

Система T-FLEX

Российская фирма "Топ Системы" разработала систему автоматизированного проектирования T-FLEX CAD. В настоящее время эта фирма предлагает целый комплекс интегрированных программных средств для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства (рис. 19).

В системе используется геометрическое ядро Parasolid фирмы Unigraphics Solutions, что позволяет создавать модели сложной геометрии и делает инструменты T-FLEX эффективными не только для машиностроения, строительства, радиотехники, но и для авиа-, судостроения.

Программные продукты T-FLEX решают следующие задачи:

- В области CAD: 2D и 3D моделирование с использованием новейших технологий параметризации, ассоциативных сборок, диалогового управления проектами и другими специальными инструментами; подготовка конструкторской документации (чертежи, спецификации и т.д.) в соответствии со всеми Российскими стандартами; поддержка стандартных форматов XT, IGES, STEP, STL, DXF, DWG.
- В области CAM: Технологическая подготовка производства, подготовка программ для станков с ЧПУ и проверка программ имитацией обработки.
- В области CAE: Конечно-элементный анализ изделий. Визуализация напряжений и деформаций конструкции. Расчеты на прочность, динамический и кинематический анализы. Расчеты зубчатых передач, пружин. Оптимизация листового раскроя. Поддержка инженерных решений при проектировании штамповой технологической оснастки, пресс-форм для термопластавтоматов, электродвигателей.

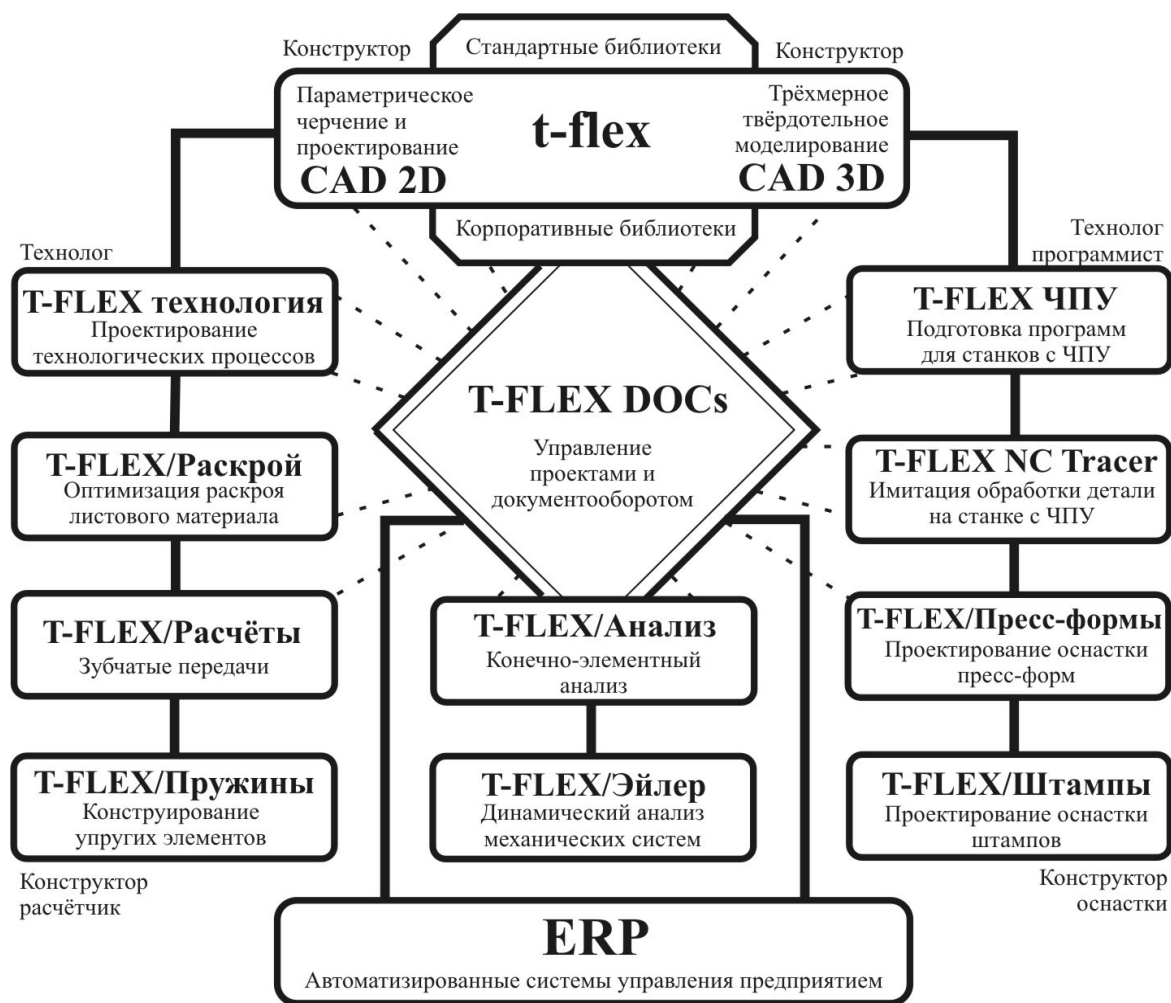


Рис. 19. Состав системы CAD/CAM T-FLEX

- В области TDM/PDM: Технологическая подготовка производства, создание технологической и нормативно-метровой документации, управление проектами и техническим документооборотом.

Можно выделить несколько основных положений, которые делают предлагаемый комплекс программных средств T-FLEX наиболее привлекательным для российских предприятий:

1. Все системы, входящие в комплекс, полностью интегрированы между собой, то есть передача информации от одной системы к другой осуществляется за счет внутренней связи между модулями.
2. Комплекс содержит передовые российские разработки в соответствующих областях автоматизированного проектирования, которые учитывают специфику российского производства (стандарты, технические условия, оборудование и т.д.).
3. Каждая из систем может работать в комплексе, в любой комбинации или в автономном режиме, что позволяет гибко и поэтапно решать задачи автоматизации подготовки производства любого предприятия.

4. Наличие модуля технологической подготовки производства, полностью интегрированного с системой проектирования изделия, делает этот комплекс уникальным на рынке средств автоматизации проектирования и подготовки производства.

5. Все системы имеют русскоязычный интерфейс и документацию на русском языке, могут быть адаптированы разработчиками к условиям любого производства.

6. Техническая поддержка осуществляется разработчиками систем, что качественнее поддержки дилера или дистрибьютора.

7. Важным фактором является стоимость комплекса. При одинаковой функциональности стоимость российских систем значительно ниже, чем аналогичных западных систем. Среди российских разработок в области САПР комплекс T-FLEX также выделяется более низкой стоимостью программных продуктов.

8. Открытый программный интерфейс систем комплекса позволяет предприятиям и независимым разработчикам разрабатывать (или интегрировать) свои приложения и программы подготовки производства.

T-FLEX сегодня — это целый комплекс интегрированных программных средств автоматизации, позволяющих охватить все этапы конструкторско-технологической подготовки производства.

T-FLEX CAD

T-FLEX CAD - система параметрического автоматизированного проектирования и черчения. Система T-FLEX CAD проста в использовании. При этом она обеспечивает высокую степень гибкости и возможность изменения изображения при сохранении соотношений между элементами, предусмотренных разработчиком за счет механизма параметризации чертежа. T-FLEX CAD позволяет использовать конструктору в CAD-программе опыт работы на кульмане.

Параметрическое проектирование в T-FLEX CAD базируется в первую очередь на новой геометрической модели. Эта модель позволяет наполнить понятие «параметризация» существенно более глубоким, чем это принято в других системах, содержанием. Под параметризацией подразумевается, прежде всего, многократное использование чертежа с возможностью изменения его параметров.

При построении параметрического чертежа в T-FLEX CAD изображение вначале строится с использованием линий построения, с помощью которых определяются основные взаимосвязи между геометрическими элементами чертежа (рис. 20).

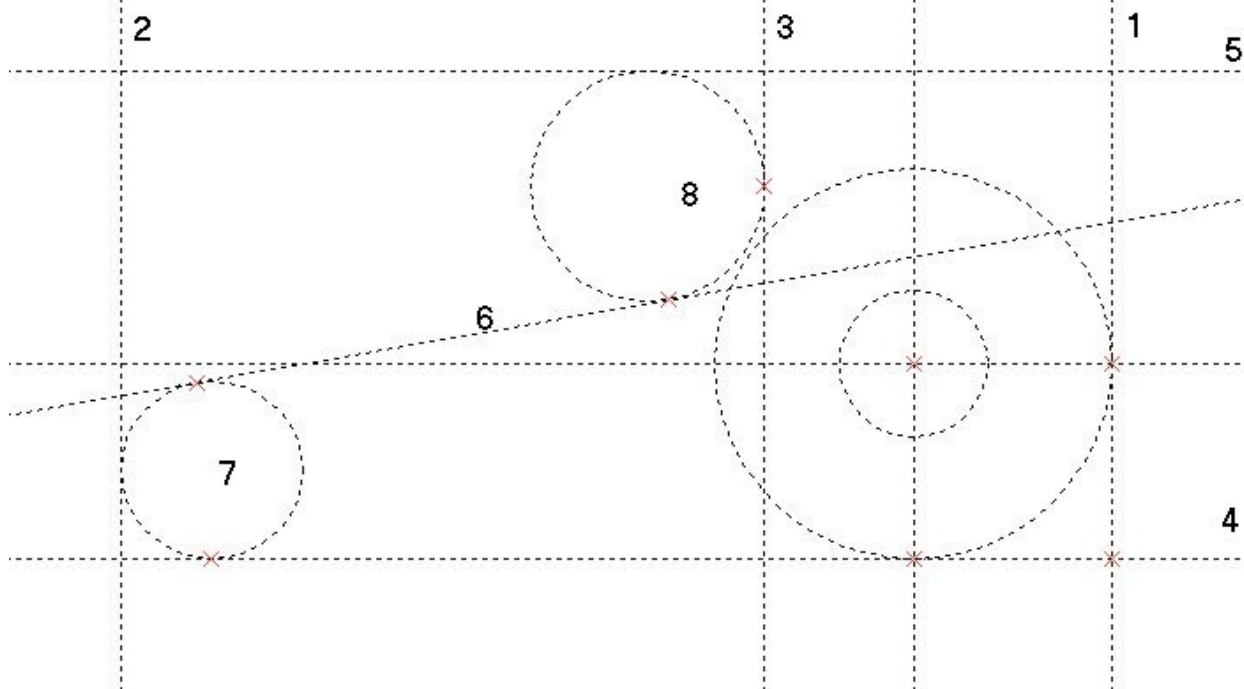


Рис. 20. Линии построения чертежа

На рис. 20 взаимно перпендикулярные линии 1 и 4 приняты за базовые, а точка их пересечения образует базовый узел чертежа. Вертикальные линии 2 и 3 построены относительно линии 1 и являются параметрически связанными с ней, аналогично горизонтальная линия 5 параметрически связана с линией 4.

Окружность 7 построена так, чтобы одновременно касаться линий 2 и 4, а окружность 8 – линий 3 и 5. Наклонная линия 6 является касательной одновременно к окружностям 7 и 8. Все эти построения в T-FLEX CAD выполняются с использованием простых и естественных приемов.

Требуемое изображение получается путем обводки нужных участков линий построения (рис. 21). При этом конструктор может использовать весь набор стандартных линий черчения разного цвета. При печати чертежа линии построения не изображаются.

Если на полученном чертеже перемещать зависимые линии построения, то элементы чертежа будут взаимосвязано изменяться. При этом все взаимосвязи между элементами чертежа сохраняются. Перемещением линий построения можно изменять как размеры, так и форму вычерченной детали, что даёт большие возможности для трансформации чертежа при модернизации объекта проектирования.

T-FLEX CAD позволяет получать сложные параметрические чертежи, в которых его отдельные части могут быть взаимосвязаны. Связь можно задать как через геометрическую зависимость, так и через значения параметров. При этом обеспечивается удаление невидимых линий в случае, если отдельные части чертежа перекрывают друг друга. Уровень вложенности отдельных частей чертежа не ограничен. Меняя параметры сборочного чертежа, можно оперативно получить готовые

чертежи нового проектируемого изделия. Одновременно с измененным сборочным чертежом вы получите и чертежи его составных частей (деталей), а также другие сопутствующие документы.

Наряду с параметрическим проектированием, в T-FLEX CAD широко применяется метод быстрого создания непараметрических чертежей так называемых эскизов. Этот метод позволяет создавать чертежи аналогично большинству широко известных CAD-систем, используя стандартный набор функций создания различных геометрических примитивов: дуг, окружностей, отрезков и т.д.

Эскизирование является более быстрым способом создания чертежа, однако, такие чертежи не обладают преимуществом эффективного изменения параметров (размеров), поэтому этот метод рекомендуется использовать в тех случаях, когда не требуется существенной последующей модификации.

Трехмерная версия T-FLEX CAD 3D позволяет получать параметрические трехмерные модели. Созданные в системе трехмерные твердотельные модели легко модифицируются. При параметрическом изменении двумерного чертежа автоматически изменяется его трехмерное представление и наоборот.

На основе двумерного чертежа в T-FLEX можно построить пространственную модель. Это традиционный способ построения пространственной модели и он поддерживается в данной системе. Для

построения трёхмерной модели используется новое окно 3D-модели, в которое переносятся геометрические элементы двумерного чертежа.

Для привязки плоского чертежа к пространственному, на плоском чертеже необходимо указать координатные плоскости пространственной системы координат. Такое указание осуществляется путем назначения соответствия между изображенными на чертеже видами и проекциями пространственного объекта на координатные плоскости.

После этого элементы чертежа переносятся в пространство (в окно) трехмерной модели путем построения 3D-узлов, 3D-контуров и других пространственных элементов. Например, для построения 3D-узла в окне трехмерной модели можно указать в окне чертежа две проекции этого узла, после чего изображение трёхмерного узла в окне модели будет построено автоматически.

Построение объемной модели выполняется с использованием двух базовых операции: вращение и выталкивание. Путем вращения заданного контура вокруг заданной оси в трехмерном пространстве получается тело вращения. Если произвести операцию выталкивания замкнутого пространственного контура в заданном направлении на заданную величину, то будет получено пространственное призматическое тело.

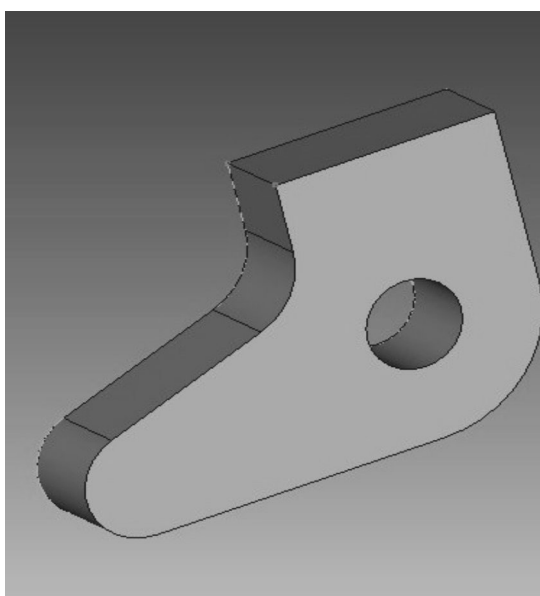


Рис. 22. 3D-модель

Для получения пространственного тела сложной конфигурации выполняются Булевы операции над элементарными пространственными телами, полученными в результате базовых операций.

Пример построения 3D-модели по двумерному чертежу показан на рис. 22. 3D-модель выполнена на основе проекции на рис. 21. Модель получена с использованием операции пространственного выталкивания контура, образующего проекцию детали. При этом все параметрические

связи, определённые для чертежа на рис. 21 остаются справедливыми для объемной модели на рис. 22. Перемещение линии построения на проекции рис. 21 ведёт к адекватному изменению объемной модели.

Современная T-FLEX CAD система сразу предлагает работать непосредственно в трехмерном пространстве. В пространстве выбирается рабочая плоскость, и на этой плоскости строится пространственный контур для последующего 3D построения пространственного тела. На основе любой грани созданного тела можно продолжить построения. При этом доступны все 2D команды, включая полный набор параметрических средств, которыми известен T-FLEX CAD.

Из объёмных моделей отдельных деталей можно создавать сборку. Сборочный чертёж узла или механизма становится объёмным. В сборочных моделях существенно упрощена стыковка деталей друг с другом. При вставке, например, болта достаточно указать место стыковки. Трёхмерная сборка в T-FLEX CAD является полностью параметрической — она состоит из отдельных параметрических деталей, связанных между собой. Это означает, что при изменении размера или положения какой-либо детали, другие будут автоматически

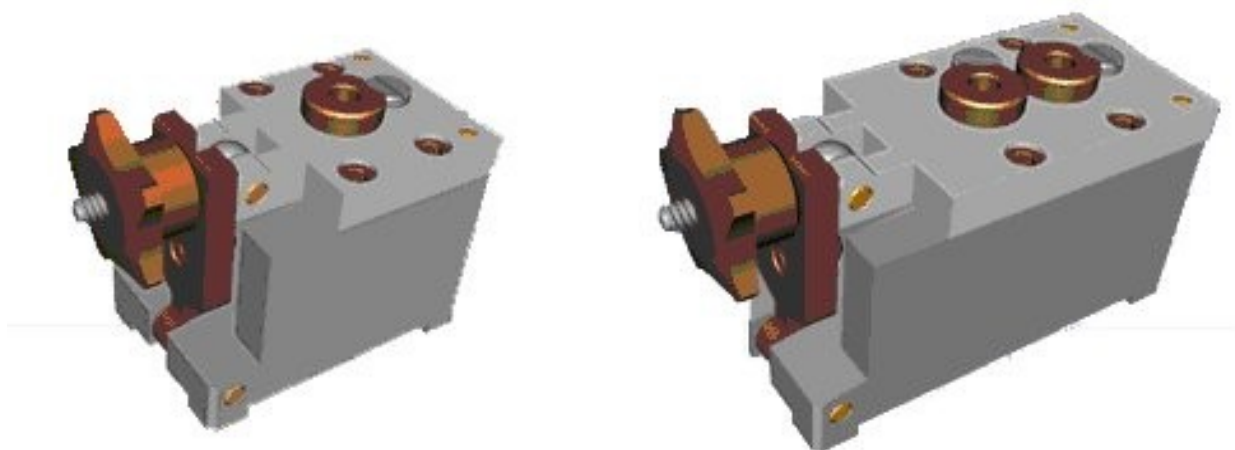


Рис. 23. Трёхмерная сборка кондуктора для сверления

скорректированы.

В качестве примера на рис. 23 показана трёхмерная параметрическая сборка кондуктора для сверления отверстий в деталях. На левом рисунке показан кондуктор для сверления одного отверстия, а на правом — для двух отверстий. Изменение конструкции при проектировании осуществляется простым добавлением в первую сборку направляющей втулки и изменением длинового размера кондуктора.

Проектирование может осуществляться как от детали к сборке, так и наоборот. В последнем случае конструктор создает проект сразу как сборочный. Все детали при этом проектируются в рамках сборки, а их геометрические элементы (грани, ребра и т.д.) могут быть использованы для проектирования других деталей. Любая деталь может быть

выгружена в отдельный файл, и использоваться для получения чертежей или вставки в другие сборки. При этом она остается в исходной сборке, и будет автоматически обновляться.

Подсистема создания спецификаций автоматически сгенерирует спецификацию, которая будет параметрически связана с моделью, а специальная команда выведет фотореалистичное изображение модели с учетом материалов каждой детали.

В современной T-FLEX CAD сохранились все функции по созданию трехмерных моделей на основе двухмерных чертежей. Таким образом, у пользователя есть выбор: работать по старой схеме – от 2D к 3D, или перейти к новой – непосредственный ввод 3D-модели. Оба метода могут использоваться комбинированно.

ТехноПро – универсальная система технологического проектирования и подготовки производства

Система *ТехноПро*, входящая в состав ранних версий T-FLEX, обеспечивает проектирование операционной технологии: заготовительные операции, операции механической и термической обработки, нанесения покрытий, слесарные, технического контроля, сборки и другие. Система формирует технологические процессы, включающие: наименования операций, оборудование, приспособления, вспомогательные материалы, формирует тексты переходов, рассчитывает технологические размеры с учетом припусков на обработку, обеспечивает подбор режущего, измерительного и вспомогательного инструментов, а также обеспечивает расчеты режимов обработки, норм изготовления и расхода материалов.

ТехноПро выдаёт операционные, маршрутно-операционные и маршрутные технологические карты, карты контроля, ведомости оснастки, титульные листы и другие технологические документы. Обеспечивает создание технологических документов произвольных форм с использованием шаблонов Microsoft Word.

Разработка технологического процесса ведётся в режиме диалога технолога с программой. Проектирование ведётся на основе ранее разработанных и типовых технологических процессов, хранящихся в базе данных системы.

Технолог корректирует общий техпроцесс, добавляя недостающие операции и удаляя ненужные. При этом добавление операций может оговариваться определёнными условиями, например, размерами заготовки. Можно оговорить выбор инструмента на основе определённых расчётов.

После заполнения *Общего ТП* можно переходить к автоматическому проектированию ТП на изготовление конкретных деталей. Для этого вводятся конкретные размеры детали, подлежащей изготовлению, и программа генерирует технологический процесс для этой детали. Система *ТехноПро* при формировании ТП проверяет все заданные условия и выполняет имеющиеся в них расчёты и подбор инструмента, а также автоматически формирует тексты переходов, заменяя в них параметры на их значения.

ТП можно просмотреть и при необходимости подкорректировать в диалоговом режиме. Нажав кнопку выдачи на печать, пользователь может получить ТП в любых формах технологических карт в виде файлов Microsoft Word (рис. 24).

ГОСТ 3.1404-86													Форма 1а		САПР									
Дубл.																								
Взам.																								
Подл.																								
ТехноПро																		2						
																	111-999							
																	Тройник							
А	Цех	Уч	РМ	Опер.	Код, наименование операции										Обозначение документа									
Б	Код, наименование оборудования											СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Клт	Тпз	Тшт		
Р					ПН	Д	или В	L	T	i	S	N	V	O	To/мин	Tв/мин								
А	2			025	Сверлильная																			
Б	Вертикально-сверлильный																							
О	1	Сверлить отверстие 108 мм по разметке																						
О	2	Острые кромки притупить																						
А	2			030	Контрольная																			
О	1	Контролировать притупление кромок																						
А	2			035	Вытяжка																			
Б	Пресс вытяжной ОМ-15-20																							
О	1	Отбортовать горловину диаметром 108 мм																						
Т	РП. Пуансон D=95																							
А	2			040	Контрольная																			
О	1	Контролировать овальность 6% = 6 мм, горловины, торцев, высоту горловины 15 (±2) мм, радиус																						
О	перехода 8 мм																							
А	2			045	Правка																			

Рис. 24. Пример технологической карты на обработку тройника

Автоматическое проектирование ТП хотя и является наиболее эффективным режимом работы в системе *ТехноПро*, но не является единственным. Пользователи могут выбирать метод проектирования и вид взаимодействия с системой в зависимости от решаемых задач, например: могут проектировать сборочные ТП в диалоге, технологию изготовления корпусных деталей в полуавтоматическом режиме, тел вращения в автоматическом режиме.

Система *ТехноПро* создана как средство существенно ускоряющее и упрощающее проектирование технологии, расчеты режимов и норм, технологических размерных цепей, формирование текстов переходов,

выбор необходимой оснастки и инструментов, формирование документации и операционных эскизов.

Технологическая информация, создаваемая в технологической системе при проектировании техпроцессов, сохраняется в единой базе данных системы PDM T-FLEX DOCs и может передаваться в системы управления производством (ERP). Эта информация может накапливаться в единой для всех пользователей базе данных или в распределенных базах данных, что характерно для крупных предприятий. Система документооборота T-FLEX DOCs имеет прямой доступ к данным технологических процессов, тем самым, обеспечивая прозрачность процессов проектирования для всех его участников.

Для решения современных задач проектирования предлагается система **T-FLEX Технология** (эта система входит в современную версию T-FLEX и основана на системе *ТехноПро*), которая позволяет осуществить параллельную работу конструкторских и технологических подразделений предприятия. Конструктор создает чертежи изделия в T-FLEX CAD, затем эти чертежи поступают к технологу, который связывает параметры конструкции с исходными данными для формирования технологических операций, вносит недостающую технологическую информацию (сведения об элементах конструкции).

Таким образом, исходные данные система считывает с конструкторского чертежа и далее использует для расчета параметров технологических процессов изготовления изделия. Любые изменения размеров, допусков, шероховатостей или других обозначений на чертеже приведут к перерасчету параметров переходов. Совместное использование данных систем также позволяет избежать двойного ввода информации и избежать ошибок связанных с «человеческим фактором».

T-FLEX Технология обеспечивает автоматизированную разработку маршрутной, маршрутно-операционной и операционной технологии, включая операции: заготовительные, механической и термической обработки, нанесения покрытий, слесарные, технического контроля, сборки и любые другие. T-FLEX Технология проектирует дискретные технологические процессы, такие как: заготовительные, механообработка, сборка, обработка на токарных автоматах, штамповка, термообработка, гальваника, литье, прессование, сварка, окраска, сборка печатных плат, контроль, транспортирование, складирование и т.п.

Диалоговый режим обеспечивает формирование ТП путем выбора необходимых операций, переходов и оснастки из справочников

системы, причем создаваемые таким образом технологические процессы могут служить основой для перехода в дальнейшем к проектированию с использованием прототипов техпроцессов. Используя диалоговые средства системы можно добавлять или изменять операции, переходы, их последовательность и технологическое оснащение в них.

Выбор технологического оснащения производится из информационной базы системы. В ней содержатся справочники составляющих технологических процессов: описание технологических операций, характеристики оборудования, приспособлений, вспомогательные материалы, тексты переходов, режущие, измерительные, вспомогательные инструменты, заготовки, комплектующие для сборочных технологических процессов.

Средства проектирования дополнены базами данных, содержащими расчеты режимов обработки, трудоёмкости, межоперационных размеров, расхода материалов. Базы данных открыты для изменения и добавления методик, расчетных алгоритмов и табличных данных.

Для работы с множеством технологических процессов и представления их в виде сводных документов используется система T-FLEX DOCs. Средства T-FLEX DOCs позволяют представить технологические процессы в виде дерева изделия с привязкой к каждой детали соответствующего техпроцесса.

При этом автоматизируются процессы подготовки сводных документов: формирование расцеховок, ведение дерева техпроцессов, производственные спецификации и т.п. Система формирует операционные, маршрутно-операционные и маршрутные технологические карты, титульные листы, расцеховки и другие технологические документы.

T-FLEX ЧПУ — подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ

Для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ фирма «Топ Системы» предлагает систему T-FLEX ЧПУ. Эта система полностью интегрирована с [T-FLEX CAD](#) и характеризуется наличием сквозной параметризации. Это значит, что разработчик имеет возможность, параметрически изменяя чертеж детали в системе [T-FLEX CAD](#), автоматически получать изменения и в управляющей программе.

Система T-FLEX ЧПУ поставляется в двух вариантах: T-FLEX ЧПУ 2D и T-FLEX ЧПУ 3D. В T-FLEX ЧПУ 2D можно

программировать 2.5-ую координатную фрезерную обработку, а в T-FLEX ЧПУ 3D - 3-х и 5-ти координатную фрезерную обработку.

Базовый модуль системы T-FLEX ЧПУ содержит:

- математическое ядро, интегрированное с Parasolid;
- редактор для разработки инструмента, используемого при обработке конкретной детали и для создания инструментальных баз данных;
- модуль генерации постпроцессоров, позволяющий создавать свои постпроцессоры благодаря использованию табличных настроек, макросов и прямого программирования;
- библиотека постпроцессоров, которая содержит порядка 150 готовых постпроцессоров, среди которых:
- эмулятор обработки, отображающий процесс обработки по сгенерированной управляющей программе.

В T-FLEX ЧПУ можно программировать следующие виды обработки на станках и другом оборудовании с ЧПУ.

Токарная обработка (2D-обработка) — это обработка наружных и внутренних, цилиндрических и конических, фасонных и торцовых поверхностей. В связи со спецификой конфигурации обрабатываемых объектов, представляющих собой тела вращения, проектирование процесса обработки сводится к решению задач на плоскости и в осевом сечении.

Сверлильная обработка (2.5D-обработка) — это сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание отверстий и нарезание в них резьбы. В случае использования станков с ЧПУ при данной обработке не применяются разметка и кондукторы. На оборудовании подобного класса возможна комплексная сверлильно-расточная обработка заготовок различной конфигурации и степени точности.

Фрезерная обработка — самый распространенный вид обработки, при которой применяются станки с ЧПУ. В системе T-FLEX ЧПУ имеется возможность проектировать процесс обработки и генерировать управляющие программы для следующих типов фрезерной обработки:

- 2.5D-фрезерование — применяется для обработки цилиндрических и линейчатых поверхностей (контуров) с произвольными направляющими, которые либо параллельны оси инструмента, либо образуют с ней постоянный угол в нормальном сечении.

- 3D-фрезерование — предназначается как для объемной обработки любых поверхностей и твердых тел. Кроме того, система T-

FLEX ЧПУ предлагает возможность зонной обработки твердых тел, сечений, «колодцев» и подборку ребер.

- 5D-фрезерование — предназначается для обработки поверхностей торцовой либо боковой частью инструмента в тех случаях, когда применение обычной объемной обработки невозможно или неэффективно.

Электроэрозионная обработка — служит для получения, как сквозных цилиндрических отверстий, так и отверстий с произвольным контуром, а также узких прямолинейных или криволинейных щелей в заготовках для изготовления матриц, штампов, фасонного режущего инструмента, шаблонов, контршаблонов и других изделий. Для этого используют электроэрозионное вырезание непрофилированным электродом-проволокой.

Лазерная обработка основана на съеме материала при воздействии на него концентрированными лучами лазера. Данный метод применяют для получения отверстий простой и фасонной формы при обработке алмазов, рубинов, керамики, твердых сплавов и других труднообрабатываемых материалов. В последнее время лазерная обработка широко используется для фигурной резки, например, при изготовлении паркета, декоративных решеток и т. д.

После запуска проинсталлированной на компьютере системы **T-FLEX ЧПУ** на экране появится рабочее окно T-FLEX CAD, в котором появляются дополнительные пункты меню (рис. 25). В этом окне пользователь сможет проводить все этапы проектирования от создания рабочего чертежа детали до автоматической генерации управляющей программы. Имеется возможность индивидуальной настройки системы **T-FLEX ЧПУ** под конкретного пользователя.

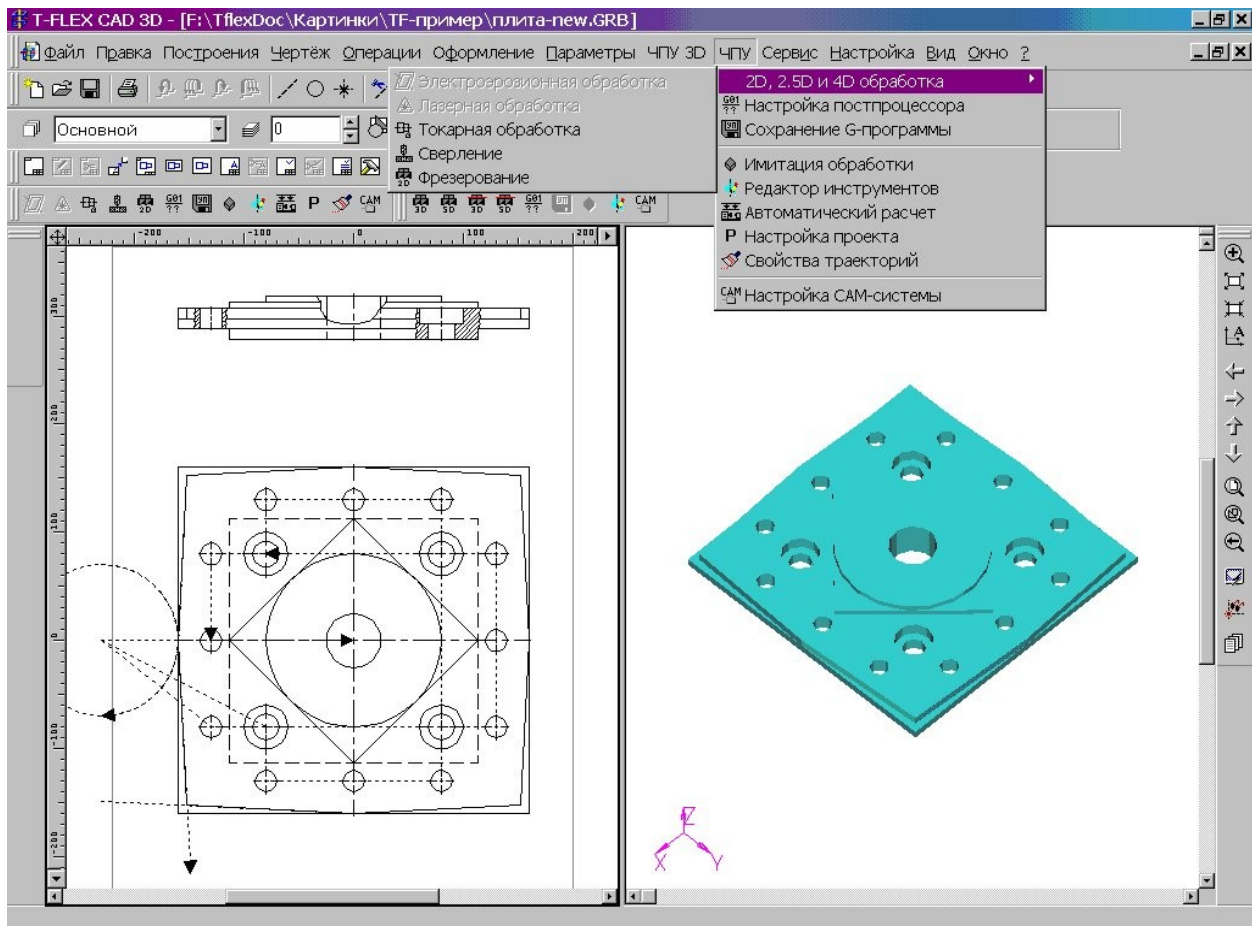


Рис. 25. Вызов T-FLEX/ЧПУ

Перед началом создания траектории обработки, а в дальнейшем и конкретной управляющей программы, рекомендуется настроить постпроцессор для требуемого вида обработки и создать файл с инструментом (если таковой ещё не имеется) для механической обработки.

Для проектирования режущего инструмента и создания баз данных по инструментам предназначен редактор инструментов. Конкретный инструмент либо выбирается из базы данных, либо задаётся заново. Для выбранного инструмента можно задать конкретные размеры и затем сохранить описание инструмента в файле.

В базе данных имеется следующий инструмент: для фрезерной обработки; для сверлильной обработки; для токарной обработки. При проектировании инструмента необходимо выбрать тот тип, который необходим для используемой обработки.

После этих действий появится окно, содержащее эскиз выбранного инструмента с параметрами предустановленными по умолчанию. В этом окне пользователь и проводит весь процесс проектирования нового или редактирования старого инструмента. Для этого необходимо просто изменять параметры, которые присутствуют в

окне и отображены графически на эскизе инструмента (рис. 26). Спроектированный инструмент сохраняется в файле и может повторно использоваться.

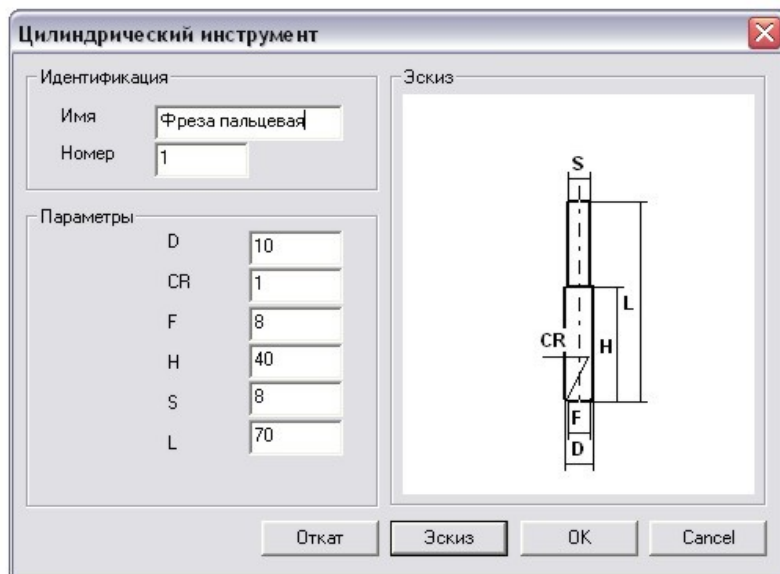


Рис. 26. Окно редактора инструментов

Затем технолог проектирует траекторию движения инструмента. Для этого загружается чертёж обрабатываемой детали и на нем указывается обрабатываемая поверхность или обрабатываемый контур. Для траектории задаются параметры,

определяющие режимы обработки.

После разработки и сохранения траектории генерируется управляющая программа для используемого при обработке станка с тем постпроцессором, с которым работает УЧПУ данного станка.

Разработанная программа может быть проконтролирована с использованием имитатора обработки. В окне имитатора воспроизводится объемная картина движения инструмента относительно обрабатываемой заготовки и изменения формы детали. При этом предусмотрены широкие возможности для настройки имитатора.

T-FLEX Анализ - интегрированная среда конечно-элементных расчетов

Для решения задач инженерного анализа «Топ Системы» предлагает специализированную среду конечно-элементных расчетов **T-FLEX Анализ**. Модули конечно-элементного анализа интегрированы непосредственно в систему 3D моделирования [T-FLEX CAD 3D](#). Пользователь [T-FLEX CAD 3D](#) создает в среде моделирования объемную модель. Непосредственно в интерфейсе [T-FLEX CAD 3D](#) присутствует специальное меню, используя команды которого, пользователь может осуществить конечно-элементное моделирование поведения изделия в различных постановках физических задач. Весь

процесс осуществляется непосредственно в [T-FLEX CAD 3D](#), в привычном для пользователя интерфейсе.

В системе обеспечивается ассоциативная связь расчетной математической модели с пространственной моделью анализируемого объекта. Т.е. пользователь может, например, изменить размеры анализируемого изделия, обновить конечно-элементную модель, и сразу же получить результаты расчета измененной модели.



Рис. 27. Структура системы T-FLEX Анализ

Структура системы конечно-элементных расчётов показана на рис. 27. *T-FLEX Анализ* организован по модульному принципу, что позволяет в зависимости от решаемых задач выбрать один или несколько из четырех расчетных модулей.

Типичный порядок работы расчетчика с системой *T-FLEX Анализ* состоит из нескольких этапов. На первом этапе необходимо построение трехмерной модели изделия в T-FLEX CAD 3D. На втором этапе

необходимо осуществить генерацию сеточной конечно-элементной модели изделия с помощью модуля «Препроцессора» *T-FLEX Анализ*. Генерация сеточной модели предусматривает создание конечно-элементной сетки, отражающей геометрию изделия и наложения граничных условий, определяющих физическую задачу, подлежащую решению.

Третий этап осуществления расчетов выполняется с использованием модуля «Процессора» *T-FLEX Анализ*. В «Процессоре» осуществляется генерация расчетных систем уравнений и их решение. Результатами работы конечно-элементного «Процессора» *T-FLEX Анализа* являются значения искомых целевых функций, таких, как, например, перемещения и напряжения при статическом анализе, или собственные частоты и формы колебаний при частотном.

Для всестороннего анализа результатов работы «Процессора» используется «Постпроцессор» системы конечно-элементных расчетов *T-FLEX Анализ*. «Постпроцессор» позволяет пользователю после завершения расчетов осуществить всестороннее изучение полученных результатов. «Постпроцессор» *T-FLEX Анализа* обладает набором удобных пользовательских функций, таких как анимация, отображение деформированного состояния, настраиваемые шкалы, многооконный интерфейс, зондирование результатов и др.

В целом пакет *T-FLEX Анализ* позволяет решать следующие задачи:

Статический анализ — позволяет осуществлять расчет напряженного состояния конструкций под действием приложенных к системе постоянных во времени сил. Пользователь может оценить прочность разработанной им конструкции по допускаемым напряжениям, определить наиболее слабые места конструкции и внести необходимые изменения (оптимизировать) изделие.

Частотный анализ — позволяет осуществлять расчет собственных (резонансных) частот конструкции и соответствующих форм колебаний. Осуществляя проверку наличия резонансных частот в рабочем частотном диапазоне изделия и оптимизируя конструкцию таким образом, чтобы исключить возникновение резонансов, разработчик может повысить надежность и работоспособность изделия.

Анализ устойчивости — важен при проектировании конструкций, эксплуатация которых предполагает продолжительное воздействие различных по интенсивности нагрузок. С помощью данного модуля пользователь может оценить запас прочности по т.н. «критической нагрузке» - нагрузке, при которой в конструкции могут

скачкообразно возникнуть значительные неупругие деформации, зачастую приводящие к ее разрушению или серьезному повреждению.

Тепловой анализ - модуль обеспечивает возможность оценки температурного поведения изделия под действием источников тепла и излучения. Тепловой анализ может использоваться самостоятельно для расчета температурных или тепловых полей по объему конструкции, а также совместно со статическим анализом для оценки возникающих в изделии температурных деформаций.

Используя модуль конечно-элементных расчетов T-FLEX Анализ, пользователь T-FLEX CAD получает возможность осуществлять различные виды инженерных расчетов для сложных машиностроительных конструкций - на прочность, устойчивость, резонансные частоты и теплопроводность.

T-FLEX/ Эйлер — комплекс динамического анализа многокомпонентных механических систем

Система **T-FLEX/ Эйлер** — совместная разработка специалистов компаний "Топ Системы" и "АвтоМеханика", объединяющая T-FLEX CAD 3D и специализированный комплекс динамического анализа многокомпонентных механических систем (ММС) "Эйлер". С помощью T-FLEX CAD 3D создается пространственная твердотельная модель механической системы, которая затем передается в комплекс Эйлер. На геометрическую модель накладываются кинематические и динамические связи (шарниры, кинематические пары, силы, моменты и проч.), начальные условия, гравитация и др.

Программный комплекс Эйлер предназначен для моделирования динамического поведения ММС в трехмерном пространстве. Это могут быть как простейшие, так и сложные механические системы, состоящие из множества жестких или деформируемых тел, связанных шарнирами и силовыми элементами (пружины, амортизаторы и т.д.), например, автомобиль, составной автопоезд, самолет и др.

Эйлер автоматически сформирует точные в рамках классической механики уравнения движения в соответствии с описанием модели. Если в процессе движения механической системы происходят изменения в ее структуре, например, разрушаются или заклиниваются какие-то шарниры, то соответствующие уравнения будут автоматически переформированы. Переформирование уравнений происходит достаточно быстро и не вызывает заметных задержек в процессе расчета.

При проведении исследований пользователь может наблюдать движение механической системы на нескольких видах. Каждый вид может иметь собственную пространственную привязку, ракурс и масштаб. Одновременно пользователь может отобразить графики ускорений, скоростей, расстояний, углов и сил, возникающих в механической системе в процессе движения.

Программный комплекс *T-FLEX/ Эйлер* может использоваться при проектировании, отработке, испытаниях и доводке изделий. Использование программного комплекса позволяет уже на ранних стадиях проектирования получить достоверную информацию о поведении и силовой нагрузке создаваемых изделий, а также быстро проводить исследования нештатных ситуаций, возникающих в процессе эксплуатации существующих изделий.

Инженерный справочник для комплекса T-FLEX

В T-FLEX CAD 3D существует набор "словарей", откуда можно получать информацию для любых текстовых полей документов системы. Такими полями, в частности, являются графы штампа чертежа, ячейки спецификации, технические требования и т.п. В большом числе случаев в эти поля необходимо заносить данные о тех материалах, которые используются при изготовлении изделия. Кроме того, конструктор или технолог нуждается не только в формировании стандартного обозначения материалов или сортаментов, но и в получении различных его характеристик – прочностных, теплофизических, технологических и других.

Словари лишь частично позволяют решить такие задачи. Поэтому в современную версию T-FLEX интегрирован "Инженерный справочник". Инженерный справочник разработан и поддерживается фирмой "ARPIUS" и содержит справочные данные о материалах, используемых в производстве. Этот справочник весьма полный, только для сталей и сплавов на их основе приводятся данные по 560 маркам. Для всех материалов приводятся технические характеристики и сведения по поставщикам и сортаментам.

На каждый материал заведена своеобразная "карточка" свойств, в которой содержится информация об обозначении материала и документе на его поставку, физические и физико-механические данные для разных состояний, сведения об области применения материала и другие данные. Каждый вид сортамента снабжен списками типоразмеров, выпускаемых отечественной и зарубежной промышленностью.

В процессе работы инженеры постоянно сталкиваются с тем, что необходимо быстро произвести те или иные "прикладные" расчеты - проверить прочность выбранного соединения или спроектированной детали, подобрать диаметр резьбы крепежного изделия для выбранных условий эксплуатации, перевести физический параметр из одной системы единиц измерений в другую. Чтобы облегчить эту работу, в Инженерный Справочник включен *Модуль инженерных расчетов*, который содержит свыше 130 иллюстрированных расчетных формул, а также модули пересчета.