

ОПЕРАТИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ УСТЬЕВОЙ АРМАТУРЫ ТИПА АДАПТЕР В СИСТЕМЕ T-FLEX CAD НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПРОТОТИПОВ.

Л.В. Рохин, А.С. Ледяев

Курганский государственный университет, г. Курган, Россия

В статье на примере изделия «Адаптер-трубодержатель с кабельным вводом» рассматривается способ проектирования изделий нефтегазовой арматуры, позволяющий существенно сократить сроки выпуска конструкторской документации и автоматизировать метрологический, технологический и нормативный контроль, а также полностью исключить нетворческую работу конструктора и связанные с ней ошибки.

Одной из главных отличительных особенностей изделий нефтегазовой арматуры является высокая степень стандартизации элементов их конструкций: соединительных частей фланцев, разделок сварных швов, резьб насосно-компрессорных труб и т.д. В результате стандартизированные размеры, допуски и шероховатости составляют 60%-90% от всех элементов оформления чертежа. На рис. 1 представлен пример такого изделия: адаптер-трубодержатель, оснащенный кабельным вводом для питания электронасоса. Детали такого типа широко применяются в устьевой арматуре нефтяных скважин. Красным цветом выделены размеры, допуски и шероховатости, проставленные согласно применяемому стандарту на фланцевые соединения устьевой арматуры: ГОСТ 28919-90, РД 26-16-40-89 или API 6A/ISO 10423; зеленым цветом – согласно ГОСТ 633-80 «Резьбы насосно-компрессорных труб». Наконец, синим цветом, закрашены элементы оформления, определяемые конструктором. Их количество составляют всего 25% от всех элементов оформления чертежа.

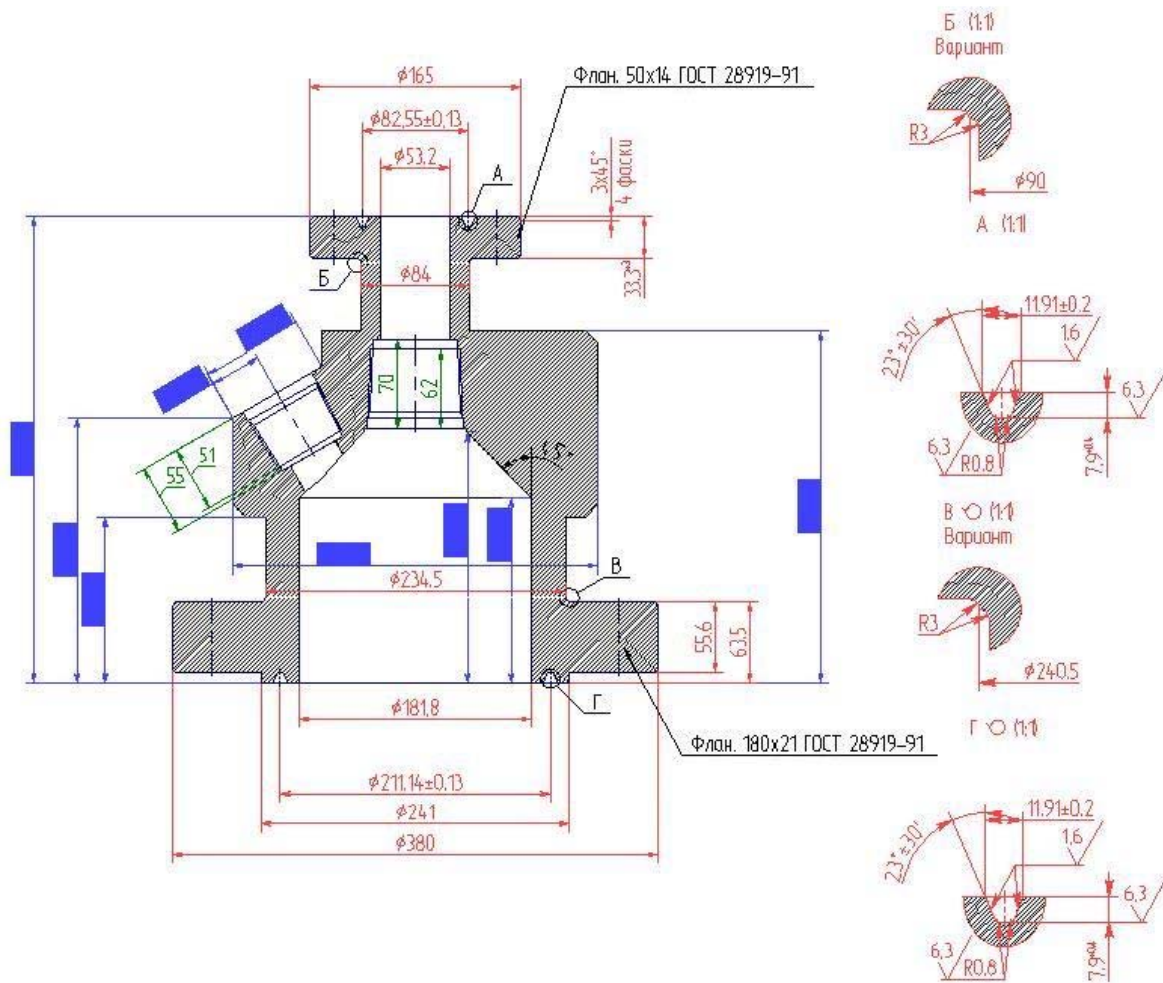
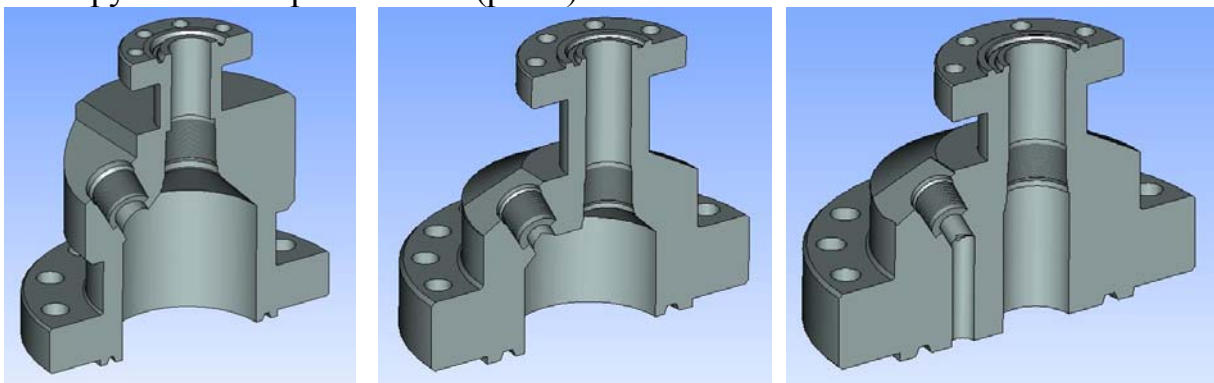


Рис. 1. Адаптер-трубодержатель с кабельным вводом.

Можно также отметить еще одну примечательную особенность изделий арматуры – огромное количество исполнений, отличающихся как габаритными и присоединительными размерами, так и некоторыми конструктивными решениями (рис.2).



а) 50x14-180x21

б) 80x70-230x70

в) 100x70-280x70

Рис. 2. Возможные исполнения адаптеров.

Например, часть габаритных и присоединительных размеров определяются типоразмерами верхнего и нижнего фланцев, количество сочетаний которых насчитывает тысячи исполнений. Строительная длина адаптеров не нормируется и определяется требованиями заказчика, то есть может быть практически любой. Выпустить групповой чертеж такого изделия нельзя ввиду бесконечного числа возможных вариантов. Поэтому приходится проектировать адаптеры всякий раз под конкретное техническое задание заказчика.

При разработке подобных изделий в непараметрических системах проектирования, работающих по принципу электронного кульмана, конструктор вынужден тратить время на ручную перерисовку стандартизованных конструктивных элементов и связанных с ними размеров, допусков и шероховатостей. Такая рутинная, нетворческая работа приводит к большому количеству ошибок и требует обязательного контроля метролога, что увеличивает срок разработки конструкторской документации и стоимость проектных работ.

Авторы данной статьи задались целью создать набор инструментальных средств и проработать на их основе такой метод проектирования изделий типа адаптер, который полностью избавил бы проектировщика от необходимости ручного перестроения стандартных конструктивных элементов, а проверяющего – от необходимости контроля связанных с ними размеров, шероховатостей и допусков. Это позволило бы сэкономить до 80% времени на выпуск КД.

В качестве базовой САПР для создания упомянутых инструментальных средств была взята система параметрического трехмерного моделирования и черчения T-FLEX CAD. На выбор системы повлияли следующие факторы:

- наличие в T-FLEX CAD мощной и вместе с тем очень простой в применении параметризации, не требующей программирования;
- возможность работы с базами данных — внутренними и внешними;
- возможность хранить в одном файле 3D модель и 2D чертеж;
- механизм фрагментов, являющийся одной из характерных особенностей T-FLEX CAD.

Механизм фрагментов позволяет вставлять в так называемую сборочную модель геометрию, хранящуюся во внешних файлах. В сборочную модель такая геометрия вставляется с помощью ссылок на файлы-фрагменты. Причем файл-фрагмент может иметь как 3D модель (которая будет отображаться в 3D сцене сборочной модели), так и двумерный чертеж (для

вставки на 2D листы сборочного чертежа). С 3D фрагментом в дальнейшем можно работать как с обычным телом, то есть использовать его при создании булевых и любых других операций, а к примитивам 2D фрагмента можно привязывать линии построения и использовать его как элемент параметрического чертежа.

Для достижения поставленной цели, в системе T-FLEX CAD были разработаны параметрические фрагменты «Фланец устьевый» (рис. 3а), «Резьба НКТ» (рис. 3б) и параметрический прототип для проектирования изделий типа катушка-трубодержатель с кабельным вводом (рис. 4).

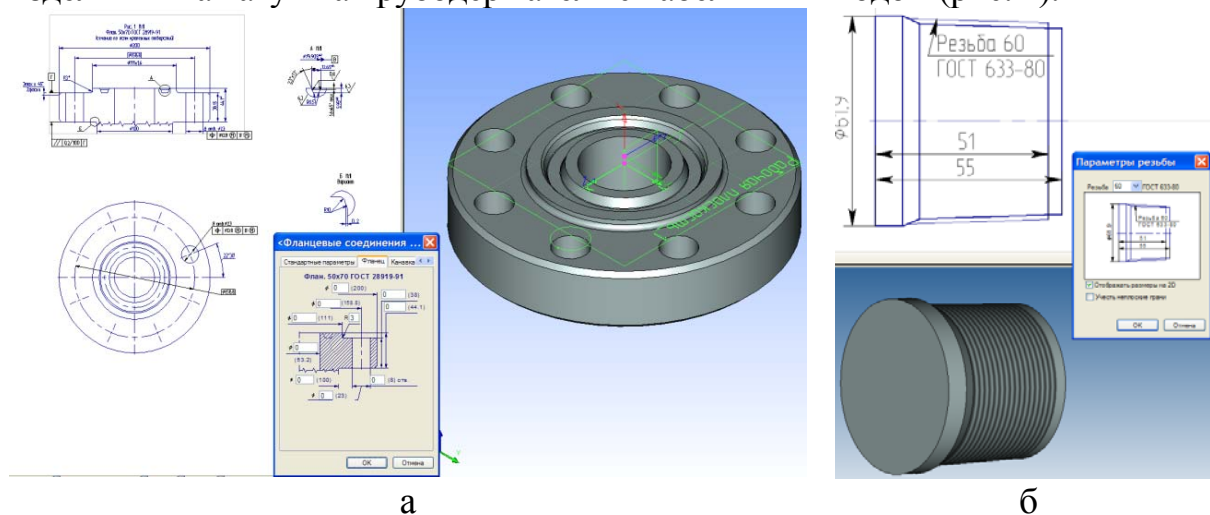


Рис. 3. Параметрические фрагменты.

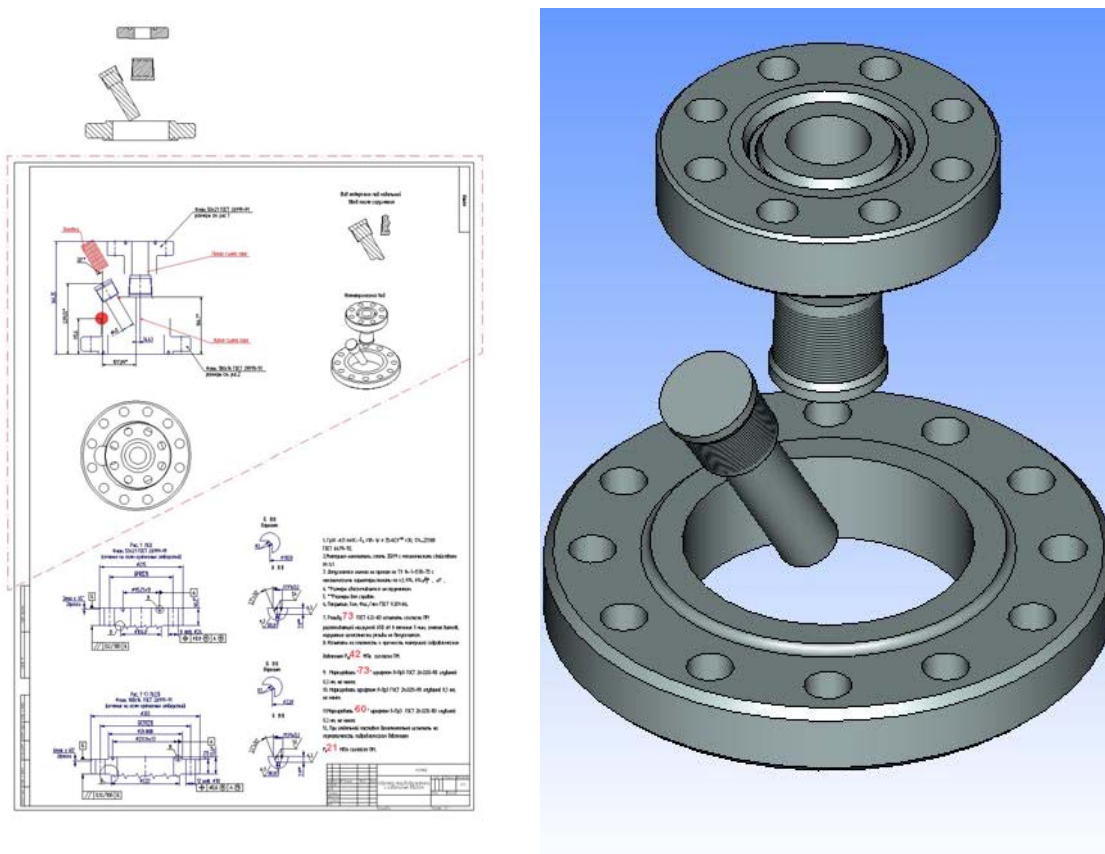


Рис. 4. Параметрический прототип для проектирования изделий типа «Адаптер».

Файлы фрагментов содержат 3D модель объекта и несколько чертежных видов, необходимых для оформления КД. Например, фрагмент «Фланец устьевый» содержит следующие чертежные виды:

- сечение фланца по осям крепежных отверстий для детализации основных размеров;
- выносной вид для детализации размеров канавки под уплотнительные кольца;
- выносной вид для детализации размеров переходной поверхности у основания фланцев;
- главное осевое сечение без размеров для прорисовки фланца на главном виде;
- вид сверху.

Эти фрагменты полностью освобождают пользователя от необходимости заниматься построениями и нанесением размеров на стандартизованные конструктивные элементы. Для формирования нужного фланца пользователю достаточно выбрать в диалоге нужный стандарт (ГОСТ 28919-90, РД 26-16-40-89 или API 6A/ISO 10423), условный диаметр прохода,

рабочее давление, способ изготовления канавок (с наплавками или без) и исполнение фланца (с выступом или без). По введенным данным, система сформирует запрос к нужным базам данных, выберет необходимые размеры и нарисует в заданном масштабе чертежный вид фланца со всеми размерами, допусками и шероховатостями, оговоренными выбранным стандартом, а также построит его трехмерную модель (рис. 3а). Чертежный вид сопровождается информационной надписью с обозначением фланца: «Фланец 50x14 ГОСТ 28919-90».

На практике случается, что заказчику требуется в целом стандартный фланец, но с некоторыми нестандартными размерами, например с нестандартными крепежными отверстиями и некоторыми другими присоединительными размерами. Для таких случаев предусмотрена возможность ручного изменения значения любого из стандартных размеров в диалоге пользователя (рис. 5). Измененный размер на чертежном виде подсвечивается красным цветом и в пояснительной надписи появляется предупреждающая поправка «Аналог фланца 50x14 ГОСТ 28919-90» также подсвеченная красным цветом. Это сделано для упрощения проверки чертежа, а также для того, чтобы при последующем подборе спроектированного однажды адаптера к применению в оборудовании со стандартными соединительными частями сразу выявлять возможные нестыковки.

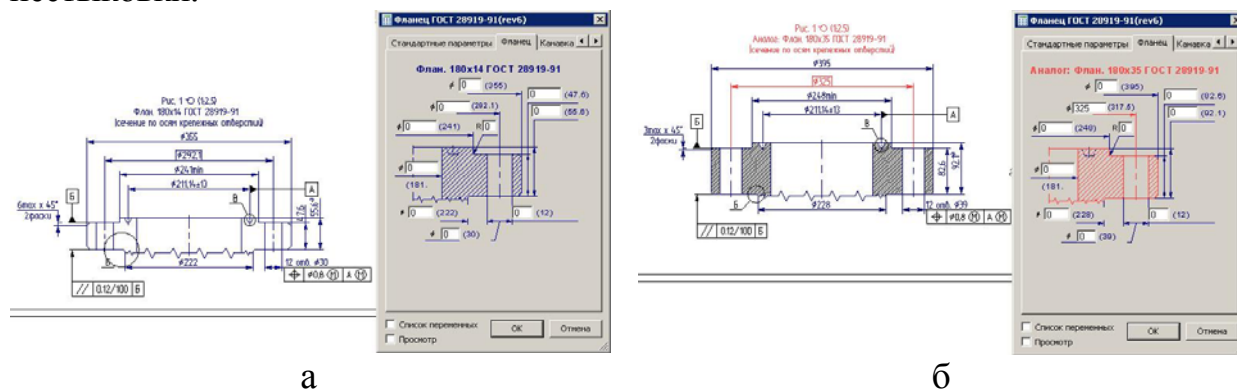


Рис. 5. Изменение стандартных размеров фланца

Сказанное о фрагменте «Фланец устьевый» всецело относится к фрагменту «Резьба НКТ», за исключением возможности ручного изменения стандартных размеров, поскольку в данном случае такой функционал излишен.

Файл прототипа представляет собой параметрическую модель не полностью спроектированного адаптера (рис. 4). Он состоит из трехмерной модели и чертежа, и в него заранее включены фрагменты конструктивных элементов: фланцев и резьб (на рис. 4 помечены темно-синим цветом).

Чертеж построен таким образом, что все стандартизованные размеры, допуски и шероховатости фланцев вынесены на дополнительные чертежные виды. За их прорисовку и оформление отвечает файл-фрагмент «Фланец устьевый». Он же отвечает за формирование 3D модели фланцев и прорисовку их сечения на главном виде.

Файл-фрагмент «Резьба НКТ» используется для формирования 3D модели отверстия под удержание колонны насосно-компрессорных труб и модели отверстия под кабельный ввод, а также для их прорисовки на главном виде.

Поскольку оси вращения всех основных конструктивных элементов адаптера расположены в одной плоскости (рис. 4), проектирование, по сути, является двумерным. Поэтому в прототипе заложен метод проектирования от 2D к 3D. Это значит, что конструктор все построения выполняет на главном виде чертежа, а затем на его основе в полуавтоматическом режиме формирует 3D модель. Все фрагменты на чертеже и в 3D модели увязаны между собой так, что пользователю достаточно один раз внести значения основных параметры во фрагменты, расположенные на главном виде чертежа, и эти значения будут автоматически назначены соответствующим параметрам в остальных фрагментах прототипа. Для этого при создании прототипа всем фрагментам фланцев и резьб на главном виде были присвоены уникальные имена. Фрагмент верхнего фланца получил имя «В», нижнего – «Н»; фрагменты резьб отверстий под колонну НКТ и кабельный ввод – соответственно «НКТ» и «КВ». Этим фрагментам значения основных параметров будет задавать пользователь при проектировании адаптера. Остальные фрагменты прототипа считывают основные параметры с фрагментов главного вида, с помощью встроенной в T-FLEX CAD функций *get*(«Имя фрагмента», «Имя переменной»), как показано на рис. 6. Таким же образом происходит передача основных параметров в технические требования.

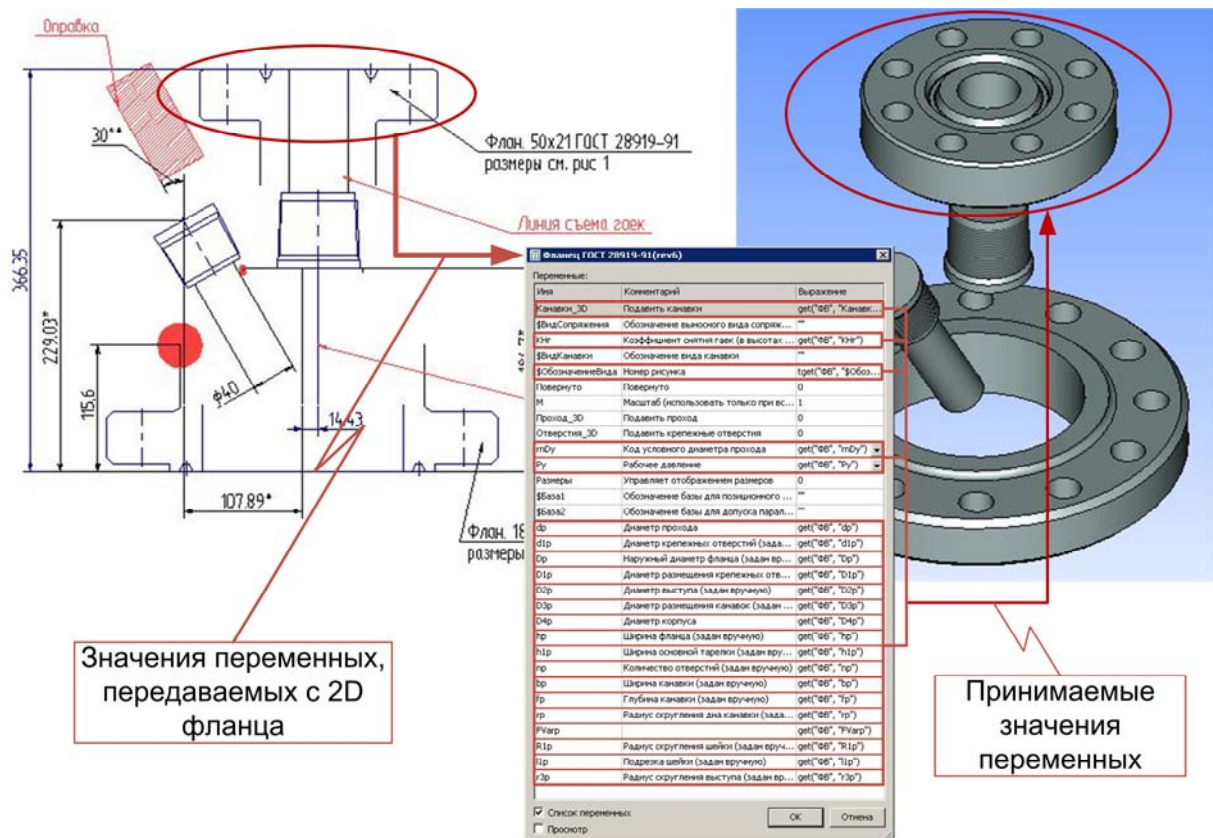


Рис. 6 Передача значений основных переменных с помощью функции *get*.

Файл прототипа сохранен в папке «Адаптеры» в специальной директории, в которой хранятся все прототипы T-FLEX CAD. При создании нового документа, эта папка отображается в окне «Приветствие» в виде отдельной закладки (рис. 7).

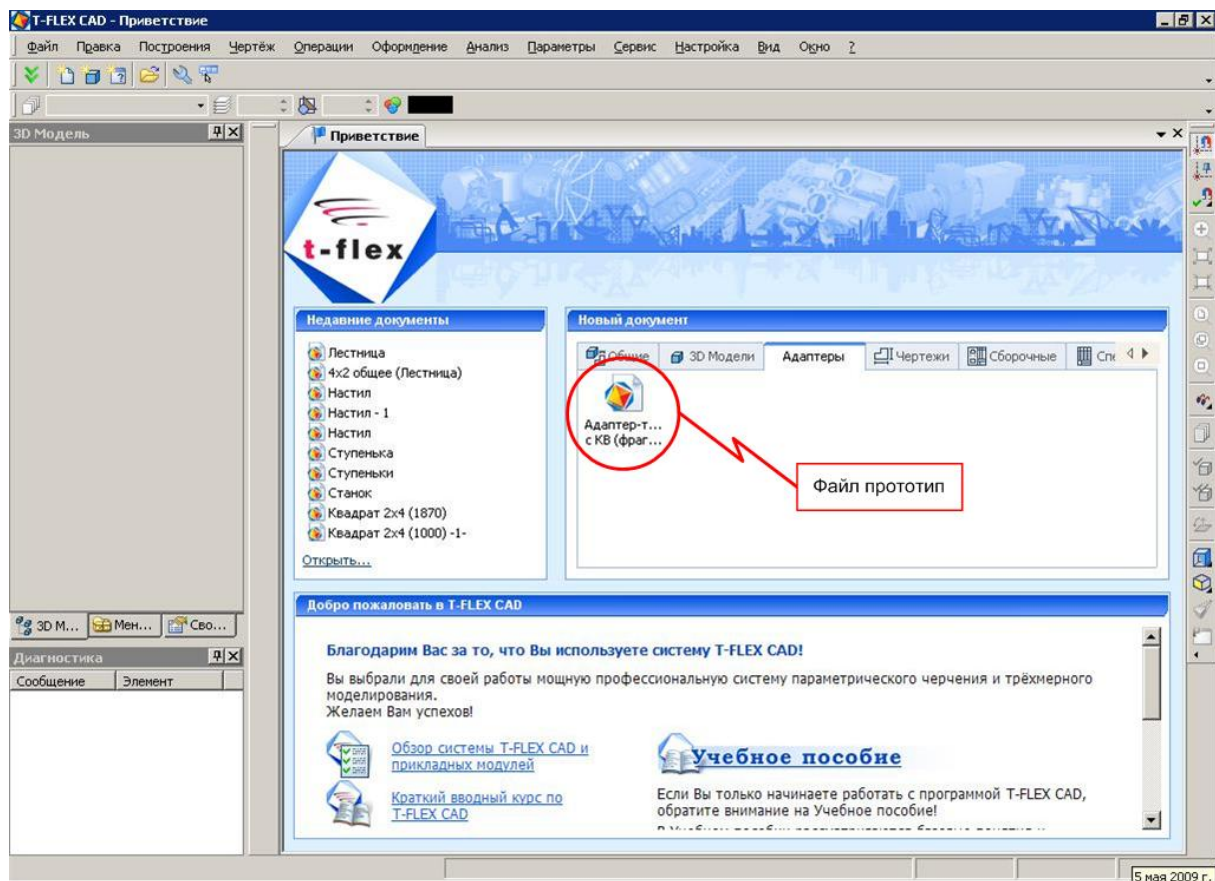


Рис. 7. Окно «Приветствие» в T-FLEX CAD.

Сразу после создания нового документа на основе прототипа «Адаптер-трубодержатель с кабельным вводом», его конструктивные элементы имеют следующие предустановленные основные параметры (рис. 4):

Верхний фланец «В»:	50x21 ГОСТ 28919-90
Нижний фланец «Н»:	180x14 ГОСТ 28919-90
Резьба «НКТ»:	73 ГОСТ 633-80
Резьба «КВ»:	60 ГОСТ 633-80

Рассмотрим действия пользователя по разработке на основе данного прототипа адаптера со следующими основными параметрами (рис.8):

Строительная длина:	400 мм.
Верхний фланец «В»:	65x35 ГОСТ 28919-90
Нижний фланец «Н»:	180x35 ГОСТ 28919-90 с нестандартным диаметром размещения крепежных отверстий 325 мм.
Резьба «НКТ»:	73В ГОСТ 633-80
Резьба «КВ»:	60В ГОСТ 633-80

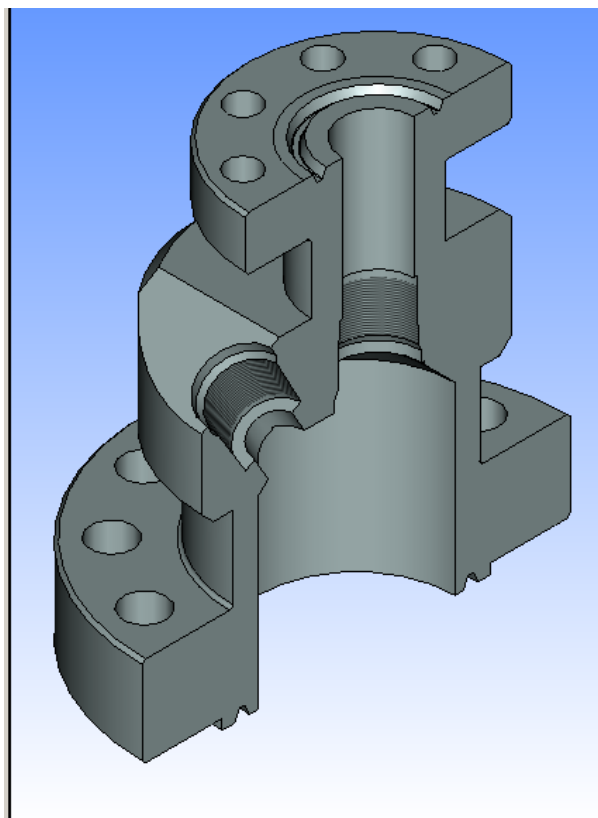
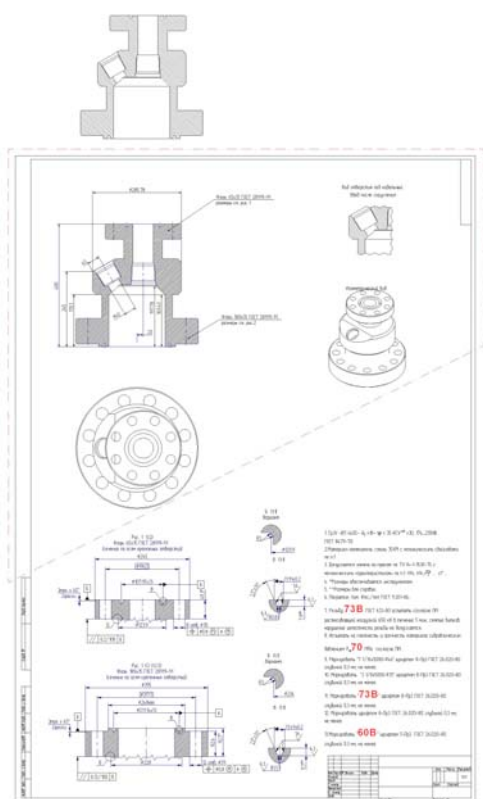


Рис. 8. Адаптер-трубодержатель 65x35/180x35

1. Пользователь задает основные параметры конструктивных элементов на главном виде с помощью диалоговых окон фрагментов. Нестандартный размер нижнего фланца задается на дополнительной закладке диалога пользователя (рис. 5б). На рис. 9 показан главный вид документа после выполнения шага 1.

2. Пользователь размещает на главном виде конструктивные элементы таким образом, чтобы выполнялись следующие ограничения:

- станочная оправка для обработки отверстия под кабельный ввод не должна пересекать верхний фланец (ограничительная зона «Оправка» на рис. 9);
- отверстие под кабельный ввод не должно пересекать ограничительные зоны, отмеченные на рис. 9 красной заливкой (эти зоны установлены из соображений прочности и технологичности конструкции).

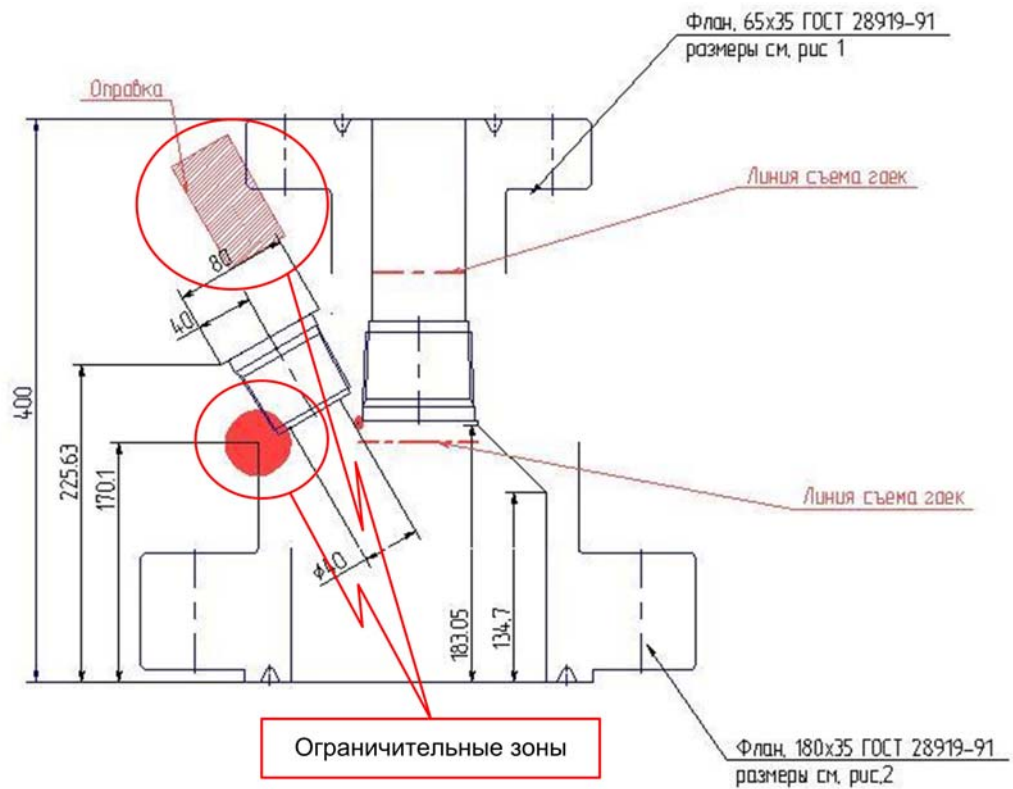


Рис. 9. Проектирование изделия «Адаптер-трубодержатель», шаг 1: задание исходных данных.

Результат выполнения действия 2 представлен на рис. 10.

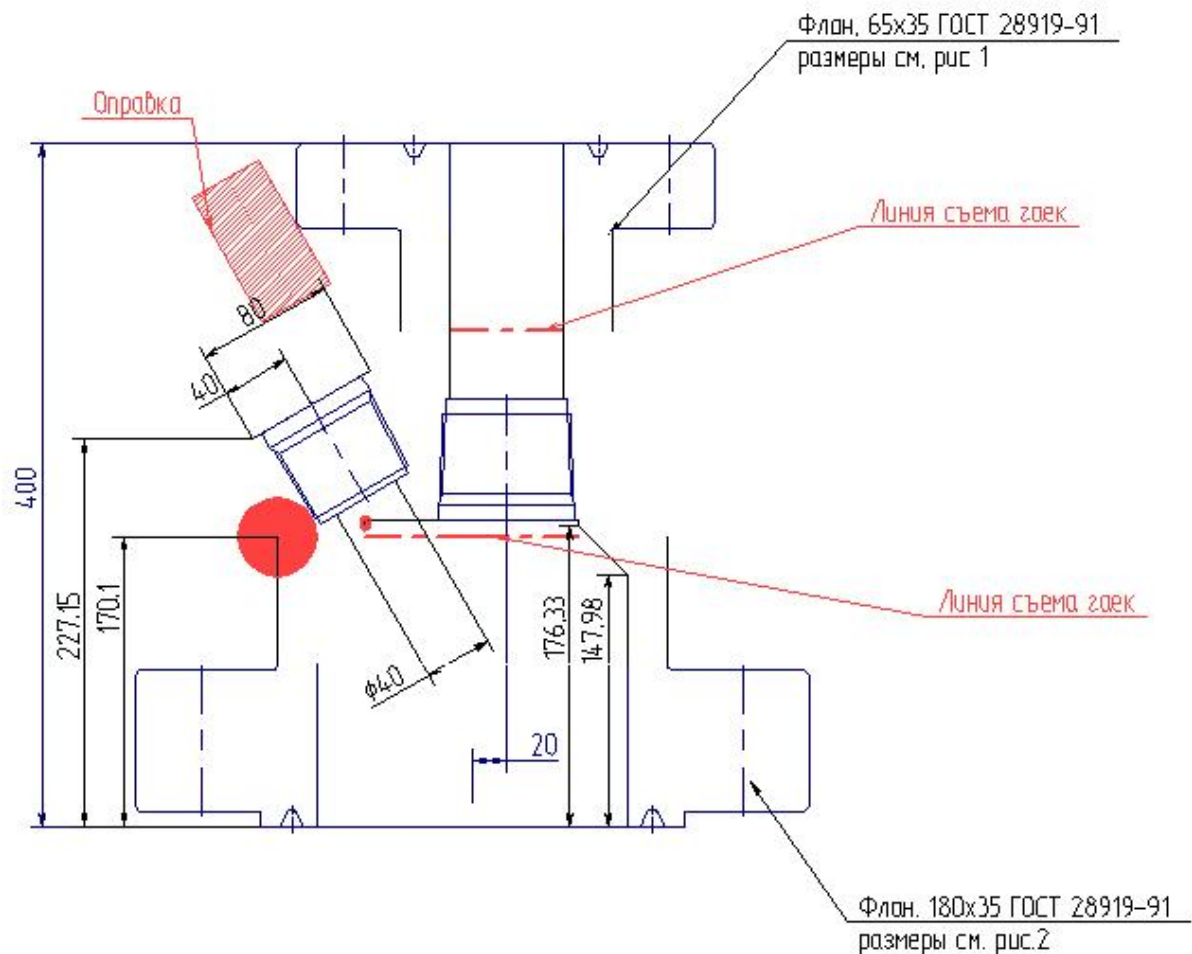


Рис. 10. Проектирование изделия «Адаптер-трубодержатель», шаг 2: определение конструктивных размеров.

3. Процесс определения конструктивных размеров адаптера завершен, и пользователь делает невидимым слой чертежа, в котором нарисованы ограничительные зоны. Теперь конструктору необходимо определить тип конструкции адаптера (см. рис. 2). Конструктивные построения и элементы оформления, относящиеся к тому или иному типу, расположены в разных слоях прототипа и изначально скрыты, чтобы не затенять построения на ранних этапах проектирования. Для дальнейшего проектирования пользователь придает свойства видимости слою с нужными конструктивными элементами. В результате на чертеже появляются соответствующие размеры и штриховки, определяющие 3D профили для построения трехмерной модели, а сами 3D профили отображаются в 3D окне (рис. 11). При желании конструктор может перестроить штриховки, переопределив тем самым и 3D профили.

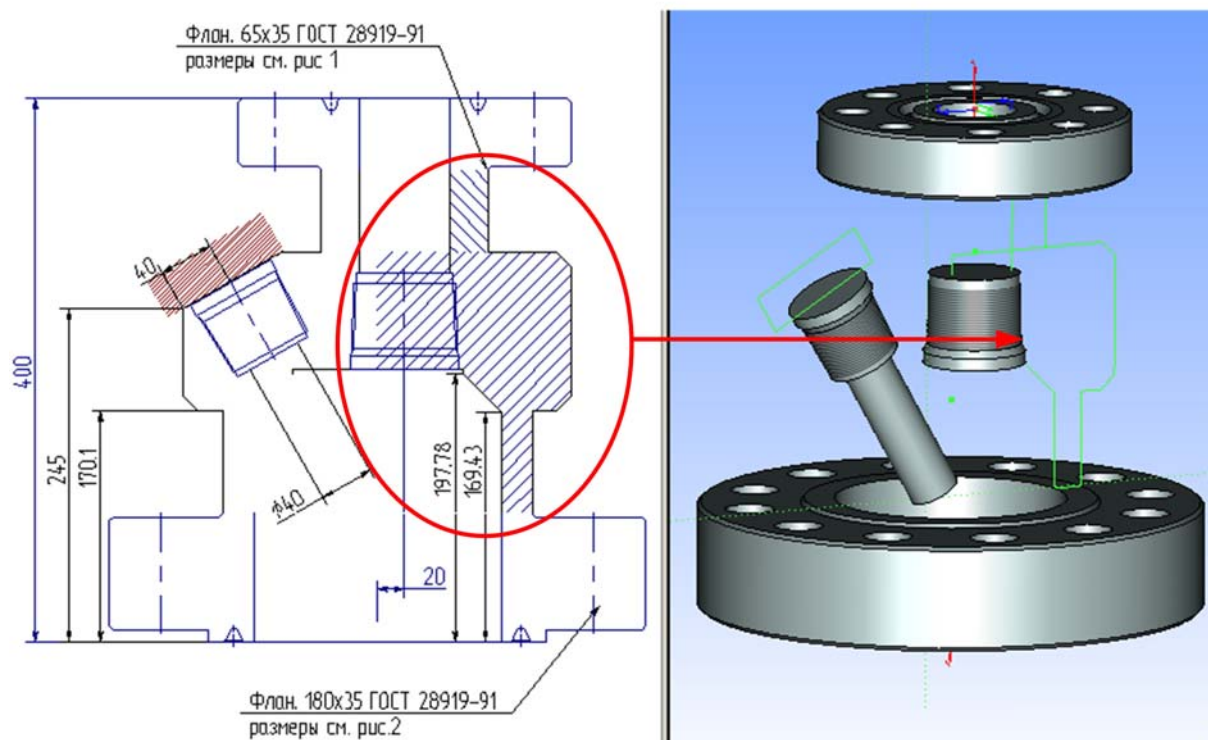


Рис. 11. Параметрический прототип адаптера содержит заранее predeterminedные профили для построения 3D модели.

4. На основе 3D профилей конструктор создает трехмерную модель адаптера. После обновления документа все чертежные виды, созданные как проекции с 3D модели имеют законченный вид (см. рис. 12, где проекции трехмерной модели подсвечены красным). Благодаря тому, что базовые профили для трехмерных операций уже готовы, это занимает намного меньше времени, чем ручная прорисовка вида сверху, не говоря о ручной прорисовке изометрического вида. Изометрический вид нужен для лучшего представления топологии детали (рис. 12). На нем также удобно обозначать места маркировки.

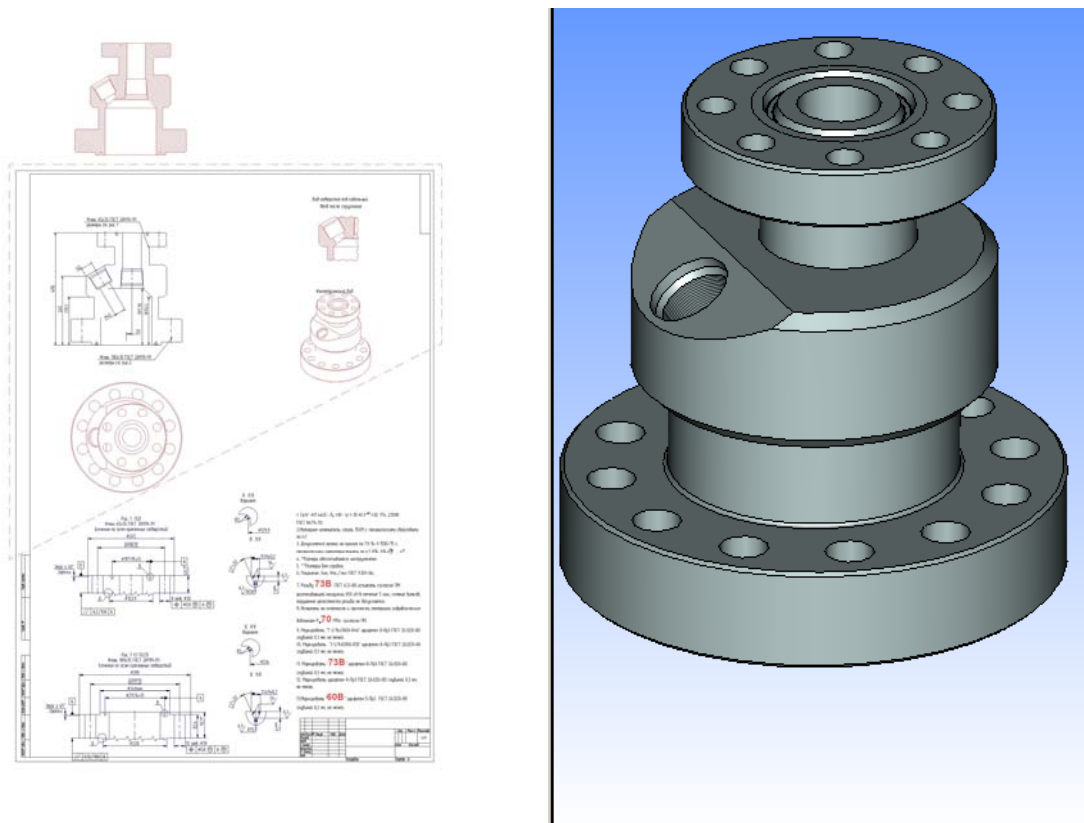


Рис. 12. Проектирование изделия «Адаптер-трубодержатель», шаг 3: построение 3D модели.

5. Чертеж практически готов, остается прорисовать на главном виде недостающие линии сопряжения отверстий адаптера и штриховки. Чтобы не заниматься ручным рисованием этих сопряжений, в непечатаемой области чертежа (за пределами его рамки, см. рис.12) присутствует точно такое же осевое сечение адаптера, что и главный вид, только построенное как проекция с 3D модели. В отличие от главного вида оно полностью прорисовано, но не имеет необходимых размеров, которые в свою очередь есть на главном виде. Проблема дорисовки главного вида решается простым копированием недостающих линий с вспомогательного осевого сечения на главный вид. Копирование выполняется за одну операцию, при этом указывается исходная точка привязки на осевом сечении и соответствующая ей целевая точка вставки на главном виде. После этого весь набор копируемых элементов оказывается на своих местах (см. рис. 13).

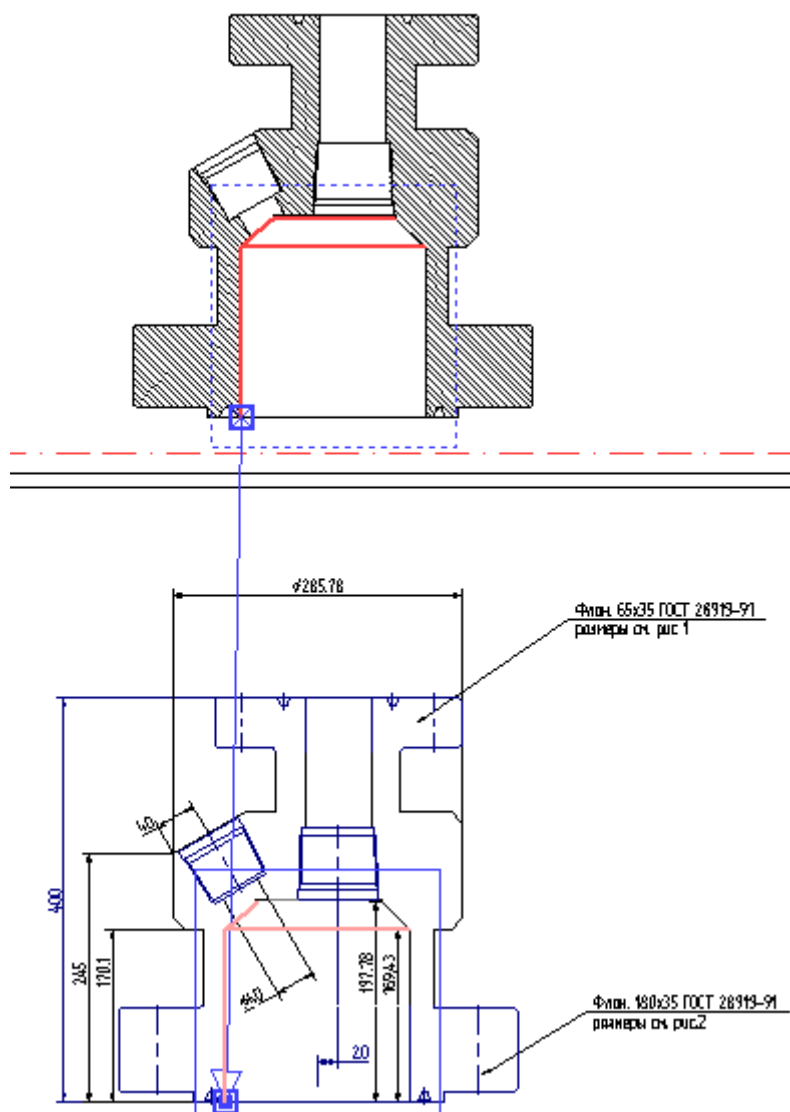


Рис. 13. Копирование линий с проекции трехмерной модели на главный вид чертежа.

Чертеж адаптера готов, результат проектирования представлен на рис. 8. Время проектирования составило около 10 минут. При этом были изменены относительно исходного прототипа 100% размеров, введено смещение оси верхнего фланца относительно оси вращения нижнего. Задано нестандартное межосевое расстояние крепежных отверстий нижнего фланца.

Заключение.

1. Проектирование на основе параметрических прототипов, наиболее эффективно для изделий, имеющих большое количество размеров, определяемых стандартами. К таким изделиям относится нефтегазовая арматура.

2. Заложенная в прототипы параметрическая логика, позволяет автоматизировать такие проектные процедуры, как: метрологический контроль, нормоконтроль, технологический контроль, а также исключить нетворческую работу конструктора и связанные с ней ошибки.

Представленная в настоящей статье САПР, создана специалистами Научно-образовательного центра «Топ Системы - Курган» (НОЦ ТС-Курган, ts-kurgan@kgn.ru). Основные направления деятельности НОЦ ТС-Курган: внедрение и адаптация к условиям промышленных предприятий программного комплекса T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM; обучение пользователей, разработка специализированных САПР по техническим заданиям заказчиков.

Литература.

1. T-FLEX CAD: пользователи работают, конкуренты отдыхают // САПР и Графика. – 2007. – №1.
2. T-FLEX CAD: пользователи работают, конкуренты отдыхают. Часть 2. 2D-проектирование и общие возможности // САПР и Графика. – 2007. – №2.