

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный технический университет

С. Е. Пекарчик

Моделирование и инженерный анализ в примерах

Методическое пособие

для студентов направления 1-40 01 02-01

«Информационные системы и технологии (в проектировании и производстве)»

специальности 1-40 01 02

«Информационные системы и технологии (по направлениям)»

Учебное электронное издание

Минск ◊ БНТУ ◊ 2008

УДК 658.512.26

Автор:

С.Е. Пекарчик

Рецензенты:

А.А. Калина, доцент кафедры «Детали машин и подъемно-транспортные механизмы и машины» БНТУ, кандидат технических наук

Ю.Е. Лившиц, доцент кафедры «Робототехнические системы» БНТУ, кандидат технических наук

Методическое пособие содержит инструкции по работе с программными продуктами комплекса T-FLEX CAD/ CAM/CAE/CAPP/PDM и, в частности, со средой трехмерного параметрического проектирования T-FLEX CAD и модулем инженерного анализа T-FLEX Анализ. Рассматриваются основы проектирования двухмерных и трехмерных моделей и проведения инженерных расчетов на примере программных продуктов T-FLEX и путем импорта модели в расчетные модули других разработчиков. В каждой инструкции приведены теоретические сведения и порядок выполнения работы.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017) 292-77-52 факс (017) 292-91-37
Регистрационный № БНТУ/ФИТР50 – 2.2008

© БНТУ, 2008

© Пекарчик С. Е., 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
УПРАЖНЕНИЕ 1 – РАБОТА С ГРАФИЧЕСКИМИ 2D-ПРИМИТИВАМИ ..	7
1.1 Задача	7
1.2 Справочные сведения.....	7
1.3 Создание параметрического чертежа втулки	9
УПРАЖНЕНИЕ 2 – ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГРАФИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ.....	14
2.1 Задача	14
2.2 Справочные сведения.....	14
2.3 Оформление чертежа при помощи элементов графического оформления	14
УПРАЖНЕНИЕ 3 – СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА	16
3.1 Задача	16
3.2 Справочные сведения.....	16
3.3 Задание параметров чертежа	17
УПРАЖНЕНИЕ 4 – ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ В ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ.....	20
4.1 Задача	20
4.2 Справочные сведения.....	20
4.3 Создание базы данных параметрического чертежа	21
УПРАЖНЕНИЕ 5 – СОЗДАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ В T-FLEX CAD ..	25
5.1 Задача	25
5.2 Справочные сведения.....	25
5.3 Создание сборочного чертежа на основе фрагментов.....	26

УПРАЖНЕНИЕ 6 – СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЧЕРТЕЖА	29
6.1 Задача	29
6.2 Справочные сведения	29
6.3 Создание трехмерной параметрической модели на основе двухмерной	31
УПРАЖНЕНИЕ 7 – СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ СБОРКИ	36
7.1 Задача	36
7.2 Справочные сведения	36
7.3 Создание сборочной 3D-модели	37
УПРАЖНЕНИЕ 8 – ПРОВЕДЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В T-FLEX АНАЛИЗ	47
8.1 Задача	47
8.2 Последовательность решения задачи в T-FLEX Анализ	47
8.3 Выполнение расчета	49
8.4 Оценка статической прочности по результатам моделирования	58
УПРАЖНЕНИЕ 9 – РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СЖАТОГО ПРЯМОГО СТЕРЖНЯ В T-FLEX АНАЛИЗ	62
9.1 Задача	62
9.2 Выполнение расчета	62
9.3 Оценка устойчивости по результатам моделирования	69
УПРАЖНЕНИЕ 10 – ЭКСПОРТ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ T-FLEX CAD В ANSYS	71
10.1 Задача	71
10.2 Форматы экспорта-импорта моделей из T-FLEX CAD в ANSYS	71
10.3 Экспорт модели из T-FLEX CAD	72
10.4 Параметры экспорта моделей из T-FLEX CAD	73
10.5 Импорт файлов формата IGES в среду ANSYS	77

УПРАЖНЕНИЕ 11 – ЭКСПОРТ МОДЕЛИ T-FLEX CAD В СРЕДУ NASTRAN	79
11.1 Задача	79
11.2 Экспорт модели T-FLEX CAD в NASTRAN	79
ЛИТЕРАТУРА	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Примеры чертежей деталей.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Параметры экспорта моделей T-FLEX CAD в формат STEP.....	85

ВВЕДЕНИЕ

В пособии рассматриваются основные моменты создания двухмерных и трехмерных моделей в T-FLEX CAD: понятия, базовые и вспомогательные 3D операции, использование параметризации при создании двухмерных чертежей и моделей, а также примеры создания моделей.

Расчетные модули T-FLEX Анализ и T-FLEX Динамика комплекса T-FLEX ориентированы на широкий круг пользователей, которым по роду их деятельности приходится сталкиваться с необходимостью оценки поведения изделий в условиях различных физических воздействий. Они ориентированы на неспециалиста в области конечно-элементного анализа и не требуют от пользователя специфических знаний в области математического моделирования для эффективного использования системы. Тем не менее, корректность получаемых в результате математического моделирования результатов и их правильная оценка в значительной степени определяются квалифицированным подходом пользователя к формулировке решаемых с помощью T-FLEX Анализ и T-FLEX Динамика физических задач.

В данной работе были рассмотрены состав и основные моменты работы с расчетными модулями комплекса T-FLEX, а также основные виды расчетов и последовательность их выполнения.

УПРАЖНЕНИЕ 1 – РАБОТА С ГРАФИЧЕСКИМИ 2D-ПРИМИТИВАМИ

1.1 Задача

Создание двухмерного параметрического чертежа в T-FLEX CAD.

1.2 Справочные сведения

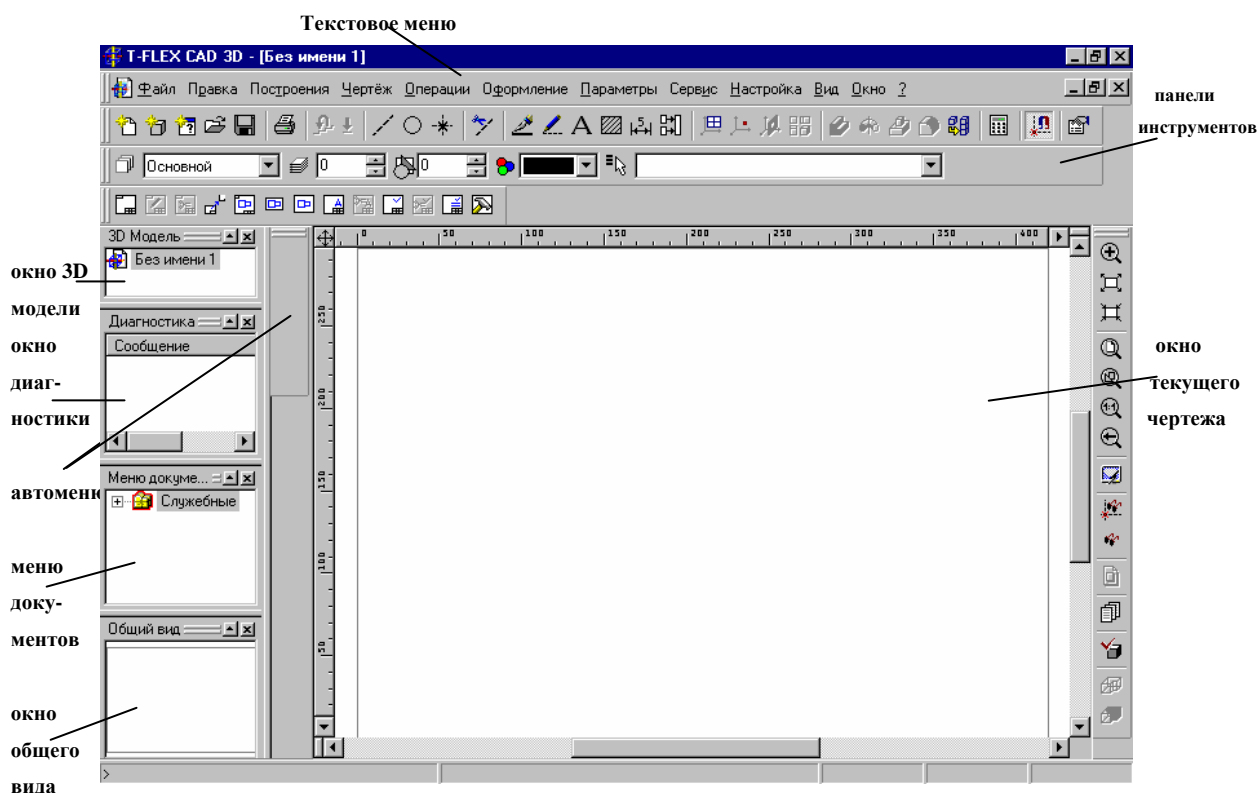


Рисунок 1 – Общий вид окна T-FLEX CAD

Вызов команды в T-FLEX CAD осуществляется 3 способами:

- 1) при помощи главного меню;
- 2) нажатием кнопки на инструментальной панели;
- 3) с помощью функциональных клавиш.

При задании команды с помощью функциональных клавиш необходимо, чтобы система находилась в состоянии выполнения другой команды (статусная строка должна быть пустой).

При создании чертежа в T-FLEX CAD используются несколько типов элементов.

Таблица 1 – Типы элементов, используемых при построении чертежа в T-FLEX CAD

Тип элемента	Назначение	Отображение на экране	Вывод на печать
<p>1. Элементы построения (линии построения и узлы)</p>	<p>Формируют каркас чертежа. С их помощью устанавливается взаимосвязь элементов построения и определяется порядок расчета положения элементов изображения при параметрическом изменении чертежа.</p>	<p>В виде штриховых линий</p>	<p>Выводятся при необходимости</p>
<p>2. Элементы изображения (линии изображения, размеры, тексты, штриховки, допуски формы и расположения поверхностей и т.д.)</p>	<p>Формируют изображение чертежа. Они могут “привязываться” к элементам построения. В этом случае, при изменении положения элементов построения, элементы изображения изменяют свое положение, что и является основной идеей параметризации в T-FLEX CAD.</p>	<p>Линии изображения – сплошные основные, сплошные тонкие, штриховые, штрихпунктирные линии. Штриховки и заливки – замкнутые одноконтурные или многоконтурные области, заполненные различными способами. Текст отображается различными шрифтами Размеры, шероховатости, допуски формы и расположения поверхностей, надписи – совокупность линий и текстовой информации.</p>	<p>Выводятся</p>
<p>3. Вспомогательные элементы</p>	<p>Содержат вспомогательную информацию о чертеже Переменная задает негеометрические зависимости между значениями различных параметров чертежа. База данных – таблица, содержащая информацию в упорядоченном виде. Отчет служит для создания разнообразных текстовых документов с использованием переменных системы.</p>	<p>Отображаются в специальных редакторах</p>	<p>Выводятся</p>

1.3 Создание параметрического чертежа втулки

Рассмотрим в качестве примера деталь, изображенную на рисунке 1. Создадим в T-FLEX CAD чертеж этой детали.

Последовательность действий для построения параметрического чертежа втулки описана в таблице 2. Колонки «Операция» и «Команда/ Клавиатура/Иконка» содержат название команды, пункта меню, сочетания клавиш и изображение пиктограммы на панели инструментов, при помощи которых можно выполнить данную команду. Третья колонка содержит описание последовательности действий для выполнения данной команды. Полученный в T-FLEX CAD чертеж можно сверить с изображением в колонке «Результат».

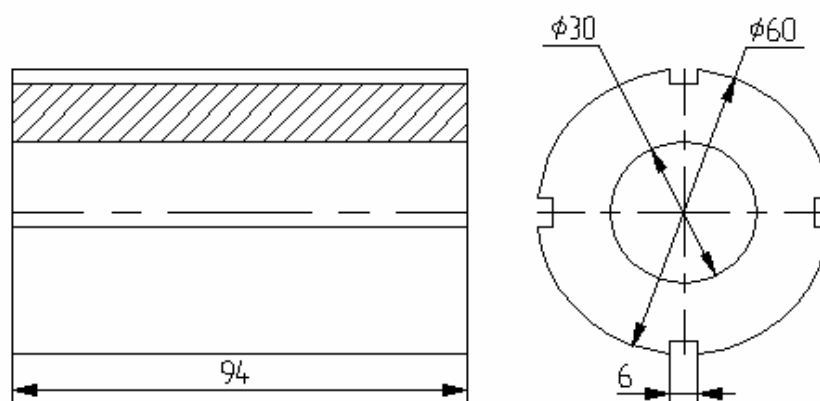

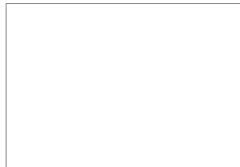
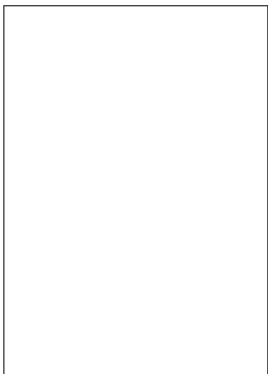


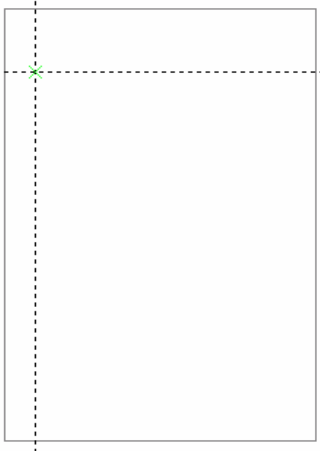




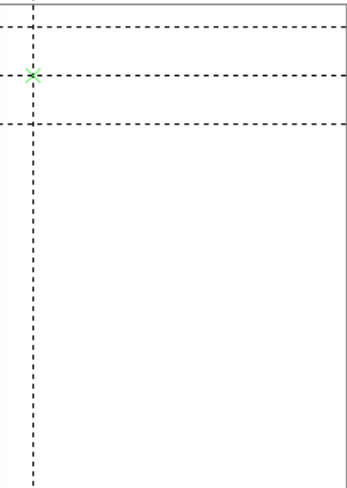


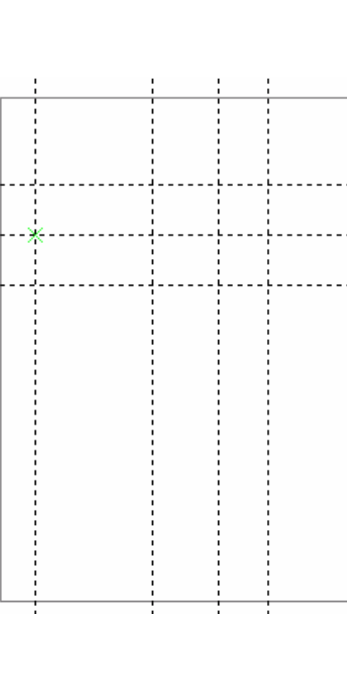


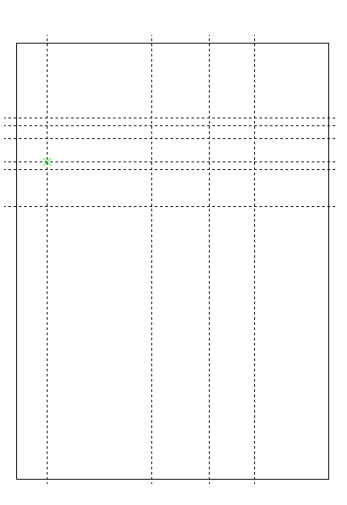




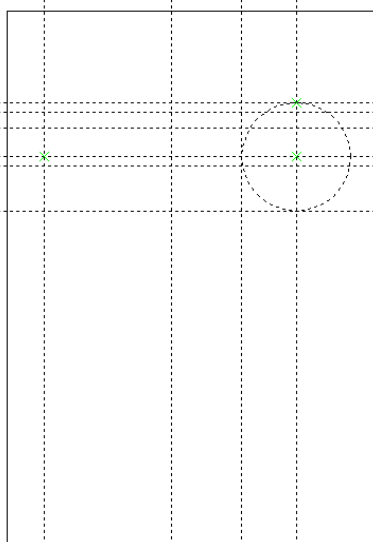



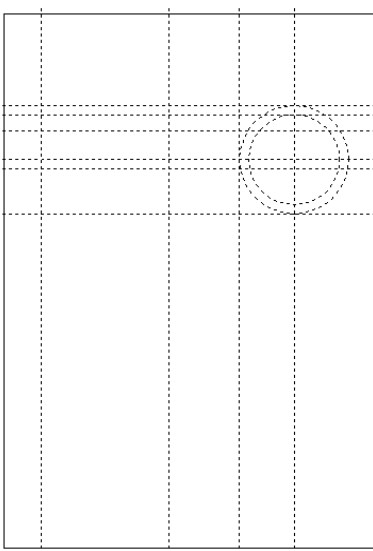



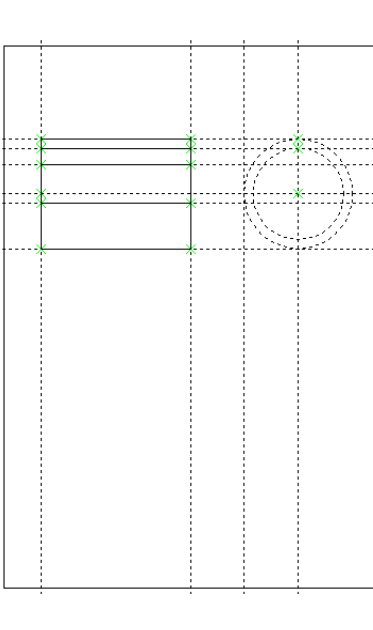
Рисунок 2 – Втулка



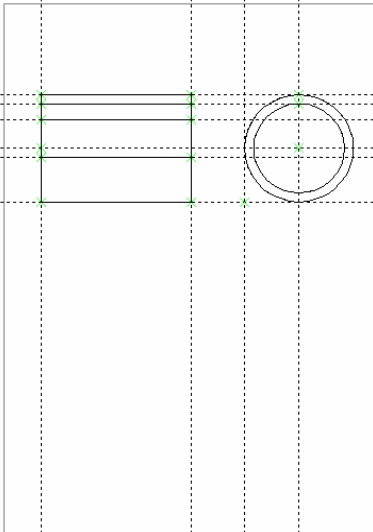


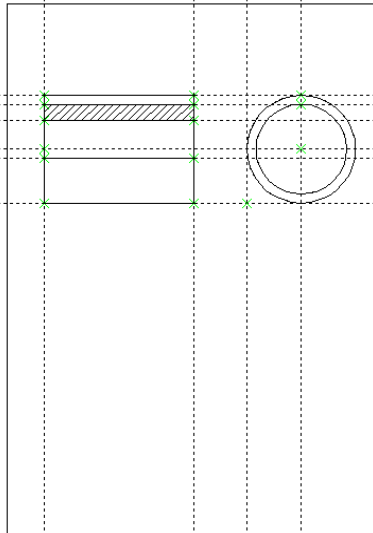

Для изображения всех конструктивных особенностей заданной детали достаточно двух видов: слева и спереди. Начнем с построения главного вида втулки. Вначале выполним построения в тонких линиях (линиях построения), а затем обведем их линиями изображения.

Таблица 2 – Последовательность действий для построения параметрического чертежа втулки

Операция	Команда/ Клавиатура/ Иконка	Описание	Результат
1. Создать новый чертеж	Файл/ Новый чертеж Ctrl+N 		
2. Задать параметры документа	Настройка/ Статус - 	В появившемся окне диалога задайте формат чертежа А4, ориентация вертикальная. Нажмите кнопку <ОК>.	
3. Создать точку привязки для фрагмента	Построения/ Прямая/ Создать две перпендикулярные прямые и узел/ Создать точку привязки для фрагмента L / X   	При перемещении курсора по полю чертежа появилось перекрестье двух перпендикулярных прямых. Подведите курсор в верхнюю часть чертежа и нажмите левую клавишу мыши. Если операция выполняется при помощи клавиатуры, то после нажатия последовательности клавиш L / X подведите курсор в то место, где необходимо создать точку привязки и нажмите клавишу <F>. Для выхода из команды нажмите правую кнопку мыши или клавишу Esc.	
4. Создать прямую, параллельную выбранной	Построения/ Прямая/ Выбрать прямую привязки L / L  	Подведите курсор к горизонтальной линии и нажмите левую клавишу мыши. Линия высветится. Относительно нее будет создана новая. Переместите курсор выше и нажмите клавишу <P> или пиктограмму P: . Задайте расстояние равным 30 и нажмите <ОК>. Это внешний радиус втулки.	

<p>5. Создать симметричную прямую</p>	<p>Построения/ Прямая/ Выбрать ось симметрии (прямую) L / A  </p>	<p>Для задания нижней грани детали подведите курсор к нижней горизонтальной линии и нажмите <L> или левую клавишу мыши, затем к верхней горизонтальной линии. Аналогично подтвердите выбор второй линии.</p>	
<p>6. Создать прямую, параллельную выбранной</p>	<p>Построения/ Прямая/ Выбрать прямую привязки L / L  </p>	<p>Щелкните по вертикальной линии. Она подсветится. Переместите курсор мыши вправо и нажмите клавишу <P> или пиктограмму P:. Задайте расстояние между прямыми равным -70, т.к. прямая создается справа от исходной. Это значение задает длину втулки. Выйдите из команды построения прямой.</p> <p>Аналогичным образом постройте еще одну вертикальную прямую, которая будет определять правую границу вида слева. Только строить ее необходимо от правой границы вида сбоку, т.е. от последней созданной вертикальной прямой. Осевую линию постройте от левой границы вида сбоку на расстоянии -30. Это радиус втулки.</p>	
<p>7. Создать прямую, параллельную выбранной</p>	<p>Построения/ Прямая/ Выбрать прямую привязки L / L  </p>	<p>Для окончательного построения вида спереди остается задать несколько горизонтальных прямых. Их положение также определяется верхней границей детали и осевой линией. Построение горизонтальных и вертикальных прямых совпадает (см. пред. пункт), только в качестве базовой выбирается горизонтальная прямая.</p>	

<p>8. Создать окружность</p>	<p>Построения/ Окружность/ Выбрать узел в качестве центра окружности C / T  </p>	<p>Переместите курсор на пересечение осевых линий вида слева. Нажмите левую кнопку мыши. На пересечении создан узел. При перемещении курсора изменяется радиус появившейся окружности. Зафиксируйте окружность щелчком левой кнопки мыши на перекрестье вертикальной осевой линии вида слева и верхней границы детали.</p>	
<p>9. Создать соосную окружность</p>	<p>Построения/ Окружность/ Выбрать концентрическую окружность C / O  </p>	<p>Внутреннюю окружность можно строить двумя способами: 1) независимо от внешней окружности, задавая радиус 2) в зависимости от внешней, задав смещение. Постройте внутреннюю окружность вторым способом. Щелкните левой кнопкой мыши по окружности. Она выделится. При перемещении курсора появится еще одна окружность. Задайте смещение внутренней окружности по отношению к внешней равным -5 и нажмите клавишу <P> или пиктограмму . Нажатие кнопки <OK> закончит построение окружности.</p>	
<p>10. Создать изображение</p>	<p>Чертеж/ Изображение/ Выбрать линию построения - прямую G / L  </p>	<p>Теперь перейдем к созданию элементов изображения. Начните создание изображения с левого верхнего угла детали. Переместите курсор к пересечению двух линий и нажмите левую клавишу мыши. На пересечении построился узел, а за курсором тянется линия. Выберите следующее пересечение с помощью курсора. Создавая таким образом линии изображения, обведите чертеж. Тип линии можно задать, нажав клавишу <P> или пиктограмму . Для осевых линий необходимо предварительно заменить тип линий изображения на штрихпунктирный.</p>	

<p>11. Создать изображение</p>	<p>Чертеж/ Изображение/ Выбрать полную окружность G / C  </p>	<p>Для изображения окружностей подведите курсор мыши к окружности и нажмите левую кнопку или клавишу <C> на клавиатуре.</p>	
<p>12. Создать штриховку</p>	<p>Чертеж/ Штриховка/ Режим ручного ввода контура H / A  </p>	<p>Задайте параметры штриховки, нажав клавишу <P> или пиктограмму P: в автоменю. Выберите начальный узел контура штриховки при помощи левой кнопки мыши или клавиши <N>. Последовательно задайте контур, указывая узлы. Контур должен быть замкнутым. В нашем случае в контур включается четыре узла. После того, как контур выделится, нажмите пиктограмму OK в автоменю.</p>	
<p>13. Сохранить документ</p>	<p>Файл/ Сохранить Ctrl+S </p>	<p>Сохраните чертеж с именем Втулка.grb.</p>	

УПРАЖНЕНИЕ 2 – ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ГРАФИЧЕСКОГО ОФОРМЛЕНИЯ

2.1 Задача

Оформление чертежа при помощи элементов графического оформления: размеров, допускаемых отклонений и посадок, шероховатостей, допусков форм расположения поверхностей, текстов, надписей.

2.2 Справочные сведения

В системе T-FLEX CAD линейные размеры привязываются к линиям построения и узлам. Для радиальных и диаметральных размеров существует лишь один элемент привязки – окружность.

Для того чтобы построить линейный размер необходимо указать две параллельные прямые для привязки размера, либо прямую и узел. Для создания углового размера нужно выбрать две линии построения, расположенные под углом.

Для нанесения на чертеж радиального или диаметрального размера выбирается окружность, к которой будет привязываться размер.


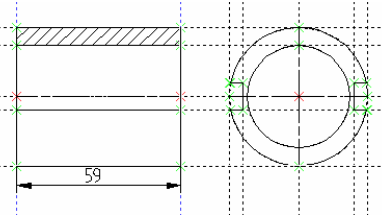

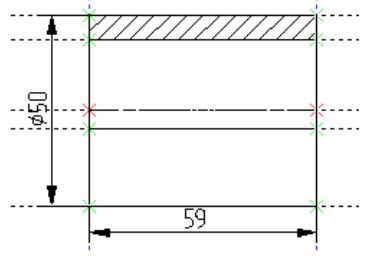



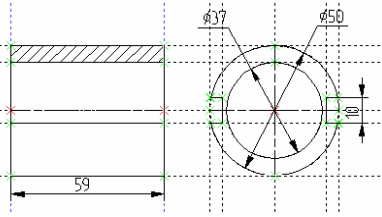

Надпись служит для оформления множества различных элементов чертежа – обозначение видов, задание пунктов спецификации, маркировки и т.д. надпись состоит из двух частей: линии выноски (стрелки) и полки. Для нанесения надписи необходимо задать положение обеих частей, то есть надпись имеет две точки привязки. Создание надписей осуществляется в команде Чертеж/ Надпись.

2.3 Оформление чертежа

при помощи элементов графического оформления

На чертеж детали, полученный в упражнении 1, нанесите все необходимые размеры, допускаемые отклонения и посадки, шероховатости, допуски форм расположения поверхностей и надписи.

Таблица 3 – Последовательность оформления чертежа

Операция	Команда/ Клавиатура/ Иконка	Описание	Результат
1. Создать размер	Чертеж/ Размер D 	<p>Определим длину втулки. Выберите линии построения на главном виде, задающие длину втулки (они выделены синим цветом) при помощи левой кнопки мыши или клавиши <L>. Вместе с курсором начал перемещаться появившийся размер. Зафиксируйте его положение нажатием левой кнопки мыши. Цифра размера появится на чертеже в том месте, где находился курсор мыши.</p>	
2. Создать размер	Чертеж/ Размер/ Установить параметры размера D / P  P:	<p>Этот пункт следует выполнять, если в надписи размера кроме цифр должны присутствовать еще какие-нибудь символы, в нашем примере это значок диаметра.</p> <p>В появившемся диалоговом окне задания параметров размера выберите закладку “Стиль/ Знак”. В выпадающем списке выберите значок диаметра. Нажмите кнопку <OK>.</p> <p>Это один из способов задания диаметрального размера. Второй способ – создание размера на окружности - описан в пункте 3.</p>	
3. Создать размер	Чертеж/ Размер D / D 	<p>Выберите окружность, подведя к ней курсор щелчком левой кнопки мыши или нажав клавишу <C>. Окружность подсветится. При перемещении курсора появиться радиальный размер. Для задания диаметрального размера нажмите пиктограмму  в автоменю или клавишу <D>. Для нужной отрисовки полки размера нажимайте пиктограмму  в автоменю или клавишу <Tab> до тех пор, пока полка не приобретет нужный вид. зафиксируйте ввод размера нажатием левой кнопки мыши.</p> <p>Создайте все необходимые размеры.</p>	
4. Сохранить документ	Файл/ Сохранить Ctrl+S 	Сохраните чертеж	

УПРАЖНЕНИЕ 3 – СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА

3.1 Задача

Создание параметрических связей между элементами чертежа и работа с редактором переменных.

3.2 Справочные сведения

Параметрический чертеж – это основной режим работы системы T-FLEX CAD. Чертеж втулки, рассматриваемый в предыдущих лабораторных работах, уже является параметрическим. Изменяя зависимости между элементами построения, его можно модифицировать.

Зависимости между элементами построения до сих пор задавались в виде чисел. Например, внешний диаметр втулки определялся как расстояние между двумя линиями построения и составлял 50 мм. Для того чтобы его изменить необходимо ввести другое число. Расстояние между линиями построения изменится. Соответственно изменится положение элементов изображения, связанных с элементами построения.

Разработчики T-FLEX CAD предлагают использовать для хранения значений параметров переменные. Использование переменных упрощает работу с параметрическим чертежом. Вся информация о параметрической модели чертежа отображается в окне редактора переменных.

Переменная представляет собой такой же элемент системы как, например, линии построения. Каждая переменная имеет уникальное имя и значение, которое может рассчитываться в соответствии с математическим выражением. Выражение может содержать стандартные алгебраические действия (+, -, /, *, **, ^), логические действия (>, <, >=, <=, !=, ==, &&, ||, !), условные операции, обращения к математическим функциям и функциям T-FLEX CAD.

Переменные бывают двух типов: вещественные и текстовые. Имя вещественной переменной должно начинаться с буквы, текстовой – с символа \$. Например, \$srt – имя текстовой переменной.

По области видимости переменные разделяются на внутренние и внешние. Внешние переменные служат для организации параметрической связи между сборочным чертежом и чертежами-фрагментами. Их значения можно изменять при вставке чертежа в сборочный. Внутренние переменные

доступны только в рамках чертежа детали. После вставки чертежа в качестве фрагмента в сборочный, редактирование внутренних переменных невозможно.

Переменная будет определена как внешняя, если в редакторе переменных напротив имени переменной или в поле “Внешняя” окна создания переменной поставить символ в виде галочки.

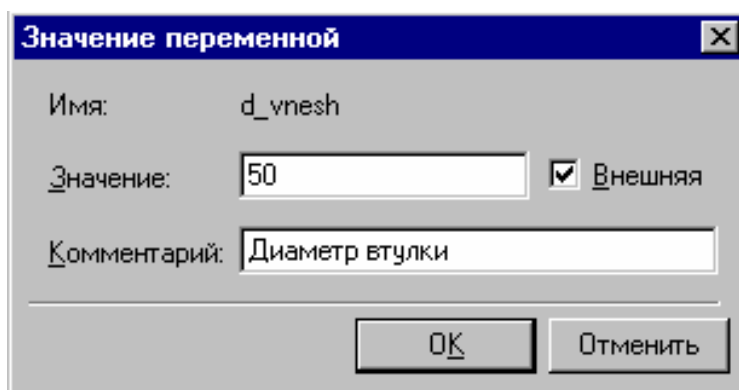


Рисунок 3 – Окно задания значения переменной

Большое количество внешних переменных объявлять не рекомендуется, т.к. это значительно усложняет работу с таким чертежом при вставке его в сборочный даже при наличии комментариев.

Задавать соотношения между элементами можно непосредственно при их создании.


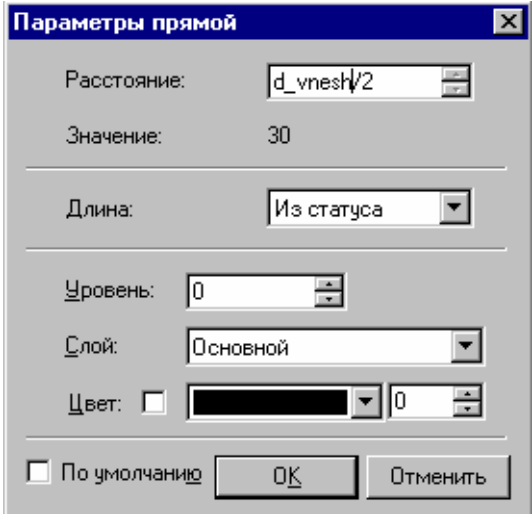
В среде T-FLEX CAD переменные можно создавать разными способами:

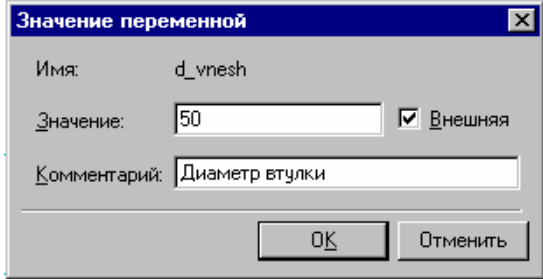

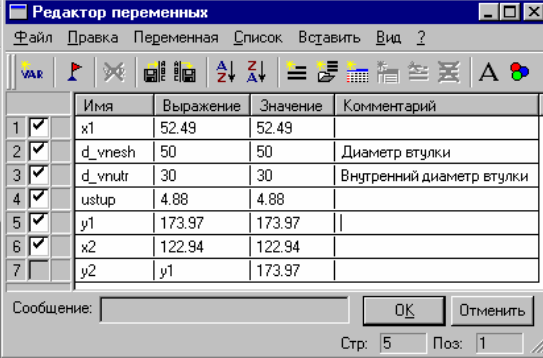

- с помощью редактора переменных;
- при задании и редактировании элементов построения;
- в текстовом редакторе;
- при задании текстовых строк;
- при задании значений практически всех вещественных параметров элементов (уровней, размеров шрифтов, приоритетов т.д.).

3.3 Задание параметров чертежа

Создайте параметрическую модель чертежа на примере чертежа втулки, полученного в предыдущих упражнениях.

Таблица 4 – Последовательность создания переменных чертежа

Операция	Пункт меню/ Команда/ Иконка	Описание	Результат
1. Изменить построения	Правка/ Построения/ Линия построения ЕС 	Подведите курсор к верхней границе главного вида. Линия построения подсветится. Нажмите правую кнопку мыши. Во всплывающем меню выберите пункт “Изменить”. Появилось автоменю редактирования элемента. Нажмите клавишу <P> или пиктограмму P: автоменю. В открывшемся окне диалога вместо цифры 50 в графе “Расстояние” введите имя переменной d_vnesh, в которой будет храниться значение внешнего диаметра втулки. Значение переменной необходимо поделить на два, т.к. выбранная прямая построена от осевой и расстояние между этими линиями соответствует радиусу втулки. Нажмите на кнопку <OK>.	

2. Изменить построения		<p>Поскольку переменная <code>d_vnesh</code> не была определена в модели, после нажатия на кнопку <ОК> появится диалоговое окно задания переменной. Тип переменной задан как вещественный. Все последующие переменные в данной модели следует также задать как вещественные. В поле “Внешняя” поставьте символ в виде галочки: переменная будет определена как внешняя. В графе “Комментарий” введите “Диаметр втулки” и нажмите кнопку <ОК>.</p> <p>Аналогичным образом создайте переменные <code>d_vnutr</code> и <code>ustup</code>. Задайте переменной <code>d_vnutr</code> значение 30, <code>ustup</code> – 5.</p>																																									
3. Редактировать переменные	Параметры/ Переменные 	Измените значения переменных в редакторе переменных. Параметрическая модель пересчитается. На чертеже отобразятся все внесенные изменения.	 <table border="1" data-bbox="1547 831 2087 1018"> <thead> <tr> <th></th> <th>Имя</th> <th>Выражение</th> <th>Значение</th> <th>Комментарий</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>x1</td> <td>52.49</td> <td>52.49</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>d_vnesh</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>Диаметр втулки</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>d_vnutr</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>Внутренний диаметр втулки</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>ustup</td> <td>4.88</td> <td>4.88</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>y1</td> <td>173.97</td> <td>173.97</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>x2</td> <td>122.94</td> <td>122.94</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>y2</td> <td>y1</td> <td>173.97</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Имя	Выражение	Значение	Комментарий	1	x1	52.49	52.49		2	d_vnesh	50	50	Диаметр втулки	3	d_vnutr	30	30	Внутренний диаметр втулки	4	ustup	4.88	4.88		5	y1	173.97	173.97		6	x2	122.94	122.94		7	y2	y1	173.97	
	Имя	Выражение	Значение	Комментарий																																							
1	x1	52.49	52.49																																								
2	d_vnesh	50	50	Диаметр втулки																																							
3	d_vnutr	30	30	Внутренний диаметр втулки																																							
4	ustup	4.88	4.88																																								
5	y1	173.97	173.97																																								
6	x2	122.94	122.94																																								
7	y2	y1	173.97																																								
4. Сохранить документ	Файл/ Сохранить Ctrl+S 	Сохраните чертеж																																									

УПРАЖНЕНИЕ 4 – ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ В ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

4.1 Задача

Создание внутренней базы данных T-FLEX CAD для работы с параметрическими элементами чертежа.

4.2 Справочные сведения

База данных – это совокупность взаимосвязанных данных, предназначенных для совместного использования в одной предметной области. Базу данных можно также определить как способ упорядоченного хранения данных.

База данных в T-FLEX CAD представляет собой набор строк (записей). Каждая строка состоит из отдельных колонок (полей). Каждое поле идентифицируется своим именем. Таким образом, базу данных можно представить в виде таблицы или таблиц.

В T-FLEX CAD существует два способа хранения данных:

- 1) во внешнем файле одного из стандартных форматов (например, dBASE);
- 2) внутри чертежа.

Базы данных, хранящиеся вместе с чертежом T-FLEX CAD, называются внутренними, все остальные – внешними. Эти определения применимы только в рамках среды T-FLEX CAD.

Основное достоинство среды T-FLEX CAD – возможность создания параметрических моделей. В лабораторной работе №3 подробно описывалось создание параметрической модели и работа с редактором переменных. В результате была получена параметрическая модель втулки. Теперь на основе этой модели можно создавать чертежи втулок с различными параметрами, значения которых будут выбираться из базы данных.

Такой способ выбора значений из базы данных позволяет определять зависимости между параметрами (например, втулка с диаметром 50 должна


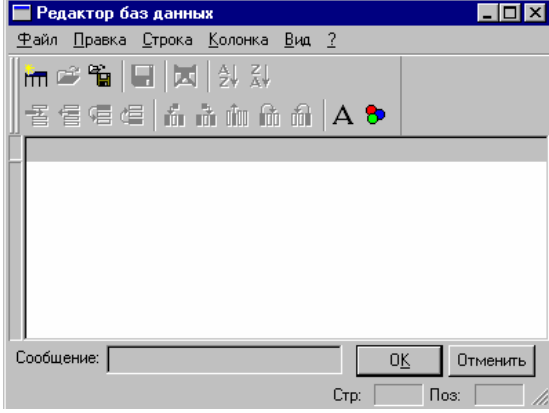

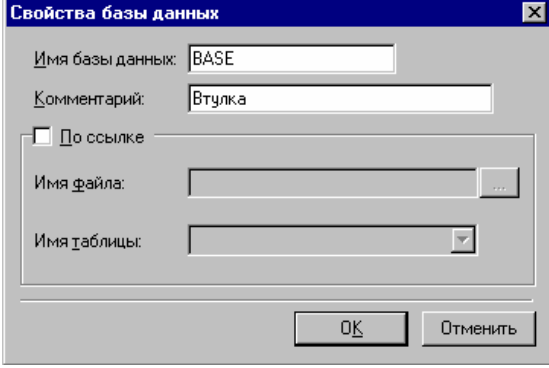
иметь длину 70 и внутренний диаметр 30), а также задавать диапазон их значений.


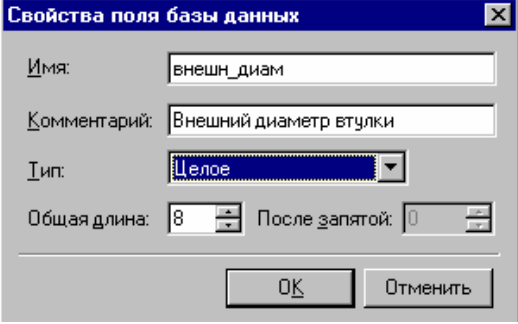

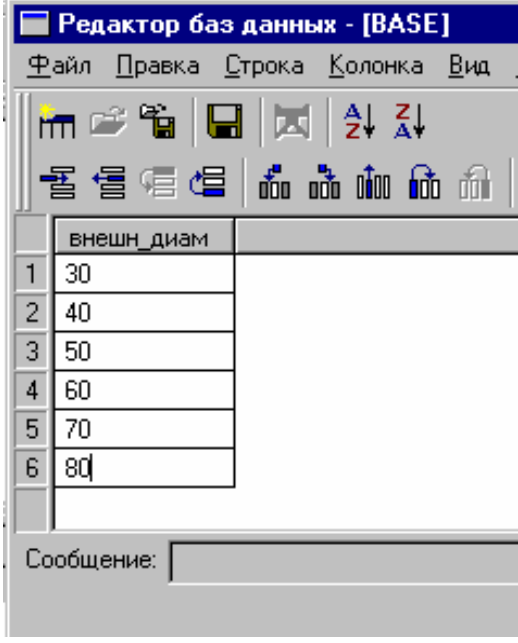
Для одного чертежа можно создавать несколько баз данных.


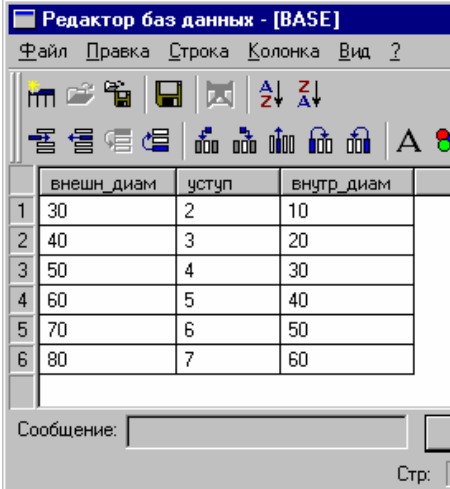

4.3 Создание базы данных параметрического чертежа

Поясним процесс создания внутренней базы данных чертежа T-FLEX CAD на примере втулки, рассмотренной в предыдущих упражнениях.

Таблица 5 – Последовательность действий по созданию базы данных чертежа

Операция	Пункт меню/ Команда/ Иконка	Описание	Результат
1. Редактировать базу данных	Параметры/ База данных ID 		
2. Создать новую базу данных	Файл/ Новая база данных* Ctrl+N 	В окне свойств базы данных задайте имя BASE. При вводе имени следует учитывать регистр букв. Написание одинакового имени заглавными и строчными символами приведет к созданию двух разных баз данных. Нажмите кнопку <ОК>.	

3. Создать поле базы данных	Колонка/ Вставить/ После* Ctrl+Shift+A 	В появившемся окне свойств поля базы данных в графе “имя” задайте значение “внешн_диам”. Напишите комментарий для поля “Внешний диаметр втулки”. Определите тип поля как вещественный. В графе “Общая длина” сохраните значение 8 по умолчанию. Нажмите кнопку <OK>.	
4. Вставить новую строку	Строка/ Вставить Ctrl+I* 	В окне редактора баз данных в поле “внешн_диам” введите список значений, которые может принимать переменная d_vnesh.	

<p>5. Вставить новую колонку после текущей</p>	<p>Колонка/ Вставить/ После* Ctrl+Shift+A</p> 	<p>Поочередно дополните базу данных еще двумя полями. Вставьте их за существующим “внешн_диам”.</p> <p>Задайте для них имена “уступ” и “внутр_диам”. Остальные свойства полей такие же, как и у поля “внешн_диам”. Определите для вставленных полей список значений, соответствующих значениям поля “внешн_диам”.</p> <p>Нажмите кнопку <OK>.</p>	 <p>The screenshot shows a window titled "Редактор баз данных - [BASE]". It has a menu bar with "Файл", "Правка", "Строка", "Колонка", and "Вид?". Below the menu is a toolbar with various icons. The main area contains a table with the following data:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>внешн_диам</th> <th>уступ</th> <th>внутр_диам</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>30</td> <td>2</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>40</td> <td>3</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>50</td> <td>4</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>60</td> <td>5</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>70</td> <td>6</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>80</td> <td>7</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table> <p>At the bottom of the window, there is a "Сообщение:" field and a "Стр:" label.</p>		внешн_диам	уступ	внутр_диам	1	30	2	10	2	40	3	20	3	50	4	30	4	60	5	40	5	70	6	50	6	80	7	60
	внешн_диам	уступ	внутр_диам																												
1	30	2	10																												
2	40	3	20																												
3	50	4	30																												
4	60	5	40																												
5	70	6	50																												
6	80	7	60																												
<p>6. Сохранить документ</p>	<p>Файл/ Сохранить Ctrl+S</p> 	<p>Сохраните чертеж</p>																													

Примечание: команды, помеченные звездочкой *, вызываются из редактора баз данных.

УПРАЖНЕНИЕ 5 – СОЗДАНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ В T-FLEX CAD

5.1 Задача

Создание сборочного чертежа и работа с фрагментами в T-FLEX CAD.

5.2 Справочные сведения

Среда параметрического проектирования T-FLEX CAD позволяет создавать сборочные чертежи при помощи механизма фрагментов. Под фрагментом следует понимать параметрический чертеж T-FLEX CAD, включаемый в сборочный.

Сборочные чертежи не хранят в себе данные фрагментов. Они содержат лишь ссылки на эти чертежи.

Процесс создания сборочного чертежа сводится к созданию параметрических чертежей фрагментов с последующим их объединением. При необходимости возможна вставка в сборочный чертеж нескольких экземпляров одного фрагмента. Если создавать параметрический чертеж на основе деталей, составляющих его, то при изменении каких-либо параметров сборочного чертежа можно одновременно получить соответствующие этим параметрам чертежи деталей.

За счет того, что фрагменты являются параметрическими чертежами, их размеры рассчитываются в соответствии с размерами сборочного чертежа.

В T-FLEX CAD существует два способа вставки фрагмента в сборочный чертеж: 1) при помощи точек привязки; 2) при помощи векторов привязки. Разница заключается в последовательности создания чертежа фрагмента и способе размещения его на сборочном чертеже. При использовании векторов привязки вначале создается чертеж, а затем определяются векторы. При использовании точек привязки необходимо вначале задать точки привязки, а затем формировать чертеж.

Векторы привязки целесообразно использовать, если фрагмент планируется вставлять в сборочный чертеж под углом.

Векторы или точки привязки фрагмента указываются на сборочном чертеже при вставке. Они определяют положение фрагмента на сборочном чертеже. На чертеже-фрагменте может быть определено до двадцати векторов и до девяти точек привязки.


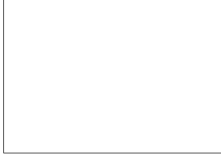

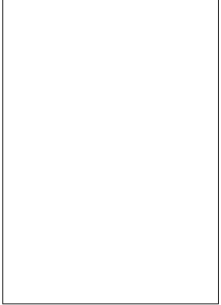

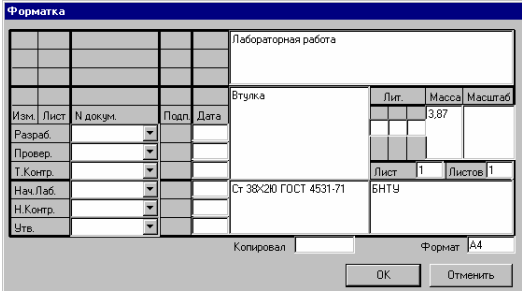
Вместе с T-FLEX CAD устанавливаются стандартные библиотеки параметрических элементов – болтов, гаек, подшипников и т.д., а также такие незаменимы чертежи, как рамки оформления чертежей и спецификаций. Начиная с 7-ой версии системы, в меню добавлен специальный пункт «Оформление», позволяющий оформлять чертежи и конструкторскую документацию.


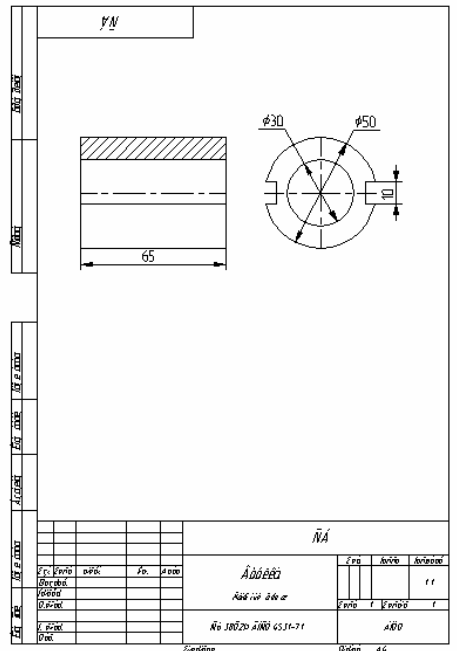

5.3 Создание сборочного чертежа на основе фрагментов

Создадим сборочный чертеж, состоящий из стандартной рамки-форматки и чертежа втулки, выполненного в предыдущих упражнениях.

При создании элементов построения чертежа втулки в первую очередь были определены две точки привязки. При их создании в параметрическую модель чертежа автоматически добавились четыре переменные x_1 , y_1 , x_2 , y_2 . Их имена являются стандартными и не могут быть изменены, а значения определяют координаты точки привязки. По мере создания точек привязки в параметрическую модель чертежа добавляются пары переменных с именами x и y и индексами очередной точки привязки. На чертеже точки привязки выглядят как узлы.

Таблица 6 – Последовательность создания сборочного чертежа

Операция	Пункт меню/ Команда/ Иконка	Описание	Результат
1. Создать новый чертеж	Файл/ Новый чертеж Ctrl+N 		
2. Задать параметры документа	Настройка/ Статус - 	В появившемся окне диалога задайте формат чертежа А4, ориентация вертикальная. Нажмите кнопку <ОК>.	
3. Оформить чертеж	Оформление/ Основная надпись/ Создать 	В окне “Меню документов” щелкните левой кнопкой мыши на пункте Служебные/ Форматки, а затем правой кнопкой на имени файла фрагмента FORMAT.grb. Во всплывающем меню выберите пункт “Вставить”. Заполните графы появившейся форматки и нажмите кнопку <ОК>.	

<p>4. Создать новый фрагмент</p>	<p>Чертеж/ Фрагмент/ Создать новый фрагмент</p> <p>FR / O</p> 	<p>В появившемся диалоговом окне выберите имя файла втулки Втулка.grb и нажмите кнопку <Open> или клавишу Enter.</p> <p>На экране появился редактор переменных, в котором содержатся переменные d_vnesh, ustup и d_vnutr. Значения переменных оставьте прежними.</p> <p>В окне чертежа появилось изображение втулки, которое перемещается вместе с курсором мыши. Кроме того, рядом с курсором появилась единица, которая указывает на необходимость задания положения первой точки привязки фрагмента. Задайте координаты первой точки привязки, указав курсором мыши точку в верхнем левом углу чертежа, и щелкните левой кнопкой мыши. Цифра 1 сменилась на 2. задайте положение второй точки привязки.</p> <p>Для выхода из команды дважды нажмите правую кнопку мыши или клавишу Esc.</p>	
<p>5. Сохранить документ</p>	<p>Файл/ Сохранить</p> <p>Ctrl+S</p> 	<p>Сохраните чертеж с именем Сборка.grb</p>	

УПРАЖНЕНИЕ 6 – СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЧЕРТЕЖА

6.1 Задача

Создание параметрической трехмерной модели на основе двухмерной с использованием основных элементов объемного проектирования и трехмерных операций.

6.2 Справочные сведения

Все трехмерные построения в T-FLEX CAD выполняются в окне 3D вида, визуализировать которое можно двумя способами:

1) нажатием кнопки в правом верхнем углу границы 2D окна (см. рисунок 4);

2) при помощи кнопки на полосе прокрутки окна. Для открытия 3D окна необходимо подвести курсор к кнопке и когда он приобретет вид двух направленных в разные стороны стрелочек, необходимо зажать левую кнопку мыши и отвести вправо до того места, где должна проходить граница 2D и 3D окон. Затем нужно отпустить кнопку мыши, в появившемся окне диалога выбрать пункт «3D окно» и нажать кнопку <ОК>.



Рисунок 4 – Способы визуализации окна 3D вида

В результате рабочая зона текущего окна разделится на две равные части: слева 2D окно, справа - 3D.

Существуют два способа создания параметрических моделей: построение двухмерной модели, а затем на ее основании трехмерной; 2) первой

строится трехмерная модель, а затем на ее основании двухмерные проекции. В T-FLEX CAD возможно создание параметрических моделей обоими способами.

Для построения трехмерной модели первым способом необходимо иметь двухмерный чертеж детали, содержащий необходимое число проекций. Виды должны выполняться в соответствии с проекционными связями. Для получения трехмерной параметрической модели параметрические связи должны задаваться при создании двухмерного чертежа.

В T-FLEX CAD существует единственный трехмерный элемент, который существует с момента создания нового чертежа – это мировая система координат. Она является фундаментом, на котором основываются все дальнейшие построения в трехмерном пространстве. Направления осей мировой системы координат отображается в левом нижнем углу окна 3D вида.

Для создания трехмерных сборочных моделей и для копирования трехмерных тел используются локальные системы координат, которые строятся относительно мировой системы.

Первым шагом по созданию 3D модели является создание рабочих плоскостей. Часто бывает достаточно создать три стандартные взаимно перпендикулярные рабочие плоскости (фронтальную, горизонтальную и профильную), соответствующие видам спереди, сверху и слева.

Затем создаются необходимые 3D элементы построений: 3D узлы и 3D профили. 3D узлы используются для привязки 3D профилей, задания векторов выталкивания и осей вращения. Для создания 3D профиля необходимо предварительно создать на 2D виде соответствующие контуры, используя команду «Создать штриховку». Если предполагается использовать штриховку только для 3D построений, то рекомендуется делать ее невидимой, чтобы не загромождать чертеж. Создается 3D профиль следующим образом: выбирается штриховка на 3D виде, указывается, какой рабочей плоскости она принадлежит, и с помощью 3D узла задается высота ее расположения над рабочей плоскостью. После этого можно переходить к выполнению 3D операций.


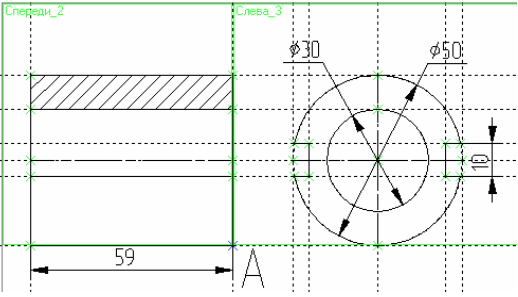
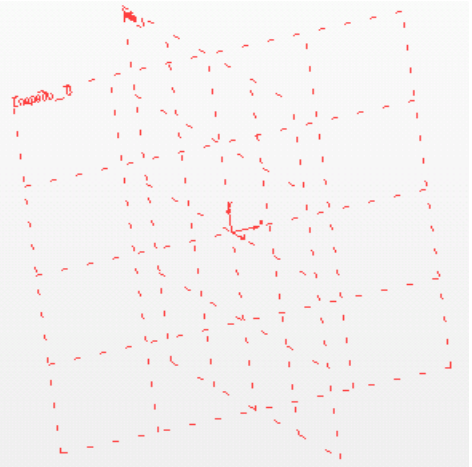

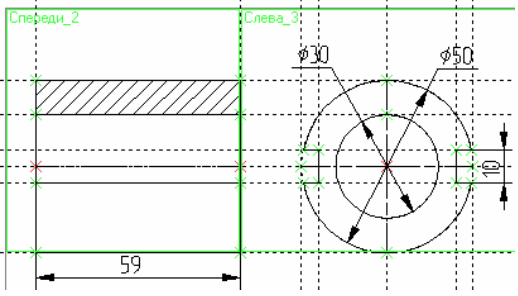
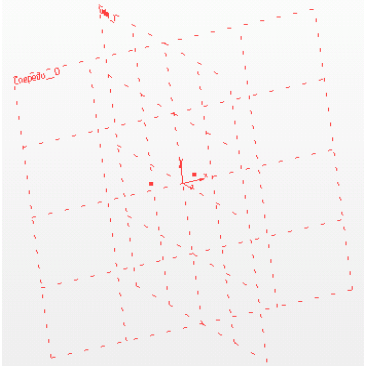
6.3 Создание трехмерной параметрической модели на основе двухмерной




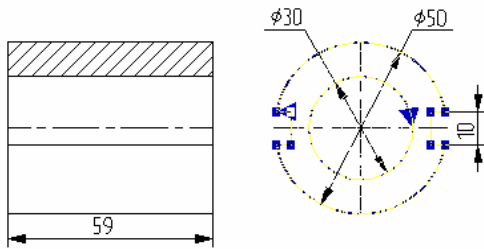
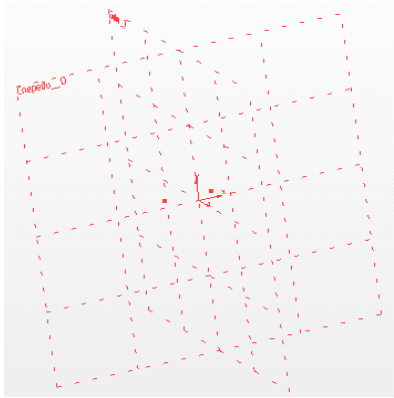



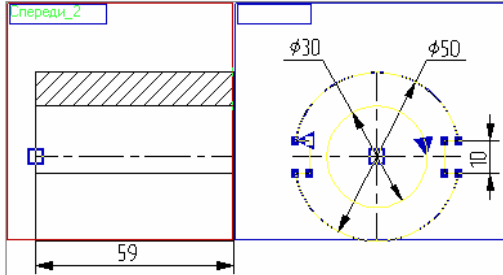
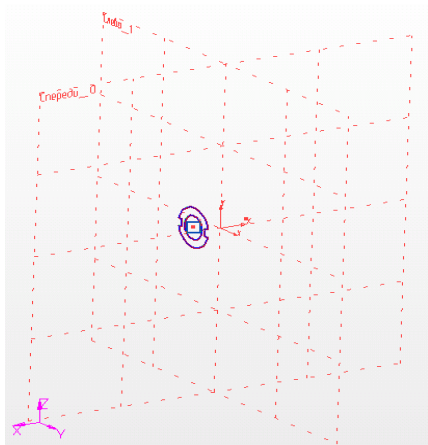
Рассмотрим построение трехмерной параметрической модели на примере втулки. Прежде, чем непосредственно приступить к созданию трехмерной модели, откройте окно 3D вида одним из указанных выше способов.



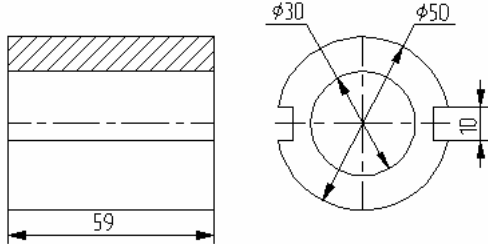
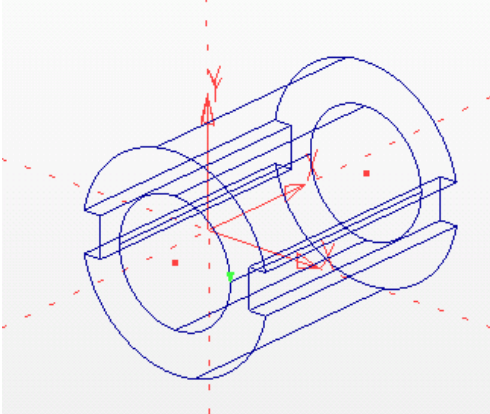

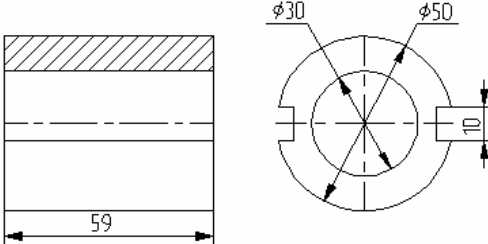
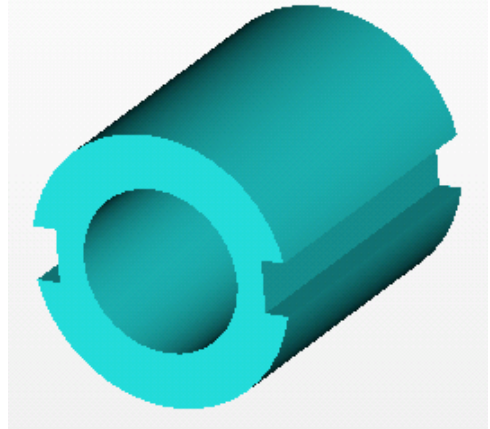
3D профиль строится на основе предварительно созданной штриховки. Для того чтобы созданная штриховка не была видна на чертеже, необходимо в параметрах штриховки установить тип «Невидимая».



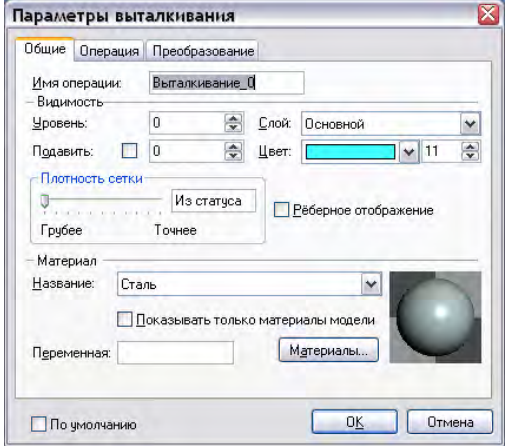
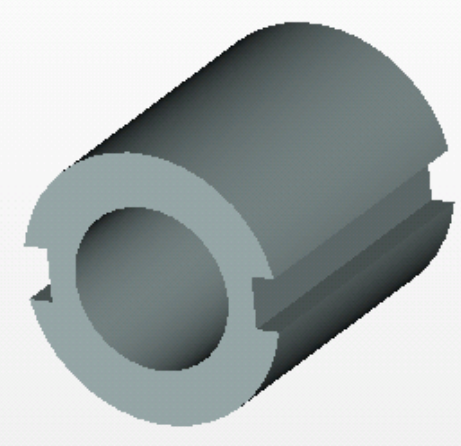

Примечание: Перемещение модели в окне 3D вида осуществляется при нажатой левой клавише мыши+Ctrl+Alt. Режим отъезда-наезда модели в окне 3D вида можно вызвать при помощи нажатой левой кнопки мыши+Alt+Shift.

Таблица 7 – Последовательность построения трехмерной модели по 2D-видам

Операция	Пункт меню/ Команда/ Иконка	Описание	Результат	
			окно 2D вида	окно 3D вида
1. Построить рабочую плоскость	Построения/ Рабочая Плоскость/ Создать стандартную рабочую плоскость 3W / S 	<p>В диалоговом окне “Стандартные рабочие плоскости” выберите кнопку “Спереди и слева”.</p> <p>Для создания рабочих плоскостей на основании фронтальной и профильной проекций втулки в окне 2D вида укажите точку разделения видов (т. А) нажатием левой кнопки мыши. Выйдите из команды.</p>		
2. Построить 3D узел	Построения/ 3D узел 3N 	<p>Создайте два 3D узла, определяющих положение оси втулки в пространстве. Они помечены красным цветом. Для этого переместите курсор к узлу, который будет задавать первую проекцию 3D узла. Нажмите левую кнопку мыши или клавишу <N>. Затем укажите вторую проекцию 3D узла.</p> <p>Аналогичным образом создайте второй 3D узел.</p> <p>Для перерисовки 3D окна нажмите клавиши Alt+F7.</p>		

<p>3. Создать штриховку</p>	<p>Чертеж/ Штриховка/ Режим ручного ввода контура H / A </p>	<p>Задайте тип штриховки “Невидимая”, нажав клавишу <P> или пиктограмму  в автоменю. Выберите начальный узел контура штриховки при помощи левой кнопки мыши или клавиши <N>. Последовательно задайте контур, показанный в окне 2D вида, указывая узлы. Контур должен быть замкнутым. После того, как контур выделился, нажмите пиктограмму  в автоменю.</p>		
<p>4. Построить 3D профиль</p>	<p>Построения/ 3D профиль 3PR </p>	<p>Выберите штриховку для создания 3D профиля, созданную в предыдущем пункте при помощи щелчка левой кнопкой мыши. Рядом с курсором появился знак . При помощи курсора выберите в окне 3D вида один из 3D узлов нажатием левой кнопки мыши. Подтвердите построения, нажав пиктограмму  в автоменю.</p>		

<p>5. Создать выталкивание</p>	<p>Операции/ Выталкивание 3X </p>	<p>В 3D окне подведите курсор к ребру 3D профиля и нажмите левую кнопку мыши. Профиль выделился, а рядом с курсором появилась “рука”.</p> <p>Щелчком левой клавиши мыши укажите поочередно начальный и конечный узлы выталкивания. В нашем случае это два созданных ранее 3D узла.</p> <p>Для завершения операции нажмите пиктограмму  в автоменю.</p> <p>Центральное отверстие можно было получить вращением контура вокруг оси втулки, после чего необходимо выполнить при помощи булевой операции вычесть из тела втулки цилиндр, описывающий внутренний диаметр.</p>		
<p>6. Показать тоную закраску с материалами</p>	<p>Вид/ Изображение/ Тоновая за-краска с ма-териалами 3VD </p>	<p>После вызова команды 3D модель отобразиться с назначенным по умолчанию материалом “Голубой пластик”.</p> <p>Переключаться между режимами отображения 3D модели можно, нажав правую кнопку мыши в окне 3D вида. В выпадающем меню выберите пункт “Изображение”.</p>		

<p>7. Изменить выталкивание</p>	<p>Правка/ Операции/ Выталкивание/ Выбрать все элементы/ Задать параметры элемента ЗЕХ / А / Р </p>	<p>Изменим материал детали на “Сталь”.</p> <p>После вызова команды на экране появится окно для изменения параметров операции выталкивания.</p> <p>Вызов этого окна можно осуществить и при помощи щелчка правой кнопкой мыши в окне 3D модели на операции выталкивания. Затем необходимо нажать пункт “Свойства” из выпадающего меню.</p> <p>В окне параметров операции выталкивания из выпадающего списка выберите название материала “Сталь” и нажмите кнопку </p>		
<p>8. Сохранить документ</p>	<p>Файл/ Сохранить Ctrl+S </p>	<p>Сохраните чертеж с именем Сборка.grb</p>		

УПРАЖНЕНИЕ 7 - СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ СБОРКИ

7.1 Задача

Создание трехмерной сборочной модели из чертежей фрагментов.

7.2 Справочные сведения

Понятие «сборочная модель» подразумевает модель, состоящую из набора отдельных элементов, называемых в T-FLEX CAD фрагментами.

Создание трехмерных сборочных чертежей несколько отличается от двухмерных. Прежде всего, следует обратить внимание на способы привязки фрагментов, т.е. каким образом фрагмент вставляется в 3D сборку. Если положение фрагмента плоскости можно было определить при помощи точек или векторов привязки, то положение элемента сборки в пространстве определяется глобальной системой координат или системами координат привязки.

При добавлении детали в сборку необходимо задать ее точку привязки и ориентацию относительно уже существующих элементов или глобальной СК. Привязка детали к уже существующим 3D элементам обеспечивает возможность автоматического изменения ее положения при изменении геометрии (параметров) сборки. Механизм привязки 3D фрагмента реализуется через совмещение исходной (основанной на 3D элементах детали) и целевой (основанной на 3D элементах сборки) системах координат.

Второе, на что следует обратить внимание, это способы создания трехмерных сборочных чертежей. T-FLEX CAD реализует два подхода: 1) первоначальное создание моделей фрагментов с последующим включением их в 3D сборку (проектирование “снизу-вверх”); 2) создание множества тел в одном документе- документе 3D сборки- с последующим сохранением фрагментов в отдельных файлах (проектирование “сверху-вниз”).

Если трехмерная модель создается “снизу-вверх”, то файлы фрагментов могут содержать в себе двухмерный чертеж. При наличии последнего, при вставке трехмерного фрагмента в сборку добавляется соответствующий

ему 2D фрагмент. Двухмерное изображение отображается в окне 2D вида. Если для задания параметрических зависимостей модели используются переменные, то их значения распространяются как на двухмерный, так и на трехмерный чертеж.

В сборочном чертеже 3D фрагменты могут быть использованы для любых операций. Модели деталей могут быть включены как единое целое, либо как отдельные тела. 3D фрагменты в свою очередь также могут быть сборочными чертежами. Уровень вложенности не ограничен.


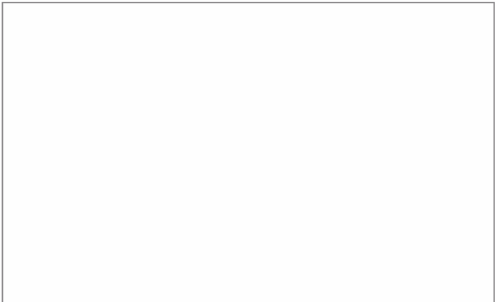
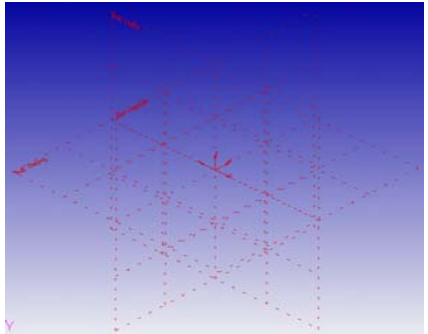


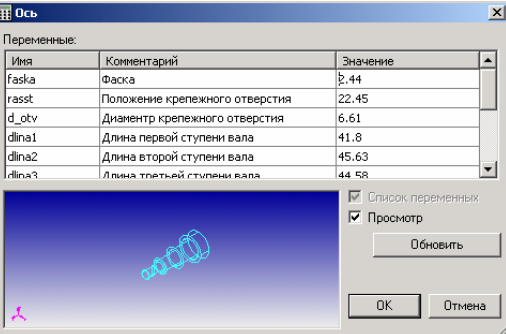
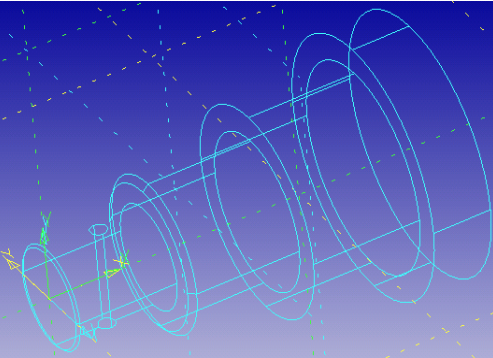
В сборочном файле хранятся связи с файлом фрагмента. При изменении файла фрагмента происходит автоматическое обновление данных сборочного чертежа.


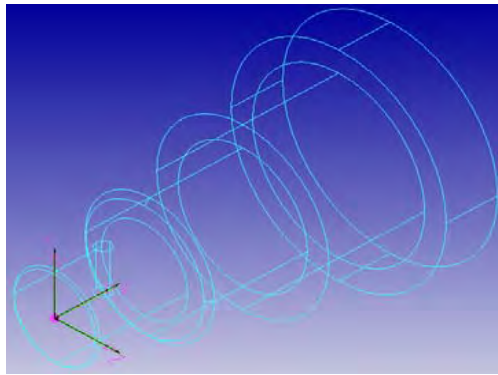



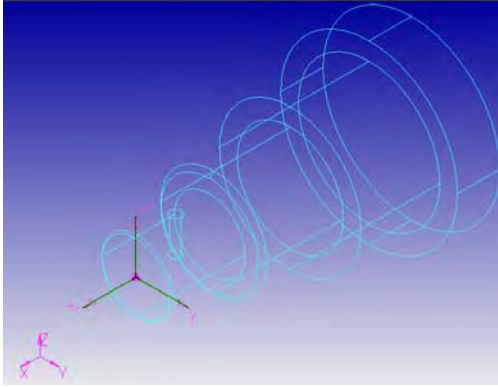
7.3 Создание сборочной 3D-модели


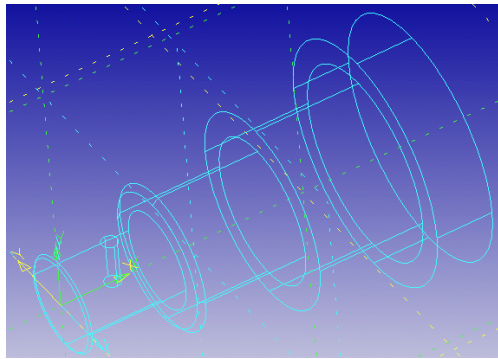

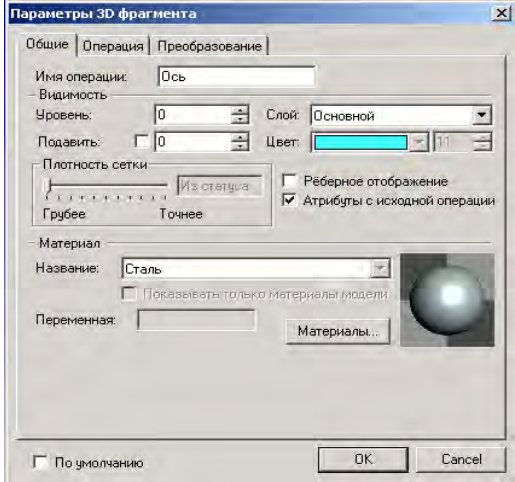
Рассмотрим построение трехмерной сборочной модели по принципу «снизу-вверх», т.е. сборочная модель будет собрана из отдельных фрагментов.

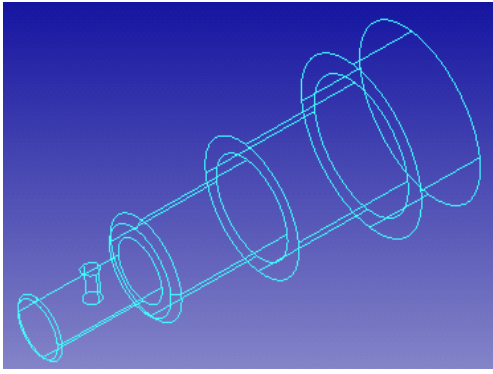

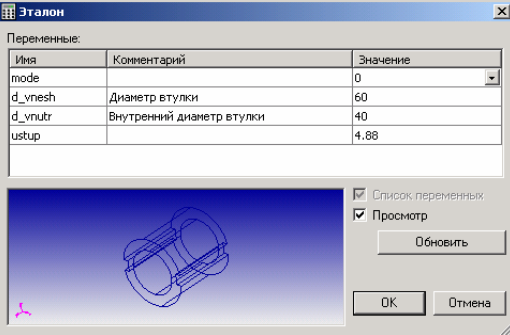
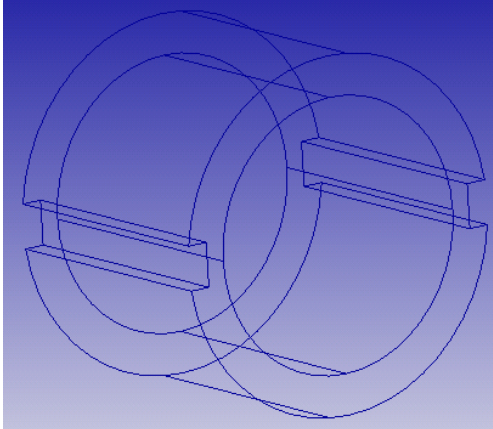
В качестве фрагментов используем трехмерную модель вала (см. Приложение 1) и чертеж втулки, полученный в предыдущих упражнениях. При вставке чертежа втулки в сборку создадим исходную систему координат для этого фрагмента, т.к. она не была определена при создании файла, а затем целевую систему координат сборочной модели. Совмещение этих систем координат позволит однозначно определить положение фрагмента на сборочном чертеже.


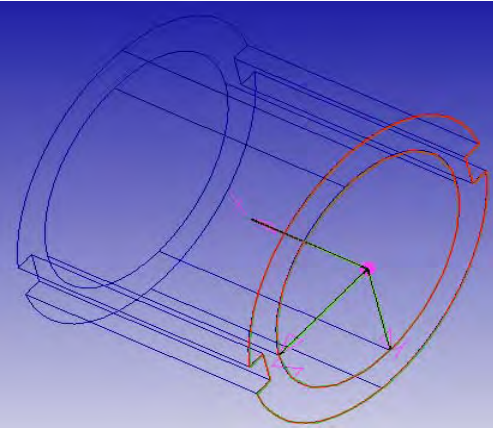



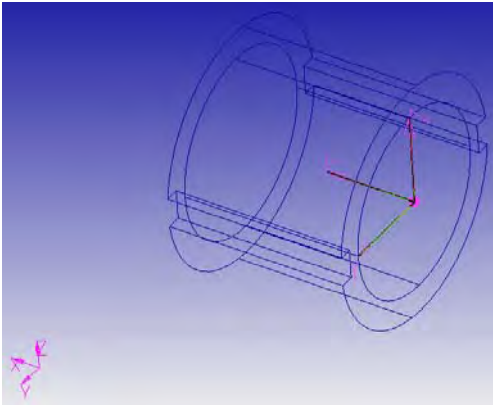
Таблица 8 – Последовательность построения 3D модели


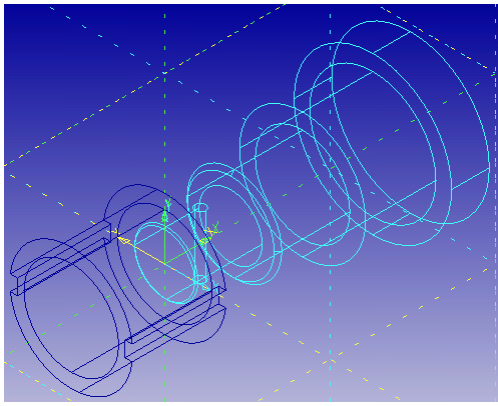

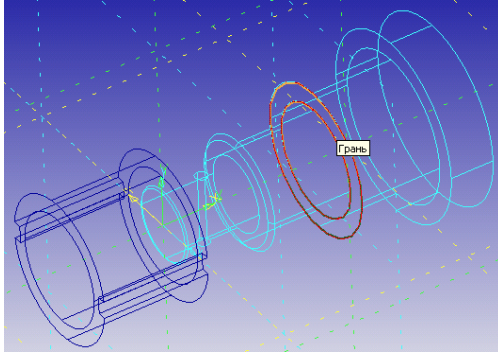
Операция	Пункт меню/ Команда/ Иконка	Описание	Результат	
			окно 2D вида	окно 3D вида
1. Создать новую 3D модель	Файл/ Новая 3D модель F3 			
2. Создать 3D фрагмент	Операции/ 3D Фрагмент/ Вставить 3D фрагмент из файла 3F / O  	<p>В появившемся окне диалога выберите имя файла фрагмента, например, Ось.grb. В нашем примере в этом файле содержится трехмерная параметрическая модель вала.</p> <p>На экране появилось окно задания внешних переменных фрагмента. Задайте следующие значения параметров вала: d1 = 40; d2 = 30; d3 = 40; d4 = 50. Остальные параметры оставьте без изменения. После нажатия на кнопку “Обновить” модель вала с заданными параметрами отобразится в окне просмотра. Для завершения редактирования переменных нажмите кнопку <OK>.</p>		




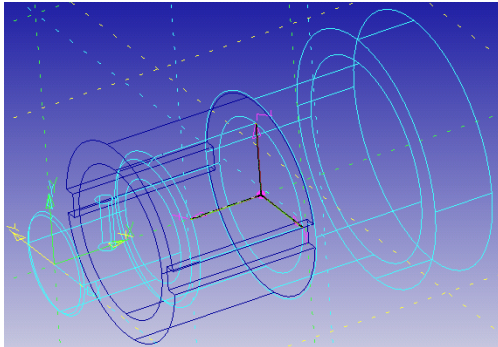
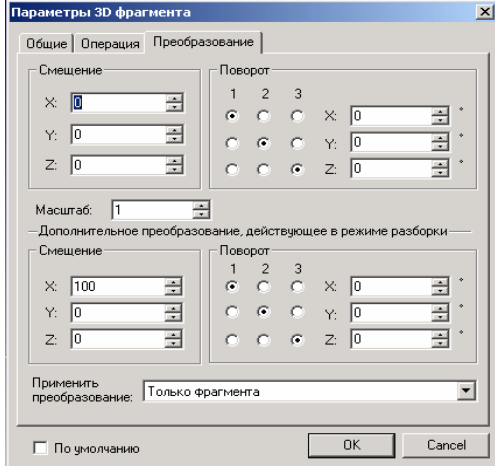
	<p>Выбрать поверхность вращения или ребро для создания исходной СК*</p> <p>4</p> 	<p>При помощи этой команды создается исходная СК вставляемого фрагмента, поскольку в файле трехмерной модели оси не было создано ни одной локальной СК.</p> <p>Для создания исходной СК щелчком левой кнопки мыши выберите торец вала.</p>		
	<p>Повернуть систему координат вокруг оси X на 90° *</p> <p>A</p>  <p>(Повернуть систему координат вокруг оси</p> <p>Y - O  ;</p> <p>Z - Z )</p>	<p>При помощи данных клавиш совместите направление осей мировой СК чертежа и исходной СК фрагмента.</p>		

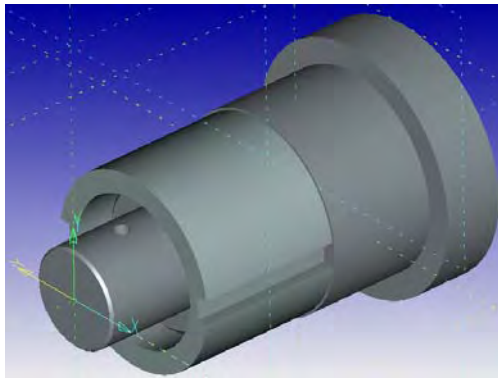
	<p>Завершить выбор исходной СК*</p> <p>Y</p> 	<p>Эта команда завершает операцию создания исходной СК фрагмента.</p>		
	<p>Задать параметры элемента*</p> <p>P</p> 	<p>В открывшемся окне диалога “Параметры 3D фрагмента” выберите закладку “Общие”. В графе “Имя операции” введите “Ось”. Это значение отобразится в окне 3D модели после завершения операции нанесения фрагмента.</p> <p>Щелкните по закладке “Преобразование”. Установите значение смещения, действующего в режиме разборки, по оси X равным 100.</p> <p>В пункте “Применить преобразование” выберите значение “Только фрагмента”.</p> <p>Для подтверждения изменений нажмите кнопку <ОК>.</p>		

	<p>Закончить ввод*</p> <p>Y</p> <p>OK</p>	<p>Данная команда является завершающей в процессе вставки фрагмента в сборочный чертеж.</p>																	
	<p>Вставить 3D фрагмент из файла*</p> <p>O</p> <p></p>	<p>Аналогично предыдущему пункту вставьте еще один фрагмент в 3D сборку.</p> <p>В каталоге <Приложение> найдите файл Втулка.grb. Это трехмерная модель втулки, созданная в предыдущих лабораторных работах.</p> <p>В окне задания внешних переменных введите $d_vnutr = 60$; $d_vnesh = 78$ и нажмите кнопку <OK>.</p>	 <table border="1" data-bbox="1111 770 1608 898"> <thead> <tr> <th>Имя</th> <th>Комментарий</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>mode</td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>d_vnesh</td> <td>Диаметр втулки</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>d_vnutr</td> <td>Внутренний диаметр втулки</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>ustup</td> <td></td> <td>4,88</td> </tr> </tbody> </table>	Имя	Комментарий	Значение	mode		0	d_vnesh	Диаметр втулки	60	d_vnutr	Внутренний диаметр втулки	40	ustup		4,88	
Имя	Комментарий	Значение																	
mode		0																	
d_vnesh	Диаметр втулки	60																	
d_vnutr	Внутренний диаметр втулки	40																	
ustup		4,88																	

<p>Выбрать поверхность вращения или ребро для создания исходной СК*</p> <p>4</p> 	<p>Щелчком левой кнопки мыши выделить торец втулки.</p>		
<p>Повернуть систему координат вокруг оси X на 90° *</p> <p>A</p>  <p>(Повернуть систему координат вокруг оси</p> <p>Y - O ;</p> <p>Z - Z )</p>	<p>Совместите направление осей мировой СК чертежа и исходной СК фрагмента.</p>		

	<p>Завершить выбор исходной СК*</p> <p>Y</p> 	<p>В отличие от первого фрагмента, вставленного в файл сборки, кроме исходной СК вставляемого фрагмента, при вставке втулки необходимо еще указать целевую СК сборочной модели, т.к. привязка фрагментов осуществляется путем совмещения этих двух СК.</p>		
	<p>Выбрать плоскую грань для создания целевой СК*</p> <p>5</p> 	<p>Аналогично тому, как была создана исходная СК фрагмента (втулки), создается целевая СК сборочной модели.</p> <p>Поскольку втулка насаживается на одну из ступеней вала, то целевая СК будет проходить через одну из граней этой ступени.</p> <p>Щелчком левой клавиши мыши укажите грань, которая выделена на рисунке.</p>		

	<p>Повернуть систему координат вокруг оси X на 90^0 *</p> <p>A</p>  <p>(Повернуть систему координат вокруг оси Y - O  ; Z - Z )</p>	<p>Совместите направление осей мировой СК чертежа и целевой СК сборочной модели. При определении направлений осей целевой СК ориентируемся на мировую СК, т.к. в соответствии с ней были заданы направления осей исходной СК втулки.</p>		
	<p>Задать параметры элемента*</p> <p>P</p> <p>P:</p>	<p>Аналогично тому, как задавались параметры фрагмента Ось, определите “Имя операции” – Втулка.</p> <p>Щелкните по закладке “Преобразование”. Установите значение смещения, действующего в режиме разборки, по оси X равным 100.</p> <p>В пункте “Применить преобразование” выберите значение “Только фрагмента”.</p> <p>Для подтверждения изменений нажмите кнопку <ОК>.</p>		

	Закончить ввод Y <input type="button" value="OK"/>	Данная команда заканчивает процесс вставки фрагмента Втулка в 3D сборку.		
3. Сохранить документ	Файл/ Сохранить Ctrl+S <input type="button" value="Save"/>	Сохраните чертеж с именем 3D Сборка.grb		

Примечание: Звездочкой * помечены действия, для выполнения которых не требуется выходить из команды.

Для отображения трехмерной сборочной модели с назначенными на тела материалами и установленными источниками света выберите команду **<3VD> Вид/Изображение/Рендеринг**.

Для того чтобы отобразить 3D модель в режиме разборки выберите команду **<3VX>** или пункт меню **Сервис/Разборка**.

Итак, выполнение предыдущих упражнений позволило Вам освоить основные команды, необходимые для разработки двухмерных и трехмерных моделей в T-FLEX CAD. Следующие упражнения содержат последовательность действий по проведению инженерных расчетов в модуле T-FLEX Анализ на основе моделей, построенных в T-FLEX CAD, а также последовательность действий по импорту их в другие расчетные пакеты.

УПРАЖНЕНИЕ 8 – ПРОВЕДЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В T-FLEX АНАЛИЗ

8.1 Задача

Рассмотрим консольно-защемлённую балку длиной L , которая нагружена силой P на правом конце. Поперечным сечением балки является прямоугольник с шириной b и высотой h . $P=2000$ Н, $L=0.5$ м, $b=0.05$ м, $h=0.02$ м. Требуется определить максимальные прогибы балки.

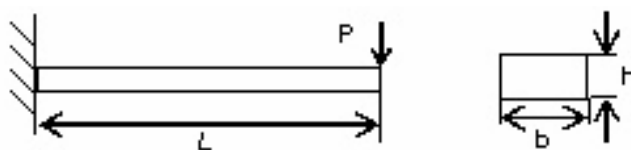


Рисунок 5 – Консольно-защемлённая балка

8.2 Последовательность решения задачи в T-FLEX Анализ

Структурно T-FLEX Анализ организован по модульному принципу. Стандартная поставка системы включает следующие модули (см. рисунок 6):

- **препроцессор** – модуль подготовки конечно-элементной модели;
 - специализированный **расчётный модуль** – в зависимости от решаемых задач, пользователь может выбрать один или несколько из четырёх расчётных модулей (статический анализ, частотный анализ, анализ устойчивости, теплопроводность);
 - **постпроцессор** – модуль визуализации и анализа результатов.
- для использования T-FLEX Анализа необходим T-FLEX CAD, который используется в качестве среды-оболочки для системы конечно-элементного моделирования.



Рисунок 6 – Структурная организация T-FLEX Анализ

Любой вид анализа осуществляется в несколько этапов (см. рисунок 7).
Для осуществления расчётов необходимо:

- 1) построить трёхмерную модель изделия;
- 2) создать «Задачу». Задача создается для одного или нескольких соприкасающихся твёрдых тел («клеевое» соединение);
- 3) определить материал модели;
- 4) сгенерировать тетраэдральную конечно-элементную сетку;
- 5) наложить граничные условия, определяющие сущность физического явления, подлежащего анализу;
- 6) выполнить расчёт;
- 7) проанализировать результаты.



Рисунок 7 – Этапы конечно-элементного анализа в T-FLEX Анализ

Перечисленные этапы справедливы для всех типов анализа, реализованных в системе T-FLEX Анализ. Отличие между этапами моделирования для разных видов анализа состоит только в типах накладываемых граничных условий, которые зависят от вида задачи (расчёта). Например, в статическом анализе и устойчивости роль граничных условий выполняют приложенные к изделию силовые нагрузки и закрепления, в частотном – только закрепления, а в тепловом анализе – температурные и тепловые нагрузки.

8.3 Выполнение расчёта

Перед началом работы в системе T-FLEX Анализ необходимо подготовить твердотельную трёхмерную модель. Твердотельная модель может быть построена в среде T-FLEX CAD или импортирована из других систем (Рисунок 8). Статические расчёты могут выполняться над одной или несколькими операциями-телами.

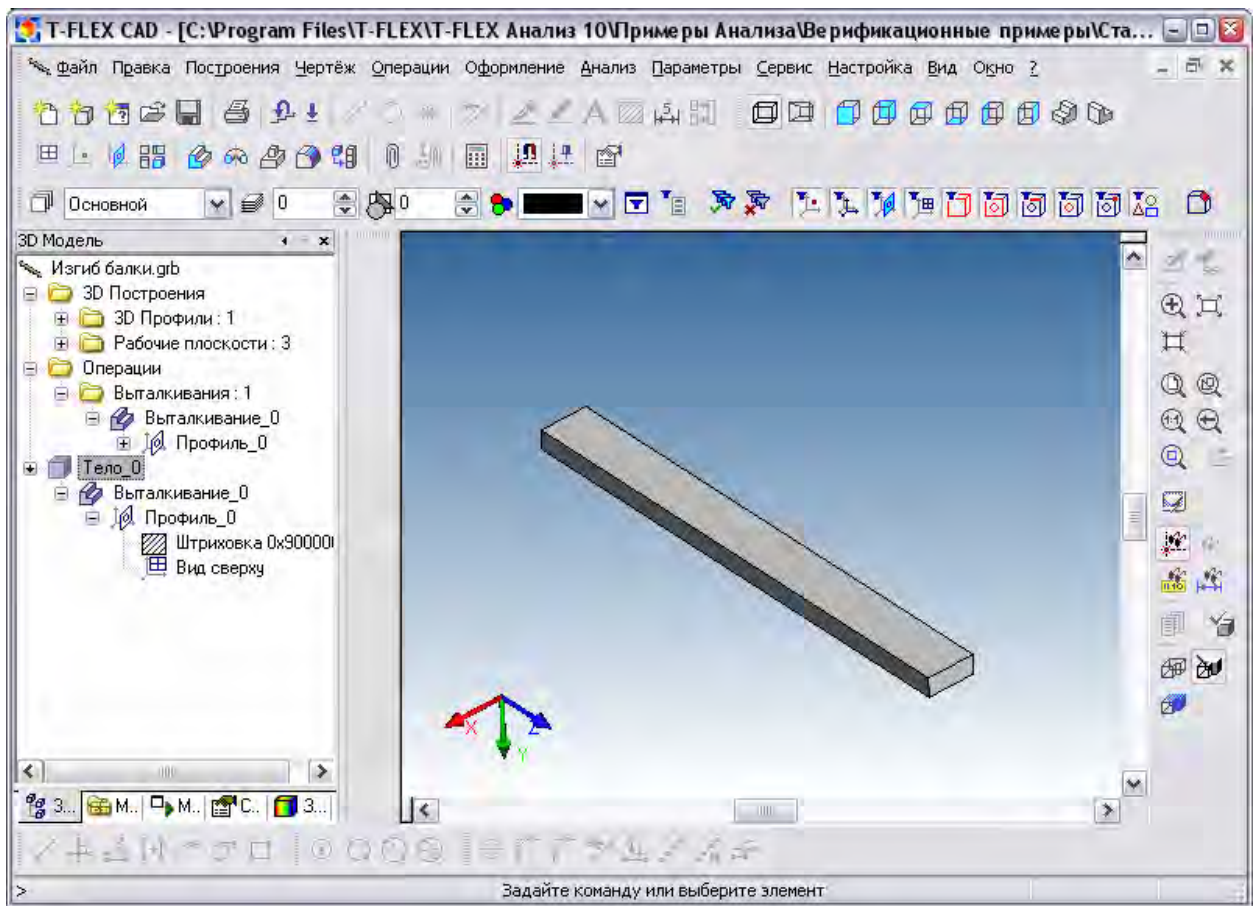

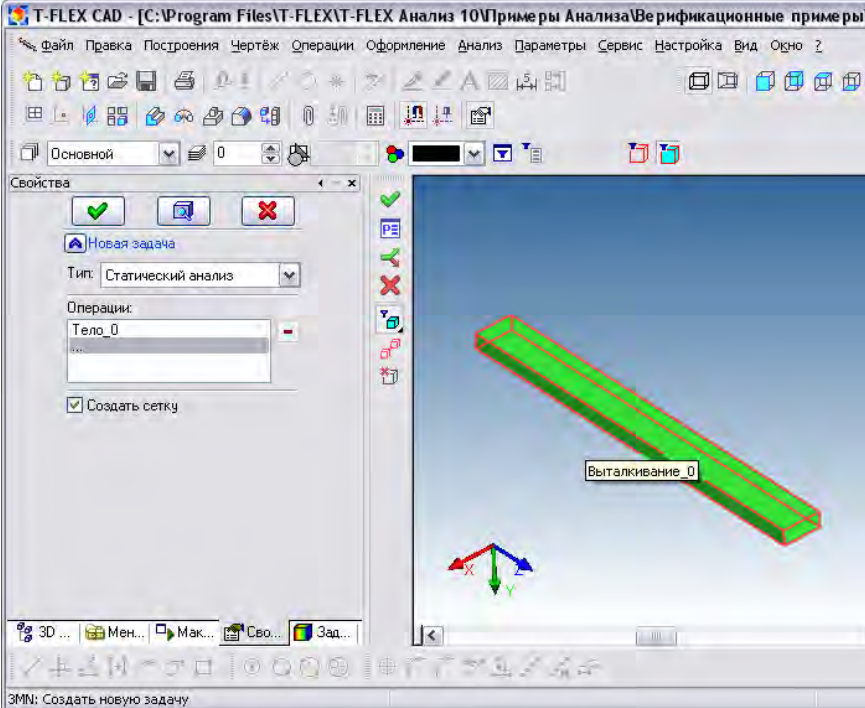


Рисунок 8 – 3D модель балки

Таблица 9 – Последовательность проведения статического расчета

Операция	Пункт меню/ Команда/ Иконка	Описание	Результат
1. Создать расчетную задачу	Анализ/ Новая задача ЗМН 	<p>В окне свойств команды укажите задачи тип – «Статический анализ».</p> <p>В окне 3D вида или в дереве модели укажите тело, полученное операцией выталкивания. Если в 3D сцене присутствует несколько тел, необходимо выбрать одно или несколько соприкасающихся тел.</p>	

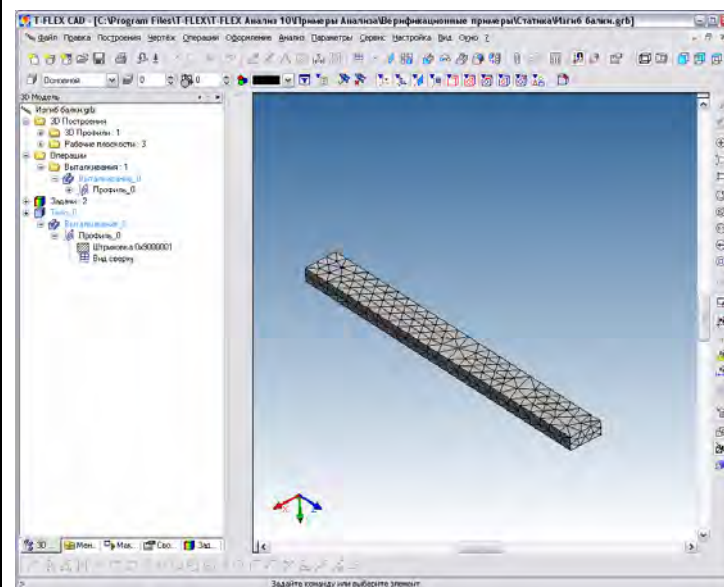
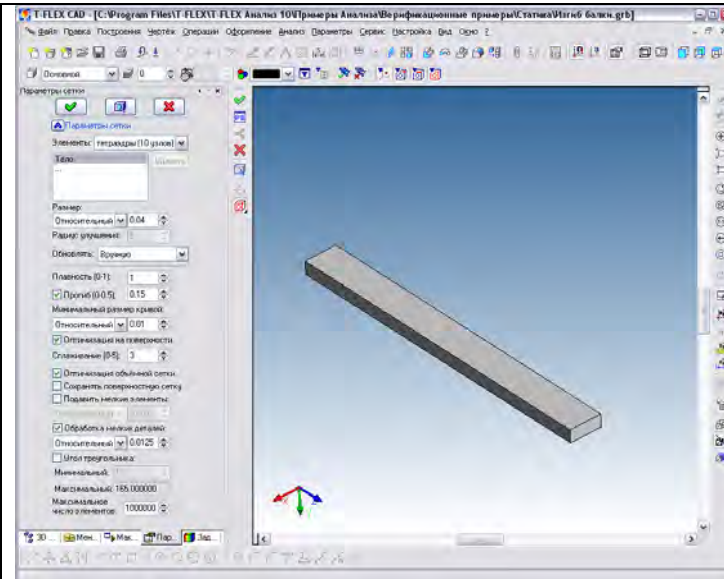
В окне свойств задачи укажите параметры конечно-элементной сетки.


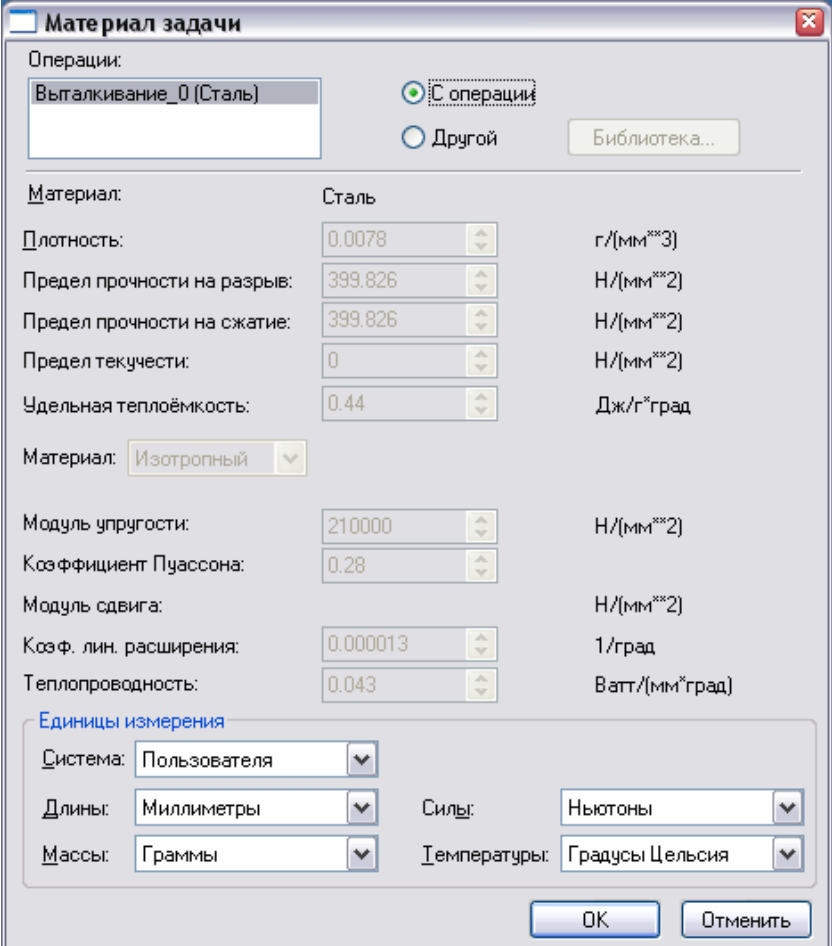

Подтвердите создание задачи нажатием кнопки



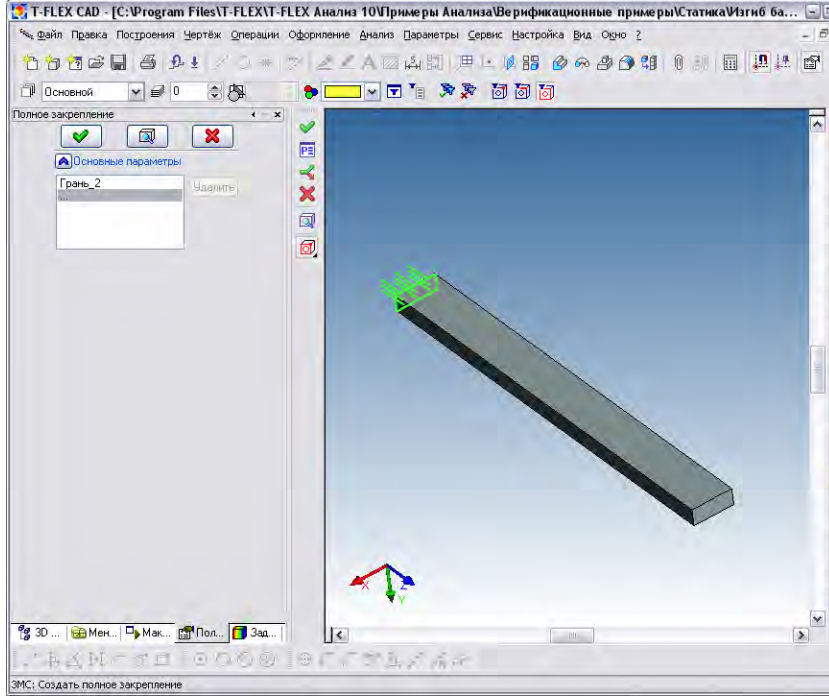





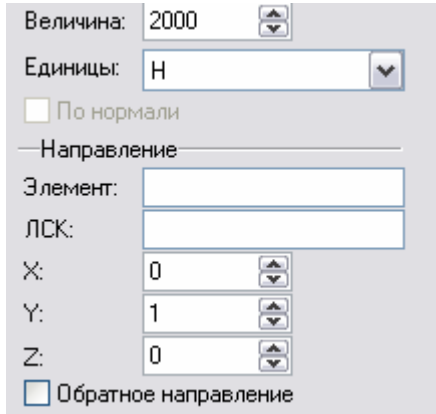
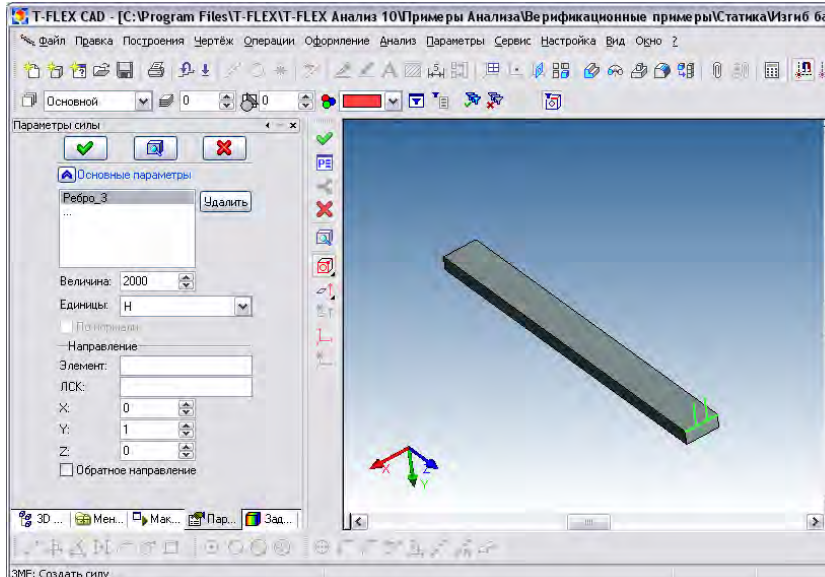
в окне свойств или в автоменю.

Закройте окно генерации сетки кнопкой [OK].



<p>2. Задать материал</p>	<p>Анализ/ Материал ЗМЖ </p>	<p>В окне 3D модели или окне задач выберите выталкивания и вызовите команду контекстного меню «Свойства».</p> <p>В диалоге свойств операции выберите материал из стандартной библиотеки материалов T-FLEX CAD. Оставим материал, назначенный по умолчанию – сталь (модуль упругости $E=2.1 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0.28$).</p> <p>Закройте диалог свойств материала кнопкой [OK].</p>	
<p>3. Просмотр свойств материала</p>	<p>Анализ/ Материал ЗМЖ </p>	<p>Для просмотра свойств материала вызовите команду.</p>	

4. Создание конечно-элементной сетки		<p>Для осуществления конечно-элементного моделирования необходимо построение расчётной сетки из тетраэдральных элементов. По умолчанию, команда построения такой сетки инициируется автоматически при создании задачи.</p>	
5. Наложение граничных условий	<p>Анализ/ Ограничение/ Полное закрепление ЗМС</p> 	<p>Левый торец балки закрепим, а на правый приложим нагрузку величиной P, направленную вертикально вниз.</p> <p>Для задания полного закрепления левого торца вызовите команду.</p> <p>В окне 3D сцены или в дереве 3D модели укажите элемент грань для закрепления.</p> <p>Подтвердите создание закрепления нажатием кнопки  в окне свойств или в автономно.</p>	 <p>The screenshot shows the T-FLEX CAD interface. A dialog box titled 'Полное закрепление' (Full Fixation) is open, displaying a green checkmark icon and a 'Удалить' (Delete) button. The main 3D view shows a grey beam with a green checkmark icon on its left end, indicating the application of a full fixation boundary condition. The software title bar and menu bar are visible at the top.</p>

<p>6. Задание нагружения</p>	<p>Анализ/ Нагружение/ Сила ЗМФ</p> 	<p>Задайте значение модуля и единицы измерения силы в окне свойств команды.</p> <p>При помощи команды автоменю  выберите ребро на которое воздействует сила.</p> <p>В окне свойств укажите направление силы.</p> <p>Подтвердите создание силы, нажав кнопку  в окне свойств или в автоменю.</p>	 
------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7. Выполнение расчёта

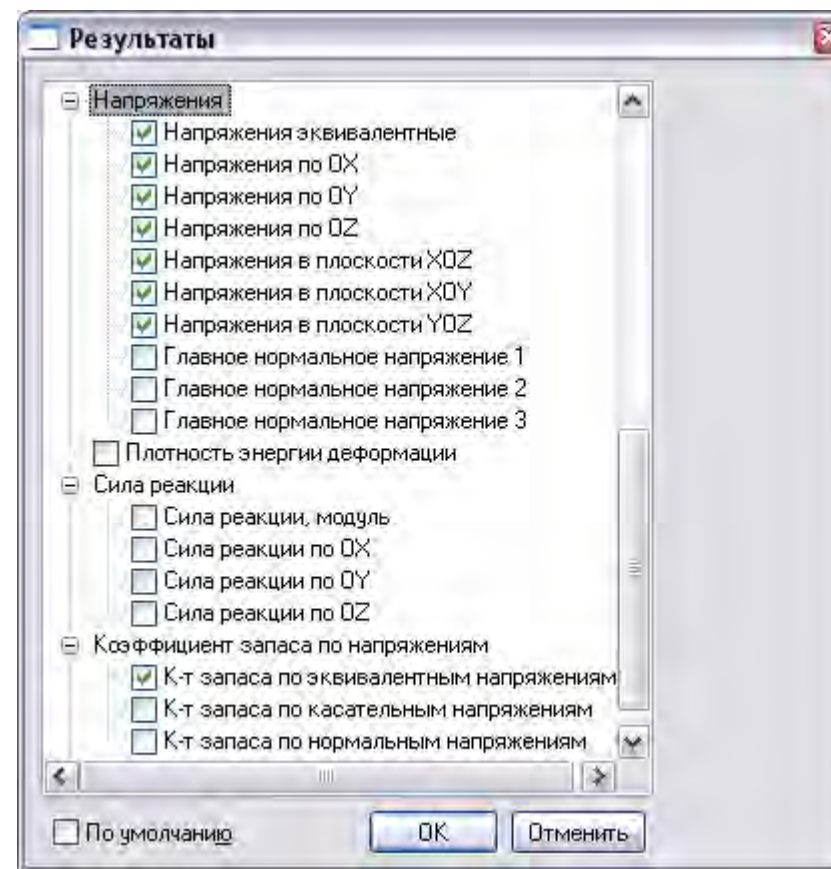
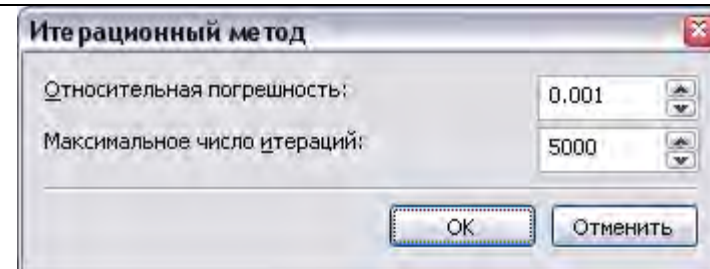
Анализ/
Расчет
ЗМУ

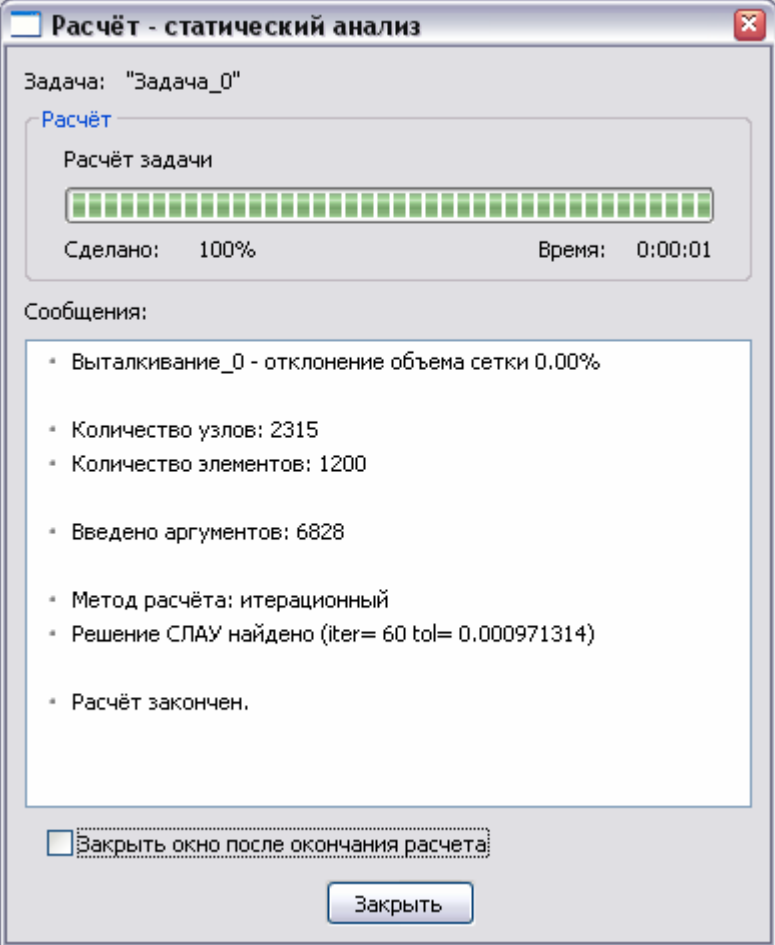

После того как для модели была построена конечно-элементная сетка и наложены граничные условия (закрепления и нагрузки), можно запустить процесс формирования и решения линейных алгебраических уравнений статического анализа. Для запуска расчёта задачи вызовите команду. Расчёт выбранной задачи можно также запустить из контекстного меню по нажатию правой кнопки мыши на имени выбранной задачи в дереве задач.

В диалоге свойств задачи задайте или измените необходимые свойства.

На странице «Расчет» убедитесь, что установлен флаг «Автоматический выбор».

При выборе итерационного метода в диалоге, вызываемом по кнопке [Настройка], задайте погрешность получаемого решения и предельное количество итераций, по достижении которого решение систем уравнений итерационным методом прекращается, даже если требуемая точность решения не достигнута.



		<p>При помощи кнопки [Настройка] страницы «Результаты» выберите характеристики, которые будут сохраняться как результат расчета, как показано на рисунке.</p> <p>Закройте окно настройки результатов, нажав кнопку [ОК].</p> <p>Запустите расчет, нажав кнопку [ОК] в диалоге параметров задачи. После запуска за ходом выполнения расчета можно будет наблюдать в специальном окне.</p> <p>По окончании расчета закройте окно расчета кнопкой [Заккрыть].</p>	
8. Анализ результатов статического расчёта.		<p>После выполнения расчёта, в дереве задач появляется новая папка «Результаты». По умолчанию в ней отображаются результаты, определённые в закладке «Результаты» диалога «Параметры задачи».</p>	

8.4 Оценка статической прочности по результатам моделирования

После успешного расчёта задачи необходимо проанализировать результаты расчётов, чтобы сделать заключение о вероятной статической прочности конструкции по результатам конечно-элементного моделирования. В большинстве случаев для этого достаточно трёх типов результатов – перемещений, напряжений и коэффициента запаса по напряжениям. Примерная последовательность действий по оценке результатов конечно-элементного моделирования:

1. Анализ перемещений

В дереве задач из контекстного меню по команде «Открыть» или «Открыть в новом окне» открываем результат «Перемещения, модуль» (рисунок 9).

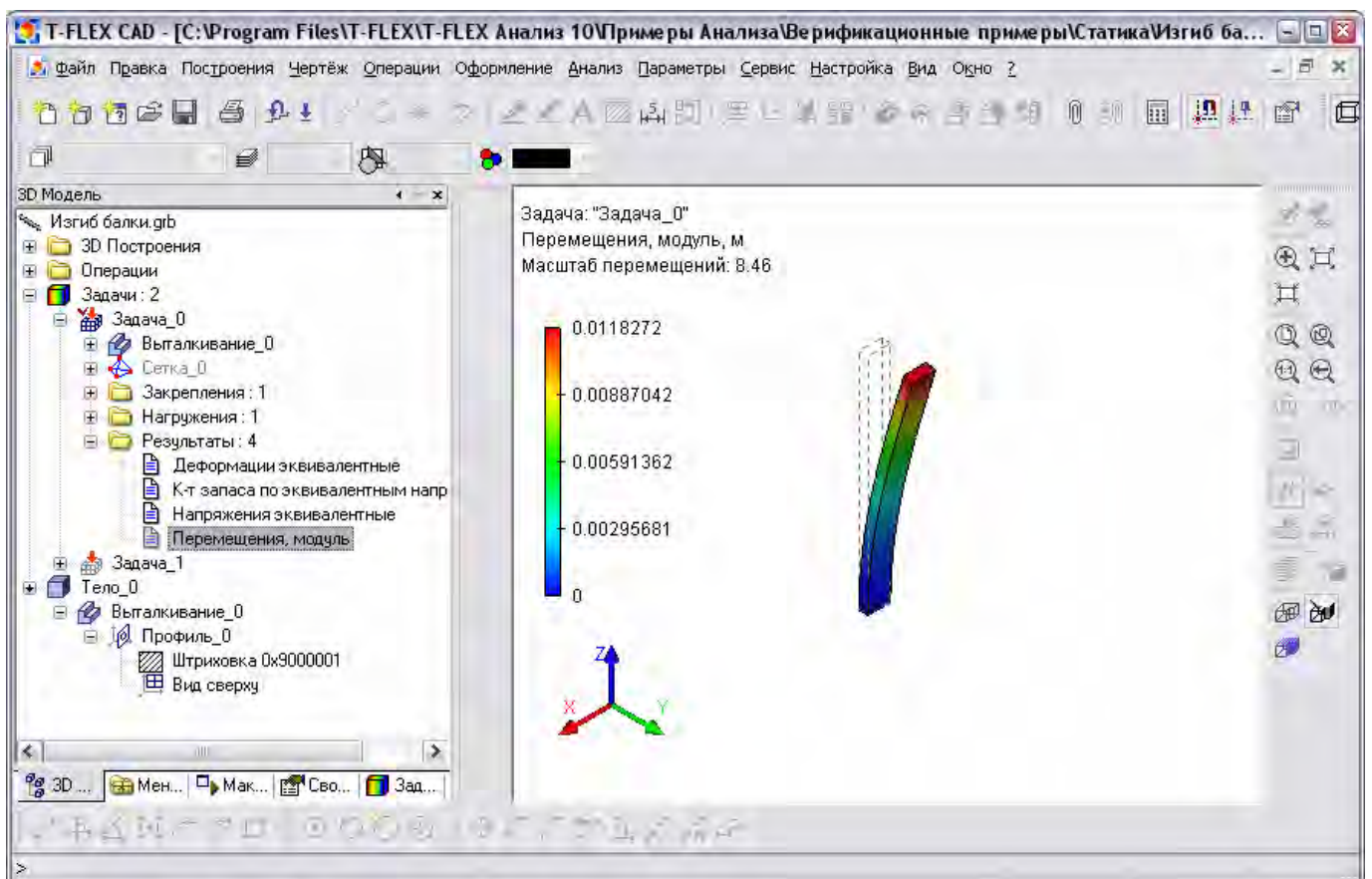


Рисунок 9 – Просмотр результатов расчета. Группа «Перемещения, модуль»

Визуально оцениваем характер и амплитуды деформированного состояния конструкции. Контроль за перемещениями необходим для того, чтобы проверить правильность приложенных нагрузок и убедиться, что в результате решения систем уравнений было найдено корректное решение. Если результаты анализа перемещений показывают, что решение задачи найдено и характер деформированного состояния конструкции соответствует ожидаемому, можно перейти к следующему шагу.

Максимальное перемещение получилось равным 11.92 мм (рисунок 10).

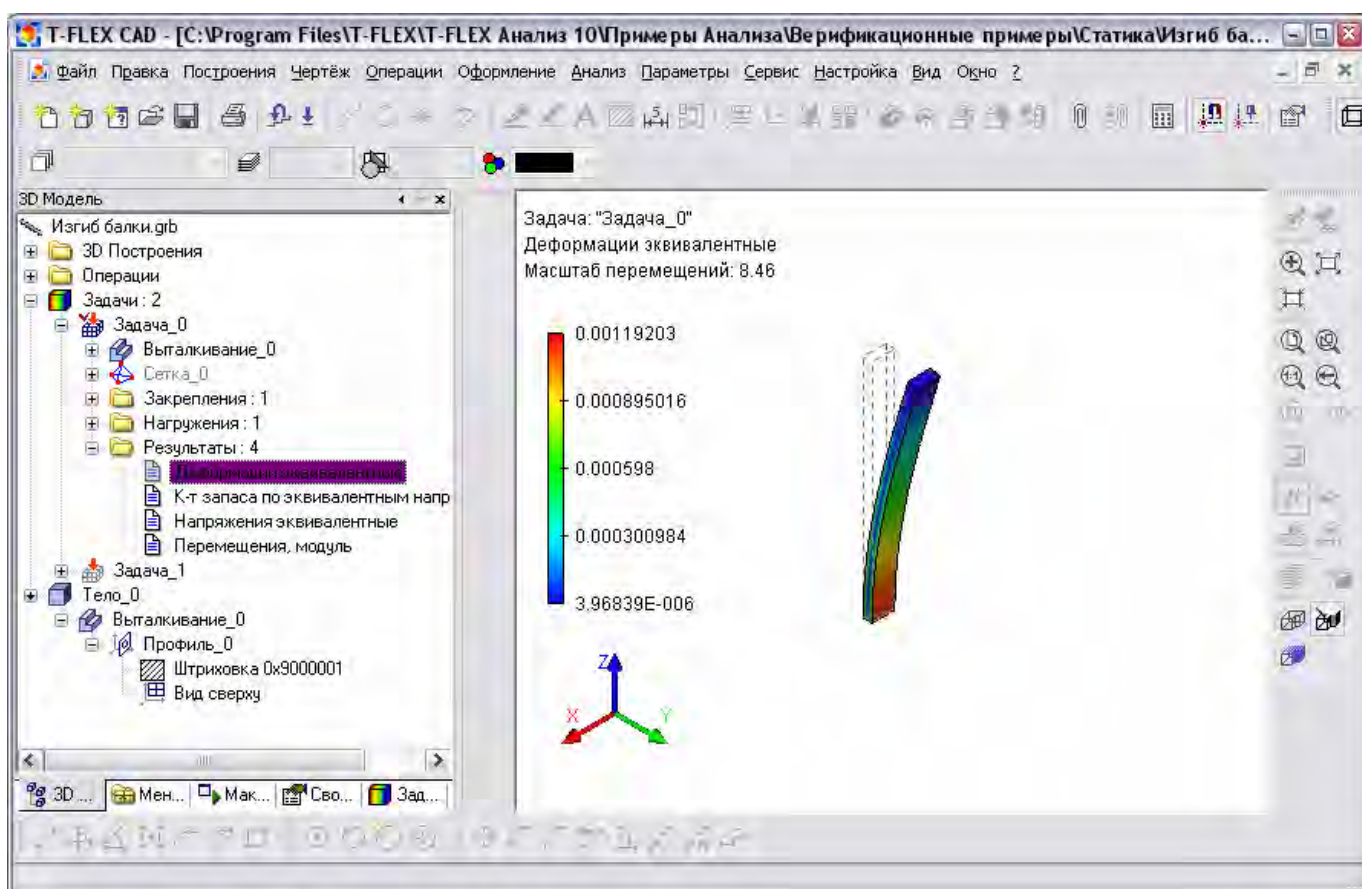


Рисунок 10 – Просмотр результатов расчета.
Группа «Деформации эквивалентные»

2. Анализ напряжений

Открываем результат «Напряжения эквивалентные».

Визуально оцениваем характер рассчитанных эквивалентных напряжений. Градиенты напряжений отображаются цветовыми переходами. Шкала

цветовых значений, отображаемая в окне визуализатора, позволяет определить ориентировочное значение отображаемого результата. Если навести курсор мыши на интересующее место модели, то появляется всплывающая подсказка, содержащая интерполированное по ближайшим узлам значение отображаемой величины непосредственно под курсором мыши. По результату «Эквивалентные напряжения» можно сделать следующие заключения:

а) наибольшие напряжения возникают в месте закрепления и равны $2.9 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$;

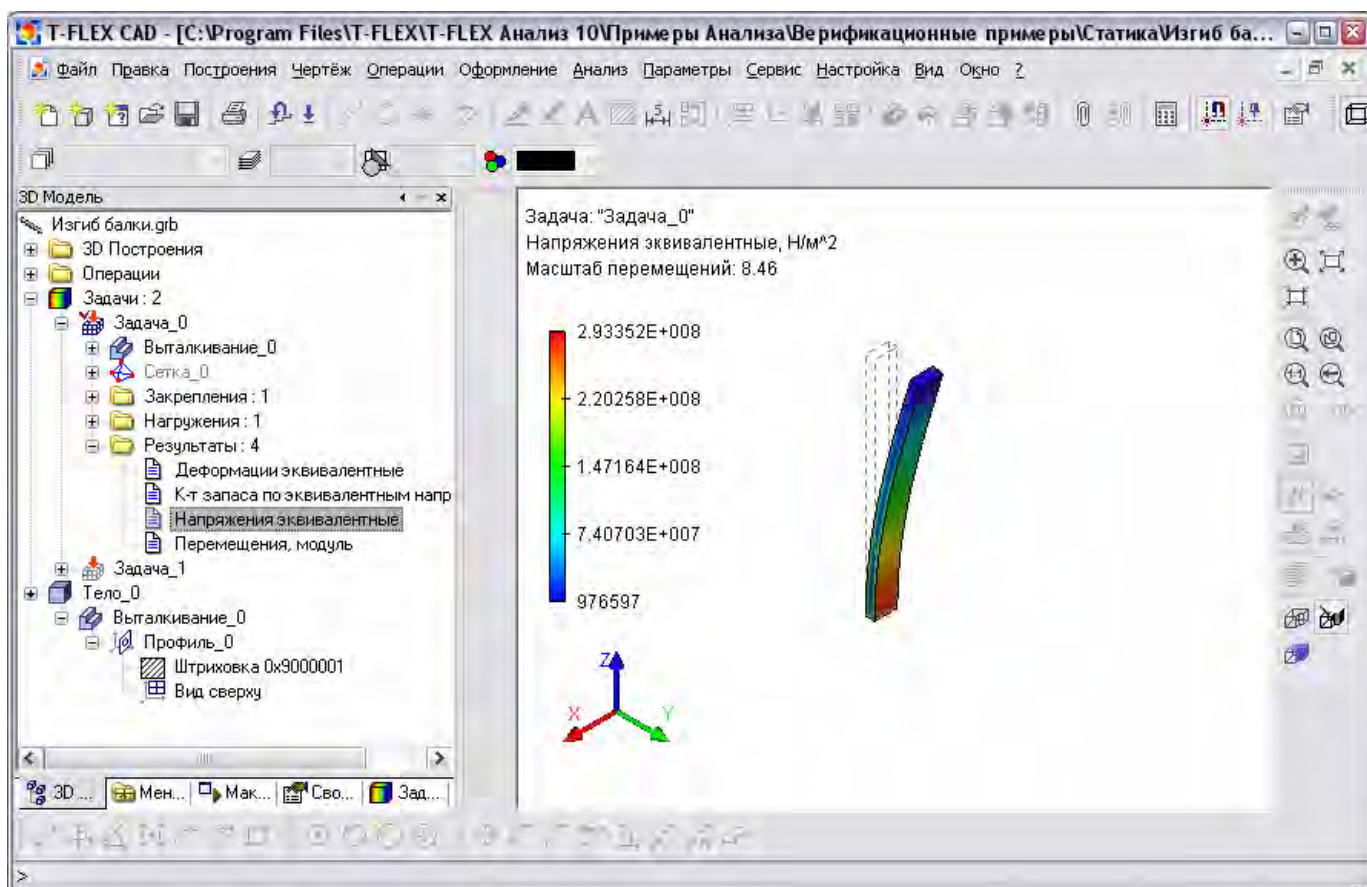


Рисунок 11 – Просмотр результатов расчета.
Группа «Напряжения эквивалентные»

Материал:	Сталь	
Плотность:	7800000	г/(м**3)
Предел прочности на разрыв:	399826000	Н/(м**2)
Предел прочности на сжатие:	399826000	Н/(м**2)

Рисунок 12 – Свойства материала балки

б) Сравнивая максимумы расчётных напряжений $2.9 \cdot 10^8$ Н/м² с допускаемыми для материала модели напряжениями $3.9 \cdot 10^8$ Н/м² (рисунок 11), можно сделать утверждение о прочности конструкции.

3. Оценка запаса прочности

Открываем результат «Коэффициент запаса по напряжениям» (рисунок 13). Данный результат позволяет оценить количественное отношение допускаемых напряжений, указанных в характеристиках материала к рассчитанным эквивалентным. По умолчанию результат отображается в логарифмическом масштабе шкалы с целью уменьшения разброса цветовых градиентов. Если отношение допускаемого и расчётного напряжений приближается к единице, или меньше её, условие прочности перестаёт выполняться и, следовательно, в конструкцию необходимо вносить изменения. Для данной расчётной модели отношение допускаемого и расчётного напряжений в самом критическом месте составляет 1.36.

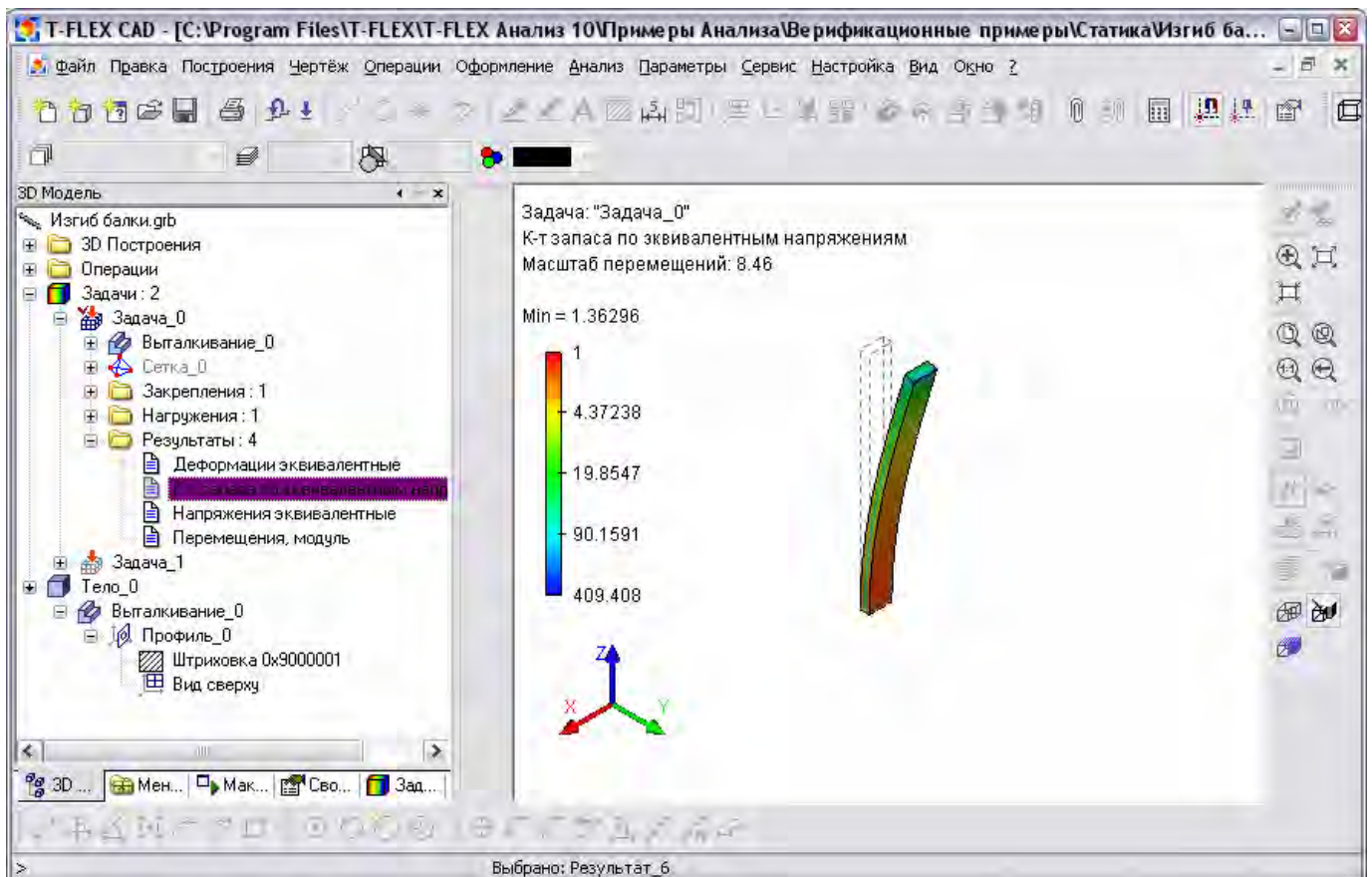


Рисунок 13 – Просмотр результатов расчета.
Группа «Коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям»

УПРАЖНЕНИЕ 9 – РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ СЖАТОГО ПРЯМОГО СТЕРЖНЯ В T-FLEX АНАЛИЗ

9.1 Задача

Рассмотрим задачу устойчивости центрально сжатого прямого стержня (задача Эйлера). Прямой стержень, длина которого равна l , ширина и высота поперечного сечения b и h соответственно, закреплен одним концом, а на другой действует сжимающая нагрузка величиной P . Примем длину стержня равной 0.5 м, характеристики поперечного сечения $b=0.05$ м, $h=0.02$ м. Необходимо найти коэффициент нагрузки, при котором стержень теряет устойчивость.

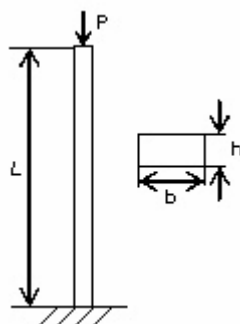



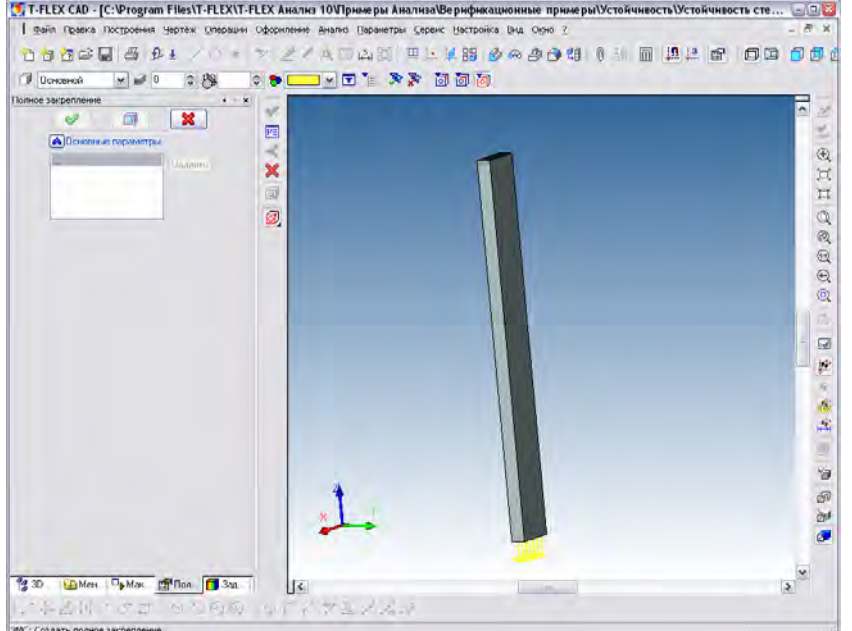


Рисунок 14 – Расчетный стержень

9.2 Выполнение расчета

Таблица 10 – Последовательность расчета устойчивости сжатого прямого стержня

Операция	Пункт меню/ Команда/ Иконка	Описание	Результат
1. Создать расчетную задачу	Анализ/ Новая задача 3MN 	<p>Для модели балки, построенной в предыдущем упражнении, создадим задачу типа «Анализ устойчивости» и построим конечно-элементную сетку.</p> <p>Для создания задачи вызовите команду.</p> <p>Для осуществления статического расчёта в окне свойств команды укажите её тип – «Анализ устойчивости».</p> <p>В окне 3D вида или в дереве модели укажите тело, полученное операцией выталкивания.</p> <p>В окне свойств задачи укажите параметры конечно-элементной сетки.</p> <p>Подтвердите создание задачи нажатием кнопки  в окне свойств или в автоменю.</p> <p>Закройте окно генерации сетки кнопкой [OK].</p>	

2. Задание материала		<p>Материал стержня оставим по умолчанию (модуль упругости $E=2.1 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0.28$).</p>	
3. Создание сетки		<p>Для осуществления конечно-элементного моделирования необходимо построение расчётной сетки из тетраэдральных элементов. По умолчанию, команда построения такой сетки инициируется автоматически при создании задачи.</p> <p>Подтвердите создание закрепления нажатием кнопки  в окне свойств или в автоменю.</p>	

4. Наложение граничных условий

Анализ/Ограничение/ Полное закрепление

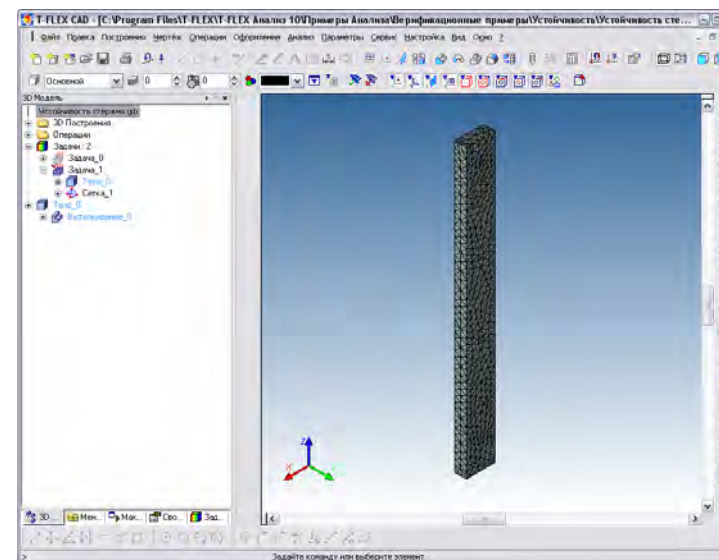
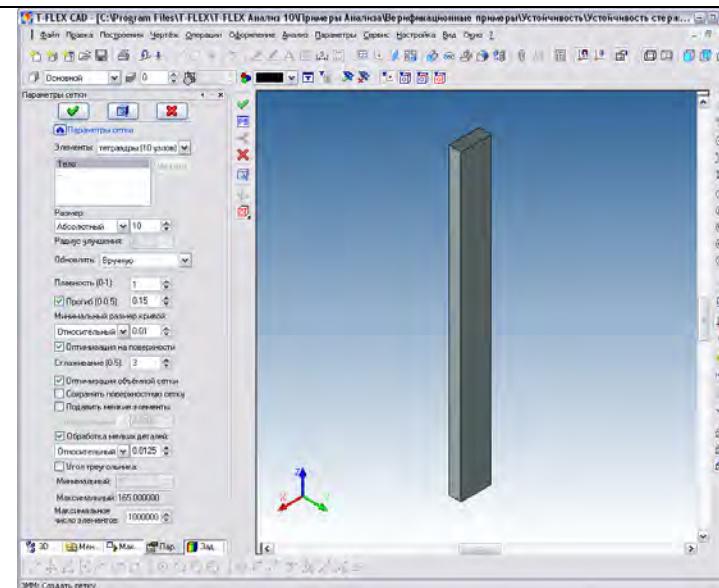
ЗМС



Граничные условия определим следующим образом. Нижнюю грань полностью закрепляем, а на верхнюю прикладываем распределенную силу величиной 1 Н.

Для задания граничных условий вызовите команду.

В окне 3D сцены или в дереве 3D модели укажите грань для закрепления.





Анализ/
Нагруже-
ние/
Сила

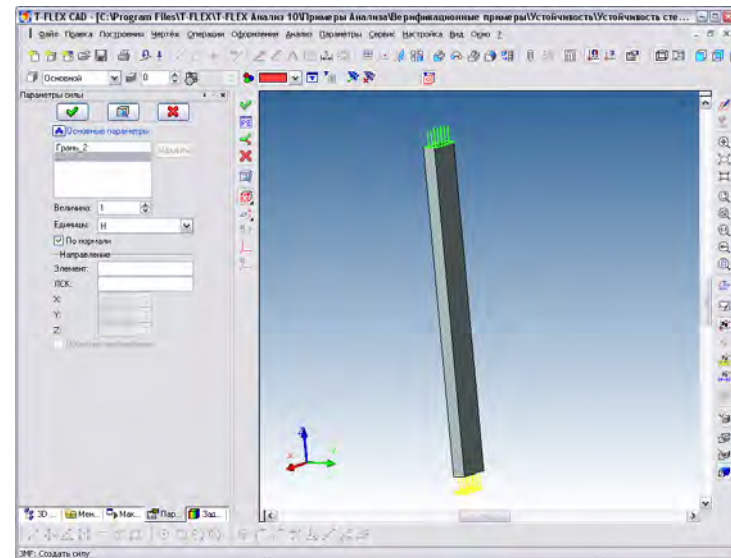
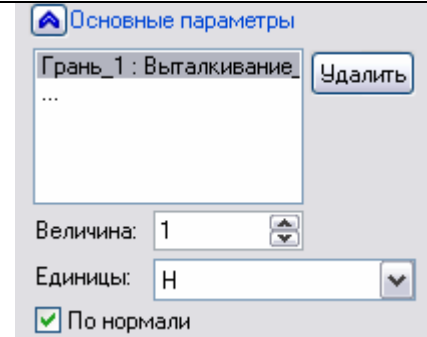
ЗМФ


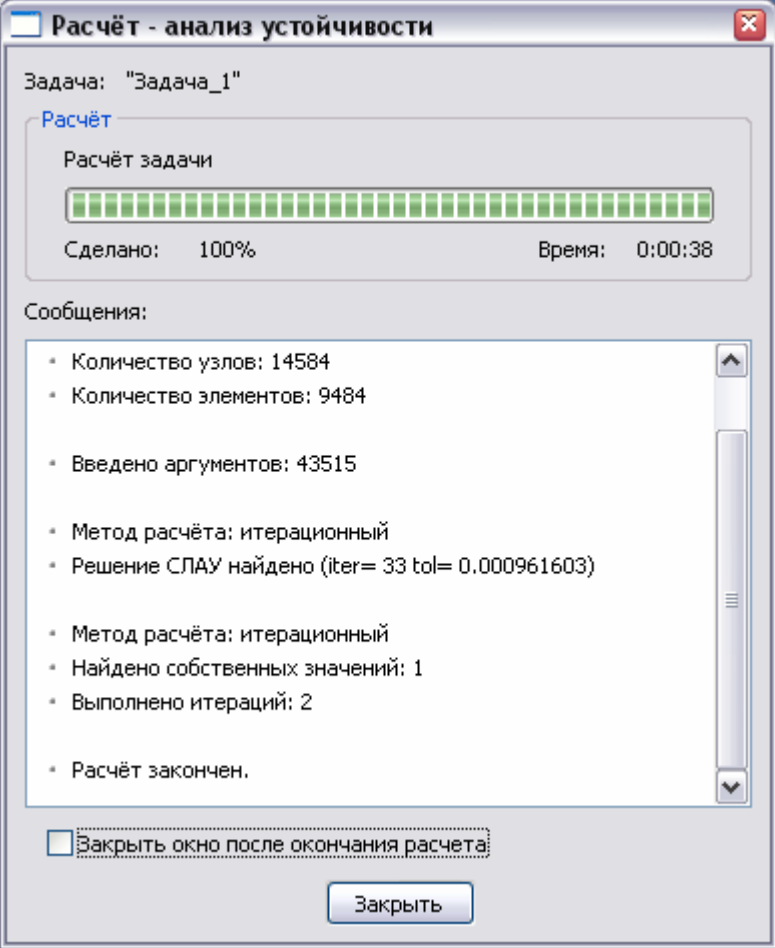


Для задания нагружения вызовите команду.
Задайте значение модуля и единицы измере-
ния силы в окне свойств команды.

При помощи команды автоменю  выберите
грань на которую воздействует сила.

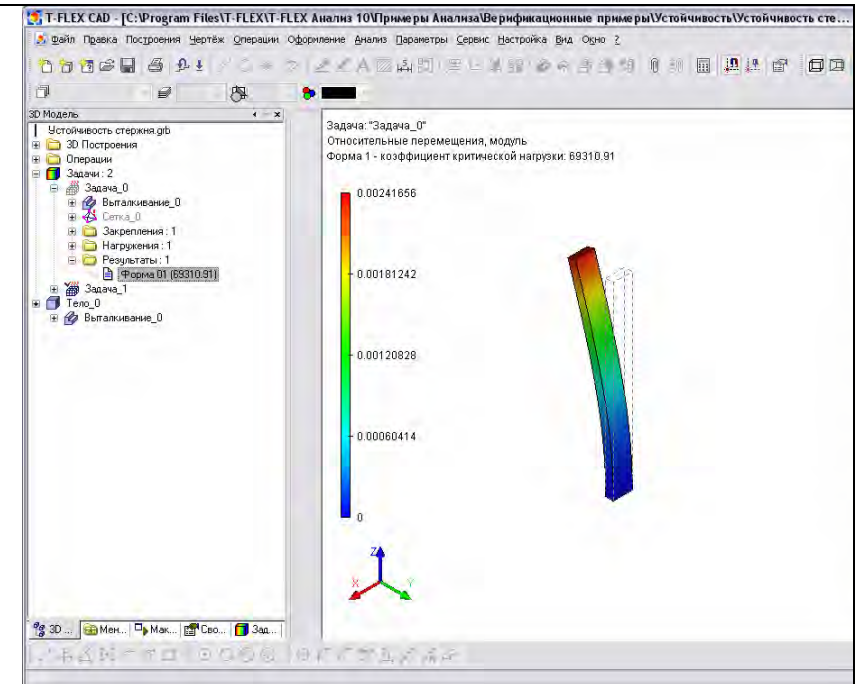
Подтвердите создание силы, нажав кнопку
 в окне свойств или в автоменю.



<p>5. Выполнение расчёта</p>	<p>Анализ/ Расчет ЗМУ</p> 	<p>После того, как для модели была построена конечно-элементная сетка и наложены граничные условия (закрепления и нагрузки), можно запустить процесс формирования и решения линейных алгебраических уравнений анализа устойчивости.</p> <p>Для запуска расчёта задачи вызовите команду.</p> <p>Расчёт выбранной задачи можно также запустить из контекстного меню по нажатию правой кнопки мыши на имени выбранной задачи в дереве задач. В диалоге свойств задачи задайте или измените необходимые свойства.</p> <p>Запустите расчет, нажав кнопку [ОК] в диалоге параметров задачи.</p> <p>По окончании расчета закройте окно расчета кнопкой [Заккрыть].</p>	
------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

6. Анализ результатов расчёта

После выполнения расчёта, в дереве задач появляется новая папка «Результаты». По умолчанию в ней отображаются результаты, определённые в закладке «Результаты» диалога «Параметры задачи». Для анализа устойчивости это относительные перемещения.



9.3 Оценка устойчивости по результатам моделирования

Примерная последовательность действий по оценке результатов конечно-элементного моделирования явления начальной устойчивости следующая:

1. Оценка корректности решения

Коэффициент критической нагрузки должен быть положительным. Если коэффициент получился отрицательным, значит нагружения, приложенные к конструкции, не вызывают эффектов неустойчивого поведения системы.

2. Оценка значения коэффициента

Если коэффициент критической нагрузки получился положительным и меньше 1, это означает, что при заданных нагружениях система потеряет устойчивость, и конструкция нуждается в доработке. Если коэффициент критической нагрузки положителен и больше 1, значит, при заданных условиях нагружения потеря устойчивости конструкции не угрожает.

Коэффициент критической нагрузки – расчётное значение коэффициента, произведение которого на приложенные к системе нагрузки, даёт фактическое значение критической нагрузки, приводящей систему в новое равновесное состояние.

Например, для модели приложена распределенная сила 1 Н. Коэффициент критической нагрузки по результатам расчёта составил 69310.91. Это означает, что первая форма устойчивого равновесного состояния для данной модели имеет критическую нагрузку 69310.91 Н.

3. Анализ форм равновесных состояний

В дереве задач из контекстного меню по команде «Открыть» или «Открыть в новом окне» открываем результат «Форма 01», соответствующий наименьшей критической нагрузке. Визуально оцениваем характер деформированного состояния конструкции. Анализ форм равновесных состояний позволяет сделать вывод о направлениях и местах максимальных перемещений, соответствующих критической нагрузке. Эта информация может быть ис-

пользована для оптимизации конструкции изделия с целью повышения её устойчивости.

Для данной модели наибольшей деформации подвергается поверхность балки в месте приложения нагрузки. Для исключения перемещения конструкции под действием распределенной нагрузки она может быть ограничена за счет добавления новых конструктивных элементов.

4. Относительные перемещения, соответствующие данной критической нагрузке

Этот тип результата отражает форму равновесного устойчивого состояния конструкции, соответствующую определенной критической нагрузке. Формы равновесных состояний, отображаемые в окне постпроцессора после завершения расчёта, представляют собой относительные перемещения. Анализируя эти формы, можно сделать заключения о характере перемещений в ситуации потери устойчивости. Зная ожидаемую равновесную форму на некоторой критической нагрузке, можно, например, задать дополнительное закрепление или опору в области конструкции, соответствующей максимуму данной формы равновесного состояния, что приведёт к эффективному изменению механических свойств изделия.

В качестве дополнительного (справочного) результата можно вывести также перемещения конструкции под действием приложенных статических нагрузок, расчёт которых предшествует расчёту коэффициентов критических нагрузок.

УПРАЖНЕНИЕ 10 - ЭКСПОРТ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ T-FLEX CAD В ANSYS

10.1 Задача

Выполнение экспорта файлов моделей T-FLEX CAD в расчетный комплекс ANSYS для дальнейшего проведения инженерных расчетов. Для выполнения задачи требуется наличие данных программных средств на компьютере.

Выполнение задачи будет проводиться в два этапа:

- 1) экспорт геометрии модели в один из универсальных форматов передачи данных при помощи команд T-FLEX CAD;
- 2) импорт полученного файла в ANSYS.

10.2 Форматы экспорта-импорта моделей из T-FLEX CAD в ANSYS

T-FLEX CAD позволяет экспортировать созданные в нём 2D чертежи и 3D модели в форматы других графических систем. Файлы твердотельных геометрических моделей или деталей T-FLEX CAD могут быть переданы в среду ANSYS путем применения средств ANSYS Connection. Возможность экспорта-импорта устанавливается за счет поддержки обоими системами одинаковых стандартизированных форматов файлов:


- файлы формата геометрического ядра Parasolid (.xmt_txt);
- файлы формата IGES (*.igs);
- файлы формата STEP (*.step);

Использование формата геометрического ядра Parasolid позволит наиболее точно передать геометрию построения модели. Стандарт Initial Graphics Exchange Specification (IGES) является стандартным нейтральным файлом, предназначенным для обмена информацией между системами CAD и CAE. При помощи этого файла ANSYS может связываться с большинством CAD-систем промышленного назначения. Формат STEP является универсальным механизмом обмена данными между системами, в том числе между CAD и CAE. При переносе моделей из T-FLEX CAD в другие системы и из других систем в T-FLEX CAD настоятельно рекомендуется при наличии выбора между форматами IGES и STEP использовать формат STEP.

Все эти форматы позволяют экспортировать только 3D-модели. Экспорт двухмерных моделей может осуществляться посредством форматов растровой графики, а также форматов AutoCAD.

10.3 Экспорт модели из T-FLEX CAD

Для экспорта твердотельной модели из T-FLEX CAD необходимо выполнить следующие действия:

1. В T-FLEX CAD откройте файл модели, которую необходимо экспортировать.
2. В текстовом меню выберите команду «**Файл\Экспортировать**». Аналогичные действия можно выполнить командой клавиатуры <Ctrl>+<W> или выбором пиктограммы .
3. В появившемся окне «**Экспорт**» (см. рисунок 15) выберите один из упоминавшихся выше форматов данных, задайте новое имя модели или оставьте предложенное по умолчанию (по умолчанию предлагается имя модели T-FLEX CAD) и нажмите кнопку [**Сохранить**].

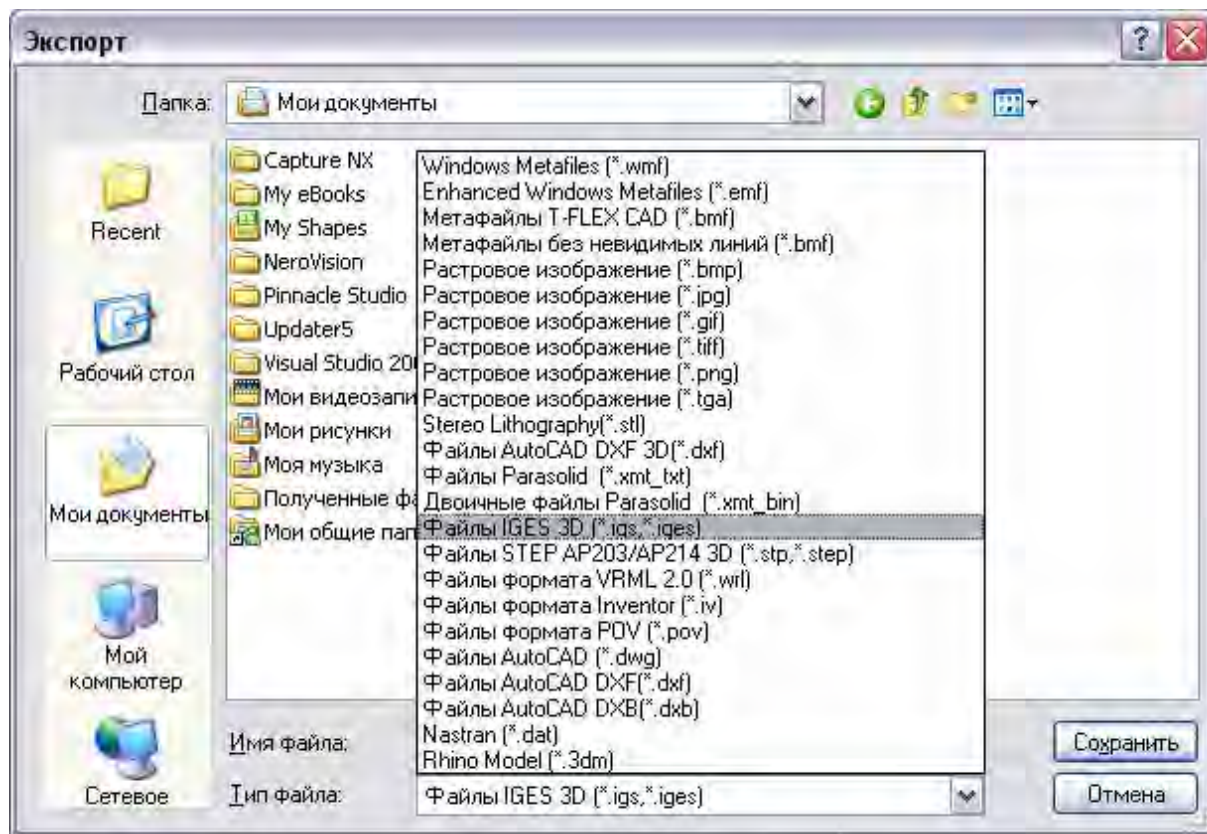


Рисунок 15 – Окно выбора формата экспорта из T-FLEX CAD

В зависимости от выбранного формата экспорта либо сразу происходит сохранение файла, либо требуется задать дополнительные параметры, описание которых приведено в разделе. Полученный файл можно импортировать в ANSYS.

10.4 Параметры экспорта моделей из T-FLEX CAD Формат геометрического ядра Parasolid (*.xmt_txt).

При экспорте в формат Parasolid необходимо указать **номер версии** Parasolid (рисунок 16). По умолчанию указан номер версии, на которой работает система T-FLEX CAD (максимальное значение).

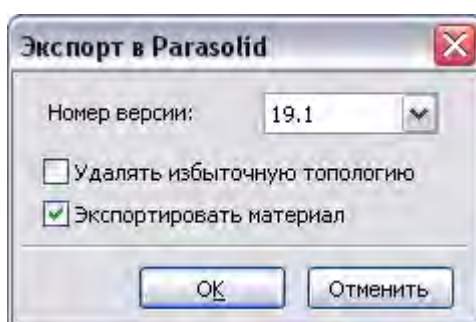


Рисунок 16 – Параметры экспорта модели T-FLEX CAD в формат Parasolid

Дополнительный параметр **"Удалять избыточную топологию"** включает специальную функцию Parasolid по обработке экспортируемой модели. Эта функция позволяет в некоторых случаях удалить лишние, избыточные топологические элементы, отсутствие которых не повлияет на качество и точность геометрии 3D модели. К примеру, это могут быть «лишние» рёбра, разбивающие цилиндрическую поверхность на сегменты. Такая обработка позволяет уменьшить размер экспортируемого файла, а также иногда облегчает задачу импорта в другие системы.

При повторном использовании экспортированной модели в системе T-FLEX CAD следует помнить, что указанная обработка несколько изменяет саму модель и, в частности, изменения влияют на идентификацию её элементов. Из-за этого могут возникнуть проблемы с поиском родительских элементов при попытке сохранения ассоциативных связей Внешней модели с исходной (не экспортированной) моделью. Например, если пользователь по-

строит чертёж по Внешней модели, а затем захочет её обновить (допустим, в исходной модели появились изменения, которые нужно отразить в чертеже), то для Внешней модели, которая была получена при отключенной функции удаления избыточной топологии, результат будет более стабильным и прогнозируемым.

Флаг "**Экспортировать материал**" отвечает за сохранение в экспортируемой модели информации об используемых материалах (по умолчанию установлен). Следует учитывать, что при экспорте материала сохраняется только информация о наборе цветов, посредством которых данный материал отображается в 3D окне. Ни текстура, ни физические характеристики материала (плотность, теплопроводность и т.п.) при экспорте не передаются.

Формат IGES (*.igs, *.iges).

При выборе формата IGES прежде всего необходимо выбрать способ экспорта модели (см. рисунок 17).

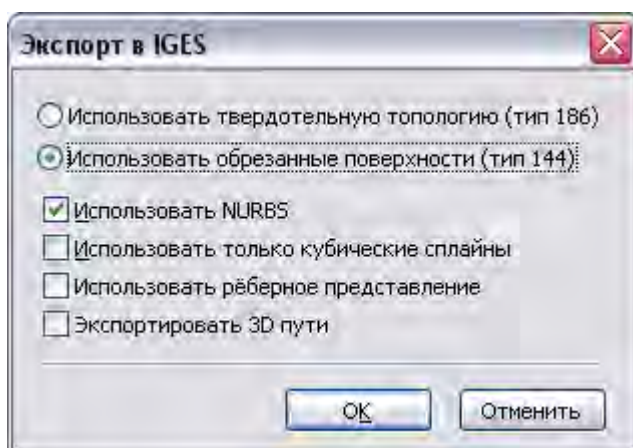


Рисунок 17 – Окно параметров экспорта в формат IGES

Использовать твердотельную топологию (186 тип). Тела конвертируются с сохранением топологии. При использовании данного способа дополнительных параметров задавать не требуется.

Использовать обрезанные поверхности (144 тип). При экспорте топологическая информация не сохраняется – каждая грань тела преобразуется в сплайновую поверхность с обрезкой. Тип результирующих поверхностей модели определяется заданием следующих параметров преобразования:

Использовать NURBS. Установка данного флажка разрешает использование при конвертации модели рациональных (NURBS) сплайнов. Когда флажок снят, экспортируемая геометрия описывается только полиномиальными сплайнами.

Использовать только кубические сплайны. Данный параметр запрещает использование сплайнов иных степеней, чем третья.

Использовать рёберное представление. Если данный флажок не установлен, в результирующий файл экспортируется твердотельная модель. При установке флажка экспортируется рёберная модель. По умолчанию данный флажок отключен.

Экспортировать 3D пути. Данный параметр разрешает экспортировать 3D пути и 3D профили. Если он снят, пути и профили не экспортируются.

Формат STEP (*.stp, *.step). При выборе для экспорта формата STEP после задания имени файла появляется окно диалога «STEP конвертер» (рисунок 18).

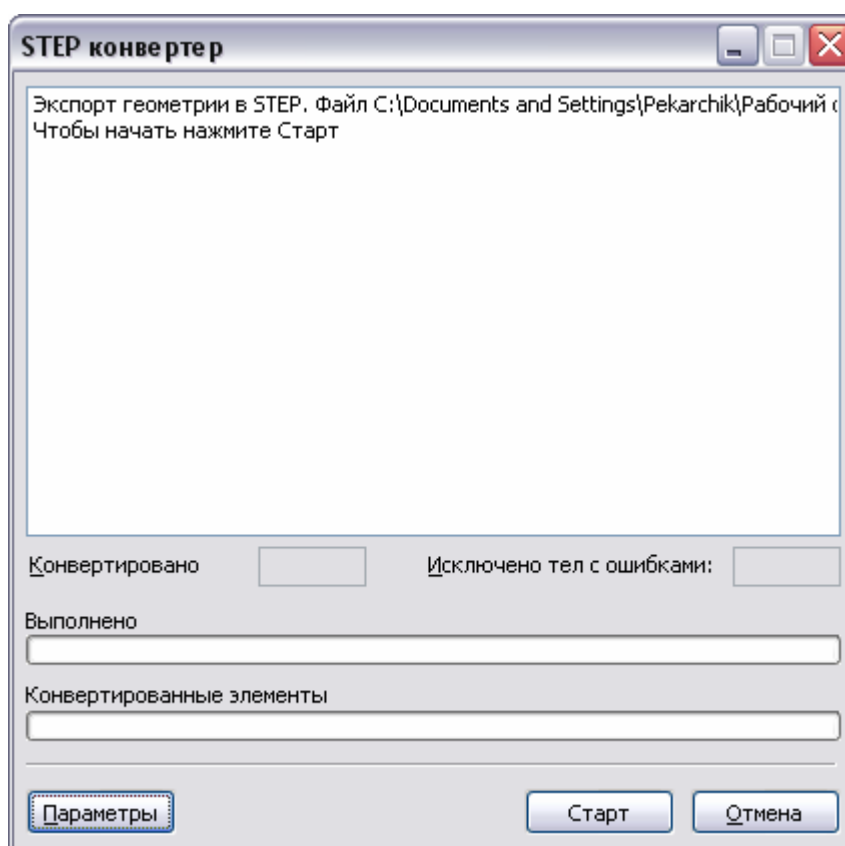


Рисунок 18 – Окно «STEP конвертер» T-FLEX CAD

В данном окне будут отражаться все действия системы в процессе конвертации модели. При появлении поле отчёта содержит информацию об экспортируемом файле и приглашение начать конвертацию. Для просмотра и изменения параметров экспорта предназначена кнопка **[Параметры]**. Параметры экспорта в формат STEP редактируются в специальном окне (см. рисунок 19).

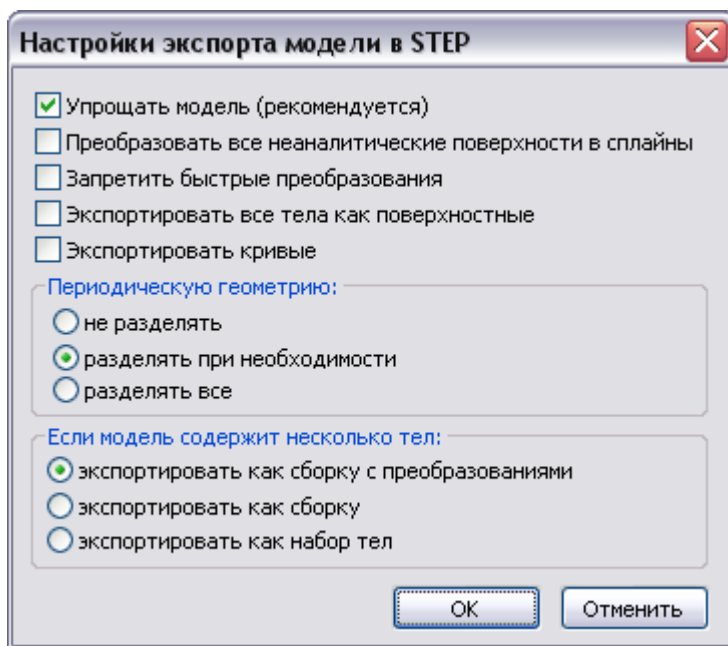


Рисунок 19 – Окно параметров экспорта модели в формат STEP

Кнопка **[Старт]** запускает экспорт. После начала конвертации в поле отчёта выводятся сообщения о предпринимаемых действиях по преобразованию модели. В полях «**Конвертировано**» и «**Исключено тел с ошибками**» указывается количество успешно экспортированных и исключённых из-за возникших при конвертации ошибок тел модели. Исключенные тела в результирующий файл не входят. Индикаторы, расположенные в нижней части окна диалога, отображают протекание всего процесса конвертации модели и процесса конвертации тел модели.

Завершить работу с диалогом STEP-конвертера можно, нажав кнопку [ОК]. При нажатии кнопки [Отмена] процесс экспорта прекращается, и файл не создаётся.

10.5 Импорт файлов формата IGES в среду ANSYS

Полученный в результате предыдущих действий файл импортируем в ANSYS с помощью средств связи ANSYS Connection. Процесс импорта рассмотрим на примере формата IGES.

1. Откройте среду ANSYS.
2. В текстовом меню выберите команду «**File\Import**» и соответствующий формату файла, полученного в результате экспорта из T-FLEX CAD, подпункт. Например, «**File\Import\IGES...**».

На экране появится диалоговое окно «**Import IGES file**» (рисунок 20), позволяющее настроить параметры импорта.

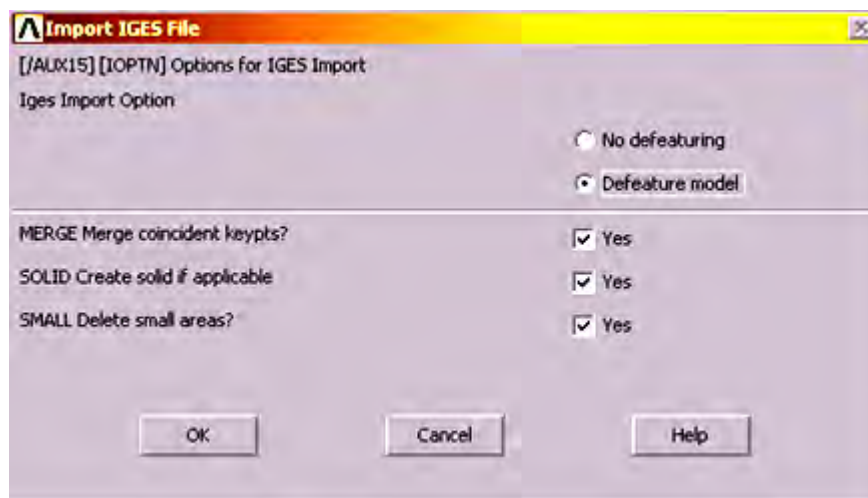


Рисунок 20 – Окно параметров импорта ANSYS

3. В диалоге установите переключатель в положение, соответствующее **Defeature model**, что обеспечивает преобразование геометрии импортируемой модели до элементарных составляющих и её упрощение. В дальнейшем это положительно отразится на времени наложения сетки и расчета, но увеличит время импорта.

Все флаги в данном окне должны быть установлены для соединения совпадающих точек, создания твердотельных объемов, если это возможно, и удаления малых областей.

4. Подтвердите выбранные опции нажатием кнопки **[OK]**.
5. В появившемся диалоге укажите импортируемый файл, воспользовавшись кнопкой **[Browse...]** (рисунок 21). В нашем примере это файл, полученный экспортом из T-FLEX CAD.
6. Закройте диалог кнопкой **[OK]**.

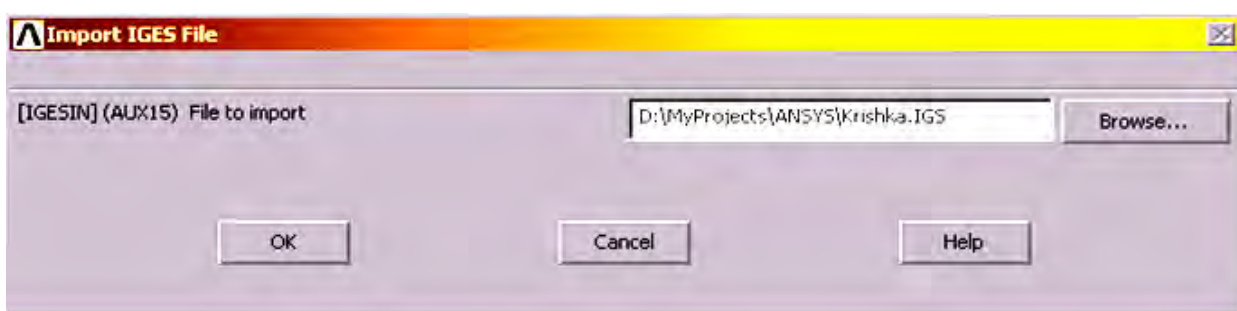


Рисунок 21 – Окно задания файла импорта

Начнется преобразование геометрии в формат, пригодный для работы в ANSYS. Это может занять некоторое время в зависимости от сложности геометрии. Состояние процесса импорта отображается в окне «**ANSYS Process Status**» (рисунок 22).

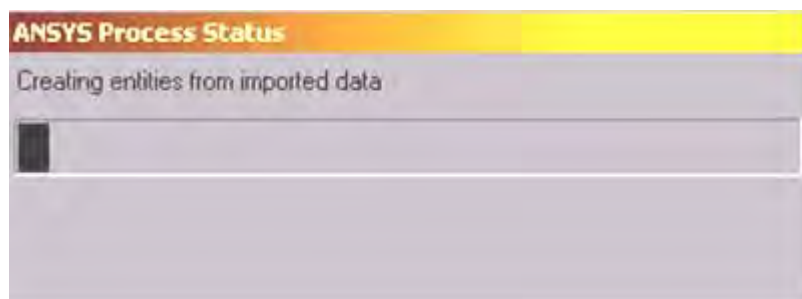


Рисунок 22 – Окно статуса процесса импорта в ANSYS

УПРАЖНЕНИЕ 11 – ЭКСПОРТ МОДЕЛИ T-FLEX CAD В СРЕДУ NASTRAN

11.1 Задача

Выполнение экспорта файлов моделей T-FLEX CAD в расчетный пакет NASTRAN. Для выполнения задачи требуется наличие данных программных средств на компьютере.


11.2 Экспорт модели T-FLEX CAD в NASTRAN

Экспорт модели T-FLEX CAD в NASTRAN так же, как и в ANSYS, состоит из двух шагов:

- 1) экспорта модели в формат NASTRAN;
- 2) открытие и расчет модели в NASTRAN.

Для экспорта модели в NASTRAN не используются универсальные форматы обмена данными. Преобразование выполняется сразу в формат NASTRAN за счет поддержки T-FLEX CAD преобразования геометрии модели в данный формат.

Для экспорта твердотельной модели из T-FLEX CAD необходимо выполнить следующие действия:

1. В T-FLEX CAD откройте файл модели, которую необходимо экспортировать.
2. В текстовом меню выберите команду «**Файл\Экспортировать**». Аналогичные действия можно выполнить командой клавиатуры **<Ctrl>+<W>** или выбором пиктограммы .
3. В появившемся окне «**Экспорт**» выберите формат NASTRAN как показано на рисунке 23, задайте новое имя модели или оставьте предложенное по умолчанию (по умолчанию предлагается имя модели T-FLEX CAD) и нажмите кнопку [**Сохранить**].

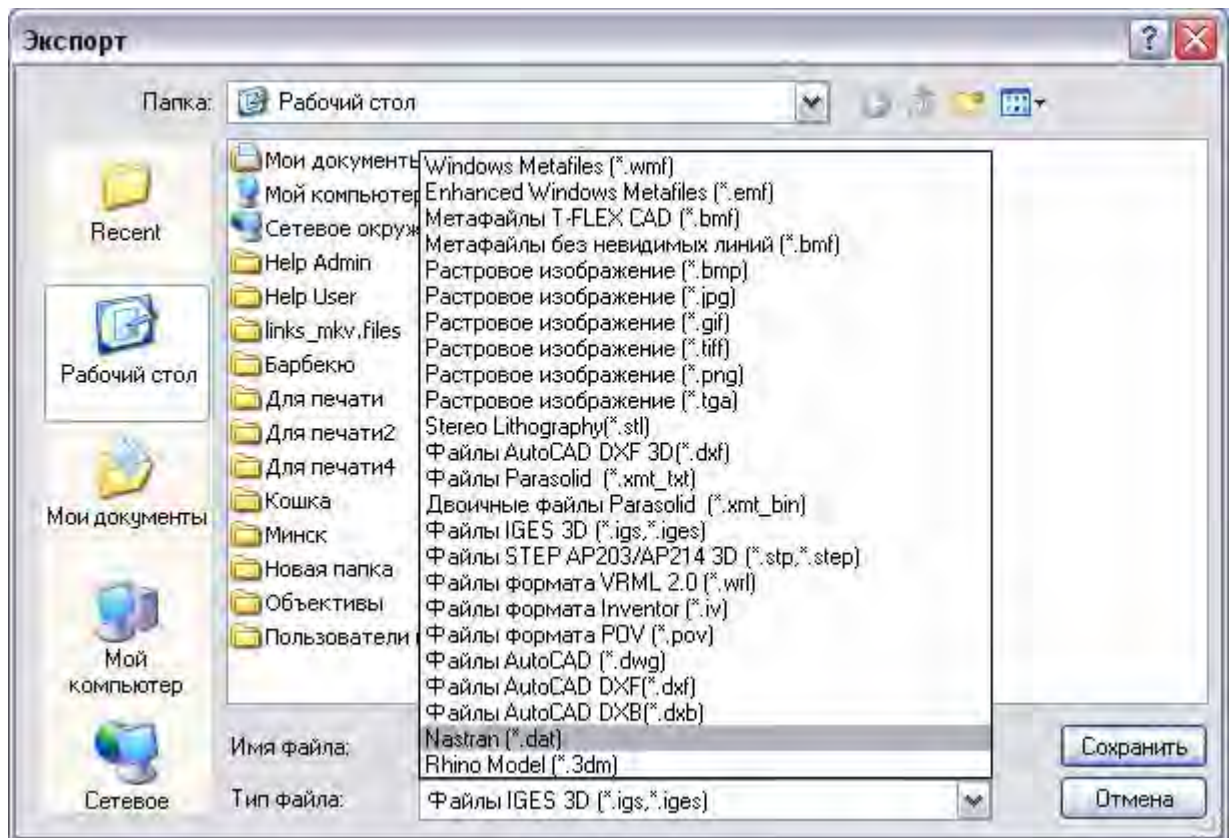


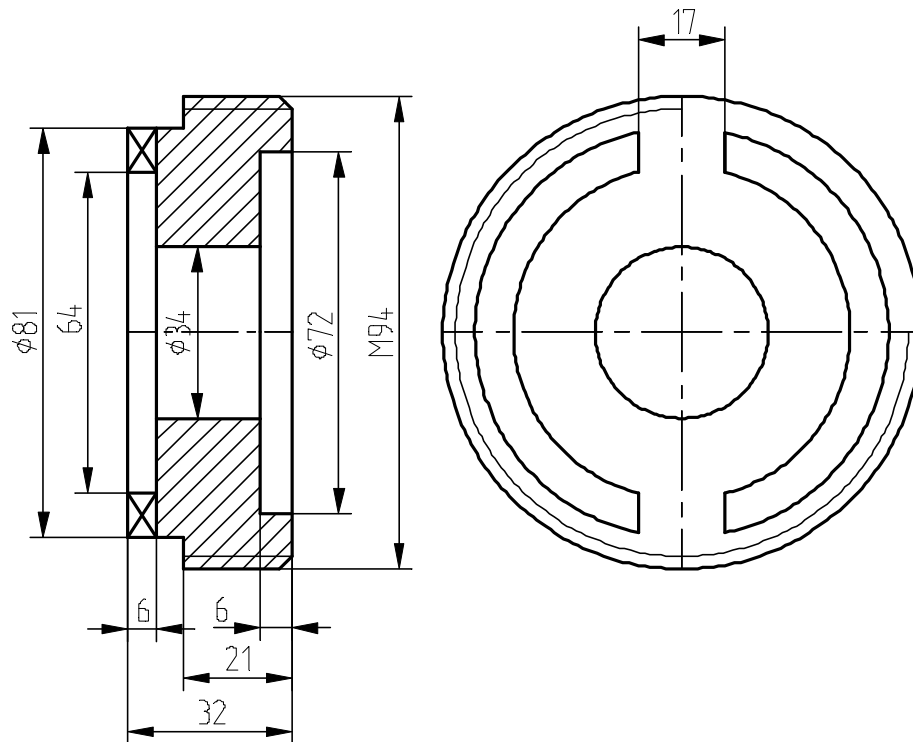
Рисунок 23 – Окно выбора формата экспорта из T-FLEX CAD

Экспорт файла выполнен. Теперь с ним можно работать в NASTRAN. Дополнительные преобразования файла в NASTRAN не требуются. Параметры расчетной задачи задаются в NASTRAN и из T-FLEX CAD не передаются. Нагрузки и другие параметры инженерных расчетов используются только при выполнении расчетов в модуле T-FLEX Анализ.

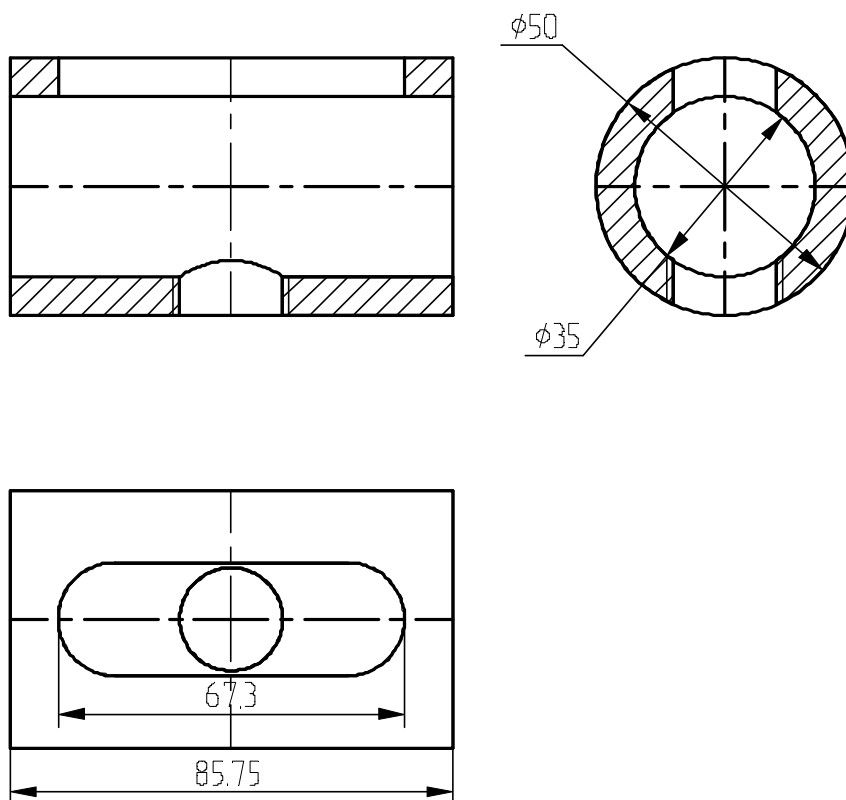
ЛИТЕРАТУРА

1. Басов, К.А. Графический интерфейс комплекса ANSYS / К.А. Басов – Москва: ДМК Пресс, 2006. – 247с.: ил.
2. Каплун, А.Б. ANSYS в руках инженера: практическое руководство / А.Б. Каплун, Е.М.Морозов, М.А. Олферьева. – Изд. 2-е, исправ. – Москва: Едиториал УРСС, 2004. – 269 с.: ил.
3. T-FLEX CAD. Основы. 2D проектирование и черчение. Краткое руководство пользователя. – Москва, 2008. – 245с.
4. T-FLEX CAD. Трехмерное моделирование. Краткое руководство пользователя. – Москва, 2008. – 265с.
5. Рычков, С.П. MSC.visual NASTRAN для Windows / С.П. Рычков – Москва, НТ-пресс, 2004. – 552 с.: ил.
6. Сайт компании Топ Системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.topsystems.ru>
7. Шимкович, Д.Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows / Д.Г. Шимкович – Москва: ДМК Пресс, 2003. – 448 с.: ил.

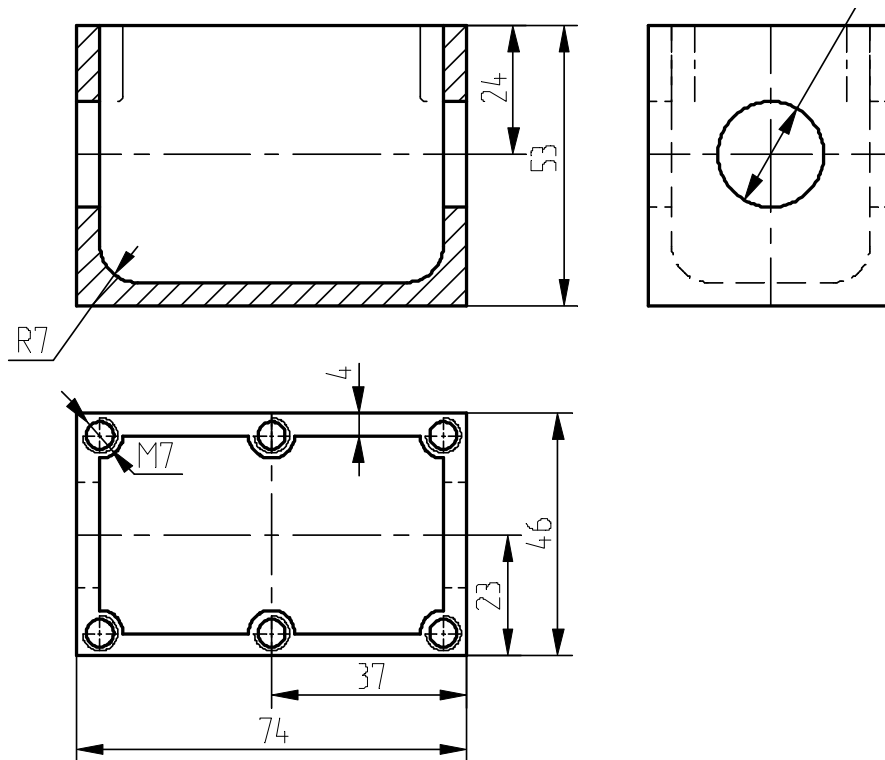
Примеры чертежей деталей



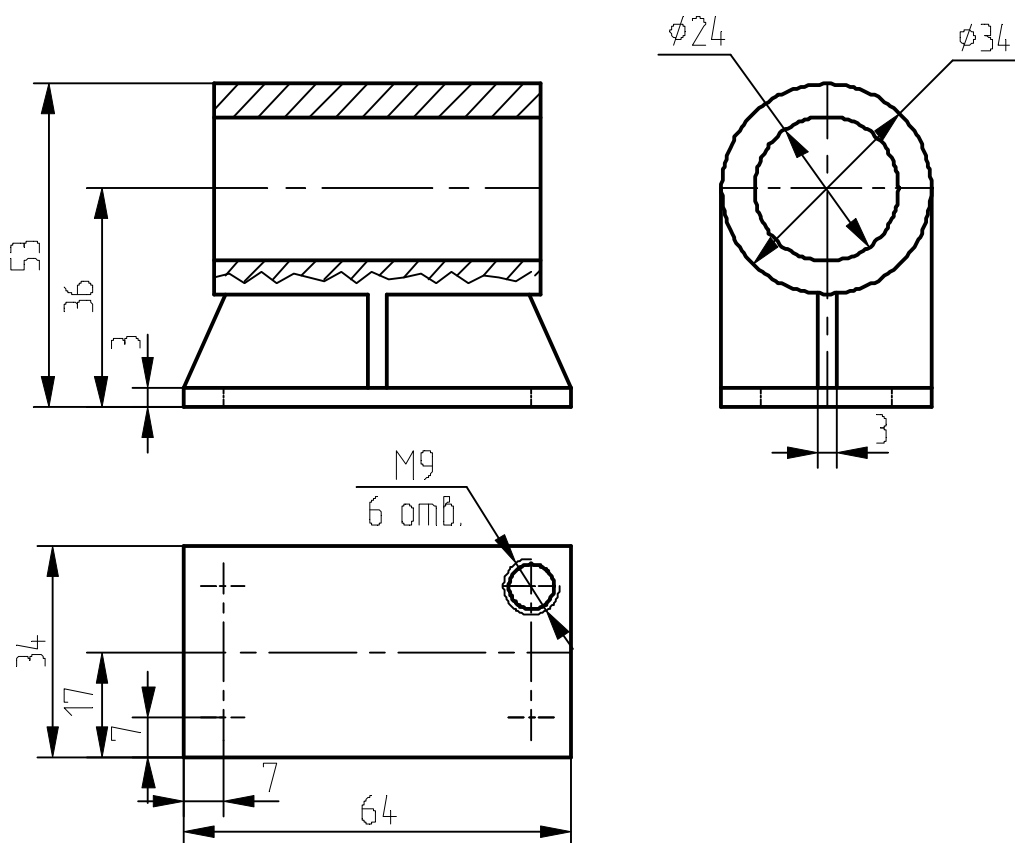
Вариант 1



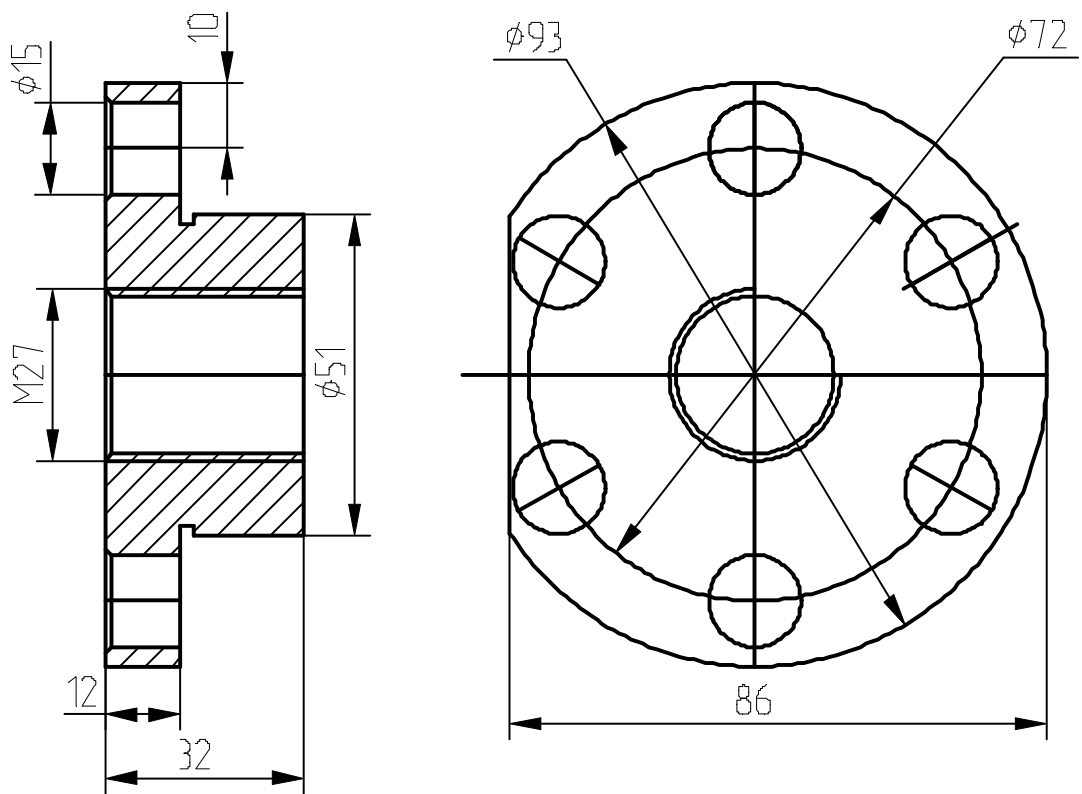
Вариант 2



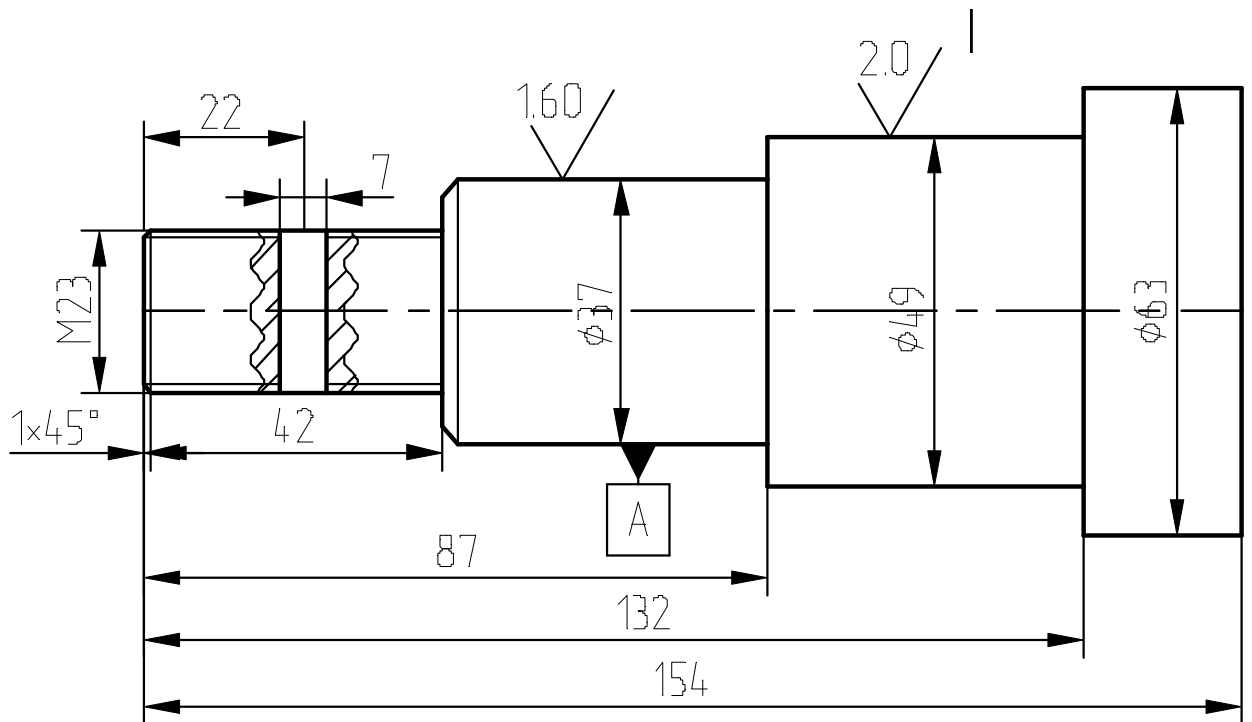
Вариант 3



Вариант 4



Вариант 5



Вариант 6

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Параметры экспорта моделей T-FLEX CAD в формат STEP

Наименование параметра	Описание
Упрощать модель (рекомендуется)	Упрощение геометрии модели (например, за счёт объединения рёбер и поверхностей)
Преобразовывать все неаналитические поверхности в сплайны	При установке данного параметра все неаналитические поверхности будут конвертироваться в B-spline поверхности. Это может улучшить результат экспорта в некоторые системы, например, CATIA и SolidWorks, но увеличивает размер получившегося файла
Запретить быстрые преобразования	Установка данного параметра обеспечивает более точное воспроизведение геометрии ребер. Это может улучшить результат экспорта в другие системы, однако увеличивает длительность процесса конвертации
Экспортировать все тела как поверхностные	При установке данного параметра все тела будут экспортироваться как поверхностные. Это может быть полезно при взаимосвязи с системами поверхностного моделирования, не поддерживающими работу с твёрдыми телами
Экспортировать 3D пути и 3D профили	При установке данного параметра, помимо тел модели, будет экспортироваться и проволочная геометрия (3D пути и 3D профили)
Периодическую геометрию: "Не разделять", "Разделять при необходимости", "Разделять все"	Определяет способ преобразования, имеющийся в модели. Под периодической геометрией понимаются различные целиковые цилиндрические, тороидальные, сферические поверхности и их аналоги в виде сплайновых поверхностей, а также различные периодические кривые. При конвертации модели в формат STEP для улучшения результата экспорта такие поверхности и кривые могут быть разбиты на части. При выборе первого режима периодические поверхности и кривые экспортируются без изменений. При выборе второго режима разбиваются только B-spline поверхности и кривые. При этом время конвертации и размер получившегося файла увеличиваются. При использовании третьего режима разбивается любая периодическая геометрия, которую удаётся найти. В некоторых случаях это увеличивает вероятность правильного считывания модели некоторыми системами, например, CATIA и SolidWorks. Время экспорта и размер файла при этом также увеличиваются
Экспортировать как сборку с преобразованиями	Данный режим установлен по умолчанию. В результирующий файл сохраняется информация не только о телах конвертируемой модели, но и о структуре сборки. Если какое-то тело встречается в модели несколько раз (в виде одинаковых фрагментов или копий одного тела), то при экспорте оно сохраняется только один раз, а для каждой копии создаётся соответствующее преобразование. Например, если сборка содержит несколько одинаковых болтов, то в результате в STEP-файле будет храниться одно тело (болт) и несколько преобразований для него

Экспортировать как сборку	Как и в предыдущем режиме, экспортируемая модель конвертируется как сборка, с сохранением сборочной структуры. Однако все тела, содержащиеся в модели, экспортируются независимо. Использование данного режима (вместо режима "сборка с преобразованиями") увеличивает размер результирующего файла. Необходимость в его использовании может возникнуть, например, при дальнейшем импортировании модели в Autodesk Inventor
Экспортировать как набор тел	Геометрия, содержащаяся в конвертируемом файле, экспортируется как простой набор тел, без создания сборочной структуры. Каждое тело, содержащееся в модели, экспортируется независимо