

# Программы T-FLEX — комплексная автоматизация в современных условиях

Баукова Надежда Геннадиевна

ЗАО «Топ Системы»

В современных условиях жестокой конкуренции непрерывным условием для выживания промышленных предприятий на рынке является внедрение компьютерных технологий. Автоматизация подготовки производства дает возможность предприятиям быстро реагировать на изменение спроса, в короткие сроки выпускать новые виды продукции, быстро модернизировать выпускаемую продукцию, отслеживать жизненный цикл изделий, эффективно повышать качество изделий. При этом сейчас уже недостаточно использования только САД-системы, действующей по образу и подобию кульмана. Современный подход к конструкторско-технологической подготовке характерен комплексностью решений. Всё чаще предпочтение отдается продуктам, интегрированным между собой. Это позволяет сохранять ассоциативные связи между документами по всей цепочке подготовки производства и исключить случайное несоответствие в документации.

Комплекс T-FLEX, разрабатываемый и распространяемый российской компанией «Топ Системы», пожалуй, единственный российский комплекс, который по своему наполнению, функциональности и стоимости отвечает большинству запросов руководителей предприятий. Он позволяет решить практически все задачи конструкторско-технологической подготовки производства: от получения заказа до изготовления изделия.

При этом по функциональности каждая из систем комплекса T-FLEX конкурирует с лучшими образцами как западных, так и российских продуктов. Совместное использование систем комплекса значительно повышает функциональную ценность как всего решения T-FLEX, так и его частей. Немаловажным достоинством является также то, что в комплексе T-FLEX системы работают совместно сразу после установки. Таким образом, на интеграцию систем единого комплекса T-FLEX пользователям не надо тратить силы своих высокооплачиваемых высококвалифицированных сотрудников (прописывать связи в базах данных, проверять правильность работы в интегрированном режиме, обновлять связи и т.п.).

Интеграция с внешними системами осуществляется стандартными средствами (с помощью обменных файлов, одно- или двунаправленного программного интерфейса, с помощью таблиц связей между базами данных и т.п.). Вся информация об изделии в комплексе T-FLEX находится в одной базе данных, она не разбросана по разным файлам. Поэтому с помощью API-функций системы T-FLEX DOCs или других средств можно полу-

чить всю необходимую информацию об изделии (составе проекта изделия, о конструкторских или технологических данных, о вспомогательном оборудовании для изготовления и т.д.) для передачи вовне, например, в ERP-системы.

Перечислим составляющие комплекса T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM:

**T-FLEX CAD** предоставляет конструктору все необходимые инструменты для проектирования изделия в виде как трехмерной параметрической твердотельной модели, так и параметрических двухмерных чертежей.

**T-FLEX Технология** позволит получить по спроектированным моделям и чертежам всю необходимую технологическую документацию.

**T-FLEX Анализ** и **T-FLEX Динамика** дают возможность не только выявить проблемные места изделия еще до его изготовления, но и получить оптимальные решения.

Для различных специализированных направлений проектирования созданы системы **T-FLEX/Раскрой**, **T-FLEX/Штампы**, **T-FLEX/Пружины**, **T-FLEX/Пресс-формы**, **T-FLEX Печатные платы**. **T-FLEX ЧПУ** решает важную задачу подготовки программ для станков с ЧПУ.

**T-FLEX NC Tracer** обеспечивает предварительную имитацию обработки со съемом материала с целью контроля качества обрабатываемой поверхности и зарезов детали.

И наконец, для четкой организации всех работ предназначена программа **T-FLEX DOCs** — система ведения проектов и документооборота.

Рассмотрим компоненты комплекса более подробно.

## **T-FLEX CAD — выбор профессионалов**

T-FLEX CAD – полнофункциональная система автоматизированного проектирования. Она объединяет мощные параметрические возможности трехмерного моделирования со средствами создания и оформления конструкторской документации. Гибкость средств проектирования, хорошая производительность системы, возможности параметризации в сочетании с удобным и понятным интерфейсом делают T-FLEX CAD универсальным и эффективным средством проектирования изделий. Благодаря широкому набору инструментов T-FLEX CAD является лучшим выбором для решения любых проектных задач. При этом T-FLEX CAD, предлагая профессиональные решения, ориентирована на относительно недорогие персональные компьютеры и обладает сравнительно невысокой стоимостью, чем выгодно отличается от своих конкурентов.

Специалисты по всему миру используют T-FLEX CAD в самых различных отраслях промышленности: общем машиностроении и приборостроении, в аэрокосмической, автомобильной и судостроительной отраслях, а также в проектно-строительных организациях. T-FLEX CAD применяют как при проектировании изделий основного производства, так и при создании всего комплекса необходимой оснастки - штампов и пресс-форм, инструмента и приспособлений.

Система основана на известном геометрическом ядре Parasolid®, разработанном компанией UGS. Средства трехмерного моделирования T-FLEX CAD позволяют разработчику легко создавать как простые детали, так и сборочные модели, состоящие из тысяч компонентов. T-FLEX CAD объединяет возможности твердотельного и поверхностного моделирования, позволяя использовать для создания поверхностей тот же набор операций, что и для моделирования твердых тел. Комбинированное использование поверхностного и твердотельного моделирования придает большую гибкость проектным решениям.

Набор специальных команд обеспечивает эффективное моделирование деталей, создаваемых из

листового металла, позволяет получить развертку и оформить чертеж исходной заготовки.

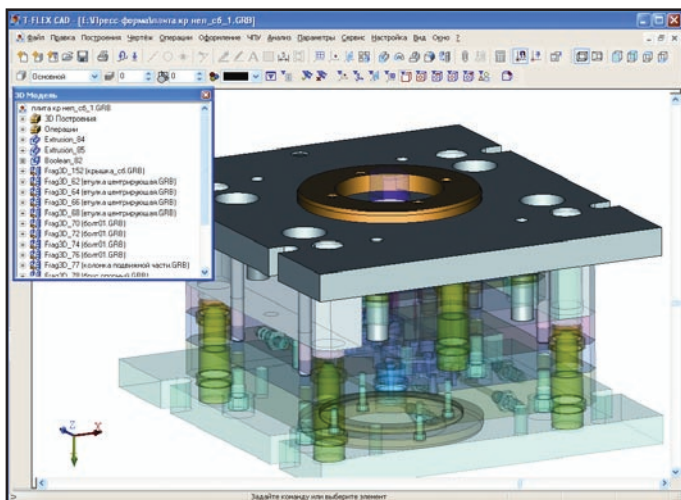
При создании чертежа или 3D модели можно создавать различные виды сварных швов, автоматически строить таблицы сварных швов. Имеется возможность экспортировать список швов во внешний файл и, наоборот, получать данные для таблицы из внешнего источника.

В T-FLEX CAD поддерживается прямое редактирование геометрии трехмерных моделей. При этом сохраняется история всех изменений, чтобы впоследствии все они участвовали в общем пересчете модели. Это может быть полезно, например, при работе с импортированными моделями, когда нет доступа к исходным операциям. Например, можно изменить параметры граней с аналитической геометрией (цилиндр, конус, сфера, тор), или параметры поверхности скругления. Для работы с гранями существует набор специальных команд, таких как расширение поверхности, заполнение области, замена грани, перемещение грани, разделение и т.д. Имеющиеся в системе средства проектирования позволяют разработчикам быстро создавать основную форму детали и легко дорабатывать ее, добавляя как обычные элементы (отверстия, фаски, скругления и др.), так и операции, создающие элементы с более сложной геометрией (тела с параметрическим изменением профиля, сглаживание трех граней, тело по сечениям, уклон граней и др.).

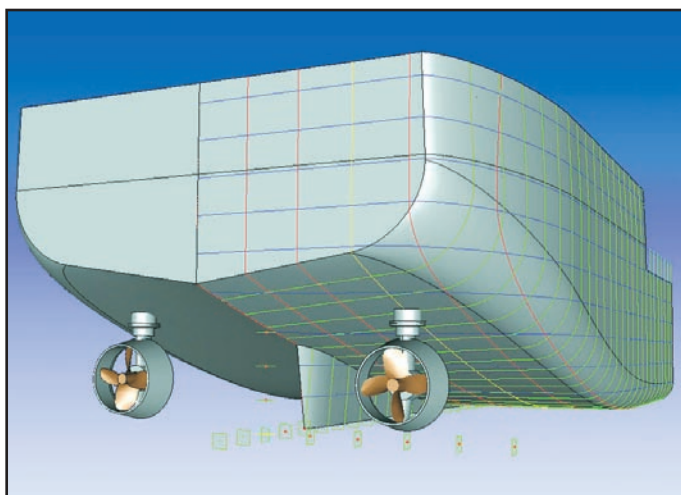
Процедуру внесения изменений в модель T-FLEX CAD значительно упрощает возможность использования параметризации и адаптивных (автоматически изменяемых на основе геометрических параметров) элементов. Эти функциональные возможности позволяют автоматически распространять необходимые изменения по всему проекту. Любой объект модели может быть связан с любым другим объектом. Переменные могут определять любые численные, текстовые и иные параметры, могут быть связаны в любые математические или логические выражения. Возможности параметризации в T-FLEX CAD очень широки, что обеспечивает максимальную эффективность при проектировании моделей с различными исполнениями и набором типоразмеров.

Для управления параметрической моделью пользователь T-FLEX CAD может создать диалоговые окна непосредственно внутри документа. При этом ему не потребуются ни навыки программирования, ни дополнительное программное обеспечение – самостоятельно создавать такие диалоговые окна внутри T-FLEX CAD так же просто и удобно, как и работать с ними впоследствии.

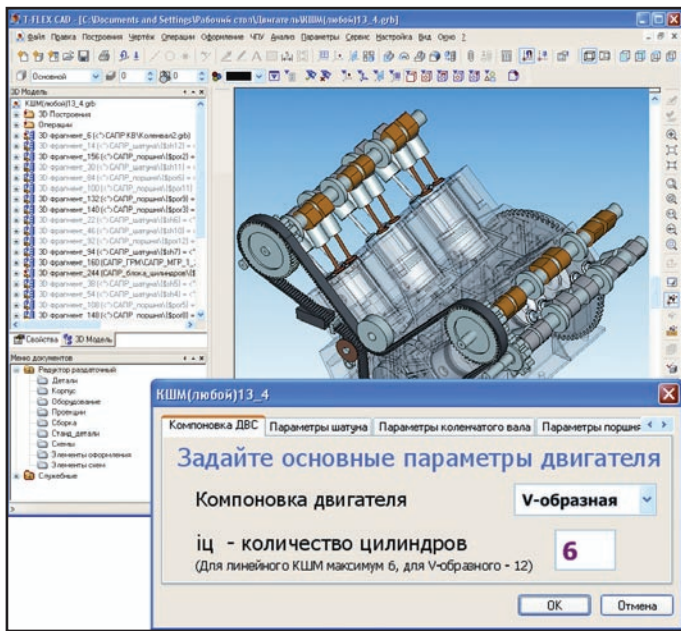
Для создания сборочных трёхмерных моделей в T-FLEX CAD можно использовать различные методы: проектирование «снизу-вверх» (от детали к сборке), «сверху-вниз» (от сборки к детали) или их



Проектирование пресс-формы в T-FLEX CAD



Построение обводов корабля с использованием поверхностного моделирования



Создание параметрической 3D модели двигателя и пользовательского диалогового окна для управления ею

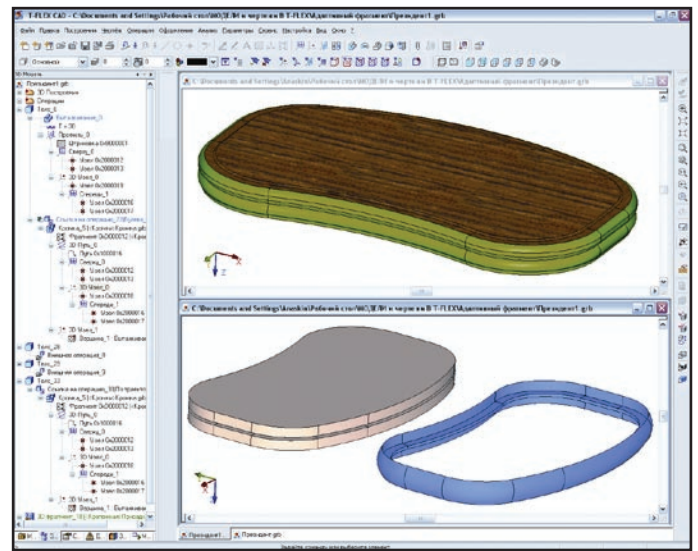
комбинацию. Управление конфигурациями сборки позволяет упростить повторное использование уже созданных компонентов сборки, сохраняя рассчитанную геометрию различных исполнений детали в одном документе. T-FLEX CAD может моделировать движение и взаимодействие твердых тел, позволяя выявлять и устранять недостатки изделия еще на ранних стадиях проектирования.

Использование механизма адаптивных (автоматически изменяемых посредством геометрических параметров) элементов ещё более упрощает редактирование и управление сборочной моделью. Деталь, созданная с использованием данного механизма, при вставке в сборку может «захватить» геометрию объектов, существующих в сборке, и перестроить свои операции на ее основе, т.е. «адаптироваться» к геометрии объектов сборки. Это позволяет использовать любую модель T-FLEX CAD как основу для будущей моделирующей операции. Механизм адаптивных элементов может значительно снизить время проектирования, позволяя пользователям создавать свои собственные операции и библиотеки операций для специализированных приложений.

Для проверки создаваемых моделей непосредственно в T-FLEX CAD можно использовать встроенные модули прочностного экспресс-анализа и динамического экспресс-анализа.

Модуль прочностного экспресс-анализа позволяют разработчику выявить потенциальные недостатки модели в процессе ее проектирования, оценить допустимые нагрузки и возникающие напряжения. Полная версия системы T-FLEX Анализ обеспечивает решение более широкого спектра задач.

Динамический экспресс-анализ позволяет оценить координаты, скорости, ускорения, силы реакций в шарнирах и т.д. Полная версия системы T-FLEX



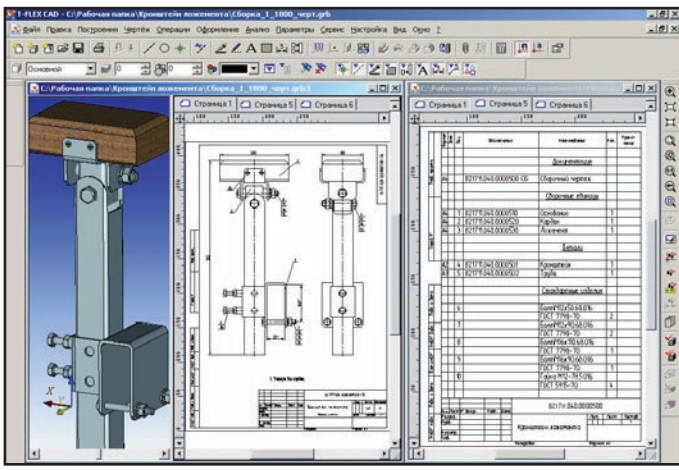
Использования адаптивного фрагмента кромки стола

Динамика отличается более широкими возможностями по способам представления результатов расчёта.

По созданной трехмерной модели можно быстро получить чертежи. T-FLEX CAD поддерживает оформление чертежей в полном соответствии с ЕСКД и международными стандартами (ISO, DIN, ANSI). Система автоматически обновляет чертежи при изменении 3D модели, позволяя быстро создавать стандартные и дополнительные виды, разрезы, сечения, виды с разрывами и изометрические проекции. При создании сечений можно управлять положением секущей поверхности, наборами рассекаемых и не рассекаемых объектов модели. Значительно сократить время создания чертежа позволяют также такие дополнительные возможности, как создание разрезов резьбовых соединений, видов с разрывом для длинномерных деталей, местных разрезов и другие опции.

T-FLEX CAD позволяет создавать двухмерные чертежи и без наличия трехмерной модели. По сравнению с большинством других систем твердотельного моделирования, T-FLEX CAD обладает более широким набором 2D инструментов для создания чертежей деталей со сложной геометрией, включая двухмерную параметризацию, поддерживающую неограниченное количество элементов чертежа. T-FLEX CAD позволяет полностью оформить чертеж, нанося необходимые тексты, размеры, шероховатости, надписи, а также создать автоматически обновляемые спецификации.

Пользователь T-FLEX CAD может создавать параметрические чертежи-сборки, используя двухмерные чертежи деталей со сложными параметрическими отношениями. Изменение созданной таким образом сборки может быть полностью автоматическим, не требующим редактирования отдельных компонентов. Это позволяет избежать рутинных действий при модификации проекта и получении детализированных чертежей. Вместе с



Создания чертежа по 3D модели

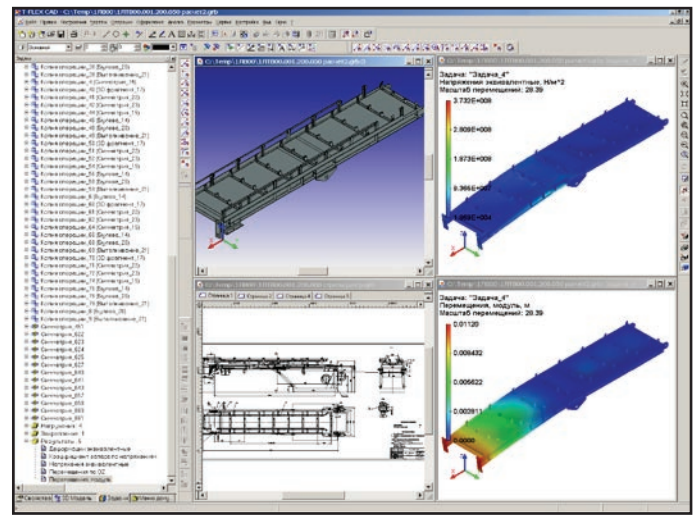
системой T-FLEX CAD поставляется обширный набор библиотек параметрических элементов, куда входят библиотека стандартных элементов, охватывающая более 250 ГОСТов, библиотека конструктивных элементов (отверстия, канавки, элементы валов и т.п), библиотека элементов схем (гидравлика, пневматика, радиодетали, кинематика и т.п.), библиотека станочных приспособлений и другие. Особенностью T-FLEX CAD является возможность создания и редактирования пользователями библиотечных элементов средствами самой системы.

### Система инженерных расчетов конструкций

T-FLEX Анализ предлагает широкий спектр инструментальных средств конечно-элементного анализа, позволяющих разработчикам математически тестировать и анализировать сложные детали и сборки. По результатам математического анализа можно оценить, как будет вести себя модель в реальных условиях ещё до её создания. Это позволяет сократить время разработки изделия, уменьшить стоимость испытаний, улучшить качество продукта, увеличить доход.

Несомненным достоинством T-FLEX Анализ является его полная интеграция с T-FLEX CAD. Модуль анализа использует интерфейс T-FLEX CAD как среду-оболочку. Для выполнения расчётов используется трёхмерная модель T-FLEX CAD (это исключает проблемы с передачей геометрии для расчёта и экономит время подготовки расчётной модели). Все граничные условия (нагрузки, закрепления, температуры и т.д.) задаются непосредственно в T-FLEX CAD 3D, в привычном для пользователя интерфейсе. Между расчётной конечно-элементной моделью и исходной геометрической моделью T-FLEX CAD сохраняется полная ассоциативность. Т.е. изменения, вносимые в исходную модель T-FLEX CAD, автоматически переносятся на сеточную конечно-элементную модель.

T-FLEX Анализ состоит из нескольких специализированных модулей, позволяющих осуществлять различные типы расчётов.



Результаты расчёта в системе T-FLEX Анализ

**Подмодуль статического анализа** позволяет осуществлять расчёт напряжённно-деформированного состояния конструкций под действием приложенных к системе постоянных во времени сил. Эта оценка выполняется обычно с целью проверки принятых конструкторских решений на условие прочности. Также можно учесть напряжения, возникающие по причине температурного расширения/сжатия материала или деформации конструкции на величину известных перемещений.

**Подмодуль частотного анализа** предназначен для расчёта собственных (резонансных) частот колебаний конструкций и соответствующих форм колебаний. Такая задача возникает во многих практических случаях анализа динамического поведения конструкции под действием переменных нагрузок. Наиболее распространена ситуация, когда необходимо проверить возможность возникновения в условиях эксплуатации резонанса. Проверка конструкции на возможность резонансов на стадии проектирования позволяет внести в конструкцию изменения, позволяющие избежать или значительно уменьшить вероятность появления резонансов в процессе эксплуатации.

**Подмодуль анализа устойчивости** используется при проектировании конструкций, эксплуатация которых предполагает продолжительное воздействие различных по интенсивности нагрузок. С помощью данного модуля пользователь может оценить запас прочности по критической нагрузке. Оценив значение критической нагрузки, можно оптимизировать изделие с целью достижения условия надёжности.

**Подмодуль теплового анализа** позволяет проводить оценку температурного поведения изделия под действием источников тепла и излучения. Тепловой анализ может использоваться самостоятельно для расчёта температурных или тепловых полей по объёму конструкции, а также совместно со статическим анализом для оценки возникающих в изделии температурных деформаций.

**Подмодуль анализа вынужденных колебаний** прогнозирует поведение проектируемой конструкции под действием постоянной гармонической нагрузки. Этот тип анализа позволяет оценить резонансные амплитуды, а также виброперегрузки и вибронпряжения в конструкции под действием внешнего гармонического воздействия. Также можно оценить напряжения, возникающие в конструкции под действием вибраций.

Ещё один подмодуль T-FLEX Анализа – **модуль оценки прочности изделия при циклическом нагружении** (модуль анализа на усталостную выносливость) – позволяет спрогнозировать влияние циклических нагрузок на прочность изделия. Регулярная нагрузка и разгрузка со временем ослабляют изделие, даже если возникающие в результате напряжения значительно меньше, чем допустимое предельное напряжение. T-FLEX Анализ имитирует усталость изделия, позволяя оценить выносливость проектируемой конструкции.

**Подмодуль оптимизации** позволяет производить оптимизационные расчёты с использованием результатов конечно-элементных расчётов. Выбор оптимальных параметров проектируемого изделия является важной и сложной задачей. Используя методы оптимизации, разработчики могут улучшить проектируемый продукт, получив в итоге наилучший вариант при минимальной стоимости. Когда разрабатываемое изделие может иметь сотни переменных параметров со сложными взаимозависимостями между ними, найти оптимальный вариант вручную затруднительно. T-FLEX Анализ позволяет автоматизировать итеративный процесс поиска оптимального решения.

Помимо собственно расчётов, T-FLEX Анализ предоставляет качественные и удобные средства для анализа полученных результатов. Модуль анимации позволяет воспроизвести рассчитанное поведение исследуемой модели, с одновременным отображением полей напряжений или перемещений. Решения задачи могут быть сохранены в виде отдельного файла, что позволяет документировать результаты расчетов.

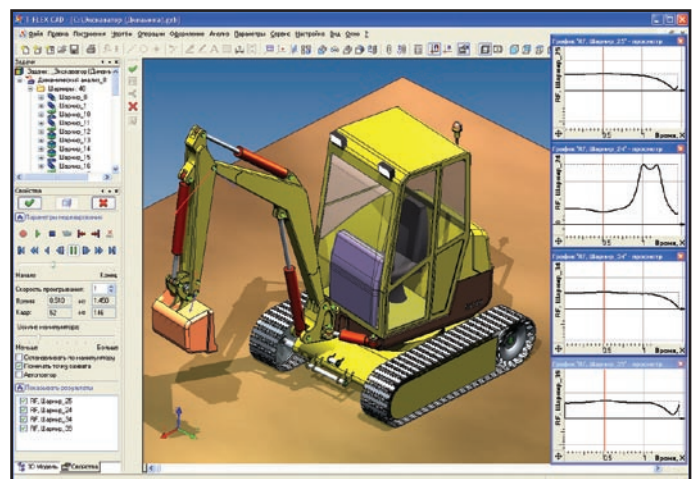
### **T-FLEX Динамика – система динамического исследования пространственных механизмов**

T-FLEX Динамика – дополнительное приложение комплекса T-FLEX CAD, предназначенное для моделирования динамического поведения проектируемых систем. Как и T-FLEX Анализ, модуль T-FLEX Динамика полностью интегрирован с T-FLEX CAD. В нём используются единые с T-FLEX CAD принципы и элементы пользовательского интерфейса, единая геометрическая модель. Так же сохраняется полная ассоциативность расчётных данных с исходной моделью, поддерживается возможность использования результатов динамического расчёта

для проведения дальнейших исследований при помощи других инструментов комплекса.

Модуль T-FLEX Динамика ориентирован на инженеров, производящих анализ механических систем с учётом внешних и внутренних силовых факторов, масс-инерционных характеристик отдельных частей системы, а также характеристик взаимодействия компонентов механической системы. При разработке механической системы (например, автомобильной подвески или шасси самолёта), необходимо точно знать, как будут взаимодействовать между собой её различные компоненты (пневматические, гидравлика, электроника, и так далее), какие усилия, скорости и ускорения эти компоненты развивают в процессе работы. T-FLEX Динамика позволяет спрогнозировать динамику работы проектируемых изделий задолго до их создания “во плоти”. В результате можно найти и исправить ошибки разработки, оптимизировав модель (с целью обеспечения максимальной производительности, безопасности и удобства) ещё на этапе проектирования, без создания и тестирования многочисленных физических прототипов.

Для проведения динамического анализа модель механизма описывается как система твёрдых тел, шарниров и нагрузок, создаваемая на основе трёхмерной геометрической модели T-FLEX CAD. При этом учитываются масс-инерционные характеристики тел трёхмерной модели. Для воспроизведения реальных условий работы исследуемой системы в модуле T-FLEX Динамика можно задавать различные типы шарниров, а также специальные объекты, описывающие силовые взаимодействия между телами – силы, крутящие моменты, и др. При создании геометрической модели системы в T-FLEX CAD, модуль T-FLEX Динамика может автоматически создавать детали, шарниры и контакты динамической задачи, генерируя их на основе сопряжений и геометрии модели (используются геометрические данные ядра Parasolid). Модуль позволяет проводить точный анализ геометрии в



*Результаты динамического анализа модели экскаватора*

области контакта, что даёт ему возможность реалистически моделировать контакты и удары тел. На форму контактирующих тел при этом нет никаких ограничений.

T-FLEX Динамика позволяет оценить траектории движения, скорости и ускорения элементов исследуемой механической системы, временные характеристики системы, а также силы взаимодействия между элементами системы. Численные результаты динамического анализа могут быть представлены в виде графиков или массивов числовых данных. На основе результатов расчёта движения можно “оживить” исследуемый механизм. Синхронизированное построение графика и анимации позволяет сопоставить действующие силы и ускорения с текущими позициями механизма.

Результаты анализа сохраняются в исследуемой модели и могут быть “проиграны” в любой момент времени без необходимости повторного расчёта.

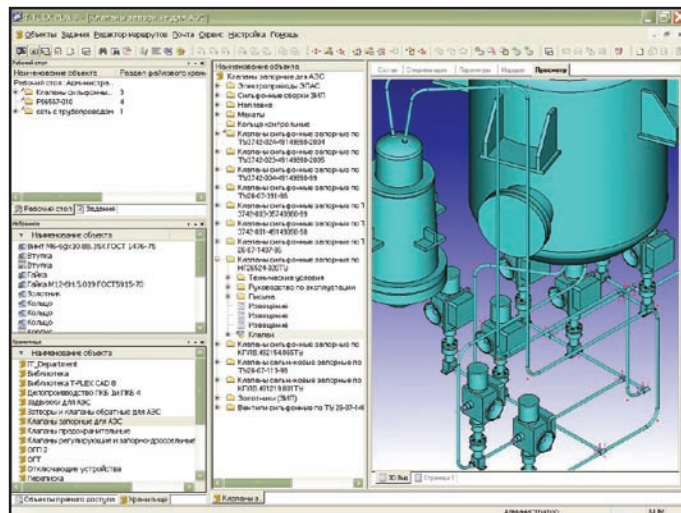
### **T-FLEX DOCs — управление проектами и документооборотом**

Система T-FLEX DOCs предназначена для управления всей информацией об изделии, процедурах и процессах его разработки и технологической подготовки производства. T-FLEX DOCs позволяет автоматически отслеживать состояние работ над каждым документом, автоматически выдавать задания исполнителям, предоставляет данные для оценки сроков отставания от графика работы, оповещает заинтересованных пользователей о завершении отдельных этапов контролируемых бизнес-процессов.

T-FLEX DOCs является информационным ядром комплекса T-FLEX и имеет интеграционные связи с большинством программ комплекса. Это обеспечивает единое защищенное хранение всей информации (как справочных данных, так и файлов), а также распределенный доступ к ней и санкционированное использование в любом подразделении предприятия.

Благодаря глубокой внутренней интеграции с системами проектирования и подготовки производства T-FLEX CAD и T-FLEX Технология, в системе T-FLEX DOCs постоянно происходят процессы появления и преобразования структур разрабатываемых изделий, а также сведений о технологии их производства и сборки. Эти сведения могут быть переданы в различные системы управления производством.

Для обеспечения надежного и безопасного хранения данных система T-FLEX DOCs использует специальное защищенное файловое хранилище. Это позволяет полностью обезопасить хранимую информацию от любого несанкционированного доступа или намеренного повреждения. В системе отсутствуют какие-либо ограничения на структур-



*Работа в T-FLEX DOCs*

ную сложность или количество хранимых объектов. Пользователю предоставляется возможность работать в привычных понятиях: проект, изделие, архив документов, сборка, деталь, покупное изделие и т.д. Любой из хранящихся в T-FLEX DOCs объектов может быть оснащен полным набором описывающей его информации.

Система T-FLEX DOCs осуществляет поддержку канцелярского документооборота и имеет ряд специальных механизмов, ускоряющих выполнение большинства действий, необходимых при регистрации документов. Специальный набор канцелярских параметров может быть добавлен к любому документу системы. Использование этих данных в сочетании с механизмами маршрутизации позволяет автоматизировать контроль прохождения всех традиционных цепочек работы над документом. Кроме этого система T-FLEX DOCs предоставляет в распоряжение пользователя средства настройки механизма назначения доступа. Одним из важнейших средств T-FLEX DOCs является возможность создания, регистрации и использования отчетов принятого на предприятии вида. Система T-FLEX DOCs «умеет» представлять данные множеством различных способов: спецификации, ведомости, перечни, карточки и прочее. Механизм генерации отчетов позволяет получать итоговые документы в формате MS Word, MS Excel, T-FLEX CAD и HTML.

Система T-FLEX DOCs обладает целым рядом специализированных механизмов для поддержки параметрических преобразований деталей и сборок, реализованных в системе проектирования T-FLEX CAD. Специальные методы работы системы позволяют избежать какого-либо копирования документов в процессе их использования. Полностью автоматизированный построитель структуры изделия T-FLEX DOCs автоматически отслеживает принадлежность и местоположение нужных файлов, исключая все возможные конфликтные ситуации, возникающие при их редактировании. В результате работы этого механизма в системе T-FLEX DOCs

ведется автоматическое формирование структуры проектируемого изделия непосредственно в процессе его конструирования.

Одной из наиболее важных особенностей системы T-FLEX DOCs является наличие гибкой и перенастраиваемой встроенной информационной системы, на базе которой организована вся внутренняя работа с параметрами объектов и их структурой. Благодаря этому простому в использовании инструменту, система T-FLEX DOCs может быть организована для работы с данными любой необходимой пользователю структуры. Применение этих механизмов в сочетании с широкими возможностями по настройке пользовательского интерфейса позволяют обеспечить работника всеми данными, которые необходимы ему на каждом этапе управления жизненным циклом выпускаемого изделия.

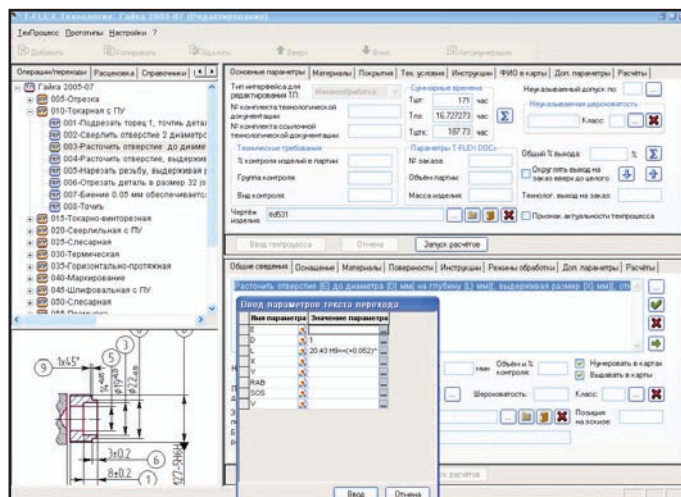
### Технологическая подготовка производства

T-FLEX Технология – полнофункциональная система автоматизированного проектирования, обладающая гибкими современными средствами разработки технологических проектов любой сложности.

Система T-FLEX Технология обеспечивает автоматизированную разработку маршрутной, маршрутно-операционной и операционной технологии. С её помощью можно разрабатывать любые дискретные технологические процессы: заготовительные, механообработки, сборки, штамповки, термообработки, нанесения покрытий, литья, прессования, сварки, окраски, контроля, транспортирования и других. На основе созданных маршрутов обработки и операционной технологии система создает полный комплект документации в соответствии с ЕСТД.

T-FLEX Технология является приложением к PDM-системе T-FLEX DOCs. Благодаря этому в технологическом модуле используется необходимая технологом часть функциональности PDM. В результате создаётся единое информационно-справочное пространство для технологов и конструкторов. Например, с помощью средств T-FLEX DOCs обеспечивается работа с общими для конструкторов и технологов справочными данными. Состав изделия, а также все разрабатываемые технологии сохраняются в общей базе данных на сервере, что при соответствующем разграничении доступа к информации, позволяет организовать коллективную работу над проектами.

Кроме того, система T-FLEX Технология имеет средства обмена информацией с T-FLEX CAD. Например, при формировании текстов переходов технолог имеет возможность считывать сведения о размерах, допусках, шероховатостях и других элементах чертежа непосредственно с модели T-FLEX CAD. Это ускоряет ввод информации и уменьшает количество ошибок.



Формирование текстов переходов в T-FLEX Технология

Для защиты от несанкционированного использования или случайного повреждения в системе T-FLEX Технология имеются развитые многоуровневые средства по защите информации.

Наработанные в диалоговом режиме технологии или их фрагменты можно сохранять как прототипы. В них могут закладываться расчеты, которые при использовании прототипа автоматически проанализируют и изменят параметры переходов и операций, находят необходимую информацию и подбирают оснащение. Сформированная таким образом база знаний становится важным информационным ресурсом предприятия. Ее использование позволяет существенно ускорить процесс принятия решений при проектировании технологических процессов и избежать ошибок при проектировании.

T-FLEX Технология формирует титульные листы, маршрутные, маршрутно-операционные и операционные карты, ведомости и другие технологические документы в не только в полном соответствии с ЕСТД. В базовую поставку входит комплект шаблонов стандартных технологических карт и ведомостей. Кроме того, пользователи имеют возможность создавать нестандартные технологические карты и другие сводные документы по стандартам предприятия.

### Подготовка программ для станков с ЧПУ

Модуль T-FLEX ЧПУ обеспечивает создание программ для контурной и объёмной обработки заготовок, визуализацию траекторий обработки и движения инструмента. Модуль обладает широкими возможностями настройки под конкретное оборудование. Как и остальные модули комплекса, T-FLEX ЧПУ полностью интегрирован с системой T-FLEX CAD.

T-FLEX ЧПУ может поставляться в различных конфигурациях. В базовый модуль данного приложения входят:

редактор режущего инструмента – предназначен для задания конструкторско-технологических параметров режущего инструмента;

редактор пользовательских машинных циклов – позволяет создавать и редактировать машинные циклы стоек управления токарной и сверлильной обработок;

редактор постпроцессоров – предназначен для создания и редактирования пользовательских постпроцессоров для всех видов обработки;

имитатор обработки без съема материала – служит для быстрой предварительной оценки пользователем результатов его деятельности.

К базовому модулю можно подключить любой набор из следующих методов обработки: электроэрозионной и лазерной обработки (2D, 2.5D и 4D резание); 2D, 2.5D, 3D и 5D фрезерования, точения, 2D и 5D-сверления, гравировки. Возможно также создание специализированных программ для обработки кулачков, газовой или гидроструйной резки.

Таким образом, T-FLEX ЧПУ позволяет создавать управляющие программы для всех наиболее распространенных в машиностроении видов обработки.

### **Электроэрозионная и лазерная обработки**

Управляющие программы, созданные в T-FLEX ЧПУ для электроэрозионной обработки, позволяют выполнять различные отверстия и пазы произвольной формы и размера, вырезаемые проволокой в заготовках матриц, штампов, шаблонов, фасонного режущего инструмента и других деталей. Лазерная обработка, основанная на съеме материала тепловым лучом, позволяет получать отверстия и пазы произвольной формы, выполнять фигурную резку деталей и заготовок, гравировать текст.

### **Токарная обработка**

Модуль токарной обработки T-FLEX ЧПУ позволяет создавать управляющие программы для обработки наружных и внутренних поверхностей вращающихся заготовок любой сложности неподвижным инструментом, операции отрезки, осевого сверления (обычного и глубокого), нарезания резьбы резцом или метчиком, точения диаметральные и торцевых канавок и др.

### **Сверлильная обработка**

В системе T-FLEX ЧПУ можно использовать заранее заготовленные циклы простого и глубокого сверления, нарезания резьбы, развертывания и другие. Система имеет ряд специализированных машинных циклов для различных стоек (OLIVETTI, BRADLEY, POWER AUTOMATION, 2C42 и других), а редактор пользовательских машинных циклов позволяет дополнить этот список.

### **2.5D-фрезерование и гравировка**

Данный вид обработки применяется для фрезерования плоских поверхностей (контуров) произвольной формы с произвольными направляющими. Пользователь может создавать управляющие программы для фрезерования контуров, послойного фрезерования, задавать обработку различных технологических элементов (карманов, колодцев, островов и других). При дополнительном задании геометрии для контурного фрезерования в системе T-FLEX ЧПУ можно получить управляющую программу для гравировки текста и графических изображений.

### **3D-фрезерование**

T-FLEX ЧПУ позволяет создавать управляющие программы для зонной обработки твердых тел и их сечений (обработка ограниченной поверхности тела), выполнять различные технологические переходы (обработку колодцев, подборку ребер, расчет спиралевидной траектории для обработки тел вращения, высокоскоростное черновое и чистовое фрезерование и другие).

### **5D-фрезерование**

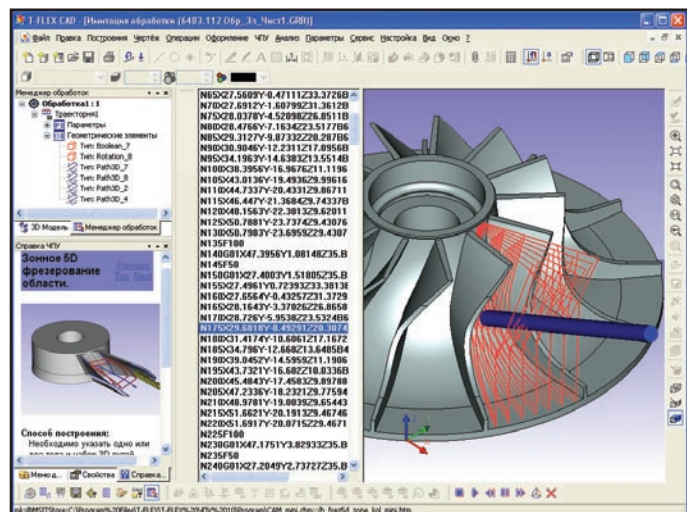
Данный вид фрезерования применяется для объемной обработки поверхностей и твердых тел с расширенными возможностями определения положения инструмента относительно обрабатываемой детали. В системе возможно непрерывное и позиционное 5D-фрезерование с параметрическим определением зон фиксирования наклона инструмента.

### **5D-сверление**

С помощью модуля пятикоординатного сверления T-FLEX ЧПУ пользователь может рассчитать траектории сверления для произвольно ориентированных в пространстве отверстий. В системе присутствует набор машинных циклов 5D-сверления, торцовки, глубокого сверления, нарезания резьбы метчиком и растачивания.

### **Обработка кулачков**

Обработка кулачков является отдельным видом обработки, который предназначен для фрезерования секторных и замкнутых тел вращения. При этом рассчитываются концентрические проходы, расположенные в плоскостях, ортогональных к оси вращения детали. Формообразующее перемещение инструмента производится аналогично перемещению толкателя во время работы кинематической пары.



Пример обработки в T-FLEX ЧПУ



## **T-FLEX NC Tracer - система имитации обработки со съемом материала.**

Существует три версии системы T-FLEX NC Tracer, различающиеся типом визуализируемых обработок:

**T-FLEX NC Tracer 2D** – имитация токарной обработки, с возможностью визуализации растачиваний, осевого сверления, точения канавок в осевом отверстии и т.д.;

**T-FLEX NC Tracer 3D** – имитация 2.5D-, 3D-фрезерования и 2D-сверления;

**T-FLEX NC Tracer 5D** – имитация 2.5D-, 3D-, 5D-фрезерной обработки и 2D-, 5D-сверления, включая 2D- и 3D-фрезерные обработки, происходящие в различных, непараллельных плоскостях.

Системы T-FLEX NC Tracer предоставляют возможность технологу-программисту проверить управляющие программы до начала их использования в действующем производстве. Тем самым существенно экономится время и средства на стадии доводки управляющих программ.

## **Открытость комплекса T-FLEX**

Широкие возможности комплекса T-FLEX позволяют использовать его как платформу для создания пользовательских прикладных систем различного направления, а также обеспечить возможность обмена данными с другими программами.

Прежде всего, к таким возможностям относится возможность обмена данными с другими приложениями с помощью широкого спектра форматов данных (DXF, DWG, IGES, Rhino, Parasolid, STEP, STL, WMF и т.д.). Это позволяет согласовывать работу T-FLEX CAD практически с любым самостоятельным профессиональным приложением в области проектирования.

Однако оптимальным решением является прямая программная интеграция с системами комплекса T-FLEX, которая может быть выполнена на различных уровнях и различными средствами, в том числе с помощью прямого доступа к их внутренним функциям, а также использование технологии ActiveX. Основные системы комплекса T-FLEX: T-FLEX DOCs, T-FLEX CAD, T-FLEX Технология построены на открытых технологиях. Это позволяет расширять возможности комплекса как силами разработчиков, так и самими пользователями. Системы комплекса имеют открытый API-интерфейс, основанный на технологии .NET, и позволяют использовать любые языки программирования (C++, Visual Basic, C#, ...), которые поддерживают данную технологию. Во всех системах есть возможность написания макросов для расширения уже имеющегося функционала. Помимо программного интерфейса, системы комплекса имеют развитые внутренние средства пользовательского интерфейса для возможности расширения функциональности систем без программирования.

## **Прикладные программы T-FLEX**

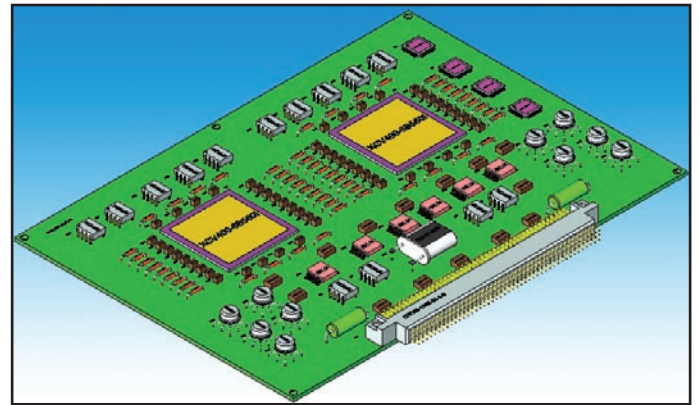
Из ряда наиболее известных приложений к системе T-FLEX CAD можно назвать следующие:

T-FLEX/Раскрой — система оптимизации раскройки листового материала;

T-FLEX/Штампы — система проектирования штампов для холодной листовой штамповки;

T-FLEX/Пружины — система расчета и конструирования упругих элементов;

T-FLEX/Пресс-формы — система проектирования пресс-форм для литья термопластов под давлением; множество специализированных приложений, созданных в отделах САПР различных предприятий.



*Пример разработки 3D модели печатной платы в T-FLEX  
Печатные платы*

Отдельно следует упомянуть новую систему T-FLEX Печатные платы, созданную специально для тех пользователей T-FLEX CAD, которые разрабатывают электронные блоки с печатными платами. Результатом её работы является трехмерная модель печатной платы с установленными на ней электрорадиоэлементами, то есть 3D-модель сборки электронного устройства.

Специалисты в России, странах СНГ и дальнем зарубежье (США, Италия, Польша, Германия, Китай и др.) используют продукты T-FLEX в самых различных отраслях промышленности. Это общее машиностроение и приборостроение, аэрокосмическая, автомобильная и судостроительная отрасли, проектно-строительные организации.

Системы T-FLEX применяются в технической подготовке основного производства, при создании всего комплекса необходимого инструмента и оснастки, для организации единого информационного пространства технических подразделений предприятия. Ориентируясь на продукцию фирмы «Топ Системы», предприятие может решить весь комплекс проблем, связанных с автоматизацией подготовки производства, повысить эффективность работы и обеспечить высокий уровень качества своей продукции.