоги создания фрагмента, детали и выгрузки геометрии

Диалог создания фрагмента

Диалог создания фрагмента появляется при вызове команды **Создать 3D фрагмент**.

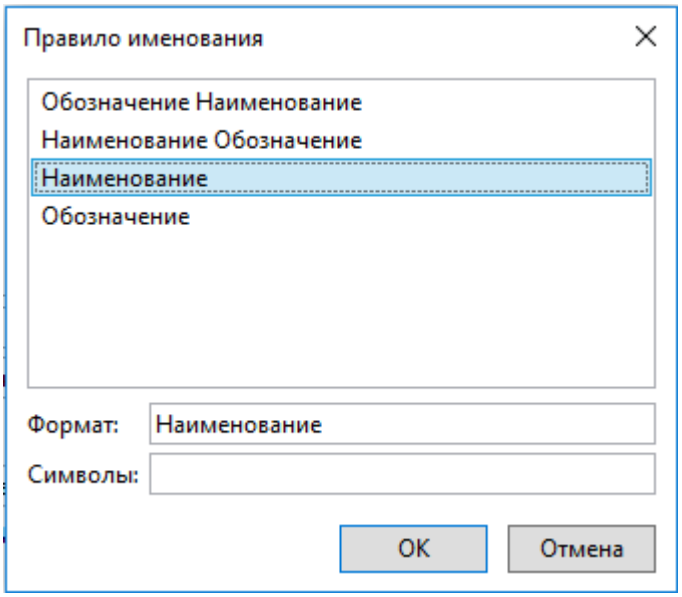
Пиктограмма	Лента
	Сборка → Сборка → Создать 3D фрагмент
Клавиатура	Текстовое меню
<FM>	Файл > Фрагмент > Создать 3D фрагмент





Прототип фрагмента: «3D Деталь», «3D Сборка» или «Листовая деталь» – влияют на его свойства в структуре изделия и на доступные по умолчанию команды в ленте. В структуре изделия тип фрагмента можно поменять, а команды в ленте переключить, т.е. выбор прототипа не так важен, но для сокращения времени, конечно, будет лучше сразу выбрать нужный прототип.

Обозначение и **Наименование** автоматически создают имя файла на диске. Принцип создания имени файла – можно настроить. Для этого нажимаем пиктограмму ≡ в поле «Имя» и появляется специальный диалог «Правило наименования». При помощи пиктограммы можно обновить имя файла по выбранному правилу наименования.



По умолчанию файл сохраняется в папку, где находится сборка.

Имя фрагмента. Определяет первую часть имени фрагмента в сборке при отображении фрагмента в окнах «3D модель» и «Структура сборки». Имя фрагмента и имя файла создают полное наименование фрагмента в сборке.

Редактирование в контексте сборки. Установка данного флага совмещает 3D сцену редактируемого фрагмента с 3D сценой сборки в которой файл был вызван на редактирование. В режиме контекста сборки доступен выбор элементов сборки для редактирования фрагмента.

Диалог создания детали

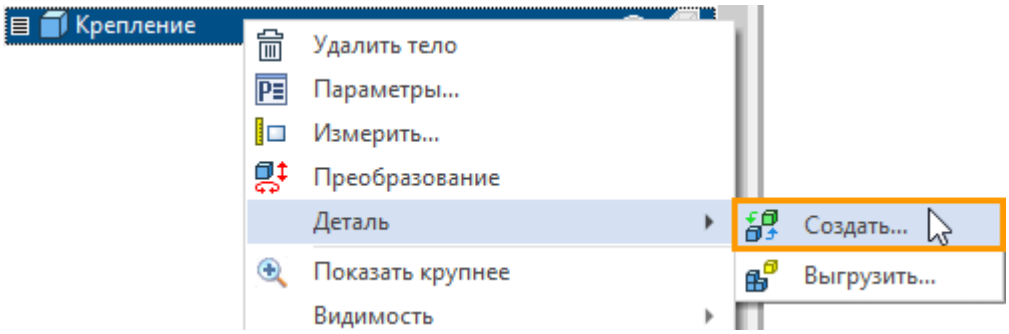
Диалог создания детали можно вызвать для любого тела (нескольких тел) или фрагмента через контекстное меню.

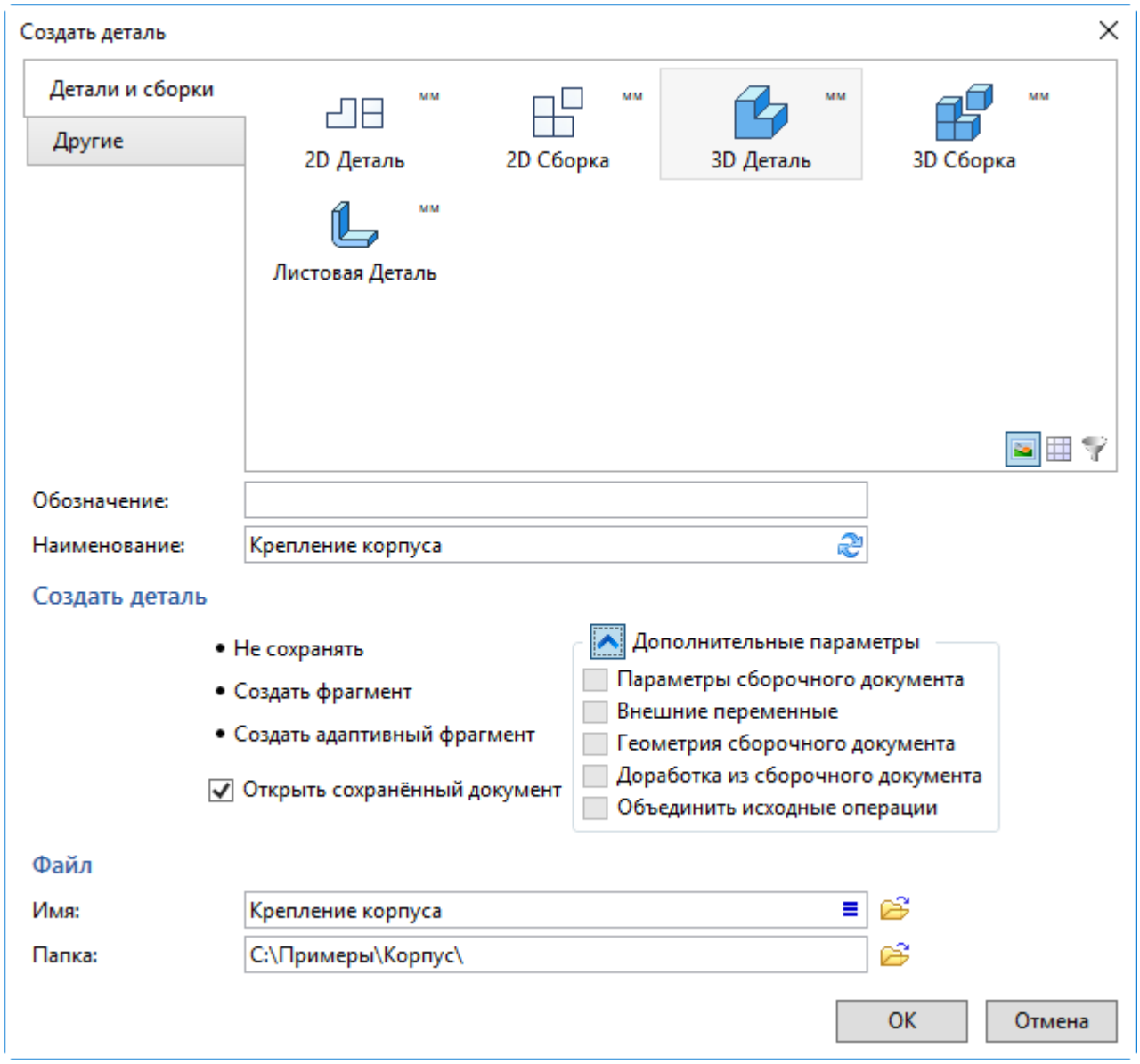
Пиктограмма	Контекстное меню
	Деталь > Создать
Клавиатура	Лента и Текстовое меню
	Не предусмотрено

Команда позволяет создавать фрагмент на основе тела (или нескольких тел) в сборке, и сборочные единицы на основе фрагментов. Команда также позволяет открыть тело или фрагмент в отдельном документе.

- ✓ Можно выбрать тело и поместить его во фрагмент.
- ✓ Можно выбрать несколько тел и поместить их во фрагмент. Во фрагмент перейдут выбранные тела.

- ✓ Можно выбрать несколько тел и один фрагмент и поместить их во фрагмент. Во фрагмент перейдут выбранные тела и выбранный фрагмент.
- ✓ Если нужно поместить в отдельный фрагмент несколько фрагментов в сборке, т.е. создать сборочную единицу, то такое действие можно выполнять через окно «Структура сборки», или через контекстное меню, но команда будет уже называться **Создание сборочной единицы** (подробнее см. подраздел «Создание сборочной единицы»), при этом сама команда создания сборочной единицы будет осуществляться через диалог создания детали.





Прототип. Выбор прототипа влияет на свойства детали в структуре изделия и на доступные по умолчанию команды в ленте.

Обозначение и наименование. Аналогичны диалогу создания фрагмента.

Не сохранять. Такой вариант позволяет открыть тело или фрагмент в отдельном документе. При необходимости, просмотренный документ можно сохранить командой <Ctrl+S> **Сохранить**.

Создать фрагмент. Тело, к которому мы применили команду **Создать фрагмент** заменяется на фрагмент, с отдельным исходным файлом. Всё дерево модели тела переходит в файл фрагмента. При необходимости будут созданы ссылочные и (или) поднятые элементы (подробнее см. раздел «Ссылочный элемент»).

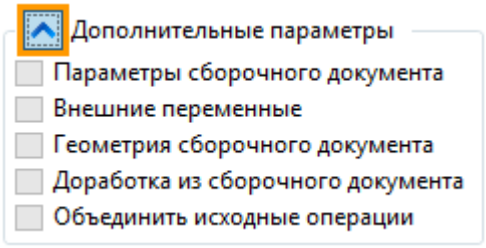
Создать адаптивный фрагмент. Тело, к которому мы применили команду **Создать адаптивный фрагмент** заменяется на фрагмент, с отдельным исходным файлом. Всё дерево модели тела переходит в файл фрагмента. В случае, если при выполнении команды будут созданы ссылочные элементы – то они попадут в геометрические параметры фрагмента.

> Если при создании адаптивного фрагмента (вариант **Создать адаптивный фрагмент**) на основе тела (или тел), тело может быть полностью перенесено из исходного файла в файл создаваемого фрагмента, то ссылочные элементы созданы не будут. Соответственно не будет создано геометрических параметров фрагмента, и фрагмент будет неадаптивным.

Любой фрагмент, созданный при помощи команды **Деталь>Создать** (как по варианту **Создать фрагмент**, так и по варианту **Создать адаптивный фрагмент**) можно впоследствии редактировать в контексте сборки и создать для него ссылочные элементы при помощи команды <3RE> **Ссылочный элемент.**

Открывать сохранённый документ. Если флаг указан, то после выбора варианта **Создать фрагмент** или варианта **Создать адаптивный фрагмент** созданный фрагмент будет открыт в T-FLEX CAD.

В раскрывающемся списке доступны дополнительные опции создания фрагментов.



Параметры сборочного документа. Когда опция включена, в деталь (создаваемый фрагмент) передаются все настройки из сборочного документа (документа, из которого тело помещается во фрагмент), которые установлены в команде **ST: Параметры документа**.

Внешние переменные. При включённой опции в деталь (создаваемый фрагмент) передаются все переменные из сборочного файла.

Геометрия сборочного документа. Опция используется для фрагментов, созданных в контексте сборки, или адаптивных фрагментов. Позволяет выгрузить изменения в геометрии, на основе которой был создан фрагмент в контексте сборки или адаптивный фрагмент. Например, в сборку был добавлен адаптивный фрагмент. Если после добавления адаптивного фрагмента геометрия связанных с ним элементов изменилась, то эти изменения можно передать в файл детали. Если флаг будет снят, то деталь будет создана на основе геометрии, существовавшей во время вставки адаптивного фрагмента.

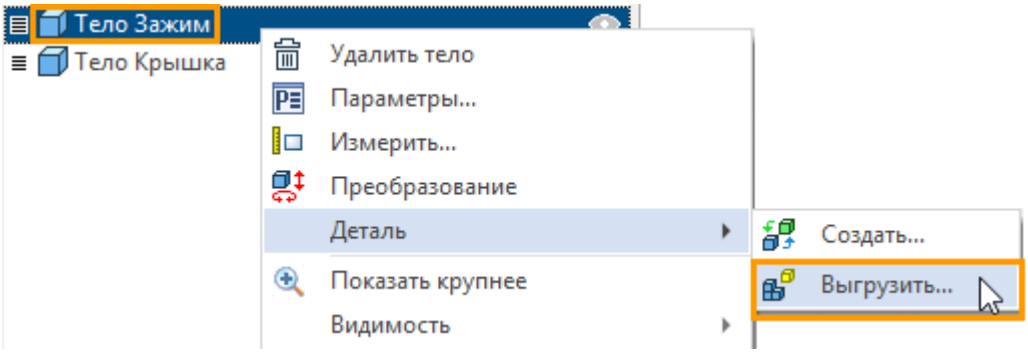
Доработка из сборочного документа. Позволяет сразу перенести в деталь доработки фрагмента или тела из сборки. Например, в сборку был добавлен фрагмент, и в нём было сделано отверстие. Для этого отверстия была активирована опция доработка. Эту доработку можно перенести в файл детали вместе с фрагментом.

Объединять исходные операции. Если фрагмент содержит несколько тел, то их можно объединить в одно тело из сборки. Например, если тела фрагмента дорабатывались в сборке таким образом, что элементы разных тел были использованы в одной команде, то такую доработку нельзя перенести во фрагмент без объединения тел.

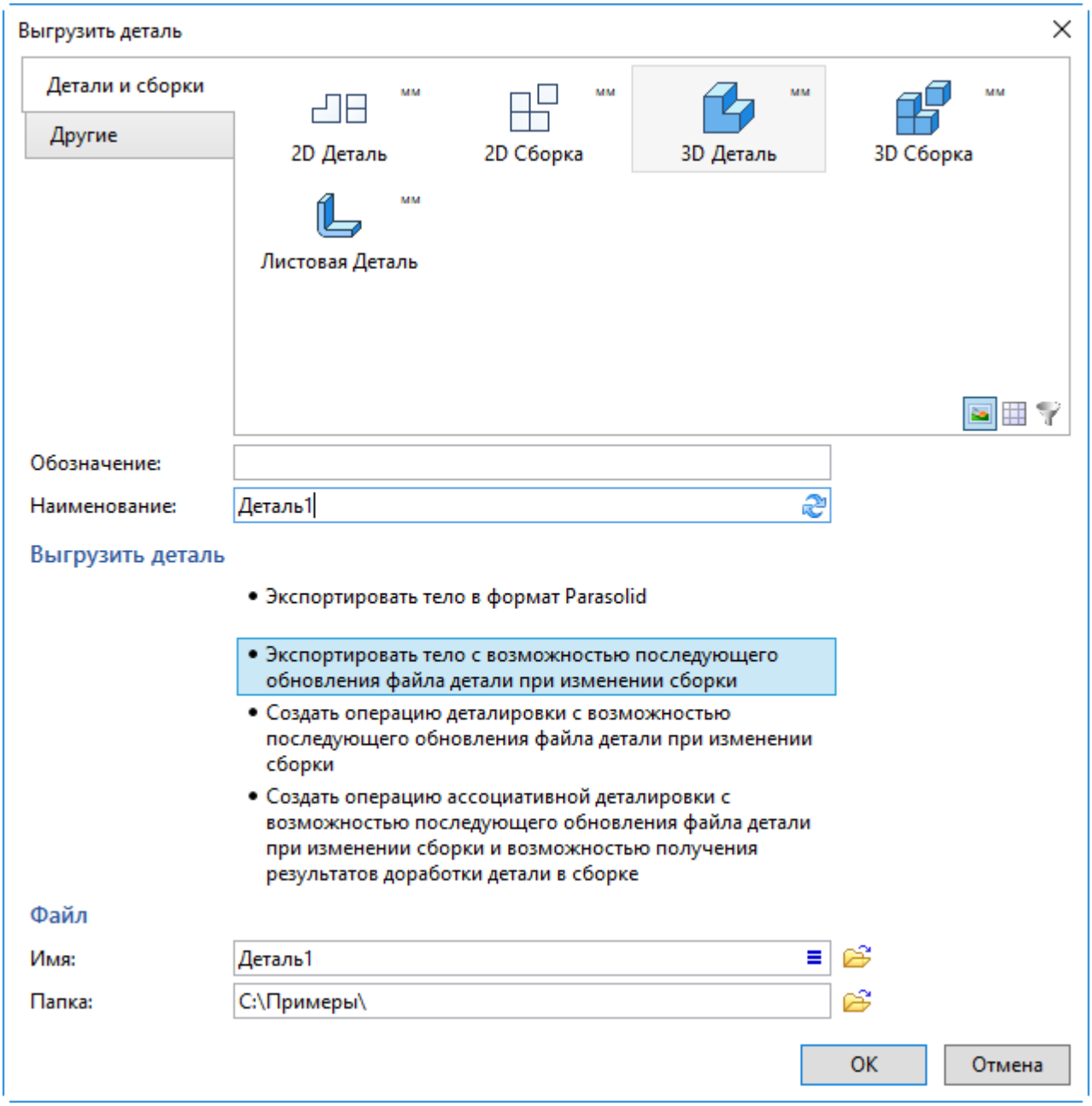
Диалог выгрузки

Диалог команды выгрузки детали можно вызвать для любого одного тела или одного фрагмента через контекстное меню.

Пиктограмма	Контекстное меню
	Деталь > Выгрузить
Клавиатура	Лента и Текстовое меню
	Не предусмотрено



В диалоге доступно 4 варианта выгрузки.



Первый и второй варианты выгрузки рассмотрены в подразделе «Сохранить геометрию из сборки в отдельном файле».

Третий и четвёртый варианты выгрузки рассмотрены в подразделе «Выгрузить геометрию с возможностью последующего обновления».

Обозначение и наименование. Аналогичны диалогу создания фрагмента.

Ссылочный элемент

Ссылочный элемент во фрагменте будет элементом, дерево построений которого недоступно. Дерево построений геометрии-источника ссылочного элемента находится в файле другого фрагмента. Такой файл будет называться – файл источник геометрии. Ссылочные элементы позволяют заимствовать трёхмерную геометрию объектов для выполнения последующих операций в редактируемом фрагменте сборки. Заимствованы могут быть как основные элементы модели (3D узлы, системы координат, рабочие плоскости, 3D профили, 3D пути, тела различных типов), так и топологические элементы (рёбра, грани, вершины).

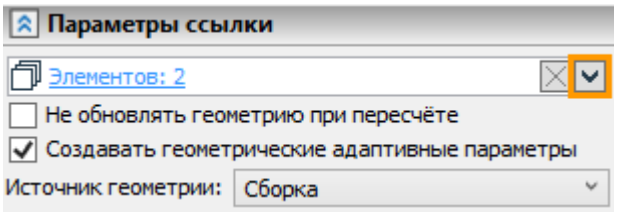
Как уже говорилось выше – ссылочный элемент нужно создавать только в контексте сборки (за исключением случая, когда мы хотим создать внутреннюю ссылку для устранения рекурсии).

Пиктограмма	Лента
	Сборка → Сборка → Ссылочный элемент
Клавиатура	Текстовое меню
<3RE>	

Команда позволяет создать связь сверху вниз, между сборкой и фрагментом, или между фрагментами, посредством геометрии, заимствованной фрагментом из сборки, или одним фрагментом у другого фрагмента.

Создание ссылочного элемента

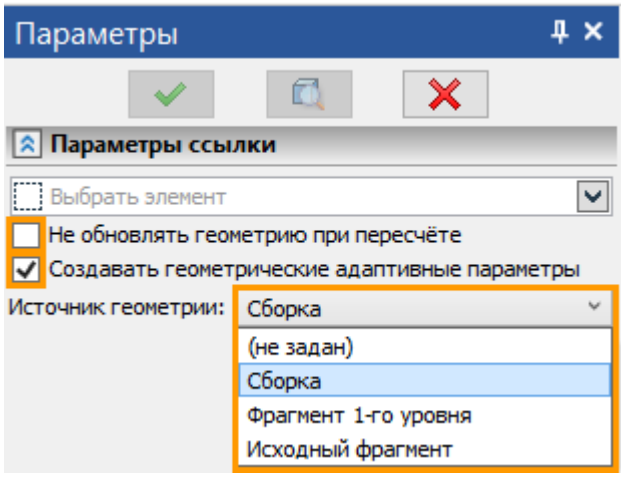
Для создания ссылочного элемента необходимо вызвать редактирование фрагмента в контексте сборки (см. подраздел «Работа в контексте сборки»). Вызвать команду <3RE> **Ссылочный элемент**. Выбрать любой доступный элемент сборки или группу элементов. В окне свойств команды можно увидеть перечень элементов. Чтобы развернуть список ссылочных элементов, нужно нажать пиктограмму рядом с полем указывающем количество ссылочных элементов.



В закладке «Параметры ссылки» при помощи пиктограмм  и  можно добавить ссылочный элемент после или перед текущим соответственно. При помощи пиктограммы  можно удалить выбранный ссылочный элемент, при помощи пиктограммы  удалить все выбранный элементы.

При создании ссылочного элемента нужно указать:

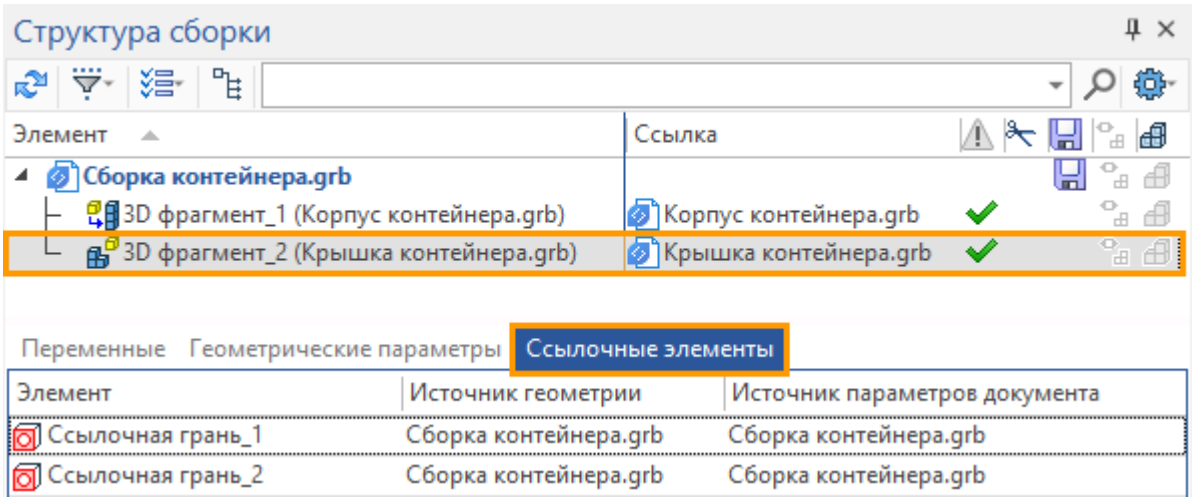
- ✓ обновлять или не обновлять геометрию при пересчёте (подробнее см. подраздел «Обновление ссылочного элемента»);
- ✓ создавать или не создавать геометрические адаптивные параметры (подробнее см. подраздел «Ссылочный элемент в геометрических параметрах»);
- ✓ источник геометрии, т.е. указать откуда обновлять ссылочный элемент (подробнее см. подраздел «Определение файла, в котором будет геометрия-источник ссылочного элемента»).



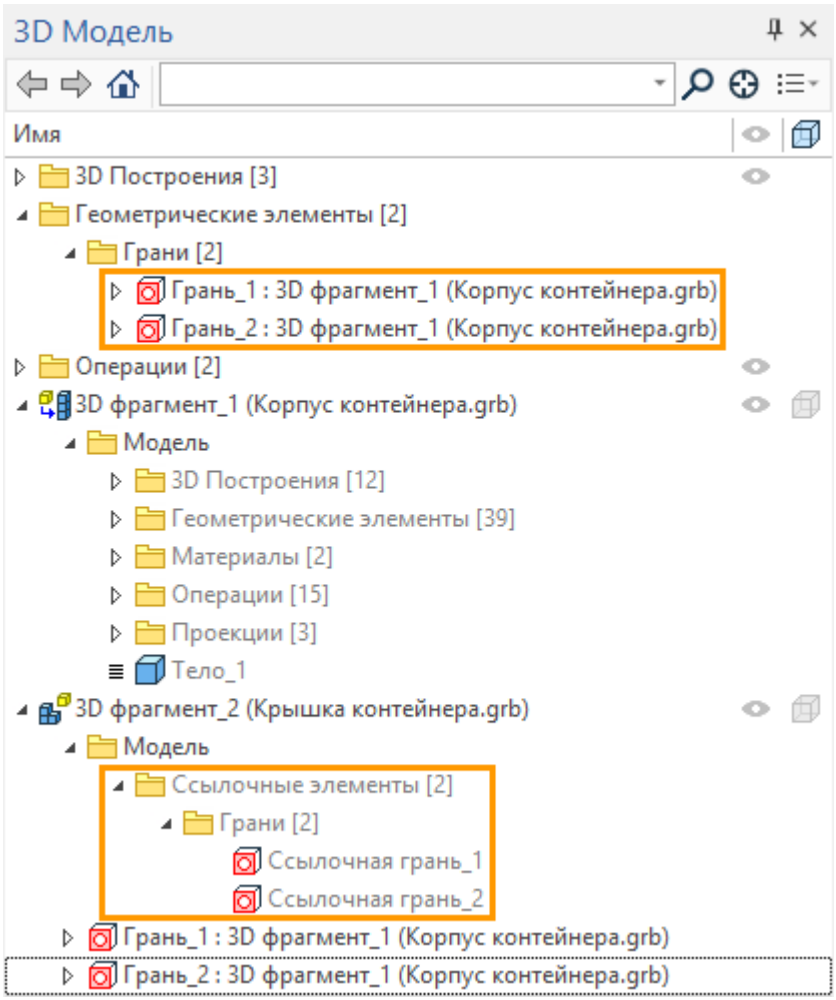
Завершить создание ссылочного элемента нужно при помощи пиктограммы  или <Ctrl+Enter>.

Ссылочный элемент всегда имеет геометрию-источник находящуюся вне фрагмента (за исключением внутренних ссылок, устраняющих рекурсии). Ссылочные элементы не могут изменять свою геометрию, они могут только заимствовать геометрию, согласно ссылке на другой файл, в котором находится геометрия-источник. Геометрия-источник может быть изменена, тогда ссылочный элемент нужно обновить – он заимствует новое исполнение геометрии-источника.

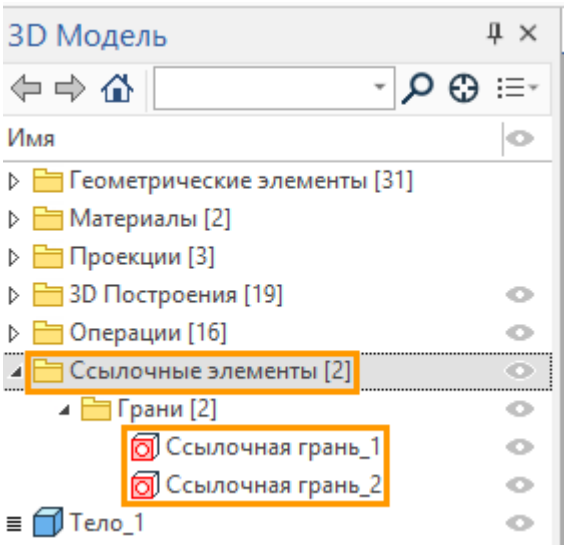
Ссылочные элементы фрагмента можно увидеть в окне «Структура сборки». В закладке «Ссылочные элементы» указано название геометрии ссылочного элемента, имя файла, в котором содержится геометрия-источник, и имя фала источника параметров документа. В данном случае имеются ввиду параметры трансформации (подробнее можно прочитать в подразделе «Позиционирование, масштабирование и исполнение фрагментов в сборке»). Файлом источником параметров всегда является сборка, в контексте которой были созданы ссылочные элементы фрагмента. Файл источник геометрии мы выбираем при создании ссылочного элемента.



Ссылочные элементы фрагмента можно увидеть в окне «3D модель» сборки. Причём если сборка является файлом, который содержит геометрию-источник, то в окне «3D модель» можно также увидеть и геометрию-источник ссылочного элемента.

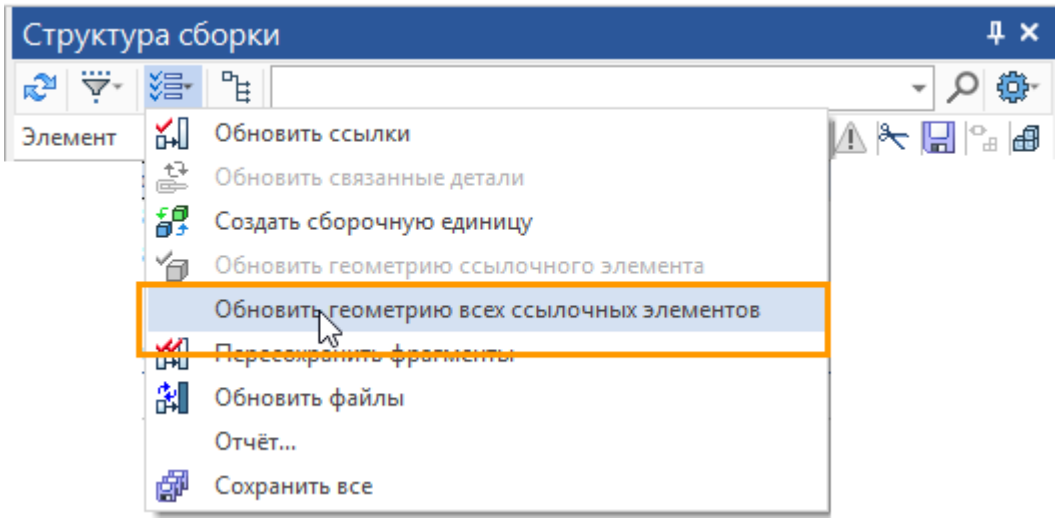


Ссылочный элемент можно увидеть в окне «3D модель» фрагмента.

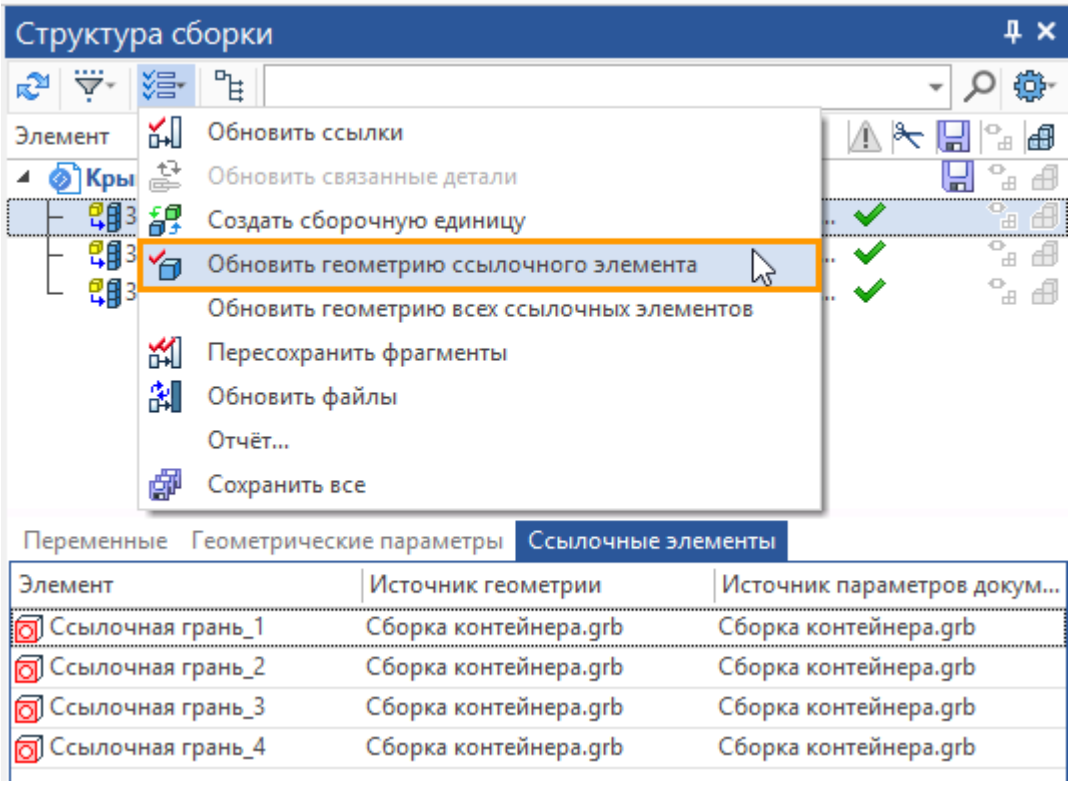


Обновление ссылочного элемента

Ссылочные элементы можно обновить из окна «Структура сборки» сборки, или какой-либо подсборки, при этом будут обновлены ссылочные элементы только тех фрагментов, которые входят в эту подсборку. Можно обновить ссылочные элементы всех входящих в сборку (подсборку) фрагментов.

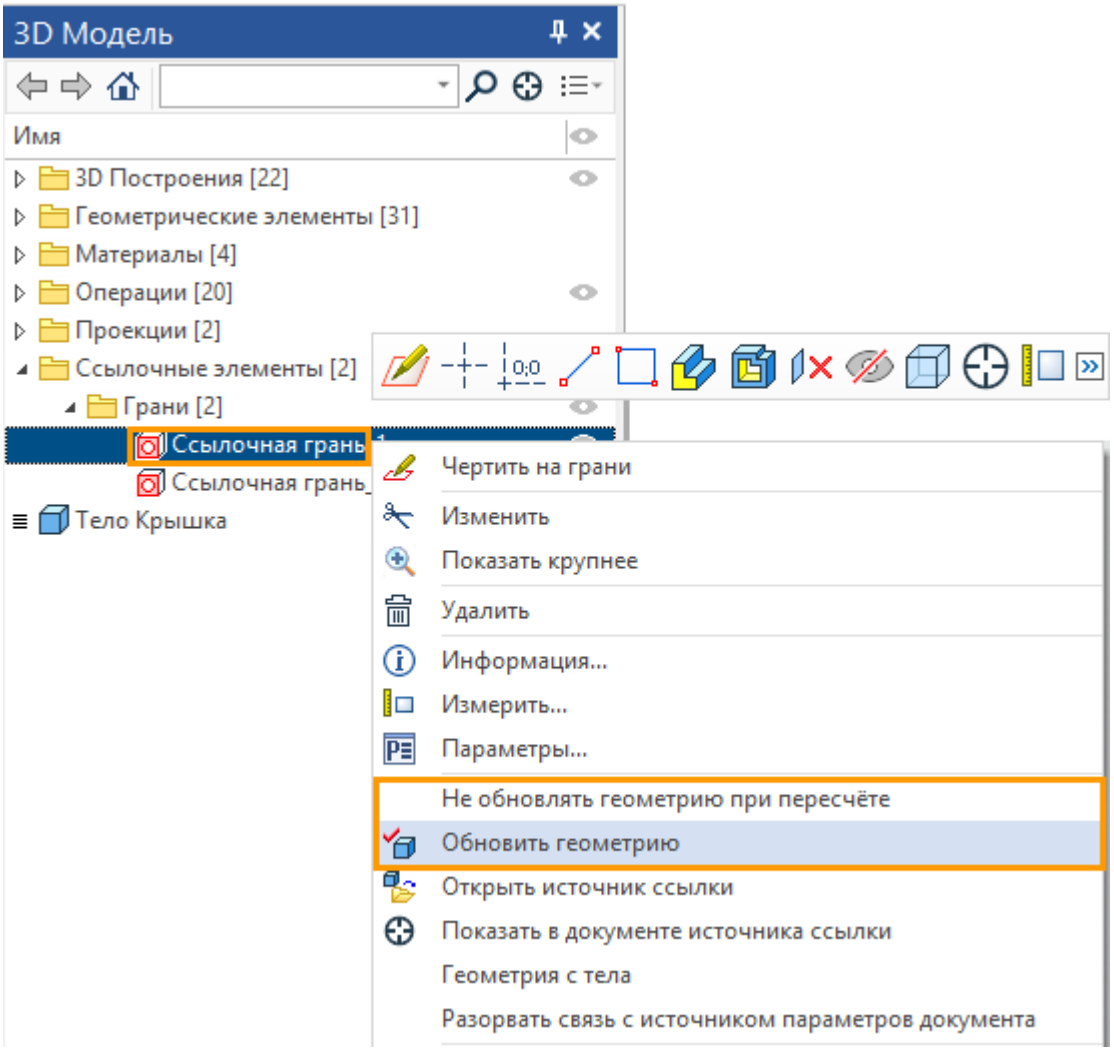


Или обновить ссылочные элементы конкретного фрагмента. Для этого нужно выделить фрагмент и выбрать показанную на рисунке команду.



Обновить один конкретный ссылочный элемент можно только в окне «3D модель» файла фрагмента, содержащего ссылочный элемент, вызвав в контекстном меню ссылочного элемента команду **Обновить геометрию**.

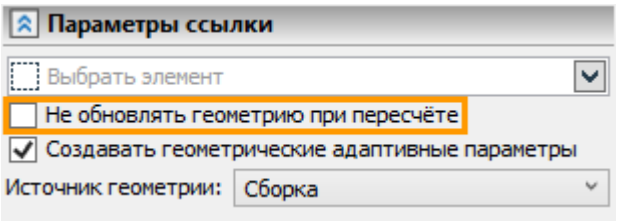
Обновить ссылочные элементы через окно «Структура сборки» можно только в том случае, если у ссылочного элемента *не указана* опция: **Не обновлять геометрию при пересчёте**. Если для ссылочного элемента указанная опция активна, то в этом случае ссылочный элемент нужно обновлять самостоятельно, по команде **Обновить геометрию** в контекстном меню ссылочного элемента, в окне «3D модель» файла фрагмента, содержащего ссылочный элемент.



При создании ссылочного элемента мы можем указать, или не указать опцию **Не обновлять геометрию при пересчёте**. По умолчанию опция *не активна*. При автоматическом создании ссылочных элементов с использованием команды **Деталь>Создать** – опция *не активна*.

> По умолчанию все ссылочные элементы (кроме внутренних ссылок) создаются с возможностью обновления при пересчёте.

Опция **Не обновлять геометрию при пересчёте** доступна в параметрах ссылочного элемента при его создании.



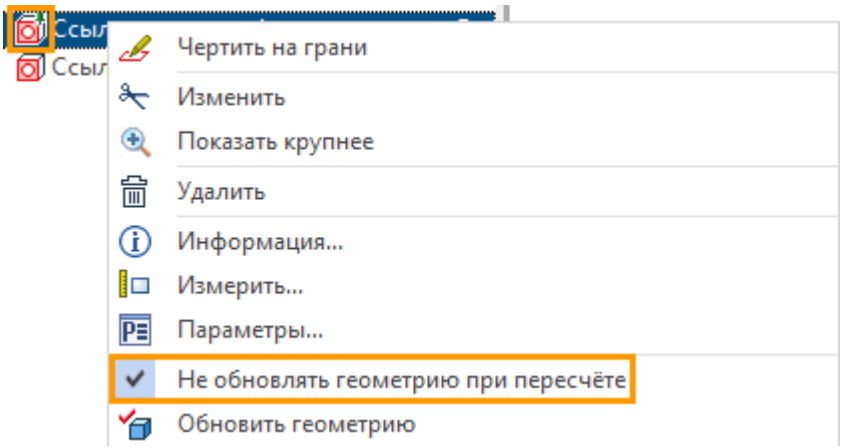
Если опцию сделать активной – ссылочный элемент будет фиксированным, и его можно будет обновить только вручную, через контекстное меню ссылочного элемента в окне «3D модель».

В окне «3D модель» файла фрагмента можно понять зафиксирован его ссылочный элемент, или нет. У зафиксированных элементов другая пиктограмма (с изображением канцелярской кнопки), и в контекстном меню активна опция **Не обновлять геометрию при пересчёте**.

Зафиксированный ссылочный элемент:

- ✓ на пиктограмме значок канцелярской кнопки;
- ✓ опция **Не обновлять геометрию при пересчёте** активна.

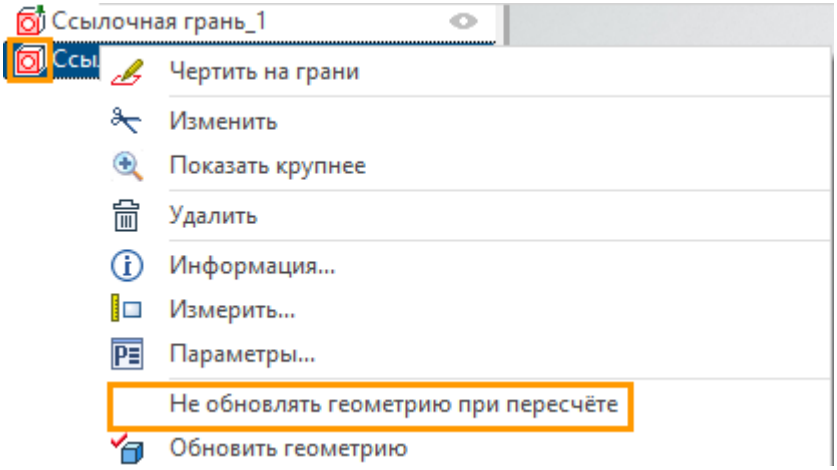
Данный ссылочный элемент можно обновить только вручную.



Не зафиксированный ссылочный элемент:

- ✓ пиктограмма обычная, без значка кнопки;
- ✓ опция **Не обновлять геометрию при пересчёте** не активна.

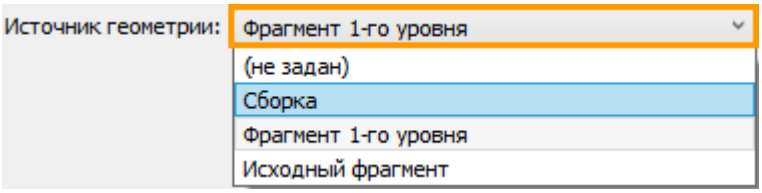
Данный ссылочный элемент можно обновить через окно «Структура сборки».



Определение файла, в котором будет геометрия-источник ссылочного элемента

Для того, чтобы определить в каком файле будет находиться геометрия-источник ссылочного элемента нужно указать один из трёх вариантов:

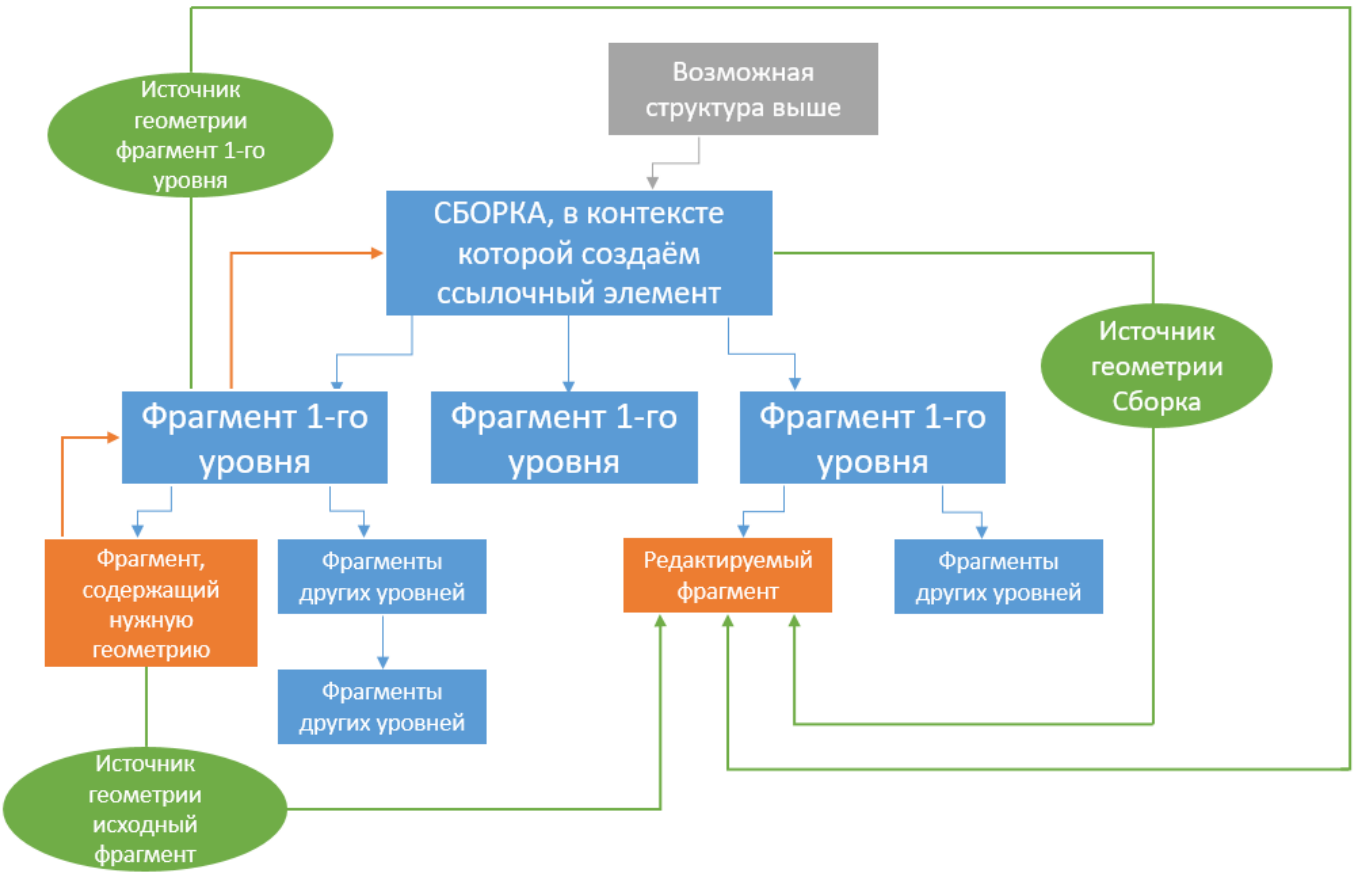
- ✓ Сборка,
- ✓ Фрагмент первого уровня,
- ✓ Исходный фрагмент.



По умолчанию указан **Фрагмент 1-го уровня**.

Если при выборе файла, где будет находиться геометрия-источник ссылочного элемента, указать вариант **не задан**, то выбранный в контексте сборки элемент будет использован в построениях фрагмента, но будет зафиксирован, и обновить его нельзя.

Как уже говорилось выше, ссылочный элемент можно создать только в контексте сборки. Для этого нужно открыть файл сборки, а затем через окно «Структура сборки» открыть для редактирования фрагмент (подробнее смотри в подразделе «Работа в контексте сборки»). В окне «Структура сборки» мы видим только те фрагменты, которые входят в сборку. Вся структура выше (если мы открыли файл подсборки) для нас будет недоступна и не видна, ни в сцене, не в окне «Структура сборки», и на создание ссылочного элемента никак не влияет.

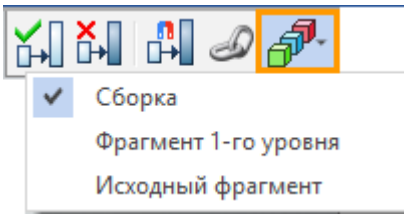


В данном случае имеется ввиду текущая иерархия фрагментов, которая определяет к какому именно файлу на диске в дальнейшем нужно обратиться, чтобы найти геометрию-источник ссылочного

элемента. Данная опция действует разово, только при создании ссылочного элемента. Если файл, содержащий геометрию-источник, будет в итоговой сборке иметь другую иерархию – система его найдёт. Если файл будет удалён – то ссылка обновляться не будет, т.к. геометрия-источник не будет найдена.

Допустим, что геометрия-источник, на которую ссылается ссылочный элемент при обновлении, была указана в сборке. Непосредственно в сборке не создано какой-либо геометрии, вся геометрия в сборке определяется фрагментами которые в неё входят. Это означает, что для того, чтобы в сборке была доступна геометрия-источник для ссылочного элемента – в ней обязательно должен находится тот фрагмент, в котором находится геометрия-источник. Поэтому, если удалить фрагмент из сборки – геометрия-источник не будет найдена ссылочным элементом при обновлении.

На панели редактирования в контексте сборки (правый верхний угол 3D сцены) дублируется опция указания выбора файла, содержащего источник геометрии.



> Нужно внимательно следить за данной опцией при автоматическом создании ссылочных элементов в контексте сборки.

Автоматическое создание ссылочных элементов

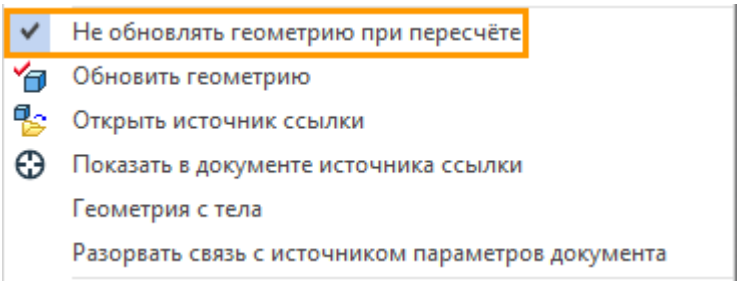
Ссылочные элементы будут созданы автоматически в двух случаях.

- ✓ Если мы редактируем фрагмент в контексте сборки с включенным выбором элементов сборки , и при выполнении какой либо команды задействовали элемент сборки.
- ✓ Если мы используем команду **Деталь>Создать** для тела в сборке.

При автоматическом создании ссылочных элементов опция **Не обновлять геометрию при пересчёте** не активна.

> Все автоматически созданные ссылочные элементы (кроме автоматически созданных внутренних ссылок для устранения рекурсии) будут обновляться при пересчёте.

При необходимости, обновление созданного ссылочного элемента можно отключить. Для этого, в контекстном меню ссылочного элемента (вызванного в окне «3D модель» файла фрагмента) нужно указать флаг опции **Не обновлять геометрию при пересчёте**.



При использовании команды **Деталь>Создать** для тела в сборке, ссылочные элементы будут созданы для тех построений, которые нельзя переместить в создаваемый файл фрагмента.

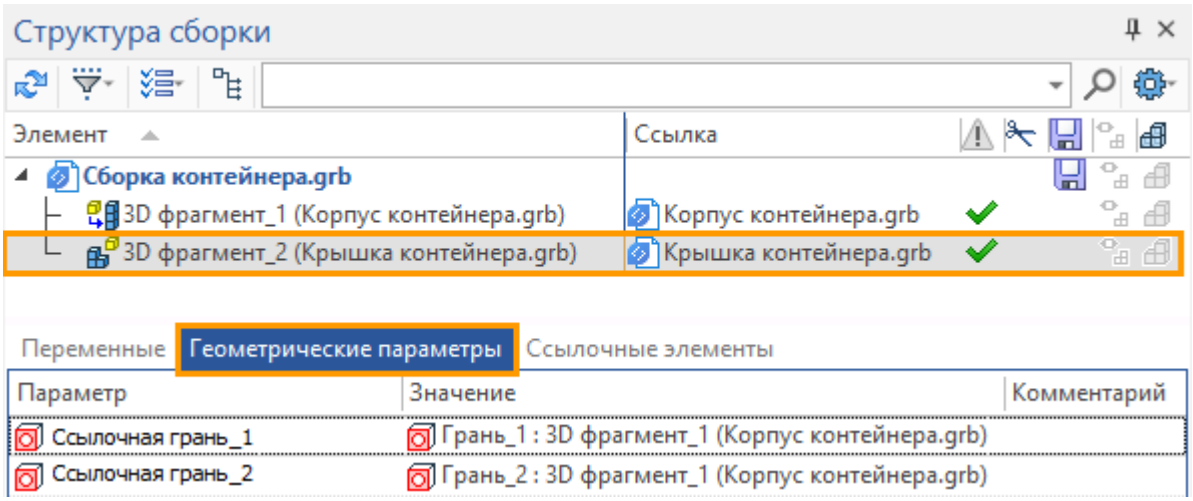
Если среди родительских элементов тела есть элементы, которые зависят от других тел - то такие родительские элементы нельзя забрать из сборки. В этом случае будет создан ссылочный элемент.

Например, на грани тела построен профиль, который является родительским для тела, которое мы хотим сохранить в отдельный файл. Этот профиль нельзя забрать из сборки без тела, на котором он построен. Но второе тело нам в создаваемом файле не нужно. Тогда на профиль автоматически будет создан ссылочный элемент. В созданном файле указанный профиль будет ссылочным элементом.

Ссылочный элемент в геометрических параметрах

Наличие ссылочного элемента в геометрических параметрах даёт возможность при изменении геометрии в сборке, без обновления ссылочных элементов в файлах фрагментов, получить новое исполнение адаптивного фрагмента. В этом случае ссылочный элемент будет вести себя как внешняя переменная: исполнение фрагмента в сборке не зависит от исполнения в файле фрагмента. Ссылочные элементы в геометрических параметрах позволяют создавать адаптивные сборки. Если сборка имеет фрагменты второго уровня и ниже, то можно создавать цепочки адаптивных фрагментов, как это было показано в подразделе «Создание детали при помощи команды **Деталь>Создать**».

Наличие ссылочных элементов в геометрических параметрах фрагмента можно увидеть в окне «Структура сборки».

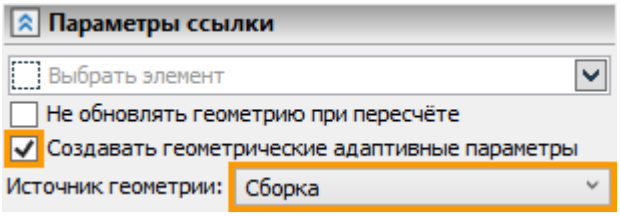


Ссылочный элемент будет по умолчанию помещён в геометрические параметры фрагмента, если создать его в контексте подсборки для которой фрагмент является фрагментом первого уровня (обязательно нужно *указать источник геометрии в сборке*), при этом сама подсборка, для общей сборки, может быть фрагментом любого уровня. Если ссылочный элемент помещён в геометрические параметры фрагмента, то, при изменении геометрии-источника ссылочного элемента, адаптивный фрагмент изменит свою геометрию, согласно изменению геометрии-

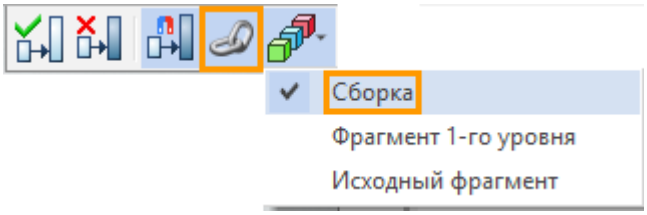
источника, но только в сборке. При этом в самом файле фрагмента, в котором находится ссылочный элемент – изменений не будет. Чтобы внутри файла фрагмента геометрия изменилась, согласно изменению в геометрии-источнике – нужно обновить ссылочный элемент.

Ссылочный элемент будет геометрическим параметром фрагмента если его создавать следующими способами.

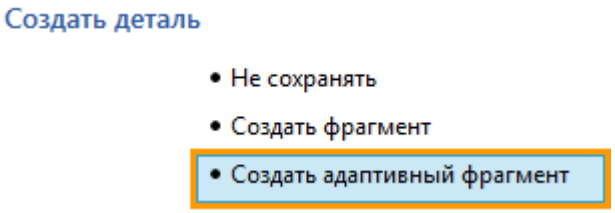
- ✓ При помощи команды <3RE> **Ссылочный элемент.** Фрагмент, для которого создаётся ссылочный элемент, должен быть открыт в контексте сборки, для которой этот фрагмент – фрагмент 1-го уровня, при этом должна быть указаны опция **Источник геометрии: Сборка**, и опция **Создавать геометрически адаптивные параметры**.



- ✓ При редактировании фрагмента первого уровня в контексте сборки, с автоматическим созданием ссылочных элементов (когда активна опция  и мы используем элементы сборки в построениях фрагмента), при этом должна быть выбрана опция **Источник геометрии: Сборка** и опция **Создавать геометрически адаптивные параметры**.

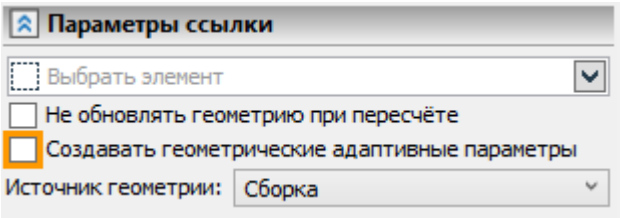


- ✓ Ссылочный элемент создан автоматически при выполнении команды **Деталь>Создать** *с вариантом* **Создать адаптивный фрагмент**.



> Создание геометрических адаптивных параметров на основе ссылочного элемента можно отменить.

Для этого нужно снять флаг опции **Создавать геометрические адаптивные параметры** в параметрах команды **Ссылочный элемент** при создании ссылки.



Управление опцией **Создавать геометрические адаптивные параметры** – дублируется пиктограммой в панели, доступной при работе в контексте сборки (правый верхний угол 3D сцены).

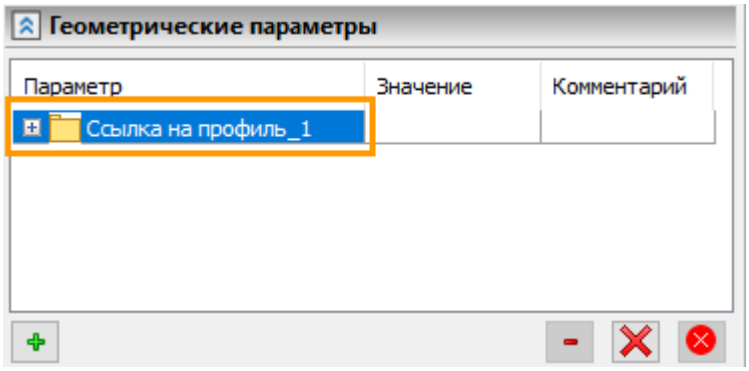


Если пиктограмма активна  – то созданные ссылочные элементы будут помещаться в геометрические параметры фрагмента (при условии варианта источника - сборка), если неактивна  – то нет.

> Нужно внимательно следить за данной пиктограммой при автоматическом создании ссылочных элементов в контексте сборки. В некоторых случаях адаптивность фрагментов может привести к рекурсии.

Подробнее об рекурсиях и их устранении можно посмотреть в подразделе ниже.

В случае возникновения рекурсии можно удалить ссылочные элементы из геометрических параметров. Для этого нужно вызвать контекстное меню адаптивного фрагмента, выбрать **Изменить**. Далее в закладке «Геометрические параметры» удалить из геометрических параметров ссылочный элемент при помощи пиктограммы  или все геометрические параметры при помощи пиктограммы .



Поднятый элемент

Поднятый элемент позволяет передать геометрию напрямую из фрагмента любого уровня в файл сборки. Поднятым элементом, как и ссылочным, могут быть основные элементы модели (3D узлы, системы координат, рабочие плоскости, 3D профили, 3D пути, тела различных типов), так и топологические элементы (рёбра, грани, вершины).

Поднятый элемент передаёт геометрию снизу вверх. Поэтому для поднятого элемента справедливы все принципы работы со сборками по принципу «Снизу вверх».

> Если мы меняем геометрию во фрагменте, в том числе и ту, на которую ссылается сборка, и затем сохраняем фрагмент, то при обновлении сборки геометрия поднятого элемента будет обновлена.

В целом можно провести аналогию между ссылочным элементом и поднятым. Ссылочный элемент обеспечивает связь «Сверху вниз» (и связь между фрагментами), поднятый элемент – наоборот, «Снизу вверх». Но т.к. принципы обновления ссылочных элементов и поднятых элементов всё же разные, то путать их не нужно.

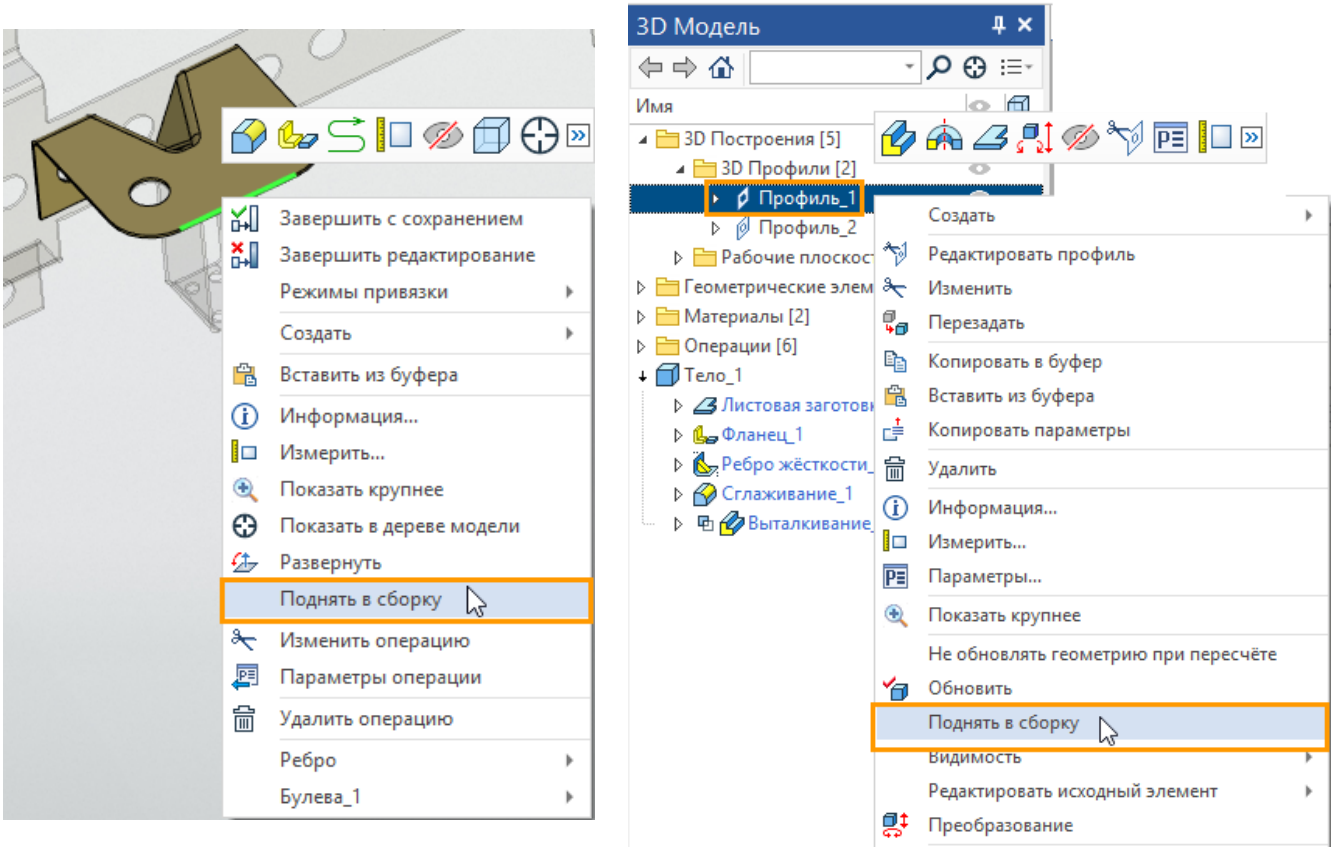
Поднятый элемент по принципу работы аналогичен внешнему элементу. Только внешний элемент нам нужно передавать последовательно, по всем уровням от подсборки к подсборке, а поднятый элемент можно сразу передать в сборку.

В сборке поднятый элемент будет элементом, дерево построений которого недоступно.

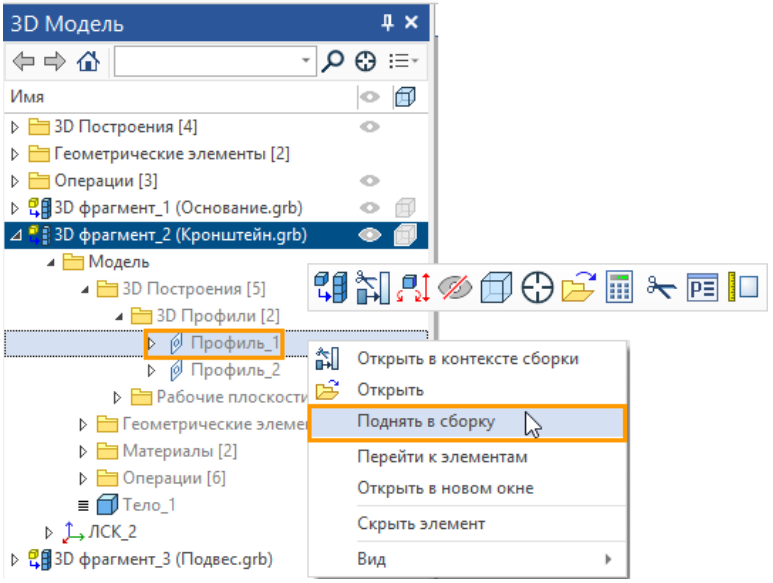
Создание поднятого элемента

Команда поднятия элемента доступна в контекстном меню любого элемента (из перечисленных выше). Для того, чтобы поднять элемент из фрагмента в сборку (или подсборку) нужно сначала открыть файл сборки (или подсборки). Есть два способа как выбрать нужный элемент фрагмента, чтобы поднять его в сборку, в которой находится пользователь.

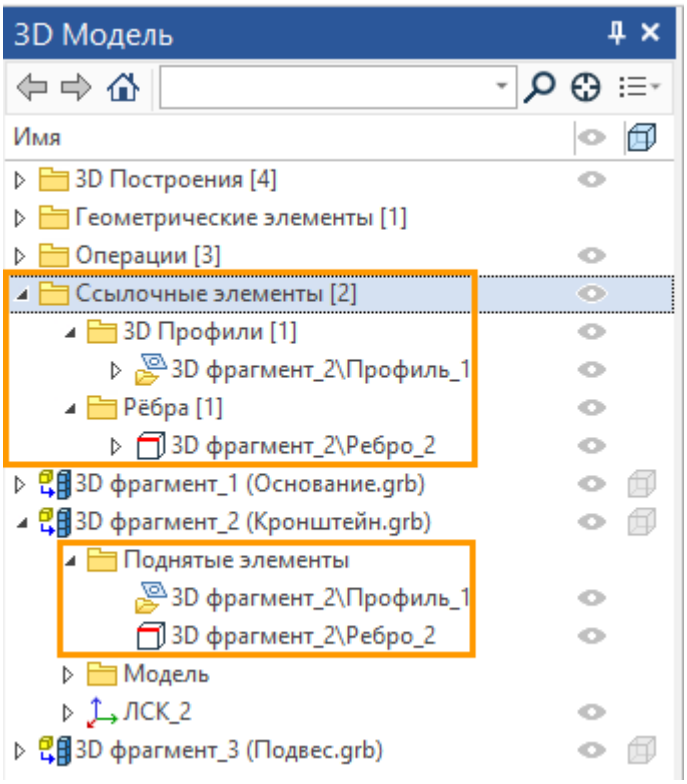
- ✓ Открыть фрагмент в контексте сборки, затем вызвать контекстное меню элемента выбрав его в 3D сцене или в окне «3D модель» и указать **Поднять в сборку**.



✓ В окне «3D модель» файла сборки раскрыть построения фрагмента, найти требуемый элемент и через его контекстное меню вызвать команду **Поднять в сборку**.



В файле сборки мы можем увидеть поднятые элементы. Для сборки это будут ссылочные элементы, поэтому поднятые из фрагмента элементы, в файле сборки, находятся в папке «Ссылочные элементы». Для фрагмента – это поднятые элементы. В окне «3D модель» файла сборки у фрагмента, из которого мы подняли элементы, в соответствующей папке, можно найти перечень поднятых элементов.



Автоматическое создание поднятого элемента

Автоматическое создание поднятых элементов возможно в случае, когда мы используем команду **Деталь>Создать** и создаём фрагмент (как адаптивный так и неадаптивный).

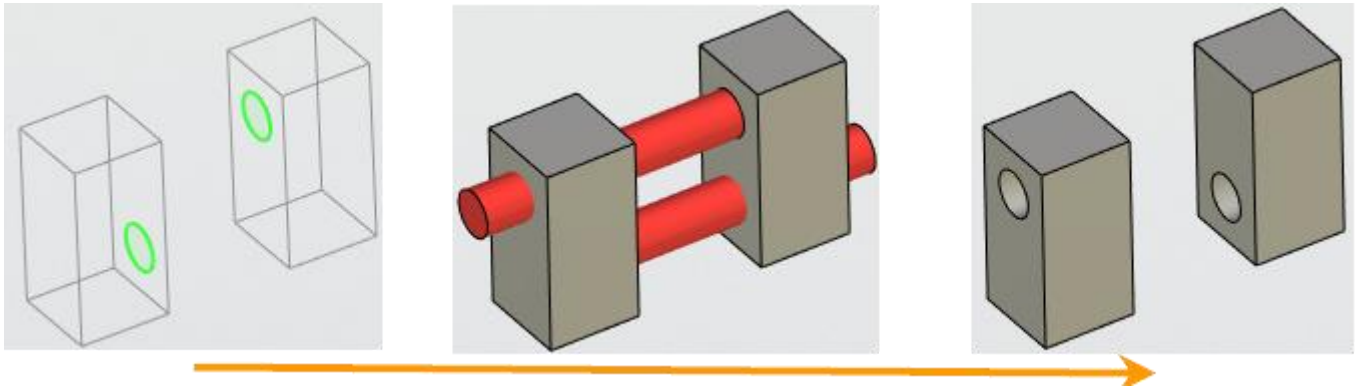
Если среди элементов потомков тела (которое мы хотим сохранить в отдельный фрагмент) есть элементы, которые являются родительскими для других тел, то такие элементы нельзя просто забрать из сборки. В этом случае будет создан поднятый элемент. Поднятый элемент будет зависеть от фрагмента и будет определять геометрию зависимых от него тел в сборке.

Например, на грани тела (которое мы хотим сохранить как фрагмент) построен профиль, который является родительским элементом другого тела. Этот профиль будет вместе с телом сохранён в файл фрагмента. Для того, чтобы зависимое от профиля тело не потеряло родительский элемент – будет создан поднятый элемент, который вернёт в сборку сохранённый в файле фрагмента профиль.

Устранение рекурсий при помощи ссылочных элементов

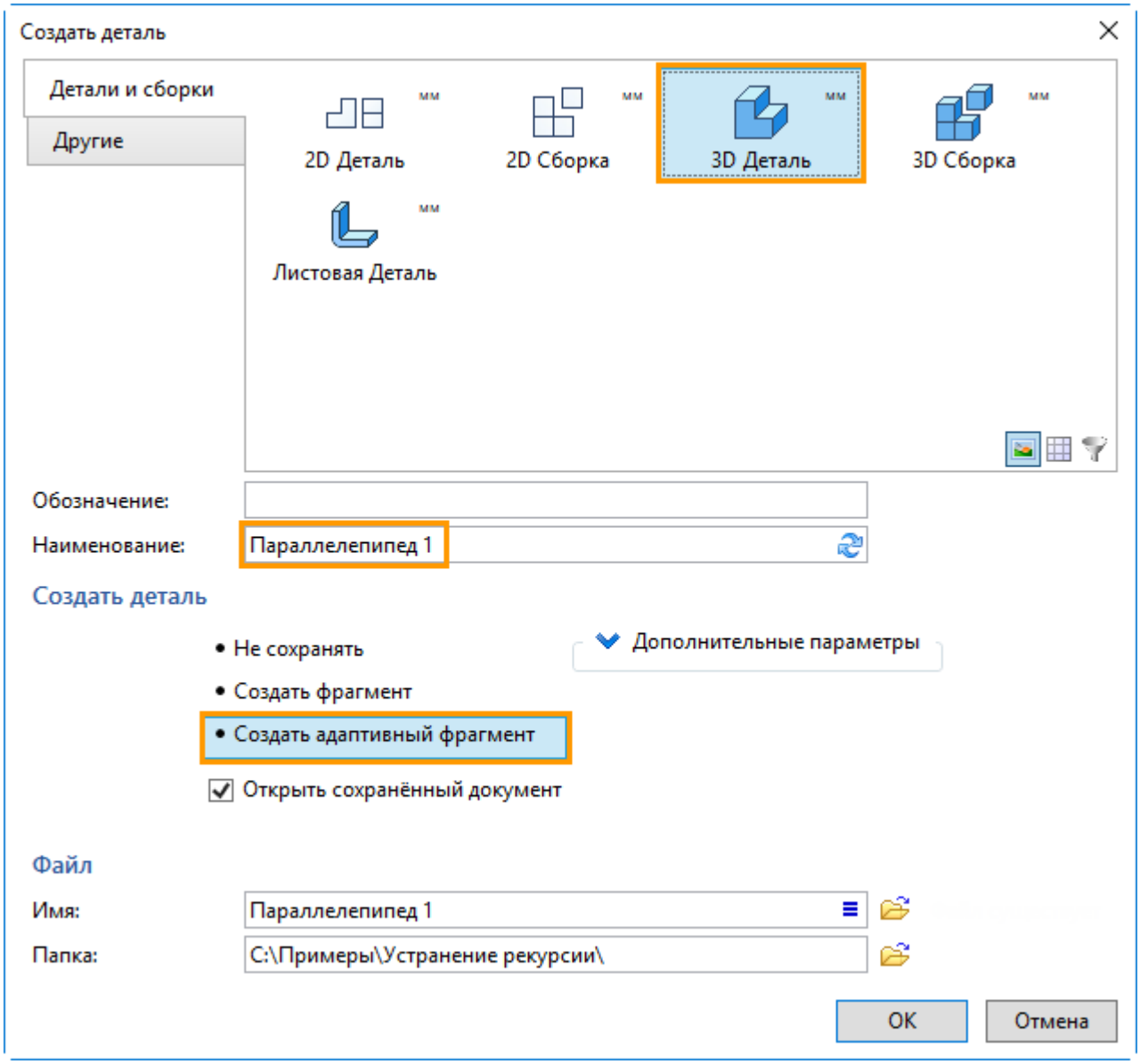
При создании адаптивных фрагментов (команда **Деталь>Создать** с вариантом **Создать адаптивный фрагмент**) может возникнуть рекурсия если «вытягиваемые» из сборки построения зависят друг от друга. Поясним это на простом примере.

Пусть у нас есть два параллелепипеда. На одной из граней каждого параллелепипеда построим профили, представляющие собой окружность. Получается, что один профиль является потомком первого параллелепипеда, а второй – второго.

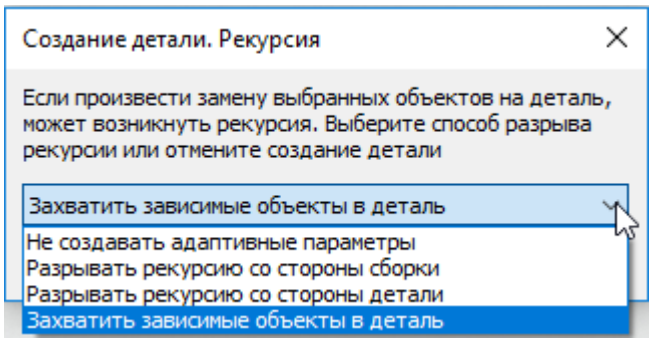


Сделаем выталкивание данных профилей, а далее при помощи булевой операции вычтем полученные цилиндры из параллелепипедов. Цилиндр, построенный выталкиванием профиля, который принадлежит первому параллелепипеду – вычтем из второго параллелепипеда и, наоборот, цилиндр, построенный по профилю второго параллелепипеда – вычтем из первого. В итоге получается, что каждый из параллелепипедов имеет и своим родителем и свои потомком другой параллелепипед.

Вызовем контекстное меню для первого параллелепипеда и выберем команду **Деталь>Создать.** В диалоге команды укажем **Создать адаптивный фрагмент**.



Нажимаем «ОК», после чего появляется диалоговое окно с сообщением о рекурсии.



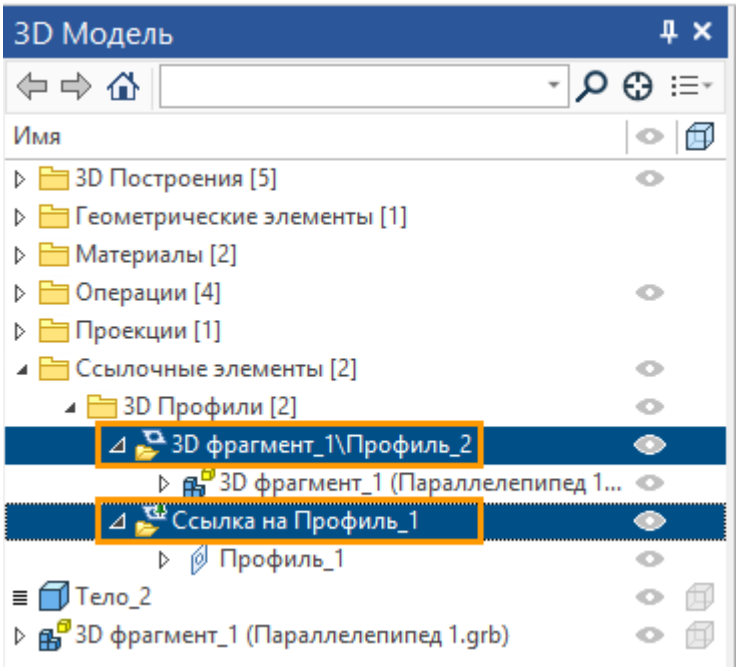
Предлагается четыре варианта устранения рекурсии.

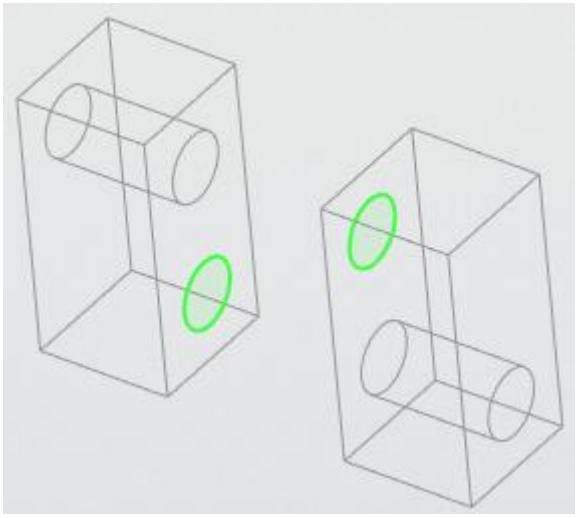
1) Не создавать адаптивные параметры. Т.е. предлагается не помещать ссылочные элементы в геометрические параметры. Ссылочные элементы, в отличие от геометрических параметров, сами по себе являются защитой от рекурсии. Пересчёт фрагмента начинается с обновления заимствованной геометрии, далее пересчитывается всё остальное дерево построений фрагмента. После пересчёта фрагмента изменения приходят в сборку. В сборке изменение геометрии фрагмента вызывает изменение геометрии-источника ссылочного элемента фрагмента. Но это изменение будет передано во фрагмент только при его следующем пересчёте. Таким образом устраняется зацикливание пересчётов самих на себя.

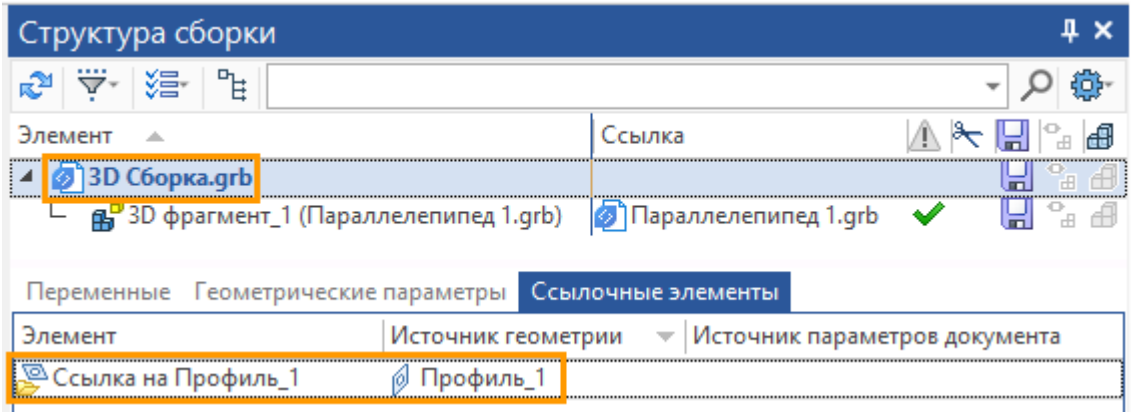
В этом случае фрагмент будет неадаптивным.

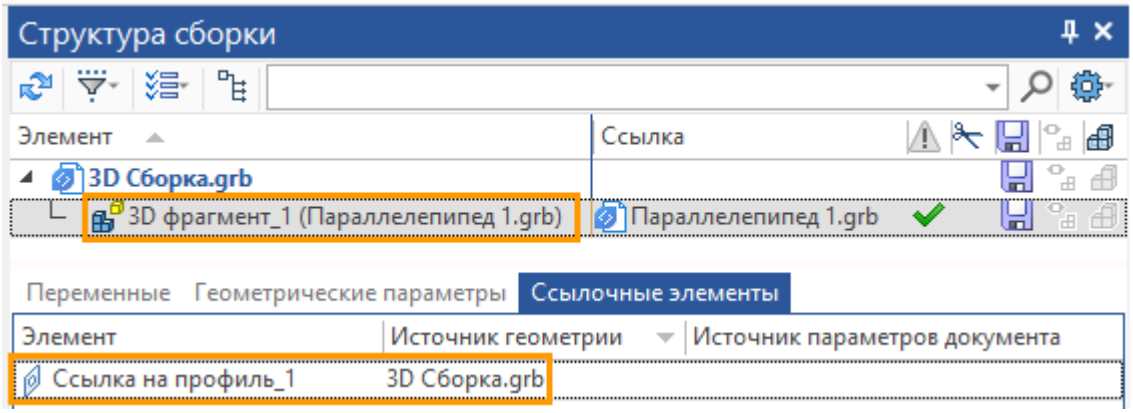
2) Разрывать рекурсию со стороны сборки. В этом случае внутри файла сборки будет создана внутренняя ссылка на профиль, родительский элемент которого – тело в сборке (второй параллелепипед). Поэтому для ссылочного элемента фрагмента, геометрия-источник будет не профиль в сборке, а внутренняя ссылка на этот профиль в сборке. Т.к. геометрия-источник, для внутренней ссылки, которая является геометрией-источником для ссылочного элемента фрагмента, находится в сборке, то сам способ называется «Разрывать рекурсию со стороны сборки». Внутренняя ссылка, *которая обновляется только вручную*, разрывает рекурсию. Т.к. ссылка при пересчёте не обновляется, то геометрия ссылочного элемента зафиксирована, и не зависит от изменения родительского элемента, и при пересчёте геометрии адаптивного фрагментов не возникает рекурсия. Для тела второго параллелепипеда также создаётся ссылочный элемент, геометрия-источник которого – профиль первого параллелепипеда, поднятого из фрагмента (для первого параллелепипеда такой элемент называется поднятым).

В этом случае фрагмент будет адаптивным: в его геометрических параметрах будет ссылочный элемент.







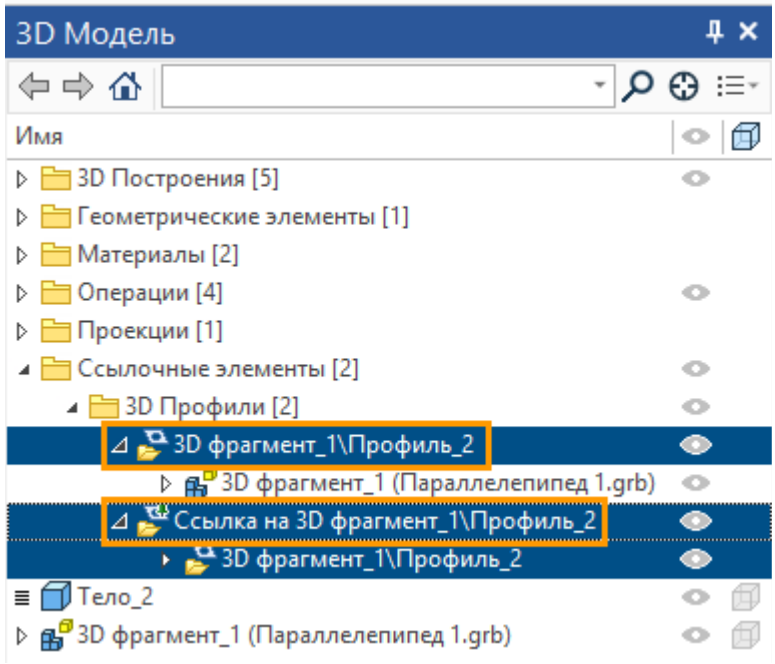


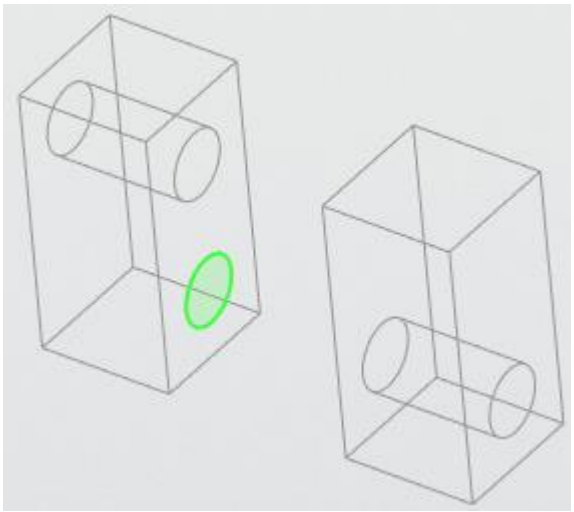
Внутренняя ссылка, разрывающая рекурсию, обновляется только вручную. Из окна «Структура сборки» её обновить нельзя.

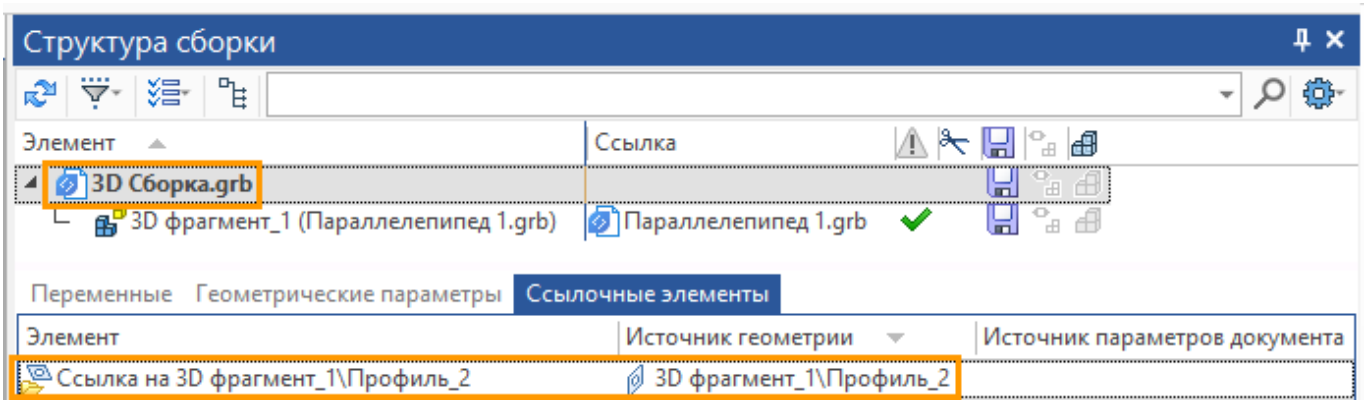
Что внутренняя ссылка зафиксирована и автоматически не обновляется – можно понять по её пиктограмме с изображением канцелярской кнопки. Чтобы обновить ссылку нужно вызвать её контекстное меню и выбрать команду **Обновить геометрию**.

3) Разрывать рекурсию со стороны детали. В этом случае внутри файла сборки будет создана внутренняя ссылка на ссылочный элемент, геометрия-источник которого профиль фрагмента первого параллелепипеда (для фрагмента такой элемент называется поднятым). Т.к. геометрия-источник ссылочного элемента, на который создана внутренняя ссылка, находится во фрагменте, то сам способ называется «Разрывать рекурсию со стороны детали». Внутренняя ссылка, *которая обновляется только вручную*, разрывает рекурсию. При этом у самого фрагмента, также есть ссылочный элемент, для которого геометрией-источником является профиль, родительский элемент которого – второй параллелепипед, тело которого находится в сборке.

Как и в предыдущем варианте разрыва рекурсии, созданный фрагмент будет адаптивным: в его геометрических параметрах будет ссылочный элемент.







4) Захватить зависимые объекты в деталь. В этом случае создаваемый фрагмент будет содержать оба тела и будет неадаптивным (будет создана сборочная единица).

Пользователь сам может устранять рекурсии при помощи внутренних ссылочных элементов. Для создания внутреннего ссылочного элемента нужно находясь в редактируемом файле (не в контексте какой-либо сборки) вызвать команду создания ссылочного элемента <3RE> **Ссылочный элемент** и выбрать элемент модели из 3D сцены или дерева модели в окне «3D модель».

Окно «Структура сборки»

Окно «Структура сборки» обеспечивает функциональность для управления многоуровневой структурой сборочной модели. Информация представлена в виде древовидной структуры. При выборе элементов сборки отображается список их переменных, геометрических параметров и ссылок. Для элементов сборки любого уровня доступна опция **Открыть в контексте сборки**: через контекстное меню или двойным кликом по элементу сборки. Вся заимствованная из других файлов геометрия отображается на вкладке **Ссылочная геометрия**. На любом уровне структуры сборки доступна команда контекстного меню «**Создать 3D фрагмент**». Команда позволяет задать основные параметры нового компонента сборки, и, при необходимости, сразу перейти к его редактированию в контексте сборки. Любой выделенный элемент сборки будет подсвечен в 3D сцене.

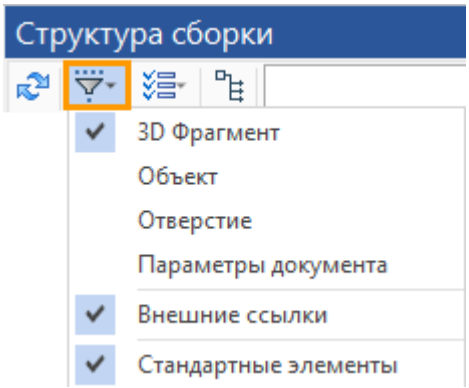
Пиктограмма	Лента
	Сборка → Управление → Структура сборки
Клавиатура	Текстовое меню
<Alt+7>	Настройка > Окна > Структура сборки

Верхняя панель окна «Структура сборки» позволяет выполнять команды, настраивать отображение элементов сборки, осуществлять поиск.



Пиктограмма  обновляет структуру сборки: отображает новые элементы, обновляет информацию об актуальности элементов и т.д.

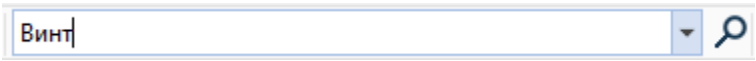
Пиктограмма  раскрывает меню фильтров. С помощью фильтров можно настроить отображение типов объектов.



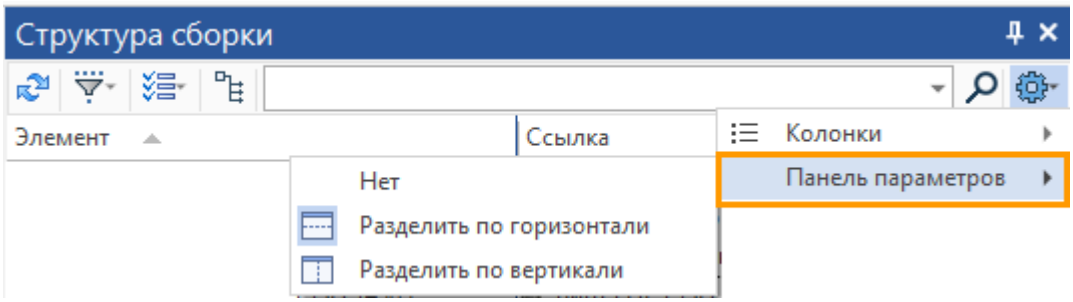
Пиктограмма раскрывает меню возможных действий (подробнее см. подраздел ниже).

Пиктограмма переводит из отображения структуры в отображение ссылок и обратно.

Строка поиска позволяет найти нужный элемент сборки по обозначению, наименованию или имени фрагмента.

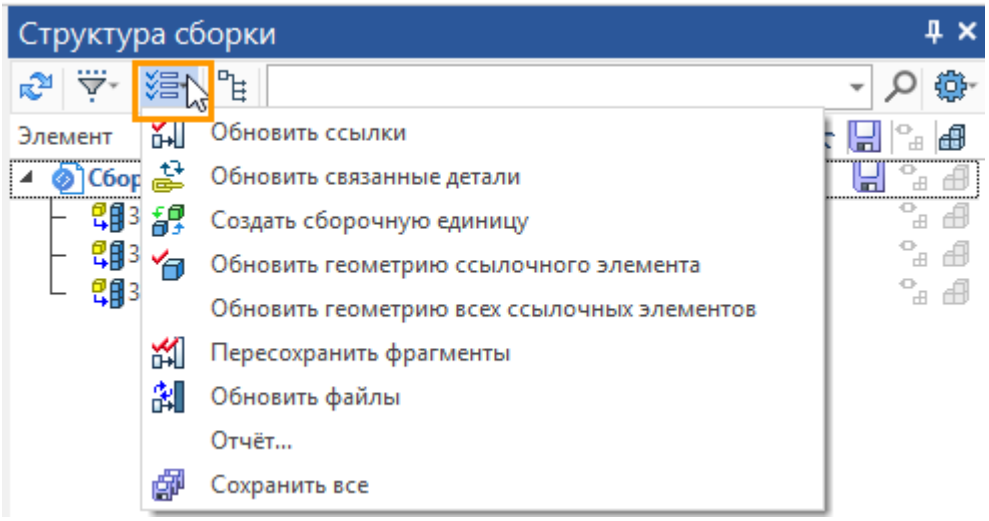


Пиктограмма открывает меню настроек, где можно выбрать отображение нужных колонок (подробнее см. подраздел ниже) и настроить отображение панели параметров.

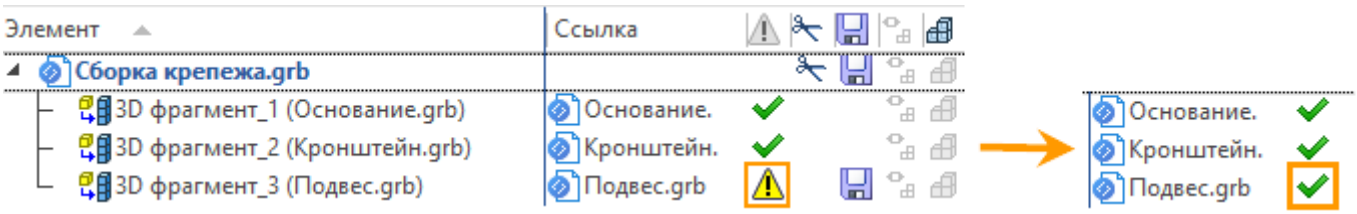


Действия в окне «Структура сборки»

В окне «Структура сборки» доступны следующие действия.



Обновить ссылки. Обновить ссылки на файлы фрагментов. Если во фрагменте были сделаны и сохранены изменения, то окно «Структура сборки» это продиагностирует. Напротив фрагмента появится пиктограмма ⚠. Пиктограмма означает, что нужно обновить ссылку на файл фрагмента, чтобы в сборке появились сделанные во фрагменте изменения. После выполнения команды **Обновить ссылки** пиктограмма изменится, а в сборке появятся изменения, сделанные во фрагменте.



Обновить связанные детали. Если в сборке, какое-либо тело или фрагмент были сохранены в отдельный файл с возможностью обновления (подробнее см. подраздел «Сохранить геометрию с возможностью обновления») то обновить геометрию сохранённых деталей, согласно изменениям в сборке, можно при помощи данной команды.

Создать сборочную единицу. Помещает выбранные фрагменты в отдельный новый файл с возможностью подстановки созданной сборочной единицы в сборку (подробнее см. подраздел «Создать сборочную единицу»). Новый файл фрагмент входит в структуру сборки.

Обновить геометрию ссылочного элемента. Команда обновит все ссылочные элементы в указанном фрагменте, полностью пересчитает фрагмент и сохранит его.

Обновить геометрию всех ссылочных элементов. Команда обновит все ссылочные элементы во всех фрагментах сборки, полностью пересчитает фрагменты и сохранит их.

Пересохранить фрагменты. Сохранит последовательно все фрагменты: от фрагментов нижних уровней до верхних. Команда нужна для того, чтобы все изменения фрагментов были последовательно обновлены и сохранены во всех подсборках.

Обновить файлы. Обновит и сохранит файлы адаптивных фрагментов и фрагментов с внешними переменными согласно их исполнению в сборке.

Если в сборке есть фрагмент, который благодаря геометрическим параметрам или внешним переменным имеет множественное исполнение, то при выполнении данной команды – внутри файла фрагмента будет подставлено последнее из созданных исполнений.

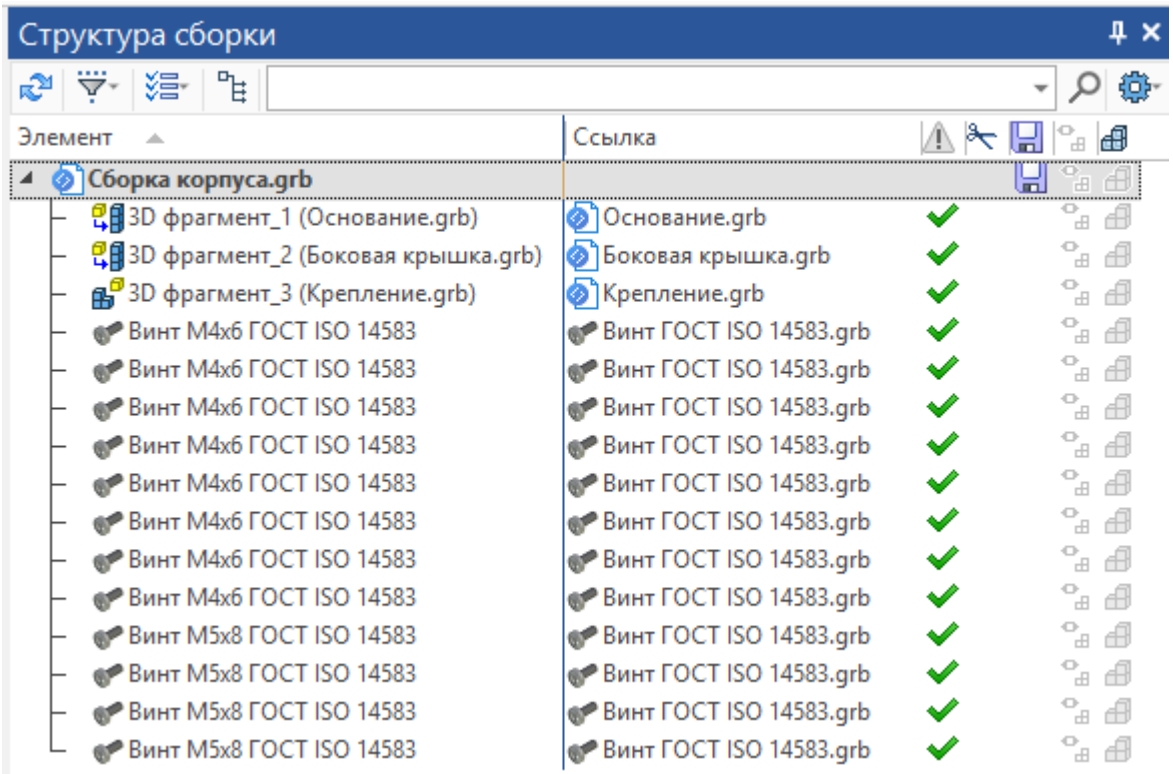
> Команда не подходит для создания деталировки, если в сборке есть фрагменты с несколькими исполнениями, т.е. с разными значениями геометрических параметров и внешних переменных.

Отчёт. Создаёт файл формата «str» (открыть можно любой программой, позволяющей открывать файлы формата «txt») в котором будет указан полный путь каждого фрагмента и его внешние переменные.

Сохранить всё. Сохранит все фрагменты, открытые в системе на данный момент.

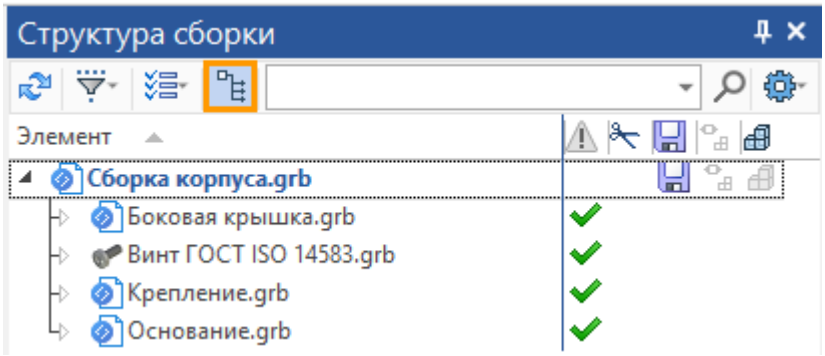
Отображение ссылок

В окне «Структура сборки» по умолчанию показывается структура сборки: т.е. количество деталей и подсборок (фрагментов в сборке) и их уровень вложенности.

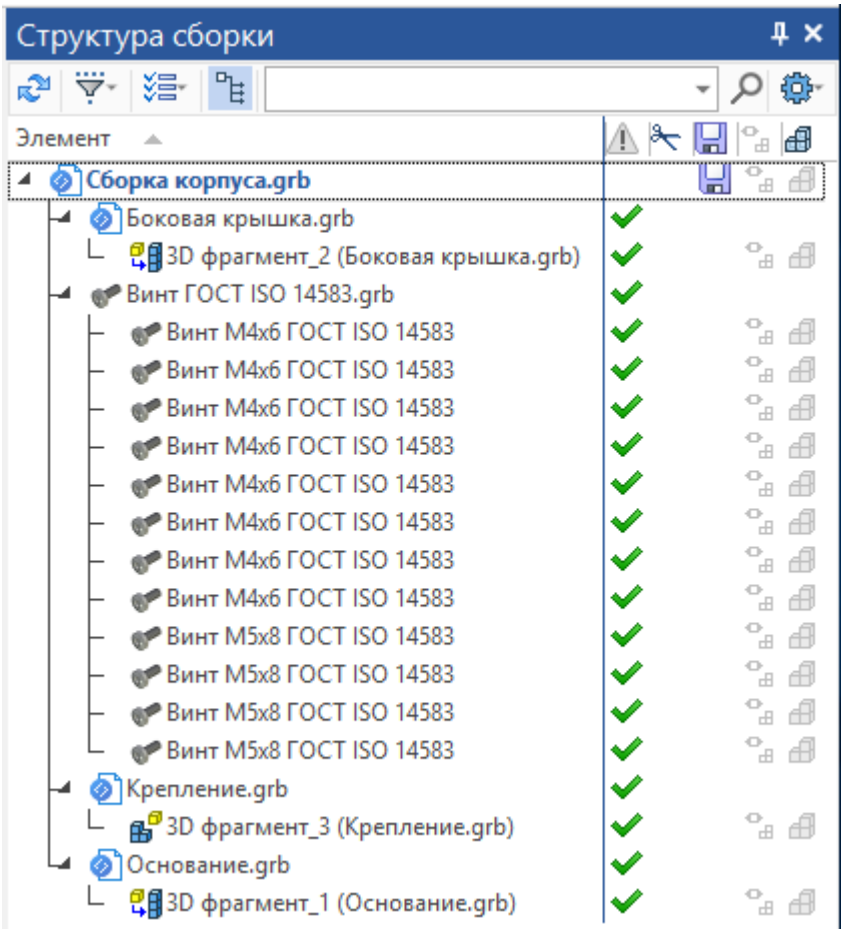


Структура сборки может содержать много исполнений фрагмента, у которого один исходный файл на который он ссылается. Например, показанная на рисунке сборка состоит из 15 фрагментов при этом для её создания понадобилось только 5 файлов, из которых одни файл – это файл сборки «Сборка корпуса.grb». Какой фрагмент на какой файл ссылается – можно увидеть в колонке

«Ссылка». Из рисунка видно, что все винты в сборке ссылаются на один файл «Винт ГОСТ ISO 14583.grb». Можно отобразить сборку не по её структуре, а по её ссылкам. Т.е. показать количество исходных файлов и какие фрагменты ссылаются на эти файлы. Для этого нужно нажать пиктограмму на верхней панели окна «Структура сборки».



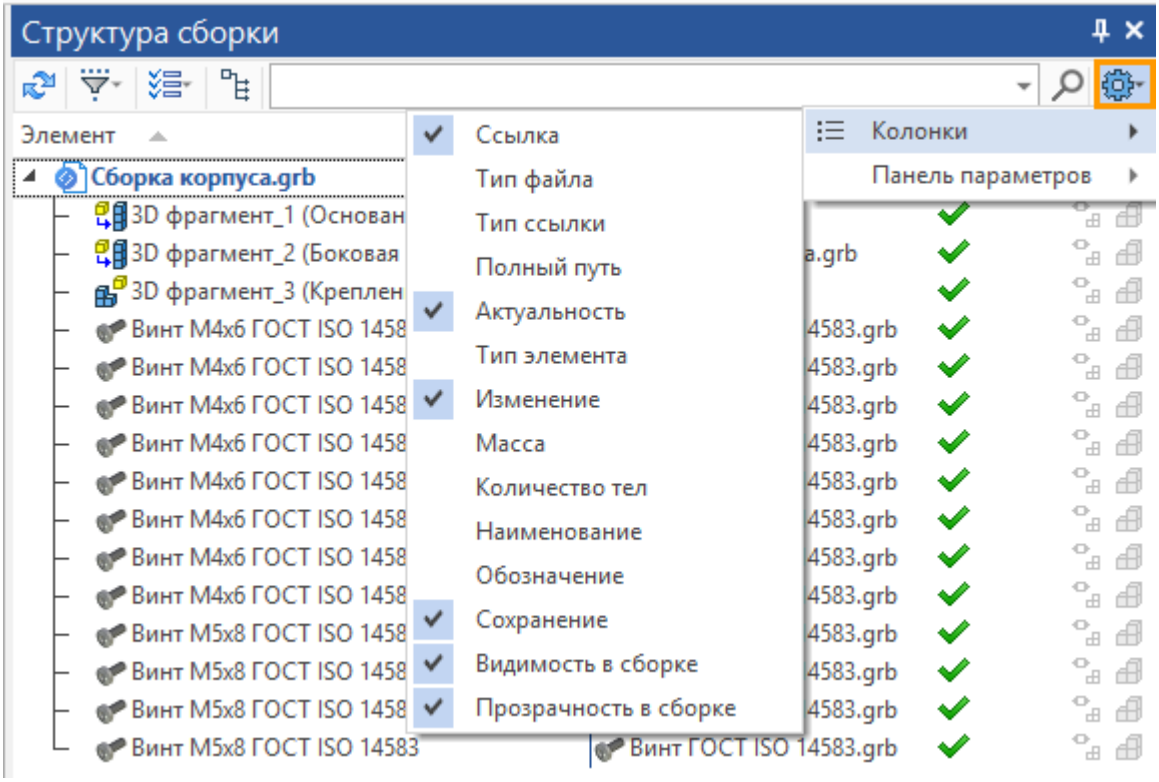
Теперь окно «Структура сборки» показывает исходные файлы. Для каждого файла указаны ссылки на них фрагментов в сборке. Раскроем вложенные ссылки.



Повторным нажатием пиктограммы можно вернуть отображение структуры.

Колонки

В окне «Структура сборки» некоторые колонки отображаются по умолчанию, для других отображение нужно указать. Колонка «Элемент» – основная, она всегда отображается в данном окне. На рисунке показано какие колонки отображаются по умолчанию.



Ссылка. В колонке показан файл, на который ссылается элемент сборки.

Тип файла. Указывает на расширение файла. Колонка нужна для понимания является ли элемент сборки документом T-FLEX CAD или внешней моделью других форматов («stp», «igs» и др.).

Тип ссылки. Внешняя или внутренняя. Внешняя – когда файл сохранён отдельно от сборки. Внутренняя – когда файл вложен в файл сборки.

Полный путь. Колонка отображает полный путь к элементу сборки.

Актуальность. Показывает актуальность элемента в сборке относительно обновлений геометрии в исходном файле. Пиктограмма ⚠ – обозначает, что ссылка не актуальная и нужно обновить элемент в сборке. Пиктограмма ⊗ – обозначает, что файл не найден.

Тип элемента. Показывает тип объекта, к которому относится элемент структуры сборки (3D фрагмент, параметры документа, внешние ссылки, стандартные элементы).

Изменение. При наличии пиктограммы ✂ указывает на наличие изменений в файле элемента сборки.

Масса. Показывает массу детали или подсборки (в зависимости от того, является ли элемент подсборкой или деталью)

Количество тел. Указывает количество фрагментов и (или тел) внутри элемента структуры сборки.

Наименование. Показывает наименование, которое мы указали при создании элемента сборки в окне диалога создания фрагмента или детали.

Обозначение. Показывает обозначение, которое мы указали при создании элемента сборки в окне диалога создания фрагмента или детали.

Сохранение. Пиктограмма – обозначает, что в файле элемента сборки есть не сохранённые изменения.

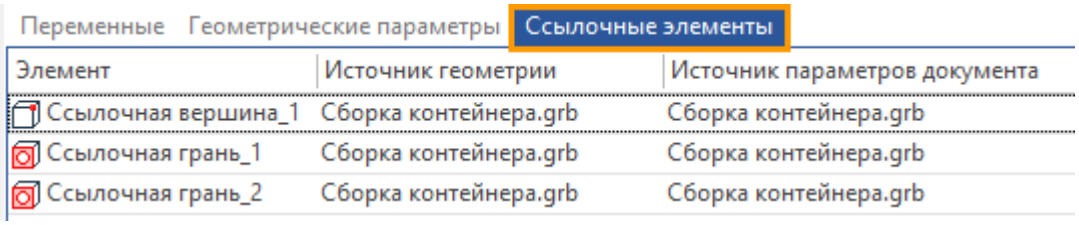
Видимость в сборке. При нажатии пиктограммы делает элемент сборки невидимым. Повторное нажатие – вновь показывает элемент в 3D сцене.

Прозрачность в сборке. При нажатии пиктограммы делает элемент сборки прозрачным. Повторное нажатие – возвращает исходное отображение элемента в 3D сцене.

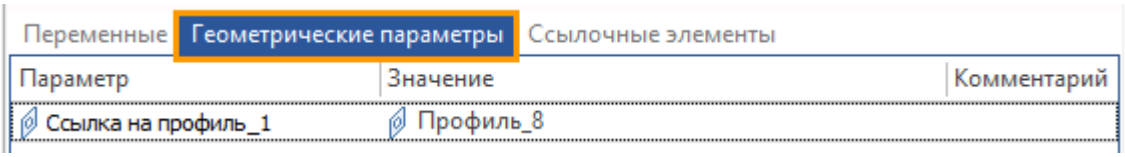
Панель параметров

Панель параметров по умолчанию находится внизу окна «Структура сборки». В панели параметров для каждого элемента сборки доступны три закладки.

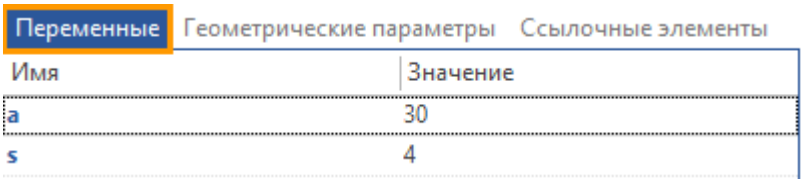
Ссылочные элементы. Показывает количество ссылочных элементов фрагмента, наименование ссылочных элементов, файл источник геометрии ссылочных элементов и файл источник параметров ссылочных элементов.



Геометрические параметры. У адаптивных фрагментов в данной закладке будут показаны их геометрические параметры.



Переменные. Если у фрагмента есть внешние переменные они буду показаны в данной закладке.



Доработка фрагмента в сборке

В случае, когда в сборке есть два или более фрагментов, у которых один исходный файл, но необходимо доработать геометрию только одного из этих фрагментов – можно доработать геометрию фрагмента в сборке. Изменять геометрию фрагмента нужно именно в файле сборки, не заходя в редактирование фрагмента в контексте сборки – это важный момент. Если зайти в редактирование фрагмента в контексте сборки – то мы изменим исходный файл фрагмента, а значит поменяем геометрию всех фрагментов в сборке, которые ссылаются на редактируемый файл.

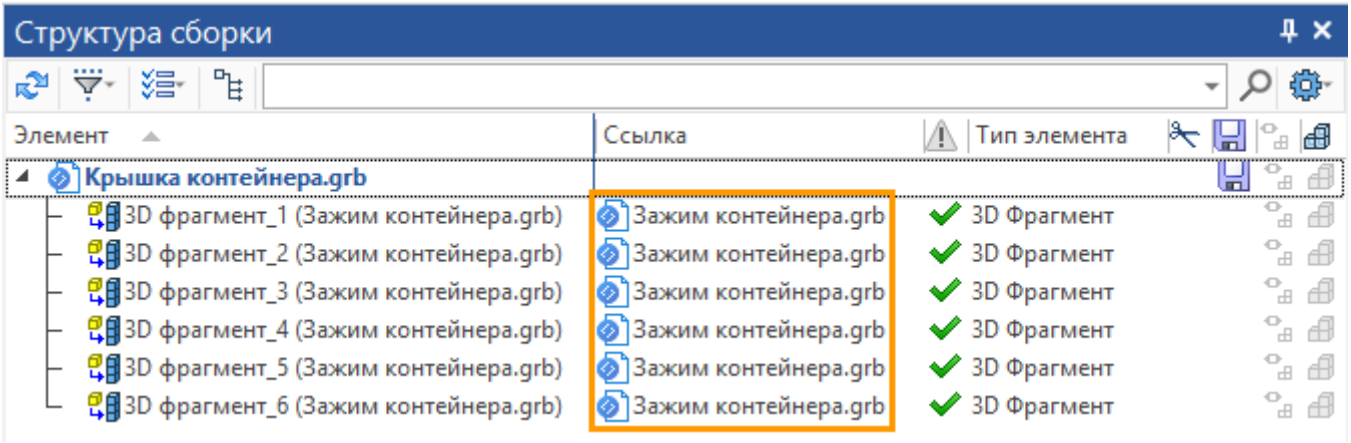
> В случае, когда необходимо доработать геометрию только одного фрагмента из нескольких, имеющих один исходный файл – режим редактирования в контексте сборки не подходит.

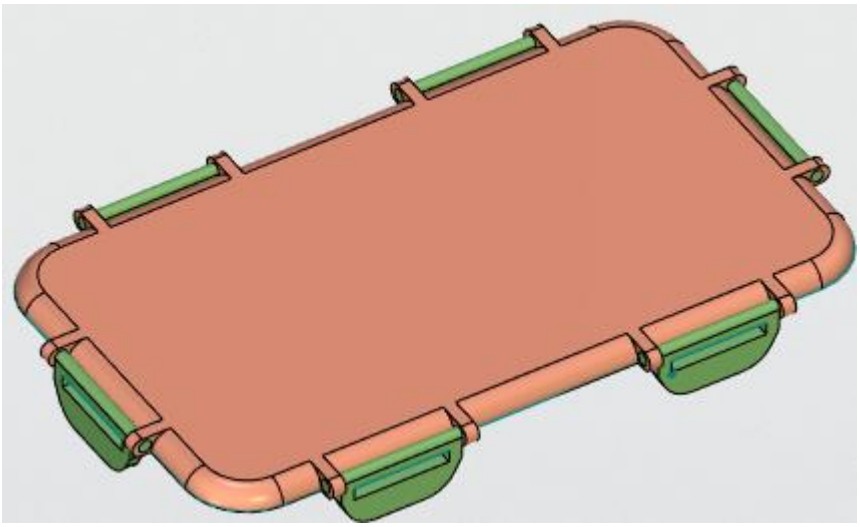
При помощи команд построения 3D геометрии нужно доработать фрагмент в файле сборки, после чего заново вставить доработанный фрагмент в сборку с помощью команды **Деталь>Создать** с вариантом **Создать фрагмент** (или вариантом **Создать адаптивный фрагмент**, если мы хотим поместить возможные ссылочные элементы в геометрические параметры фрагмента).

Создание тела на основе фрагмента

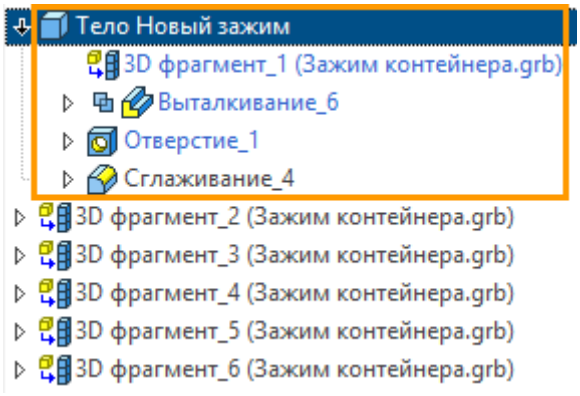
В сборке мы можем применять к геометрии фрагмента все доступные операции. При этом в сборке будет создано новое тело, в дерево построений которого будет входить фрагмент. Полученное тело можно сохранить в отдельный файл и автоматически вставить как фрагмент.

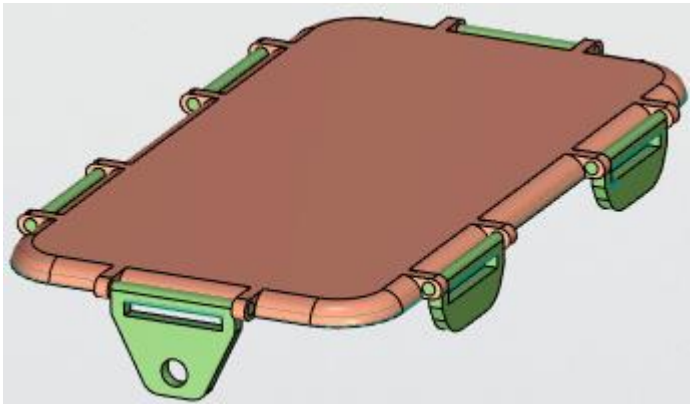
Рассмотрим пример. В сборке «Крышка контейнера» есть шесть одинаковых фрагментов зажима, имеющих один исходный файл «Зажим контейнера».



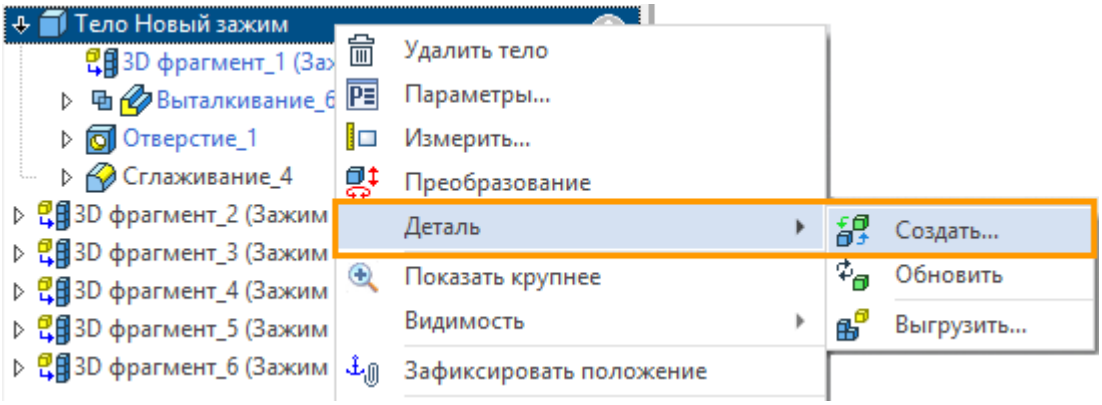


Доработаем геометрию одного из зажимов: при помощи операций 3D моделирования сделаем один зажим длиннее и добавим в него отверстие. В результате, в сборке появилось тело, в дерево модели которого входит редактируемый фрагмент.

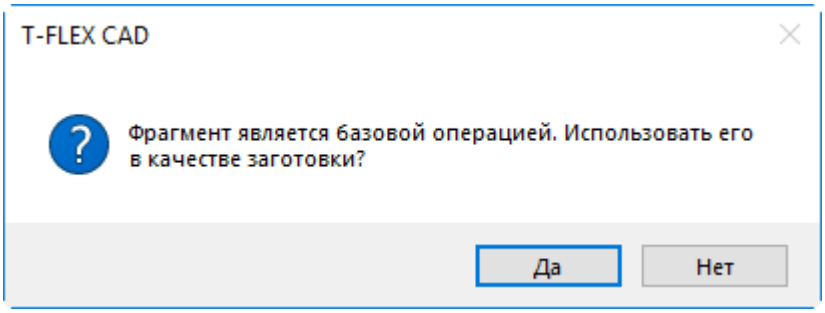




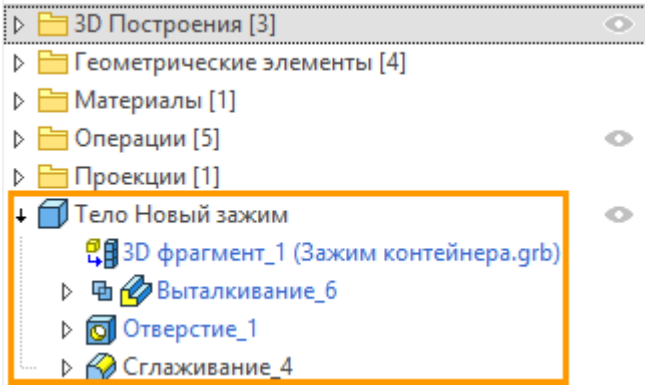
Теперь заново вставим доработанный фрагмент в сборку. Вызовем, для созданного на основе фрагмента тела, контекстное меню и выберем команду **Деталь>Создать**.



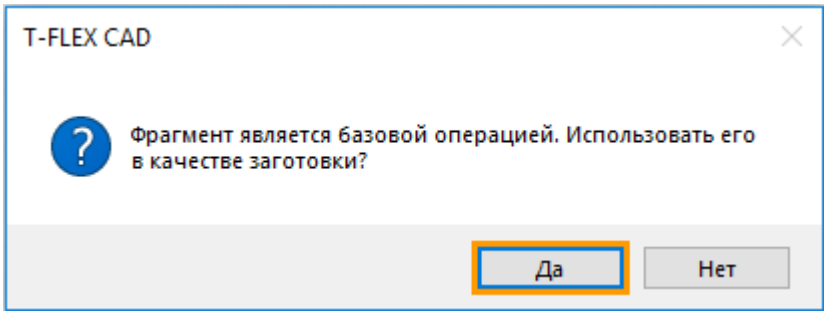
Система задаст вопрос о варианте сохранения файла фрагмента.



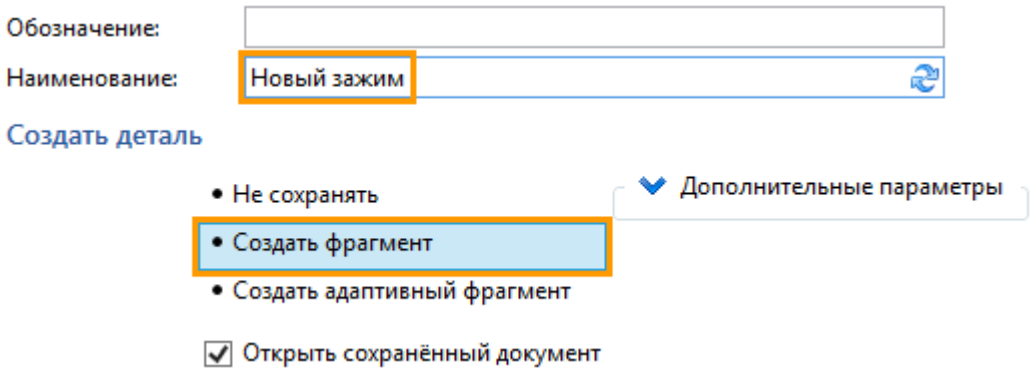
Если ответить утвердительно, и использовать фрагмент в качестве заготовки – тогда, в дерево модели файла фрагмента будут добавлены операции, выполненные в сборке (внутри нового файла фрагмента мы получим дерево модели с новыми операциями, сделанными в файле сборке). В случае необходимости автоматически будут созданы ссылочные элементы. Если ответить отрицательно, тогда в новый файл перейдёт дерево модели тела из сборки: в дереве модели созданного файла фрагмента будет присутствовать фрагмент, который редактировался в сборке.



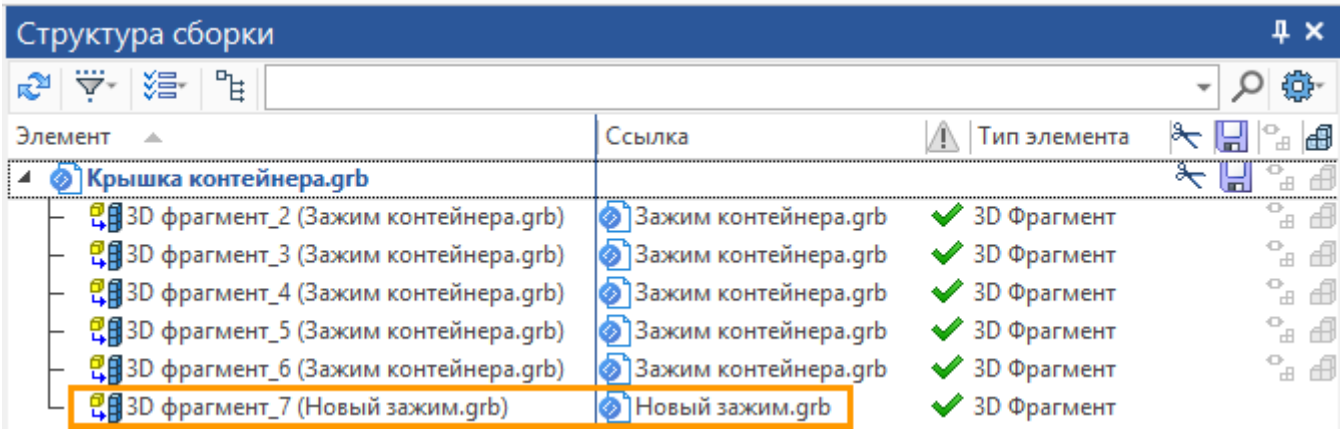
Ответим на вопрос, заданный системой, положительно, т.е. перенесём операции сделанные для фрагмента в сборке – в дерево модели фрагмента.



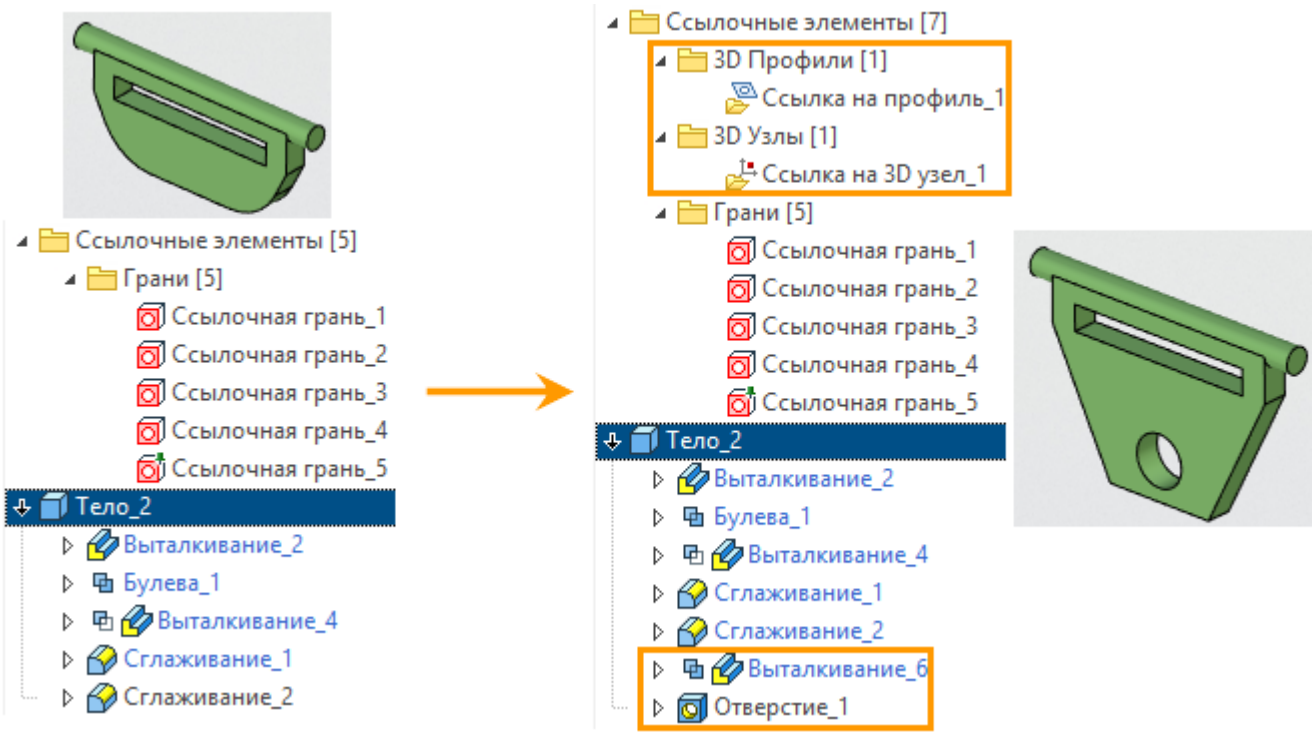
В появившемся диалоге создания детали (который мы уже рассматривали ранее) укажем, что создаём фрагмент и введём его наименование.



В результате выполнения команды был создан, и автоматически добавлен в сборку новый фрагмент. В окне «Структура сборки» можно увидеть, что взамен старого, появился новый фрагмент зажима, с исходным файлом «Новый зажим».



В дерево модели нового фрагмента добавились операции, выполненные в сборке. Также, у фрагмента появились новые, автоматически созданные, ссылочные элементы. Ссылочные элементы были созданы для тех родительских элементов операций из сборки, которые нельзя перенести из сборки фрагмента (подробнее об автоматически создаваемых ссылочных элементах можно почитать в подразделе «Ссылочный элемент»).



Доработка в специальном режиме

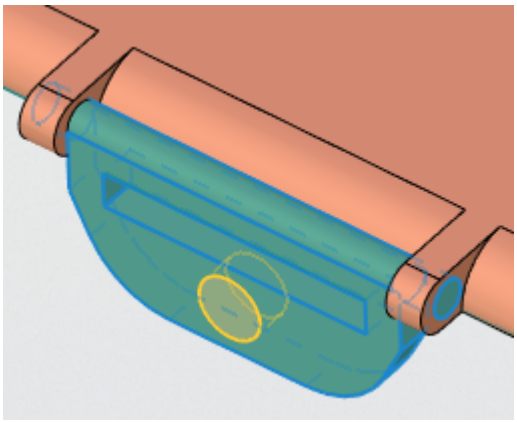
Дорабатывать фрагмент в сборке можно в специальном режиме: опция **Режим доработки 3D фрагмента**. Опция  доступна в автоменю тех команд, которые можно применить к фрагменту: **Отверстие, Скругление**, **Булева** (первым операндом должен быть редактируемый фрагмент), **Ребро**, **Отсечение**, **Уклон**, **Наложить материал**, **Упрощение**, **Деформация**.

Опция **Режим доработки 3D фрагмента** позволяет избежать создания тел в сборке на основе фрагментов. Но с учётом того, что начиная с 16-ой версии T-FLEX CAD появилась возможность создания фрагмента на основе тела в сборке, с сохранением в файле фрагмента всего дерева построений (команда **Деталь>Создать**) – данную опцию можно считать устаревшей.

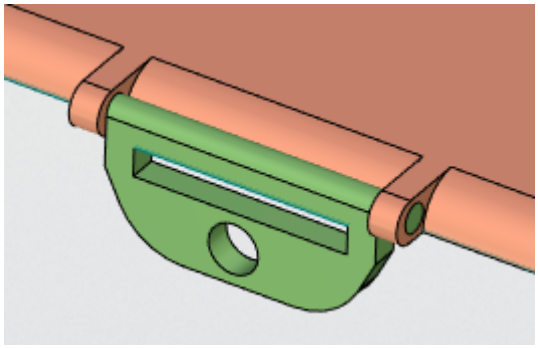
> Для стабильной работы системы не рекомендуется смешивать два способа доработки фрагментов: обычное редактирование фрагмента в сборке, и редактирование с использованием опции **Режим доработки 3D фрагмента**.

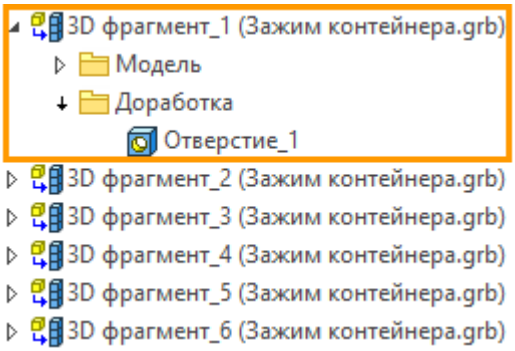
Как и в предыдущем случае, после доработки, фрагмент можно заново вставить в сборку. Это необходимо, если мы хотим создать новый исходный файл фрагмента, содержащий изменения, внесённые в сборке в режиме опции **Режим доработки 3D фрагмента**. Для этого нужно использовать команду **Деталь>Создать** с вариантом **Создать фрагмент**.

Вновь рассмотрим пример сборки крышки контейнера. Добавим на один из зажимов отверстие. Вызовем команду <3Н> **Отверстие**. Выберем грань на фрагменте зажима.

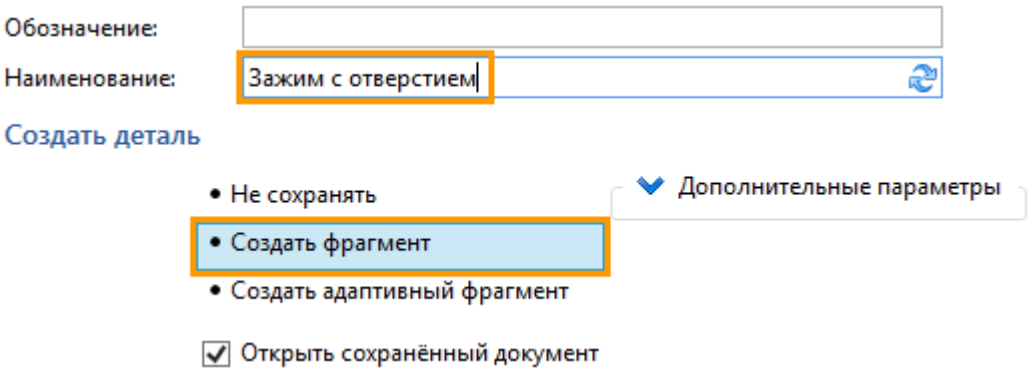


Как только система определила, что команда выполняется для фрагмента, в автоменю команды (внизу) появится пиктограмма  опции <Num0> **Режим доработки 3D фрагмента**. Сделаем данную опцию активной. Введём нужный диаметр отверстия и закончим ввод  или <Ctrl+Enter>. На фрагменте появилось отверстие. В окне «3D модель» сборки, можно увидеть, что в отличие от предыдущего случая, тела на основе фрагмента, создано не было. Зато в редактируемом фрагменте появилась папка, содержащая информацию об операциях сделанных в режиме доработки.



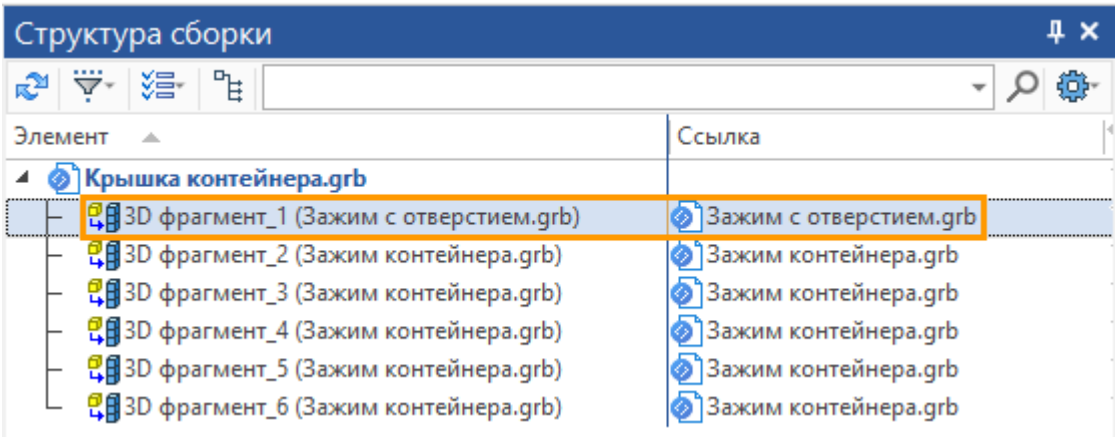


Доработанный фрагмент можно сохранить в отдельный файл и автоматически перевставить в сборку. Вызовем, для доработанного фрагмента, контекстное меню и выберем команду **Деталь>Создать**. По аналогии с предыдущим случаем укажем в диалоге **Создать фрагмент** и введём наименование «Зажим с отверстием».

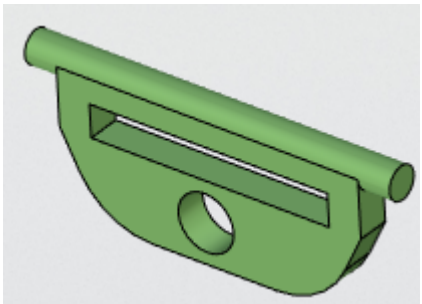


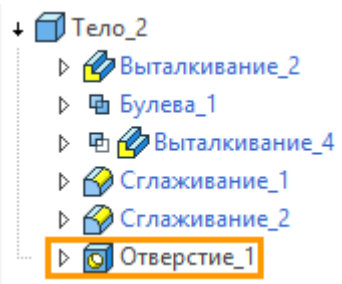
В отличие от предыдущего варианта доработки фрагмента, система не будет задавать вопрос о использовании фрагмента в качестве заготовки, т.к. тела на основе фрагмента в сборке создано не было. Фрагмент будет сохранён в новом файле с деревом модели, в которое будут добавлены операции, сделанные в сборке, в режиме опции **Режим доработки 3D фрагмента**.

В результате выполнения команды был создан, и автоматически добавлен в сборку новый фрагмент. В окне «Структура сборки» можно увидеть, что взамен старого, появился новый фрагмент зажима, с исходным файлом «Зажим с отверстием».



В окне «3D модель» фрагмента можно увидеть, что созданное в сборке отверстие добавлено в цепочку дерева модели тела.





Опция **Режим доработки 3D фрагмента** с последующим созданием фрагмента, позволяет добиться аналогичного итогового результата, как и сохранение тела из сборки (созданного на основе

фрагмента) с указанием использовать как заготовку фрагмент (первый способ доработки, описанный выше). Но опция **Режим доработки 3D фрагмента** требует от пользователя внимательности: нужно при выполнении команды указывать данную опцию, кроме того возможности опции **Режим доработки 3D фрагмента** несколько меньше, чем доработка фрагмента с созданием нового тела в сборке. Поэтому использование опции **Режим доработки 3D фрагмента** при редактировании фрагментов в сборке является менее предпочтительным.

> Нужно помнить, что любая доработка фрагмента в файле сборки обоснована только тогда, когда в сборке есть несколько фрагментов с одним исходным файлом, и один из фрагментов нужно изменить. Во всех других случаях необходимо редактировать фрагмент в контексте сборки или просто открыв исходный файл фрагмента.

Проверка геометрии фрагмента

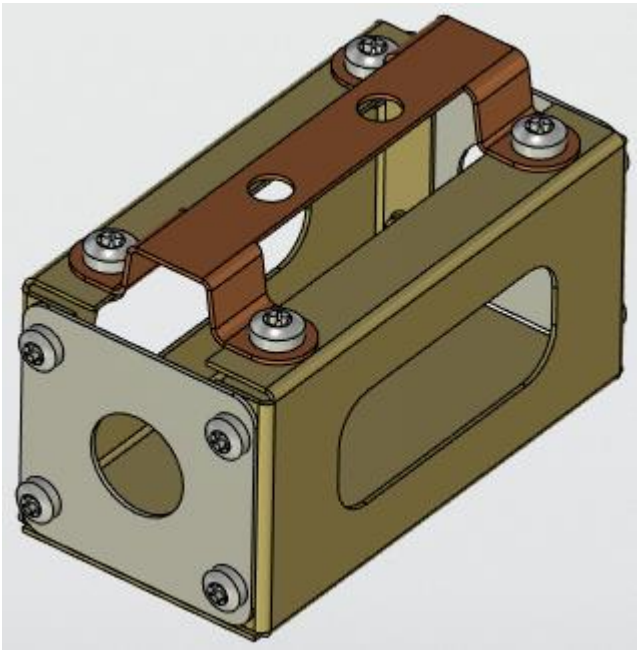
Для проверки текущей геометрии фрагмента нужно воспользоваться командой **Деталь>Создать** с вариантом **Не сохранять**. Команду нужно вызывать из контекстного меню фрагмента.

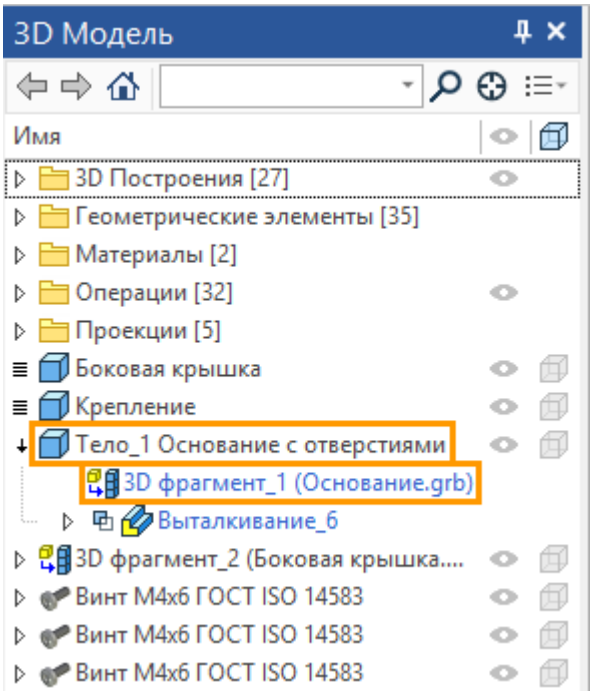
Проверка геометрии фрагмента может понадобиться, например, в случае работы с параметрическими фрагментами (содержащими внешние переменные или геометрические параметры), т.к. их исполнение может отличаться от исполнения в исходном файле фрагмента, и чтобы посмотреть геометрию фрагмента в конкретном исполнении удобно открыть его в отдельном документе, не сохраняя на диск.

Проверить фрагмент также нужно, когда возникают различные проблемы с его пересчётом в сборке: необходимо понять – проблема на уровне фрагмента или на уровне сборки.

Другой случай применения – когда фрагмент в сборке дорабатывался при помощи операций 3D моделирования. Иногда нужно понять, как выглядит исходный фрагмент, и какие в нём операции.

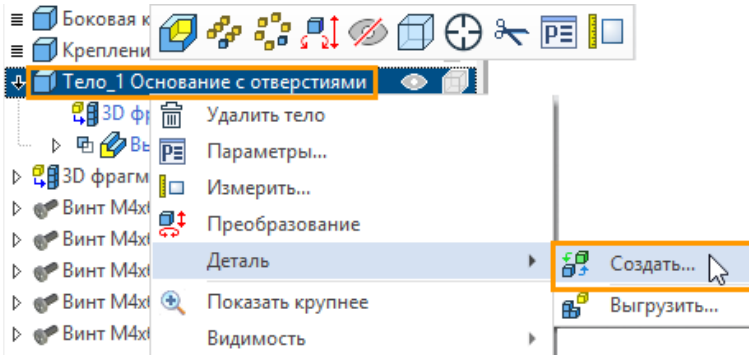
Например, сделаем во фрагменте «Основание» сборки корпуса отверстия находясь в сборке. В результате мы получим тело где одним из операндов является фрагмент.

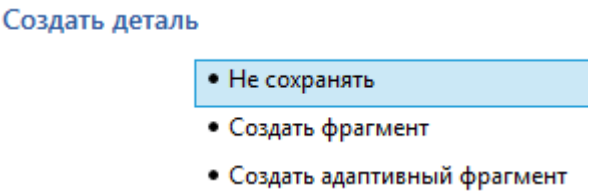




Чтобы было легче понять, как именно выглядит фрагмент, а как созданное тело – откроем отдельным документом тело и отдельным документом фрагмент.

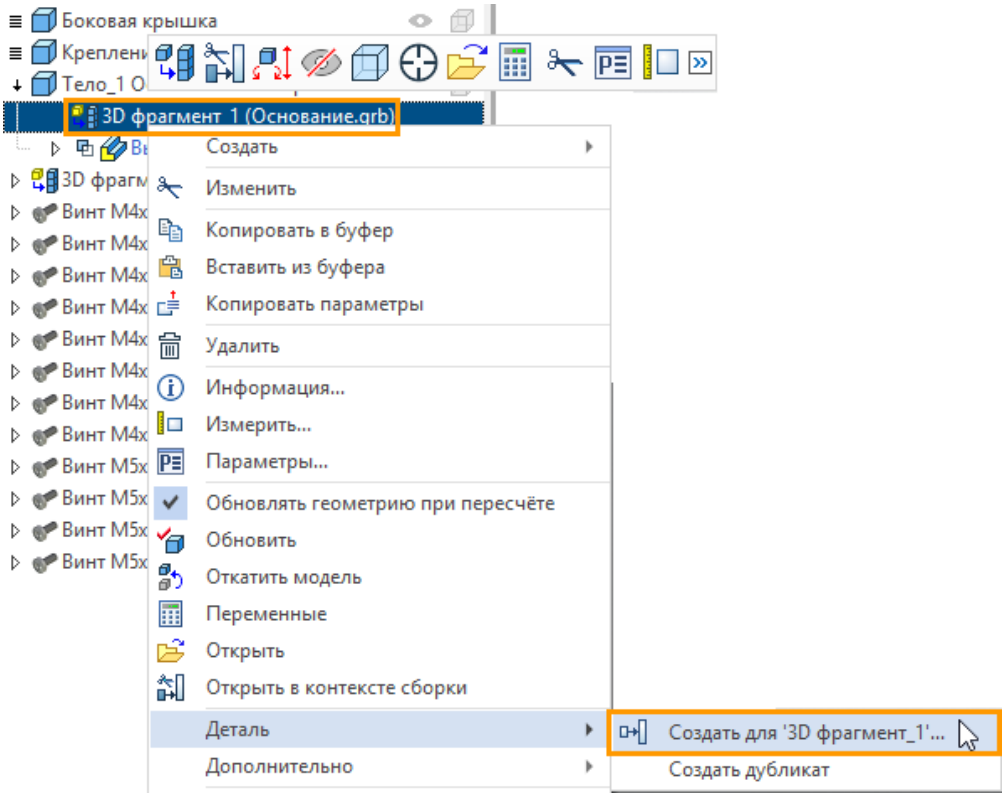
Вызываем контекстное меню в окне «3D модель» для тела, вызываем команду **Деталь>Создать**, указываем вариант **Не сохранять**.





В результате в отдельном документе отображается тело, для которого вызывали команду **Создать**.

Аналогично поступаем с фрагментом: вызываем контекстное меню фрагмента и создаём деталь без сохранения.



В результате фрагмент будет открыт отдельным документом без записи на диск.

Сохранение геометрии из сборки в отдельном файле

Для создания чертежей деталей, которые в сборке имеют разное исполнение удобно сделать сохранение детали в отдельный файл. Модели деталей, сохранённые из сборки в отдельный файл, можно передать другим пользователям, которым, в силу каких-то причин, не нужно работать со всей сборкой. Поэтому реализован механизм, благодаря которому тела, либо фрагменты, выходящие в сборку можно сохранить в отдельный файл, который можно будет обновить согласно изменениям в сборке, но сделанные в нём изменения в сборку не будут передаваться.

- ✓ Команда **Деталь>Выгрузить** с опцией **Экспортировать тело с возможностью последующего обновления файла детали при изменении сборки**.
- ✓ Команда **Деталь>Выгрузить** с опцией **Экспортировать тело в формат Parasolid.**
- ✓ Команда **Деталь>Создать** без создания фрагментов.

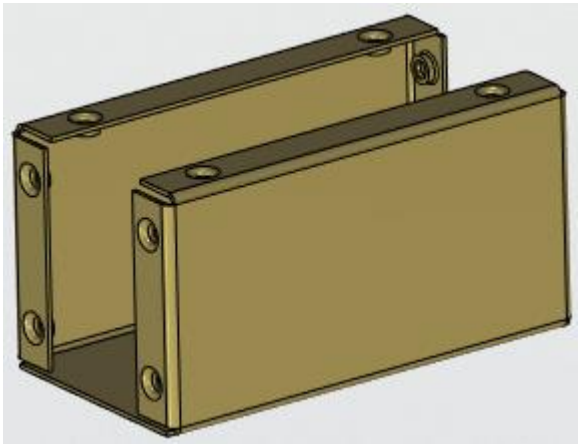
В случае изменений в сборке, файл формата Parasolid нужно сохранять повторно. Рассмотрим указанные варианты сохранения геометрии в отдельном файле.

> Если во фрагменте, который был сохранён в отдельный файл, уже имелись чертежи, то они будут изменены в соответствии с изменениями фрагмента в сборке.

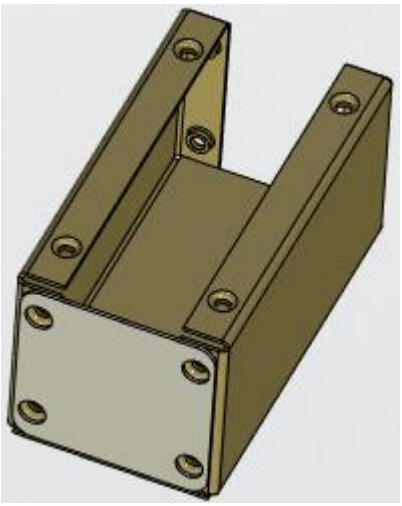
Сохранить геометрию с возможностью обновления

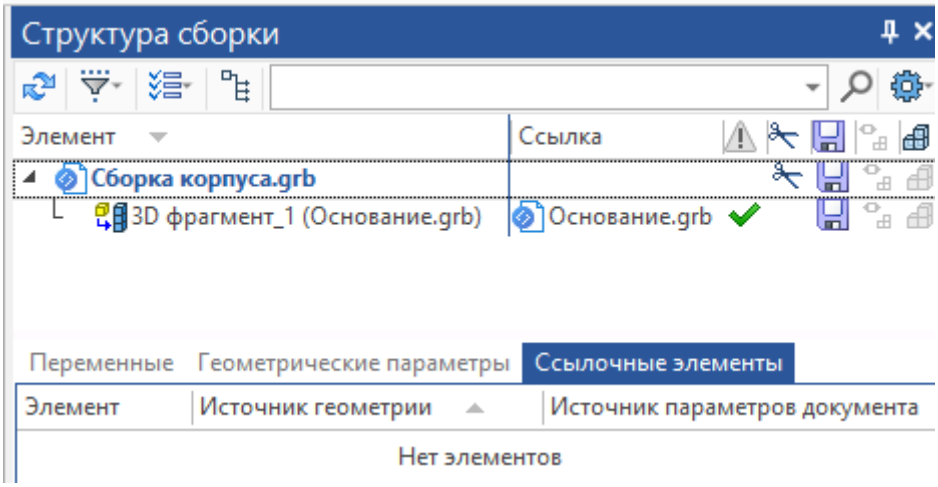
В случаях, когда нужно сохранить тело, или фрагмент в конкретном исполнении (для фрагментов с внешними переменными или геометрическими параметрами), в отдельном файле, например, для создания чертежа, или передачи другому пользователю, нужно пользоваться командой **Деталь>Выгрузить** с вариантом сохранения **Экспортировать тело с возможностью последующего обновления файла детали при изменении сборки**. При использовании данной команды пользователю не будет доступно дерево построений модели.

Пусть у нас есть сборка корпуса (файл «Сборка корпуса») в котором есть только один фрагмент «Основание». У фрагмента нет ссылочных элементов и геометрических параметров, т.е. он является неадаптивным и создан в сборке при помощи команды <FM> **Создать 3D фрагмент**.

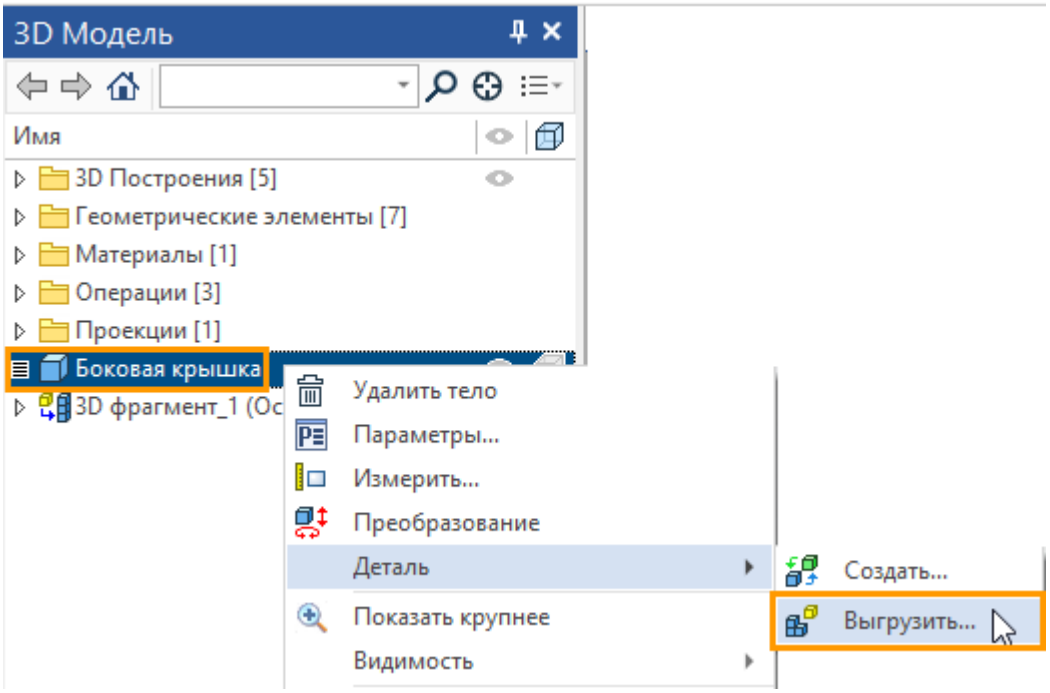


Допустим в сборке мы начали делать боковую крышку, которую затем хотим выгрузить в отдельный файл, но так, чтобы изменения в теле предавались в файл. При этом у нас нет необходимости создавать правильную структуру сборки и перевставлять сохранённое тело как фрагмент.

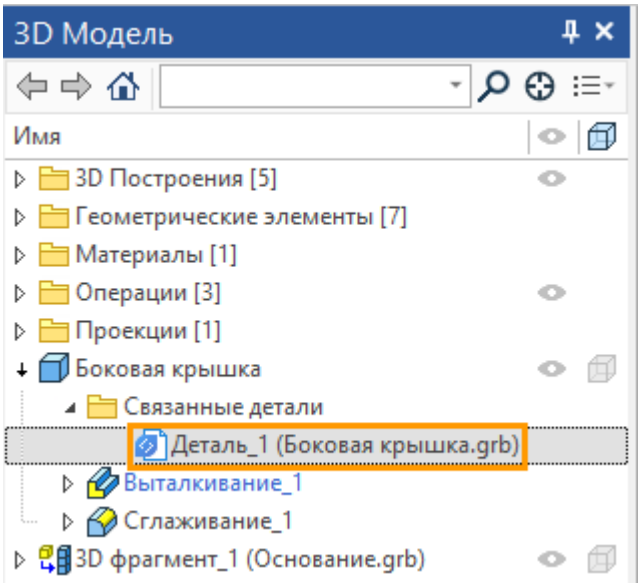




В окне «3D модель» вызываем контекстное меню для тела «Боковая крышка» и выбираем команду **Выгрузить**.

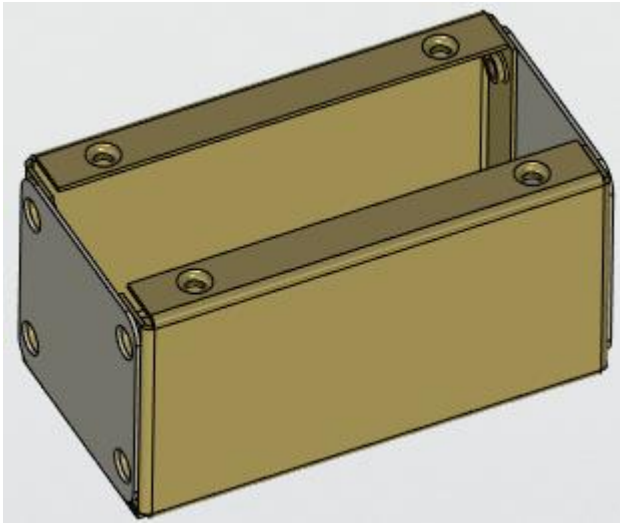


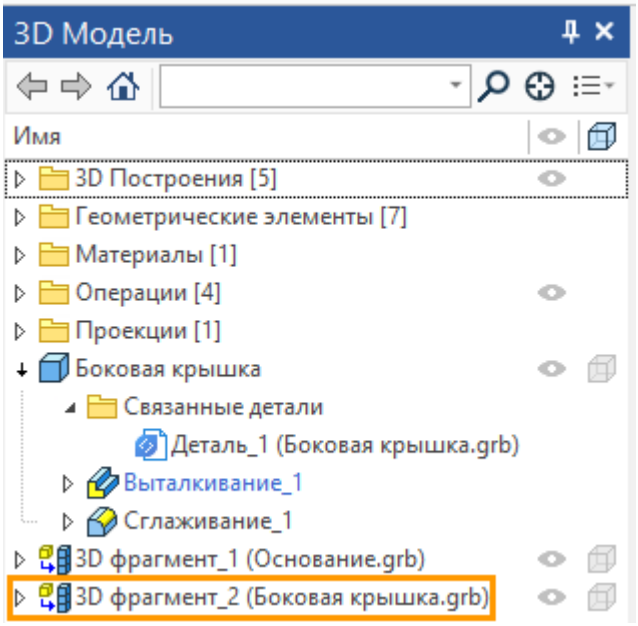
В появившемся диалоге выбираем вариант **Экспортировать тело с возможностью последующего обновления файла детали при изменении сборки**. Краткое описание диалогового окна можно посмотреть в разделе «Диалог выгрузки». В результате выполнения операции был создан файл «Боковая крышка.grb», а в дереве построений тела появилась связанная деталь. На структуру сборки выполнение команды никак не влияет, и в окне «Структура сборки» изменений нет. Можно делать несколько отдельных файлов для одного тела.

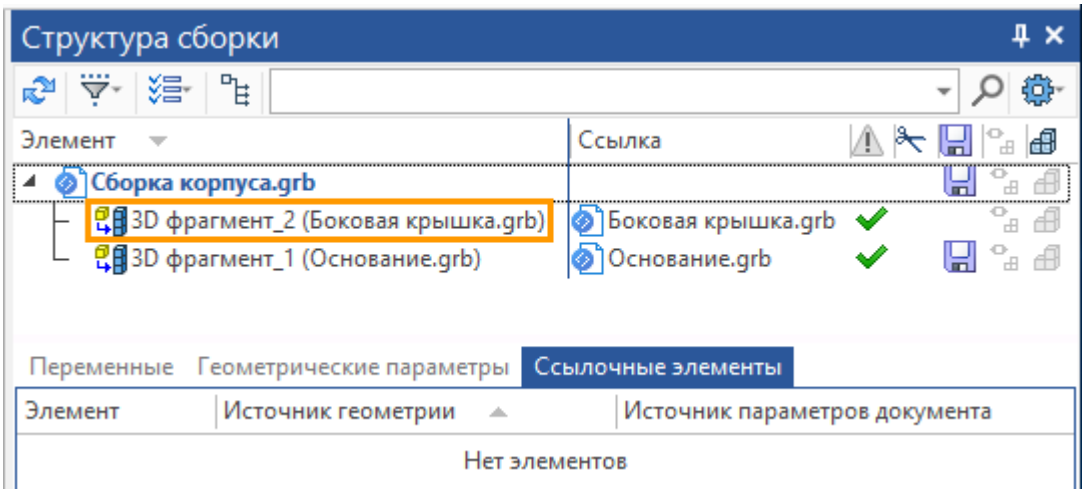


Созданный файл можно помещать как фрагмент в сборке при помощи команды <3F> **3D Фрагмент**.

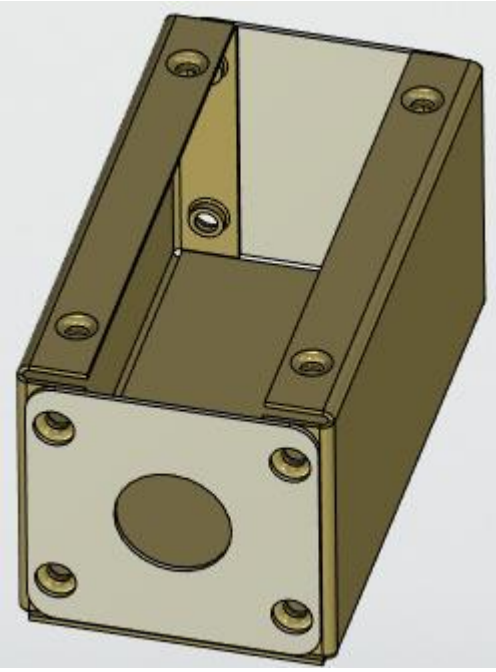
Вставим файл «Боковая крышка» в сборку. В окнах «3D модель» и «Структура сборки» появился новый фрагмент.

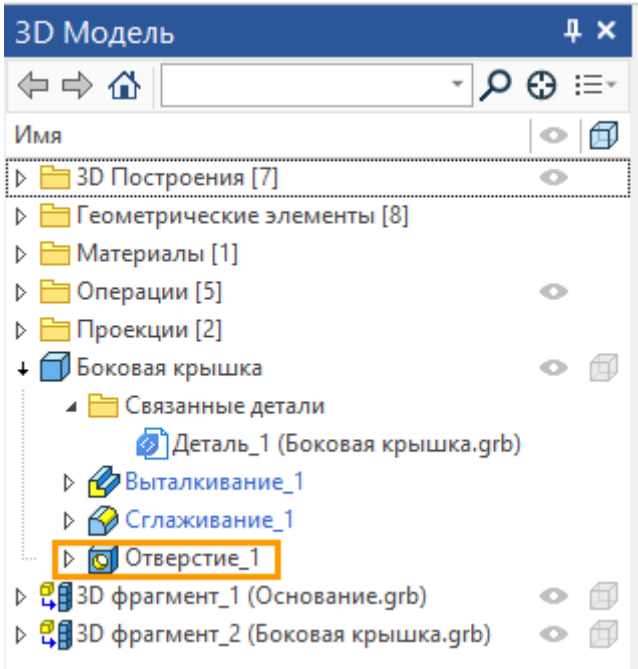






Внесём изменения в крышку и добавим отверстие.



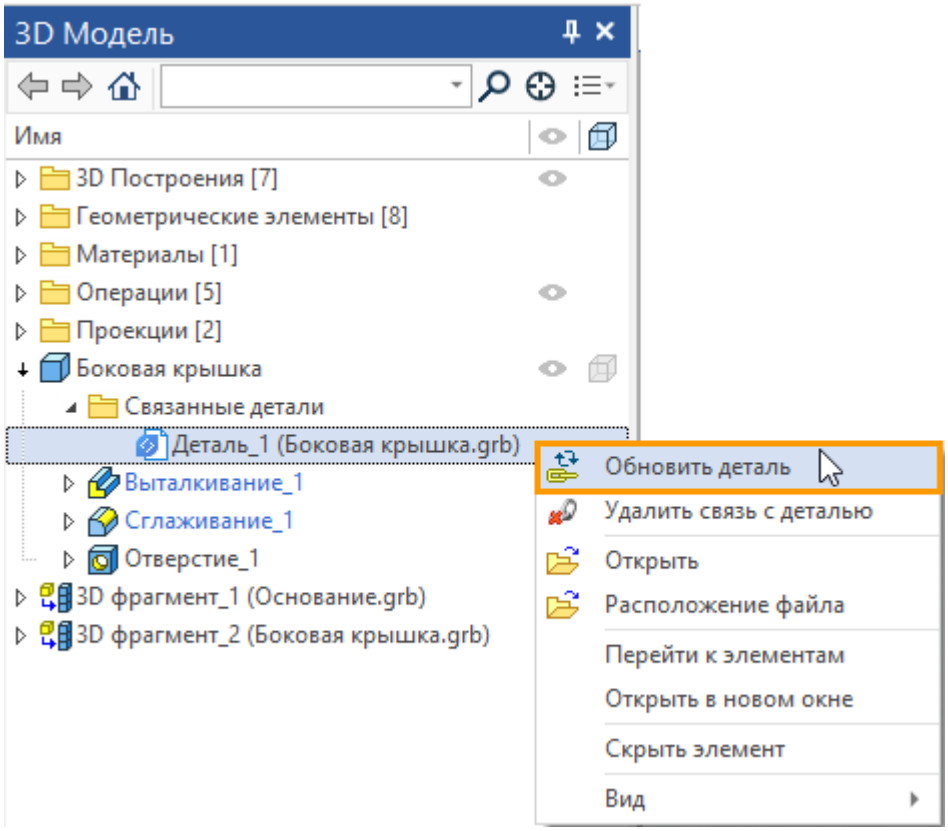


Чтобы передать изменения в файл «Боковая крышка» нужно воспользоваться специальной командой.

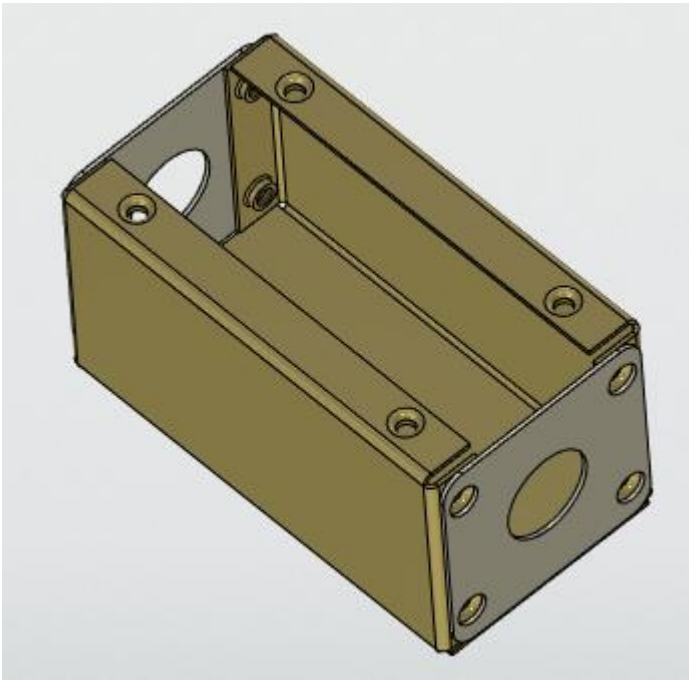
Пиктограмма	Лента
	
Клавиатура	Текстовое меню
	Файл > Сборка > Обновить связанные детали

Вызвать команду обновления детали можно в окне «Структура сборки» через меню действий (подробнее см. в подразделе «Окно «Структура Сборки»).

Можно обновить конкретную деталь, вызвав контекстное меню для связной детали. В нашем случае, т.к. деталь одна, разницы не будет.



В результате выполнения команды в файле детали будет добавлено отверстие, и, если обновить сборку, фрагмент «Боковая крышка» также изменит свою геометрию.



Другие команды контекстного меню.

Удалить связь с деталью. Позволяет разорвать связь с выгруженной деталью: деталь больше не будет связана со сборкой и её обновление станет недоступным.

Открыть. Позволяет открыть файл детали.

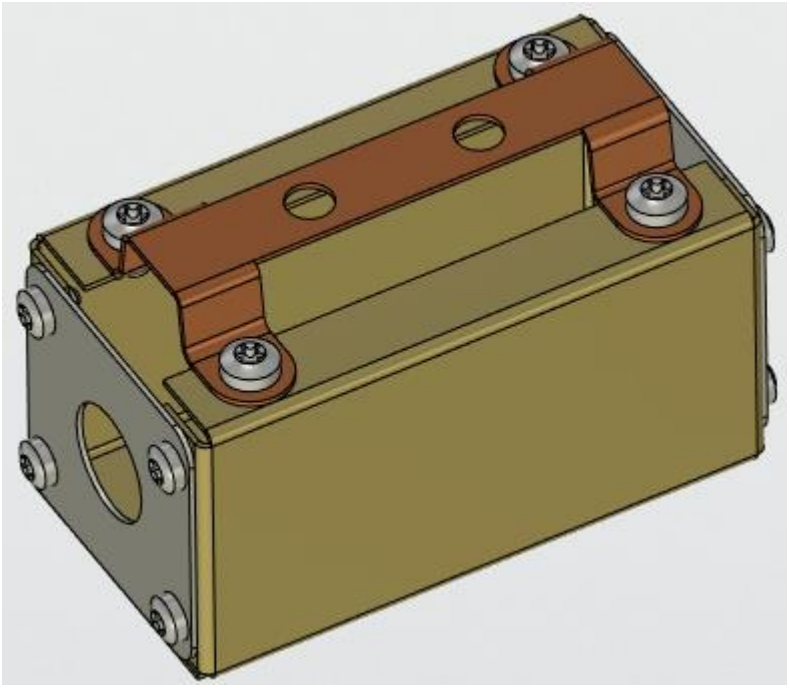
Расположение файла. Показывать файл детали в проводнике Windows.

В контекстном меню также доступна команда **Обновить связанные детали**. Она позволяет обновить детали для выделенных объектов.

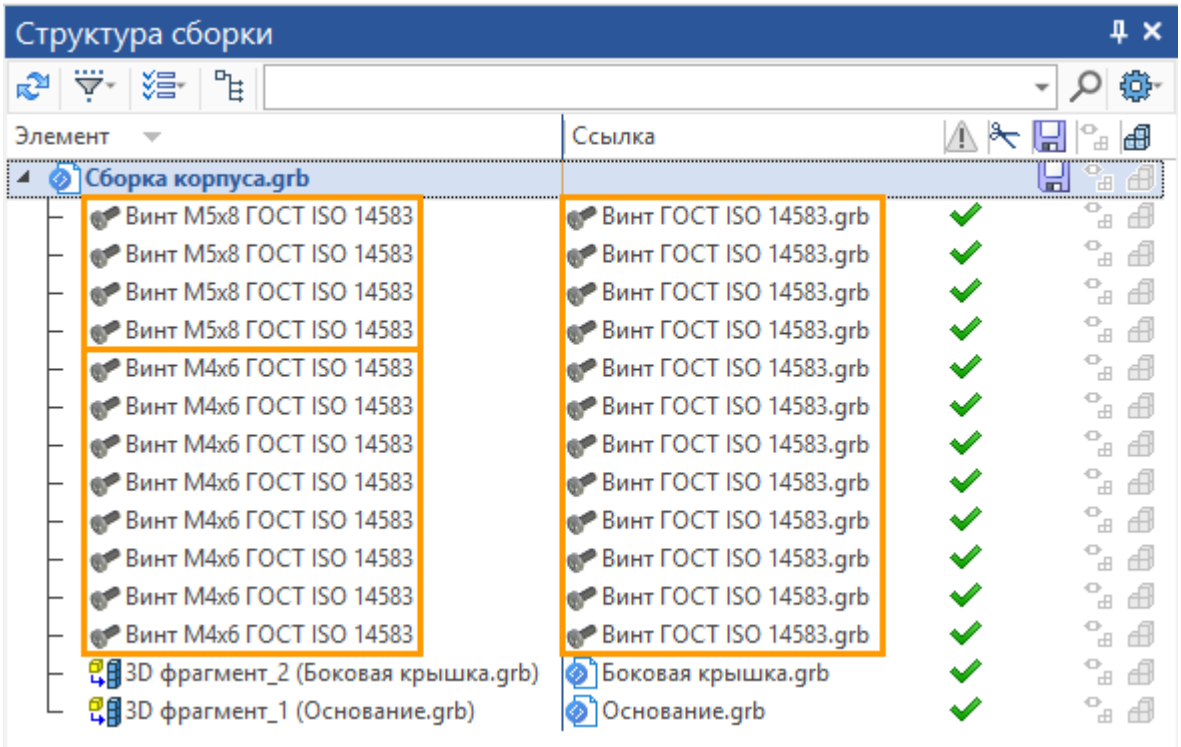
Сохранить исполнение геометрии параметрического фрагмента

Другой важной возможностью команды **Деталь>Выгрузить** с вариантом сохранения **Экспортировать тело с возможностью последующего обновления файла детали при изменении сборки** – является возможность выгружать разные исполнения параметрических фрагментов, т.е. фрагментов с переменными и (или) геометрическими параметрами.

Продолжим пример с корпусом. Боковые крышки соединяются с основанием при помощи винтов М4х6, а крепление – при помощи винтов М5х8.

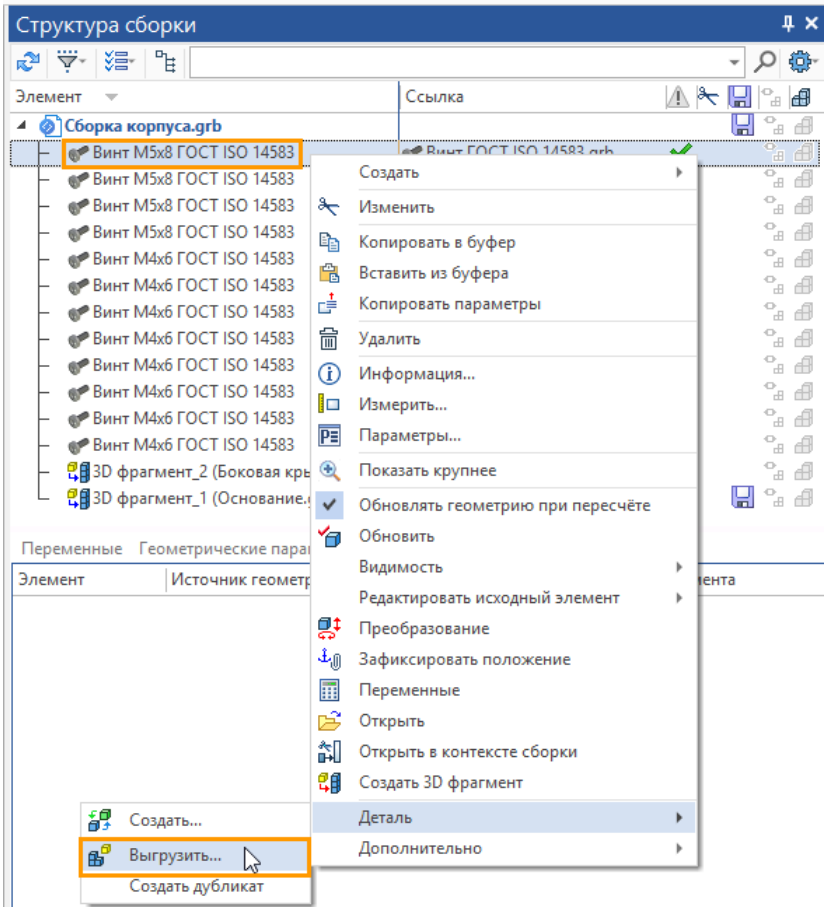


Из окна «Структура сборки» можно увидеть, что разные исполнения винта (М4х6 и М5х8) ссылаются на один файл. Т.е. фрагмент винта является параметрическим (содержит внешние переменные) и позволяет реализовать все возможные исполнения согласно ГОСТу.



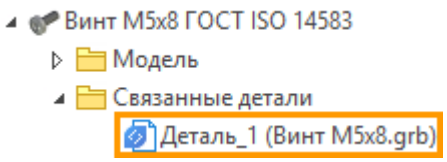
Если нам нужно зафиксировать какие-то конкретные варианты исполнения параметрических фрагментов (например для создания чертежа) то нам нужно создать отдельный файл с тем или иным исполнением параметрического фрагмента. При этом нам не нужна обратная связь с этим файлом, но нужна возможность передать изменения в файл, если исполнение фрагмента в сборке поменялось. При помощи команды **Выгрузка** создадим два связанных со сборкой файла: один с исполнением М4х6, и второй – с исполнением М5х8.

В окне «3D модель» или в окне «Структура сборки» вызываем контекстное меню для фрагмента винта с исполнением М5х8. В контекстном меню выбираем команду **Деталь>Выгрузить**, в диалоговом окне указываем вариант сохранения **Экспортировать тело с возможностью последующего обновления файла детали при изменении сборки**. Называем файл так, чтобы было понятно его исполнение.



В результате был создан файл «Винт M5x8.grb». В окне «Структура сборки» данное действие никак не отобразится.

В окне «3D модель» мы можем увидеть созданный файл в папке «Связные детали». Как и в выше описанном случае, когда команда **Деталь>Выгрузить** (с рассматриваемым вариантом выгрузки) применялась для тела в сборке, мы имеем возможность передать изменения геометрии из сборки в созданный файл.



Для обновления геометрии файла «Винт M5x8.grb», согласно изменениям фрагмента в сборке, нужно воспользоваться командой **Обновить связанные детали,** или в окне «3D модель» через контекстное меню связанной детали взывать команду обновления для конкретного файла.

По аналогии можно создать файл для исполнения винта M4x6.

Сохранить геометрию в формате Parasolid

В диалоге выгрузки детали при выборе первого пункта: «Экспортировать тело в формат Parasolid» появляется диалог экспорта детали в формат Parasolid. Выбранные элементы сохраняются в

отдельный файл формата Parasolid (*.x_t), который в дальнейшем не зависит от сборки. На структуре сборочной модели операция экспорта никак не отражается.

Сохранить документ просмотра

В случае необходимости, документ, открытый при выполнении команды **Деталь>Создать** с вариантом **Не сохранять**, можно сохранить. Для этого, в открытом документе, нужно выполнить команду сохранения <Ctrl+S> **Сохранить**.

Сохранить документ просмотра будет нужно, например, в случае, когда в файле, сохранённой из сборки геометрии, необходимо дерево модели. При этом, связь такого файла со сборкой нужно контролировать самостоятельно: если при выполнении команды **Деталь>Создать** были автоматически созданы ссылочные элементы – их нужно обновлять в созданном файле в случае изменений в сборке. Созданный файл можно помещать как фрагмент в сборки при помощи команды <3F> **3D Фрагмент**.

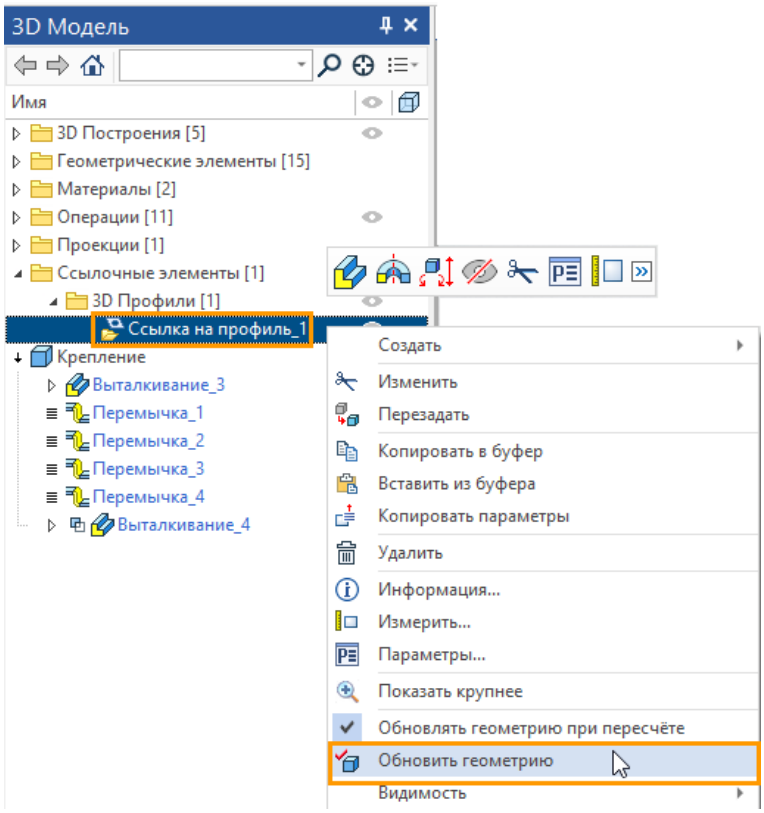
Продолжим пример сборки корпуса. Допустим тело крепления, созданное в сборке «Сборка корпуса», нам нужно сохранить в отдельный файл. Причём так, чтобы была возможность работать с деревом построения тела. При этом, для сборки не нужны изменения, сделанные в файле, но для файла детали – нужно передавать изменения, сделанные в сборке. Это необходимо, например, в случае, когда у крепления есть различные исполнения. Тогда, для создания чертежа второго исполнения крепления, у нас будет 3D модель, в которой, благодаря доступному дереву модели мы можем сделать требуемые изменения. При этом, т.к. у 3D модели крепления будет связь через ссылочные элементы со сборкой, то в случае изменений – крепление получит актуальную геометрию при обновлении ссылочных элементов. Можно создавать сколько угодно отдельных 3D моделей одного тела или фрагмента.

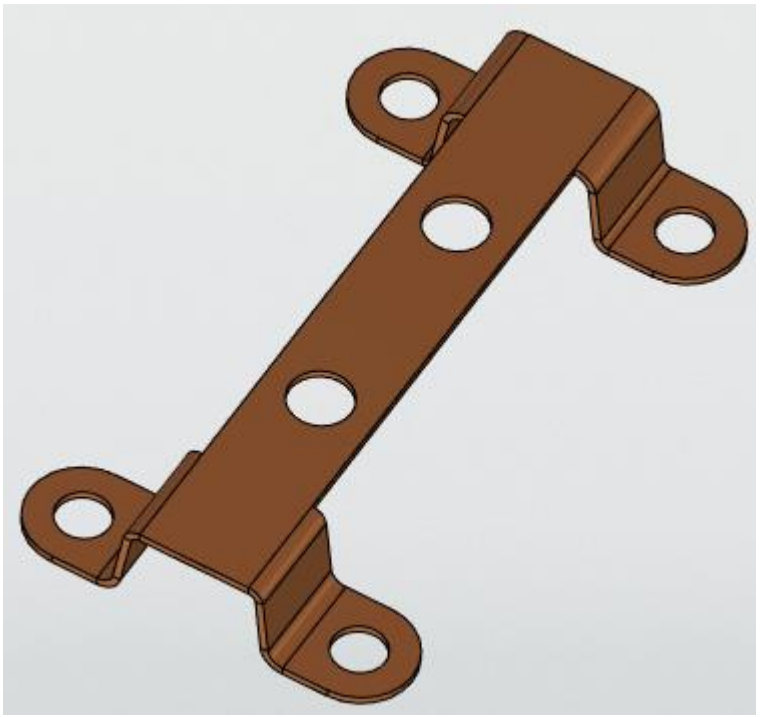
Вызываем в окне «3D модель» контекстное меню для тела «Крепление». Выбираем команду **Деталь>Создать**. Работа с появившимся диалоговым окном уже была рассмотрена выше. Выбираем вариант **Не сохранять**.

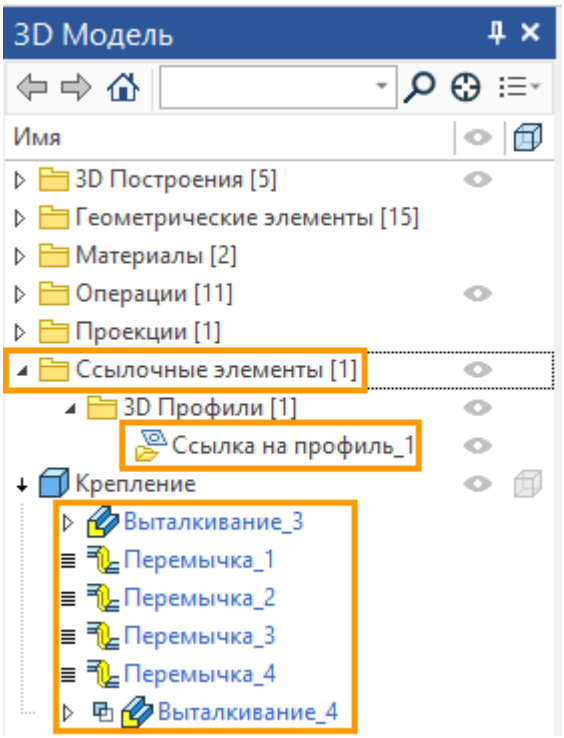
Введём наименование: «Крепление». В результате был создан файл «Крепление.grb».

В окнах «3D модель» и «Структура сборки» файла сборки «Сборка корпуса» никаких изменений не будет.

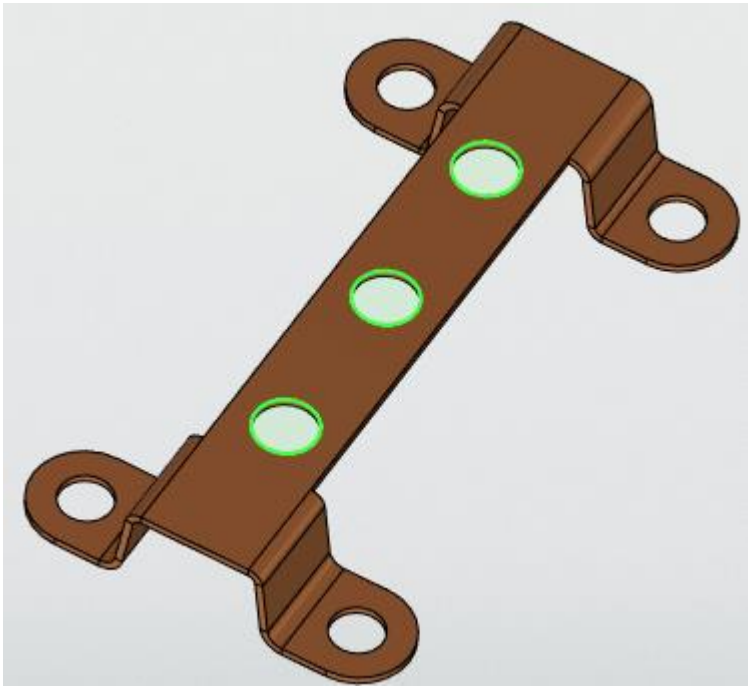
В файле «Крепление» доступно дерево модели. Автоматически был создан ссылочный элемент на профиль, родительские элементы которого нельзя забрать из сборки. Профиль зависит от сборки и будет обеспечивать через ссылочный элемент связь модели со сборкой. Чтобы обновить ссылочную геометрию надо вызвать команду обновления из контекстного меню ссылочного элемента.

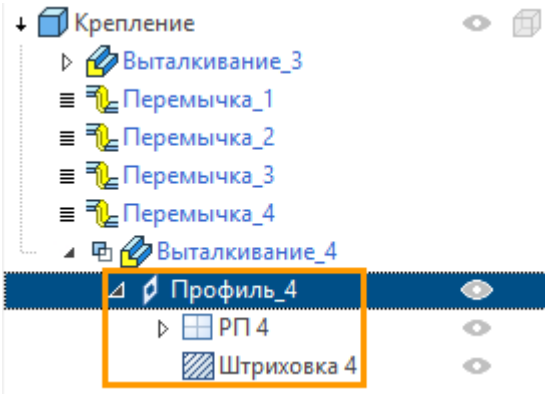

3D Модель
Имя
3D Построения [5]
Геометрические элементы [15]
Материалы [2]
Операции [11]
Проекции [1]
Ссылочные элементы [1]
3D Профили [1]
Ссылка на профиль_1
Крепление
Выталкивание_3
Перемычка_1
Перемычка_2
Перемычка_3
Перемычка_4
Выталкивание_4
Создать
Изменить
Перезадать
Копировать в буфер
Вставить из буфера
Копировать параметры
Удалить
Информация...
Измерить...
Параметры...
Показать крупнее
Обновлять геометрию при пересчёте
Обновить геометрию
Видимость




3D Модель
Имя
3D Построения [5]
Геометрические элементы [15]
Материалы [2]
Операции [11]
Проекции [1]
Ссылочные элементы [1]
3D Профили [1]
Ссылка на профиль_1
Крепление
Выталкивание_3
Перемычка_1
Перемычка_2
Перемычка_3
Перемычка_4
Выталкивание_4

Мы можем редактировать построения и создать новый вариант исполнения детали. Например, отредактируем построения, которые задают профиль, и изменим тем самым количество отверстий.

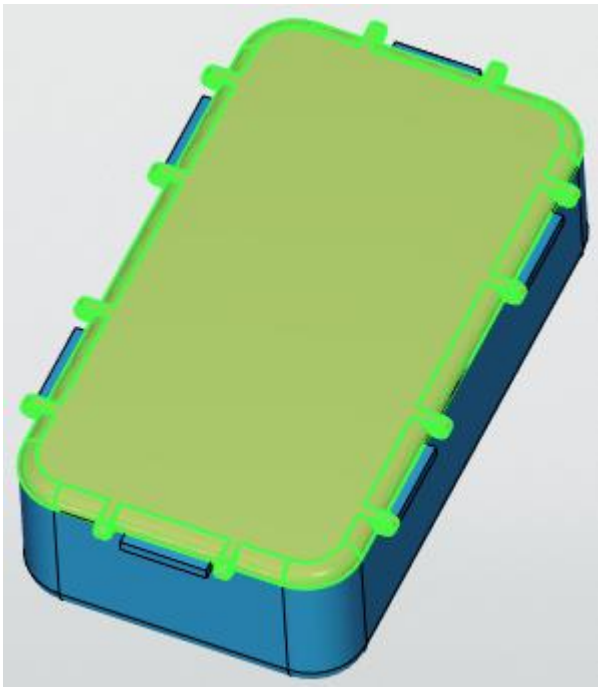


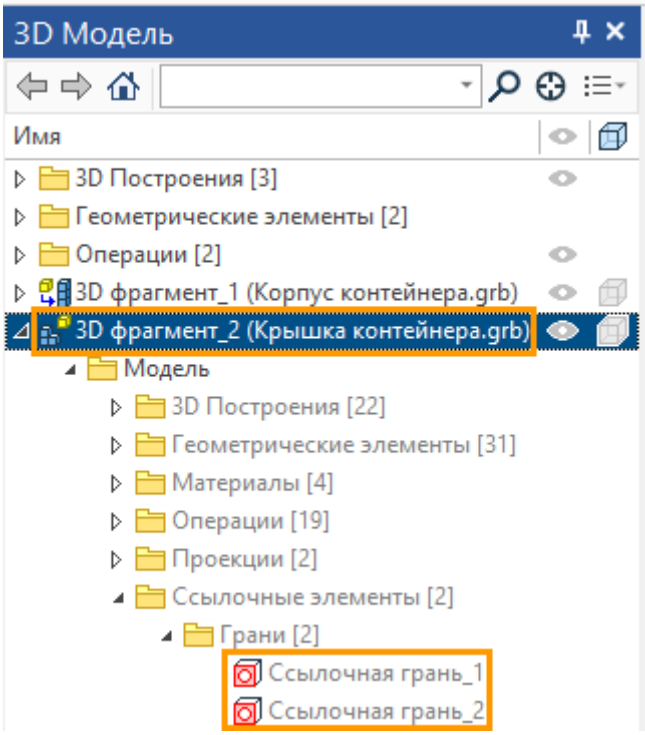


Можно создавать отдельные документы не только для тел, но и для фрагментов. При этом при сохранении документа фрагмента также будет доступно дерево построений. В данном случае мы создаём копию файла фрагмента, но только в том исполнении, в котором фрагмент находится в сборке.

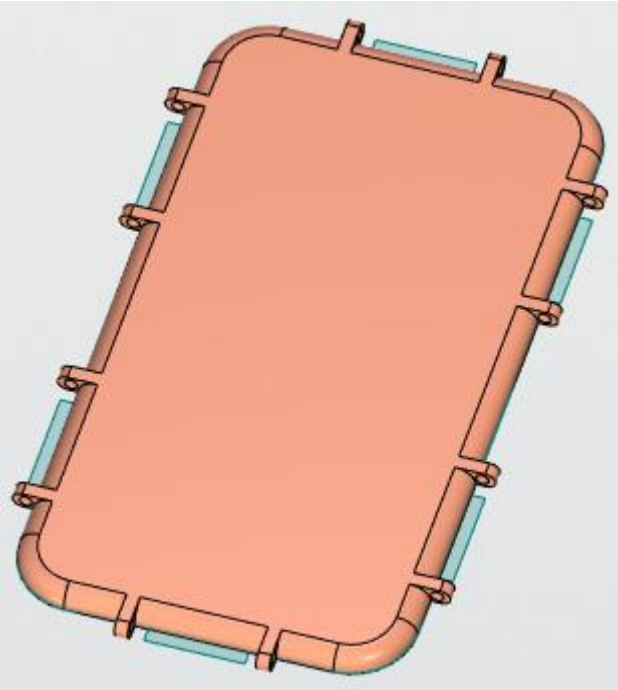
Сохраним в отдельный файл фрагмент «Крышка контейнера» из сборки «Сборка контейнера».

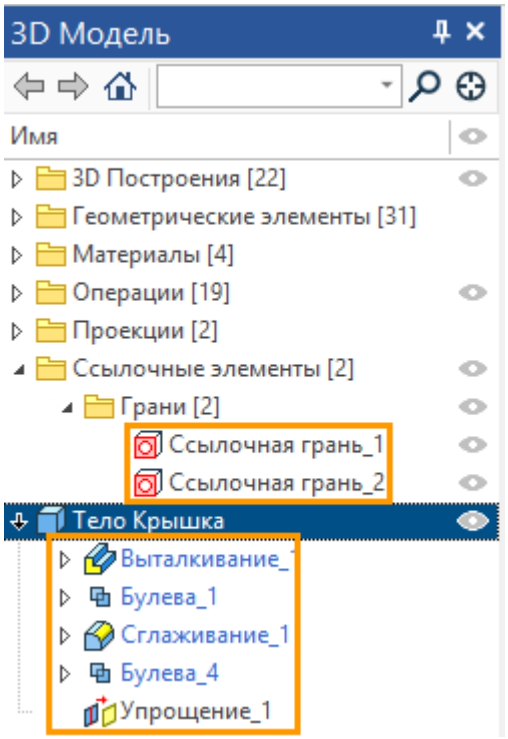
У фрагмента «Крышка контейнера» есть ссылочные элементы.





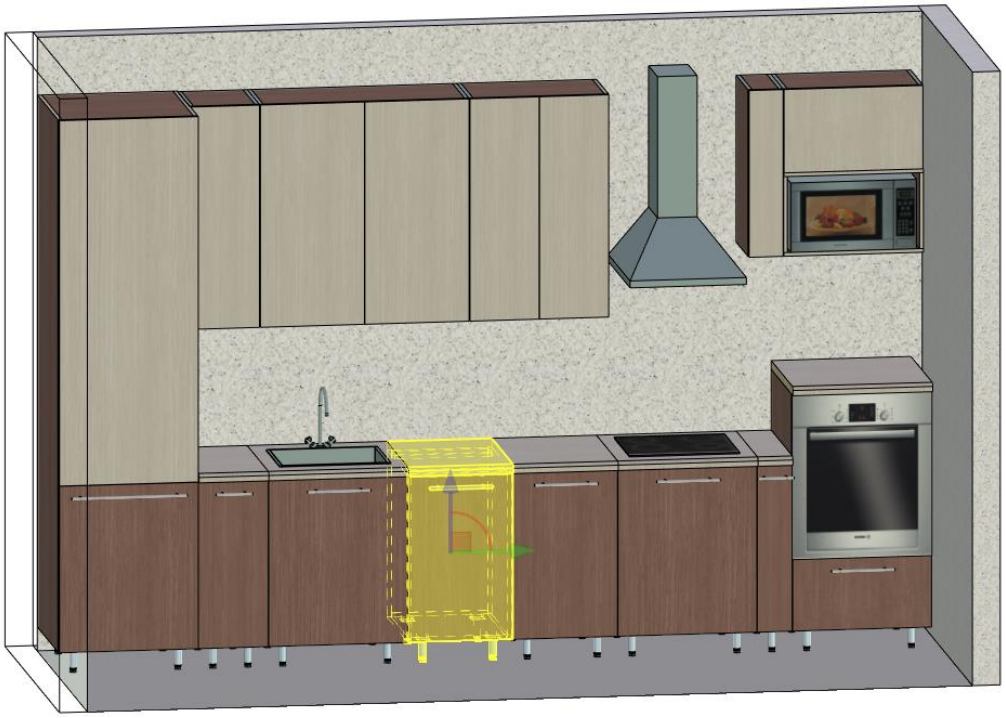
В окне «3D модель» или «Структура сборки» вызываем контекстное меню для фрагмента «Крышка контейнера» и выбираем команду **Деталь>Создать**, выбираем вариант **Не сохранять**. Просматриваем открывшийся документ фрагмента крышки, и если документ фрагмента открылся корректно – сохраняем его. В результате создан отдельный файл, в котором находится 3D модель крышки. У модели доступно всё дерево построений. Ссылочные элементы фрагмента также сохранились, их можно обновить и получить актуальную геометрию из сборки.





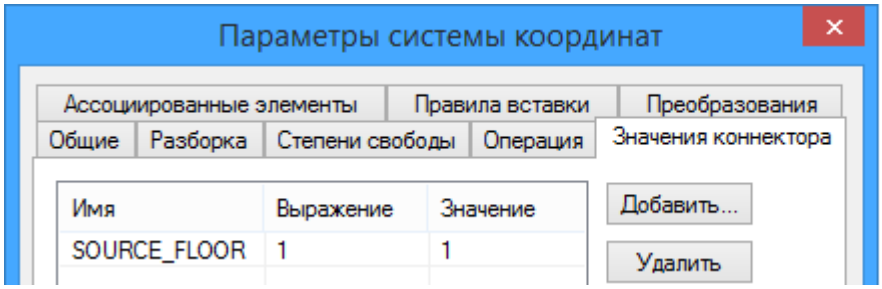
3D РАССТАНОВКА

В T-FLEX CAD существует дополнительный механизм привязки 3D фрагментов – **3D Расстановка**. Он позволяет быстро создавать расстановки в 3D сцене, используя специальные крепления к полу, стенам, потолку, горизонтальным поверхностям. Крепления определяются посредством коннекторов со специальными параметрами.



Крепления 3D расстановки

Крепление 3D расстановки – это ЛСК-коннектор, содержащий значение со специальным именем типа: <prefix>_<type>.





Часть <prefix> определяет к какому типу крепления принадлежит данная ЛСК.

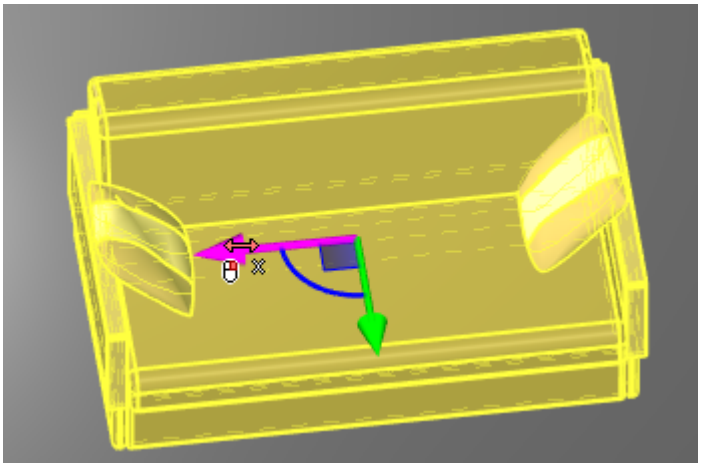
<prefix> может принимать одно из следующих значений:

- SOURCE (SOURCE_<type>) – исходное крепление. Такой тип крепления задаётся для объектов, которые будут перемещаться в сцене (например, элементы мебели);
- TARGET (TARGET_<type>) –целевое крепление. Такой тип крепления задаётся для объектов, задающих плоскости привязки (например, стена или пол) или крепежи.

Часть <type> определяет, с каким типом коннекторов будет взаимодействовать данная ЛСК. Допустимые варианты <type> зависят от варианта привязки.

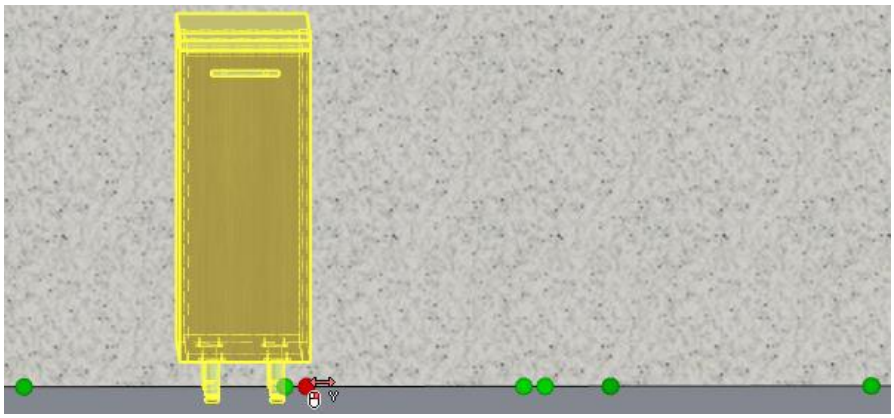
Имеется два возможных варианта привязки: “ЛСК-плоская грань” и “ЛСК-ЛСК”.

- “ЛСК-плоская грань” – фрагмент с коннектором типа SOURCE_ <type> будет перемещаться в плоскости объекта с коннектором типа TARGET_<type> при условии, что задан одинаковый <type>.



Диван перемещается в плоскости пола

- “ЛСК-ЛСК” – коннектор с креплением SOURCE_ <type> будет совмещён с одним из созданных в сборке коннекторов типа TARGET_<type>, при условии, что задан одинаковый <type>.



Шкаф привязан к одному из креплений типа “ЛСК-ЛСК”

Варианты привязки подробнее описаны ниже.

Один коннектор может содержать сразу несколько значений формата <prefix>_<type>, задавая сразу несколько креплений для 3D расстановки.

SOURCE_RIGHT	1	1
TARGET_LEFT	1	1

Крепление SOURCE_<type> будет привязываться к креплению TARGET_<type> по правилам 3D расстановки, только если оно определено в документе объекта 3D расстановки. Пример создания крепления приведён ниже.

Крепление TARGET_<type> может быть задано на основе любого коннектора текущего документа.

Правила привязки

Объекты 3D расстановки могут привязываться по двум правилам "ЛСК–плоская грань" и "ЛСК–ЛСК".

Правило привязки «ЛСК–плоская грань»

Существует следующие типы привязок "ЛСК–плоская грань": <type> = {WALL, FLOOR, TABLE, CEILING}
Ниже приведены соответствующие им пары исходных и целевых креплений:

SOURCE_WALL	TARGET_WALL
SOURCE_FLOOR	TARGET_FLOOR
SOURCE_TABLE	TARGET_TABLE
SOURCE_CEILING	TARGET_CEILING

Для задания привязки "ЛСК–плоская грань" необходимо определить плоскость привязки и набор ассоциированных граней коннектора, содержащего целевое крепление.

Ассоциированные грани для креплений подсвечиваются жёлтым цветом.

Плоскость привязки задаётся положением ЛСК целевого крепления и направлением её осей.

Для привязки типа WALL ось привязки - это ось X ЛСК целевого крепления.

Для привязок типа FLOOR, TABLE и CEILING, ось привязки – это ось Z ЛСК целевого крепления. При этом ассоциированные грани коннектора должны лежать в плоскости привязки.

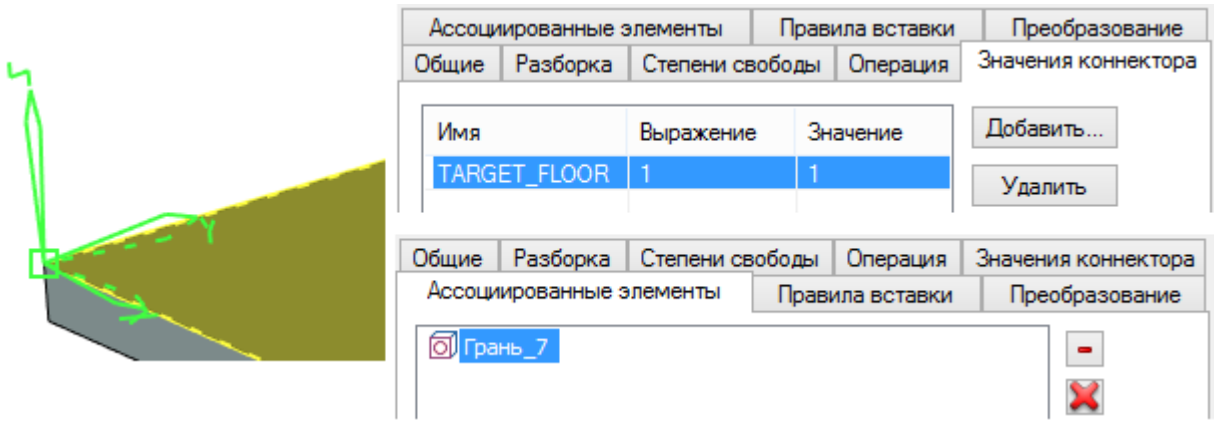
Грань вне плоскости привязки не будет учитываться в режиме расстановки.

Для корректной работы необходимо соблюдать следующие правила:

- ✓ оси Z всех креплений внутри фрагмента 3D расстановки должны быть сонаправлены (при вставке, объект расстановки ориентируется по оси Z глобальной системы координат);
- ✓ оси Z всех остальных креплений должны быть сонаправлены с осью Z глобальной системы координат;
- ✓ в документе фрагмента для 3D расстановки исходное крепление каждого отдельно взятого типа "SOURCE_<type>" должно быть в единственном экземпляре.

Пример создания крепления типа Target

Для объекта “Пол” была создана ЛСК. Её ось Z сонаправлена с осью Z глобальной системы координат. В параметрах ЛСК указано, что она является коннектором.



Для коннектора задана привязка целевого крепления - TARGET_FLOOR. Положение центра ЛСК и направление оси Z задают плоскость, в которой будет перемещаться вставляемый фрагмент с привязкой SOURCE_FLOOR.

Выбрана ассоциированная грань, лежащая в плоскости привязки. Грань подсвечена жёлтым цветом.

При вставке фрагмента в сборку, система, проанализировав все коннекторы типа “SOURCE” в документе фрагмента, сама подбирает в сборке возможные варианты привязки. Привязываться могут только пары коннекторов со значениями одинакового типа, например, “SOURCE_WALL” и “TARGET_WALL”.

> Если ассоциативная грань не задана, фрагмент будет перемещён так, чтобы оси ЛСК исходного и целевого креплений совпали, а центр ЛСК исходного крепления лежал в плоскости привязки.

Правило привязки «ЛСК–ЛСК»

При использовании привязки по правилу “ЛСК–ЛСК”, часть <type> может быть задана любым именем за исключением ключевых имён для привязок “ЛСК–плоская грань”. Эти имена перечислены в таблице выше. Например, исходное крепление может быть задано именем SOURCE_LEFT.

Имена для коннекторов при использовании привязки по правилу “ЛСК–ЛСК” могут повторяться. Таким образом, создаётся набор крепежей для добавляемого фрагмента.

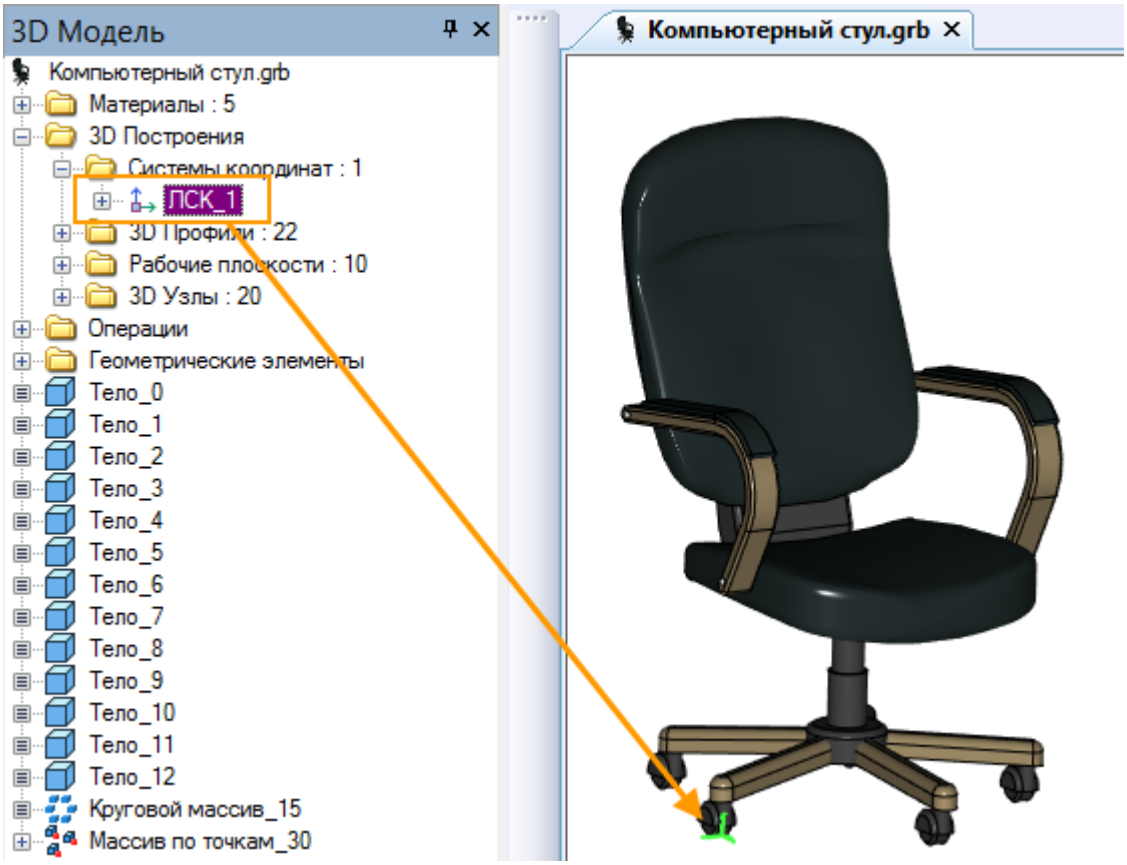
При вставке фрагмента расстановки объект с исходным креплением будет трансформирован таким образом, что ЛСК исходного и целевого креплений совпадут.

Если для крепления заданы ассоциированные элементы, то при наведении курсора мыши на них, это крепление выбирается автоматически.

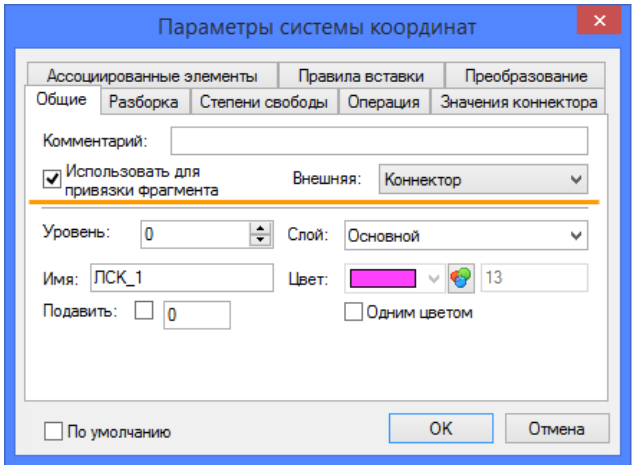
Создание крепления типа source

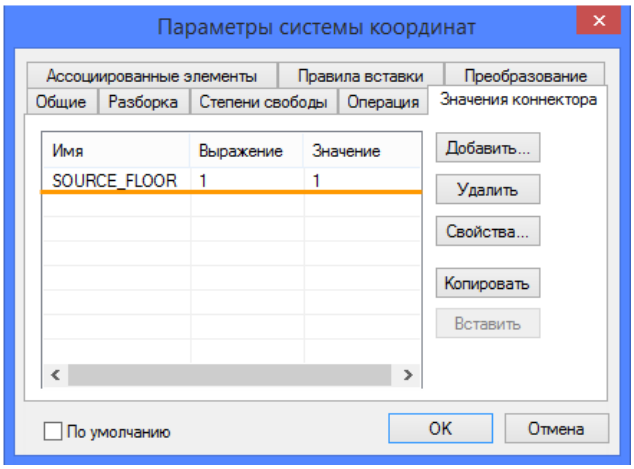
Для создания крепления необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Создать новую ЛСК. Направление её оси Z должно совпадать с направлением оси Z глобальной системы координат.

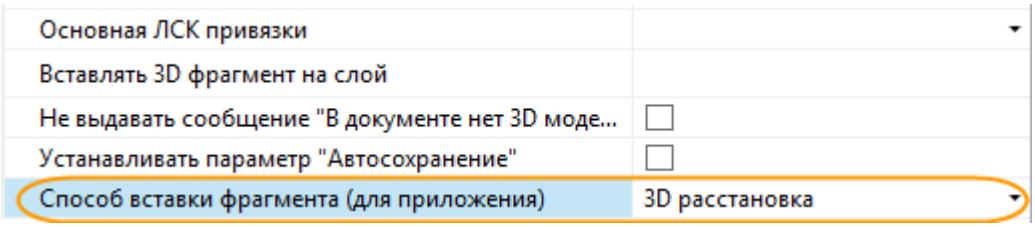


2. Зайти в **Свойства** созданной ЛСК и на вкладке **Общие** указать эту ЛСК в качестве коннектора, используемого для привязки фрагмента.





3. На вкладке **Значения коннектора** нужно задать имя коннектора по описанным выше правилам. В данном случае задано имя SOURCE_FLOOR, т.к. для стула создаётся исходное крепление. Для всех креплений **Выражение** задаётся значением «1».
4. Для привязки фрагмента с помощью механизма 3D расстановки, необходимо, чтобы в параметрах 3D фрагмента был установлен **Способ вставки фрагмента – 3D расстановка**. Для этого в файле фрагмента необходимо зайти в команду **ST: Задать параметры документа** на вкладку **Фрагмент 3D**.



Добавление элемента расстановки

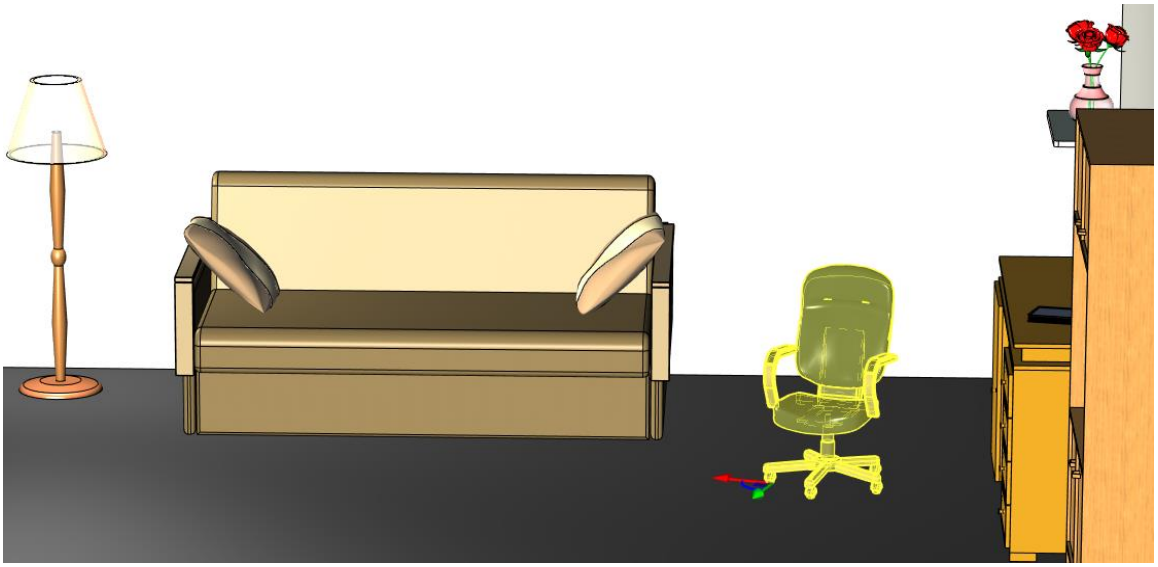
Добавление фрагмента в расстановку осуществляется командой:

Пиктограмма	Лента
	Сборка → Сборка → 3D фрагмент
Клавиатура	Текстовое меню
<3F>	Операции > 3D фрагмент

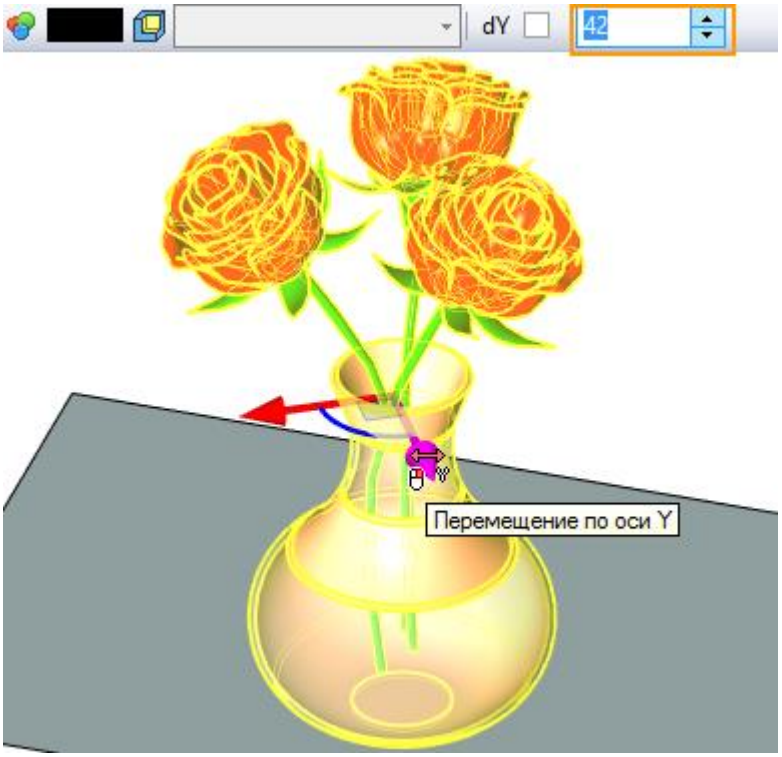
Если в выбранном фрагменте задан способ вставки **3D расстановка**, то запускается команда **Расстановка**.

Для привязки фрагментов в их исходных файлах должны быть созданы исходные крепления расстановки (SOURCE_<type>). В сборке должны присутствовать целевые крепления (TARGET_<type>). Они могут быть созданы напрямую в документе сборки, либо быть “подняты” с уже присутствующих в сборке 3D фрагментов.

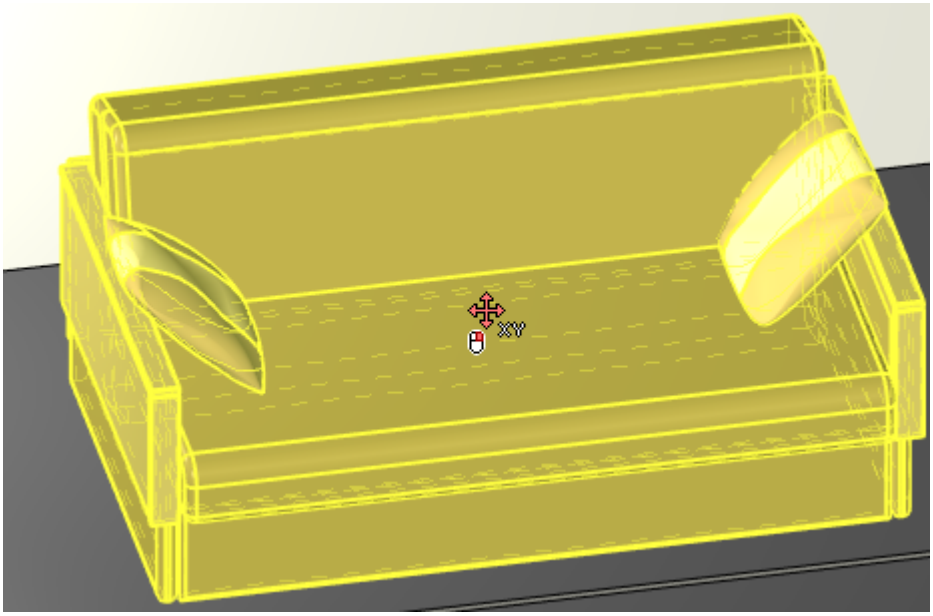
При вставке 3D фрагментов в режиме 3D расстановки выполняется проверка пересечения тел для обеспечения корректности расстановки элементов.



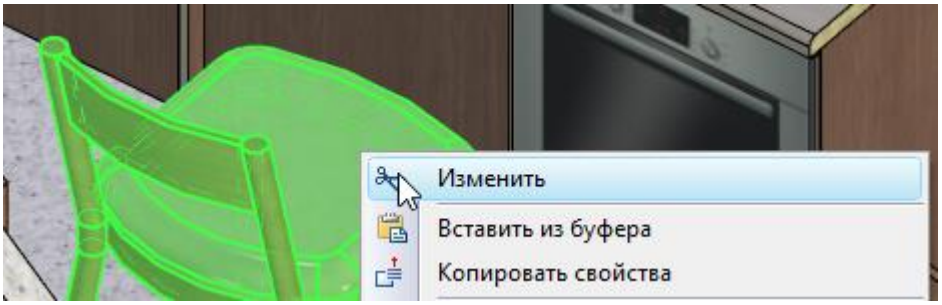
Перемещение и поворот фрагмента осуществляется с помощью специального манипулятора, степени свободы которого зависят от типа привязки. Объект 3D расстановки с заданной одиночной привязкой «ЛСК–Плоская грань» можно поворачивать вокруг оси привязки. Для поворота можно использовать дугу манипулятора, либо параметр “Угол поворота” на системной панели.



Фрагмент можно свободно перемещать вдоль плоскости привязки, щёлкнув по нему . Фрагмент будет перемещаться за курсором, с учётом установленных правил привязки.



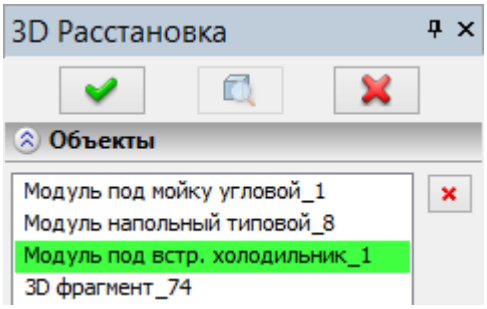
Чтобы активировать режим расстановки для присутствующего в сцене фрагмента, необходимо войти в режим его редактирования. Для этого нужно выбрать пункт **Изменить** в контекстном меню фрагмента.



Свойства 3D расстановки

После нажатия кнопки **Изменить**, появляется окно свойств команды **3D Расстановка.**

Закладка Объекты



В сборке можно задать преобразования сразу для нескольких фрагментов, не выходя из режима 3D расстановки. Выбранные в сцене фрагменты добавляются в список **Объекты** в окне свойств. Последний фрагмент, для которого было задано преобразование, выделяется в списке зелёным цветом.

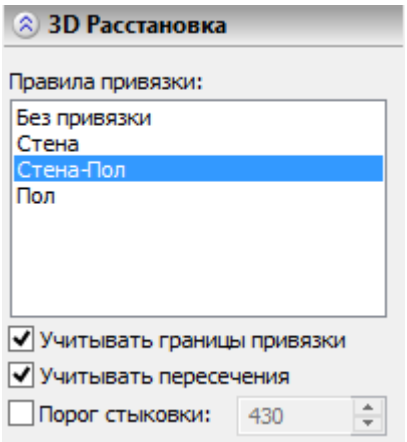
Добавленные в список фрагменты можно выбрать повторно и продолжить их преобразование.

Все преобразования фрагментов, выполненные в режиме расстановки, запоминаются последовательно.

При нажатии отменяется последнее выполненное преобразование.

Для удаления фрагмента из списка и отмены всех внесённых для него изменений используется кнопка .

Закладка 3D расстановка



В списке **3D расстановка** в окне свойств отображается набор доступных привязок "ЛСК–Плоская грань". Они могут быть одиночными (например, "Пол", "Стена") и двойными ("Стена–Пол").

Учитывать границы привязки. Данный параметр позволяет учитывать плоскости объекта привязки. Таким образом перемещение фрагмента за границы целевого объекта будет невозможно. Например, перемещение стола по комнате будет ограничено площадью пола.

При выключенном флажке фрагмент может перемещаться неограниченно в плоскости привязки.

Учитывать пересечения. При включённой опции тела не могут пересекаться друг с другом.

Порог стыковки. Данный параметр задаёт расстояние, на котором должны подхватываться неявные привязки типа "ЛСК–ЛСК".

Опции автоменю

В автоменю команды имеются опции для работы с фрагментами.

Опция **Применить изменения** появляется, если хотя бы один фрагмент был перемещён. Опция позволяет принять все внесённые изменения для всех фрагментов в списке **Объекты** без выхода из команды. При этом в списке **Объекты** останется текущий выбранный фрагмент.

Опция позволяет изменить положение манипулятора фрагмента. По умолчанию манипулятор

расположен в центре описывающего фрагмент параллелепипеда . Если переключиться в режим , то манипулятор будет расположен в соответствии с положением ЛСК фрагмента.

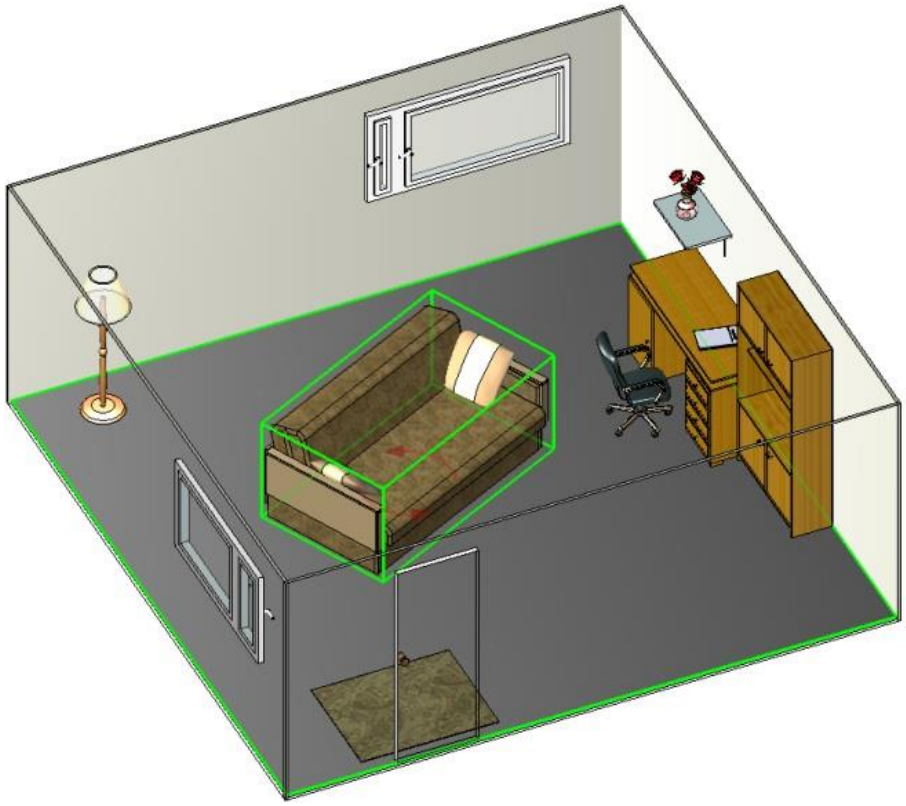
При включённой опции фрагмент будет автоматически обновлён при изменении его переменных.

Позиционирование объектов 3D Расстановки

Одиночные привязки “ЛСК–Плоская грань” задаются параметрами коннектора в документе 3D фрагмента.

Процедура вставки объекта 3D расстановки формирует двойные привязки из всевозможных пар одиночных привязок, удовлетворяющих условию: двойные привязки могут быть только WALL–FLOOR (“Стена–Пол”), WALL–TABLE (“Стена–Стол”) и CEILING-WALL ("Потолок-Стена").

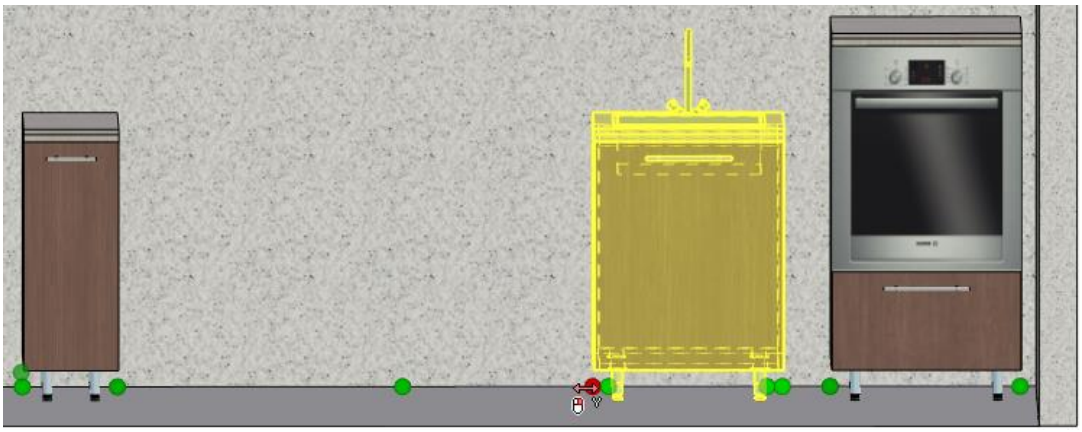
При позиционировании объекта по одиночной привязке “ЛСК–Плоская грань”, необходимо навести курсор мыши на ассоциированную грань целевого крепления нужного типа. При этом будет подсвечен контур ассоциированной грани целевого крепления



При позиционировании объекта по двойной привязке необходимо навести курсор мыши на ассоциированную грань целевого крепления типа WALL. Если грань найдена, её контур будет подсвечен.

Наличие целевой привязки FLOOR либо TABLE определяет процедура позиционирования. Если вторая привязка отсутствует, то объект не будет позиционироваться по двойной привязке.

Привязки по правилу “ЛСК–ЛСК” отображаются в сцене только тогда, когда не используются привязки по правилу “ЛСК–Плоская грань”. В этом случае для вставляемого фрагмента в списке **Привязки** выбран вариант **Без привязки**. При этом все возможные целевые крепления по правилу “ЛСК–ЛСК” обозначаются в сцене зелёной сферой. При выборе одной из них установится связь между исходным и целевым креплениями, и выбранное целевое крепление будет подсвечено красным цветом.

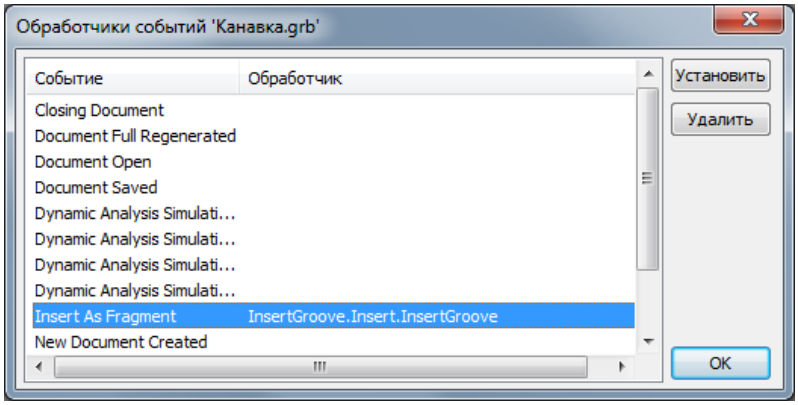


Привязки по правилу “ЛСК–ЛСК” могут использоваться неявно при привязке фрагмента по правилу “ЛСК–Плоская грань”. В процессе движения фрагмента по 3D сцене система может автоматически “подхватить” привязку “ЛСК–ЛСК”.

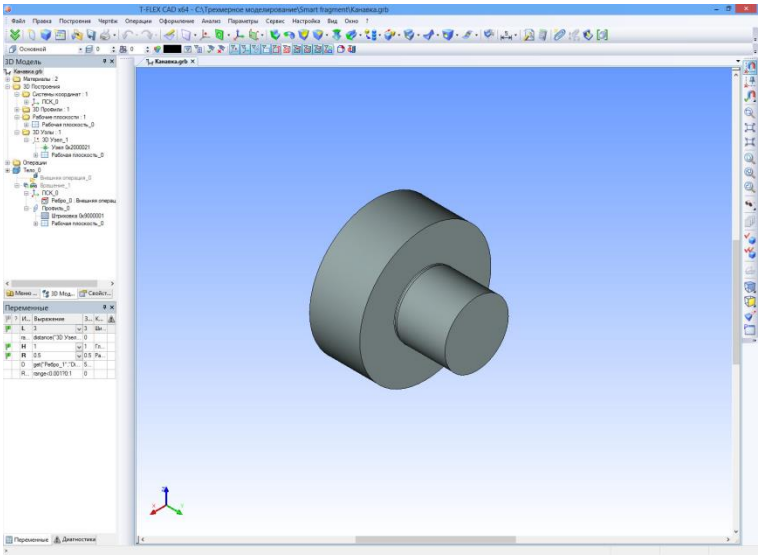
Если между двумя фрагментами задана привязка "ЛСК-ЛСК", то при перемещении объекта со значением коннектора TARGET_<Type>, зависимый фрагмент будет перемещаться вместе с ним.

Механизм «Smart Fragment»

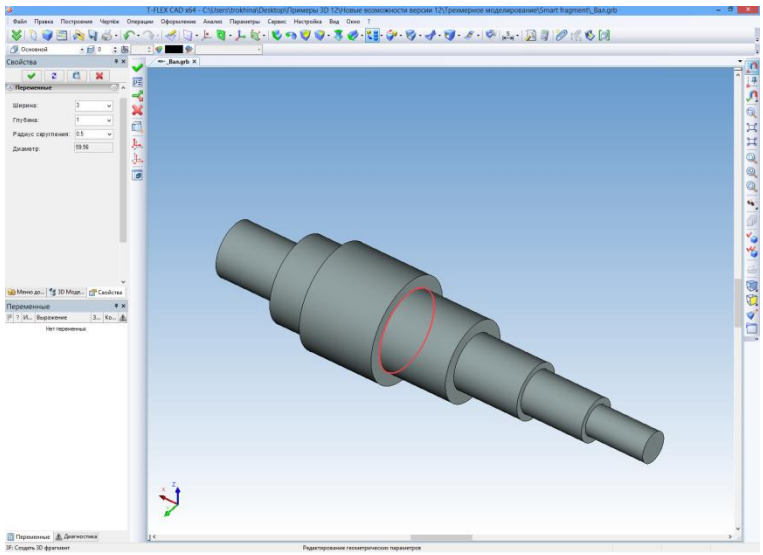
Механизм Smart Fragment позволяет разрабатывать параметрические библиотечные элементы, сценарий вставки которых описан в программе, хранящейся непосредственно в файле данного библиотечного элемента или во внешнем модуле (DLL). Настройки макросов T-FLEX CAD, а также программный интерфейс (Open API) позволяют описать настройки таким образом, что при вставке файла в качестве фрагмента, или при его редактировании/удалении будет выполняться заданный пользователем макрос.



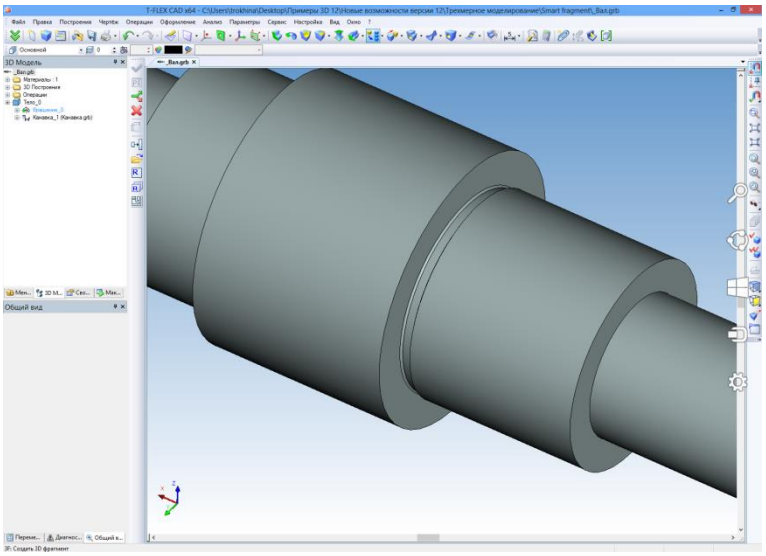
Макрос может содержать код, реализующий требуемую логику пользовательского интерфейса по вставке/редактировании/удалении данного фрагмента. К примеру, разработан адаптивная модель «Канавка», имеющая набор внешних переменных и адаптивный параметр – круговое ребро, которое должно подставляться при вставке фрагмента.



В файле «Канавка.grb» содержится макрос InsertGroove, который реализует выбор исключительно круговых рёбер, находящихся на пересечении наружного цилиндра и плоской грани. При вставке данной канавки из библиотеки макрос запускается автоматически. Вместо штатной команды вставки 3D фрагмента с полным интерфейсом, в этот момент работает простейшая команда, позволяющая выбирать рёбра, удовлетворяющие данному условию, и изменять значения внешних переменных вставляемого фрагмента.

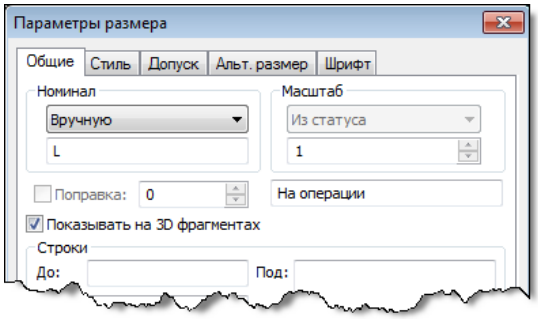


Результатом вставки фрагмента по данному сценарию является канавка на валу.



Данный механизм позволяет пользователям-программистам создавать наиболее удобные сценарии вставки фрагментов в разных прикладных областях.

Использование размеров фрагментов в сборках



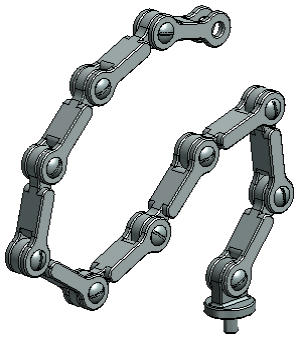
3D размеры, проставленные внутри документа фрагмента, можно “поднимать” в сборку. Для этого в окне свойств команды создания/редактирования размера, на закладке “Общие”, необходимо включить флажок **“Показывать на 3D фрагментах”**.

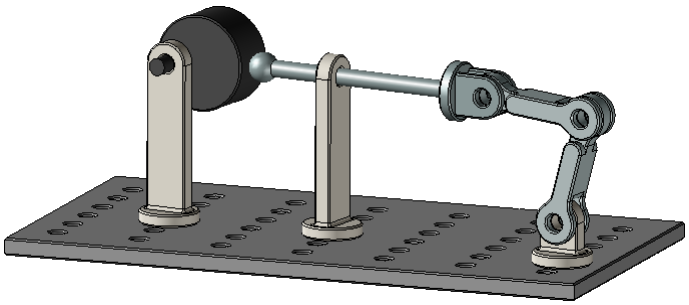
Размеры, поднятые в 3D сборку из фрагментов, можно использовать в двух целях:

- Как декоративные – они показывают номинал размера;
- Как управляющие – такие размеры используются для задания значений внешних переменных фрагмента путём редактирования их номинала. Для этого в параметрах размера нужно установить тип номинала “Вручную”, а в поле выражения записать имя внешней переменной. Редактирование значения такого размера в сборке будет доступно как при запущенной команде редактирования 3D фрагмента, так и по привычной схеме изменения управляющих размеров в команде “Установить значение размеров”.

Сопряжения и степени свободы

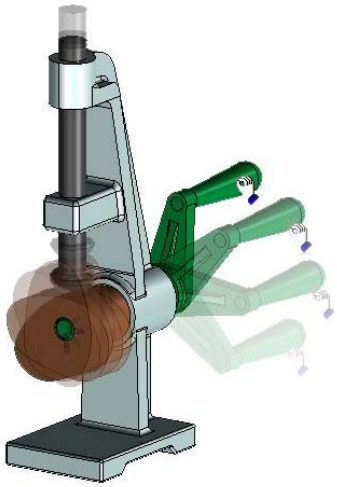
При проектировании твердотельных сборочных моделей в T-FLEX CAD часто возникает необходимость задания взаимного расположения деталей, которая не всегда может быть решена только при помощи традиционного для T-FLEX CAD способа привязки с использованием локальных систем координат (ЛСК). Это связано с тем, что изменение расположения деталей должно быть взаимным. Одна деталь может иметь одновременно несколько контактов с другими подвижными деталями. При использовании подхода с использованием ЛСК в таких случаях может возникать рекурсия (зависимость от самого себя) в задании связей. Подобные задачи возникают, например, при создании моделей механических систем (механизмов). Для решения таких задач существуют сопряжения – элементы системы, позволяющие назначить различные связи на геометрические объекты двух операций-компонентов (3D точки, оси, кривые, плоскости и поверхности).





Модель механизма, спроектированную при помощи сопряжений, можно заставить двигаться в специальной команде, перемещая её детали с помощью курсора.





Для привязки 3D фрагментов по ЛСК можно задать дополнительные условия в виде разрешённых степеней свободы. Если впоследствии такой 3D фрагмент привязать в сборке при помощи ЛСК к другому сопряжённому элементу, то он будет включён в расчёт сопряжённого механизма. Метод

позиционирования деталей сборки при помощи сопряжений может быть использован как дополнительный способ привязки, совместно с использованием привязки по локальным системам координат. Использование сопряжений требует дополнительных вычислительных ресурсов компьютера для поисков решений. В связи с этим прибегать к использованию сопряжений рекомендуется, когда другие способы для решения упомянутых задач по тем или иным причинам не подходят.

Общие принципы и понятия

Что такое сопряжение?

Инструмент «Сопряжения» предназначен для взаимной привязки элементов сборочной модели. Он позволяет располагать их в соответствии с заданными геометрическими условиями. Эти условия задают взаимное расположение объектов трёхмерной модели (граней, рёбер, вершин, характерных точек, осей поверхностей вращения и т.д.) друг относительно друга. Система автоматически решает набор сопряжений и находит расположение объектов, удовлетворяющее заданным условиям. Сопряжения позволяют точно расположить детали проектируемого механизма относительно друг друга. Они позволяют заложить в модель механизма определённые свойства, определить, как его компоненты перемещаются и вращаются относительно других деталей. Для более точного задания ограничений одного элемента сборки относительно другого можно использовать комбинацию различных сопряжений. Отношение между двумя компонентами является ассоциативным. Если переместить одну деталь, то другая деталь переместится вместе с ней. Например, если винт привязан к отверстию, то при перемещении отверстия винт также будет перемещаться.

Сопряжения накладываются на пару геометрических объектов. Они либо связывают между собой два компонента, либо привязывают одно тело к внешней среде (закреплённому объекту). Закреплённым объектом называется такой объект, у которого ограничены все степени свободы, или его положение в пространстве остаётся постоянным. Рекомендуется, чтобы, по крайней мере, один компонент механизма был зафиксирован в пространстве. Это создаёт «опору» для всех других сопряжённых деталей и может предотвратить неожиданное перемещение компонентов механизма.

Каждое сопряжение является объектом модели, занимающим своё место в её структуре. Как полноценный объект системы сопряжение имеет имя, рабочие свойства, отображается в структуре 3D модели. Пользователь может гасить часть сопряжений, чтобы на время исключать их из общего решения. Это позволяет экспериментировать с различными типами сопряжений без переопределения взаимосвязей механизма.

Типы сопряжений

При создании геометрических связей в виде сопряжений можно использовать только такие геометрические понятия, как 3D точка, ось, кривая, плоскость, поверхность. Для выбора геометрических данных пользователь указывает топологические элементы модели или элементы построения. Использование 3D элементов построения возможно при условии, что они построены

на основе тела операции. В ином случае второй компонент окажется привязанным к неподвижной среде.

> При привязке к элементам построения теряется возможность динамического перемещения данного соединения в сопряжённом механизме, поэтому по возможности лучше использовать топологические элементы модели (вершины, ребра, грани и т.д.)

При создании сопряжений важно понимать отличие геометрических данных, используемых в сопряжениях, от топологических объектов, используемых при выборе. Например, плоская грань имеет границы, а плоскость, которая используется в сопряжении, – бесконечна. Поэтому созданная геометрическая связь на основе плоской грани будет действовать и за пределами этой грани.

Совпадение

Данный тип сопряжения обеспечивает постоянное полное совпадение одного геометрического объекта с другим. Количество оставшихся степеней свободы зависит от вида геометрии сочетаемых объектов. Например, совмещение двух точек создаст сферический шарнир, у которого заблокировано любое перемещение и разрешён любой поворот. Совмещение точки с кривой позволит элементам не только поворачиваться, но и перемещаться вдоль кривой. В следующей таблице приведены возможные сочетания геометрических элементов при создании совпадения:

Совпадение	Точка	Ось	Кривая (кроме окружности)	Окружность	Поверхность (кроме конусной поверхности)	Конусная поверхность	Плоскость	Проволочное тело	Листовое тело	Твёрдое тело
Точка	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ось	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Плоскость	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
Окружность	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Конусная поверхность	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-

Точка может лежать на любом геометрическом объекте. Если выбраны две плоские грани, то они будут лежать в одной плоскости. Совпадение оси и плоскости обеспечит положение оси в плоскости грани. Условие совпадения точки и твёрдого тела обеспечит постоянное положение точки на его поверхности.

При выборе кривой-окружности и конусной поверхности будет обеспечено совпадение выбранной поверхности с окружностью таким образом, чтобы плоскость окружности была перпендикулярна оси конуса.

При помощи совпадения в сочетании с другими типами сопряжений можно имитировать различные механические соединения. Например, совпадением пары 3D точек можно создать сферический шарнир.



Параллельность, перпендикулярность

Эти типы сопряжений обеспечивают взаимную параллельность и перпендикулярность выбранных геометрических объектов. Они представляют собой частный случай сопряжения типа «угол» (см. далее). В следующей таблице приведены возможные сочетания геометрических элементов при создании сопряжений параллельности или перпендикулярности:

Параллельность, Перпендикулярность	Точка	Ось	Кривая	Поверхность	Плоскость	Проволочное тело	Листовое тело	Твёрдое тело
Ось	-	+	-	-	-	-	-	-
Плоскость	-	+	-	-	+	-	-	-

Касание

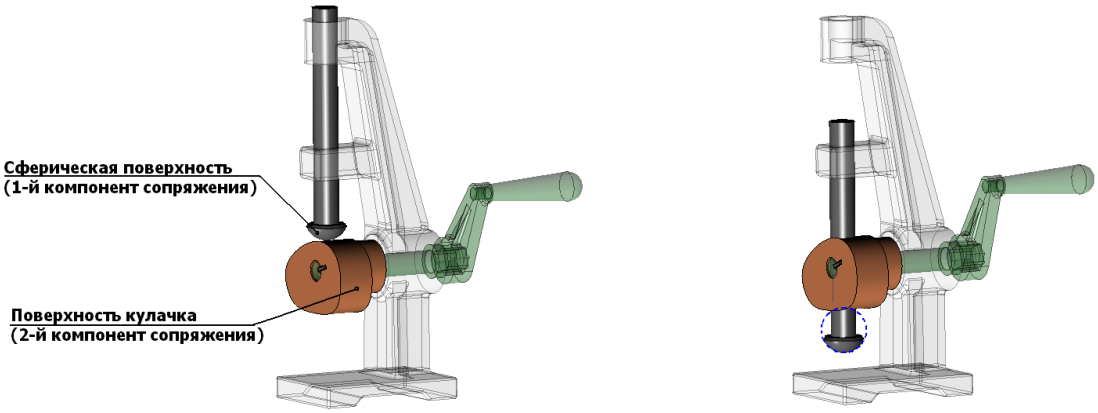
Касание обеспечивает постоянный физический контакт между двумя геометрическими объектами. В зависимости от типа геометрии взаимодействующих объектов контакт может осуществляться в одной точке (например, плоскость и сфера) или вдоль прямой (плоскость и цилиндр). Данный тип сопряжения можно установить между двумя плоскостями, плоскостью и поверхностью, двумя поверхностями.

Касание любого тела с поверхностью работает только для сферической поверхности.

Касание	Точка	Ось	Кривая	Поверхность	Плоскость	Проволочное тело	Листовое тело	Твёрдое тело
Поверхность	-	-	-	+	+	+	+	+
Плоскость	-	-	-	+	+	+	+	+

Иногда существует несколько вариантов решения стыковки выбранных объектов. Например, если выбрана плоскость и сфера, решением являются две точки касания. В случае неоднозначности

система самостоятельно принимает решение. Как правило, в качестве решения выбирается ближайшая точка к текущему положению механизма. Для перехода в другую область решения при движении механизма используйте режим движения «перетаскивание» (см. ниже).

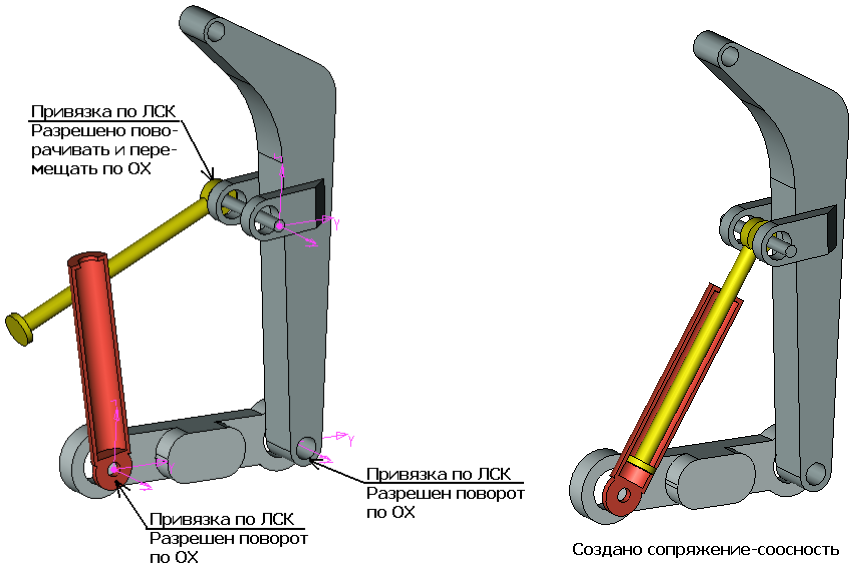


При неоднозначности решения рекомендуется перед созданием сопряжения переместить сопрягаемые компоненты в область требуемого результата. Части сопряжённого механизма можно переместить в команде «Перемещение сопряжённых элементов». Компоненты, не участвующие в созданных ранее сопряжениях, можно передвинуть, используя команду «Преобразование».

Соосность

«Соосность» – это частный случай сопряжения типа «совпадение». Оно обеспечивает совпадение двух осей. Этот тип сопряжения является одним из наиболее часто используемых. Как правило, этот тип сопряжения задействуется в сочетании с другими типами. Например, для привязки осевой детали к отверстию часто используется совпадение (торцевых плоских граней) в сочетании с соосностью. Для задания соосности можно выбирать элементы модели, способные определить ось (поверхности вращения, круговые и эллиптические рёбра, прямые ребра и т.д.).

На иллюстрациях показана привязка частей условного гидроцилиндра при помощи соосности. Остальные части этого простого механизма сопряжены на локальных системах координат. Для наглядности некоторые детали механизма разрезаны по оси.



Расстояние

Сопряжение «расстояние» задаёт связь между двумя объектами, выполняя условие по сохранению заданного расстояния между двумя геометрическими объектами. Можно задать условия типа «не больше», «не меньше» или «равно» заданному значению.

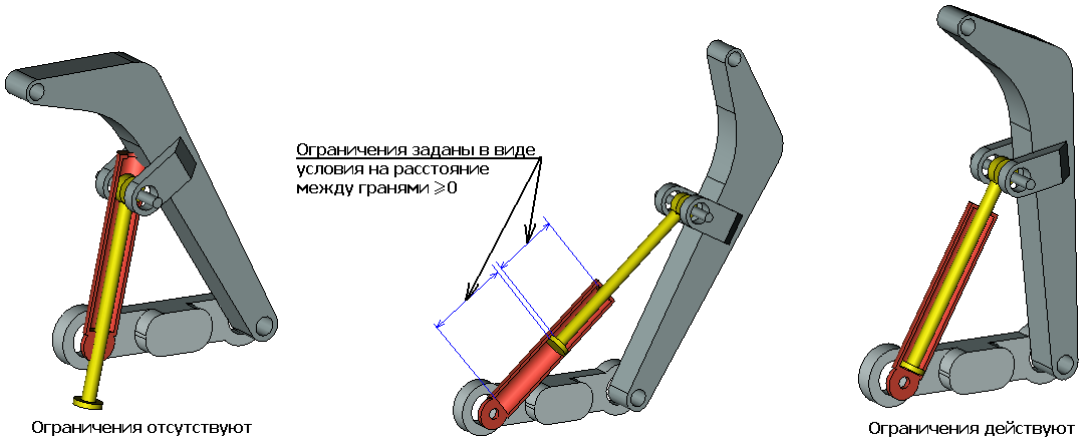
В следующей таблице приведены возможные сочетания геометрических элементов при создании сопряжения «расстояние»:

Расстояние	Точка	Ось	Кривая	Поверхность	Плоскость	Проволочное тело	Листовое тело	Твёрдое тело
Точка	+	+	+	+	+	+	+	+
Ось	+	+	-	-	+	-	-	-
Поверхность	+	-	-	+	-	-	-	-
Плоскость	+	+	-	+	+	-	-	-

Этот тип сопряжения, например, можно использовать для задания смещения объектов или для ограничения на взаимное проникновение граней. Для задания ограничения на взаимопроникновение граней деталей достаточно задать условие расстояния «не меньше» нуля. При этом могут получаться механизмы, работающие за счёт физического взаимодействия (соударения) частей.

Продолжая пример с гидроцилиндром, покажем, как можно использовать сопряжение «расстояние». Созданный на предыдущем шаге механизм при некоторых движениях будет работать неправильно из-за того, что части гидроцилиндра могут проникать друг в друга. Эту проблему решает сопряжение «расстояние». Можно задать условие, что расстояние между соответствующими

гранями поршня должно быть больше или равно нулю. При кинематическом перетаскивании сопряжений это даст правильную картину поведения механизма.



Угол

Данное сопряжение задаёт угловое расстояние между двумя геометрическими объектами. Угол разворота можно использовать для поворота стыкуемого компонента в нужную позицию. Как и в случае с «расстоянием», в данном типе сопряжения можно использовать условие. При задании такой связи, как правило, существует два или более решений.

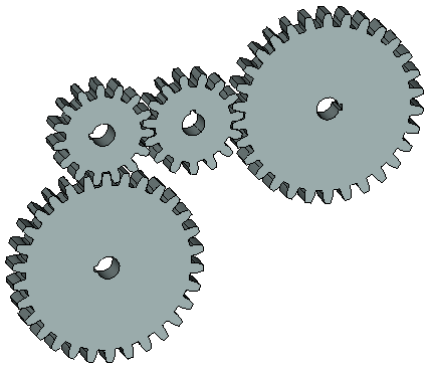
В следующей таблице приведены возможные сочетания геометрических элементов при создании сопряжения «угол»:

Угол	Точка	Ось	Кривая	Поверхность	Плоскость	Проволочное тело	Листовое тело	Твёрдое тело
Ось	-	+	-	-	+	-	-	-
Плоскость	-	+	-	-	+	-	-	-

Передача типа «Колеса» (угловые скорости)

Данный тип сопряжения предназначен для создания условий взаимодействия двух тел, вращающихся вокруг двух осей. Условия задаются в виде передаточного отношения между двумя вращающимися объектами, то есть, на какое количество оборотов повернётся один компонент при повороте другого. После создания этого сопряжения образуется двухсторонняя связь. При помощи данного сопряжения удобно моделировать механизмы, в которых участвуют, например, зубчатые или ремённые передачи.

Следует понимать, что данный тип передаточной связи, как и любое другое передаточное сопряжение, лишь указывает системе взаимное отношение угловых (в данном случае) скоростей. При этом каждый компонент к моменту создания передаточного сопряжения уже должен быть закреплён на своём месте и иметь все необходимые степени свободы и ограничения.



Для создания этого сопряжения нужно выбрать две оси вращения и задать передаточное отношение. В данном случае форма шестерёнок для системы не важна, зубья колёс можно создать только для «косметических» целей. Закон движения механизма будет определяться исключительно условиями сопряжений.

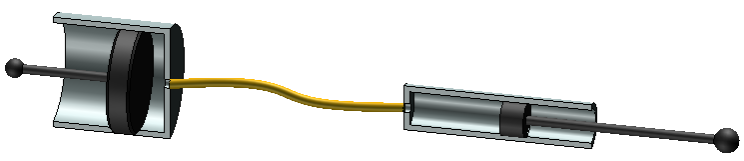
Передача типа «Винт» (колесо-рейка)

Данный тип сопряжения предназначен для создания условий взаимодействия двух тел, при котором один компонент вращается, а другой перемещается вокруг одной или разных осей. При помощи этого типа сопряжения можно моделировать, например, гайку, которая накручивается на винт, передаточное звено типа «колесо-рейка» и т.д. Условия сопряжения задаются в виде значения перемещения, которое совершит вдоль заданной оси подвижный компонент при повороте на 1 оборот другого компонента. После создания этого сопряжения образуется двухсторонняя связь.

Для создания сопряжения требуется определить ось для каждого их двух компонентов и задать, на какое количество модельных единиц должен перемещаться один компонент при повороте другого на 360 градусов. Первой определяется ось «колеса», второй – ось «рейки».

Отношение линейных скоростей

Если в модели имеется два объекта, движущихся вдоль осей, то при помощи данного сопряжения можно задать коэффициент, характеризующий взаимное смещение двух объектов. При установленной подобной связи перемещение второго компонента будет вычисляться умножением значения перемещения первого компонента на заданный коэффициент. Связь может работать и в обратном направлении (от второго компонента к первому), в этом случае система применит коэффициент, обратный заданному. При помощи данного сопряжения можно моделировать механизмы, состоящие из системы блоков, механизмы с гидравликой и т.п.



Для создания сопряжения требуется определить ось для каждого их двух компонентов и задать в специальном поле величину отношения скоростей движущихся компонентов.

Привязка 3D фрагмента по ЛСК

3D фрагмент, нанесённый на сборку с использованием локальных систем координат, тоже может участвовать в 3D модели, построенной на сопряжениях. Для определения поведения 3D фрагмента относительно ЛСК привязки в параметрах фрагмента задаются разрешённые степени свободы. Всего существует 6 степеней – по 3 на перемещения и на повороты относительно осей ЛСК. Для каждой степени свободы дополнительно может быть установлено ограничение движения в виде диапазона значений.

Можно также заранее задать степени свободы в параметрах исходной ЛСК, в файле фрагмента. При вставке 3D фрагмента условия со степенями свободы копируются из параметров ЛСК в параметры 3D фрагмента и впоследствии учитываются при расчёте комплекса сопряжений спроектированной сборочной 3D модели.



Если при создании 3D фрагмента целевая ЛСК не была указана, т.е. фрагмент был привязан «по умолчанию», то механизм степеней свободы будет к нему неприменим.

При проектировании целостных сборок-механизмов с использованием степеней свободы и сопряжений важно учитывать следующий момент. 3D фрагмент, который добавляется в сборку с привязкой по ЛСК, может быть либо связан с каким-нибудь компонентом сборки, либо – нет. В последнем случае поведение компонента при перемещении компонентов сборки может не соответствовать ожидаемому. Например, он останется на месте, когда окружающие его детали переместятся, или, наоборот, его перемещение не приведёт к перемещению соседних деталей.

Для того чтобы 3D фрагмент оказался связанным с другим компонентом, необходимо, чтобы его целевая ЛСК привязки была построена на геометрических объектах (вершинах, рёбрах, гранях) этого компонента. Иначе он будет привязан к неподвижной среде.

Для создания сложных сборок в системе реализован механизм «Агрегатов». Данный механизм позволяет создавать сопряжения сначала в модели 3D фрагмента, которые впоследствии автоматически будут учитываться при работе такого 3D фрагмента в сборке.

Создание сопряжений

Для создания сопряжения используйте команду:

Пиктограмма	Лента
	Сборка → Сопряжения → Создать
Клавиатура	Текстовое меню
<3СТ>	Сервис > Сопряжения > Создать сопряжение

Для создания нового сопряжения нужно выполнить следующие действия:

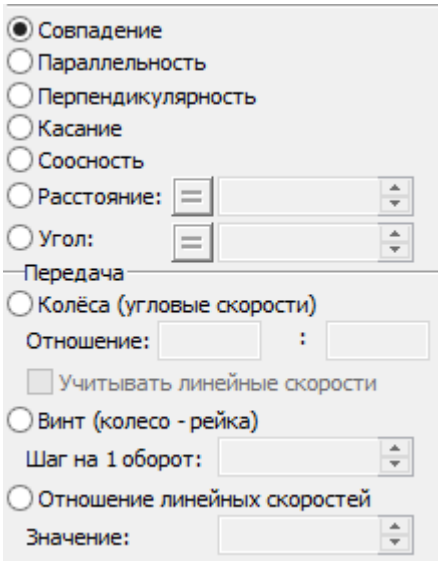
- ✓ Выбрать тип сопряжения.
- ✓ Выбрать первый объект.
- ✓ Выбрать второй объект.
- ✓ Задать параметры выбранного типа сопряжения (при необходимости).
- ✓ Подтвердить выбор.

Выбор типа сопряжения

Выбор типа сопряжения осуществляется в окне свойств. Для выбора нужно установить переключатель в соответствующую позицию.

Для сопряжений «Расстояние» и «Угол» можно сформировать условие по отношению к заданному значению. Если нажимать на кнопку перед числом, то на ней будет меняться знак условия.

Для передаточных сопряжений задаются численные параметры в соответствующих полях.



Выбор элементов для сопряжения

Режимы выбора первого или второго геометрических объектов переключаются следующими опциями:

	<F>	Выбор первого элемента
	<S>	Выбор второго элемента

После выбора первого элемента система автоматически включает опцию для выбора второго элемента. При необходимости вернуться к заданию первого элемента, включите соответствующий режим вручную.

В зависимости от типа создаваемого сопряжения допускается выбирать различные геометрические объекты. Настройка на выбор нужного типа геометрических данных осуществляется при помощи опций автоменю:

	<V>	Выбор точки
	<A>	Выбор оси
	<C>	Выбор кривой
	<U>	Выбор поверхности
	<L>	Выбор плоскости
	<W>	Выбор проволочного тела
	<H>	Выбор листового тела
	<B>	Выбор твёрдого тела

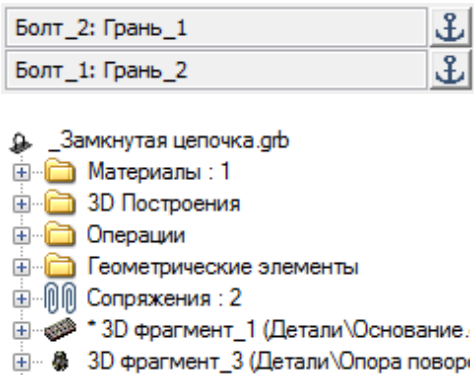
Для некоторых сопряжений часть опций может быть постоянно или временно недоступна (см. выше таблицы сочетаний). Каждая опция включает набор фильтров для выбора объектов, способных определить нужный геометрический элемент.

Выбранные объекты подсвечиваются. Также подсвечиваются и операции, на которых выбраны геометрические элементы. Одновременно система предлагает предварительный вариант решения сопряжения. Для этого она перемещает элементы для выполнения условий сопряжения. Если один или оба элемента уже имеют сопряжения с другими телами или неподвижное соединение с внешней средой, то новое решение рассчитывается с соблюдением всех ранее установленных ограничений.

Фиксация элемента сопряжения

При создании сопряжения можно зафиксировать в пространстве один из двух компонентов сопряжения. Фиксация производится нажатием на кнопку с изображением якоря в окне свойств.

После фиксации объект оказывается «замороженным» в 3D пространстве в текущем положении. На него не будут действовать новые преобразования и не повлияет изменение параметров существующих перемещений. В дереве модели перед именем зафиксированной операции отображается знак «*».



Повторное нажатие кнопки  отменяет фиксацию данного компонента сопряжения.

Зафиксировать в пространстве какое-либо тело можно также вне команды создания сопряжения. Если в данной 3D модели созданы какие-либо сопряжения или заданы степени свободы по ЛСК

привязки для 3D фрагментов, то в контекстном меню любого тела появляется команда **“Зафиксировать положение”** (пиктограмма ).

У зафиксированной операции команда “Зафиксировать положение” доступна в контекстном меню всегда. При этом пиктограмма команды отображается нажатой в знак того, что данный объект модели зафиксирован. Выбор этой команды в данном случае позволит снять ограничения.

Выбор элементов для задания передаточных отношений

При задании передаточных сопряжений нужно задавать численные параметры (передаточные отношения). Для типа «Колеса (угловые скорости)» или «Винт (колесо-рейка)» имеется дополнительная возможность использовать геометрию сопрягаемых элементов для автоматического определения численных передаточного отношения. Опции для задания передаточного отношения автоматически появляются в дополнительной секции автоменю при выборе соответствующего типа сопряжения.

Передаточное отношение для передачи «колеса» вычисляется как отношение радиусов двух выбранных элементов. В автоменю используются следующие опции:

	<G>	Выбрать первый элемент для задания передаточного отношения
	<D>	Выбрать второй элемент для задания передаточного отношения
	<Z>	Отменить выбор передаточного отношения

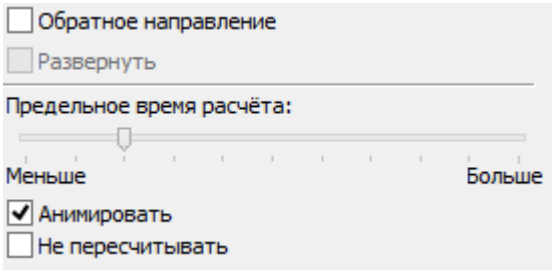
Для сопряжения «Винт» передаточное отношение вычисляется на основе данных резьбового соединения. В автоменю используются опции:

	<T>	Выбрать резьбовую грань для задания передаточного отношения
	<R>	Выбрать ребро или грань для задания передаточного отношения
	<Z>	Отменить выбор передаточного отношения

Дополнительные параметры сопряжений

Обратное направление. Данная опция разворачивает второй (или доступный подвижный) сопрягаемый компонент на 180 градусов или перемещает его в другую область решений. Для передаточных связей этот параметр изменяет направление движения второго компонента.

Развернуть. Опция работает только при задании сопряжения типа «расстояние» между двумя плоскостями. В дополнение к предыдущей опции она позволяет изменить направление отсчёта расстояния.



Предельное время расчёта – параметр, регулирующий количество шагов, которое разрешено затратить системе для поиска решения с заданной точностью. Этот ограничитель нужен для того, чтобы при случайной ошибке пользователя не допустить слишком долгих вычислений системы, которые возможны при поиске решений в сложных случаях. Параметр устанавливается при помощи регулятора.

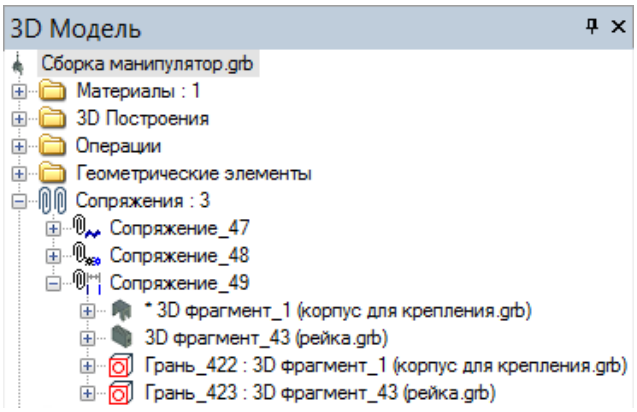
> Если при текущем количестве итераций решение не было найдено, то можно попробовать увеличить допуск. Хотя, вместо этого иногда бывает достаточным предварительно вручную придвинуть сопрягаемые компоненты к вероятной области решений в команде «Перемещение сопряжённых элементов» (см. ниже).

Анимировать – данный параметр позволяет системе плавно перемещать элементы сопряжений для просмотра результатов решения сопряжения.

Не пересчитывать – данный параметр позволяет заблокировать расчёт сопряжений в момент создания. Эту возможность можно использовать при работе с большими сборками для экономии времени. Например, когда пользователь добавляет подряд несколько сопряжений. Для поиска решения нужно запустить полный пересчёт модели. При этом следует учесть, что при добавлении нескольких сложных сопряжений или просто слишком большого количества сопряжений система может в итоге и не найти правильного решения (см. ниже параграф «Обработка возможных ошибочных ситуаций при работе с сопряжениями»).

Приёмы работы с готовыми сопряжениями

Работа с деревом модели

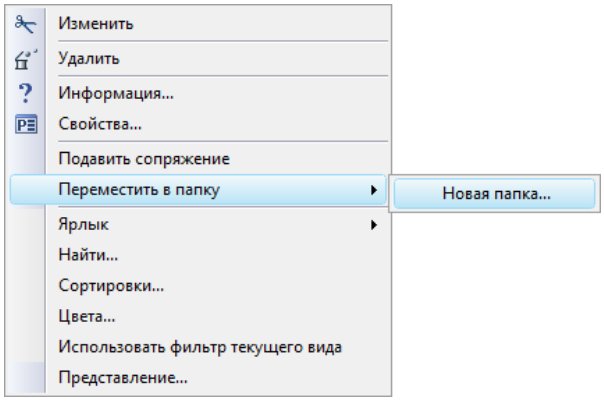


Созданные сопряжения отображаются в окне «3D модель». Вся работа с созданными сопряжениями в основном осуществляется через это служебное окно. В дереве модели создаётся отдельная папка, в которую система автоматически помещает все сопряжения. Для каждого типа сопряжения рисуется пиктограмма, соответствующая типу сопряжения.

Возле каждого сопряжения имеется знак ⊞. Если нажать на него, то в раскрытой ветке дерева

модели будут отображены объекты, на основе которых создано сопряжение.

Сопряжения можно дополнительно группировать в подпапки. Допускается создавать только один уровень подпапок. Все папки сопряжений обозначаются пиктограммой . Каждая дополнительная папка имеет уникальное название. Группирование по дополнительным папкам ни на что не влияет. Оно используется только для удобства работы при сортировке большого количества сопряжений.



Для переноса сопряжения в другую папку воспользуйтесь пунктом контекстного меню «Переместить в папку». В новом подменю доступны команды для создания новой дополнительной папки сопряжений, перемещения в основную и уже существующие дополнительные папки.

Остальные команды этого контекстного меню являются общими для многих элементов системы («Свойства», «Изменить», «Удалить», «Информация...»).

Подавление сопряжений

Любое сопряжение можно подавить. Команда для подавления сопряжения и отмены подавления находится в контекстном меню при выборе сопряжения . Также можно вызвать подавление сразу группы сопряжений, если вызвать команду из контекстного меню кликом по папке сопряжений. Подавленное сопряжение помечается в дереве модели голубым крестом и исключается из расчёта сопряжений.

Движение механизма

Для динамического просмотра движений собранного механизма используйте команду:

Пиктограмма	Лента
	Сборка → Сопряжения → Переместить
Клавиатура	Текстовое меню
<ЗСМ>	Сервис > Сопряжения > Перемещение элементов

После вызова команды требуется выбрать нужную деталь механизма для задания движения. Движение задаётся перетаскиванием выбранной детали при помощи курсора. При этом пользователь имитирует воздействие на механизм, как если бы к выбранной точке детали была

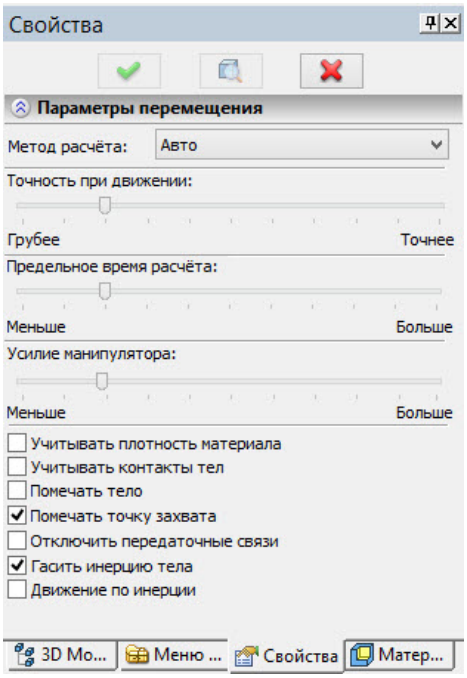
приложена сила, направленная в сторону курсора в плоскости экрана. Под воздействием силы деталь механизма начинает двигаться. Движение ограничено заданными сопряжениями с другими деталями и внешним пространством. Выбранная деталь тянет за собой другую и т.д., пока в движение не будет вовлечён весь механизм. При этом во время движения учитывается масса и моменты инерции перемещаемых компонентов.

> Любые параметры перемещения и поворота сопряжённых объектов записываются в свойства каждой сопряжённой операции. Для этого в параметрах операции создаётся специальный вид преобразования «Преобразование сопряжений». Все свойства этого преобразования рассчитываются системой автоматически.

При перемещении сопряжённых элементов следует учитывать несколько важных факторов:

- ✓ Точные количественные параметры перемещения не задаются.
- ✓ После завершения команды перемещения по  положение деталей точно вернуть в предыдущее состояние нельзя. В крайнем случае, это можно сделать только посредством выполнения отмены действий в текущей сессии.
- ✓ При перемещении модели механизма, для которого оформлен сборочный чертёж, есть опасность невосстановимого изменения чертежа, построенного проецированием. Это произойдёт после обновления проекции, из-за нового положения деталей сборки и сложности точного возврата к предыдущему состоянию положения деталей.

Настройка режимов движения осуществляется в окне свойств.



«Метод расчёта» устанавливает один из двух доступных методов расчёта – точный или быстрый. Точный метод нужно применять для систем, содержащих до нескольких десятков шарниров. Чем больше сложность системы, тем медленнее будет работать расчёт. Для систем включающих в себя сотни шарниров расчёт может работать неудовлетворительно медленно. В таких случаях следует применять быстрый метод, который одинаково хорошо справляется и с большими и с маленькими системами. Режим «Авто» разрешает системе подобрать метод расчёта самостоятельно в зависимости от сложности модели.

Для перемещения деталей механизма используется режим **кинематического** манипулятора. При этом формируется плавное движение. Оно имитирует следствие приложения силы в точку, за которую пользователь тянет деталь. Движение строится с учётом всех заданных ограничений. При достижении границы области решений механизм останавливается.

Точность при движении. Задаёт заниженный уровень точности вычислений для более быстрого расчёта и соблюдения условий сопряжения в момент движения механизма.

Предельное время расчёта. Задаёт количество шагов-вычислений, которое разрешается применить системе для достижения точности вычислений при движении.

Усилие манипулятора. Регулирует степень воздействия от курсора на точку захвата тела. Эта настройка влияет на величину прикладываемой силы, а, следовательно, и на то, как быстро захваченные детали будут перемещаться вслед за курсором.

Учитывать плотность тел. Для более точной имитации движения механизма, имеется возможность учитывать реальную плотность при расчёте массы его деталей. В противном случае плотность устанавливается одинаковой для всех компонентов.

Учитывать контакты тел. Для более точной имитации движения механизма имеется возможность учитывать пересечения объектов.

Помечать тело. Вспомогательный параметр, позволяющий включать/отключать пометку детали механизма, за которую тянет пользователь для создания движения.

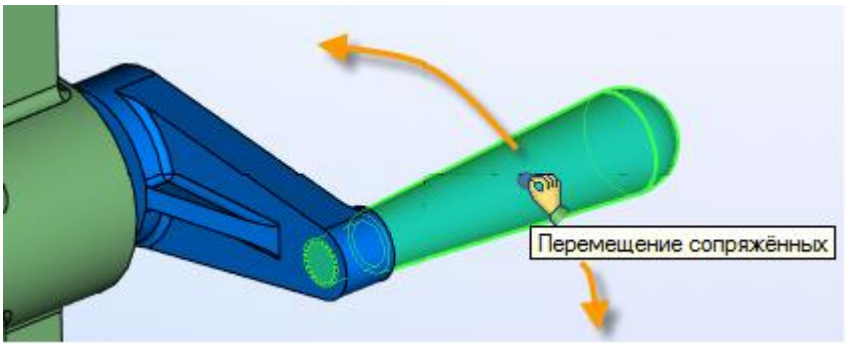
Помечать точку захвата. Данный параметр включает пометку точки, за которую тянет курсор. Точка помечается крестиком. Эту функцию можно использовать при отключении пометки тела.

Отключить передаточные связи. Данная настройка позволяет отключать передаточные сопряжения. Эту возможность удобно использовать для приведения звеньев передач к исходному взаимному соответствию (например, контактное зацепление зубьев шестерёнок).

Гасить инерцию тела. Данный параметр позволяет отключать и включать учёт инерции тел.

Движение по инерции. Данный параметр позволяет учитывать инерцию без её угасания со временем.

Имеется упрощённый способ изменить положение 3D элемента в пространстве в рамках заданных степеней свободы. Для активации этой возможности нужно выбрать объект в сцене, используя фильтр . Через секунду после выбора появляется небольшой манипулятор в форме окружности, с помощью которого можно перемещать элемент.

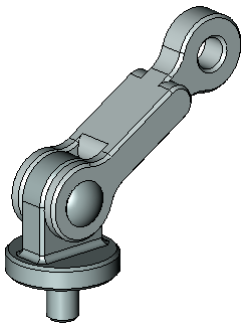


Оптимальная длина цепочек сопряжений

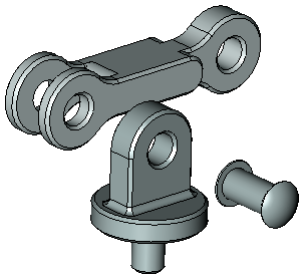
При создании механизма одна деталь «цепляется» к внешней среде, другие детали посредством сопряжений стыкуются друг к другу. Таким образом, ряд деталей, последовательно состыкованных друг с другом, можно представить как цепочку сопряжений. Если к одной детали присоединено одновременно несколько других деталей, то цепочка сопряжений разветвляется. При создании механизмов необходимо стремиться к максимально коротким цепочкам. Более короткие цепочки решаются быстрее и при этом возникает меньшая погрешность вычислений.

Рассмотрим следующий характерный пример – необходимо создать модель простого механизма, показанную на рисунке. Механизм представляет собой соединение шарнирного типа, объединяющее вместе три детали – опору, рычаг и ось. Наиболее рациональным способом в данном случае будет создание двух маленьких цепочек сопряжений, а не одной длинной.

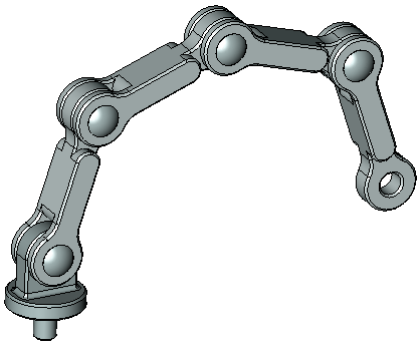
Рычаг нужно при помощи сопряжений соосности и совпадения плоских граней сразу привязать к опоре. Ось также при помощи соосности и совпадения привязывается к любой детали, например, к опоре. Получается две цепочки сопряжений: опора-рычаг и опора-ось. В данном случае нерационально было бы, например, к опоре привязать ось, а к оси привязывать рычаг, так как получилась бы более длинная цепочка сопряжений «опора-ось-рычаг».



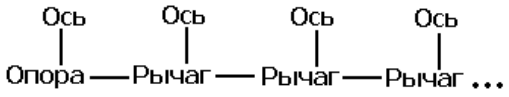
Пример механизма



Детали механизма



Усложнение механизма (добавление новых сопряжений)



Рациональная цепочка



Нерациональная цепочка

Конечно, на таком простом примере сколько-нибудь заметного ухудшения производительности системы не произойдёт, но в более сложных случаях разница становится заметна.

Рекомендации по совместному использованию привязки по ЛСК и сопряжений

В данном разделе рассмотрены рекомендуемые правила совместного использования сопряжений и привязки ЛСК при создании сборок. Привязка деталей по сопряжениям в большинстве случаев должна использоваться совместно с привязкой по ЛСК. Причём, приоритетным следует считать традиционный способ – привязку фрагментов при помощи систем координат. У этого способа есть ряд преимуществ перед сопряжениями.

Во-первых, некоторые типы геометрических связей, в том числе наиболее часто используемые (одноосевой шарнир), могут быть решены одной ЛСК, а для связи при помощи сопряжений может потребоваться создание связки, например, из двух или более сопряжений. В частности, одноосевой шарнир создаётся двумя сопряжениями (соосность + совпадение торцевых граней) или только одной ЛСК (разрешён поворот вокруг одной оси). Из этого главного преимущества вытекают следующие:

- В целом, система работает быстрее (сокращается длина цепочек сопряжений, меньше погрешность вычислений, проще расчёт).
- Формируется более простая структура модели, за счёт того, что не создаётся лишних элементов (сопряжений).
- Обеспечивается бóльшая устойчивость к топологическим изменениям модели (за счёт минимального использования топологических элементов тел).

Когда же оправдано использование сопряжений? Для ответа на этот вопрос рассмотрим процесс проектирования сборки. С точки зрения интересующего нас вопроса, как правило, перед конструктором могут стоять **2 задачи.**

Задача 1: создание сборочной модели без возможности «движения» механизма. Пользователь заранее знает, что он проектирует, что его модель после завершения сборки не должна будет двигаться, это ему не нужно. К примеру, если мы проектируем телевизор или дом, то вряд ли понадобится «оживлять» их в динамическом режиме.

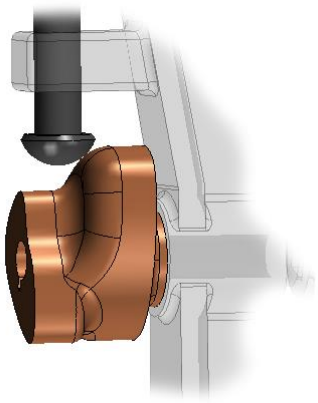
Когда перед пользователем стоит подобная задача, то при наполнении сборки деталями решается один основной вопрос – как правильно расположить деталь на сборке. Наиболее эффективное решение даёт «традиционный» способ – вставка 3D фрагментов с использованием ЛСК. В дополнение к общим преимуществам этого метода, от пользователя потребуется меньшее количество действий. Механизм вставки 3D фрагмента требует меньше времени за счет того, что нужно определить меньшее количество элементов:

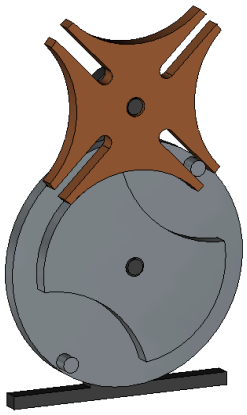
1. Исходную ЛСК (выбор может выполняться автоматически).
2. Место привязки (выбор целевой ЛСК или геометрии для её создания осуществляется в 3D окне).

В то же время каждое новое сопряжение потребовало бы определения геометрических данных для двух компонентов, а для точного расположения компонента, как правило, нужно создать несколько сопряжений.

Прибегать к использованию сопряжений следует:

- в сложных случаях геометрического взаимодействия;





- когда требуется расположить на сборке деталь, которая имеет контакт с другими деталями в нескольких местах.

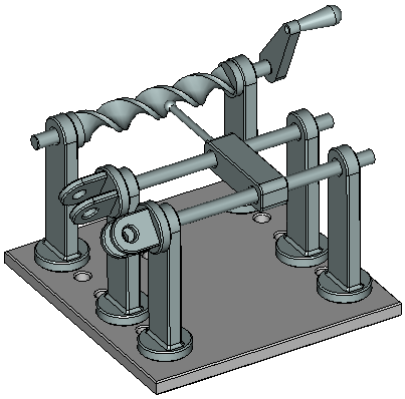
Задача 2: построение сборки с возможностью «оживления» спроектированного механизма в команде перемещения сопряжённых элементов. В таком случае все части собранного механизма должны правильно взаимодействовать друг с другом. Для всех подвижных частей должны быть обязательно описаны необходимые условия для расчёта системы сопряжений при движении механизма.

В данной ситуации рекомендуется придерживаться правил, приведённых ниже:

- Для деталей, которые не должны изменять своего положения относительно элементов, к которым привязаны, рекомендуется использовать ЛСК без степеней свободы. К примеру, гайка, надетая на болт, всегда должна следовать за болтом и не должна иметь перемещений относительно болта.
- Для деталей, изменяющих взаимное положение, в первую очередь нужно использовать ЛСК со степенями свободы. Это даст выигрыш по всем основным преимуществам (см. выше).

Сопряжения используются при привязке деталей в следующих случаях:

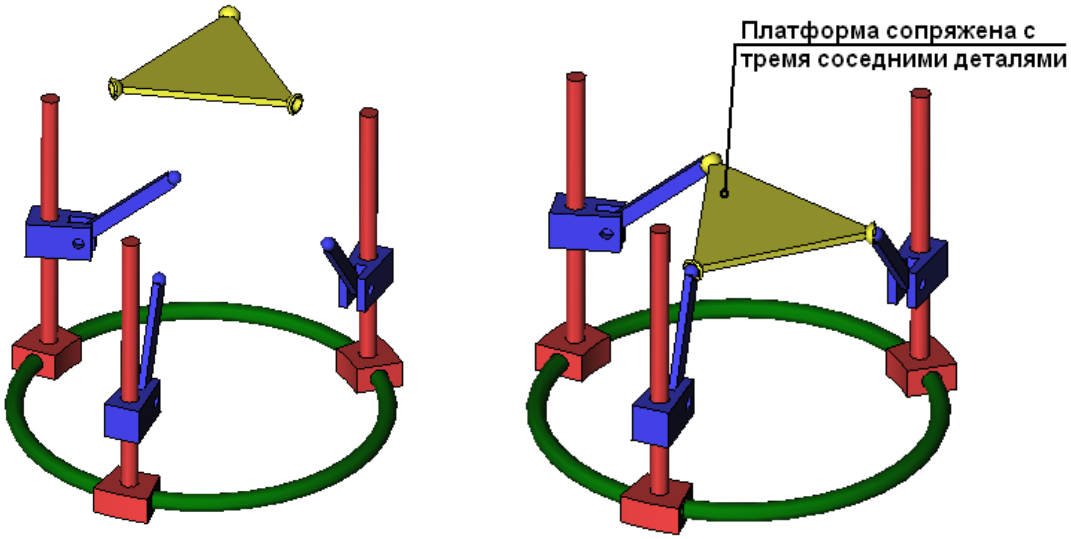
- Для деталей, имеющих сложные геометрические взаимодействия.



Пример сложного взаимодействия

(винтовой поверхности и толкателя)

- Для деталей, имеющих более одного контакта с несколькими подвижными соседними деталями.
- Для замыкания цепочек сопряжений. При этом каждая цепочка может быть создана с использованием ЛСК со степенями свободы.



Замыкаются три цепочки сопряжений

- Для задания различных ограничений, например, на взаимное проникновение деталей. В качестве примера можно рассмотреть гидроцилиндр, где задано ограничение в виде условия «расстояние=0» (см. выше параграф «Типы сопряжений»)

Обработка возможных ошибочных ситуаций при работе с сопряжениями

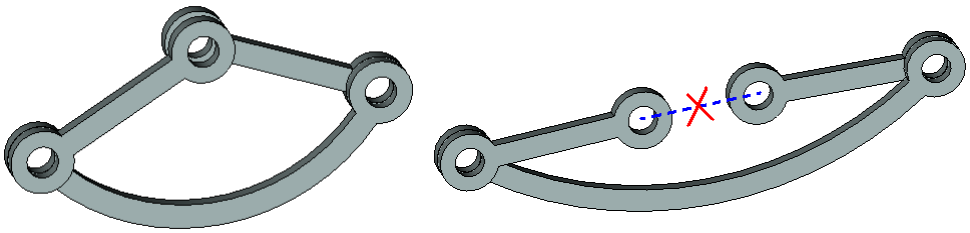
На разных этапах работы с моделью могут возникать ошибки в сопряжениях. Система не всегда может выдать подробную причину их возникновения, поэтому мы приведём здесь наиболее типичные ошибочные ситуации и основные приёмы их исправления. Все ошибочные ситуации можно поделить на два типа – ошибки, возникающие при создании сопряжений, и ошибки, возникающие в сопряжениях при пересчёте модели.

Проблемы, возникающие во время создания сопряжений, могут иметь в своей основе две причины. Во-первых, решение сопряжения может быть не найдено, потому что его вообще не существует. Например, это может произойти, когда ранее установленные геометрические связи в модели таковы, что система не может переместить выбранные компоненты для обеспечения новых условий. В таком случае нужно проверить модель. Возможно, в каком-то месте присутствуют избыточные, ненужные связи. Если причина в этом, то можно попробовать освободить некоторые компоненты системы или ослабить лишние геометрические связи. Этого зачастую можно добиться, если погасить (а в последствии удалить) определённое «мешающее» сопряжение или разрешить дополнительную степень свободы в параметрах соответствующего 3D фрагмента. Во-вторых, может оказаться, что теоретически решение есть, но система его не смогла найти. Причин может быть несколько – либо установлено недостаточное предельное время расчёта, либо при текущем положении компонентов модели система не может его обнаружить. В таких случаях можно принять комплексные меры, помогающие системе в поиске решения. В первую очередь, можно установить большее предельное время расчёта, чтобы система могла провести больше вычислений. Также перед созданием нового сопряжения следует вручную подвести компоненты механизма к предполагаемой области решения (при помощи команды перемещения сопряжённых элементов). Это поможет системе найти нужное решение в сложных случаях.

Отдельно следует рассмотреть другую причину, по которой может возникнуть неудача – когда пользователь пытается задать такие связи, которые приводят к возникновению рекурсии (зависимости от самого себя). Например, два компонента вначале были привязаны по ЛСК. Затем пользователь дополнительно хочет наложить ещё одно сопряжение между двумя компонентами. При этом ось ЛСК одного компонента сориентирована по геометрии второго компонента. Перемещение второго компонента приводит к изменению положения первого компонента. Выполнение условий сопряжения требует перемещения обоих компонентов. В такой ситуации-рекурсии система никогда не сможет найти решение. Для выхода из тупика нужно устранить причину рекурсии – в данном случае, переопределить ЛСК первого компонента, чтобы она не зависела от второго компонента.

Ошибки могут возникать на изначально корректной модели после процедуры регенерации. Сопряжения рассчитываются по группам (цепочкам). При возникновении ошибки в группе каждое сопряжение из этой группы помечается в дереве модели красными крестами. Причины, по которым могут возникнуть ошибки регенерации, могут быть двух видов. Может случиться так, что модель претерпела такие изменения, при которых решение всех условий стало невозможным или нарушилась связь сопряжений с геометрией компонентов (к примеру, исчез топологический

элемент, используемый в сопряжении). В этом случае восстановление сопряжений возможно при условии восстановления родительских элементов. В противном случае потребуется переопределить сопряжение.



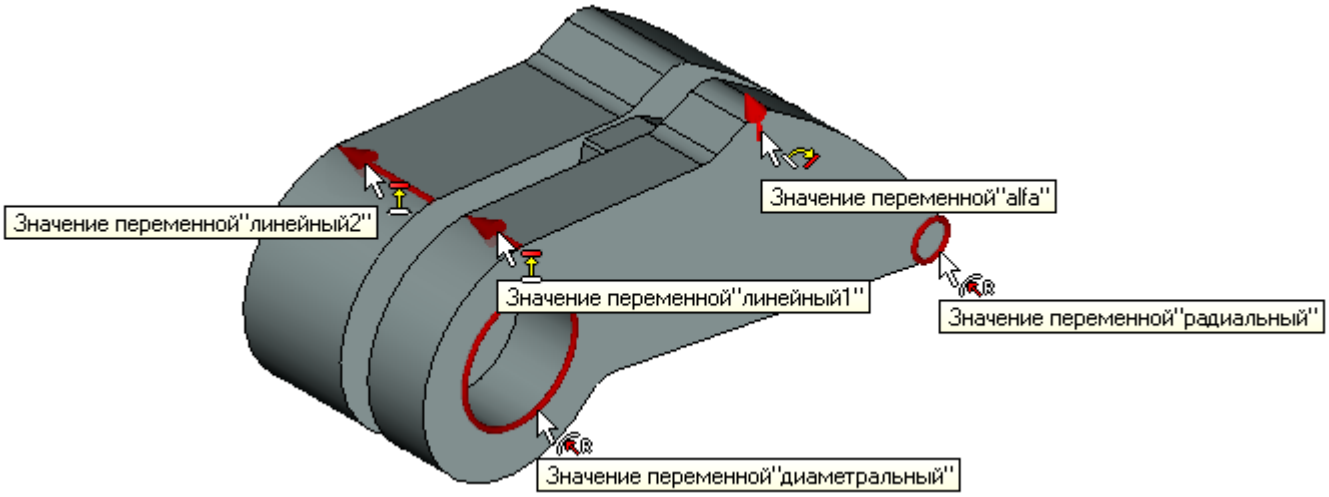
Другой случай – модель корректна, но система не смогла найти нужное решение. Такое может произойти, например, из-за того, что не хватило разрешённого предельного времени вычисления. Другая причина – модель попала в тупиковую ситуацию, из которой система не может найти выхода. В этом случае можно попробовать сначала погасить все ошибочные сопряжения, а затем по одному заново подключать их к модели. Одновременно с этим можно двигать компоненты, чтобы помочь системе найти решение. Также в этом случае будет полезно увеличить предельное время вычислений (с помощью флажка “Сопряжения|Время” на закладке “3D” диалога команды **“ST: Задать параметры документа”**).

Дополнительные инструменты для работы со сборочными 3D моделями

Манипуляторы внешних переменных

Общие сведения

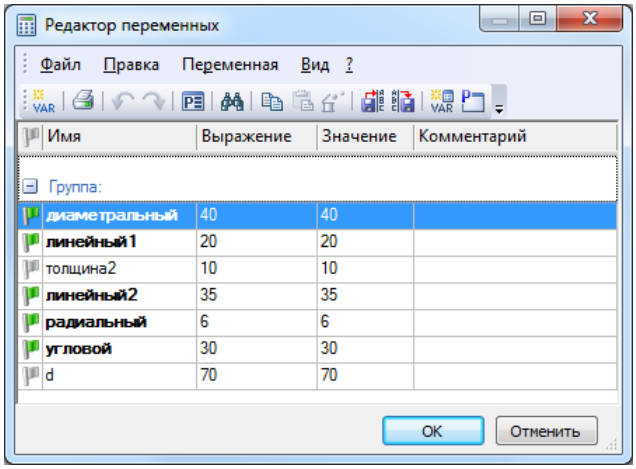
Для задания значений внешних переменных 3D модели можно создавать пользовательские манипуляторы.



Манипуляторы внешних переменных можно использовать двумя способами:

- ✓ изменять в сцене параметры модели. В панель управления видимостью объектов в сцене добавлена команда управления видимостью манипуляторов в сцене – **Показать/скрыть манипуляторы**;
- ✓ при вставке модели в сборку на фрагменте менять значения внешних переменных.

Для создания манипуляторов необходимо, чтобы в текущей 3D модели присутствовали внешние переменные, управляющие параметрами данной модели.



Создание манипулятора

Создавать и редактировать манипуляторы внешних переменных позволяет команда **Параметры > Манипуляторы:**

Пиктограмма	Лента
	Параметры → Инструменты → Манипуляторы
Клавиатура	Текстовое меню
<3CV>	Параметры > Манипуляторы

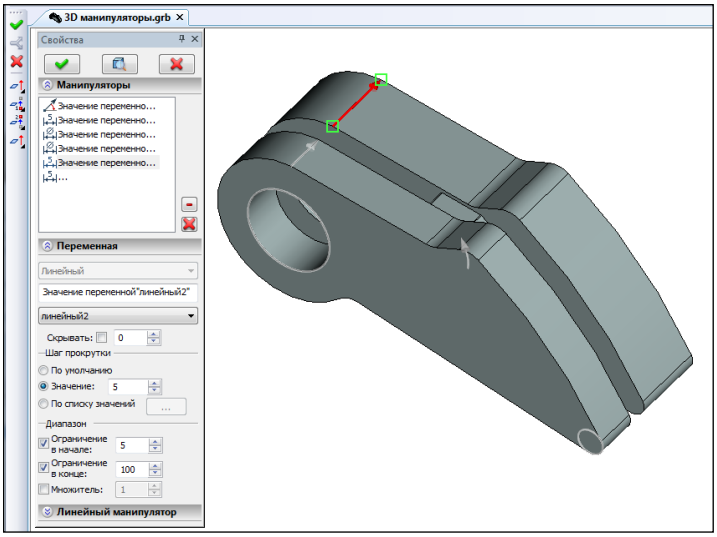
В команде можно добавлять новые манипуляторы, удалять существующие, менять описание манипулятора. Возможно создание следующих типов манипуляторов:

- ✓ *линейный манипулятор* – стрелка, длина которой равна значению переменной;
- ✓ *радиальный манипулятор* – кольцо, радиус которого равен значению переменной;
- ✓ *диаметральный* – кольцо, диаметр которого равен значению переменной;
- ✓ *угловой манипулятор по трём точкам* и *угловой манипулятор по оси и начальной точке* – сегмент окружности, угловой размер которого задаётся в градусах и равен значению переменной;
- ✓ *список* – для внешней переменной предлагается список допустимых значений. Список можно привязать к произвольной точке на 3D модели. Манипулятор такого типа изображается в виде шарика, при нажатии на который открывается список для выбора значения переменной.

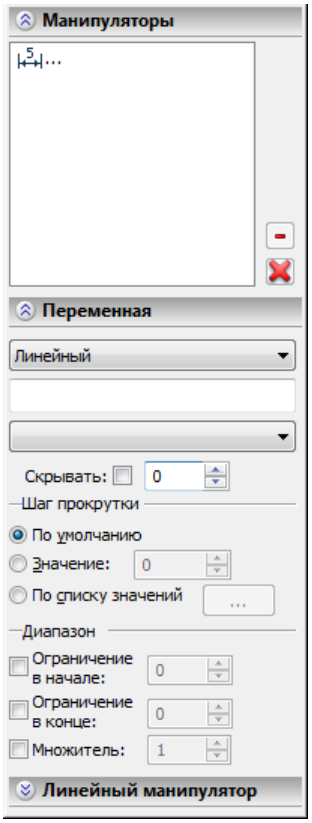
При вызове команды **Параметры > Манипуляторы** в окне свойств отображается список уже имеющихся в данном документе манипуляторов. Если таковых в документе пока нет, список будет пустым.

Манипуляторы, уже созданные в документе, отображаются в 3D окне серым цветом. Для того, чтобы отредактировать параметры уже существующего манипулятора, необходимо выбрать его – с

помощью в 3D окне или в списке окна свойств. Выбранный манипулятор выделяется в 3D окне цветом (по умолчанию - красным).



Для создания манипулятора необходимо поместить курсор в строку в списке, а затем задать параметры манипулятора в полях ниже:



Раздел **Переменная**:

Список выбора типа манипулятора: *Линейный*, *Радиальный*, *Диаметральный*, *Угловой по трём точкам*, *Угловой по оси и начальной точке*, *Список*.

Поле для задания имени манипулятора. Имя (текстовую строку) можно ввести вручную. Также оно может быть задано автоматически по имени внешней переменной, с которой будет связан данный манипулятор. Для этого необходимо оставить поле пустым. После выбора переменной из списка ниже система сама заполнит его в формате "Значение переменной "Имя_переменной"".

Список внешних переменных документа – позволяет указать внешнюю переменную, значением которой будет управлять создаваемый манипулятор.

Скрывать. Данный флажок позволяет управлять видимостью манипулятора на экране. В качестве значения данного параметра можно использовать вещественную переменную. Манипулятор будет скрыт, если значение переменной не равно нулю.

Группа параметров **Шаг прокрутки** задаёт шаг изменения значения манипулятора:

По умолчанию – шаг подбирается автоматически в зависимости от масштаба сцены;

Значение (пользователь может задать точное значение шага);

По списку значений (список формируется пользователем).

Параметры группы **Диапазон** задают границы изменения значения манипулятора и его масштаб:

Ограничение в начале. Параметр позволяет указать минимально допустимое значение манипулятора;

Ограничение в конце. Параметр позволяет указать максимально допустимое значение манипулятора;

Множитель. С помощью данного параметра можно задать коэффициент, на который будет умножаться значение манипулятора.

Также в окне свойств команды присутствует дополнительный раздел с параметрами визуализации манипулятора:

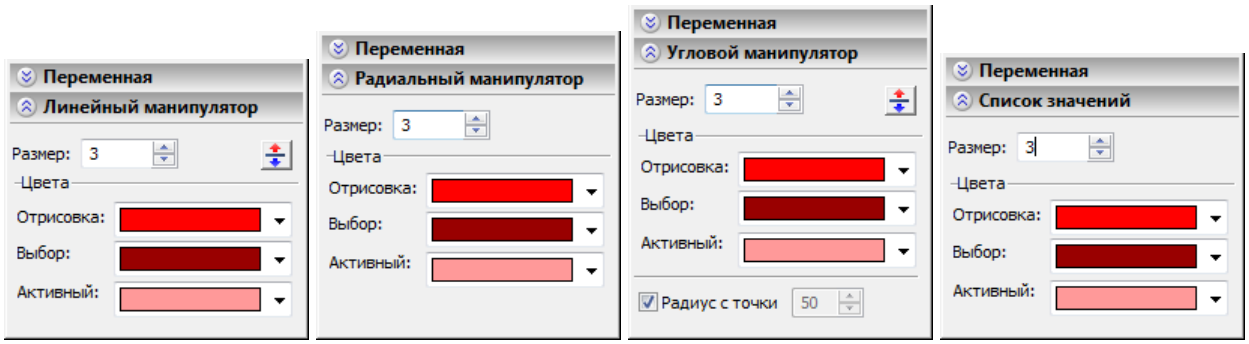
Размер. Размер манипулятора в 3D сцене. Данный параметр влияет только на визуализацию манипулятора;

Цвета/Отрисовка. Цвет, которым будут отрисовываться неактивные манипуляторы в 3D сцене;

Цвета/Выбор. Цвет, которым будет отрисовываться в 3D сцене манипулятор при подводе к нему курсора;

Цвета/Активный. Цвет, которым будет отрисовываться активный манипулятор в 3D сцене;

Радиус с точки. Данный параметр доступен только для углового манипулятора и задаёт радиус дуги манипулятора. По умолчанию флажок включен, радиус определяется автоматически по заданным пользователям точкам (при задании геометрии манипулятора). Отключив флажок, можно задать значение радиуса вручную.



Геометрические параметры манипулятора задаются с помощью опций автоменю. Набор опций различается для каждого типа манипулятора.

Для линейного манипулятора доступны опции:

	<A>	Выбрать ось манипулятора
	<F>	Выбрать начальную точку манипулятора

	<S>	Выбрать конечную точку манипулятора

Данные опции позволяют задать изображение манипулятора в 3D сцене двумя способами – либо указанием начальной и конечной точки вектора манипулятора, либо выбором 3D объекта, способного определить вектор манипулятора.

Для радиального и диаметрального манипуляторов:

	<A>	Выбрать ось манипулятора
	<F>	Выбрать начальную точку манипулятора
	<S>	Выбрать конечную точку манипулятора

Опции позволяют задать ось кругового манипулятора либо указанием двух точек, либо выбором 3D объекта, способного ось целиком. Радиус манипулятора будет соответствовать значению переменной, связанной с манипулятором.

Для углового по трём точкам:

	<1>	Задайте первую точку дуги
	<2>	Задайте вторую точку дуги
	<3>	Задайте третью точку дуги

Дуга углового манипулятора данного типа определяется тремя точками: центральной точкой дуги (выбирается с помощью опции ), начальной точкой дуги (опция ) и конечной точкой дуги (опция ).

Для углового манипулятора по оси и начальной точке:

	<A>	Выбрать ось манипулятора
	<F>	Выбрать начальную точку манипулятора
	<S>	Выбрать конечную точку манипулятора
	<B>	Выбрать начальную точку вращения

Для углового манипулятора данного типа необходимо указать ось дуги манипулятора – выбором двух точек (опции  и ) или одного 3D объекта (опция ). После задания оси нужно указать начальную точку дуги манипулятора. Длина дуги будет определена системой автоматически по значению переменной, связанной с манипулятором.

Для манипулятора типа "Список":

	<B>	Выберите точку

Данная опция позволяет указать 3D точку, в которой будет создан манипулятор в виде шарика.

Для завершения создания/редактирования манипулятора необходимо после задания всех параметров нажать .

Использование манипуляторов

При использовании манипуляторов, т.е. при изменении значений переменных модели с помощью манипуляторов, в системной панели появляется дополнительный элемент управления – для задания точного числового значения манипулятора.



Созданные в 3D модели манипуляторы отображаются в сцене исходного документа. При необходимости их можно погасить с помощью команды **3SM: Погасить манипуляторы.** Команда доступна на инструментальной панели **Вид:**

Пиктограмма	Лента
	Панель Вид → Погасить манипуляторы
Клавиатура	Текстовое меню
<3SM>	

Конфигурации

Общие сведения

Конфигурация – сохранённый в документе дополнительный вариант геометрии модели, соответствующий некоторым заданным условиям. Геометрия конфигураций не отображается в 3D сцене документа.

> По умолчанию в документе T-FLEX CAD хранится только геометрия, соответствующая последнему сохранённому состоянию 3D модели данного документа.

Основной областью применения конфигураций является проектирование 3D сборок. Геометрию, сохранённую в конфигурации, можно вставлять в сборку вместо актуальной геометрии фрагмента. Использование конфигураций позволяет быстро загружать требуемый вариант фрагмента, без дополнительного пересчёта и преобразования модели фрагмента.

Исполнение - это специальный вид конфигураций, предназначенный для работы со структурой изделия. Исполнения используются для получения групповых спецификаций.

> Подробную информацию о групповых спецификациях можно найти в главе “Структуры изделия, отчёты и спецификации”.

Документ T-FLEX CAD может содержать любое количество конфигураций и/или исполнений. Каждой из них присваивается уникальное имя.

В зависимости от условий, определяющих сохраняемую геометрию, конфигурации можно разделить на 2 типа:

- **Конфигурации по полному набору тел** – хранят геометрию всех Тел 3D модели;
- **Конфигурации по произвольному набору тел** – хранят в себе геометрию произвольного набора тел, соответствующих любым операциям и Телам из дерева модели.

Если документ содержит внешние переменные, в каждой конфигурации также хранится набор значений внешних переменных, для которого рассчитана геометрия конфигурации.

> Конфигурации можно создавать и в 2D документах. В этом случае в конфигурации хранится только набор значений внешних переменных документа. Такие конфигурации можно использовать при работе с 2D фрагментами, для быстрого задания значений переменных фрагмента.

Применение конфигураций

При вставке документа с конфигурациями в качестве 3D фрагмента можно, как обычно, задать нужные в сборке значения внешних переменных фрагмента (если они есть у фрагмента), либо указать одну из сохранённых в документе конфигураций.

При задании значений переменных системе приходится заново пересчитывать всю модель фрагмента в соответствии с указанными в сборке значениями. Получившаяся в результате пересчёта геометрия включается в сборку.

При использовании конфигурации (заранее созданной в документе фрагмента) пересчёт модели фрагмента не осуществляется, а сразу вставляется геометрия, хранимая в конфигурации. Включённая в сборку геометрия содержит только те тела, которые были сохранены в конфигурации.

Отсутствие пересчёта модели фрагмента при вставке конфигураций приводит к значительной экономии времени при построении сборок. Особо ярко это отражается при вставке фрагментов, содержащих достаточно сложные построения и большое количество операций. Возможность управлять составом геометрии, хранимой в конфигурации, предоставляет ещё более широкие возможности при проектировании 3D сборок.

Механизмы, назначение и работа с первым и вторым вариантами конфигураций значительно отличаются, поэтому требуют описания по отдельности.

Конфигурации по полному набору тел

При создании **конфигурации по полному набору тел** задаются только те значения внешних переменных документа, которым должна соответствовать геометрия конфигурации. В конфигурацию сохраняется геометрия всех конечных тел 3D модели.

Использование конфигураций данного типа для 3D фрагментов позволяет исключить фазу пересчёта модели фрагмента в сборке. Для этого при вставке фрагмента вместо ввода значений переменных нужно указать системе одну из конфигураций фрагмента. В сборку будет загружена геометрия из указанной конфигурации.

Система может использовать геометрию из конфигурации фрагмента и самостоятельно. Это происходит, когда пользователь указывает для 3D фрагмента значения переменных, совпадающие с набором значений одной из конфигураций фрагмента. Если такое совпадение обнаружено, вместо

пересчёта модели фрагмента система загружает геометрию из соответствующей конфигурации. Обратите внимание, что это правило верно только для конфигураций по полному набору тел.

Конфигурация по произвольному набору тел

При создании **конфигурации по произвольному набору тел**, кроме набора значений внешних переменных, указывается любой набор операций и Тел из дерева модели документа. Сохраняемая в конфигурации геометрия представляет собой совокупность тел всех выбранных операций/Тел. При использовании текущего документа в качестве фрагмента такая конфигурация будет вставляться как многотельный фрагмент.

> Многотельные фрагменты можно автоматически разделять на несколько отдельных тел, если в свойствах фрагмента в сборке установить для параметра **Использовать** (закладка **Операция**) значение **Как отдельные тела**.

Вставка конфигурации по произвольному набору тел в сборку может осуществляться только при явном указании имени нужной конфигурации в свойствах фрагмента.

Конфигурации по произвольному набору тел можно использовать в ситуациях, требующих разного представления геометрии модели во фрагменте и сборке. Например, они позволяют отображать в сборке тела, соответствующие операциям в середине дерева модели фрагмента. Пример – детали с выполненной разделкой сварных швов. Разделка сварных швов требует создания большого количества дополнительных операций, усложняющих модель и увеличивающих время пересчёта. При этом в 3D модели самой детали разделка сварных швов необходима, а в сборке – часто не нужна и сильно отягощает сборочную модель. В такой ситуации во фрагменте можно создать конфигурацию, содержащую геометрию детали без разделки сварных швов. Список тел, хранимых в данной конфигурации, будет состоять из одной операции, предшествующей операциям, имитирующим разделку сварных швов. Если при вставке фрагмента в сборку указать эту конфигурацию, в сборке деталь будет отображена без разделки сварных швов.

Конфигурации также можно использовать для фрагментов, чей состав должен изменяться от сборки к сборке. Например, модель фрагмента содержит набор тел, а в разные сборки необходимо включать только часть из них, причём в разных сочетаниях. В такой ситуации можно создать в документе фрагмента несколько конфигураций с разным набором хранимых операций, и загружать их в сборках по мере необходимости.

В качестве ещё одного случая использования конфигураций можно предложить следующее: часто в сборке необходимо создать отверстие под нестандартную деталь и затем вставить в качестве фрагмента саму деталь. Для этого можно создать в документе детали-фрагмента конфигурацию, хранящую упрощённое состояние модели (операцию из середины дерева модели) и окончательный вид детали (операцию с вершины дерева модели или Тело). При вставке такой конфигурации в сборку с использованием разделения фрагмента на тела одно из вставленных Тел можно

использовать для создания отверстия (с помощью булевой операции вычитания), другое – для получения собственно фрагмента-детали.

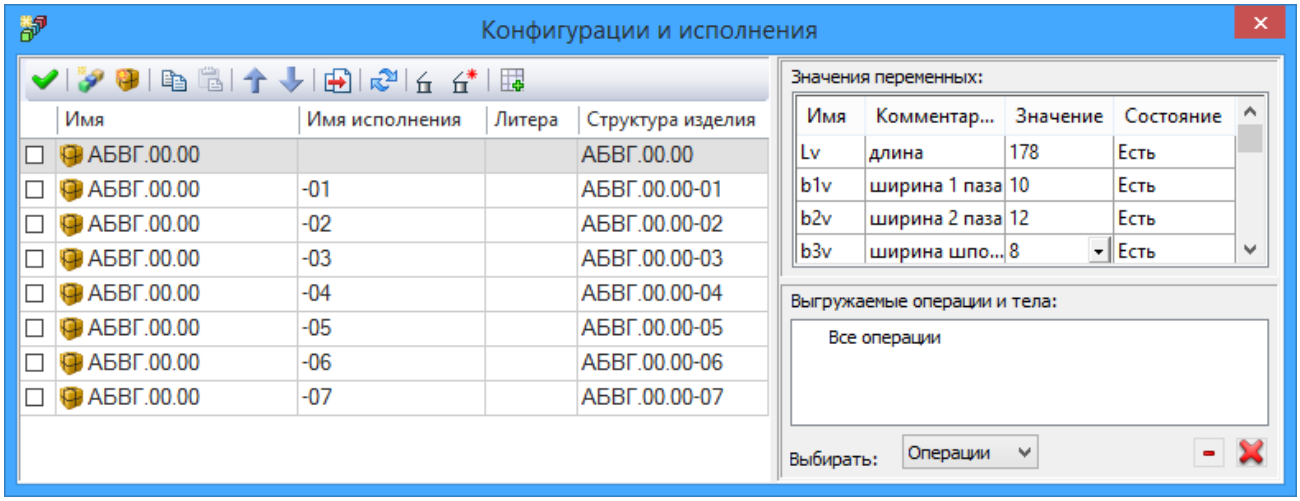
Создание и редактирование конфигураций

Для создания и редактирования конфигураций используется команда “**FCE: Редактировать конфигурации модели**”:

Пиктограмма	Лента
	Параметры → Инструменты → Конфигурации и исполнения
Клавиатура	Текстовое меню
<FCE>	Параметры > Конфигурации и исполнения

Команда недоступна, если текущий файл не был сохранён.

После вызова команды появляется диалоговое окно для работы с конфигурациями текущей модели.



В левой половине окна отображается список существующих конфигураций для текущей модели. Для того чтобы начать работать с какой-либо конфигурацией, нужно выбрать её в этом списке. Если в документе ещё нет ни одной конфигурации, список будет пуст.

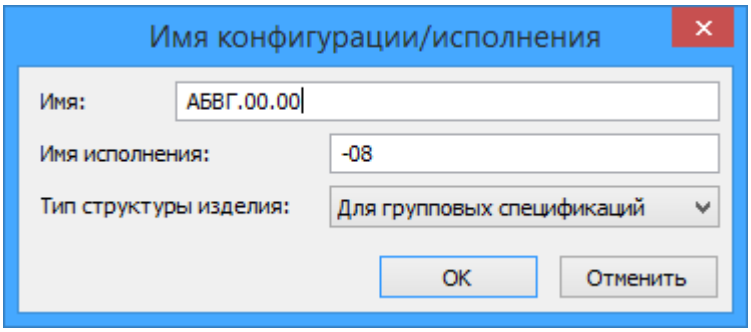
Для создания конфигурации используется кнопка  **Создать конфигурацию**. Новой конфигурации присваивается набор значений переменных, который соответствует текущему состоянию модели.

Для создания нового исполнения используется иконка  **Создать исполнение**. Для новой конфигурации или исполнения может быть задано **имя**.

Для нового исполнения задаётся Тип структуры изделия, на основе которого будет создана структура изделия. Рекомендуется выбирать тип **Для групповых спецификаций**, если впоследствии планируется создать таблицу групповых спецификаций.

Если в документе заполнено поле "Обозначение" в окне структуры изделия, то по умолчанию обозначение подставляется в имя конфигурации/исполнения. Если эти данные не введены, то подставляется имя файла текущего документа.

После сохранения исполнения автоматически создаётся структура изделия. Имя структуры совпадает с именем исполнения.



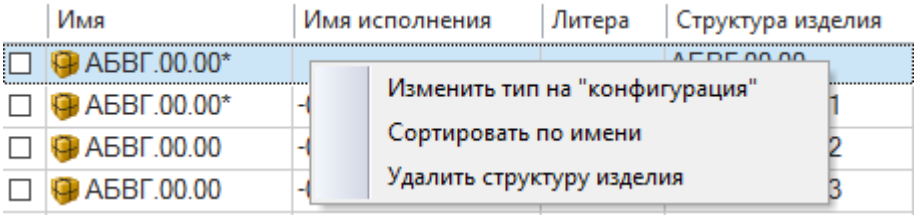
Для уже созданных конфигураций/исполнений можно изменить имя и, при необходимости, задать литеру, редактируя соответствующую ячейку в таблице.

По умолчанию новой конфигурации/исполнению присваивается набор значений переменных, который соответствует текущему состоянию модели.

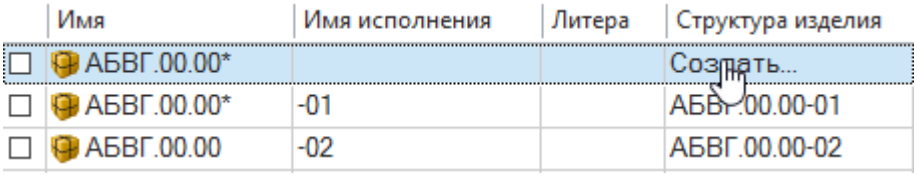
В контекстном меню доступны следующие опции:

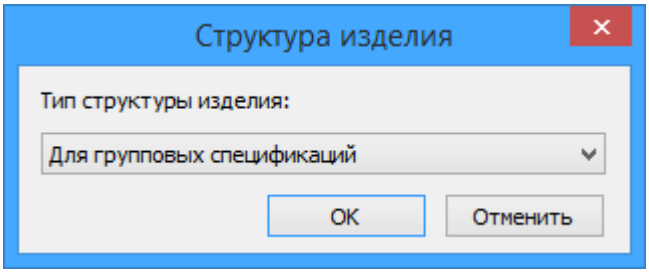
Изменить тип на "**конфигурацию**"/"**исполнение**" позволяет изменить тип выбранного элемента.

Сортировать по имени позволяет включить сортировку по колонке **Имя**.

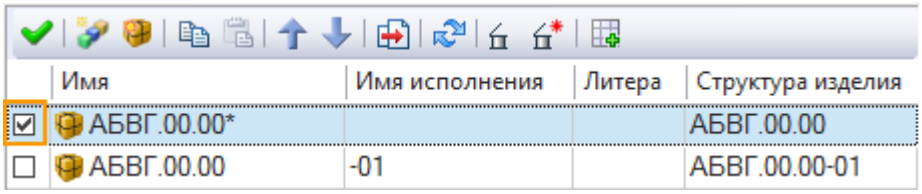


Удалить структуру изделия удаляет структуру изделия для выбранного элемента. Структуру изделия можно перезадать в окне **Структура изделия** нажав "Создать...".

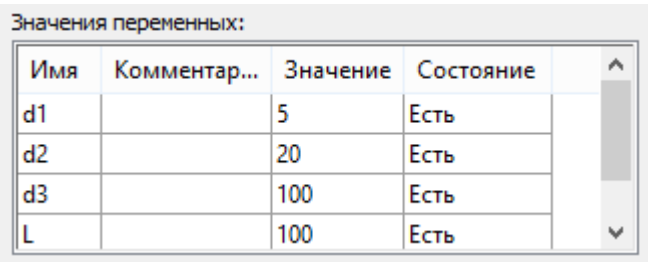




Базовое исполнение. Флаг слева от имени предназначен для задания базового исполнения. Свойства структуры изделия, которая соответствует базовому исполнению, будут использоваться при отображении данных в режиме **Применить представление структуры изделия** в окне структуры изделия. Если флаг не установлен ни у одного из исполнений, то базовым считается первое в списке исполнение.



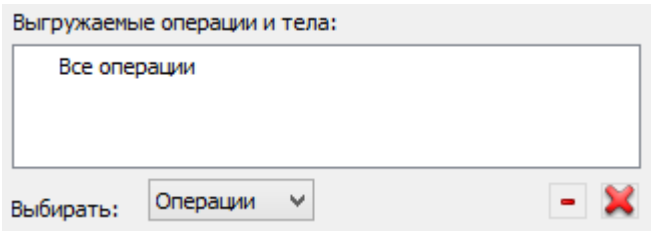
Список значений внешних переменных для выбранной конфигурации отображается в правой части окна команды в таблице **Значения переменных**.



Значения переменных в таблице можно изменять. После редактирования значения любой внешней переменной сохранённая ранее конфигурация становится неактуальной, и она помечается звёздочкой.

Для актуализации изменений, конфигурацию потребуется сохранить при помощи опции . В некоторых случаях в процессе редактирования модели возможно удаление внешних переменных и добавление новых внешних переменных. В колонке “Состояние” для каждой переменной в конфигурации выдаётся информация о её наличии в модели и о наличии переменной модели в конфигурации.

Справа внизу расположен список операций и Тел модели, сохраняемых в выбранной конфигурации.



После создания конфигурации в списке указано **Все операции**. Если на этом этапе завершить создание конфигурации, то будет создана **конфигурация по полному набору тел**. При добавлении элементов в список **Выгружаемые операции и тела** создаётся **конфигурация по произвольному набору тел**. Для заполнения списка необходимо установить в параметре **Выбирать** нужный фильтр: **Тела** или **Операции**. После этого можно указывать любые Тела или операции в 3D сцене или в дереве 3D модели.

Кнопки и  позволяют редактировать список тел конфигурации:

- – удаляется операцию/Тело, выбранное в списке;
-  – удаляет всё содержимое списка (содержимое списка заменяется на “Все операции”).

Для работы с конфигурациями/исполнениями также используются иконки:

 **Применить изменения** - сохраняет изменённые и новые конфигурации/исполнения.

  **Копировать. Вставить.** Опции позволяют скопировать и создать новую конфигурацию/исполнение на основе уже существующей. При вставке необходимо задать имя для новой конфигурации. Значения внешних переменных и тип структуры изделия (для исполнений) копируются из исходного элемента.

  **Переместить вверх. Переместить вниз**. Опции позволяют изменять порядок элементов в списке. Порядок важен только исполнений, т.к. порядок перечисления исполнений в групповых спецификациях соответствует порядку исполнений в списке.

 **Загрузить** - выполняется пересчёт модели со значениями переменных, заданных для выбранной конфигурации. Данная команда позволяет посмотреть геометрию каждой конфигурации.

 **Обновить** - для переменных выбранной конфигурации/исполнения загружаются текущие значения внешних переменных модели.

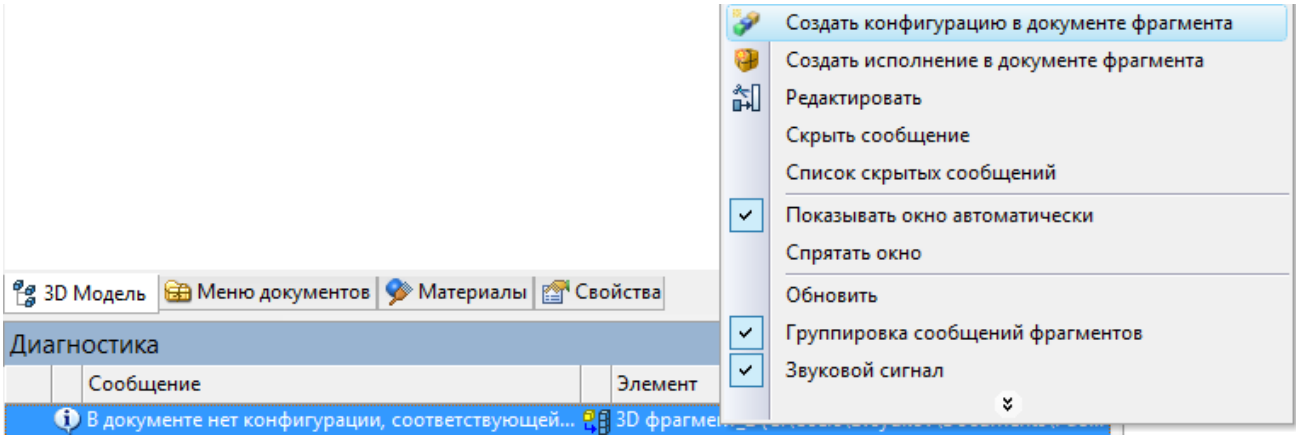
 **Удалить** - удаляет выбранную конфигурацию/исполнение.

 **Удалить все** - удаляет все конфигурации и исполнения.

 **Создать новую таблицу исполнений** - создаёт таблицу исполнений модели.

Подробнее о таблицах исполнения можно прочитать в главе “Оформление чертежей”.

Если значения внешних переменных во фрагменте, вставляемом в сборку, не совпадают ни с одной из созданных им конфигураций, то будет выведено информационное сообщение в окне **Диагностика**.



В контекстном меню этого сообщения можно выбрать пункты **Создать конфигурацию в документе фрагмента** или **Создать исполнение в документе фрагмента**. С их помощью можно создать конфигурацию/исполнение с текущими значениями переменных.

Разборка

В T-FLEX CAD есть специальная команда, которая позволяет выполнять разборку 3D модели, состоящей из нескольких операций (как правило, это сборочная 3D модель). Преобразования для разборки могут быть заданы в параметрах любой трёхмерной операции, а также в команде **Управление разборкой**. Операции, использующие при создании локальную систему координат (3D фрагменты, 3D копии и т.д.), занимают положение с учётом преобразований, задающих смещения и повороты относительно локальной системы координат привязки. Для остальных операций преобразования могут выполняться относительно глобальной системы координат или относительно центра охватывающего прямоугольника. Это зависит от настройки преобразования. Более подробные сведения о работе с преобразованиями можно получить в главе **Преобразования**.

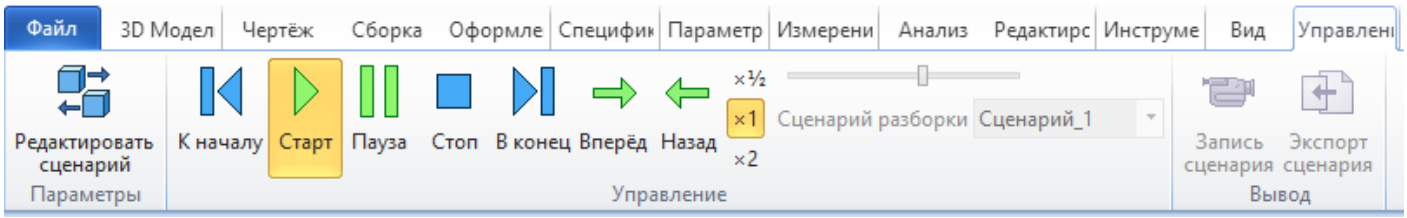
Выполнение команды

Режим разборки включается и выключается командой:

Пиктограмма	Лента
	Инструменты → Анимация → Разборка
Клавиатура	Текстовое меню
<3VX>	Сервис > Разборка

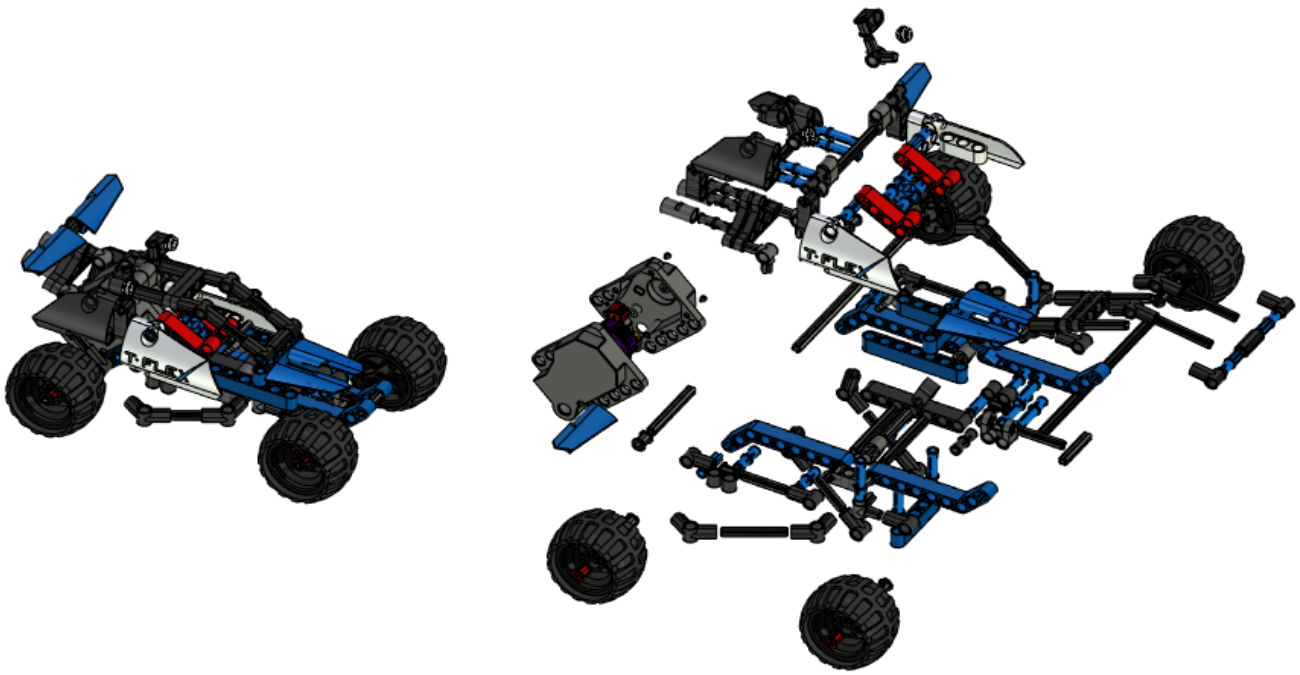
По умолчанию режим разборки выключен.

После активации команды становится активна вкладка **Анимация разборки**.



Работа с панелью описана в разделе «Создание анимации”.

В результате вызова команды происходит преобразование текущих параметров положения операций. На закладке **[Преобразования]** диалога параметров 3D фрагмента присутствуют параметры, задающие постоянно действующие преобразования и преобразования, действующие в режиме разборки. При включении режима разборки применяются преобразования, предназначенные для режима разборки.



Режим разборки можно использовать, когда требуется построить 2D проекцию изделия в разобранном состоянии. Все необходимые настройки находятся в параметрах 2D проекции.

> Более подробная информация в главе «2D проекции».

Команда «Управление разборкой»

Команда предназначена для задания новых или редактирования установленных параметров разборки.

В команде **Управление разборкой** можно выполнять следующие действия:

- ✓ Создавать и редактировать сценарии разборки. Возможно создание сразу нескольких сценариев разборки.

- ✓ Создавать разборку фрагмента по собственному сценарию в рамках общего сценария.
- ✓ Задавать параметры воспроизведения анимации.
- ✓ Управлять видимостью тел на стадиях разборки.

Для изделия могут быть заданы несколько сценариев разборки. Например, разборка на сборочные единицы, подетальная разборка, последовательность сборки и др. Каждый сценарий может состоять из нескольких стадий. А стадия в свою очередь объединяет в себе последовательность действий. Действием называется выполнение отдельного преобразования – перемещения или поворота над выбранной группой объектов. Состав группы объектов в разных действиях может быть разным.

Для вызова команды используется:

Пиктограмма	Лента
	Инструменты → Анимация → Управление разборкой
Клавиатура	Текстовое меню
<ЗТЕ>	Сервис > Управление разборкой

Создание сценария разборки

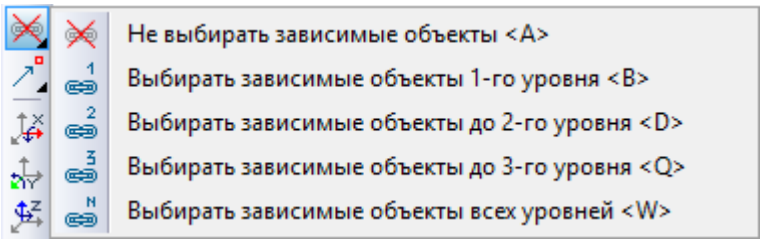
После входа в команду необходимо выбрать объекты, для которых будет производиться текущее действие разборки. Для этого используются опции:

	<O>	Выбрать объект для индивидуального преобразования
	<M>	Выбрать объекты для преобразования

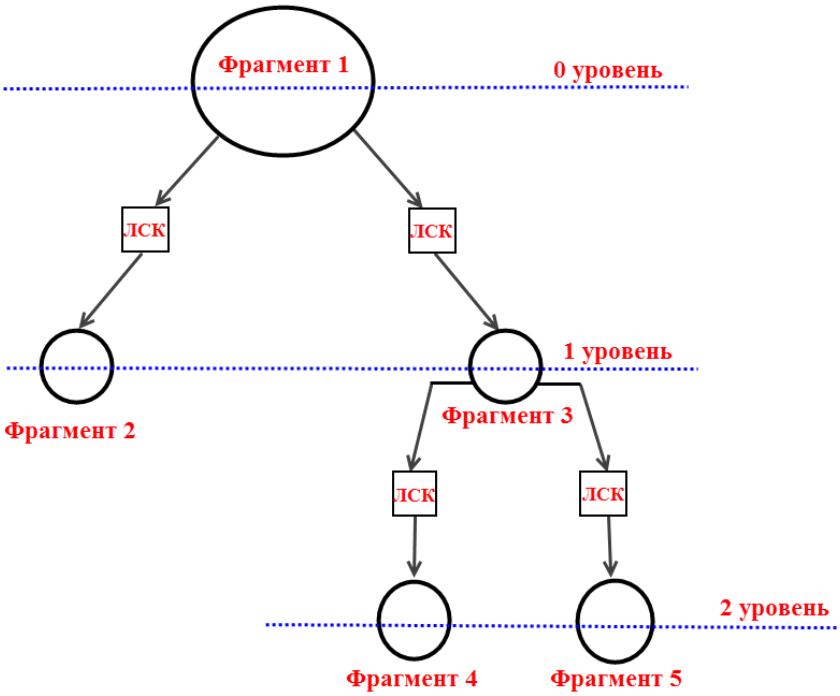
При выборе  будет выбран только один объект. Выбрать несколько объектов можно с нажатой клавишей <Shift>.

При выборе  появляется возможность выбора нескольких объектов для трансформации.

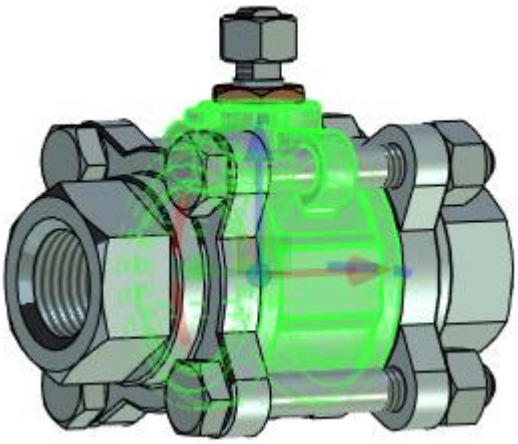
Также имеется возможность выбора зависимых объектов. Для этого на панели автоменю предусмотрена специальная опция.



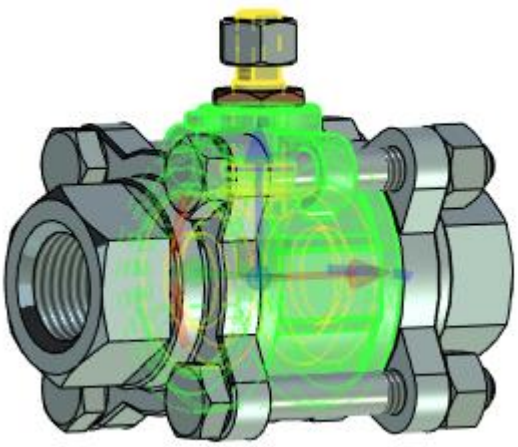
Под уровнями зависимых объектов понимается иерархическая зависимость элементов сборки. Нулевой уровень соответствует выбранному в сборке фрагменту. Первый уровень соответствует всем фрагментам сборки, которые зависят от первого.



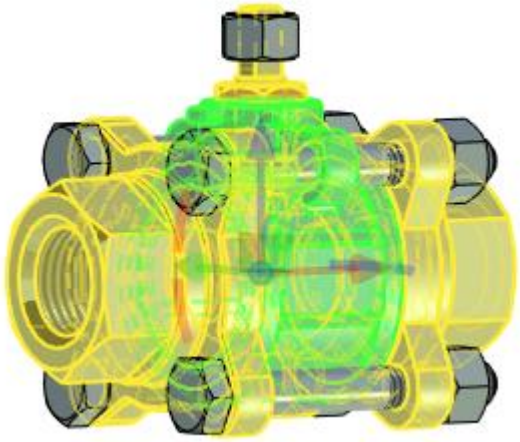
По умолчанию выключена опция **Не выбирать зависимые объекты** , поэтому выбирается только один фрагмент в сцене.



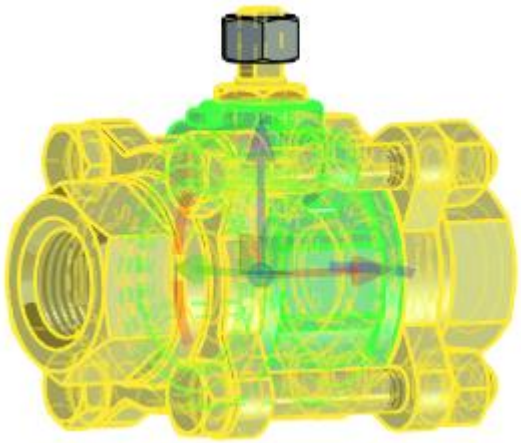
Если включить опцию **Выбирать зависимые объекты 1-го уровня** и выбрать тот же фрагмент, то будут выбраны все фрагменты, которые напрямую зависят от этого фрагмента.



Если включить опцию **Выбирать зависимые объекты 2-го уровня** , то будут дополнительно выбраны фрагменты зависящие от фрагментов первого уровня.

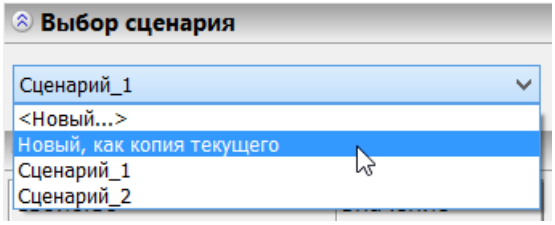


Если включить опцию **Выбирать зависимые объекты всех уровней** , то будут выбраны все элементы, напрямую или косвенно зависящие от первого выбранного фрагмента.



Использование данной опции удобно в случае больших сборок, когда нужно переместить объект вместе со всеми зависимыми от него объектами.

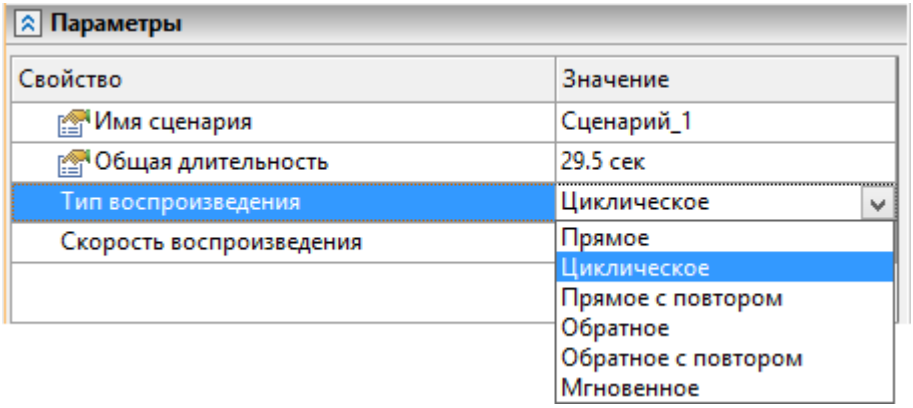
Для сборочных моделей можно создавать один или несколько сценариев разборки. Создание нового или редактирование существующего сценария осуществляется во вкладке **Выбор сценария.**



Имеется возможность создавать копию уже существующего сценария.

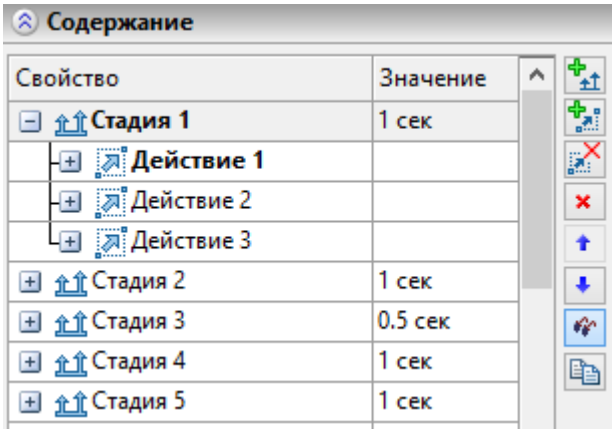
> Нельзя создать новый сценарий, если не закончена работа с текущим.

В качестве объектов сценария выступают: тела, фрагменты, камеры, источники света.
Вкладка **Параметры** служит для редактирования свойств сценария.

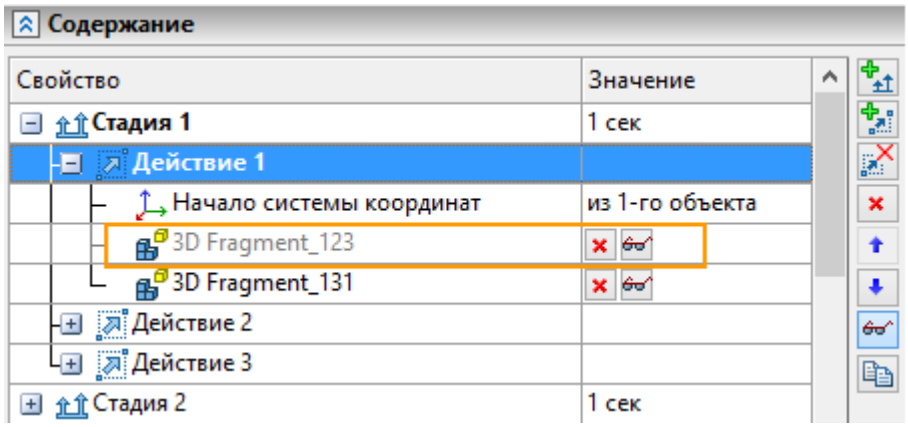


С помощью данной вкладки можно редактировать имя сценария, задавать общую длительность, тип и скорость воспроизведения анимации разборки.

Каждый сценарий содержит стадии, разбитые на действия.
С помощью нескольких стадий можно проследить всю последовательность сборки деталей и узлов в целое изделие.
Для создания и редактирования стадий разборки используется вкладка **Содержание.**



Данный диалог содержит информацию по созданным стадиям, действиям и участвующих в стадиях объектах.
Справа от списка стадий имеются графические кнопки.
Кнопка предназначена для создания новой стадии сценария разборки.
При нажатии кнопки создается новое действие для выбранной стадии разборки.
Кнопка используется для удаления всех преобразований на стадии.
Кнопка удаляет последнюю в списке стадию разборки. Для удаления действия в стадии используется кнопка, расположенная рядом с именем действия.
При нажатии кнопок меняется последовательность воспроизведения стадий разборки.
С помощью кнопки можно управлять видимостью стадий. При нажатии (включении) иконка меняет цвет. Действие **Погасить** действует не только на текущую стадию, но и на все последующие до тех пор, пока не будет выполнено действие **Показать**. По умолчанию все тела видны.
В команде имеется возможность управления видимостью и удаления отдельных объектов при помощи кнопок. Погашенные объекты в списке отображаются серым.

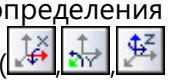


Управление видимостью работает только в текущем документе.

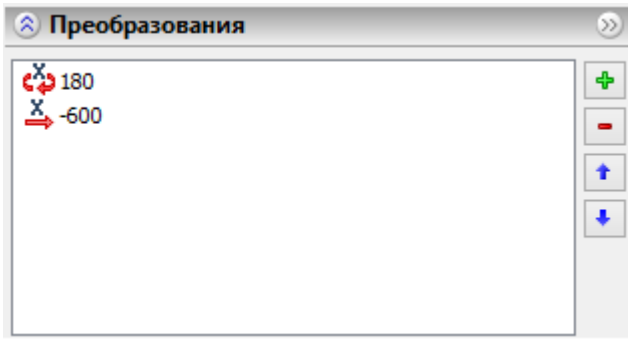
Кнопка  позволяет копировать выбраную стадию. Скопированная стадия добавляется в конец списка.

Каждое действие имеет один или группу объектов и цепочку преобразований для них. В качестве системы координат цепочки преобразований выступает либо явно заданная ЛСК, либо система координат первого объекта группы (в случае групповых преобразований). Для выбора системы координат для преобразования на панели автоменю предусмотрена опция:

	<L>	Выбрать систему координат для текущего преобразования

На панели автоменю также можно воспользоваться функциями дополнительного определения системы координат. Они позволяют быстро поворачивать ЛСК вокруг своих осей на 90°(),производить циклический разворот осей системы координат вокруг начала координат (при нажатии  оси меняются местами).

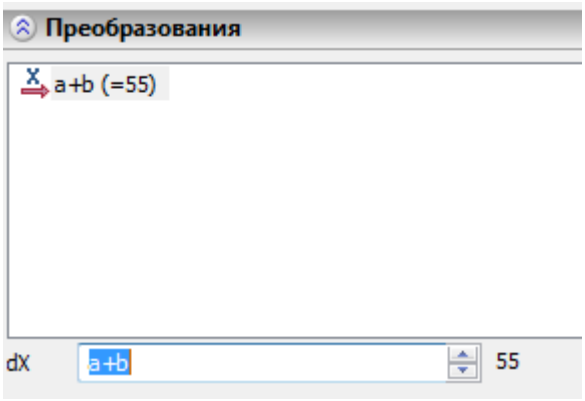
Все преобразования отображаются на вкладке **Преобразования** в окне свойств команды **Управление разборкой.**

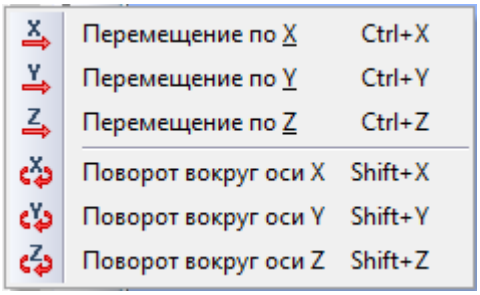


Справа от списка преобразований находятся графические кнопки. Кнопка  предназначена для добавления нового преобразования. При нажатии появляется список возможных преобразований,

из которого предлагается выбрать нужный тип. Список возможных преобразований вызывается также с помощью контекстного меню при нажатии в окне **Преобразования.**

После выбора типа в списке преобразований появляется новая строка. В поле ввода значений можно ввести значение преобразования.

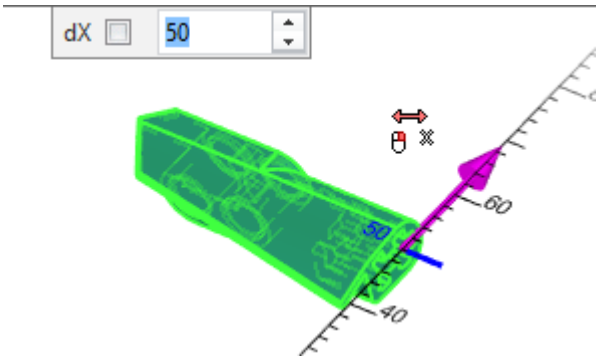




Значения преобразований могут быть заданы как численно, так и с помощью переменных и выражений.

При нажатии кнопки удаляется последнее в списке преобразование. При нажатии кнопок меняется последовательность выполнения преобразований.

Для сохранения преобразования нужно нажать **[Enter]**. Кроме этого, для задания значения можно перейти в 3D окно и использовать манипулятор, который перемещается в соответствии с выбранным типом преобразования.

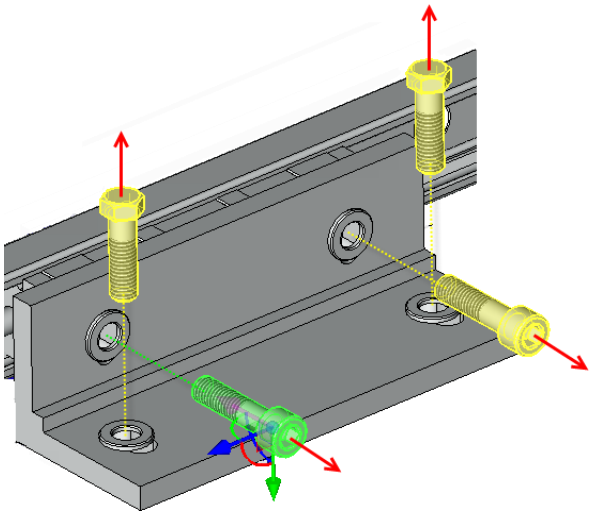


Групповое преобразование может выполняться либо в «общей» системе координат, либо в собственных системах координат каждого члена группы.

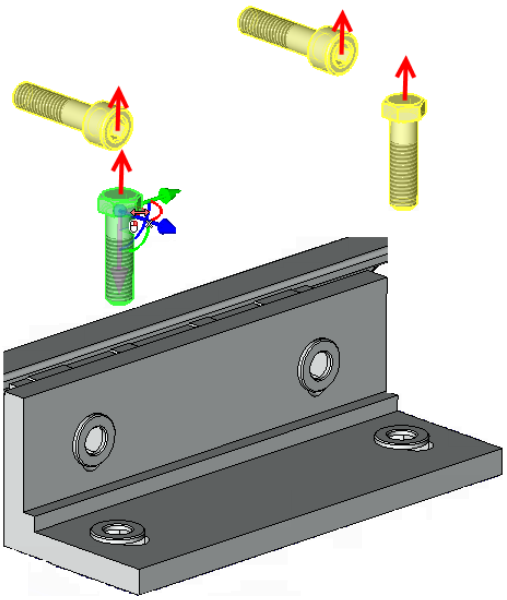
После выбора нескольких объектов для преобразования по умолчанию включён режим задания преобразований в «общей» системе координат:

	<G>	Режим задания преобразований для выбранных объектов в «общей» системе координат.

В случае отключения режима задания преобразований для выбранных объектов в «общей» системе координат групповое преобразование переносится в собственные системы координат каждого члена группы. Т.е. при перемещении нескольких фрагментов вдоль оси X, каждый из них будет двигаться вдоль собственной оси X.



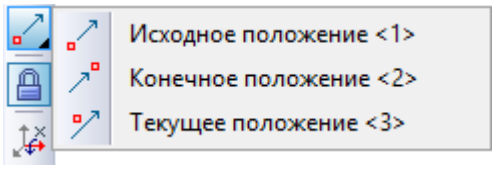
Болты перемещаются каждый в своей ЛСК

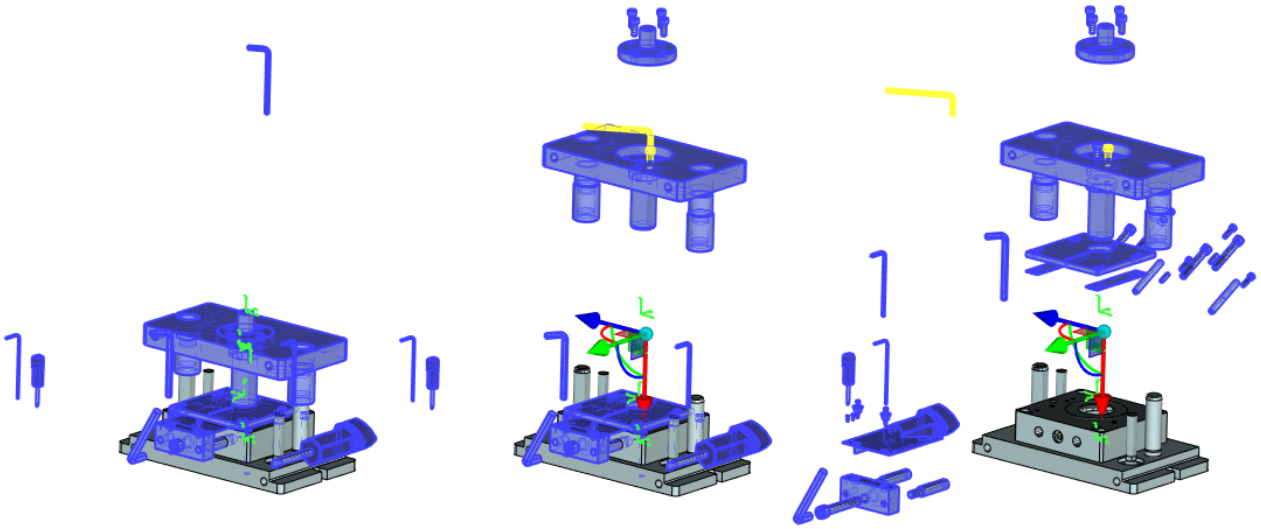


Болты перемещаются в общей системе координат

Таким образом, используя групповые преобразования можно значительно сократить время на задание преобразований для элементов.

Для каждой стадии можно включить отображение одного из трёх положений: исходного, конечного и текущего с помощью опций:





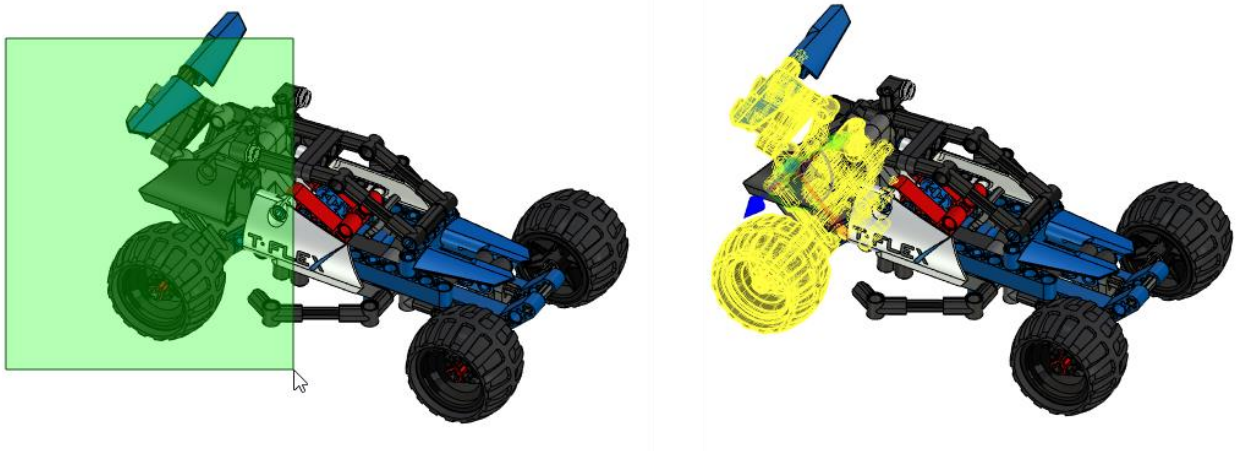
Исходное положение | Текущее положение | Конечное положение

Для повышения удобства выбора объектов используется опция:

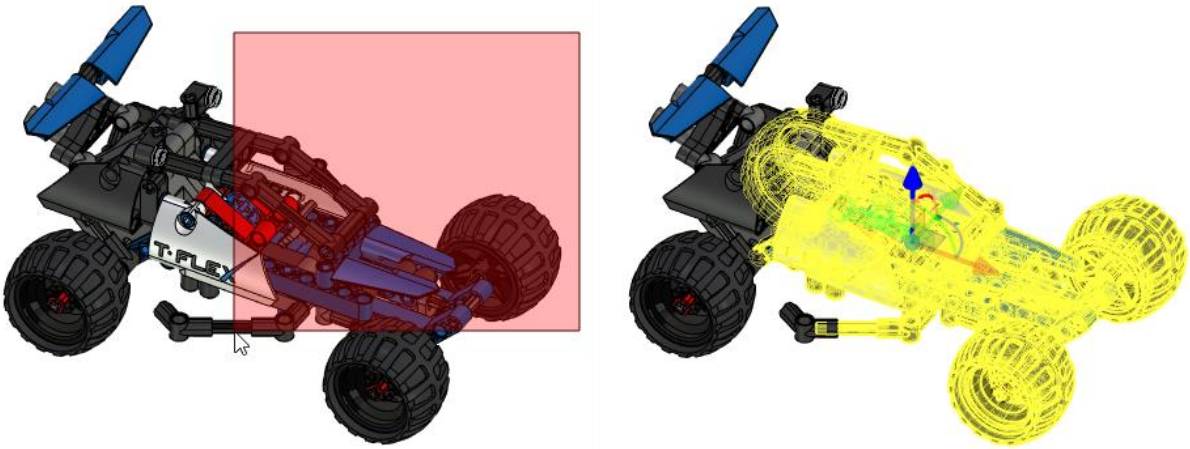
	<N>	Групповой выбор объектов прямоугольником

После активации, зажав , можно выбрать прямоугольную область. Существует два условия выбора.

1) Все объекты, которые полностью охватывает прямоугольная область, будут выбраны для создания преобразования и для них появится общий манипулятор. Курсор движется слева направо.



2) Все объекты, которые пересекает прямоугольник, будут выбраны. Для них также появится общий манипулятор. Курсор движется справа налево.

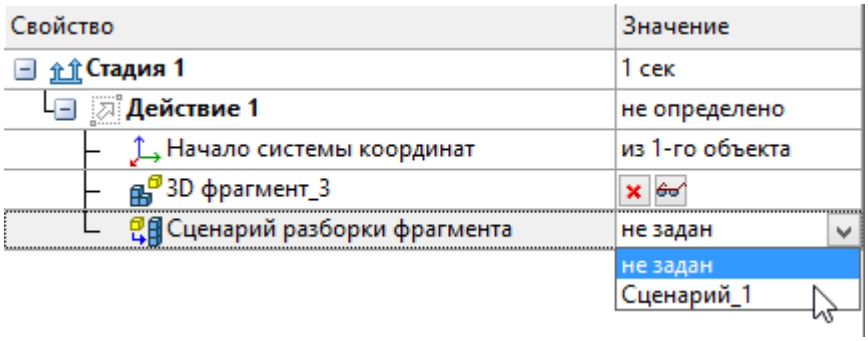


Цвет прямоугольной области отличается для каждого условия.

Разборка элементов подсборки

Если в сборке имеются подсборки, то элементы этих подсборок можно перемещать отдельно. Для этого можно воспользоваться одним из следующих способов:

Если в документе подсборки имеется сценарий разборки, то его можно использовать в сборке. Для этого необходимо выбрать фрагмент подсборки в сцене и выбрать один из его сценариев.

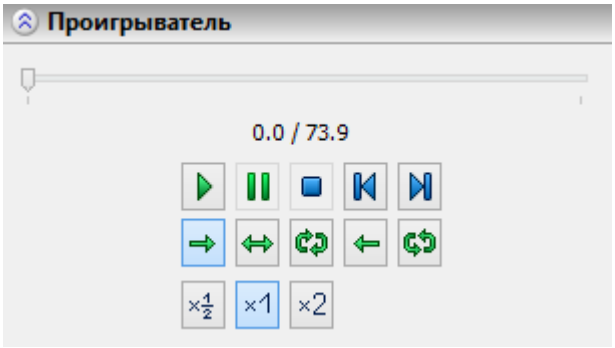


Второй способ для перемещения элементов подсборки по-отдельности- это разделение подсборки с помощью команды **3SD: Разделение**. Этот способ не является предпочтительным, т.к. при разделении теряется связь подсборки со структурой изделия. Его можно использовать, если документ сборки используется только для визуализации.

Создание анимации

В команде **Управление разборкой** можно создавать анимацию движения сборки/разборки детали в пространстве. При создании анимации задаётся положение сборки в различные моменты времени.

Для управления анимацией в окне свойств команды имеется вкладка [**Проигрыватель**].



Все перемещения объектов в графической области отображаются на шкале времени. Шкала времени представляет собой горизонтальную линию с бегунком. Бегунок показывает время воспроизведения текущей стадии и общую длительность анимации. При перемещении указателя меняется текущее положение анимации, и модель обновляется соответствующим образом.

В нижней части вкладки расположены графические кнопки, управляющие параметрами анимации.

- **Запустить разборку**. Команда запускает процесс анимации.

- **Пауза.** Временно останавливает анимацию на текущей стадии.

- **Остановить разборку.** Эта команда останавливает процесс воспроизведения анимации.

- **Перейти в начало разборки.** Перемещает анимацию к началу воспроизведения.

- **Перейти в конец разборки.** Перемещает анимацию в конец воспроизведения.

Анимация запускается в одном из следующих режимов:

- **Прямолинейное воспроизведение.** Однократно воспроизводит анимацию от начала до конца.

- **Прямое воспроизведение с повтором.** Осуществляет анимацию по кругу (от начала до конца, от начала до конца и т.д.), пока не будет нажата кнопка .

- **Циклическое воспроизведение.** Воспроизводит анимацию непрерывным циклом (от начала до конца, от конца до начала и т.д.), пока не будет нажата кнопка .

- **Обратное воспроизведение.** Однократно воспроизводит анимацию от конца до начала.

- **Обратное воспроизведение с повтором**. Осуществляет анимацию по кругу (от конца до начала, от конца до начала и т.д.), пока не будет нажата кнопка .

Мгновенное. Все объекты становятся в конечное положение.

- **Нормальная скорость воспроизведения.** Значение скорости по умолчанию.

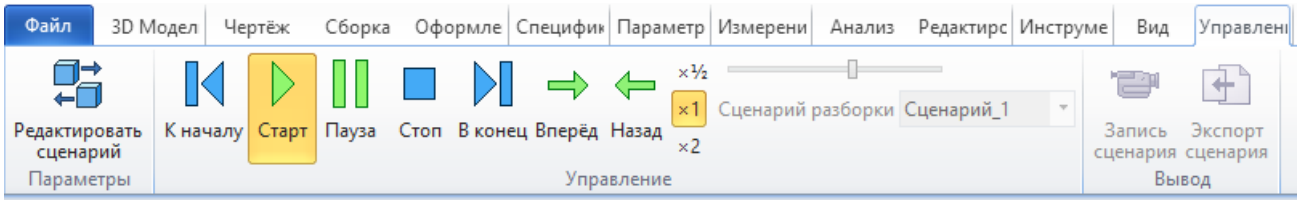
- **Уменьшить скорость воспроизведения.** Воспроизведение с уменьшенной вдвое скоростью.

 - **Увеличить скорость воспроизведения.** Воспроизведение с ускоренной вдвое скоростью.

Режим анимации можно выбрать либо до нажатия кнопки [**Запустить разборку**] , либо во время выполнения анимации.

Управление анимацией разборки также возможно без входа в команду **Управление разборкой**.

Для этого на системной панели предусмотрена специальная вкладка на панели Лента. Она вызывается с помощью команды **3VX: Разборка**.



На вкладке имеется возможность запуска команды для редактирования сценария.

В группе **Управление** находятся основные опции для проигрывания анимации разборки. В этой же группе в выпадающем списке можно выбрать сценарий для анимации.

> Разборку можно прервать нажатием <ESC>, пересчётом модели или запуском команды Управление разборкой.

В группе **Вывод** расположены команды для записи и экспорта сценария.

Запись Сценария

Команда **Запись сценария** позволяет записывать анимацию в файл формата *.avi и *.wmv. Поддерживаются основной сценарии и сценарии по умолчанию.

При выборе опции появляется окно **Запись сценария.** В окне можно настроить следующие параметры:

В разделе **Генерация фотореалистичного изображения** можно выбрать один из вариантов:

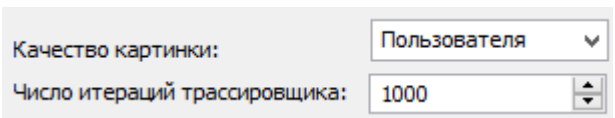
Без фотореализма – сценарий разборки будет записан в том виде, в котором он представлен в 3D сцене.

Следующие варианты используются при создании фотореалистичного видео. Это означает, что каждый кадр видео будет обработан с помощью выбранного механизма создания фотореалистичного изображения.

Фотореализм средствами Optix – видео будет создано с использованием механизма NVidia OptiX.

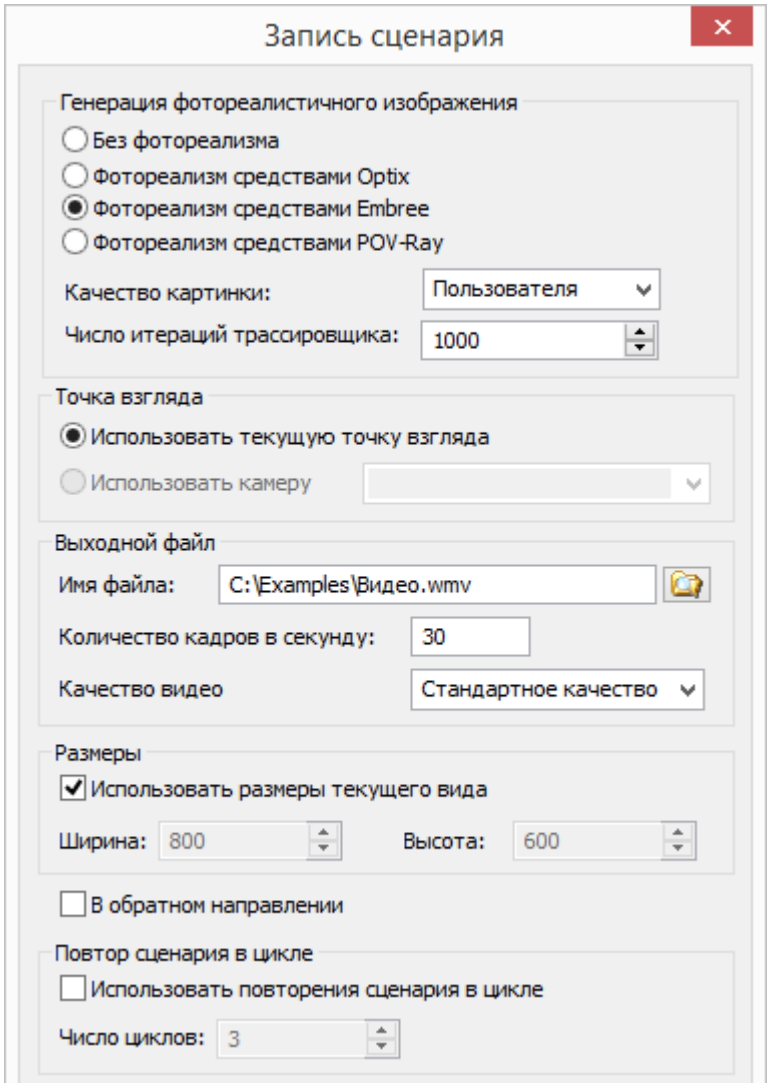
Фотореализм средствами Embree видео будет создано с помощью механизма Embree.

Для этих двух режимов можно настроить **Качество картинки** и **Число итераций трассировщика**.



Фотореализм средствами POV-Ray – видео будет создано с использованием механизма **POV-Ray**.

Подробнее о создании фотореалистичных изображений можно прочитать в главе “Фотореалистичный вид”.



Для записи можно настроить точку взгляда в разделе **Точка взгляда**.

Использовать текущую точку взгляда. Видео будет записано с позиции текущей точки взгляда в 3D сцене.

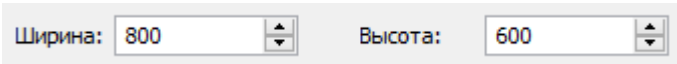
Использовать камеру. Видео будет записано с позиции выбранной из списка камеры. Доступно, только если в сцене присутствуют камеры.

Подробную информацию о камерах можно найти в главе “Камеры”.

В разделе **Выходной файл** можно задать **Имя файла** и **Количество кадров в секунду**. В поле **Имя файла** указывается путь к создаваемому файлу. Выбрать имя файла, путь к папке для хранения и формат файла можно с помощью кнопки .

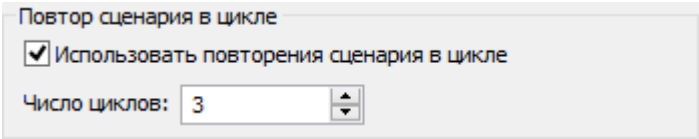
Для формата *.wmv в данном разделе доступна настройка **Качество видео**. Чем она выше , тем лучше качество видео и больше размер файла.

Если флаг **Использовать размеры текущего вида** активен, видео будет записано с разрешением равным текущему разрешению активного окна вида. В противном случае можно задать разрешение вручную.



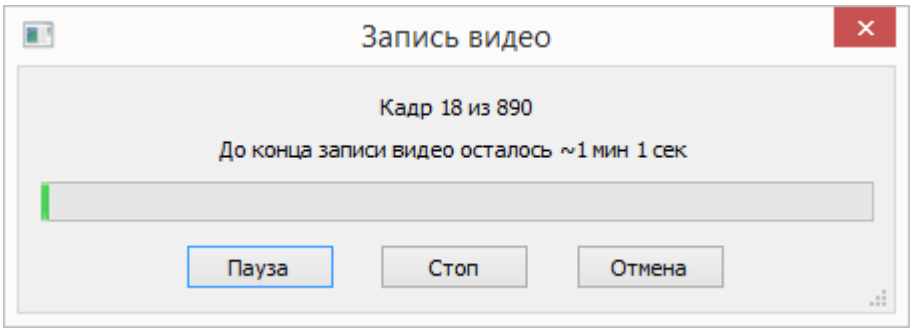
Флаг **В обратном направлении** позволяет записать видео разборки в направлении, обратном направлению разборки из сценария.

При установленном флаге **Использовать повторения сценария в цикле** можно задать, сколько раз будет повторяться сценарий разборки при записи видео.



После установки всех парамеров и нажатия кнопки [OK], появляется окно **Запись видео**.

В нём отображается количество обрабатываемых кадров и примерное время до конца создания видео. С помощью кнопок можно преостановить процесс записи [Пауза], завершить запись на текущем кадре [Стоп] или отменить запись [Отмена]. При завершении записи, обработанная часть видео будет сохранена.

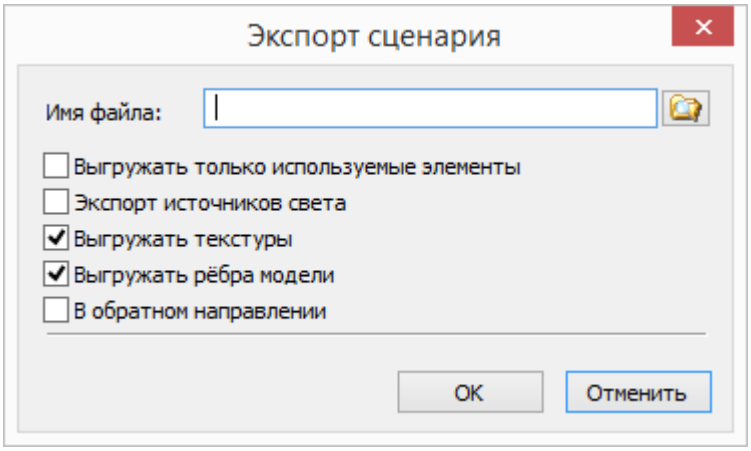


Когда используется фотореализм, отображается окно предпросмотра создаваемых кадров.

Экспорт сценария

Команда **Экспорт сценария** реализует экспорт сценариев разборки в форматы *.wrl, *.x3d, *.pov, *.u3d, *.pdf.

При вызове команды появляется окно **Экспорт сценария**.



В поле **Имя файла** отображается путь к создаваемому файлу. Выбрать имя файла, путь к папке для хранения и формат файла можно с помощью кнопки .

Выгружать только элементы, используемые в сценарии. При установленном флаге, все не участвующие в сценарии элементы не будут загружены в файл.

Экспорт источников света. В экспортируемый файл будут включены источники света.

Выгружать текстуры. В файл будут выгружены текстуры объектов. В противном случае текстуры не будут добавлены в файл и вместо них будет отображаться материал тела.

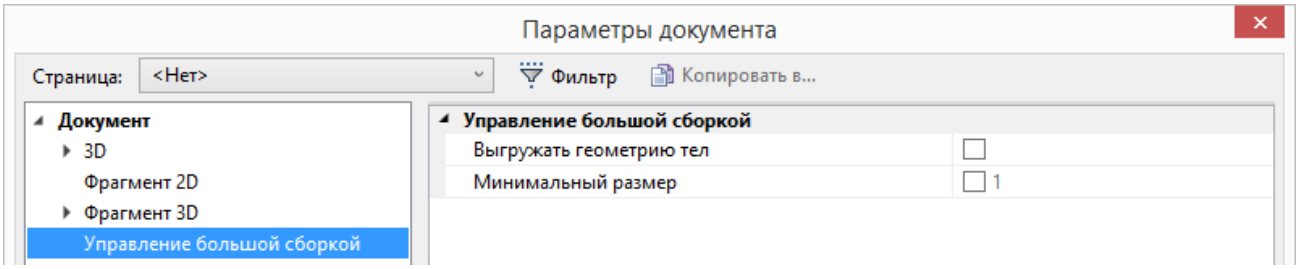
Выгружать рёбра модели. При установленно флаге выгружаются рёбра модели. Когда флаг снят, экспортируется безрёберное изображение. Этот флаг доступен только для форматов *.wrl и *.x3d.

В обратном направлении. Сценарий будет экспортирован в обратном направлении.

Средства управления большими сборками

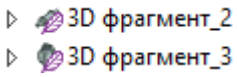
В целях оптимизации работы со сборочными моделями в системе предусмотрены специальные средства управления большими сборками. Они позволяют проводить работу только с теми узлами сборки, которые этого требуют, экономить в целом количество использованной оперативной памяти, облегчить вращение 3D сцены при большом её насыщении объектами. Большой сборкой считается такая модель, в которой включён режим большой сборки.

Включение режима большой сборки производится в команде **ST: Задать параметры документа** на вкладке **Управление большой сборкой** с помощью параметра **Выгружать геометрию тел**:



Этот режим включается автоматически в зависимости от сложности модели и доступности ресурсов компьютера.

В первую очередь режим большой сборки предусматривает освобождение памяти за счёт возможности автоматической выгрузки детальной информации об объектах сборки. Такие тела внешне отображаются как обычно, но при этом нельзя выбирать их рёбра, вершины, грани и т.д. Такие детали подсвечиваются особым цветом при выборе и обозначаются в дереве 3D модели специальным значком (перо).



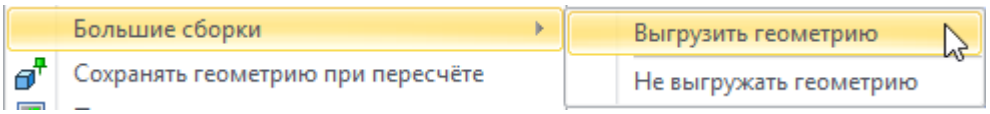
Загрузка недостающих данных производится автоматически по мере необходимости. Она возникает при редактировании деталей, при различных измерениях и анализе геометрии, а также при создании проекций.

Для документа можно также указать минимальный размер отображаемых элементов.

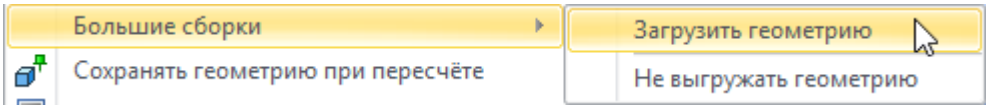
Для 3D фрагментов может быть установлен один из трёх уровней детализации изображения (сетки).

В режиме большой сборки в контекстном меню при выборе деталей появляются специальные команды, позволяющие:

- **Выгрузить геометрию**. Принудительно выгрузить геометрию Тела из сборки;



- **Загрузить геометрию**. Принудительно загрузить геометрию Тела в сборку;



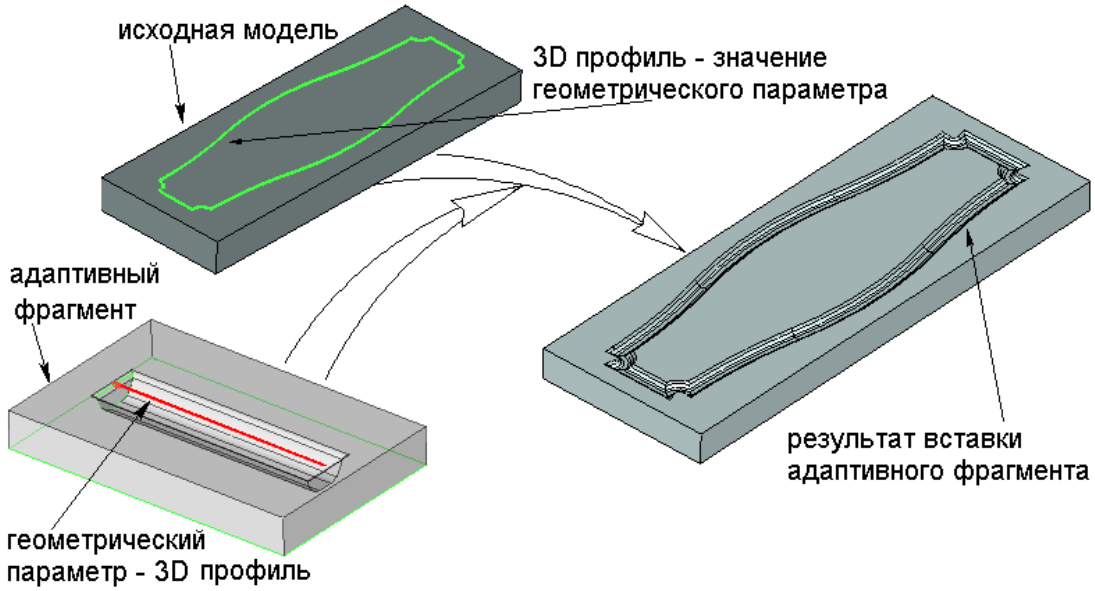
- **Не выгружать геометрию**. При установке данного параметра геометрия такого тела не будет выгружаться автоматически.

В качестве дополнительного средства, облегчающего работу с большими моделями можно рассматривать возможность создания 2D проекций на основе 3D модели, находящейся во внешнем файле. Это позволяет разделить процесс работы с моделью и создание чертежа. Ассоциативная связь между чертежом и моделью при этом сохраняется.

Адаптивные 3D фрагменты

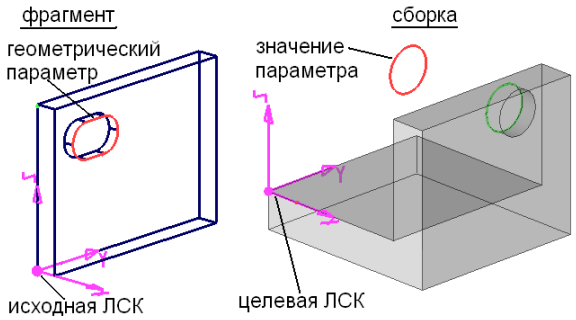
Общие сведения

Адаптивным фрагментом в T-FLEX CAD называется 3D фрагмент, внешними параметрами которого являются не только внешние переменные, но и геометрические элементы. В качестве геометрического параметра могут использоваться любые элементы модели (твёрдое тело, 3D узел, 3D путь, 3D профиль, рабочая плоскость, ЛСК, вершина, ребро, грань, цикл). Суть механизма состоит в том, что при регенерации конкретного экземпляра адаптивного 3D фрагмента в структуре его модели вместо исходной геометрии внешнего параметра используется подставленная геометрия элемента сборки. Таким образом, 3D фрагмент как бы "адаптируются" к объектам сборочной модели. Например, на основе адаптивных 3D фрагментов выполняются специализированные операции вставки отверстия и создания выштамповки в соответствующих командах системы.

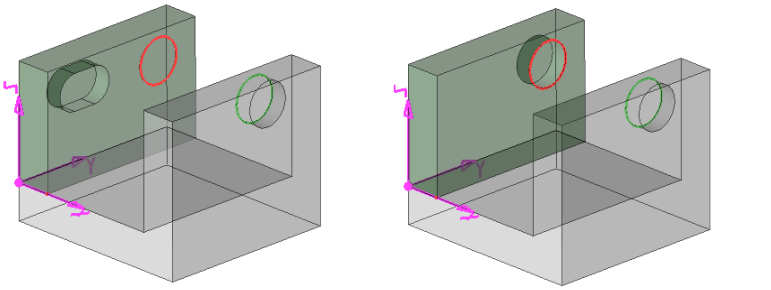


Для использования 3D фрагмента как адаптивного элемента модели необходимо заранее определить набор геометрических параметров, которые могут быть связаны с объектами сборочной модели. Как и набор внешних переменных, набор геометрических параметров задаётся в документе 3D фрагмента. Система допускает задание геометрических параметров и их значений непосредственно при вставке или при редактировании 3D фрагмента, но в этом случае созданные связи будут использоваться только в текущей сборочной модели. В этом случае в документе 3D фрагмента эта информация не сохраняется. При вставке адаптивного 3D фрагмента пользователь указывает значения геометрических параметров. Тип объекта-значения должен совпадать с типом объекта, который является параметром 3D фрагмента. Например, значение для 3D профиля может задаваться только 3D профилем.

Использование геометрических параметров 3D фрагмента можно совмещать с использованием внешних переменных и системами координат привязки. Однако при этом следует учитывать специфику подстановки объекта-значения, так как подстановка влияет и на геометрию адаптивного параметра, и на его положение в сборочной модели. Известно, что положение 3D фрагмента в сборке определяется исходной и целевой системами координат. Эти системы координат могут быть заданы при помощи ЛСК, или использовать глобальные системы координат модели 3D фрагмента и сборки.



Для выполнения подстановки значения геометрического параметра система выполняет «обратное» преобразование - переносит объект из сборки в модель 3D фрагмента в направлении от целевой ЛСК сборки к исходной ЛСК 3D фрагмента.

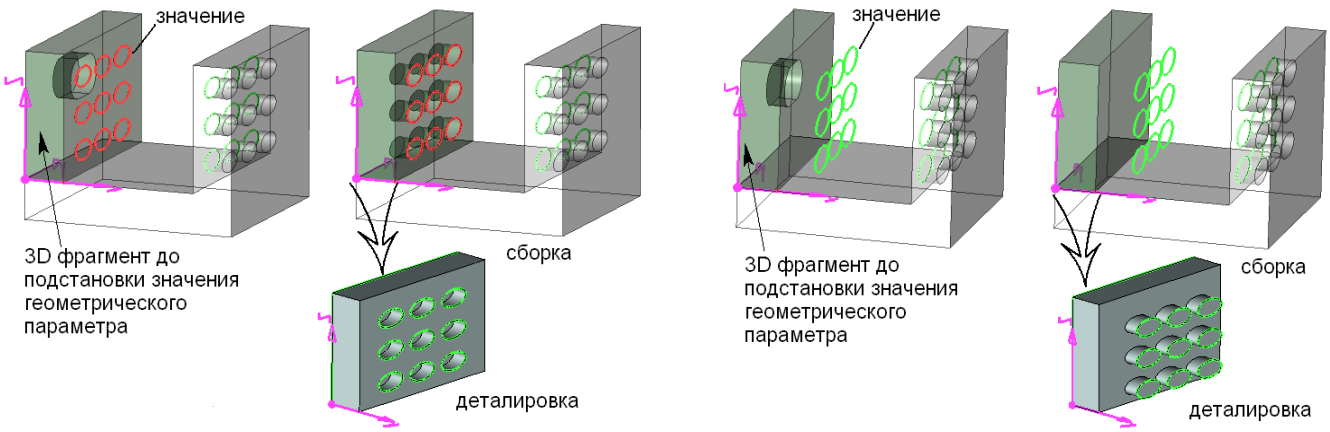


вид 3D фрагмента до указания значения геометрического параметра

вид 3D фрагмента после указания значения геометрического параметра

После выполнения подстановки значений адаптивный 3D фрагмент пересчитывается и включается в сборочную модель. Пользователь должен обеспечить правильное положение объектов-значений, чтобы они после подстановки в модель 3D фрагмента имели положение, обеспечивающее выполнение своего предназначения.

На рисунках, приведённых ниже, 3D профиль-значение подставляется на место исходного профиля, который вырезает отверстие в плите 3D фрагмента. Предполагается, что новый профиль-значение обеспечит создание массива отверстий в плите 3D фрагмента. Рассмотрим два варианта: в первом случае профиль-значение после подстановки в модель 3D фрагмента может вырезать отверстия, а во втором случае - нет.



Рассмотрим подробнее, что происходит с моделью 3D фрагмента во втором случае. Поскольку в этом случае используется другой 3D профиль-значение с другим положением относительно целевой ЛСК, то отличие заключается в конечном положении профиля в модели 3D фрагмента. Деталировка наглядно показывает, что во втором случае выталкивание массива профилей не обеспечивает создание отверстий (чтобы это показать второй операнд булевой операции вычитания был оставлен в сцене), поэтому в сборку плита 3D фрагмента подставляется без отверстий.

Если при вставке адаптивного 3D фрагмента необходимо использовать исходную систему координат, то следует обратить внимание на то, что она должна быть создана на основе элементов модели 3D фрагмента (3D узлы, рёбра, вершины), не зависящих от внешних геометрических параметров. Т.е. родители исходной системы координат не должны изменяться при указании значений адаптивных элементов

Подготовка адаптивного 3D фрагмента

Для того чтобы 3D модель можно было использовать в качестве адаптивного 3D фрагмента, необходимо задать набор объектов (адаптивных элементов), геометрия которых будет определяться объектами сборки.

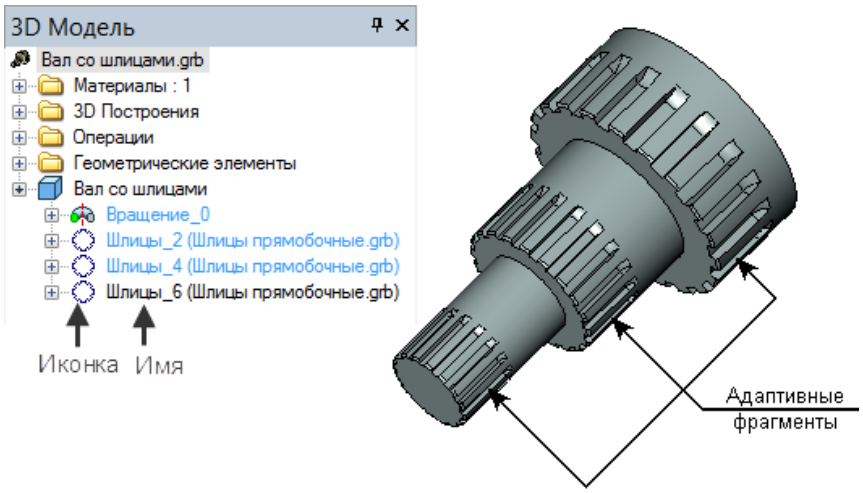
Для задания списка геометрических параметров используется команда **“3U: Задать геометрические параметры адаптивного фрагмента”**. Вызов команды:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель→ Расширенные → Адаптивный фрагмент
Клавиатура	Текстовое меню
<3U>	Сервис > Адаптивный фрагмент

После вызова команды в окне свойств можно заполнить поле «Имя» (необязательный параметр). Введённая строка будет являться именем 3D фрагмента в модели. По умолчанию, если имя не

задано, в модели создаётся “Деталь_№”. Поле “Комментарий” может содержать текст, поясняющий способ использования данного 3D фрагмента.

Если в документе фрагмента задано изображение слайда, то этот слайд будет отображаться как иконка 3D фрагмента в дереве модели сборочного документа. Для создания иконки используется команда «**Сервис|Специальные данные|Просмотр**».

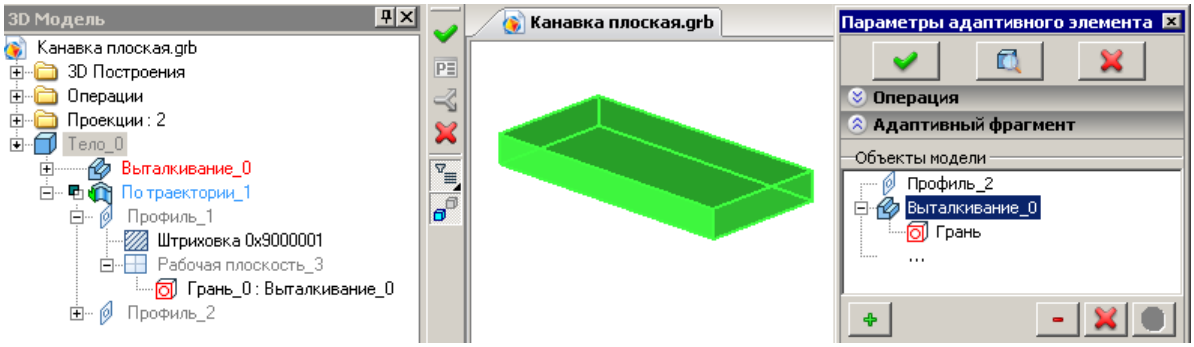


Для добавления нового объекта в список адаптивных элементов необходимо выбрать его в окне 3D вида или в дереве модели. Выбранный элемент отображается в верхнем списке «Объекты модели» в окне свойств. При выборе объекта система автоматически добавляет в список те его топологические элементы (рёбра, вершины, грани), которые используются потомками этого объекта.

> Список “Объекты модели” наглядно отображает взаимосвязи выбранного объекта и его потомков. С помощью данного списка можно выбирать в качестве геометрических параметров элементов, не принадлежащие верхнему уровню модели.

При создании или редактировании 3D фрагмента в контексте сборки (проектирование методом “Сверху-вниз”) список “Объекты модели” формируется автоматически. Система создаёт этот список на основе тех объектов, которые использовали модельные элементы со сборки (3D профили, рабочие плоскости, 3D узлы и т.д.). Если 3D фрагмент планируется включать в другие сборочные модели, то пользователь может оформить список внешних геометрических параметров, используя уже подготовленный список “Объекты модели”.

Для примера формирования списка внешних геометрических параметров, рассмотрим 3D фрагмент, который обеспечивает создание элемента выштамповки (см. рисунок в начале главы). Для создания канавки в сборке достаточно будет указать грань тела, в котором будет вырезаться канавка и траекторию, определяющую её контур. Первым элементом в списке “Объекты модели” будет 3D профиль, на основе которого создаётся тело по траектории. Вторым элементом списка назначим “Выталкивание_0”. При этом система добавляет в список грань этой операции, т.к. грань является родительским элементом для операции “По траектории_1”.



Набор допустимых для выбора типов объектов определяется с помощью опции:

	<V>	Выбрать элемент для задания внешнего параметра

Выпадающий список позволяет настроить внутренние фильтры команды на выбор объектов определённого типа: рабочая плоскость, рабочая поверхность, система координат, операция, 3D путь, 3D узел, 3D профиль.

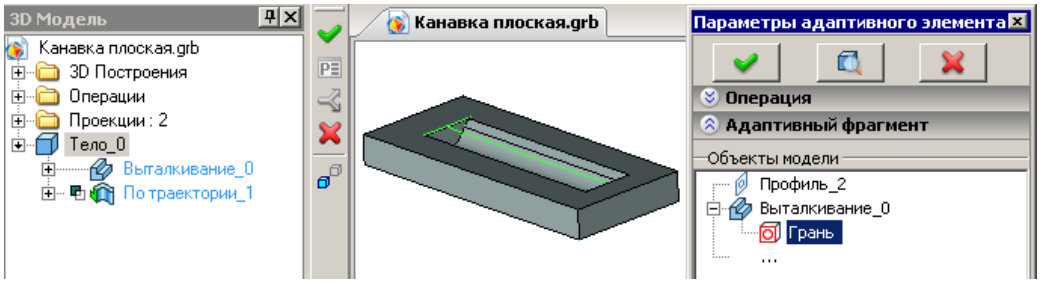
По умолчанию в автоменю активна опция:

	<M>	Показать элемент на уровне его создания

Она обеспечивает подсветку объектов, не принадлежащих верхнему уровню дерева модели. Например, если данная опция активна, то при выборе в списке объектов грани операции “Выталкивание_0”, эта грань будет подсвечена в модели (при этом все потомки “Выталкивания_0” временно выгружаются из 3D сцены).



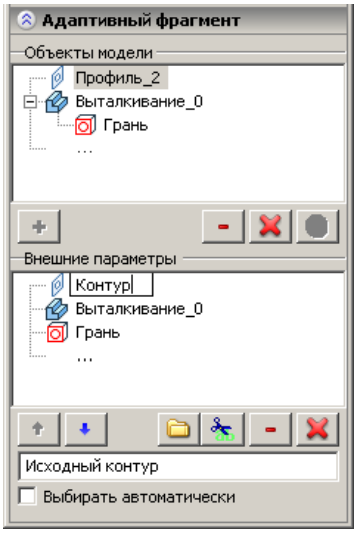
Если опция не активна, то подсветка будет появляться только, если текущим элементом списка является операция верхнего уровня. Таким образом, в данном примере Выталкивание_0 и его грань в модели не помечаются.



Следующим необходимым действием является формирование списка “Внешние параметры”. В этот список переносятся те элементы из списка “Объекты модели”, для которых будут задаваться значения при вставке 3D фрагмента в сборочную модель.

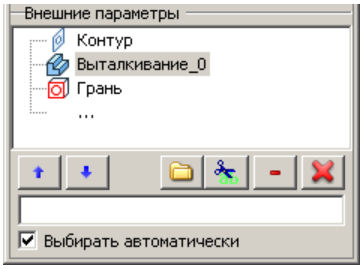
> Рекомендуется переносить в список внешних параметров все топологические потомки объекта модели, которые были занесены в верхний список, и задавать для них значение в сборке.

Предположим, что у адаптивного 3D фрагмента в списке внешних параметров присутствуют не все топологические потомки выбранного объекта модели или при вставке этого фрагмента в сборку для некоторых из них не заданы значения. В этом случае при выполнении регенерации модели 3D фрагмента (которая выполняется при вставке его в сборку) возникнут ошибки при создании тех операций (или иных объектов), которые должны быть созданы на основе топологических элементов, не имеющих значения.



Чтобы избежать наличия в списке геометрических параметров большого количества ненужных зависимых элементов, желательно формировать модель 3D фрагмента таким образом, чтобы объекты модели, используемые в качестве геометрических параметров, располагались по возможности на как можно более высоком уровне в структуре дерева модели.

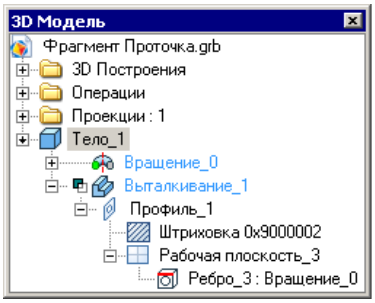
Для переноса выберите элемент в верхнем списке и нажмите графическую кнопку . Для каждого элемента в списке внешних параметров можно задать комментарий. Эта строка будет появляться в виде подсказки в окне свойств при выборе значения параметра в команде **3F: Создать 3D фрагмент**. При необходимости внешний параметр можно переименовать, изменив имя, присвоенное по умолчанию и совпадающее с именем объекта модели. При выборе в списке внешних параметров какого-либо элемента в списке объектов модели автоматически помечается соответствующий элемент модели. Таким образом, после переименования легко определить объект модели, на основе которого был создан внешний параметр.

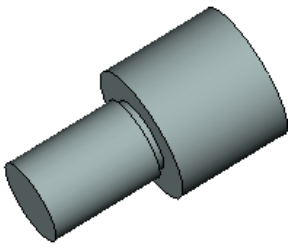


Флаг «Выбирать автоматически» может использоваться для объектов, потомки которых также являются внешними параметрами. Например, в рассматриваемом примере «Выбирать автоматически» имеет смысл установить для Выталкивания_0, чтобы сократить количество выбираемых значений.

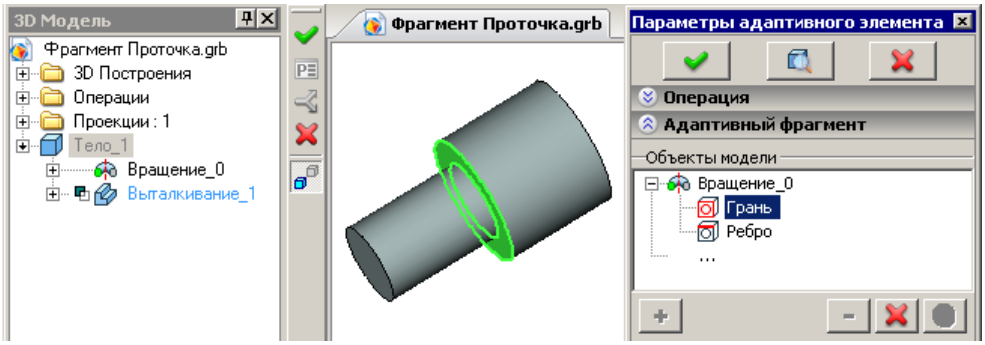
Пример создания адаптивного 3D фрагмента

Рассмотрим простой пример – тело в файле 3D фрагмента создано на основе трёх операций: вращения, выталкивания и булевой операции. Контур “Выталкивания_1” построен на рабочей плоскости, привязанной к ребру “Вращения_0”, направление выталкивания – по нормали к плоскости профиля. Необходимо создать адаптивный 3D фрагмент, который будет создавать проточку по выбранному на любой операции сборки круговому ребру.

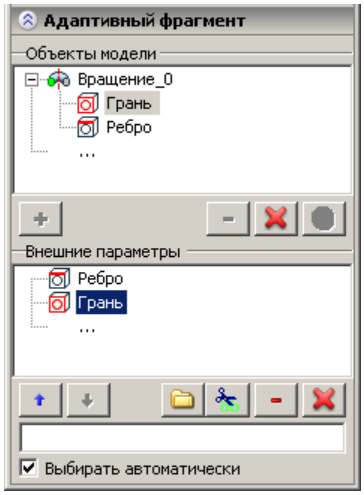




Формируя список “Объекты модели”, достаточно указать в дереве “Вращение_0”. Его ребро и грань, являющиеся родителями “Выталкивания_1”, будут добавлены туда автоматически. “Выталкивание_1” в данном случае – та операция, которая используется для создания проточки.



Следующим шагом будет создание списка внешних параметров. Достаточно перенести ребро и грань в нижний список – операцию на которой будет создаваться проточка, система определит сама. Заполним поле комментария для каждого элемента и для грани установим флаг “Выбирать автоматически”. Напомним, что при вставке 3D фрагмента значения задаются только для тех объектов, которые содержатся в списке внешних параметров. В общем случае в списке “Объекты модели” могут находиться элементы, не используемые в качестве внешних параметров. Если в данном примере не перенести ребро в список внешних параметров, то в сборке не будет возможности указать, на каком именно ребре надо создать проточку. Другими словами во фрагменте будет не определён родитель для “Рабочей плоскости_3” и соответственно операция “ Выталкивание_1” создана не будет.



Изменять состав списков адаптивных элементов можно при помощи графических кнопок в окне свойств:

- для списка “Объекты модели”:

 – удаление текущего элемента;

 – удаление всех элементов;

 – удаление неактуальных элементов. Кнопка становится доступной, если в списке присутствуют удалённые из модели объекты. В списке такие объекты помечаются значком .

- для списка «Внешние параметры»:

 – перемещение текущего элемента по списку;

 – создание новой папки. Список внешних параметров можно структурировать, т.е. представить в виде дерева, распределив элементы списка по разным уровням или разным папкам одного уровня. При вставке 3D фрагмента в модель его геометрические параметры будут отображаться в соответствии с заданной структурой;

 – переименовать выбранного внешнего параметра. Для каждого внешнего параметра можно задать значимое имя;

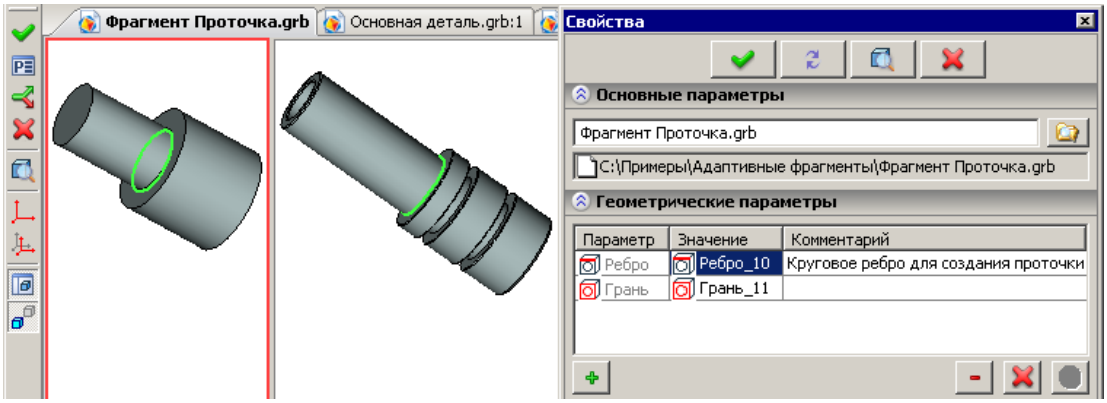
 – удаление текущего элемента;

 – удаление всех элементов.

Элементы списка внешних параметров можно переименовывать. Для этого необходимо указать курсором мыши на имя элемента и нажать для входа в редактирование названия параметра.

Вставка адаптивного 3D фрагмента, задание значений адаптивных элементов

В команде **3F: Создать 3D фрагмент** для 3D фрагмента с заданными адаптивными элементами по умолчанию фокус находится в поле «Значение» первого внешнего параметра в окне свойств, закладка «Геометрические параметры». В строке, расположенной ниже списка, отображается комментарий текущего параметра. Для задания значения укажите в окне 3D вида или в дереве модели объект того же типа что и внешний геометрический параметр 3D фрагмента.

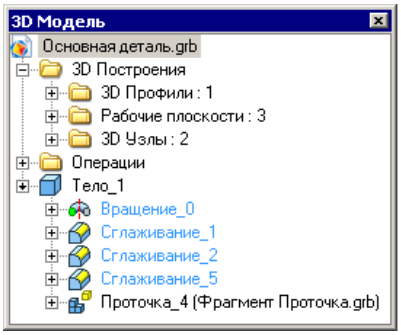


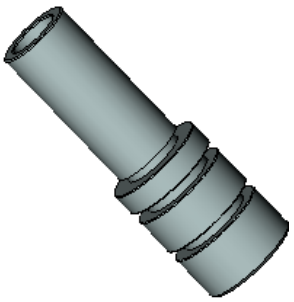
Если у выбранного для вставки 3D фрагмента подготовлены геометрические параметры, то в автоменю будет доступна опция:

	<R>	Показать параметры адаптивного фрагмента

Она позволяет увидеть в отдельном окне 3D модель вставляемого фрагмента с подсветкой текущего внешнего параметра. При выборе объекта система подбирает и значения для тех родителей текущего параметра, у которых установлен флаг «Выбирать автоматически». Значения, выбранные автоматически, можно изменить, указав другой объект модели.

Для завершения вставки 3D фрагмента используется опция . Если при заданных значениях геометрических параметров в модели 3D фрагмента произошли ошибки, то 3D фрагмент в сцене не отображается, и в окне диагностики появятся соответствующие сообщения.





Задание адаптивных элементов у существующего фрагмента

В системе предусмотрена возможность формирования списка внешних параметров и их значений при вставке нового или при редактировании уже существующего в сборке фрагмента. Для добавления нового параметра необходимо вызвать команду редактирования 3D фрагмента. В окне свойств в секции «Геометрические параметры» нажать кнопку  и указать элемент модели 3D фрагмента, который будет являться внешним параметром. Следующим шагом будет либо задание его значения, либо добавление в список следующего параметра. Отличие такого способа от действий, описанных в разделе «Подготовка адаптивного 3D фрагмента», в том, что такие изменения списка запоминаются только в сборке. При вставке этого 3D фрагмента в другую сборочную модель добавленные элементы списка будут недоступны. Таким образом, в адаптивный 3D фрагмент может

быть преобразован любой 3D фрагмент сборочной модели или расширен список заранее подготовленных геометрических параметров уже существующего адаптивного 3D фрагмента.

2D проекции. Создание чертежей по 3D моделям

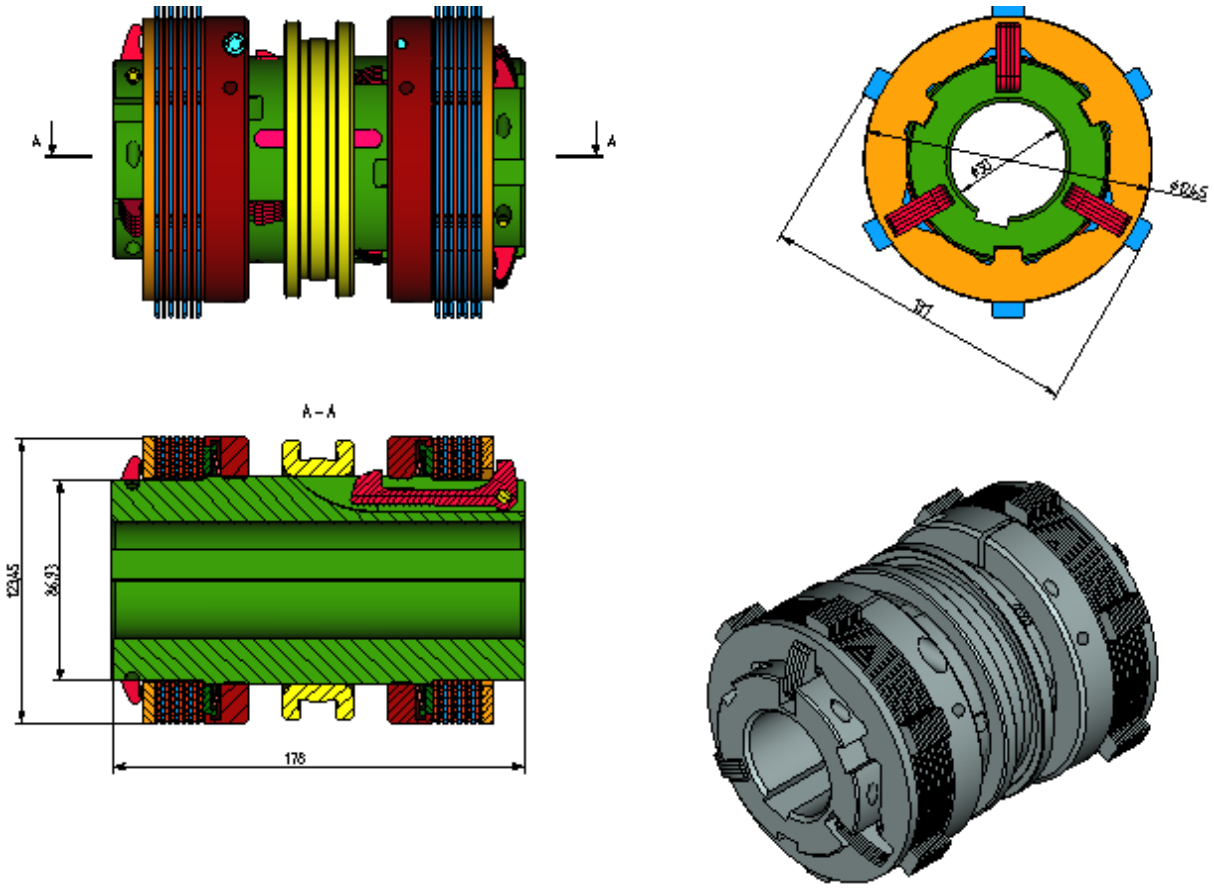
2D проекции. Создание чертежей по 3D моделям

2D проекция – это двухмерное изображение, расположенное в 2D окне, полученное путём проецирования трёхмерной модели или отдельной её части на заданную плоскость. Проекции можно использовать для создания необходимых видов 2D чертежа, с последующим их оформлением, а также для получения разрезов и сечений. Можно проецировать как целые тела или даже группу тел, так и отдельные элементы модели (например, грани или рёбра). При работе с большими 3D моделями применяется метод создания 2D проекций в отдельном файле. Также проекции активно используются при трёхмерном моделировании – для черчения на активных рабочих плоскостях с привязкой к топологии трёхмерных объектов, например, к граням или рёбрам.

Типы 2D проекций

T-FLEX CAD позволяет создавать 2D проекции следующих типов:

- ✓ **Линии изображения**. Изображение проекции данного типа представляет собой набор линий изображения;
- ✓ **Векторная картинка**. Изображение, создаваемое на проекции данного типа, полностью соответствует типу “Линии изображения”. Однако сами линии изображения в данном случае не создаются, а проекция рисуется в виде картинки. Данный режим позволяет уменьшить время генерации 2D проекции, а также уменьшить затраты по памяти, необходимые для создания большого числа линий изображения;
- ✓ **Тоновая закраска**. Изображение проекции рисуется в виде тоновой закраски, соответствующей одноименному режиму в 3D окне;
- ✓ **Тоновая закраска с материалами**. Изображение проекции рисуется в виде тоновой закраски с материалами, соответствующей одноименному режиму в 3D окне;
- ✓ **Рёберное изображение**. Изображение проекции рисуется в виде рёберного изображения, соответствующего одноименному режиму в 3D окне. В данном режиме действует параметр “Удалять невидимые линии”, в зависимости от которого производится или не производится удаление невидимых линий.



Проекции типов “Векторная картинка”, “Тоновая закраска”, “Тоновая закраска с материалами”, “Рёберное изображение” имеют следующие ограничения:

- Невозможно погасить (удалить) отдельные элементы (линии) проекций или изменить их параметры;
- Невозможно спроецировать 3D элементы построения (3D пути, 3D профили). Для проецирования выбираются только тела (операции).

Все типы 2D проекций поддерживают создание на их основе элементов оформления. На проекции типа “Линия изображения” элементы оформления привязываются к линиям проекции, на проекциях остальных типов – непосредственно к элементам 3D модели.

Создание проекций всех типов осуществляется одинаково.

Создание 2D проекции

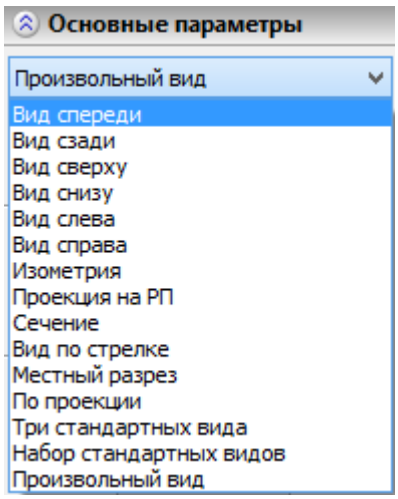
Для создания 2D проекции используется команда **3J: Создать 2D проекцию**. Вызов команды:

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Проекция
Клавиатура	Текстовое меню
<3J>	Чертёж > Проекция

После вызова команды доступно выполнение следующих действий:

	<1>	Создать три стандартных вида
	<2>	Создать разрез или сечение
	<3>	Создать дполнительный вид
	<4>	Создать местный разрез
	<5>	Создать набор стандартных видов
	<6>	Создать стандартный вид
	<7>	Проекция на рабочей плоскости
	<8>	Проекция по проекции
	<9>	Произвольный вид
	<F>	Выбрать файл 3D модели для проецирования

Выбрать тип создаваемой проекции также можно в выпадающем списке окна свойств.



Перед тем как создавать чертежи с помощью проекций, желательно определиться, на каком формате будет выполняться чертёж, на скольких листах, какой общий масштаб на каждом листе. Все эти параметры устанавливаются на вкладке **Бумага** в команде **Настройка > Параметры документа**. Для каждой страницы могут быть заданы свои настройки. Эти настройки можно поменять в любой момент.

Общий алгоритм построения 2D проекции состоит из нескольких обязательных и необязательных действий:

1. **Определить направление проецирования (обязательное действие) одним из способов:**
   - Можно использовать одну из опций для построения стандартных видов (опции , , );
   - При создании сечения или разреза (опция ) направление проецирования определяется автоматически в соответствии с положением линии сечения;
   - С помощью элемента оформления можно создать вид по стрелке (опция ). Направление проецирования определяется в соответствии с направлением стрелки;
   - При создании местного разреза (опция ) направление проецирования совпадает с направлением на исходной проекции;
   - С помощью рабочей плоскости (опция );
   - С помощью набора дополнительных опций можно определить произвольное направление по элементам 3D модели (например, по плоской грани);
   - Задать вектор направления проецирования и угол поворота вокруг оси вектора в параметрах проекции;
   - По направлению проецирования уже существующей 2D проекции (опция ).

В большинстве случаев система сама старается определить тип создаваемой проекции по первому выбранному элементу. Например, если указать на сечение, система предложит создание разреза; при указании на штриховку – местный разрез; при указании грани – общий вид и т.д.

2. **Задать точку привязки в 2D окне (необязательное действие)**. Как правило, требуется указать место на чертеже (2D узел или свободная точка), в котором следует построить проекцию. При этом будущая проекция показывается в виде рамки, обозначающей габариты проекции.
3. **Выбрать сечение для применения на проекции (необязательное действие)**. Данное действие следует выполнить, если строится разрез или сечение.
4. **Выбрать тела, к которым будет применяться сечение (необязательное действие)**. Данное действие следует выполнить, если строится разрез или сечение, причём сечение должно применяться к отдельным элементам проецируемой модели.

5. **Выбрать элементы модели для проецирования (необязательное действие)**. По умолчанию проецируется вся 3D сцена в текущем состоянии, но можно проецировать и отдельные Тела, операции или отдельные топологические элементы (грани, ребра).
6. **Задать параметры проекции (необязательное действие)**. Можно задать некоторые свойства (например, масштаб) в диалоге «Параметры проекции» или в окне свойств.
7. **Выбрать тип создаваемой 2D проекции: Линии изображения**, **Векторная картинка**, **Тоновая закраска**, **Тоновая закраска с материалами**, **Рёберное изображение**;
8. **Подтвердить ввод (обязательное действие)**. Как в любой 3D команде, после определения всех параметров необходимо подтвердить создание элемента. Это действие возможно, когда в автоменю становится доступна опция:

	<Y>	Закончить ввод

Построение стандартных видов

Наиболее простой способ быстро получить чертежи 3D модели – построить один или несколько стандартных видов (иногда этого достаточно).

Создание трёх стандартных видов

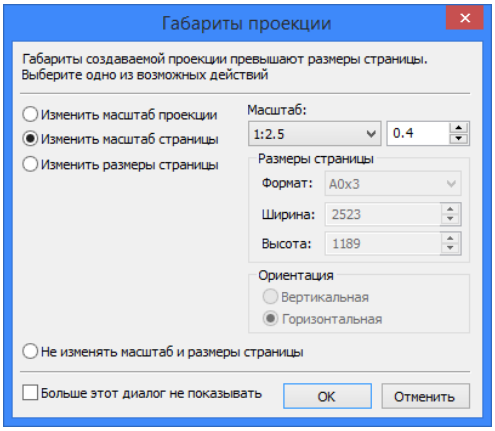
Для удобства в отдельную команду выведена возможность построения наиболее часто используемых трёх стандартных видов (Вид спереди, Вид сверху и Вид слева):

	<1>	Создать три стандартных вида

После выбора опции, в автоменю остаётся группа команд для построения набора стандартных видов:

	<M>	Изменить положение проекции
	<K>	Установить/разорвать связь проекции с видом спереди
	<E>	Выбрать элементы модели для проецирования

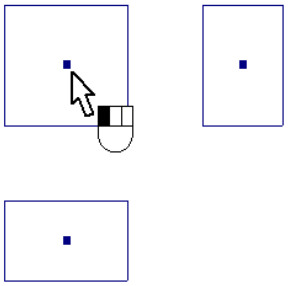
При создании стандартных видов в автоменю есть ещё несколько опций, общих для всех видов проекции (опции создания разрывов и работа с сечениями). Работа с ними будет описана отдельно.



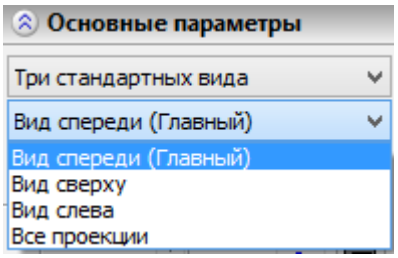
Если система определит, что габариты строящейся проекции не умещаются в пределы рабочей зоны страницы, то она предложит скорректировать настройки для размещения изображения в пределах страницы. Появится диалог, в котором можно выбрать один из четырёх вариантов продолжения действий:

- изменить масштаб проекции;
- изменить масштаб страницы;
- изменить размер страницы;
- не изменять ничего.

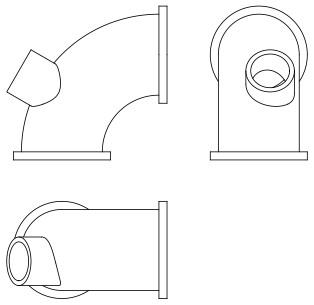
Все численные параметры коррекции система подбирает автоматически. Пользователь может согласиться с ними или задать другие нужные ему значения.



Далее необходимо расположить виды на чертеже. В 2D окне появились три синие рамки, привязанные к курсору. Эти рамки обозначают габариты будущих проекций. В данный момент выбраны все три проекции. Для привязки какого-то конкретного вида, его нужно выбрать. Выбор вида осуществляется одним кликом внутрь синего прямоугольника (второй клик активирует опцию привязки вида ) или выбором позиции в выпадающем списке окна свойств. После выбора проекции необходимо выбрать точку привязки на 2D виде. Если опция привязки вида  ещё не активна, то её нужно задействовать в автоменю. Нажмите , и проекция будет привязана по месту положения курсора. Опция привязки вида позволяет привязывать проекцию к свободной точке (по месту клика) или к 2D узлу.

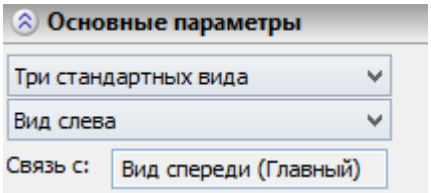


Механизм привязки проекции к чертежу общий для всех типов проекций, поэтому в дальнейшем мы больше не будем подробно на нем останавливаться.



Если привязывается вид спереди (главный), остальные виды сохраняют свое положение относительно главного. Привязка соседних видов осуществляется с соблюдением условий проекционной связи с главным видом. Точка привязки вида расположена по центру проекции. Если требуется совместить точку привязки с конкретным элементом 3D модели (3D узлом или вершиной), то следует строить проекцию с помощью набора инструментов дополнительных возможностей, который открывается опцией  (см. параграф «Общий случай построения проекции»).

По умолчанию соседние виды сохраняют проекционную связь с главным видом. Эту связь можно разорвать с помощью опции . Информация о наличии связи с главным видом отображается в специальном поле в окне свойств.



Для всех одновременно создаваемых видов устанавливаются одинаковые параметры. В случае, когда требуется установить различные настройки для отдельного вида, его нужно выбрать в окне свойств. После этого для него можно отдельно задать элементы для проецирования или выбрать 3D сечение для применения на виде. В некоторых ситуациях данный алгоритм создания видов позволяет получить некоторый выигрыш во времени.

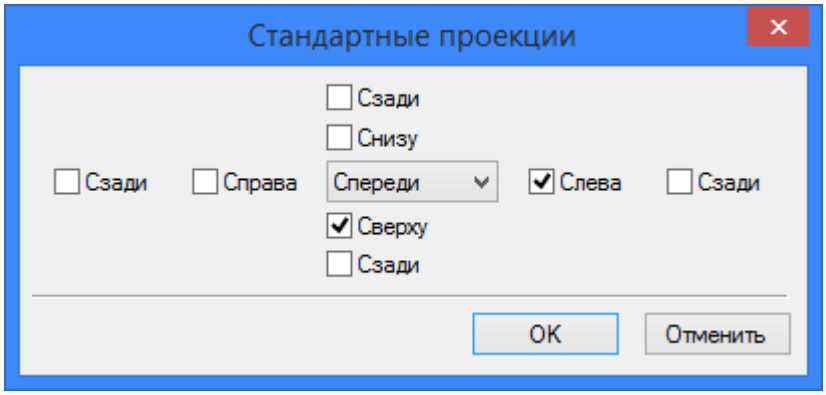
Если есть необходимость, можно выбрать элементы модели для проецирования с помощью опции . Более подробно о выборе тел для проецирования будет рассказано ниже, поскольку эта команда общая для всех типов проекций (см. параграф «Выбор тел для проецирования»).

Создание набора стандартных видов

Данная команда отличается от предыдущей тем, что можно задать произвольное количество стандартных видов. В остальном все действия аналогичны. Создать набор стандартных видов можно с помощью опции:

	<5>	Создать набор стандартных видов

После вызова опции появляется окно диалога, в котором надо установить, какие виды требуется получить.



Создание одного стандартного вида

Создать один стандартный вид можно с помощью опции:

	<6>	Создать стандартный вид

Нужно выбрать из появившегося списка, какой из стандартных видов будет создаваться. В список стандартных видов добавлен вид «Изометрия». Элементы этого списка есть и в окне свойств – в общем списке типов 2D проекции.

Как обычно, вначале необходимо расположить проекцию на чертеже - выбрать точку привязки. При этом можно привязать создаваемый вид к существующей 2D проекции. Задать связь вида с другой проекцией можно с помощью опции . После того, как была выбрана опция, нужно указать на какую-нибудь проекцию. Такая связь позволяет создавать «стандартный» вид относительно любой произвольной проекции, выбранной в качестве главного вида, то есть «вида спереди». Разрывает связь проекций опция .

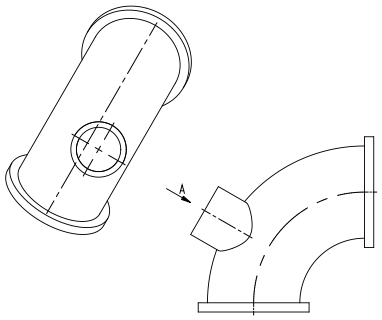
После привязки вида к чертежу можно выбрать элементы для проецирования с помощью опции .

Создание дополнительного вида

При оформлении чертежа часто используется элемент обозначения вида по стрелке. Его можно использовать для построения проекции. При этом направление проецирования будет определяться по стрелке и ближайшей к стрелке проекции. Режим создания дополнительного вида включает опция:

	<3>	Создать дополнительный вид

Далее необходимо выбрать элемент обозначения вида по стрелке. При этом подсветится ближайшая к стрелке проекция: система будет её использовать в качестве главного вида. Относительно главного вида будет строиться дополнительный. По умолчанию дополнительный вид сохраняет проекционную связь с главным видом. Разорвать связь можно с помощью опции:



	<K>	Разорвать проекционую связь с главным видом

Последние действия – расположите проекцию на чертеже и, если нужно, выберите элементы модели для проецирования.

Создание разреза или сечения

Перед тем как начать строить разрез или сечение, нужно иметь в наличии ряд элементов. Во-первых, предварительно требуется построить либо 3D сечение (команда "**3SE: Построить сечение**"), либо обозначение сечения на чертеже (команда "**SE: Создать обозначение вида**"). Причём последний элемент должен быть построен на одной из существующих проекций. Только в этом случае возможно его использование для построения разрезов.

Режим создания разреза или сечения устанавливается с помощью опции:

	<2>	Создать разрез или сечение

Далее необходимо выбрать обозначение сечения на 2D чертеже или 3D сечение. Нормаль плоскости сечения будет задавать направление проецирования. Элементы выбираются с помощью опций:

	<S>	Создать 2D проекцию на основе 3D сечения
	<L>	Выбрать обозначение вида для создания проекции

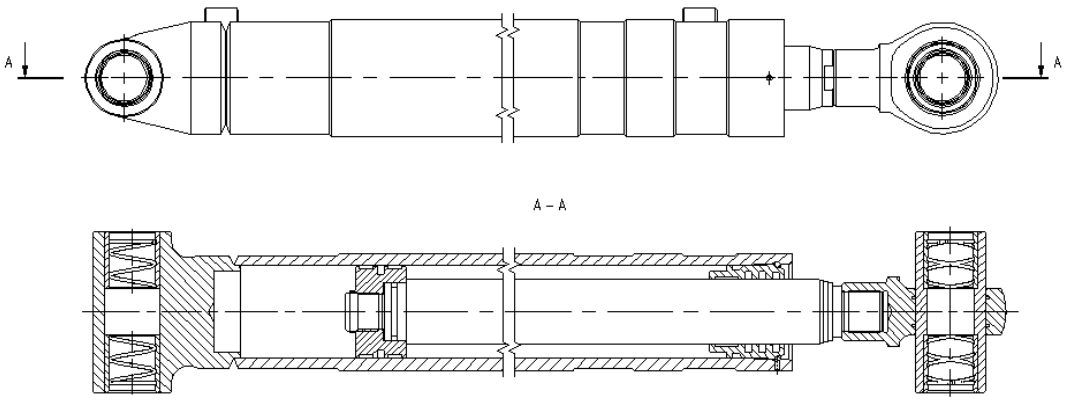
Далее с помощью соответствующих опций нужно задать точку привязки проекции на 2D виде.

Разрыв или установка связи создаваемой проекции с заданным сечением осуществляется с помощью опции:

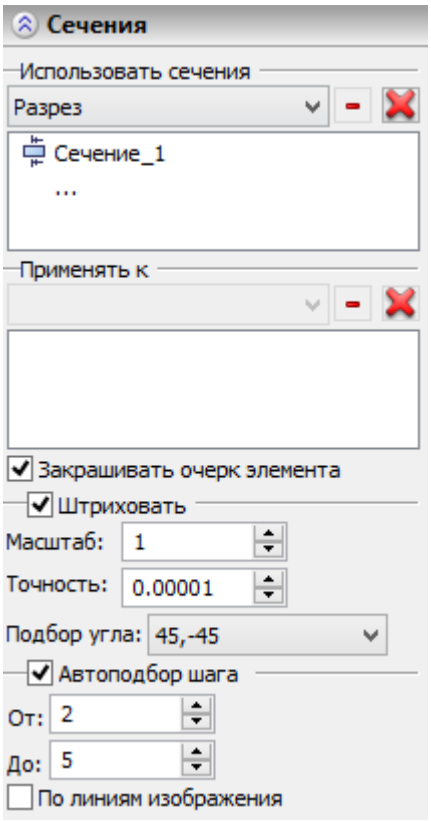
	<K>	Установить/Разорвать проекционную связь с главным видом

Далее можно выбрать элементы для проецирования и элементы, к которым будет применяться сечение. Выбор элементов для проецирования выполняется обычным способом – при помощи опции . По умолчанию сечение применяется ко всем объектам, выбранным для проецирования. Однако это не всегда требуется. Существует возможность отдельно определить список операций или Тел, к которым будет применяться сечение.

При построении сечения или разреза на основе 2D обозначения вида учитывается наличие разрыва на исходной проекции.



Параметры для управления использованными сечениями объединены в одну группу и размещены на закладке “Сечения” окна параметров. Используемые сечения показаны в списке “Использовать сечения”. В данном списке отображаются имена 3D сечений или идентификатор для обозначения сечения. Для выбора дополнительного 3D сечения нужно поместить курсор в свободную строку, помеченную многоточием, после чего указать на нужный элемент в пространстве модели или в окне “3D модель”. Выбор сечения также можно осуществить при помощи автоменю:



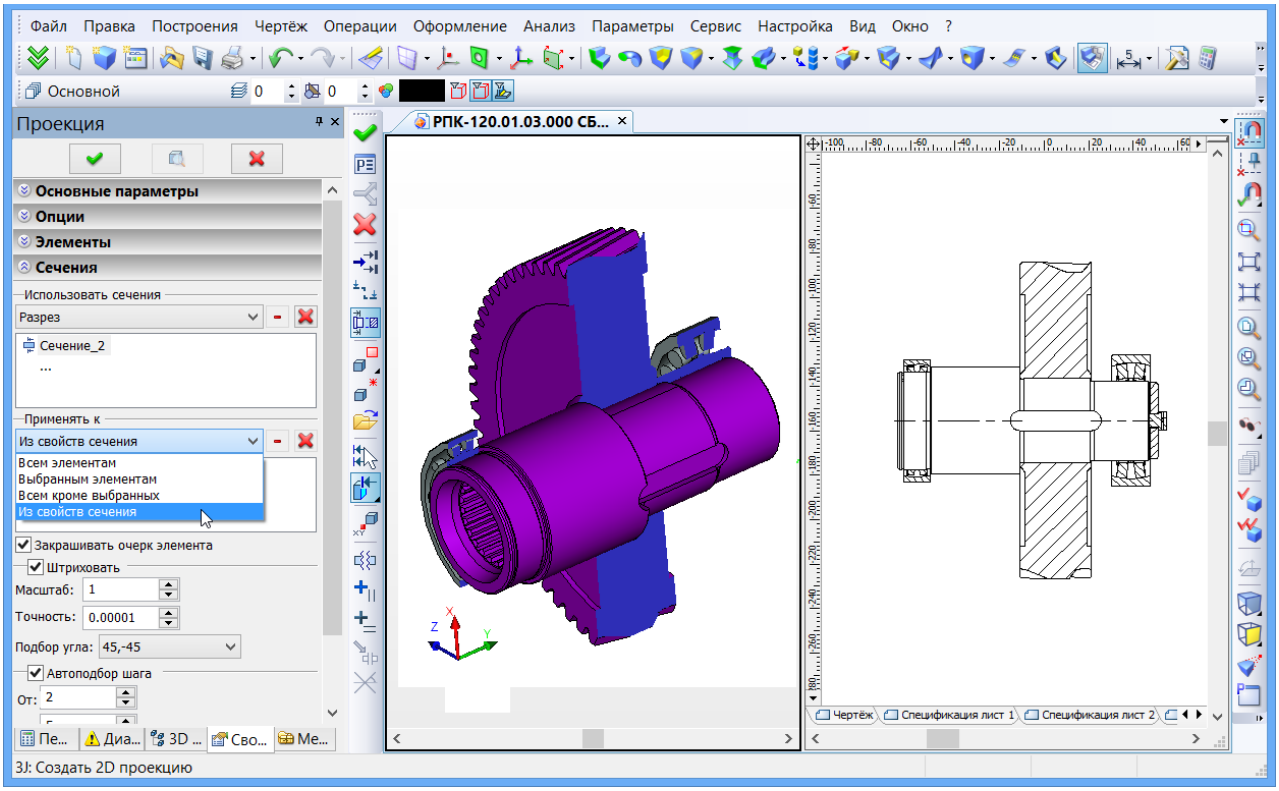
	<Ctrl+S>	Определить применяемые сечения

Тип проекции, построенной с использованием сечений, можно выбрать из выпадающего списка: разрез, сечение, разрез с разворотом/радиальный разрез, сечение с разворотом. Разворот может быть выполнен только в случае, если использовалось сложное сечение (состоящее из нескольких сегментов).

Каждое сечение можно применять сразу ко всем проецируемым или только к отдельно выбранным объектам из числа проецируемых. Список операций/Тел, к которым применяется выбранное сечение, отображается в списке “Применять к”. Для выбора элементов используйте список в окне свойств или опцию автоменю:

	<Ctrl+O>	Выбрать операцию, к которой применять сечение

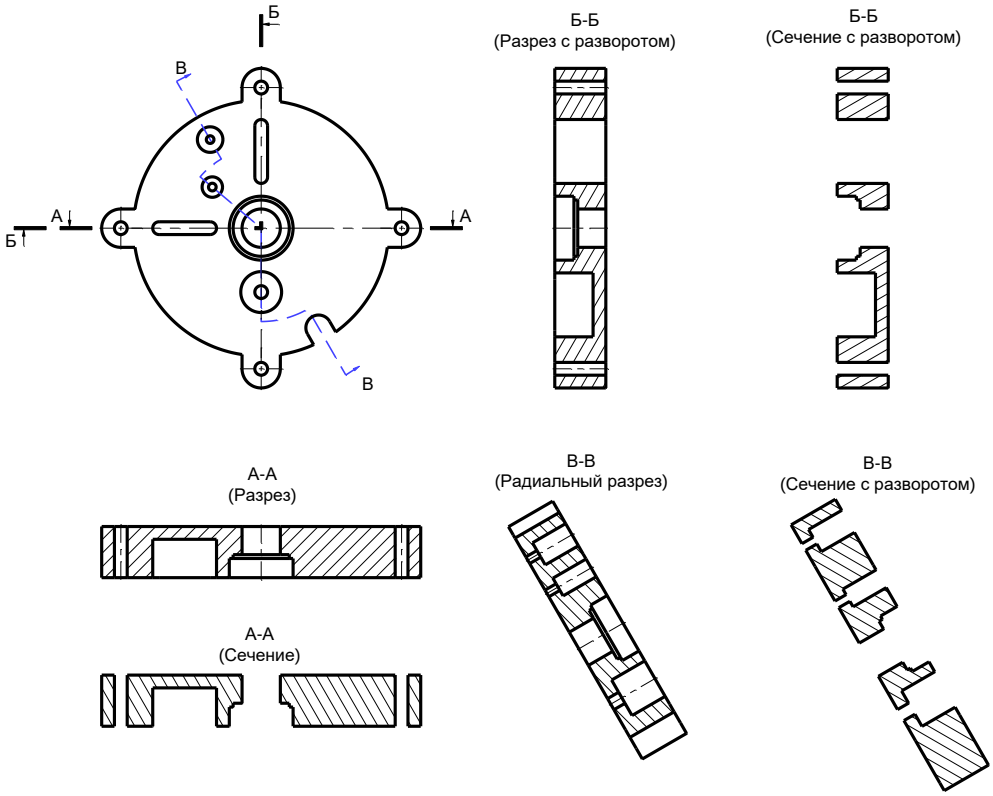
Эта опция позволяет выбирать не только операции, но и Тела. В выпадающем списке можно установить способ использования списка тел. Возможны варианты "к выбранным элементам", "ко всем, кроме выбранных", "ко всем элементам", "из свойств сечения". Вариант "ко всем элементам" установлен по умолчанию и применяется, когда список элементов пустой. При выборе варианта "из свойств сечения" правила применения сечения берутся из свойств 3D сечения.



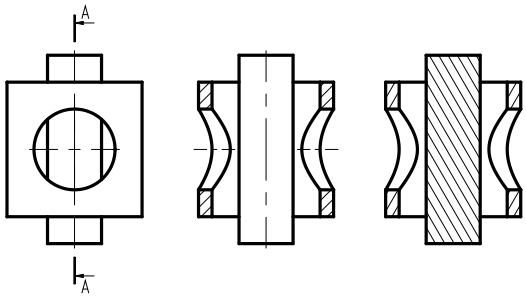
При создании разрезов по сборочным 3D моделям следует помнить, что во внутренних настройках документов 3D фрагментов могут быть заданы условия, при которых эти 3D фрагменты не будут рассекаться сечением. Эти условия определяются в команде **"ST: Задать параметры документа"** и могут использоваться, например, при создании 3D моделей стандартных элементов.

Опция "Разрез с разворотом/Радиальный разрез" работает в одном из двух режимов – зависимости от того, какой тип сложного сечения в данном случае применялся. Если сложное сечение состоит из отрезков, то все сечение полностью разворачивается. Если хотя бы один из сегментов сложного сечения представляет собой дугу окружности, то включается режим построения радиального разреза. При этом все дуги при развороте сечения "выбрасываются".

Опция “Сечение с разворотом” всегда строит развёрнутое сечение, даже если в нём присутствуют дуги окружностей.

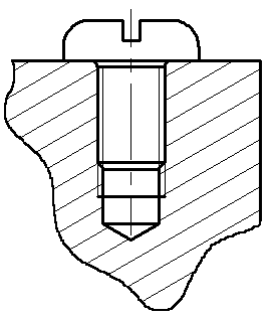


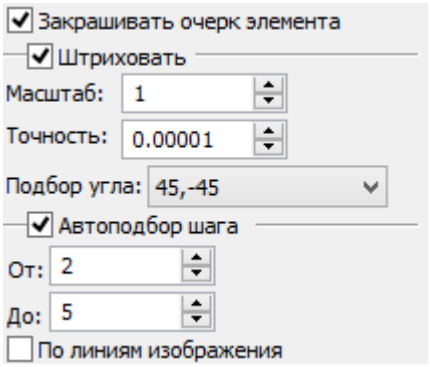
На следующем представленном примере по главному виду построено два разреза. В первом случае сечение применялось только к кожуху, во втором случае – ко всем телам.



В группе параметров для управления сечениями имеются следующие дополнительные настройки:

Закрашивать очерк элемента. Данная настройка позволяет корректно рисовать изображение резьбовых соединений, в которых (из-за особенности соединений) элементы имеют взаимное проникновение. При этом часть элементов





резьбового соединения (например, стандартные элементы) могут не рассекаться.

Штриховать. Параметр, управляющий наличием штриховки в месте сечения или разреза. Точность поиска контура штриховки можно установить в специальном поле.

Масштаб. Масштаб штриховки.

Точность. Точность поиска контура штриховки. Регулировка этого параметра помогает в сложных случаях, когда система не может заштриховать контур в пределах ранее заданной точности.

Подбор угла. Устанавливается вариант автоматического подбора угла штриховки для разрезаемых деталей. В выпадающем списке доступно два варианта: «только 45 и -45» и «30, 45, 60, -30, -45, -60».

Автоматический подбор шага. Устанавливается верхний и нижний предел значений, в котором система автоматически подбирает шаг штриховки. Размер шага подбирается относительно площади контура штриховки.

По линиям изображения *(данная опция доступна только для проекций типа "Линии изображения")*. При установленном флажке штриховки на разрезах/сечениях формируются по линиям изображения проекции, при снятом – по граням, появляющимся на проецируемом теле в результате применения 3D сечения.

По умолчанию флажок отключён, т.е. штриховки создаются по граням сечения (так как линии изображения на проекции не всегда образуют замкнутый контур из-за потери точности при проецировании).

Флажок "По линиям изображения" рекомендуется включать, если создаваемая штриховка в дальнейшем будет использоваться для построения 3D профиля или местного разреза.

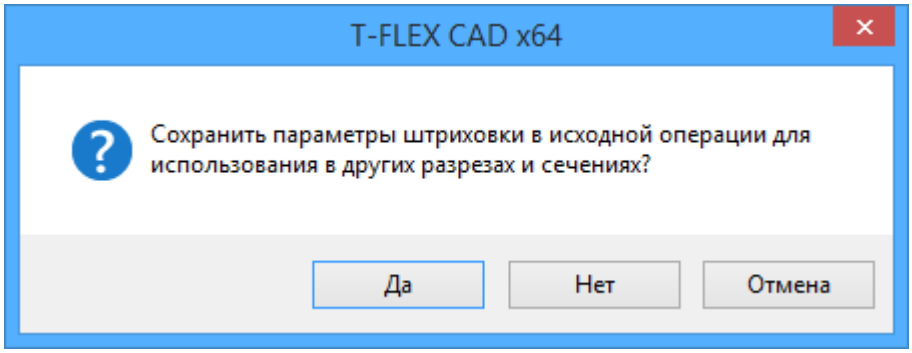
Управление свойствами штриховки на разрезах и сечениях

По правилам чертёжных стандартов все детали, которые рассечены на разрезе или сечении, должны быть заштрихованы определённым образом. Если материал детали требует штриховки с особым рисунком, то в свойствах этого материала должен быть установлен соответствующий тип штриховки «по образцу». В остальных случаях материал в месте разреза штрихуется чередующимися наклонными полосами с заданным углом и шагом. Если в разрезе присутствует несколько тел, то для них угол и шаг штриховки должны различаться. При первом построении разреза или сечения система автоматически подбирает разные свойства штриховки (угол наклона и шаг) для разных деталей.

Причём, однажды подобранные параметры штриховки для одной детали (операции) автоматически запоминаются в модели, и при выполнении разрезов или сечений на других видах, параметры штриховки для этой же детали остаются неизменными.

Эти свойства штриховки хранятся вместе с исходной операцией и передаются операциям-наследникам, у которых включён флаг «Атрибуты с исходной операции».

Однако, пользователь в любой момент может изменить свойства штриховки на разрезе, отредактировав её параметры. После подтверждения изменений свойств штриховки система задаст вопрос, в котором предложит два варианта дальнейших действий.



Если пользователь ответит «Да», то установленные новые параметры угла и шага штриховки сохранятся в модели и будут применяться для этой детали во всех разрезах и сечениях, в которых участвует данная деталь. Если пользователь ответит «Нет», то штриховка приобретёт, индивидуальные настройки и не будет в дальнейшем зависеть от свойств операции.

Для того чтобы обратно перевести индивидуально установленные свойства штриховки в свойства, взятые с 2D проекции, необходимо выбрать эту штриховку и в появившемся контекстном меню выбрать пункт «Параметры с проекции».

В контекстном меню штриховки разреза есть ещё один полезный пункт «Не применять сечение». После вызова этой команды операция, для которой была построена штриховка на разрезе, будет в данной проекции занесена в список операций, к которым не должно применяться сечение. После этого проекция автоматически перестраивается.

Создание местного разреза

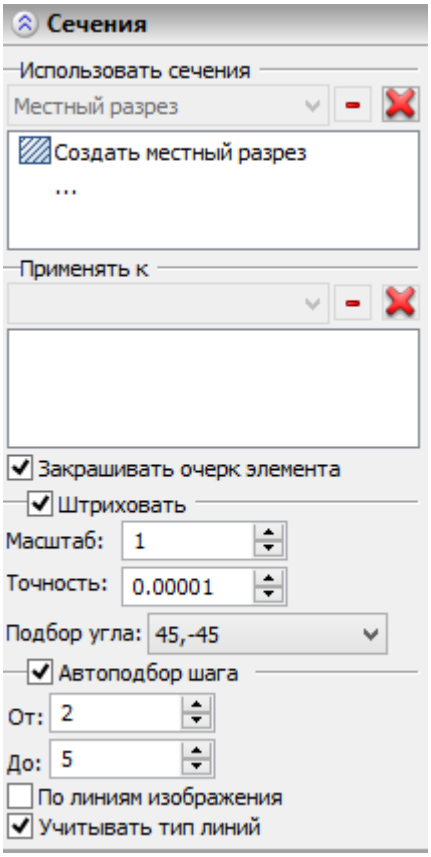
Данная команда позволяет создавать местные разрезы на существующей проекции:

	<4>	Создать местный разрез

Границы местного разреза определяются по контуру штриховки. Штриховку необходимо создать перед построением местного разреза. Для выбора ограничивающей штриховки включите опцию:

	<H>	Выбрать штриховку для определения формы разреза

По окончании создания местного разреза штриховка станет невидимой и закроет собой часть основной проекции. Линии местного разреза будут нарисованы с более высоким приоритетом, чем у штриховки и у линий основной проекции.



Геометрия линий изображения, ограничивающих контур исходной штриховки, может учитываться при определении границ местного разреза. Например, если контур штриховки был задан волнистыми линиями, то границы местного разреза также будут волнистыми. Учёт типа линий можно включить или выключить в параметрах местного разреза.

Далее необходимо определить положение плоскости разреза. Нормаль плоскости автоматически совпадает с направлением взгляда основной проекции – той, на которой строится местный разрез. Далее позиционировать плоскость разреза можно либо по 3D узлу, либо по 2D узлу на другой проекции. Например, если вы строите местный разрез на виде слева, то 2D узел можно указать на одном из соседних стандартных видов – спереди, сверху, снизу, сзади.

2D узел или 3D точку можно выбрать с помощью опций:

	<3>	Выбрать точку, задающую плоскость разреза
	<2>	Выбрать 2D узел, задающий плоскость разреза

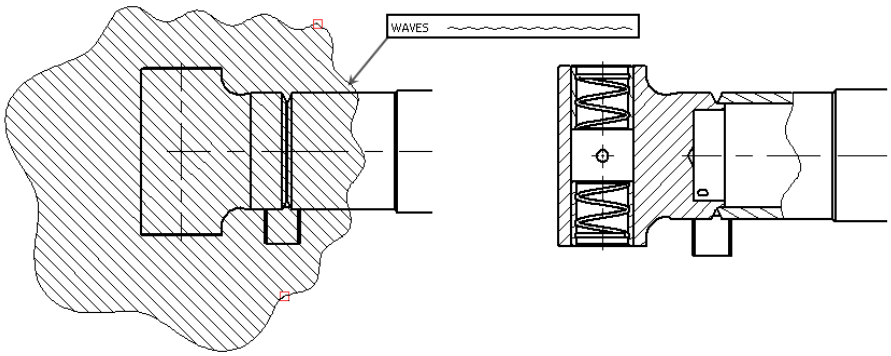
Местный разрез автоматически привязан к проекции, на которой он построен. Но иногда может потребоваться разорвать эту связь и привязать местный разрез к чертежу в другом месте. Разрывает связь опция:

	<K>	Установить/разорвать проекционную связь с проекцией

При разорванной связи доступна опция для привязки проекции к чертежу (либо свободная привязка, либо к 2D узлу):

	<M>	Изменить положение проекции

При создании местного разреза рекомендуется выбирать элементы модели для проецирования. Если выбрать только те элементы, которые попадают в область разреза, то проекция будет пересчитываться быстрее.



Построение проекции на рабочей плоскости

Проекция на рабочей плоскости используется при работе с активными рабочими плоскостями (например, при создании новой рабочей плоскости на основе плоской грани, на неё может быть автоматически спроецирована выбранная грань). Команда построения проекции на активной рабочей плоскости может быть вызвана пиктограммой , которая находится на главной панели в наборах “Рабочая плоскость” и “Рабочая плоскость (Эскиз)”.

При наличии рабочей плоскости на 2D виде, иногда удобно её использовать для проецирования элементов модели. Для этой цели существует опция:

	<7>	Проекция на рабочей плоскости

Рабочую плоскость можно выбрать либо в 3D окне, либо на 2D виде. Проекция будет построена на той странице чертежа, на которой лежит выбранная рабочая плоскость. Привязывать проекцию на чертёж не требуется. Положение проекции определяется автоматически, так как каждая рабочая плоскость имеет конкретное положение в 3D пространстве. Объекты проецируются на рабочую плоскость по направлению её нормали.

Проецирование 3D точки на рабочую плоскость

> Возможность создавать на рабочей плоскости 2D узел как проекцию 3D точки не имеет прямого отношения к команде построения 2D проекций и к элементу T-FLEX CAD “2D проекция”.

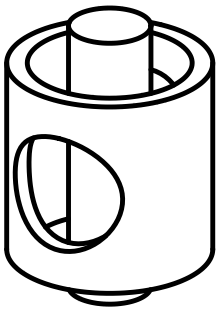
Создание 2D узла как проекции 3D точки используется при работе с активными рабочими плоскостями, часто совместно с командой построения 2D проекции на рабочей плоскости. Команда создания 2D узлов–проекций 3D точек экономит вычислительные ресурсы компьютера, когда нет необходимости строить обычную 2D проекцию.

Пиктограмма  для запуска команды построения 2D узла-проекции находится на главной панели (в наборах “Рабочая плоскость” и “Рабочая плоскость (Эскиз)”) и доступна только в момент работы с активной рабочей плоскостью. Для создания узла-проекции нужно выбрать 3D точку в 3D окне.

Общий случай создания 2D проекции

Самый общий вариант создания 2D проекции выполняется при вызове опции “Произвольный вид” . После включения опции, становится доступными следующие действия:

	<M>	Изменить положение проекции
	<F>	Выбрать плоскость проецирования
	<N>	Выбрать точку для совмещения с точкой привязки
	<K>	Отменить направление и положение проецирования
	<S>	Определить применяемые сечения
	<E>	Выбрать элементы модели для проецирования



В первую очередь нужно определить место проекции на чертеже – указать точку привязки.

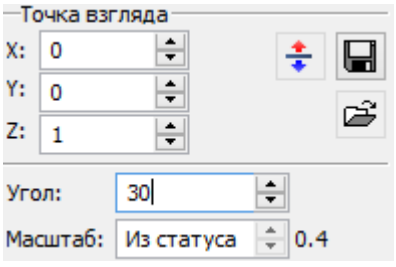
По умолчанию создаётся изометрическая проекция всей сцены в мировой системе координат. Проекция начальной точки мировой системы координат совмещается на 2D виде с точкой, выбранной на предыдущем шаге. В качестве точки пространства для совмещения с точкой привязки на проекции может быть выбрана 3D точка.

Направление проецирования можно изменить одним из следующих способов:

- Выбрать плоскость проецирования. Направление проецирования будет определяться нормалью к этой плоскости. Для выбора плоскости используйте опцию:

	<F>	Выбрать плоскость проецирования

- Задать в окне параметров точку взгляда. Она может быть определена с помощью координат, либо выбором одного из стандартных или пользовательских видов.



Координаты направления взгляда можно задать в окне свойств. В соответствующих полях записываются координаты X, Y и Z второй точки направляющего вектора. Первая точка вектора – начальная точка мировой системы координат. Можно с помощью кнопки “Загрузить” , загрузить один из пользовательских видов. Пользовательский вид может быть сохранён при работе в команде **“3VP: Задать параметры 3D вида”**.

Угол поворота - параметр, задающий угол поворота 2D проекции на 2D виде относительно точки привязки. Положительное значение задаёт поворот против часовой стрелки.

Задание координат и угла поворота возможно только при создании произвольного вида. При создании других видов с проекционной связью, например, стандартных, или разреза, координаты определяет система, и эти поля могут быть заблокированы.

Построение 2D проекции по существующей проекции

Для создания такой проекции используется опция . После выбора этого режима в автоменю становятся доступны следующие опции:

	<V>	Выбрать проекцию для задания параметров проецирования
	<E>	Выбрать элементы модели для проецирования
	<A>	Выбрать все тела в текущей сцене
	<F>	Выбрать файл 3D модели для проецирования
	<Ctrl+S>	Определить применяемые сечения
	<Ctrl+O>	Выбрать операцию, к которой применять сечение

Сначала определяется исходная 2D проекция, с которой будут взяты свойства для создаваемой проекции. Новая 2D проекция будет совпадать с исходной по положению, ориентации, применяемым разрывам. Остальные параметры проекции можно отредактировать: можно изменить список проецируемых объектов и применяемых сечений, метод проецирования, стили доступных линий, параметры штрихования.

Создаваемой 2D проекции автоматически присваивается приоритет на 5 единиц больше, чем у исходной проекции. Дополнительно в свойствах новой 2D проекции устанавливается флажок “Строить очерк всей проекции” (см. раздел “Параметры 2D проекции”).

Данный способ создания 2D проекции можно использовать для построения проекций резьбовых соединений с рассечением обоих свинчиваемых деталей (“винт” и “гайка”). На проекции с одновременным рассечением обоих деталей линии резьбы “винта” и “гайки” будут накладываться друг на друга. Чтобы добиться правильного отображения резьбового соединения, можно поверх исходной проекции (разрез “гайки”) создать вторую 2D проекцию на основе первой, указав в списке проецируемых и разрезаемых элементов только “винт”.

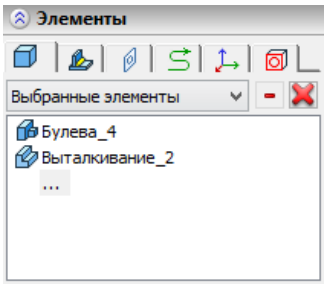
Выбор элементов для проецирования

По умолчанию, т.е. если ничего специально не выбиралось, для проецирования выбрана вся сцена. Режим “Вся сцена” каждый раз проецирует все операции, видимые в сцене на момент пересчёта проекции, независимо от того, сколько их было на момент создания проекции. На основе таких проекций нельзя создавать другие 3D элементы (из-за возможности изменения топологии, а также возникновения рекурсии), об этом система выдаёт предупреждение в момент создания проекции.

Выбирать элементы нужно в тех случаях, когда требуется проецировать не всю модель, а лишь отдельные элементы (конкретные операции, Тела или элементы построения/топологические элементы) или если проекция будет использована для создания 3D элементов. Кроме того, часто бывают случаи, когда каких-то объектов модели просто не может быть видно на проекции по причине того, что их закрывают собой другие тела. Например, какие-то детали могут находиться внутри корпуса. В этом случае полезно исключить из проекции те объекты, которых все равно не видно. Это даст выигрыш во времени при пересчёте такой проекции.

Для того чтобы выбрать отдельные элементы модели, необходимо воспользоваться опцией, которая есть в каждом режиме построения проекций:

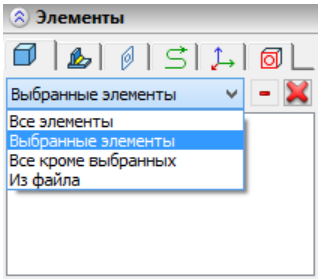
	<E>	Выбрать элементы модели для проецирования



Данная опция имеет выпадающий список фильтров для выбора нужных объектов. Допускается выбирать Тела, операции, 3D профили, 3D пути, грани, ребра, циклы, 3D сварные швы и ЛСК. Набор опций-фильтров для выбора объектов дублируется на системной панели.

При активизации опции  в окне свойств автоматически открывается раздел **"Элементы"**. Данный раздел содержит список, в который заносятся выбираемые элементы. Список разделён на отдельные закладки по типу выбираемых объектов – "Тела и операции", "Сварные швы", "Профили", "Пути", "Системы координат", "Геометрические элементы".

Активизировать режим выбора проецируемых элементов можно также с помощью диалога окна свойств. Достаточно поместить курсор в свободную строку списка, помеченную многоточием, и опция  включается автоматически.



Для каждого типа выбранных элементов можно указать способ проецирования:

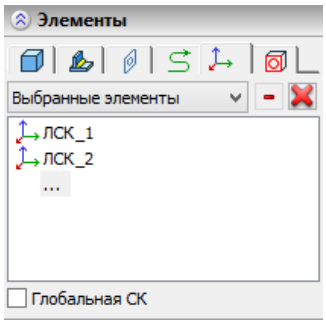
- *Все элементы* – проецироваться будут все элементы данного типа в сцене;
- *Выбранные элементы* – проецироваться будут только выбранные элементы данного типа;
- *Все, кроме выбранных* – проецироваться будут все элементы данного типа, кроме выбранных;
- *Из файла (только для Тел и операций)* – данный вариант устанавливается, если проецируемые операции и Тела выбираются из внешнего файла (см. параграф "Построение 2D проекции по модели из внешнего файла"). При выборе данного пункта в автоменю команды автоматически включается опция выбора файла ;

- *Так же, как в операции (только для сварных швов)* – способ проецирования сварных швов будет зависеть от способа, установленного для операции и Тел. Если для операций установлено “Все элементы”, то проецируются и все сварные швы. Если же для операций установлен любой другой способ, то сварные швы не проецируются.

По умолчанию для Тел и операций установлен режим “Все элементы”, для профилей, путей, систем координат – режим “Выбранные элементы”. Для геометрических элементов (грани, рёбра, циклы) способ проецирования не задаётся (всегда проецируются только выбранные).

Проецирование систем координат имеет ряд особенностей. Системы координат проецируются поверх всей 3D модели без учёта видимости. Линии проекций систем координат не учитываются при определении границ проекции.

Проекции систем координат создаются из трёх линий изображения со стрелками. Цвет каждой линии-оси совпадает с цветом соответствующей оси глобальной системы координат в 3D сцене. Стиль отрисовки линий можно изменять, как и у обычных линий изображения чертежа.



> Длина осей системы координат определяется параметром **Вид > Размер > Система координат** в диалоге команды **ST: Задать параметры документа**, закладка **3D**.

Проецирование глобальной системы координат задаётся отдельно с помощью **“Глобальная СК”**. Выбранный для ЛСК способ проецирования на проецирования глобальной системы координат не влияет.

В автоменю имеется отдельная опция для быстрого выбора всех операций, имеющихся на данный момент 3D в сцене:

	<A>	Выбрать все тела в текущей сцене

Отличие опции “Выбрать все тела в текущей сцене” от режима проецирования всей сцены состоит в следующем: список всех операций, выбранных в 3D сцене, формируется в момент использования опции и остается постоянным, если его специально не изменять. Получается, что при добавлении в сцену новых тел они не попадают в список проецируемых элементов.

Построение 2D проекции по модели из внешнего файла

Режим построения проекции по модели из внешнего файла можно использовать при работе со сложными 3D моделями, сборками, когда можно существенно экономить вычислительные ресурсы за счет исключения необходимости пересчёта 3D модели. При построении 2D проекции система берёт из внешнего файла только сохраненные в нём геометрические данные. Также можно при необходимости составлять единый чертёж на основе разных 3D моделей (разные исполнения, отдельные фрагменты и т.д.).

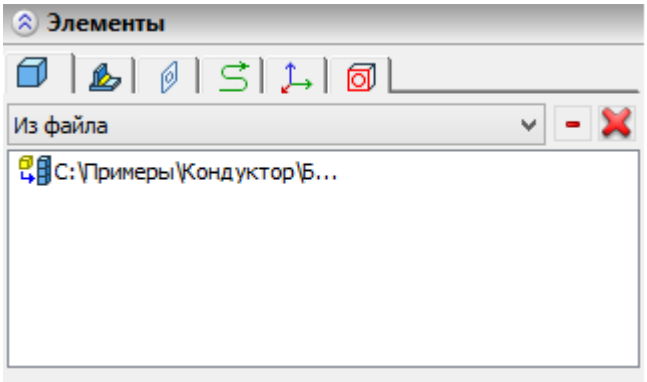
Опция выбора внешнего файла для построения проекции доступна в автоменю команды:

	<F>	Выбрать файл 3D модели для проецирования

Если пользователь вызовет команду создания 2D проекции, а в текущем документе будет отсутствовать 3D модель, то первоначально в автоменю будет присутствовать только эта опция. При вызове этой опции появляется стандартное диалоговое окно для выбора файла. После выбора файла с 3D моделью в автоменю становятся доступны все остальные опции для построения проекции. Далее построение проекции ведётся как обычно. При этом ограничены возможности по выбору элементов для проецирования. В данном случае всегда проецируется вся 3D модель, находящаяся в выбранном файле.

При необходимости создания нескольких проекций на основе внешнего файла не обязательно каждый раз выбирать его. При построении связанных видов (связанный стандартный вид, разрезы, сечения, виды по стрелке) данные о 3D модели автоматически берутся с исходной проекции.

Информация об использованном внешнем файле записывается в дереве 3D модели рядом с именем 2D проекции. Если выбрать 2D проекцию, то в контекстном меню доступна команда для открытия файла, который она использует. В окне «Параметры 2D проекции» на закладке «Элементы» также можно видеть имя файла, на основе которого построена 2D проекция.



Режим построения проекции по модели из внешнего файла можно также активизировать, установив способ проецирования “Из файла” для Тел и операций в разделе “Элементы” окна свойств. Опция  при этом будет активизирована автоматически.

Создание разрыва на проекции

Часто при создании чертежей длинномерных деталей приходится вырезать некоторый участок вида детали для обеспечения компактности чертежа. В системе T-FLEX CAD существует инструмент, позволяющий по трёхмерным деталям получать проекции с разрывом. Разрыв можно сделать при построении всех видов проекций, кроме местного разреза, разреза с разворотом сечения. При работе с разрывами следует помнить о ряде особенностей:

- При привязке радиального или обоих узлов линейного размера к линиям такой проекции или к потомкам линий проекции система автоматически корректирует размер для получения истинного значения.

- Если разрыв создаётся на уже существующей проекции (при её редактировании), к которой привязаны некоторые элементы (например, размеры), то эти элементы могут не найтись вследствие изменения топологии проекции после создания разрыва.

Если создать новую проекцию на основе проекции с разрывом, то зависимая проекция автоматически скопирует разрыв с основной проекции.

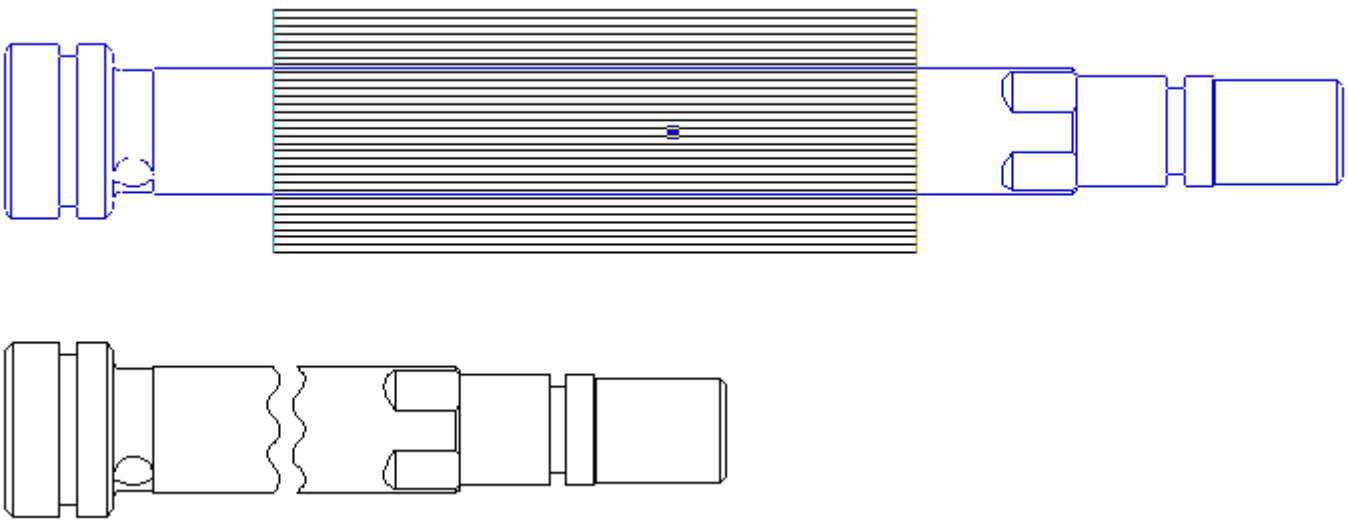
Опция построения разрыва на проекции доступна во многих режимах построения проекций:

	<B>	Вид с разрывом
	<V>	Добавить вертикальный разрыв
	<H>	Добавить горизонтальный разрыв
	<C>	Копировать линии разрыва
	<R>	Задать угол

Сжимать пространство можно только в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Количество разрывов в обоих направлениях не ограничено. Разрыв задаётся прямоугольной областью. Две границы её определяются габаритами проекции, остальные две задаются пользователем с помощью мышки и соответствующих опций.

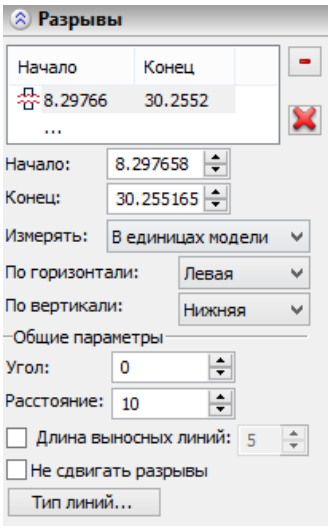
Прямоугольная область разрыва в момент создания и редактирования заштрихована линиями, показывающими направление сжатия пространства (перпендикулярно к линиям разрыва). Предварительное изображение проекции построено синими линиями.

На следующем рисунке показан пример проекции с разрывом.



Дополнительные настройки разрывов производятся также при помощи окна свойств.

Каждый разрыв заносится в список разрывов в окне свойств. Элементы этого списка начинаются с пиктограммы, обозначающей направление разрыва (вертикальный/горизонтальный). Для каждого разрыва заданы свойства, определяющие положение линий разрыва на проекции. Первоначально эти свойства задаются автоматически, когда пользователь указывает зону разрыва при помощи мышки. Если значения будут заданы переменными, то после числового значения в квадратных скобках указывается соответствующее имя переменной.



Определить положение линий разрыва можно либо численными значениями (измерение “В единицах модели”), либо в процентном отношении (измерение “В процентах”).

Начало. Значение, определяющее положение: левой границы – для горизонтального разрыва, или нижней границы – для вертикального.

Конец. Значение, определяющее положение: правой границы – для горизонтального разрыва или верхней границы – для вертикального.

При установленном режиме “В единицах модели” значения начала и конца могут быть заданы переменными.

Расстояние между линиями разрыва определяет дистанцию между частями разорванной проекции.

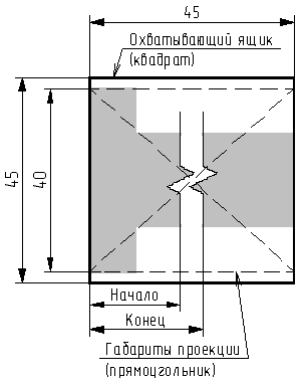
Угол. Этот параметр задаёт угол поворота линий разрыва относительно вертикали/горизонтали (в зависимости от направления разрыва). Положительное направление откладывается против часовой стрелки.

Угол также можно задать с помощью опции . После активизации опции линия, определяющая начальную границу разрыва (она показывается красным цветом) будет играть роль манипулятора. Для задания угла достаточно подвести курсор к этой линии, нажать и сдвинуть границу на нужный угол.

Длина выносных линий. Если флажок отсутствует, то на проекции появляется только та часть линии разрыва, которая непосредственно пересекается с телом. В противном случае линия разрыва идет из одного конца тела в другой и выходит за его пределы на “Длину выносной линии”.

Не сдвигать разрывы. При включении данного флажка линии проекции, оставшиеся после применения разрывов, не изменяют своего положения.

Следующие два параметра предназначены для управления положением разрыва при изменении размеров модели и её проекции и становятся доступны только при задании разрыва в единицах модели.

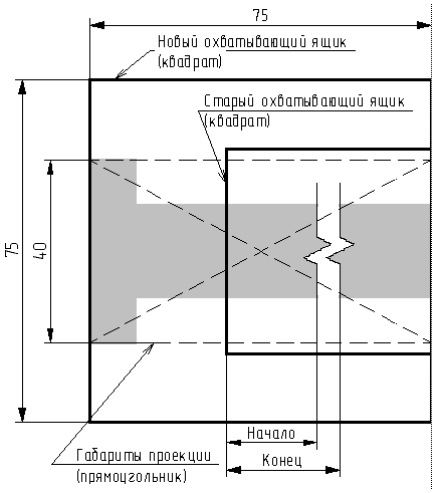


Горизонтальная привязка (левая, по центру, правая).

Вертикальная привязка (нижняя, по центру, верхняя).

Чтобы описать механизм работы этих параметров, необходимо ввести понятие “охватывающего ящика”. Центр охватывающего ящика расположен в центре прямоугольника, в который вписана проекция. Охватывающий ящик является квадратом, длина стороны которого равна длине большей стороны этого прямоугольника. На экране он не показывается.

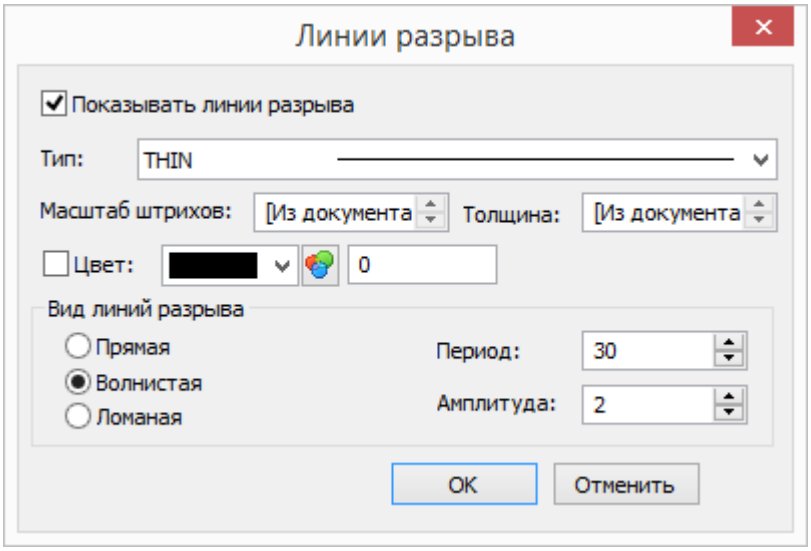
Охватывающий ящик пересчитывается всегда при пересчете проекции. Таким образом, при изменении размеров проекции возникнет новый охватывающий ящик.



Важным моментом является то, что расстояние, заданное значениями параметров “Начало” и “Конец”, всегда откладывается от левого нижнего угла старого охватывающего ящика.

Значения параметров горизонтальной\вертикальной привязки определяют способ расположения старого охватывающего ящика относительно нового. Например, задана правая центральная привязка. Это значит, что после расчёта нового охватывающего ящика правый край старого ящика будет совмещён с правой границей нового, а центры ящиков разместятся на центральной оси детали. Линии разрыва всегда строятся относительно левого нижнего угла старого охватывающего ящика.

Для настройки свойств линий, ограничивающих разрыв, нужно вызвать дополнительный диалог. Для вызова нажмите кнопку **[Тип линий]** в окне свойств.



Показывать линии разрыва. Опция позволяет отключить отображение линий разрыва на проекции.

Вид линий разрыва. Разрыв проекции может быть ограничен разными по форме линиями. Это может быть прямая линия, волнистая линия, и ломаная. Для волнистой и ломаной линии можно установить такие параметры, как **амплитуда** и **период**. Размерность – единицы модели. Для ломаной линии нужно устанавливать такое значение периода, чтобы на линии разрыва была одна щепка. Размер щепки управляется амплитудой.

> Следует учитывать особенность работы механизма построения проекции с разрывом. При расчёте проекции программа “в уме” строит отсечение по указанному типу разреза. По этому, чем линия разрыва сложнее, тем дольше происходит регенерация проекции с разрывом.

Параметры **масштаб штрихов**, **толщина** и **тип** линии устанавливают стиль для линии разрыва.

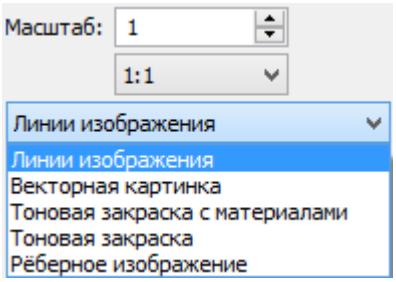
При создании нового разрыва параметры разрыва можно скопировать с существующей проекции.

После нажатия на кнопку  программа ожидает выбора проекции, параметры разрыва которой будут скопированы на текущую проекцию. Действие является одноразовым, т.е. при изменении разрывов исходной проекции разрывы на проекции, куда они были скопированы, не изменяются.

Выбор типа создаваемой 2D проекции

Тип создаваемой 2D проекции (вне зависимости от способа создания) определяется в окне свойств команды, в разделе “Основные параметры”.

Тип проекции выбирается из выпадающего списка.



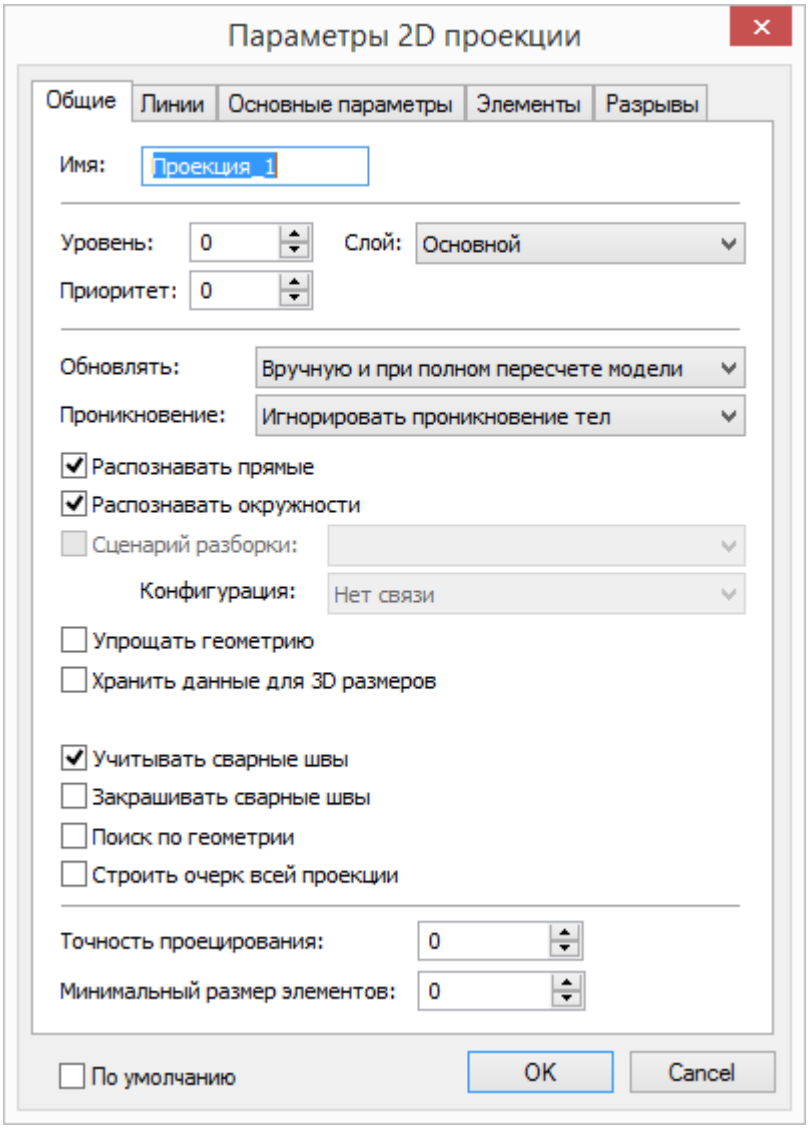
Параметры 2D проекции

Задание некоторых параметров 2D проекции можно выполнить в окне свойств при создании и редактировании. Кроме того, в любой момент можно вызвать диалог параметров, из контекстного меню или при редактировании проекции, когда доступна опция:

	<P>	Задать параметры элемента

Закладка «Общие»

Имя. Для 2D проекций по умолчанию создаются следующие имена: Проекция_0, Проекция_12 и т.д.



Обновлять. Параметр определяет, каким образом будет производиться обновление проекции.

- **Автоматически** (при любых изменениях модели).

- **Вручную и при полном пересчёте модели** (при использовании команды “Обновить проекцию” или при полном пересчёте модели). Данные настойки имеет смысл устанавливать в случаях, когда ведётся работа со сложными моделями, на полный пересчёт которых тратится значительное время.

Пересчёт проекции типа “Векторная картинка”, в случае обновления вручную или по запросу, выполняется в параллельном режиме. При запуске пересчёта изображение 2D проекции на экране заменяется на упрощённое изображение (аналогичное отображаемому в 3D окне в режиме “Быстрое удаление невидимых линий”). После этого можно работать с системой, например, оформлять чертёж по этой проекции. Параллельно в этот момент будет выполняться точный расчёт проекции. По завершении этого расчёта упрощённая картинка проекции заменяется результатами точного расчёта.

Такой подход позволяет упростить работу с проекциями, имеющими длительное время пересчёта. Можно сразу после создания или редактирования проекции продолжить работать с системой, не дожидаясь завершения вычислений проекции.

Проникновение.

Игнорировать проникновение тел. Проникновение тел не будет учитываться.

Учитывать взаимопроникновение тел. При проецировании группы тел, проникающих друг в друга, можно включить функцию анализа тел на пересечение. При установленном параметре система будет строить проекцию с учётом пересечения тел. Данный параметр увеличивает время расчёта проекции.

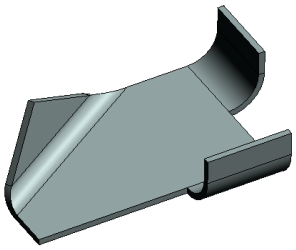
Определять пересечение тел. Позволяет строить более точные изометрические проекции с разрезом.

Распознавать прямые, **Распознавать окружности**. Данные параметры включают специальные алгоритмы, которые позволяют в пределах некоторой точности распознавать отрезки или окружности (дуги окружностей). Это нужно для случаев, когда проецируется сложная геометрия. Например, при точном проецировании сглаживания с переменным радиусом, получается полилиния. При включении данной опции полилиния заменяется дугой окружности. На полученной дуге теперь можно проставить размер. При использовании данных опций, происходит небольшая потеря точности проекции. Из-за этого иногда могут возникать проблемы с автоматической штриховкой на сечениях и разрезах – в контуре могут появляться разрывы, и такой контур может не штриховаться. Для решения данной проблемы создана специальная опция, управляющая точностью поиска контура штриховки (см. закладку «Вид»).

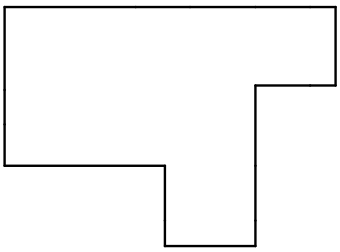
Сценарий разборки. Опция доступна только в случае, если в файле имеется хотя бы один сценарий разборки. Проекция строится с использованием преобразований на основе выбранного сценария разборки.

Конфигурация. Опция позволяет установить связь проекции с конфигурацией модели. С помощью этой опции в одном файле сборке можно создать проекции для каждого из существующих исполнений этой сборки. Для задания связи нужно в параметрах проекции выбрать из выпадающего списка необходимое исполнение.

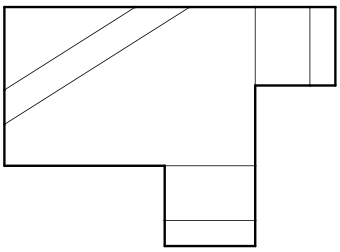
Упрощать геометрию. При установленном флаге к проецируемым объектам сначала применяется операция **Упрощение модели**, а затем выполняется создание проекции. Данная опция существенно увеличивает время расчёта проекции, поэтому по умолчанию она отключена. Для построения проекции развёрнутой детали из листового металла, когда требуется показывать зоны гибки при помощи гладких сопряжений (опция включения гладких сопряжениях находится на закладке **Линии**) данную опцию требуется отключить. При включённой опции упрощения геометрии зоны изгиба показаны не будут. При включённой опции сплайновые поверхности будут заменены более простой геометрией, на которой можно проставить размеры.



Исходная деталь



Проекция с упрощением

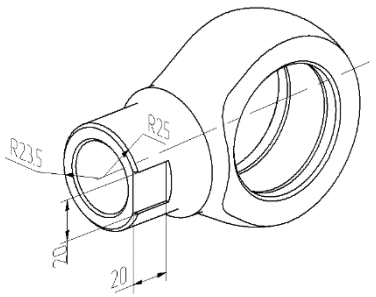


Показаны зоны гиба

Хранить данные для 3D размеров. Данный параметр позволяет проставлять на нестандартных и объёмных видах (например, на изометрии) «пространственные» размеры.

Использовать последнюю версию алгоритма проецирования. Данный параметр отображается только для проекций, созданных в предыдущих версиях системы и служит для обеспечения совместимости с текущей версией T-FLEX CAD. По умолчанию флажок отключён.

Отображение флажка в диалоге свойств проекции указывает, что данная проекция пересчитывается по старым алгоритмам. Если установить флажок, проекция будет пересчитана в соответствии с алгоритмом текущей версии. Это может привести к различным изменениям в идентификации элементов проекции.



Проекция с «3D размерами»

Учитывать сварные швы. Эта опция включает отображение сварных швов, построенных на 3D модели.

Закрашивать сварные швы. Параметр включает режим закраски торцов сварных швов.

Поиск по геометрии. Если данный флажок установлен, при пересчёте 2D проекции поиск элементов оформления на проекции производится по геометрии проекции, а не по идентификаторам модели.

При поиске по геометрии берётся старое положение исходного элемента проекции (линии, дуги и проч.) и ищется в пределах допуска ближайший элемент того же типа. Поиск по идентификации производится вне зависимости от геометрии по внутренним ID элементов проекции, сформированным по истории создания элемента.

Геометрический поиск рекомендуется использовать, когда модель претерпела сильные изменения и обычный поиск не даёт результатов (например, при обновлении проекций импортированной геометрии после изменения импортированной модели внешним приложением).

Строить очерк всей проекции. При данной опции строится очерковая невидимая штриховка на все проецируемые тела с приоритетом на единицу меньше, чем приоритет самой проекции.

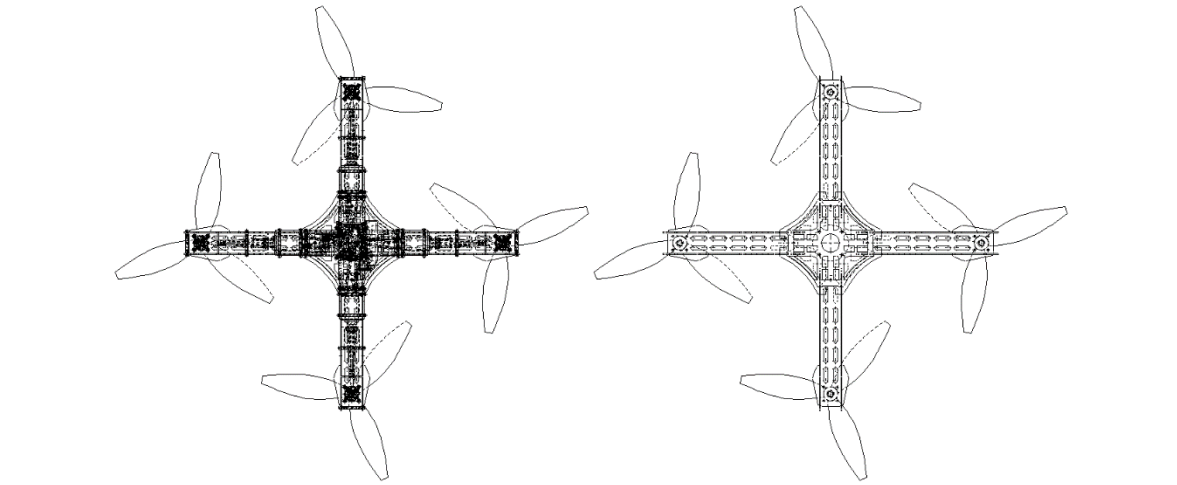
Таким образом можно строить аппликации одних проекций поверх других проекций. Данная опция не работает или создаёт некорректные результаты, если для проецирования выбраны пути, рёбра, грани, циклы, или если выбран способ проецирования без удаления невидимых линий. Также эта опция не работает для сечений.

Для 2D проекции, созданной на основе уже существующей 2D проекции, данная опция включается автоматически.

Точность проецирования. Задаётся точность отрисовки линий проекции. Минимальное значение параметра составляет 0.000001.

Минимальный размер элементов. Параметр позволяет сократить время построения и пересчёта проекций путём отказа от проецирования небольших деталей. Кроме этого, за счёт исключения тел в ряде случаев можно добиться лучшей читаемости изображения.

Минимальный размер задаётся в текущих единицах измерения модели. Все тела меньших размеров не будут показаны на проекциях.

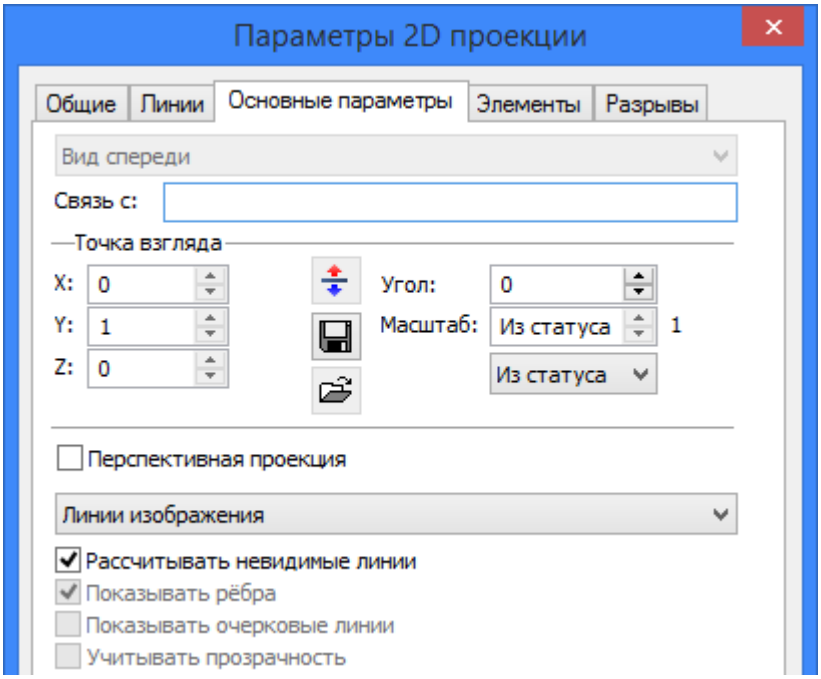


Время расчёта проекции: 0,577 сек.

Время расчёта проекции: 0,088 сек.

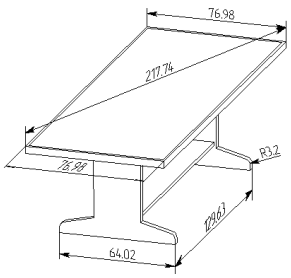
Закладка «Основные параметры»

Выпадающий список в нижней части окна определяет тип данной проекции: **Линии изображения**, **Векторная картинка**, **Тоновая закраска с материалами**, **Тоновая закраска**, **Рёберное изображение**.

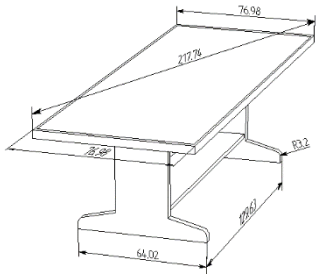


Здесь же задаются следующие параметры проекции:

Перспективная проекция. Данный параметр определяет вид создаваемой проекции: параллельная или перспективная. При установленном флажке создаётся перспективная проекция. Размеры, созданные на основе элементов такой 2D проекции, также отображаются с учётом перспективы.



Параллельная проекция



Перспективная проекция

Удалять невидимые линии. Данный параметр определяет, будут ли на проекции отображаться невидимые линии. Параметр недоступен для проекций типа “Тоновая закраска”, “Тоновая закраска с материалами”, а также для сечений и разрезов.

Показывать рёбра. Параметр управляет отображением рёбер на проекции (только для проекций типа “Тоновая закраска”, “Тоновая закраска с материалами”).

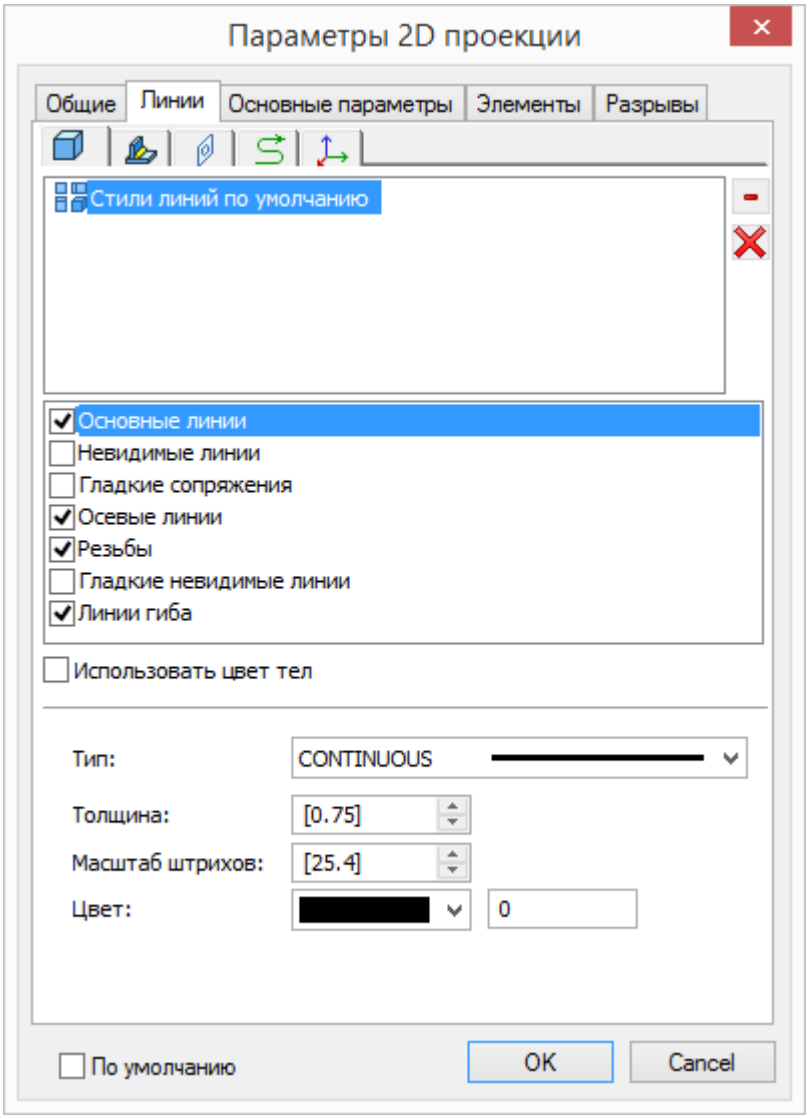
Показывать очерковые линии. Данный параметр управляет отображением на проекции очерковых линий проецируемых тел (только для проекций типа “Тоновая закраска”, “Тоновая закраска с материалами”, “Рёберное отображение”).

Учитывать прозрачность. Когда флаг установлен, на проекции учитывается прозрачность объектов. Элементы, расположенные за прозрачными объектами, показываются на проекции.

Остальные параметры на этой закладке отображают информацию о направлении взгляда, масштабе и связи с другими элементами (подробное описание см. выше).

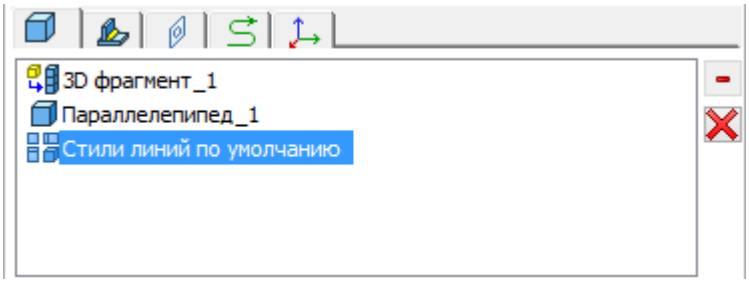
Закладка «Линии»

На закладке **Линии** можно менять параметры линий проекции отдельно для каждого 3D элемента построения , тела или фрагмента.



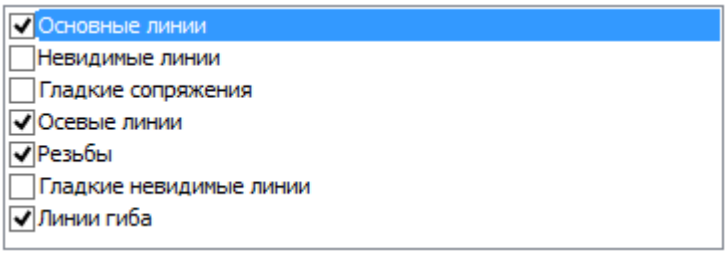
В верхней части отображается список выбранных элементов, для которых можно изменять параметры линий.

Выбрать элементы, для которых нужно изменить линии, можно кликнув по символу «...» в списке в окне **Свойства**.



Если выбрать пункт *Стили линий по умолчанию*, то можно задать параметры линий для всех элементов на проекции, но если для элемента уже заданы свои параметры линий, то они не изменяются.

В центре расположен список категорий линий проекции. Для отображения линий выбранной категории на проекции необходимо установить флаг слева от названия категории.



Категории линий:

Основные линии. Позволяет задать параметры основных линий.

Невидимые линии. Параметры данной группы управляют наличием и параметрами отображения невидимых линий на 2D проекции.

Гладкие сопряжения. На проекции могут быть показаны гладкие сопряжения граней (когда на стыке не образуется острого угла). Данная группа параметров управляет отрисовкой гладких сопряжений, задаёт способ отображения (тип, цвет и т.д.) используемых для этого линий изображения.

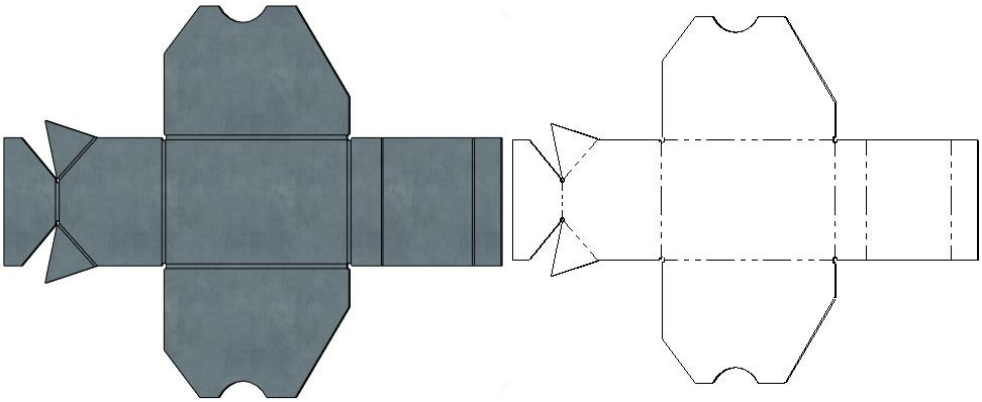
Осевые линии. При проецировании поверхностей вращения (цилиндр, конус, тор) можно автоматически проставить осевые линии. В случае, когда тело имеет несколько поверхностей вращения, полезно использовать опцию **Объединять** во избежание наложения осей друг на друга.

Флажок "Создавать осевые линии" также управляет прорисовкой осей сгибания на проекциях тел, полученных операцией **SMU: Разгибание**.

Резьбы. При создании 2D проекций автоматически распознаются имеющиеся в модели резьбы. При включённой опции создаются линии обозначения резьбы в случаях, если резьба видна на данной проекции спереди, сбоку, либо плоскость разреза совпадает с осью резьбы. При простановке

размера по такому изображению резьбы система автоматически подставляет необходимое обозначение. Данные для обозначения берутся из параметров операции по созданию резьбы.

Линии гиба предназначены для отображения линий гиба на проекциях деталей из листового металла.

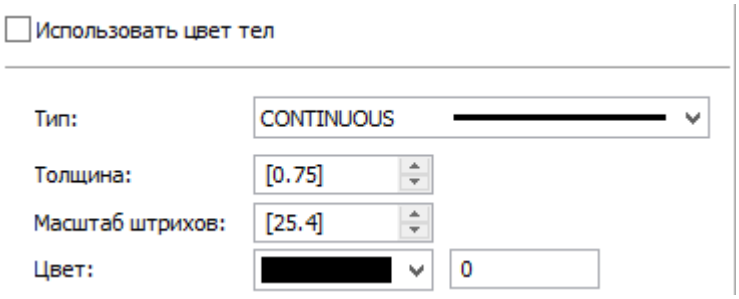


Линия сечения. Используется для рисования видимых сегментов рёбер, которые были получены пересечением проецируемых тел с плоскостями ступенчатых сечений, ортогональных к направлению проецирования.

Гладкие невидимые линии. К данной категории относятся гладкие сопряжения невидимые на проекции.

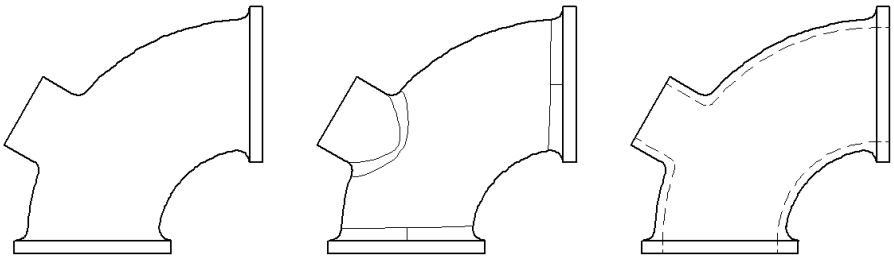
Параметры линий

Доступные для изменения параметры линий отображаются в нижней части и зависят от выбранной категории.



Можно выбрать несколько категорий одновременно и задать для них общие параметры.

Использовать цвет тел. При включении данного параметра цвет всех линий проекции и штриховок в сечении определяется цветом, назначенным для проецируемых операций. Цвет тела используется при отображении в режиме тоновой закраски.



Тип. Из выпадающего списка можно выбрать тип линий для выбранной категории.

Толщина. Задаёт толщину линий

Масштаб штрихов. Позволяет задать величину штрихов для не сплошных линий.



Цвет. Можно выбрать цвет из выпадающего списка или указать номер необходимого цвета.

Для гладких сопряжений доступен параметр **С недоводом**. Если включена данная опция, линии гладких сопряжений рисуются с недоводами на обоих концах.

Для резьбы существует дополнительный параметр **Высота профиля резьбы не менее**. Он применяется для принудительного увеличения условного изображения профиля резьбы до указанной величины в случаях, когда толщина линий на чертеже или мелкий масштаб проекции не позволяют различать обозначение резьбы в реальном размере. Для каждого вида вспомогательных линий проекции можно установить **тип** и **толщину линии**, **масштаб штрихов**, **цвет**.

В зависимости от типа 2D проекции диалог опции  может также содержать дополнительные закладки **Разрывы**, **Сечения**, **Системы координат**. Содержимое этих закладок дублирует содержимое одноимённых разделов окна свойств при создании/редактировании 2D проекции.

Редактирование и перемещение 2D проекции

Редактирование 2D проекции выполняется с помощью команды **3EJ: Изменить 2D проекцию**. Вызов команды:

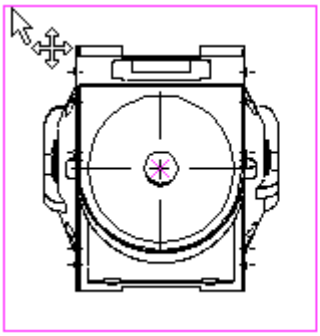
Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3EJ>	Правка > Чертёж > 2D Проекция	

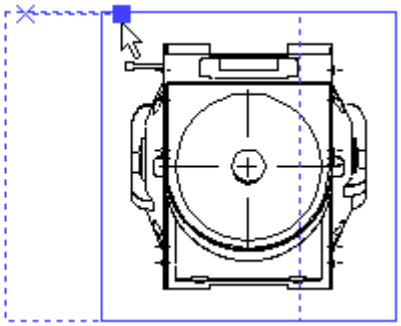
Также команду редактирования можно вызвать из контекстного меню при выборе проекции или её прямого потомка нажатием .

Процесс редактирования мало отличается от создания проекции. После вызова команды в автоменю становятся доступными все опции, которые были при создании проекции.

С помощью уже известных опций можно дополнить или перезадать список элементов для проецирования, выбрать операции, к которым применять или не применять сечения и т.д.

Для перемещения проекции нужно навести курсор на край проекции, дождаться появления символа и переместить проекцию, зажав левую кнопку мыши.





При перемещении работает динамический просмотр, позволяя видеть полное изображение перемещающейся вслед за курсором проекции. При перемещении проекций больших чертежей система предлагает отключить динамический просмотр, чтобы не замедлять работу.

Кроме того, чтобы переместить проекцию, можно изменить положение точки привязки. Активизируйте одну из двух опций привязки проекции и задайте новое положение проекции (свободную точку или 2D узел).

> В случае, когда проекция привязана к 2D узлу, для изменения положения проекции достаточно изменить положение этого узла и обновить проекцию. Запускать команду редактирования проекции нет необходимости.

Использование 2D проекций

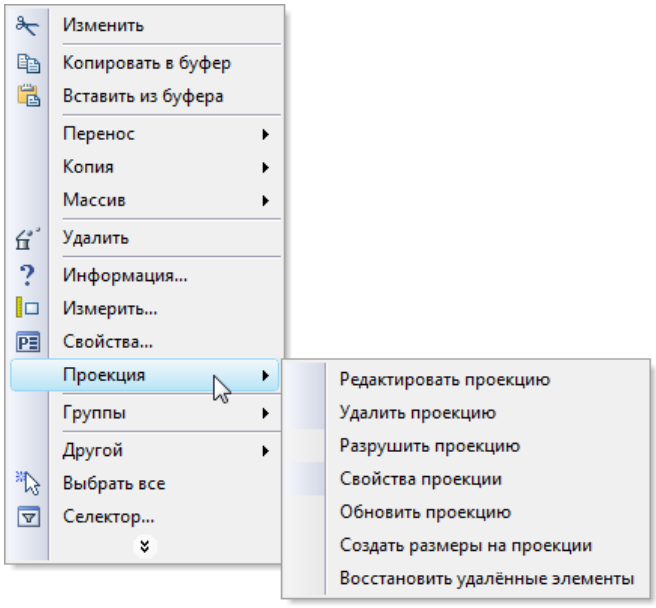
Работа с 2D проекциями типа “Линии изображения”

2D проекция типа “Линии изображения” – особый элемент системы. На чертеже можно видеть только прямых потомков этого элемента, а именно линии изображения и штриховки. Совокупность этих элементов образует изображение проекции. Основная часть свойств каждого элемента берётся из диалога настроек проекции при создании. Например, тип различных линий проекции, цвет, масштаб штрихов, приоритет и т.д. Однако при желании можно изменить персональные свойства каждого элемента. Это можно сделать в диалоге параметров элемента, который удобно вызвать из контекстного меню. Как обычно, оно появляется после по элементу.

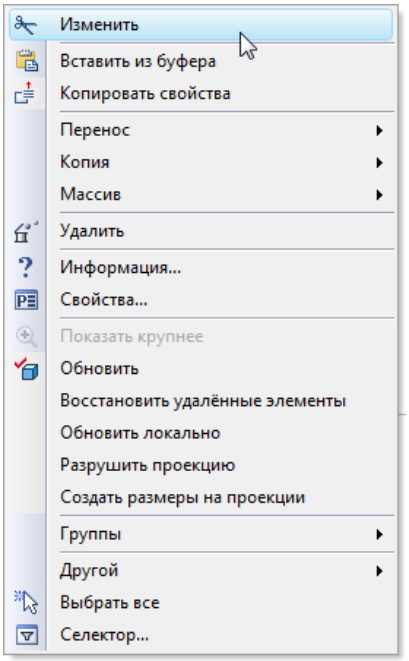
> В зависимости от того, какой элемент был выбран при нажатии (сама 2D проекция или её элемент – потомок), контекстное меню имеет разный состав.

Если выбран прямой потомок проекции (линия изображения или штриховка), то в его собственном контекстном меню дополнительно будут присутствовать некоторые специфические команды для работы с 2D проекцией. При этом несколько отличается работа стандартной команды **Удалить**. В данном случае она не удаляет, а позволяет всего лишь скрыть выбранный элемент. Таким образом можно погасить некоторые "лишние" элементы проекции. Редактирование проекции запускает команда **Редактировать проекцию**. Если необходимо удалить всю проекцию целиком, то следует воспользоваться командой **Удалить проекцию**. Следующая в списке команда **Свойства проекции** служит для вызова диалога параметров проекции. В этом диалоге можно задать некоторые общие свойства элементов проекции (типы линий, цвет, тип и наличие штриховки), а также все остальные настройки самой 2D проекции. Подробности работы с данным диалогом смотрите в соответствующем разделе этой главы.

При обновлении 3D модели проекция не пересчитывается. Для того чтобы изменения модели отразились на чертеже (проекции), нужно либо запустить полный пересчёт модели, либо обновить проекцию вручную с помощью команды **Обновить проекцию**. Режимами обновления проекции управляет специальный параметр на закладке "Общие" диалога параметров проекции (см. описание выше). Для большей экономии времени при работе со сложными моделями и чертежами предусмотрена команда **Обновить локально** в контекстном меню 2D проекции. В отличие от предыдущей, данная команда не вызывает пересчёт элементов-потомков. Это удобно при работе с проекциями, которые долго пересчитываются и между которыми есть проекционная связь.



Контекстное меню при выборе линии проекции



Контекстное меню при выборе 2D проекции

В собственном контекстном меню 2D проекции дополнительно имеется несколько полезных команд.

Для восстановления "удалённых" элементов (скрытых при помощи команды **Удалить** линий или штриховок) используется команда **Восстановить удалённые элементы**.

При необходимости можно разорвать связь изображения проекции с 3D моделью и превратить 2D проекцию в набор непараметрических свободных линий изображения и штриховок. Для этого используется команда **Разрушить проекцию**. При разрушении проекции система предлагает объединить получающиеся элементы в группу. В случае положительного ответа пользователя автоматически создаётся группа с именем "Проекция <ID>", где <ID> - идентификатор разрушенной проекции.

Если 2D проекция построена на основе модели из внешнего файла, то доступна команда **Открыть**, которая открывает связанный с проекцией документ.

Команда **Создать размеры на проекции** позволяет перенести 3D элементы оформления на 2D проекцию (см. следующий параграф).

При проецировании двух или более тел, проникающих одно в другое, возможны неточности при определении линий пересечения тел, а также того, какие линии являются видимыми, а какие нет. Поэтому рекомендуется перед выполнением проецирования по возможности объединять такие тела с помощью булевой операции в единое тело или воспользоваться параметром "Учитывать взаимное проникновение тел" (см. описание диалога параметров). Включение этой опции увеличивает время пересчёта проекции.

На основе 2D проекции можно строить некоторые 3D элементы (например, рабочие плоскости и 3D сечения). Соответствующие опции есть в наборе автоменю – у команд создания этих элементов.

В дальнейшем к 2D проекциям можно привязывать линии построения, размеры, элементы оформления и др. При создании линий построения работает объектная привязка к элементам проекции, которая различает дуги окружностей, эллипсы, сплайны, отрезки, крайние точки линии (узлы), центр дуги и др.

Некоторые линии изображения, построенные на основе 2D проекции, получают дополнительные параметры. Так, при проецировании иногда генерируются линии изображения особого типа – «сплайн кривая». Для такой линии изображения можно в свойствах дополнительно настроить количество точек сплайна, если точность проецирования (по умолчанию 40 точек) не является удовлетворительной.





Работа с 2D проекциями типов “Векторная картинка”, “Тоновая закраска”, “Тоновая закраска с материалами”, “Рёберное изображение”

2D проекции типа “Векторная картинка”, “Тоновая закраска”, “Тоновая закраска с материалами”, “Рёберное изображение” на чертеже представляют собой (в отличие от 2D проекции типа “Линии изображения”) единые объекты. Параметры отдельных элементов изображения таких проекций изменить нельзя.

В остальном работа с 2D проекциями данных типов аналогична работе с проекцией типа “Линии изображения”. Контекстное меню подобных 2D проекций повторяет контекстное меню 2D проекции типа “Линии изображения”.

При создании 3D элементов оформления на 2D проекциях типа “Векторная картинка”, “Тоновая закраска”, “Тоновая закраска с материалами”, “Рёберное изображение” создаваемые элементы оформления привязываются непосредственно к элементам 3D модели.

Простановка элементов оформления чертежа

Для оформления чертежа, созданного на основе 2D проекции, можно использовать стандартные 2D команды – **“D: Создать размер”**, **“IN: Создать надпись”**, “**RO: Создать шероховатость”**. Размеры, надписи и шероховатости на линиях проекции в общем случае можно создавать так же, как и на обычном чертеже.

> При существенном изменении 3D модели и пересчёте 2D проекций на её основе иногда может частично меняться состав линий проекции и идентификация некоторых элементов. При этом часть элементов оформления, созданных на линиях 2D проекций, может потерять связь с исходными элементами. Система уведомит об этом, выдав сообщения в диагностику.

В 3D модели могут присутствовать 3D элементы оформления – размеры, надписи и шероховатости, проставленные непосредственно в 3D окне по граням модели. Они позволяют сделать 3D модель более наглядной, упростить изменение её геометрических параметров. Кроме того, информация, заданная в 3D элементах оформления (например, параметры допуска в размере, его дополнительные текстовые строки, параметры шероховатости и т.п.), может быть перенесена в аналогичные 2D элементы оформления на проекциях данной модели. Подробно о создании 3D элементов оформления рассказано в главе “Элементы оформления в 3D”.

Если на текущей 3D модели имеются 3D размеры или обозначения шероховатости, то при создании 2D размеров и шероховатостей по соответствующим линиям проекции система самостоятельно может находить соответствие создаваемого элемента аналогичному элементу в 3D. Если такая связь найдена, в создаваемый 2D элемент переносятся все параметры из 3D размера или шероховатости (номинал, допуск, текстовые строки и т.д.). Если потребуется изменить данные параметры подобного 2D элемента, то нужно менять соответствующий ему элемент в 3D.

Передача данных из 3D размеров на 2D проекцию может осуществляться и прямым “проецированием” размеров из 3D пространства на 2D проекцию. Осуществляется это с помощью команды **Создать размеры на проекции**, доступной в контекстном меню при выборе 2D проекции.

При вызове команды система определяет, какие из существующих в модели 3D размеров можно перенести на выбранный вид (проекцию). Отобранные системой размеры прорисовываются на проекции красным цветом. Пользователю нужно указать, какие из предложенных системой размеров он хотел бы проставить на данной 2D проекции.

Выбор размеров осуществляется с помощью опций автоменю команды:

	<M>	Выбор элементов оформления
	<M>	Отменить выбор
	<*>	Выбрать все элементы/Отмена выбора всех элементов
	<End>	Завершить выбор элементов

При активной опции  осуществляется выбор размеров, которые должны быть созданы на данной проекции. Для выбора размера достаточно в 2D окне указать курсором на нужный размер и нажать . Выбранный размер поменяет цвет на синий. Таким образом последовательно можно выбрать любое количество размеров.

Активизация опции  включает режим *отмены* выбора размеров. В этом режиме указание на размер с помощью  отменяет его выбор. Размер в результате снова меняет свой цвет на красный.

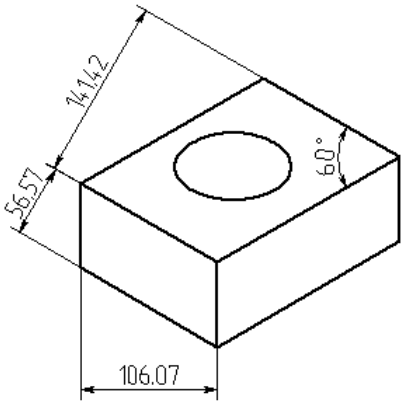
Действие опции  зависит от того, какая из вышеуказанных опций активна. При активной опции  выбор данной опции приводит к выбору всех предложенных системой размеров, при активной опции  – наоборот, к отмене выбора всех размеров.

Подтвердить создание выбранных размеров на проекции можно с помощью опции .

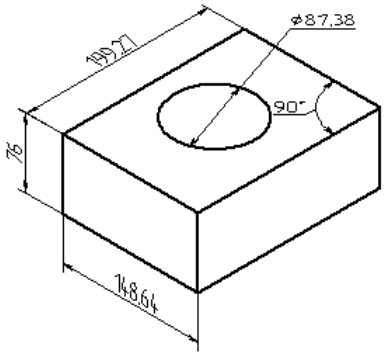
Режимы отображения размеров на 2D проекциях

Размеры, проставленные на линиях 2D проекций, могут отображаться двумя способами. Первый способ – стандартное отображение размеров (в плоскости, перпендикулярной направлению взгляда). Второй способ – "пространственное" изображение элементов оформления. Он применяется обычно на нестандартных и "объёмных" видах (например, на изометрии). В этом режиме размеры, создаваемые на основе линий проекции, будут рисоваться расположенными в плоскости выбранных элементов. Например, в случае простановки размера на эллипсе, соответствующем круговому ребру, размер будет находиться в плоскости окружности ребра. Эта возможность позволяет проставлять на изометрических проекциях размеры с реальными значениями.

Данная возможность активизируется параметром **Сохранять информацию для 3D размеров** на вкладке **Общие** в свойствах 2D проекции (см. раздел "Параметры 2D проекции"). После включения данного параметра проекцию необходимо обновить.



Размеры на 2D проекции в обычном режиме



Размеры на 2D проекции в режиме “3D”

“Пространственный” способ изображения размеров на чертеже применим ко всем типам размеров, кроме строительных.

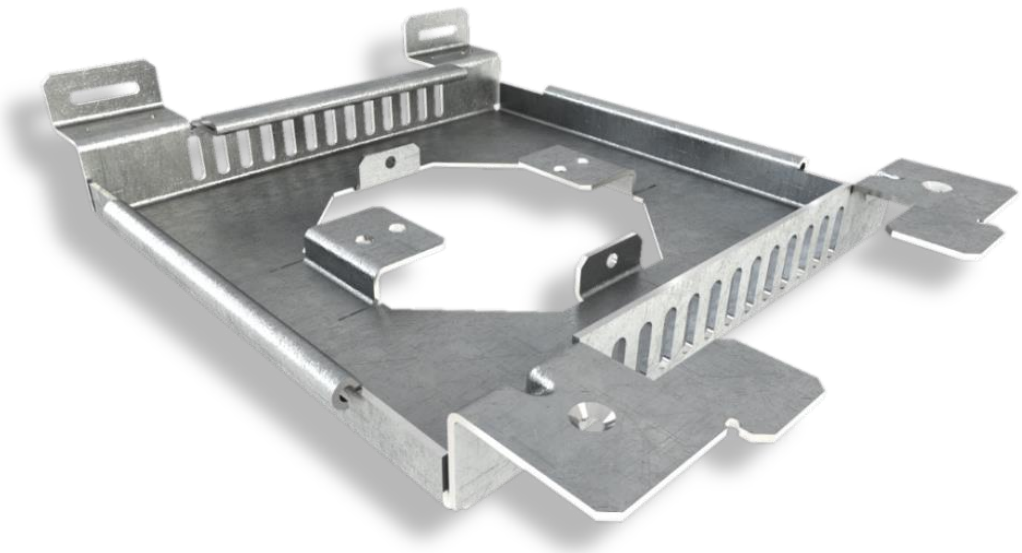
Использование размеров на проекции для управления 3D моделью

2D размеры, проставленные на проекции, в некоторых случаях могут быть использованы для изменения 3D модели. Это возможно в том случае, если система смогла найти соответствие между элементами проекции, на которых создан размер, и управляющими элементами 3D модели. К таким элементам можно отнести грани 3D модели, зависящие от геометрических параметров операций, или от 2D построений, лежащих в основе операций 3D модели. Такое соответствие система ищет автоматически при построении размеров на 2D проекции. Если системе удаётся найти соответствие, то при изменении значения размера будет меняться 3D модель и её проекции. Изменение значения размера осуществляется с помощью команды **РЕ: Установить значения размеров**, подробно описанной в главе “Изменение чертежа с помощью размеров” книги “Основы. Двухмерное проектирование и черчение”.

Работа с листовым металлом

Листовой металл. Общие положения

Операции и команды для работы с листовым металлом помогают решать задачи по моделированию деталей, изготавливаемых методом листовой штамповки. Они позволяют создавать исходные заготовки листовых деталей заданной толщины и выполнять над ними различные операции – сгибать их относительно выбранной линии, «приклеивать» к заготовке фланцы, делать вырезы, отбортовки и др. После завершения процесса моделирования можно разогнуть деталь и получить развёртку листовой детали, создать её чертёж, сформировать таблицу сгибов, а затем вернуться к прежнему виду детали.



Пример листовой детали

Специализированная команда выштамповки, входящая в группу операций по работе с листовым металлом, позволяет создавать различные часто встречающиеся элементы штамповки – разного рода буртики, канавки, загибы, люверы, карманы и др.

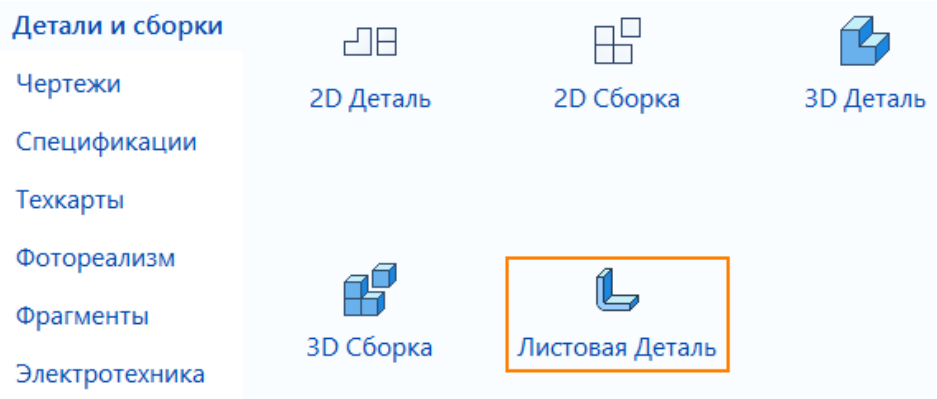
При работе с листовым металлом, наравне со специализированными операциями, описанными в этой главе, можно использовать и операции общего назначения (выталкивание, примитивы булевы операции, создание отверстий и т.п.).

Кроме того, имеется возможность создавать развёртки и листовые детали на основе твёрдых тел с помощью операции **Преобразование тела в лист** и создавать листовые детали по двум сечениям операцией **Гибка по сечениям**.

Следует отметить, что операции по работе с листовым металлом не учитывают возможной деформации металла, а основаны только на геометрических расчётах.

Прототип для создания листовой детали

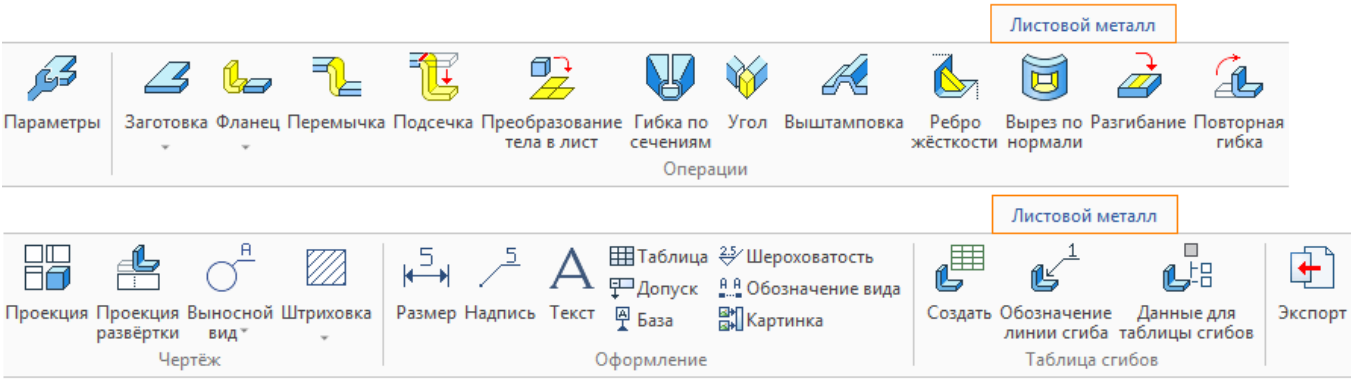
Для создания листовой детали рекомендуется использовать специальный прототип **Листовая деталь**.



Отличия от прототипа **3D Деталь** заключаются в активной вкладке ленты **Листовой металл**, наличии переменной **s** (для управления толщиной листового металла при оптимизации конструкции детали), и наличии слоя **Раскрой**.

Интерфейс при работе с листовым металлом

При создании листовой детали и оформлении по ней чертежей удобно использовать вкладку ленты **Листовой металл**. Вкладка является контекстно зависимой и разделена на 3D и 2D части. 3D часть содержит набор операций, необходимых для проектирования листовой детали в 3D. 2D часть содержит набор команд, необходимых для создания и оформления чертежа листовой детали и её развёртки, а также создания таблицы сгибов.



Общие параметры команд листового металла

Для всей группы операций по работе с листовым металлом есть общие параметры. Для части этих параметров можно установить значения по умолчанию.

Основной операцией работы с листовым металлом является гибка. Многие операции создают геометрию, которая является результатом нескольких гибов разными способами или операций близких к гибке, но имеющих свои особенности. Соответственно, и диалоги команд работы с листовым металлом содержат параметры гибки, которые одинаковые для многих операций.

Некоторые параметры закрыты для пользователя в отдельно взятой операции, что объясняется логикой построения геометрии и возможностями команды как аналога реальной технологической операции.

Радиус

Задаёт значение радиуса сгиба. Параметр имеет настраиваемое значение по умолчанию. Параметр имеет манипулятор в 3D сцене.

В случае использования профиля задающего сечение листа значение радиуса будет задавать скругление на нескруглённых углах профиля.

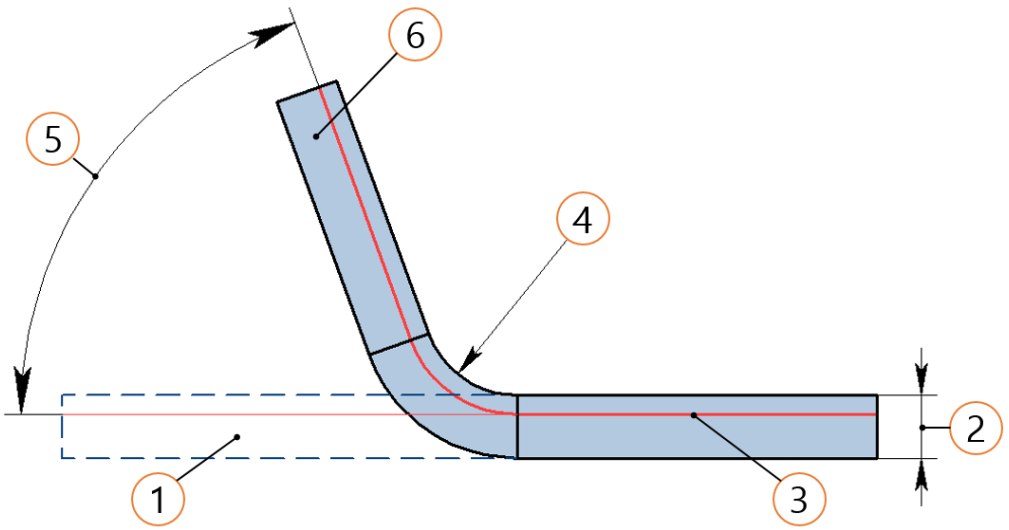
Угол

Задаёт значение угла сгиба, определяющего наклон стенки листовой детали. Параметр не имеет настраиваемого значения по умолчанию. Для большинства операций значение по умолчанию 90 °.

Параметр имеет опцию реверса **Сменить направление сгиба** .Параметр имеет манипулятор в 3D сцене.

КНС

Коэффициент нейтрального слоя. Определяет значение и способ задания коэффициента нейтрального слоя при гибке и последующем разгибании детали. Параметр необходим для всех операций, которые имеют развёртку. Под нейтральным слоем понимается продольное сечение заготовки, геометрические размеры которого не изменяются при гибке.



1 – Заготовка
2 – Толщина заготовки
3 – Нейтральный слой
4 – Радиус сгиба
5 – Угол сгиба
6 – Согнутая заготовка

Значение КНС может либо устанавливаться пользователем, либо определяться системой автоматически на основании таблицы зависимости КНС от отношения радиуса сгиба к толщине заготовки. Способ задания определяется положением соответствующего переключателя. Для автоматического определения КНС необходимо установить переключатель в положение **Из таблицы**. Другое положение переключателя позволит установить произвольное числовое значение в диапазоне от 0 до 1. При значении "0" нейтральный слой совпадает с гранью заготовки, выбранной для создания гибки, при значении "1" нейтральный слой совпадает с противоположной гранью заготовки.



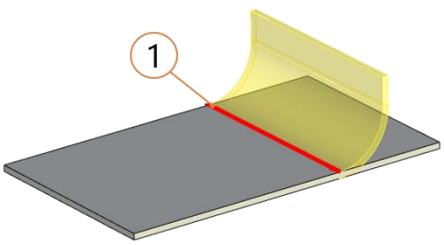
Таблица для определения КНС хранится в документе модели. Просмотреть и изменить таблицу можно в окне диалога параметров по умолчанию для листового металла <SPM> **Параметры**.

Положение

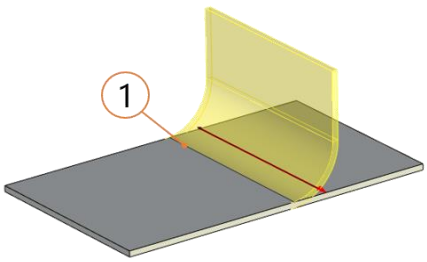
Параметр определяет положение линии сгиба относительно базовой линии.

Возможны следующие варианты:

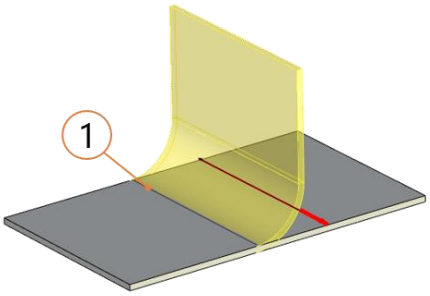
- ✓ **В начале сгиба** – с базовой линией совмещается начало зоны сгиба заготовки (используется по умолчанию);
- ✓ **Посередине сгиба** – с базовой линией совмещается середина зоны сгиба заготовки;
- ✓ **В конце сгиба** – с базовой линией совмещается конец зоны сгиба заготовки.



В начале сгиба,
1 – базовая линия

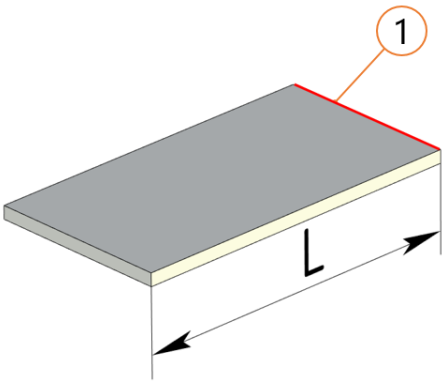


Посередине сгиба
1 – линия гиба



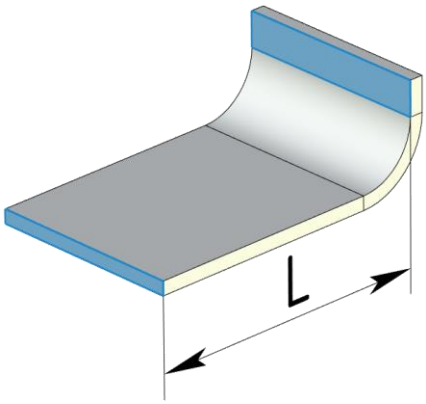
В конце сгиба
1 – линия гиба

- ✓ **По наружному размеру/По внутреннему размеру** – зона сгиба располагается таким образом, чтобы габаритный размер получившейся детали от внешней/внутренней стенки согнутого/приклеенного язычка до противоположной торцевой грани детали остался таким же, как у исходной заготовки.

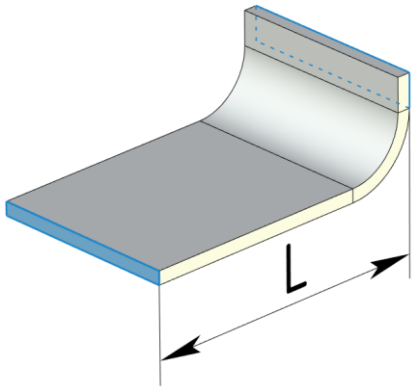


Заготовка

1 – базовая линия



По внутреннему размеру



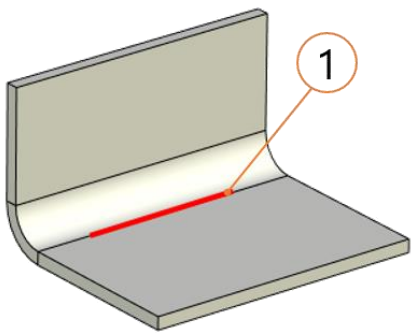
По наружному размеру

Поскольку положение базовой линии в начале зоны сгиба является наиболее употребительным, в дальнейшем при описании возможностей операций гибки будет использоваться именно этот вариант.

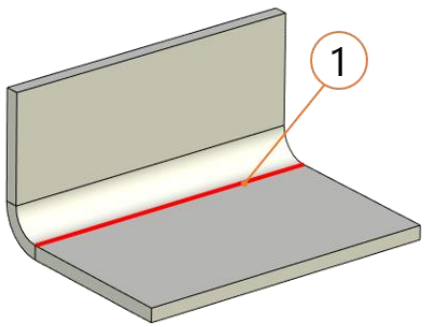
Базовая линия сгиба

Базовая линия может быть задана двумя 3D точками или 3D объектом, способным определить прямую линию. Базовая линия выполняет несколько функций: позволяет системе определить деформируемое тело и базовую грань гибки, определяет положение и размер зоны сгиба, обусловливает возможность создания того или иного вида гибки.

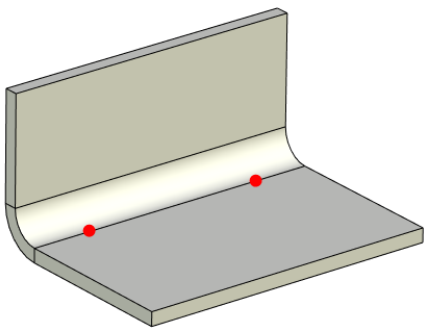
Базовая линия обязательно должна принадлежать плоскости одной из подлежащих сгибу граней заготовки (обычно это верхняя или нижняя грань). Базовая линия может не лежать целиком внутри границ базовой грани, однако хотя бы часть её должна принадлежать грани.



Задание базовой линии незамкнутым 3D профилем (1)

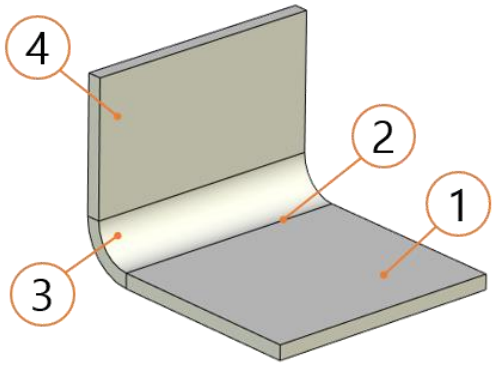


Задание базовой линии ребром заготовки (1)



Задание базовой линии двумя 3D узлами

Грань, на которой лежит базовая линия, будет являться *базовой гранью* гибки. Базовая грань будет использоваться в качестве начала отсчёта при задании параметров гибки.



1 – неподвижная часть, 2 – линия сгиба,

3 – изгибаемая часть, 4 – поворачиваемая часть

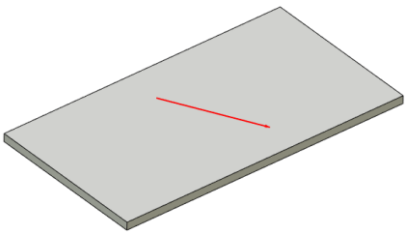
Границу между неподвижной частью заготовки и зоной сгиба будем называть *линией сгиба*.

Отступы слева и справа

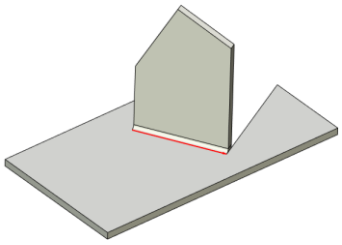
Длину получающейся линии сгиба можно уменьшить с помощью *отступов* от концов базовой линии. Отступы задаются в соответствующем разделе окна параметров. Или в 3D сцене при помощи манипуляторов. Специальный флаг справа позволяет делать отступы симметричными.



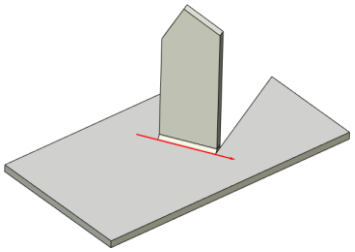
Введение отступов используется в тех случаях, когда выбранная базовая линия точно определяет требуемое положение сгиба, но её длина превышает длину участка заготовки, который необходимо подвергнуть гибке.



Заготовка с 3D профилем

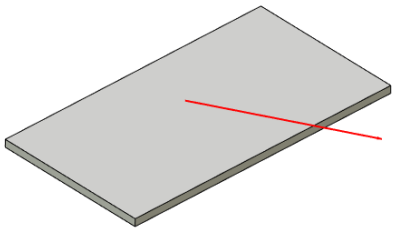


Отгиб без отступов

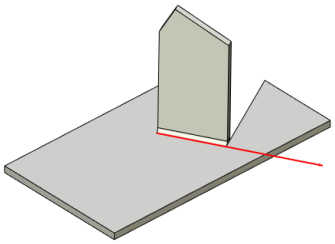


Отгиб с отступами

В некоторых ситуациях введение отступов позволяет построить гибку даже на основе изначально некорректной базовой линии. Например, это необходимо в ситуации, когда базовая линия гибки не лежит целиком на грани заготовки. Без задания отступов создание отгибания в этом случае невозможно. Задав отступ от края линии, можно уменьшить длину линии сгиба таким образом, что отгибаемый участок целиком уместится на базовой грани гибки.



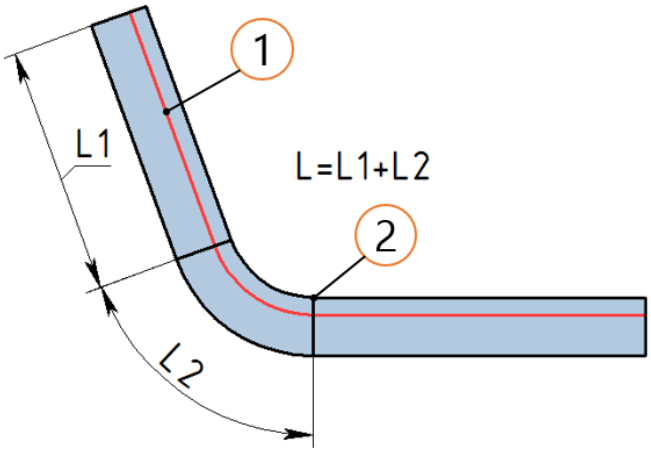
Заготовка с профилем, выходящим за грань



Отгиб строится за счёт отступа

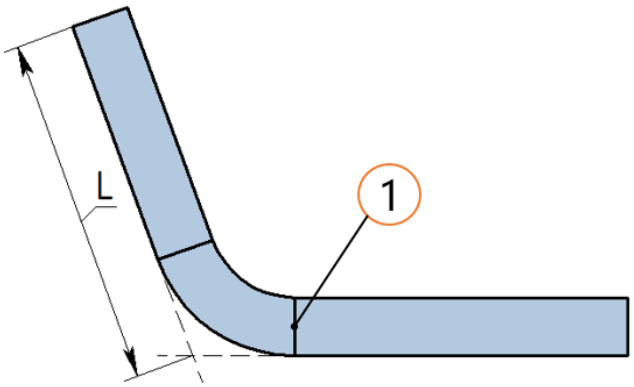
Отсчёт

Реализовано четыре варианта параметра. Выбор осуществляется из списка: **Нейтральный слой**, **Внешняя сторона**, **Внутренняя сторона**, **Прямая часть**.



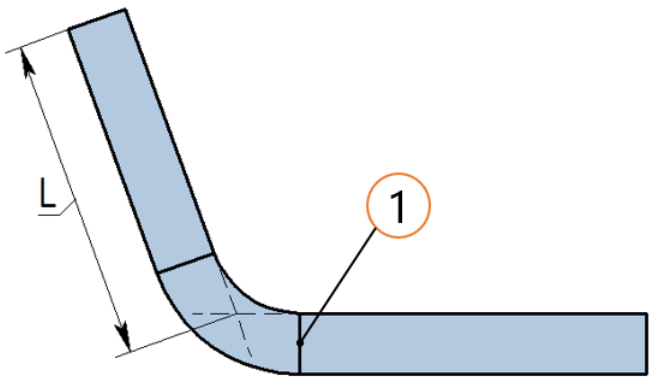
Нейтральный слой

1 – нейтральный слой, 2 – место приклеивания язычка (определяется базовой линией)



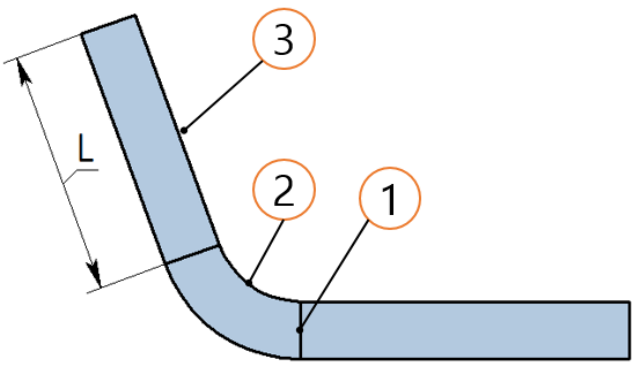
Внешняя сторона

1 – место приклеивания язычка (определяется базовой линией)



Внутренняя сторона

1 – место приклеивания язычка (определяется базовой линией)



Прямая часть

1 – место приклеивания язычка (определяется базовой линией), 2 – зона сгиба, 3 – прямая часть

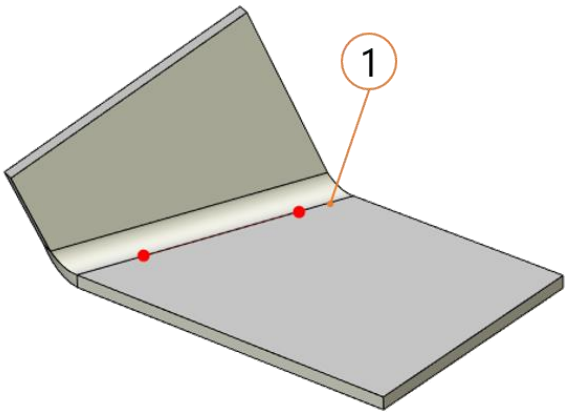
Длина

Параметр определяет длину L рассчитываемую способом, заданным параметром **Отсчёт**. Параметр имеет манипулятор в 3D сцене.

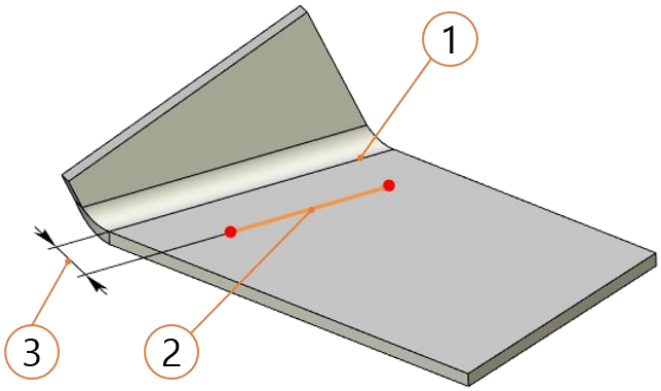
Смещение

Параметр позволяет дополнительно сместить зону сгиба и, соответственно, линию сгиба относительно базовой линии. Параметр имеет манипулятор в 3D сцене.

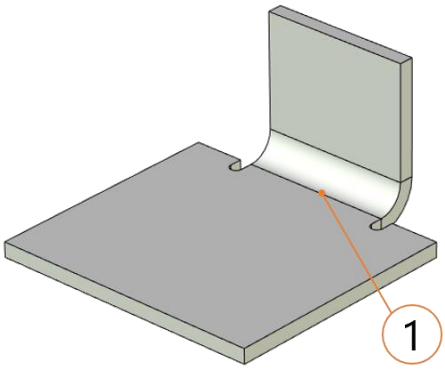
В зависимости от знака смещения зона сгиба перемещается в ту или иную сторону от исходного положения: при положительном смещении – к сгибаемой (приклеиваемой части), при отрицательном смещении – от неё.



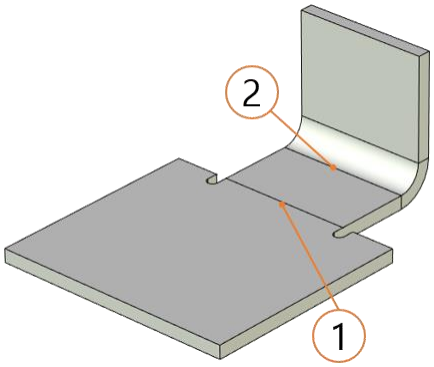
Сгиб без смещения, 1 – линия сгиба, задана двумя 3D узлами



Сгиб со смещением, 1 – линия сгиба, 2 – базовая линия, задана двумя 3D узлами, 3 - смещение



Базовая линия приклеивания фланца и сгиба фланца (1) совпадают



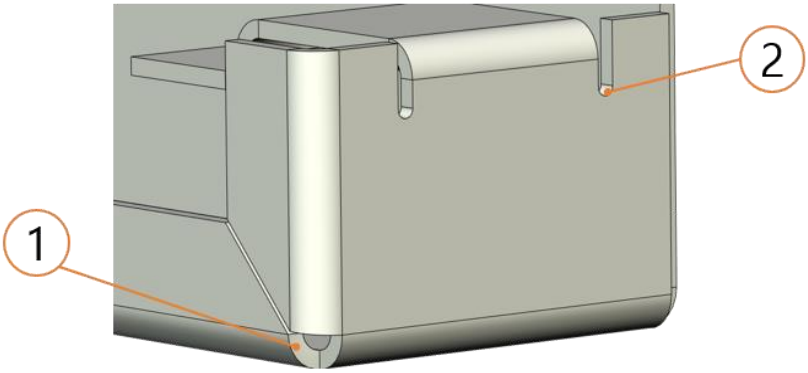
Фланец со смещением, базовая линии приклеивания фланца (1) и сгиба (2) не совпадают

Смещение линии сгиба часто позволяет исправить ситуацию в случае, когда исходное положение зоны сгиба не удовлетворяет пользователя или при текущем положении вообще невозможно создать гибку.

Ослабления

Группа параметров при помощи которых можно определить специальные пазы для снижения напряжений в металле, сконцентрированных по углам сгиба.

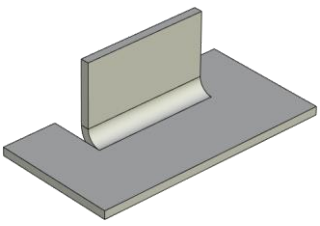
Операции гибки позволяют создавать **Ослабления** автоматически при выполнении некоторых операций. Ослабления разделяются на **Угловые** и **Изолирующие**. Изолирующие ослабления позволяют снять напряжения в отгибаемом язычке. Угловые ослабления позволяют снять напряжения в местах стыка фланцев и стенок. Угловые ослабления можно задать отдельной командой **Угол**.



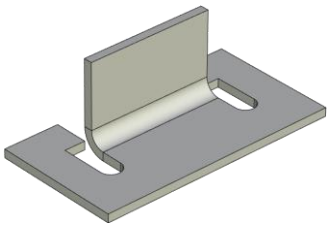
1 – Угловые ослабления

2 – Изолирующие ослабления

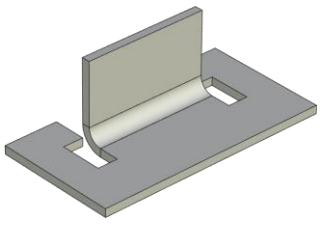
Изолирующие имеют два варианта исполнения, выбираемых из списка: **Круглые** и **Линейные**. Для каждого из вариантов доступна опция **Насквозь**.



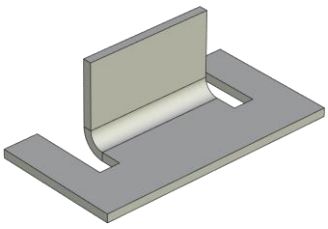
Нет ослаблений



Круглые ослабления



Линейные ослабления



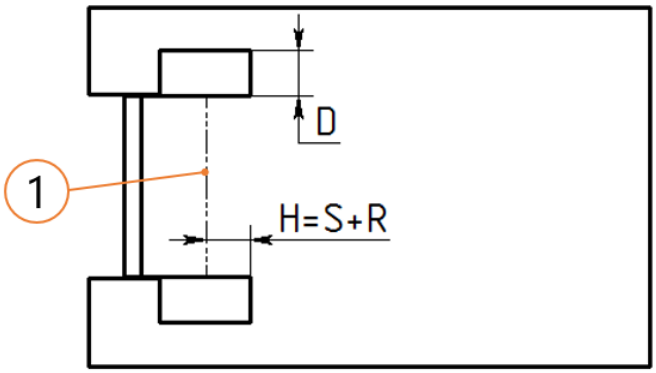
Линейные ослабления насквозь

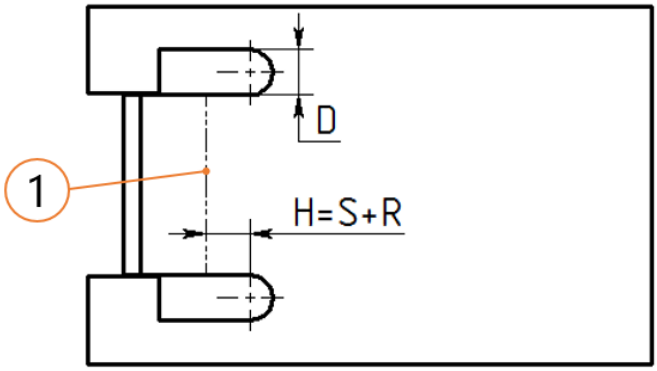
Изолирующие ослабления

Для определения геометрии изолирующих ослаблений доступны параметры **Глубина** и **Ширина**. Для линейного ослабления они определяют ширину паза и длину передней, выступающей за линию сгиба, части соответственно. Длина передней части ослабления круглой формы будет больше за счёт скругления на конце паза. Радиус скругления равен половине ширины паза.

Задняя часть паза любого типа может быть выполнена двумя способами:

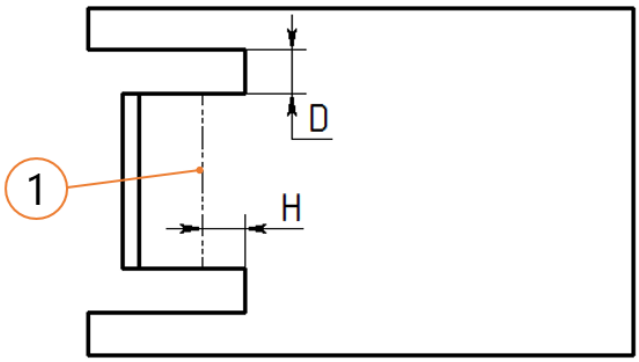
- ✓ на глубину, равную сумме толщины заготовки и радиуса сгиба;
- ✓ насквозь (если указан флаг опции **Насквозь**) до края заготовки (при приклеивании внутри заготовки с вырезом материала под язычком – до конца выреза).

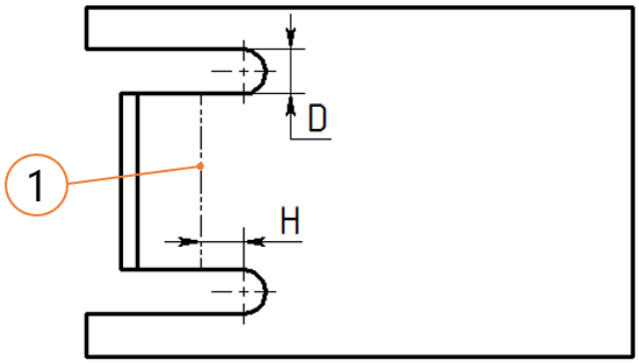




1 – линия сгиба, S – толщина заготовки, R – радиус сгиба, D – ширина, H - глубина

Линейные ослабления (не сквозные) Круглые ослабления (не сквозные)

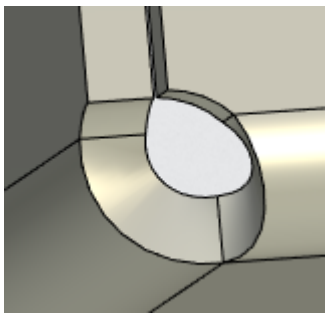




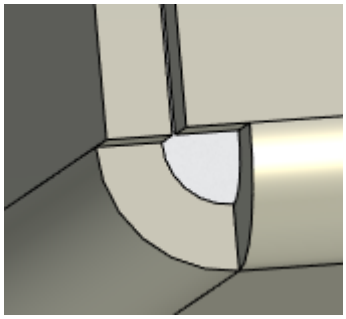
1 – линия сгиба, S – толщина заготовки, R – радиус сгиба, D – ширина, H - глубина

Линейные ослабления (сквозные до края) Круглые ослабления (сквозные до края)

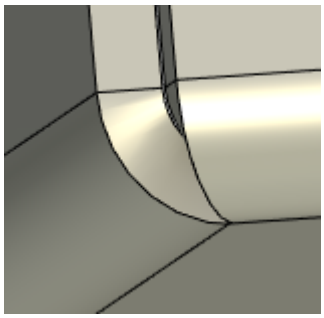
Угловые ослабления имеют три варианта выбираемых из списка: **Круглые**, **Квадратные** и **Сварные**.



Круглые



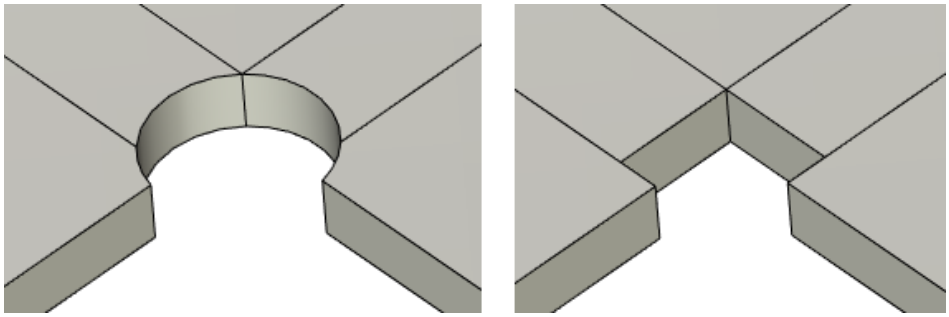
Квадратные



Сварные

Угловые ослабления

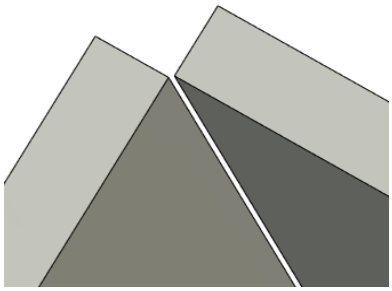
Радиус круглого отверстия равен заданному в параметрах радиусу. Квадратное отверстие строится по трём или более точкам пересечения окружности заданного радиуса и выбранных для операции плоскостей.



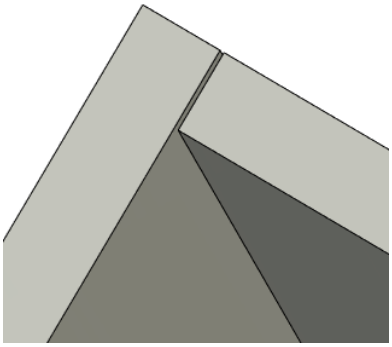
При выборе сварочного ослабления образуется оптимальный стык в области сгиба, который может быть использован для сварки.

Нахлёст

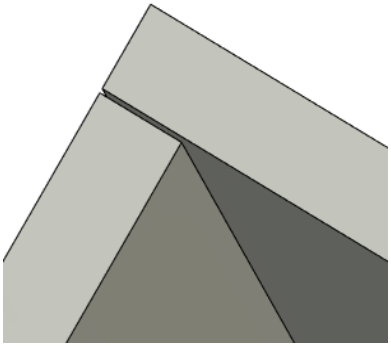
Параметр задаёт положение примыкающих листовых граней друг относительно друга. Из выпадающего списка можно выбрать один из трёх пунктов: **Без нахлёста**, **Нахлёст**, **Обратный нахлёст**.



Без нахлёста



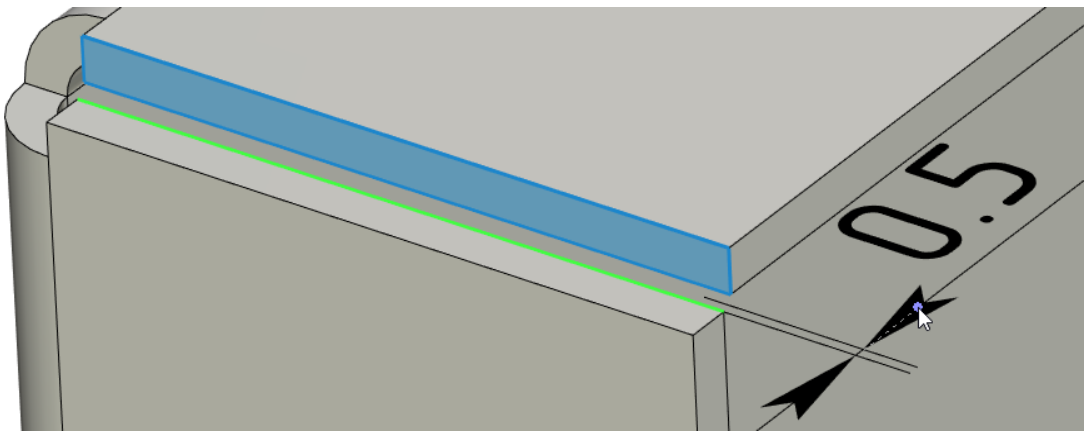
Нахлёст



Обратный нахлёст

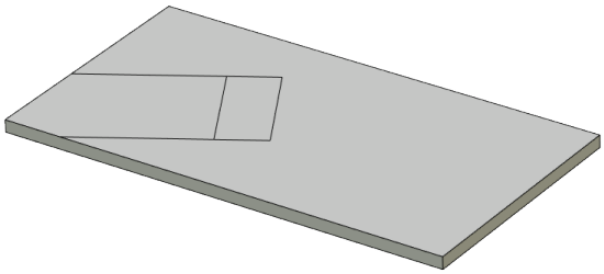
Зазор

Параметр позволяет вручную задать расстояние между примыкающими друг к другу листовыми гранями.

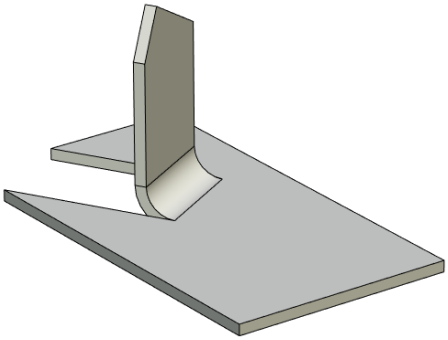


Язычок

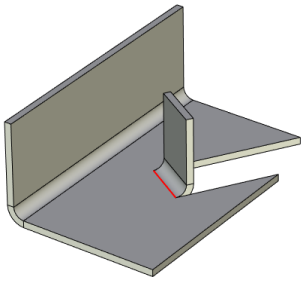
Группа параметров **Язычок** позволяет задать различные режимы обрезки при гибке. Необходимость уменьшения язычка при отгибании и приклеивании фланца указывается с помощью флага **Уменьшение язычка.** При включённом флаге данный режим будет активирован и зазор между деталью и язычком на развёртке будет равен указанному значению, по умолчанию 0,05.



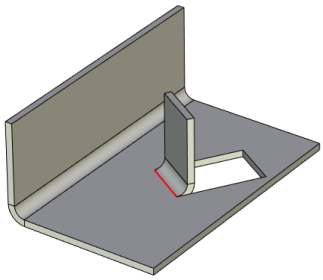
Гибка после разгибания



Правильная повторная гибка (с уменьшением «язычка»)



Удаление материала до края заготовки



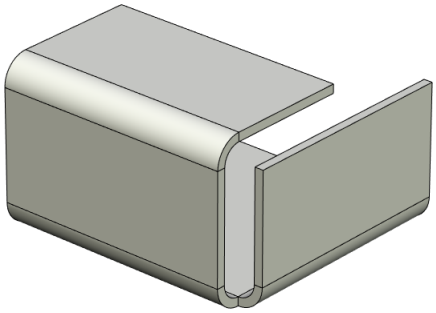
Удаление материала на длину «язычка»

Флаг **Вырезать на длину язычка** позволяет задать для приклеивания фланца способ удаления материала заготовки под язычком: при установленном флаге (состояние по умолчанию) материал будет удаляться только на длину язычка, при снятом – до края заготовки.

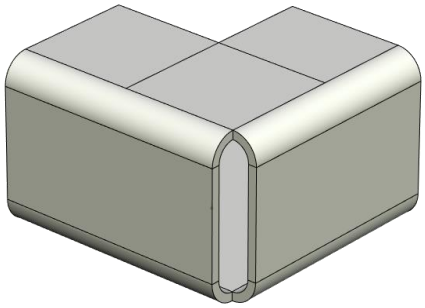
Обработка углов

При приклеивании язычка, в случае пересечения язычка с заготовкой, можно произвести автоматическую обрезку соприкасающихся частей. Обрезка создаёт в области пересечения диагональную щель заданной толщины. Для выполнения обрезки нужно указать в списке **Тип** вариант **С обрезкой** и задать толщину щели параметром **Зазор**.

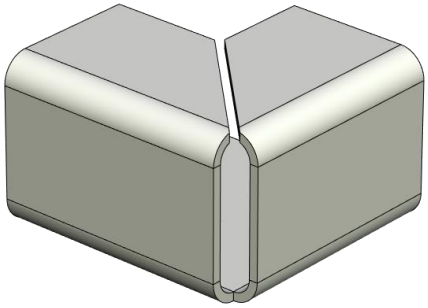
При установленном значении **Без обрезки** пересекающиеся части обрезаться не будут.
Обрезка возможна, если язычок и пересекаемая часть заготовки имеют одинаковую толщину и лежат в одной плоскости. Допустимы также некоторые отклонения от этих требований (как по толщине, так и по углу наклона язычка и элемента заготовки друг относительно друга).



Исходное листовое тело



Фланец без обрезки

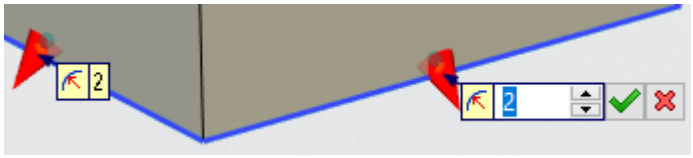


Фланец с обрезкой

Опции

Использовать манипуляторы. Установка флага включает управляющие манипуляторы в 3D сцене.

Использовать метки. Установка флага включает специальные маркеры, информирующие о текущих значениях параметров, которые также можно использовать для изменения значения параметров операции.



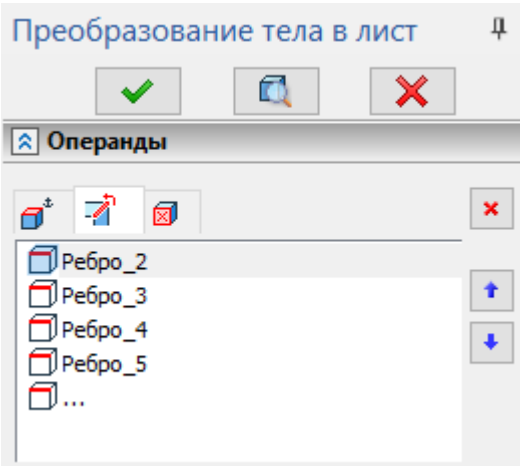
Динамический просмотр. Флаг включает/выключает динамический предварительный просмотр команды.

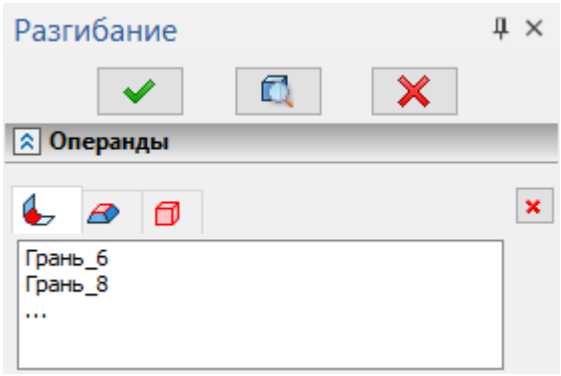
Сгибать грань целиком. При установленном флаге тело будет сгибаться вдоль выбранной линии полностью. Параметр важен при проведении операций с листовым металлом определённой геометрии (например, когда необходимо согнуть листовое тело с вырезом по заданной линии).

Проверять самопересечение. Параметр позволяет отслеживать самопересечение листовых граней. При установленном флаге система не позволит создать операцию, результат которой приводит к пересечению с исходным телом.

Операнды

Все вручную заданные элементы, используемые в командах листового металла: вершины, рёбра, грани и операции - отображаются на закладке **Операнды** в окне параметров.





Кнопка **Удалить** , расположенная справа на закладке **Операнды**, позволяет исключить выбранный элемент из операции. Кроме того, удалить элемент можно выбрав его щелчком мыши и нажав клавишу <Delete>. В рабочем окне отмену выбора элемента можно произвести, повторно щёлкнув по нему .

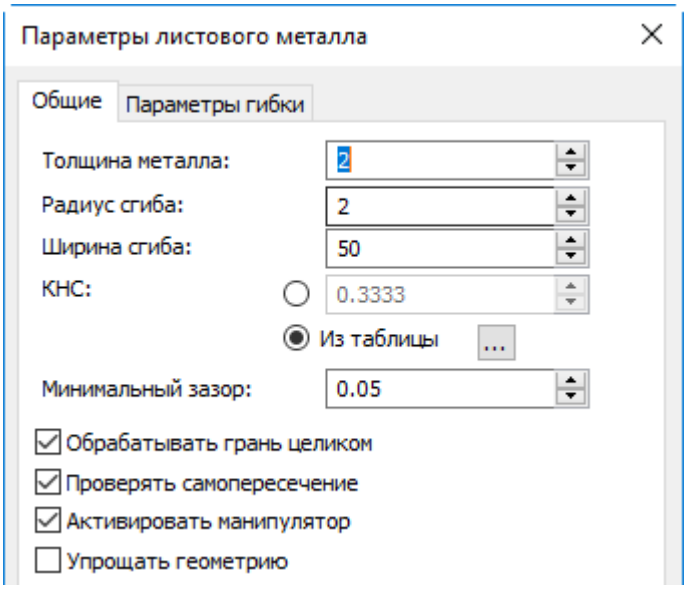
Кнопки **Вверх** и **Вниз** , расположенные справа под кнопкой **«Удалить»**, используются для того, чтобы изменить порядок выполнения операции по заданным элементам. Данная возможность нужна не для всех команд и не для всех элементов.

Общие параметры по умолчанию

Для задания параметров по умолчанию для всей группы операций по работе с листовым металлом необходимо вызвать команду **SMP: Параметры по умолчанию для листовых операций:**

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Параметры
Клавиатура	Текстовое меню
<SMP>	Операции > Листовой металл > Параметры

После вызова команды на экране появляется диалог **Параметры листового металла**. В полях диалога можно установить значения параметров по умолчанию для всех операций листового металла создаваемой детали.



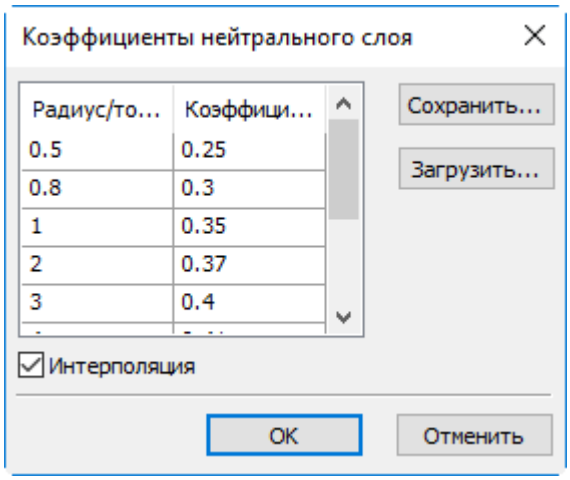
Закладка **Общие**

Толщина металла. Определяет толщину заготовки, предлагаемую в команде создания листовой заготовки по умолчанию.

Радиус сгиба. Задаёт значение радиуса сгиба, устанавливаемое по умолчанию при создании гибки.

Ширина сгиба. Задаёт значение ширины сгиба по умолчанию.

Коэффициент нейтрального слоя (КНС). Определяет способ задания коэффициента нейтрального слоя при гибке и последующем разгибании детали. Значение параметра может либо устанавливаться пользователем, либо определяться системой автоматически на основании таблицы зависимости КНС от отношения радиуса сгиба к толщине заготовки. Таблица для определения КНС хранится в документе модели. Для просмотра и изменения таблицы используется кнопка ... . При нажатии на кнопку открывается дополнительное окно **Коэффициенты нейтрального слоя**. В этом окне отображается используемая в текущем документе таблица КНС. Она представляет собой табличную зависимость КНС (столбец “Коэффициент”) от величины отношения радиуса гибки и толщины заготовки (столбец “Радиус/толщина”). Флаг **Интерполяция** задаёт тип интерполяции данных таблицы: установленный флаг – линейная интерполяция (КНС представляет собой линейную функцию, интерполированную по данным таблицы), снятый флаг – табличная (КНС в виде ступенчатой функции по данным таблицы).



Используемую таблицу можно выгрузить в текстовый файл, нажав кнопку **[Сохранить...]**.

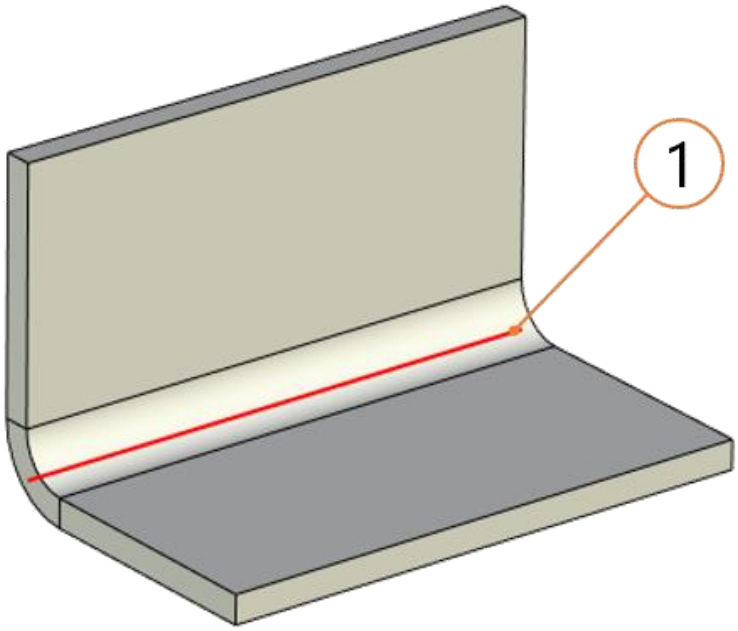
Кнопка **[Загрузить...]** позволяет изменить таблицу, загрузив новые данные из предварительно созданного пользователем текстового файла *"*.tnf"* следующего формата: первая строка в файле должна задавать тип интерполяции: "Interpolation" – линейная, "Table" – табличная; следующие строки должны содержать данные таблицы – значения отношения радиуса сгиба к толщине заготовки и соответствующие им значения КНС. Данные таблицы могут быть записаны различным образом – в одной строке или в нескольких, с разделителями в виде пробелов или табуляции. Например, таблица, используемая по умолчанию, записана следующим образом:

```
Interpolation
0.5   0.25
0.8   0.3
1   0.35
2   0.37
3   0.4
4   0.41
5   0.43
10   0.47
12   0.5
```

Загруженная из файла таблица сохраняется в документе текущей модели и в дальнейшем используется при работе с ней.

Минимальный зазор. Определяет ширину реза при создании операций с листовым металлом. Определяет параметр **Уменьшение язычка**.

Обрабатывать грань целиком. Параметр важен при проведении операций с листовым металлом определённой геометрии (например, когда необходимо согнуть листовое тело с вырезом по заданной линии). При установленном параметре, всё тело вдоль выбранной линии будет сгибаться, не нарушая логику построения. Параметр определяет установку/снятие флага по умолчанию для опции **Сгибать грань целиком** в диалоге создания операций гибки.



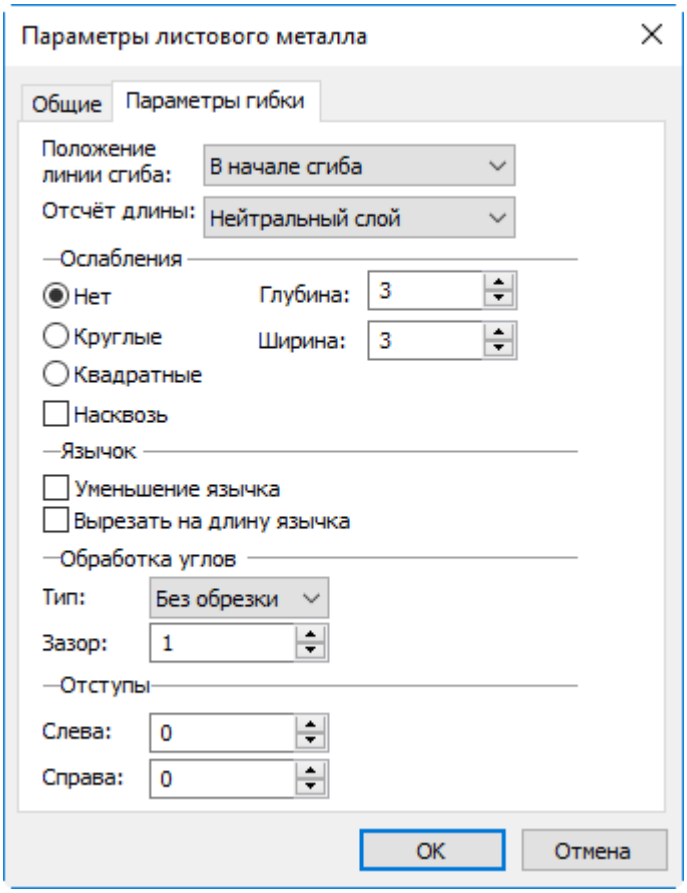
1 - Линия сгиба

Проверять самопересечения. Параметр важен при создании операции «Гибка». Он позволяет отслеживать самопересечение отогнутых листовых граней. При установленном флаге система не позволит создать гибку, результат которой приводит к пересечению с исходным телом. Определяет установку/снятие флага по умолчанию для опции **Проверять самопересечение** в операциях гибки.

Активировать манипулятор. При установленном флаге для операций **Фланец**, **Отбортовка**, **Подсечка** будет автоматически активирован ввод значения через манипулятор длины после выбора ребра или профиля.

Упрощать геометрию. Параметр удаляет рёбра, образующиеся в результате построения, фланцев, отбортовок, перемычек и других операций листового металла.

Закладка **Параметры гибки.**



Положение линии сгиба позволяет задать положение зоны сгиба относительно базовой линии гибки: **В начале сгиба**, **В конце сгиба, Посередине сгиба, По наружному размеру** или **По внутреннему размеру**. Определяет вариант по умолчанию параметра **Положение** в диалоге команд гибки.

Отсчёт длины. Четыре значения выпадающего списка – **Нейтральный слой**, **Внешняя сторона**, **Внутренняя сторона**, **Прямая часть** – позволяют установить по умолчанию требуемый вариант отсчёта. Определяет вариант по умолчанию параметра **Отсчёт** в диалоге команд гибки.

Группа параметров **Ослабления** позволяет определить вид и размеры ослаблений, создаваемых при гибке по умолчанию.

Тип ослаблений определяется положением переключателя: **Нет** (ослабления не создаются), **Круглые**, **Квадратные**.

Параметры **Глубина** и **Ширина** позволяют задать размеры по умолчанию для ослаблений: глубину передней (выступающей за линию сгиба) части и ширину паза.

Установка флага **Насквозь** включает режим прорезки паза до краёв заготовки.

Группа параметров **Язычок** позволяет установить значения по умолчанию для различных режимов обрезки при гибке. Необходимость уменьшения язычка при отгибании и приклеивании фланца

указывается с помощью флага **Уменьшение язычка** – при включённом флаге данный режим будет активирован по умолчанию. Флаг **Вырезать на длину язычка** позволяет задать для приклеивания фланца способ удаления материала заготовки под язычком: при установленном флаге по умолчанию материал будет удаляться только на длину язычка, при снятом – до края заготовки.

Группа **Обработка углов**. Позволяет включить по умолчанию обрезку пересекающихся частей фланца с заготовкой: вариант **С обрезкой** с указанием параметра **Зазор** (определяет значение по умолчанию параметра **Зазор** в диалоге команд гибки). При установленном значении **Без обрезки** пересекающиеся части по умолчанию обрезаться не будут.

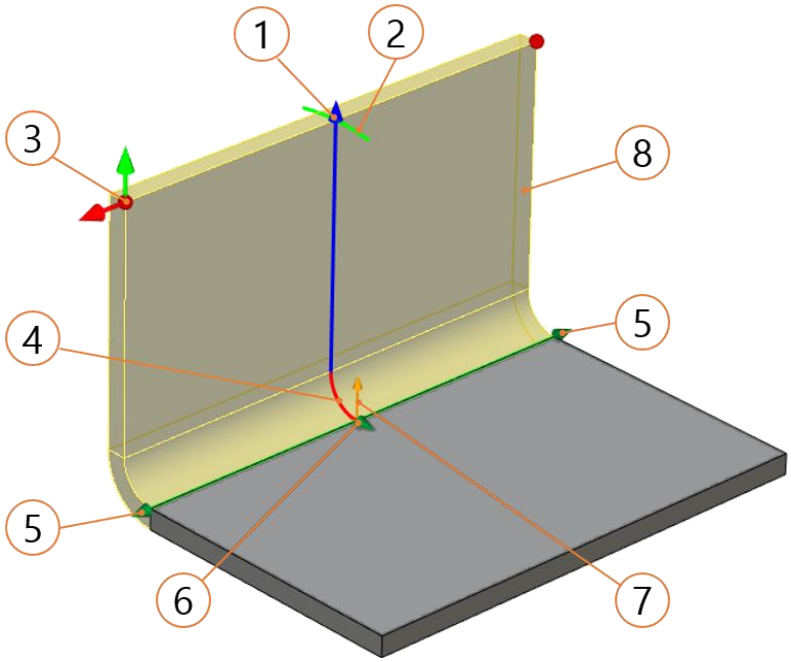
Группа параметров **Отступы**. Определяет значения по умолчанию параметров **Отступ слева** и **Отступ справа**. Положение отступов (слева или справа) определяется системой в зависимости от положения создаваемой геометрии.

> Значения параметров, установленные в команде **SMP: Параметры по умолчанию для листовых операций**, будут использоваться по умолчанию во всех операциях по работе с листовым металлом. У текстовых и числовых параметров этому будет соответствовать текущее значение параметра, заключённое в квадратные скобки, например, Радиус: [2].

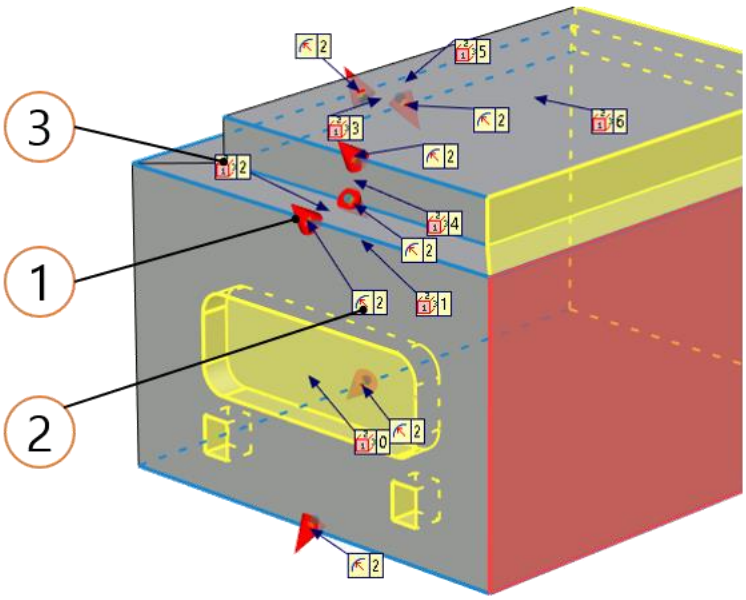
Манипуляторы и метки

При создании операций листового металла в окне 3D модели появляются вспомогательные графические объекты – манипуляторы и метки.

Манипуляторы служат для управления размерами прямо в 3D сцене. Работа с манипуляторами в операциях листового металла аналогична их использованию в других 3D операциях и командах (выталкивание, примитив и др.). При приближении курсора к линии манипулятора появляется соответствующий значок. Если в этот момент начать перемещать курсор с нажатой, то в окне ввода значения будет изменяться значение соответствующего параметра.



1 Манипулятор длины
2 Манипулятор угла
3 Манипуляторы скоса
4 Манипулятор радиуса
5 Манипулятор отступа
6 Манипулятор смещения линии сгиба
7 Манипулятор направления
8 Предварительный просмотр



1 – Манипулятор
2 – Метка задания радиуса
3 – Метка порядкового номера грани

Всего в 3D сцене может присутствовать до одиннадцати манипуляторов. Однако в зависимости от используемой команды листового металла часть манипуляторов может отсутствовать.

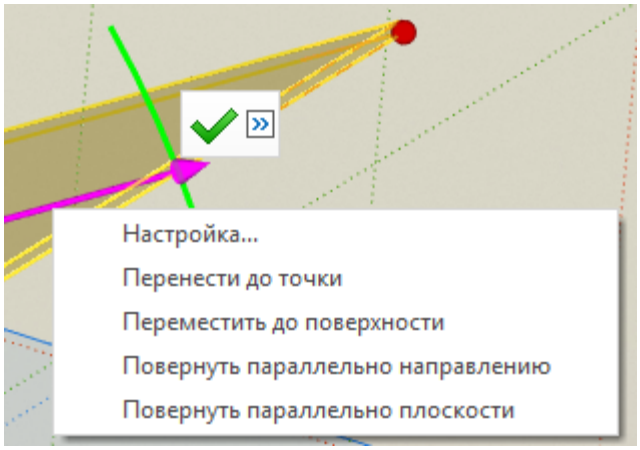
Если в операции одновременно редактируется несколько элементов, то для редактирования конкретного элемента необходимо перевести курсор мыши ближе к нужному элементу. На элементе отобразятся все доступные манипуляторы, и окно параметров будет соответствовать значениям данного элемента.

Метки – представляют собой маркеры, состоящие из пиктограмм схематично изображающих параметр операции и указывающих значение параметра. Кликом на значение параметра на метке

- можно вызвать окно ввода параметра. Некоторые метки позволяют менять тип параметра, при помощи клика на метку. Так, например, можно можно при помощи метки менять тип нахлёста в операции **Угол**.

Привязка геометрии через манипулятор

Направление и длину манипулятора, а, следовательно, и создаваемую геометрию, можно привязать к объектам 3D сцены. Для этого нужно вызвать контекстное меню манипулятора длины и в нём выбрать один из вариантов ориентации манипулятора на основе объектов 3D сцены.



Перенести до точки. Длина манипулятора будет определяться длинной его проекции, которая, в свою очередь, задана выбранной точкой. После выбора в контекстном меню рассматриваемого варианта необходимо в 3D сцене указать 3D узел или вершину.

Переместить до поверхности. Длина манипулятора будет определяться точкой его пересечения с выбранной поверхностью. После выбора в контекстном меню рассматриваемого варианта необходимо в 3D сцене указать грань, поверхность или рабочую плоскость.

Повернуть параллельно направлению. Направление манипулятора будет параллельно выбранному направлению. Направление можно задать ребром или нормалью плоскости. После выбора в контекстном меню рассматриваемого варианта необходимо в 3D сцене указать ребро, грань, поверхность или рабочую плоскость.

Повернуть параллельно плоскости. Направление манипулятора будет параллельно выбранной плоскости. После выбора в контекстном меню рассматриваемого варианта необходимо в 3D сцене указать грань, поверхность или рабочую плоскость.

Предварительный просмотр

Предварительный просмотр схематично показывает форму и размеры создаваемой операции, динамически изменяясь при смене параметров команды. При недопустимых значениях параметров изображение операции отсутствует. В таких случаях необходимо перезадать параметры операции. Если же после задания параметров в 3D сцене отсутствует предварительный просмотр – значит,

параметры были заданы таким образом, что система не смогла найти решения. В этом случае единственным выходом является пересоздание операции.

Заготовка

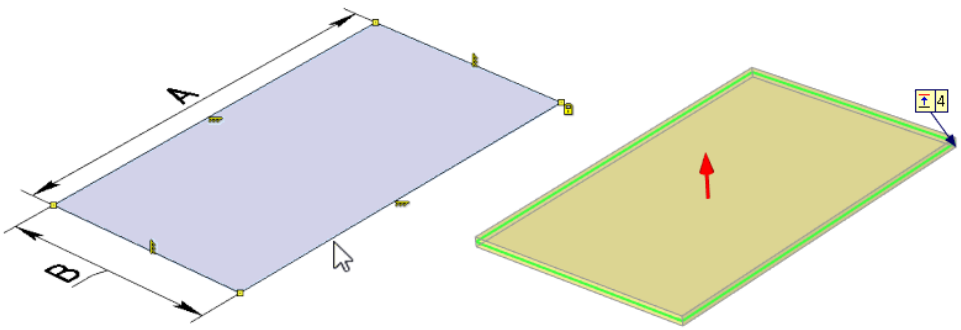
Для создания заготовки используется команда **SMD: Заготовка**:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Заготовка
Клавиатура	Текстовое меню
<SMD>	Операции > Листовой металл > Заготовка

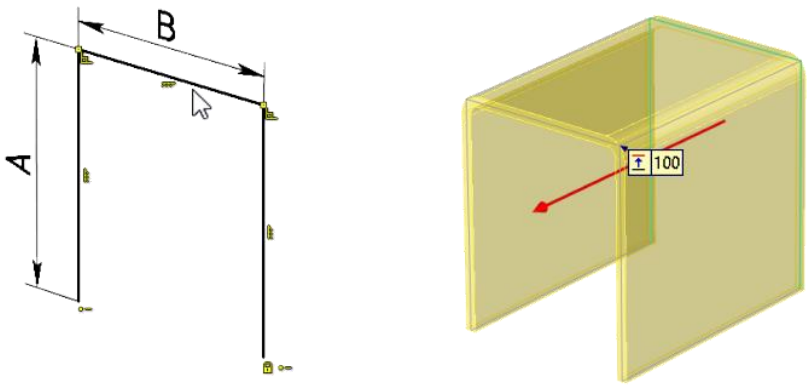
Операция позволяет создавать листовую заготовку двумя способами.

- **Форма листа**
- **Сечение листа**

В обоих случаях исходным является плоский 3D профиль.



По форме листа



По сечению листа

Все операции по работе с листовым металлом создаются на основе предварительно созданной заготовки. В качестве заготовки можно использовать твёрдое тело, включая импортированную геометрию, практически любой конфигурации. Обязательным требованием системы является наличие двух плоских параллельных граней в зоне деформации при создании различных операций листовой штамповки. Одна из этих граней будет использована в качестве базовой при создании какой-либо из операций листовой штамповки. Рекомендуется использовать в качестве листовой заготовки плоское тело, у которого боковые (торцевые) грани перпендикулярны основным (верхней и нижней) граням.

Применение специализированной операции вместо выталкивания или другой операции общего назначения позволяет упростить создание заготовки, сведя к минимуму задаваемые параметры и настройки.

> В дальнейшем в этой главе при описании тела, к которому применяется какая-либо операция листовой штамповки, будет использоваться термин “заготовка” вне зависимости от способа создания тела.

Параметры команды

Параметры команды, относящиеся к общим – описаны в соответствующем разделе выше.

Вариант создания.


Форма листа


Сечение листа

Толщина. Поле ввода толщины листа в миллиметрах.

Вариант направления выталкивания на заданную толщину.


Прямое


Обратное


Симметричное

Ширина. Задаёт ширину заготовки в случае создания по варианту **Сечение листа**.

Опции автоменю.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды

	<F5>	Предварительный просмотр
	<R>	Выбрать 3D профиль
	<W>	Начертить профиль

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

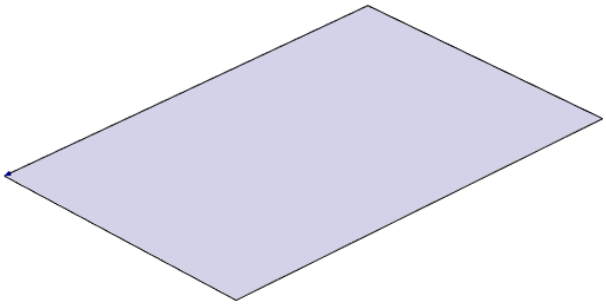
Выбрать 3D профиль. Выбор профиля согласно которому будет построена заготовка. Опция обязательная для создания заготовки.

Начертить профиль. Опция прозрачного режима создания заготовки. Опция позволяет перейти в режим черчения на выбранной рабочей плоскости для создания исходного профиля. В этом случае при выходе из режима черчения на рабочей плоскости созданный профиль будет выбран автоматически.

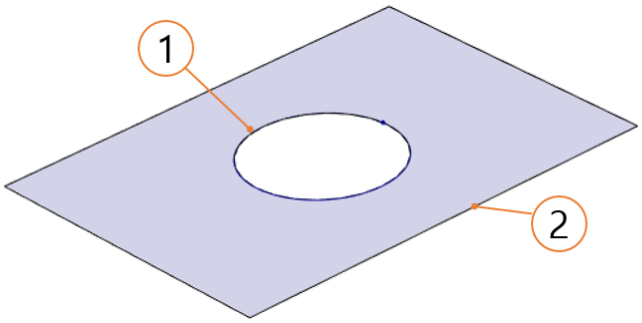
Создание заготовки

Для создания заготовки достаточно указать исходный 3D профиль. При входе в операцию режим выбора 3D профиля активизируется автоматически. Тип выбранного профиля определит вариант создания заготовки. Если контур замкнутый – то будет автоматически выбран вариант создания по форме листа. Если контур не замкнутый – то будет выбран вариант по сечению листа. Указываем необходимые параметры и завершаем ввод.

Форма листа. Исходный 3D профиль определяет контур будущего тела заготовки. Рекомендуется использовать одноконтурный 3D профиль. Однако допускается использование и многоконтурного, отвечающего следующим требованиям: 3D профиль должен состоять только из одного охватывающего контура и вложенные контуры должны быть первого уровня.

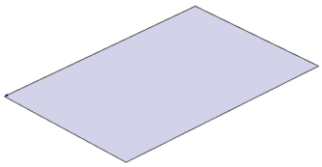


Одноконтурный 3D профиль

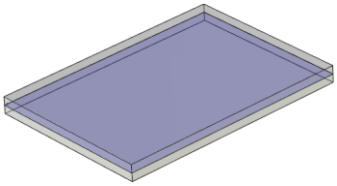


Одноконтурный 3D профиль: 1 - контур 1-го уровня вложенности, 2 – охватывающий контур

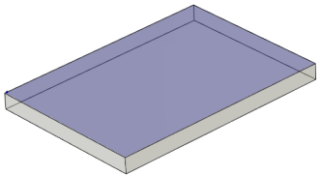
При данном способе создания листовой заготовки, помимо 3D профиля, задаются толщина заготовки и направление выталкивания профиля при её создании. Выбранный профиль выталкивается по нормали на заданную толщину листа заготовки. Выталкивание производиться одним из трёх способов: вверх относительно плоскости исходного профиля, вниз относительно плоскости профиля или в обе стороны симметрично.



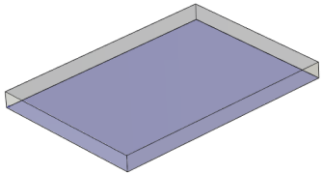
3D профиль



Симметрично



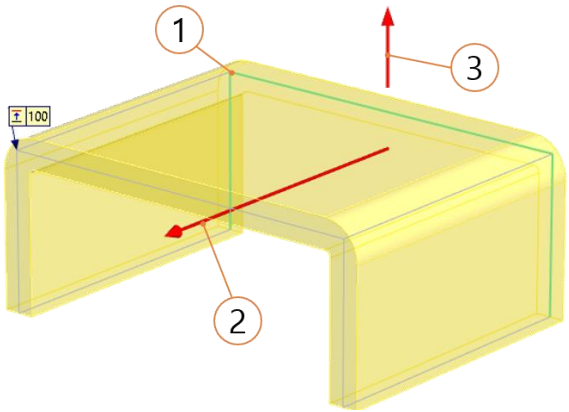
Вниз

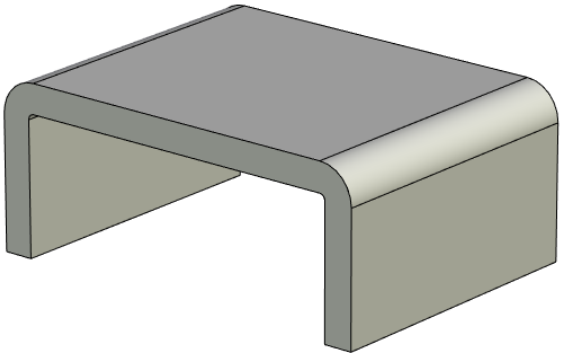


Вверх

Сечение листа. 3D профиль определяет форму сечения тела заготовки. В этом случае можно использовать только плоский одноконтурный 3D профиль. Он может быть, как замкнутым (в результате будет создана заготовка в виде “трубы”), так и не замкнутым. В случае выбор замкнутого профиля изменить тип заготовки необходимо вручную.

Как и в предыдущем случае, выталкивание на толщину листа может производиться тремя способами относительно поверхности, получившейся после выталкивания контура. Рёбра получившегося листового тела (углы сечения заготовки) автоматически скругляются. Ширина заготовки (значение выталкивания) определяется параметром **Ширина**.





1 – 3D Профиль 2,3 – Выталкивание на заданную ширину и толщину

Направления выталкивания заготовки

Заготовка по заданной форме сечения

Листовой металл. Операции гибки

Группа Фланец (операции гибки)

Группа объединяет операции гибки. В Ленте операции гибки размещены в выпадающем списке, основной операцией является **Фланец.** Все операции имеют общий интерфейс и возможность переключения между операциями внутри диалога параметров.


Фланец


Отбортовка

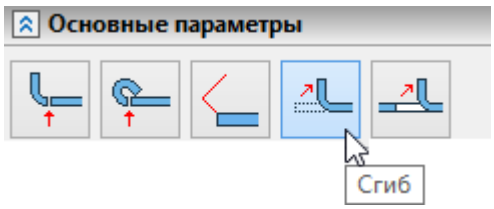

Фланец по контуру


Сгиб


Отгиб

Операции гибки подразделяются на формоизменяющие – **Сгиб, Отгиб** – и формообразующие – **Фланец, Отбортовка, Фланец по контуру.**

Система в зависимости от заданной базовой линии изгиба автоматически подберёт предварительный вид гибки. Критерием выбора служит вид и способ задания базовой линии. Например, при выборе в качестве базовой линии гибки бокового ребра заготовки система предложит создать фланец. При использовании опции незамкнутого профиля внутри заготовки – будет выбрано отгибание. Результат выбора виден в диалоге команды в окне параметров.



Предложенный системой вариант можно изменить, выбрав другой вид гибки из списка.

ФЛАНЕЦ

Для создания фланца на листовых телах используется операция **SMA: Фланец**:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Фланец
Клавиатура	Текстовое меню
<SMA>	Операции > Листовой металл > Фланец

Толщина фланца совпадает с толщиной заготовки, а ширина определяется базовой линией (с учётом отступов). Смещение фланца может быть как наружу, так и внутрь. В команде есть возможность задать ослабления на углах фланцев и задать параметры обработки пересекающихся фланцев.

Параметры команды

Параметры команды являются общими для команд листового металла и описаны в соответствующем подразделе выше.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<L>	Выбрать прямую
	<M>	Добавить рёбра
	<E>	Выбрать первую 3D точку
	<S>	Выбрать вторую 3D точку
	<R>	Выбрать 3D профиль
	<W>	Начертить профиль
	<A>	Отменить выбор всех элементов

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

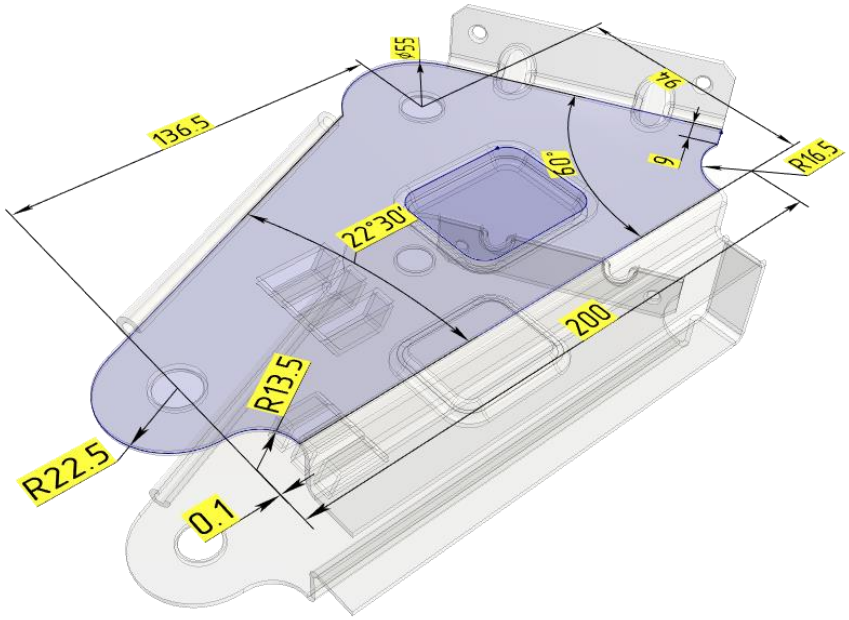
Выбрать прямую. Опция выбора прямой, которая будет определять базовую линию изгиба.

Добавить рёбра. Опция выбора ребра, которое будет определять базовую линию изгиба. Опция активна по умолчанию при входе в команду.

Выбрать первую 3D точку. Опция выбора первой точки задающей базовую линию изгиба.

Выбрать вторую 3D точку. Опция выбора второй точки задающей базовую линию изгиба.

Выбрать 3D профиль. Опция позволяет построить фланец, форма которого определена профилем. Данную опцию не нужно путать с командой **Фланец по контуру**, где профиль задаёт сечение фланца. В данном случае профиль задаёт форму фланца в плане. Профиль должен быть замкнутым.



Фланец по пользовательскому 3D профилю

Начертить профиль. Опция позволяет перейти в режим черчения рабочей плоскости для создания профиля. Система автоматически активирует черчение на рабочей плоскости, которая совпадает с гранью на которой было выбрано ребро для построения фланца. В этом случае при выходе из режима черчения на рабочей плоскости созданный профиль будет выбран автоматически и его не надо указывать при помощи опции **Выбрать 3D профиль**. Профиль должен быть замкнутым.

Отменить выбор всех элементов. Отмена выбора всех элементов и очистка окна операндов.

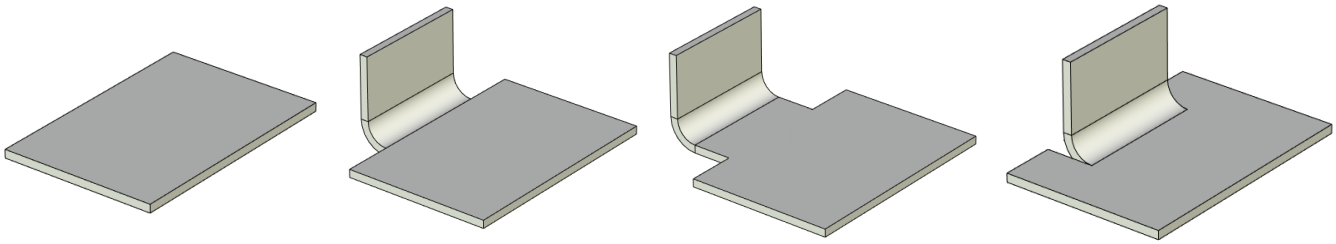
Создание фланца

Типичный порядок действий при создании фланца.

- ✓ Выбрать ребро задающее базовую линию гибки.
- ✓ Выбрать вариант отсчёта.
- ✓ Указать положение.
- ✓ Задать угол.
- ✓ Задать параметры команды, определяющие форму фланца или выбрать профиль.
- ✓ Указать параметры ослаблений и смещения если это необходимо.
- ✓ Указать параметры обработки углов, если фланец имеет пересечения с заготовкой.
- ✓ Указать вариант нахлёста если выбраны смежные рёбра.
- ✓ В случае если такой фланец возможно построить - закончить ввод. В противном случае сменить параметры фланца.

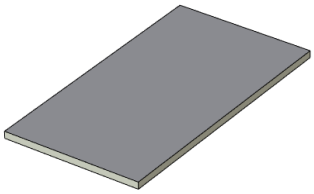
При смещении фланца или при построении фланца по базовой линии находящейся не на крайнем ребре заготовки есть свои особенности указания параметров команды.

При положительном смещении у приклеиваемого язычка появляется дополнительная плоская часть, длина которой определяется параметром **Смещение**. При отрицательном смещении (т.е. смещении внутрь заготовки) смещаются обе линии – и линия приклеивания, и линия сгиба. Подробнее о параметре **Смещение** и связанным с ним параметром **Положение** – можно прочитать в подразделе «Общие параметры команд листового металла».

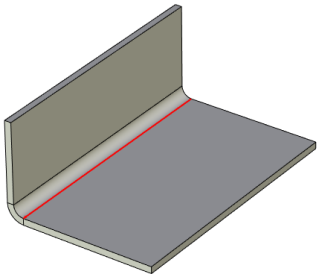


Заготовка | Фланец без смещения линии сгиба | Фланец со смещением линии сгиба наружу | Фланец со смещением линии сгиба внутрь

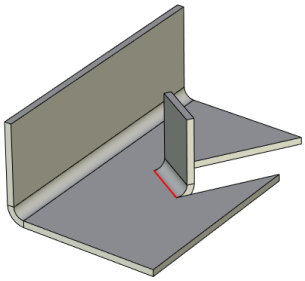
В большинстве случаев приклеивание язычка осуществляется к одному из боковых рёбер (это осуществляется выбором соответствующего ребра заготовки в качестве базовой линии при нулевом смещении от неё). Однако можно выполнить приклеивание и внутри заготовки. Например, когда задано отрицательное смещение при приклеивании к боковому ребру. В этом случае материал заготовки, замещаемый приклеиваемым язычком, удаляется. Ширина удаляемой части, как и при отгибании, определяется перпендикулярами к базовой линии (с учётом отступов), проведёнными из её концов. При этом возможны два варианта удаления: либо удаляется весь материал до края заготовки, либо удаление производится только на длину приклеиваемого язычка.



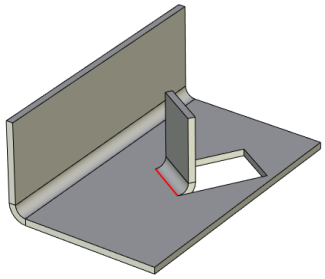
Заготовка



Фланец



Удаление материала до края заготовки



Удаление материала на длину «язычка»

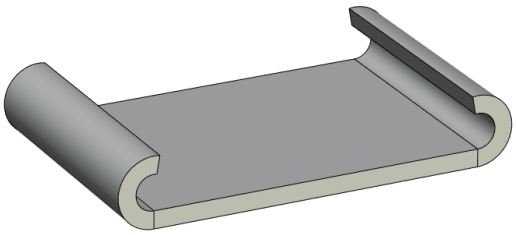
Отбортовка

Для создания отбортовки на листовых телах используется операция **SMH: Отбортовка**:

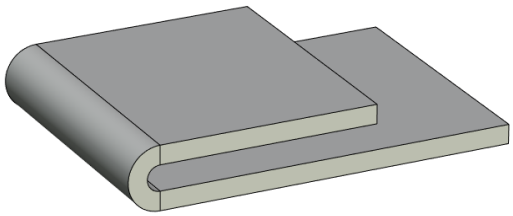
Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Отбортовка
Клавиатура	Текстовое меню
<SMH>	Операции > Листовой металл > Отбортовка

Операция позволяет «приклеивать» к внешнему контуру заготовки фланец выбранного типа. Для создания отбортовки можно выбрать сразу несколько рёбер заготовки, принадлежащих одной грани. Отбортовки могут образовывать замкнутый контур.

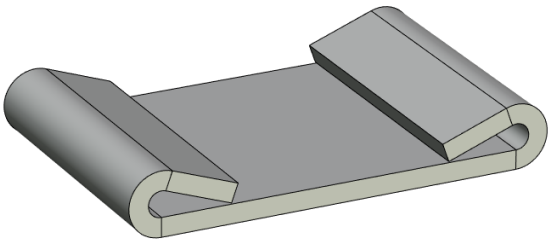
Всего доступно шесть типов отбортовки:



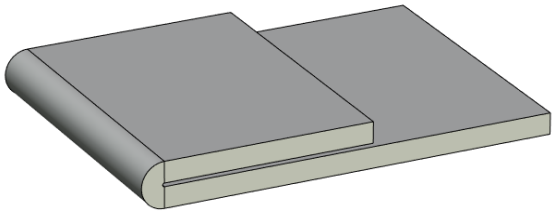
Трубчатая



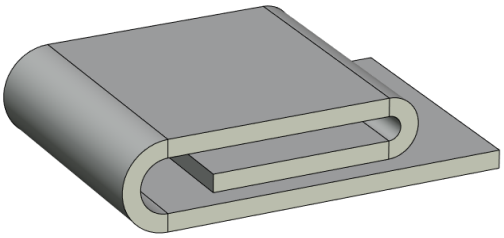
Открытая



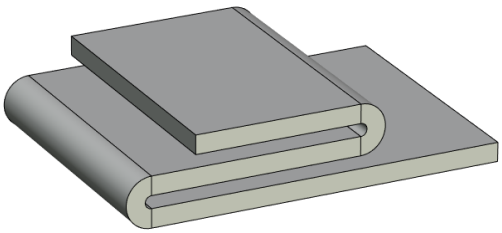
Каплевидная



Закрытая



Двойная



S- форма

Параметры команды

Параметры команды являются общими для команд листового металла и описаны в соответствующем подразделе выше.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<M>	Добавить рёбра
	<A>	Отменить выбор всех элементов

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Добавить рёбра. Опция выбора ребра, которое будет определять базовую линию изгиба. Опция активна по умолчанию при входе в команду.

Отменить выбор всех элементов. Отмена выбора всех элементов и очистка окна операндов.

Создание отбортовки

Типичный порядок действий при создании отбортовки.

- ✓ Выбрать ребро задающее базовую линию гибки.
- ✓ Выбрать вариант отсчёта.

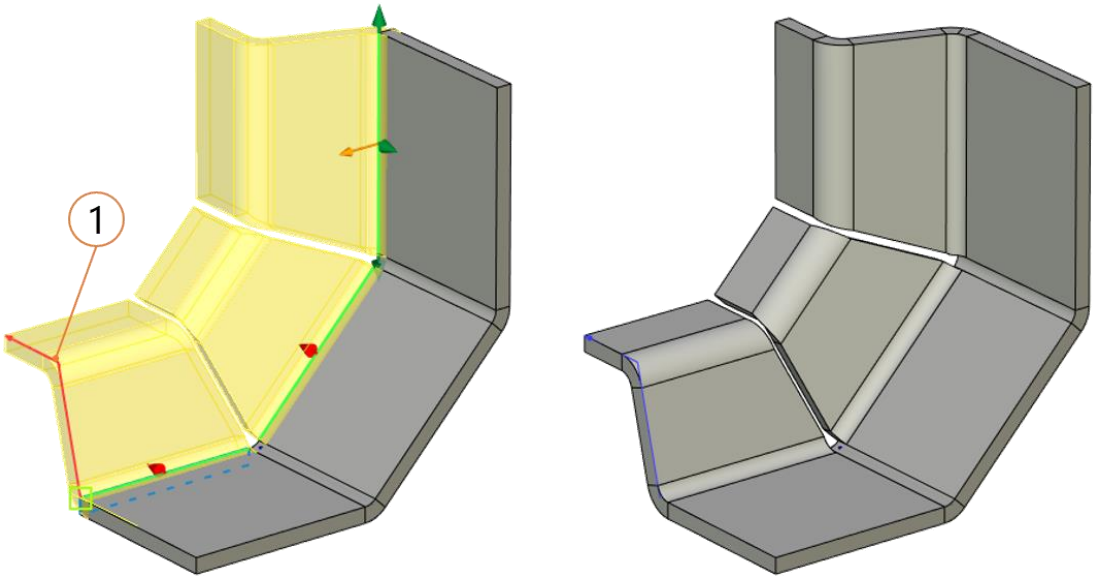
- ✓ Указать положение.
- ✓ Выбрать вариант отбортовки из списка.
- ✓ Задать параметры команды, определяющие форму отбортовки.
- ✓ Указать параметры ослаблений и смещения если это необходимо.
- ✓ Указать параметры обработки углов, если отбортовка имеет пересечения с заготовкой.
- ✓ Указать значение зазора, если отбортовка указана для смежных рёбер.
- ✓ В случае если такую отбортовку возможно построить - закончить ввод. В противном случае сменить параметры.

ФЛАНЕЦ ПО КОНТУРУ

Для создания фланца по контуру на листовых телах используется операция **SMI: Фланец по контуру:**

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Фланец по контуру
Клавиатура	Текстовое меню
<SMI>	Операции > Листовой металл > Фланец по контуру

Операция позволяет «приклеивать» к листовому телу фланец, форму сечения которого определяет образующая. Результат этой операции добавляется к краям базового листового тела.

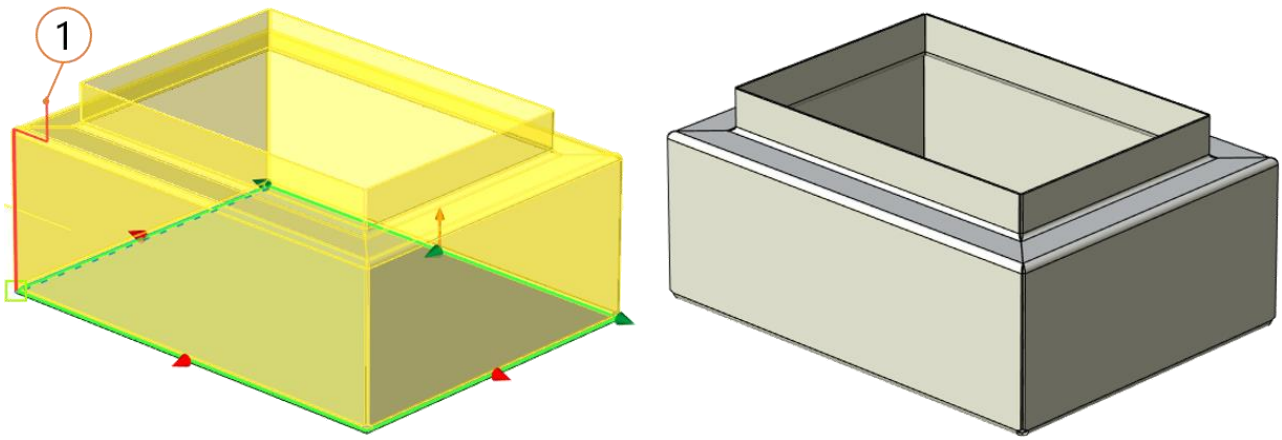


1 - Образующая

В качестве контура для определения будущей геометрии фланца необходимо выбрать 3D профиль, трассу или 3D путь. Образующая не может быть замкнутой. Все её точки должны лежать в одной плоскости. Образующую можно задать прямыми или дугами окружности.

Для операции необходимо выбрать образующую и ребро, по которому будет строится фланец по контуру. Если начало образующей не касается ребра, нужно указать прилегающую точку и направление образующей.

Фланцы могут образовывать замкнутый контур. При этом можно задать условия ослабления и зазоры в местах стыка фланцев для всего тела.

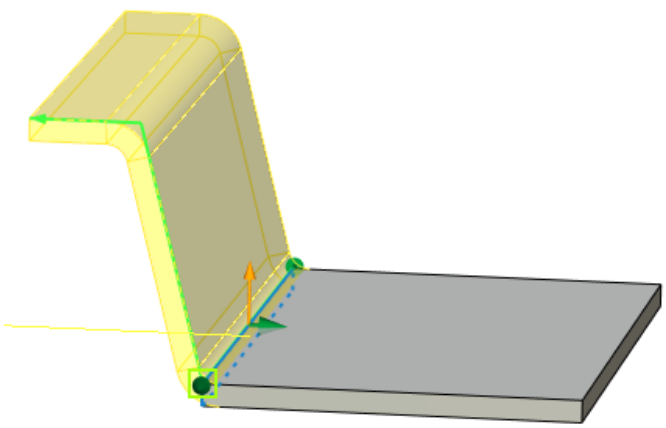


1 – Образующая

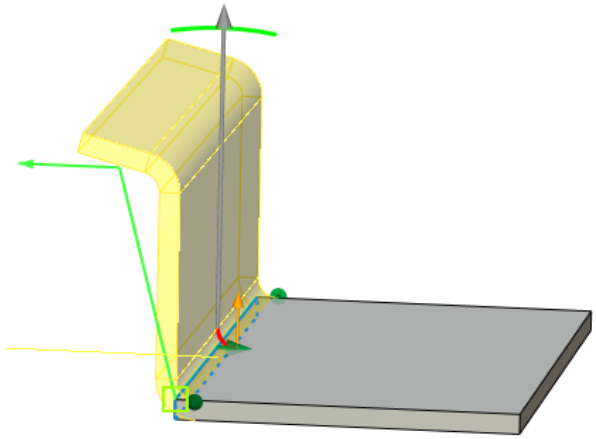
Параметры команды

Параметры команды являются общими для команд листового металла и описаны в соответствующем подразделе выше. Незначительные отличия есть в параметрах **Угол** и **Отсчёт**.

Угол. Параметр определяет поворот контура в плоскости перпендикулярной к ребру вокруг прилегающей точки. Параметр может быть задан при помощи манипулятора или численным значением.



Угол с контура



Угол задан вручную

Отсчёт. Данный параметр не активен. Система определяет только направление выталкивания на толщину материала. Если ребро, задающее положение контура на заготовке, является верхним ребром заготовки, то выталкивание на толщину будет выполнено вниз. И, наоборот, если выбранное ребро является нижним ребром заготовки, то выталкивание на толщину будет выполнено вверх.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<W>	Начертить профиль
	<F>	Выбрать контур фланца
	<M>	Добавить рёбра
	<V>	Выбрать прилегающую точку
	<O>	Выбрать направление профиля
	<A>	Отменить выбор всех элементов

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

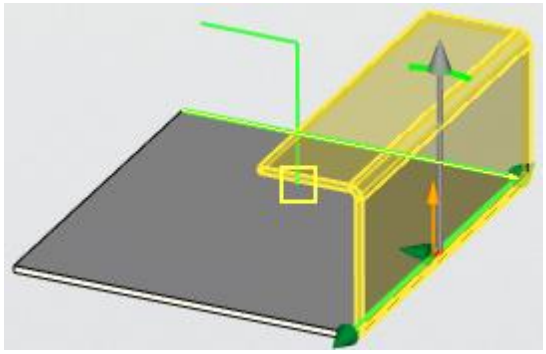
Начертить профиль. Опция прозрачного режима создания фланца по контуру. Опция позволяет перейти в режим черчения на выбранной рабочей плоскости для создания профиля задающего сечение фланца. В этом случае при выходе из режима черчения на рабочей плоскости созданный профиль будет выбран автоматически. Профиль должен быть не замкнутым.

Выбрать контур фланца. Выбрать построенный 3D профиль, трассу или 3D путь который будет задавать сечение фланца. Выбранный элемент должен быть не замкнутым.

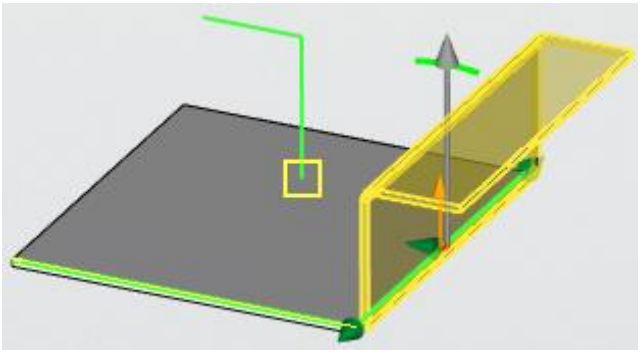
Добавить рёбра. Опция выбора рёбер, которые будет определять положение контура относительно заготовки.

Выбрать прилегающую точку. Опция выбора точки на профиле, которая будет совпадать с ребром: нужно выбрать одну из двух крайних точек незамкнутого контура.

Выбрать направление профиля. Опция определяет одно из двух возможных положений профиля.



Первый вариант



Второй вариант

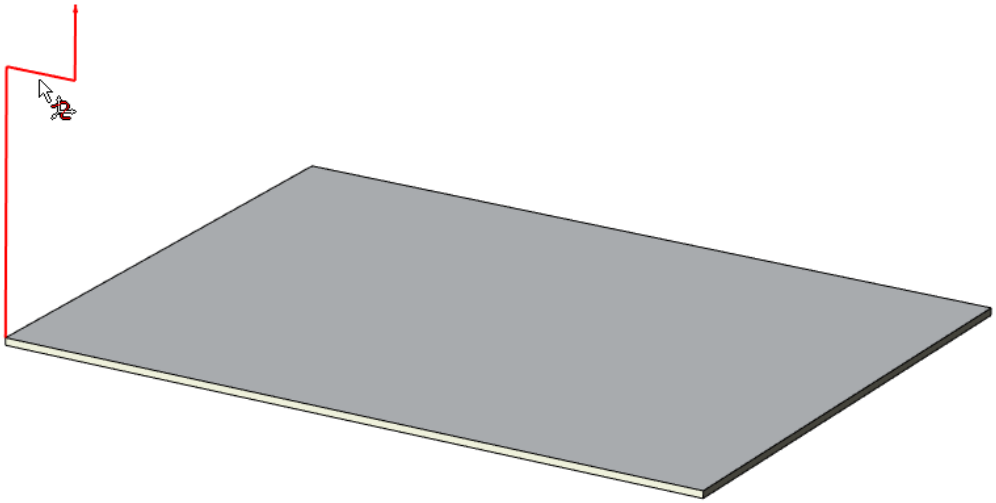
Направление может быть задано любым вектором (определённым по ребру, грани или плоскости), который имеет значимую компоненту при проецировании на плоскость в которой лежит профиль. Направление этой компоненты определяет направление профиля.

Отменить выбор всех элементов. Отмена выбора всех элементов и очистка окна операндов.

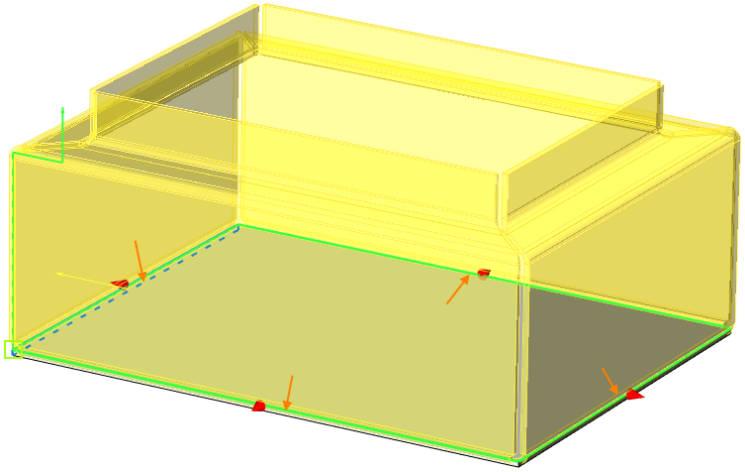
Создание фланца по контуру

Для создания фланца по контуру необходимо выполнить следующий порядок действий.

- ✓ Выбрать образующую – 3D профиль, трассу или 3D путь с помощью опции **Выбрать контур фланца**. Если 3D профиль не создан – его можно построить в прозрачном режиме, выбрав опцию **Начертить профиль** .

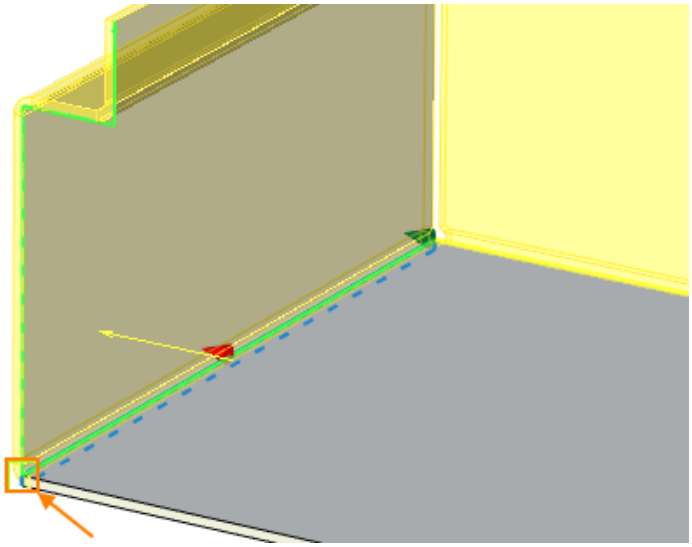


- ✓ Выбрать участвующие в операции рёбра с помощью опции **Добавить рёбра** . Нормаль к плоскости, в которой лежит образующая, будет либо совпадать с ребром, либо касаться ребра, в случае, если ребро криволинейно.



Если крайняя точка выбранного контура лежит на одном из выбранных рёбер, то фланец по контуру строится сразу после выбора образующей. При необходимости можно поменять направление контура, при помощи опции, описанной ниже. Если крайняя точка контура не лежит на образующей – нужно указать прилегающую точку и направление.

- ✓ В опции **Выбрать прилегающую точку**  нужно указать точку на контуре, которая будет совпадать с ребром: одну из двух крайних точек незамкнутого контура.



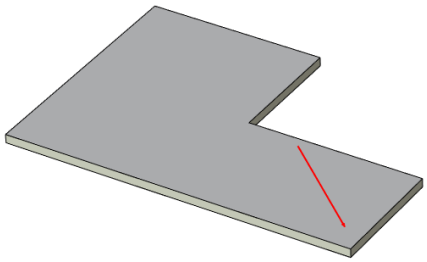
- ✓ Выбрать один из двух возможных вариантов направления контура при помощи опции **Выбрать направление профиля** .
- ✓ Задать параметры ослабления и обработки углов.
- ✓ Закончить ввод.

Сгиб

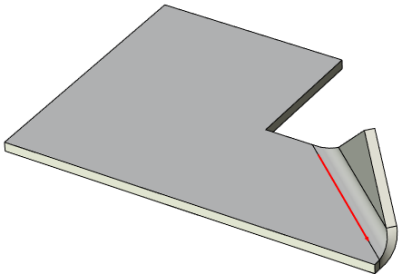
Для создания сгибания на листовых телах используется операция **SMB: Сгиб**:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Сгиб
Клавиатура	Текстовое меню
<SMB>	Операции > Листовой металл > Сгиб

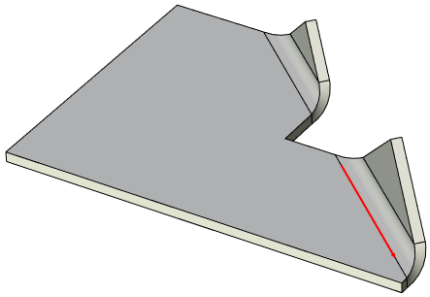
При сгибании исходная заготовка подвергается только сгибанию вдоль базовой линии, без надрезки или удаления каких-либо её участков. В этом виде гибки линия сгиба образуется путём продления базовой линии, заданной в виде отрезка, в обе стороны до пересечения с боковыми рёбрами базовой грани. Возможны два варианта продления базовой линии.



Заготовка



Не сгибать грань целиком



Сгибать грань целиком

При создании сгибания задание отступов от концов базовой линии невозможно.

Параметры команды

Параметры команды являются общими для команд листового металла и описаны в соответствующем подразделе выше.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<L>	Выбрать прямую
	<W>	Начертить профиль
	<E>	Выбрать первую 3D точку
	<S>	Выбрать вторую 3D точку
	<A>	Отменить выбор всех элементов
	<D>	Поменять отгибаемую часть

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбрать прямую. Опция выбора прямой, которая будет определять базовую линию изгиба. Прямую можно задать на основе пути, профиля, трассы.

Начертить профиль. Опция позволяет в прозрачном режиме задать базовую линию сгиба. При выборе опции необходимо указать грань заготовки (система автоматически перейдёт в режим черчения на данной плоскости), после чего на выбранной грани создать контур профиля. Контур должен представлять собой отрезок. При завершении режима черчении на рабочей плоскости созданный профиль будет выбран автоматически.

Выбрать первую 3D точку. Опция выбора первой точки задающей базовую линию изгиба.

Выбрать вторую 3D точку. Опция выбора второй точки задающей базовую линию изгиба.

Отменить выбор всех элементов. Отмена выбора всех элементов и очистка окна операндов.

Поменять отгибаемую часть. При гибке одна часть заготовки остаётся неподвижной, вторая перемещается в пространстве согласно выбранным параметрам гибки. Данная опция позволяет сменить между собой отгибаемую и неподвижную части заготовки.

Создание сгиба

Типичный порядок действий при создании сгиба.

- ✓ Выбрать базовую линию.
- ✓ Выбрать вариант сгибать грань целиком или с продлением до ближайших рёбер.
- ✓ Сменить отгибаемую часть при необходимости.
- ✓ Задать доступные стандартные параметры операций гибки.
- ✓ Закончить ввод.

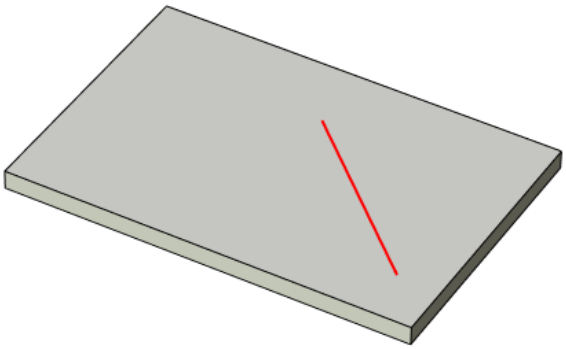
Отгиб

Для создания отгибания на листовых телах используется операция **SME: Отгиб**:

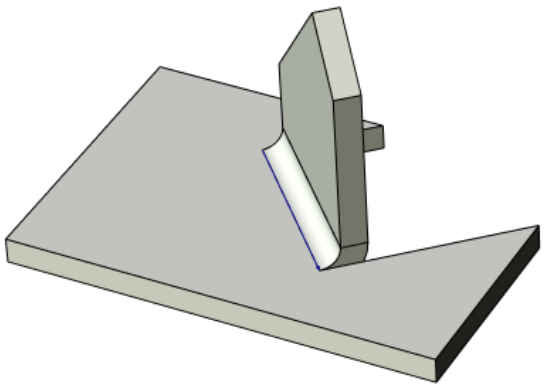
Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Отгиб
Клавиатура	Текстовое меню
<SME>	Операции > Листовой металл > Отгиб

При отгибании осуществляется гибка только отдельного участка заготовки.

> В данном виде гибки базовая линия должна представлять собой отрезок, полностью лежащий внутри границ базовой грани. Можно также задать базовую линию одним из боковых рёбер заготовки, но в этом случае обязательно потребуется задать смещение для линии сгиба.

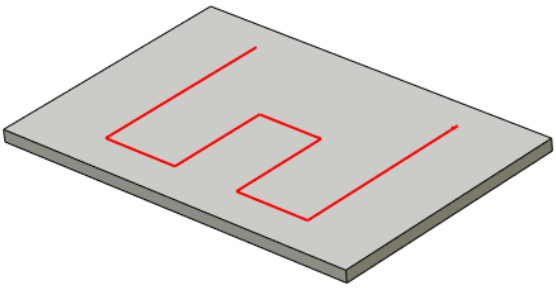


Заготовка с 3D профилем

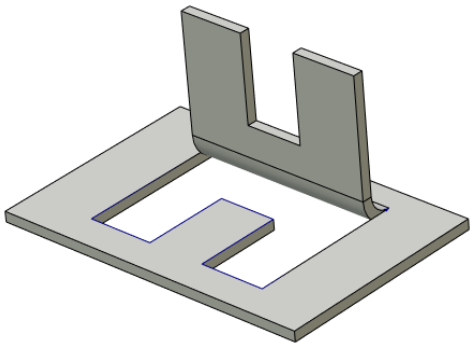


Результат отгибания

Особый вид отгибания – **отгибание по 3D профилю**. Незамкнутый 3D профиль, созданный на грани заготовки, используется как шаблон для отгибаемого язычка. Базовая линия задаётся конечными точками профиля.



Заготовка с 3D профилем



Отгиб по 3D профилю

При отгибании по профилю базовая линия всегда задаёт начало зоны изгиба. Задание смещения линии сгиба, а также отступов от краёв базовой линии в этом случае невозможно.

Параметры команды

Параметры команды являются общими для команд листового металла и описаны в соответствующем подразделе выше.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<L>	Выбрать прямую

	<E>	Выбрать первую 3D точку
	<S>	Выбрать вторую 3D точку
	<W>	Начертить профиль
	<R>	Выбрать отгибаемый профиль
	<A>	Отменить выбор всех элементов
	<D>	Поменять отгибаемую часть

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбрать прямую. Опция выбора прямой, которая будет определять базовую линию изгиба. Прямую можно задать на основе пути, профиля, трассы. Прямая должна быть задана отрезком, лежащим внутри грани заготовки.

Выбрать первую 3D точку. Опция выбора первой точки задающей базовую линию изгиба.

Выбрать вторую 3D точку. Опция выбора второй точки задающей базовую линию изгиба.

Начертить профиль. Опция позволяет в прозрачном режиме задать базовую линию или профиль отгиба. При выборе опции необходимо указать грань заготовки (система автоматически перейдёт в режим черчения на данной плоскости), после чего на выбранной грани создать контур профиля. Контур должен представлять собой отрезок, лежащий внутри грани заготовки или незамкнутую последовательность линий, также лежащую внутри грани заготовки. При завершении режима черчении на рабочей плоскости созданный профиль будет выбран автоматически.

Отменить выбор всех элементов. Отмена выбора всех элементов и очистка окна операндов.

Поменять отгибаемую часть. Если базовая линия изгиба прямая, то возможно два варианта отгиба, с двух разных сторон. Опция позволяет менять строну отгиба. В случае отгиба по профилю – данная опция недоступна.

Создание отгиба

Типичный порядок действий при создании отгиба.

- ✓ Выбрать незамкнутый профиль или прямую линию находящиеся внутри грани заготовки.
- ✓ Указать общие параметры операций гибки.

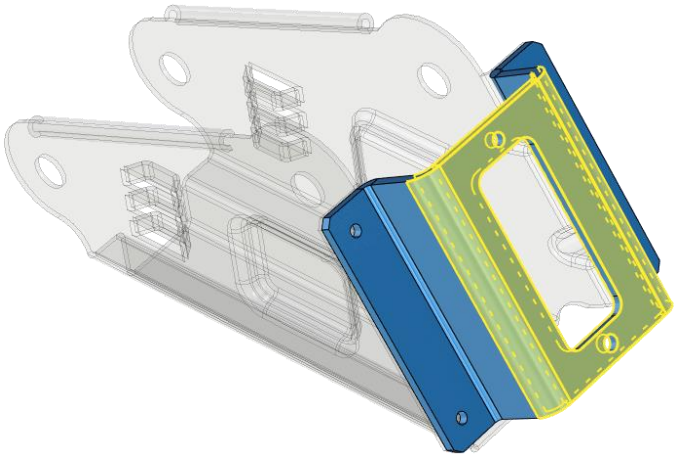
- ✓ Сменить отгибаемую часть в случае прямой линии изгиба и при необходимости.
- ✓ Закончить ввод.

Перемычка

Для построения перемычки между двумя листовыми телами используется операция **SM2: Перемычка**:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Перемычка
Клавиатура	Текстовое меню
<SM2>	Операции > Листовой металл > Перемычка

Операция позволяет создавать переходную геометрию с заданным радиусом сгиба между рёбрами двух листовых тел равной толщины, объединяя эти тела в одно.



Реализовано два варианта перемычки.

 Двугибочный

 Одногибочный

Реализовано три способа создания перемычки.



По обоим рёбрам

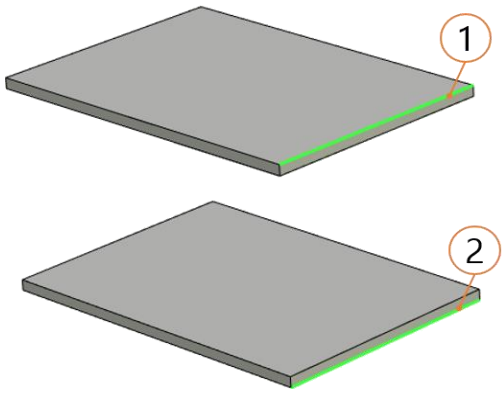


По начальному ребру

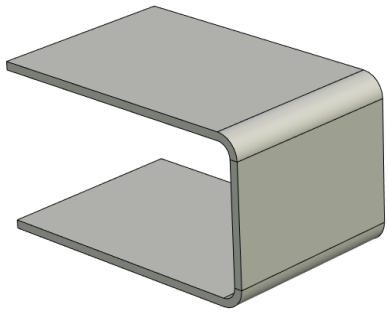


По конечному ребру

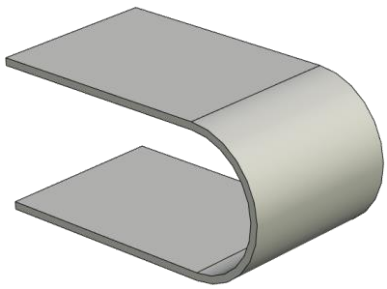
Варианты переходов **U-формы.**



1 – начальное ребро, 2 – конечное ребро

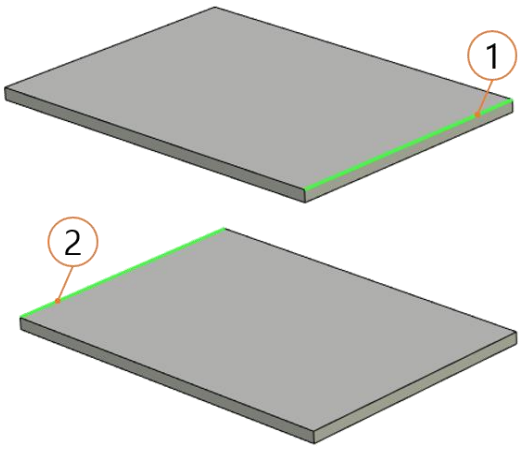


U-форма, 2 сгиба

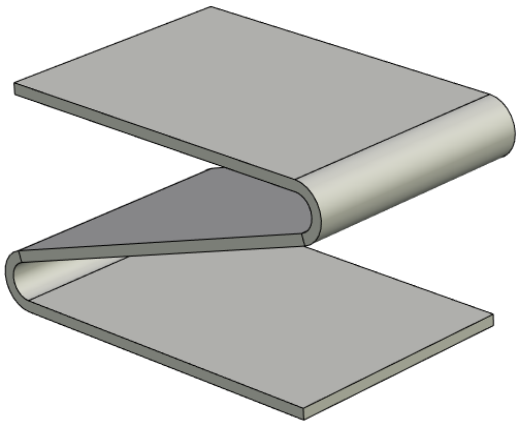


U-форма, 1 сгиб

Создание перехода **Z-формы.**

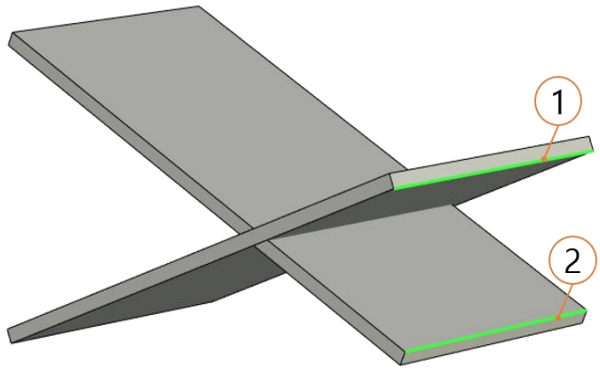


1 – начальное ребро, 2 – конечное ребро

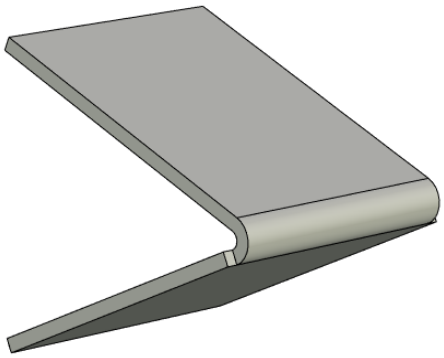


Z-форма

При пересечении двух листовых тел между ними можно построить переход **U-формы** с одним сгибом.

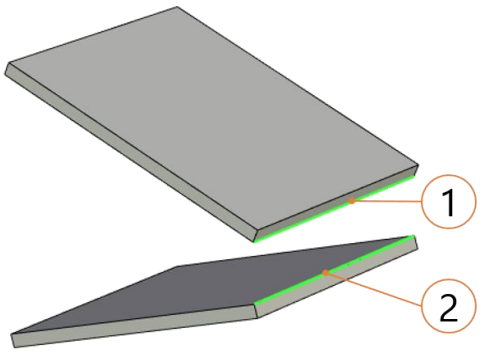


1 – начальное ребро, 2 – конечное ребро

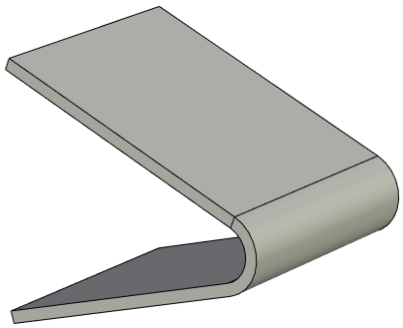


U-форма, 1 сгиб

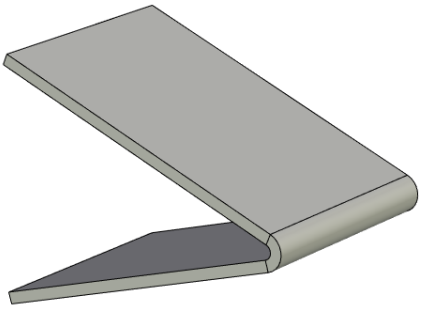
Если два листовых тела наклонены друг к другу (рёбра для построения перемычки при этом остаются параллельными), возможно построение перехода **U-формы** с одним сгибом двух типов.



1 – начальное ребро, 2 – конечное ребро



По смещению



По радиусу

Условия построения перемычки

При построении перемычки между двумя листовыми телами должен выполняться ряд условий.

- ✓ Толщина листовых тел должна быть одинаковой.
- ✓ Для построения перемычки можно использовать только прямые рёбра.
- ✓ Начальное и конечное рёбра должны принадлежать разным листовым телам.
- ✓ Начальное и конечное рёбра должны быть параллельны.

Параметры команды

Двугибочный. Перемычка будет иметь два радиуса сгиба на каждом из выбранных рёбер.

Одногибочный. Перемычка будет иметь один радиус сгиба, радиус которого равен половине расстояния между внутренними рёбрами соединяемых граней.

По обоим рёбрам. Форма перемычки будет зависеть от обоих рёбер. Ось симметрии перемычки будет определяться центральными точками выбранных рёбер.

По начальному ребру. Форма перемычки будет определяться первым из выбранных рёбер. Ось симметрии перемычки будет проходить через центр первого ребра и будет перпендикулярна первому ребру.

По конечному ребру. Форма перемычки будет определяться вторым из выбранных рёбер. Ось симметрии перемычки будет проходить через центр второго ребра и будет перпендикулярна второму ребру.

Другие параметры команды являются общими для команд листового металла и описаны в соответствующем подразделе выше.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<F>	Выбрать начальное ребро
	<S>	Выбрать конечное ребро

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбрать начальное ребро. Выбор ребра на первом теле.

Выбрать конечное ребро. Выбор ребра на втором теле.

Создание перемычки

Типовая последовательность действий для создания перемычки.

- ✓ Выбор варианта перемычки: **Двугибочный**, **Одногибочный**.
- ✓ Выбор ребра на первом теле.
- ✓ Выбор ребра на втором теле.
- ✓ Выбор варианта создания: **По обоим рёбрам**, **По начальному ребру**, **По конечному ребру**.

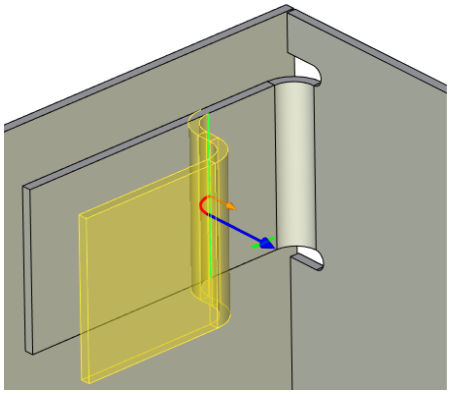
- ✓ Указание общих параметров листового материала.
- ✓ Закончить ввод.

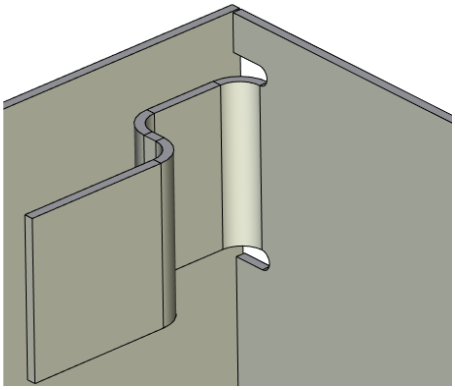
Подсечка

Для построения подсечки на листовых телах используется операция **SMJ: Подсечка**:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Подсечка
Клавиатура	Текстовое меню
<SMJ>	Операции > Листовой металл > Подсечка

Операция позволяет строить двойной сгиб на листовом теле под произвольным углом. Подсечку удобно использовать в случае необходимости построения фланцев внахлёст, придания жёсткости конструкции листовой детали или для обеспечения зазора между двумя фланцами.





Длина и положение создаваемого фланца на втором изгибе определяется исходной гранью: фланец параллелен исходной грани и его длина соответствует проекции на исходную грань.

Параметры команды

Параметры команды являются общими для команд листового металла и описаны в соответствующем подразделе выше.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды

	<F5>	Предварительный просмотр
	<L>	Выбрать прямую
	<E>	Выбрать первую 3D точку
	<S>	Выбрать вторую 3D точку
	<W>	Начертить профиль
	<D>	Поменять отгибаемую часть
	<F>	Выбрать отгибаемую грань

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбрать прямую. Опция выбора прямой, которая будет определять базовую линию первого изгиба. Прямую можно задать на основе пути, профиля, трассы. Прямая должна быть задана отрезком, лежащим внутри грани заготовки (или проекция отрезка на грань должна находится внутри грани – в случае когда отрезок не лежит на грани).

Выбрать первую 3D точку. Опция выбора первой точки задающей базовую линию изгиба.

Выбрать вторую 3D точку. Опция выбора второй точки задающей базовую линию изгиба.

Начертить профиль. Опция позволяет в прозрачном режиме задать базовую линию первого изгиба. При выборе опции необходимо указать грань заготовки (система автоматически перейдёт в режим черчения на указанной грани), после чего на выбранной грани создать отрезок. Отрезок должен соединять противоположные рёбра грани или находится внутри грани. При завершении режима черчении на рабочей плоскости созданный профиль будет выбран автоматически.

Отменить выбор всех элементов. Отмена выбора всех элементов и очистка окна операндов.

Поменять отгибаемую часть. Подсечка создаёт две параллельные грани, одна из которых совпадает с исходной, которая, по умолчанию, остаётся неподвижной. Данная опция меняет подвижную и неподвижную грани.

Выбрать отгибаемую грань. Опция позволяет задать грань, к которой применяется операция. По умолчанию выбирается ближайшая к заданной линии сгиба грань.

Создание подсечки

Типичный порядок действий при создании подсечки.

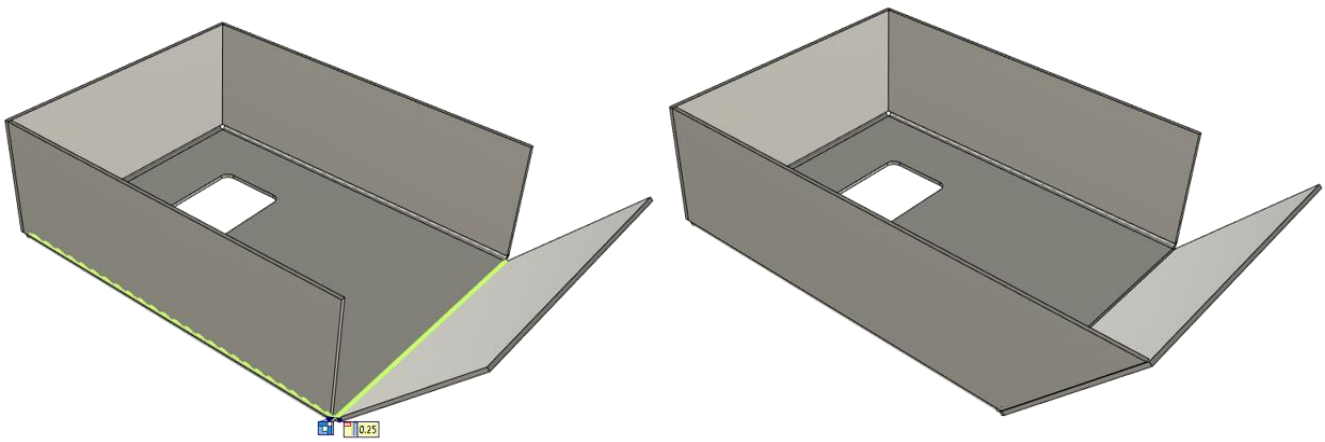
- ✓ Выбрать прямолинейный профиль находящиеся внутри грани заготовки или соединяющий противоположные рёбра грани заготовки.
- ✓ Указать общие параметры операций гибки: **Высота** (**Длина** в других операциях), **Угол** и др.
- ✓ Закончить ввод.

Угол

Для указания параметров углов на листовых телах существует специальная операция **SMC: Угол**:

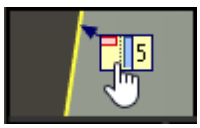
Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Угол
Клавиатура	Текстовое меню
<SMC>	Операции > Листовой металл > Угол

Операция позволяет строить в необработанных углах листовых деталей ослабления и задавать нахлёст.

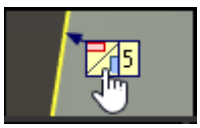


Для создания операции необходимо выбрать вершину пересечения смежных сгибов. При выборе вершины появится специальные маркеры.

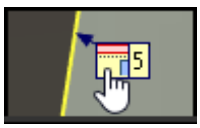
- *Маркер нахлёста,* состоящий из двух частей: пиктограммы выбора типа нахлёста и пиктограммы значения зазора. Варианты нахлёста последовательно переключаются нажатием на пиктограмму нахлёста.



Нахлёст

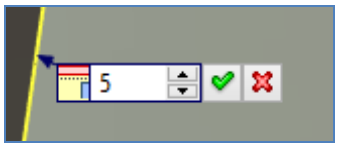


Без нахлёста



Обратный нахлёст

При нажатии на пиктограмму значения зазора появляется поле ввода.



- *Маркер углового ослабления*, представляющий собой пиктограмму, условно изображающую тип ослабления.

 Круглые  Квадратные  Сварочные  Нет

Варианты ослабления последовательно переключаются нажатием на пиктограмму.

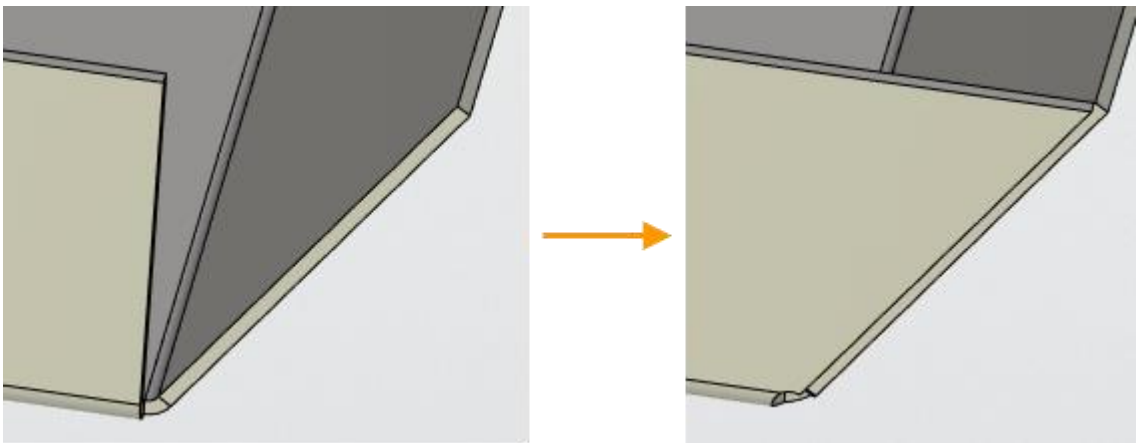
Тип нахлёста, значение зазора и вариант ослабления можно указать в диалоге операции.

Параметры команды

В команде доступны следующие общие параметры листового материала.

- **Ослабления** (угловые). С выбором четырёх вариантов из списка: **Круглые**, **Квадратные**, **Сварочные** и **Нет** (если ослабления не нужны).
- **Нахлёст**. С выбором трёх вариантов из списка: **Без нахлёста**, **Нахлёст** и **Обратный нахлёст**.
- **Зазор**.

При выборе команды **Угол** обработка углов осуществляется автоматически



Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр

	<V>	Выбрать угловую вершину
	<A>	Выбрать сгиб

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбрать угловую вершину. Опция позволяет указать угол, который необходимо отредактировать. Опция активна при вызове команды. Необходимо указать вершину пересечения сгибов смежных элементов.

Выбрать сгиб. Альтернативная опция выбора угла. Необходимо указать сгибы смежных элементов.

Создание угла

Типичный порядок действий при создании угла.

- ✓ Выбрать вершину пресечения сгибов.
- ✓ Указать общие параметры обработки углов: **Ослабление**, **Нахлёст**, **Зазор**.
- ✓ Закончить ввод.

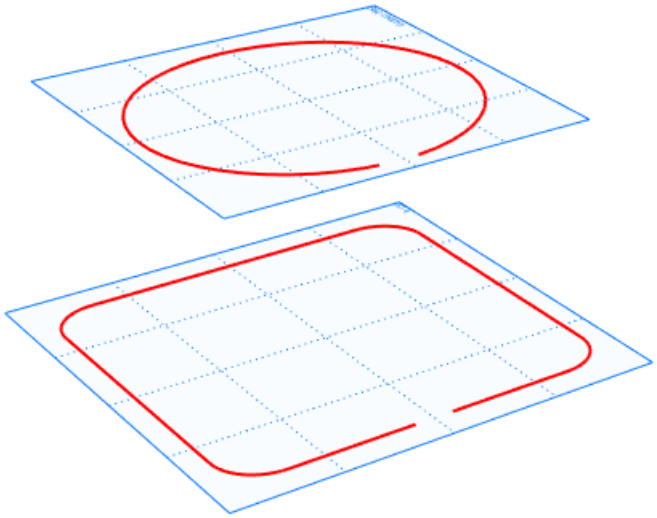
Листовой металл. Специальные операции

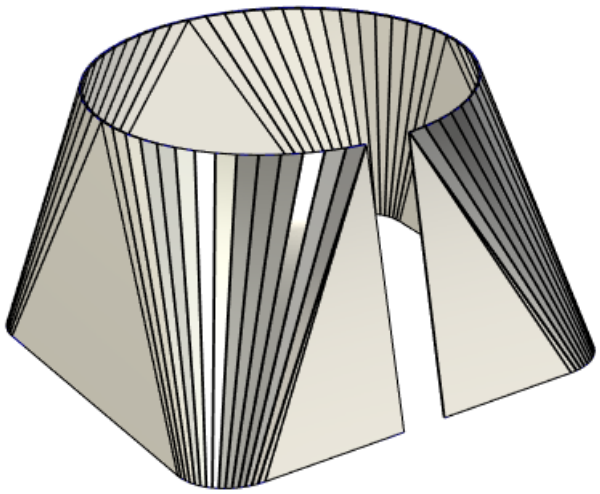
Гибка по сечениям

Для построения гибки по сечениям используется операция **SML: Гибка по сечениям**:

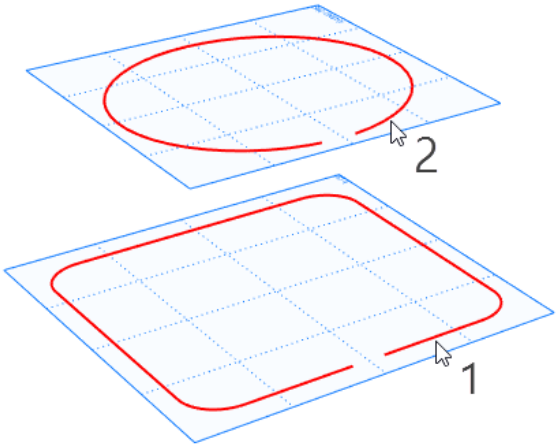
Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Гибка по сечениям
Клавиатура	Текстовое меню
<SML>	Операции > Листовой металл > Гибка по сечениям

Операция **Гибка по сечениям** предназначена для моделирования сложных листовых тел на основании двух сечений.





Для создания листового тела нужно выбрать два сечения, расположенных на двух параллельных (или не параллельных) плоскостях. Сечения могут состоять из гладко состыкованных дуг или прямых.



Количество дуг и прямых в двух сечениях не обязательно должно совпадать. При построении гибки дуги будут соединяться с дугами, а прямые сегменты с прямыми. При этом будут образовываться цилиндрические участки гибок.

Тело, полученное в результате выполнения этой операции, может быть разогнуто операцией **SMU: Разгибание**.



Параметры команды

Раздел **Основные параметры.**

Фасеточное приближение. Опция позволяет построить поверхность, состоящую из плоскостей, заданных тремя или четырьмя точками. Полученную поверхность можно впоследствии преобразовать в листовой металл, назначая на рёбра нужные радиусы гиба и ослабления.

Развёртываемое приближение. Опция позволяет создать тело по поверхности, которая является развёртываемой.

Толщина. Общий для всех команд листового металла параметр. Значение параметра задаёт толщину создаваемого листового тела. Значение по умолчанию устанавливается в команде **SMP: Параметры**.

Вариант направления выталкивания на заданную толщину, относительно плоскости, образуемой двумя выбранными сечениями имеет три варианта, аналогично операции **Заготовка**.


Прямое


Обратное

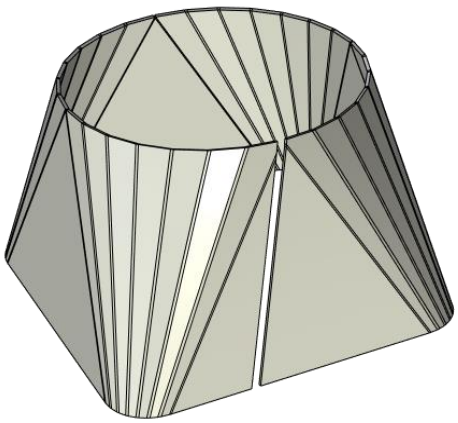

Симметричное

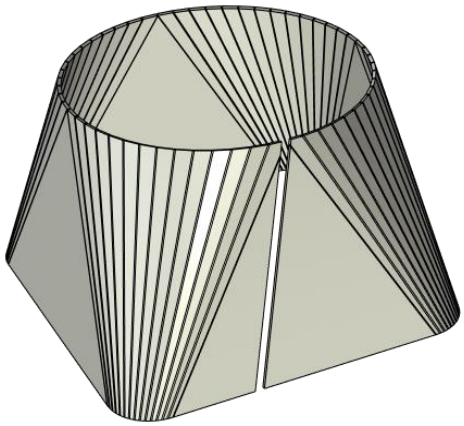
Радиус. Общий для всех команд листового металла параметр. Значение параметра задаёт радиус для всех сгибов создаваемого тела.

Раздел **Дополнительные параметры:**

Точность. Чем меньше значение, тем выше точность построения тела. Высокая точность увеличивает количество сгибов, но требует больше времени на создание тела.

Сгибы. Позволяет вручную указать общее количество сгибов с учётом ближайшего возможного числа.


30 сгибов


60 сгибов

Зазор. Позволяет задать зазор на листовой детали в случае использования замкнутых контуров.

Упрощать. Исключает (обрабатывает) из расчёта грани, размер которых не позволяет корректно построить 3D модель.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<U>	Выбрать 1-е сечение

	<V>	Выбрать 2-е сечение
	<1>	Выбрать начальную точку для 1-ого сечения
	<2>	Выбрать направление отсчёта на 1-ом сечении
	<3>	Выбрать начальную точку для 2-ого сечения
	<4>	Выбрать направление отсчёта на 2-ом сечении

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбрать начальную точку для 1-ого сечения. В случае не замкнутого сечения точка будет выбрана автоматически. При помощи данной опции можно указать точку вручную, например, когда необходимо использовать только часть не замкнутого контура. В случае замкнутого контура точку нужно указать в обязательном порядке. Точка будет указана на контуре под курсором при нажатии , согласно возможным привязкам, или можно предварительно создать 3D узел. Точка будет определять положение плоскости, по которой будет выполнен разрез. Если указана только точка первого сечения плоскость разреза будет перпендикулярна контуру.

Выбрать направление отсчёта на 1-ом сечении. В случае не замкнутого контура опция не обязательная. В случае замкнутого контура в обязательном порядке необходимо указать плоскость или грань, которые определят направляющий вектор. Проекция вектора на касательную к контуру в начальной точке будет определять направления отсчёта точек.

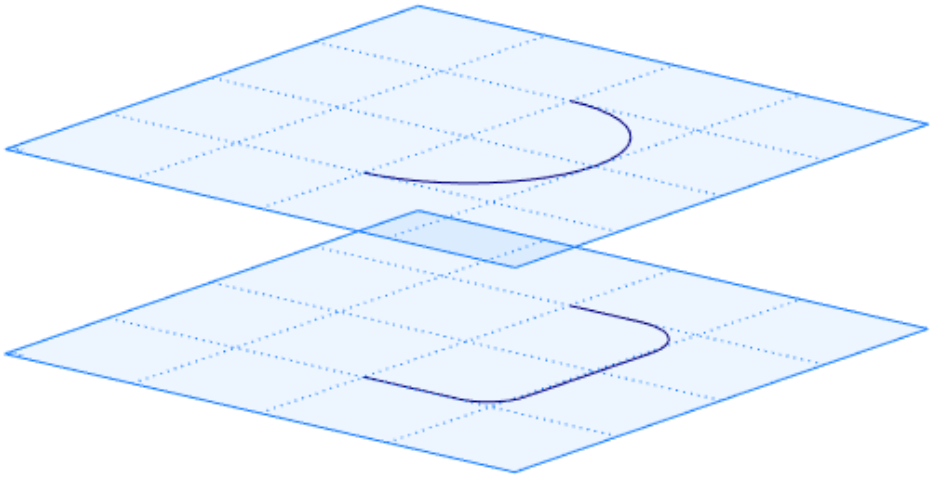
Выбрать начальную точку для 2-ого сечения. Опция аналогична начальной точке первого сечения. Опция не обязательная: начальная точка второго замкнутого сечения будет выбрана автоматически, как точка пересечения контура сечения с нормальной плоскостью, заданной начальной точкой первого сечения. Начальные точки первого и второго сечений для замкнутых сечений определяют плоскость разреза на которой задаётся зазор.

Выбрать направление отсчёта на 2-ом сечении. Опция не обязательная. Направление отсчёта на втором сечении автоматически будет принято таким же, как и на первом. Принцип работы аналогичен выбору направления для первого сечения. Направление на первом и втором контуре должно совпадать.

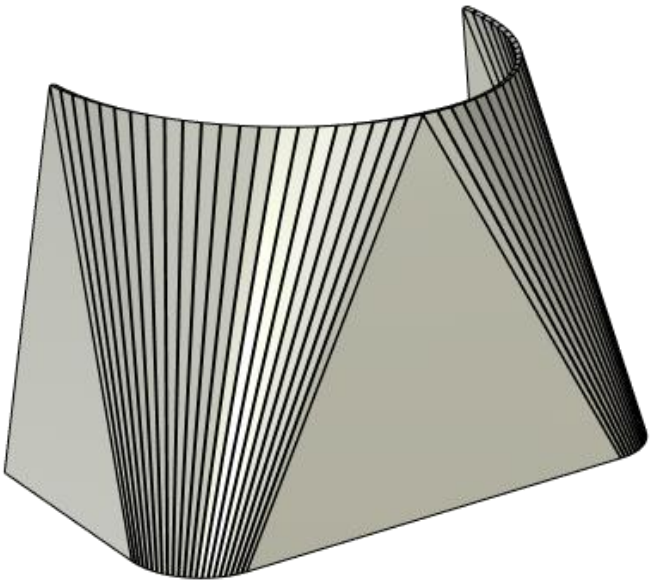
Создание гибки по сечениям

Незамкнутые сечения

Листовое тело можно построить из двух незамкнутых сечений.

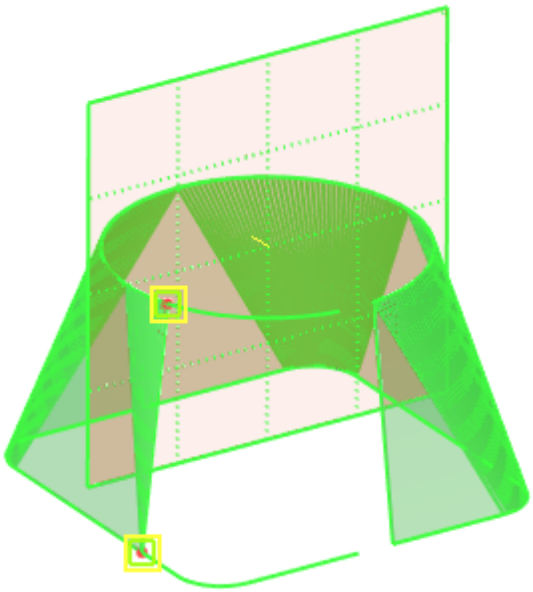


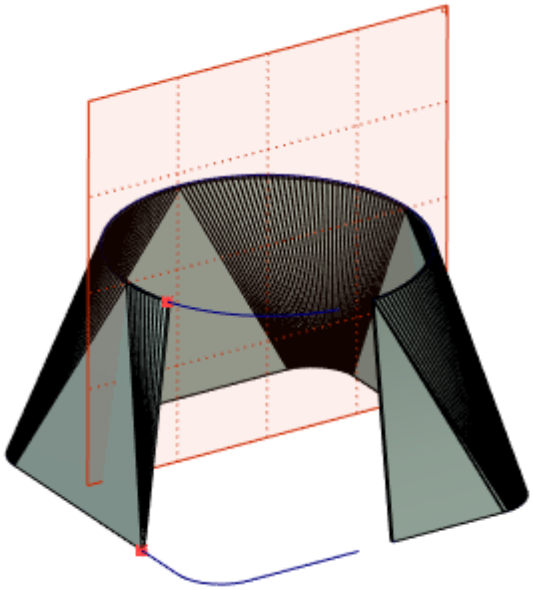
Для выбора сечений используются опции автоменю выбора сечений  и .



При необходимости листовое тело может быть построено лишь по части контура. Для этого необходимо указать точку  и направление отсчёта  для первого, или для первого и второго контуров. Направления отсчёта контуров должно совпадать.

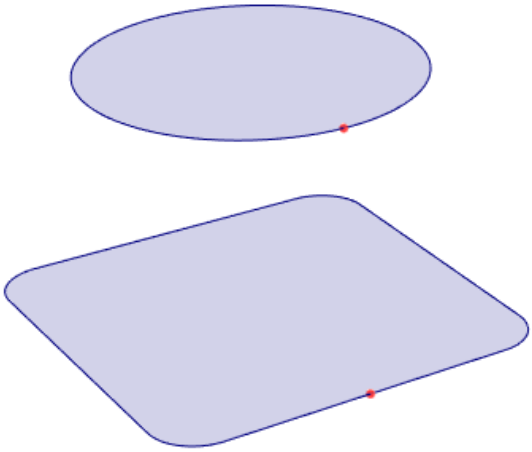
В примере на рисунке для указания направления отсчёта выбрана плоскость.

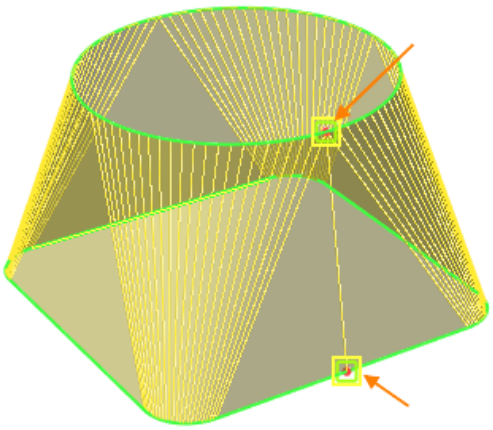




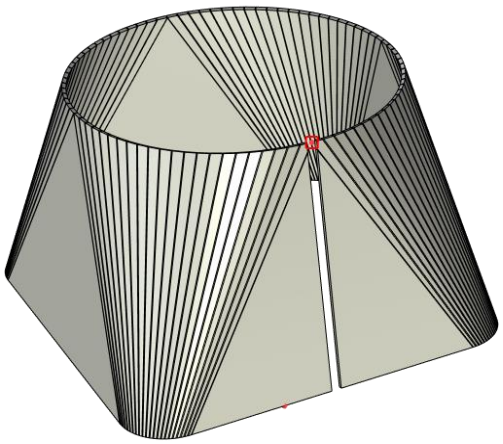
Замкнутые сечения

Листовое тело может быть построено с помощью двух замкнутых сечений.
Для этого необходимо дополнительно задать начальную точку и направление отсчёта как минимум для первого сечения.

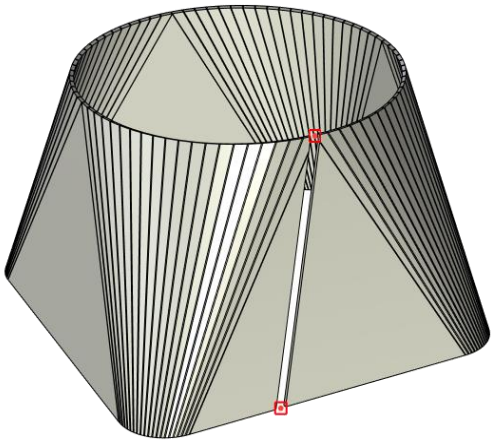




Плоскость разреза можно задать, выбрав начальную точку на первом сечении. Выбор начальной точки второго сечения позволяет вручную задавать наклон плоскости разреза.



Выбран 3D узел на верхнем сечении и направление отсчёта



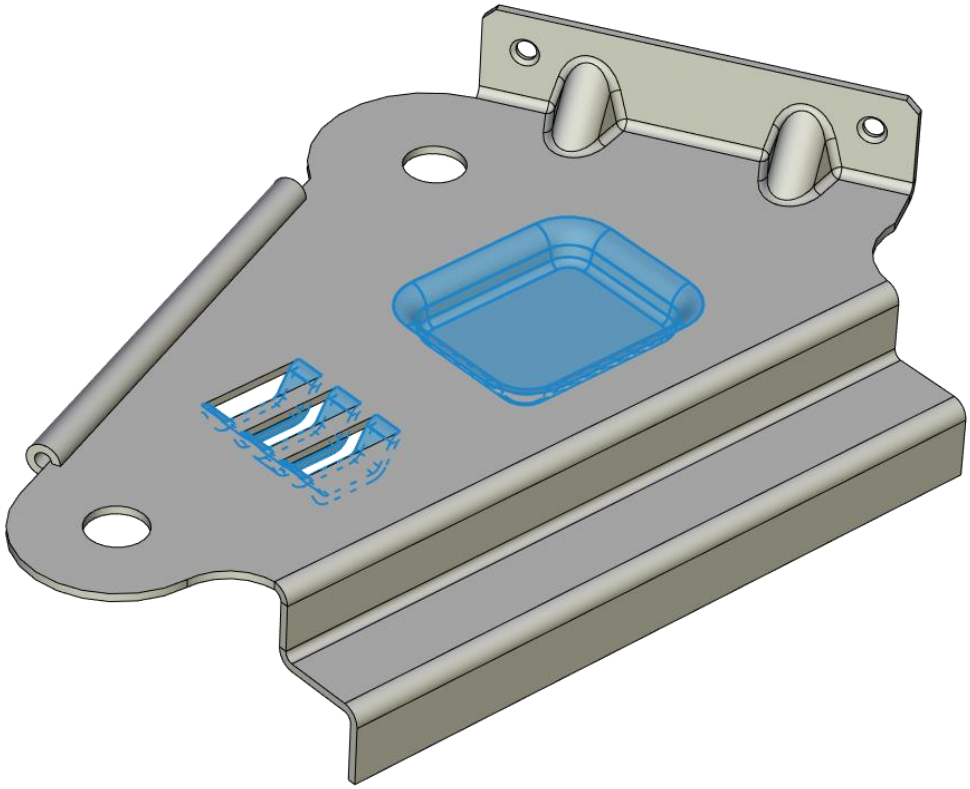
Выбраны два 3D узла на сечениях и направление отсчёта

Выштамповка

Для создания элементов листовой штамповки используется команда **SMF: Выштамповка:**

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Выштамповка
Клавиатура	Текстовое меню
<SMF>	Операции > Листовой металл > Выштамповка

Операция позволяет создавать элементы штамповки на листовых телах. Могут быть использованы элементы штамповки из стандартных или пользовательских библиотек.



Тип выштамповки можно выбрать из выпадающего списка или пиктограммой схематично изображающей тип выштамповки. Если в списке выбран тип выштамповки, пиктограмма которого отсутствует, то крайняя правая пиктограмма будет заменена на пиктограмму последнего выбранного типа.

Набор типов выштамповки с пиктограммами.

 Штамповка

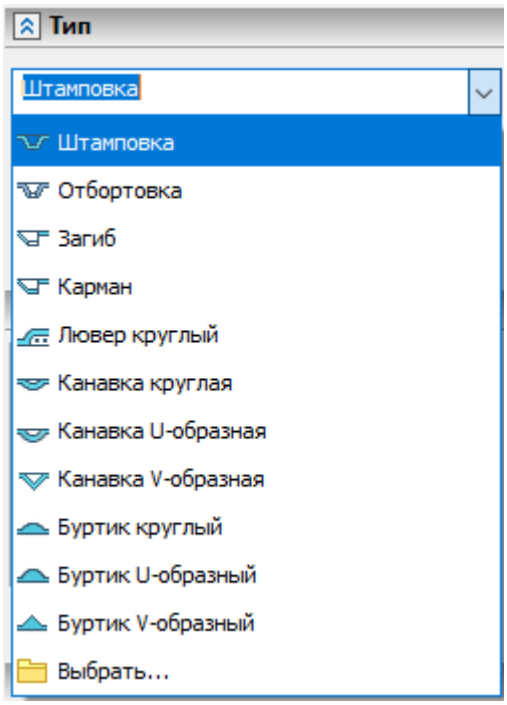
 Отбортовка

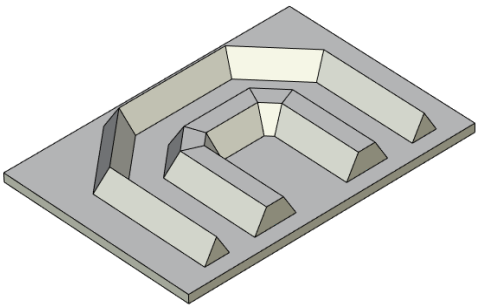
 Загиб

 Карман

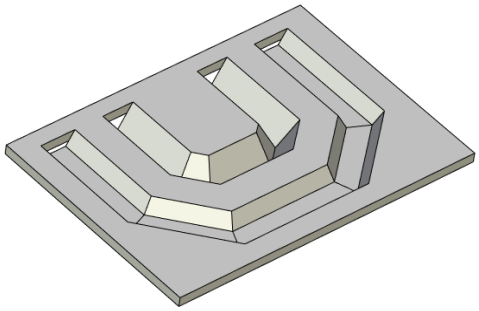
 Лювер круглый

Выбор из стандартного списка.

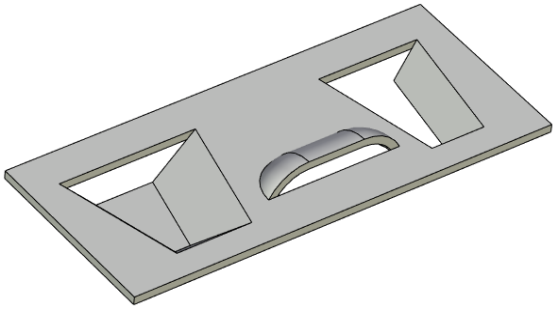




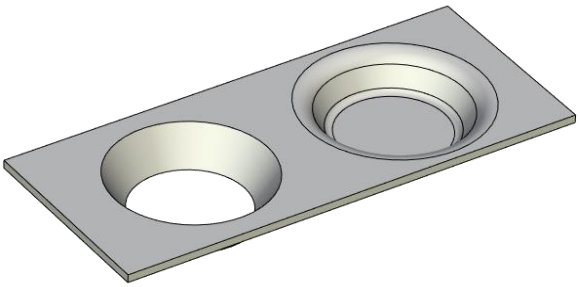
Буртик V-образный, U-образный



Канавка U-образная, V-образная



Карман, Люнер, Круглый загиб



Отбортовка, Штамповка

В выпадающем списке выбора типа выштамповки есть пункт **Выбрать**. С его помощью можно выбирать элементы из пользовательских библиотек. Содержимое списка связано с выбранным типом в поле **Стандарт**. При изменении стандарта – список изменяется.

Для выбора библиотек штамповок используется опция:

	<B>	Конфигурация библиотек

Подробную информацию о создании пользовательских выштамповок можно найти в главе «Создание пользовательских элементов для библиотек листовой штамповки и отверстий».

Для создания элементов используется специальная библиотека типовых элементов штамповки *Sheet Metal Features*, поставляемая вместе с системой. При необходимости библиотеку можно дополнять собственными элементами.

Если в команде **ST: Параметры документа** на закладке **3D** заданы дюймовые единицы длины, то при создании выштамповки будет использоваться библиотека *Sheet Metal Features Inch*.

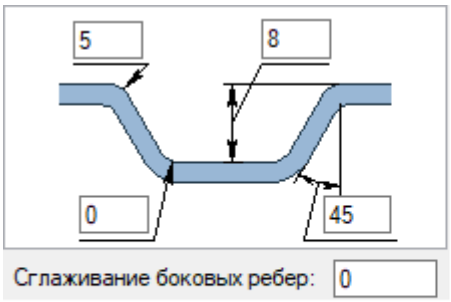
Параметры команды

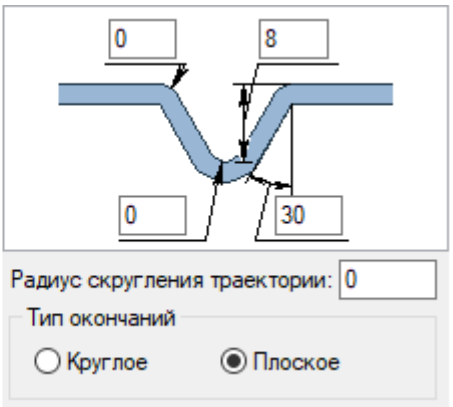
Тип. Позволяет из списка или по пиктограммам выбрать нужный тип выштамповки.

Стандарт. Позволяет выбрать из списка стандарт. По умолчанию метрический.

Остальные параметры команды зависят от выбранного типа вышатмповки.

Диалог параметров каждого элемента содержит схематичное изображение создаваемого элемента с полями ввода всех геометрических размеров.





Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<R>	Выбрать 3D профиль
	<F>	Начертить профиль

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбрать 3D профиль. Опция выбора 3D профиля, который станет основой для создания операции. Опция активна по умолчанию.

Начертить профиль. Опция прозрачного режима создания профиля. Необходимо выбрать грань заготовки после чего система автоматически перейдёт в режим черчения на рабочей плоскости. Далее построить контур внутри грани. При выходе из режима черчения на рабочей плоскости построенный профиль будет выбран автоматически.

Создание выштамповки

Для создания элемента выштамповки необходимо сделать следующие типовые действия.

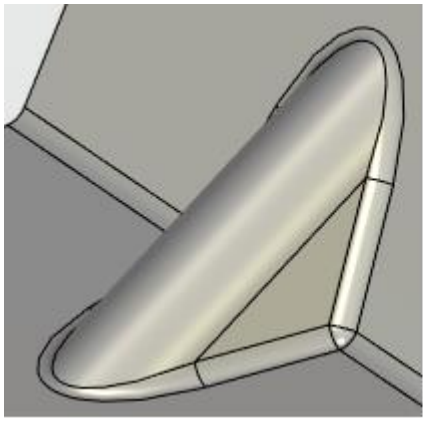
- ✓ Выбрать 3D профиль, который станет основой для создания операции. Режим выбора профиля активизируется автоматически при входе в команду.
- ✓ В окне параметров команды выбрать требуемый элемент выштамповки из имеющихся в библиотеке (в нижней части окна при этом отразится диалог параметров выбранного элемента).
- ✓ Задать необходимые значение параметров.
- ✓ Закончить ввод.

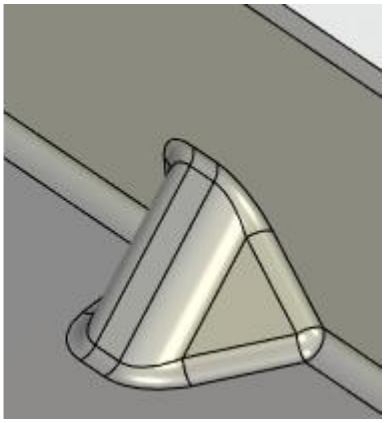
Ребро жёсткости

Для построения рёбер жёсткости на листовых телах используется операция **SMG: Ребро жёсткости**:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Ребро жёсткости
Клавиатура	Текстовое меню
<SMG>	Операции > Листовой металл > Ребро жёсткости

Операция позволяет строить ребра жёсткости с заданным количеством и шагом, разных типов, включая рёбра по пользовательскому 3D профилю. Ребра жёсткости можно построить двух вариантов поперечного сечения и на изгибах с разным углом.





Позиционирование рёбер и их количество задаётся согласно выбранному варианту построения. Варианты построения задаются пиктограммами в диалоге параметров операции.

 По точке

 Вписать

 Заполнить

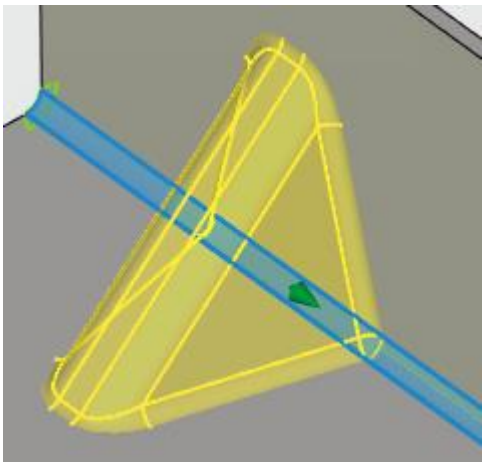
 С шагом

Другим набором пиктограмм определяется форма поперечного сечения ребра.

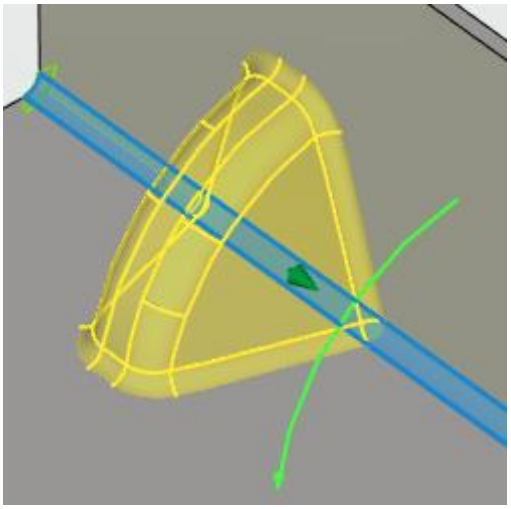
 Скруглённая

 Линейная

Форма ребра сбоку по умолчанию линейная, но её можно задать на основе пользовательского профиля при помощи опции .



Ребро жёсткости стандартной, линейной формы



Ребро жёсткости по пользовательскому профилю

Параметры команды

Количество, **Шаг** и **Смещение**. Параметры определяют расположение и количество рёбер на выбранном изгибе. В зависимости от выбранного варианта построения данные параметры могут быть доступны или закрыты.

- **По точке**. Для этого варианта построения параметры **Количество** и **Шаг** закрыты. Положение ребра на изгибе определяется параметром **Смещение**, имеющим манипулятор в 3D сцене. Параметр **Смещение** определяет расстояние от выбранной грани до центра поперечного сечения ребра. Грань, от которой производится отсчёт параметра **Смещение,** определяется системой автоматически. Для смены грани отсчёта положения нужно воспользоваться опцией  и указать нужную грань или плоскость.
- **Вписать**. При данном варианте построения доступен только параметр **Количество**. Заданное количество рёбер равномерно (с одинаковым, автоматически рассчитанным шагом) распределяется по изгибу.
- **Заполнить**. Доступен только параметр **Шаг**. Параметр **Количество** рассчитывается исходя из максимально возможного количества копий. **Смещение** равно шагу. Расстояние от центра последнего ребра до конца изгиба зависит от шага и количества копий, поэтому опция смены грани отсчёта смещения  будет влиять на результат.
- **С шагом**. Доступны параметры **Количество** и **Шаг**. Параметр **Смещение** – равен шагу. Смена грани отсчёта – виляет на результат.

Параметры **Глубина**, **Ширина**, **Угол**, **Радиус пуансона** и **Радиус матрицы** – определяют геометрию ребра. Параметр **Глубина** – недоступен в случае задания формы ребра по пользовательскому профилю. Параметр **Радиус пуансона** – недоступен в случае использования скруглённой формы поперечного сечения.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<A>	Выбрать грань сгиба
	<F>	Выбрать форму ребра
	<Q>	Выбрать плоскость
	<W>	Начертить профиль

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбрать грань сгиба. Выбор изгиба (цилиндрической грани) между двумя поверхностями на которых необходимо построить ребро жёсткости. Опция активна по умолчанию.

Выбрать форму ребра. Опция определяет форму ребра сбоку. Форма ребра может быть задана профилем, путём или трассой. Элемент, задающий форму ребра, должен находится в плоскости перпендикулярной граням, на которых строится ребро.

Выбрать плоскость. Опция выбора плоскости, определяющий начало отсчёта. Выбрать можно грань или плоскость. **Смещение** определяет расстояние от выбранной плоскости или грани до центра поперечного сечения ребра.

Начертить 3D профиль. Опция прозрачного режима создания профиля формы ребра.

Создание ребра жёсткости

Типичный порядок действий при построении ребра жёсткости.

- ✓ Выбрать грань изгиба.
- ✓ Выбрать вариант поперечного сечения ребра.
- ✓ Выбрать профиль формы ребра (если нужна форма отличная от линейной).
- ✓ Задать геометрические параметры ребра.

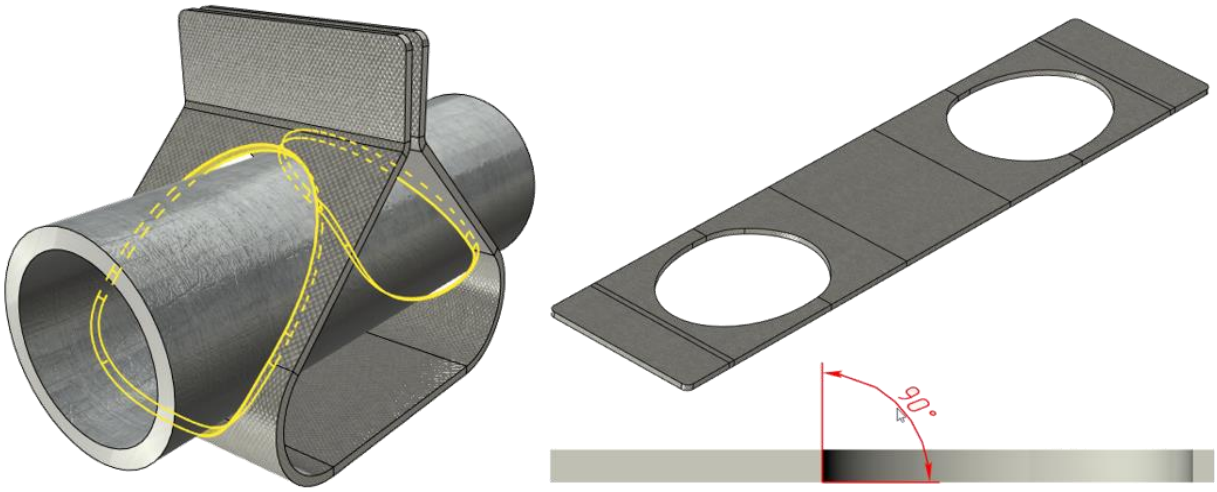
- ✓ Выбрать вариант ввода количества и положения рёбер.
- ✓ Сменить плоскость начала отсчёта (если это нужно).
- ✓ Ввести параметры положения и количества рёбер.
- ✓ Закончить ввод.

Вырез по нормали

Для построения вырезов на листовых телах используется операция **SMN: Вырез по нормали**:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Вырез по нормали
Клавиатура	Текстовое меню
<SMN>	Операции > Листовой металл > Вырез по нормали

Операция позволяет строить вырез с зазором на листовом теле с перпендикулярными к основным граням кромками. Поддерживаются многоконтурные 3D профили.



В команде доступно три варианта создания выреза, переключение между которыми осуществляется пиктограммами.

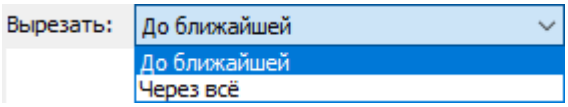
 По толщине

 По срединной



По ближайшей

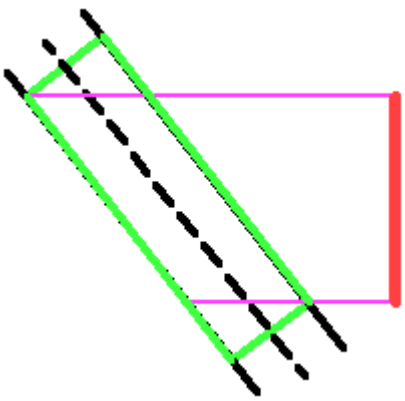
Списком можно определить на какой из граней нужно сделать вырез: на ближайшей или на всех, с которыми есть пересечение в заданном направлении.



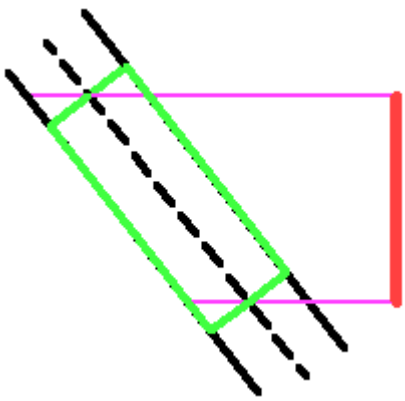
Параметры команды

Тип. Пересечение проецируемого профиля на наклонный лист будет давать различный результат по габаритам и положению выреза, в зависимости от того, какую поверхность (поверхности) считать поверхностью на которую проецируется профиль. Доступен выбор одного из трёх вариантов получения выреза.

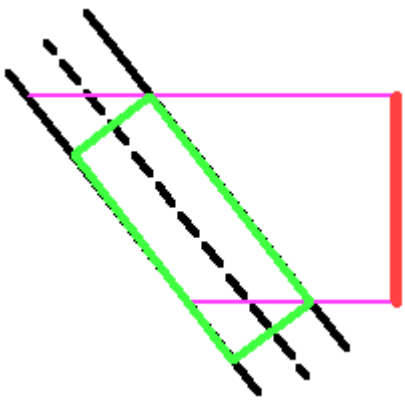
- **По толщине**. Максимальный габарит выреза.
- **По срединной**. Согласно пересечению проекции профиля со срединной поверхностью листовой заготовки.
- **По ближайшей**. Согласно пересечению проекции профиля с ближайшей поверхностью листовой заготовки.



По толщине



По срединной



По ближайшей

Вырезать. Доступно два варианта.

- **До ближайшей**. Будет сделан вырез только на ближайшей к профилю поверхности заготовки в заданном направлении.
- **Через всё**. Будет сделан вырез на всех поверхностях заготовки, которые будет пересекать проекция профиля в заданном направлении.

Симметрично. Симметричное направление проекции профиля.

Зазор. Устанавливает зазор по эквидистанте от полученного выреза.

Скруглять углы. Скругление углов профиля.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<B>	Выбрать тело
	<F>	Начертить профиль
	<W>	Выбрать контур
	<D>	Выбрать направление

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбрать тело. В случае, если в 3D сцене несколько тел – нужно при помощи данной опции указать тело, на котором необходимо создать вырез. Опция активна по умолчанию в случае нескольких тел в 3D сцене.

Начертить профиль. Опция прозрачного режима создания профиля. Необходимо выбрать грань или плоскость после чего система автоматически перейдёт в режим черчения на рабочей плоскости. Далее необходимо построить замкнутый контур. При выходе из режима черчения на рабочей плоскости построенный профиль будет выбран автоматически.

Выбрать контур. Опция выбора профиля для создания выреза: нужно выбрать профиль, который будет определять вырез. Профиль должен быть замкнутым. Опция активна по умолчанию в случае одного тела в 3D сцене.

Выбрать направление. Опция выбора направления проецирования профиля. Направление определяется вектором, который может быть задан ребром или плоскостью (плоскость задаёт нормаль, вдоль которой направлен вектор направления проецирования).

Создание выреза по нормали

Типичный порядок действий при работе с командой **Вырез по нормали**.

- ✓ Выбрать листовое тело, если в 3D сцене несколько тел.

- ✓ Выбрать профиль, определяющий форму выреза.
- ✓ Указать направление проецирования профиля.
- ✓ Выбрать тип расчёта выреза.
- ✓ Указать зазор и другие параметры, в случае необходимости.
- ✓ Закончить ввод.

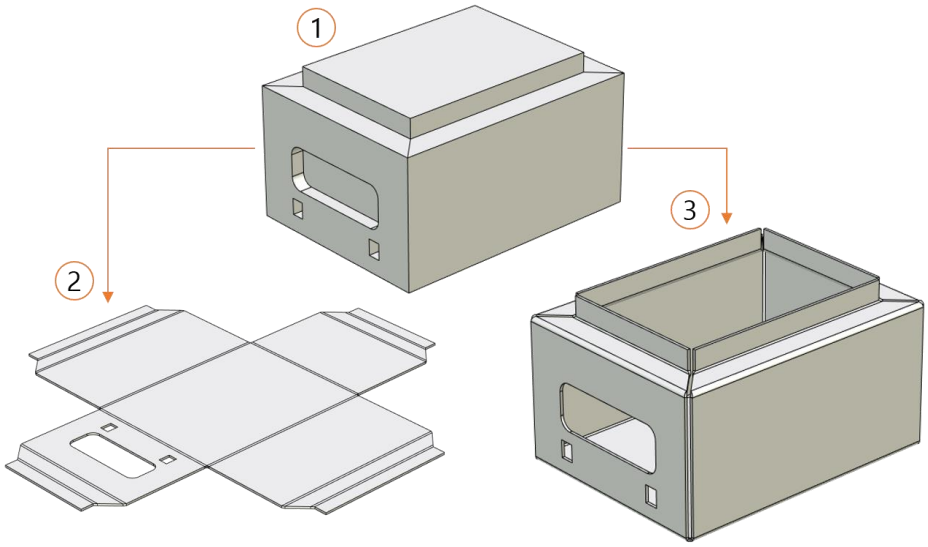
Листовой металл. Работа с листовым металлом

Преобразование тела в лист

Для преобразования тела в листовой металл используется операция **SMS: Преобразование тела в лист.** Для вызова операции:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Преобразование тела в лист
Клавиатура	Текстовое меню
<SMS>	Операции > Листовой металл > Преобразование тела в лист

Операция **Преобразование тела в лист** используется для быстрого создания тел или развёрток из листового металла на основе твёрдых тел. Результатом выполнения операции **Преобразование тела в лист** является развёртка листового тела или листовая деталь, сохраняющая форму исходного объекта.



1 – Твёрдое тело, 2 – Развёртка листовой детали, 3 – Листовая деталь

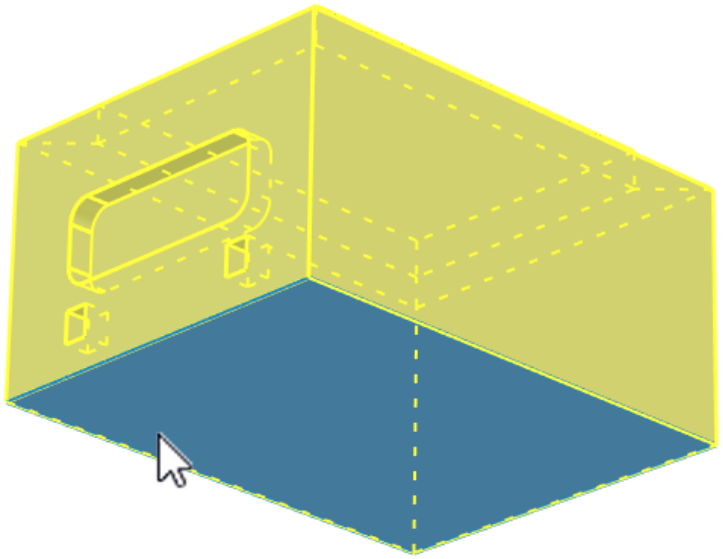
Описание операции

В качестве исходных тел для создания операции можно использовать твёрдые тела с плоскими гранями.

Неподвижная грань

Развёртывание тела происходит относительно первой выбранной грани, которая считается зафиксированной и определяет положение плоскости развёртки. Эта грань называется неподвижной гранью.

В качестве неподвижной грани может быть выбрана любая плоская грань тела. Относительно неё задаются рёбра для сгиба, которые будут участвовать в операции. Неподвижная грань подсвечивается синим цветом после выбора.

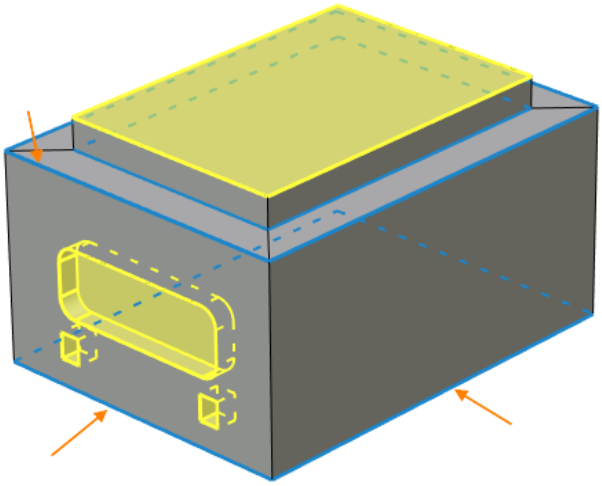


Выбор неподвижной грани

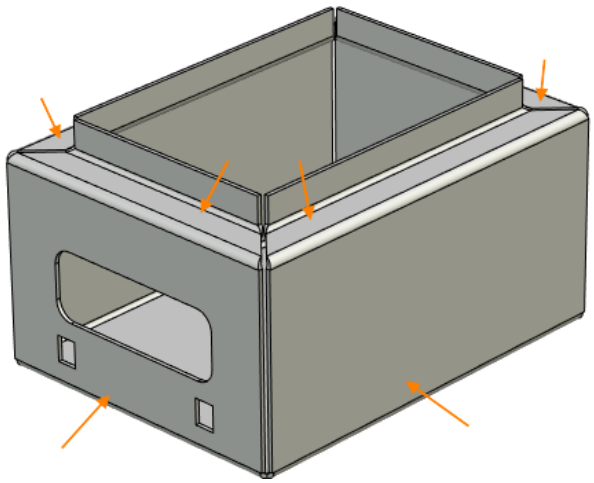
Рёбра для сгиба

После выбора неподвижной грани необходимо выбрать рёбра для сгиба. Первым из выбранных рёбер должно стать одно из рёбер неподвижной грани. После выбора ребра в операцию включается вторая из образовывающих его граней. Другие рёбра этой грани сразу же становятся доступны для выбора в качестве рёбер для сгиба. Таким образом, чтобы выбрать грань необходимо указать хотя бы одно из прилегающих к ней рёбер. В дальнейшем, при построении листового тела, на выбранных гранях будет создан изгиб, со значением радиуса, указанным в параметрах операции.

Все грани, к которым относятся выбранные рёбра, подсвечиваются серым цветом. Не участвующие в операции грани подсвечены жёлтым.



Синим выделены выбранные рёбра



Выбранные грани

При выборе рёбер нужно следить за тем, чтобы получающиеся листовые элементы не проникали друг в друга. Это связано с тем, что с помощью данной операции нельзя получить самопересекающийся плоский шаблон.

Придание толщины

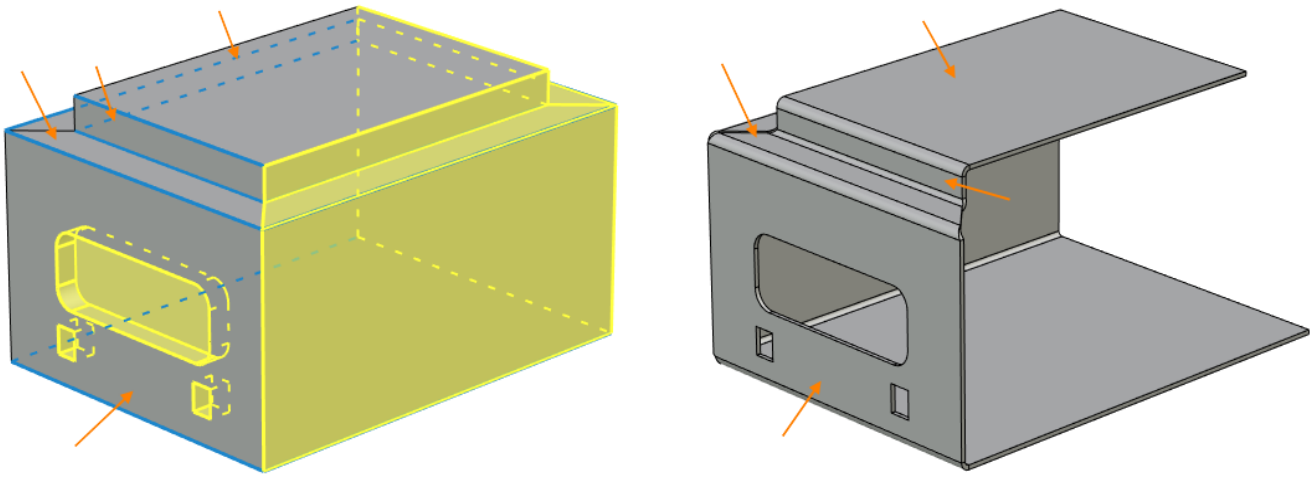
Для каждой выбранной грани создаётся эквидистантная поверхность на заданном расстоянии, равном указанной толщине. Новая поверхность строится внутрь наружу или симметрично, в зависимости от выбранного варианта в окне параметров.

 Прямое

 Обратное

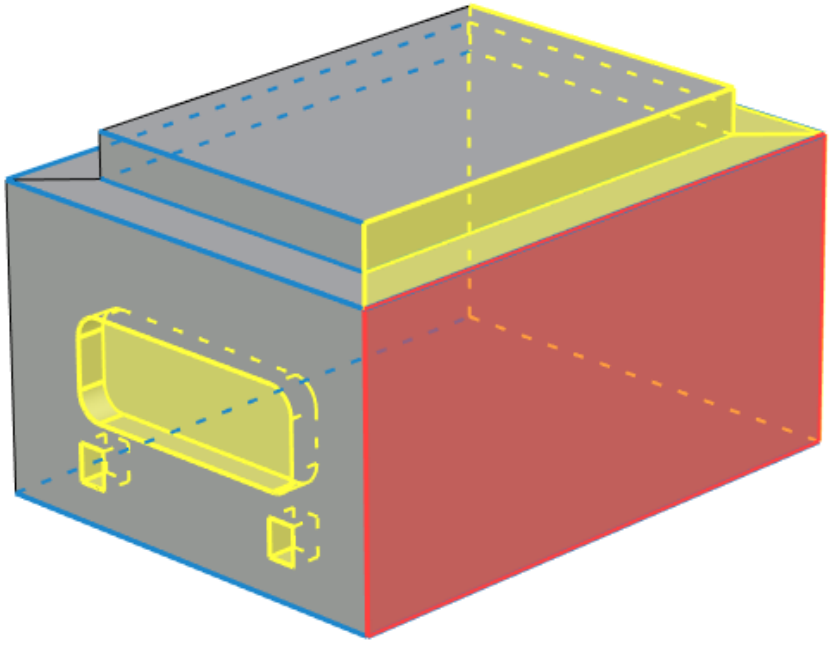
 Симметричное

После завершения операции все выбранные грани преобразуются в листовой материал, а не выбранные грани удаляются.



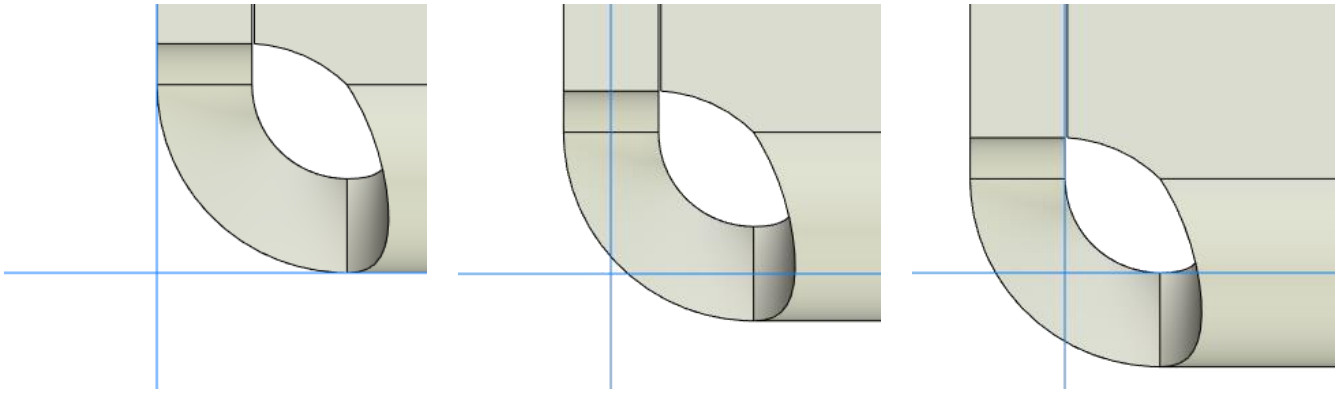
Выбранные грани – серые, Удаляемые грани - жёлтые

По умолчанию, все грани, подсвеченные жёлтым цветом, будут удалены при создании операции. Если необходимо удалить уже выбранную грань используется опция <D> **Выбор граней для удаления при построении развёртки**. Выбранная грань добавляется в закладку **Удаляемые грани** группы **Операнды** в окне параметров и помечается красным цветом, если выделить её в списке. Для того чтобы отменить выбор грани для удаления необходимо перейти в закладку **Удаляемые грани** группы **Операнды**, выбрать грань и нажать кнопку **Удалить**. Кнопка расположена справа от списка граней.



Параметры операции

Толщина – позволяет задать толщину получаемого листового металла. Возможно выбрать направление задания толщины. Доступны режимы: внутрь, симметрично и наружу.



Внутрь Симметрично Наружу

Радиус – позволяет задать радиус скругления граней листового металла. Общий параметр команд работы с листовым металлом.

КНС – определяет способ задания коэффициента нейтрального слоя. Общий параметр команд работы с листовым металлом.

Радиус, **КНС** и **Толщина** учитываются при расчёте длины развёртки по дуге радиуса гиба.

Плоское тело. Создаётся абсолютно гладкое листовое тело без линий в местах сгиба. Когда данная опция активна, операция **Гибка результата** не выполняется.

Оставлять исходное тело. К результату текущей операции добавляется исходное тело. Опция удобна для оценки того, как согнутая деталь вписывается в габарит исходного тела.

Группы **Зазоры** и **Угол** объединяют общие параметры команд работы с листовым металлом, и описаны выше.

Доступны следующие опции автоменю:

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<K>	Выбор неподвижной грани для развёртки твёрдого тела
	<R>	Отменить выбор всех элементов

	<B>	Выбор рёбер для сгиба
	<D>	Выбор граней для удаления при построении развёртки
	<E>	Редактирование рёбер разрыва
	<2>	Изменить тип ослабления в указанной вершине
	<C>	Гибка результата

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

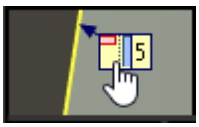
Выбор неподвижной грани для развёртки твёрдого тела. Опция выбора неподвижной грани, относительно которой будет проходить операция.

Отменить выбор всех элементов. Опция отмены выбора всех граней и рёбер, участвующих в операции. Опция возвращает на начало операции. Необходимо заново выбрать неподвижную грань и рёбра. При этом уже заданные на закладке **Параметры** значения (толщина, радиус и т.д.) не изменяются.

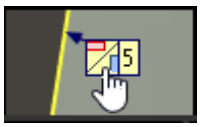
Выбор рёбер для сгиба. Опция выбора рёбер, по которым будет построен радиус сгиба. После активации необходимо выбрать рёбра, примыкающие к участвующим в операции граням, начиная от рёбер неподвижной грани.

Выбор граней для удаления при построении развёртки. Опция исключения граней из операции. После выбора граней, участвующих в операции, можно активировать эту опцию автоменю и указать выбранные грани, которые будут удалены в результате операции. Рёбра, примыкающие к удаляемым граням, становятся недоступными для выбора.

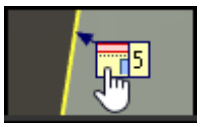
Редактирование рёбер разрыва. Опция позволяет выбрать рёбра для изменения величины зазора и типа нахлёста по отдельности. Необходимо выбрать ребро на стыке двух участвующих в операции граней. По центру выбранного ребра появится маркер, состоящий из двух полей: пиктограмма переключения варианта нахлёста и пиктограмма вызова поля ввода значения зазора. Варианты нахлёста последовательно переключаются нажатием на пиктограмму нахлёста.



Нахлёст

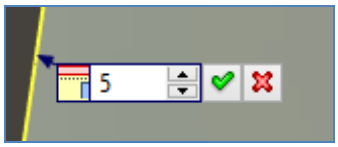


Без нахлёста

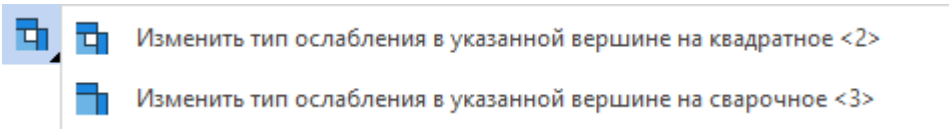


Обратный нахлёст

При нажатии на пиктограмму значения зазора появляется поле ввода.



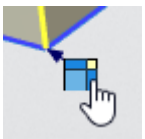
Изменить тип ослабления в указанной вершине. Опция для задания ослабления в указанной вершине. В выбранной вершине можно изменить тип ослабления, на отличный от варианта по умолчанию. По умолчанию в всех вершинах задано круглое ослабление. Тип ослабления можно выбрать из выпадающего списка опции перед выбором вершины: **Изменить тип ослабления в указанной вершине на квадратное** или **Изменить тип ослабления в указанной вершине на сварное**.



После указания вершины около неё появляется специальный маркер. Заданный для вершины тип можно изменить нажатием по данному маркеру.



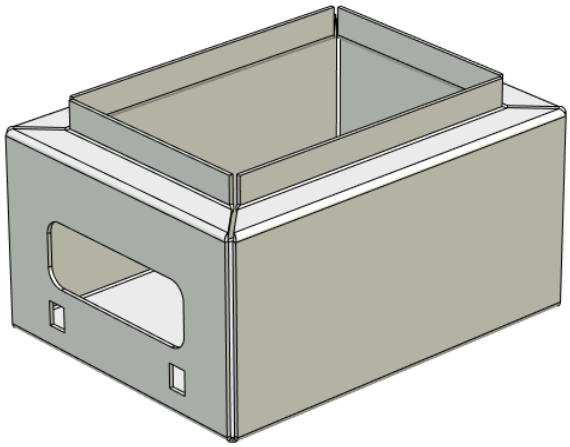
Квадратное



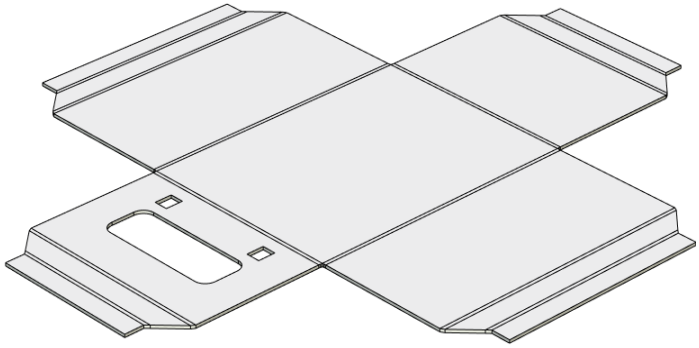
Сварное

Для отмены создания изменённого ослабления в вершине, нужно выбрать вершину повторно. Отсутствие специального маркера изменённого ослабления на вершине означает, что будет создано ослабление по умолчанию типа **Круглое**.

Гибка результата. Опция позволяет включать/выключать дополнительную команду **Повторная гибка**. Если опция включена, листовое тело будет сохранять исходную форму объекта. Если опция отключена – листовое тело будет разогнуто, и развёртка будет располагаться на плоскости, которая задана неподвижной гранью.



Листовая деталь (Гибка результата включена)



Развёртка листовой детали (Гибка результата не включена)

После создания операции при включённой опции **Гибка результата,** в дереве построений кроме развёртки добавляется ещё одна операция – **Повторная гибка**.

Если изменять свойства уже созданной операции, кнопка автоменю **Гибка результата** становится недоступна. Это сделано для того, чтобы при наличии в окне **3D модель** других операций после операции **Развёртка** не была нарушена логика их выполнения.

Создание операции

Для создания операции необходимо выполнить следующую последовательность действий.

- ✓ Выбрать неподвижную грань тела.
- ✓ Задать толщину листового материала и радиус скругления граней, в противном случае они будут заданы из параметров по умолчанию.
- ✓ Выбрать рёбра, которые будут участвовать в операции.
- ✓ Включить или отключить опции: гибка результата, плоское тело, исходное тело (при необходимости).
- ✓ Задать дополнительные возможности операции: тип ослабления, тип нахлёста, величину зазора между примыкающими гранями (при необходимости).
- ✓ Закончить ввод.

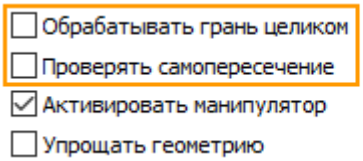
Пример выполнения операции

В примере продемонстрировано использование операции **Преобразование тела в лист**. Кроме того, рассматривается случай, когда необходимо изменять порядок сгиба.

Заходим в параметры листового металла

Клавиатура	Лента	Пиктограмма
<SMP>	Листовой металл > Параметры	

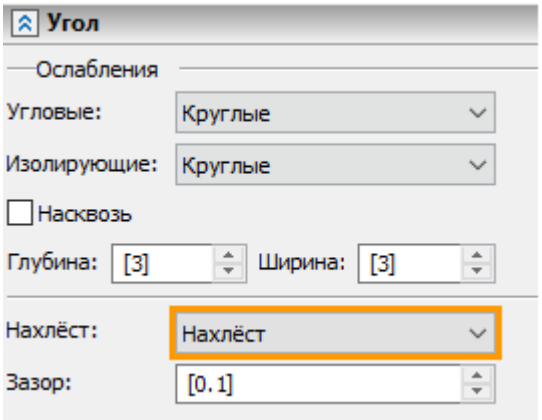
Убираем флаги с опций **Обрабатывать грань целиком** и **Проверять самопересечение**. Это сделано для того, чтобы при возникновении самопересечений листов металла, система могла отобразить получающееся таким образом тело на экране. Если оставить флаги, то система не сможет создать самопересекающееся тело и выдаст ошибку.

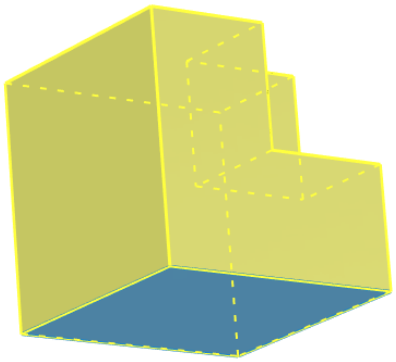


Для создания операции **Преобразование тела в лист** нужно вызвать команду:

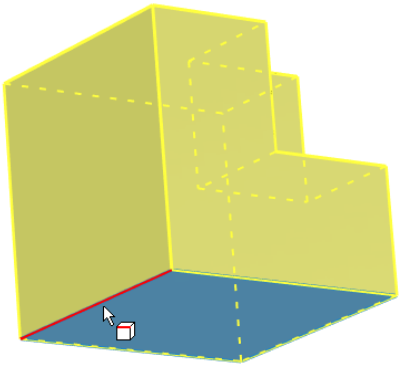
Клавиатура	Лента	Пиктограмма
<SMS>	Листовой металл > Преобразование тела в лист	

Очерёдность выбора элементов построения для создания операции показана на рисунке ниже. Первым шагом выбрана неподвижная грань. Далее, по очереди были выбраны три ребра тела. Перед применением операции в окне параметров на закладке **Угол** было указано, что края листов должны ложиться друг на друга с нахлёстом.

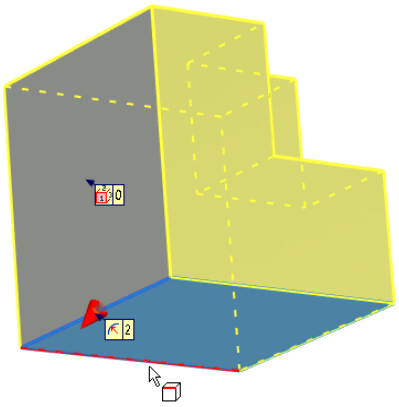




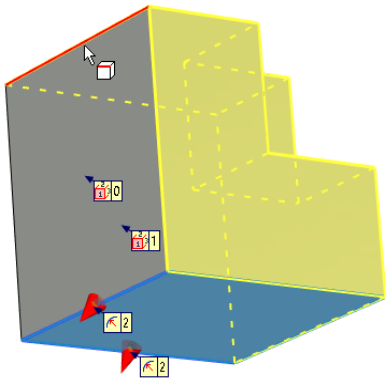
Выбор неподвижной грани



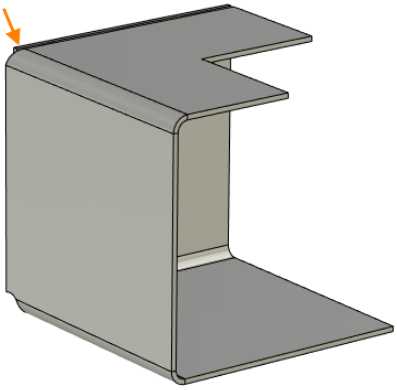
Выбор первого ребра



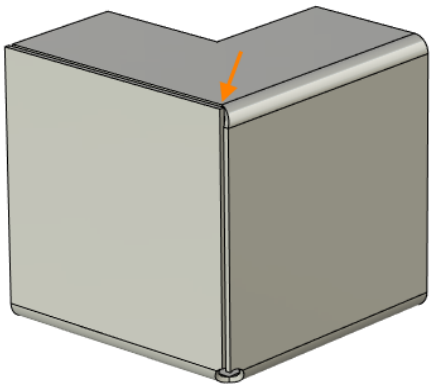
Выбор второго ребра



Выбор третьего ребра



Результат

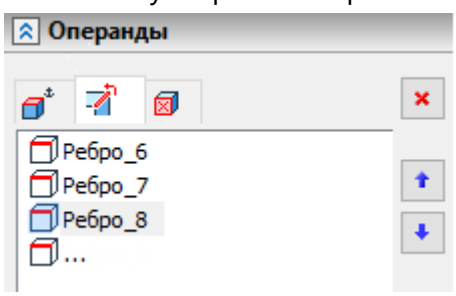


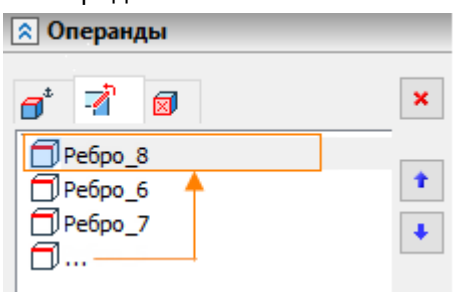
Результат

После выполнения операции мы получили твёрдое тело, у которого два листа с не деформированными углами пересекают скруглённую грань. Это связано с неправильно заданной последовательностью сгибания тела.

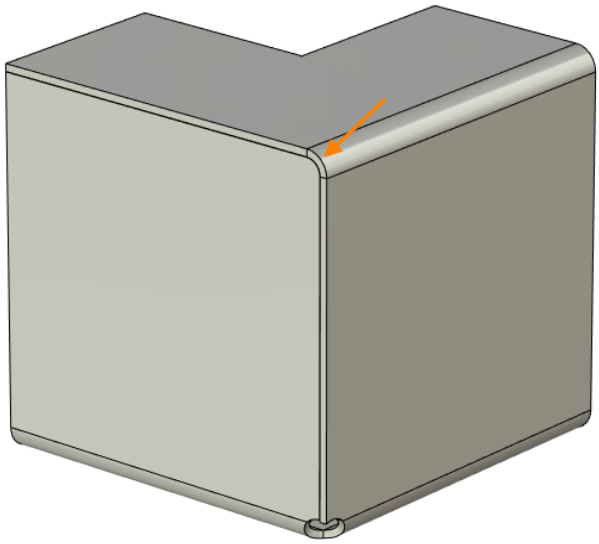
Именно для таких случаев удобно использовать изменение порядка сгиба рёбер. Оно позволяет избежать самопересечения тел. При этом нет необходимости повторного перезадания рёбер вручную.

В окне **Преобразование тела в лист** во вкладке **Операнды** показан порядок выбора рёбер для операции. Используя стрелки вверх  и вниз  изменяем порядок выполнения сгиба.





Перемещаем последнее из выбранных для операции рёбер на две строчки вверх, выбрав нужное ребро и нажав стрелку вверх, и повторяем создание операции. Теперь листы гладко прилегают друг к другу и не пересекаются.

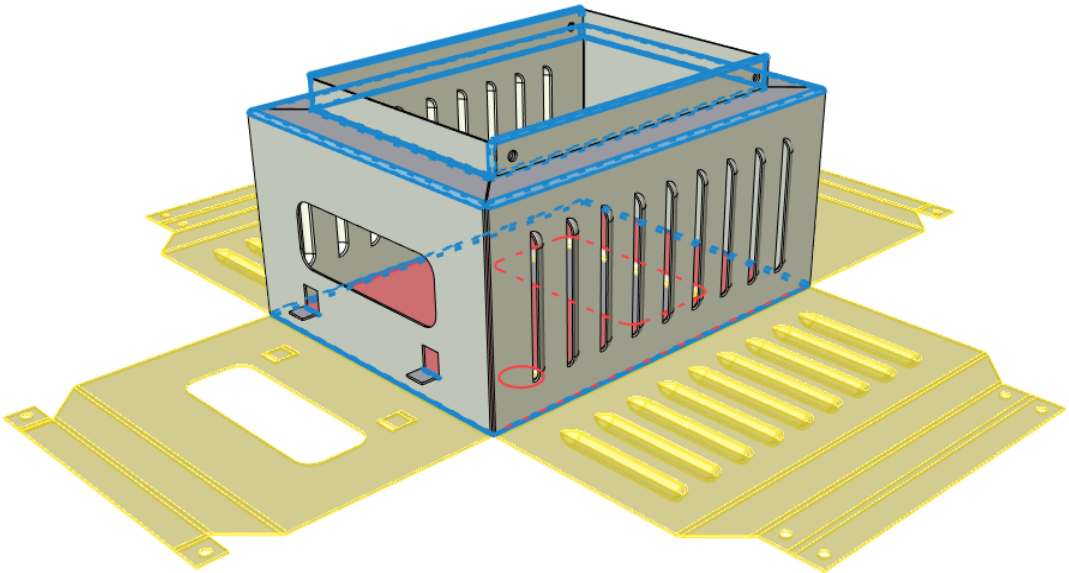


Разгибание

Для разворачивания сгибов используется команда **SMU: Разгибание**:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Разгибание
Клавиатура	Текстовое меню
<SMU>	Операции > Листовой металл > Разгибание

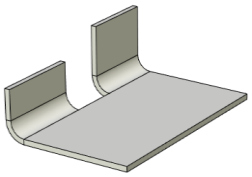
Операция позволяет “развернуть” деталь и получить модель заготовки для спроектированной листовой детали. Это может потребоваться, к примеру, для создания чертежа развёртки листовой детали.



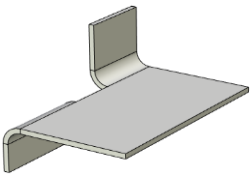
Операция работает не только с телами, созданными операцией гибки. Возможно, например, «разгибание» импортированных тел, цилиндрических граней, полученных вращением или выталкиванием. Одновременно можно разгибать несколько сгибов.

Сгибы, подлежащие разгибанию, выбираются указанием цилиндрических граней. Если выбрать тело, а не отдельные грани разгибания, система автоматически находит все доступные для разгибания поверхности и создаёт развёртку. Если предложенный системой вариант разгибания устраивает пользователя – то цилиндрические грани для разгибания можно не указывать.

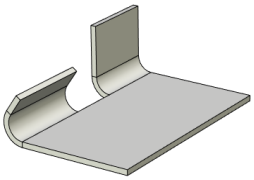
Одновременно с выбранным сгибом могут разгибаться все соосные ему. **Соосными** называются гибки, отвечающие следующим условиям: они должны принадлежать одному телу, иметь лежащие на одной прямой линии сгиба, иметь одинаковый радиус, угол и направление сгиба (относительно заготовки).



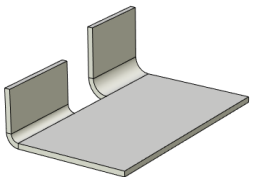
Соосные гибки: одна линия сгиба, один радиус, угол и направление сгиба относительно заготовки



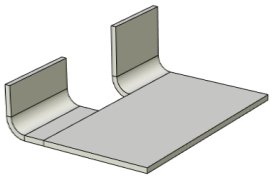
Не соосные гибки: разное направление сгиба относительно заготовки



Не соосные гибки: разный угол сгиба



Не соосные гибки: разные радиусы сгиба



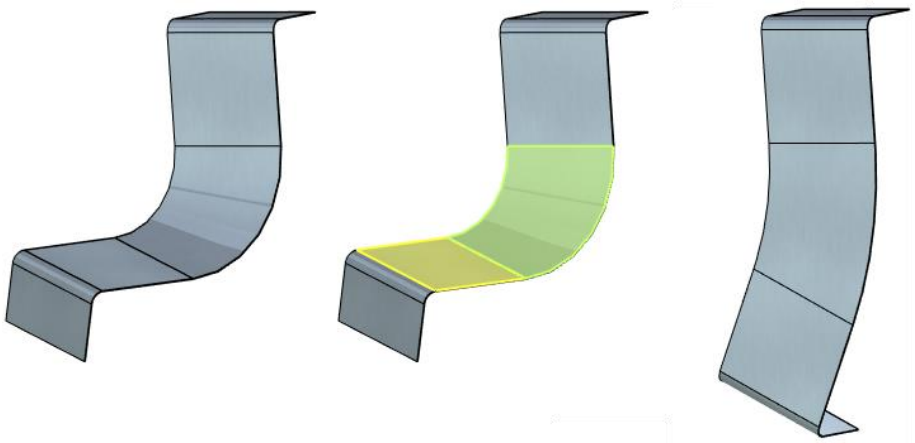
Не соосные гибки: разная линия сгиба

При разгибании учитывается коэффициент нейтрального слоя заготовки. Если разгибается деталь, созданная без использования операций работы с листовым металлом, коэффициент нейтрального слоя определяется пользователем в параметрах команды.

Часть детали, которая при разгибании должна остаться неподвижной, выбирается системой автоматически. По умолчанию такая грань помечается в 3D сцене жёлтым цветом. При необходимости неподвижную грань можно указать самостоятельно, используя опцию автоменю.

Операция разгибания сохраняет всю топологию, полученную ранее при создании сгибов. То есть количество граней и рёбер тела до и после разгибания одинаково. Это позволяет выделить на полученной плоской развёртке зоны сгиба и использовать их, например, для создания повторной гибки.

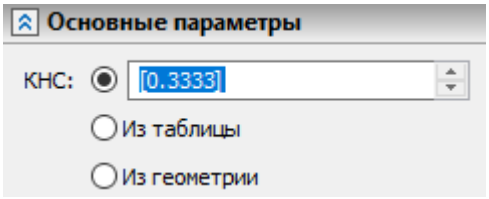
Операция позволяет разгибать незамкнутые конические грани тел.



Доступно разгибание цилиндрических листовых тел, усечённых конических листовых тел, а также произвольных развёртывающихся поверхностей.

Параметры операции

КНС. Операция **Разгибание** позволяет работать как с телами созданными при помощи команд листового металла, так и с телами созданными другими способами. Поэтому, в отличие от других команд листового металла, в данной операции варианты задания **КНС** расширены.



- Пользовательское значение. Вводится пользователем в верхнее поле. В случае выбора тел, созданных *не* операциями листового металла является вариантом по умолчанию.
- **Из таблицы**. Подстановка из таблицы согласно толщине разгибаемого тела и радиусу выбранной цилиндрической грани.
- **Из геометрии**. Опция для тел, полученных операциями листового металла, для которых **КНС** уже был задан. В случае выбора тел, созданных операциями листового металла является вариантом по умолчанию.

Все грани, участвующие в разгибании, разгибаются с одинаковым коэффициентом.

В обратную сторону. Опция активна для разгибания замкнутых граней тел. Позволяет сменить направление разгибания относительно выбранной плоскости разреза.

Зазор. Поле активно только при разгибании замкнутых граней тел. Позволяет задать зазор по разрезу.

Разгибать соосные гибки. Задаёт режим принудительного разгибания помимо выбранных гибок всех им соосных. Флаг установлен по умолчанию. При снятии флага разгибаются только выбранные гибки.

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды
	<F5>	Предварительный просмотр
	<A>	Выбор операции
	<E>	Выбор цилиндрической грани гибки
	<K>	Выбор неподвижной грани разгибки
	<S>	Выбрать точку для задании плоскости разреза
	<D>	Выбрать направление разгибания
	<R>	Отменить выбор всех элементов

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбор операции. Опция выбора тела для создания операции. Активна по умолчанию при вызове команды. При выборе тела система сама ищет все доступные для разгибания грани и создаёт развёртку тела.

Выбор цилиндрической грани гибки. Выбор отдельных граней для разгибания. Можно выбирать цилиндрические, конические, замкнутые грани, а также другие грани которые имеют развёртку.

Выбор неподвижной грани разгибки. Опция ручного выбора неподвижной грани. Опция необходима в случае, когда автоматически выбранная системой неподвижная грань не устраивает пользователя.

Выбрать точку для задании плоскости разреза. Опция доступна только при выборе замкнутой грани. Необходимо указать 3D узел который будет задавать положение плоскости, по которой будет выполнен разрез тела с замкнутой гранью.

Выбрать направление разгибания. Разогнутая грань будет лежать в плоскости совпадающей с касательной к развёртываемой грани в точке, задающей плоскость разреза. Опция позволяет определить одно из двух возможных направлений: вправо или влево от плоскости разреза. Проекция вектора направления на касательную будет определять направление разгибания. Вектор направления можно задать ребром или плоскостью (плоскость определяет нормальный вектор). Изменить направление разгибания можно также при помощи установки или снятия флага опции **В обратную сторону**.

Отменить выбор всех элементов. Отмена выбора всех элементов и очистка окна операндов.

Создание операции

Для создания операции необходимо выполнить следующие действия.

- ✓ Выбрать тело. Система предлагает вариант развёртки.
- ✓ Указать **КНС**.
- ✓ Сменить неподвижную грань, если это необходимо.
- ✓ Закончить ввод.

Если результат, автоматически предложенный системой, не удовлетворяет пользователя, нужно выбирать грани гибки вручную.

- ✓ Выбрать грани гибки.
- ✓ Указать **КНС**.
- ✓ Сменить неподвижную грань, если это необходимо.
- ✓ Закончить ввод.

Если поверхность является замкнутой.

- ✓ Выбрать грань гибки
- ✓ Указать точку, определяющую положение плоскости разреза.
- ✓ Указать направление разгибания, если это необходимо
- ✓ Казать **КНС** и **Зазор**.
- ✓ Закончить ввод.

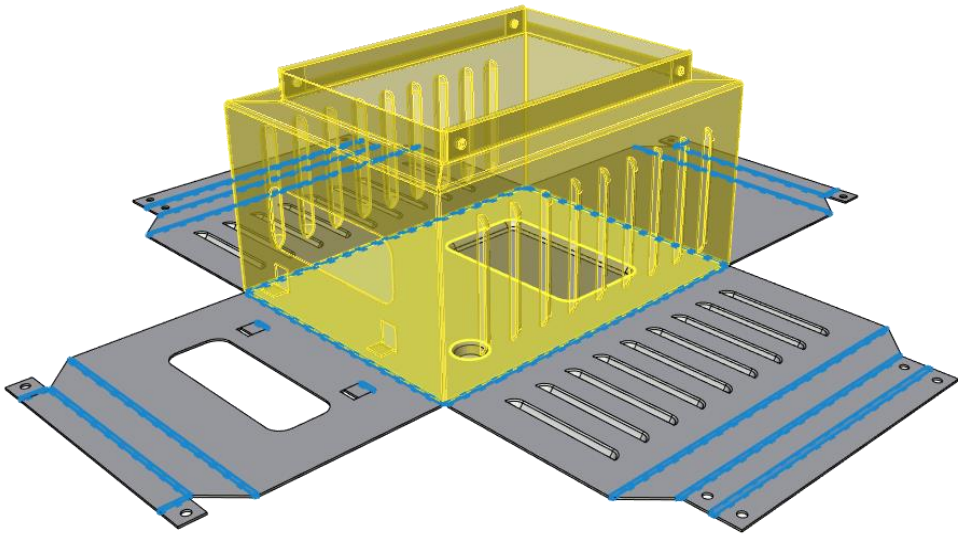
Повторная гибка

Для повторного сгиба всех поверхностей, разогнутых операцией разгибания, используется команда **SMR: Повторная гибка**:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Повторная Гибка
Клавиатура	Текстовое меню
<SMR>	Операции > Листовой металл > Повторная Гибка

Данную возможность удобно использовать для сохранения в структуре модели образа полученной при разгибании развёртки. Например, можно использовать операции разгибания и повторной гибки для построения чертежа, на котором изображена и развёртка, и готовая листовая деталь.

При повторном сгибании применяется коэффициент нейтрального слоя заготовки, использованный при разгибании.



Параметры операции

Опции автоменю команды.

	<Ctrl+Enter>	Закончить ввод
	<P>	Вызов диалога параметров операции
	<X>	Выйти из команды

	<F5>	Предварительный просмотр
	<A>	Выбор операции
	<E>	Выбор сгибаемой грани
	<K>	Выбор неподвижной грани
	<R>	Отменить выбор всех элементов

Закончить ввод. Построить геометрию по заданным параметрам. В случае если параметров недостаточно – опция неактивна.

Задать параметры элемента. Вызов стандартного диалога параметров команды трёхмерного моделирования.

Выйти из команды. Закрывает команду с отменой заданных параметров.

Предварительный просмотр. Опция включает/выключает стандартную опцию просмотра команд трёхмерного моделирования.

Выбор операции. Опция выбора тела для создания операции. Активна по умолчанию при вызове команды. При выборе тела развёртки система автоматически совершает гибку по всем граням разгибания. Неподвижная грань определяется системой автоматически.

Выбор сгибаемой грани. Ручной выбор граней сгиба, когда результат, предложенный системой, не удовлетворяет пользователя.

Выбор неподвижной грани. Ручной выбор неподвижной грани, когда результат, предложенный системой, не удовлетворяет пользователя. Опция доступна только при ручном выборе сгибаемых граней.

Отменить выбор всех элементов. Отмена выбора всех элементов и очистка окна операндов.

Создание операции

Для создания операции необходимо выполнить следующие действия.

- ✓ Выбрать тело развёртки. Система автоматически сгибает развёртку в исходное тело.
- ✓ Закончить ввод.

Если результат, автоматически предложенный системой, не удовлетворяет пользователя, нужно выбирать грани гибки вручную.

- ✓ Выбрать грани гибки.
- ✓ Сменить неподвижную грань, если это необходимо.
- ✓ Закончить ввод.

Чертёж листовой детали и её развёртки

Чертежи для листовых деталей оформляются аналогично чертежам обычных деталей (см. раздел **Создание чертежей по 3D модели**).

Для создания чертежа развёртки листовой детали используется специальная команда **Проекция развёртки.** Команда доступна в Ленте в группе **Листовой металл** при активном 2D виде. Если 2D страница в документе не создана, то удобнее предварительно её создать при помощи команд **WSR Разделить по вертикали** или **WSH Разделить по горизонтали** (пиктограммы вызова команд находятся в нижнем левом углу 3D сцены).

Для создания проекции развёртки можно воспользоваться командой:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Проекция развёртки
Клавиатура	Текстовое меню
<3PF>	Операции > Листовой металл> Проекция развёртки

При необходимости чертёж листовой детали и ей развёртки можно разместить на одной странице.

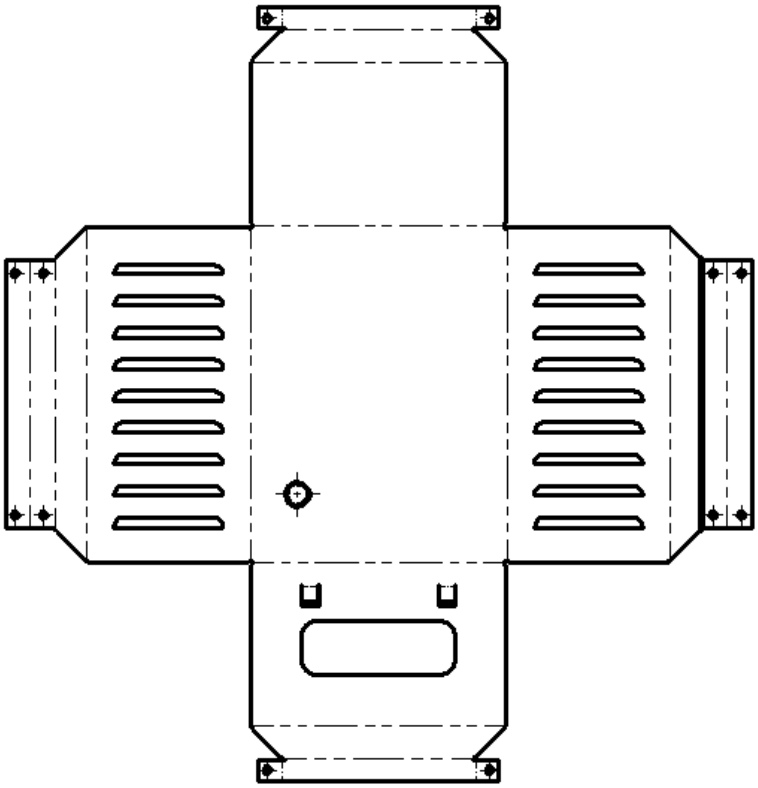
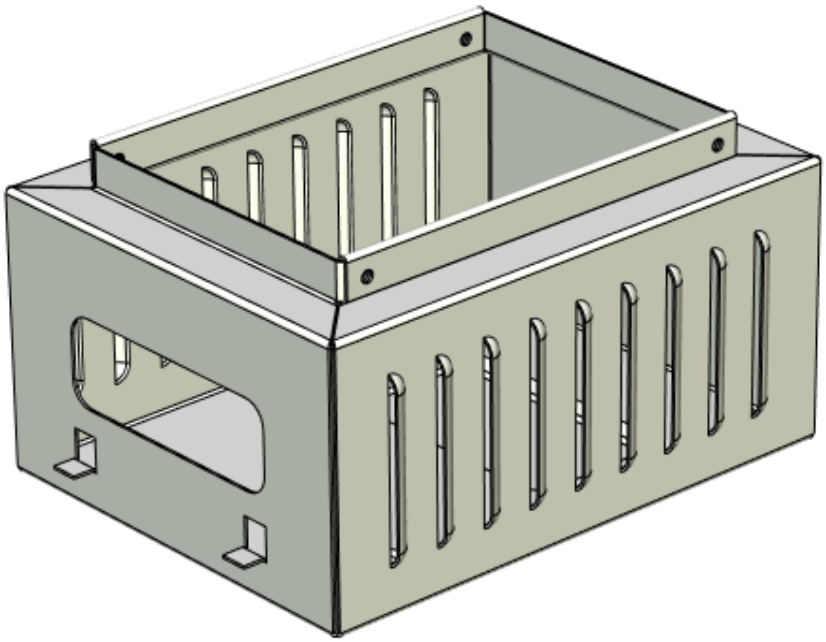


Таблица сгибов

Для работы с таблицами сгибов используются команды **Таблица сгибов** , **Обозначение линии сгиба**  и **Данные для таблицы сгибов** .

С помощью команды **Таблица сгибов** можно создавать на чертеже таблицу, в которую добавляется информация о сгибах всех имеющихся в сцене тел.



Листовая деталь

Номер	Радиус	Угол	Направление
1	1	90	вниз
2	1	90	вниз
3	1	90	вниз
4	1	90	вниз
5	1	90	вниз
6	1	90	вниз
7	1	90	вниз
8	1	90	вниз
9	1	90	вверх
10	1	90	вверх
11	1	90	вверх
12	1	90	вниз
13	1	90	вниз
14	1	90	вниз
15	1	90	вниз
16	0.7	180	вверх
17	0.7	180	вверх
18	1	90	вверх
19	1	90	вверх

Таблица сгибов

Для создания таблицы сгибов можно воспользоваться командой:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Таблица сгибов
Клавиатура	Текстовое меню
<SMO>	Операции > Листовой металл> Таблица сгибов

Команда **Данные для таблицы сгибов** создаёт новую структуру изделия типа «Для таблицы сгибов»:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Данные для таблицы сгибов
Клавиатура	Текстовое меню
<SMT>	Операции > Листовой металл> Данные для таблицы сгибов

В соответствующие колонки структуры изделия добавляется информация о сгибах.

Связ...	Номер гиба	Операция	Радиус	Угол	Направление гиба	Позиция
Тело: Тело_1						
	1	Повторная гибка_1	1	90	вниз	1
	2	Повторная гибка_1	1	90	вниз	2
	3	Повторная гибка_1	1	90	вниз	3
	4	Повторная гибка_1	1	90	вниз	4
	5	Повторная гибка_1	1	90	вниз	5
	6	Повторная гибка_1	1	90	вниз	6
	7	Повторная гибка_1	1	90	вниз	7
	8	Повторная гибка_1	1	90	вниз	8
	9	Повторная гибка_1	1	90	вверх	9
	10	Повторная гибка_1	1	90	вверх	10
	11	Повторная гибка_1	1	90	вверх	11
	12	Повторная гибка_1	1	90	вниз	12
	13	Повторная гибка_1	1	90	вниз	13
	14	Повторная гибка_1	1	90	вниз	14
	15	Повторная гибка_1	1	90	вниз	15
	16	Повторная гибка_1	0.7	180	вверх	16
	17	Повторная гибка_1	0.7	180	вверх	17
	18	Повторная гибка_1	1	90	вверх	18
	19	Повторная гибка_1	1	90	вверх	19

Тип структуры «Для таблицы сгибов» можно также выбрать в окне **Структура изделия** вручную и создать отчёт.

Для проекции разогнутой детали можно добавить обозначения линий сгиба. Для этого используется команда:

Пиктограмма	Лента
	Листовой металл → Обозначение линии сгиба
Клавиатура	Текстовое меню
<SMZ>	Операции > Листовой металл> Обозначение линии сгиба

Если в документе нет структуры изделия для таблицы сгибов, то, при вызове этой команды, таблица сгибов будет создана автоматически.

После вызова команды нужно указать на чертеже все обозначения, которые нужно добавить на чертёж, и нажать .

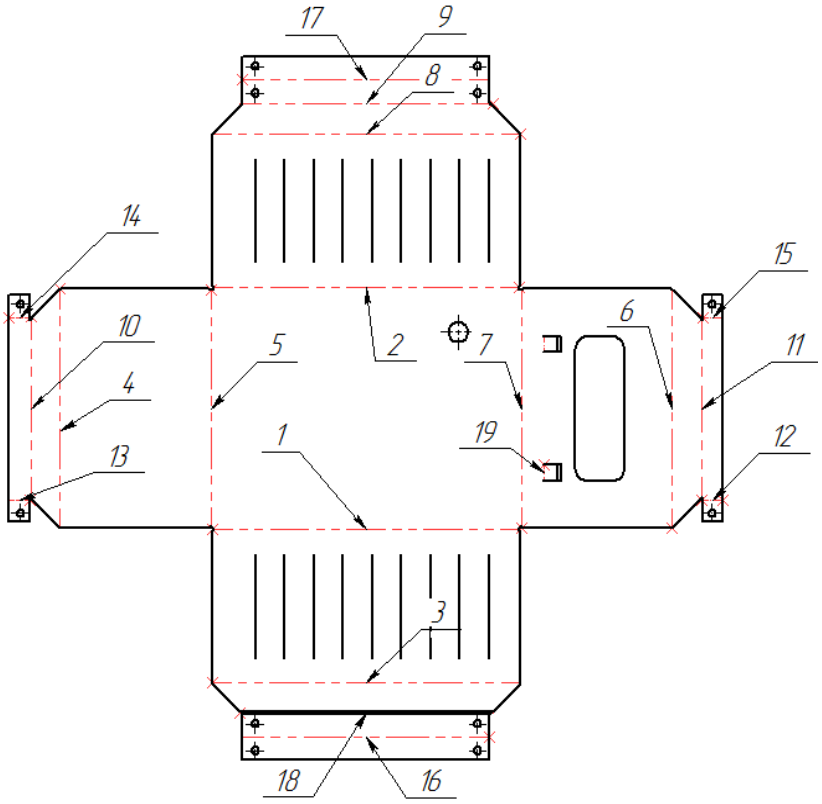


Чертёж развёртки с обозначенными линиями сгиба

Операции для работы с гранями

Операции для работы с гранями

Набор команд, объединённых в группу под названием «Грани», предназначен для работы непосредственно с гранями тел, что бывает необходимо при специализированном моделировании, при работе с импортированными из других систем 3D моделями или при подготовке 3D моделей к анализу методом конечных элементов.

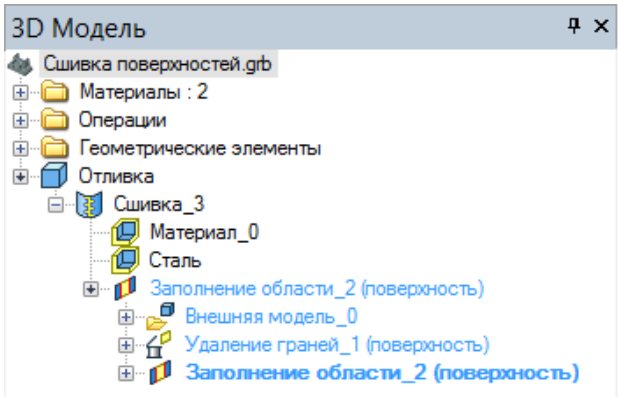
В результате применения команд создаются операции, которые добавляются в структуру модели. Таким образом, при возможных модификациях модели обеспечивается корректность пересчёта и результата.

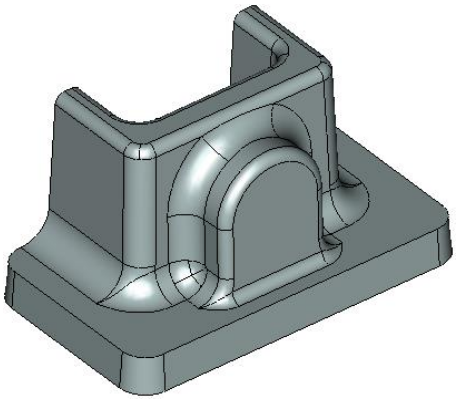
Набор команд для работы с гранями включает следующие команды:

- ✓ Сшивка
- ✓ Разделение граней
- ✓ Удаление граней
- ✓ Отделение граней
- ✓ Замена граней
- ✓ Изменение граней
- ✓ Перемещение граней
- ✓ Расширение поверхностей
- ✓ Заполнение области

Команды могут быть вызваны с помощью текстового меню **Операции**, группа **Грани**. Кроме этого, некоторые команды могут быть вызваны из контекстного меню, появляющегося после при выборе одной или нескольких граней или замкнутой последовательности рёбер.

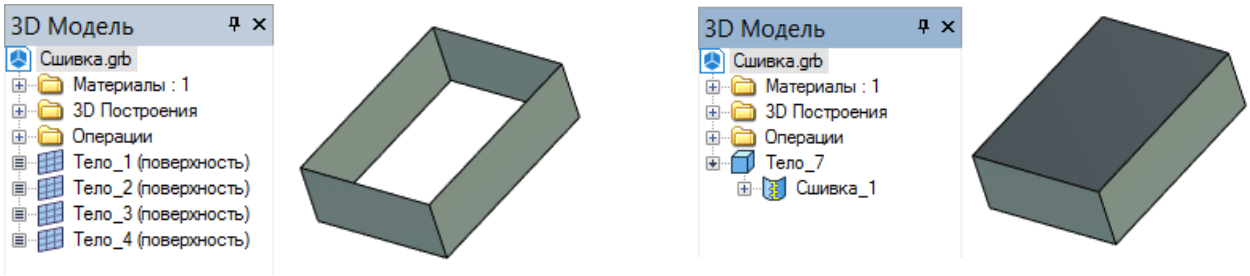
Аналогично другим операциям, команды для работы с гранями определённым образом отображаются в окне **Структура 3D модели**.





Сшивка

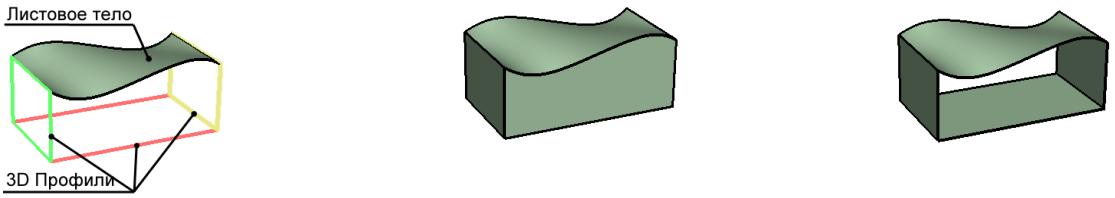
Данная команда позволяет объединить набор разрозненных поверхностей в одно листовое тело и, если необходимо, создать из них замкнутый объём и получить твёрдое тело.



Для создания операции необходимо определить набор исходных (объединяемых) поверхностей. В качестве исходных поверхностей могут быть выбраны 3D профили, грани или операции. В последнем случае операция должна представлять собой листовое тело, например, результат выталкивания или вращения проволочного контура, импорта поверхности из других приложений.

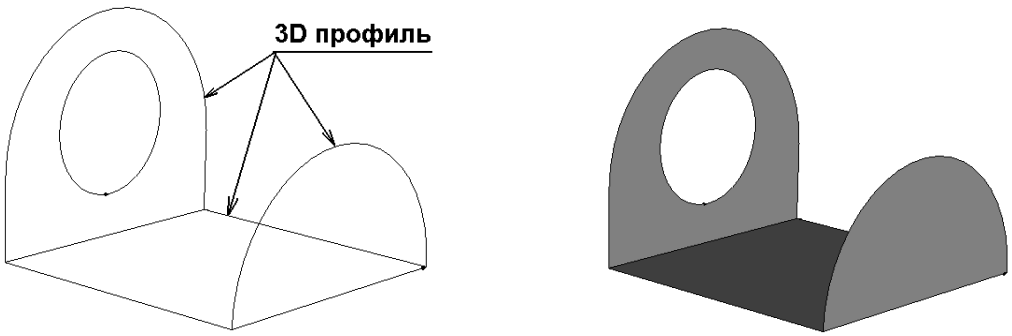
Сшиваемые поверхности должны быть смежными и не перекрывающимися.

В результате сшивки может быль получено либо твёрдое тело, либо новое листовое тело. По умолчанию создаётся твёрдое тело. При этом система пытается достроить недостающие грани до получения замкнутого объёма.



Исходная модель | Создание твёрдого тела | Создание листового тела

В некоторых случаях (например, если достраиваемая поверхность должна иметь больше одной грани) создание твёрдого тела невозможно.



Для вызова команды **3SS: Сшить поверхности** используется:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Специальные → Грани → Сшивка Грани → Операции → Сшивка
Клавиатура	Текстовое меню
<3SS>	Операции > Грани > Сшивка

Для выполнения команды необходимо выполнить следующие действия:

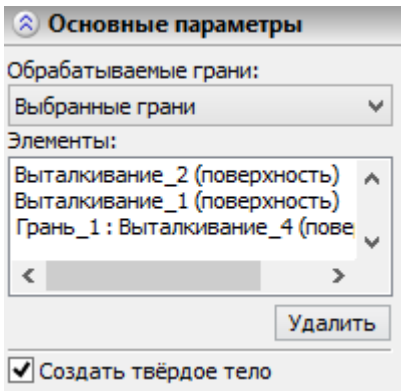
- ✓ Выбрать сшиваемые поверхности;
- ✓ Задать дополнительные параметры (необязательное действие);
- ✓ Подтвердить создание операции.

Выбор сшиваемых поверхностей

Для создания сшивки необходимо указать 3D элементы, определяющие набор сшиваемых поверхностей. Сделать это можно с помощью следующих опций автоменю:

	<R>	Выбрать 3D профиль
	<F>	Выбрать грань
	<O>	Выбрать листовое тело

Выбранные 3D элементы заносятся в список **Элементы** в окне свойств команды.



При выборе граней какого-либо тела (или нескольких тел) можно дополнительно указать системе, какой набор граней данного тела (тел) использовать в сшивке: **выбранные** или **все, кроме выбранных**. Делается это с помощью параметра **Обрабатываемые грани**. В остальных случаях (при выборе 3D профилей или целиком операций) данный параметр не оказывает влияния на результат сшивки.

Отменить выбор 3D элемента можно двумя способами:

- Повторно выбрать этот элемент в 3D сцене с помощью ;
- Выбрать его в списке “Элементы” в окне свойств команды и нажать **[Удалить]**.

Для отмены выбора сразу всех элементов используется опция:

	<K>	Отменить выбор всех элементов

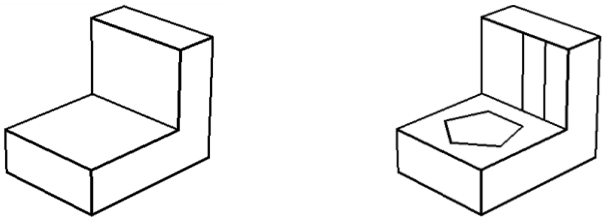
Задание дополнительных параметров

Флажок **Создавать твёрдое тело** в окне свойств команды указывает, нужно ли создавать из сшиваемых граней твёрдое тело. Данная опция включена по умолчанию.

Сшивку можно использовать для создания поверхности по одной или нескольким граням тела. Для этого достаточно выбрать эту грань или грани в качестве сшиваемых. Флажок “Создать твёрдое тело” должен быть снят. В результате будет создано новое листовое тело. В дальнейшем его можно использовать для построения эквидистантной поверхности операцией “Оболочка”.

Разделение граней

Данная команда предназначена для формирования на уже существующих гранях новых участков заданной формы. В частности, это бывает нужно при создании линий и поверхностей разъема или подготовке 3D модели к анализу методом конечных элементов, например, чтобы правильно приложить нагрузку.



Разделяемыми элементами (то есть элементами, на которых будут сформированы новые грани) могут быть как одна или несколько граней, так и операция целиком. В зависимости от метода разделения, форма нового участка определяется либо на основе формы разделяющего элемента (Грани, Рёбра, 3D Профиля, Операции), либо на основе геометрии разделяемого элемента.

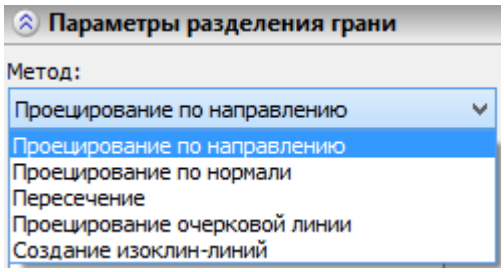
Для разделения граней используется команда **3ZS: Разделить грань**:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Специальные → Грани → Разделение граней Грани → Операции → Разделение граней
Клавиатура	Текстовое меню
<3ZS>	Операции > Грани > Разделение граней

Для создания операции необходимо выполнить следующий набор действий:

- ✓ Выбрать метод разделения.
- ✓ Выбрать разделяемые объекты.
- ✓ Выбрать разделяющие объекты (необязательное действие).
- ✓ Задать направление (необязательное действие).
- ✓ Подтвердить создание операции.

Выбор метода разделения

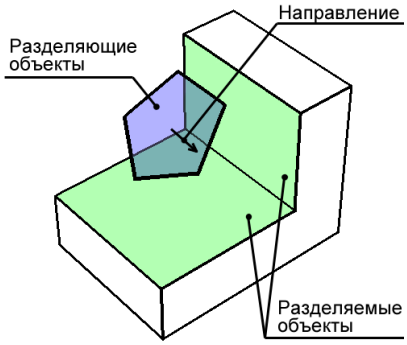


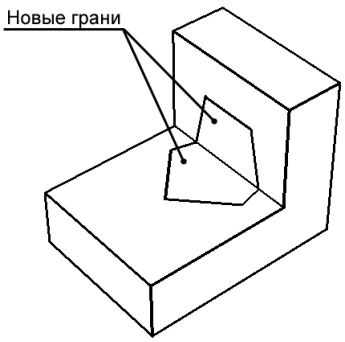
Метод разделения определяет, каким образом будут определяться границы новых граней, и какие данные будет необходимо задать.

Выбор метода разделения производится с помощью выпадающего списка, расположенного в верхней части окна свойств. При входе в команду, по умолчанию выбран метод «Проецирование по направлению».

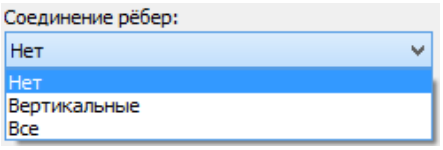
Проецирование по направлению

При данном методе разделяющие объекты проецируются на разделяемые объекты по заданному направлению.



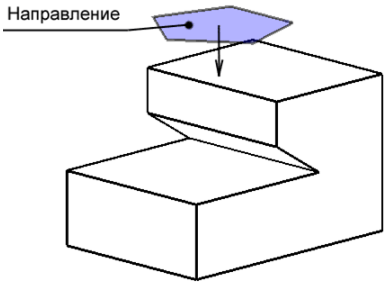


При использовании данного метода необходимо задать разделяющий и разделяемый объекты. Кроме этого должно быть задано направление проецирования. Если разделяющий объект – это плоский 3D профиль, за направление берётся нормаль к 3D профилю. При этом необходимо следить, чтобы профиль проецировался в сторону разделяемых объектов. В других случаях необходимо задать направление вручную.



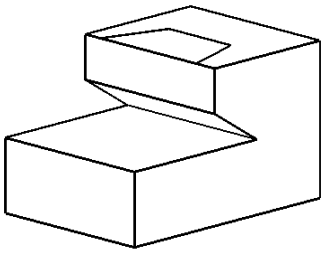
Может оказаться, что разделяющие объекты проецируются вдоль поверхности или даже на обратную сторону поверхности. Опция «Соединение рёбер», появляющаяся после выбора разделяющего элемента (и при использовании метода «Проецирование по направлению»), позволяет выбрать режим соединения рёбер в данном случае.

«Нет» значит, что программа попытается создать новые рёбра только на тех гранях, которые видны при взгляде в заданном направлении.

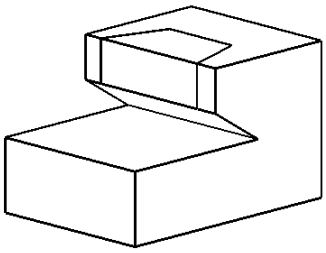


«Вертикальные» значит, что программа попытается создать новые рёбра на тех гранях, которые видны при взгляде в заданном направлении или параллельны ему. «Все» значит, что программа попытается создать рёбра на всех гранях, в том числе и на гранях невидимых при взгляде в заданном направлении. При этом необходимо, чтобы новые рёбра на гранях, которые невидимы при взгляде в заданном направлении, имели возможность соединиться с новыми рёбрами на других гранях.

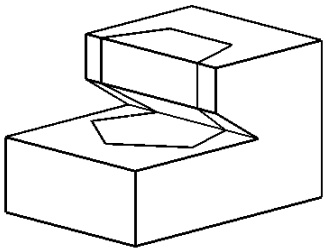
На рисунках ниже показан пример работы каждой опции.



Нет

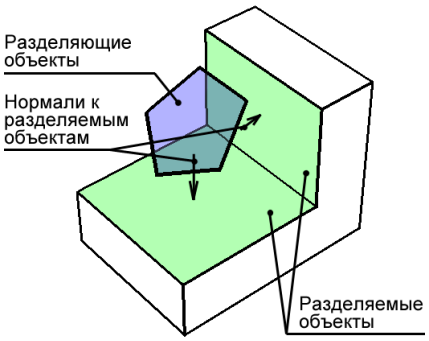


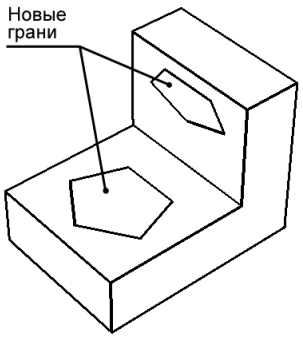
Вертикальные



Все

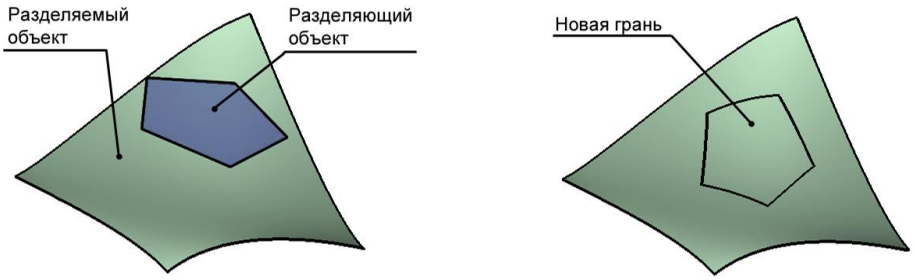
Проецирование по нормали





При данном методе границы новых граней определяются проецированием разделяющих объектов на каждый разделяемый объект по нормали к разделяемым объектам. Необходимо задать только разделяющие и разделяемые объекты.

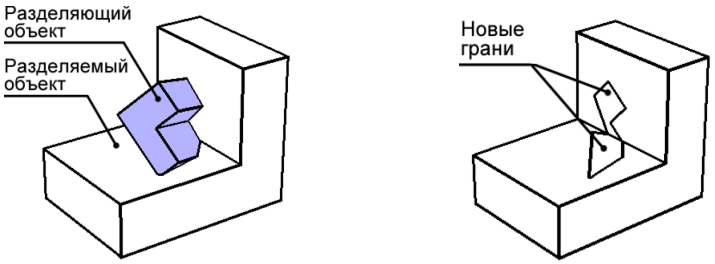
Если разделяемый объект не плоскость, то в каждой точке поверхности может быть своя нормаль. В таком случае, разделяющий объект проецируется на разделяемый следующим образом: точка на ребре разделяющего объекта проецируется в ту точку разделяемого объекта, нормаль которой пересекает точку на ребре разделяющего объекта.



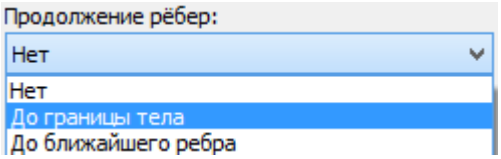
Важно, чтобы все точки разделяющего объекта проецировались на поверхность разделяемого объекта лишь один раз, иначе команда не будет выполнена.

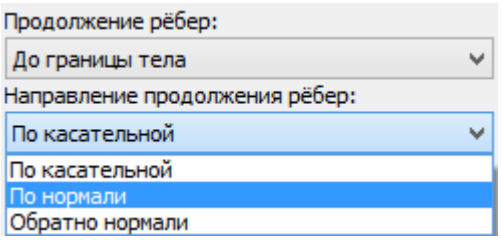
Пересечение

В данном методе границами новых граней становятся линии пересечения разделяющего и разделяемого объекта.

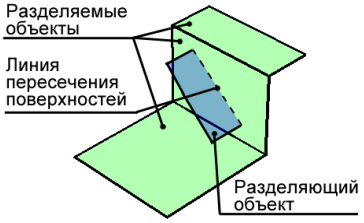


Необходимо задать разделяющий и разделяемый объекты. Если в качестве разделяемого и разделяющего объектов выбраны листовые тела, в окне свойств появляются параметры **Продолжение рёбер** и **Направление продолжения рёбер**.

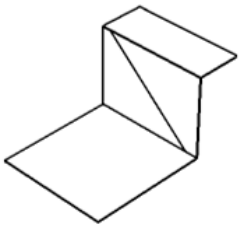




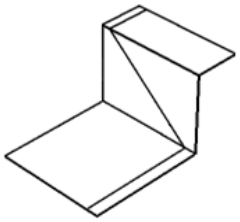
Они могут использоваться в том случае, если грань разделяющего листового тела не полностью пересекает разделяемый объект. В этом случае, если у **Продолжение рёбер** установлено **Нет**, никаких новых рёбер после завершения команды не появится.



Если же установлено **До ближайшего ребра** или **До границы тела**, линия пересечения тел будет продолжена (в первом случае до ближайшего рёбра, во втором – через все тело), и она сформирует ребро.

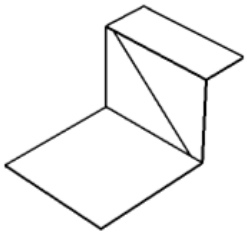


Ребро продолжено до ближайшего рёбра

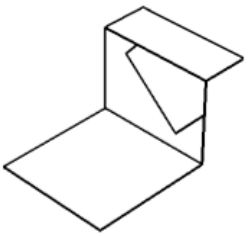


Ребро продолжено до границы тела

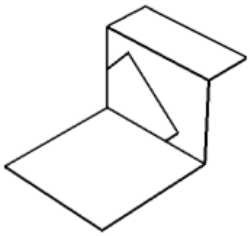
Опция **Направление продолжения рёбер** позволяет указать в каком направлении будет продолжено ребро: либо по касательной к положению рёбра, либо по нормали (обратно нормали). Влияние каждого параметра показано на рисунке ниже.



Направление по касательной



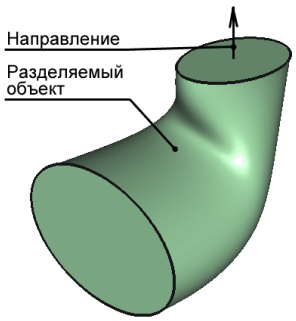
По нормали

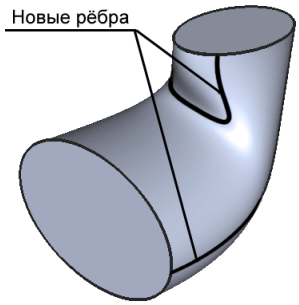


Обратно нормали

Проецирование очерковой линии

В данном методе границами новых граней становится очерковая линия разделяемого объекта.



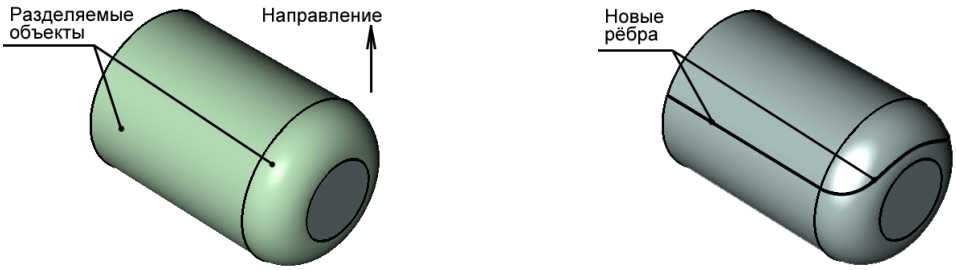


Необходимо задать разделяемый объект и направление.

Создание изоклин-линий

При использовании этого метода границами новых граней становится изоклина – линия, в каждой точке которой поверхность, касательная к разделяемой поверхности, находится под заданным углом к выбранному направлению. В 2D это легко изобразить схематично (рисунок слева). В 3D программа находит набор точек – линию.





Изоклины удобно использовать при проектировании пресс-форм. В некоторых случаях необходимо создать изоклину, чтобы использовать операцию «Уклон».

Выбор разделяемых объектов

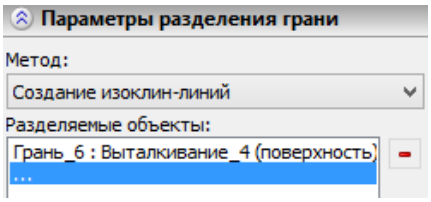
Разделяемые объекты – это те объекты, которые будут разделены в процессе проведения операции.

> В качестве разделяемых элементов могут быть выбраны многоконтурные операции и профили.

Для входа в режим выбора разделяемых объектов можно либо воспользоваться опциями автоменю

	<B>	Выбор разделяемых операций
	<F>	Выбор разделяемых граней

Для выбора другим способом нужно поместить курсор в свободную строку поля **Разделяемые объекты**. После этого в 3D окне можно выбрать необходимые грани или операции.



При выборе в качестве разделяемого объекта операции будут выбраны все грани операции. Если после пересчёта количество граней у исходной операции изменится, программа это учтёт.

Для отмены выбора используется опция:

	<R>	Отменить выбор разделяемых объектов

Выбор разделяющих объектов

Выбор разделяющих объектов может производиться только если используется метод разделения **Проецирование по направлению**, **Проецирование по нормали** или **Пересечение**. В других случаях выбирать разделяющие объекты не нужно.

> В качестве разделяющих элементов могут быть выбраны многоконтурные операции и профили.

В первых двух случаях есть возможность использовать опцию:

	<C>	Выбор разделяющих контуров

Она позволяет выбрать элементы (3D Пути, Рёбра, Профили, Грани и Циклы), определяющие границы новых граней.

Если выбран метод **Пересечение**, используется либо опция:

	<O>	Выбор разделяющих операций

(в этом случае программа будет искать пересечение со всеми гранями операции), либо опция:

	<A>	Выбор разделяющих граней

(программа будет учитывать только выбранные грани).

Если в качестве разделяемого объекта выбрана операция, есть возможность в качестве разделяющего объекта выбрать плоскость. При этом используется опция:

	<P>	Выбор разделяющей плоскости

Для отмены выбора используется опция:

	<K>	Отменить выбор разделяющих объектов

Задание направления

Направление необходимо задавать, если используется метод разделения **Проецирование по направлению**, **Проецирование очерковой линии** или **Создание изоклин-линий**. Во всех случаях направление можно задать с помощью выбора двух 3D узлов. При этом используются опции:

	<1>	Выбрать первую точку
	<2>	Выбрать вторую точку

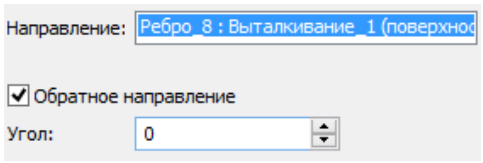
Можно также использовать опцию:

	<D>	Выбор направления проецирования

Она позволяет выбирать элементы для непосредственного указания направления.

Необходимо, чтобы профиль проецировался в сторону разделяемых объектов, иначе после подтверждения создания операции программа выдаст сообщение об ошибке пересчета модели.

Если направление проецирования указывает от разделяемых объектов, то для изменения выбранного направления на противоположное можно использовать флажок **Обратное направление**, расположенный в нижней части окна свойств.

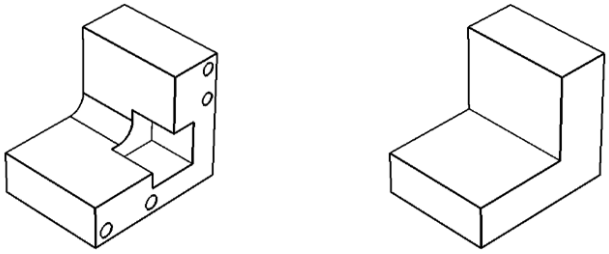


Для отмены выбора:

	<U>	Отменить выбор направления проецирования

Удаление граней

Данная команда позволяет удалить одну или несколько выбранных граней. Удаление граней приводит к нарушению топологии твёрдого тела. В нём образуются пустоты, нарушающие замкнутый объём. При необходимости система может попытаться ликвидировать их разными методами. Иначе результат будет представлять листовое тело.



Операция используется при поверхностном и твердотельном моделировании, когда требуется локальное изменение топологии модели без изменения исходных связей. Также она может быть полезной при подготовке модели к расчёту методом конечных элементов, например, для удаления мелких, несущественных для расчёта, элементов модели.

Удаляемые грани могут указываться непосредственно, при этом выбираются именно те грани, которые необходимо удалить. Однако грани могут указываться и косвенно. В этом случае выбирается либо ограничивающая удаляемые грани последовательность рёбер, либо грань, от которой зависят удаляемые грани.

Команду **3ZD: Удалить грани** можно вызвать посредством:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Специальные → Грани → Удаление граней Грани → Операции → Удаление граней
Клавиатура	Текстовое меню
<3ZD>	Операции > Грани > Удаление граней

При работе с командой необходимо выполнить следующие действия:

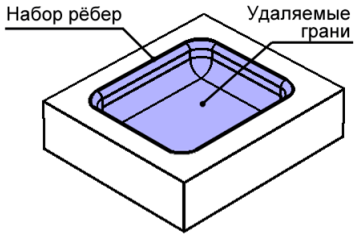
- ✓ Выбрать удаляемые грани.
- ✓ Выбрать способ удаления.
- ✓ Подтвердить создание операции.

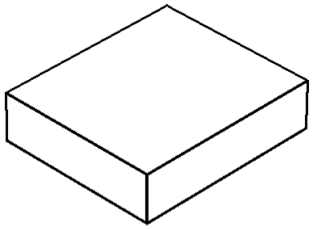
Выбор удаляемых граней

Опция «Выбрать объекты» предназначена для выбора объектов, определяющих, какие грани будут удалены:

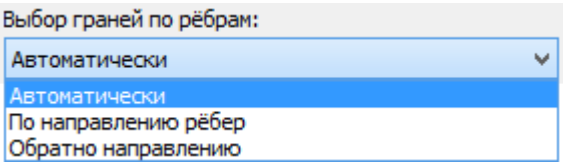
	<F>	Выбрать объекты

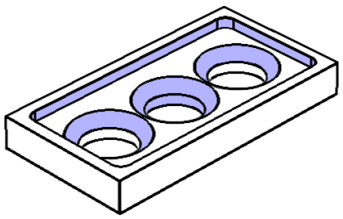
По умолчанию есть возможность выбора граней, рёбер и циклов. В простейшем случае можно выбрать те же грани, которые необходимо удалить. Но кроме этого есть удобная возможность выбрать замкнутую последовательность рёбер, определяющую удаляемые грани (выбранные элементы заносятся в список **Удаляемые грани**). Такая возможность позволяет не только ускорить процесс выбора удаляемых граней. Если модель будет параметрической, и при её изменении в удаляемой области появится новая грань, программа это учтёт.





Замкнутая последовательность рёбер разделяет грани тела на два набора: один удаляется, другой остаётся. Для определения того, какой именно набор граней будет удалён, используется опция «Шаблон для выбора граней». По умолчанию опция установлена на «Автоматически» – программа удаляет тот набор граней, чья площадь минимальна.





Опции «По направлению» и «Обратно направлению» позволяют самостоятельно выбирать удаляемый набор граней. Удаляемый набор граней автоматически подсвечивается в 3D окне.

Следует отметить, что можно выбирать несколько наборов замкнутых рёбер одновременно (они не должны пересекаться и могут быть вложенными). Это делает возможным выделение более сложных наборов удаляемых граней.

При выборе набора рёбер по умолчанию включена опция:

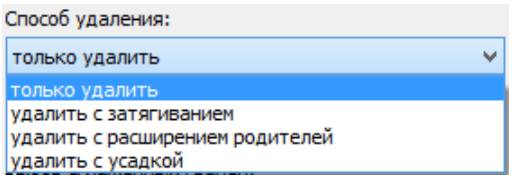
	<G>	Режим выбора последовательности гладко сопряжённых рёбер

Если нужно выбирать рёбра по отдельности, данную опцию следует отключить.

Выбор способа удаления

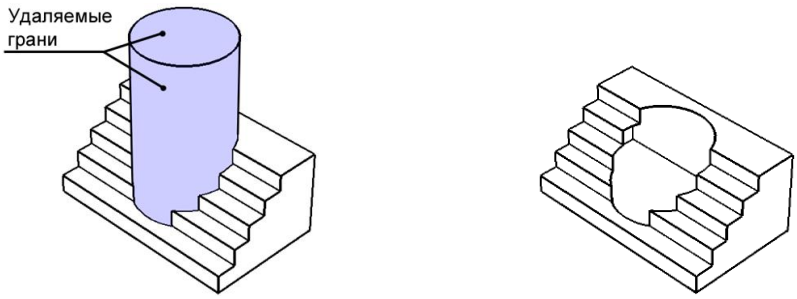
«Способ удаления» определяет действия программы после того, как выбранные элементы были удалены: нужно ли замкнуть образовавшиеся пустоты и как это сделать.

Способ можно выбрать в окне свойств из выпадающего списка. При входе в команду выбран способ «Удалить с затягиванием».



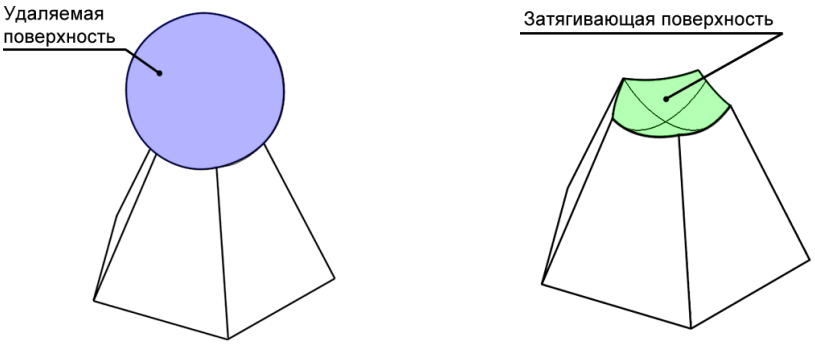
Только удалить

При данном методе программа только удаляет выбранные грани, ничего не делая с получившимся в модели отверстием. Если исходная операция была твёрдым телом, то после проведения удаления модель лишится замкнутого объёма и станет листовым телом.



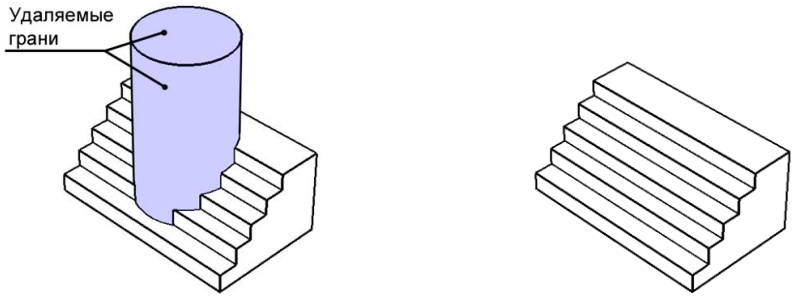
Удалить с затягиванием

При данном методе после удаления граней программа пытается сформировать поверхность, которая сможет затянуть получившееся отверстие. Затягивающая поверхность должна содержать все рёбра отверстия. В результате данный метод работает в тех случаях, когда все рёбра окружающие пустоты получены при пересечении с единой поверхностью. Эта поверхность и становится затягивающей.



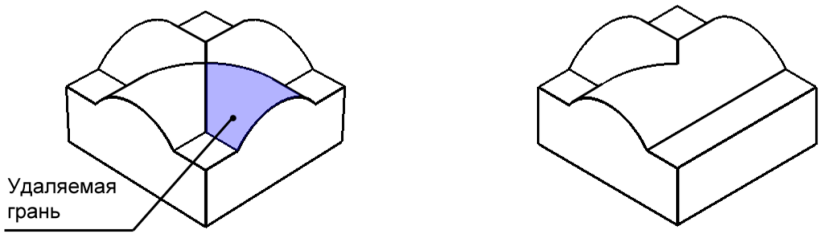
Удалить с расширением родителей

При данном методе программа пытается замкнуть образовавшиеся при удалении поверхностей пустоты, путём расширения граней, смежных удаляемым граням.



Удалить с усадкой

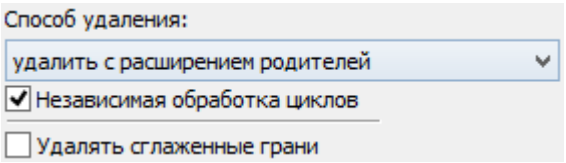
При данном методе программа пытается замкнуть образовавшиеся при удалении поверхностей пустоты не только путём расширения граней смежных удаляемым (как в предыдущем методе), но и путём их обрезки.



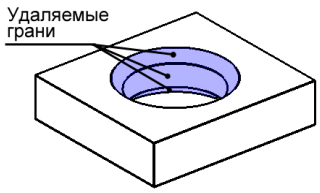
Дополнительные параметры

После выбора способа удаления и удаляемых граней можно задать некоторые дополнительные параметры.

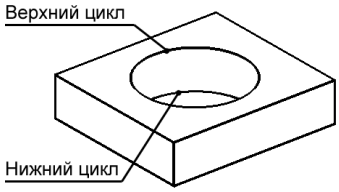
При удалении поверхностей может образоваться несколько наборов новых циклов (рёбер), ограничивающих пустоты модели. По умолчанию, при обработке модели программа пытается обработать все эти циклы одновременно. При этом формируется затягивающая поверхность, проходящая через все циклы (линейчатая поверхность). Но бывают случаи, когда необходимо для каждого цикла сформировать свою затягивающую поверхность. Опция «Независимая обработка циклов» позволяет это учесть.



Работу этой опции можно продемонстрировать на примере отверстия с двумя фасками: удаляется поверхность отверстия и две фаски. В процессе работы команды грани отверстия удаляются, и образуются два цикла (верхний и нижний), ограничивающие получившуюся в теле пустоту.

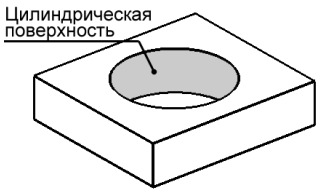


Исходная модель

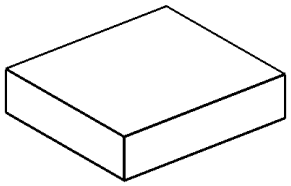


Промежуточная стадия

Если опция «Независимая обработка циклов» отключена, программа, чтобы замкнуть пустоты, объединит два цикла, и получится ещё одно отверстие большего диаметра, чем первоначальное. Если же опция «Независимая обработка циклов» включена, программа обработает каждый цикл по отдельности (в данном случае закрыв их плоской поверхностью), и отверстие полностью пропадёт.

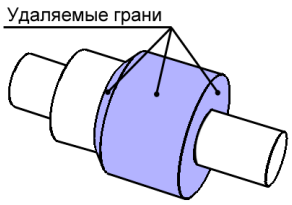


Независимая обработка циклов отключена

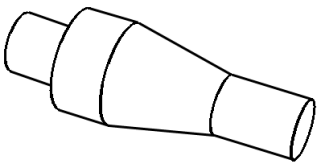


Независимая обработка циклов включена

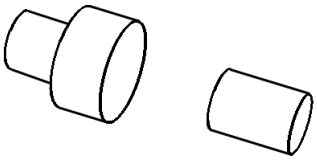
При использовании опции «Независимая обработка циклов», может возникнуть ситуация, когда в результате операции будут созданы два (или более) тела, вместо одного.



Исходная модель



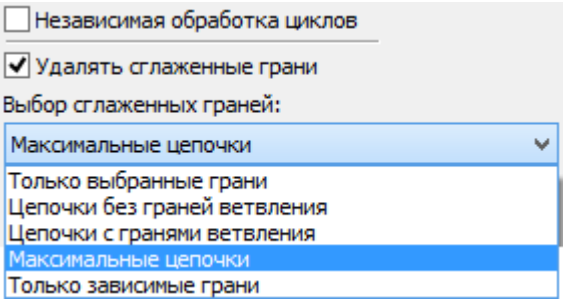
Независимая обработка циклов отключена



Независимая обработка циклов включена

Опция «Удалять сглаженные грани» - специально предназначена для тех случаев, когда необходимо удалить грани, полученные сглаживанием.

Часто при удалении сглаживаний бывает необходимо удалить не только конкретную грань сглаживания, но и некоторые другие грани, без удаления которых правильно замкнуть образовавшиеся в модели пустоты нельзя.

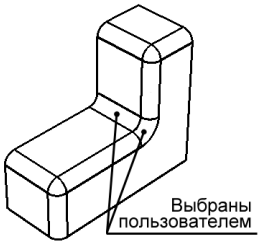


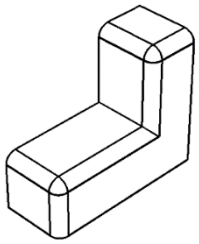
Кроме этого, иногда необходимо удалить все сглаженные грани, прилегающие к какой-то плоской грани. Конечно, эти грани можно выбрать вручную, но гораздо более удобно выбрать только плоскую грань. Это даёт программе возможность выбрать удаляемые грани сглаживания автоматически. При таком автоматическом выборе граней модель будет оставаться параметрической, и если количество граней сглаживания изменится, программа это учтёт.

Опция **Выбор сглаженных граней**, позволяет указать программе, какие грани следует выбирать и удалять автоматически. Есть несколько вариантов выбора сглаженных граней.

Только выбранные грани

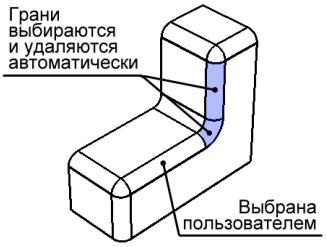
Программа будет пытаться удалить только те грани, которые непосредственно выбраны пользователем.

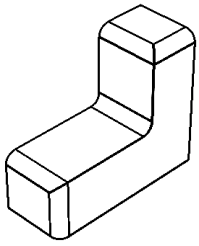




Цепочки без граней ветвления

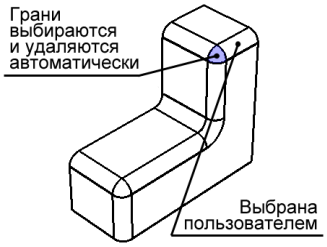
Автоматически для удаления будет выбрана гладкая последовательность граней сглаживания, вплоть до граней после которого образуется несколько цепочек сглаженных граней (до граней ветвления).

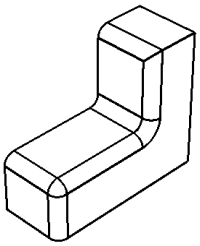




Цепочки с гранями ветвления

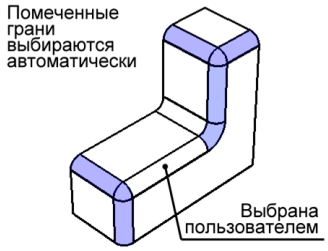
Автоматически будет выбрана гладкая последовательность граней сглаживания, до граней ветвления, включая их.

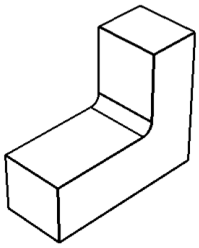




Максимальные цепочки

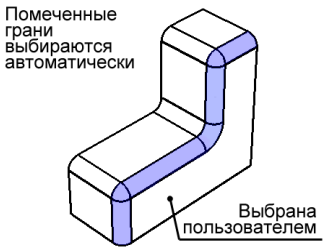
Автоматически будет выбрана гладкая последовательность всех граней сглаживания.

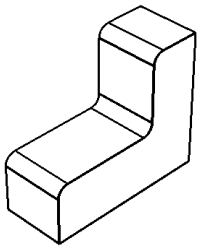




Только зависимые грани

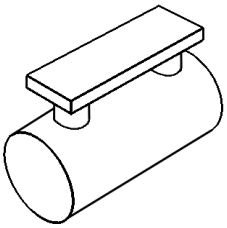
Автоматически будут выбраны только грани сглаживания, зависимые от граней выбранных пользователем. Выбранные грани удалены не будут.

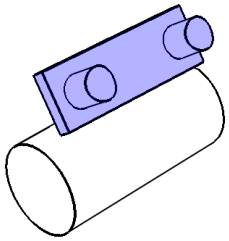




Отделение граней

Данная команда позволяет исключить выбранные грани из уже существующего тела и создать на их основе новое тело. Получившиеся при этом пустоты в телах могут быть замкнуты одним из нескольких способов.





При выборе отделяемых граней, то есть тех граней, которые будут исключены из уже существующего тела, используется тот же механизм, что и в команде **3ZD: Удаление граней.** Отделяемые грани можно задать напрямую или косвенно.

Команду **3ZX: Отделить грани** можно вызвать посредством:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Специальные → Грани → Отделение граней Грани → Операции → Отделение граней
Клавиатура	Текстовое меню
<3ZX>	Операции > Грани > Отделение граней

Для создания операции необходимо выполнить следующий набор действий:

1. Выбрать отделяемые грани.
2. Указать методы обработки исходных и отделяемых граней (необязательное действие).
3. Подтвердить создание операции.

Выбор отделяемых граней

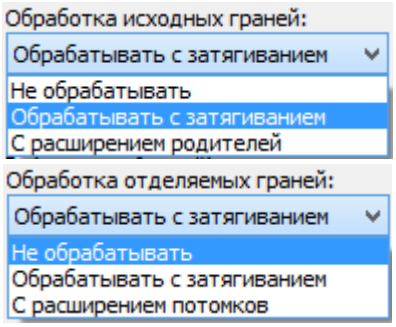
Для выбора отделяемых граней используется опция:

	<O>	Выбрать объекты

При использовании этой опции есть возможность указывать не только грани конкретные, которые будут отделены, но и рёбра с циклами, которые будут определять набор отделяемых граней. Все выбранные элементы автоматически попадают в список отделяемых граней.

Указание методов обработки исходных и отделяемых граней

В результате отделения граней от исходного тела, в исходном и результирующем телах могут образоваться пустоты, нарушающие замкнутый объём. Опции «Обработка исходных граней» и «Обработка отделяемых граней» позволяют выбрать метод обработки этих пустот. Набор методов для исходных и для отделяемых граней совпадает.



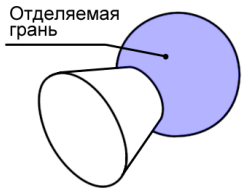
Следует отметить, что исходные грани и отделяемые грани либо обрабатываются («С затягиванием» или «С расширением потомков/родителей»), либо не обрабатываются.

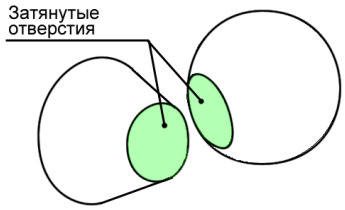
Не обрабатывать

В этом случае программа не ведёт обработку образовавшихся пустот. Результирующие тела получаются листовыми.

Обрабатывать с затягиванием

Программа пытается обработать образовавшиеся пустоты путём создания единой затягивающей поверхности. Затягивающая поверхность должна содержать все рёбра, ограничивающие пустоты тела. Поэтому данный метод работает в том случае, если эти рёбра получены при пересечении тела с одной поверхностью.

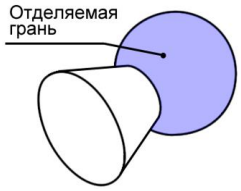


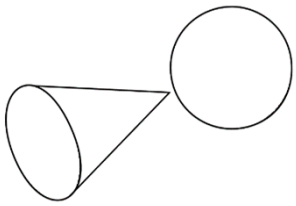


В зависимости от геометрии исходной модели и выбранных для отделения граней, в результате операции может получиться более двух тел. В дереве модели у результирующих тел ссылки на исходную операцию («Разделение граней») будут называться: у первых двух тел - «Первая часть» и «Вторая часть», у остальных – «Часть», «Часть_0», «Часть_1» и т.п.

Обрабатывать с расширением родителей (потомков)

В этом случае программа пытается обработать образовавшиеся пустоты путём расширения граней, смежных пустотам (граней-потомков или граней-родителей).



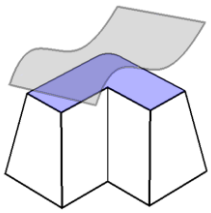


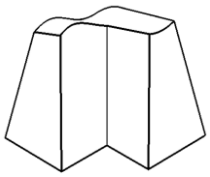
В зависимости от геометрии исходной модели и выбранных для отделения граней, в результате операции могут получиться более чем два тела.

Для достижения необходимого результата для исходных и результирующих граней можно применять разные методы обработки пустот (кроме случая «Не обрабатывать»).

Замена граней

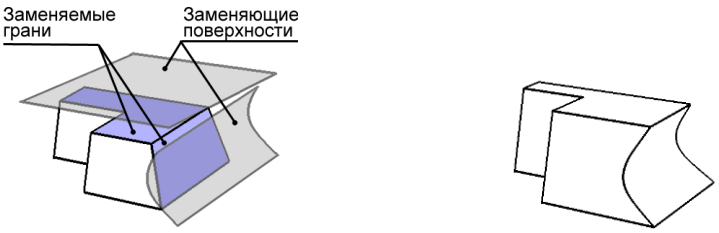
Команда позволяет заменить геометрическую поверхность, лежащую в основе выбранной грани, другой геометрической поверхностью.



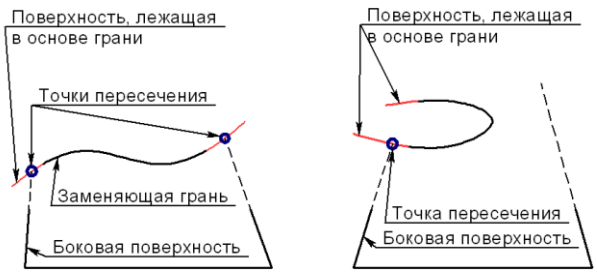


Обычно при использовании команды попарно выбираются заменяемые грани и заменяющие поверхности (путём выбора элементов, в основе которых лежат эти поверхности). Поверхность, лежащая в основе заменяемой грани подменяется на заменяющую поверхность. В результате этого заменяемая грань изменяет свою форму в соответствии с формой заменяющей поверхности. Ограничивающие заменяемую грань смежные грани продлеваются или обрезаются до пересечения

с заменяющей поверхностью. Если выбрано сразу несколько пар заменяемых граней и заменяющих поверхностей, эта процедура производится для каждой пары.



Возможно, что при продлении смежных граней, не будет найдено пересечений смежных граней с заменяющими поверхностями. Тогда выполнение команды закончится сообщением об ошибке.



Команда будет выполнена Команда не будет выполнена

Команда **3ZR: Заменить грани** может быть вызвана следующим образом:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Специальные → Грани → Замена граней Грани → Операции → Замена граней
Клавиатура	Текстовое меню
<3ZR>	Операции > Грани > Замена граней

Для создания операции необходимо выполнить следующий набор действий:

- ✓ Выбрать наборы (пары) заменяемых граней и заменяющих поверхностей.
- ✓ Задать дополнительные параметры (необязательное действие).
- ✓ Подтвердить создание операции.

Выбор заменяемых и заменяющих граней

Есть возможность выбрать несколько пар заменяемых граней и заменяющих поверхностей.

Для выбора заменяемых граней используется опция:

	<F>	Выбор заменяемых граней

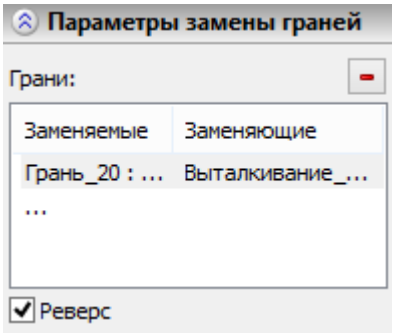
Заменяемая грань может принадлежать тонкостенному телу, но при этом она должна быть со всех сторон «окружена» смежными гранями.

Для выбора заменяющих поверхностей используется опция:

	<R>	Выбор заменяющих поверхностей

При использовании данной опции используется стандартный механизм выбора поверхностей.

Также для входа в режим выбора заменяемой грани и заменяющей поверхности можно использовать окно свойств. Работа со списком **Грани** ведётся аналогично работе с другими подобными списками.

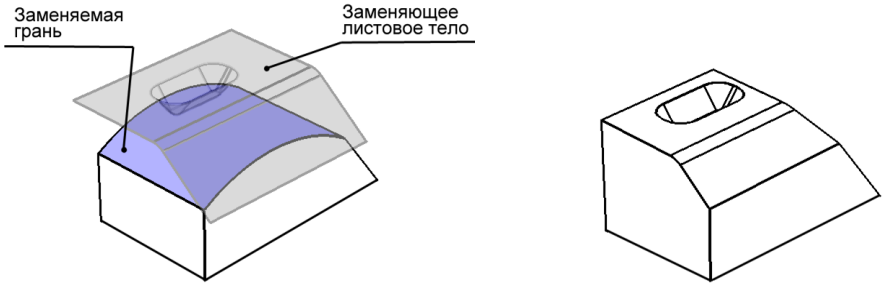


Кроме простого выбора заменяющих поверхностей есть возможность выбрать листовое тело. Для этого используется опция:

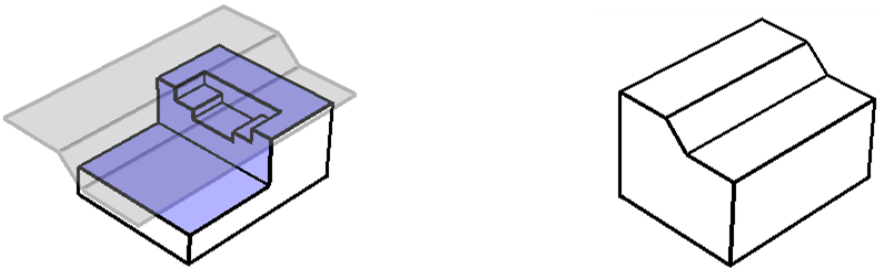
	<S>	Выбрать листовое тело

При использовании данной опции есть возможность выбирать листовые тела, грани и 3D профили.

Заменяемые грани будут заменены одной или несколькими новыми гранями, повторяющими форму заменяющего листового тела.



Несмотря на то, что листовое тело может быть только одно, можно выбрать сразу несколько заменяемых граней.



В случае использования листового тела, в заменяемых гранях не может быть отверстий, иначе команда не будет выполнена. Кроме этого, заменяющее листовое тело должно быть достаточно большим, чтобы при продлении смежных граней было найдено их пересечение с заменяющим листовым телом.

Для отмены выбора конкретной пары заменяемая грань – заменяющая поверхность, можно использовать окно свойств и кнопку . А для отмены выбора всех граней можно использовать

	<X>	Отменить выбор всех граней

Выбор заменяющего листового тела можно отменить с помощью опции:

	<K>	Отмена выбора листового тела

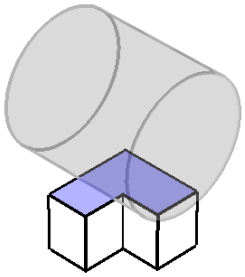
Задание дополнительных параметров

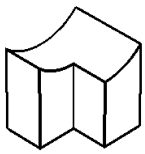
Как уже было написано, в процессе выполнения операции «Замена граней» смежные грани увеличиваются или уменьшаются до пересечения с заменяющими поверхностями. Если таких пересечений существует два, то какое из них выберет программа? По умолчанию выбирается пересечение с той частью поверхности, нормаль которой указывает в направлении заменяемых граней.

Но бывают случаи, когда необходимо, чтобы программа выбрала второй из вариантов пересечений. Для этого используется параметр «Реверс», расположенный в нижней части окна свойств.

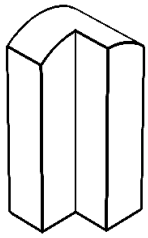


Если флажок включён, программа выберет пересечение с той частью заменяющей поверхности, нормаль которой направлена от заменяемой грани.





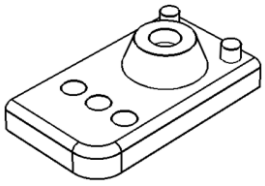
«Реверс» не используется

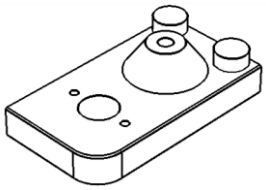


«Реверс» используется

Изменение граней

Команда позволяет изменять параметры граней, в основе которых лежат аналитические поверхности (цилиндр, конус, сфера и тор), а также параметры граней, полученных с помощью операции сглаживание. Чаще всего команда необходима при работе с импортированными моделями.





При работе с командой нужно выбрать одну или несколько граней, которые необходимо изменить (изменяемые грани), и задать их параметры. Параметры изменяются в зависимости от типа грани и

могут быть либо общими для всех граней, либо индивидуальными. Обязательное условие выполнения команды: изменяемая грань должна быть «окружена» смежными гранями.

Команду **3ZC: Изменить грани** можно вызвать следующим образом

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Специальные → Грани → Изменение граней Грани → Операции → Изменение граней
Клавиатура	Текстовое меню
<3ZC>	Операции > Грани > Изменение граней

При работе с командой необходимо выполнить следующую последовательность действий:

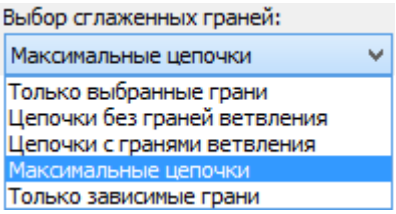
- ✓ Выбрать изменяемые грани.
- ✓ Указать параметры граней.
- ✓ Задать дополнительные параметры (необязательное действие).
- ✓ Подтвердить создание операции.

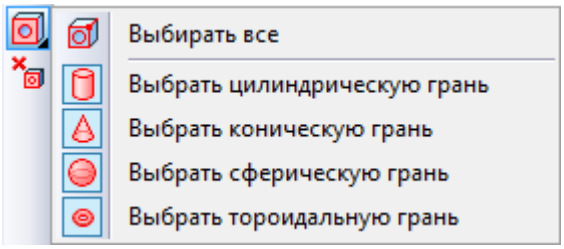
Выбор изменяемых граней

Для выбора изменяемых граней (тех граней, параметры которых будут изменены) используется опция:

	<F>	Выбор граней

При выборе граней программа позволяет выбирать только те грани, которые можно изменить, то есть цилиндрические, конические, сферические, тороидальные и грани сглаживания. Допускается выбирать сразу несколько граней, разных типов. Исключение составляют грани сглаживания. Их нельзя редактировать вместе с гранями других типов. При выборе хотя бы одной грани сглаживания выбор граней других типов блокируется.





При выборе граней сглаживания доступен список «Выбор сглаженных граней». Такой же список используется в свойствах команды «Удаление граней». В соответствующем разделе данной главы подробно рассказано о каждом пункте данного списка. В команде «Изменение граней» этот список

работает аналогично, только выбранные автоматически грани сглаживания будут не удалены, а изменят свой параметр.

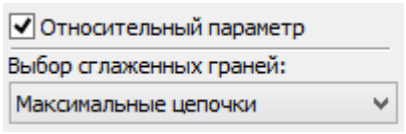
Когда грань выбрана, она добавляется в список «Изменяемые грани». Этот список работает аналогично другим подобным спискам программы.

Для того, чтобы отменить выбор сразу всех граней используется опция:

	<X>	Отменить выбор всех граней

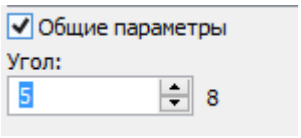
Указание параметров граней

Новые параметры поверхностей всегда задаются в окне свойств, но в зависимости от типа грани можно задавать различные ее параметры. Для граней сглаживания, цилиндрических и сферических граней можно задать радиус. Для конических граней – угол конуса. А для тороидальных граней – большой и малый радиус тора. Так как при создании команды выбранные грани могут иметь разные типы, в зависимости от типа грани, выбранной в списке «Изменяемые грани», соответственно будет меняться и вид окна свойств.



Если установить опцию «Относительные параметры», указанный параметр для грани будет измеряться относительно исходного параметра.

Например, если исходная цилиндрическая грань имела радиус 20, то при установленной опции «Относительные параметры» и заданном радиусе 5, после создания операции цилиндрическая грань будет иметь радиус 25.

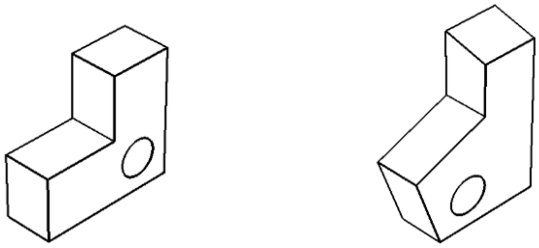


По умолчанию, каждая грань в списке изменяемых граней имеет параметры, общие с параметрами других граней, и в окне свойств у этой грани установлена соответствующая опция – «Общие параметры». Если отключить эту опцию, для грани станет возможным задание отдельных свойств.

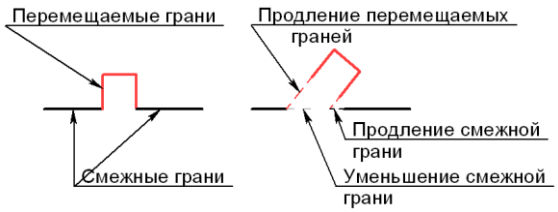
В случае необходимости опцию «Общие параметры» можно отключить у всех выбранных граней.

Перемещение граней

Данная команда позволяет применить преобразование к одной или нескольким выбранным граням. Чаще всего команда оказывается необходима при работе с импортированными моделями, но может быть полезна и в других случаях.



В процессе работы команды, выбранные грани перемещаются на новое место и, если необходимо, продлеваются (или укорачиваются), до пересечения с поверхностями смежных граней. Смежные грани, в свою очередь, продлеваются (или укорачиваются) до пересечения с перемещаемыми гранями.



Правильность выполнения команды гарантирована только в том случае, когда топология результирующей модели не меняется. Если топология модели изменится, результат выполнения операции может оказаться некорректным.

При выборе перемещаемых граней используется тот же механизм, что и в команде **3ZD: Удаление граней**: перемещаемые грани можно задать напрямую или косвенно. Задание параметров перемещения выбранных элементов производится аналогично команде **3EG: Преобразование**.

Команду "**3ZT: Перенести граней** можно вызвать следующим образом:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Специальные → Грани → Перемещение граней Грани → Операции → Перемещение граней
Клавиатура	Текстовое меню
<3ZT>	Операции > Грани > Перемещение граней

При работе с командой необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Задать перемещаемые грани.
2. Задать параметры перемещения.
3. Подтвердить создание операции.

Задание перемещаемых граней

Для задания перемещаемых граней используется опция:

	<F>	Выбрать объекты

При использовании этой опции есть возможность выбирать не только грани, но и рёбра с циклами. Выбранные элементы попадают в список **Перемещаемые грани**.

Для отмены выбора всех элементов используется опция:

	<X>	Отменить выбор всех граней

Если выбраны рёбра или циклы, становится активным параметр **Шаблон для выбора граней**. Работа этой опции рассмотрена в команде «Удаление граней».

При выборе набора рёбер по умолчанию включена опция:

	<G>	Режим выбора последовательности гладко сопряжённых рёбер

Если нужно выбирать рёбра по отдельности, данную опцию следует отключить.

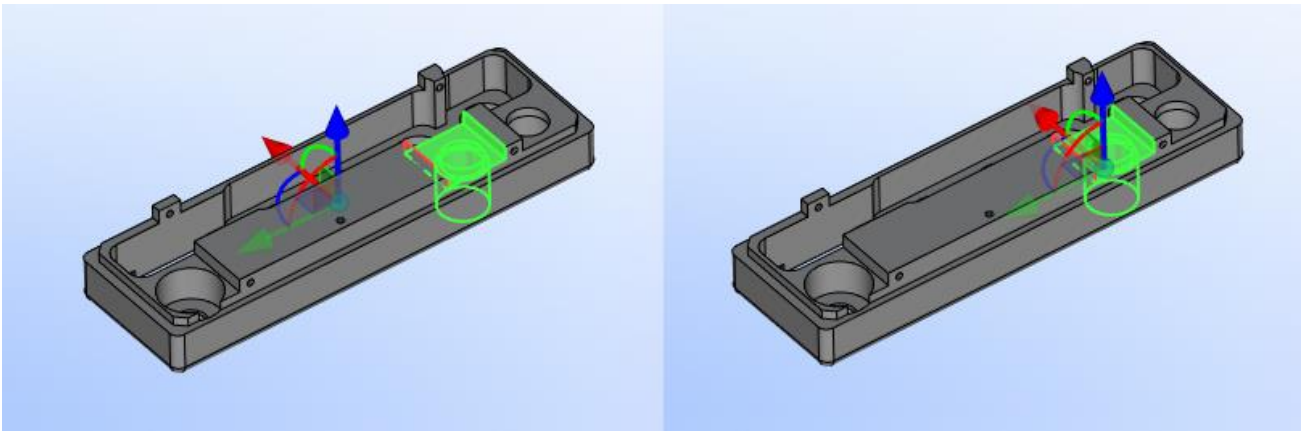
Задание преобразования

После выбора первого элемента в сцене появляется манипулятор, при помощи которого можно изменять положение выбранных граней. Задание преобразований подробно описано в команде «3EG - Преобразование». Точные значения перемещений и поворотов можно задавать в окне свойств.

Для выбора системы координат, относительно которой будут выполняться преобразования предназначены опции:

	<1>	Исходная СК на основе исходной операции
	<2>	Выбрать систему координат для текущего преобразования

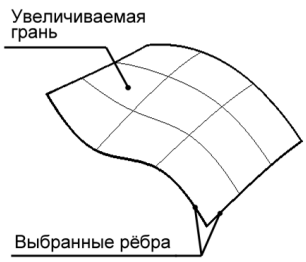
По умолчанию активна опция  и манипулятор находится в центре охватывающего исходную операцию параллелепипеда. В выпадающем списке данной опции есть второй вариант позиционирования системы координат – опция . При выборе этой опции манипулятор будет находиться в центре охватывающего все перемещаемые грани параллелепипеда.

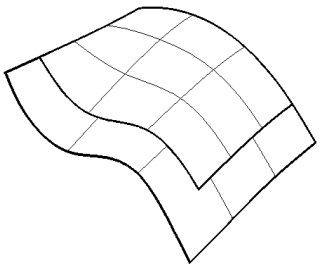


Опция  позволяет выбрать для задания преобразований любую существующую в модели ЛСК.

Расширение поверхности

Данная команда позволяет увеличить размеры выбранной грани (или нескольких граней, принадлежащих листовому телу) в заданном направлении на заданную длину. Направление увеличения грани задаётся путём выбора боковых рёбер на увеличиваемых гранях. Также можно увеличить размеры 3D профиля. В таком случае при завершении команды будет создана увеличенная грань, совпадающая по форме с поверхностью, лежащей в основе 3D профиля.





Иногда при продлении грани возможны самопересечения. В таких случаях выполнение команды закончится сообщением об ошибке.

Команду **3SX: Расширение поверхности** можно вызвать из текстового меню:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Специальные → Грани → Расширение поверхности Грани → Операции → Расширение поверхности
Клавиатура	Текстовое меню
<3SX>	Операции > Грани > Расширение поверхности

При работе с командой необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- ✓ Выбрать расширяемый объект.
- ✓ Выбрать рёбра.
- ✓ Задать величину продления.
- ✓ Задать дополнительные параметры (необязательное действие).
- ✓ Подтвердить создание операции.

Выбор расширяемого объекта

Для выбора расширяемого объекта используется опция:

	<R>	Выбрать контур

При выборе расширяемого объекта есть возможность выбирать грани, 3D профили и листовые тела.

Выбор рёбер

После того как выбран расширяемый объект, становится возможным выбор одного или нескольких ограничивающих этот объект рёбер. Эти рёбра будут указывать направление расширения данного объекта. Для выбора рёбер используется опция:

	<H>	Выбрать ребро

При выборе рёбер по умолчанию включена опция:

	<S>	Режим выбора последовательности гладко сопряжённых рёбер

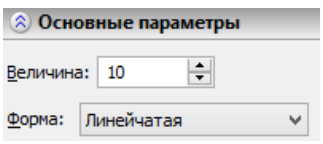
Если нужно выбирать ребра по отдельности, данную опцию следует отключить.
Чтобы выбрать сразу все рёбра, ограничивающие выбранный объект, можно использовать опцию:

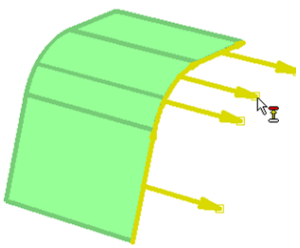
	<A>	Выбрать все рёбра

Для отмены выбора любого ребра достаточно указать на него снова.

Задание величины продления грани

Задание величины продления грани производится в поле **Величина** окна свойств. Под понятием **Величины** понимается расстояние по поверхности от выбранного ребра до нового ребра, ограничивающего расширенную поверхность.





Кроме окна свойств, заданную величину можно изменить в 3D окне. Для этого используются манипуляторы в виде стрелок, появляющиеся после выбора хотя бы одного ребра. Чтобы «схватить» манипуляторы, необходимо подвести курсор к концу стрелки (при этом курсор изменит свой вид) и нажать .

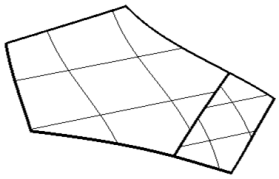
Для всех выбранных направлений задаётся общая величина продления.

Задание дополнительных параметров

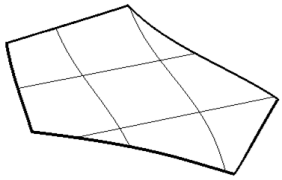
Параметр **Изменить исходную поверхность** указывает программе, следует ли изменить топологию исходной грани или же следует оставить её прежней. Ниже показано влияние этого параметра на результат.



Исходная модель

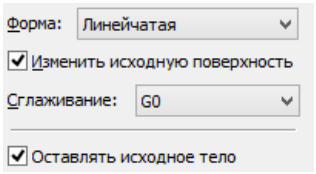


Параметр Изменить исходную поверхность отключён

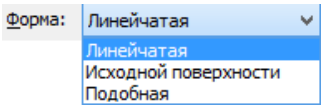


Параметр Изменить исходную поверхность включён

Параметр **Оставлять исходное тело** задаёт, нужно ли оставить в 3D сцене исходное тело (именно всё тело, а не только выбранную грань). Если данный параметр отключён, после завершения операции исходное тело исчезнет.



Параметр **Форма** задаёт форму новой грани, создаваемой в процессе выполнения команды. Данный параметр может принимать несколько значений. **Линейная** означает, что грань идёт в прямом направлении, являясь касательной к исходной грани в каждой точке выбранного ребра. При этом функция кривизны поверхности в зоне выбранного ребра будет меняться скачкообразно. Если значение параметра установлено на **Исходной поверхности**, основная часть новой поверхности является линейной, как и в предыдущем случае. Однако кривизна поверхности в зоне выбранного ребра меняется плавно.





Исходная модель



Форма Линейная



Форма Исходной поверхности



Форма Подобная

На практике, угловое расхождение между новой поверхностью с параметром **Линейная** и параметром **Исходной поверхности** составляет примерно 3 градуса. Поэтому на первый взгляд разница в результатах практически незаметна.

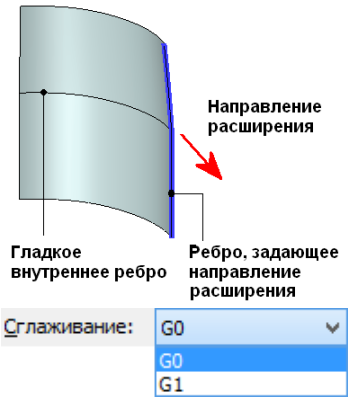
Параметр **Подобная** означает, что новая поверхность будет использовать закон исходной поверхности. Ниже приведён пример работы данного параметра для сплайновой поверхности.





Исходная модель **Результирующая модель**

Расширяемые поверхности могут иметь гладкие внутренние рёбра. Внутреннее ребро считается гладким, если грани, сходящиеся в нём, касательны друг к другу в точке пересечения данного ребра с тем ребром, которым задано направление расширения поверхности. При расширении поверхностей гладкость внутренних рёбер может нарушаться. В тех случаях, когда это недопустимо, следует установить параметр **Сглаживание** в значение **G1** (G1 – геометрическая непрерывность по первой производной). Данное значение параметра является рекомендацией системе: по возможности сохранять непрерывность по касательной (т.е. гладкость внутреннего ребра) при расширении поверхности.

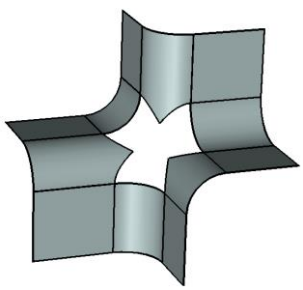


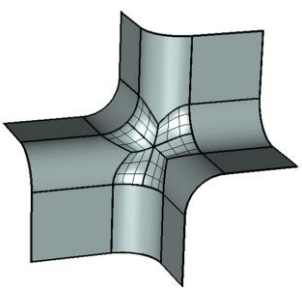
По умолчанию для параметра **Сглаживание** установлено значение **G0** (рекомендация системе обеспечивать только непрерывность поверхности).

Заполнение области

Данная команда предназначена для заполнения "пустых" областей-контуров в листовом теле. Заполнение осуществляется путём создания одной или нескольких граней, затягивающих указанные области. Возможно также заполнение областей в твёрдом теле, однако тут есть много ограничений.

Команда используется при поверхностном и твердотельном моделировании. Кроме того, она может быть полезна при работе с импортированными моделями, в телах которых есть пустоты, полученные потерей некоторых граней при некачественном экспорте/импорте.





В процессе выполнения команды, в зависимости от исходной геометрии, программа может заполнить область на основе аналитической или линейчатой поверхности. Возможно также заполнение на основе заданного листового тела или геометрической поверхности.

Выбор заполняемых областей

При выполнении операции можно заполнить сразу несколько областей в одном теле.

Каждая область задаётся своим контуром – набором рёбер, ограничивающих данную область. Для задания контура необходимо указать все входящие в него рёбра тела. Контуры должны быть замкнутыми.

При задании контуров можно использовать режим автоматического выбора всех рёбер. В этом режиме достаточно указать одно из рёбер каждого контура. Остальные рёбра система выберет самостоятельно. Состав выбранных контуров можно затем отредактировать вручную.

Дополнительный режим выбора всех контуров позволяет автоматически выбрать для заполнения все отверстия в указанном теле.

Способы заполнения областей

Заданные области листового тела могут быть заполнены различными способами:

- Автоматическое формирование заполняющей поверхности;
- Заполнение по листовому телу;
- Заполнение по геометрической поверхности.

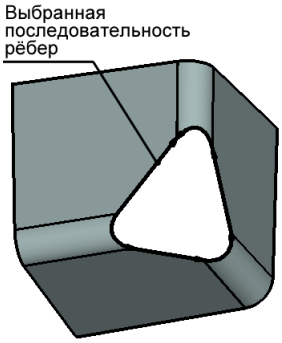
Поверхность, получившаяся в результате заполнения областей, по умолчанию присоединяется к исходному телу. При необходимости её можно сохранить как отдельную операцию.

Заполнение с автоматическим формированием затягивающей поверхности

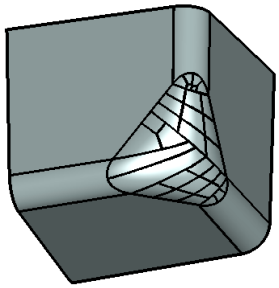
При таком виде заполнения система автоматически формирует грани, затягивающие выбранные области тела.

Пользователь имеет возможность влиять на тип создаваемых граней. Это осуществляется заданием приоритетной формы затягивающей поверхности:

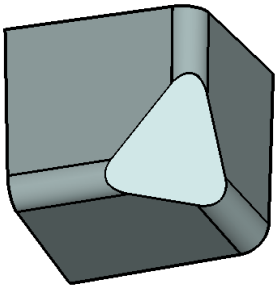
- **Непрерывная** – система будет пытаться сформировать аналитическую или линейчатую поверхность, затягивающую выбранную область;
- **Предпочтительно плоскость** – в первую очередь система пытается затянуть выбранную область плоскостью, а в случае неудачи – сплайновой поверхностью;
- **Обязательно плоскость** – система пытается заполнить область только на основе плоскости. Если это не удаётся, выполнение команды завершается сообщением об ошибке.



Исходная модель



Форма Непрерывная

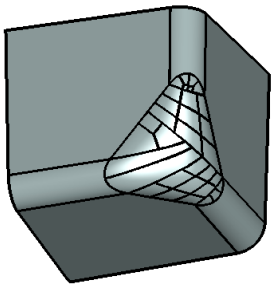


Форма Предпочтительно плоскость

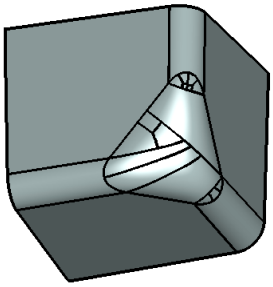
Задание приоритетной формы заполняющей поверхности осуществляется отдельно для каждого выбранного контура (т.е. отдельно для каждой заполняемой области).

По умолчанию грани, заполняющие область, гладко (по касательной) сопрягаются с исходной моделью в каждом ребре, ограничивающем заполняющую область. Условие гладкости рёбер можно отменить для каждого ребра в отдельности или для всех рёбер контура сразу.

При заполнении области линейчатой поверхностью можно включить режим минимизации топологии. В этом случае система, по возможности, будет пытаться заполнить область наименьшим количеством граней.



В обычном режиме



В режиме минимизации топологии

Заполнение по листовому телу

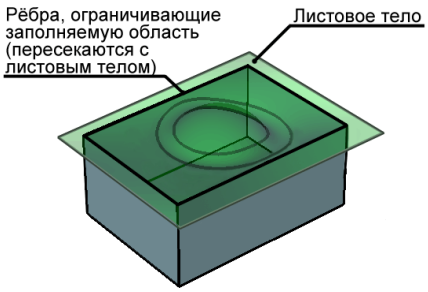
При этом виде заполнения задаётся дополнительное листовое тело. На его основе будут затягиваться выбранные области исходного тела. Обратите внимание, что в этом случае для всех выбранных контуров исходного тела применяется одинаковый способ заполнения.

Заданное в качестве заполняющей поверхности листовое тело должно удовлетворять следующим условиям:

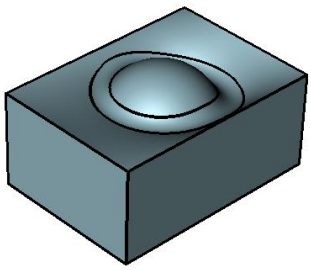
- должно полностью закрывать все затягиваемые отверстия;
- иметь только одну границу (например, листовое тело, представляющее собой боковую грань цилиндра, этому условию не соответствует);
- не иметь отверстий.

Заполнение областей по листовому телу может производиться двумя способами.

Первый способ – заполнение с обрезкой по границам заполняемых областей. В этом случае система “обрезает” формозадающее листовое тело по границам заполняемых областей. Получающаяся в результате поверхность и будет заполняющей поверхностью. Применение такого способа заполнения возможно только при условии, что заполняющее листовое тело проходит через все рёбра, ограничивающие заполняемые области.

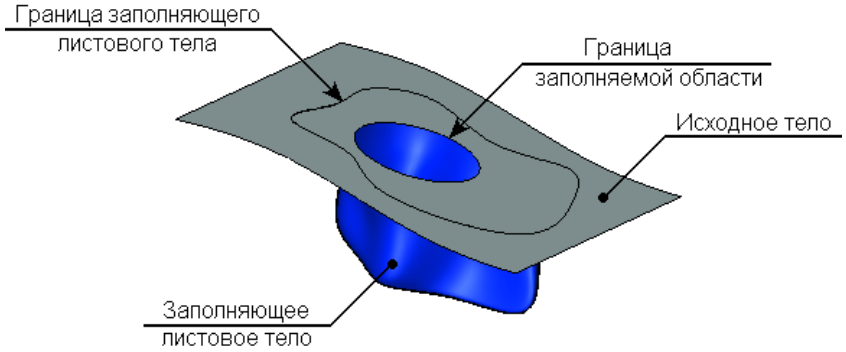


Исходное тело

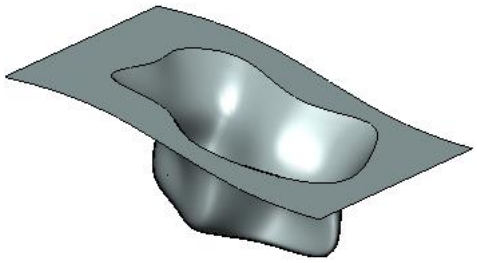


Результат

Второй способ – заполнение с обрезкой по границам листового тела. В этом случае из исходного тела вырезается участок по границам заполняющего листового тела. В получившееся отверстие “вклеивается” заполняющее листовое тело. Т.е. в качестве заполняющей поверхности в этом случае берётся всё листовое тело целиком. Необходимое условие для использования этого способа – все граничные рёбра листового тела должны лежать на исходном теле.

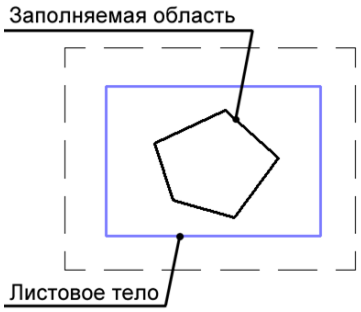


Исходное тело

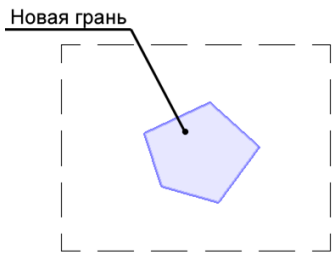


Результат

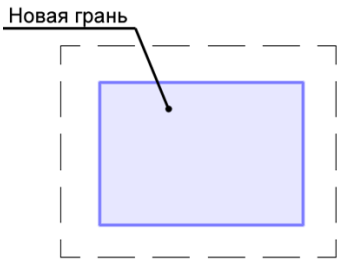
Ниже приведены схематичные иллюстрации, демонстрирующие отличие между этими двумя способами.



Исходная модель



Заполнение с обрезкой по границам областей

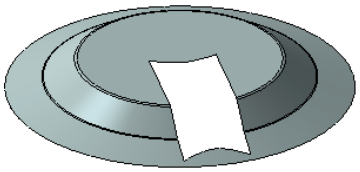


Заполнение с обрезкой по границам листового тела

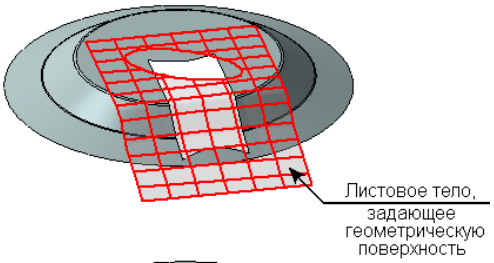
Заполнение по геометрической поверхности

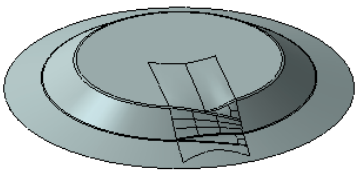
При этом виде заполнения дополнительно задаётся геометрическая поверхность, на основе которой будут затягиваться выбранные области исходного тела. Поверхность задаётся указанием 3D объекта соответствующего типа (рабочая поверхность или плоскость, поверхность под гранью, плоское ребро и т.п.).

> В этом случае, также как и в предыдущем, для всех выбранных контуров исходного тела применяется одинаковый способ заполнения.

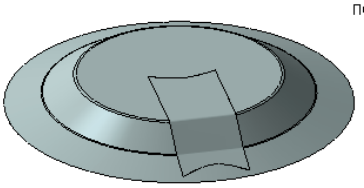


Исходное тело с отверстием





Результат заполнения с автоматическим формированием затягивающей поверхности



Результат заполнения по геометрической поверхности

Заданная в качестве образца для заполнения поверхность должна закрывать все заполняемые области исходного тела. При этом следует учитывать тип выбранной поверхности. Некоторые типы простых поверхностей система может продлевать за пределы задающего её элемента. Например, если в качестве заполняющей поверхности была указана плоскость под плоской гранью, то такую поверхность система может продлить до бесконечности, и она всегда будет закрывать все выбранные области. А поверхность под сплайновой гранью строго ограничена границами грани. Кроме того, для успешного заполнения необходимо, чтобы границы всех заполняемых областей лежали на указанной поверхности.

При заполнении система строит по заданной поверхности листовое тело, обрезает его по границам заполняемых областей. Получившееся тело и будет заполняющим.

Особенности работы с твёрдыми телами

Команда заполнения области позволяет обрабатывать отверстия и в твёрдых телах. Однако в этом случае возможности команды ограничены.

Для заполнения поверхности отверстий в твёрдом теле можно использовать только способ “Заполнение по геометрической поверхности”. Заполнение по листовому телу использовать нельзя. В случае, когда поверхность не задана, или когда она задана, но системе не удалось выполнить заполнение на её основе, система самостоятельно находит способ затягивания поверхности (задать его, как для листового тела, нельзя). Кроме того, результат заполнения области в твёрдом теле всегда создаётся как отдельное тело (отдельная операция). Присоединять его к исходному телу нельзя.

> Обратите внимание, что с помощью операции заполнения граней нельзя удалять отверстия в твёрдых телах. Для этого используется операция “Удаление граней”.

Задание операции

Команду **3ZF: Заполнить область** можно вызвать следующим образом:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Специальные → Грани → Заполнение граней Грани → Операции → Заполнение граней
Клавиатура	Текстовое меню
<3ZF>	Операции > Грани > Заполнение граней

При работе с командой необходимо выполнить следующую последовательность действий:

- ✓ Выбрать области заполнения.
- ✓ Выбрать способ заполнения, задав предпочтительную форму заполняющей поверхности или заполняющую поверхность (листовое тело или геометрическую поверхность).
- ✓ Задать дополнительные параметры для выбранного способа заполнения (необязательное действие).
- ✓ Подтвердить создание операции.

Выбор заполняемых областей

При запуске команды по умолчанию в автоменю будет активна опция выбора контуров заполняемых областей:

	<C>	Выбрать контур

Кроме того, по умолчанию включена дополнительная опция:

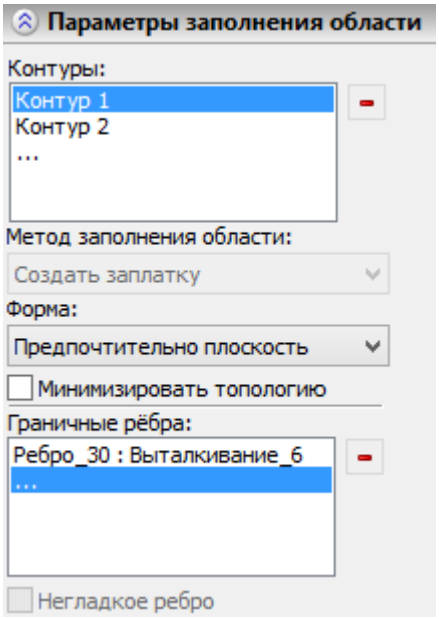
	<G>	Режим выбора контуров

Данная опция позволяет создать новый контур и выбрать все входящие в него ребра указанием только одного ребра.

При включённой опции  для выбора контура достаточно указать в 3D окне одно из составляющих контур рёбер. Система самостоятельно определит остальные рёбра данного контура и выберет их. После этого можно сразу указывать ребро следующего контура и т.д.

Выбранные контуры заносятся в список **Контуры** окна свойств. Если выбрать в списке один из контуров, то в поле **Граничные рёбра** отобразится список рёбер, составляющих данный контур.

Для самостоятельного выбора рёбер контура (это может потребоваться, например, при работе с твёрдым телом) отключите опцию . В этом режиме выбор ребра с помощью опции  создаст новый контур в списке контуров (с одним указанным ребром). Довыбрать рёбра контура позволяет опция:



	<E>	Выбрать ребро

Для задания второго контура снова необходимо воспользоваться опцией , создав с её помощью новый контур с одним ребром, а затем довыбрать рёбра с помощью опции , и т.д.

Для удаления одного из заданных контуров выберите его в списке “Контуры” в окне свойств и нажмите кнопку  рядом с этим списком.

Для удаления отдельного ребра контура выберите данный контур в списке контуров. В списке “Граничные рёбра” отобразятся рёбра данного контура. Выберите нужное ребро и нажмите кнопку  рядом со списком рёбер. Выбранное ребро будет удалено.

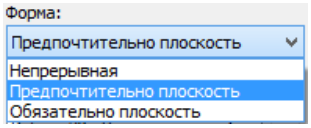
Для автоматического выбора всех отверстий листового тела в качестве контуров заполнения используется опция:

	<A>	Выбрать все контуры

После вызова данной опции достаточно указать листовое тело, в котором необходимо затянуть отверстия. Все контуры будут заданы автоматически.

Задание параметров при заполнении с автоматическим формированием затягивающей поверхности

Приоритетная форма затягивающей поверхности задаётся в поле **Форма** окна свойств. Обратите внимание, что задание приоритетной формы затягивающей поверхности осуществляется отдельно для каждого выбранного контура. Т.е. в случае выбора нескольких контуров необходимо по очереди выбирать каждый контур в списке и задавать для каждого приоритетную форму поверхности.



При создании непрерывной затягивающей поверхности для всех рёбер всех контуров по умолчанию задано условие гладкости. Чтобы отменить его для отдельного ребра, выберите в списке контуров тот контур, в который входит данное ребро, а затем в списке рёбер данного контура выберите нужное ребро. Для выбранного ребра установите флажок **Негладкое ребро**. Аналогично можно снова задать условие гладкости для отдельного ребра контура, выбрав это ребро и отключив флажок **Негладкое ребро**.

Чтобы отменить условие гладкости для всех рёбер всех контуров, достаточно нажать кнопку **[Все негладкие]**. Кнопка **[Все гладкие]** позволяет снова задать условие гладкости всех рёбер всех контуров.

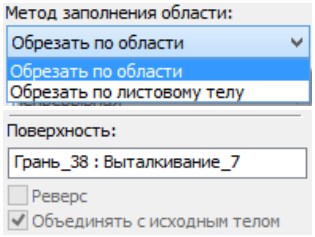
Режим минимизации топологии включается установкой флажка **Минимизировать топологию** – отдельно для каждого заполняемого контура.

Задание параметров при заполнении по листовому телу

Задать листовое тело, которое будет использовано как образец для формирования затягивающей поверхности, можно с помощью опции:

	<S>	Выбрать листовое тело

Выбранное листовое тело заносится в поле **Поверхность** окна свойств команды.



Способ обрезки задаётся параметром **Метод заполнения области**. Для обрезки по границам заполняемых областей установите **Обрезать по области**, для обрезки по границам листового тела – **Обрезать по листовому телу**.

Отменить выбор листового тела можно с помощью опции:

	<D>	Отменить выбор листового тела/поверхности

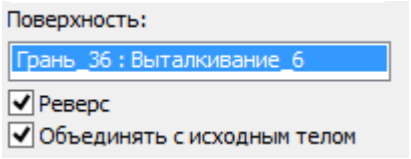
Задание параметров при заполнении по геометрической поверхности

Задать 3D объект, определяющий геометрическую поверхность, которая будет использована для заполнения областей тела, можно с помощью опции:

	<U>	Выбрать поверхность

Выбранный 3D объект заносится в поле **Поверхность** окна свойств.

В сложных случаях система может ошибиться с направлением затягивания выбранных контуров. Т.е. новые грани могут накладываться не на выбранные отверстия в теле, а вокруг них. В такой ситуации следует установить дополнительный флажок **Реверс**, меняющий направление затягивания выбранных областей.



Отменить выбор листового тела можно с помощью опции:

	<D>	Отменить выбор листового тела/поверхности

Присоединение заполняющей поверхности к исходному телу

По умолчанию создаваемые поверхности становятся частью исходного тела. Об этом свидетельствует включённый флажок **Объединять с исходным телом**.

При работе с твёрдыми телами данный флажок недоступен.

Сервисные 3D инструменты и элементы

Редактирование

В данной главе даются основные принципы и рекомендации по редактированию 3D модели и связанных с ней элементов двухмерного чертежа в T-FLEX CAD. Под редактированием понимаются определённые действия пользователя, направленные на внесение различных изменений в существующую 3D модель. Цели редактирования могут быть различными:

1) исправление ошибок в модели при наличии критических сигналов окна диагностики;
2) внесение усовершенствований в исходную геометрию модели, перестроение, доработка модели, встраивание цепочек операций в дерево модели;
3) перестроение элементов изображения чертежа и 2D построений. Замена элементов. Обход рекурсивных ситуаций;
4) переопределение геометрических или иных свойств отдельных элементов модели;
5) изменение значений переменных;
6) изменение структуры модели, перемещение операций по дереву модели;
7) изменение способов привязки и взаимодействия элементов 3D сборки, оптимизация сопряжений и настройка работы модели-механизма;
8) удаление элементов, исключение объектов модели из цепочки зависимых элементов. Удаление цепочек зависимых элементов, удаление «лишних» элементов. И др.

Модель T-FLEX CAD, как правило, является параметрической. Поэтому в ряде случаев приходится проводить целый комплекс мероприятий по редактированию модели, так как внесение одних изменений зачастую требует коррекции других взаимосвязей. В связи с этим, перед началом серьёзного редактирования обычно требуется провести некоторую исследовательскую работу и подготовить оптимальный порядок действий. При проведении такой подготовительной работы может возникать потребность в решении следующих задач:

1) определение (исследование) структуры модели, этапов и способов её создания;
2) определение цепочки связанных родителей и потомков для заданного элемента модели;
3) поиск элементов:
   - операций;
   - 3D элементов построения;
   - 2D элементов построения или изображения;
   - переменных, отвечающих за управление заданных параметров;
4) поиск параметрических зависимостей: геометрических связей и зависимостей элементов от переменных;
5) измерение и проверка геометрии;
6) выявление некорректных элементов и причин ошибок регенерации модели.

В главе рассмотрены инструменты системы, которые могут понадобиться в различных ситуациях процесса редактирования. Также некоторые нюансы редактирования отдельных элементов рассмотрены в специализированных главах документации, описывающих работу с этими элементами.

> Перед внесением существенных изменений в структуру модели рекомендуется отложить резервную копию исходного файла.

Подготовка к редактированию

Исследование структуры модели, выбор элементов

Нередко перед пользователем встаёт задача определения последовательности создания модели, порядка пересчёта элементов и операций, выявления зависимостей между элементами модели. Особенно часто пользователь встречается с этой проблемой, когда требуется внести изменения в модель, созданную другим автором. Приёмы исследования модели могут быть следующие:

- просмотр структуры модели в окне дереве модели;
- использование функции отката для определения последовательности создания операций, а также анализ методов создания операций на различных этапах создания модели;
- «Разрушающий метод». Последовательное удаление операций и детальное исследование модели на определённых этапах создания, определение методов создания отдельных операций, проведение различных экспериментов на ранних этапах создания модели. Рекомендуется такого рода исследования проводить с копией исходного файла;
- вход в редактирование операции с последующей отменой с тем чтобы увидеть, на основе каких элементов и каким образом она создавалась. При входе в редактирование затрачивается время только на расчёт состояния отката, а при отмене происходит быстрое возвращение в исходное состояние.

Окно «3D модель»

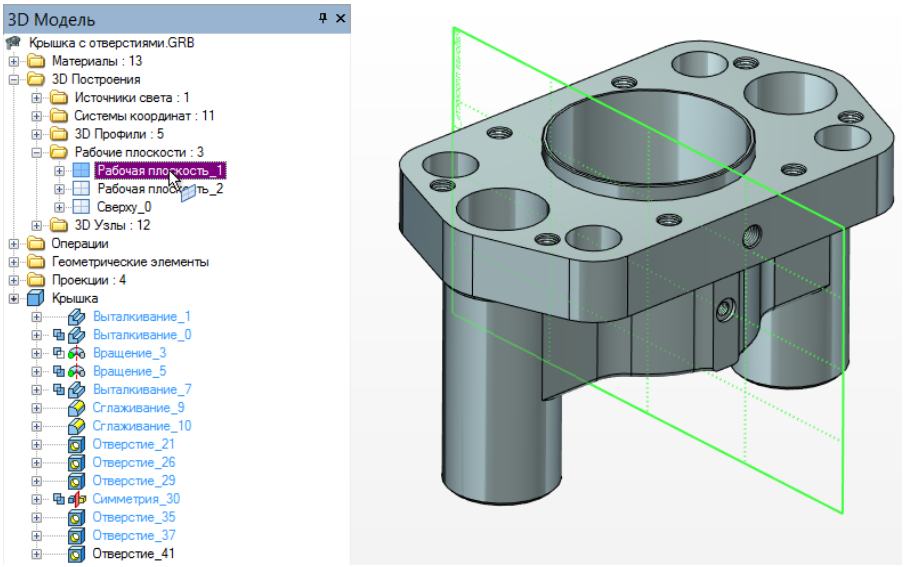
Служебное окно «3D модель» предназначено для отображения информации о структуре 3D модели, истории её создания, а также для выбора и работы с элементами модели. В дереве 3D модели отражаются все 3D построения и операции, присутствующие в модели. Эта информация отображается в виде дерева. Выбирать 3D элементы можно как из ветвей дерева, иллюстрирующих историю создания Тел данной модели, так и из вспомогательных ветвей “Построения”, “Операции”, где они отсортированы по типам.

Структуру модели можно проследить, раскрывая ветки дерева модели и просматривая порядок создания операций. Каждая ветка дерева модели представляет собой историю создания одного Тела модели. Элемент структуры, у которого есть история создания, имеет рядом значок ≡ или ⊞ для раскрытия и сворачивания ветки дерева. Остальные элементы имеют значок ⊞ или ⊟ для просмотра

списка исходных родительских элементов. Некоторые элементы не имеют никакого значка, поскольку в структуре модели у них нет ни родителей, ни истории создания.

Раскрывая ветки дерева модели, для каждой операции можно увидеть элементы, на основе которых она создавалась. С целью просмотра или изменения его параметров можно выбрать объект с помощью . При нажатии выводится контекстное меню с командами для элемента.

3D элементы построения и операции можно выбирать в дереве 3D модели, в папках с элементами соответствующего типа. При наведении курсора на имя 3D элемента в дереве модели он подсвечивается в 3D сцене – это помогает сориентироваться при большом количестве элементов того же типа в модели. При выборе операции, находящейся в глубине структуры модели, система попытается подсветить в 3D окне те топологические элементы модели (ребра, грани, вершины), которые были созданы данной операцией. Это возможно при условии, что такие элементы еще можно обнаружить на конечном Теле. Такая подсветка помогает определить, за какую часть модели ответственна та или иная операция. Последовательно перебирая операции в дереве модели, можно понять порядок и назначение операций. Таким образом проводится первый общий анализ структуры модели.



> Для того, чтобы при выборе элементов в дереве 3D модели учитывались настройки селектора и фильтра, установленные для 3D окна, можно в контекстном меню для дерева 3D модели включить флажок “Использовать фильтр текущего вида”.

При анализе структуры полезно знать, что операции, являющиеся последними в истории создания Тела модели, то есть те, что расположены в 3D окне, указываются в дереве модели по умолчанию *чёрным* цветом. Для отображения остальных операций используется *голубой* цвет. Имена видимых 3D элементов построения также отображаются в дереве 3D модели *чёрным* цветом. Невидимые (т.е. скрытые с помощью уровней, команды погашения и другими способами) элементы отображаются в дереве 3D модели *серым* цветом. При выборе их в дереве 3D модели и даже просто при подведении к ним курсора скрытые 3D элементы подсвечиваются в 3D сцене.

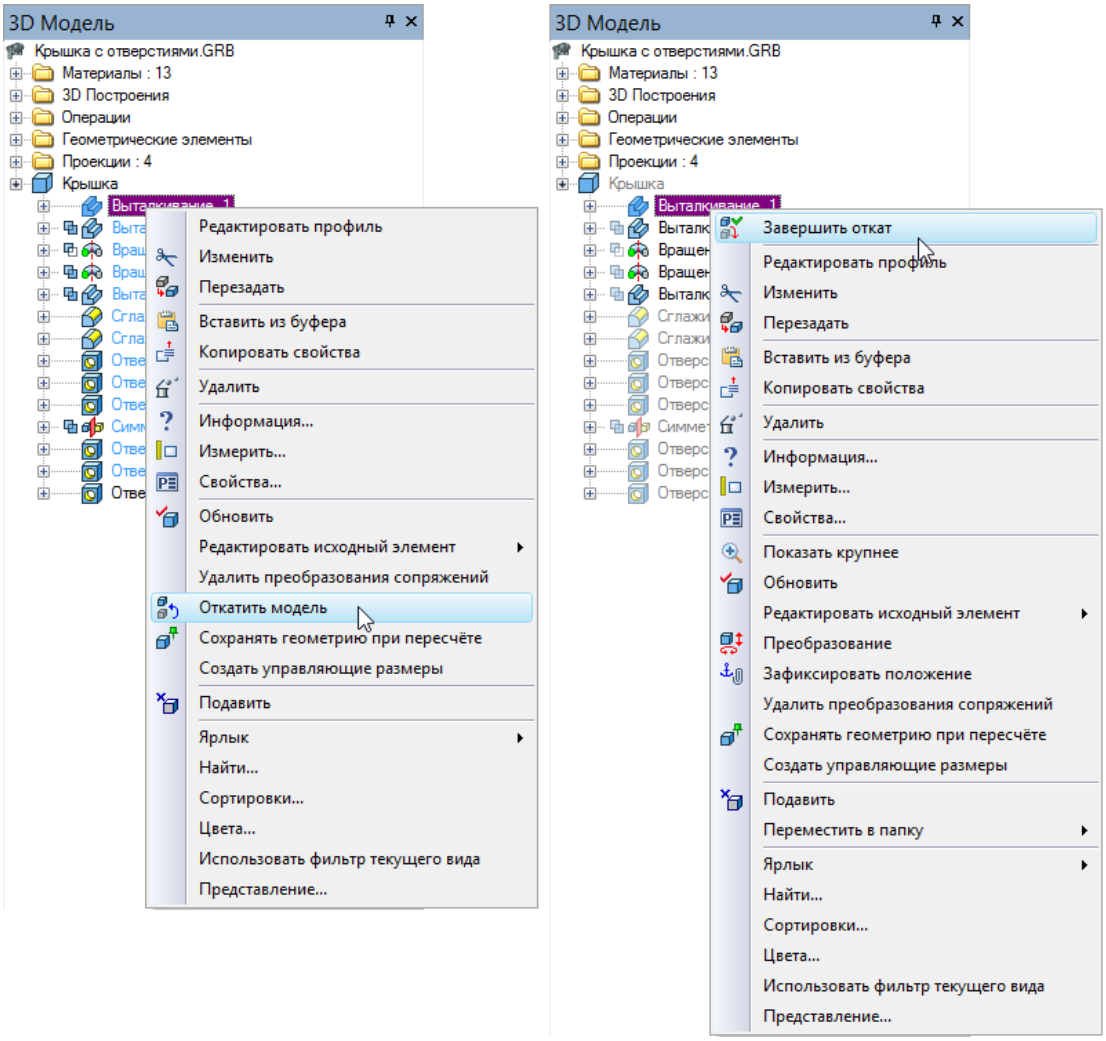
Элементы дерева модели подсвечиваются красным согласно настройкам фильтра. Если запущена команда, то в дереве будут подсвечиваться только те объекты, которые можно выбирать в текущем состоянии команды.

Более подробную информацию о работе с окном «3D модель» см. в главе «Общие принципы и понятия 3D моделирования в T-FLEX CAD».

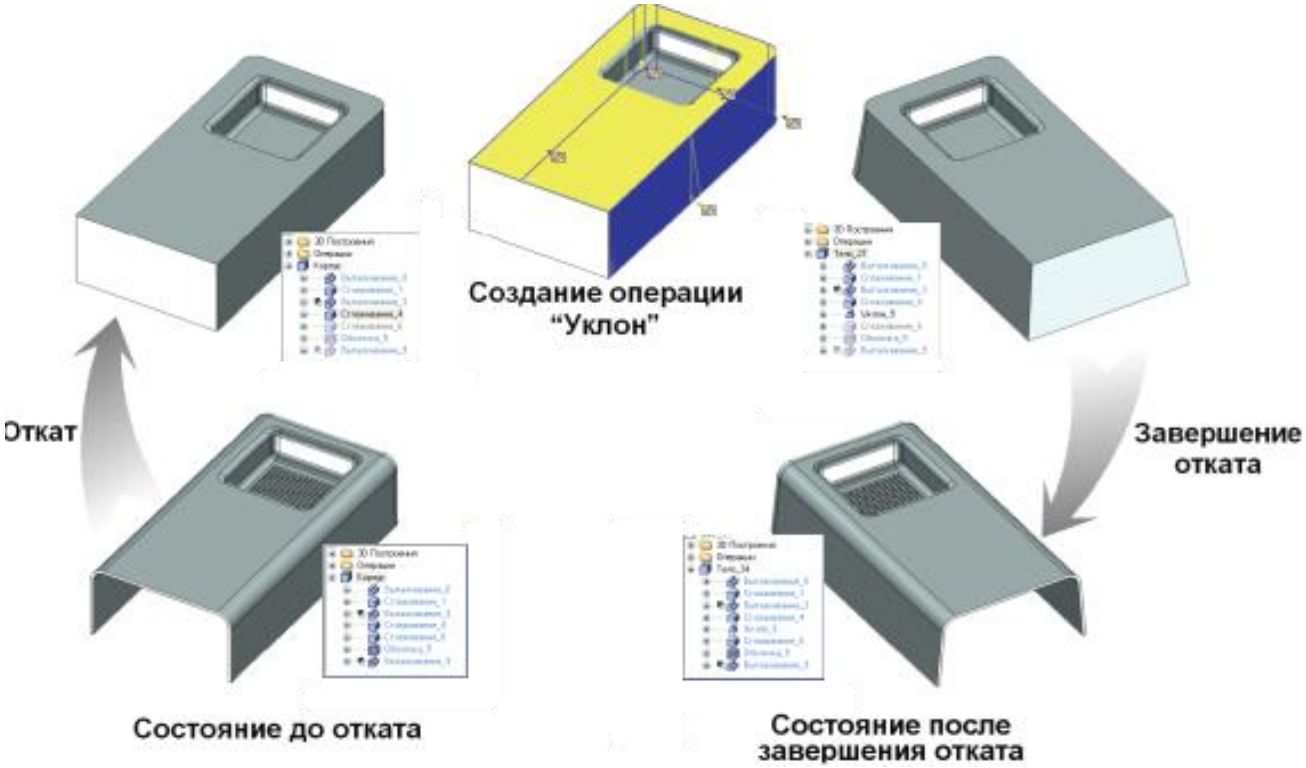
Откат

В системе имеется возможность отката трёхмерной модели на уровень определённой операции. Эта функция является полезной в тех случаях, когда необходимо произвести доработку модели где-то в середине дерева модели, то есть вернуть её на более ранний этап создания.

Для выполнения отката нужно воспользоваться окном «3D модель». Выберите операцию, до уровня которой нужно выполнить откат. Нажмите . В контекстном меню выберите пункт «Откатить модель». Для завершения отката в контекстном меню нужно выбрать команду «Завершить откат».



Элементы и операции, находящиеся в истории модели после точки отката, в этом режиме гасятся и становятся недоступными для работы. В этот момент они помечаются полупрозрачными иконками в дереве модели. Все вновь создаваемые элементы и операции в режиме отката автоматически встраиваются в историю модели. В этот момент при необходимости система автоматически перестраивает нужные взаимосвязи для восстановления последующих операций. Если по какой-либо причине в результате внесенных изменений в модели возникают ошибки, система предложит восстановить исходное состояние модели, которое было до отката. Это защищает пользователя от внесения в модель некорректных изменений.



Иногда с целью детального исследования структуры модели и проведения экспериментов полезно использовать последовательное удаление элементов и операций из 3D модели. При этом система не будет тратить время на сохранение и перестроение связей, как во время отката. Сама модель может быть при этом испорчена, поэтому такой метод желательно использовать при работе с копией исходного файла.

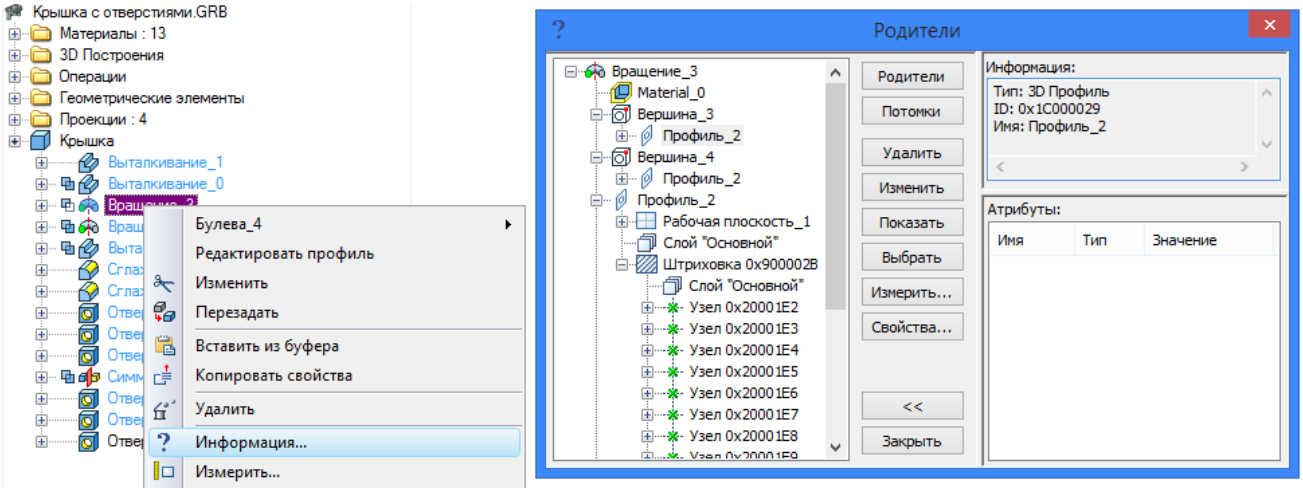
Поиск параметрических зависимостей и связей переменных

Часто требуется определить, какие элементы непосредственно зависят от той или иной переменной, какая геометрическая или параметрическая связь имеется у выбранного элемента с другими объектами модели. В окне «3D модель» эта информация не отображается.

Команда **?** > **Информация** выводит специальное диалоговое окно, в котором отображается полная структура модели с указанием всех элементов модели. Цепочки зависимых элементов отображаются

в виде дерева. В отличие от окна «3D модель» в окне «Информация» структура дана более подробно, здесь отображаются не только 3D элементы, но также элементы чертежа и все служебные объекты.

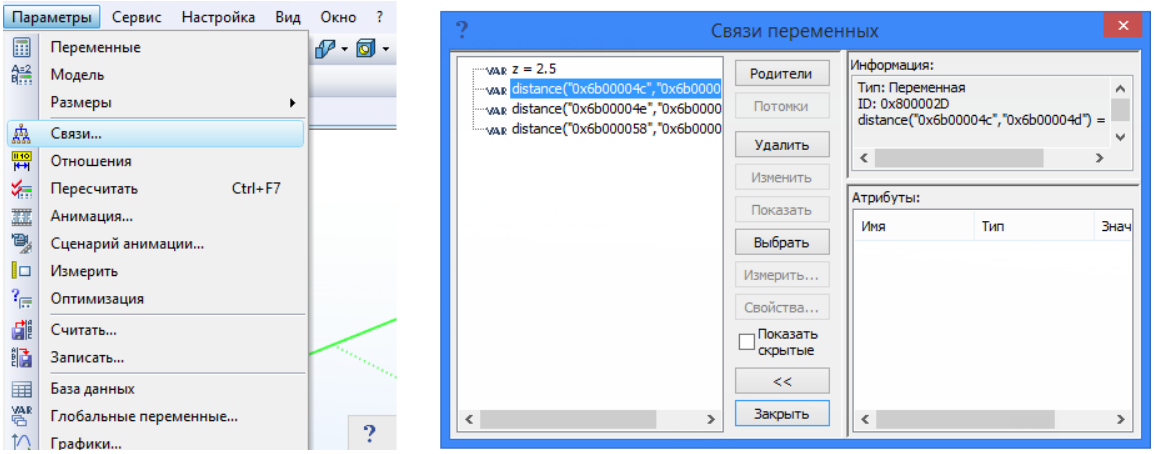
Данную команду удобно вызывать из контекстного меню, выбрав конкретный элемент. В этом случае структура модели в окне команды даётся относительно выбранного элемента или группы элементов. Структура модели может выводиться в двух направлениях связей: Родители→Потомки или Потомки→Родители.



В диалоговом окне команды находятся кнопки для запуска основных команд редактирования, сортировки элементов, запуска команды измерения. Данные команды применяются к элементу, выбранному в поле со структурой модели в левой части диалога.

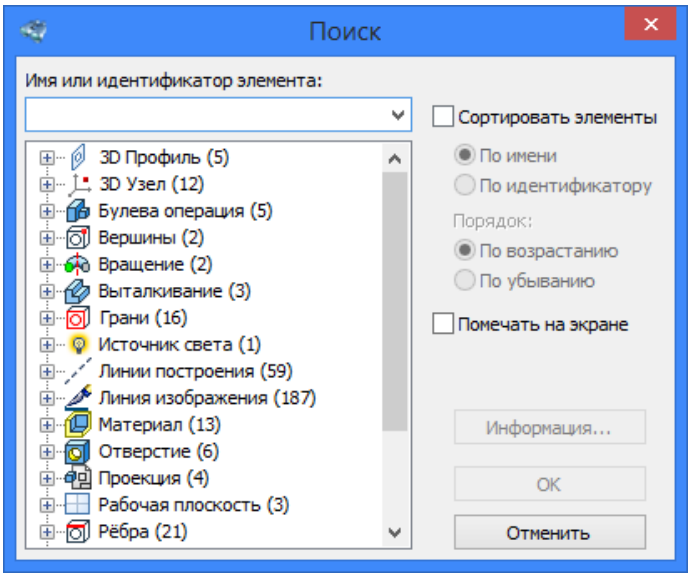
Справа в поле «Информация» выводятся данные по элементу, который выбран в текущий момент. Способ его построения, некоторые общие параметры, идентификационный номер и т.д.

Специальная команда **Параметры > Связи...** позволяет определить элементы, которыми непосредственно управляют каждая переменная или выражение системы с участием переменной. Диалоговое окно команды аналогично окну команды **? > Информация**. Здесь показаны все переменные и выражения системы и относительно них построены структурные цепочки зависимых элементов.



Поиск элементов

Поиском можно воспользоваться для выбора элемента, если известно его персональное имя или идентификатор (ID). Для поиска элемента существует специальная команда **Правка** > **Найти...**. В диалоге команды требуется ввести ID элемента или его имя. Для запуска поиска нужно закрыть диалог нажатием на кнопку **[OK]**. Если система найдет элемент, она его выберет, и он подсветится в 3D окне, а его имя будет помечено в дереве модели. После этого мы сможем перейти к редактированию, например, вызвав соответствующую команду или контекстное меню нажатием .



Также в окне поиска все существующие элементы системы расположены по типам в специальных папках. Выбор можно производить и непосредственно в этом окне диалога.

Выбор элементов в 3D сцене

По умолчанию выбрать в 3D окне можно только *видимые* 3D элементы. Элементы, скрытые любым возможным способом – с помощью механизма уровней, механизмов подавления или погашения 3D элементов и т.п. – в 3D сцене не выбираются.

> При необходимости пользователь может разрешить выбор невидимых элементов в 3D окне (команда **ST: Задать параметры документа**, закладка **Экран**).

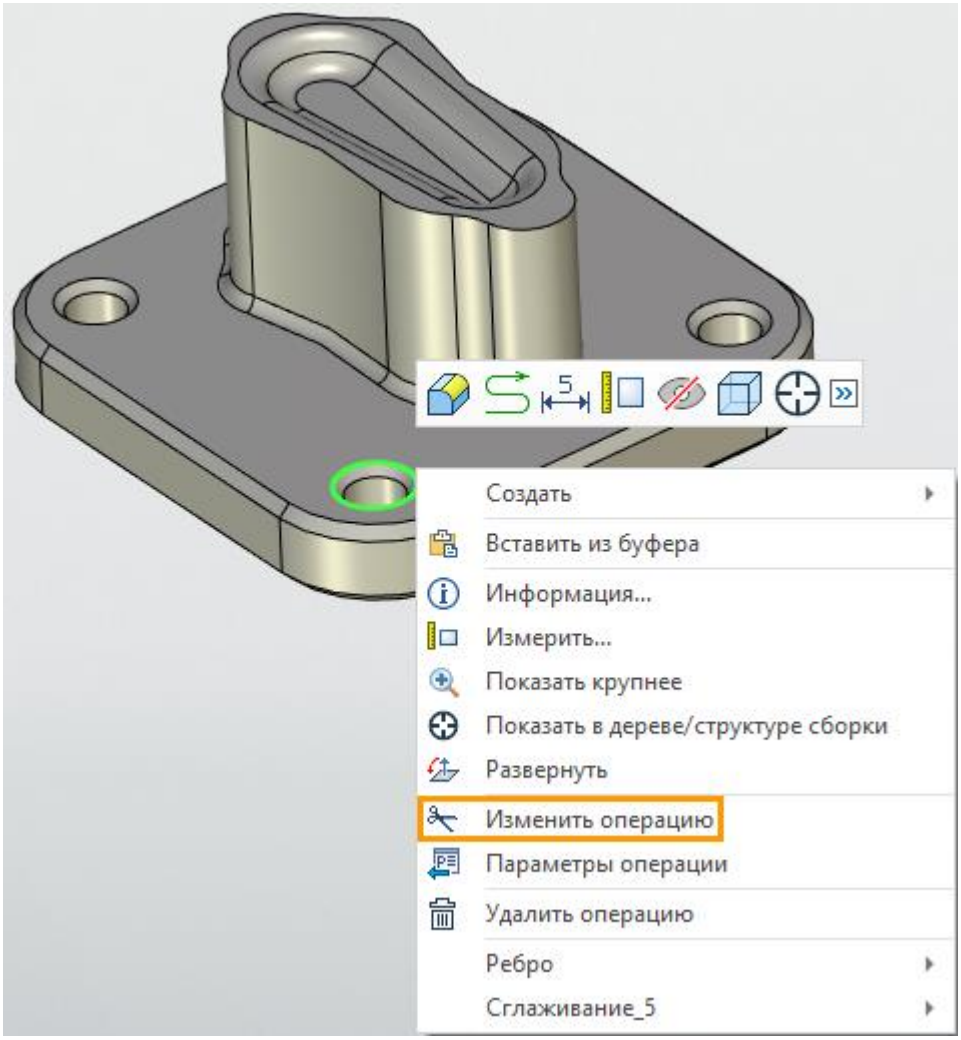
Для выбора объекта нужно подвести к нему курсор. Система предложит текущий вариант выбора, подсветив элемент и выведет подсказку с названием элемента. Для фиксации выбора нужно нажать или . При появится контекстное меню с набором команд для выбранного элемента.

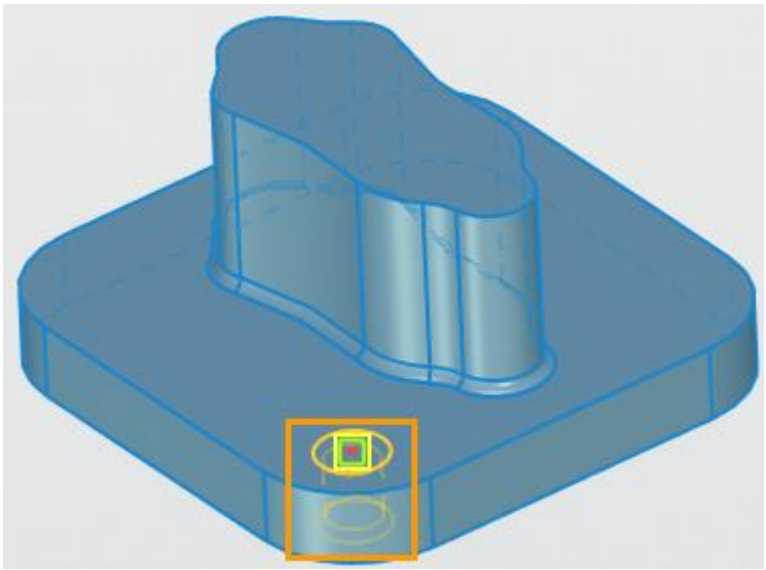
При выборе элементов нужно обращать внимание на состояние фильтров селектора. Управлять выбором 3D элементов в насыщенной 3D сцене можно с помощью настроек селектора (команда **FT: Установки селектора**) и фильтра (команда **FL: Настройка фильтра**). Кнопки быстрого управления фильтрами расположены на системной панели . При всех включенных фильтрах обычно при наведении курсора на Тело в первую очередь предлагаются топологические элементы (грани, ребра, вершины).

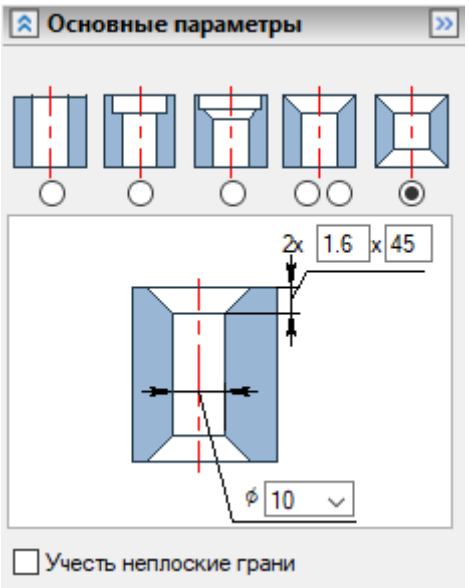
Часто под курсор попадает сразу несколько объектов. В этом случае, если предложенный системой вариант выбора не подходит, после 2 сек. паузы появится курсор многовариантного выбора. Выбрать другой вариант можно при помощи колеса мыши.

Выбор операций по элементам геометрии

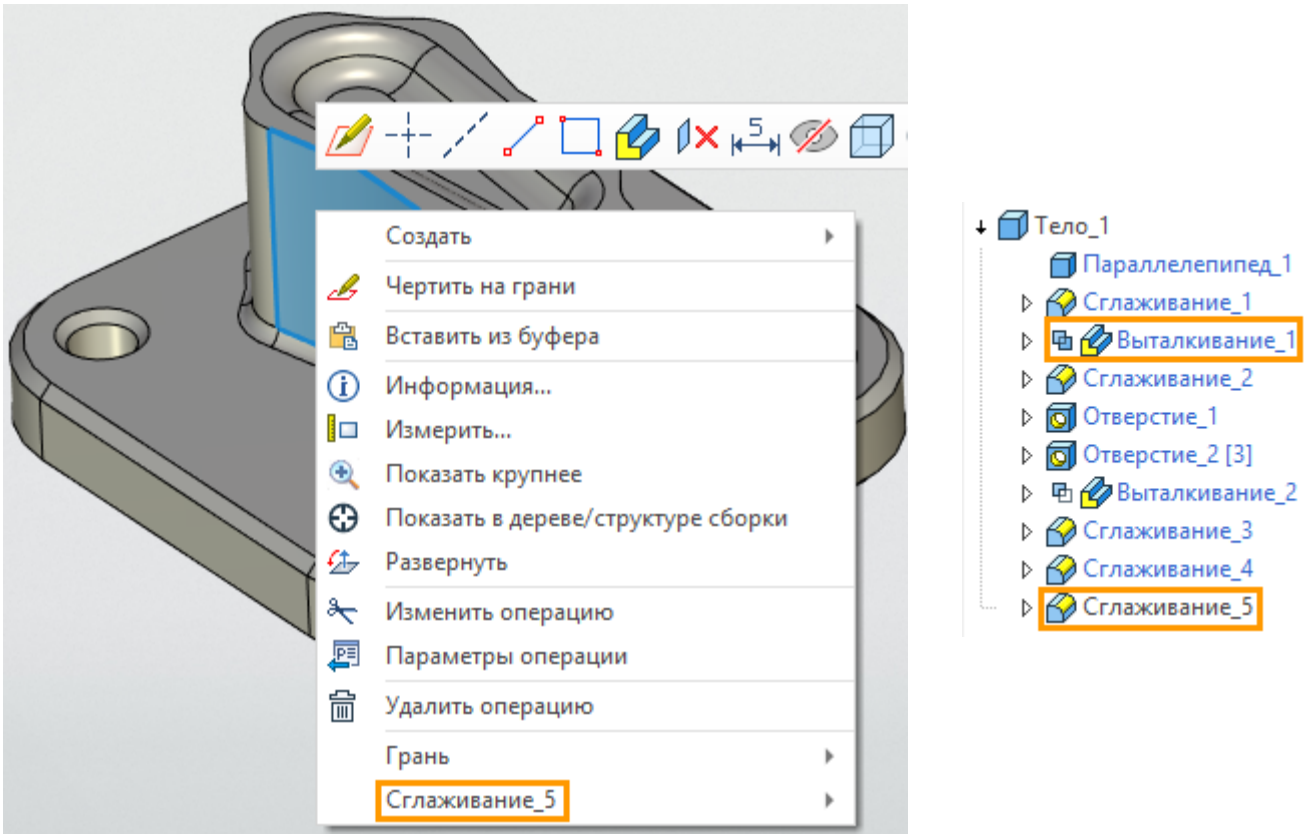
В системе существует возможность, выбрав топологический элемент (грань, ребро, вершину), перейти к редактированию операции, его образовавшей. Для этого используется контекстное меню.



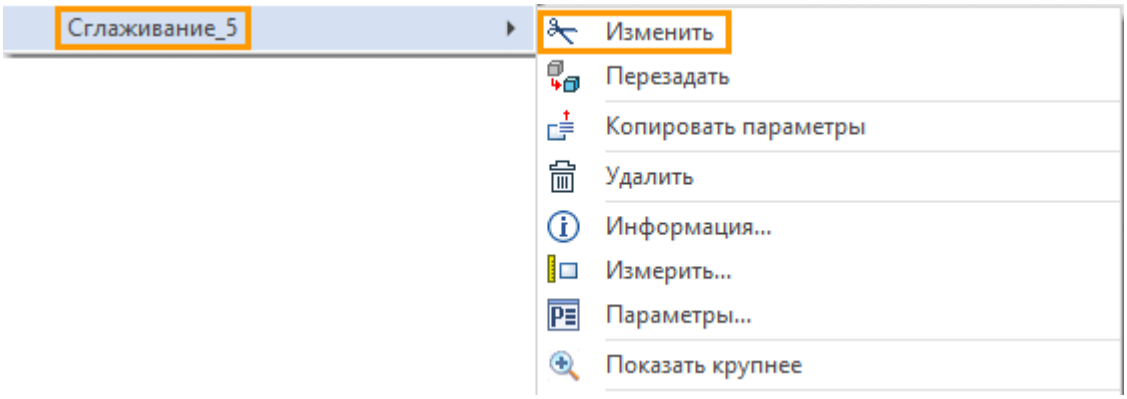


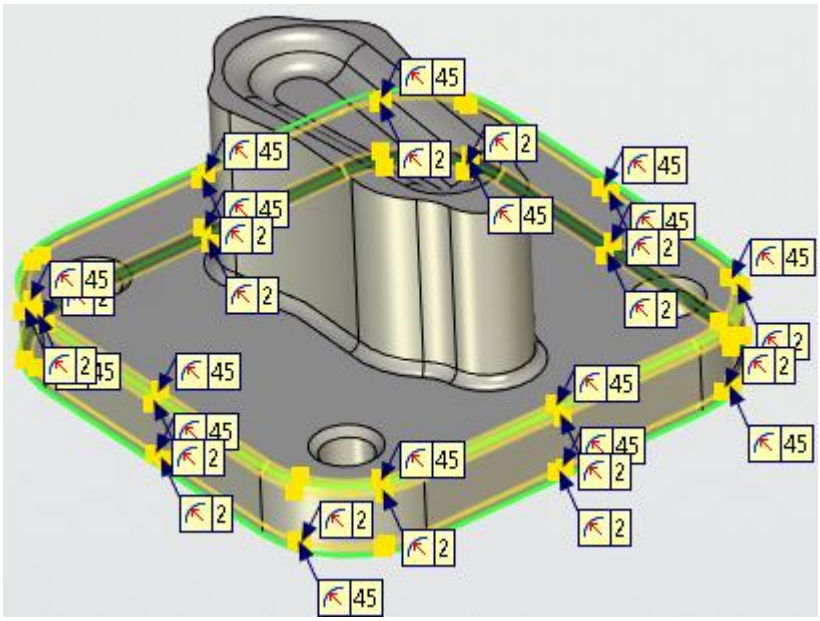


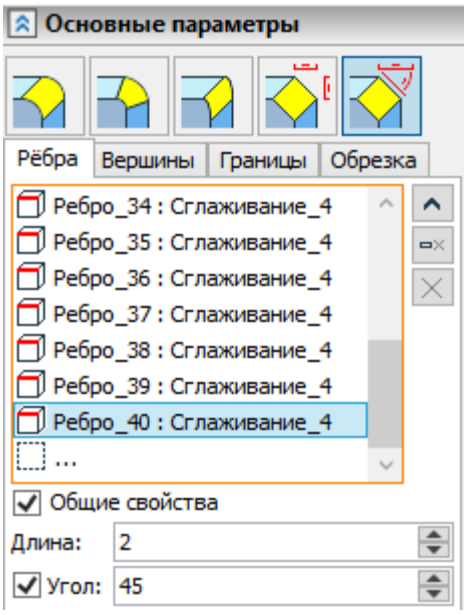
При этом в контекстном меню каждого топологического элемента имеется выпадающее подменю для *последней* операции в дереве модели тела. Название строки в контекстном меню соответствует имени последней операции тела, для которого сформировано подменю. Так, например, на рисунке показано, что при вызове контекстного меню для грани, образованной операцией «Выталкивание_1», в контекстном меню значится название последней операции в дереве модели тела – «Сглаживание_5».



Перейдя в подменю операции можно вызвать в том числе и команду её редактирования.



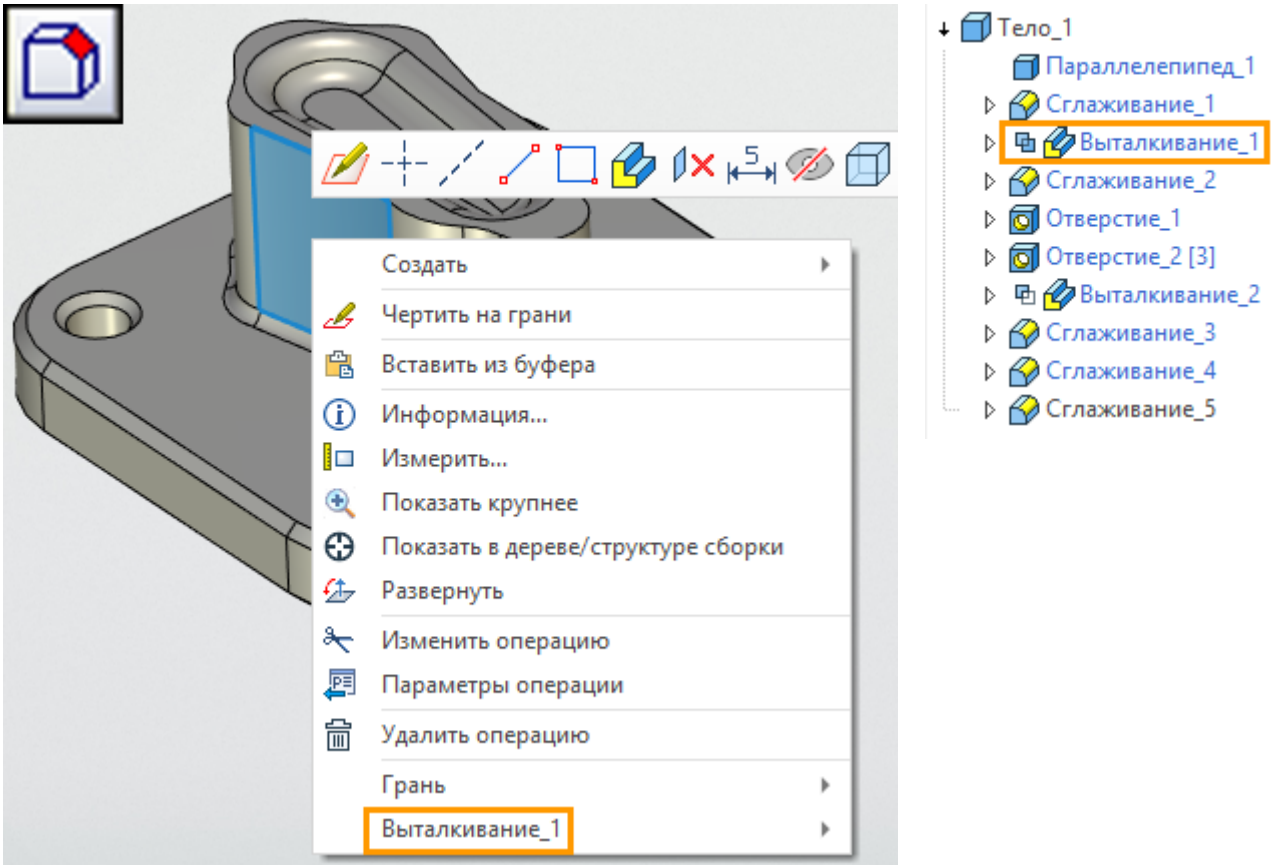




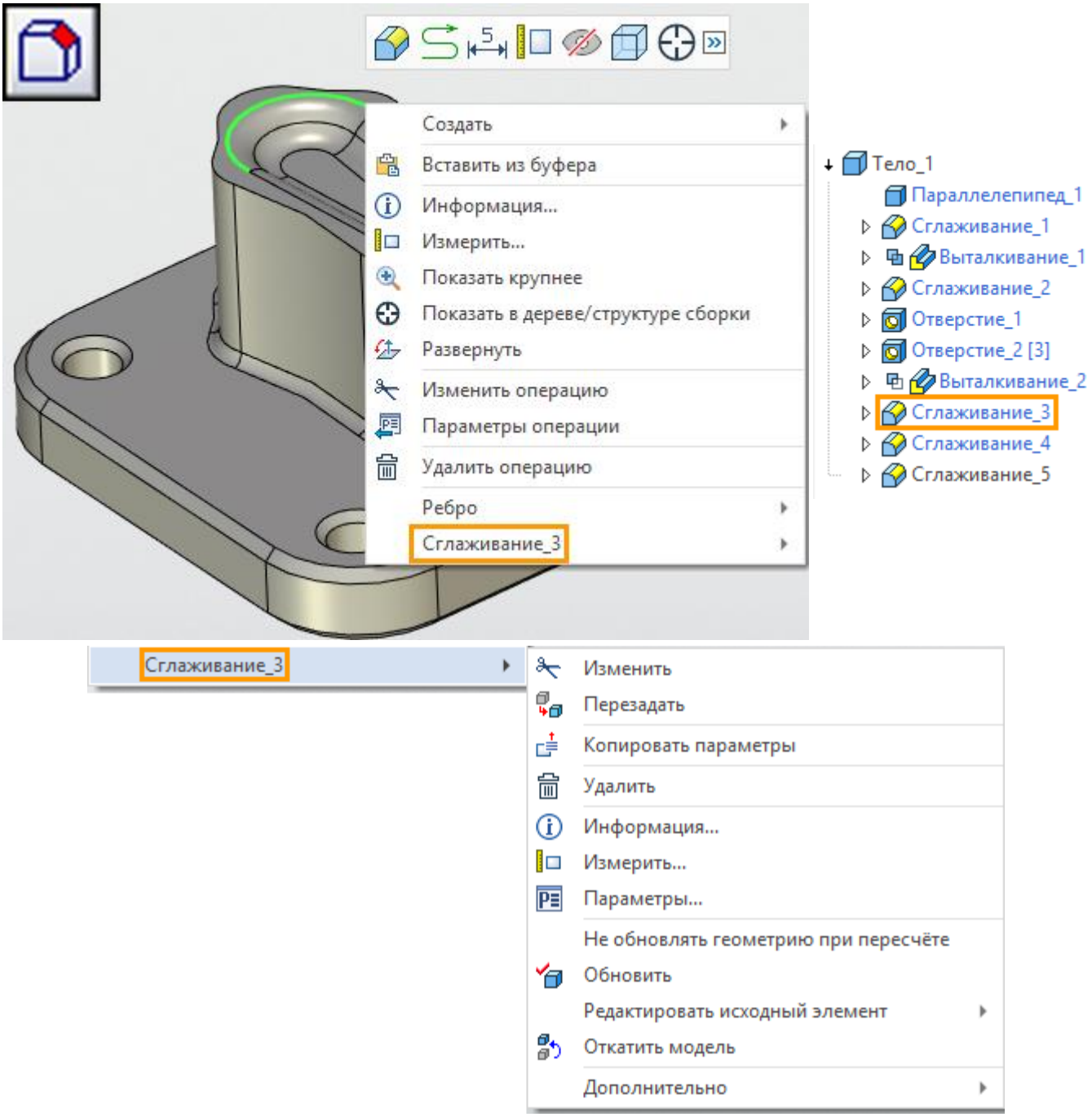
В наборе фильтров селектора на системной панели есть опция  <Ctrl+Alt+J> **Выбор операций по созданным граням**, которая позволяет по топологическим элементам выбирать более ранние операции в истории модели. Если включить эту опцию, то в контекстном меню будут появляться имена тех операций, которые непосредственно создали выбранный топологический элемент.



Сделаем данную опцию активной. И ещё раз вызовем контекстное меню для вертикальной грани. Из рисунка видно, что при активной опции , в контекстном меню значится уже не имя последней операции в дереве модели тела («Сглаживание_5»), а имя операции образовавшей эту грань, т.е. - «Выталкивание_1».



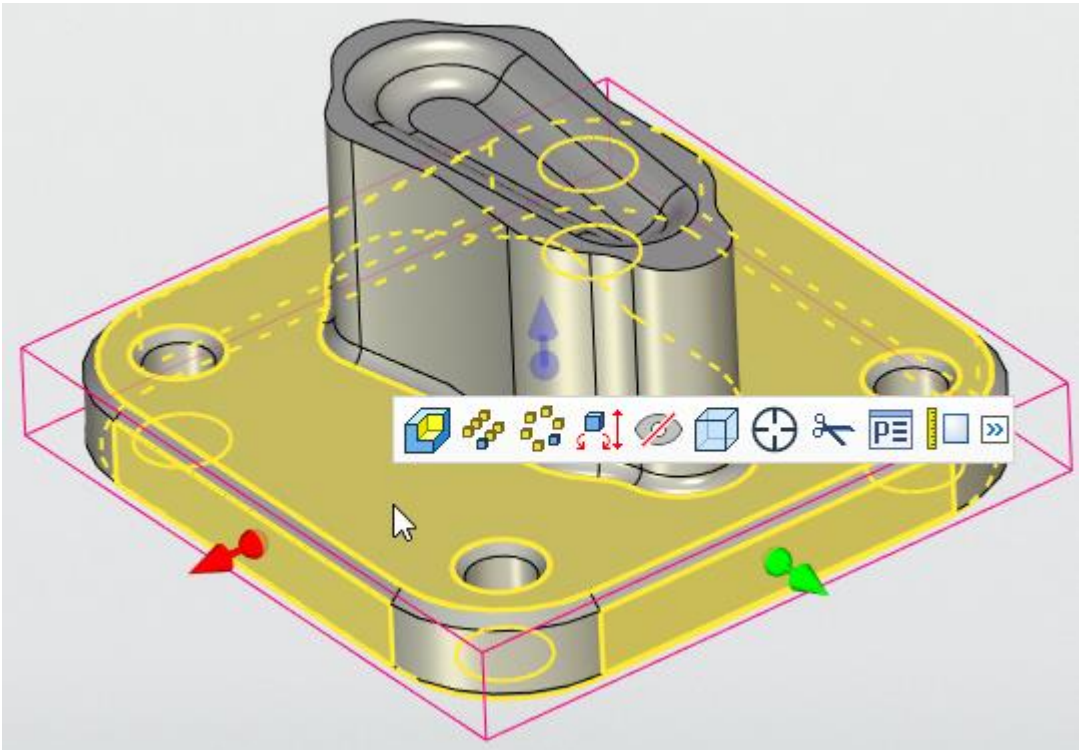
Аналогичным образом, при активной опции , система будет работать и для других элементов, например, для грани ребра, образованного скруглением.



Для быстрого перехода в редактирование любой операции тела можно использовать опцию <Ctrl+Alt+J> **Выбор операций по созданным граням** совместно с фильтром <Ctrl+Alt+X> **Выбор операций**.



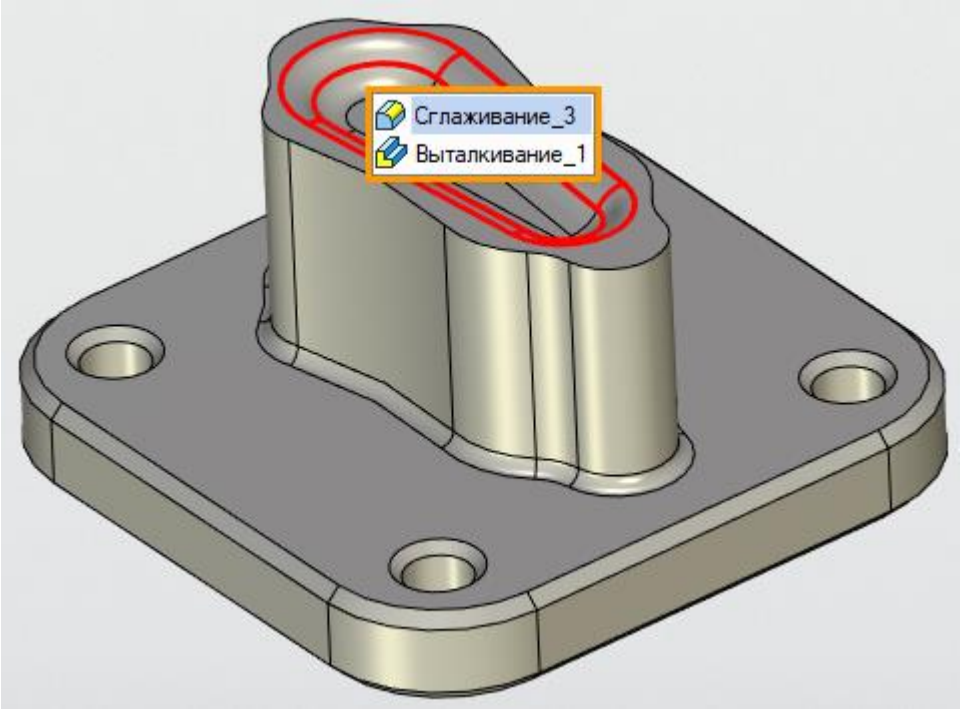
Тогда, при наведении курсора в 3D сцене на грани тела, система будет предлагать для выбора операции, которые участвовали в создании или модификации данной грани. Если образующей операцией элемента является **Примитив**, **Выталкивание** или **Листовой металл**, то автоматически будут доступны управляющие манипуляторы.



Для редактирования других операций можно воспользоваться командой **Изменить** доступной во всплывающей панели.



Если для данной грани система находит несколько операций, у курсора появится значок многовариантного выбора.



Измерение и проверка геометрии

В системе существует несколько различных инструментов для проведения разного рода измерений геометрических данных и проверок. В данном параграфе приводится полный список без подробного объяснения приёмов работы с ними. За подробным объяснением можно обратиться в специализированные разделы документации.

- Команда **Параметры** > **Измерить** предназначена для получения геометрических сведений об объекте или измерения отношений между двумя выбранными объектами. В основном работа с этой командой ведётся в 3D окне или на пространстве чертежа, где выбираются объекты для измерения. Полученные результаты можно связать с переменной. Эта возможность используется при необходимости сохранить результат измерений или включения полученных данных в другие выражения, управляющие какими-либо параметрами модели. Данная команда также доступна из контекстного меню при выборе геометрического объекта или из контекстного меню, вызванного при работе в поле ввода любого диалога.
- Набор команд в группе **Сервис** > **Анализ геометрии** > **...** предназначен для проведения различных исследований модели, таких как получение масс-инерционных характеристик выбранного тела, проверка корректности геометрии тел, анализ тел модели на взаимное проникновение и касание и т.д.

Иногда для проведения серии измерений расстояний между различными элементами детали удобно построить где-нибудь на 2D странице временную 2D проекцию и проставить необходимые размеры.

После проведения измерений эту проекцию можно удалить, если она для других целей больше не нужна.

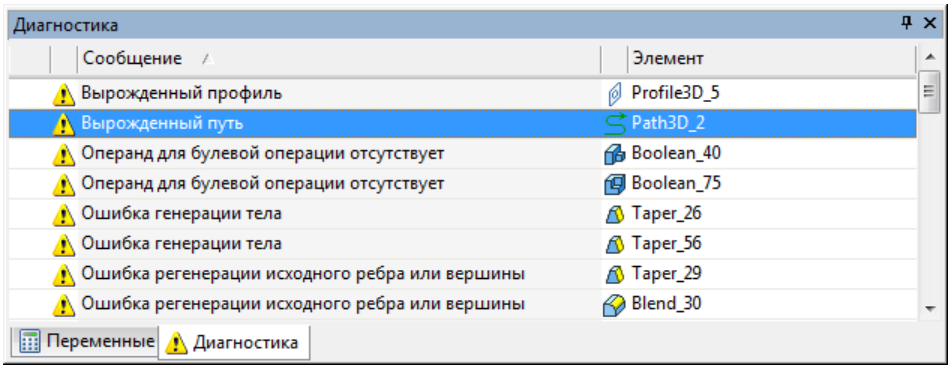
Определение сбойных элементов и причин ошибок регенерации модели

При возникновении ошибок во время пересчёта модели система подаёт соответствующие сигналы. Пользователь должен уметь их правильно интерпретировать с тем чтобы впоследствии грамотно и быстро устранить причину ошибок, восстановить корректность модели.

Окно «Диагностика»

Служебное окно «Диагностика» предназначено для вывода различных системных сообщений об ошибках в модели во время пересчёта, предупреждений, информационных сообщений.

В окно диагностики выводятся сообщения в виде строк. Каждая строка состоит из значка типа сообщения (
об ошибке, информационное и т.д.), краткого изложения причины сообщения и обозначение типа элемента модели. Кроме того, в сообщении указывается имя/идентификатор “проблемного” элемента модели.

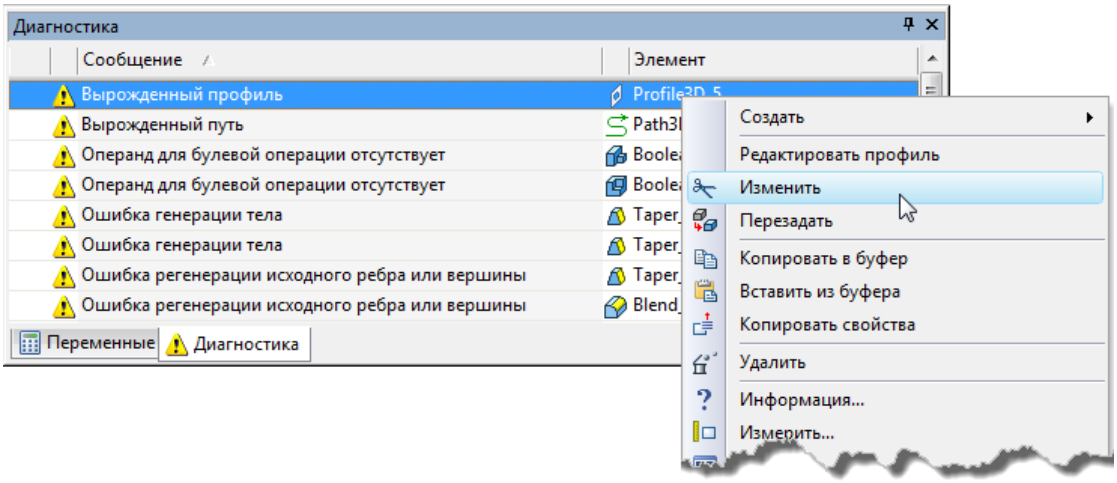


Рассмотрим ниже наиболее типичные ошибки, возникающие при пересчёте модели:

Текст сообщения	Пояснения
Геометрия слишком сложная...	Указанный в свойствах операции геометрический параметр (например, радиус сглаживания) не позволяет получить корректный результат в текущих условиях. Для устранения ошибки нужно исследовать окружающую геометрию вокруг места проведения операции, либо изменить значение геометрического параметра.
Ошибка регенерации *исходного/родительского элемента*	Один или несколько элементов, на основе которых построена указанная в сообщении операция, по каким-то причинам выпал из процесса регенерации. Из-за отсутствия исходного элемента операция не может быть пересчитана. Для исправления ошибки нужно либо попытаться восстановить исходный элемент, либо перестроить операцию.

Вырожденный *элемент*	Исходные данные, использованные при построении элемента (обычно 3D профиля или 3D пути), по каким-либо причинам исключают возможность корректного построения элемента. Для исправления этой ошибки нужно проверять исходные 2D построения (самопересекающиеся штриховки, нарушение целостности контура и т.п.).
Ошибка открытия файла фрагмента Ссылка на несуществующий файл	Система не смогла обнаружить требуемый файл ни по указанной ссылке, ни в папке файла сборки.
Ошибка регенерации *элемента*	Система обнаружила прочие ошибки при пересчёте элемента, приводящие к невозможности получить результат.
Задан некорректный набор входных данных	Исходные параметры операции не позволяют получить результат. Требуется изменить исходные элементы либо геометрические параметры операции.
Операнд для булевой операции отсутствует	Исчезновение операнда булевой операции может быть связано с ошибкой его регенерации либо с параметрическими изменениями модели, приводящими к исчезновению тела. В этом случае остаётся только один операнд, и наличие булевой операции в цепочке операций модели теряет смысл. Однако при создании различных параметрических исполнений детали может понадобиться создание «мигающих» элементов. В параметрах Булевой операции есть опция, позволяющая допускать отсутствие операндов.
Ошибка пересчёта модели фрагмента	Сообщение общего плана, информирующее о том, что при регенерации Детали или 3D фрагмента в его модели возникли ошибки. Для исправления ошибки нужно исследовать модель фрагмента. Использовать команду «Открыть фрагмент», «Деталировка».
Рекурсия при задании элемента	В большинстве случаев система заранее предупреждает таким сообщением пользователя о попытке создания рекурсивных связей (т.е. зависимостей элемента от самого себя). Появление такого сообщения при регенерации модели означает, что в модели уже имеются рекурсивные связи. Для продолжения нормальной работы обязательно следует найти и разорвать рекурсию путём перестроения элементов, имеющих неверные связи.

После появления в диагностике сообщений об ошибках нужно исследовать и устранять причину. Выбирая строчку сообщения в окне диагностики пользователь автоматически выбирает и сам элемент. Нажатием можно вызвать контекстное меню с командами для выбранного элемента, среди которых есть команды для редактирования (см. ниже *«Приёмы редактирования»*).



В диагностику могут поступать сообщения об ошибках регенерации, возникших во время пересчёта 3D фрагментов. В этом случае контекстное меню будет содержать команду **Показать структуру фрагмента**. При запуске этой команды система покажет, в каком фрагменте возникла данная ошибка. Далее в зависимости от потребности можно использовать команды **Открыть фрагмент** или **Деталировка** для исследования модели фрагмента.

> По причине того, что элементы модели связаны между собой, сбой в одном элементе может одновременно повлечь за собой цепочку ошибок в других элементах. В таких случаях надо начинать устранять проблемы, начиная с самого первого сбойного элемента. Поэтому при наличии нескольких сообщений следует обратить внимание в первую очередь на начало списка в верхней части окна диагностики.

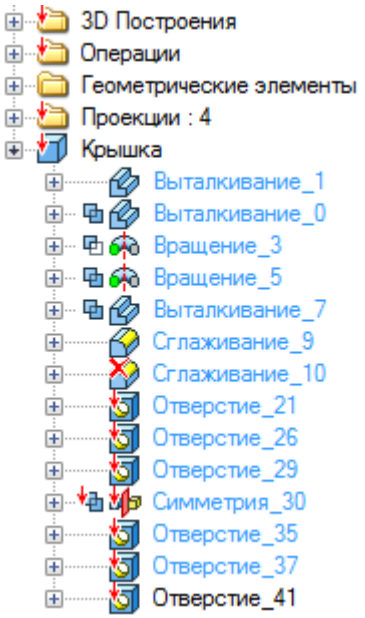
Иногда корректировки требует не тот элемент, при пересчёте которого выдана ошибка, а один из его “родителей”. Например, 3D профиль сам по себе не вызывает ошибок регенерации, но его геометрия не позволяет корректно рассчитать дальнейшую операцию. В таком случае нужно искать причину изменения 3D профиля. Возможно, она кроется на странице рабочей плоскости, где выполнены построения исходных данных для профиля. Ошибка в 3D элементе-потомке в результате может исчезнуть автоматически.

Окно «3D модель»

Параллельно с диагностикой пользователь может работать со структурой 3D модели в окне «3D модель» для поиска нужного элемента. Элементы модели, в которых обнаружена ошибка, помечаются специальными значками:

- Красный крест на элементе (, ,) означает, что сбой произошёл именно в нем.
- Красная стрелка на иконке 3D элемента (, , , , ,) означает, что ошибка обнаружена среди родителей. Если по ветке дерева модели проследить историю создания элемента, то можно добраться до первого сбойного элемента. При наличии ошибок красная стрелка также выводится на специальные папки дерева модели со списками элементов (,).
- Синий крест на элементе ( ) означает, что операция была подавлена пользователем. Это не ошибка, а информационное сообщение.

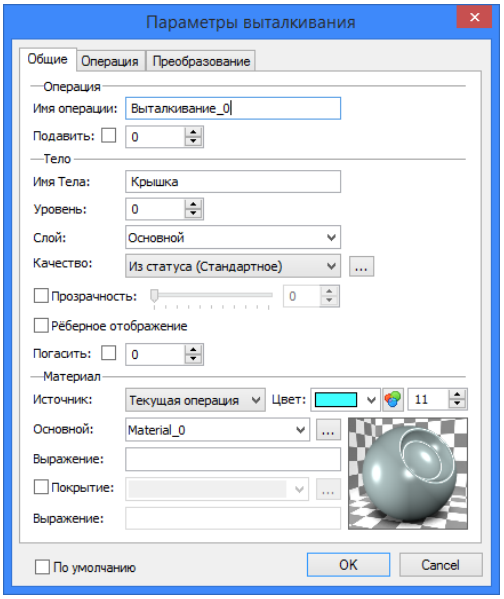
Чтобы добраться до сбойного элемента надо раскрывать ветки дерева модели, следовать по структуре дерева и находить элементы с пометками.



Приёмы редактирования

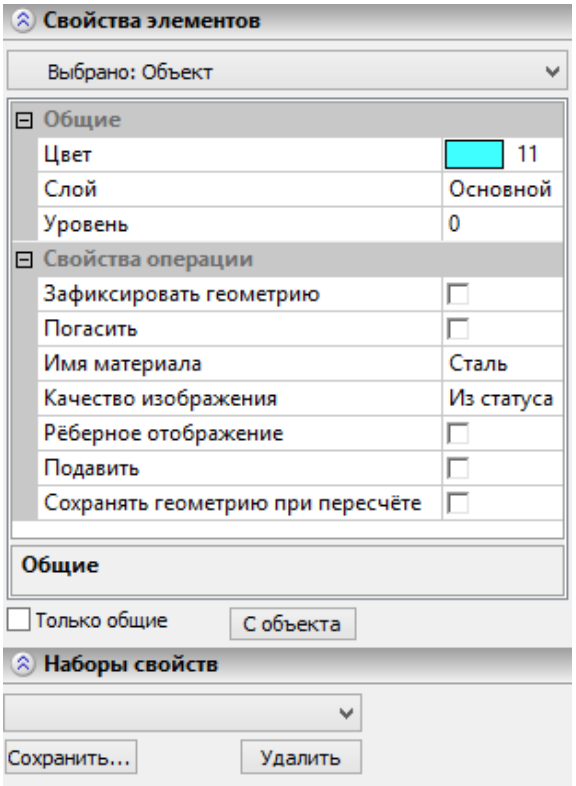
Изменение свойств элемента без отката

Каждый элемент системы имеет определённый набор настроек и геометрические параметры. Эти параметры можно видеть и изменять в диалоговом окне параметров элемента. В любой момент можно вызвать данный диалог и изменить значения. Этим удобно пользоваться, когда нет необходимости запускать команду редактирования, при работе которой система вынуждена производить пересчёт до редактируемого элемента, на что может потребоваться время.



Для вызова диалога свойств элемента нужно выбрать элемент. Сделать это можно в окне «3D модель», непосредственно на модели или воспользоваться поиском. При выборе элемента можно нажать и вызвать контекстное меню, в котором выбрать команду «Свойства». При работе в окне «3D модель» свойства элемента можно вызвать просто .

При выборе элемента в окне свойств отображаются некоторые общие свойства, которые можно изменить. Таким же образом можно обрабатывать общие параметры одновременно нескольких выбранных элементов. Выбрать несколько элементов удобно в окне «3D модель» при помощи клавиш <Shift> или <Ctrl>. После выбора объектов в окно свойств загрузится таблица со всеми параметрами, общими для группы выбранных объектов. Для внесения изменений нужно поставить галочки напротив соответствующих параметров, задать новые значения и нажать кнопку окна свойств.



Работа в команде «Изменить»

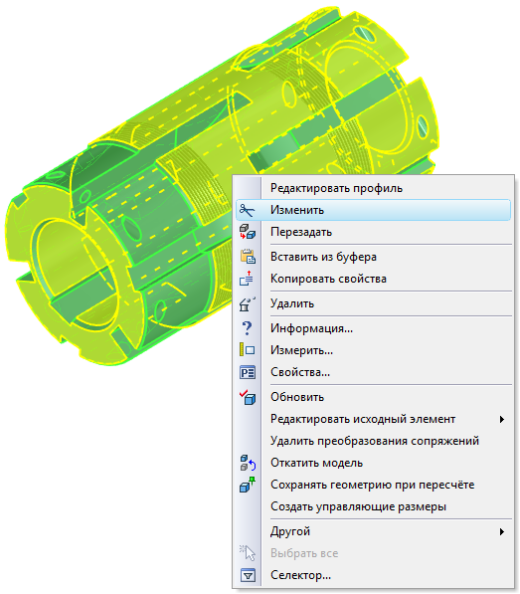
Каждый элемент системы имеет собственную команду редактирования, предназначенную для изменения способа задания, набора исходных данных и т.д. Для запуска команд редактирования имеется несколько способов.

Команды для редактирования всех типов 2D и 3D элементов находятся в текстовом меню «Правка»:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<3E..>	«Правка|Построения|...»	...
<3E..>	«Правка|Операции|...»	...

В большинстве случаев название команды редактирования 3D элемента отличается от названия команды его создания одной буквой “**E**” (**Edit**). Например: **3N** – **3EN** – команды построения и редактирования 3D узлов, **3X**– **3EX** – команды создания и редактирования операции выталкивания. Иконка таких команд отличается от команд создания специальным значком в виде ножниц .

Для того, чтобы редактировать конкретный элемент, необходимо сначала выбрать его, а затем запустить команду редактирования. Выбрать элемент можно в 3D окне, в дереве 3D модели, тогда команда «Изменить» будет доступна в контекстном меню. Можно воспользоваться окном «Информация» (см. выше), в котором имеется кнопка **[Изменить]**, или запустить команду редактирования, предварительно выбрав элемент, например, при помощи команды «Поиск».



При запуске редактирования конкретного элемента система как бы оказывается в команде его создания с уже заданными параметрами и выбранными геометрическими элементами. Далее пользователь может работать, используя те же методы и приёмы, которые он применяет в команде создания элемента. Описание этих приёмов можно найти в специализированных главах документации.

Если на момент запуска команды редактирования элемент ещё не был выбран, то в автоменю команды будут присутствовать опции для выбора элемента и общих специальных действий команды редактирования:

	<Esc>	Отменить выбор всех элементов

Опция сбрасывает выбор выбранных объектов.

	<A>	Выбрать все элементы

Опция позволяет выбрать все объекты определённого вида, имеющиеся в модели. Выбор невидимых объектов возможен при соответствующем разрешении, установленном в команде **ST:Задать параметры документа** на закладке **Экран**.

	<Z>	Выбрать элемент по имени

Предлагается список доступных для выбора элементов.

	<I>	Выбрать другой ближайший элемент

Если первый 3D элемент был выбран по родительскому 2D элементу, то при использовании данной опции будут поочерёдно выбираться все 3D элементы построения редактируемого типа, созданные на основе 2D элементов. Если был выбран элемент в 3D окне, то будут выбираться все аналогичные 3D элементы, попавшие в луч поиска. Луч поиска направлен перпендикулярно плоскости экрана и проходит через точку, в которой расположен курсор в момент выбора. Выбираться будут только те элементы, которые находятся в непосредственной близости к месту указания курсором.

Многократное использование данной опции приводит к последовательному выбору таких 3D элементов.

	<P>	Задать параметры элемента

Эта опция позволяет изменить параметры выбранного 3D элемента. При вызове опции на экране появляется окно диалога параметров элемента. Данная опция полностью аналогична команде изменения параметров 3D элемента, вызываемой из контекстного меню (при выборе 3D элемента в режиме ожидания команды).

	<F4>	Выполнить команду редактирования элемента

Опция запускает команду создания элемента и загружает в неё все исходные данные, установленные для редактируемого элемента. Далее пользователь может вносить изменения в набор исходных данных, пользуясь приёмами для работы в команде создания элемента.

	<R>	Изменить способ задания

Опция позволяет изменить способ создания выбранного 3D элемента. Данный режим аналогичен команде перезадания 3D элемента, вызываемой из контекстного меню (при выборе 3D элемента в режиме ожидания команды).

	<Del>	Удалить элемент

Работа данной опции аналогична работе команды **Удалить**, вызываемой из контекстного меню (при выборе 3D элемента в режиме ожидания команды).

	<M>	Преобразование

Опция вызывает команду **3EG: Преобразование элементов** для выбранного 3D элемента или группы элементов. Работа с командой подробно описана в главе “Создание “преобразований” 3D элементов” данного руководства.

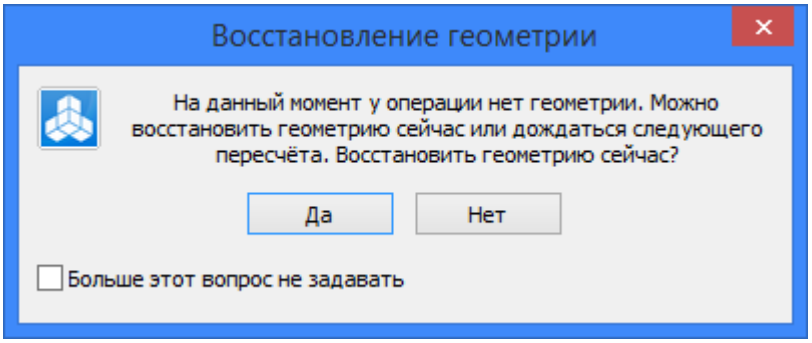
Если в команде редактирования при помощи опции  и <Shift> или <Ctrl> выбрать несколько элементов одного типа, то в автоменю будут доступны только опции для преобразования и удаления.

Сохранение геометрии операции при пересчёте

При входе в команду редактирования система выполняет откат модели до состояния, в котором она находилась на момент создания операции. В сцене остаются только те элементы, которые не являются зависимыми от редактируемого объекта. При выполнении отката требуется регенерация части модели, поэтому вход в команду может занимать некоторое время.

Для ускорения процесса входа в команду редактирования за счёт исключения фазы регенерации можно включить сохранение промежуточной геометрии для какой-то определённой операции. Это несколько увеличит объем используемой памяти и размер файла модели, но позволит более

оперативно осуществлять редактирование. В принципе, сохранение геометрии может использоваться и как временный инструмент во время экспериментов по редактированию модели. Для включения сохранения геометрии нужно выбрать операцию (например, в дереве модели) и в контекстном меню выбрать пункт «Сохранять геометрию при пересчёте». Система выдаёт пользователю запрос, когда ей выполнить регенерацию для расчёта сохраняемой геометрии – немедленно или подождать очередного пересчёта:



При установленном параметре «Сохранять геометрию при пересчёте», иконка операции в дереве модели помечается специальным значком .

Перезадание элемента

В контекстном меню для любого 3D элемента при выборе его имеется команда «Перезадать», которая позволяет изменить текущий способ создания элемента. Система переходит в состояние отката на момент перед созданием элемента, запускает команду создания элемента. Далее пользователь должен заново создать этот элемент. Обычно эта команда применяется вместо того, чтобы просто удалить элемент и создать новый, поскольку он может ещё где-то использоваться. При этом обязательно требуется сохранить его старый идентификатор, имя и последующие связи.

Удаление элемента

Для удаления элементов из модели в системе имеется несколько возможностей. В зависимости от ситуации можно удалять группы зависимых объектов или исключать отдельные объекты из структуры модели, если это возможно. Также система позволяет автоматически найти неиспользуемые в моделировании объекты и удалить их.

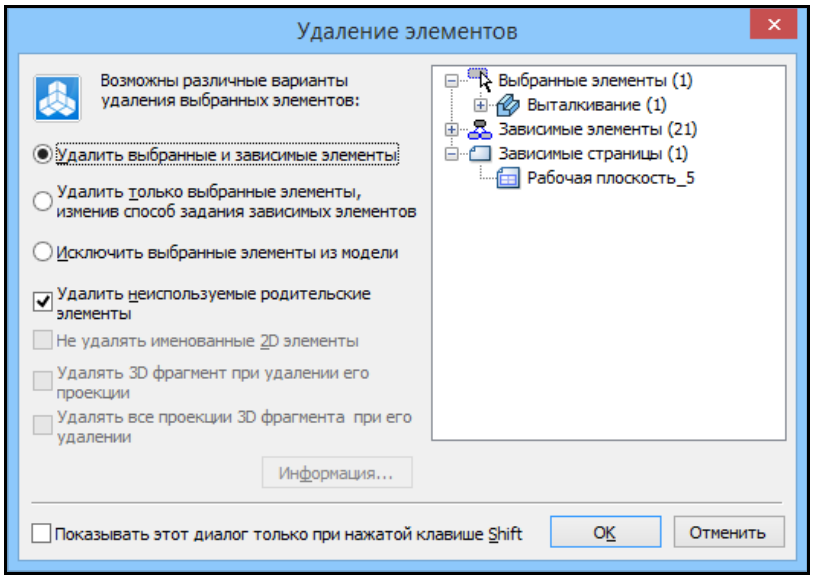
Команда “Удалить” (команда удаления 3D элемента)

Команда «Удалить» вызывается из контекстного меню при выборе элемента или группы элементов. Команда позволяет удалить один или несколько элементов (как 3D, так и 2D элементов). При удалении выбранных объектов возможно автоматическое удаление их родительских элементов, при условии, что в 3D модели они больше нигде не используются.

После вызова команды для выбранного 3D элемента(-ов) возможны два варианта развития событий.

Если выбранный элемент(-ы) не имеет зависимых элементов и более нигде не используемых родительских элементов, то удаление произойдёт сразу, без вывода на экран каких-либо сообщений.

Когда это условие не выполняется, после вызова команды на экране появится окно диалога **Удаление элементов**.



В левой части окна диалога можно выбрать один из возможных вариантов работы команды:

Удалить выбранные и зависимые элементы. При выборе этого режима будут удалены и выбранные элементы, и все от них зависящие.

Для удаления неиспользуемых родительских элементов (если они есть у выбранного элемента) следует установить флажок **Удалить неиспользуемые родительские элементы**. Если среди них окажутся рабочие плоскости, то они будут удалены со своими страницами.

Если среди выбранных или зависимых 2D объектов есть именованные, будет доступен дополнительный флажок **Не удалять именованные 2D объекты**. При установке данного флажка найденные именованные 2D объекты будут исключены из списка удаляемых.

При удалении элементов планировки (схематичных изображений 3D фрагментов на плоскостях сборки) будет доступен флажок **Удалять 3D фрагмент при удалении его проекции,** чтобы удалить 3D фрагмент, связанный с удаляемым элементом планировки.

При удалении 3D фрагмента, для которого создана планировка, будет доступен флажок **Удалять все проекции 3D фрагмента при его удалении,** чтобы удалить его схематичные изображения сразу на всех плоскостях.

Удалить только выбранные элементы, изменив способ задания зависимых элементов. Этот вариант доступен при выборе 2D элементов (например, линий изображения на рабочей плоскости) и 3D элементов (например, 3D фрагментов, систем координат, узлов и плоскостей), имеющих зависимые объекты. В результате использования данного варианта удаляются только выбранные элементы. Для потомков удалённых элементов система изменяет способ задания. Например, при удалении ЛСК, к которой был привязан 3D фрагмент, 3D фрагмент остаётся, а его положение фиксируется. Все прочие связи между потомком и другими элементами разрываются.

В ряде случаев при удалении фрагментов может сохраняться часть их геометрии или отдельные элементы. Например, если есть внешний профиль, поднятый из документа фрагмента, и по этому профилю построено выталкивание, то при удалении фрагмента, профиль и построенное на нём выталкивание останутся в сборке.

Другой пример, если два фрагмента соединены с помощью ЛСК-коннектора, то при удалении одного из них, коннектор останется в сборке.

Если удаляется элемент, на основе которого были созданы рабочие плоскости, узлы или ЛСК, то такие потомки остаются в документе. Их положение сохраняется с учётом всех преобразований. Если такой объект создан на основе нескольких других объектов, то при удалении одного из них, связь с другими родительскими объектами также разрывается.

> Исключение составляют 2D узлы, задающие границы рабочей плоскости. Разрыв связи рабочей плоскости с ними невозможен.

Исключить выбранные элементы из модели (переназначив связи зависимых элементов на другие элементы). При использовании данного способа система попытается переключить связи зависимых элементов на другие объекты модели. При удалении операции у зависимых от неё 3D элементов связи переназначаются на операцию, стоящую в дереве 3D модели перед удаляемой. Данный пункт доступен только в тех случаях, когда у удаляемого 3D элемента одновременно есть родительская операция и зависимый 3D элемент.

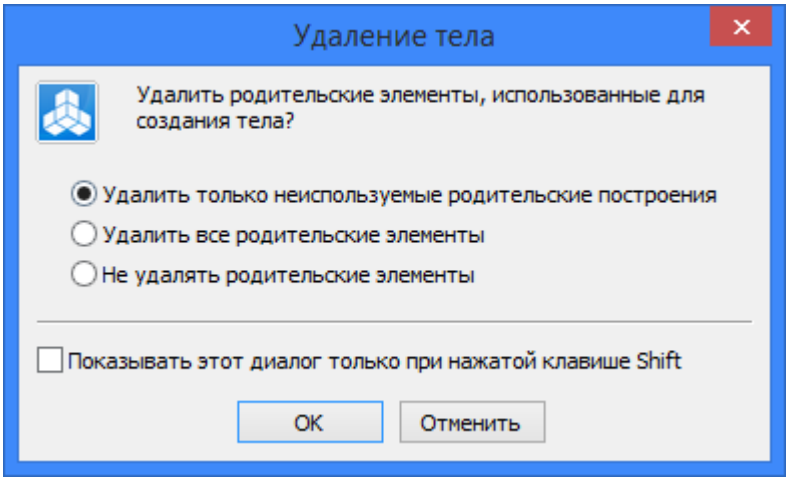
В правой части окна диалога отображается список удаляемых элементов. Элементы отсортированы по типам и разложены в соответствующие папки. Чтобы посмотреть информацию по выбранным для удаления элементам, можно нажать на кнопку **[Информация...]**.

Если установить флажок у параметра **Показывать этот диалог только при нажатой клавише Shift**, то при следующих вызовах команды диалог “Удаление элементов” по умолчанию показываться не будет. Для его отображения при вызове команды придётся дополнительно нажимать **<Shift>**. Данный режим работы команды будет действовать до изменения пользователем состояния флажка или окончания текущего сеанса работы T-FLEX CAD.

Команда “Удалить Тело”

При выборе Тела (это можно сделать в дереве 3D модели) вместо команды **“Удалить”** в контекстном меню доступна команда **“Удалить Тело”**. Данная команда удалит из 3D модели сразу все операции, входящие в историю создания данного Тела. Кроме того, команда позволяет удалить родительские элементы, используемые в операциях данного Тела.

После вызова команды **Удалить тело** на экране появляется диалоговое окно.



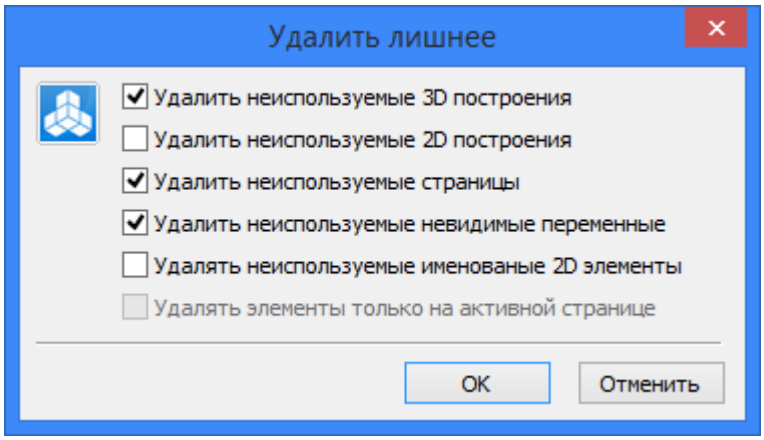
Необходимо выбрать одно из следующих действий по удалению вспомогательных элементов:

- **Удалить только неиспользуемые родительские построения**. Вместе с Телом удаляются только построения и рабочие плоскости со своими страницами, не используемые другими элементами.
- **Удалить все родительские элементы.** Удаляется выбранное Тело и все элементы, использованные в операциях тела (построения, переменные и т.п.), не используемые другими Телами модели.
- **Не удалять родительские элементы.** Удаляются только операции, образующие выбранное Тело.

Флажок **Показывать этот диалог только при нажатой клавише Shift** работает аналогично одноимённому флажку команды удаления 3D элементов.

Команда “Удалить лишнее”

С помощью команды **Правка** > **Удалить лишнее** можно удалить все 2D или 3D элементы построения, которые не использовались для создания линий изображения 2D чертежа или операций.



После вызова команды на экране появляется окно диалога “Удалить лишнее”. В нём можно установить следующие флажки:

Удалить неиспользуемые 3D построения. Будут удалены все неиспользуемые 3D элементы построения. Неиспользуемыми считаются 3D элементы построения, на основе которых не построено ни одной операции.

Удалить неиспользуемые 2D построения. Будут удалены все неиспользуемые 2D элементы построения, т.е. не использованные для создания 2D линий изображения, штриховок, размеров и др. элементов чертежа. Именованные 2D построения, т.е. 2D элементы построения, которым присвоено персональное имя, по умолчанию не удаляются. Для их удаления необходимо включить дополнительный флажок **Удалять неиспользуемые именованные 2D элементы.**

Удалить неиспользуемые невидимые переменные. Будут удалены все невидимые системные переменные (не путать со «Скрытыми» переменными документа, отображаемыми в редакторе переменных) не используемые в модели.

Удалить неиспользуемые страницы. Будут удалены все пустые страницы текущего документа. В число неиспользуемых 2D страниц включаются и страницы рабочих плоскостей, созданных автоматически по команде “Чертить на грани”, если пользователь на них ничего не строил. Такие страницы удаляются вместе с автоматически созданными на них проекциями исходных граней.

Удалить неиспользуемые 3D идентификаторы. При удалении неиспользуемых 3D идентификаторов уменьшается размер 3D модели. В результате также очищается список предыдущих действий для команды **UN: Отменить изменения**.

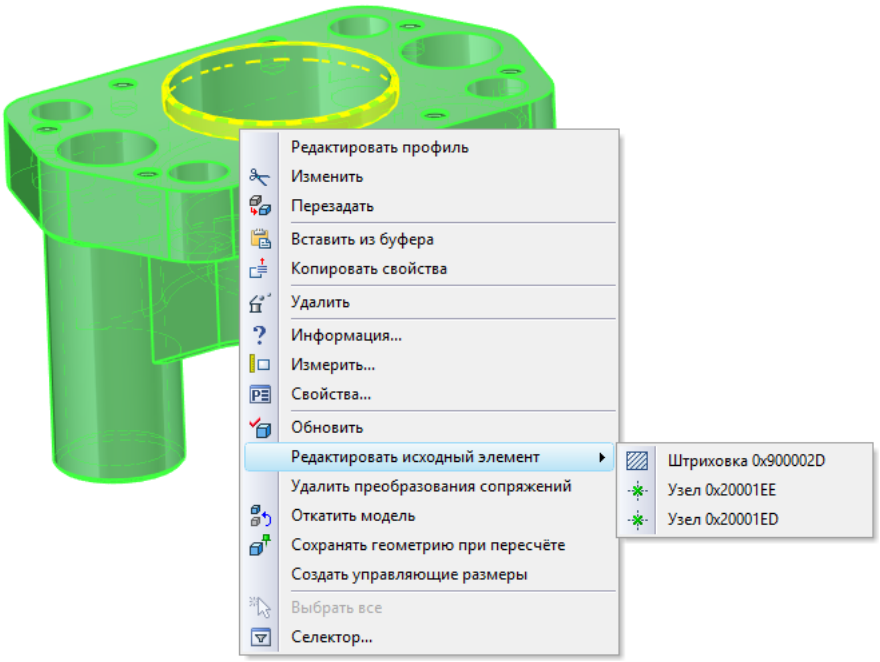
При удалении 2D элементов на странице 2D чертежа или на активной рабочей плоскости в диалоге команды доступны следующие дополнительные флажки:

Удалять неиспользуемые именованные 2D элементы. Когда данный флажок установлен, при удалении неиспользуемых 2D построений будут удаляться и именованные 2D элементы построения. Кроме того, этот флажок разрешает удаление созданных по граням рабочих плоскостей, если проекции на них содержат именованные линии изображения.

Удалять элементы только на активной странице. При установке данного флажка будут удалены неиспользуемые 2D построения только на текущей странице 2D чертежа или активной рабочей плоскости).

Команда редактирования исходной геометрии

С помощью данной команды можно быстро выбрать для редактирования геометрические элементы, использовавшиеся при создании выбранного 3D элемента. В список включаются 2D объекты (штриховки, 2D пути, 2D узлы и т.п.), использованные при создании выбранного 3D элемента или его родительских элементов. Если 3D элемент, например, 3D профиль, был создан по набору линий изображения на рабочей плоскости, то в список “геометрии” включается сама рабочая плоскость.



При выборе 2D элемента в списке исходной геометрии открывается нужная страница чертежа, включается режим черчения на рабочей плоскости и запускается команда редактирования выбранного элемента. Таким образом, данную команду можно также использовать и для оперативного перехода на страницу исходной рабочей плоскости для какого-либо 3D объекта.

В контекстном меню операций, созданных на основе 3D профиля (например, выталкивания и вращений), и рабочих плоскостей, на которых построены 3D профили, также доступна дополнительная команда **Редактировать профиль**. При её вызове для операции происходит активизация рабочей плоскости, на которой расположен исходный 3D профиль данной операции.

Работа с элементами чертежа при редактировании

Для изменения 3D модели приходится часто работать с элементами чертежа, поскольку на их основе могут строиться базовые элементы 3D модели (3D профили, 3D пути, 3D узлы и т.д.). Пользователь может применять те же приёмы редактирования 2D элементов, которые он использует при работе с обычным чертежом. Для изменения формы 3D элемента, построенного на основе 2D элементов, нужно соответствующим образом перестроить исходные 2D элементы. Некоторые из них, например, штриховки, имеющие непосредственную связь с 3D профилями, нельзя удалять и строить заново, если только не требуется удалить всю ветку дерева модели вместе с потомками этой штриховки. Для перестроения таких штриховок требуется использовать режим редактирования контуров штриховки. Иначе может быть нарушена структурная целостность модели. Если 3D профиль создавался на основе набора линий изображения рабочей плоскости, то эти линии можно изменять свободно, включая удаление и повторное создание. При завершении сеанса черчения на активной

рабочей плоскости или при очередном пересчёте система перестроит 3D профиль в соответствии с изменениями в линиях изображения.

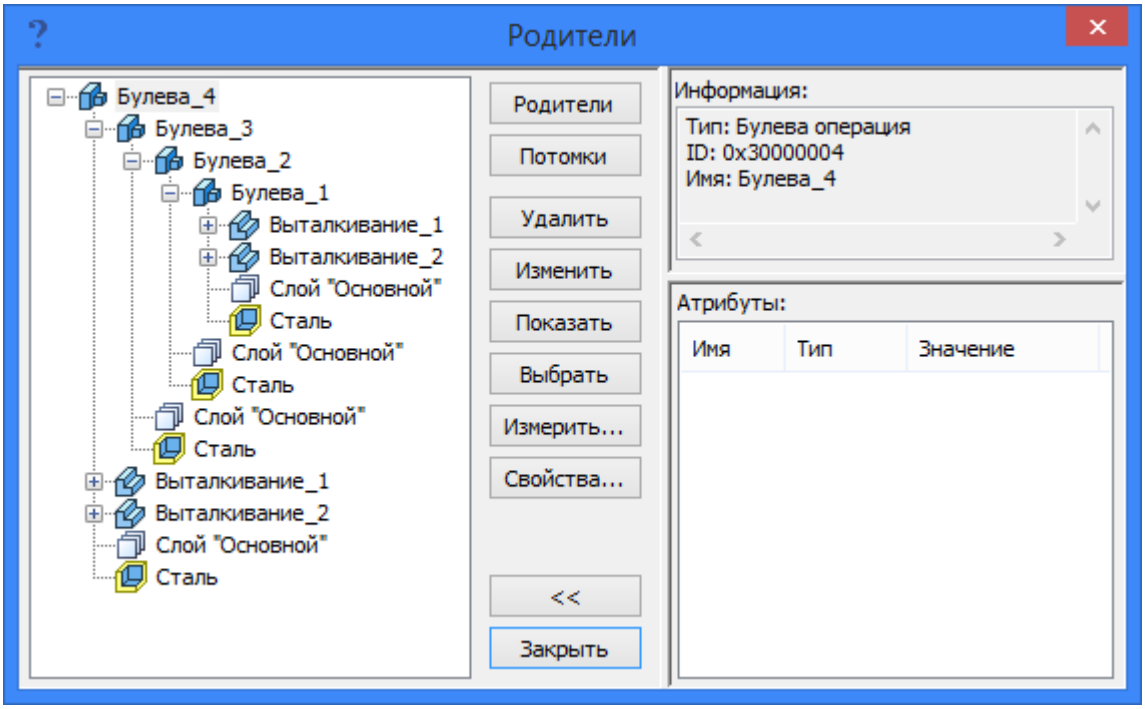
Если какой-то элемент 2D построения, требующий перестроения, не может быть удалён, то его можно перестроить заново, определив ему другой способ задания в команде редактирования. Опция для перестроения 2D элементов построения есть в автоменю команды редактирования линий построения.

Иногда полезно использовать команду **RL: Заменить элемент**. Она позволяет перенести все связи родителей и потомков с одного 2D элемента построения на другой и удалить исходный элемент. При этом другой элемент построения может иметь иной способ построения, свои собственные связи или зависимые элементы.

Обход рекурсии

Создавая сложные цепочки зависимостей между элементами, иногда в процессе изменений пользователь может попытаться задать рекурсивную зависимость, т.е. зависимость какого-либо элемента от самого себя. В подавляющем большинстве случаев система самостоятельно проверяет создаваемые связи и не позволяет сохранять изменения, приводящие к рекурсиям. Однако, изредка рекурсия все же может возникать. Обычно получаются такие зависимости в сложных цепочках связей типа «3D элементы → 2D элементы → 3D → 2D и т.д.». Для пользователя ситуация опасна тем, что он может сохранить файл с рекурсией и при последующем открытии потерять возможность отмены своих ошибочный действий. После этого нормально работать с файлом, в котором система обнаружила рекурсию, невозможно до тех пор, пока она не будет устранена.

Редактировать элементы в данной ситуации нужно особым образом. Как уже отмечалось, при попытке внесения каких-либо изменений система будет проверять наличие неверных связей в изменённой цепочке зависимых элементов. Если они обнаружатся, система не даст применить изменения. Это создаёт для пользователя определённые сложности при попытках удаления или при редактировании элементов.



Задача пользователя состоит в том, чтобы обнаружить рекурсивную связь и разорвать цепочку зависимостей в любом удобном месте за одну процедуру редактирования. Обычно достаточно изменить способ задания определённого элемента в рекурсивной цепочке. Это может быть как 2D так и 3D элемент. Можно перезадать элемент, изменив способ его задания – например, определить его привязку в абсолютных координатах или связать его с какими-либо другими независимыми элементами.

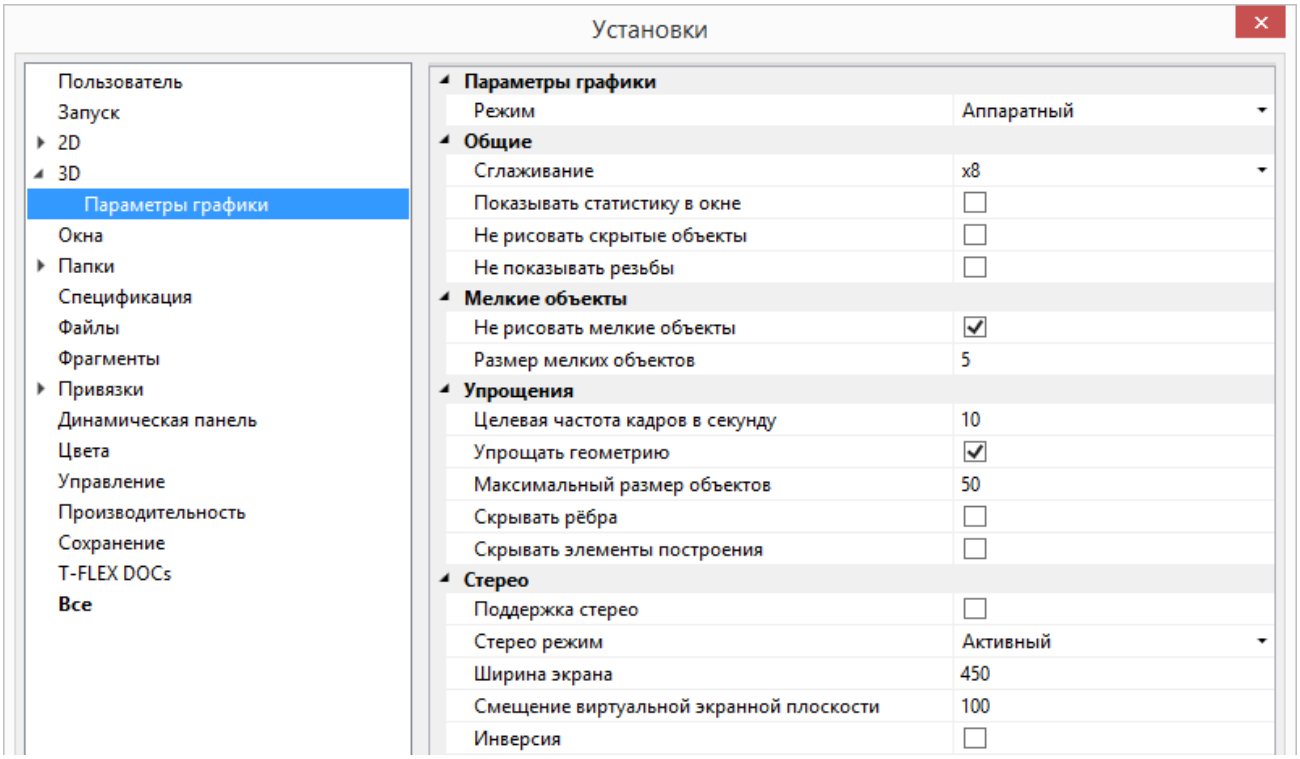
Обнаружить такие элементы помогает окно диагностики – в строке предупреждения о рекурсии сообщаются имена элементов. Далее нужно изучить зависимости между элементами – для этого можно вызвать окно «Информация». После определения причин рекурсии можно переходить к редактированию. После внесения исправлений в качестве проверки нужно запустить пересчёт модели и убедиться в отсутствии новых предупреждений.

Способы упрощения структуры модели и её отображения в 3D окне

В системе T-FLEX CAD имеются средства для ускорения основных рабочих процессов за счёт освобождения дополнительных ресурсов компьютера при временном исключении из работы некоторых второстепенных процессов и деталей модели.

1. Упрощение визуализации:
   - включение режима рёберного отображения в большинстве случаев позволяет системе быстрее просчитывать объекты сцены, ускоряется вращение сцены, выбор объектов;
   - Понижение качества изображения влияет на отображение 3D объектов в сцене. Объекты выглядят более грубо, но быстрее рисуются. Регулировать качество изображения можно в команде **ST: Задать параметры документа**, на закладке “3D”;

- настройки упрощения отображения 3D модели помогают справляться с вращением 3D сцены при большом её насыщении элементами модели. Это – системные настройки, они устанавливаются в команде **SO: Задать установки системы**, на закладке «3D\Параметры графики»



- любой элемент в 3D сцене можно сделать невидимым. Уменьшение количества элементов в сцене ускоряет прорисовку изображения. Погасить элемент можно, изменив настройки уровня, слоя или выбрав команду «Погасить» в выпадающем подменю «Видимость» контекстного меню при выборе элемента.

2. Подавление элементов. Подавляя отдельные операции, пользователь не только гасит их в 3D сцене, но и исключает их из процесса регенерации. Это также позволяет сократить общее время пересчёта модели. Подавить операцию можно, вызвав команду «Подавить» через контекстное меню или задав подавление элемента в диалоговом окне параметров на закладке **[Общие]**.
3. Набор опций для облегчения управления большой сборочной моделью. Данные опции доступны в команде **ST: Задать параметры документа**, закладка "3D", кнопка **[Сборка...]**. Подробности см. в главе «Дополнительные инструменты для работы со сборочными 3D моделями» данного руководства.

Создание «преобразований» 3D элементов

Команда предназначена для перемещения, поворота, изменения масштаба или создания симметрии операций и 3D построений. Параметры преобразований записываются в свойствах 3D элементов. При этом свойства операции (или элемент 3D построения) могут содержать сразу несколько преобразований, выполняющихся последовательно друг за другом. Возможно также формирование групп объектов и создание для них общих преобразований.

Для задания параметров преобразования 3D элементов используется команда **3EG: Преобразование элементов**. Однако преобразование можно задавать и непосредственно в параметрах конкретных элементов.

Наиболее частые случаи применения преобразований – это сборки из 3D фрагментов, режим разборки и сопряжения.

Типы преобразований

В T-FLEX CAD существует несколько типов преобразований:

Перемещение. Данный тип преобразования позволяет задавать перемещение относительно координатных осей X,Y,Z либо в одной из трёх координатных плоскостей вдоль двух осей одновременно.

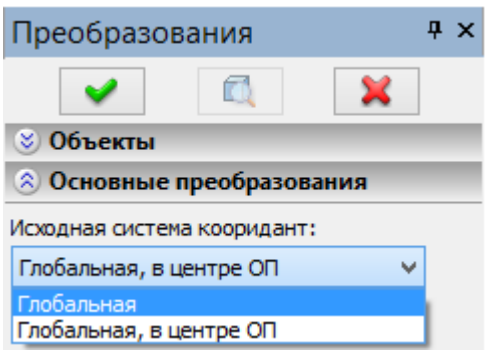
Поворот вокруг оси. Данный тип преобразования позволяет задавать поворот относительно любой координатной оси. Преобразование задаётся значением угла поворота.

Масштабирование. Этот тип преобразования позволяет изменить размер объекта относительно системы координат или точки масштабирования. Преобразование задаётся значением масштаба.

Симметрия. Данный тип преобразования позволяет создать симметрию объекта относительно выбранной плоскости. По умолчанию используется одна из плоскостей системы координат.

Для преобразования операций и элементов построения в качестве исходной системы координат могут выступать Глобальная и система координат в центре описывающего выбранный объект параллелепипеда. Направление осей последней совпадает с направлением осей Глобальной системы координат.

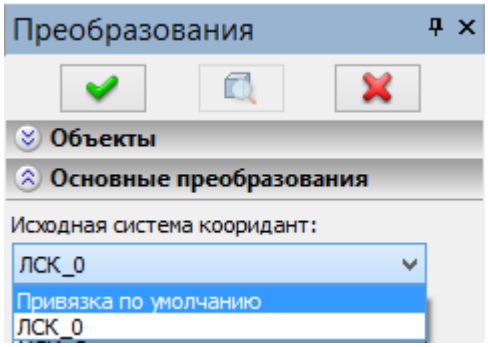
Для операций и элементов построения можно выбрать локальную систему координат, относительно которой будет производиться преобразование.



	<L>	Выбрать систему координат для текущего преобразования

Для преобразования фрагментов в качестве исходной системы координат используется привязка по умолчанию (Глобальная система координат), одна из внешних ЛСК фрагмента или ЛСК фрагмента, созданная в процессе вставки фрагмента (привязка по фрагменту).

Для выбора целевой системы координат преобразования используется опция:



	<T>	Выбрать целевую систему координат

В том случае, если сразу не удалось сориентировать ЛСК нужным образом, можно воспользоваться функциями дополнительного определения системы координат. Они позволяют быстро поворачивать построенную ЛСК вокруг своих осей на 90°(, ,),производить циклический разворот осей системы координат вокруг начала координат (при нажатии оси меняются местами).

Целевую систему координат можно определить в процессе задания преобразования. Для этого можно воспользоваться опцией выбора геометрических точек привязки центра системы координат элемента:

	<N>	Выбрать точку

Направления осей в этом случае будут совпадать с глобальной ЛСК.

Для того чтобы сбросить все данные, определяющие на текущий момент систему координат, используется опция автоменю:

	<C>	Сбросить систему координат для текущего преобразования

Для выбора исходной системы координат преобразования используется опция:

	<S>	Выбрать исходную систему координат

После открытия нового окна в начальный момент в автоменю помимо стандартных присутствуют следующие опции:

	<1>	Выбрать точку, задающую начало координат
	<2>	Выбрать элемент, задающий направление оси X
	<3>	Выбрать элемент, задающий направление оси Y
	<C>	Выбрать или создать заново систему координат

	<A>	Повернуть систему координат вокруг оси X на 90°
	<O>	Повернуть систему координат вокруг оси Y на 90°
	<Z>	Повернуть систему координат вокруг оси Z на 90°
	<9>	Циклический поворот системы координат

Выбор опции  возвращает пользователя к сборке и включает режим задания целевой ЛСК.

Работа с командой

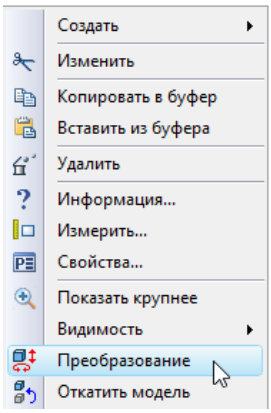
Команда «**Преобразование имеет несколько способов запуска.**

В первом случае вызов команды происходит через текстовое меню программы.

Для вызова команды **3EG: Преобразование** используется:

Пиктограмма	Лента
	Сборка → Дополнительно → Преобразование
Клавиатура	Текстовое меню
<3EG>	Операции > Сервис > Преобразование

Вызов команды **Преобразование** также может осуществляться через контекстное меню объекта.



После входа в команду необходимо выбрать 3D элемент, преобразование которого будет задаваться. Для этого используется опция:

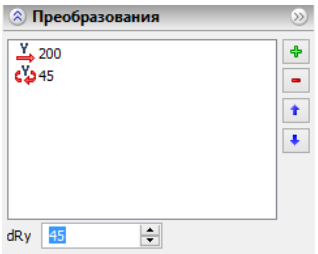
	<1>	Выбрать объекты для преобразования
	<2>	Выбрать объект для индивидуального преобразования

При выборе  можно выбрать сразу несколько объектов для преобразования. При выборе  можно выбрать только один объект для преобразования.

После выбора операции, элемента построения или фрагмента программа входит в режим задания преобразования для выбранного объекта.

Окно свойств изменяет свой вид.

Секция **Преобразования** окна свойств может использоваться для контроля, коррекции численных значений, создания и удаления преобразований. В специальном поле отображается список всех преобразований, заданных на данный момент для объекта. Каждое преобразование помечается специальным значком, обозначающим его тип (перемещение или поворот). Если значение преобразования задано константным значением, то это значение отображается рядом со значком.

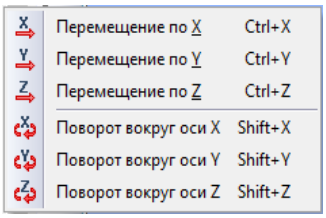


Ниже основного списка преобразований имеется поле для ввода и редактирования значений.

Для ввода значения преобразования также можно использовать специальное поле на системной панели.



Справа от списка преобразований находятся графические кнопки. Кнопка  предназначена для добавления нового преобразования. При нажатии появляется список возможных преобразований, из которого предлагается выбрать нужный тип. Список возможных преобразований вызывается также с помощью контекстного меню при нажатии в окне **Преобразования.**



После выбора типа в списке преобразований появляется новая строка. В поле ввода значений можно ввести значение преобразования. Значения преобразований могут быть заданы как численно, так и с помощью переменных и выражений.

Для сохранения преобразования нужно нажать **[Enter]**. Кроме этого, для задания значения можно перейти в 3D окно и использовать манипулятор, который перемещается в соответствии с выбранным типом преобразования. В момент создания преобразования, его значение будет отображаться в специальном поле системной панели:

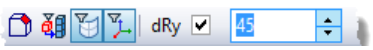
перемещение вдоль одной оси



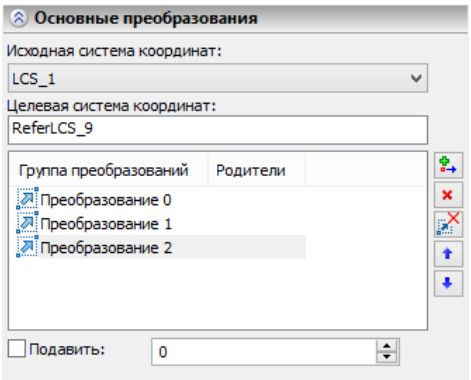
перемещение вдоль нескольких осей



поворот



В секции **Основные преобразования** имеется возможность создавать группы преобразований. Каждая группа имеет свое имя. Ниже списка групп преобразований имеется флажок **Подавить**. С помощью данного параметра группа преобразований может быть временно исключена из расчета. Рядом с флажком есть поле для ввода значений. В качестве значений для данного параметра можно использовать числовые значения, вещественные переменные или выражения. Если в поле введено значение, отличное от 0, то группа преобразований становится подавленной.



Справа от списка групп преобразований находятся графические кнопки. Кнопки доступны, если выбран только один объект.

С помощью кнопки  **можно добавить новую** группу преобразований.

При нажатии кнопки  удаляется последняя в списке группа преобразований.

Кнопка  позволяет удалить все группы преобразований.

При нажатии кнопок  меняется последовательность выполнения групп преобразований.

> Обратите внимание, что при изменении последовательности выполнения преобразований (в том числе групп преобразований), меняется конечный результат.

Более подробно использование групп преобразований описаны в главе **3D сборки. Создание сборочных 3D моделей.**

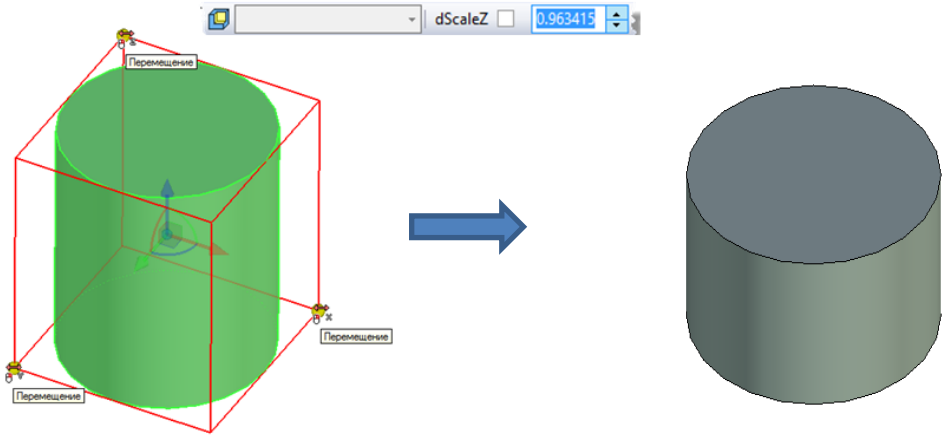
Вызов опции масштабирования выполняется с помощью иконки на панели автоменю:

	<M>	Масштабирование

Масштабирование выбранных объектов может осуществляться несколькими способами.

Первый способ предполагает использование охватывающего параллелепипеда, ограничивающего область вокруг выбранного объекта в 3D окне.

При нажатии на одну из вершин охватывающего параллелепипеда выделяется ось (направление), вдоль которой будет происходить масштабирование объекта. После этого значение масштаба можно задать в специальном поле системной панели.

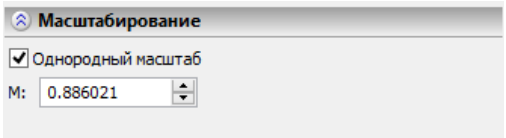


Несколько последовательных преобразований масштаба автоматически суммируются.

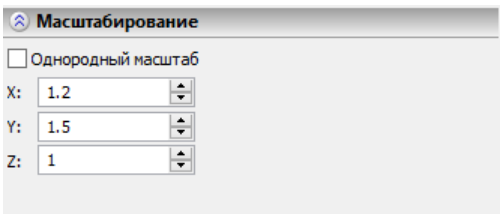
Второй способ предполагает использование вкладки **Масштабирование** в окне свойств.

Масштабирование может быть общим (все значения по осям будут одинаковыми) и с различными числовыми значениями по осям XYZ.

Значение общего масштаба можно задать с помощью флажка **Однородный масштаб**



Для задания различных числовых значений для каждого направления рядом с осями имеется поле для ввода.



Для удаления действий масштабирования можно воспользоваться опцией на панели автоменю:

	<J>	Удалить масштабирование

Масштабирование не подавляется.

Для создания симметрии выбранного объекта необходимо выбрать плоскость симметрии. Для этого используется опция:

	<S>	Выбрать плоскость симметрии

В качестве элемента, относительно которого будет происходить симметрия, могут выступать плоские грани, рабочие плоскости,3D профили и ребра.

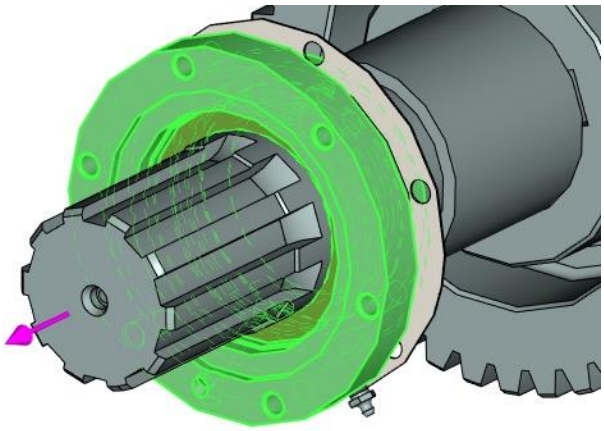
Чтобы переместить выбранный элемент вдоль или вокруг выбранной оси используются следующие опции:

	<O>	Задать вращение вокруг произвольной оси
	<B>	Задать перемещение вокруг произвольной оси

Потомки выбранных для преобразования объектов для выбора недоступны. Это предотвращает появление рекурсии в модели.

После выбора оси в сцене появляется манипулятор, при помощи которого можно задавать преобразование. Точное значение преобразования можно задать в поле на системной панели.



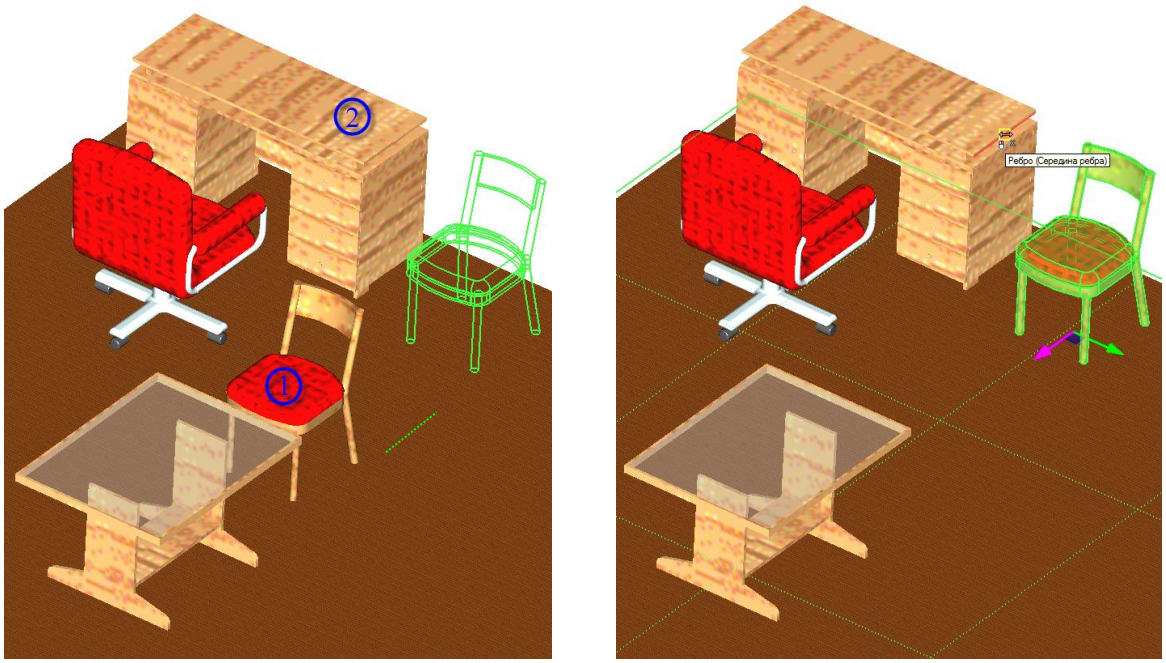


перемещение

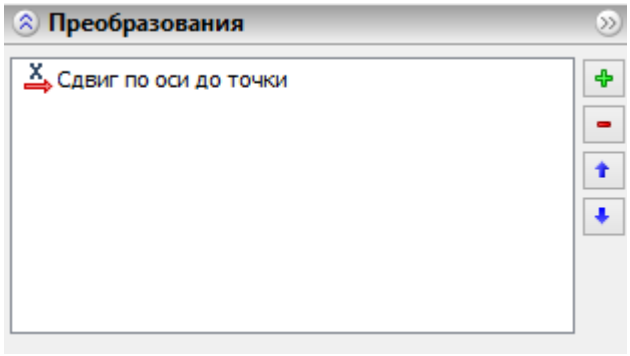
Для создания преобразований можно использовать геометрические привязки. Команда **Преобразования** работает со следующими узлами: вершины, ребра, грани, 3D пути, профили, 3D узлы и ЛСК.

Например, в существующей 3D расстановке требуется изменить положение **объекта (1)**, поставив его вровень с **объектом (2)**.

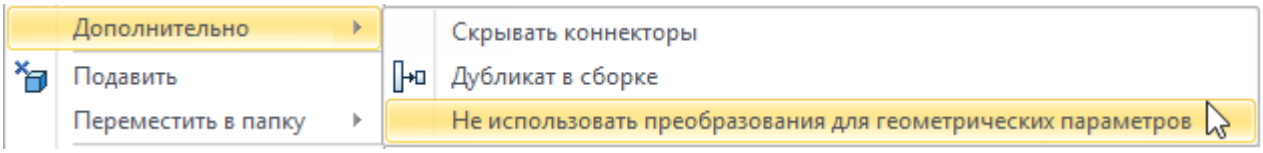
Вызовем команду **Преобразования** через контекстное или текстовое меню. Выделим **объект (1)** для преобразования. После этого на манипуляторе выделим ось X, вдоль которой будет происходить перемещение. Далее с помощью курсора на **объекте (2)** выберем середину ребра, к которой будет «привязана» координата X перемещаемого стула. При нажатии **объект (1)** переместится в новое положение.



Во вкладке «**Преобразования**» появится новая запись.



Если требуется преобразовать адаптивный фрагмент, то пользователь может включить опцию **Не использовать преобразования для геометрических параметров**.



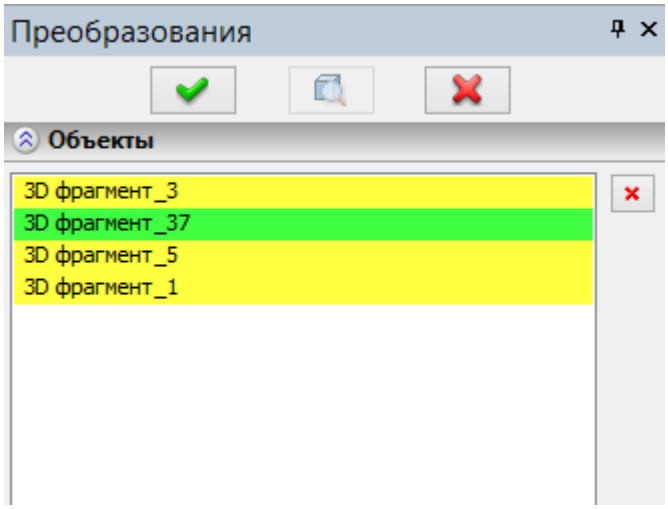
Опцию рекомендуется использовать, если геометрия адаптивного фрагмента не зависит от адаптивных параметров, а лишь изменяется на их основе.

Групповые преобразования

В команде **Преобразование** предусмотрено создание преобразований для нескольких объектов одновременно.

В групповом преобразовании могут участвовать только независимые друг от друга объекты. Объекты считаются независимыми, если они не связаны между собой геометрически (то есть не являются потомками друг друга).

Выбранные объекты отображаются во вкладке «Объекты» в окне свойств.



Для удобства выбора объектов для преобразования в команде предусмотрены горячие клавиши:

-выбор объекта, расформирование предыдущих групп;

+<Shift>-добавление объекта в группу;

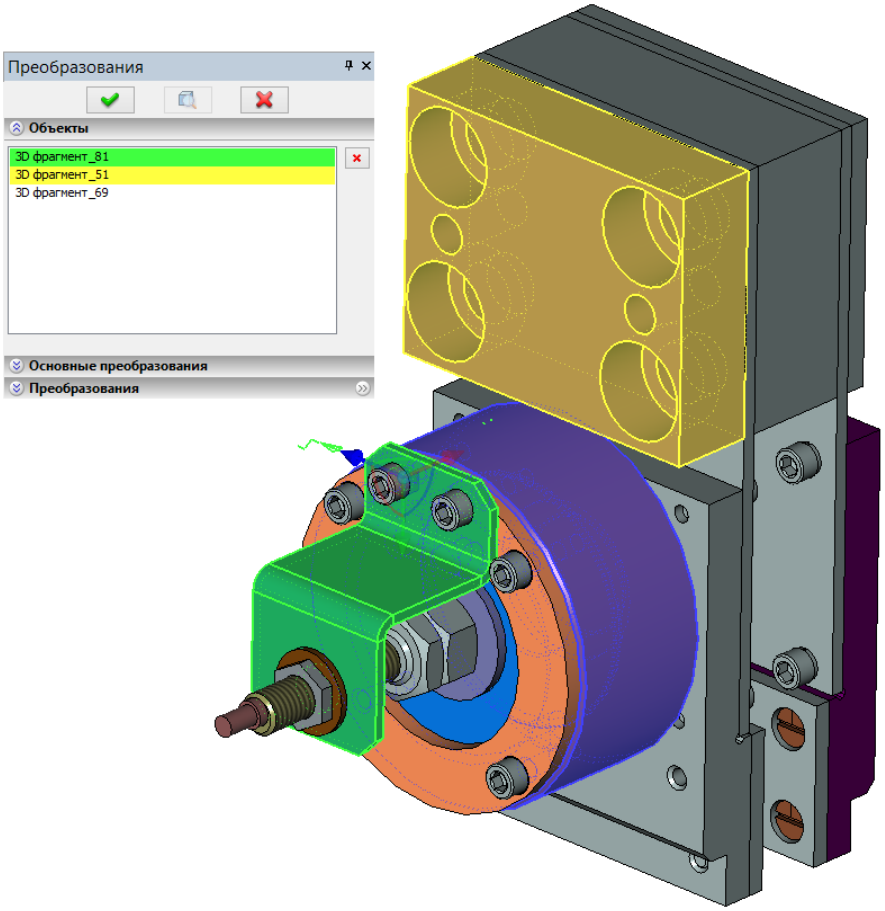
+<Ctrl>-добавление в группу, если объект отсутствует в этой группе; удаление из группы, если объект уже в группе.

Групповое преобразование может выполняться либо в «общей» системе координат, либо в собственных системах координат каждого члена группы.

После выбора объектов для преобразования по умолчанию включен режим задания преобразований в «общей» системе координат.

	<G>	Режим задания преобразований для выбранных объектов в «общей» системе координат.

В групповом преобразовании во вкладке «**Объекты**» и в области 3D окна зеленым цветом выделен объект, в системе координат которого выполняется преобразование. Все остальные члены группы выделены желтым цветом.



В случае отключения режима задания преобразований для выбранных объектов в «общей» системе координат групповое преобразование переносится в собственные системы координат каждого члена группы. Для фрагментов собственной системой координат будет являться Глобальная система координат или ЛСК фрагмента. Для операций и элементов построения – Глобальная система координат или система координат в центре описывающего выбранный объект параллелепипеда.

При выборе одного или группы объектов команда запускается в режиме запрета добавления новых объектов. При разрушении группы каждому объекту насчитывается локальное преобразование из группового.

Наиболее эффективно групповые преобразования могут использоваться в режиме разборки. Подробную информацию по использованию групповых преобразований в режиме разборки можно найти в главе «*3D Сборки - Дополнительные инструменты для работы со сборочными 3D моделями*».

Использование манипуляторов

Для задания параметров преобразования в 3D окне служат манипуляторы. Манипулятор представляет собой изображение системы координат.

Чтобы с помощью манипулятора изменить параметры преобразования, необходимо подвести курсор к манипулятору и перетащить его в новое место. Вместе с манипулятором своё положение изменит и 3D элемент.

Различные части манипулятора являются активными элементами, предназначенными для задания преобразований:

- ✓ оси манипулятора предназначены для задания перемещений;
- ✓ дуги манипулятора предназначены для задания поворотов;
- ✓ изображения плоскостей предназначены для перемещения в плоскостях **XY, XZ, YZ**;
- ✓ центр манипулятора используется для ручного входа в режим динамической привязки.

При подведении курсора к различным активным частям манипулятора курсор меняет свой вид, предлагая задать соответствующие виды дополнительных преобразований. Рядом с курсором появляется всплывающая подсказка о типе предлагаемого преобразования. Выбираемый элемент манипулятора подсвечивается другим цветом. При указании на ось пользователь может перейти к заданию перемещения вдоль выбранной оси.

При указании на дугу система предлагает задать поворот в соответствующей плоскости. При этом в дополнение выбирается ближайшая к курсору ось манипулятора с тем, чтобы пользователь мог задать поворот, направляя выбранную ось на конкретный элемент модели.

При указании на изображение плоскости пользователь может перейти к заданию смещения по выбранной плоскости.

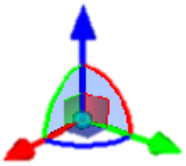
При выборе одного из перечисленных выше элементов манипулятора в контекстном меню становятся доступны следующие команды:

-для перемещения вдоль оси;

-для перемещения в плоскости;

-для поворота по трём осям;

-для перемещения по трём осям.

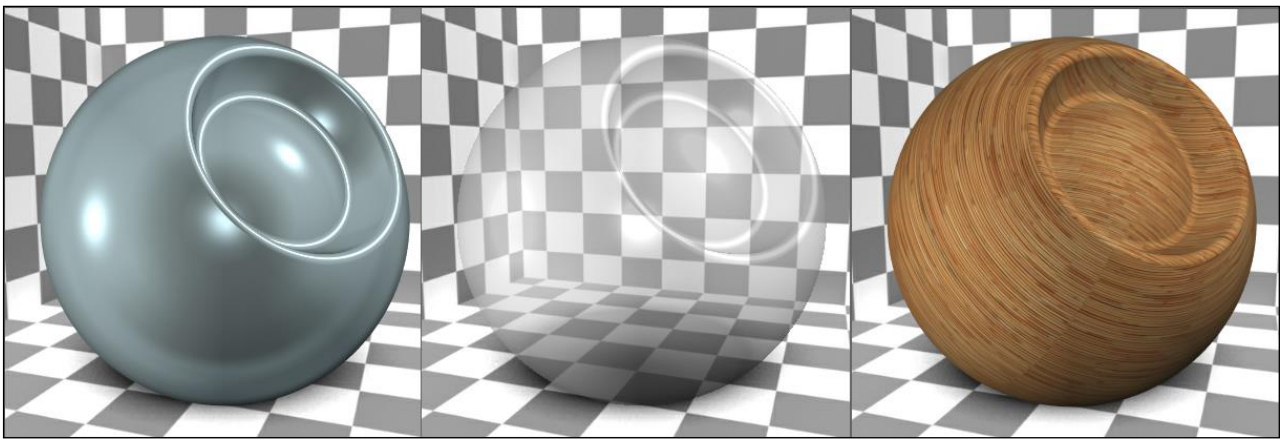


Для задания преобразования при помощи манипулятора пользователь должен выбрать активный элемент манипулятора нажатием.

Более подробно манипуляторы описаны в главе «*3D сборки. Создание сборочных 3D моделей*».

Материалы

Материал – это элемент T-FLEX CAD. Он содержит перечень характеристик реального материала, с которым мы имеем дело в действительности. Материал используется в качестве параметра всех 3D операций, а также в специальной команде наложения материала на отдельные грани.



Характеристики материала можно условно разделить на 2 типа. Характеристики первого типа влияют на отображение 3-х мерных объектов в 3D окне. Характеристики второго типа – это различные физико-механические параметры материала, такие как плотность, модуль упругости и др. Данные параметры учитываются при расчёте масс-инерционных характеристик, а также при проведении конструкционных расчётов в модуле анализа. Кроме того, материалы учитываются при построении штриховок на разрезах 2D проекций, построенных по 3D моделям. Для материала можно задать параметры такой штриховки.

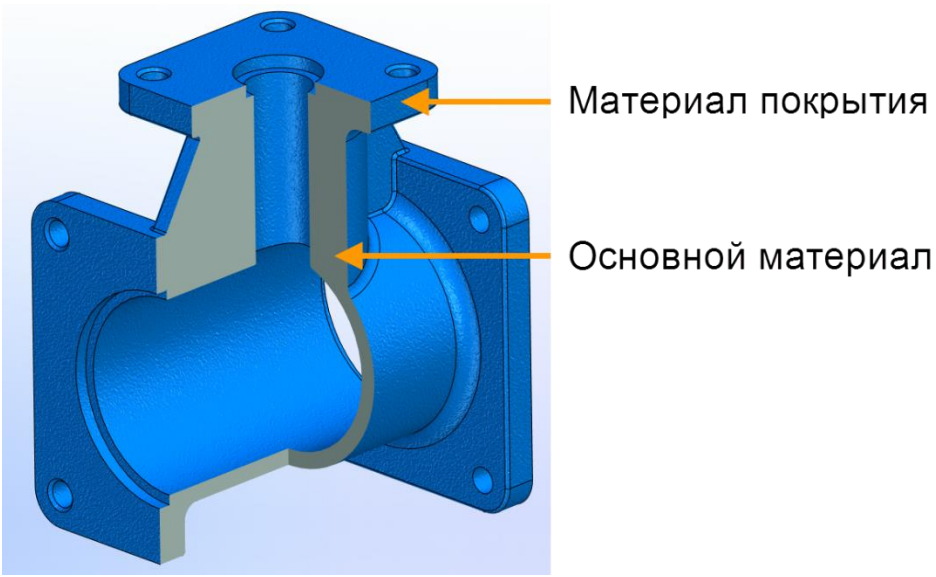
Основные понятия. Работа с материалами

С каждой моделью хранится набор материалов, которые назначены на Тела, операции или отдельные грани. Эти материалы называются материалами текущей модели.

Для любого Тела модели можно задать *основной материал* и *материал покрытия*.

Основной материал Тела используется для расчёта масс-инерционных характеристик и инженерного анализа, а также для отображения Тела в 3D сцене в режиме визуализации “Тоновая закраска с материалами” (если не задан дополнительный материал покрытия).

Материал покрытия – это дополнительный материал для задания параметров отображения модели в 3D окне. Он позволяет задать отличный от основного материал для использования в целях визуализации, создавая эффект “покраски” Тела. При этом для задания физико-механических свойств будет по-прежнему использоваться основной материал.

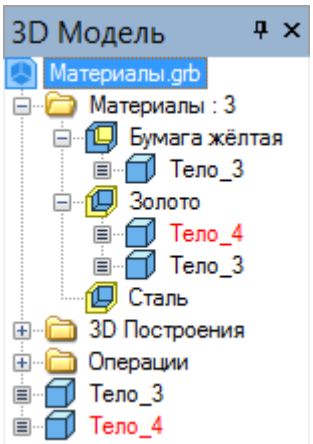


Материал может быть наложен на отдельные грани тела. При изменении геометрии грани в результате дальнейших преобразований модели наложенный на грань материал сохраняется. Как и в случае с назначением материала покрытия для всего тела целиком, при наложении материла на отдельные грани само тело своего материала не меняет. На отдельные грани можно накладывать только те материалы, у которых установлен флаг «**Применять как материал покрытия**».

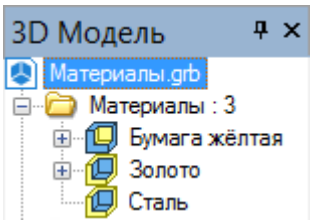
Материалы, как используемые, так и неиспользуемые в текущей модели, отображаются в дереве 3D модели, в диалогах свойств операций, а также в диалоге команды **"ЗМТ: Редактировать материалы"**.

Материалы в дереве 3D модели

Материалы, используемые в текущей модели, отображаются в дереве 3D модели в специальной папке – **Материалы**.

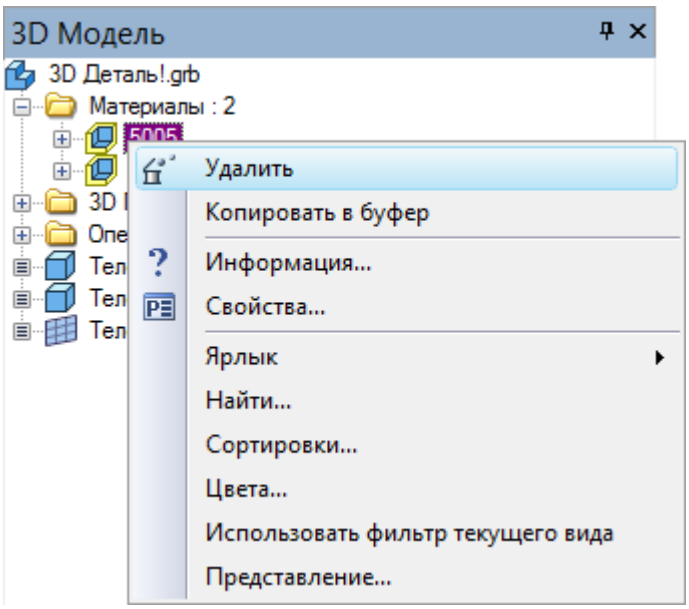


Для обозначения материала покрытия и материала тела применяются различные иконки в дереве 3D модели:



Для обозначения материала покрытия используется иконка . Для обозначения основного материала используется иконка .

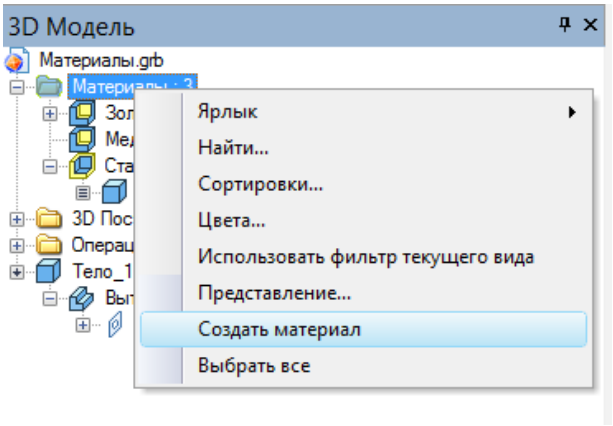
Если материал используется, то слева от него находится значок ⊞, нажав на который можно увидеть, для каких объектов используется данный материал. Для неиспользуемых материалов значок не появляется.

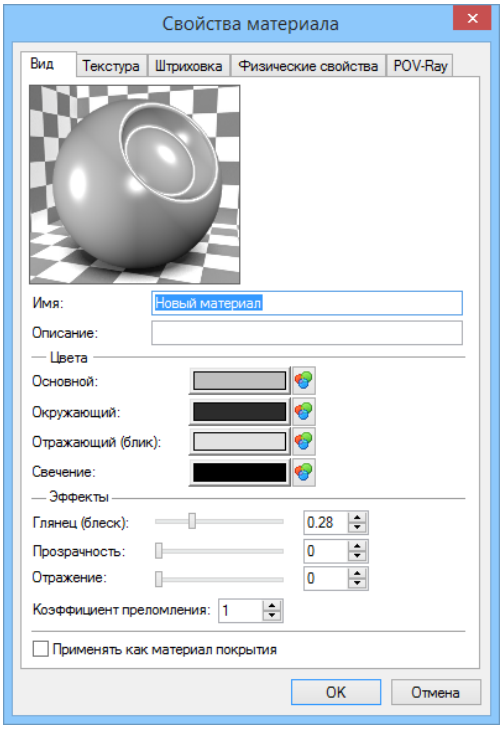


Прямо из дерева 3D модели можно редактировать свойства материала или удалить его из текущей модели. Команды удаления и редактирования свойств материала доступны в контекстном меню дерева 3D модели, которое вызывается нажатием правой кнопки мыши.

> При удалении используемого материала система предложит удалить и операции, к которым применён данный материал.

При необходимости можно создавать новые материалы прямо в дереве 3D модели, вызвав команду контекстного меню **“Создать материал”**. После вызова команды на экране появляется диалог **«Свойства материала»**.





Служебное окно "Материалы"

Для работы с материалами предусмотрено специальное служебное окно – "**Материалы**", которое доступно даже в том случае, если не открыт ни один документ.

Для отображения окна на экране можно использовать команду:

Пиктограмма	Лента
	Инструменты → Оформление → Материалы
Клавиатура	Текстовое меню
<Alt+8> <3МТ>	Сервис > Материалы Настройка > Окна > Материалы

Данную команду также можно вызвать нажатием в области автоменю или одной из панелей.

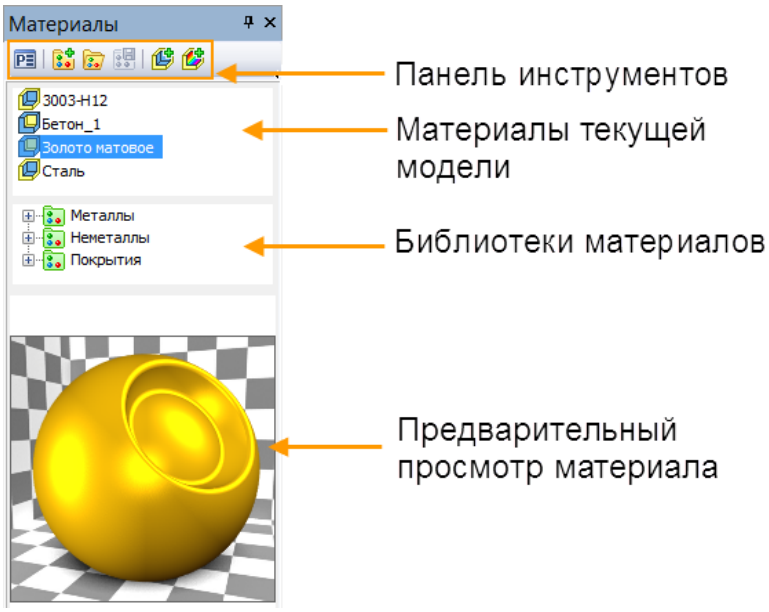
Окно **Материалы** разделено на три части: **материалы текущей модели, библиотеки материалов и предварительный просмотр материала.**

Материалы текущей модели отображаются в верхней части окна. По умолчанию в списке материалов модели содержится один элемент - «Сталь».

Библиотеки материалов отображаются в средней части окна. В этом списке перечислены все подключённые в данный момент библиотеки. По умолчанию всегда подключены три библиотеки: **Металлы, Неметаллы и Покрытия.**

Предварительный просмотр материала расположен в нижней части окна.

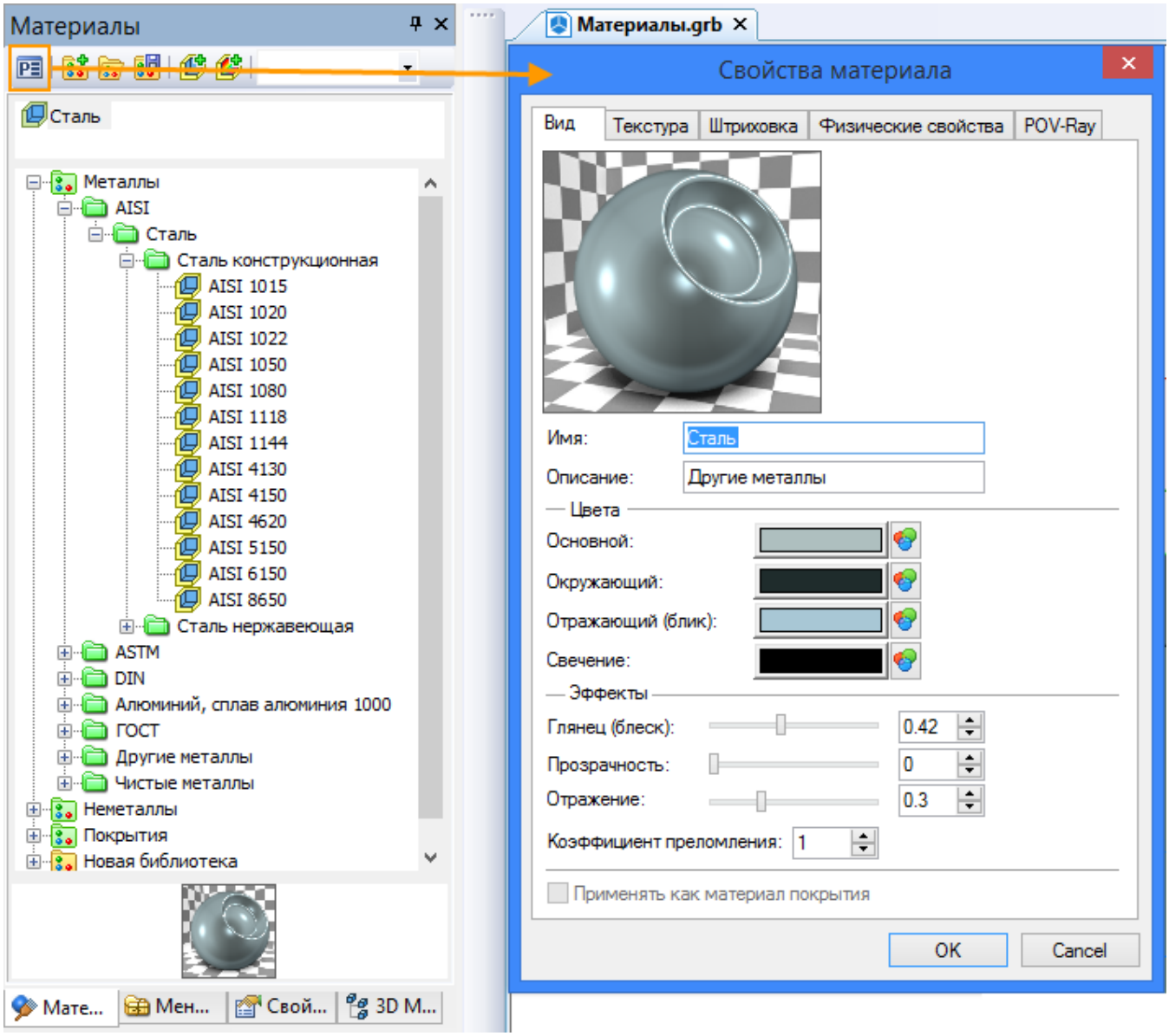
В верхней части окна **Материалы** расположена панель инструментов, на которой находятся кнопки для работы с материалами и библиотеками материалов:



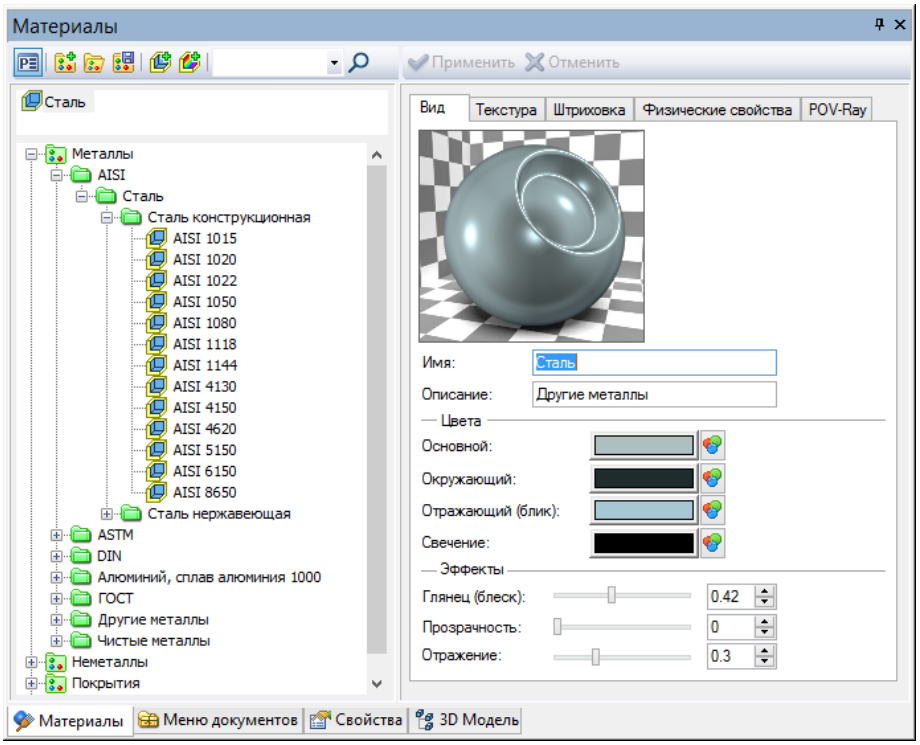
Опции панели инструментов

Для просмотра или редактирования свойств материала необходимо выбрать материал (в списке материалов текущей модели или в библиотеке) и либо нажать кнопку  на панели инструментов, либо нажать по названию материала.

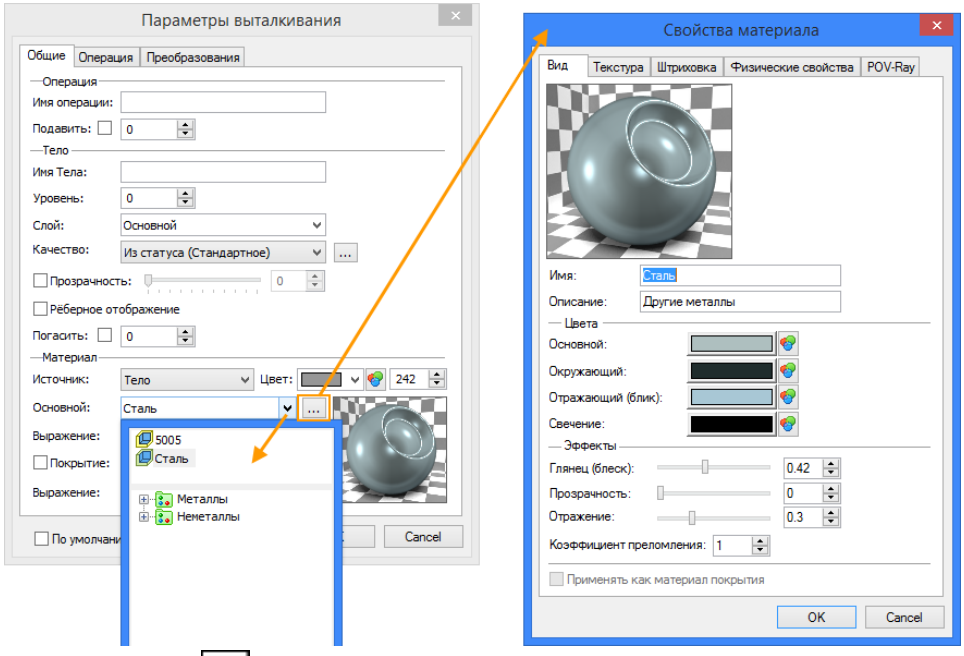
Если окно “Материалы” фиксировано, то откроется отдельное окно параметров выбранного материала.



Когда окно **Материалы** находится в "плавающем" режиме, диалог параметров выбранного материала открывается в правой части самого окна **Материалы**. Скрыть диалог параметров можно повторным нажатием .

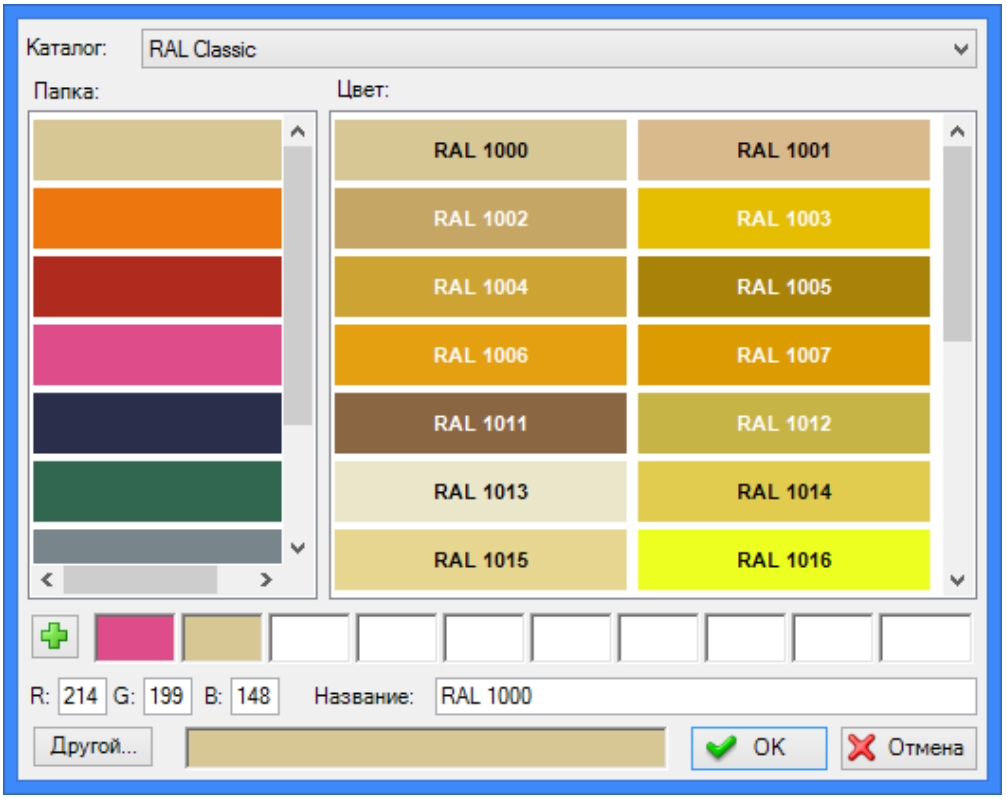


Диалог параметров материала можно также вызвать из параметров любой 3D операции или тела с помощью кнопки [...]. Кнопка расположена на закладке «Общие».

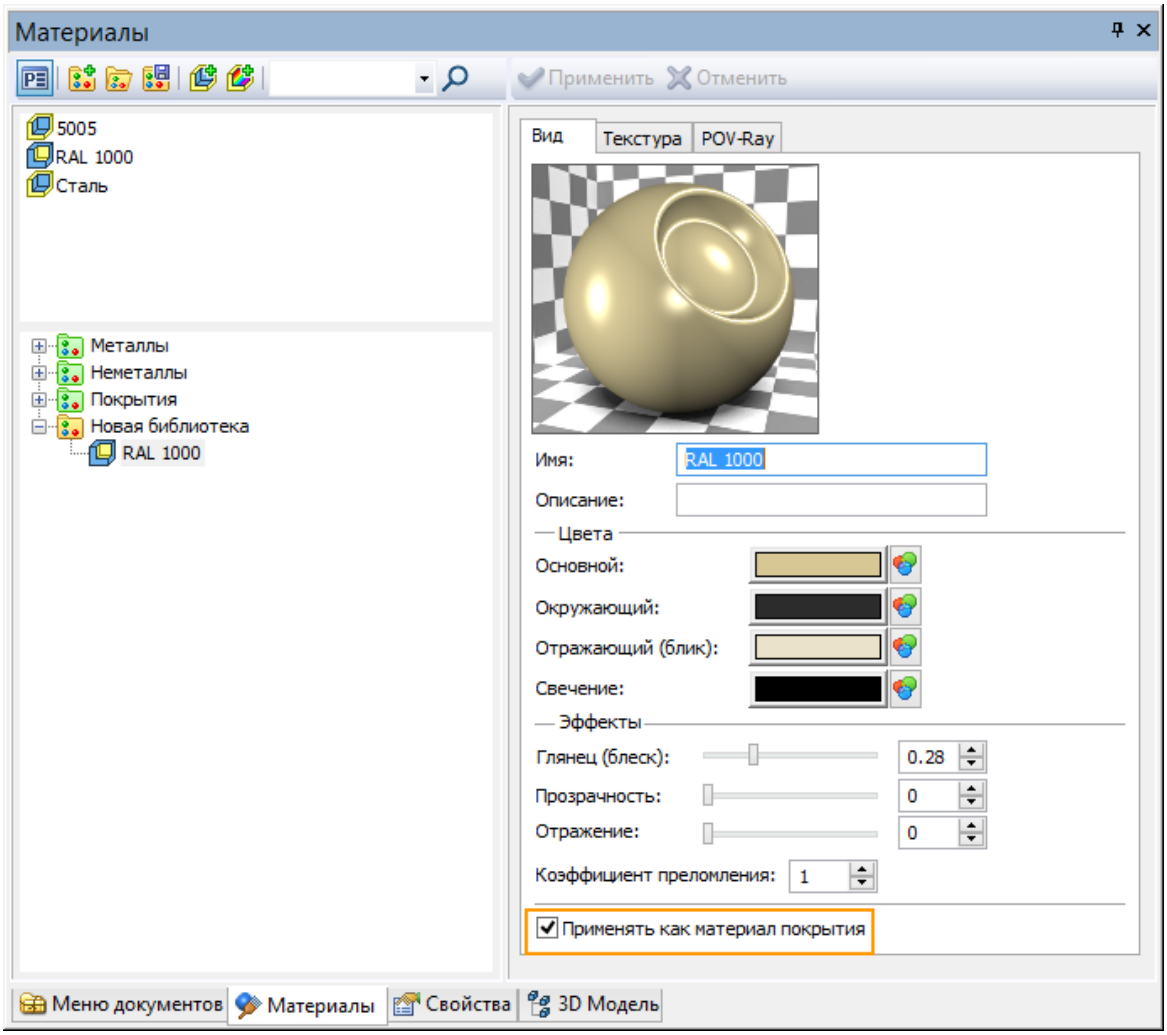


Кнопка «**Создать материал**» позволяет создавать новый материал. Материал создаётся либо в окне текущей модели, либо в библиотеке, в зависимости от того, где находится фокус пользователя.

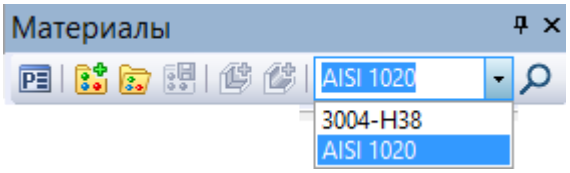
Кнопка «**Создать материал на основе цвета**» позволяет создавать материал покрытия на основе цвета. После вызова команды появляется диалог выбора цвета из каталога цветов.

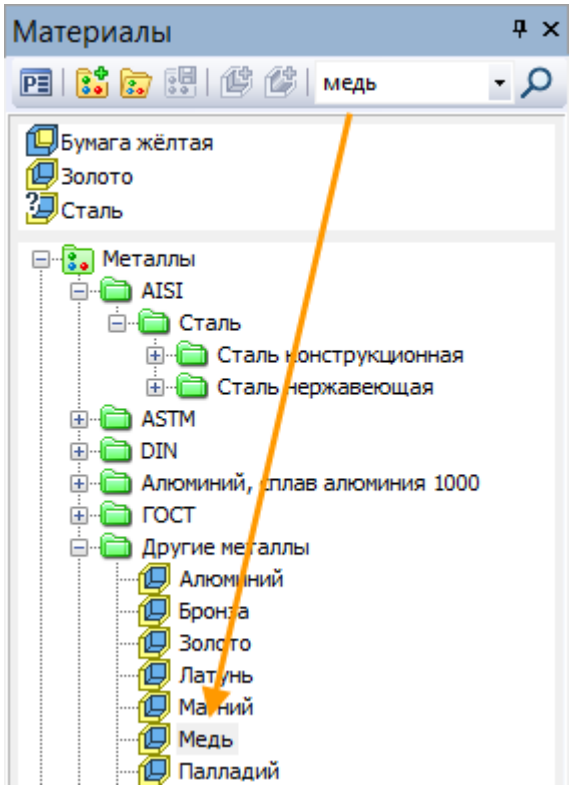


После выбора цвета из каталога новый материал получает то же название, что и выбранный цвет (например, “RAL 1000”). После подтверждения выбора цвета, в текущем окне библиотеки материалов или модели создаётся материал покрытия с соответствующим названием и свойствами. Созданный материал покрытия имеет установленный флаг **Применять как материал покрытия.**



Для навигации по библиотекам материалов предусмотрена панель поиска. С её помощью можно найти материал по имени или части имени.





Для поиска пользователю необходимо ввести имя материала или его часть в текстовое поле или выбрать ранее введённые данные из выпадающего списка, если это имя материала уже было введено в поле поиска ранее. После нажатия клавиши **<Enter>** или кнопки , фокус дерева материалов модели установится на нужном материале.

Повторное нажатие клавиши **<Enter>** или инициирует переход к следующему в библиотеке материалов результату поиска. Введённые данные, если таких ещё не было, должны добавиться к списку в текстовом поле. Поиск среди материалов модели не осуществляется.

Остальные кнопки на панели инструментов окна **Материалы** предназначены для работы с библиотеками материалов.

Кнопка **Создать библиотеку** позволяет создать новую пользовательскую библиотеку материалов. Библиотека выделена зелёным цветом , если находится в системной папке. Если библиотека лежит в любой несистемной папке и доступна для редактирования, то она обозначается жёлтым значком .

Кнопка «**Открыть библиотеку**» служит для открытия уже существующей библиотеки материалов. После активации, необходимо указать путь к файлу библиотеки.

Кнопка «**Сохранить изменения в библиотеках**» позволяет сохранить изменения, внесённые в библиотеки материалов. Подробнее о работе с библиотеками материалов можно прочитать ниже.

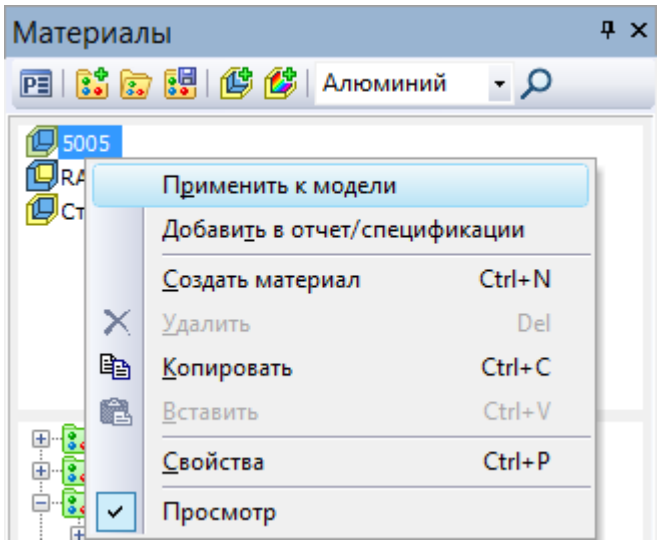
Материалы текущей модели

Список материалов текущей модели позволяет получить быстрый доступ к часто используемым материалам, не заходя в библиотеки. Он содержит все материалы, которые были использованы в процессе работы с текущим документом.

Для обозначения материалов покрытия используется иконка . Для обозначения основных материалов используется иконка . Материалы, которые были применены, но не используются в данный момент, обозначаются иконкой .

С материалами текущей модели можно совершать следующие действия:

- Изменять материал тел в сцене (команда **Применить к модели** в контекстном меню)
- Добавлять информацию о материале в отчёт и спецификации (опция **Добавить в отчёт/спецификации** в контекстном меню);
- Редактировать (опция **Свойства** в контекстном меню);
- Добавлять новые материалы (опция **Создать материал** в контекстном меню);
- Удалять материалы из модели (опция **Удалить** в контекстном меню);



- Копировать материалы из библиотеки в список материалов модели, из одного документа T-FLEX CAD в другой документ, а также из системы T-FLEX DOCs в случае включения интеграции опции **Копировать**, **Вставить** в контекстном меню). (Смотрите соответствующую главу документации «T-FLEX DOCs»);
- Включать/Отключать опцию предварительного просмотра материала (опция **Просмотр** в контекстном меню).

Работа с библиотеками материалов

Список библиотек материалов представляет собой архив с часто используемыми при проектировании основными материалами и материалами покрытий, отсортированными по категориям. По умолчанию в программе открыты три библиотеки: **Металлы, Неметаллы и Покрытия**. Они обозначаются иконками .

В поставку также включены библиотеки материалов предыдущих версий системы T-FLEX CAD, которые находятся в той же папке. При необходимости их тоже можно подключить.

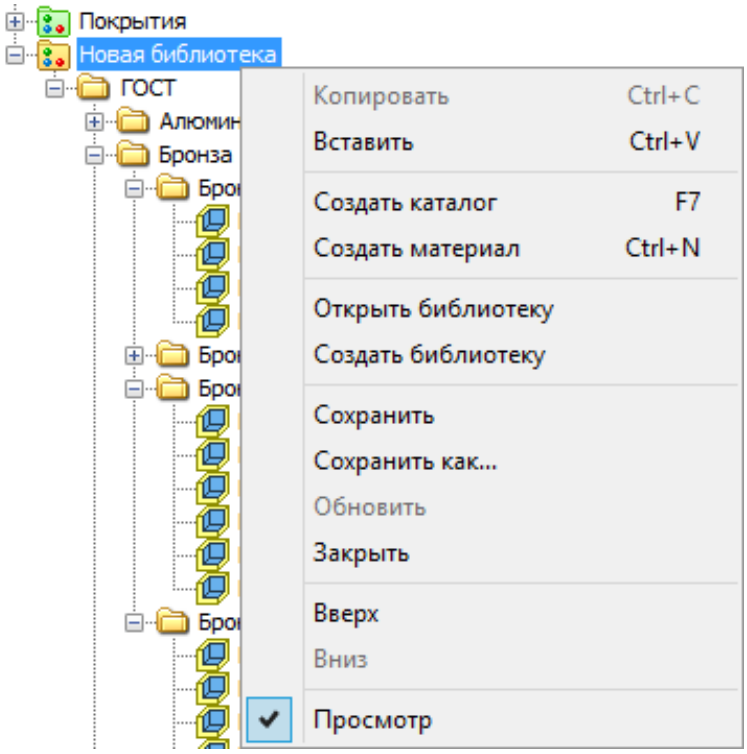
> Материалы, хранящиеся в этих библиотеках, нельзя изменять внутри самих библиотек. Для изменения свойств материалов их нужно переместить либо в окно материалов текущей модели, либо в созданную библиотеку.

Для выполнения различных операций с материалами и библиотеками можно использовать команды из контекстного меню, которое вызывается с помощью нажатия или панель инструментов.

Создание библиотек

Имеется возможность самостоятельно создавать необходимые для работы библиотеки материалов.

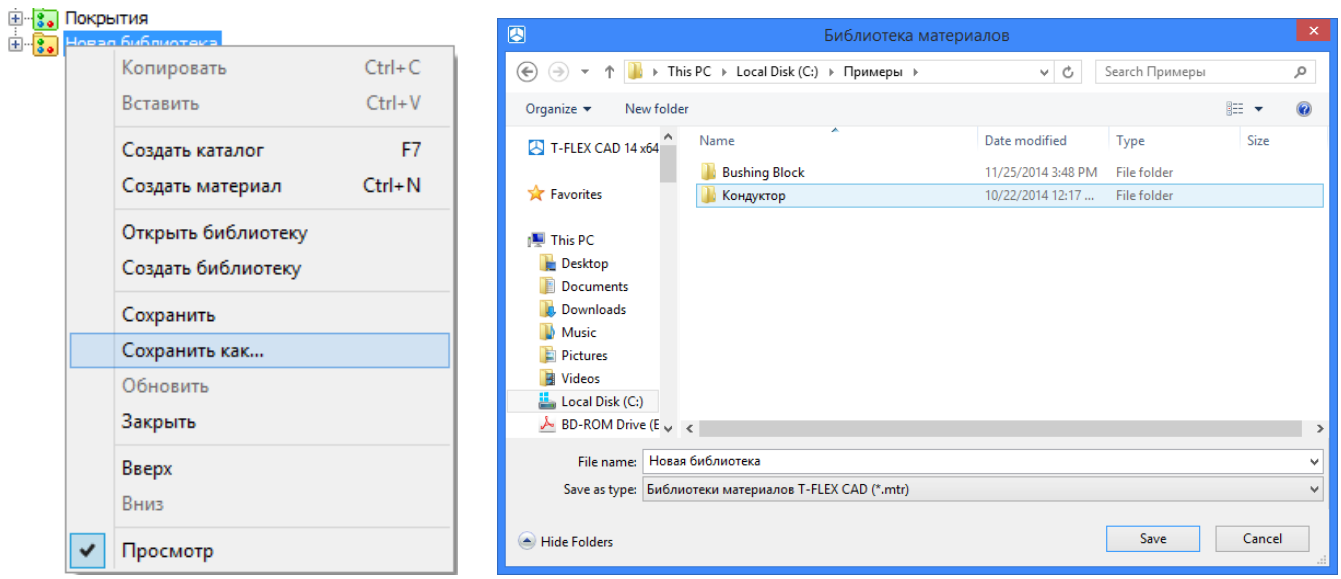
Для этого можно воспользоваться опцией  на панели инструментов или пунктом **«Создать библиотеку»** в контекстном меню. Созданная пользователем библиотека обозначается с помощью иконки . Вновь созданная библиотека появляется в списке доступных библиотек последней и по умолчанию имеет имя «Новая библиотека».



Материал может создаваться только в пользовательской библиотеке доступной для редактирования. Нельзя создать материал в системных библиотеках обозначенных иконкой .

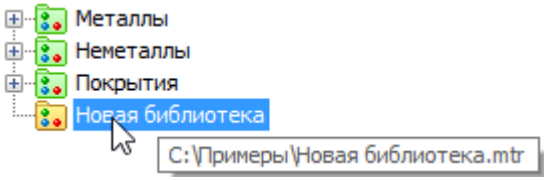
Созданная библиотека не сохраняется на диск автоматически. Для того чтобы библиотека была доступна при последующих запусках системы, нужно воспользоваться опцией  на панели инструментов или пунктом контекстного меню **Сохранить как.** При сохранении библиотеке может быть присвоено новое имя и задан путь для сохранения. Расширение для библиотек материалов в системе T-FLEX CAD - .mtr.

Файл mtr может быть открыт с помощью текстового редактора.

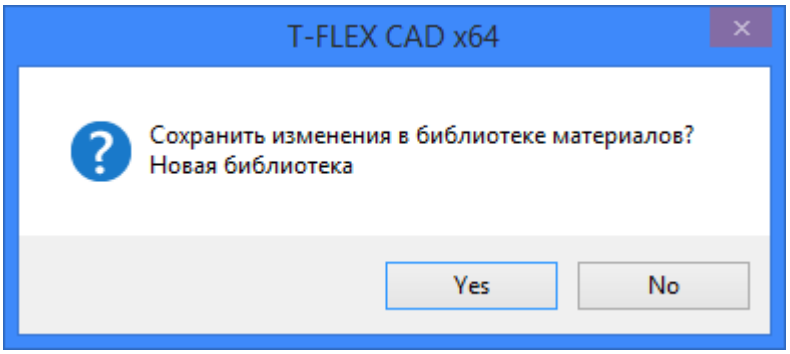


Открыть библиотеку можно с помощью опции  панели инструментов или выбрав пункт контекстного меню **Открыть библиотеку**.

По умолчанию библиотеки материалов хранятся в папке «Program\MaterialLibrary». Путь к файлу библиотеки высвечивается при наведении курсора на имя библиотеки.



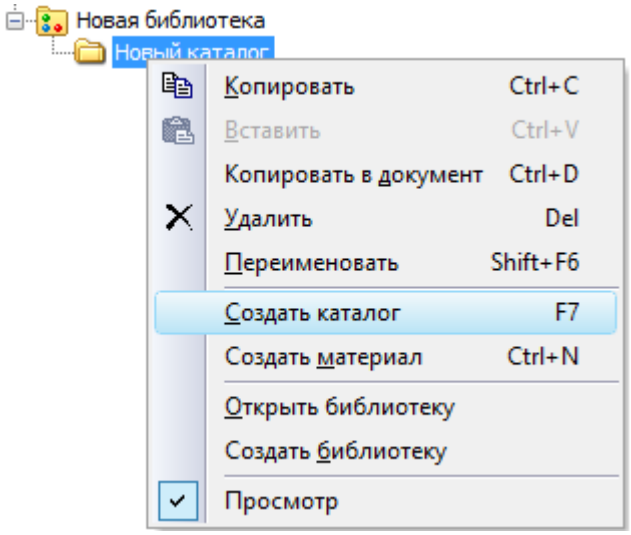
В случае если внесённые в библиотеку изменения не были сохранены, при закрытии программы система предложит сохранить эти изменения.



Создание каталогов

Для удобства сортировки можно создавать отдельные каталоги для каждой группы материалов. Чтобы создать новый каталог, нужно выбрать библиотеку, в которой он будет создан, нажать и выбрать пункт **Создать каталог** в контекстном меню. Созданный таким образом каталог по умолчанию называется «Новый каталог». Имя можно задать сразу после создания каталога, либо переименовать каталог воспользовавшись пунктом контекстного меню **Переименовать**.

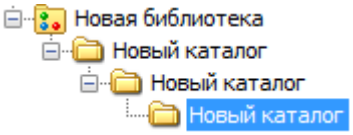
Созданный каталог можно удалить с помощью соответствующего пункта контекстного меню.



Для быстрого копирования всех материалов из каталога в список материалов текущей модели можно воспользоваться командой контекстного меню **Копировать в документ**, либо переместить категорию вручную.

Внутри одной библиотеки можно создать любое количество каталогов. Внутри каждого каталога можно создать дополнительные папки с материалами (подкаталоги).

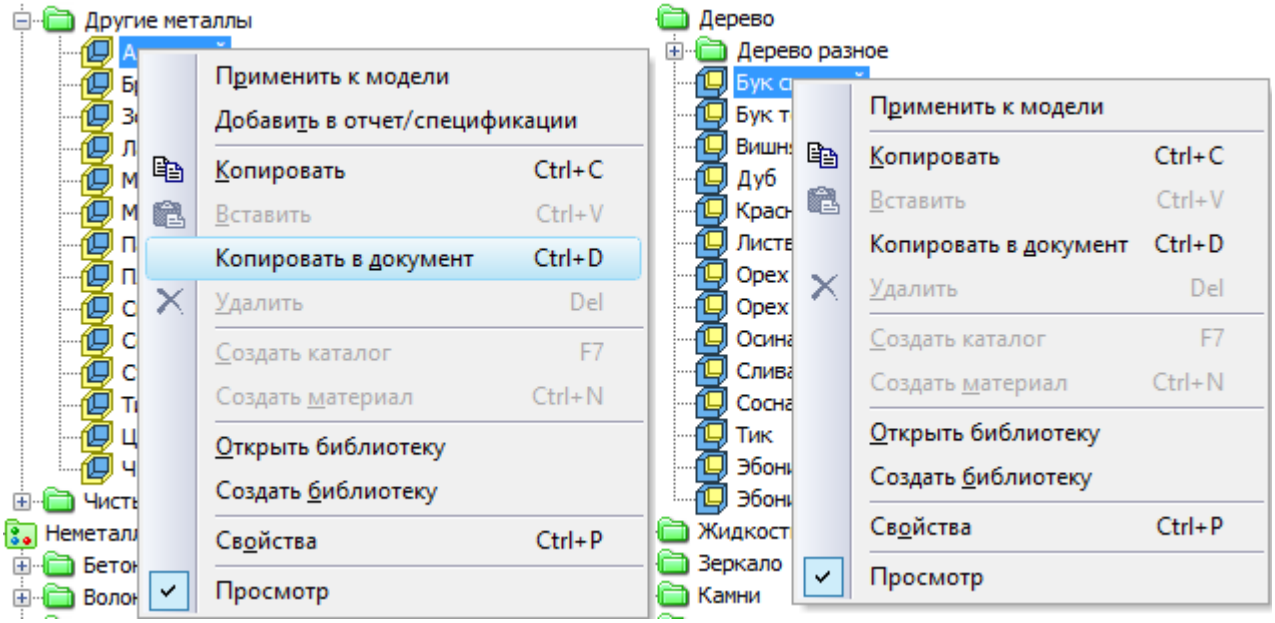
Каталог можно скопировать и перенести в другую библиотеку или каталог.



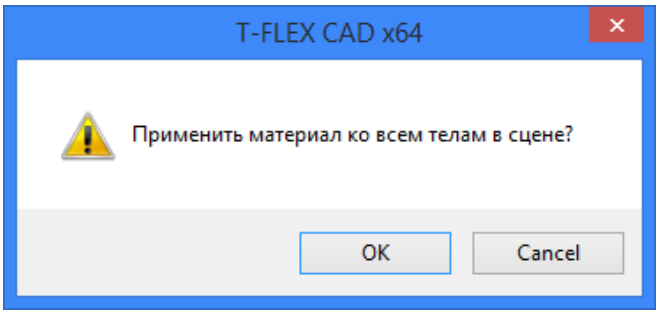
Создание и применение материалов

Для создания материалов внутри новых библиотек и каталогов используется пункт **Создать материал** или опции  и  на панели инструментов.

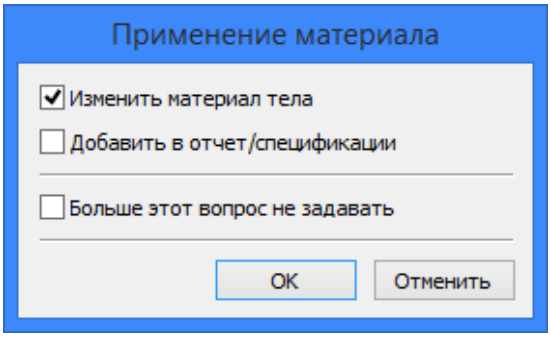
Чтобы применить материал к объектам в сцене, можно воспользоваться пунктом контекстного меню **Применить к модели** или методом “drag&drop”.



Если в сцене больше одного тела, то появится следующее окно:



В случае положительного ответа или если в сцене только одно тело, появится окно:



Пункт **Добавить в отчёт/спецификации** позволяет сразу вносить данные о материале и его сортамент в отчёты и спецификации. Подробную информацию об этом можно найти в конце главы.

Если один или несколько материалов библиотеки были изменены в процессе работы, при завершении работы система предложит сохранить изменения.

Для перемещения материалов внутри библиотеки, из одной библиотеки в другую, между каталогами или в список материалов текущей модели также можно воспользоваться методом “drag&drop”: Отдельные материалы, можно копировать, используя команды контекстного меню **Копировать** и **Вставить.**

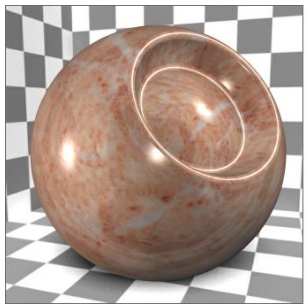
> Если материал или каталог копируется в библиотеку материалов или каталог, которая уже содержит элемент с таким же именем, копируемый элемент будет автоматически переименован и к его имени будет добавлена цифра (1), (2) и т.д.

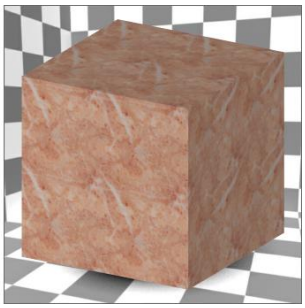
Предварительный просмотр материала

Окно предварительного просмотра материала позволяет пользователю визуально оценить выбранный материал, не применяя его к объектам в сцене. Включение режима осуществляется с помощью пункта «**Просмотр** в контекстном меню.



Выбранный материал может отображаться на кубической или сферической поверхности. Для переключения между этими режимами нужно щёлкнуть по изображению.

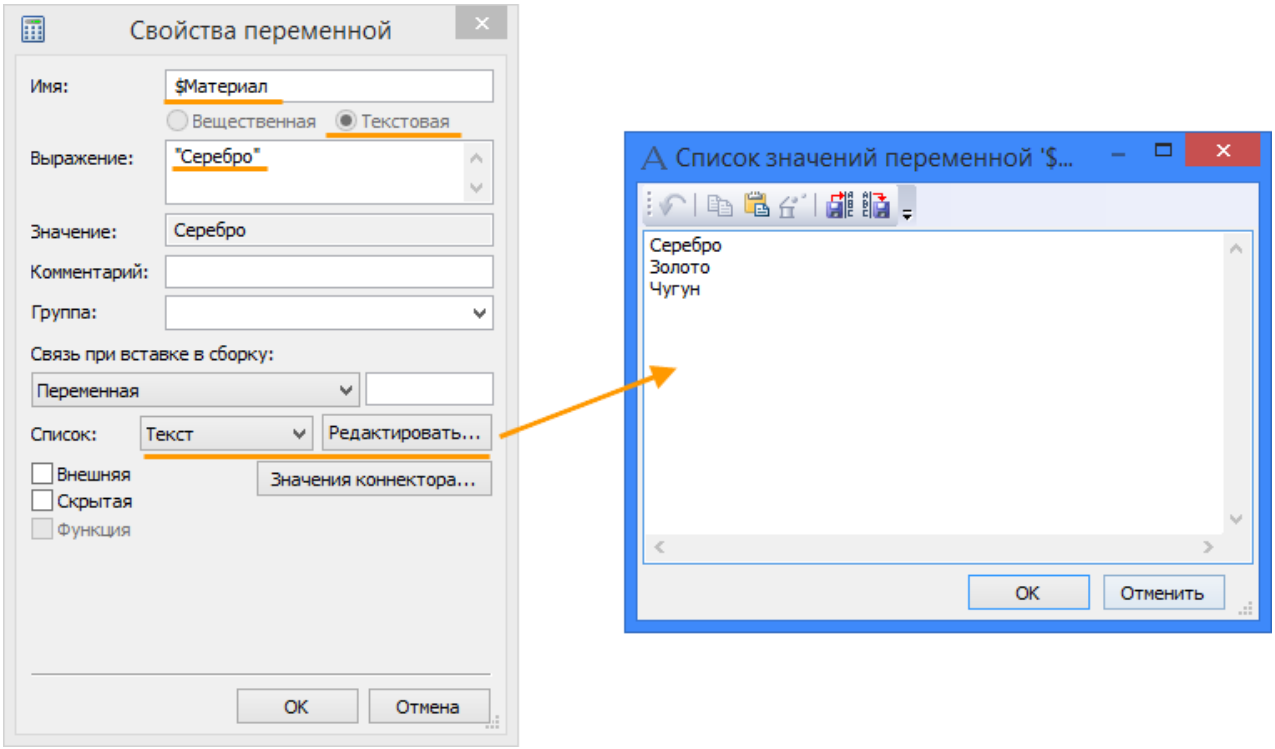




Использование переменных для изменения материала

Для задания материала может использоваться текстовая переменная.

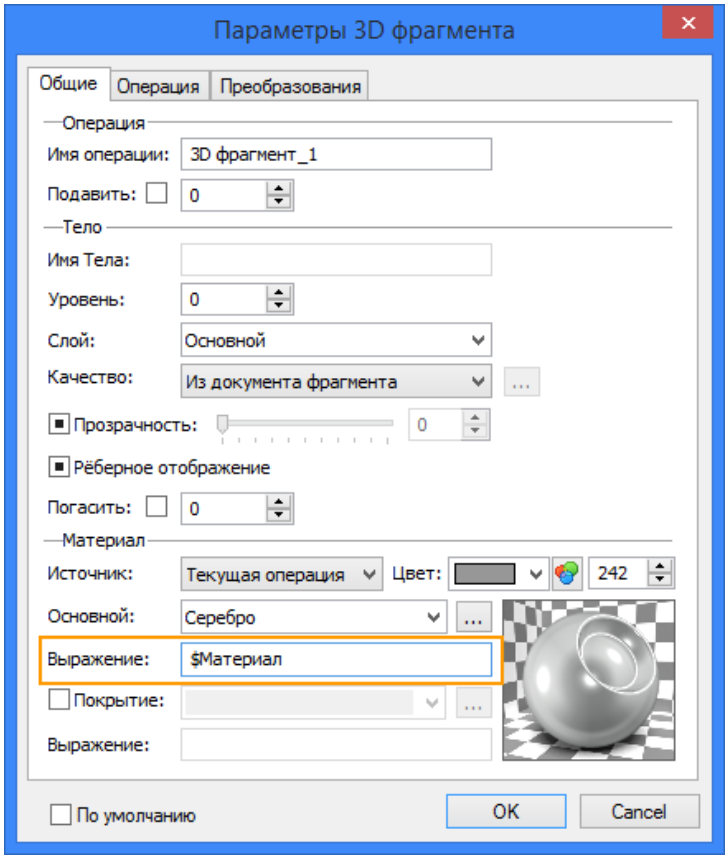
В этом случае необходимо создать переменную с помощью команды **V:Редактировать переменные**.



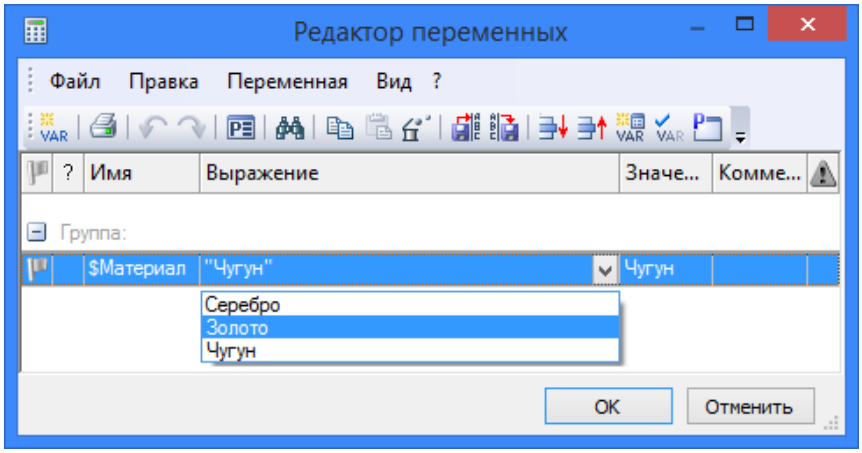
В поле выражение нужно ввести или скопировать из библиотеки название материала, который будет использован для модели.

Для того, чтобы сформировать список из нескольких материалов необходимо воспользоваться кнопкой [Редактировать...]. В открывшемся окне **Список значений** нужно указать все материалы, которые могут использоваться для данной модели. Важно, чтобы вносимые имена материалов совпадали с именами в библиотеке.

После создания переменной нужно зайти в свойства модели, и в поле «Выражение» внести имя созданной переменной. Таким образом можно задавать как основной материал, так и материал покрытия.



После выполнения этих действий можно изменять материал одного или нескольких тел с помощью выпадающего списка в окне переменных.



Для отображения нового материала в сцене, требуется обновить 3D модель с помощью опции .

Диалог «Свойства материала»

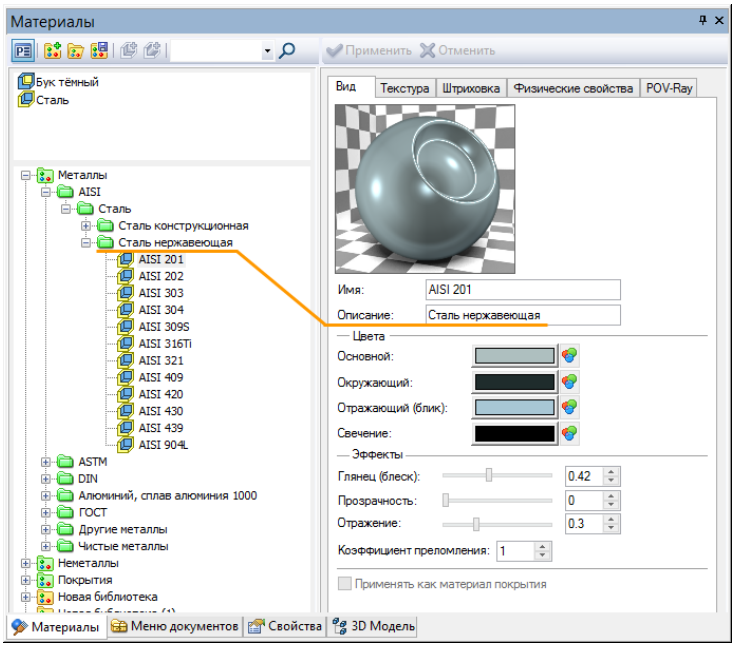
Диалог свойств материала содержит физико-механические характеристики материала, параметры его отображения в 3D сцене и на проекциях, а также параметры для создания фотореалистичного изображения (смотрите главу **Фотореалистичное изображение**).

Для вызова диалога свойств материала необходимо выбрать материал (в списке материалов текущей модели или в библиотеке) и выполнить одно из перечисленных действий:

- нажать на иконку  на панели инструментов
- щёлкнуть мышью по названию материала
- выбрать команду «Свойства» из контекстного меню.

Вкладка «Вид»

В данной вкладке объединены параметры, отвечающие за характеристики цвета, отражения, прозрачности и собственного свечения материала.



Изображение материала на данной вкладке доступно в двух вариантах: в виде сферы с выемкой или в виде куба, для более полного отображения визуальных характеристик материала.

Также во вкладке «Вид» можно редактировать имя материала, в поле **Имя:**

В поле **Описание** выводится имя каталога, в котором находится выбранный материал.

Для материала модели — это поле можно редактировать, вводя необходимо описание.

При копировании материла в библиотечный каталог в поле описание добавляется имя каталога, в который он скопирован.

Группа Цвета



В эту группу объединены параметры, определяющие цвет материала. Чтобы задать цвет одного из параметров, необходимо кликнуть по цветному прямоугольнику и воспользоваться стандартным механизмом выбора цветов или выбрать цвет из каталога цветов.

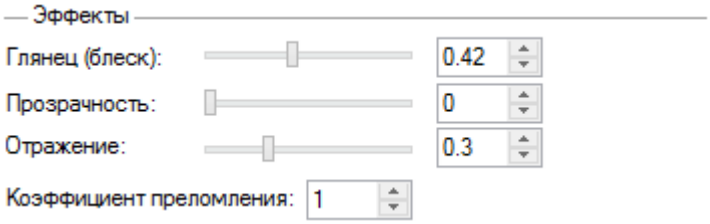
Основной. Этот параметр определяет цвет материала, освещённого прямым светом. Это базовый цвет материала.

Окружающий. Параметр определяет цвет материала, освещённого рассеянным светом. Существенно влияет на цвет поверхности материала, так как обычно в заданный момент времени под воздействием прямого света находится только небольшая часть объекта.

Отражающий (блик). Параметр определяет цвет бликов, появляющихся на поверхности объекта. Чем ярче цвет, тем интенсивней блик.

Свечение. Параметр задаёт интенсивность излучаемого материалом света. Если материал не излучает света, то задаётся чёрный цвет.

Группа Эффекты



Эта группа параметров позволяет настраивать следующие оптические характеристики материалов:

Глянец (блеск). Параметр определяет степень отражения источников света на поверхности объекта. Он задаётся одним числом в диапазоне от 0 (минимум) до 1 (максимум). Большие значения создают вид более гладкого и блестящего материала, в то время как их уменьшение имитирует матовые поверхности.

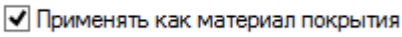
Прозрачность. Данный параметр задаёт степень прозрачности поверхности объекта. Меняется от 0 (непрозрачная поверхность) до 1 (полностью прозрачная поверхность).

Отражение. Данный параметр задаёт степень зеркального отражения материала. Задаётся числом в диапазоне от 0 (отражения окружающих объектов на поверхности материала формироваться не будут) до 1(обеспечивается полная зеркальность материала).

Коэффициент преломления. Данный параметр характеризует отклонение лучей света при их прохождении через прозрачный материал. Используя коэффициент преломления можно

задать величину этого параметра. Параметр учитывается только при создании фотореалистичного изображения.

Если установлен параметр «**Применять как материал покрытия**», то материал применяется не как материал тела, а как материал покрытия.



Вкладка «Текстура»

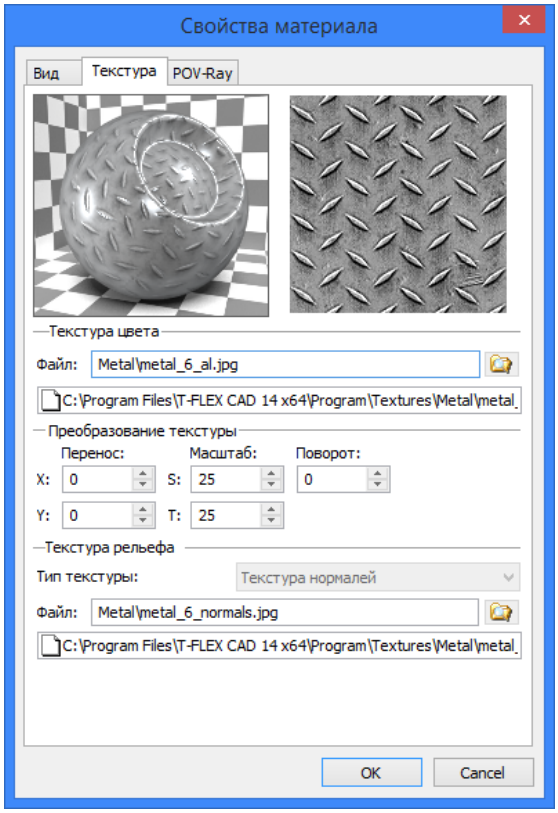
На вкладке объединены параметры, отвечающие за назначение текстур материала и управление ими. Текстура – это изображение, хранящееся в отдельном файле и позволяющее отобразить особенности окраски поверхности материала.

Группа Текстура цвета

Файл - файл изображения, содержащий рисунок текстуры. Для задания текстуры можно использовать файлы форматов bmp, gif, jpg, jpeg, tga, tif, tiff и png.

Работа с файлами текстур реализована в соответствии с общим алгоритмом работы со ссылками на внешние файлы (аналогично фрагментам, картинкам, файлам баз данных по ссылке и т.д.). Это означает, что:

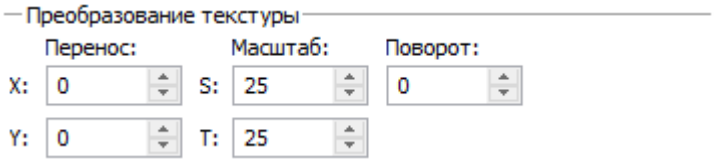
- ✓ Файлы текстур могут находиться в той же папке, что и файл модели, использующей её;
- ✓ Текстуру цвета и текстуру рельефа можно задавать разными файлами;
- ✓ Файлы текстур переносятся командой “Перенос сборки” аналогично другим типам файлов;
- ✓ Файлы текстур могут включаться в файл модели, использующих их (вложенные текстуры);
- ✓ Для задания пути на файл текстуры может использоваться имя библиотеки;
- ✓ Для задания пути на файл текстуры могут использоваться относительные пути, включающие имена папок или переход на уровень выше (..\).



По умолчанию при выборе текстуры открывается каталог “Program\Textures”

Группа Преобразование текстуры

Данная группа параметров служит для настройки внешнего вида текстуры, перемещения текстуры, изменения её масштаба и поворота.



Перенос X. Данный параметр задаёт смещение стартовой точки текстуры по горизонтальной оси.

Перенос Y. Параметр задаёт смещение стартовой точки текстуры по вертикальной оси.

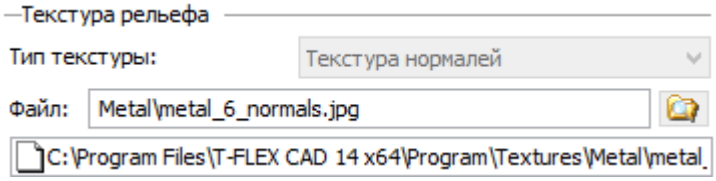
Масштаб S. Масштаб текстуры по горизонтальной оси. Величина масштаба может иметь отрицательное значение. Если, например, задать величину «-100», текстура будет симметрично отображена относительно горизонтальной оси.

Масштаб T. Масштаб текстуры по вертикальной оси. Величина может иметь отрицательное значение.

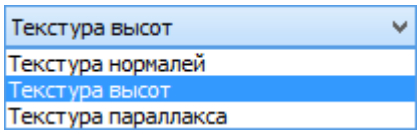
Поворот. Угол поворота текстуры. Текстура поворачивается вокруг центра, расположенного в плоскости, перпендикулярной направлению её проецирования.

Группа Текстура рельефа

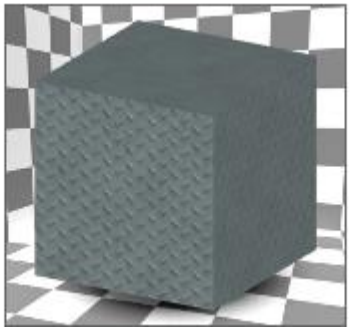
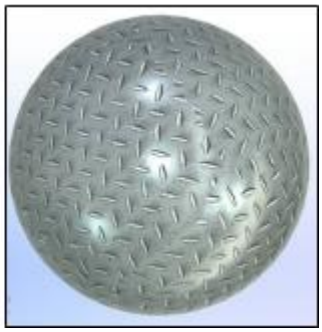
Данная группа параметров отвечает за создание зрительной рельефности поверхности материала. Суть рельефности заключается в том, что за счёт добавления теней и бликов создаётся эффект рельефа поверхности материала, в то время как фактически она остаётся совершенно плоской.



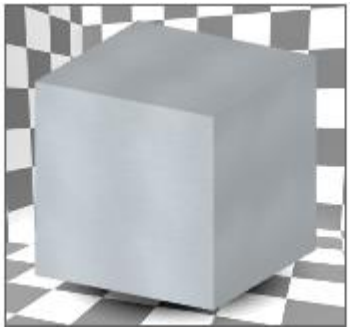
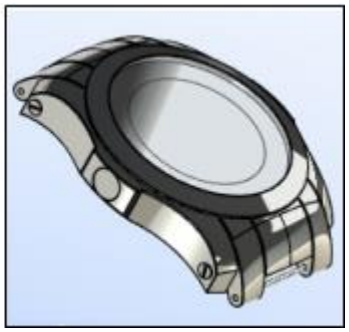
Имеется три типа текстур для создания эффекта рельефности:



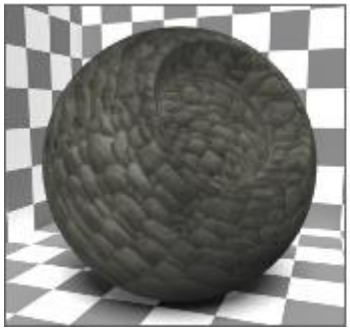
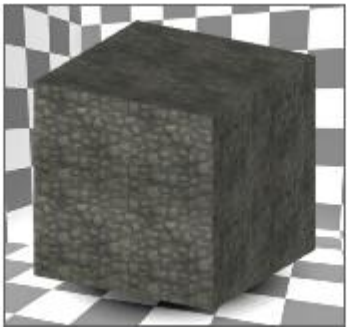
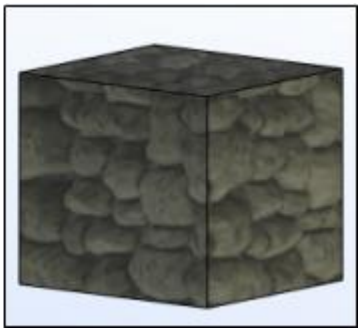
Текстура нормалей используется для создания на поверхности материала более упрощенного варианта текстуры рельефа. Это необходимо в случаях наложения “высокодетализированных” текстур. Данный вариант установлен по умолчанию.

Текстура высот позволяет создать освещённые и затенённые участки, как правило, это не очень сложные бугристые поверхности, плоские выступы или впадины. Для более детальных эффектов рекомендуется применять вариант Текстура нормалей.

Текстура параллакса реализует не только освещение с учётом рельефа, но и сдвигает координаты текстуры. Этим достигается наиболее полный эффект рельефа, особенно при взгляде на поверхность под углом (эффект стереоизображения).

Файл - показывает путь к рисунку рельефа текстуры. Для задания текстуры можно использовать файлы форматов bmp, gif, jpg, jpeg, tga, tif, tiff и png.

Вкладка «Штриховка»

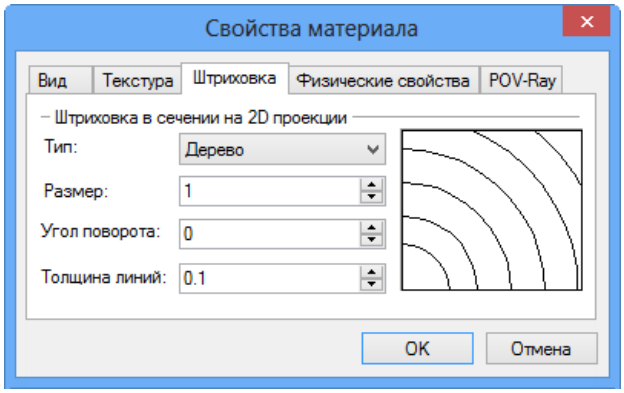
При создании сечений и разрезов в команде **3J: Создать 2D проекцию** есть возможность автоматически штриховать сечение. Штриховка, применяемая в сечении, задаётся следующими параметрами:

Тип – позволяет установить тип штриховки.

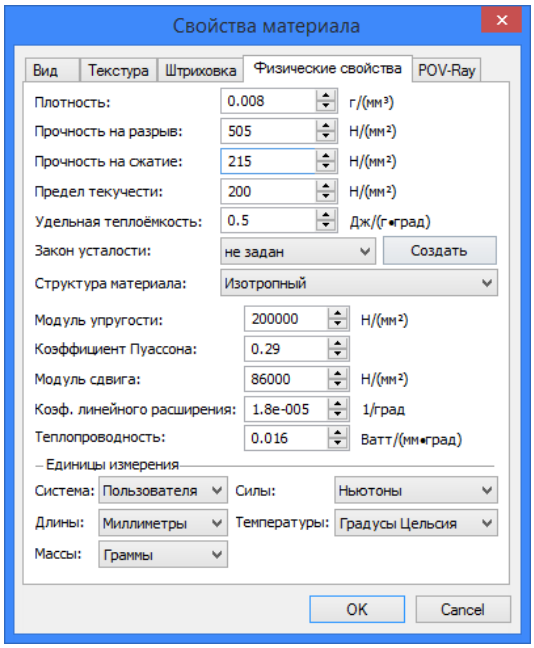
Размер - расстояние между соседними элементами штриховки.

Угол поворота - угол наклона штриховых линий. При выборе штриховки угол наклона 0 градусов означает штриховку горизонтальными линиями

Толщина линий – позволяет установить толщину линий.



Вкладка «Физические свойства»



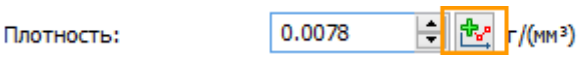
В окне данного диалога можно задать физико-механические характеристики материала. Эти параметры используются при расчёте масс-инерционных характеристик, а также при проведении конструкционных расчётов в модуле анализа.

В верхней части данного окна задаются физико-механические характеристики.

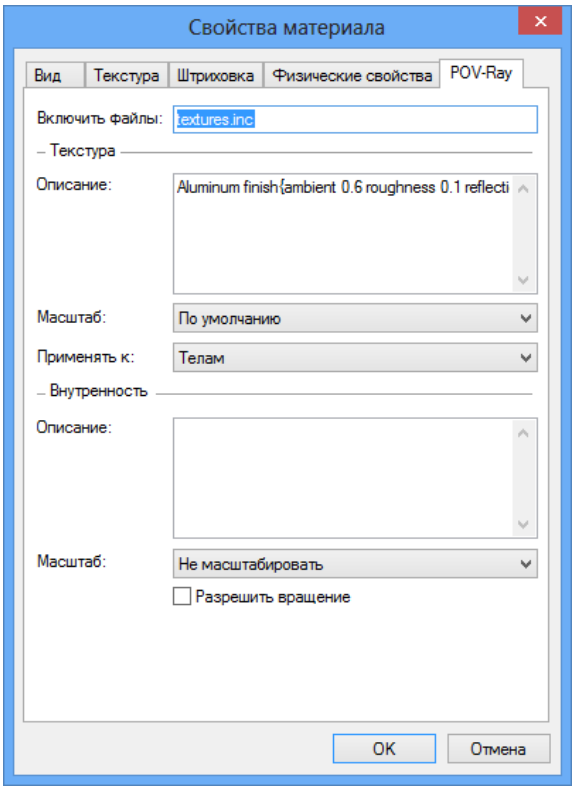
В нижней части окна можно выбрать единицы измерения. При изменении параметров единиц измерения, значения характеристик пересчитываются автоматически.

Имеется возможность задавать значения физико-механических свойств с помощью переменных.

Для материала, который используется в модели, свойства можно задать через графики. Для этого рядом с каждым из свойств появляется специальная иконка.



Вкладка «POV-Ray»



В окне данного диалога можно задать параметры, используемые при создании фотореалистичного изображения (смотрите главу «Фотореалистичное изображение»).

В POV-Ray для описания 3D сцены используется большое количество характеристик поверхностей и внутреннего пространства тел.

Эти параметры учтены в материалах, входящих в библиотеку default. Она входит в поставку, но не подключена по умолчанию. Материалы этой библиотеки уже имеют POV подстановки (в них используются библиотеки из POV-Ray, например, textures.inc).

В окне POV-Ray» можно задавать следующие параметры:

Включить файлы. В поле данного параметра отображаются файлы, где хранятся готовые характеристики для заданного материала.

Группа “Текстура”

В данной группе задаются характеристики поверхностей тел.

Описание. В поле данного параметра отображается имя текстуры, заданной в одном из включаемых файлов. Пользователи, знакомые с языком POV-Ray, в поле данного параметра, могут задать свои характеристики.

Масштаб. Задаёт способ отображения заданной текстуры при нанесении на тело:

Не масштабировать. Заданная текстура при нанесении на тело будет повторяться, не изменяя масштаба.

По умолчанию. Текстура будет натягиваться на всю поверхность.

Используя минимальный размер/ Используя максимальный размер. Масштаб будет выдерживаться по минимальному/максимальному размеру поверхности, на которую наносится текстура.

Применять к:

Телам. При данном значении параметра, отображение текстуры будет выглядеть более реально. В большей мере это относится к текстурам, отображающим материал-дерево. В этом случае на одной из граней тела будет отображаться срез волокон древесины.

Отдельным граням. При данном значении параметра, все грани тела будут иметь одинаковое отображение текстуры.

Группа “Внутренность”

В данной группе описываются характеристики внутреннего пространства тел: коэффициент преломления, рассеивание света в объёме и др.

Параметры **Описание** и **Масштаб** аналогичны вышеописанным параметрам.

Разрешить вращение. Если данный параметр установлен, то текстура, наложенная на внутреннее пространство тела, будет вращаться вместе с телом.

Нанесение материала на отдельную грань (грани)

Команда **ЗАМ: Наложить материал** позволяет наложить определённый материал покрытия на одну или несколько граней модели, причем при изменении геометрии грани в результате дальнейших преобразований модели наложенный на грань материал сохраняется. Команда не изменяет геометрию модели, но отображается в дереве модели и представляет собой самостоятельную операцию.

Команду удобно применять для точного позиционирования текстуры за счёт разных законов наложения и в случае, когда нужно покрасить только выбранные грани тела.

Команда **ЗАМ: Наложить материал** вызывается следующим образом:

Пиктограмма	Лента
	3D Модель → Расширенные → Наложить материал
Клавиатура	Текстовое меню
<ЗАМ>	Операции > Наложить материал

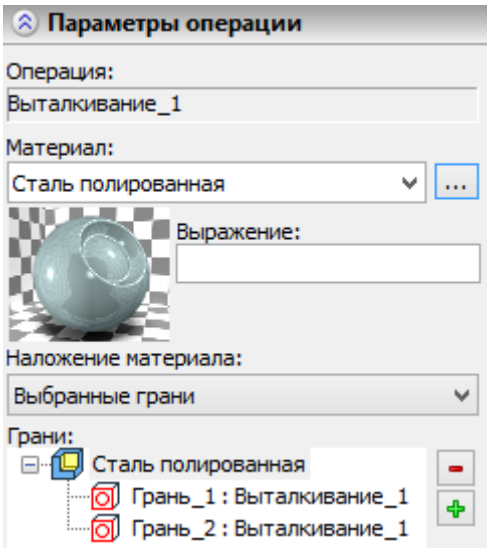
Кроме того, материал покрытия можно наложить на грань с помощью механизма drag&drop – в этом случае операция наложения материала создаётся автоматически.

После вызова команды в автоменю становятся доступны опции, позволяющие выбирать грани тела. Автоматически включается опция:

	<F>	Выбрать грань

С помощью этой опции ведётся выбор граней. Выбирать можно только грани, принадлежащие телу одной операции. Выбранные грани заносятся в список "**Грани** в окне свойств команды.

С помощью параметра **Наложение материала** в окне свойств команды можно определить, на какие грани будет накладываться материал: на **Выбранные грани** или на "**Все, кроме выбранных граней**.



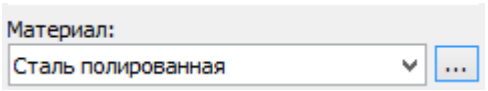
> Если планируется назначить одинаковый материал на несколько граней одного тела, то рекомендуется выбрать их все в одной операции наложения материала. Таким образом, можно избежать усложнения структуры модели.

Для того, чтобы выбрать все грани тела операции, можно использовать опцию:

	<O>	Выбрать операцию

При использовании этой опции материал накладывается на все грани тела выбранной операции.

Для выбора накладываемого материала нужно воспользоваться полем **Материал** в окне свойств операции. Из выпадающего списка можно выбрать материал текущей модели. Открыть окно параметров материала можно с помощью кнопки .



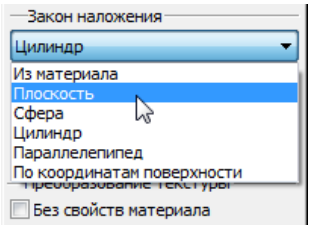
Окно параметров операции можно вызвать с помощью опции:

	<P>	Задать параметры элемента

Для отмены выбора всех граней используется опция:

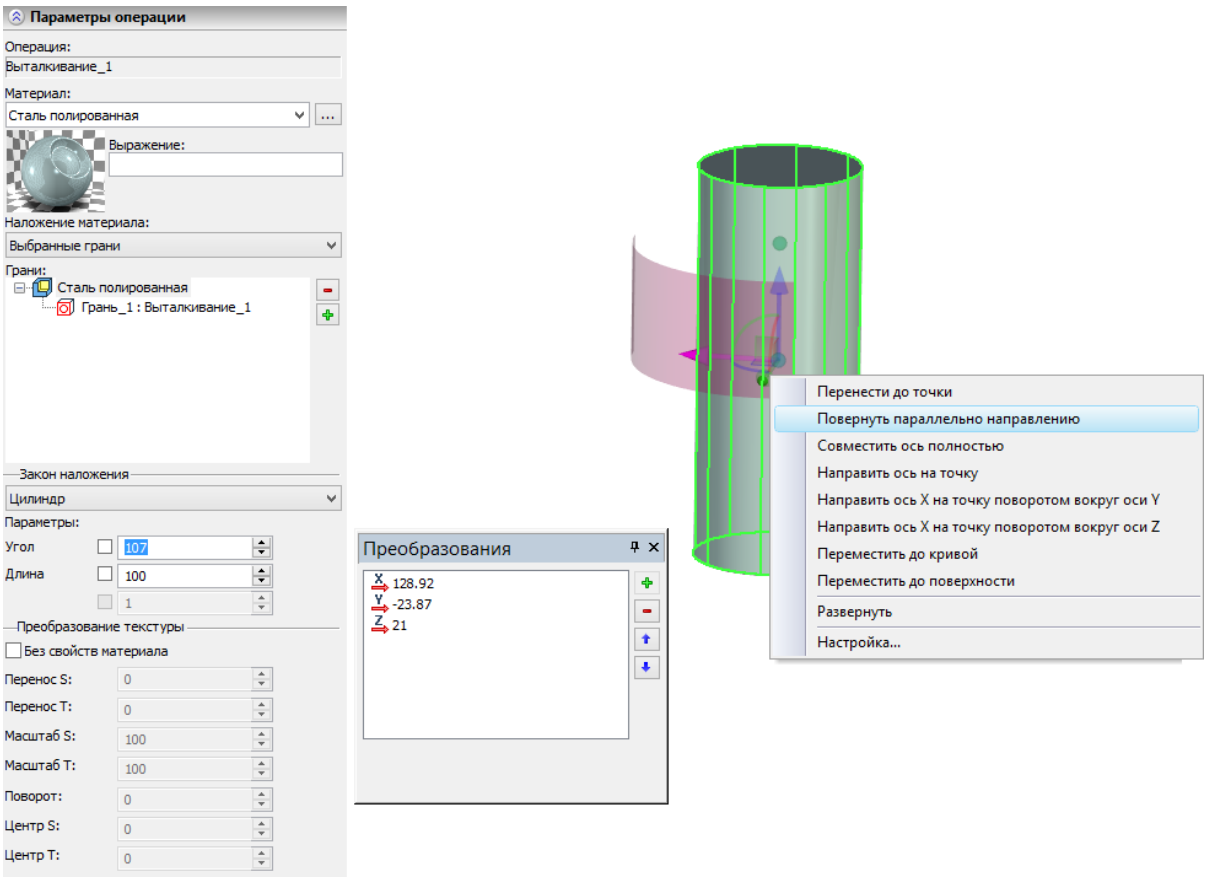
	<K>	Отменить выбор всех граней

В диалоге свойств команды можно задать дополнительные параметры наложения.



Группа **Закон наложения** позволяет выбрать режим наложения материала и масштаб текстуры по разным осям. В выпадающем списке режимов наложения предлагаются следующие варианты:

- ✓ **Из материала** – все параметры берутся из свойств материала.
- ✓ **Плоскость** – наложение производится так, как будто текстура проецируется по нормали к плоскости, в которой она расположена, т.е. в плоскости XY манипулятора.
- ✓ **Сфера** - наложение производится так, как будто текстура расположена на сегменте сферы. Опция удобна для наложения текстур на сферические и близкие к ним поверхности. Параметры сферы определяют масштаб текстуры материала и управляются манипулятором.
- ✓ **Цилиндр** – аналогично сфере, но тип поверхности другой.
- ✓ **Параллелепипед** – предполагается, что текстуры наложены на грани некоего параллелепипеда и проецируются с этих граней. Для этого способа наложения используется дополнительный масштаб по третьей координате. Масштабы, таким образом, задают габариты «эталонной поверхности».
- ✓ **По координатам поверхности** – наложение, полезное для криволинейных поверхностей. При данном способе наложения текстурные координаты ассоциируются с внутренними координатами поверхности. Его можно рассматривать как обобщение наложения на сферу и цилиндр. Отображение текстуры на поверхность всегда однозначно, поэтому манипуляторы не используются.



Для управления наложением текстуры и её точного позиционирования используются манипуляторы. Вид манипулятора зависит от выбранного режима наложения материала. Для каждого элемента манипулятора доступно контекстное меню с различными привязками и командами. Подробнее об использовании манипуляторов описано в главе «**Создание сборочных 3D моделей.**

Группа **Преобразование текстуры** позволяет задать для текстуры параметры наложения, отличные от заданных в свойствах самого материала. Источник параметров наложения определяется флажком **Без свойств материала**. По умолчанию он отключён, и параметры наложения берутся из свойств материала. При включённом флажке пользователь может задать новые значения параметров (**Перенос S**, **Перенос T** и т.д.)

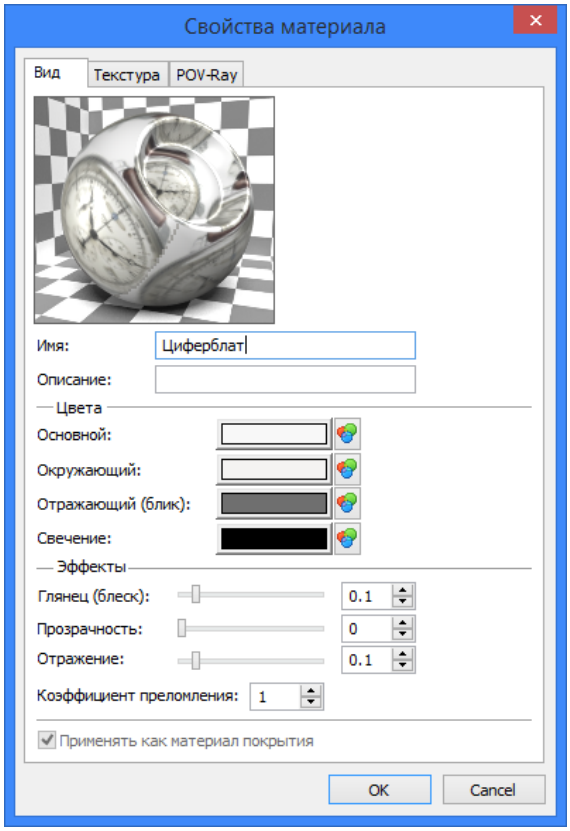
Пример нанесения изображения на выбранную грань.

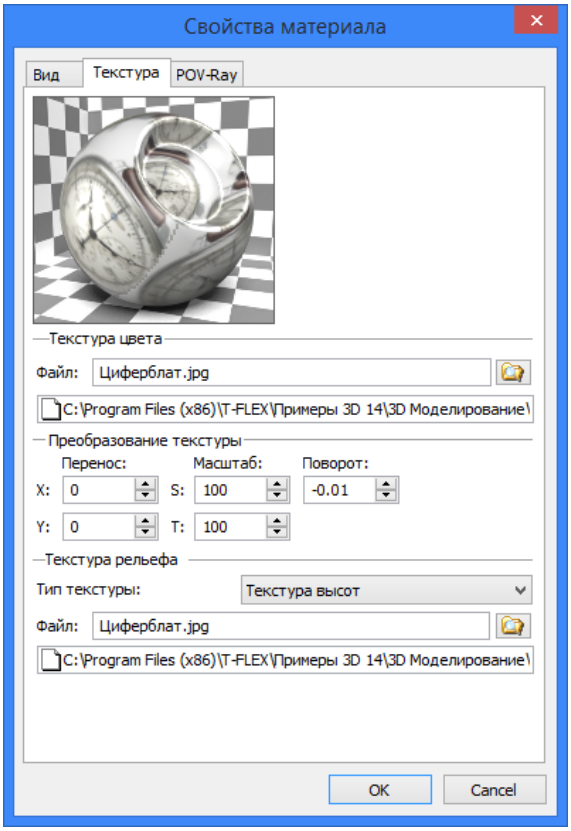
В качестве примера использования команды «Наложить материал» на корпус часов будет нанесено изображение циферблата.



Прежде всего следует создать материал покрытия. Текстура цвета этого материала будет представлена файлом изображения. В данном случае был создан материал покрытия под названием «Циферблат».

В качестве текстуры цвета использован файл *«Циферблат.jpg»*, который находится в папке *«T-FLEX\Примеры 3D 15\3D Моделирование. Операции\Наложение материала»*.



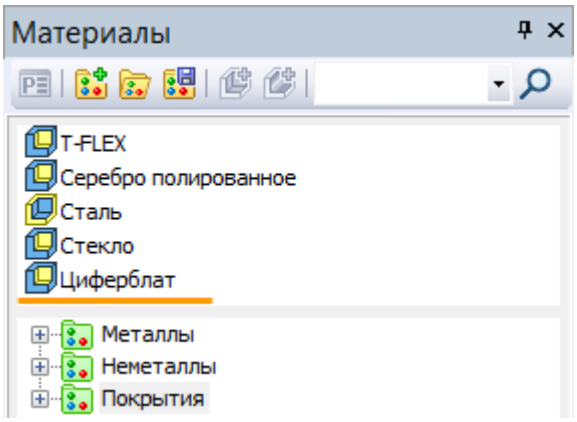


Файл примера находится в библиотеке *«Примеры 3D 15\3D моделирование. Операции\Наложение материала\Часы.grb»*.

Для того чтобы нанести материал «Циферблат» на выбранную грань корпуса нужно:

- открыть файл с часами, на которые будет нанесён материал;

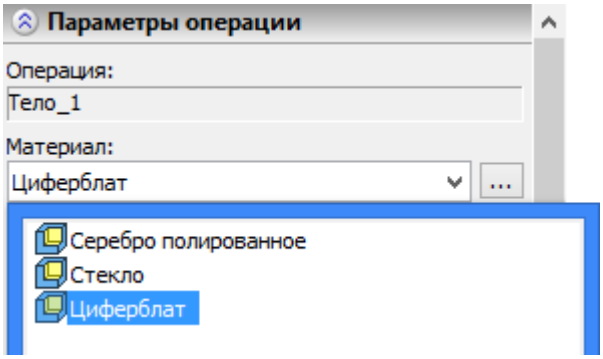
добавить материал **Циферблат** в окно текущей модели в меню материалов.



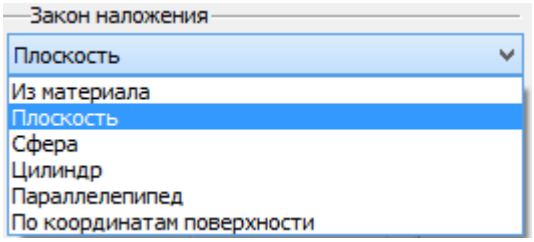
- активировать команду **ЗАМ: Наложить материал** ;

- выбрать нужную грань часов с помощью опции **Выбрать грань** ;

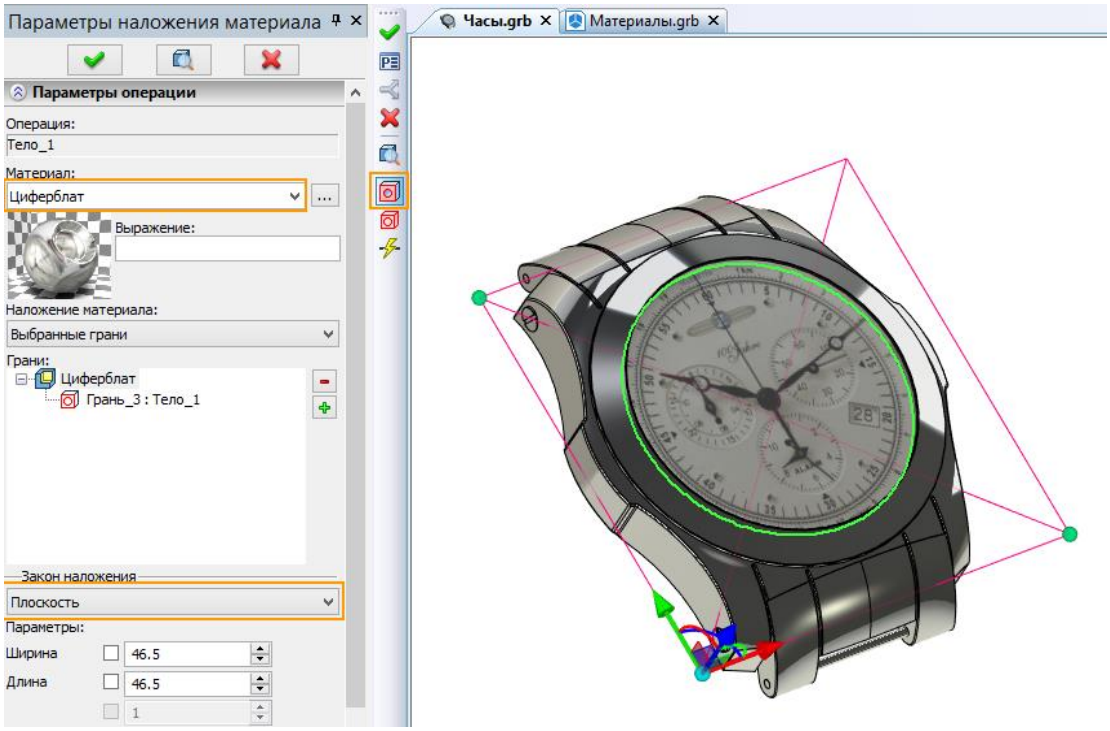
- в окне **Параметры операции** необходимо выбрать из выпадающего списка материал - «Циферблат»;



- в поле **Закон наложения** необходимо выбрать «Плоскость» из выпадающего списка;



- с помощью манипуляторов в 3D сцене и группы **Преобразование текстуры** окна свойств команды можно настроить позиционирование материала на грани;



- после внесения всех необходимых преобразований необходимо нажать ..



Использование материалов в 3D модели с помощью drag&drop, команд «Копировать»/«Вставить»

Редактирование материалов тел, операций и граней возможно не только из буфера обмена при помощи команд «Копировать» и «Вставить», но и с помощью метода drag'n'drop: перетаскивание выбранного материала на грань или тело применяет данный материал к данному телу или грани.

Если на компьютере запущено несколько копий программы, при помощи механизма drag&drop можно применять материал из одной открытой копии программы для моделей в окне другой открытой копии. Программа T-FLEX CAD может использовать материалы справочников из программы T-FLEX DOCS, запущенной на компьютере, либо если T-FLEX CAD интегрирован с T-FLEX DOCS.

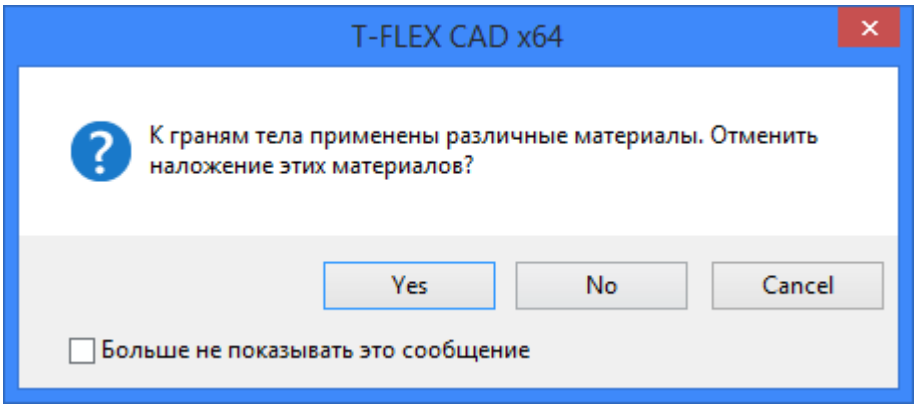
Копирование в буфер обмена доступно для материалов из окна 3D модели, служебного окна **Материалы** и справочника T-FLEX DOCS.

В дереве 3D модели копирование материала в буфер обмена осуществляется командой «Копировать в буфер» контекстного меню. В служебном окне **Материалы** материалы из списка материалов текущей модели и из списка библиотек копируются в буфер обмена командой «Копировать» контекстного меню или сочетанием <Ctrl>+<C>. Команда «Копировать в документ» (сочетание клавиш <Ctrl>+<D>) копирует материал из библиотеки в список материалов текущей модели и в буфер обмена одновременно.

При копировании материала в буфер обмена название материала доступно для копирования в любой текстовый редактор.

При выполнении команды «Вставить из буфера», если в буфере обмена находится материал, то он будет применён к выбранным в сцене объектам: телам и граням. В случае, если в сцене нет выбранных объектов, появится диалоговое окно, в котором будет предложено применить материал ко всем телам в сцене. В случае отказа, материал будет помещён в список материалов текущей модели.

При применении материала к операции покрытия методом **копировать/вставить** или методом drag'n'drop выполняется проверка наличия применённых к граням тела материалов покрытий. Если к одной или нескольким граням тела уже применён материал покрытия, то появляется следующее окно:



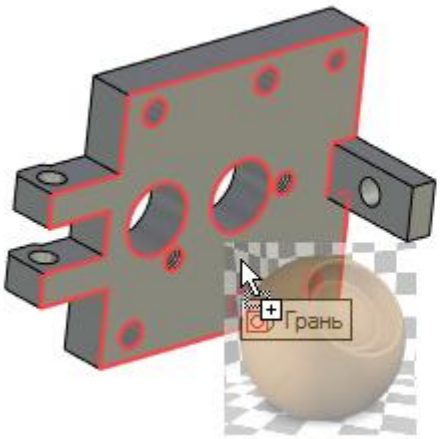
Если нажать «Да», то наложенные ранее материалы будут удалены. Если нажать «Нет», то новый материал будет применён только на участках без материала покрытия. Кнопка «Отмена» отменяет наложение материала.

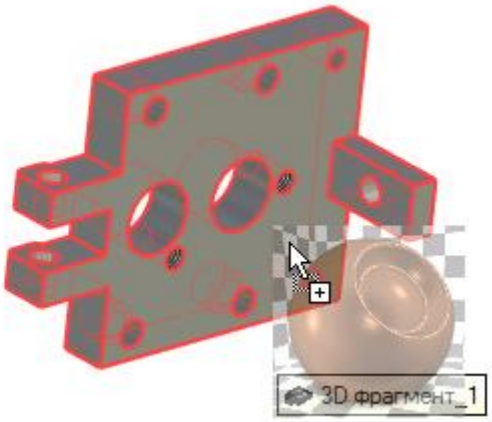
Применение материалов покрытия возможно для граней и тел. Даже если выключены все фильтры, эти два соответствующих фильтра всегда становятся активны при работе с материалами покрытий. Для удобства работы можно отключить один из них.



Основной материал всегда применяется ко всему телу.

При использовании механизма drag'n'drop программа T-FLEX CAD даёт возможность выбрать объект применения материала (грань или операцию) с помощью подсказок, появляющихся рядом с курсором мыши в сцене, и подсвечивания красным цветом выбранного элемента. Кроме того, в сцене появляется окно предварительного просмотра.

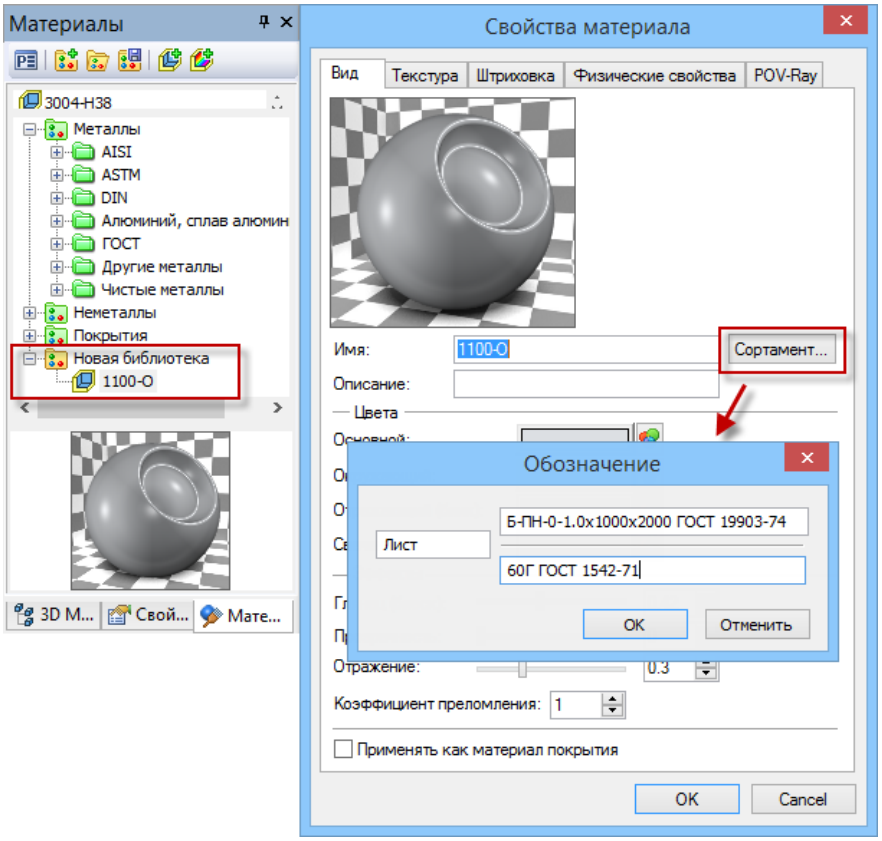




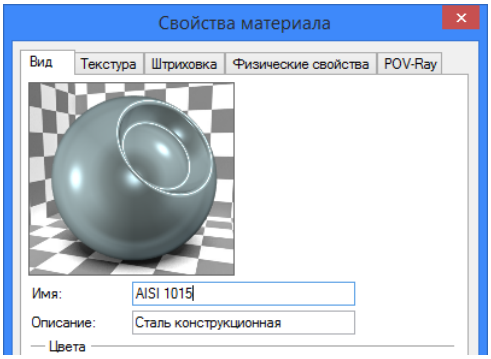
Программа T-FLEX CAD в подсказке при нанесении материала механизмом drag'n'drop показывает название последней операции, которая была применена к телу.

Сортамент

В окне свойств материала находится кнопка [Сортамент...]. При её нажатии вызывается диалоговое окно с полями сортамента для заполнения.



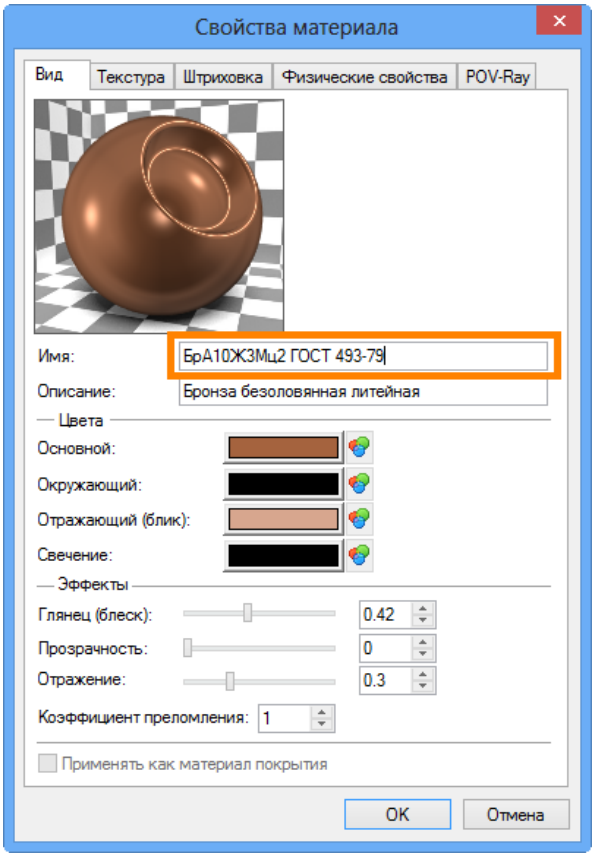
Эта кнопка в диалоге активна только при редактировании материала из **пользовательской библиотеки**. Если свойства вызываются для материала модели или для материала из системных библиотек, то эта кнопка отсутствует.



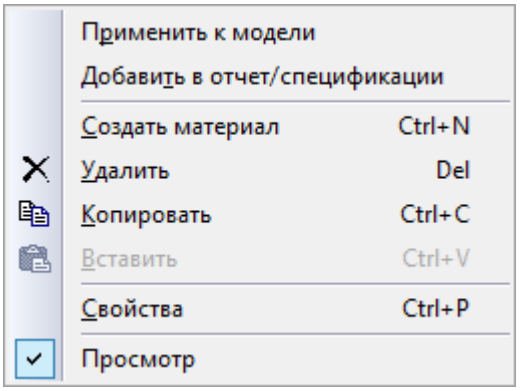
При применении материала данные сортамента попадают в форматки, спецификации и отчёты. Данные о сортаменте не попадают в материал модели.

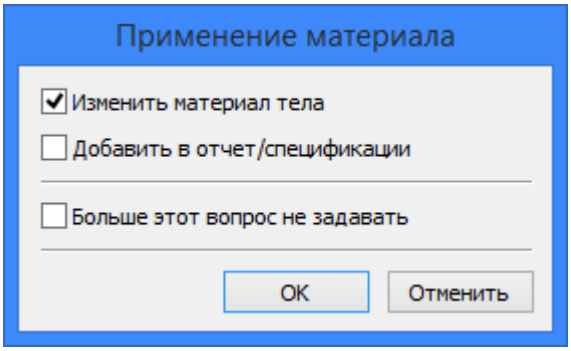
Материалы в отчётах и форматках чертежей

Имеется возможность автоматически передавать данные о материале тела в отчёты, спецификации и форматки чертежей.

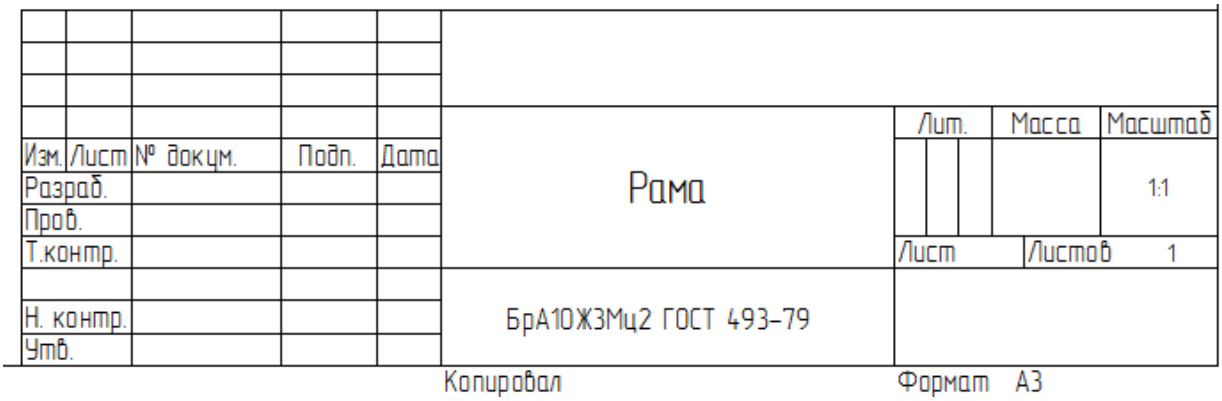


Для этого следует использовать опцию «Добавить в отчёты/спецификации», которая доступна в контекстном меню окна **Материалы** и в диалоговом окне **Применение материала.**

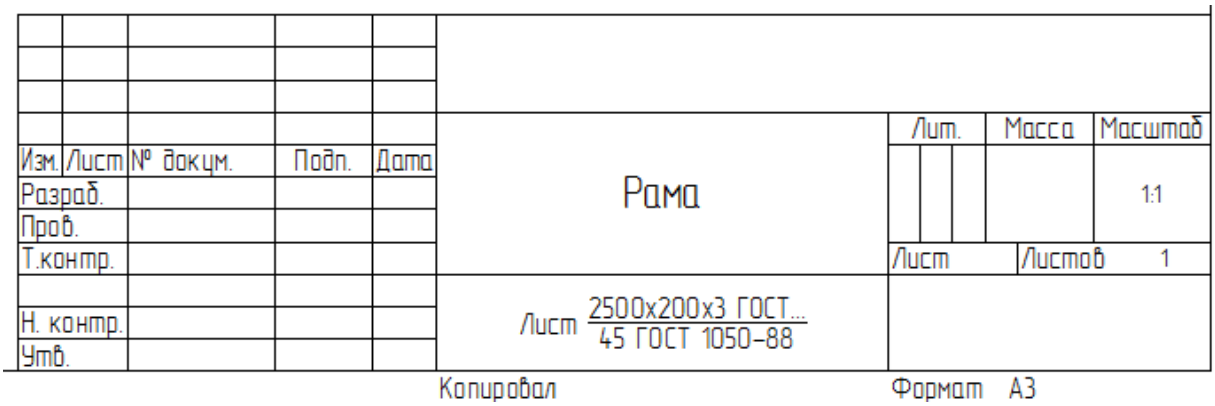




Если сортамент не задан, то в форматке заполняется только основное поле материала:



Если имя материала задано пользователем с учётом сортамента, то передаются все заполненные поля:



Если материал/сортамент копируется из T-FLEX DOCs, то поле **Материал** на чертеже заполняется в зависимости от заданных полей материала.

Источники света

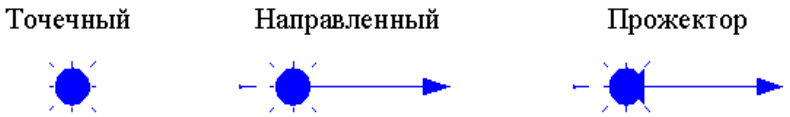
Источник света является элементом визуализации трёхмерных объектов, позволяющий регулировать освещённость трёхмерной сцены. Источник света привязывается к 3D узлу. Направление также задаётся 3D узлом. Существует 3 типа источников света - точечный, направленный и прожектор.

Точечный источник света излучает свет из одной точки во всех направлениях на всю 3D сцену.

Направленный источник света излучает свет в определённом направлении на всю 3D сцену.

Прожектор источник света излучает свет из определённой точки в определённом направлении с заданным углом рассеивания.

Изображается источник света в виде небольшого “излучающего” шара.



В 3D окне происходит упрощённый расчёт освещения: освещённость (и соответственно цвет) поверхности зависит только от наклона поверхности относительно направления света. Эффекты затенения, отражения, преломления и рассеяния света отсутствуют. Для создания более реалистичного изображения сцены необходимо использовать команду **3VY: Создать фотореалистичное изображение** (смотрите главу «Фотореалистичное изображение»).

Изображение источника света может быть скрыто при сохранении эффекта освещения. По умолчанию, в освещении 3D сцены также участвует источник (один или несколько) света на камере, ориентированный относительно направления взгляда. Для настройки параметров этих источников света используется команда **3VP: Задать параметры 3D вида** (смотрите главу «Работа с окном 3D вида»).

В одной сцене может быть создано любое количество источников света. Однако, максимальное количество источников света, влияющих на результат изображения в 3D окне равно четырём.

Создание источника света

Для создания источника света используется команда **3H: Создать источник света**. Вызов команды осуществляется одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	Вид → 3D Модель → Источник света
Клавиатура	Текстовое меню
<3L>	Построения > Источник света

После вызова команды, в автоменю, наряду с общесистемными опциями, появляются следующие опции:

	<1>	Выбрать положение источника света
	<2>	Выбрать направление источника света
	<L>	Точечный источник света
	<D>	Направленный источник света
	<S>	Прожектор

Чтобы задать положение источника света, можно воспользоваться специальным манипулятором.

Пользователь также может выбрать 3D узел или точку объекта в сцене, чтобы задать положение источника света. Для этого нужно активировать опцию .

Для выбора направления распространения света типа направленный  и прожектор  используется опция . Для задания направления нужно выбрать 3D узел либо точку объекта в сцене.

Первоначальный цвет источника света - белый.

Точечный источник света

Точечный источник света не имеет направления распространения света, поэтому для его создания нужно указать только положение самого источника света.

Для создания точечного источника света нужно выбрать опцию:

	<L>	Точечный

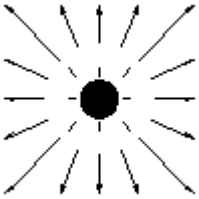
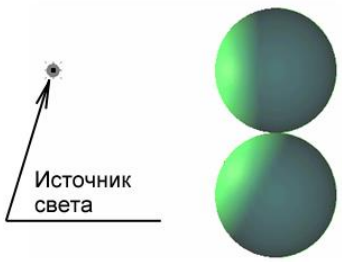


Схема распространения света,
излучаемого точечным источником



Направленный источник света

Направленный источник света создаётся при включённой опции:

	<D>	Направленный

Для направленного источника света необходимо задать положение источника света и направление распространения света. После этого можно нажать пиктограмму .

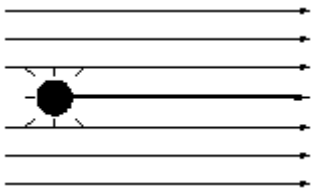
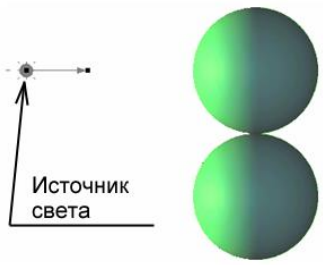


Схема распространения света,
излучаемого направленным источником



Прожектор

Для создания прожектора используется опция:

	<S>	Прожектор

Для прожектора необходимо задать положение источника света и направление распространения света. После этого можно нажать пиктограмму .

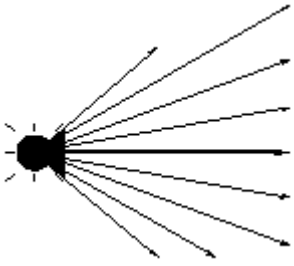
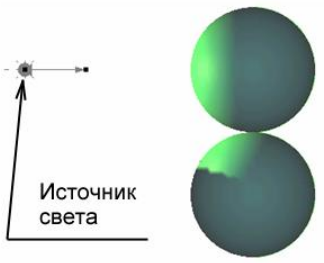


Схема распространения света,
излучаемого прожектором

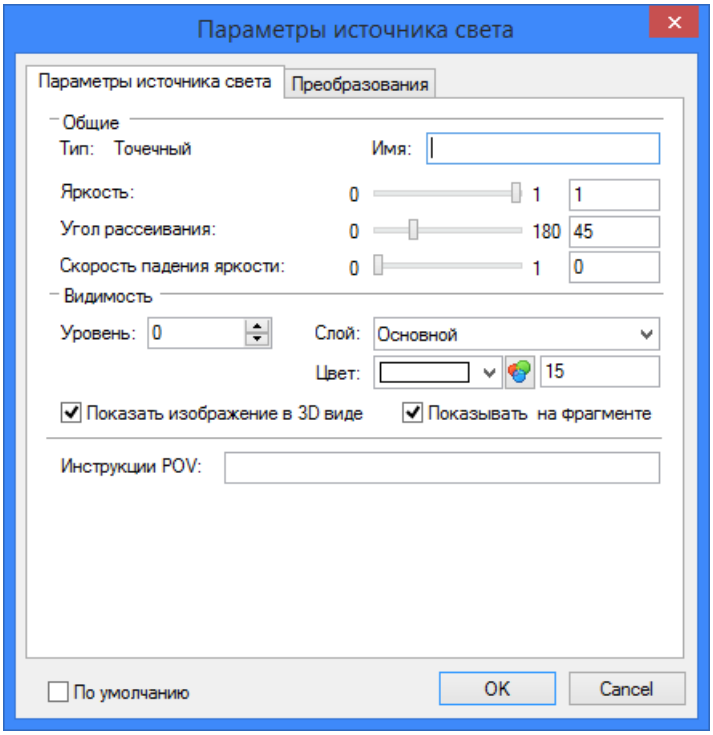


Чертежи с примерами построения всех типов источников света находятся в библиотеке *«Примеры 3D 15»* по следующему пути: *"3D Построения/Источники света"*.

Параметры источника света

Для задания параметров источника света необходимо вызвать окно диалога. Это осуществляется с помощью опции:

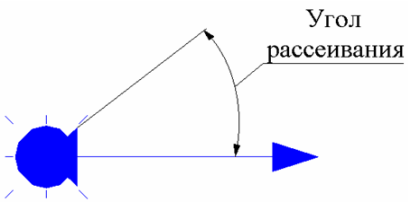
	<P>	Задать параметры источника света



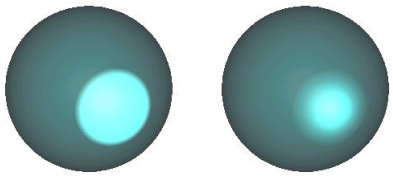
Тип. Данный параметр отображает тип источника света (точечный, направленный, прожектор). Задаётся автоматически в процессе построения.

Интенсивность. Задаёт интенсивность источника света. Чем выше интенсивность света, тем сильнее он влияет на изображение в 3D окне, и тем выше яркость результирующего изображения.

Угол рассеивания. Задаёт угол рассеивания прожектора.



Скорость падения интенсивности. От скорости падения зависит плавный переход границ пятна освещённости у прожектора. На приведённом справа рисунке отчётливо заметны возможности данного параметра при значении 0 и 1 соответственно.



Параметры группы «**Видимость**» являются общесистемными и задают режимы отображения источника света на экране:

Цвет. Цвет источника света. Таким цветом рисуется источник света в 3D окне, и свет такого цвета излучает источник.

Показать изображение в 3D виде. Установка данного параметра делает изображение источника света, присутствующего в 3D сцене, видимым. Если параметр не установлен, то источник света будет скрыт, но эффект освещения сохранится. Чтобы выбрать или изменить свойства источника света, невидимого в 3D окне, необходимо использовать дерево модели.

Показывать на фрагменте. Если модель используется в качестве 3D фрагмента, то источник света, у которого данный параметр установлен, экспортируется в сборочную модель.

Инструкции POV. В поле данного параметра можно записать инструкции, которые будут добавлены в конце описания источника света при экспорте данного файла в POV для создании фотореалистичного изображения.

Камеры

Камера является необходимым элементом для визуализации трехмерных объектов, определяющим точку и направление взгляда на 3D сцену. В каждом 3D окне имеется системная камера, которая установлена “по умолчанию”. Пользователь дополнительно может создавать собственные камеры и делать одну из них активной.

У камеры имеется собственная система координат и набор манипуляторов. Манипуляторы позволяют перемещать созданные камеры по 3D сцене и изменять направление их взгляда. Это можно применять при осмотре внутренних элементов сцены и создании анимационных роликов.

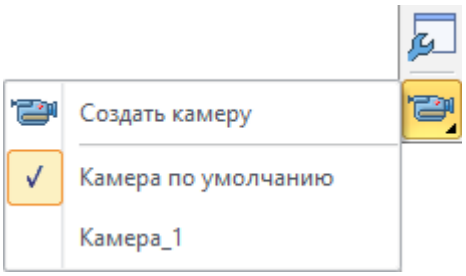
При открытии нового 3D окна активной становится системная камера. В первоначальный момент она располагается на расстоянии, обеспечивающем обзор всех элементов 3D сцены.

Создание камер

Для создания камеры используется команда **3СА: Построить камеру**. Вызов команды осуществляется одним из следующих способов:

Пиктограмма	Лента
	Вид → 3D Модель → Выбрать камеру → Создать камеру
Клавиатура	Текстовое меню
<3СА>	Построения > Камера

Или камеру можно создать с помощью команды на панели **Вид**:



Процесс задания камеры состоит из следующих этапов:

1. Задать положение и направление взгляда камеры (с помощью манипуляторов или выбрав одну из существующих в сцене ЛСК).
2. Задать параметры (Необязательное действие).
3. Подтвердить построение камеры.

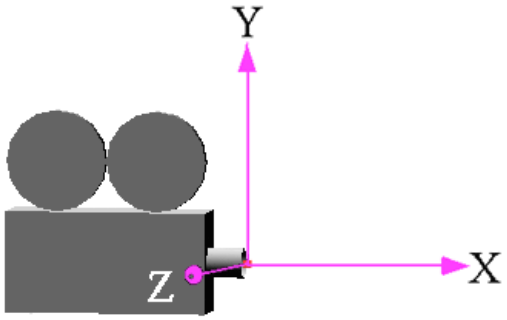
Задание камеры

После вызова команды в автоменю автоматически установится опция:

	<L>	Выбрать целевую систему координат

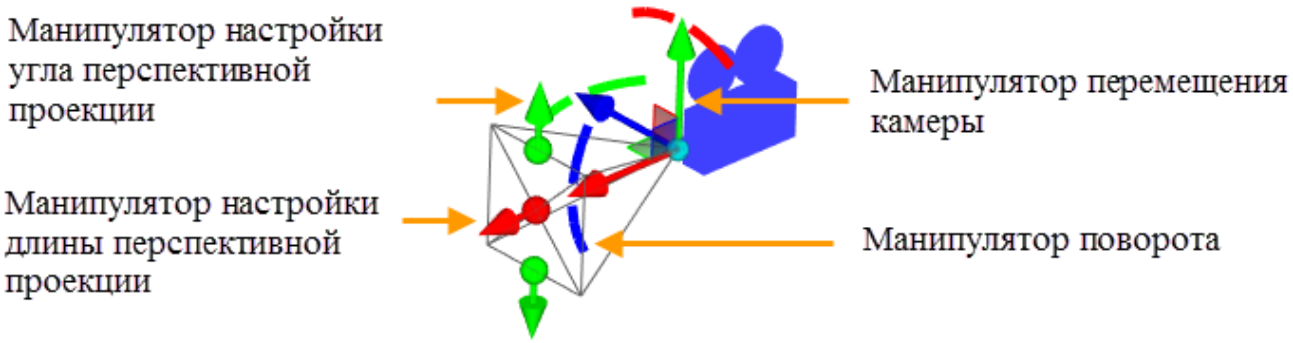
При помощи этой опции в окне 3D вида надо выбрать локальную систему координат.

После выбора системы координат в окне 3D вида отобразится условное изображение камеры. Начальное направление камеры всегда ориентировано по оси X, ось Y всегда будет направлена вверх, а ось Z вправо.

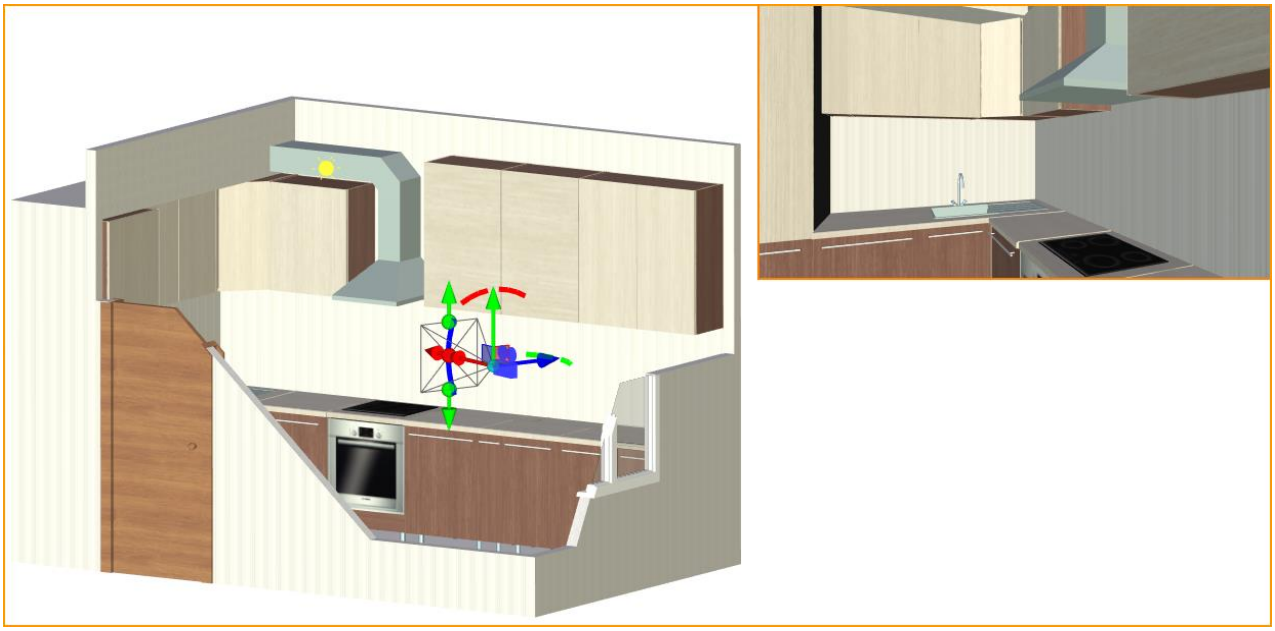


После этого можно задать параметры (если это необходимо), и подтвердить построение камеры нажатием  (в автоменю или окне свойств).

Если в сцене нет ЛСК, можно задать положение камеры с помощью манипуляторов.



В режиме создания камеры в правом верхнем углу рабочего окна отображается окно предпросмотра. Оно демонстрирует вид из камеры в режиме реального времени.

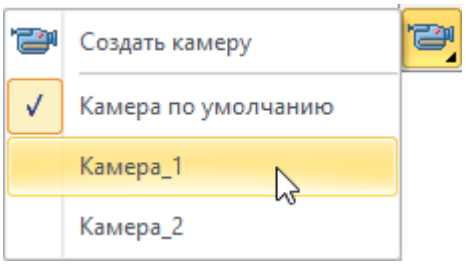


Активация камеры

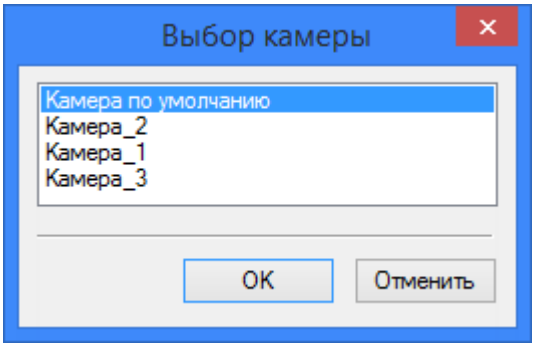
Для того чтобы созданную камеру сделать активной, надо воспользоваться командой **3VC: Выбрать камеру**:

Пиктограмма	Лента
	Вид → 3D Модель → Выбрать камеру
Клавиатура	Текстовое меню
<3VC>	Вид > Камера

Или камеру можно выбрать с помощью панели **Вид**:



После вызова данной команды появится окно диалога, содержащее список всех камер, присутствующих в 3D сцене. Надо выбрать камеру, с которой будет производиться обзор 3D сцены.



Другой способ выбора камеры в качестве активной доступен, когда система находится в режиме ожидания команды можно в 3D окне подвести курсор к камере и нажать и в появившемся меню выбрать пункт **Выбрать**.

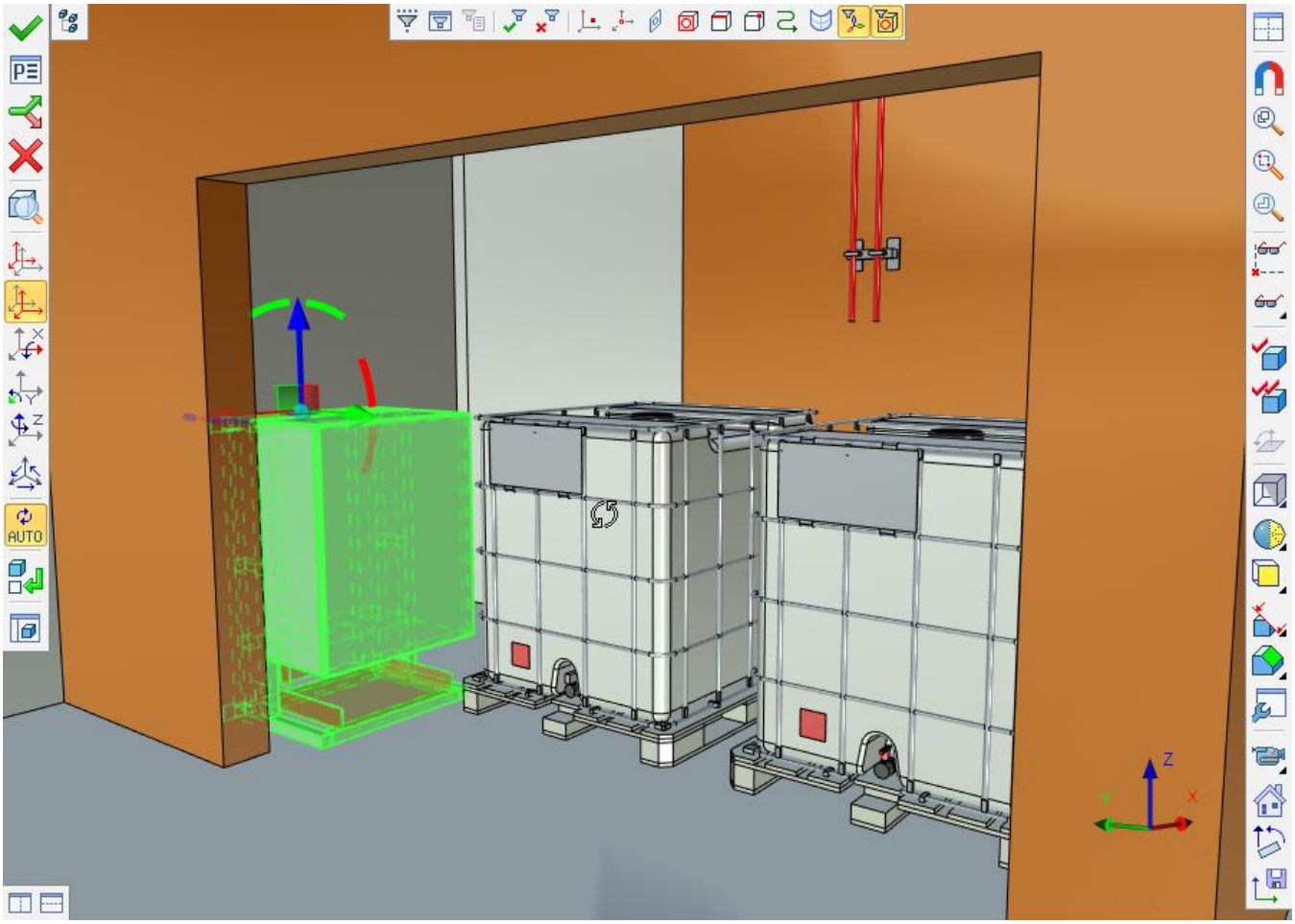
Камеру можно выбрать из контекстного меню, вызванного кликом , при указании курсора в свободное поле 3D окна. А также из дерева 3D модели.

Перемещение камеры

Для обзора 3D сцены при помощи движения камеры, необходимо данную камеру сделать активной.

Режим активной камеры позволяет «пройтись» по существующей 3D сцене. Его очень удобно использовать при создании планировок помещений.

Для перемещения камер используется отдельный механизм. Благодаря этому в режиме выбранной камеры можно перемещаться внутри проектируемых помещений, вращать камеру и при этом выполнять операции, как при обычной работе с T-FLEX CAD.



При перемещении камеры внутрь твёрдого тела в сцене, у этого объекта включается рёберное отображение.

Управление в режиме активной камеры:

Внимание! Управление описано для перспективной камеры. Результат использования данных сочетаний клавиш для параллельной камеры может отличаться из-за свойств параллельной проекции.

ЛКМ[1] – вращение камеры.

Для того чтобы исключить поворот вокруг оси взгляда при вращении нужно включить режим **Панорама** .

Стрелки клавиатуры позволяют перемещаться по сцене вперёд/назад.
Page up/Page down позволяют перемещаться вверх/вниз.

[1] Нажатая левая кнопка мыши

При перемещении в режиме выбранной камеры рекомендуется отключать объектную привязку на панели **Вид**.

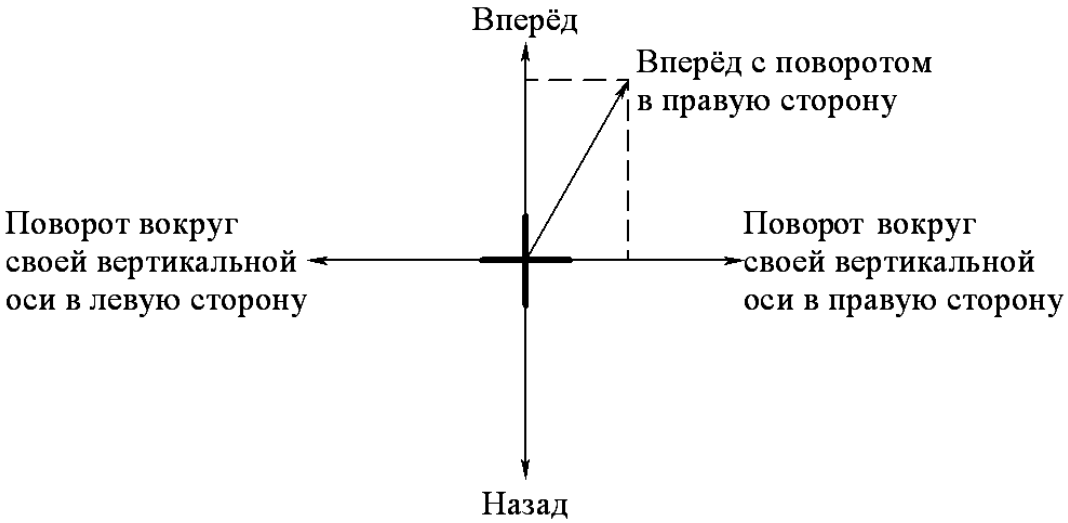
ЛКМ +CTRL – перемещение в плоскости экрана.

ЛКМ +SHIFT – зум.

ЛКМ +ALT – вращение вокруг вертикальной оси.

Нажатое колёсико мыши +CTRL – режим плавного перемещения вперёд/назад. Скорость перемещения изменяется в зависимости от положения курсора.

На экране появится крестик, который будет являться центром отсчёта для направляющего вектора (векторы на экране не отображаются). Перемещение происходит следующим образом: если переместить курсор с нажатой кнопкой вверх от перекрестья по вертикали, то камера будет перемещаться вперёд. Если переместить курсор по вертикали вниз от крестика, то камера будет перемещаться назад. Если перемещать курсор по горизонтали направо или налево от перекрестья, то камера будет совершать поворот вокруг своей вертикальной оси соответственно в правую или левую сторону. Если переместить курсор по диагонали так, чтобы в результате получался суммарный вектор (см. рисунок), то камера будет совершать как перемещение в соответствующем направлении, так и поворот. Причём, от близости расположения курсора к тому или иному вектору, будет зависеть, в какой степени будет больше совершаться перемещение или поворот. Чем дальше отвести курсор от перекрестья, тем быстрее будет перемещаться камера.

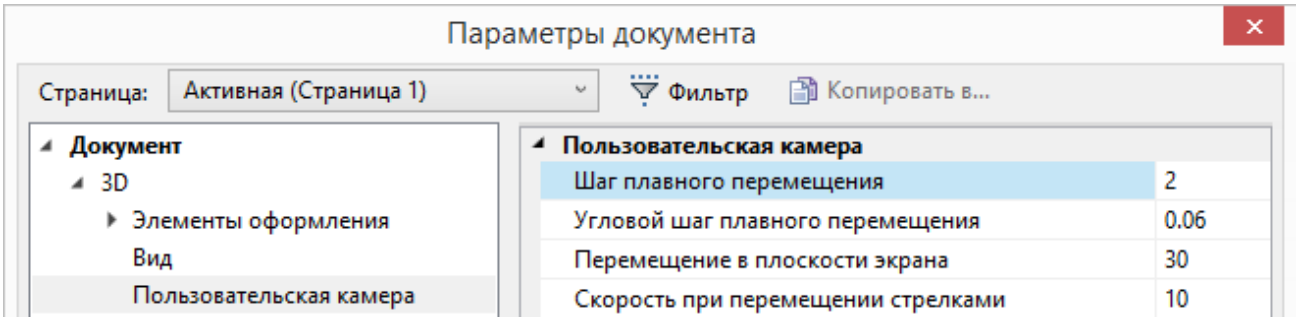


Вращение колёсика мыши – зум, как перемещение камеры вперёд/назад.

Вращение колёсика мыши +CTRL – зум, как изменение угла перспективы без перемещения камеры.

Длительное нажатие на левую кнопку мыши (до появления символа перекрестья) – орбитальное вращение вокруг выбранного центра. Центр выбирается на существующей в сцене геометрии.

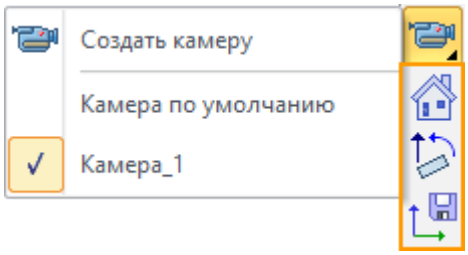
Для настройки перемещения камеры используется специальная вкладка в диалоге **Параметры документа**.



Подробную информацию о настройках перемещения можно найти в книге «T-FLEX CAD. Руководство. Основы. 2D проектирование и черчение» в главе «Настройка чертежа».

Опции активной камеры

При работе в режиме активной камеры на панель Вид добавляются дополнительные опции для работы с камерой.

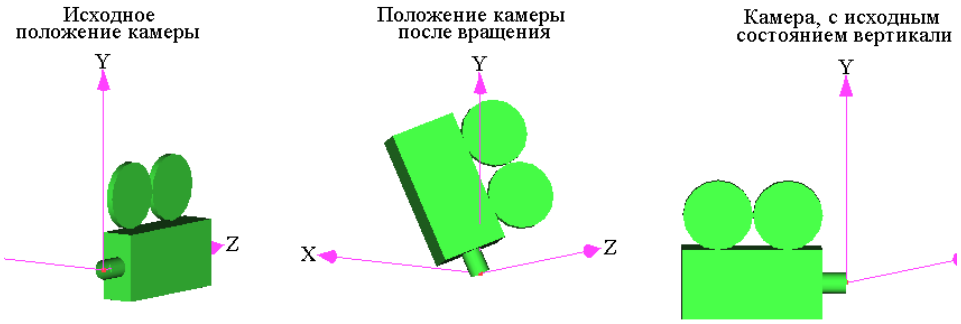


Опции доступные в режиме активной камеры:

Опция  позволяет вернуть положение и ориентацию камеры в исходное/последнее сохранённое состояние.

Опция  позволяет вернуть вертикаль камеры в исходное состояние.

Данная опция осуществляет разовое действие. При этом значения координат, полученные в результате вращения камеры и отвечающие за состояние её вертикали, принимают начальные значения, то есть значения, которые были записаны в результате последнего использования опции .



Опция  позволяет сохранить текущее положение и перспективу камеры. Если не использовать эту опцию после перемещения/вращения камеры, то камера вернётся в исходное состояние после выхода из режима камеры.

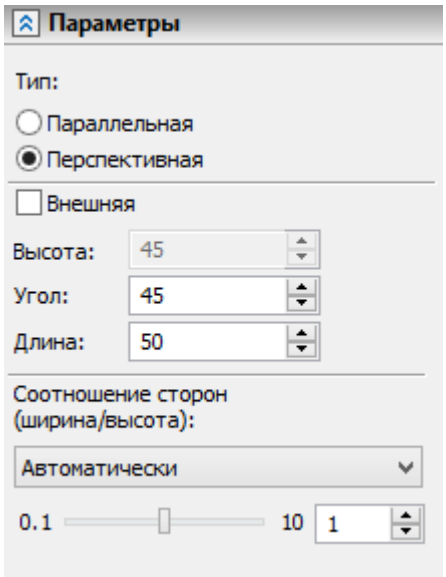
Параметры активной камеры

Раздел **Параметры:**

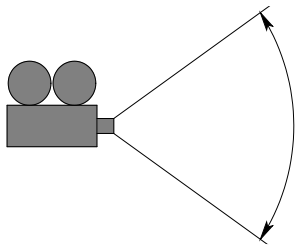
Параметр **Тип** определяет метод проецирования объектов 3D сцены при визуализации её данной камерой.

Проекция может быть **Параллельная** – задающая параллельное проецирование, то есть без учёта расстояния до точки взгляда или **Перспективная** – задающая перспективное проецирование, при котором учитывается искажение, возникающее при увеличении расстояния между камерой и видимым объектом.

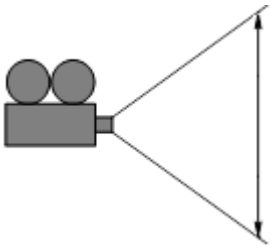
Внешняя. Если модель используется в качестве 3D фрагмента, то камеры этой модели, у которых данный параметр установлен, являются доступными и в сборочной модели. Положение такой камеры определяется положением 3D фрагмента. Изменять параметры внешней камеры в сборке нельзя.

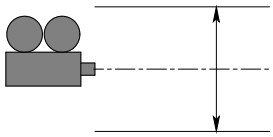


Угол. Задаёт угол обзора перспективной проекции. Изменение угла влияет на высоту обзора проекции.

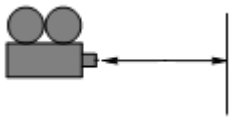


Высота. Задаёт высоту обзора проекции. Изменение высоты влияет на угол обзора проекции.





Длина. Задаёт дистанцию до проекции.



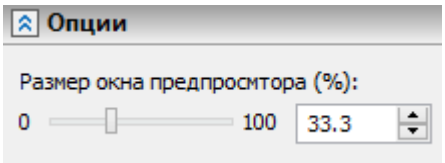
Соотношение сторон ширина/высота. Задаёт соотношение сторон проекции. Можно выбрать значение из выпадающего списка или настроить соотношение вручную.

Соотношение сторон учитывается при записи анимации разборки через камеру.
Подробную информацию об анимации разборки можно найти в главе «Дополнительные инструменты для работы со сборочными 3D моделями».

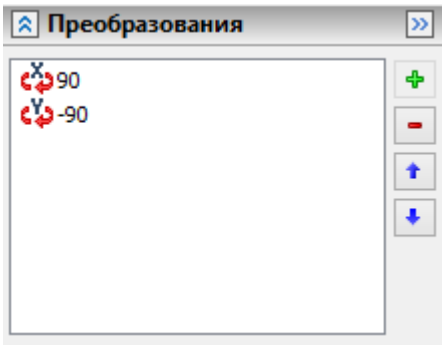


Раздел **Опции**:

Размер окна предпросмотра. Задаёт размер окна предпросмотра, расположенного в сцене.



Все перемещения камеры отображаются в разделе **Преобразования**.



Для задания дополнительных параметров камеры необходимо вызвать окно диалога «Параметры камеры». Это осуществляется при помощи опции:

	<P>	Задать параметры элемента

Группа параметров **Видимость** является общесистемной и задаёт режимы отображения камеры на экране. Установка параметра **Показывать на 3D виде** делает изображение камеры, присутствующей в 3D сцене, видимым. Если параметр не установлен, то камера будет скрыта, но эффект присутствия камеры сохранится.

Фотореалистичное изображение

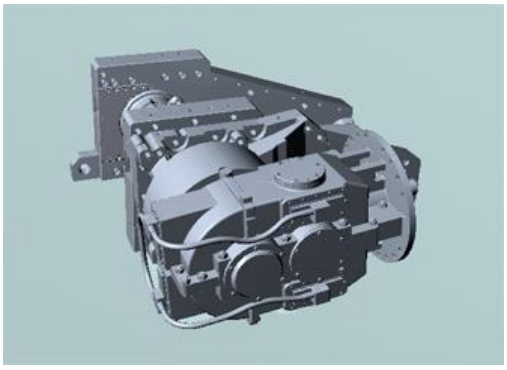
Основные положения

Фотореалистичное изображение 3D сцены - это специальное изображение сцены, в котором учитываются тени, отбрасываемые объектами, а также такие явления как отражение и преломление света.

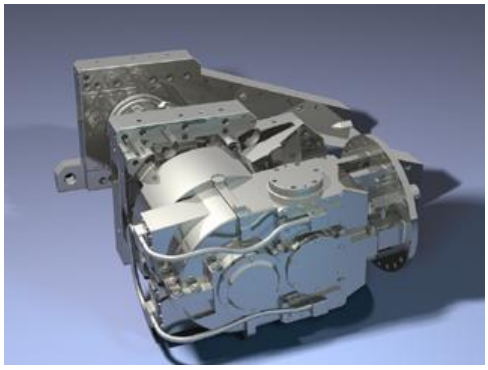
В программе имеется три различных механизма создания фотореалистичных изображений. Первый из них использует приложение POV-Ray; второй – встроенную технологию NVIDIA OptiX; третий использует Embree - ядро трассировки лучей, разработанное Intel.

Реалистичное изображение

Первый механизм использует технологию POV-Ray, программу применяющую метод трассировки луча. Условия генерации изображения прописываются в T-FLEX CAD в текстовом виде. Приложение POV-Ray включено в поставку. Кроме того, приложение может быть скачано с соответствующего сайта.



Изображение в T-FLEX CAD



Фотореалистичное изображение (POV-Ray)

Следует отметить, что приложение POV-Ray требует отдельной инсталляции. Для этого на установочном компакт–диске нужно выбрать файл **«povwin36.exe»** из директории **«POV-Ray»**. Установка POV-Ray осуществляется на английском языке. Пользователям, не знакомым с английским языком, рекомендуется нажимать все утверждающие кнопки (**[Next]**, **[Yes]** или **[I Agree]**) в последовательно появляющихся окнах диалога.

Для получения фотореалистичного изображения 3D сцена, используя установки текущего 3D окна, экспортируется в формат POV. Далее для генерации результирующего изображения автоматически запускается приложение POV-Ray. По окончании генерации результирующее изображение можно просмотреть в окне просмотра и при желании сохранить в файл.

При экспорте в POV-Ray текстуры накладываются на объекты так же, как они отображаются в 3D окне T-FLEX CAD. Кроме того, совместно с POV-Ray можно использовать текстуры всех форматов, поддерживаемых POV-Ray (gif, tga, iff, ppm, pgm, png, jpeg, tiff, sys).

Работа POV-Ray осуществляется параллельно другим системам, т.е. после запуска данного приложения можно продолжить работу в T-FLEX CAD. Правда, в зависимости от сложности генерирующегося изображения, POV-Ray может забирать больше ресурсов, и тогда работа в T-FLEX CAD будет замедляться.

Работа с командой

Для создания фотореалистичного изображения используется команда "**3VY: Создать реалистичное изображение**". Данная команда доступна в том случае, когда 3D окно активно. Перед вызовом команды необходимо установить 3D сцену в желаемое положение, установить необходимый материал операций, источники света (можно использовать источники света на камере). При создании фотореалистичного изображения рекомендуется пользоваться перспективной проекцией.

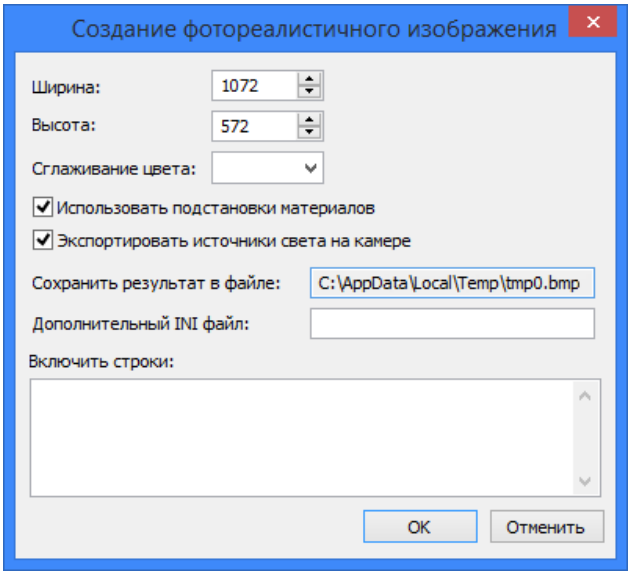
Вызов команды осуществляется следующим способом:

Пиктограмма	Лента
	Инструменты → Оформление → Фотореализм → Реалистичное изображение (POV-ray)
Клавиатура	Текстовое меню
<3VY >	Сервис > Реалистичное изображение (POV-ray)

T-FLEX CAD сохраняет информацию о местонахождении приложения POV-Ray и при каждом обращении к нему проверяет его наличие.

В случае, когда POV-Ray вызывается впервые, а также, если система не может найти данное приложение, T-FLEX CAD запрашивает путь к нему. В этом случае на экран выводится окно диалога, с помощью которого необходимо задать путь к приложению POV-Ray. Обычно приложение находится по следующему пути: «Program Files\POV-Ray for Windows v3.6\bin». Отсутствие соответствующей директории говорит о том, что приложение не установлено (см. параграф "Основные положения").

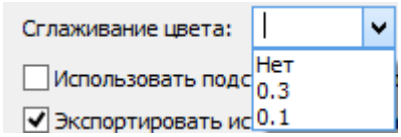
После вызова команды на экране появляется окно диалога.



Ширина и Высота. Задают ширину и высоту создаваемой картинки фотореалистичного изображения в пикселях. По умолчанию устанавливается размер текущего 3D окна.

Сглаживание цвета. Отвечает за сглаживание цвета генерируемого изображения. Значение данного параметра должно быть больше 0.

Чем меньше это значение, тем мягче будет выглядеть переход от одного цвета к другому, но в этом случае визуализация (т.е. расчёт изображения) будет проходить дольше. Значение данного параметра можно выбрать из списка или задать самостоятельно.



Использовать подстановки материалов. В POV-Ray для описания 3D сцены используется специальный язык. С его помощью есть возможность задать для поверхности материала, а также для внутренней части материала, большое количество различных характеристик. Поэтому в T-FLEX CAD у материала есть специальные инструкции, определяющие то, как будет выглядеть материал при визуализации в POV-Ray (команда **ЗМТ: Редактировать материалы**, кнопка **[Материал POV]**). При установке флажка **Использовать подстановки материалов**, эти инструкции будут передаваться в POV-Ray. Все материалы, входящие в поставку системы, включают специальные инструкции для POV-Ray. Кроме материалов, в POV будут экспортироваться и дополнительные инструкции для источника света (см. Параметры источника света, параметр “Инструкции POV”).

Если флажок **Использовать подстановки материалов** отключён, в POV-Ray будут переданы инструкции, автоматически сгенерированные T-FLEX CAD на основе таких свойств материала, как цвет и отражательная способность.

Экспортировать источники света на камере. В 3D окне к камере по умолчанию привязаны один или несколько источников света. Данные источники света ориентированы относительно камеры и перемещаются вместе с ней (см. описание “Параметры 3D вида”). Если флажок **Экспортировать источники света на камере** включён, данные источники света передаются в POV-Ray.

Сохранить результат в. Здесь отображается путь к временно создаваемому выходному файлу, который будет использовать POV-Ray для сохранения результирующего изображения в формате bmp, а T-FLEX CAD для его считывания. Поэтому, если приложение T-FLEX CAD будет закрыто раньше, чем получен результат, то изображение из этого файла можно просмотреть позже, используя любую другую программу для просмотра изображений.

> Все временно создаваемые файлы в процессе генерации изображения создаются в папке, которая указана в системной переменной TEMP. После создания изображения все файлы, кроме выходного, удаляются. Сам выходной файл хранится в этой папке до создания нового фотореалистичного изображения.

Информация для пользователей, имеющих опыт работы в POV-Ray

> Дополнительный INI файл: При запуске приложения POV-Ray создаётся файл с расширением ini, куда записываются экспортируемые установки. При необходимости можно задать другие установки и даже переопределить генерируемые в T-FLEX CAD, задавая их в этом файле. В этом случае в поле данного диалога указывается имя этого файла.
>
> Включить строки: В поле данного диалога можно вставить строки, являющиеся выражениями, записанными в формате POV, которые будут вставлены в экспортируемый файл.

Пояснение: При запуске команды создаётся файл в формате POV, который имеет следующую структуру:

<генерируемые переменные>

<включаемые строки>

<экспортированная 3D сцена>.

<u>Генерируемые переменные.</u>

В экспортируемый файл включаются следующие переменные:

fAspectRatio – ширина / высота экрана. При переопределении установок Width и Height в дополнительном INI файле нужно переопределить и эту переменную, используя <включаемые строки>.

vSceneMin и vSceneMax – вершины куба ограничивающие 3D сцену в 3D пространстве.

vSceneCenter – центр куба.

fSceneSize – длина диагонали куба.

vCameraPos – положение камеры.

vCamera2Scene – вектор из vCameraPos до центра куба.

fCamera2Scene – длина вектора vCamera2Scene.

cBackColor – цвет фона.

Эти переменные могут быть переопределены или использованы во <включаемых строках>. Например:

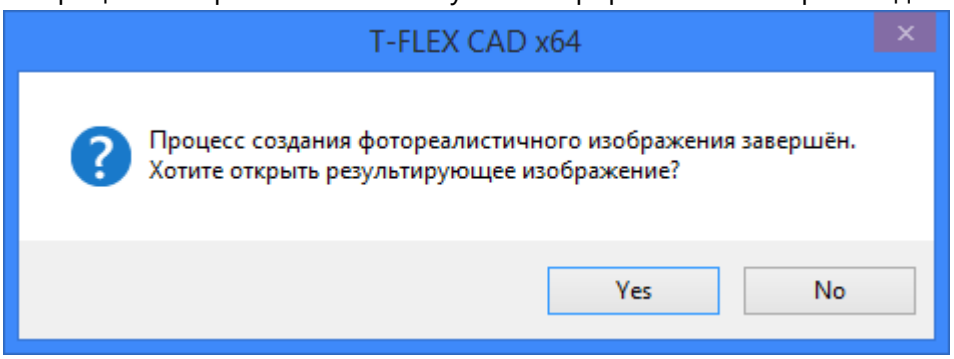
```
#declare cBackColor <0.1, 0.1, 0.1>
fog {
        fog_type 2
        distance fCamera2Scene / 2
        rgb <0, 0, 1>
        fog_offset vSceneMin . z
        fog_alt (vSceneMax . z -  vSceneMin . z) / 4
        up <0, 0, 1>
}
```

переопределяет цвет фона и задает синий туман, зависящий от положения и размера 3D – сцены.

После задания всех необходимых параметров для создания фотореалистичного изображения нужно нажать на кнопку **[OK].** Иногда, при запуске POV-Ray, может возникнуть окно диалога "About POV-Ray(tm) for Windows", для запуска приложения в этом случае достаточно нажать на кнопку **[OK]**.

При создании анимации с включенным фотореализмом в команде **AN: Анимировать модель** желательно дождаться начала визуализации первого кадра в POV-Ray, чтобы убедиться, что окно «About POV-Ray(tm) for Windows» не появилось и не мешает созданию анимации.

После запуска POV-Ray управление передаётся к T-FLEX CAD (т.е. можно продолжить работу с ним). По окончании генерации изображения или в случае ее прерывания на экран выдается сообщение:



Если необходимо просмотреть результирующее изображение, то нужно нажать на кнопку **[Да]**. В результате открывается окно просмотра, изображение которого можно сохранить в файл. Если просмотр и сохранение результирующего изображения не требуется, то следует нажать на кнопку

[Нет]. В этом случае, результат фотореалистичного изображения, какое-то время (до создания следующего фотореалистичного изображения) будет храниться в системном каталоге TEMP.

> До завершения генерации изображения можно запустить POV-Ray ещё раз (количество таких запусков не ограниченно). Тогда T-FLEX CAD, выполняя экспорт в POV, при окончании процесса генерации предыдущего изображения, произведёт новый запуск приложения POV-Ray. Таким образом, реализуется очередь задач на генерацию изображений, т.е. новая задача запускается после завершения генерации предыдущей.

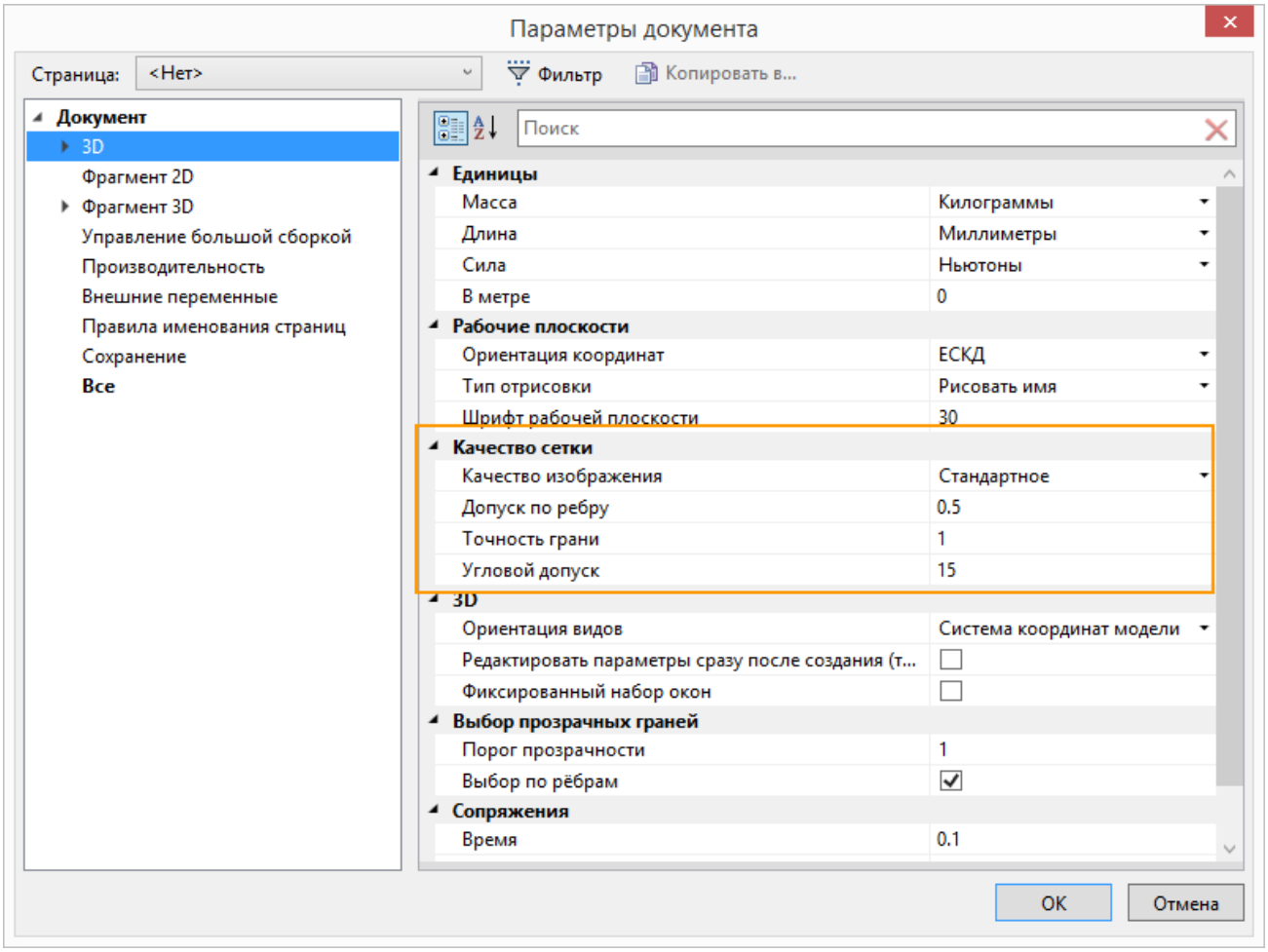
Выбор и настройка качества изображения

Создать удачное фотореалистичное изображение с первой же попытки удаётся редко. Обычно требуется создать несколько тестовых фотореалистичных изображений, которые помогают скорректировать положение камеры, яркость и положение источников света, а также проверить правильность анимации. После этого проводится финальная визуализация.

Но создание фотореалистичного изображения может занимать различное время, в зависимости от сложности сцены и параметров, определяющих качество изображения. Знание этих параметров с одной стороны, помогает избежать излишних затрат времени на проведение пробной визуализации, а с другой стороны, помогает добиться более высокого качества финального изображения.

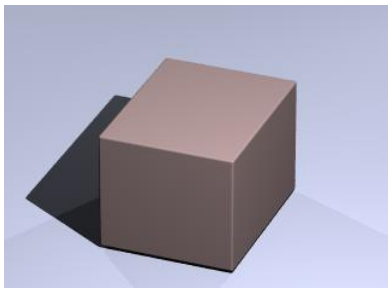
Существуют различные параметры, позволяющие менять качество получаемого фотореалистичного изображения.

Плотность сетки. Данный параметр задаётся в параметрах документа (команда **ST: Задать параметры документа**), и кроме фотореализма, влияет ещё и на качество отображения объектов в 3D окне.

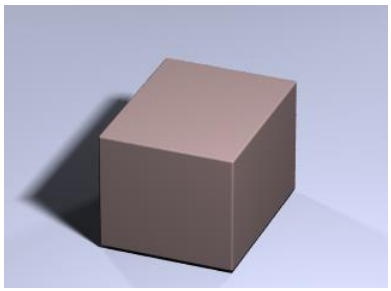


Чем выше данный параметр, тем дольше ведётся экспорт сцены в формат POV, тем больше оперативной памяти используется POV-Ray и тем дольше POV-Ray ведёт предварительную подготовку сцены перед визуализацией (Parsing). В связи с этим, при проведении предварительной визуализации плотность сетки желательно снизить, возможно, даже до минимума. При проведении финальной визуализации лучше установить максимальную плотность сетки.

Параметры источников света. При создании фотореалистичного изображение с использованием обычных источников света, тени объектов получаются очень чёткие, так как источники света имеют бесконечно малую величину. В реальности, это бывает очень редко, поэтому тени, чаще всего, бывают сглаженными. Применение рассеянных источников света позволяет сделать тени более сглаженными и повысить качество и реалистичность изображения. В рассеянных источниках света вместо одного точечного источника света используются несколько сдвинутых друг относительно друга точечных источников. Чем больше они сдвинуты, тем менее чёткой будет тень. Чем больше количество точечных источников имеет рассеянный источник – тем выше размытость тени, и тем больше времени нужно на визуализацию.



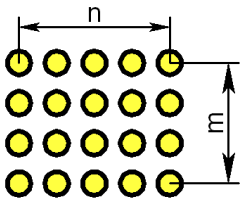
Обычный свет



Рассеянный свет

Рассеянный источник света в POV-Ray представляет собой множество точечных источников света.

Эти источники света размещаются в виде прямоугольника, ориентированного некоторым образом относительно указанного центра. Количество источников света вдоль каждой из сторон прямоугольника может быть разное.

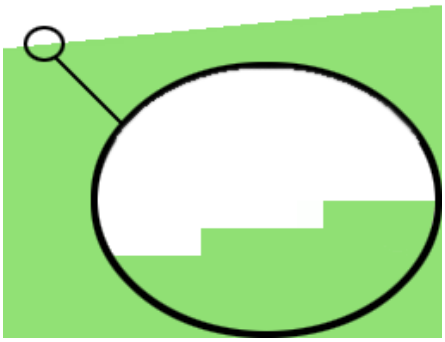


Чтобы созданный в T-FLEX CAD источник света стал рассеянным источником света в POV-Ray, в свойствах источника света в поле «Инструкции POV» необходимо записать следующее:

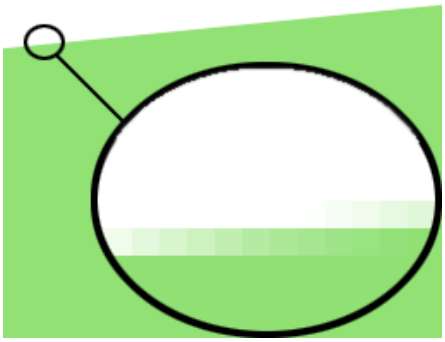
area_light <0.035, 0, 0>, <0, 0.035, 0.035>, 5, 5 adaptive 1 jitter

Здесь в треугольных скобках заданы координаты противоположных углов прямоугольника относительно исходной точки (точки, в которой расположен рассеянный источник света). «5, 5» - это количество источников света в каждом направлении. При этом общее количество точечных источников света составляет 5x5=25. «adaptive 1 jitter» - дополнительные параметры, включающие оптимизацию расчёта теней.

Сглаживание (Antialiasing). При обычной визуализации на границах объектов могут возникать явления ступенчатости, прерывистости тонких линий. Сглаживание путём проведения дополнительных расчётов может уменьшить негативное влияние данных явлений.



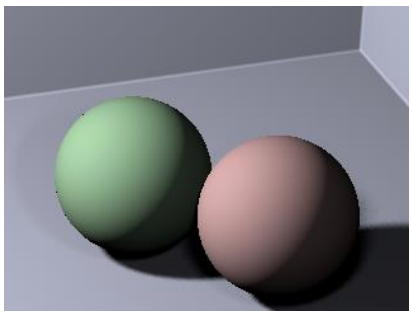
Ступенчатость на границах



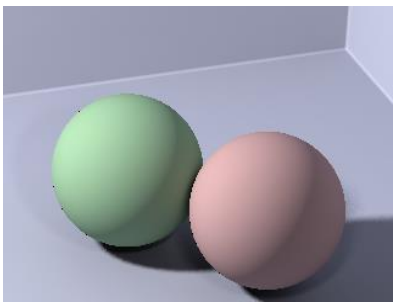
Сглаживание включено

Сглаживание основано на визуализации частей сцены с увеличенным разрешением. При этом визуализация сцены замедляется. Поэтому на этапе пробной визуализации включать сглаживание не следует. Но для финальной визуализации включить сглаживание желательно.

Рассеянное освещение (Radiosity). При обычной визуализации учитывается прямое освещение, при котором освещены только те участки объектов, на которые непосредственно попадает свет от источника света. Однако в реальном мире свет исходит не только от источников. Он ещё и отражается от объектов, освящённых прямым светом. В POV-Ray есть возможность включить механизм расчёта рассеянного освещения, который в некоторых случаях помогает улучшить реалистичность изображения.



Обычное освещение



Рассеянное освещение

В связи с большим количеством дополнительных расчётов, использование механизма рассеянного освещения может привести к существенному замедлению визуализации. Поэтому использование рассеянного освещения при тестовой визуализации следует проводить только в низких разрешениях.

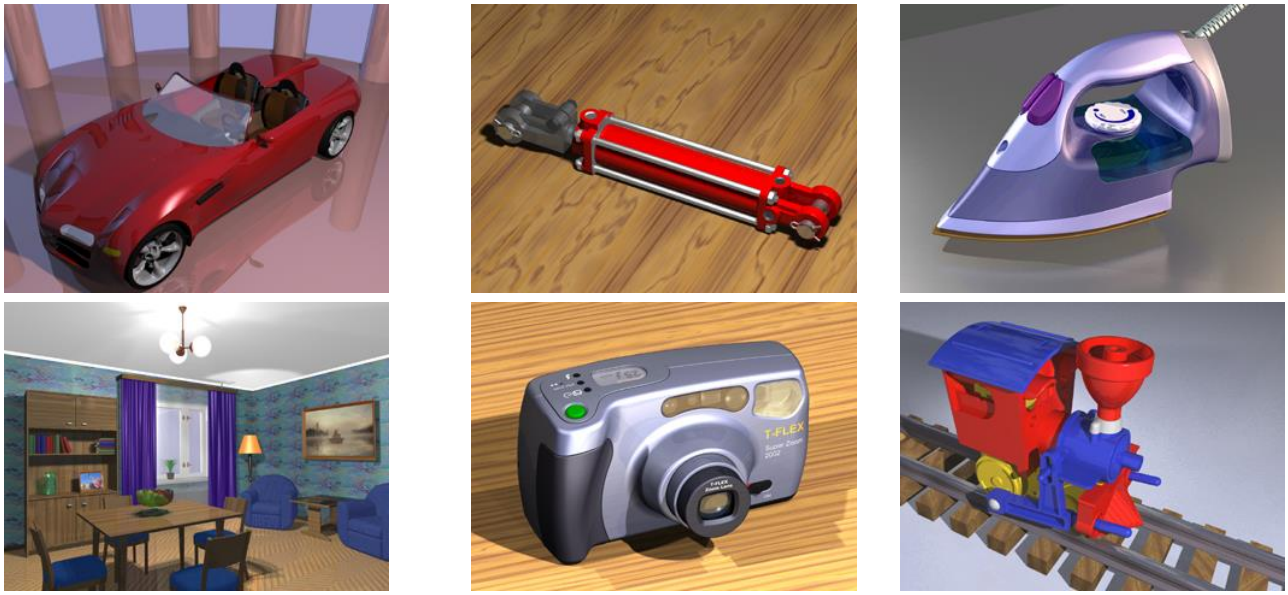
Чтобы включить механизм рассеянного освещения, следует в поле **Включить строки** окна **Создание фотореалистичного изображения** записать следующее:

```
global_settings {
radiosity { count 500 minimum_reuse 0.018 brightness 0.8}}
```

Значение приведённых инструкций, а также дополнительные сведения, касающиеся механизма рассеянного освещения, следует искать в документации приложения POV-Ray.

Разрешение изображения. Данный параметр существенно влияет на время, затрачиваемое на визуализацию. При неизменном качестве изображения, скорость визуализации прямо пропорциональна площади результирующего изображения. При тестовой визуализации можно ограничиться небольшими разрешениями, например, 320*240.

Примеры фотореалистичных изображений моделей



ФОТОРЕАЛИСТИЧНЫЙ ВИД

Второй механизм для генерации фотореалистичных изображений основан на технологии NVIDIA OptiX. Она предназначена для генерации фотореалистичных изображений высокого качества с учётом освещения, а также таких свойств материала, как прозрачность, коэффициент преломления, свойства поверхности и т.д.

Механизм позволяет получать фотореалистичное изображение непосредственно из среды T-FLEX CAD, обеспечивая удобный интерфейс управления параметрами сцены, качеством генерации изображения, а также возможность сохранения результатов генерации в файл и печати. С помощью данного механизма можно получать фотореалистичное изображение не только с трёхмерных моделей, но и с импортированных 3D изображений.

> Технология NVIDEA OptiX используется при создании фотореалистичных видео при записи анимации разборки в команде **3VX: Разборка**

Третий механизм для генерации фотореалистичных изображений использует Embree - ядро трассировки лучей, разработанное Intel.

Для своих расчётов Embree использует центральный процессор и отличается высокой производительностью и качеством изображения.

Интерфейс для работы с NVIDIA Optix идентичен интерфейсу работы с Embree, поэтому они вместе будут описаны в следующих главах.

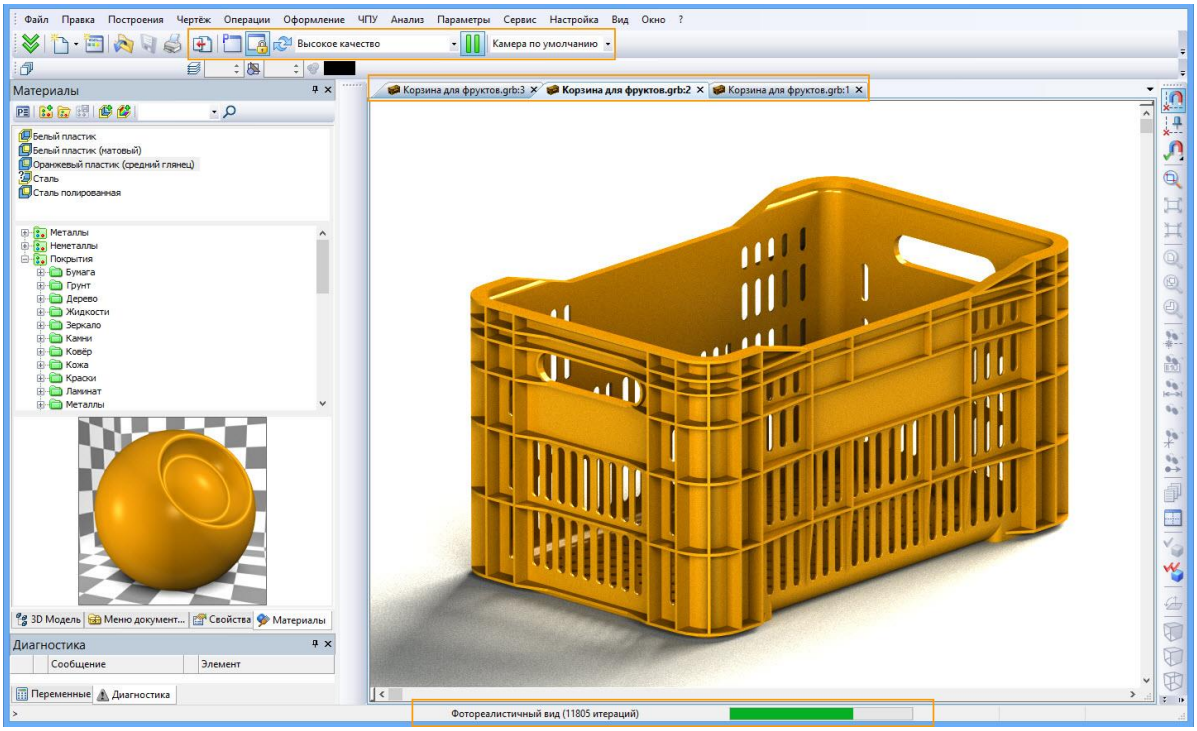
Работа с командой

Для вызова опции используется команда:

Пиктограмма	Лента
	Инструменты → Оформление → Фотореализм → Фотореалистичный вид (GPU NVIDIA)
Клавиатура	Текстовое меню
<3RV>	Сервис > Фотореалистичный вид (GPU NVIDIA)

Пиктограмма	Лента
	Инструменты → Оформление → Фотореализм → Фотореалистичный вид (CPU Intel)
Клавиатура	Текстовое меню
	Сервис > Фотореалистичный вид (CPU Intel)

После активации команды появляется новое окно, в котором генерируется изображение.



Качество создаваемого изображения во многом зависит от количества итераций. Итерация – вычисление цвета пикселей изображения. Количество итераций зависит от размера изображения, плотности сетки и количества объектов.

Количество итераций отображается в нижней части экрана.



> В зависимость от мощности компьютера, сложности модели и установленного качества изображения процесс генерирования изображения может занимать от нескольких минут до нескольких часов.

На инструментальной панели отображаются опции для работы с командой.



Печать изображения. Позволяет вывести получаемое изображение на печать.

Сохранить изображение. Позволяет экспортировать полученное изображение в файлы растровых форматов *.bmp, *.jpg, *gif, *tiff, *tif, *.png, *.tga. Для файла можно задать имя и указать, где он будет храниться.

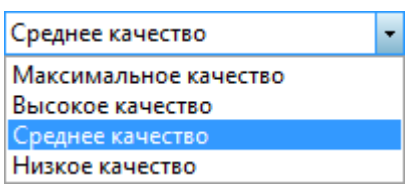
Параметры вида. Позволяет задавать параметры генерации изображения. Более подробное описание опции дано ниже.

Зафиксировать параметры вида. Позволяет зафиксировать направление взгляда и масштаб изображения. Вращение модели становится невозможным.

Перезапустить генерацию. Запускает генерацию фотореалистичного изображения заново, при этом происходит сброс текущих результатов.

Приостановить генерацию. Позволяет временно прекратить генерацию изображения. При этом высвобождаются затрачиваемые на этот процесс ресурсы компьютера, в связи с чем повышается производительность.

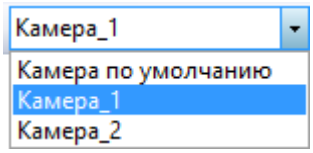
Выбор качества генерируемого изображения. В выпадающем списке можно выбрать одно из четырёх значений качества изображения.



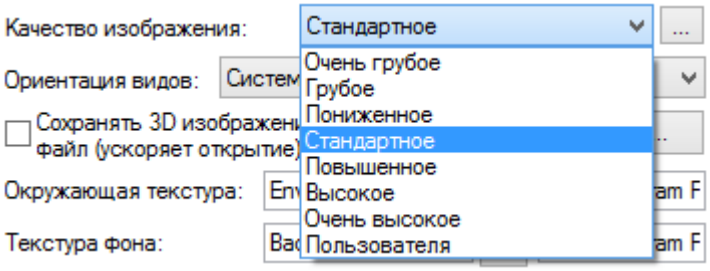
Низкое и среднее качество применяются для черновых вариантов изображений. При выборе такого качества система автоматически высчитывает минимальное количество итерации, необходимое для получения изображений с определённым уровнем «шумов».

Для получения наиболее реалистичных изображений нужно выбрать высокое или максимальное качество. При максимальном качестве количество итераций не ограничено.

Выбор текущей активной камеры. Позволяет выбрать одну из присутствующих в 3D сцене камер. Изображение будет создаваться в соответствии с положением выбранной камеры.



В дополнение к вышеперечисленным опциям, важную роль в создании реалистичных изображений играет настройка **Качество изображения**. Её можно изменить с помощью выпадающего списка в окне **ST: Параметры документа** на закладке **3D**.



Чем выше качество, тем выше плотность сетки. Для получения наиболее реалистичных изображений рекомендуется устанавливать качество не ниже чем **Повышенное.**

Данный параметр особенно важен при наличии в модели скругленных поверхностей.

Наглядное различие между изображениями разного качества.



Очень грубое | Стандартное | Очень высокое

Процесс создания фотореалистичных изображений имеет высокие требования к системным характеристикам.

> Более подробную информацию о них можно найти на нашем сайте или в главе **Быстрое начало**.

Генерации изображения может быть остановлена в любой момент. Получившийся результат можно сохранить на компьютере с помощью опции  или сразу же направить на печать опцией .

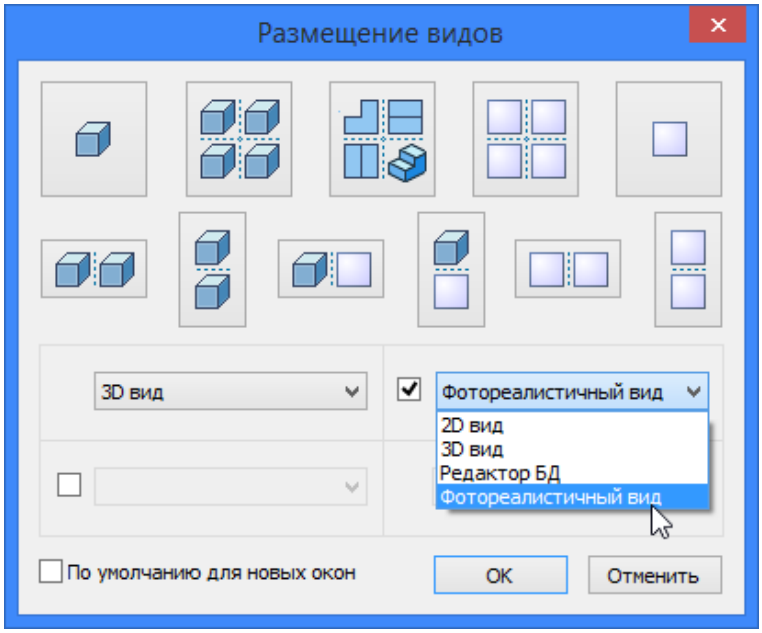
Результат выполнения операции:



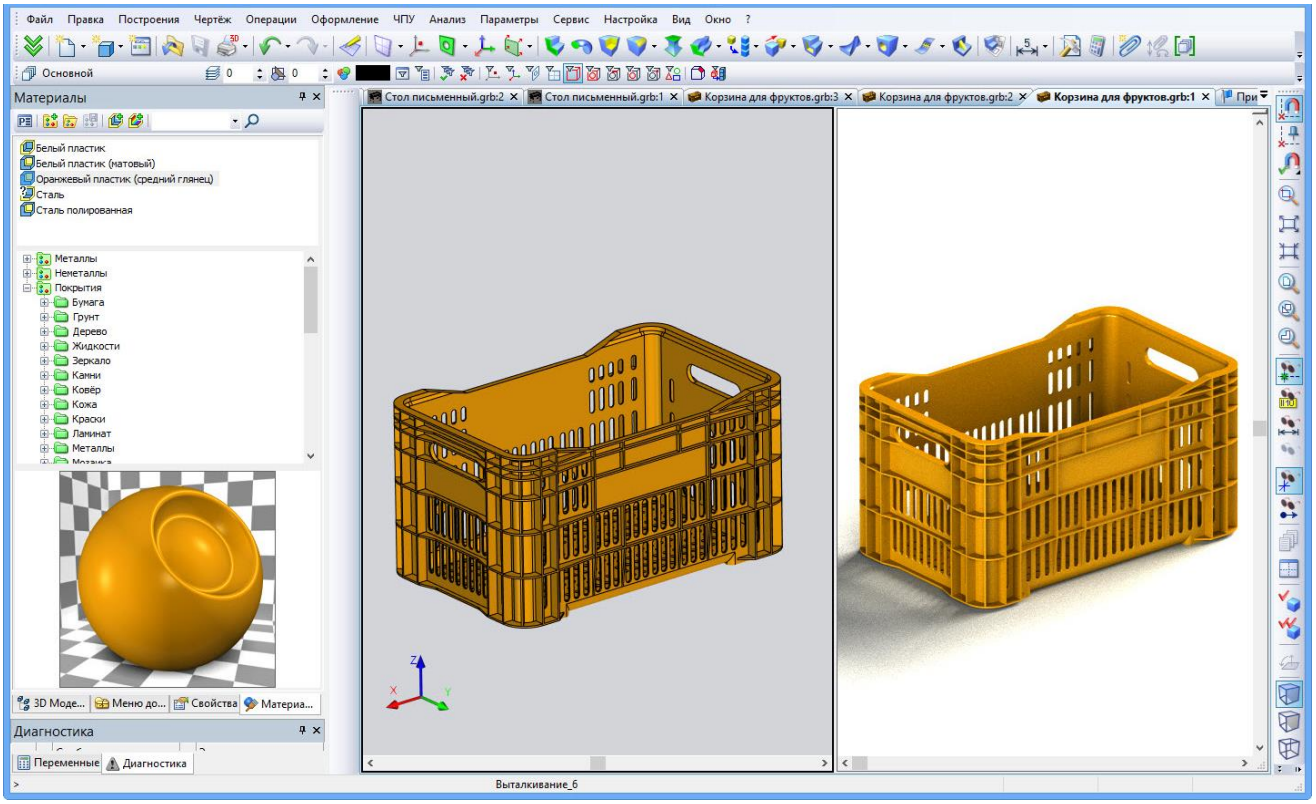
Исходная модель | Фотореалистичное изображение

> Файлы с примерами создания фотореалистичного изображения находятся в библиотеке *«Примеры 3D 15\Сервисные инструменты\Материалы и фотореализм»*.

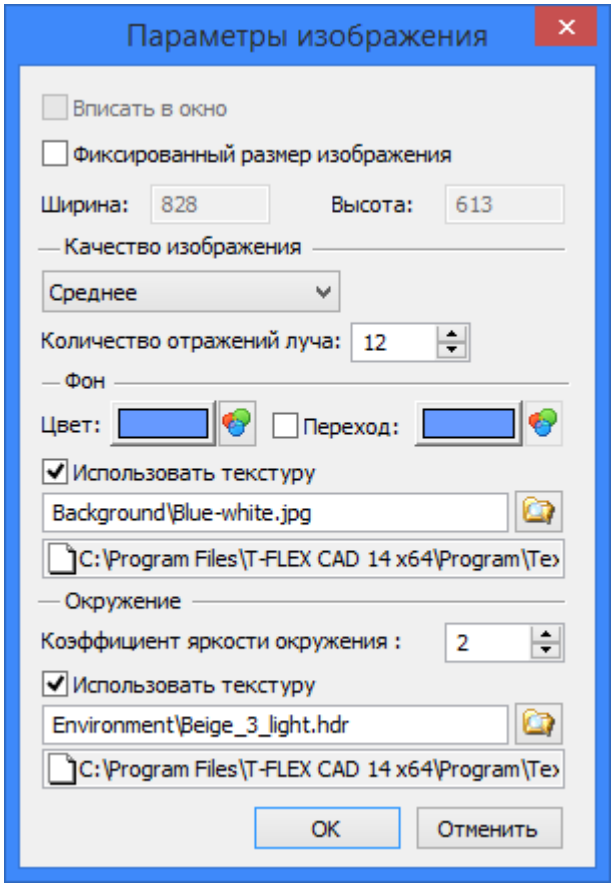
Для удобства работы можно одновременно отображать окно фотореалистичного вида и окно модели на экране. Для этого необходимо воспользоваться командой **WO: Открыть новое окно документа.**



В появившемся диалоговом окне из выпадающего списка необходимо выбрать пункт **Фотореалистичный вид**. С помощью четырёх выпадающих списков можно настроить удобное расположение окон на экране.



Параметры изображения



Вписать в окно. Опция активна только при установленном флаге **Фиксированный размер изображения**. При включённой опции изображение заданного размера полностью отображается на экране.

Фиксированный размер изображения. При активации позволяет задать размер создаваемого изображения. При этом включается опция инструментальной панели **Зафиксировать параметры вида** . Размер изображения задаётся в пикселях. Изображение указанного размера будет создано целиком не зависимо от того, помещается оно на экране или нет. Для получения изображений высокого качества рекомендуется выставлять как можно больший фиксированный размер изображения.

Качество изображения. Данная опция повторяет список настроек с главной панели. Единственным отличием является возможность задать количество итераций вручную, выбрав качество изображения **пользовательское** и введя в поле необходимое число.

Количество отражений луча. Параметр важен при генерации преломлений и отражений.

Настройки фона и текстуры полностью совпадают с одноименными стандартными параметрами 3D вида.

> Подробнее о них можно прочитать в главе «Работа с окном 3D вида».

Коэффициент яркости окружения. Позволяет настаивать яркость сцены, регулируя количество света попадающее на объекты.

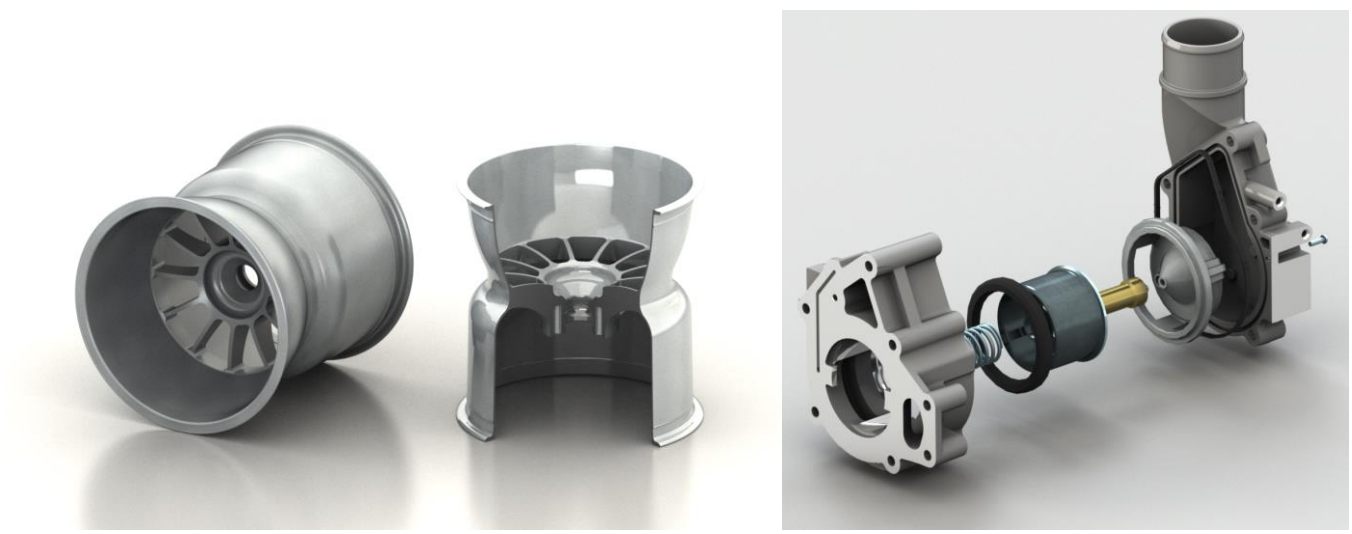
> Оптимальные параметры для создания фотореалистичного изображения установлены по умолчанию.

Примеры фотореалистичных изображений

NVIDIA Optix:



Embree:



Прототипы для фотореализма

В стандартной инсталляции существуют прототипы, специально предназначенные для быстрого создания фотореалистичного изображения. Для создания документов на основе данных прототипов

необходимо вызвать команду **FP: Создать новый документ на основе файла прототипа**, и на закладке **Фотореализм** выбрать один из двух прототипов: **Комната** или **Облёт вокруг объекта**.

В каждом из этих прототипов заранее создано несколько источников света, камера и система координат для привязки 3D фрагмента. Положение этих элементов можно изменить по своему усмотрению, перемещая соответствующие элементы в окне чертежа. Также в 2D окне есть небольшая инструкция по использованию прототипа.

Обычно работа с этими прототипами ведётся следующим образом: создаётся новый документ на основе одного из прототипа. В этот документ в качестве 3D фрагмента или 3D изображения вставляется 3D модель (в подходящем масштабе), фотореалистичное изображение которого необходимо получить. Далее проводится несколько пробных визуализаций для выявления подходящего расположения источников света и камеры. В конце проводится финальная визуализация.

О настройках, которые необходимо задавать для пробной и финальной визуализации будет сказано ниже. Но прежде, необходимо сказать об отличительных особенностях каждого из прототипов.

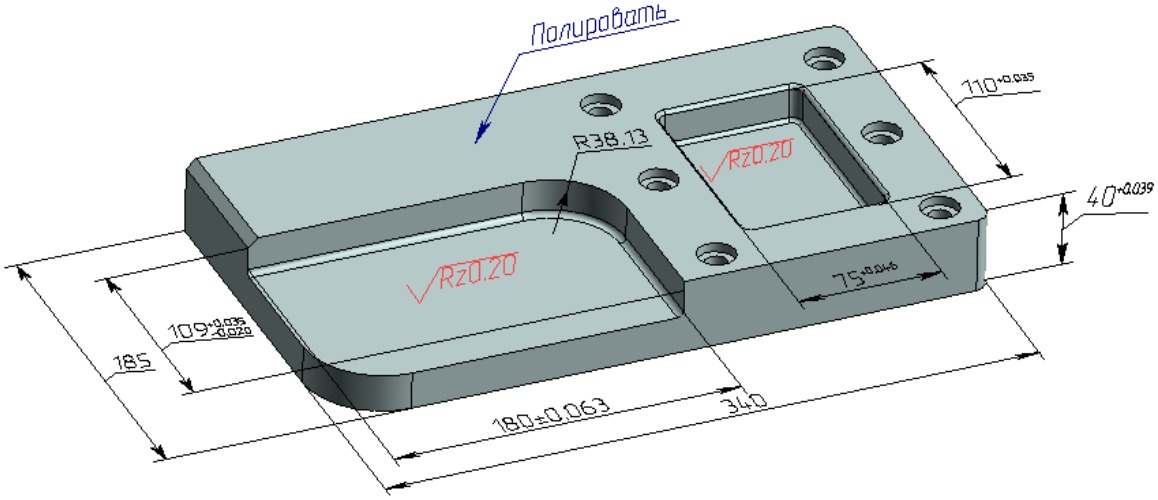
Прототип **Комната** предназначен для создания статичного изображения. В этом прототипе сцена представляет собой «комнату», два источника света и камеру. Кроме этого, для удобства заранее создана система координат для привязки 3D фрагмента. По умолчанию, две стены и потолок «комнаты» не видны, но их можно сделать видимыми, если в 2D окне снять флажок «Скрыть потолок».

Прототип **Облёт вокруг объекта** предназначен как для создания статичного изображения, так и для создания фотореалистичной анимации, в которой камера движется вокруг объекта. Сцена представляет собой большую круглую платформу, три источника света и камеру. В сцене заранее создана система координат для привязки 3D фрагмента. Кроме того, положение камеры связано с выражением и зависит от кадра, в котором находится сцена. 2D окне необходимо задать продолжительность анимации (то есть время, за которое камера облетит вокруг объекта и вернётся на исходное место). Анимацию сцены необходимо проводить по переменной «frame», учитывая, что количество кадров в секунду равно 25.

> Пример использования прототипа «Облёт вокруг объекта» находится в библиотеке *«Примеры 3D 15»*, в папке *«Сервисные инструменты\ Фотореалистичное изображение\Облёт вокруг объекта»*. Открыв файл *«Сцена на основе прототипа.grb»*, необходимо в 3D окне активировать камеру «Камера» с помощью команды **3VC: Выбрать камеру...**. Далее надо использовать команду **AN: Анимировать модель** и провести анимацию по переменной «frame» от 0 до 250 с шагом 1

Элементы оформления в 3D

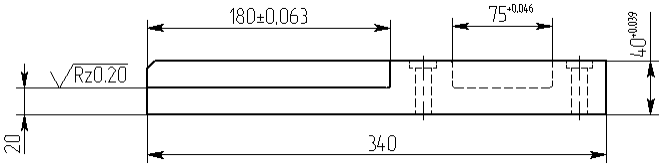
T-FLEX CAD позволяет проставлять элементы оформления чертежа (размеры, надписи, шероховатости) непосредственно на гранях 3D модели.



Общие сведения

Возможность создания трёхмерных элементов оформления позволяет внести в 3D модель не только геометрическую, но и технологическую и другую информацию. Эта информация впоследствии может быть использована при построении чертежей по 2D проекциям, а также в других приложениях, например, в модулях технологического проектирования или создания управляющих программ для ЧПУ.

Например, какой-то размер между гранями или размер на цилиндрической грани (радиус или диаметр) имеет допуск или дополнительные текстовые строки. При построении размера на чертеже с выбором соответствующих линий на проекции эта информация будет автоматически передаваться размеру на 2D проекции. То же самое происходит при простановке обозначения шероховатости на грань – в случае создания обозначения шероховатости на соответствующих линиях изображения 2D проекции, параметры шероховатости будут взяты с 3D модели.

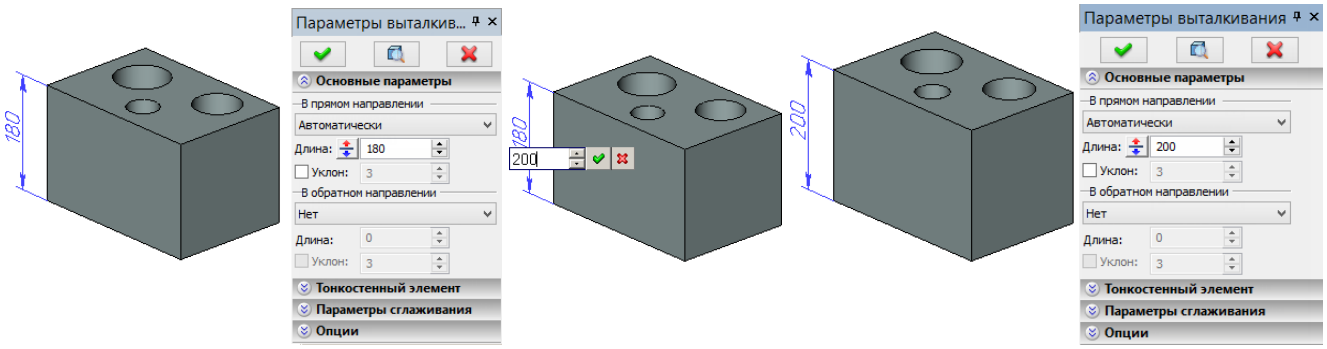


Передача данных из 3D размеров на 2D проекцию может осуществляться и прямым “проецированием” размеров из 3D пространства на 2D проекцию. При этом система сама определяет, какие из существующих в 3D модели размеров можно “перенести” на текущую 2D проекцию. Пользователю остаётся только выбрать, какие из предложенных системой размеров он

хотел бы проставить на данной 2D проекции. Данная функциональность подробно описана в главе “2D проекции. Создание чертежей по 3D моделям” (см. раздел “Создание элементов оформления чертежа на 2D проекциях”).

3D размеры можно использовать для управления размерами 3D модели. При создании различных 3D операций система позволяет автоматически создавать “управляющие” 3D размеры. Управляющий размер напрямую связан с создавшей его операцией, точнее, с её геометрическим параметром. При изменении номинала такого 3D размера в команде **Параметры** > **Размеры** > **Задать значение** автоматически изменится соответствующий параметр создавшей его операции.

При проставлении размера необходимо выбрать противоположные грани тела.

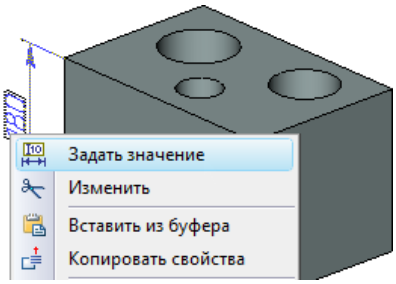


Управляющие 3D размеры могут быть созданы пользователем и вручную. Для этого при ручной простановке размера выбираются грани, положение которых определяется геометрическим параметром операции. Например, можно использовать противоположные грани тела, полученного выталкиванием или цилиндрическую грань, полученную сглаживанием. При помощи таких размеров также можно изменять параметры операций, и соответственно, всей 3D модели.

Для изменения значения параметров операций могут использоваться и 2D размеры, проставленные на линиях 2D проекций, соответствующих граням тела, зависящим от геометрического параметра операции. Система сама, автоматически, находит это соответствие.

Кроме того, для многих 3D размеров, не являющихся управляющими (т.е. не связанных с параметрами операций), система в некоторых случаях автоматически может найти связи с 2D построениями, использованными для создания тела, на гранях которого проставлены эти размеры. Благодаря этому, изменяя номиналы подобных 3D размеров, можно также управлять 3D моделью. При изменении номинала такого размера система будет пытаться автоматически найти те 2D построения, изменение которых необходимо для обеспечения нового номинала указанного 3D размера. Например, если проставить 3D размер между двумя боковыми гранями операции выталкивания 3D профиля, то система в ряде случаев способна восстановить цепочку построений: 3D профиль → Контур профиля на рабочей плоскости → 2D построения, определяющие контур 3D профиля. В этом случае при изменении номинала размера система будет изменять соответствующие 2D построения, 3D профиль, построенный на их основе и само тело, получаемое операцией выталкивания.

Изменение номинала 3D размера осуществляется, как и для 2D размера, командой **PE: Установить значения размеров**. Обратите внимание, что в прозрачном режиме для 3D размеров эта команда не работает. Но её можно вызвать из контекстного меню (при выборе) любого 3D размера.



Созданные на основе 3D модели элементы оформления чертежа можно скрыть или показать в конкретном 3D окне при помощи команды **SN: Погасить 3D элементы оформления**:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<SN>	Вид > Погасить 3D элементы оформления	

Создание 3D элементов оформления

3D элементы оформления могут быть созданы:

В 3D окне с помощью обычных команд создания размеров, надписей и шероховатостей (**D: Создать размер**, **IN: Создать надпись**, **RO: Создать шероховатость**);

Как 2D элементы оформления на рабочих плоскостях с последующим отображением их в 3D окне.

Создание 3D элементов оформления в 3D окне

Создание 3D размеров в 3D окне

Для создания 3D размера вызовите команду **D: Создать размер** из 3D окна.

3D размер может быть проставлен:

- Между двумя плоскостями. При выборе двух плоских граней проставляется линейный размер (для параллельных плоскостей) или угловой размер (для непараллельных плоскостей);
- Между плоскостью и прямой. Проставляется линейный размер, если прямая линия параллельна плоскости, и радиальный – в противном случае;
- Между плоскостью и точкой. Проставляется линейный размер между данной плоскостью и точкой;
- Между двумя прямыми. Проставляется линейный размер, если прямые параллельны друг другу, и радиальный – в противном случае;
- Между прямой и точкой. Проставляется линейный размер между данной прямой и точкой;
- Между двумя точками. Проставляется линейный размер между выбранными точками (вершинами);
- На одной поверхности вращения. Проставляется радиальный/диаметральный размер для выбранной грани.

Плоскости задаются выбором плоской грани или плоского криволинейного ребра, поверхности вращения – указанием лежащей на данной поверхности грани вращения. В качестве прямых можно выбирать прямые рёбра или оси поверхностей вращения. Ось поверхности вращения задаётся выбором соответствующей грани вращения. В качестве точек можно выбирать вершины тел 3D модели и 3D узлы.

Выбор элементов при создании 3D размера осуществляется с помощью следующих опций автоменю:

	<L>	Выбрать плоскую грань или плоское ребро
	<C>	Выбрать цилиндр, окружность, сферу или тор
	<A>	Выбрать ось или линейное ребро
	<N>	Выбрать вершину

По умолчанию в 3D окне можно выбирать плоские грани, грани поверхностей вращения, рёбра и вершины тел, не обращаясь к соответствующим опциям автоменю.

Если при создании 3D размера первым выбрано ребро-окружность/дуга окружности, или грань вращения типа цилиндр, сфера, тор, то система автоматически начинает создание радиального/диаметрального размера. В остальных случаях система ожидает выбора второго объекта (грани, ребра, вершины) для создания линейного или углового размера.

Для выбора оси поверхности вращения (цилиндр, сфера, тор) в качестве первого объекта при создании линейного/углового размера необходимо при выборе грани вращения воспользоваться опцией . Эта же опция используется для выбора плоского ребра-окружности (дуги окружности) в качестве первого объекта линейного/углового 3D размера.

Создаваемый размер может лежать в различных плоскостях. Первоначальное положение создаваемого размера система определяет самостоятельно на основе 3D вида. Изменить плоскость 3D размера можно с помощью опций:

	<H>	Смена ориентации 3D размера
	<T>	Выбрать плоскость для ориентации

Опция  позволяет циклически менять различные варианты расположения размера.

Опция  используется для явного выбора плоскости, параллельно которой должен быть расположен создаваемый размер. После включения опции необходимо в 3D окне указать грань, плоскости которой должен быть параллелен 3D размер.

При создании 3D размеров также доступны некоторые из стандартных опций настройки параметров размера:

	<Z>	Изменить положение полки (только для линейного размера)
	<Пробел>	Задать положение размера в абсолютных координатах
	<J>	Включить режим центрирования размера
	<Z>	Сменить ориентацию размера (только для углового размера)
	<M>	Изменить тип размера (только для радиальных/ диаметральных размеров)
	<D>	Задать способ прорисовки размера, как диаметрального (только для радиальных/диаметральных размеров)
	<R>	Задать способ прорисовки размера, как радиального (только для радиальных/диаметральных размеров)
	<K>	Разрушить привязку (только для линейных и радиальных/диаметральных размеров)

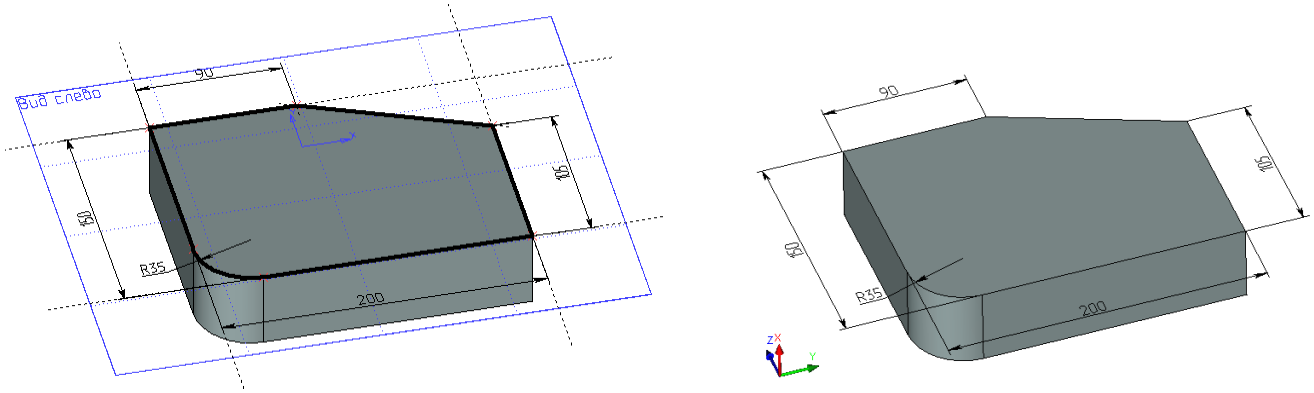
Создание 3D надписи и 3D шероховатости в 3D окне

Для простановки 3D надписи или 3D шероховатости необходимо из 3D окна вызвать команду **“IN: Создать надпись”** или “**RO: Создать шероховатость**”. При создании надписи/шероховатости указывается грань, на которой должен быть расположен создаваемый элемент. Грань может быть любого типа. В качестве точки привязки надписи или шероховатости выбирается точка на указанной грани в месте расположения курсора при выборе грани. Для надписи дополнительно указывается положение её полки в пространстве.

В остальном создание 3D размеров, 3D надписей и 3D шероховатостей совпадает с созданием аналогичных 2D элементов.

Создание 3D элементов оформления по 2D элементам оформления на рабочей плоскости

Для создания 3D элементов оформления по 2D элементам на рабочей плоскости необходимо предварительно нанести на страницу рабочей плоскости необходимые 2D размеры, надписи, шероховатости. Для того, чтобы отобразить их в 3D окне, достаточно будет включить флажок “Показывать элементы оформления на 3D виде” в диалоге параметров рабочей плоскости.



Для удобства использования данная опция также доступна в контекстном меню плоскости (“Показать размеры в 3D”).

3D размеры с рабочей плоскости можно использовать для изменения параметров изображения на странице рабочей плоскости и, соответственно, созданных на его основе 3D элементов (профилей, операций и т.д.). Также они могут быть использованы при автообразмеривании проекций (при условии, что рабочая плоскость параллельна плоскости проецирования).

Автоматическое создание 3D размеров

Автоматическое создание управляющих 3D размеров, то есть 3D размеров, связанных с геометрическими параметрами 3D операций, осуществляется либо прямо при создании операции, либо из контекстного меню уже существующей операции.

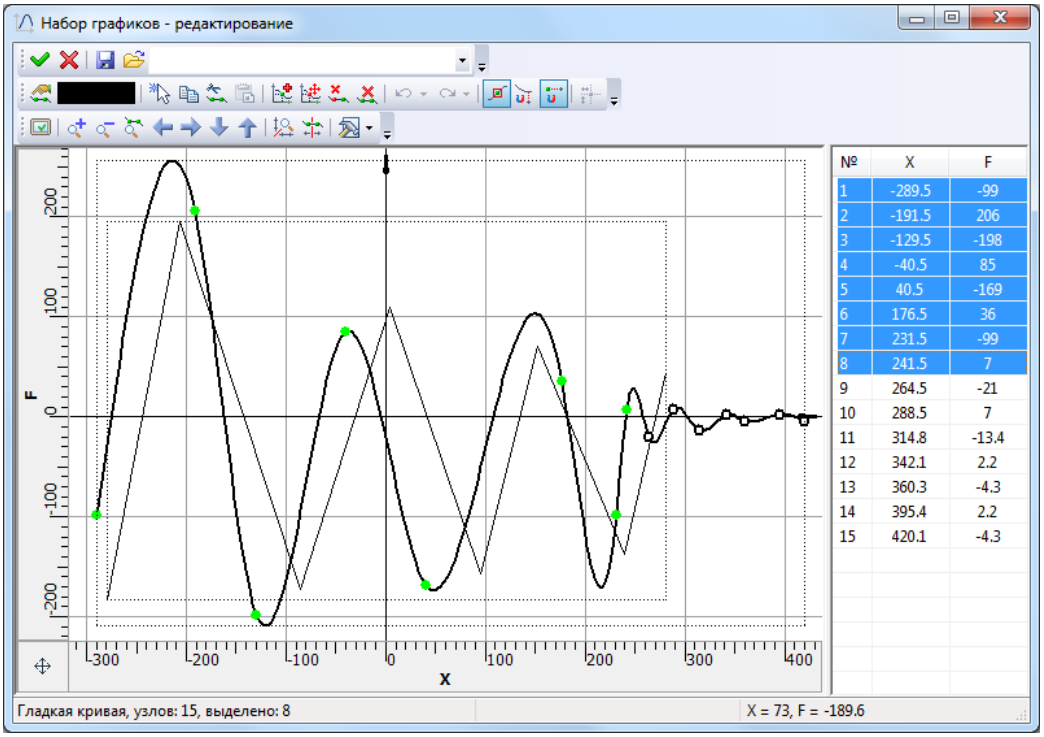
При создании 3D операции достаточно включить флажок **Создать управляющие размеры** в диалоге свойств данной операции (раздел **Опции**). Управляющий 3D размер появится в 3D окне после завершения создания данной операции.

Для уже созданной операции нужно вызвать контекстное меню (с помощью) и выбрать в нём команду **Создать управляющие размеры**. В результате будет создан 3D размер, управляющий геометрическим параметром данной операции. Если выбрано несколько операций, то в контекстном меню также доступна команда создания управляющих 3D размеров. Есть эта команда и в контекстном меню Тела. В этом случае управляющие 3D размеры создаются на всех операциях, участвовавших в создании Тела, где это возможно.

Графики

В системе T-FLEX CAD имеется особый тип объекта - “График”. График представляет собой функцию из набора точек в собственной двухмерной системе координат, соединённых ломаной или гладкой кривой. Этот универсальный инструмент предназначен для задания зависимостей различного рода, например, для задания переменной нагрузки в модулях Анализа или создания параметрической зависимости на основе массива чисел из какой-либо базы данных. Также графики используются для хранения и отображения результатов анализа движения. В редакторе переменных графики можно использовать для получения значений, задаваемых ими. В графическом виде также можно задавать законы масштабирования или кручения в операции “По траектории”, в свойствах эквидистантного 3D пути для задания отступа эквидистанты, в операции “Сглаживание” для задания переменного радиуса.

Графики создаются и хранятся в документе вместе с чертежом и 3D моделью. Для создания и редактирования графиков в системе имеется специальный редактор. Он позволяет работать с массивом точек и их координатами, имеет возможность множественного выбора, работы с буфером обмена (копирования/вставки), отмены/повтора действий, управления раздельными масштабами по осям, перетаскивания точек и т.д.



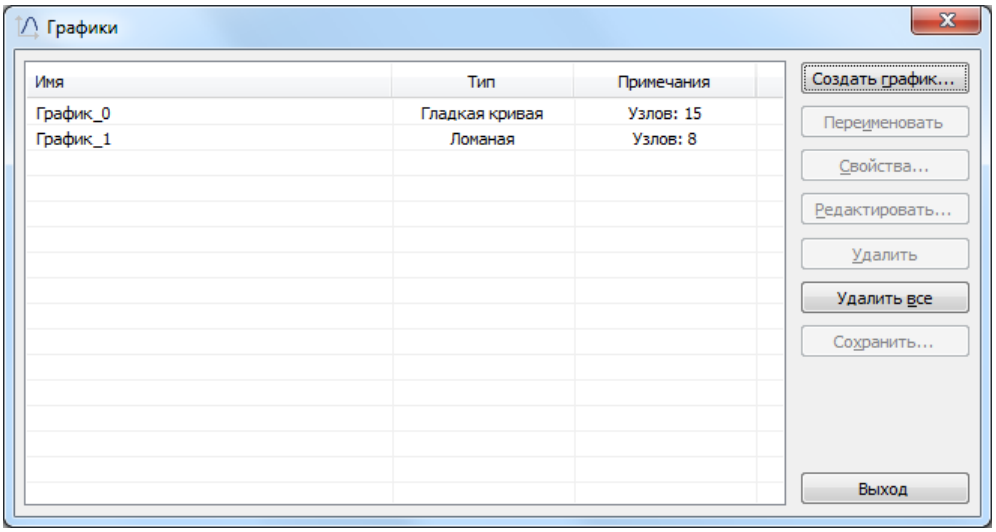
Создание и редактирование графиков

Менеджер графиков

Работа с графиками осуществляется через специальное диалоговое окно-менеджер “Графики”, в котором отображается список всех графиков в текущем документе и кнопки для запуска всех необходимых команд. Доступ к списку графиков осуществляется по команде:

Пиктограмма	Лента
	Параметры → Инструменты → Графики
Клавиатура	Текстовое меню
<PL>	Параметры > Графики

После вызова команды появляется окно “Графики”.

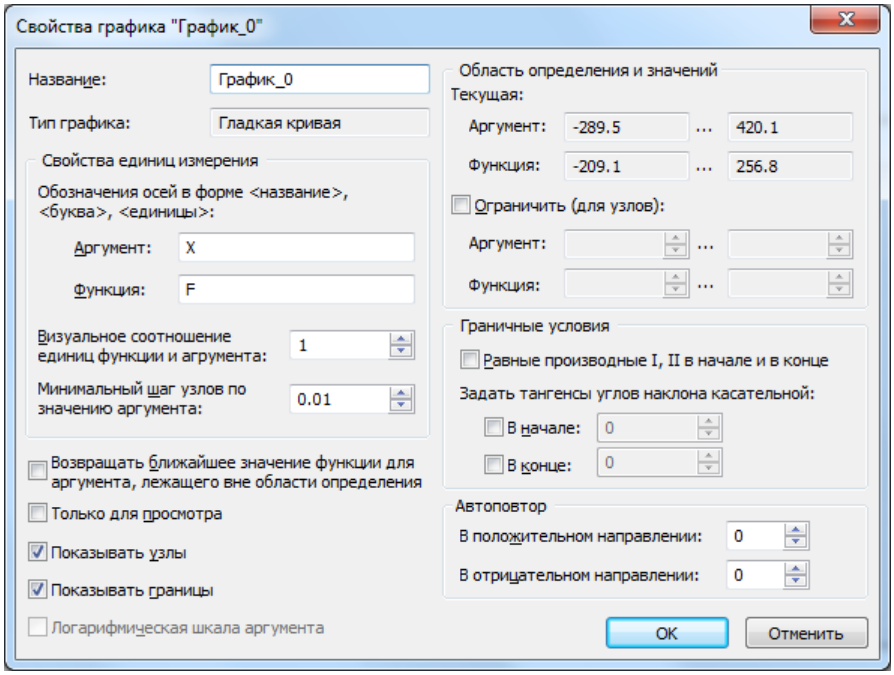


Для создания нового графика используйте кнопку **[Создать график...]**. При создании нового графика предлагается выбрать тип соединения узлов графика: сплайном (гладкая кривая) или при помощи ломаной линии. Новый график создается пустым. Ему присваивается новое имя – “График_1”, “График_2” и т.д. При желании пользователь может изменить имя графика при помощи кнопки **[Переименовать]** или в его свойствах (см. ниже).

Кнопки **[Удалить]** и **[Удалить все]** позволяют удалять существующие графики из текущего документа.

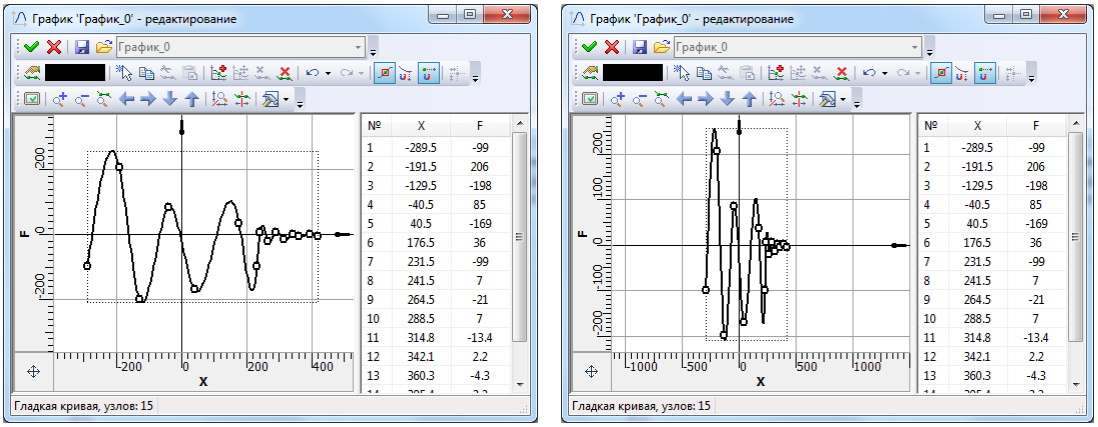
Свойства графика

Диалог с описательными и определяющими свойствами графика можно вызвать нажатием кнопки **[Свойства...]** в окне менеджера графиков. В верхней части окна диалога отображаются имя графика и его тип. Имя графика здесь можно изменить. Тип графика задается при создании и впоследствии не меняется.



В группе параметров “**Свойства единиц измерения**” можно задать следующие свойства графика:

- подписи для координатных осей графика – в полях “**Аргумент**” и “**Функция**”;
- параметр “**Визуальное соотношение единиц функции и аргумента**” определяет масштаб единиц одной оси относительно другой при прорисовке графика. Используется для настройки изображения, когда нужно установить раздельное масштабирование по осям. В редакторе графиков эту величину можно установить автоматически (см. ниже);



- параметр “**Минимальный шаг узлов по значению аргумента**” определяет минимально допустимую разницу координат по оси X между двумя соседними узлами графика.

В группе параметров “**Область определения и значений**” отображается информация по границам для данного графика на текущий момент. Также можно специально ограничить область

определения и область значений графика. При включении ограничений система не позволит создавать точки за пределами ограничений. По умолчанию пределы не ограничены.

В группе параметров **“Граничные условия”** определяются условия для окончаний линии графика. Данные параметры могут использоваться только для типа графика «гладкая кривая». Можно задать тангенс угла наклона для направления кривой в начале и в конце графика. Также можно задать равенство первых и вторых производных в начале и в конце графика. Это граничное условие позволяет добиться плавного перехода между копиями при циклическом повторе оригинального участка графика.

Флаг **“Только для просмотра”** запрещает изменять свойства и координаты точек графика.

Флаг **“Показывать узлы”** разрешает отображение узлов функции графика.

Флаг **“Показывать границы”** включает графическое отображение границ области определения и области значений (фактических) для данного графика. Границы графика показываются в виде пунктирной рамки.

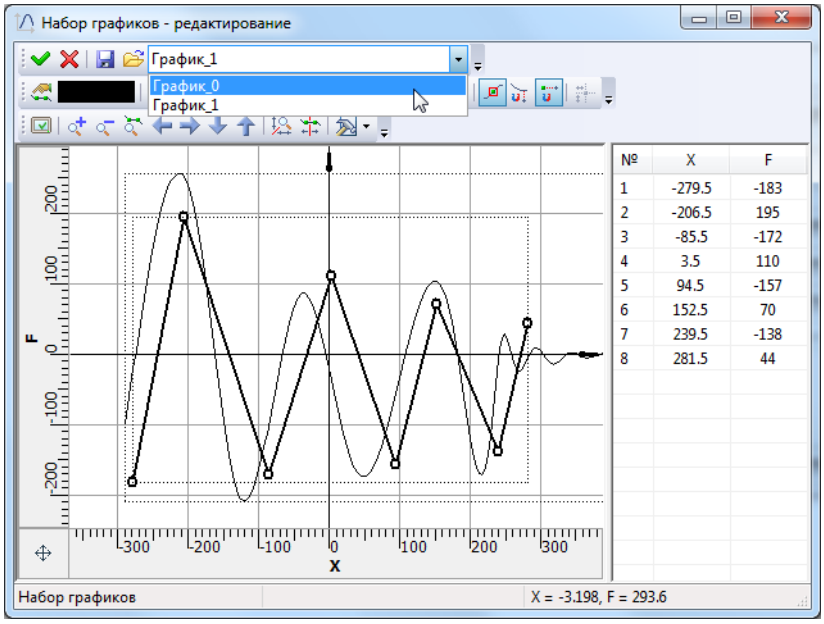
Флаг **“Возвращать ближайшее значение функции для аргумента, лежащего вне области определения”** позволяет использовать график для любых значений аргумента, в том числе и находящихся вне существующей области значений. Параметр применяется для работы с использованием функции `graph(“ИМЯ ГРАФИКА”, ЗНАЧЕНИЕ АРГУМЕНТА)` редактора переменных.

Флажок **“Логарифмическая шкала аргумента”** задаёт логарифмический масштаб по оси аргумента графика.

Группа параметров **“Автоповтор”** задаёт циклическое повторение оригинального участка графика в обоих направлениях. При повторе в положительном направлении каждая копия оригинального участка начальной точкой достраивается в последнюю точку графика, и наоборот – в отрицательном направлении.

Редактор графиков

Редактирование графиков осуществляется в специальном редакторе графиков. Вызов редактора осуществляется выбором нужного графика в окне “Графики” и нажатием кнопки **[Редактировать...]**, или двойным кликом по строке графика.



Для одновременного редактирования нескольких графиков нужно выбрать их в менеджере графиков при помощи <Shift> и также использовать кнопку **[Редактировать...]**. Все графики одновременно отобразятся в редакторе. При этом один из них будет активным и доступным для редактирования. Для переключения между графиками используется элемент управления (выпадающий список) с именами графиков.

Основную часть окна редактора занимает **рабочее поле**, в котором отображаются графики. Рабочее поле для удобства разлиновано автоматически масштабируемой координатной **сеткой**. Перемещение и масштабирование изображения осуществляется при помощи колеса мыши – так же, как при черчении в T-FLEX CAD.

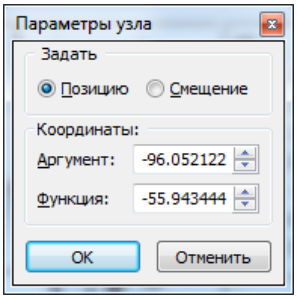
По краям рабочего поля отображается координатная **линейка**. Этой линейкой можно пользоваться так же, как и в окне чертежа T-FLEX CAD – для перемещения и масштабирования изображения. Редактор графиков допускает раздельное масштабирование по координатным осям. Раздельное масштабирование производится при помощи линейки при включении соответствующего режима в свойствах графика или пиктограммой на панели инструментов “Вид” редактора. Установленное отношение единиц координатных осей автоматически записывается в свойства графика.

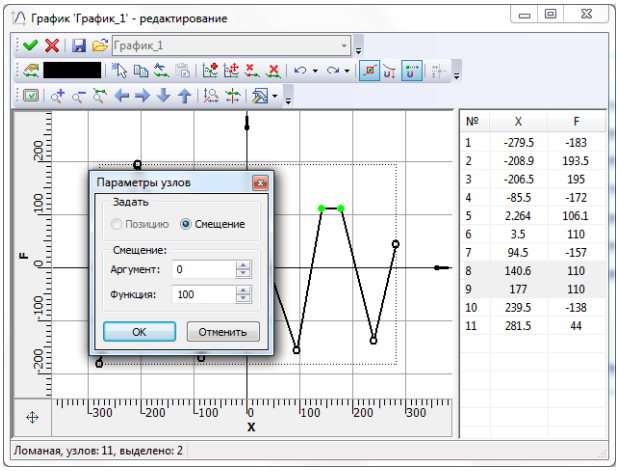
Нажатие на рабочем поле создаёт новую точку графика. Все точки объединяются кривой заданного типа (ломаной или сплайном). Для удобства пользователя в статусной строке в правом нижнем углу редактора графиков отображаются координаты текущего положения курсора.

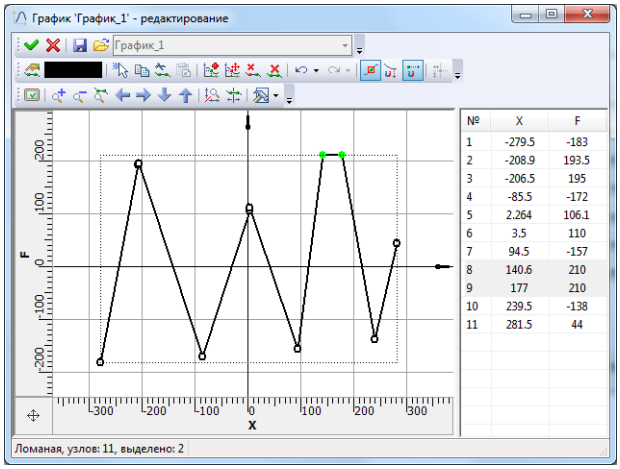
Справа от рабочего поля расположена таблица координат точек графика. Координаты точек можно редактировать прямо в этой таблице. Начать редактировать координаты можно после в нужное поле таблицы. Для ввода изменений нужно нажать <**Enter**> или перевести фокус ввода в другое окно. Редактируемая (выбранная) точка графика подсвечивается. Чтобы выбрать несколько точек, нужно использовать клавиши <**Shift**> или <**Ctrl**>.

Изменять положение точки графика можно при помощи курсора, “хватая” за точку при помощи , и перетаскивая её на новое место.

При в точку графика появляется специальный диалог для коррекции координат точки. Здесь можно ввести абсолютные координаты точки (положение переключателя “**позиция**”) или задать смещение координат относительно текущего положения точки (положение переключателя “**смещение**”). Если при было предварительно выбрано несколько точек (например, в таблице координат), то можно задавать только смещение. Этим удобно пользоваться, если нужно “подвинуть” участок графика на заданное расстояние (см. пример ниже).







Инструменты редактора графиков

В редакторе графиков имеется три панели с различными инструментами и пиктограммами для запуска вспомогательных команд.

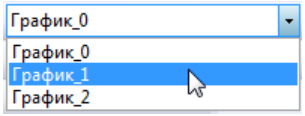
На панели “**Главная**” 

находятся:

- Команды закрытия редактора графиков с сохранением изменений и без сохранения:

	-	Сохранить изменения и закрыть
	-	Игнорировать изменения и закрыть

- Выпадающий список для выбора имени редактируемого графика используется, когда одновременно редактируется несколько графиков.



- Команда сохранения редактируемого графика во внешнем файле:

	<*Ctrl*><*S*>	Сохранить в файл

- Команда **“Загрузить из файла”**, позволяющая заменить редактируемый график на другой график из внешнего файла **“*.tflaw”**. В результате выполнения команды все исходные точки удаляются, а основные свойства замещаются другими:

	<*Ctrl*><*L*>	Загрузить из файла

На панели “**Редактирование**”  находятся:

- Пиктограмма для вызова диалога свойств редактируемого графика:

	<*Ctrl*><*P*>	Свойства графика

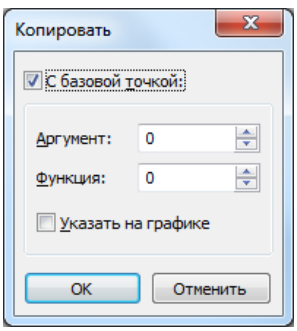
- Выпадающий список для задания цвета, которым рисуется линия графика:

	-	Цвет графика

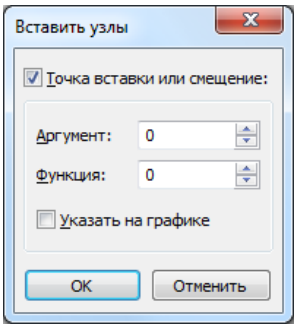
- Команды для работы с буфером обмена:

	<Ctrl><A>	Выделить все узлы
	<Ctrl><C>	Копировать
	<Ctrl><X>	Вырезать
	<Ctrl><V>	Вставить

Для копирования точек графика в буфер обмена нужно сначала выбрать точки в таблице координат или на рабочем поле. Далее можно использовать команду “Копировать” или “Вырезать”. В момент копирования точек графика система должна запомнить опорную точку для дальнейшей привязки в момент вставки из буфера.



Для определения точки появляется диалоговое окно “**Копировать...**”. Пользователь может задать координаты базовой точки, либо выбрать её на графике. Для выбора точки на рабочем поле нужно включить параметр “**Указать на графике**” и нажать **[OK]**. Далее система переходит в режим ожидания выбора точки. Соответствующая подсказка появляется внизу редактора графиков, в строке панели состояния. Пользователь может указать в любое место рабочего поля, либо выбрать какую-либо из существующих точек графика. Если пользователь не определил базовую точку, система будет использовать в качестве таковой начало координат.



При добавлении скопированных точек из буфера обмена на график система предложит задать целевую точку вставки для привязки. Появится диалоговое окно **«Вставить узлы»**. В нём также можно задать координаты целевой точки вставки или включить режим указания этой точки на рабочем поле. В том случае, если пользователь не определял базовую точку в момент копирования, то, задавая координаты при вставке, он таким образом задаст смещение новых точек графика относительно исходного положения. При указании целевой точки к курсору привязано динамическое предварительное изображение новых точек графика.

- Команды редактирования узлов графика:

	<Ctrl><N>	Добавить новый узел по координатам
	<Ctrl><E>	Редактировать координаты узла
	<Del>	Удалить выделенные узлы
	<Ctrl><Shift><Del>	Удалить все узлы

- Команды для отмены ошибочных действий и повтора отмененных действий:

	<Alt><BackSpace>	Отменить
	<Ctrl><BackSpace>	Повторить

- Опции для включения режимов выделения узлов и объектной привязки:

	-	Маркировка/выделение отдельных узлов
	-	Привязка к ближайшему по X значению
	-	Привязка к узлу, ближайшему по F

- Команда выбора способа перемещения узлов графика:

	<Ctrl>	Перемещение узлов параллельно осям (орто)

На панели «**Вид**»  находятся:

- Команда запуска процедуры обновления изображения:

	<F7>	Перерисовать

- Команды для увеличения и уменьшения изображения:

	<Ctrl><Shift><PgUp>	Увеличить

	<Ctrl><Shift><PgDown>	Уменьшить

- Команда для автоматического размещения всего изображения в пределах окна рабочего поля:

	<Ctrl><Shift><End>	Показать всё

- Команды для перемещения изображения:

	<Ctrl><Shift><Left>	Переместить левее
	<Ctrl><Shift><Right>	Переместить правее
	<Ctrl><Shift><Down>	Переместить ниже
	<Ctrl><Shift><Up>	Переместить выше

- Кнопка для включения режима раздельного масштабирования по осям:

	-	Раздельное масштабирование по осям

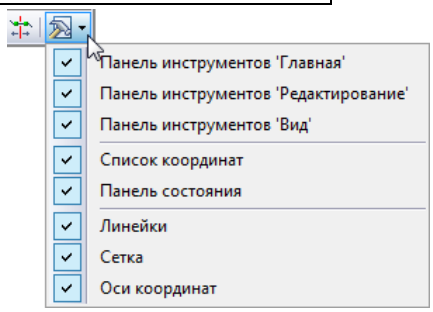
- Команда включения/выключения режима, когда отображается специальный вертикальный маркер, считывающий позицию аргумента и возвращающий соответствующее значение функции. Эта команда дублируется специальным флажком-выключателем в настройках редактора графиков (см. ниже):

	-	Маркер позиции аргумента

- Пиктограмма для вызова диалога настроек редактора графиков (описание настроек см. ниже):

	<Ctrl><O>	Настройка

Выпадающий список, который появляется при нажатии на символ ▾ справа от кнопки, позволяет настроить вид окна редактора графиков (отображение инструментальных панелей, линеек, сетки и т.п.).

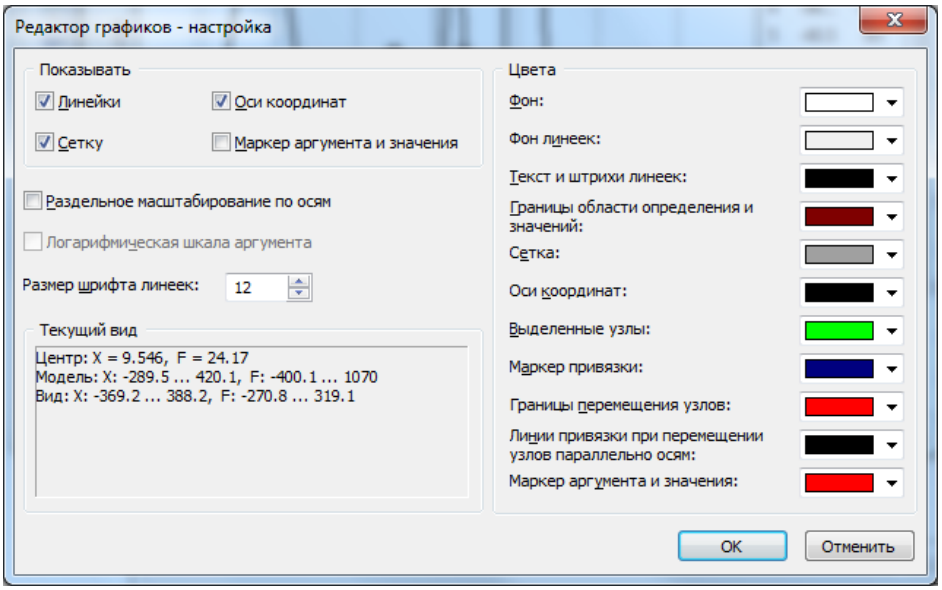


Настройка редактора графиков

Диалог содержит элементы управления для настройки внешнего вида редактора графиков.

В группе параметров "**Показывать**" находятся выключатели для включения/выключения отображения служебных вспомогательных объектов – линейки, координатной автоматически масштабируемой сетки, координатных осей, маркера позиции аргумента.

В поле группы параметров “**Текущий вид**” для справки выводятся координаты отображаемой области.



Флажок **“Раздельное масштабирование по осям”** управляет режимом раздельного масштабирования по осям. Если он включён, то при масштабировании при помощи линейки, визуальный масштаб по X меняется независимо от масштаба по Y.

Флажок **“Логарифмическая шкала аргумента”** является справочным и для редактирования всегда недоступен. Данный флажок показывает, какая шкала аргументов задана в свойствах редактируемого графика.

В правой части диалога расположена группа элементов управления для настройки цветов различных объектов редактора графиков (группа параметров **“Цвета”**).

С помощью параметра **“Размер шрифта линеек”** можно установить размер шрифта для линейки редактора графиков.

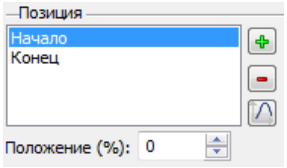
Использование графиков

Как уже отмечалось в начале главы, графики могут использоваться в различных областях системы. В данном параграфе мы рассмотрим конкретные примеры использования графиков.

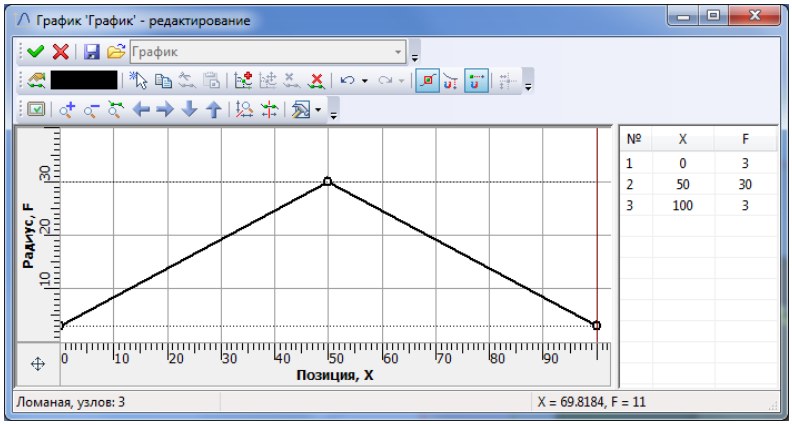
Использование графиков в 3D операциях

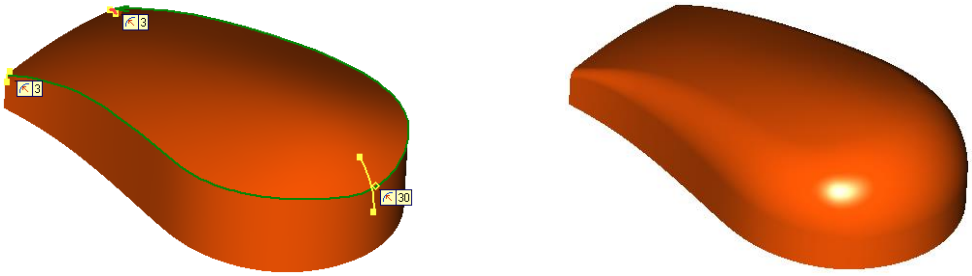
Графики могут использоваться для более наглядного задания табличных зависимостей в некоторых командах 3D моделирования. Например, в команде “Сглаживание рёбер” – для задания закона изменения переменного радиуса или в операции “По траектории” – для задания закона изменения угла кручения или масштабирования контура. Везде, где требуется задать закон изменения какого-либо параметра операции на протяжении какого-то участка, длина которого определяется в процентах (0%-100%).

Для задания зависимости при помощи графика используется специальная кнопка “График” в окне свойств операции, рядом с полем для задания позиций табличной зависимости. После нажатия на кнопку открывается редактор графиков, в котором уже построен график на основе введенных данных. По умолчанию это точки положения 0% и 100% с соответствующими параметрами. Тип графика в этом случае – всегда гладкая кривая.



В зависимости от типа операции, мы можем при помощи графика распределять различные свойства. Область определения и область значений графика тоже ограничена в зависимости от типа операции. По оси X всегда допускается ввод значений в пределах от 0 до 100. Так определяется положение каждой точки. По оси Y мы откладываем значение параметра операции для каждой точки. Например, для переменного кругового сглаживания можно задать закон распределения радиуса по длине выбранных рёбер. В данном случае система не позволит задать значение функции меньше нуля, так как это является ограничением в операции сглаживания.





Для сохранения результатов изменения графика нужно выйти из редактора нажатием кнопки . После закрытия редактора система перенесёт все точки графика в окно свойств для отображения зависимости в табличной форме.

Использование графиков в динамических расчётах, в редакторе переменных

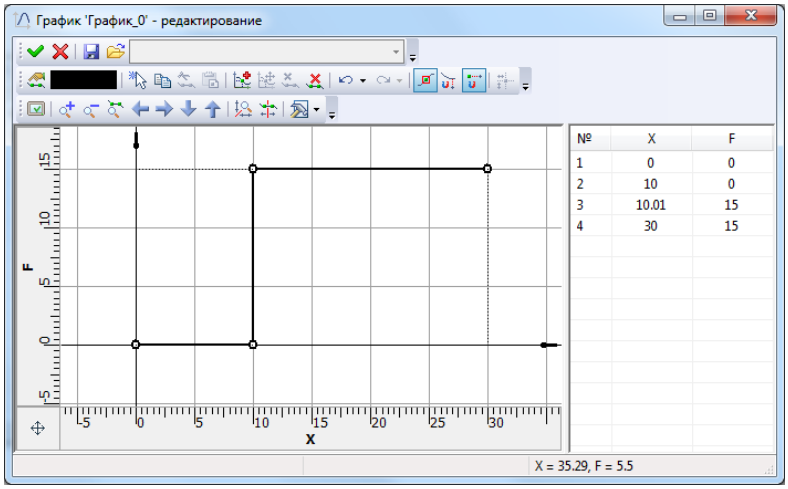
В модуле “Анализ движения» графики используются в нескольких случаях:

1. Для отображения результата динамического расчёта – для записи изменяющихся во времени координат, сил, моментов и т.д.
2. Для задания переменных нагрузок, пружин.

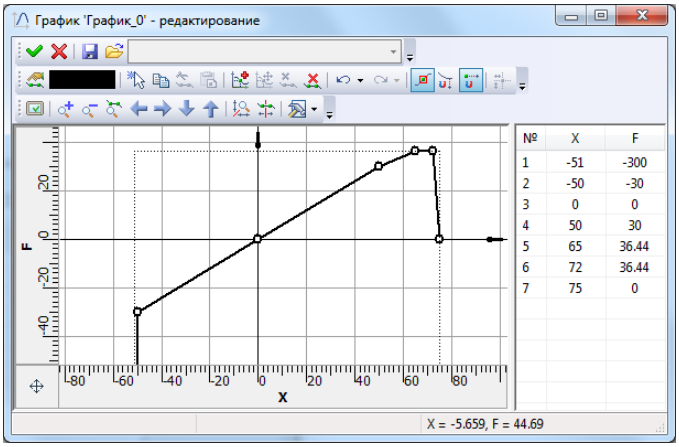
Готовый график можно использовать в редакторе переменных для дальнейших расчётов, считывая значения его функции в редакторе переменных при помощи выражения `graph("имя графика", значение аргумента)`.

> Следует отметить, что в данной главе приведены только примеры использования графика в динамических расчётах. За более подробной информацией по динамическим расчётам обращайтесь к соответствующей главе документации.

В качестве примера переменной нагрузки, которую можно задать при помощи графика, можно привести двигатель (нагрузка "Крутящий момент"), который включается или выключается в определенный момент времени. График для такой нагрузки может выглядеть следующим образом:



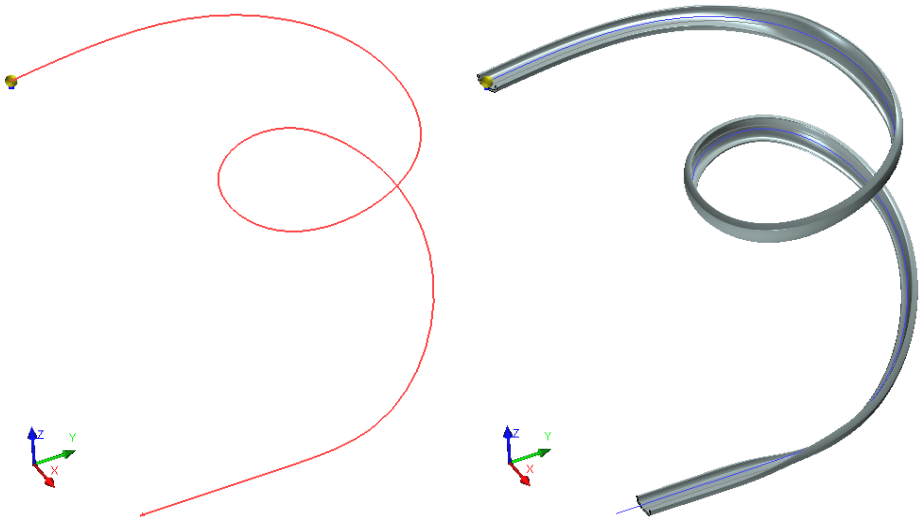
Иногда требуется задать нелинейные свойства пружины, например, для того чтобы учесть, что пружина не идеальная. В момент полного сжатия, когда её витки соприкасаются друг с другом, усилие многократно возрастает. Также можно учесть момент разрушения пружины при определённом значении деформации (удлинения пружины). В этот момент сопротивление пружины прекращается. Здесь следует пояснить, что "разрушение" такой пружины в модели будет обратимым, то есть при возвращении модели в состояние, когда удлинение пружины станет нормальным, пружина автоматически восстановится. При использовании графика для описания свойств пружины задаётся зависимость биполярной силы от удлинения. Он может выглядеть для нашего случая следующим образом:



Рассмотрим применение графиков для записи результатов в динамическом расчёте и использование функции `graph("ИМЯ ГРАФИКА", ЗНАЧЕНИЕ АРГУМЕНТА)` на примере решения типовой задачи поиска и координации равновесия движущегося тела. Например, создадим упрощенную модель аттракциона "Водяная горка".

Условия задачи. Имеется некоторая пространственная нисходящая траектория (3D путь). Строго по данной траектории под действием силы тяжести должно двигаться тело. Наша задача заключается в том, чтобы спроектировать такую поверхность, по которой бы могло скользить наше тело и при этом описывать заявленную траекторию. Для упрощения примера в качестве движущегося тела выберем шарик, силу трения учитывать не будем. В описании примера также опустим некоторые подробности проектирования, не относящиеся к работе с графиками.

Файл с этим примером находится в библиотеке "Примеры 3D 15/3D Моделирование. Операции/ График/`Водяная горка.grb`".



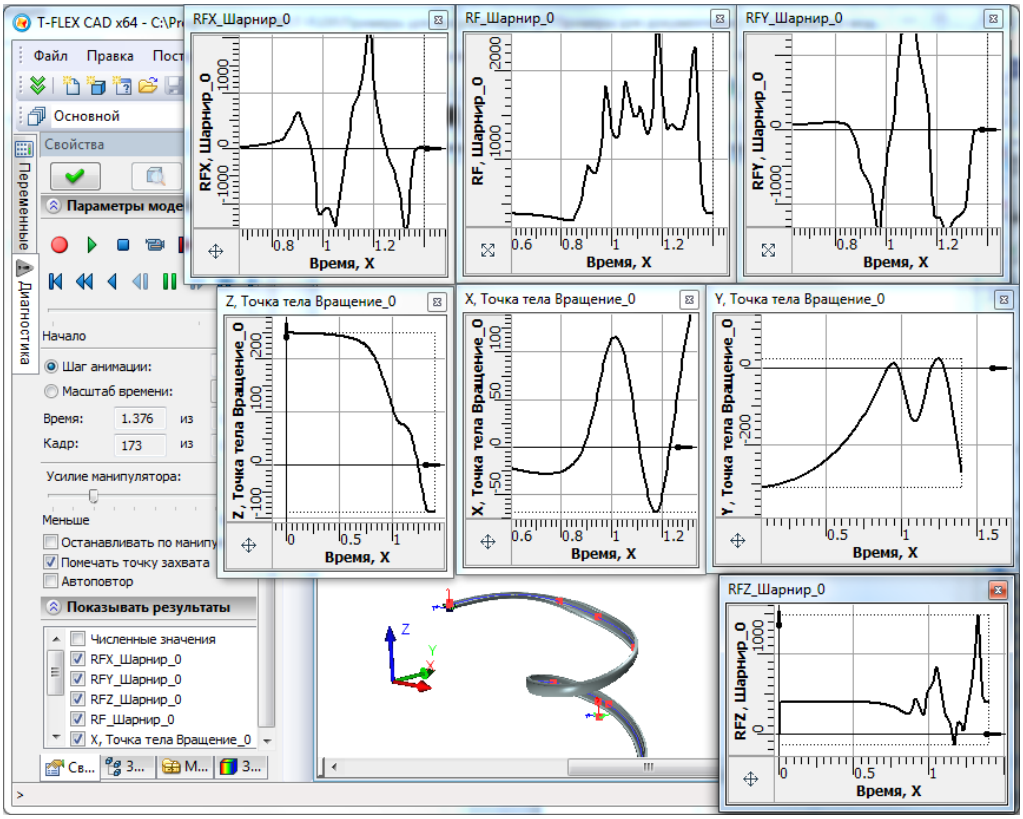
Для решения данной задачи должен быть установлен модуль анализа движения.

Решение данной задачи получается за несколько этапов:

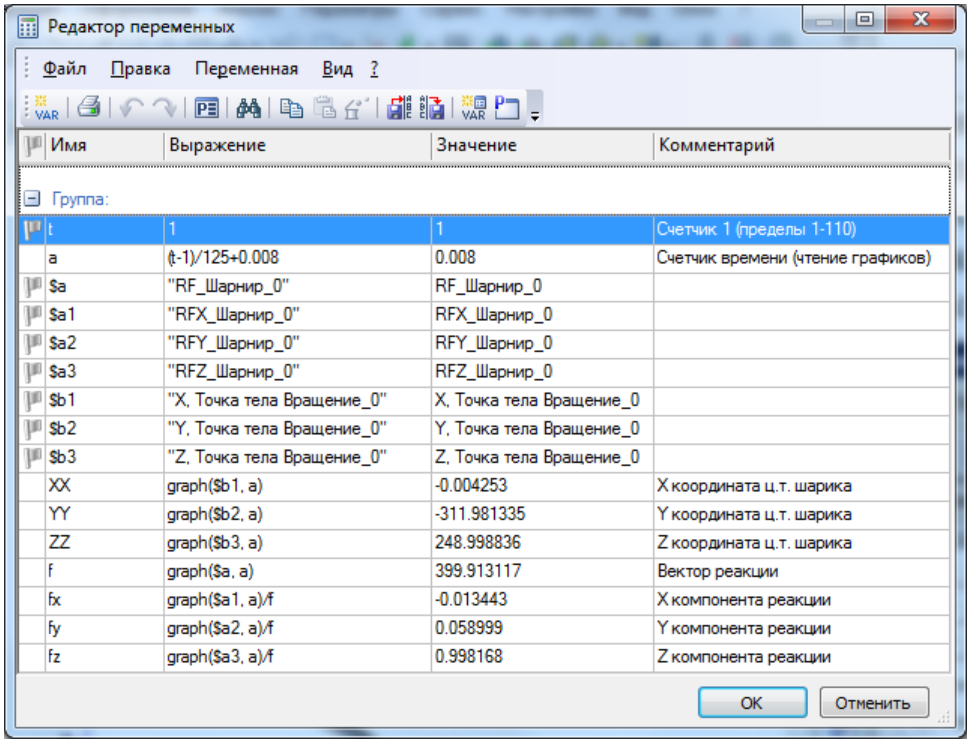
1. Необходимо заставить шарик под действием силы тяжести двигаться по указанной траектории (как по рельсам). При этом требуется запомнить перегрузки, действующие на шарик. Для этой цели мы создадим первую задачу анализа движения. Все необходимые данные мы можем собрать в виде графиков.
2. Коррекция результатов анализа движения, создание переменных, чтение графиков.
3. Построение траектории шарика.
4. Построение поверхности.
5. Проверка результата. Создание второй задачи анализа движения.

1 этап. Для создания задачи динамического расчёта нам потребуется создать одно сопряжение “Совпадение”, которое привяжет шарик (центр тяжести) к траектории (3D пути). Для считывания результатов нам потребуются два датчика. Для записи изменяющейся во времени силы реакции (перегрузки) понадобится датчик шарнира (шарниры создаются автоматически на основе сопряжений). Для записи координат положения шарика понадобится датчик “точка” (в центре тяжести шарика). В качестве результатов динамического расчёта записываем в виде графиков следующие величины:

- график “X, точка тела Вращение_0” - записывает координату X положения шарика;
- график “Y, точка тела Вращение_0” - записывает координату Y положения шарика;
- график “Z, точка тела Вращение_0” - записывает координату Z положения шарика;
- график “RF_Шарнир_0” - записывает длину вектора силы реакции в шарнире_0;
- график “RFX_Шарнир_0” - записывает X-составляющую силы реакции в шарнире_0;
- график “RFY_Шарнир_0” - записывает Y-составляющую силы реакции в шарнире_0;
- график “RFZ_Шарнир_0” - записывает Z-составляющую силы реакции в шарнире_0.



2 этап. В редакторе переменных создаем ряд переменных для чтения значений из графиков. В выражениях используем функцию `graph()`. В качестве счетчика времени используется переменная {a}. Все интересующие нас события происходят в период с 0.008 до 1.4 секунды с шагом 1/125. Записываем переменные, как показано на следующем рисунке. Функция `graph()` при помощи счетчика времени {a} может считывать значения из графиков.

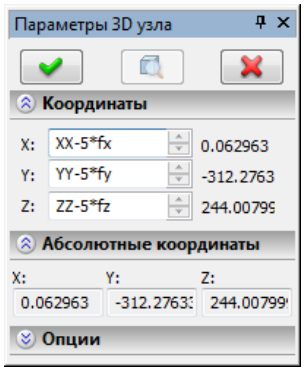


Имя	Выражение	Значение	Комментарий
Группа:			
t	1	1	Счетчик 1 (пределы 1-110)
a	(t-1)/125+0.008	0.008	Счетчик времени (чтение графиков)
$a	"RF_Шарнир_0"	RF_Шарнир_0	
$a1	"RFX_Шарнир_0"	RFX_Шарнир_0	
$a2	"RFY_Шарнир_0"	RFY_Шарнир_0	
$a3	"RFZ_Шарнир_0"	RFZ_Шарнир_0	
$b1	"X, Точка тела Вращение_0"	X, Точка тела Вращение_0	
$b2	"Y, Точка тела Вращение_0"	Y, Точка тела Вращение_0	
$b3	"Z, Точка тела Вращение_0"	Z, Точка тела Вращение_0	
XX	graph($b1, a)	-0.004253	X координата ц.т. шарика
YY	graph($b2, a)	-311.981335	Y координата ц.т. шарика
ZZ	graph($b3, a)	248.998836	Z координата ц.т. шарика
f	graph($a, a)	399.913117	Вектор реакции
fx	graph($a1, a)/f	-0.013443	X компонента реакции
fy	graph($a2, a)/f	0.058999	Y компонента реакции
fz	graph($a3, a)/f	0.998168	Z компонента реакции

3 этап. При помощи переменных {XX}, {YY}, {ZZ} мы можем воспроизвести положение центра тяжести шарика в любой момент времени, если будем изменять переменную {a}.

> Инструменты, которые мы будем использовать (3D путь с параметрическим изменением 3D узла, тело по параметрам), могут использовать только счетчик целых чисел и изменять его с шагом 1. Поэтому переменная {a} будет изменяться за счет другого счетчика {t}.

Переменные {fx}, {fy}, {fz} получают координаты единичного вектора силы реакции, то есть с их помощью можно задать направление действия перегрузки. Построим 3D узел, вместо координат которого введем данные переменные. Дополнительно нам нужно учесть радиус шарика, поэтому в координаты вводим поправку в виде 5*(fx,fy,fz). Этот узел будет менять свое положение при изменении переменной {t}



Далее на основе нового 3D узла строим параметрический 3D путь, изменяя счетчик {t} в пределах от 1 до 175 (при этом счетчик времени {a} по очереди считает все значения из графиков). Этот новый путь (3D путь_1) воспроизводит линию касания шарика с поверхностью, которую нам надо построить. Он также понадобится для того, чтобы правильно позиционировать “подвижный” профиль для будущей поверхности.

4 этап. Для построения поверхности при помощи операции “Тело по параметрам” нам нужен “подвижный” профиль. Мы можем привязать его к нашему “подвижному” 3D узлу, создав в нем локальную систему координат (ЛСК). Для направления одной оси ЛСК построим относительный 3D

узел в направлении вектора силы (зададим координаты (fx,fy,fz) относительно исходного 3D узла). Вторую ось ЛСК направим по касательной к 3D пути_2. Имея "подвижный" профиль, мы можем построить тело по параметрам, изменяя в параметрах операции счетчик {t} в пределах от 1 до 175.

5 этап. Проверка результата. Если создать новую задачу динамического расчёта и пустить шарик по созданной поверхности, то он точно повторит заявленную траекторию, то есть созданная поверхность полностью отвечает требованиям задачи.

Создание пользовательских элементов для библиотек листовой штамповки и отверстий

В данной главе описаны правила создания пользовательских элементов библиотек листовой штамповки и отверстий.

Библиотеки типовых элементов штамповки *"Sheet Metal Features"* и *"Sheet Metal Features Inch"*, поставляемые вместе с системой, используются при создании операции "Выштамповка". Элементы библиотеки представляют собой созданные специальным образом 3D модели. При необходимости пользователь может дополнять стандартные библиотеки собственными элементами. Первый раздел данной главы описывает последовательность действий для создания подобных элементов.

Библиотеки стандартных отверстий *"Hole Features"* и *"Hole Features Inch"* используются в операции "Отверстие". Каждый элемент библиотеки отверстий – параметрическая 3D модель, геометрические параметры которой связаны со специальными зарезервированными переменными. Библиотеки отверстий также могут быть дополнены пользователем. Второй раздел данной главы описывает методику создания 3D модели, которая может быть использована в качестве 3D фрагмента-отверстия.

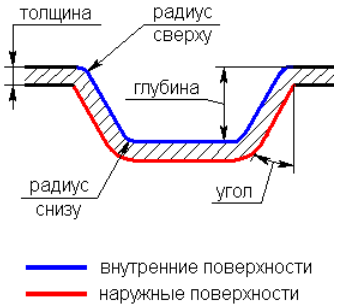
Пример создания нового элемента библиотеки листовой штамповки

Элементы библиотеки листовой штамповки представляют собой 3D модели, построенные по определённым правилам. В основе 3D модели каждого элемента лежит базисный 3D профиль. Он является "внешним параметром" элемента выштамповки, аналогично внешним геометрическим параметрам адаптивных 3D фрагментов.

Элементы листовой штамповки наносятся на деталь с помощью команды **SMF: Создать выштамповку**. При этом на детали выбирается 3D профиль, задающий нужную форму выштамповки. Этот профиль передаётся командой в 3D модель элемента выштамповки и подставляется вместо её базисного профиля. 3D модель элемента выштамповки пересчитывается в соответствии с новой формой профиля и вставляется в 3D модель детали.

Рассмотрим создание нового элемента на примере элемента “Штамповка”, входящего в стандартную поставку T-FLEX CAD.

На рисунке показана схема создаваемого элемента. Внутренние и внешние поверхности будущего элемента отмечены разными цветами. Размерами показаны параметры, значения которых сможет задавать пользователь. Кроме них, пользователь сможет также выбирать радиус сглаживания углов исходного профиля.



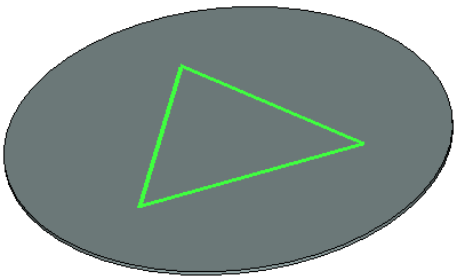
Новый элемент листовой штамповки нужно строить как 3D фрагмент в контексте сборки. Поэтому вначале необходимо создать вспомогательный файл с заготовкой “детали”, на которую наносится штамповка. В этом документе в контексте сборки и будет создаваться 3D фрагмент-штамповка.

> Вспомогательный файл нужен только в процессе создания нового элемента листовой штамповки. После завершения создания библиотечного элемента его можно удалить.

Создание вспомогательного документа

Подготовим вспомогательный документ для создания элемента штамповки. Создадим новую 3D модель с помощью опции .

В созданном документе построим заготовку “детали” для выштамповки (любым способом). Заготовка должна быть простой формы, иметь как можно меньше рёбер и поверхностей. От простоты заготовки будет зависеть размер файла элемента выштамповки, а также время открытия и пересчёта элемента. Лучше всего сделать её круглой и плоской.



На верхней грани заготовки создадим 3D профиль, который будет исходным профилем элемента выштамповки. Профиль также следует делать как можно более простым. В нашем примере построим профиль треугольной формы.

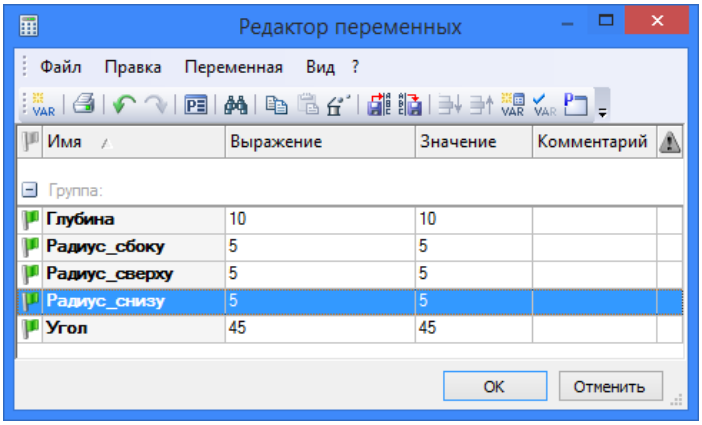
Сохраните файл под именем *“Деталь для штамповки”*. Теперь можно приступить к созданию самого элемента штамповки.

Создание 3D модели элемента листовой штамповки

1. Создайте новый 3D фрагмент, вызвав команду **FM: Создать фрагмент в контексте сборки** (**Файл** > **Фрагмент** > **Создать**) и задав любое имя будущего элемента, например, *“Штамповка новая”*. После нажатия **[OK]** автоматически включается режим работы в контексте сборки (исходное тело станет прозрачным).

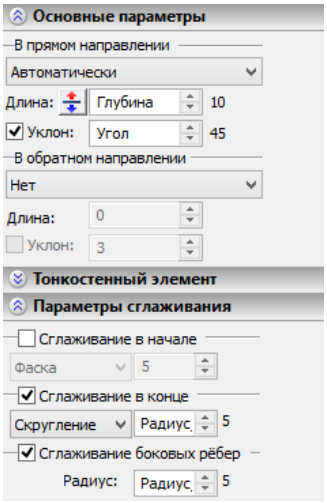
Убедитесь, что включён режим ассоциативной привязки. Для этого нажмите правую кнопку мыши в пустом месте 3D окна и выберите пункт контекстного меню “Режимы привязки”.

2. В редакторе переменных создайте необходимые переменные, которые будут определять параметры элемента: “Глубина”, “Угол”, “Радиус_сбоку”, “Радиус_снизу”, “Радиус_сверху”. Все переменные должны быть внешними.



3. Для правильного создания выштамповки необходимо знать толщину исходной заготовки. Для автоматического определения этой толщины можно использовать верхнюю и нижнюю грани заготовки. Вызовите команду **Параметры** > **Измерить**, выберите опцию “Измерить отношение между двумя элементами”. Укажите верхнюю и нижнюю грани заготовки, нажмите . В списке отношений выберите “Distance”, создайте на его основе переменную “Толщина”. Значение созданной переменной будет равно расстоянию между выбранными гранями (толщине исходного тела).

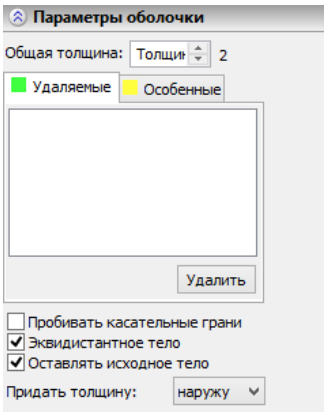
4. Создайте выталкивание (команда **3Х: Создать выталкивание**) треугольного профиля, лежащего на верхней грани исходного тела. При создании выталкивания верхнюю грань нужно выбрать в качестве направления, в окне свойств нажать кнопку  для изменения направления вектора выталкивания. Сглаживание в конце должно задаваться переменной “Радиус_снизу”, сглаживание боковых рёбер – переменной “Радиус_сбоку”.



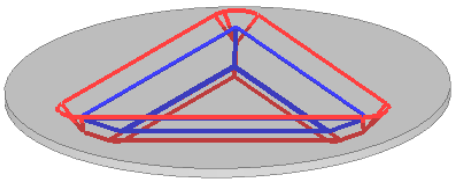
Созданное нами выталкивание («Выталкивание_1») будет использовано для получения **внутренней** поверхности штамповки.

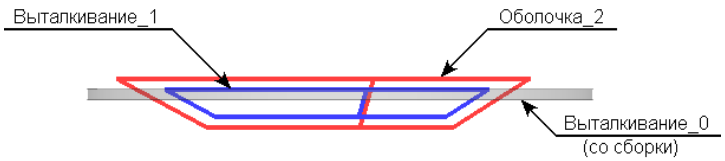
При создании обычной модели можно было бы обойтись без использования дополнительных опций сглаживания в выталкивании и заменить их обычными операциями сглаживания. В нашем случае этого делать нельзя, т.к. модель должна правильно пересчитываться при любом корректном 3D профиле. Если сейчас в файле "Деталь для штамповки" изменить количество точек сочленения у верхнего 3D профиля, то 3D модель в файле "Штамповка новая" всё равно пересчитается правильно. При использовании обычного сглаживания этого может не произойти, если оно не сможет учесть увеличение количества рёбер профиля.

5. Для получения **внешней** поверхности используем операцию "Оболочка". Вызовите команду **3SH: Создать оболочку**, выберите опцию "Выбрать тело" и укажите выталкивание, созданное на предыдущем этапе. В поле "Общая толщина" надо ввести имя переменной "Толщина". Параметры оболочки надо установить так, как показано на рисунке справа: флажки "Эквидистантное тело" и "Оставлять исходное тело" должны быть включены. Созданное тело будет называться "Оболочка_2".

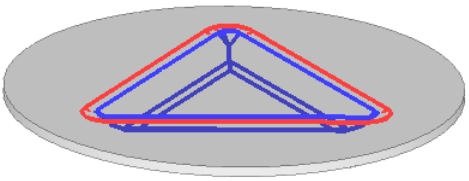


6. Теперь у нас созданы внутренняя часть будущего элемента "Штамповка новая" – "Выталкивание_1", наружная часть – "Оболочка_2" и исходная заготовка – "Выталкивание_0 (со сборки)". Но "Оболочка_2" сверху выступает над исходным телом. Необходимо удалить выступающую часть.





Используем для отсечения лишнего операцию **"3CU: Создать отсечение"**. В качестве секущей плоскости надо выбрать верхнюю грань заготовки исходного тела. Полученное тело будет называться "Отсечение_3".



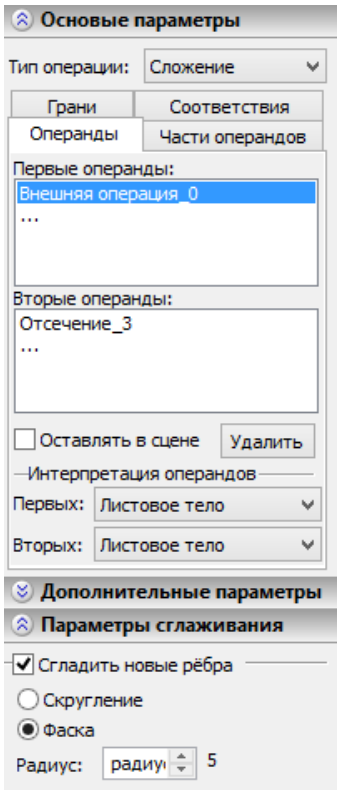
7. Теперь можно, используя булеву операцию (команда **"3В: Создать булеву операцию"**), сложить "Отсечение_3" и исходную заготовку, которая больше нам не понадобиться.

   В свойствах булевой операции надо установить флаг "Сгладить новые ребра", "Фаска". Значение параметра "Радиус" необходимо задать следующим выражением:

   Радиус_сверху-Толщина>=0? Радиус_сверху-Толщина:0.

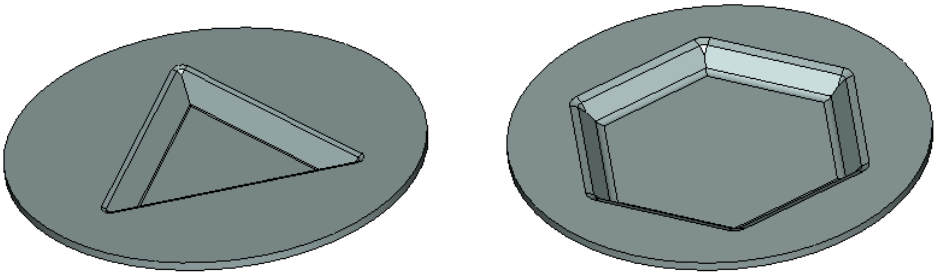
   При создания булевой операции будет построена фаска на новых рёбрах. Смещения фаски должны быть меньше чем "Радиус_сверху", который задаёт пользователь, на величину "Толщина", и не могут быть меньше нуля. Это условие задаёт выражение, написанное выше.

8. Осталось сформировать внутреннюю поверхность элемента "Штамповка новая". Для этого опять используем булеву операцию. Вычтем из тела "Булева_4", полученного на предыдущем шаге, "Выталкивание_1". В свойствах булевой операции, как и на предыдущем шаге, необходимо включить создание фаски на новых рёбрах. Величину фаски надо задать переменной "Радиус_сверху".



На этом модель нового элемента выштамповки можно будет считать построенной. Далее надо нажать в пустом месте 3D окна и выбрать пункт контекстного меню **Завершить с сохранением фрагмента**. Файл *"Штамповка новая"*, содержащий созданный 3D фрагмент, и будет нашим новым элементом для библиотеки листовой штамповки.

О том, что с полученным элементом листовой штамповки делать дальше, будет рассказано чуть позже. А пока давайте проверим работоспособность созданного элемента штамповки. По завершении работы в контексте сборки снова откроется файл *"Деталь для штамповки"*. Его можно не сохранять – он нам больше не понадобится. Но пока файл не закрыт, измените количество сегментов исходного профиля на заготовке "детали" – штамповка также должна измениться.

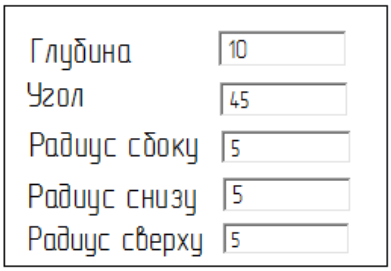


Создание диалога для нового элемента библиотеки

Помимо собственно 3D модели, для нового элемента библиотеки листовой штамповки необходимо создать диалог для ввода параметров данного элемента штамповки (т.е. значений внешних

переменных фрагмента). Этот диалог будет появляться в команде **SMF: Создать выштамповку** при вставке нашего элемента выштамповки.

Для создания диалога откройте файл *"Штамповка новая"*. Добавьте в него новую 2D страницу для элементов управления (команда **TR: Создать элемент управления**). На этой странице с помощь команды **TR: Создать элемент управления** расположите элементы типа "Статический текст" с необходимыми названиями параметров и поля для ввода значений (элементы "Редактор") всех внешних переменных созданного фрагмента. В результате получится простой диалог, призванный облегчить пользователю задание параметров создаваемой выштамповки. При желании можно создать более сложный диалог, введя в него схематическое изображение элемента, как в диалогах стандартных элементов библиотеки листовой штамповки.



> В окне свойств команды **SMF: Создать выштамповку** диалог элемента выштамповки автоматически масштабируется таким образом, чтобы размер шрифта в нём совпал с размером шрифта Windows. Поэтому при создании диалога рекомендуется не менять размер шрифта, установленный по умолчанию для страницы диалога (он близок к стандартному шрифту Windows). Это позволит избежать искажений при показе диалога.
>
> Кроме того, не следует создавать слишком широкие диалоги, не помещающиеся в стандартный размер окна свойств.

После создания диалога снова сохраните файл.

Задание ограничения на тип исходного 3D профиля

Для нового элемента выштамповки можно задать ограничения на тип 3D профиля, который будет использоваться при его создании в команде **SMF: Создать выштамповку**. Для введения ограничений необходимо создать две внешние переменные с именами "contour_type" и "profile_type". Значения, заданные этим переменным, определяют допустимые для данного элемента выштамповки типы 3D профиля:

profile_type: определяет геометрический вид контура 3D профиля	contour_type: определяет вложенность контура 3D профиля
0 - любой 1 - замкнутый 2 - незамкнутый 3 - отрезок 4 - из ломаных	0 - любой 1 - только простой (без вложенных контуров и без нескольких контуров) 2 - без вложенных контуров

Когда эти переменные созданы, при попытке выбрать в команде создания выштамповки 3D профиль неподходящего типа система будет выдавать в окно диагностики соответствующее предупреждение. Профиль в результате выбираться не будет. Если же переменные во фрагменте выштамповки не созданы, при его нанесении будет позволено выбирать 3D профиль любого типа. О том, что выбран неверный профиль, можно будет судить только по ошибкам, возникающим при пересчёте такой выштамповки.

Для нашего примера переменная «profile_type» должна быть равна 1, а переменная "contour_type" должна быть равна 0.

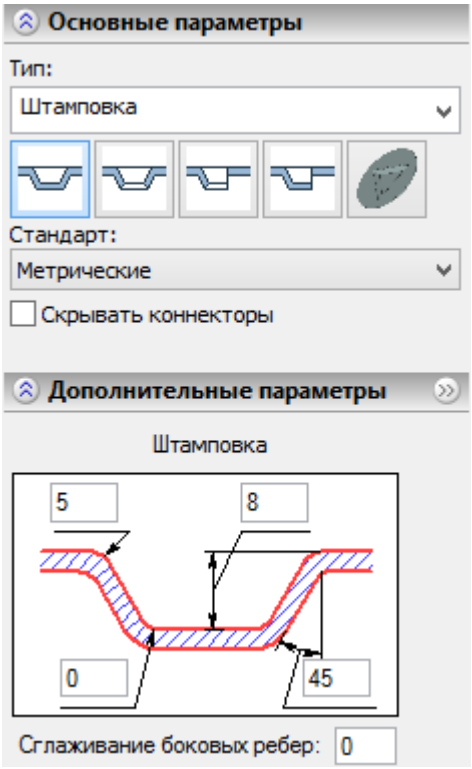
Добавление созданного фрагмента в библиотеку листовой штамповки

Чтобы использовать созданный элемент в команде **SMF: Создать выштамповку**, необходимо скопировать файл *"Штамповка новая"* в папку *"... T-FLEX CAD 15\Библиотеки\ Служебные\Sheet Metal Features"*. После этого при вызове команды создания выштамповки созданный элемент появится в списке.

Название и иконка элемента

В команде **SMF: Создать выштамповку** наш новый элемент выштамповки будет указан по имени его файла и со стандартной иконкой документа T-FLEX CAD. При желании можно задать для него другое, более понятное и полное название. Для этого необходимо в файле элемента (в нашем примере это “Штамповка новая”) вызвать команду **PS: Показать свойства документа** и на закладке “Информация” заполнить поле “Название”.

Иконку можно заменить с помощью команды **IC: Создать/Редактировать иконку**.



> Подробную информацию о создании иконок можно найти в главе “Просмотр и иконки документа”.

Пример создания нового фрагмента библиотеки отверстий

Построение нового фрагмента-отверстия также рассмотрим на примере. Откройте одно из стандартных отверстий – “Отверстие центровое с метрической резьбой”:

1. Поскольку отверстие имеет различные варианты исполнения, то в документе фрагмента была создана внутренняя база данных, содержащая типоразмеры отверстия.

b

№	dt	D	d	p	c	d1	d2	l	l1
1	3	8	3	0.5	0.5	3.2	5	2.8	1.56
2	4	10	4	0.7	0.5	4.3	6.5	3.5	1.9
3	5	12.5	5	0.8	1	5.3	8	4.5	2.3
4	6	16	6	1	1	6.4	10	5.5	3
5	8	20	8	1.25	1.6	8.4	12.5	7	3.5
6	10	25	10	1.5	1.6	11	15.6	9	4
7	12	32	12	1.75	1.6	13	18	10	4.3
8	16	40	16	2	2	17	22.8	11	5
9	20	63	20	2.5	2.5	21	28	12.5	6
10	24	100	24	3	2.5	25	36	14	9.5
11	30	160	30	3.5	2.5	31	44.8	18	12
12	36	250	36	4	3	37.5	53	20	13.5
13	42	400	42	4.5	3	43.5	59.7	22	14
14	48	630	48	5	4	49.5	74	24	16
15	56	900	56	5.5	4	58	85.6	27	18
16	64	1200	64	6	4	66	95	29	19
17	72	1200	72	6	4	74	704.7	31	20
18	80	1200	80	6	4	82	115.7	34	22
19	100	1200	100	6	4	102	140	36	24

2. В документе фрагмента созданы специальные **внешние** переменные, необходимые для правильной работы фрагмента в команде **3H: Создать отверстие**:
   - **IsThrough** – переменная, определяющая тип отверстия (0 – глухое, 1 – сквозное).

     3D модель фрагмента любого отверстия должна быть построена таким образом, чтобы вид отверстия (глухое, сквозное) менялся в зависимости от значения данной переменной. Значение переменной будет определяться состоянием опций команды **"3H: Создать отверстие"** при вставке отверстия. Данная внешняя переменная обязательно должна присутствовать во фрагменте отверстия.
   - **length** – переменная, отвечающая за глубину отверстия (при создании фрагмента значение данной переменной может быть произвольным).

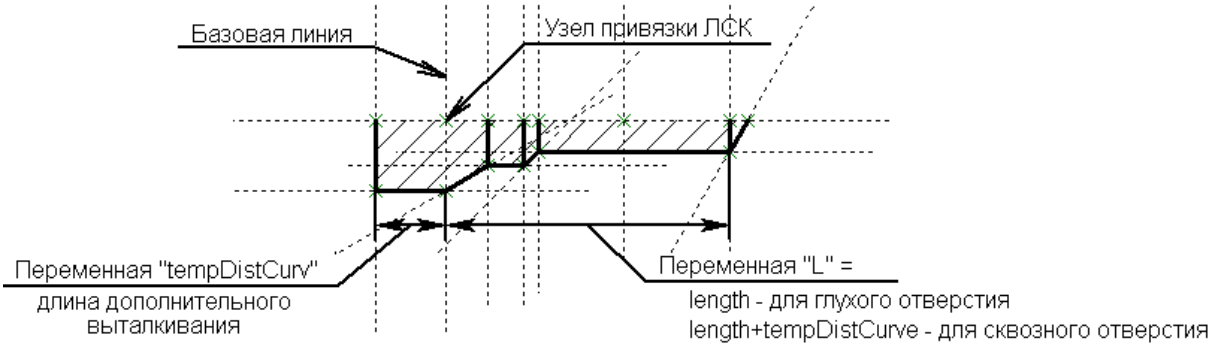
     При нанесении фрагмента значение данной переменной будет определено системой (для сквозного отверстия) или пользователем в диалоге внешних переменных фрагмента (для глухого отверстия).

     Данную переменную можно не создавать (или не делать её внешней), если создаваемое отверстие может быть только глухим, и глубина его не может быть задана произвольно, а определяется стандартом. В таком случае глубина однозначно определяется другим параметром отверстия (например, диаметром, как у отверстий под концы установочных винтов). При нанесении отверстия, не

имеющего внешней переменной “length”, в автоменю команды **“3Н: Создать отверстие”** будут недоступны опции выбора типа отверстия.

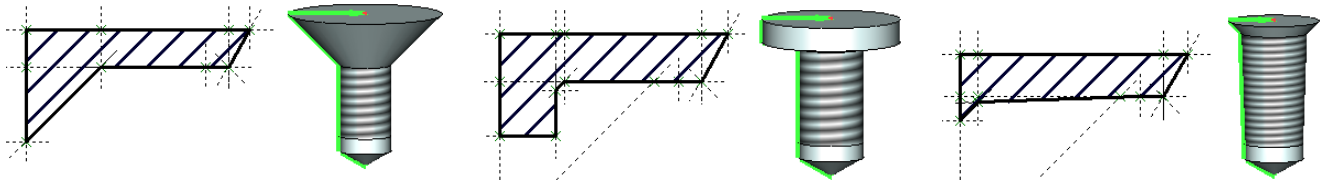
Остальные необходимые переменные пользователь может создавать и именовать по своему усмотрению. Например, в рассматриваемом фрагменте отверстия создана дополнительная внешняя переменная “IsThrough”. В зависимости от её значения длина отверстия может быть увеличена на величину, задаваемую ещё одной внешней переменной “tempDistCurv”. Это необходимо в случае, если отверстие наносится на криволинейную грань (выпуклую или вогнутую) или направлено под углом к плоской грани. Когда значение переменной “IsThrough” равно 0 – удлинение не требуется, 1 – удлинение необходимо. Глухое отверстие будет удлиняться на эту величину с одной стороны, сквозное – с двух сторон.

3. 3D профиль отверстия получен на основе 2D построений на рабочей плоскости. 2D построения созданы таким образом, что описывают все варианты построения данного отверстия (изменение вида отверстия определяется значениями вышеописанных переменных).



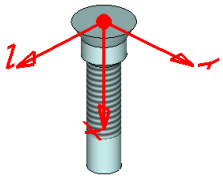
4. На основе 3D профиля создана операция вращения.

   При построении отверстия можно использовать и команду “Выталкивание”. Пример – квадратное отверстие в стандартной библиотеке. Общее правило при создании фрагмента любого отверстия - создавать в нём только одно тело. В случае, когда отверстие имеет несколько исполнений, его форма должна изменяться при помощи линий построения.

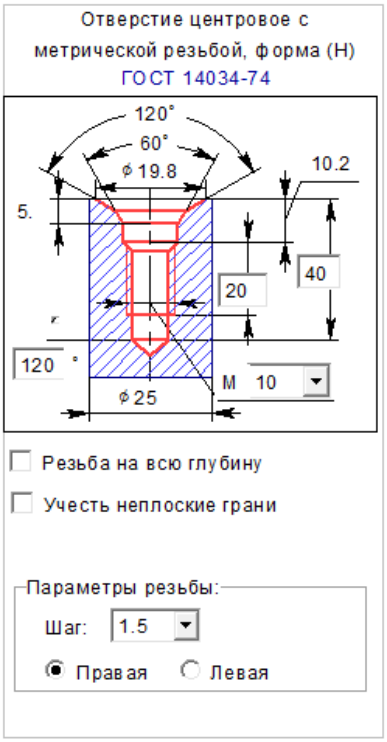


5. Поскольку рассматриваемое отверстие резьбовое, на цилиндрическую грань нанесена резьба (команда **3АТ: Создать резьбу**). Диаметр цилиндрической грани соответствует внутреннему диаметру резьбы. Параметры резьбы (тип, диаметр, шаг, направление) связаны с переменными. Для того, чтобы резьба отверстия правильно распознавалась на проекции, в параметрах операции “Резьба” указано “Сторона/внутренняя”.

6. Для привязки отверстия при его использовании в команде **3Н: Создать отверстие** создана локальная система координат. ЛСК для привязки любого отверстия создаётся по следующим правилам: точка начала системы координат должна принадлежать оси отверстия, ось X должна быть направлена внутрь отверстия вдоль его оси. В параметрах системы координат должен быть установлен флаг "Использовать для привязки фрагмента".



7. Для управления параметрами отверстия создан диалог из элементов управления.



8. Файл рассматриваемого фрагмента отверстия сохранён в папке *"...T-FLEX\T-FLEX CAD 15\Библиотеки\Служебные\Hole Features"*. Благодаря этому он доступен в списке отверстий команды **3Н: Создать отверстие**.

Указанная папка соответствует метрической библиотеке отверстий. Файлы дюймовых отверстий следует сохранять в папке *"...T-FLEX\T-FLEX CAD 15\Библиотеки \Служебные\Hole Features Inch"*.

9. Дополнительно в свойствах файла рассматриваемого фрагмента указано полное название данного отверстия. Кроме того, в той же папке создан файл иконки для отверстия, содержащий изображение двух размеров (16x16 и 32x32). Имя файла иконки

совпадает с именем файла фрагмента отверстия. Название отверстия и его иконка будут отображаться в списке команды **3Н: Создать отверстие**.

Создание иконки и задание названия отверстия не являются обязательными действиями. Однако они позволяют сделать более наглядной работу с данным отверстием в команде **3Н: Создать отверстие**.

Инструменты анализа 3D модели

Инструменты анализа 3D модели

Набор сервисных команд, объединённых в группу под названием **Анализ геометрии** предназначен для проведения различных исследований модели. Данные команды не изменяют модель и не создают новых тел или операций.

Набор команд для анализа геометрии включает в себя следующие:

1. Характеристики;
2. Проверка модели;
3. Проверка пересечений тел;
4. Кривизна кривых;
5. Кривизна поверхностей;
6. Отклонение граней;
7. Зазор между гранями;
8. Расхождение нормалей граней;
9. Гладкость модели;
10. Разнимаемость формы;
11. Проверка изменений модели.

Команды могут быть вызваны с помощью текстового меню **Сервис**, подменю **Анализ геометрии**.

Характеристики

Данная команда позволяет произвести расчёт масс-инерционных характеристик выбранных операций. Команда **3МР: Показать масс-инерционные характеристики** вызывается посредством:

Пиктограмма	Лента
	Измерение → Измерить → Характеристики
Клавиатура	Текстовое меню
<3МР>	Сервис > Анализ геометрии > Характеристики

После входа в команду по умолчанию активна опция:

	<B>	Выбрать операцию

Она позволяет выбрать операцию, характеристики которой требуется рассчитать.

Чтобы рассчитать характеристики всех присутствующих в сцене операций можно либо нажать , не выбрав ни одного тела, либо воспользоваться опцией:

	<A>	Выбрать все тела

Если необходимо рассчитать характеристики с учётом всех существующих операций, никаких операций выбирать не надо. Это подходит для тех случаев, когда необходимо вычислить характеристики сборочной модели, состоящей из нескольких тел. Причём, эти тела могут иметь различную плотность. Программа это учтёт.

Для отмены выбора всех операций используется опция:

	<F>	Отменить выбор операций

При необходимости, расчёт можно провести относительно локальной системы координат, выбор которой осуществляется с помощью опции

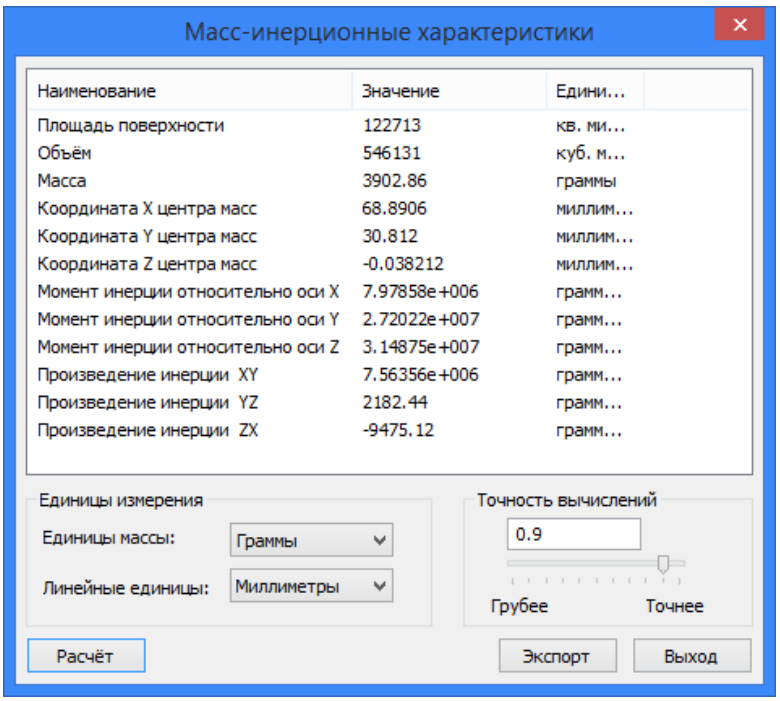
	<L>	Выбрать систему координат

Для отмены выбора системы координат используется опция

	<K>	Отменить выбор системы координат

Если целевая система координат не указана, то расчёт производится относительно глобальной системы координат.

После выбора операций и системы координат необходимо завершить ввод данных. После завершения ввода на экране появится окно “Масс-инерционные характеристики”.



С помощью параметров **Единицы массы** и **Линейные единицы**, можно установить необходимые единицы измерения.

Точность вычислений можно задать в соответствующем поле, или воспользоваться специальным ползунком.

Если нажать кнопку **[Расчёт]**, то в диалоге появятся расчётные значения характеристик, представленных данным окном диалога.

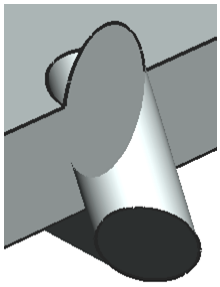
Кнопка **[Экспорт]** позволяет сохранить результаты расчёта в текстовом файле.

Кнопка **[Выход]** позволяет закрыть окно расчёта характеристик и снова попасть в режим выбора тел и системы координат.

Проверка модели

Данная команда предназначена для проведения диагностики выбранного тела на предмет выявления ошибок в его геометрии. Ошибки могут стать препятствием для осуществления дальнейших действий надо моделью. Ошибки в геометрии могут возникнуть, например, вследствие некачественного импорта 3D модели из других программ. Но иногда ошибки могут появиться и при создании 3D модели в T-FLEX, так как при создании 3D операции автоматически производится только локальная проверка модели. Полная же проверка, в зависимости от сложности модели, может занимать определённое время.

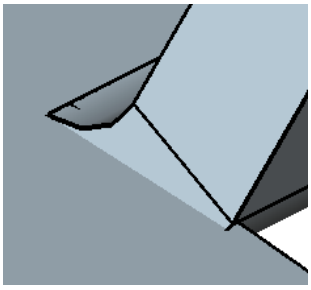
Примеры некоторых типичных ошибок приведены ниже.



Несогласованность циклов



Самопересечение



Не выполняется соответствие граней

Вызов команды **QM: Проверить целостность модели**:

Пиктограмма	Лента
	Измерение → Анализ геометрии → Проверка модели
Клавиатура	Текстовое меню
<QM>	Сервис > Анализ геометрии > Проверка модели

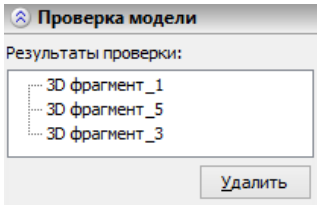
После входа в команду появляется возможность выбрать элементы, которые необходимо проверить. Это могут быть рёбра, грани, или операции целиком (при этом одновременно будут проверяться все рёбра и грани, принадлежащие этой операции). Для выбора необходимо использовать опции:

	<E>	Выбрать ребро
	<F>	Выбрать грань
	<B>	Выбрать операцию

Чтобы выбрать все операции сразу можно использовать опцию:

	<A>	Выбрать все операции

После выбора элемента он попадает в список **Результаты проверки**. В этом списке рядом с типом элемента пишется, был ли элемент проверен, а если был, то каковы результаты проверки.



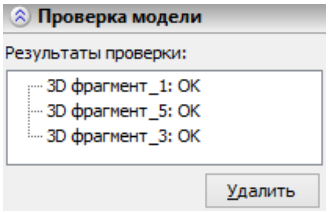
Чтобы отменить выбор одного из элементов необходимо еще раз кликнуть по нему в 3D окне. Чтобы отменить выбор всех элементов необходимо использовать опцию:

	<R>	Отменить выбор всех объектов

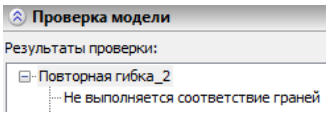
Чтобы провести проверку выбранных элементов нужно использовать опцию

	<Enter>	Завершить ввод

После выбора этой опции программа проведёт проверку выбранных элементов и выведет результаты в окне Результаты проверки. Если ошибок не обнаружено, рядом с элементом будет стоять **OK**.



Если же выявлена ошибка, рядом с именем элемента появится список обнаруженных ошибок.

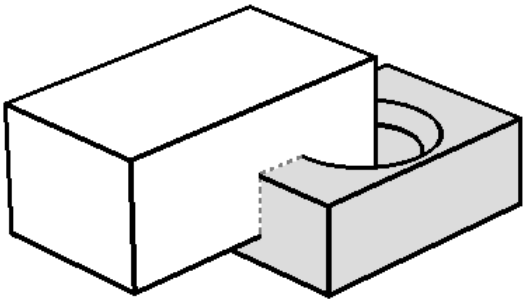


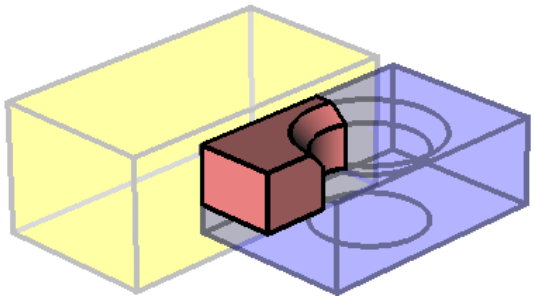
Если кликнуть на конкретной ошибке, то в 3D окне ошибочная часть модели будет помечена красным цветом.

Выбрать новые элементы для проверки можно сразу же, не выходя из команды.

Проверка пересечений тел

Данная команда позволяет проверить модель на предмет пересечения и касания между собой выбранных тел. Команда особенно полезна при работе со сборками.

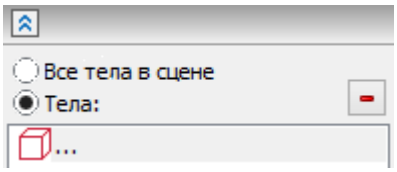




Вызов команды **QI: Проверка пересечений тел**:

Пиктограмма	Лента
	Измерение → Анализ геометрии → Пересечение тел
Клавиатура	Текстовое меню
<QI>	Сервис > Анализ геометрии > Проверка пересечений тел

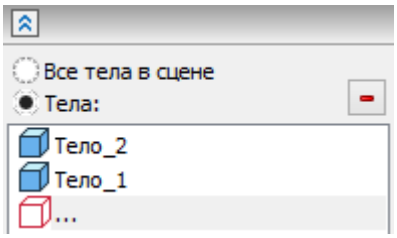
В команде есть два режима проверки: проверка пересечения всех тел в сцене и проверка пересечения выбранных тел. Выбор режима осуществляется в окне параметров.



После входа в команду в окне параметров установлен параметр **Тела**, который позволяет непосредственно указать тела, пересечение которых между собой необходимо проверить.

Это необходимо, если в сцене много тел и они имеют сложную геометрию, чтобы проверка на пересечение всех тел в сцене не заняла длительное время.

После выбора конкретного тела оно будет добавлено в список проверки, а в поле **Пересечения** автоматически будут показаны результаты проверки. Для удаления конкретного тела из списка проверки используется кнопка .

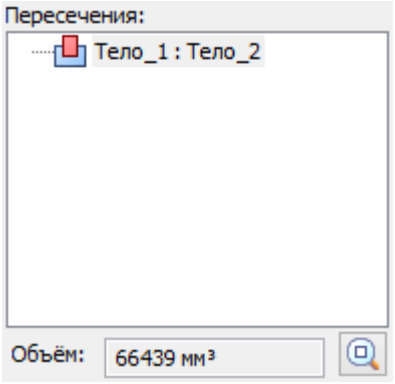


Чтобы отключить автоматическую проверку пересечений, нужно использовать опцию автоменю:

	<U>	Автоматически обновлять данные

Если кликнуть на сообщение о пересечении, в 3D окне пересекающиеся тела станут полупрозрачными и изменят цвет, а область их пересечения будет ярко подсвечена. В поле **Объём** будет указан объём области пересечения тел.

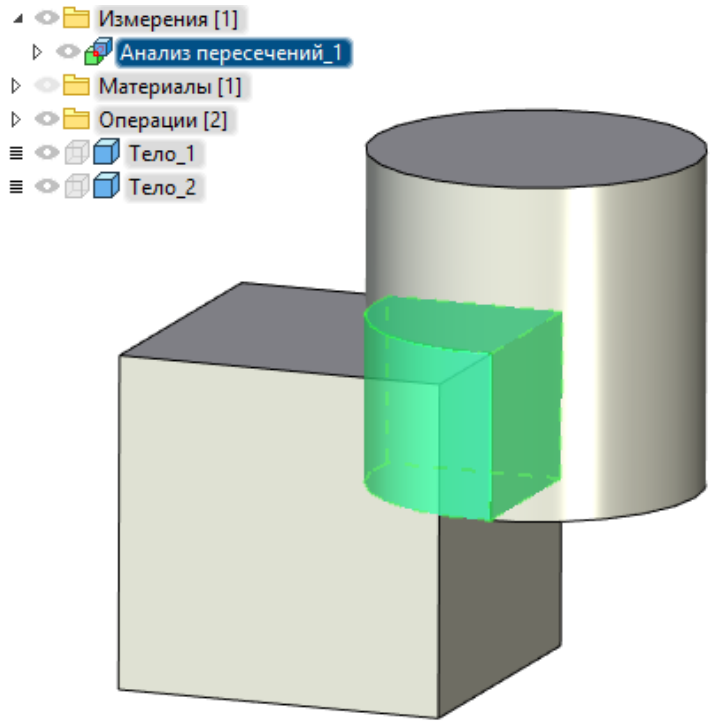
Если область пересечения очень мала, можно воспользоваться кнопкой , и изображение области пересечения будет максимизировано.

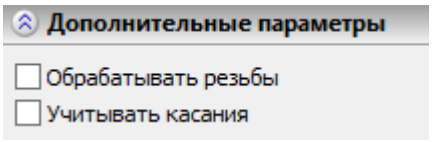


Если необходимо сохранить результат измерения пересечения тел как отдельный элемент модели, нужно использовать опцию автоменю:

	<R>	Создать результат

Созданный результат измерения пересечения тел отобразится как в дереве модели, так и сцене. При пересчёте модели такой элемент изменяет своё отображение и работает как индикатор наличия пересечений между заданными элементами модели.

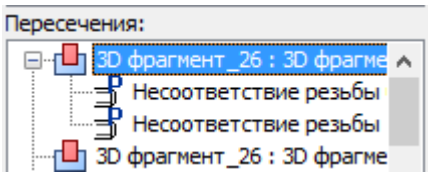




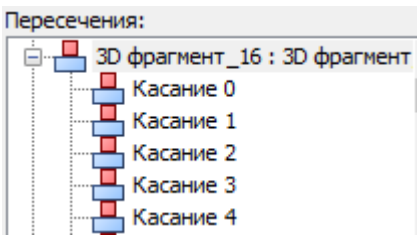
В зависимости от установленных дополнительных параметров, результаты проверки в поле **Пересечения** будут показываться по-разному.

В команде есть два дополнительных параметра: **Обрабатывать резьбы** и **Учитывать касания**.

Часто одна деталь соединяется с другой посредством резьбы. В таком случае, если установлен параметр **Обрабатывать резьбы**, система будет анализировать параметры резьбы у пересекающихся тел и, в случае несовпадения каких-то параметров резьбы (например, шага), в поле **Пересечения** будет выводиться сообщение: Несоответствие параметров резьбы. Если на это сообщение кликнуть, в 3D окне пунктирными линиями будут подсвечены соответствующие грани с резьбой.



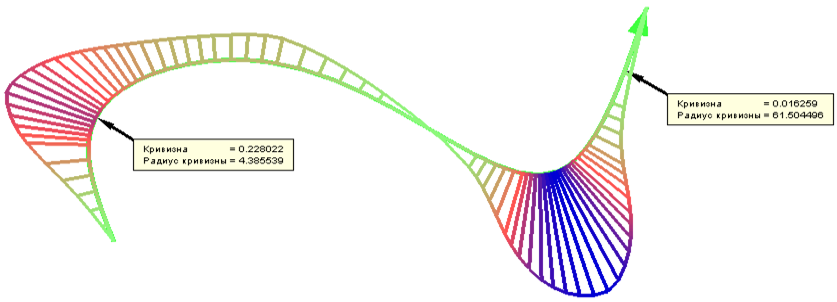
По умолчанию система учитывает только пересечения тел друг с другом. Если установить параметр **Учитывать касания,** то система, кроме пересечений тел, будет учитывать и касания. Соответственно, кроме пересечений и несоответствий параметров резьбы в поле **Пересечения** будут указываться и касания граней тел.



Если на сообщение о касании кликнуть, соответствующие грани будут помечены в 3D окне пунктирными линиями.

Измерение кривизны кривых

Данная команда позволяет измерить кривизну и радиус кривизны у выбранных кривых. Для измерения кривизны могут быть выбраны рёбра и 3D Пути.



Команду **QC: Показать кривизну кривых** можно вызвать посредством:

Пиктограмма	Лента
	Измерение → Анализ геометрии → Кривизна кривых
Клавиатура	Текстовое меню
<QC>	Сервис > Анализ геометрии > Кривизна кривых

После входа в команду необходимо выбрать один или несколько элементов, кривизна которых будет измерена. Для выбора используются опции:

	<E>	Выбрать ребро или отменить выбор ребра
	<T>	Выбрать 3D путь

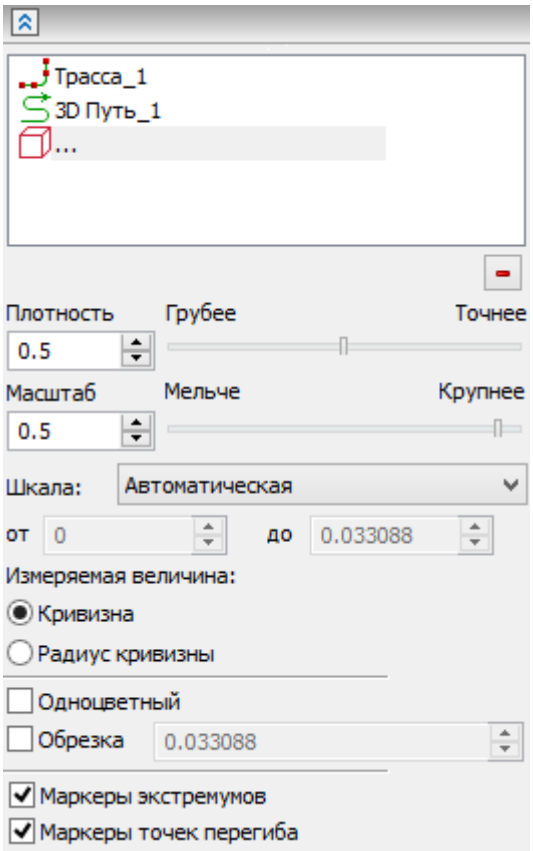
Сразу же после выбора элемента он будет добавлен в окно параметров, а его кривизна будет измерена и отобразится в 3D окне в виде множества цветных линий, идущих от кривой – эпюры кривизны.

Для удаления конкретного элемента из списка измерения используется кнопка .

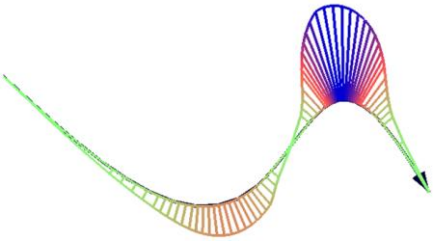
Для регламентирования высоты эпюры кривизны используется команда **Обрезка** с последующим заданием конкретного значения.

По умолчанию на выбранном элементе в 3D окне помечаются **Маркеры экстремумов** и **Маркеры точек перегиба** кривых. При необходимости можно отключить их отображение в окне свойств.

Есть два измеряемых параметра: **Кривизна** и **Радиус кривизны**. В зависимости от выбранного параметра изображение в 3D окне будет выглядеть по-разному.

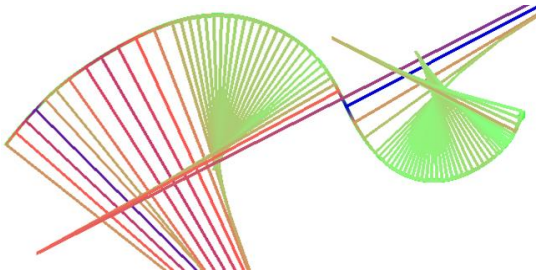


Если измеряется **Кривизна**, цветные линии эпюры будут направлены в сторону от центра кривизны. Линии начинаются на кривой. Их длина соответствует (в определенном масштабе) кривизне в точке, из которой исходит линия.



Масштабный коэффициент, связывающий кривизну кривой и длину цветных линий, задаётся в окне свойств параметром **Масштаб**.

Если измеряется параметр **Радиус кривизны**, цветные линии будут идти из точек на кривой в центр кривизны, соответствующий данной точке. Длина цветных линий соответствует радиусу кривизны кривой.



Как в случае измерения кривизны, так и в случае измерения радиуса кривизны, плотность расположения цветных линий регулируется параметром **Плотность**. Параметры **Плотность** и **Масштаб** можно использовать в качестве переменных.

Если необходимо сохранить результат измерения кривизны или радиуса кривизны кривых как отдельный элемент модели, нужно использовать опцию автоменю:

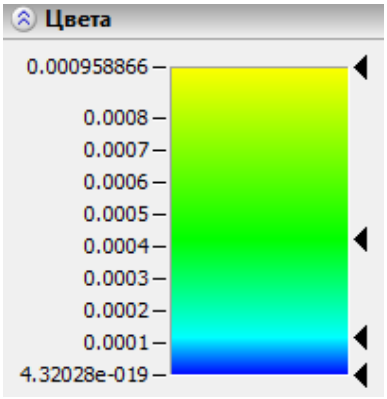
	<R>	Создать результат

Созданный результат измерения отобразится как в дереве модели, так и сцене. При пересчёте модели такой элемент изменяет своё отображение. Чтобы созданный результат был одноцветным, применяется соответствующая команда в окне свойств.



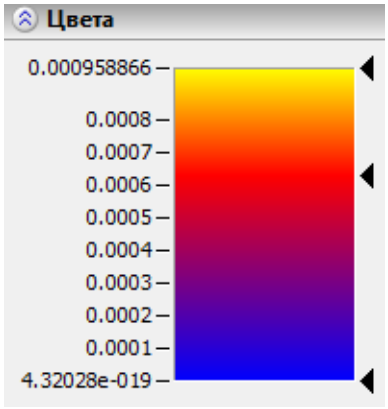
Работа с закладкой Цвета

В зависимости от значения кривизны в точке, линии эпюры имеют разный цвет. Распределение цветов в пределах изменения величины измеряемого параметра настраивается на закладке **Цвета**, расположенной в окне свойств.



На закладке представлена цветовая шкала. Слева от шкалы показаны значения, которые соответствуют определённому цвету шкалы. Справа от шкалы можно увидеть черные треугольные маркеры, служащие для настройки шкалы.

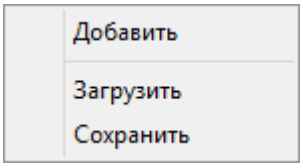
С каждым маркером соотносится какой-то цвет. Цвета на шкале плавно меняются от одного маркера к другому. Маркеры можно перемещать вдоль цветовой шкалы, для этого нужно схватить мышкой маркер и перетащить в новое место. Вместе с этим свой вид изменит цветовая шкала и, соответственно, изображение в 3D окне.



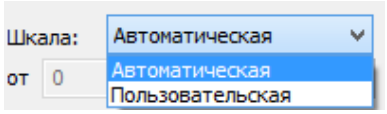
Чтобы установить цвет, соответствующий определённому маркеру, нужно нажать на этом маркере и в появившемся меню выбрать Цвет. Далее цвет можно выбрать в стандартном окне для выбора цвета.

У шкалы может быть два маркера (для максимального и минимального значения) и более. Чтобы добавить маркер нужно нажать в том месте, куда вы хотите его добавить и выбрать в появившемся меню **Добавить**.

Чтобы удалить маркер нужно на этом маркере и в появившемся меню выбрать **Удалить**.



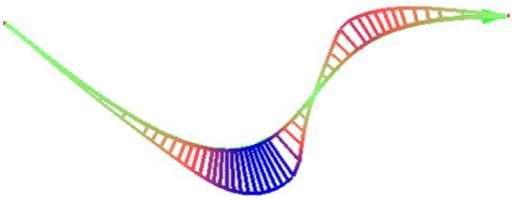
Схему расположения маркеров и цветов можно сохранять и загружать в файл (файл имеет расширение *.col). Для этого используются пункты меню (**Сохранить** и **Загрузить**), появляющегося при нажатии в любом месте закладки **Цвета**.



Диапазон измеряемого параметра, в котором действует цветовая шкала, тоже можно изменить. Для этого используется параметр **Шкала** в верхней части окна свойств. По умолчанию параметр установлен в **Автоматическая**. Это значит, что минимальные и максимальные значения шкалы соответствуют минимальным и максимальным значениям параметра у выбранных элементов.

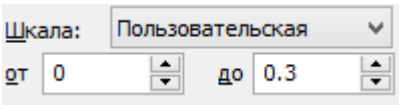
При этом поля от и до редактировать нельзя, так как эти параметры определяются автоматически.

Следует отметить, что линии эпюры, определяющие величину кривизны, показываются только для тех участков кривой, кривизна которых попадает в заданный диапазон. Поэтому при использовании автоматической шкалы цветные линии будут показываться на всей кривой.



Если параметр установить на **Пользовательская**, то значение в полях от и до можно будет задать вручную. Причём, линии эпюры будут показываться только на участках, кривизна которых попадает в указанный диапазон.

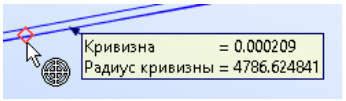
Так, например, минимальная кривизна у кривой, показанной на рисунке выше, равна нулю. Поэтому если в поле от установить значение выше нуля (в данном случае установлено 0,18), на некоторой части кривой эпюра отображаться не будет. Также изменится и окраска эпюры.



Кроме цветового отображения кривизны, есть возможность определить кривизну в определённой точке. Для этого используется опция:

	<C>	Измерение кривизны в любой точке

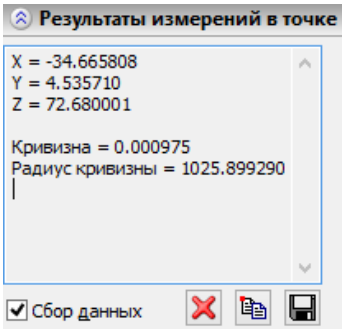
Когда данная опция выбрана, курсор изменит свой вид. При подведении курсора к кривой, место на кривой, где измеряется кривизна выделяется красным квадратом. Рядом с курсором появляется значение кривизны и радиуса кривизны в данной точке.

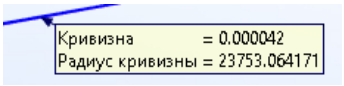


Если на закладке **Результаты измерений в точке** установлен параметр **Сбор данных**, при клике в точке кривой, координаты точки, кривизна и радиус кривизны будут записаны в отчёт измерений кривизны.

Созданный отчёт можно скопировать в буфер (кнопка ) или сохранить в текстовый файл (кнопка ).

Для очистки отчёта используется кнопка .



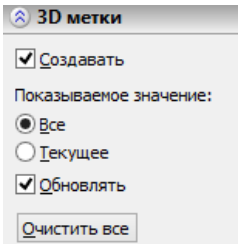


Кроме сбора данных в отчёт, при клике в точке кривой есть возможность создания 3D меток. 3D Метка представляет собой находящуюся в 3D окне полупрозрачную надпись, содержащую результаты проведённого измерения и стрелку, указывающую, в какой точке было проведено измерение.

Работа с 3D метками ведётся с помощью параметров, расположенных на закладке **3D Метка**.

Параметр **Создать** указывает, нужно ли создавать новые 3D метки при клике в точку кривой.

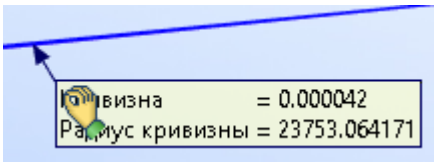
Если установлен параметр **Показывать значение: Все**, у создаваемой вновь 3D метки будет указаны обе величины: кривизна и радиус кривизны.



Если же установлен параметр **Показывать значение: Текущее**, у создаваемой вновь метки будет указан только тот параметр, который измеряется в данный момент.

Если установлен параметр **Обновлять**, при изменении типа измеряемой величины 3D метки, показывающие текущее значение, обновляются автоматически.

Для удаления всех 3D меток используется кнопка **[Очистить всё]**.



В 3D окне 3D метка сдвинута на некоторое расстояние относительно (в координатах экрана) точки, на которую он указывает и при вращении сцены, маркеры соответственно передвигаются. Это относительное положение можно изменить. Для этого надо подвести курсор к 3D метке (при этом курсор изменит свой вид) и перетащить 3D метку на новое место.

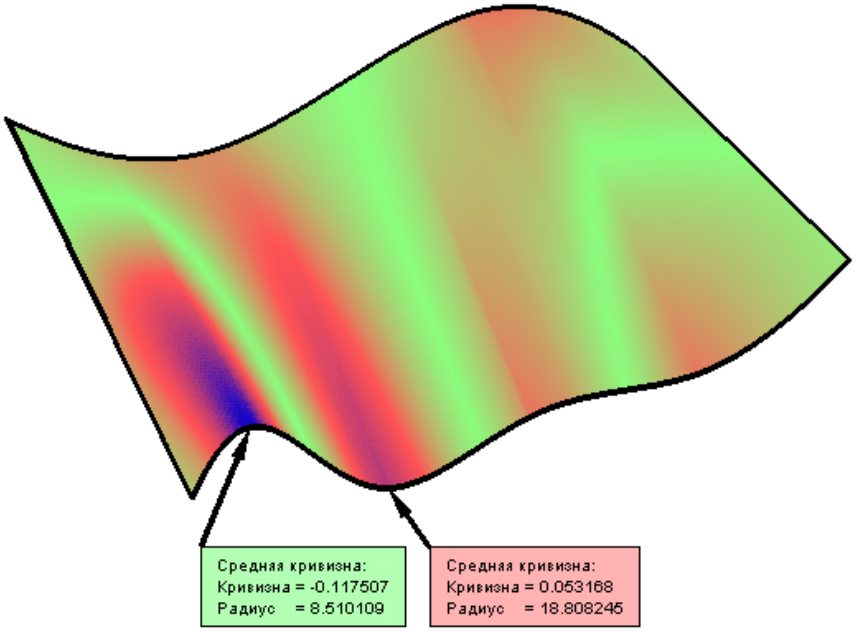
Чтобы найти точку максимальной кривизны используется опция:

	<M>	Найти точку максимальной кривизны

При использовании этой опции программа автоматически создаёт 3D метку, указывающую на точку кривой, в которой кривизна максимальна. Отличительная черта такой 3D метки – красный цвет.

Измерение кривизны поверхностей

Данная команда позволяет измерить кривизну и радиус кривизны одной или нескольких выбранных граней.



Можно увидеть распределение кривизны целиком по грани (для этого модель соответствующим образом изменяет свой цвет), или узнать значение кривизны в конкретной точке.

Для вызова команды **3VV: Показать кривизну поверхностей** используется текстовое меню

Пиктограмма	Лента
	Измерение → Анализ геометрии → Кривизна поверхностей
Клавиатура	Текстовое меню
<3V V>	Сервис > Анализ геометрии > Кривизна поверхностей

Для измерения кривизны можно выбирать как отдельные грани, так и операции целиком (то есть все грани данной операции):

	<F>	Добавление/Удаление грани
	<B>	Добавление/Удаление всех граней тела

Чтобы отменить выбор поверхности нужно ещё раз кликнуть на неё. Чтобы отменить выбор всех объектов, нужно использовать опцию:

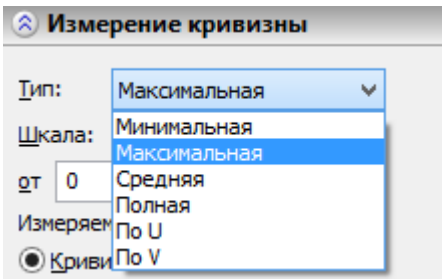
	<U>	Отменить выбор всех объектов

Сразу после выбора, грань изменит свой цвет в соответствии с типом выбранной для измерения кривизны и установками на закладке **Цвета**. Работа с цветами при измерении кривизны поверхностей осуществляется точно так же, как это делается в команде **QC: Показать кривизну кривых.**

При выборе дополнительных граней происходит изменение диапазона значений кривизны, поэтому цвет выбранных ранее граней может меняться.

Типы измеряемых величин

Как и при измерении кривизны кривой, в данной команде можно выбрать измеряемую величину: **Кривизну** или **Радиус кривизны**. Однако необходимо задать ещё и тип измеряемой величины.



Тип измеряемой величины задаётся с помощью списка **Тип**, расположенного в верхней части окна свойств.

Кривизна поверхности в конкретной точке зависит от направления, в котором измеряется кривизна. В одном направлении кривизна будет максимальна, в другом – минимальна. В соответствии с этим программа позволяет измерять следующие типы величин:

Минимальная или *Максимальная*. При этих значениях параметра, измерение будет проходить по минимальным или максимальным значениям измеряемой величины в каждой точке выбранной поверхности.

Средняя – это сумма минимальной и максимальной измеряемых величин, делённая пополам.

Полная – это произведение минимальной и максимальной измеряемых величин.

По U и **По V** – при данных параметрах величина будет измеряться в одном из направлений.

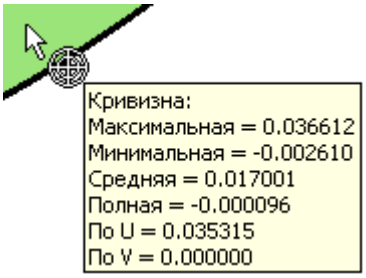
Измерение кривизны в точке

Для измерения кривизны в конкретной точке используется опция:

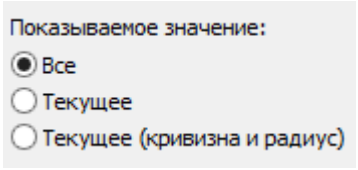
	<C>	Измерение кривизны в любой точке

Теперь, если подвести курсор к любой точке поверхности, рядом с курсором появятся измеряемые значения. Типы показываемых значений задаются параметром **Показываемое значение**, находящимся на закладке **3D Метки**.

Если кликнуть в какой-либо точке грани, будет создана 3D метка.



Работа с 3D метками ведётся точно также как в команде **QC: Показать кривизну кривых**, за тем исключением, что параметр **Показываемое значение**, расположенный на закладке **3D метки**, может принимать не два, а три значения.



Кроме создания 3D метки, при клике на грани, измеренные параметры могут заноситься в отчёт. При клике на грань в отчёт заносятся: координата точки, значения кривизны всех типов и значения радиуса кривизны всех типов. Работа с закладкой **Результаты измерений в точках** ведётся так же, как и в команде **QC: Показать кривизну кривых**.

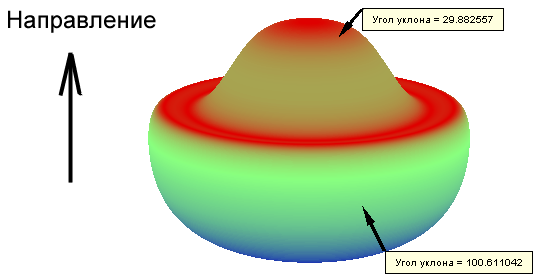
Чтобы найти точки максимальной и минимальной кривизны заданного типа, необходимо использовать опцию:

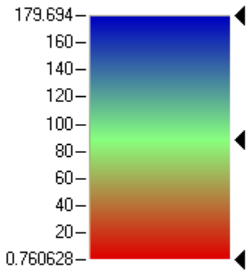
	<M>	Найти минимум и максимум кривизны

При использовании этой опции автоматически будут созданы две 3D метки, красного и синего цвета, указывающие на точки максимальной и минимальной кривизны.

Отклонение граней

Данная команда позволяет определить отклонение нормали выбранной грани от заданного направления.





Цветовая шкала

Цветовое отображение грани позволяет увидеть отклонение по всей грани. Также можно измерить отклонение в конкретной точке.

Команду **QD: Показать отклонение граней** можно вызвать посредством:

Пиктограмма	Лента
	Измерение → Анализ геометрии → Отклонение граней
Клавиатура	Текстовое меню
<QD>	Сервис > Анализ геометрии > Отклонение граней

После входа в команду необходимо задать направление, относительно которого будет определяться отклонение граней. Для выбора элемента, задающего направление, используется опция:

	<D>	Выбрать направление

При использовании данной опции есть возможность выбрать грани, рёбра, 3D профили, рабочие плоскости и системы координат.

Для задания направления с помощью указания двух 3D точек используются опции:

	<S>	Выбрать первую 3D точку
	<E>	Выбрать вторую 3D точку

Для указания точек можно использовать 3D узлы, вершины, рёбра, системы координат, сферические и тороидальные грани.

Выбранное направление можно изменить на противоположное с помощью опции:

	<I>	Изменить направление

После выбора направления необходимо выбрать грани, отклонение которых нужно посчитать. Для указания отдельной грани используется опция:

	<F>	Добавление/удаление грани

Чтобы выбрать все грани какого-либо тела, нужно использовать опцию:

	<B>	Добавление/удаление всех граней тела

Выбрать все операции в сцене можно, используя опцию:

	<A>	Выбрать все операции

Чтобы отменить выбор грани или тела, необходимо выбрать их ещё раз.

Для отмены выбора всех граней используется опция:

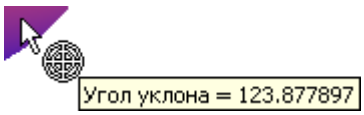
	<U>	Отменить выбор всех объектов

Если направление задано, выбранные грани изменяют свою окраску в соответствии со шкалой, расположенной на закладке **Цвета**. Работа с этой закладкой осуществляется точно так же, как и в команде **QC: Показать кривизну кривых.**

Чтобы измерить отклонение в конкретной точке необходимо использовать опцию

	<C>	Измерение отклонения в любой точке

Если при использовании этой опции подвести курсор к определённой точке грани, рядом с курсором появится значение отклонения грани (в данной точке) от выбранного направления.



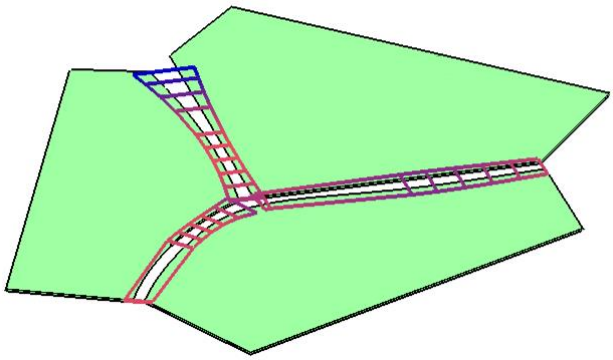
По умолчанию, если кликнуть в точке грани, будет создана метка со значением отклонения грани в этой точке. Кроме этого значения координаты точки и угла наклона будут записаны в отчёт измерений.

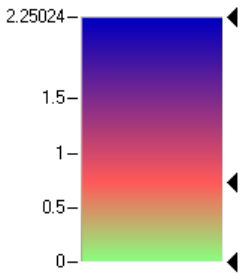
Работа с закладками **Результат измерений в точке** и **3D Метки** ведётся так же, как и в команде **QC: Показать кривизну кривых.**

Зазор между гранями

Данная команда позволяет оценить зазор между двумя или несколькими выбранными гранями или рёбрами. Программа рассчитывает расстояние между рёбрами. При этом команда предназначена не для точного измерения расстояний между точками рёбер, а для оценки расстояния между рёбрами по всей их длине. Для точного измерения расстояний необходимо пользоваться командой **PM: Измерить элемент или отношение между элементами**.

Команда в основном используется для анализа моделей, полученных при некачественном импорте/экспорте.



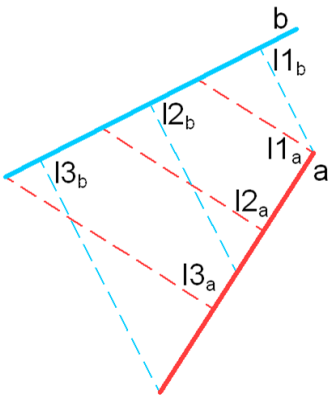


Цветовая шкала

Расстояния между рёбрами рассчитываются в плоскостях, перпендикулярных рёбрам. Поэтому, например, для двух непараллельных рёбер будет существовать два варианта расстояний: от первого ребра до второго и от второго ребра до первого.

На рисунке справа условно изображены две прямые: a и b. Пунктиром показаны расстояния от a до b (отрезки l1a, l2a, l3a) и от b до a (отрезки l1b, l2b, l3b).

В 3D окне показывается множество именно этих (отмеченных на рисунке пунктиром) расстояний между рёбрами.



Команда **QH: Показать зазор между гранями** вызывается посредством:

Пиктограмма	Лента
	Измерение → Анализ геометрии → Зазор между гранями
Клавиатура	Текстовое меню
<QH>	Сервис > Анализ геометрии > Зазор между гранями

После входа в команду необходимо выбрать грани или рёбра, расхождение между которыми будет измеряться. Для выбора граней используется опция:

	<F>	Добавление/удаление грани

Чтобы выбрать рёбра используется команда:

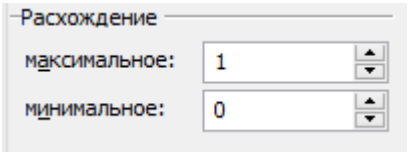
	<E>	Выбрать ребро или отменить выбор ребра

Чтобы отменить выбор конкретной грани или ребра необходимо ещё раз кликнуть по нему. Для отмены выбора всех граней используется опция:

	<U>	Отменить выбор всех объектов

Когда выбрано несколько граней, между их рёбрами появляются цветные линии, показывающие расхождение граней.

Параметр **Максимальное расхождение**, задаёт максимальное расстояние между двумя рёбрами, на котором показывается расстояние между ними. Чем больше значение данного параметра, тем больше число рёбер, между которыми программа будет показывать расстояние.



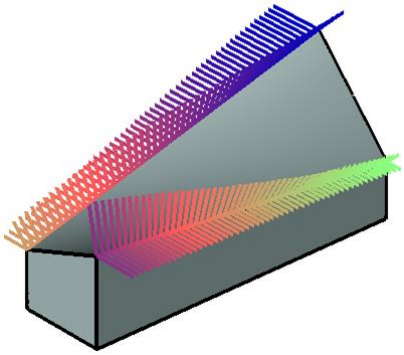
Если значение **Максимального расхождения** будет достаточно велико, показываться будут расстояния от каждого ребра одной грани, до каждого ребра другой грани.

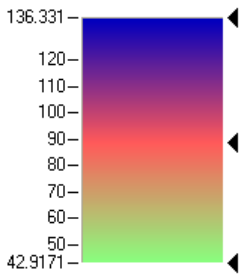
Минимальное расхождение задаёт минимальное расстояние между двумя рёбрами, на котором показывается расстояние между ними.

Каждая цветная линия в зависимости от своей длины окрашивается цветом, в соответствии с цветовой шкалой. Настройка цветовой шкалы ведётся на закладке **Цвета**. Работа с этой закладкой осуществляется аналогично команде **QC: Показать кривизну кривых.**

Расхождение нормалей

Данная команда позволяет измерить расхождение между нормалями соседних граней в указанных рёбрах.





Цветовая шкала

Отображаемые в 3D окне эпюры помогают увидеть расхождение нормалей по всей длине ребра. Также можно измерить угол расхождения нормалей в конкретной точке.

Команда **QN: Показать расхождение нормалей граней** вызывается посредством:

Пиктограмма	Лента
	Измерение → Анализ геометрии → Расхождение нормалей граней
Клавиатура	Текстовое меню
<QN>	Сервис > Анализ геометрии > Расхождение нормалей граней

После входа в команду необходимо указать рёбра, в которых требуется измерить расхождение нормалей. Чтобы указать все рёбра, принадлежащие определённой грани, используется опция:

	<F>	Добавление/удаление грани

Чтобы указать конкретное ребро необходимо использовать опцию:

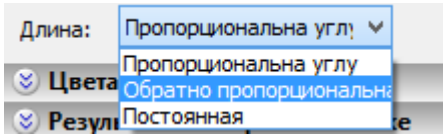
	<E>	Выбрать ребро или отменить выбор ребра

Чтобы отменить выбор элемента необходимо кликнуть по нему ещё раз. Для отмены выбора всех элементов используется опция:

	<U>	Отменить выбор всех объектов

После выбора ребра появляется эпюра, отражающая расхождение между нормалями. Цвет эпюры изменяется в соответствии с цветовой шкалой, расположенной на закладке Цвета. Работа с этой закладкой осуществляется так же, как и в команде **QC: Показать кривизну кривых.**

В зависимости от расхождения нормалей граней, у эпюры может изменяться не только цвет, но и длина эпюрных линий. То, как меняется длина в зависимости от угла расхождения, задаётся параметром **Длина**.



Длина линий эпюры может быть пропорциональна углу, обратно пропорциональна углу и постоянна.

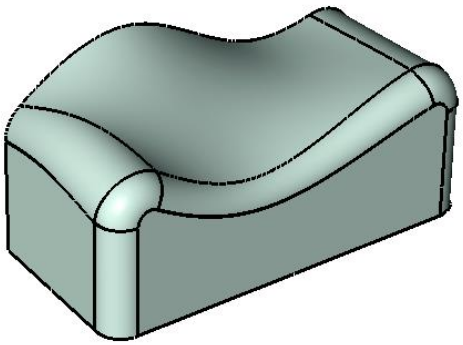
Чтобы измерить угол расхождения нормалей в определённой точке ребра, необходимо использовать опцию:

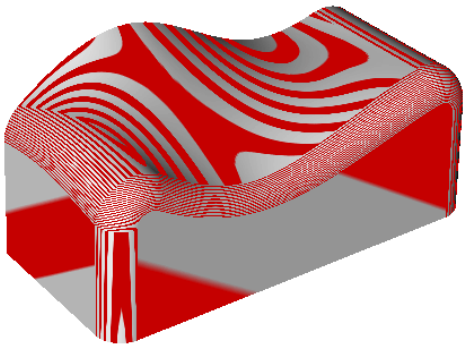
	<C>	Измерение угла в любой точке

При подведении курсора к ребру, рядом с курсором появится значение угла. Если кликнуть в точке ребра, будет создана 3D метка. Кроме этого, по умолчанию, координата точки и значение угла будут занесены в отчёт на закладке **Результаты измерений в точке**. Работа с закладками **Результат измерений в точке** и **3D Метки** ведётся так же, как и в команде **QC: Показать кривизну кривых.**

Гладкость модели

Данная команда позволяет оценить гладкость модели.





Такое отображение делает возможным визуально определить, являются ли смежные грани гладко сопряжены по касательной, либо гладко сопряжены по кривизне.

Если поверхности сопряжены гладко по касательной, то линии текстуры отображаются непрерывно, однако резко меняют своё направление. Если поверхности сопряжены гладко по кривизне, то линии текстуры не только непрерывны, но и плавно меняют направление.

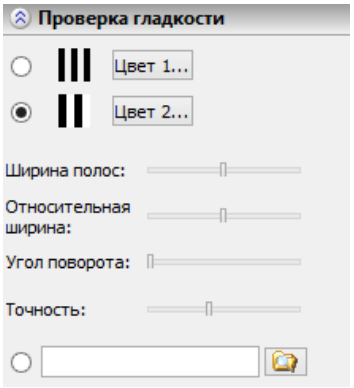
Команду **QZ: Показать гладкость модели** можно вызвать посредством:

Пиктограмма	Лента
	Измерение → Анализ геометрии → Гладкость модели
Клавиатура	Текстовое меню
<QZ>	Сервис > Анализ геометрии > Гладкость модели

Сразу же после входа в команду модель меняет свою окраску. По умолчанию, это окраска двухцветными линиями. Используемые при этом цвета задаются с помощью кнопок **[Цвет 1]** и **[Цвет 2]**.

Ширина, относительная ширина, угол наклона линий, а также качество их отображения задаются в окне свойств. Для этого используются соответствующие бегунки.

Кроме этого, можно самостоятельно указать файл формата bmp, jpeg, gif или png, содержащий изображение, используемое при отображении гладкости модели. Для этого используется поле, расположенное в нижней части окна свойств.



Однако, наиболее удобно использовать окраску по умолчанию. При такой окраске, чем выше кривизна грани, тем более мелкими линиями она окрашена. На плоских гранях цветные линии отображаются особенно широко.

Линии, окрашивающие грани могут идти в разных направлениях. Однако, если грани соединены между собой гладко по касательной, линии не прерываются и не сдвинуты друг относительно друга, но резко меняют своё направление. Если грани соединены между собой гладко по кривизне, линии не прерываются и плавно меняют своё направление.



Грани сопряжены не гладко



Грани сопряжены гладко по касательной

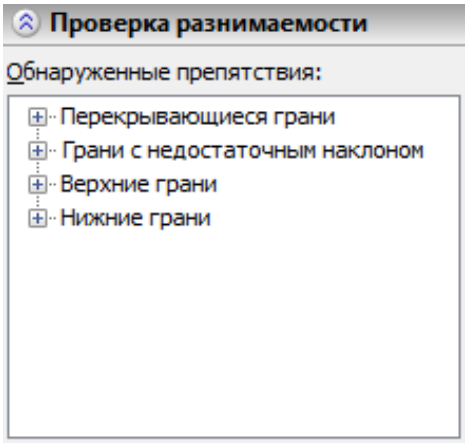


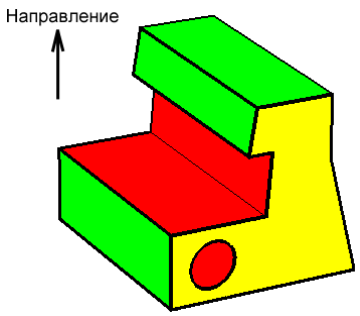
Грани сопряжены гладко по кривизне

На отображение цветных линий в 3D окне существенно влияет параметр **Качество сетки**, устанавливаемый на закладке **3D** в команде **ST: Задать параметры документа**. При исследовании гладкости модели рекомендуется установить плотность сетки на максимальную точность.

Разнимаемость формы

Данная команда предназначена для проверки того, будет ли литейная или пресс-форма, используемая для получения модели, разнимаемой.





Команда позволяет найти грани областей, препятствующих раскрытию формы. Кроме этого отображаются те грани, угол наклона которых к выбранному направлению меньше заданного.

Команда **QS: Проверить разнимаемость формы** вызывается посредством:

Пиктограмма	Лента
	Измерение → Анализ геометрии → Разнимаемость формы
Клавиатура	Текстовое меню
<QS>	Сервис > Анализ геометрии > Разнимаемость формы

После входа в команду необходимо задать направление разъёма формы. Для выбора элемента, задающего направление, используется опция:

	<D>	Выбрать направление

При использовании данной опции есть возможность выбрать грани, рёбра, 3D профили, рабочие плоскости и системы координат.

Для задания направления с помощью указания двух 3D точек используются опции:

	<S>	Выбрать первую 3D точку
	<E>	Выбрать вторую 3D точку

Для указания точек можно использовать 3D узлы, вершины, рёбра, системы координат, сферические и тороидальные грани.

После выбора направления необходимо выбрать операцию, анализ граней которой будет производиться. Для выбора операции используется опция:

	<B>	Выбрать операцию

Выбрать все операции в сцене можно, используя опцию:

	<A>	Выбрать все операции

Чтобы отменить выбор операции, необходимо выбрать её ещё раз.

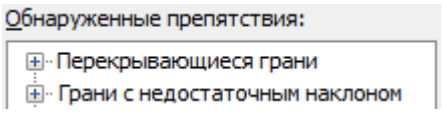
Для отмены выбора всех операций используется опция:

	<U>	Отменить выбор всех объектов

После произведения проверки, грани операции меняют свою окраску. По умолчанию, красным отмечены грани областей, препятствующих раскрытию формы. Жёлтым цветом отмечены грани, угол наклона которых к выбранному направлению меньше заданного. Зелёным цветом отмечены грани, которые достаточно наклонены к выбранному направлению и не препятствуют раскрытию формы.

Если выбрано сразу несколько тел, программа выполнит проверку разнимаемости с учётом всех тел сразу, будто бы это одна деталь. Следовательно, результаты проверки нескольких тел по отдельности и вместе будут различными.

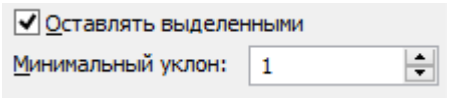
Кроме цветового отображения в 3D окне, результаты проверки попадают в поле **Обнаруженные препятствия**. Сюда заносятся перекрывающиеся грани (препятствующие раскрытию формы) и грани с недостаточным наклоном. Здесь же указываются наборы *верхних* и *нижних* граней.



Верхние и *нижние* грани – это грани, удовлетворяющие условию разнимаемости формы и не перекрывающиеся другими гранями тела в прямом и обратном направлениях разъёма. На основе этих граней определяется рабочая зона пресс-формы.

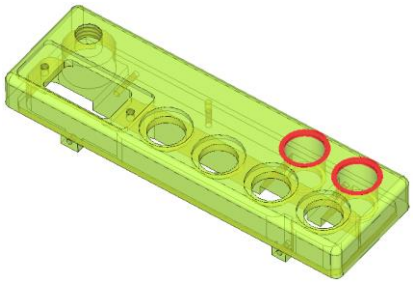
Если раскрыть список сообщений и кликнуть по названию ошибочной грани, эта грань будет подсвечена в 3D окне.

Если флажок **Оставлять выделенным** установлен, после выхода из команды подсвеченные грани станут выбранными. Это сделано для удобства работы.



Параметр **Минимальный уклон** задаёт минимальный допустимый наклон граней к выбранному направлению.

Проверка изменений модели



Команда проверки изменений модели позволяет выявлять различия между двумя телами 3D модели. При помощи данной команды можно сравнивать разные тела или одно и то же тело на разных стадиях произведения изменений. Также при наличии в модели сохранённых конфигураций можно сравнить между собой два исполнения одной детали. Кроме этого, команда позволяет вычислить объём изменённого пространства, что позволяет более точно оценить степень различий.

Команду **QA: Проверка изменений модели** можно вызвать следующими способами:

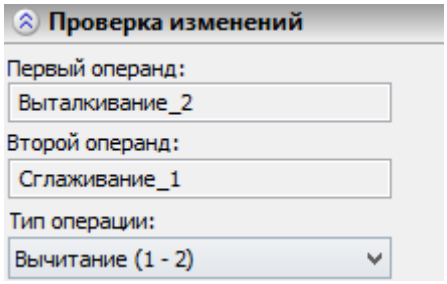
Пиктограмма	Лента
	Измерение → Анализ геометрии → Проверка изменений модели
Клавиатура	Текстовое меню
<QA>	Сервис > Анализ геометрии > Проверка изменений модели

После входа в команду необходимо задать сравниваемые операции/конфигурации модели.

Для сравнения двух тел используются опции:

	<F>	Выбрать первое тело
	<S>	Выбрать второе тело

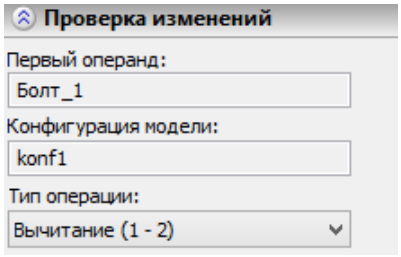
С помощью данных опций можно выбирать как различные тела одной модели, так и операции, находящиеся на разных уровнях истории одного тела. Для выбора операций можно использовать, например, дерево 3D модели. Выбранные операции заносятся в поля **Первый операнд** и **Второй операнд** в окне свойств команды.



Если в текущей 3D модели есть сохранённые конфигурации, в автоменю команды появляется дополнительная опция:

	<C>	Выбрать конфигурацию модели

Данная опция позволяет выбрать одну из сохранённых в модели конфигураций в качестве второго операнда сравнения.



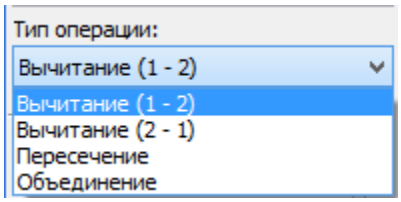
Способ сравнения выбранных операндов можно выбрать в диалоге окне свойств команды с помощью выпадающего списка **Тип операции**:

Вычитание (1-2). Результат сравнения будет аналогичен результату булевой операции вычитания первого операнда из второго;

Вычитание (2-1). Результат сравнения будет аналогичен результату булевой операции вычитания второго операнда из первого;

Пересечение. Результат сравнения будет аналогичен результату булевой операции пересечения первого и второго операндов;

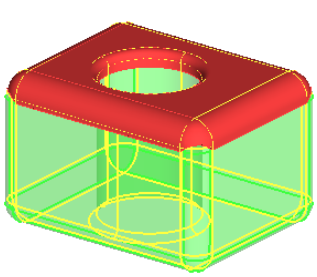
Объединение. Результат сравнения будет аналогичен результату булевой операции объединения первого и второго операндов.

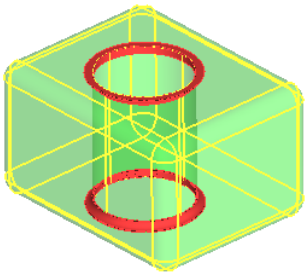


Способ сравнения также можно выбрать в автоменю команды, включив одну из следующих опций:

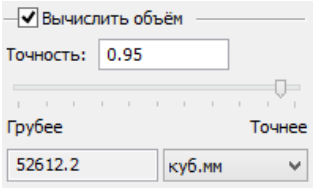
	<->	Вычитание 1-2
	<Ctrl><->	Вычитание 2-1
	<*>	Пересечение
	<+>	Объединение

После нажатия  результат сравнения выбранных операндов выделяется в 3D окне красным цветом.





Для вычисления объёма изменённого пространства необходимо дополнительно установить в диалоге свойств команды флажок **Вычислить объём**. Точность и единицы вычисления объёма задаются группой параметров ниже данного флажка



Для связи с головным офисом компании «Топ Системы»
или любым нашим региональным партнёром воспользуйтесь
единой формой обратной связи

tflex.ru/mail

Связаться с нами

ТОП СИСТЕМЫ

www.tflex.ru
www.tflexcad.ru

+ 7 (499) 973-20-34
+ 7 (499) 973-20-35

tflex@topsystems.ru