

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронных вычислительных средств

А. В. Станкевич

T-FLEX CAD

Лабораторный практикум
по дисциплине «Системы автоматизированного
проектирования ЭВС»
для студентов специальности I-40 02 02
«Электронные вычислительные средства»
дневной формы обучения

Минск БГУИР 2010

УДК 004.92 (076)
ББК 32.973.26-018.2я73
С 76

Рецензент
доцент кафедры ЭВМ БГУИР,
кандидат технических наук А. А. Петровский

Станкевич, А. В.

С 76 Т-FLEX CAD. Лаб. практикум по дис. «Системы автоматизированного проектирования ЭВС» для студ. спец. I-40 02 02 «Электронные вычислительные средства» днев. формы обуч. / А. В. Станкевич. – Минск : БГУИР, 2010. – 38 с.: ил.
ISBN 978-985-488-537-7

В практикуме приведены описания двух лабораторных работ по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования ЭВС», посвященных изучению пакета T-FLEX CAD, для студентов специальности I-40 02 02 «Электронные вычислительные средства» дневной формы обучения.

УДК 004.92 (076)

ББК 32.973.26-018.2я73

ISBN 978-985-488-537-7

© Станкевич, А. В., 2010
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2010

Содержание

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Создание двумерных параметрических чертежей.....	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Построение трехмерных параметрических твердотельных моделей и видов и разрезов на их основе.....	25

Библиотека БГУИР

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Создание двухмерных параметрических чертежей

Цель работы: Научиться создавать с помощью пакета T-FLEX CAD двухмерные параметрические чертежи, подключать к ним базу данных параметров, оформлять чертежи в соответствии с действующими стандартами.

1.1 Теоретические сведения

1.1.1 Основные понятия

T-FLEX CAD является параметрической системой автоматизированного проектирования, позволяющей многократно использовать один чертеж с возможностью изменения его параметров. Под параметрами понимаются числовые значения, лежащие в основе геометрической модели чертежа (например расстояние между параллельными прямыми, диаметр окружности, угол наклона одной прямой относительно другой прямой и т.д.). Параметры могут задаваться не только числовыми значениями (константами), но и переменными. При изменении значений параметров геометрическая модель чертежа пересчитывается и перерисовывается на экране монитора. При этом пользователю не нужно заниматься программированием.

В T-FLEX CAD имеется два варианта построения чертежа:

- *параметрический чертёж* (основной вариант чертежа), в котором пользователь может задавать параметры и использовать его в других более сложных чертежах;
- *непараметрический чертёж* (эскиз), который создается на основе использования набора графических примитивов, аналогично такой широко известной САПР, как AutoCAD. Такой чертёж целесообразен, если не требуется дальнейшая модификация чертежа или многократное его использование.

В данной лабораторной работе будет рассматриваться построение параметрического двухмерного чертежа.

При создании параметрического чертежа T-FLEX CAD использует два вида основных элементов:

- *элементы построения*, с помощью которых формируется каркас чертежа и для которых задаются параметры. Эти элементы присутствуют только на экране и не выводятся на принтер или плоттер;
- *элементы изображения*. Формируют изображение чертежа на основе ранее созданных элементов построения. Поскольку элементы изображения привязываются к элементам построения, то при изменении положения элементов построения изменяется положение и элементов изображения.

Команды системы могут быть вызваны из главного меню системы путем выбора соответствующих пиктограмм кнопочных панелей инструментов или путем нажатия на клавиатуре закрепленных за командой комбинаций клавиш.

При ссылках на команды системы будем использовать следующий синтаксис: **Команда главного меню / Подкоманда первого уровня / Подкоманда второго уровня.**

В данном пособии будет рассмотрена 11 версия T-FLEX CAD.

Построение чертежа в T-FLEX CAD начинается с создания элементов построения. Сначала создаются базовые элементы построения. Обычно первыми базовыми элементами являются две прямые линии построения, пересекающиеся под прямым углом с узлом в точке пересечения. Также базовыми элементами построения могут быть вертикальные и горизонтальные прямые. Далее относительно этих базовых элементов строятся остальные элементы построения. Затем полученный геометрический каркас чертежа обводится линиями изображения. Полученный чертеж оформляется в соответствии с действующими стандартами с помощью дополнительных команд нанесения размеров, штриховок, шероховатостей, допусков, текстов и при необходимости некоторых других команд оформления чертежа.

Каждый элемент построения или элемент изображения T-FLEX CAD имеет свой набор параметров, который задается пользователем. Общими параметрами, имеющимися у всех элементов, являются следующие:

Цвет. В диалоговом окне параметров элемента имеется поле со списком для выбора цвета.

Слой. Имеется возможность создавать чертеж в разных слоях, что позволяет при необходимости визуализировать или скрывать требуемые группы элементов чертежа, а также защищать их от изменений. Работа со слоями осуществляется с помощью команды **Настройка / Слои.**

Уровень. Уровень элемента – целое число, которое определяет видимость данного элемента на экране. Значение уровня может находиться в интервале от минус 126 до 127. С помощью команды **Настройка / Уровни** двумя числами задается интервал уровней видимости каждого из типов элементов. Если значение уровня элемента попадает в интервал для элементов данного типа, то этот элемент будет отображаться на чертеже. В противном случае при перерисовке чертежа элемент отображаться не будет.

Для создания нового двухмерного чертежа используется команда **Файл / Новый чертеж.**

1.1.2 Построение параметрического чертежа

1.1.2.1 Настройка параметров чертежа

Выполняется с помощью команды **Настройка / Статус.** После вызова команды откроется диалоговое окно с закладками, на которых расположены различные группы параметров настройки чертежа. Рассмотрим наиболее важные настройки. Полное описание всех настроек чертежа приведено в системе помощи T-FLEX CAD.


На закладке **Общие** устанавливается размер, формат и ориентация листа чертежа, а также масштаб и единицы измерения чертежа.

На закладке **Шрифт** устанавливаются параметры используемого шрифта.


На закладке **Размеры** устанавливаются параметры точности и вида представления размерных чисел размеров.


На закладке **Прорисовка** задается толщина основных и тонких линий, а также размер штрихов штриховых линий.

1.1.2.2 Создание элементов построения

Все элементы построения располагаются в пункте меню **Построения**. На экране эти элементы отображаются в виде тонких штриховых линий. При вызове команд слева от рабочего поля чертежа появляется кнопочная панель автоменю, позволяющая задать способ построения данного элемента. При необходимости все построения могут быть убраны (спрятаны) с экрана чертежа с помощью пиктограммы . Кратко рассмотрим процесс создания наиболее часто используемых элементов построения: прямых, узлов, окружностей, эллипсов и сплайнов.

Элементы построения – прямые создаются с помощью команды **Построения / Прямая**.

Как уже отмечалось, сначала создаются базовые элементы построения, которые не зависят от остальных элементов – вертикальные и горизонтальные прямые. Например, для создания вертикальной и горизонтальной прямых, пересекающихся в узле, необходимо в автоменю выбрать пиктограмму  и указать местоположение узла на чертеже (рисунок 1). Местоположение узла может быть задано как щелчком левой кнопкой мыши в требуемом месте рабочей области чертежа, так и на панели параметров в левой части окна T-FLEX CAD. В последнем случае координаты узла могут быть введены не только числовыми значениями, но и переменными. При вводе переменных система запросит текущие значения этих переменных. В T-FLEX CAD любой числовой параметр может быть задан в виде переменной. В этом случае имя переменной должно начинаться с буквы и может содержать буквы, цифры и символ подчеркивания. Другие требования к именам переменных приведены в подразделе 1.3.

Остальные прямые линии построения требуют при своем создании указания линий построения, относительно которых они создаются. Например, для создания прямой, параллельной другой прямой, имеющейся на чертеже, необходимо в автоменю выбрать пиктограмму  (выбор прямой привязки) и указателем выбрать требуемую прямую в рабочем поле чертежа.

Имеются различные варианты создания прямых линий построения. Полный их перечень приведен в [1,2] и в справочной системе T-FLEX CAD. Общая последовательность действий при создании элемента построения заключается в последовательном выборе с помощью пиктограмм автоменю (или с помощью определенных клавиш клавиатуры) и указателя мыши ранее созданных элементов чертежа, относительно которых создается данная прямая линия построения. В качестве клавиш для выбора прямой линии построения используется клавиша «L», для выбора узла – «N», окружности – «C», эллипса – «E», сплайна – «S».

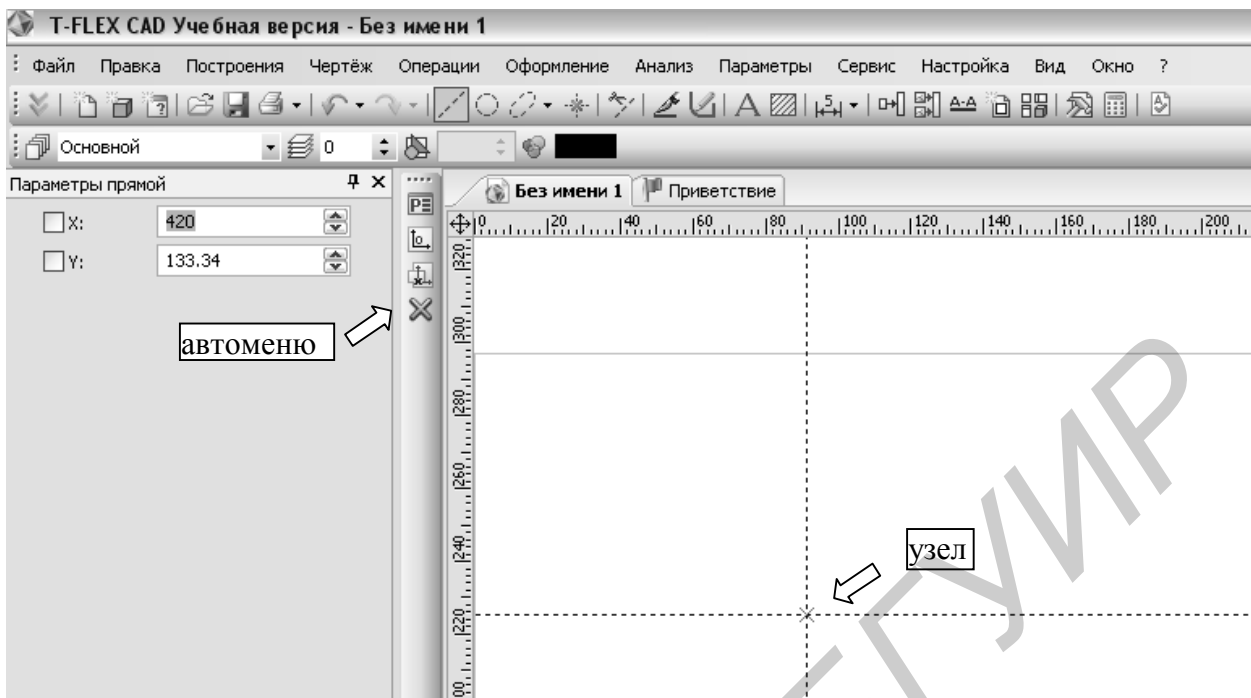






Рисунок 1

В качестве примера рассмотрим создание каркаса прямоугольника с произвольными размерами сторон, который может располагаться в произвольной точке чертежа под произвольным углом к оси X. Далее этот прямоугольник будем использовать как фрагмент сборочного чертежа печатного узла. Фрагмент будет представлять собой упрощенное изображение корпуса пассивного компонента (резистора, конденсатора) для поверхностного монтажа. С учетом этого будем использовать свойство симметрии прямоугольника и базовую точку привязки прямоугольника выберем на середине левой стороны.

Создадим базовую точку привязки в виде узла в точке пересечения вертикальной и горизонтальной линий построения с использованием пиктограммы , как рассматривалось выше. Поскольку координаты базовой точки должны изменяться, используем переменные с именами $x1$ и $y1$ для координат базового узла по осям абсцисс и ординат соответственно.

Для того чтобы прямоугольник мог поворачиваться, построим продольную ось симметрии прямоугольника проходящую через базовую точку под углом относительно горизонтальной базовой прямой. Угол поворота будем задавать переменной. Для построения такой прямой выберем в автоменю пиктограмму  с последующим указанием курсором базового узла (рисунок 2). Затем с помощью пиктограммы  и указателя мыши выберем горизонтальную прямую. Система T-FLEX CAD с помощью стрелки укажет, что необходимо задать числовой параметр угла наклона (рисунок 3). Далее выбираем пиктограмму автоменю  или нажимаем клавишу «P» и в диалоговом окне указываем в качестве угла переменную $alpha$. Система запросит числовое

значение данной переменной. Укажем любое значение угла в градусах в первой четверти координат (например 40).

Введенные значения переменных будут отображаться в окне переменных в левой нижней части окна T-FLEX CAD (рисунок 4). Если необходимо изменить числовое значение какого-то параметра (например угла α), необходимо в окне редактора переменных в столбце **Выражение** заменить значение 40 на требуемое и нажать клавишу «Enter», после чего чертеж будет перерисован и угол наклона изменен.

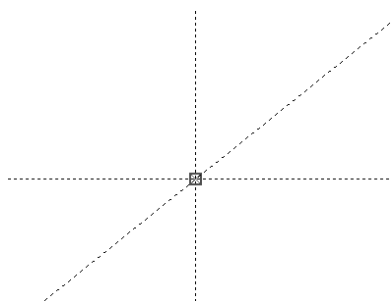


Рисунок 2

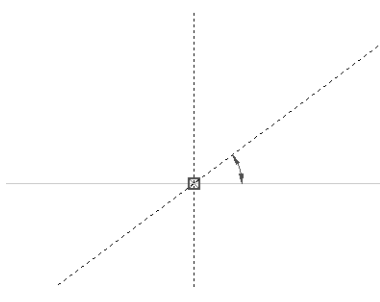


Рисунок 3

Переменные				
?	Имя	Выражение	З...	К...
	x1	100	100	
	y1	200	200	
	alp...	40	40	

Рисунок 4

Для построения каркасных линий сторон прямоугольника с помощью пиктограммы и указателя мыши выберем наклонную прямую. Далее с помощью клавиши «P» или пиктограммы вызовем диалоговое окно параметров прямой и зададим параметр **Расстояние** (расстояние между параллельными прямыми) с помощью выражения $a/2$, где a – ширина прямоугольника (задаем полуширину от продольной оси симметрии прямоугольника). Затем с помощью пиктограммы выбираем продольную ось симметрии (наклонную прямую под углом α), а с помощью пиктограммы – прямую, построенную на расстоянии $a/2$ от оси симметрии. В результате получим построения, приведенные на рисунке 5.

Для создания линий построения, ограничивающих прямоугольник в поперечном направлении, необходимо построить прямую, проходящую через базовую точку перпендикулярно продольной оси симметрии. Для этого необходимо выбрать узел, используя пиктограмму автоменю ; выбрать продольную ось симметрии, используя пиктограмму автоменю и, используя пиктограмму , задать относительно продольной оси симметрии прямой угол (можно также задать угол 90° через диалоговое окно параметров). В результате получим построения, приведенные на рисунке 6.

Вторая прямая линия построения, задающая длину прямоугольника, строится как линия, параллельная линии, построенной последней на рисунке 6. Расстояние между этими линиями задается переменной b . Результат построений приведен на рисунке 7.

Поскольку все построения проводились относительно продольной оси симметрии, то при ее повороте все линии, ограничивающие стороны

прямоугольника, также будут поворачиваться, сохраняя прямые углы между соседними сторонами.

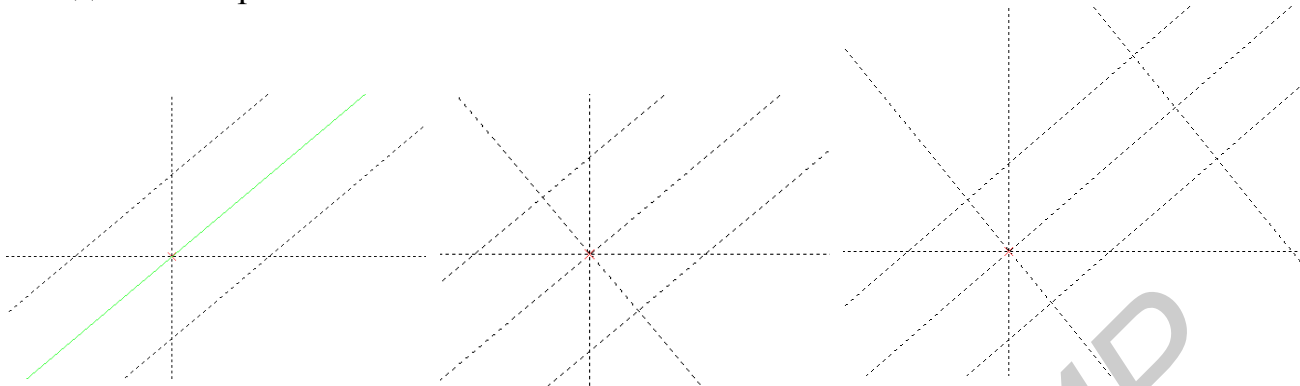




Рисунок 5

Рисунок 6



Рисунок 7

Элементы построения – узлы создаются с помощью команды **Построения / Узел**. Узлы предназначены для получения опорных точек для привязки других элементов построения и изображения.




Наиболее часто используются связанный узел, созданный на пересечении или в точке касания двух линий построения (такой узел отображается косым крестом) или свободный узел, который может быть задан абсолютными координатами X и Y (такой узел отображается квадратом). Связанные узлы создаются в режиме связанного рисования, свободные узлы – в режиме свободного рисования. Переключение между режимами рисования осуществляется с помощью самой верхней пиктограммы автоменю команды **Построения / Узел**. Изображение пиктограммы  соответствует режиму связанного рисования. После щелчка по ней левой кнопкой мыши система перейдет в режим свободного рисования (изображение пиктограммы ). Свободные узлы находят ограниченное применение в параметрических чертежах, поскольку они привязаны к абсолютным координатам и не будут перестраиваться при изменении других параметров чертежа. Полный перечень других видов узлов и способы их создания описаны в [1,2].


Для создания связанного узла необходимо выполнить команду **Построения / Узел** и в режиме связанного рисования щелкнуть левой кнопкой мыши в районе пересечения (касания) требуемых линий построения. Можно также в командах создания линий построения подвести курсор к точке пересечения линий построения и нажать клавишу «Пробел». Следует отметить, что команды создания элементов изображения «понимают» точку пересечения линий построения как потенциальный узел и не требуют специального создания узлов.

Элементы построения – окружности создаются с помощью команды **Построения / Окружность**. Окружности создаются относительно других ранее созданных элементов построения. Имеется два режима построения окружностей:

- окружность с центром в узле (в автоменю нажата пиктограмма );
- окружность, проходящая через узел (в автоменю нажата пиктограмма .

Полный перечень способов построения окружностей приведен в [1,2]. С точки зрения определения радиуса создаваемой окружности все варианты построения можно разделить на вариант, в котором радиус создаваемой окружности задается явно как параметр, либо вариант построения, в котором радиус определяется проводимыми построениями.

В качестве примера рассмотрим последовательность построения окружности, проходящей через узел и касательной к двум прямым линиям. В этом случае необходимо выбрать режим построения, соответствующий нажатой пиктограмме автоменю , и далее выбрать требуемый узел и две прямые (соответственно пиктограммы автоменю  и ). Для этого способа построения окружности ее радиус определяется проводимыми построениями.


Специфическими параметрами окружностей являются радиус и смещение для концентрической окружности. Эти параметры можно задать в окне свойств или вызвав диалоговое окно параметров с помощью пиктограммы автоменю .

Элементы построения – эллипсы создаются с помощью команды **Построения / Эллипс**. Эллипсы так же, как и окружности, создаются относительно других ранее созданных элементов построения, при этом так же, как и для окружностей, имеется два режима построения: эллипс с центром в узле и эллипс, проходящий через узел.

Специфическим параметром эллипсов является длина полуоси.

Элементы построения – сплайны создаются с помощью команды **Построения / Сплайн**. В отличие от линий построения – прямых сплайны имеют конечную длину. Общие принципы построения сплайнов не отличаются от других линий построения.

Сплайны бывают двух типов: непосредственно проходящие через заданные узлы и использующие узлы в качестве вершин управляющей ломаной линии. Тип сплайна задается через диалоговое окно параметров. Первому типу соответствует параметр **Через узлы**, второму – **По ломаной**.

Для построения сплайна, проходящего через узлы, достаточно указать требуемую последовательность узлов. Для завершения построения сплайна требуется нажать клавишу клавиатуры «End» или выбрать пиктограмму автоменю .

При построении сплайна на основе управляющей ломаной также нужно указать требуемую последовательность узлов. В этом случае кроме изображения кривой сплайна при построении появится также изображение ломаной линии (рисунок 8). Узлы, задающие управляющую ломаную сплайна, могут иметь вес, задаваемый в окне параметров сплайна. Чем больше вес узла, тем ближе к нему будет проходить кривая сплайна по сравнению с соседними точками. Вес можно задавать для каждого узла.

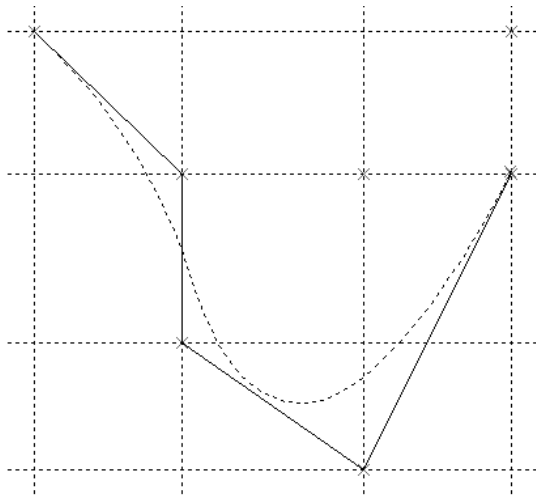


Рисунок 8

В окне параметров также имеется параметр **Закрытый**. Данный параметр необходим для построения замкнутых сплайнов. Если для замкнутого сплайна не установить этот параметр, сплайн может не иметь гладкого сопряжения начала и конца сплайна.

В T-FLEX CAD имеются также и другие элементы построения для двумерного черчения: эквидистанта, функция и путь. Эти элементы построения используются реже рассмотренных ранее элементов. При необходимости с принципами построения этих элементов

можно ознакомиться в [1,2].

Для редактирования элементов построения необходимо выполнить команду **Правка / Построения** и в открывшемся подменю выбрать тип требуемого элемента построения.

1.1.2.3 Создание линий изображения



Все элементы изображения располагаются в пункте меню **Чертеж**.

Элементы изображения – линии создаются с помощью команды **Чертеж / Изображение**. Линия изображения создается на основе линий построения и узлов. В T-FLEX CAD имеются несколько видов линий изображения, которые отличаются по порядку их создания.


Для построения отрезка прямой линии изображения между двумя узлами достаточно, находясь в команде **Чертеж / Изображение**, последовательно выбрать два требуемых узла.

Для изображения (обводки основной линией) полной линии построения (окружности, эллипса, сплайна) необходимо, находясь в команде **Чертеж / Изображение**, выбрать соответствующую линию построения при помощи клавиши «С», «Е» или «S» (либо с использованием соответствующих пиктограмм автоменю). При этом не должен быть выбран ни один узел.

Для создания линии изображения на основе участка линии построения (дуги, эллиптической дуги, сегмента сплайна), ограниченного двумя узлами, необходимо, находясь в команде **Чертеж / Изображение**, выбрать первый узел, затем с помощью клавиши «С», «Е» или «S» (либо с использованием соответствующих пиктограмм автоменю) выбрать требуемый элемент построения и затем выбрать конечный узел.

При построении линий изображения так же, как и при создании узлов, можно использовать режимы свободного или связанного рисования (пиктограммы автоменю  и  соответственно). В первом случае автоматически будут создаваться свободные узлы по указанным на чертеже абсолютным координатам и через эти узлы будет строиться линия изображения. Во втором случае будут использоваться связанные узлы или

точки пересечения и касания линий построения (потенциальные места создания связанных узлов).

Параметры линии изображения могут быть установлены в окне параметров, вызываемом, как и для любых других элементов, клавишей «Р» или пиктограммой автоменю . Диалоговое окно параметров линии изображения приведено на рисунке 9. Рассмотрим наиболее часто используемые параметры. В разделе **Стиль** закладки **Стандартные** можно выбрать непрерывный, штриховой, штрих-пунктирный или другой тип линии, задать толщину линии или масштаб штрихов для штриховых типов линий. Значение «Из статуса» для соответствующего параметра означает, что значение данного параметра берется из установок команды **Настройка / Статус**. Это значение может быть изменено пользователем для данной линии изображения.

В разделах **Начало** и **Конец** могут быть заданы тип начала и конца линии (например выбраны стрелки) и их размер.

В качестве примера на рисунках 10–12 приведена последовательность создания линии изображения по контуру прямоугольника рисунка 7.

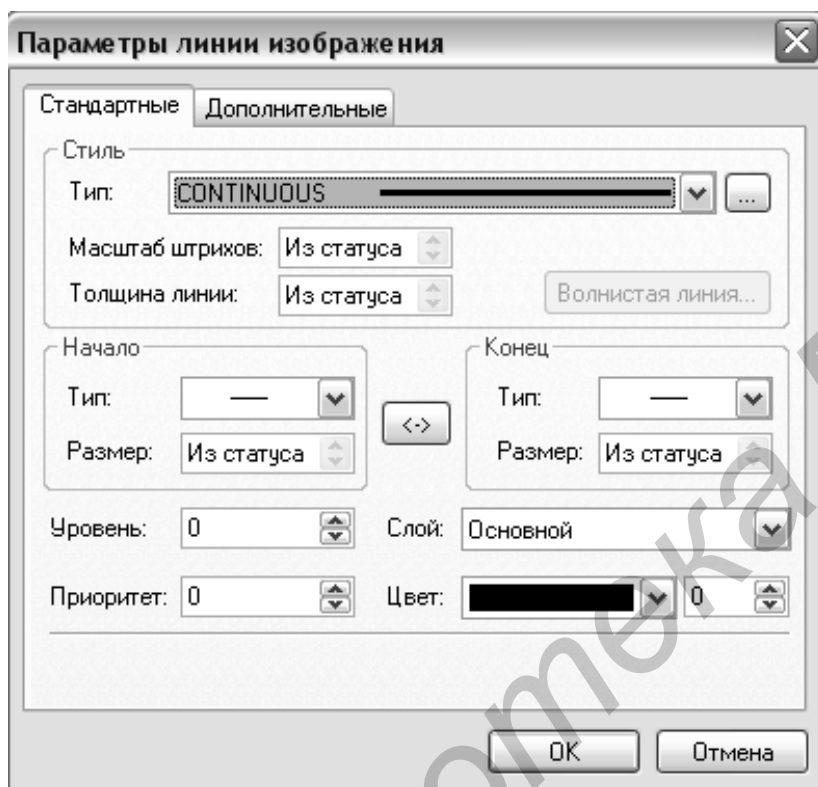


Рисунок 9

Рисунок 10

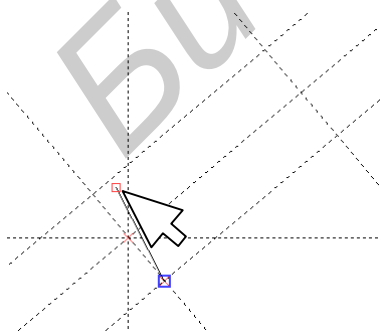


Рисунок 10

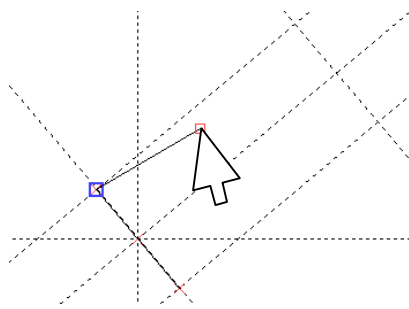


Рисунок 11

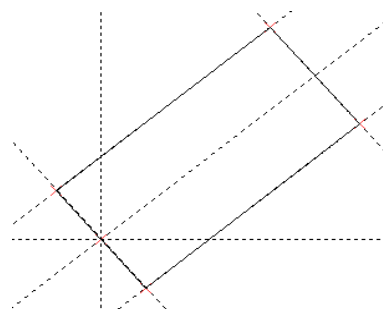


Рисунок 12

1.2.2.4 Оформление чертежа

Из основных операций оформления чертежа рассмотрим нанесение штриховки, размеров и текста.

Нанесение штриховки. Штриховка наносится с помощью команды **Чертеж / Штриховка**. Перед нанесением штриховки целесообразно задать ее параметры. Окно параметров представлено на рисунке 13. Рассмотрим назначение основных параметров штриховки на вкладке **Заполнение**.

Метод заполнения. Этот раздел задаёт способ заполнения контура штриховки.

Угол – угол наклона линий штриховки в градусах относительно оси X.

Шаг – расстояние между линиями штриховки.

Вторая штриховка. Позволяет выполнить штриховку в двух направлениях (штриховка неметаллического объекта).

Толщина линии. Задаёт толщину линии, используемой для штриховки.

Остальные параметры штриховки можно уточнить в [1,2].

После установки параметров необходимо задать замкнутый контур штриховки. Имеется два режима создания контура штриховки: режим ручного ввода контура и режим автоматического поиска контура.

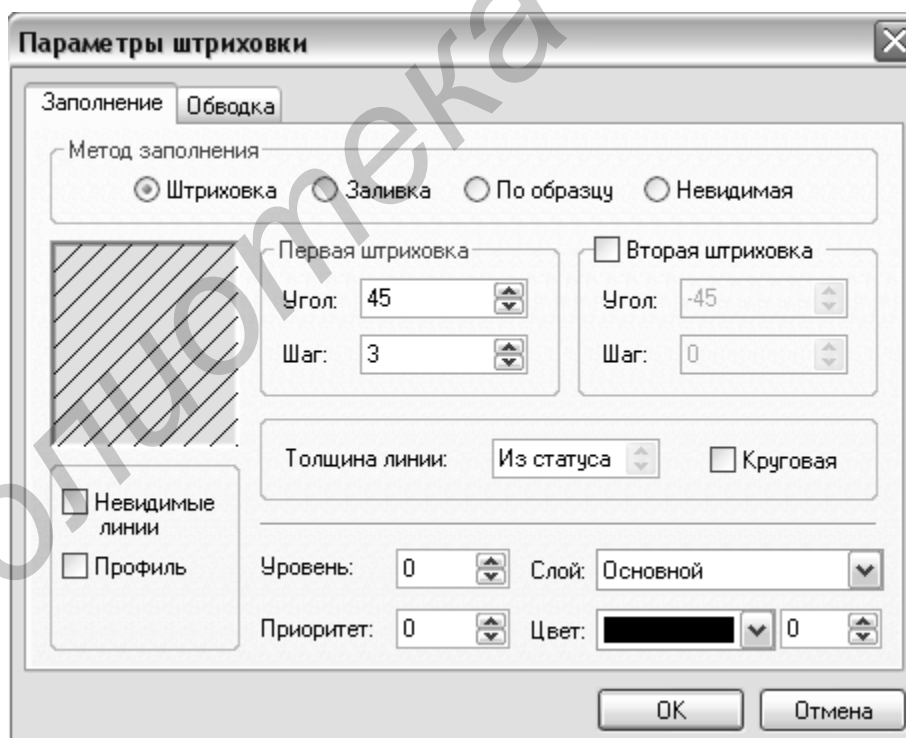







Рисунок 13

Для включения режима ручного ввода контура необходимо в автоменю выбрать пиктограмму . Первым действием при ручном вводе контура штриховки является выбор начального узла. Можно выбрать существующий узел или пересечение линий построения. Далее необходимо последовательно задать контур, выбирая с помощью курсора линии построения или изображения

и узлы до тех пор, пока контур не будет замкнут. При этом система выделит полученный замкнутый контур для его визуального контроля. Для нанесения штриховки необходимо выбрать пиктограмму автоменю  или нажать клавишу «End».

Для перехода в режим автоматического поиска контура штриховки необходимо в автоменю выбрать пиктограмму . Следует иметь в виду, что в этом режиме можно получить контур штриховки, ограниченный только линиями изображения. Для указания параметров автоматического поиска контура штриховки следует выбрать в автоменю пиктограмму . В открывшемся диалоговом окне можно указать, какие виды линий изображения следует учитывать при поиске замкнутого контура, а также тип контура (внутренний или наружный). Найденный системой замкнутый контур будет выделен. Для создания штриховки необходимо выбрать пиктограмму автоменю  или нажать клавишу «End».

Для изменения штриховки необходимо выполнить команду **Правка / Чертеж / Штриховка**. Следует отметить, что при изменении контура штриховка автоматически заполнит новый замкнутый контур.

Нанесение размеров. T-FLEX CAD поддерживает все виды размеров, предусмотренные стандартами ЕСКД.

Для нанесения размеров необходимо выполнить команду **Чертеж / Размер**. Первым элементом чертежа, к которому привязывается размер, может быть прямая линия построения (клавиша «L»), либо узел (клавиша «N») либо окружность (клавиша «C»). В последнем случае окружность является единственным элементом, к которому привязывается размер (в данном случае радиальный или диаметральный). Для двух первых случаев вторым элементом привязки размера может быть либо линия, либо узел. Например, если выбраны две линии, расположенные под углом друг к другу, то будет построен угловой размер, а если были выбраны две параллельные линии, то будет построен линейный размер. При построении размера между двумя прямыми система самостоятельно находит ближайшие узлы, которые расположены на этих прямых, и привязывает к ним начало выносных линий размеров. Положение размерного числа внутри или снаружи от выносных линий определяется и фиксируется курсором. До завершения создания размера (указания места размещения размерного числа) либо предварительно можно задать параметры размера, нажав клавишу «P» (так же, как и для других элементов чертежа). Приведем назначение основных параметров размеров диалогового окна **Параметры размеров**.

В разделе **Номинал** закладки **Общие** имеется возможность задать размерное число. Возможные варианты, выбираемые из поля со списком:

Нет – размерное число будет отсутствовать.

Авто – размерное число рассчитывается системой по чертежу.

Вручную – значение размерного числа задается пользователем в поле ниже в этом же разделе. Следует иметь в виду, что при изменении чертежа размерное число будет оставаться неизменным.

Вручную с поправками – значение размерного числа также задаётся пользователем, как в предыдущем варианте. Однако на чертеже размерное число данного размера будет отображаться с учётом заданного масштаба и поправки, вводимой в поле **Поправка**. Поправка будет прибавляться к размерному числу.

Раздел **Масштаб** позволяет задать значение масштабного коэффициента относительно единицы (меньше – уменьшение, больше – увеличение).

Раздел **Строки** позволяет задать текст, который необходимо привести до, после или под размерным числом.

На закладке **Стиль** имеется возможность задать вид размерных стрелок, указать специальный символ, который должен отображаться перед значением линейного размера (например символы диаметра, метрической резьбы), указать, что размерное число должно быть заключено в прямоугольную рамку.

Назначение остальных параметров можно уточнить в [1,2].

Параметры размера также можно задавать окне свойств слева от рабочего поля чертежа.

T-FLEX CAD поддерживает создание цепи размеров относительно общей базы (рисунок 14) и размерной цепи (рисунок 15).

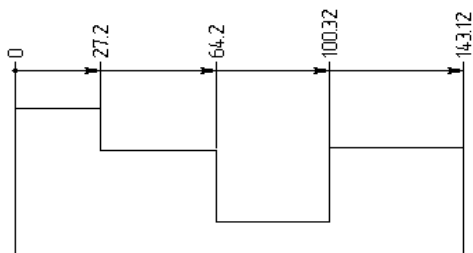


Рисунок 14

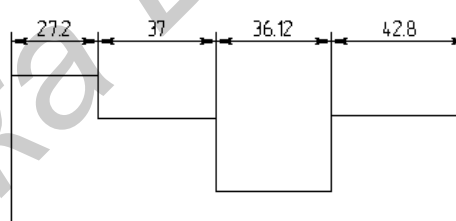


Рисунок 15


Для создания цепи размеров относительно общей базы необходимо выбрать пиктограмму автоменю и далее последовательно указать линии построения, линии изображения или узлы между которыми должен быть поставлен размер. Завершение построения цепи размеров следует подтвердить пиктограммой автоменю или клавишей «End».



Создание размерной цепи осуществляется аналогично предыдущему варианту построения размера, только перед началом построений следует выбрать пиктограмму автоменю .


Нанесение текста осуществляется командой **Чертеж / Текст**. T-FLEX CAD позволяет нанести текст следующих видов: строчный текст, параграф-текст и многострочный текст.

Для нанесения строчного текста необходимо после выполнения команды **Чертеж / Текст** выбрать в автоменю пиктограмму . Строчный текст может быть привязан к абсолютным координатам (с помощью клавиши «A» или пиктограммы), к узлу (клавиша «N»), к линии (клавиша «L»), к окружности (клавиша «C»). В последнем случае текст будет нанесен вдоль выбранной

окружности. После выбора способа привязки щелчком левой кнопкой мыши раскрывается окно редактора текста для ввода содержимого строки текста.

Для нанесения параграф-текста необходимо после выполнения команды **Чертеж / Текст** выбрать в автоменю пиктограмму . Параграф-текст представляет собой текст, расположенный в заданной прямоугольной области. Перенос строки такого текста происходит автоматически при достижении границы области. При создании параграф-текста можно использовать различные возможности форматирования применительно к любому фрагменту текста.

Для создания параграф-текста необходимо с помощью двух углов указать границы прямоугольной области, в которой будет располагаться текст (можно последовательно задать границы нескольких областей). Для этого необходимо последовательно указать на чертеже две угловые точки привязки. Параграф-текст может быть привязан к узлу или к абсолютным координатам. Далее необходимо либо щелкнуть левой кнопкой мыши внутри выбранной области для ввода текста, либо в автоменю выбрать пиктограмму . Для завершения ввода текста необходимо также выбрать пиктограмму .

Для нанесения многострочного текста необходимо после выполнения команды **Чертеж / Текст** выбрать в автоменю пиктограмму . В отличие от параграф-текста многострочный текст всегда располагается в одной прямоугольной области, границы которой при вводе текста будут расширяться до тех пор, пока пользователь не нажмет клавишу «Enter» для переноса текста на новую строку. Многострочный текст также привязывается к абсолютным координатам или узлу, но не требует задания прямоугольной области ввода. Поэтому сразу после выбора точки привязки можно будет вводить требуемый текст.

Помимо рассмотренных элементов изображения для оформления чертежа в T-FLEX CAD имеются также и другие элементы, познакомиться с которыми можно в [1,2].

1.1.3 Работа с переменными

Переменные в T-FLEX CAD бывают двух типов: текстовые или вещественные. Тип переменной определяется первым символом ее имени. Имя текстовой переменной должно начинаться с символа «\$», вещественной – с буквы. Помимо букв и цифр в имени может использоваться символ подчеркивания. Строчные и прописные буквы различаются, в именах переменных возможно использование кириллицы.

С переменными можно работать либо с помощью специального окна системы, расположенного внизу слева от рабочего поля, либо с помощью редактора переменных, вызываемого командой **Параметры / Переменные**. Второй способ предоставляет более широкие возможности.

В окне редактора переменных приводится перечень всех переменных текущего чертежа. Для примера на рисунке 16 приведено окно редактора переменных для чертежа прямоугольника.

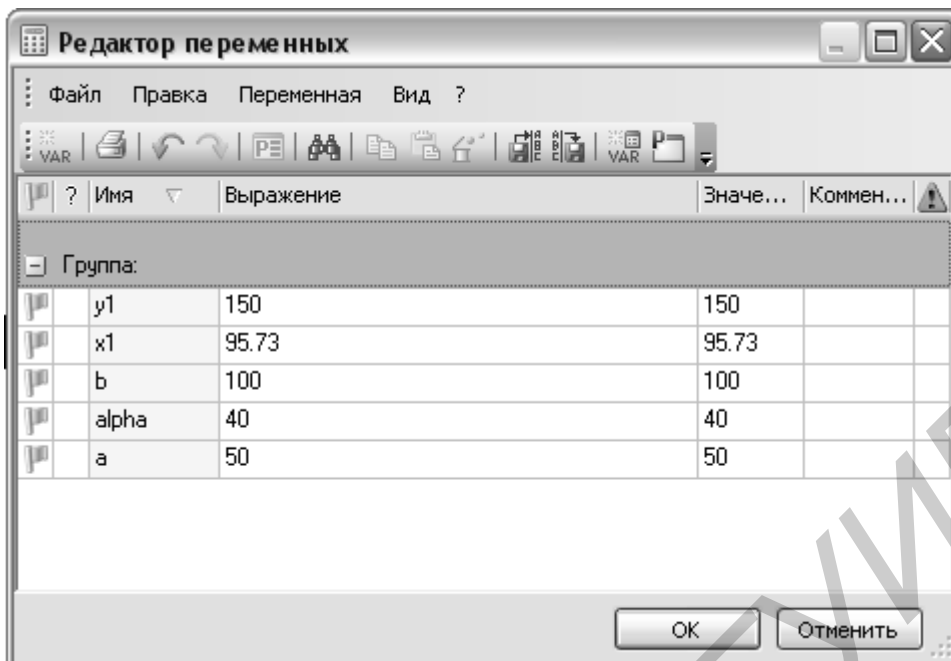


Рисунок 16

Окно редактора переменных состоит из следующих колонок:

- в первой колонке отображается графический символ в виде флажка, который показывает, что данная переменная помечена как внешняя. Внешние переменные служат для организации параметрической связи между сборочным чертежом и чертежами-фрагментами, а также для связи системы T-FLEX CAD с другими системами;
- во второй колонке может быть расположен символ «?» (вопросительный знак), который показывает, что переменная не используется в геометрической модели;
- в третьей колонке с заголовком **Имя** отображается имя переменной;
- в четвертой колонке с заголовком **Выражение** вводятся и редактируются выражения, по которым рассчитываются значения переменных. Выражение может включать константы, другие переменные, арифметические, логические и условные операции, функции T-FLEX CAD. Для внешней переменной в колонке **Выражение** может быть указана только константа;
- в пятой колонке с заголовком **Значение** выводятся значения переменных. Колонка недоступна для редактирования;
- шестая колонка с заголовком **Комментарий** предназначена для комментариев;
- последние колонки предназначены для индикации ошибки и отображения сообщения об ошибке в выражении для переменной.

Редактор переменных позволяет создать список значений переменной с помощью раздела **Список** в окне свойств переменной, вызываемом командой **Переменная / Свойства**. Для выбора варианта создания списка значений следует в этом разделе из выпадающего списка выбрать требуемое значение: **Текст**, **База данных**, **Файл**, **Дата**, **Материалы**. Наиболее часто список создается на основе текста или базы данных. При создании списка на основе

текста откроется окно текстового редактора, в котором можно ввести необходимый список значений. Каждое значение должно располагаться в отдельной строке.

Редактор переменных позволяет создать новую переменную для использования ее в выражениях других переменных. Новая переменная создается с помощью команды **Переменная / Новая**. Имеется также возможность создания пользовательской функции. Для создания функции необходимо при создании новой переменной установить флажок **Функция**. Выражение для переменной-функции может содержать аргументы функции, которые обозначаются следующим образом: #1 – первый аргумент, #2 – второй аргумент и т.д. Количество аргументов не ограничено. При вызове функции следует указать ее имя и в круглых скобках привести список аргументов, разделенных запятыми. На рисунке 17 приведен пример использования функции $(x+y)^2$.

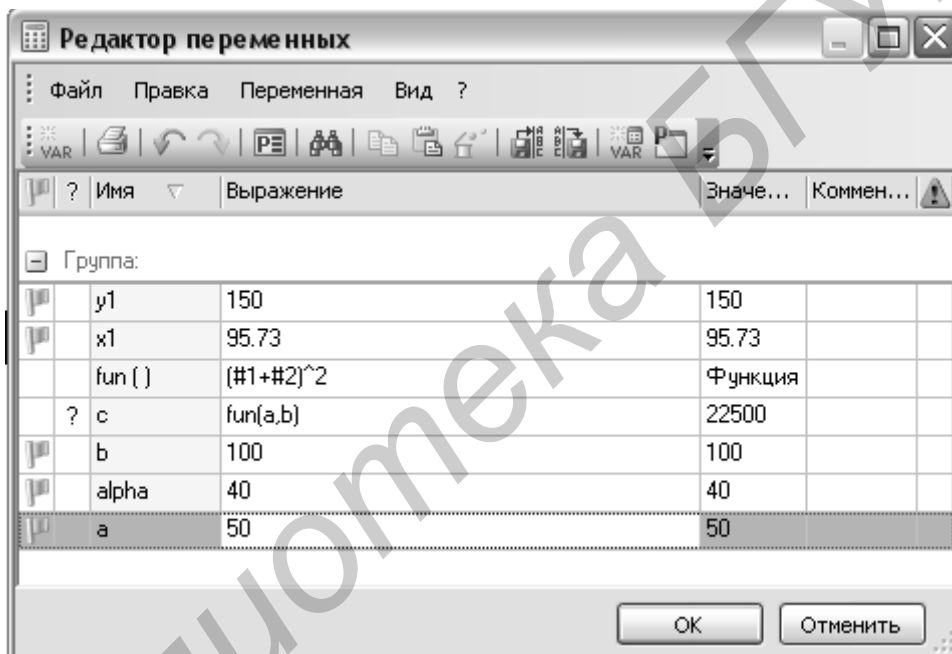


Рисунок 17

Рассмотрим операции, которые можно использовать в выражениях для задания значений переменных.

Для текстовых переменных можно использовать только операцию конкатенации (слияния текстовых строк). Символом операции является «+»

С вещественными операндами можно выполнять следующие арифметические действия: сложение (знак операции +), вычитание (минус), умножение (*), деление (/), возведение в степень (** или ^), получение остатка от деления (%).

При сравнении и описании условий имеется возможность использовать следующие логические операции: больше (>), меньше (<), больше или равно (>=), меньше или равно (<=), не равно (!=), равно (==), логическое И (&&), логическое ИЛИ (||), логическое НЕ (!).

Логические операции обычно используются для сравнения значения переменной с константой или значением другой переменной.

Для реализации выбора используется операция условия, которая имеет следующий синтаксис: условие ? значение1 : значение2 . Например:

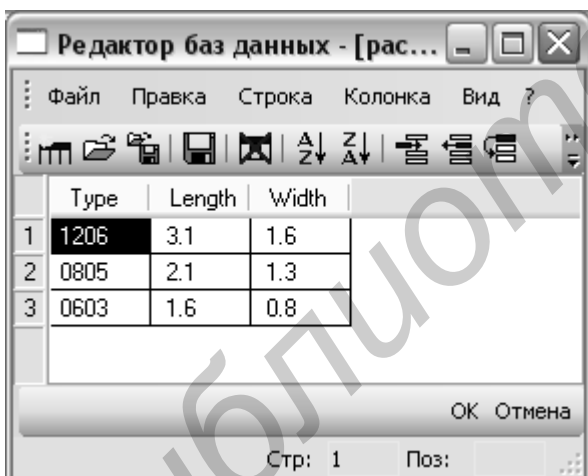
$V_1 > 2 ? 2 : 1$

Если значение переменной V_1 больше 2, то результатом выполнения этой операции будет значение 2, в противном случае результатом будет значение 1.

1.1.4 Подключение к чертежу базы данных

T-FLEX CAD позволяет подключить к чертежу базу данных для того, чтобы задать значения переменных. База данных может быть внутренней и храниться вместе с чертежом, либо внешней, тогда она хранится в других файлах. Будем рассматривать использование внутренней базы данных.

Каждая внутренняя база данных состоит из одной двумерной таблицы. Столбцы (поля) этой таблицы должны иметь уникальные имена. Столбцы характеризуют конкретный параметр чертежа. Строки таблицы (записи) хранят совокупность значений параметров чертежа для определенного типа или вида изделия. В качестве примера на рисунке 18 приведена внутренняя база данных для хранения размеров корпусов пассивных элементов для поверхностного монтажа. В данном примере поле **Type** определяет типоразмер элемента, поле **Length** – длину его корпуса, **Width** – ширину. Размеры (ширина и длина) приведены в миллиметрах. Указанных полей достаточно для определения параметров корпуса для его упрощенного изображения на чертеже печатного узла.



	Type	Length	Width
1	1206	3.1	1.6
2	0805	2.1	1.3
3	0603	1.6	0.8

Рисунок 18

Для создания новой базы данных необходимо выполнить команду **Параметры / База данных**. Откроется окно редактора баз данных. Далее требуется выполнить команду **Файл / Новая база данных**. В открывшемся окне необходимо указать имя базы данных и после нажатия на кнопку **ОК** в новом окне приступить к определению свойств первого поля базы данных. Например, для создания базы данных, приведенной на рисунке 18, для

первого поля укажем имя **Type** и из поля со списком выберем тип данных **Текстовое**. Тип данных поля определяется хранимыми в этом поле данными. Возможные типы данных: **Целые** (в такое поле можно вводить только целые числа), **Вещественные** (можно вводить только вещественные числа) и **Текстовые** (можно вводить любую текстовую информацию). Обозначение типоразмера может содержать первый ноль. В числовых типах данных этот ноль будет подавляться, поэтому необходимо выбрать текстовый тип данных. Также для каждого поля следует задать его длину (для поля **Type** выберем длину равной 4) и для вещественного типа задает число разрядов после запятой. Создание поля завершается нажатием на кнопку **ОК**, после чего в

редакторе баз данных появится описанное поле. Для создания следующего поля необходимо выполнить команду **Колонка / Вставить / После** и в открывшемся окне определить свойства нового поля данных. Для остальных полей рассматриваемого примера необходимо задать вещественный тип данных.

Для ввода значений в соответствующую ячейку таблицы необходимо предварительно щелкнуть по ней левой кнопкой мыши, после чего ввести или изменить требуемые данные. Для перехода к новой записи следует нажать клавишу «Enter» после заполнения последнего поля предыдущей записи.

Для задания значений переменных чертежа на основе базы данных необходимо использовать функции T-FLEX CAD для работы с внутренней базой данных. В функциях необходимо использовать ссылки на поля базы данных. Ссылка содержит имя базы данных и имя поля, разделенных точкой. Пусть созданная нами база данных имеет имя *package*, тогда ссылка на поле **Type** будет выглядеть следующим образом: *package.Type*.

Рассмотрим функции T-FLEX CAD для работы с внутренней базой данных.

Функция *rec (условие)*,

где *условие* – выражение, принимающее значение истина или ложь. Например: *rec (package.Type == 1206)* позволит найти номер записи базы данных для типоразмера корпуса, равного 1206.

Функция *frec (аргумент_1, аргумент_2, аргумент_3, аргумент_4)*,

где *аргумент_1* – поле базы данных (вещественного или целого типа), по которому осуществляется поиск; *аргумент_2* – искомое значение; *аргумент_3* – критерий поиска (возможные значения: 0 – находится ближайшее значение; минус 1 – находится ближайшее меньшее значение; 1 – находится ближайшее большее значение); *аргумент_4* – параметр, показывающий, в каком порядке расположены значения в данной колонке (0 – значения расположены не упорядоченно, и поиск осуществляется по всем записям базы, 1 – колонка упорядочена по возрастанию или по убыванию).

Функция *val (номер_записи, поле_базы_данных)*,

где *номер_записи* – любое арифметическое выражение, значением которого является целое число; *поле_базы_данных* – это ссылка на поле. Например: *val (2, package.Type)* отберет значение из записи номер 2 из поля *Type* базы данных *package*.

Функция *find (поле_базы_данных, условие_1, условие_2, ...)*,

возвращающая значение указанного поля базы данных из записи, которая удовлетворяет условиям *условие_1, условие_2...*. Если такой записи не существует, то функция выдает сообщение об ошибке «Неверный номер записи».

Подключим созданную базу данных к чертежу прямоугольника. Для этого создадим новую текстовую переменную \$type и для нее сформируем список значений, соответствующий перечню типоразмеров корпусов пассивных компонентов для поверхностного монтажа. Этот список будет соответствовать содержимому поля **Type** созданной базы данных. Для переменных *a* и *b* чертежа зададим выражения, как показано на рисунке 19. После выбора из

списка нового значения переменной \$type значения переменных a и b будут пересчитаны на основе отобранной записи базы данных.

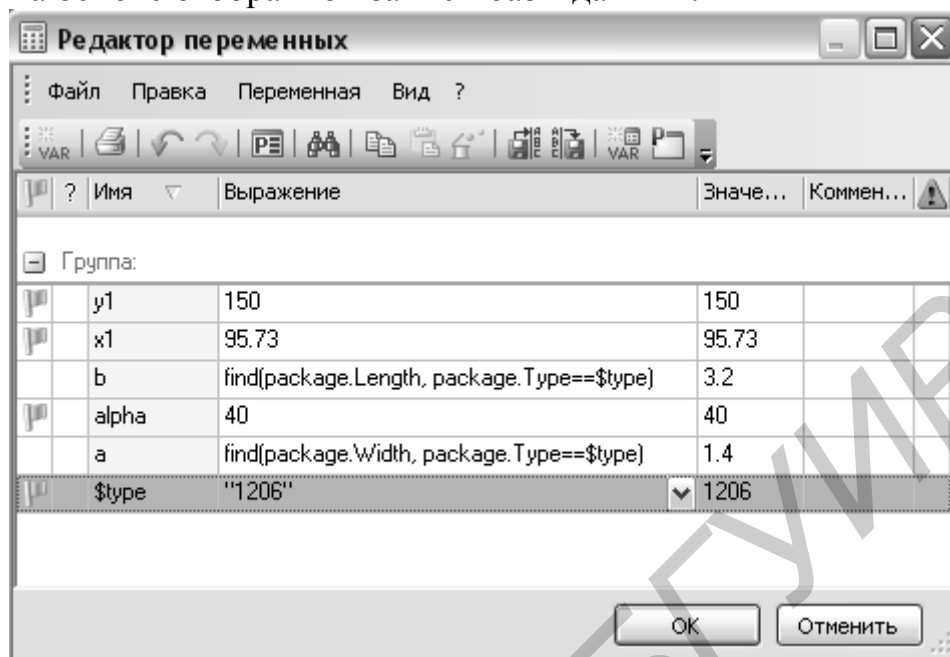


Рисунок 19

1.1.5 Фрагменты и сборочные чертежи

Любой параметрический чертёж T-FLEX CAD может быть использован как фрагмент другого чертежа, называемого сборочным чертежом. Рассмотрим использование фрагментов и сборочных чертежей на примере сборочного чертежа печатного узла.

Для того, чтобы привязать и сориентировать фрагмент на сборочном чертеже, используем векторы и точки привязки.

Каждый вектор привязки определяет начало и положительное направление оси X для одной локальной системы координат чертежа. Векторов привязки для одного фрагмента может быть более одного. При использовании векторов привязки необходимо сначала создать чертёж фрагмента, а затем определить векторы привязки. При использовании точек привязки сначала необходимо создать точки привязки, а затем формировать чертёж фрагмента относительно этих точек привязки.

Существует два типа вектора привязки: вектор привязки, задаваемый двумя точками, и вектор привязки, задаваемый одной точкой. Привязка по одной точке используется для фрагментов, не требующих поворота. Поскольку корпус компонента, не имеющего полярности, может иметь два угла ориентации на плате (0° и 90°), то будем использовать вектор привязки, задаваемый двумя точками. При вставке фрагмента с таким вектором привязки положение первой точки (начало вектора) будет определять положение фрагмента на сборочном чертеже, а положение второй точки (конец вектора) – поворот фрагмента.


Для создания такого вектора необходимо выполнить команду **Построения / Вектор привязки** и далее последовательно выбрать два узла фрагмента (в нашем случае два крайних узла продольной оси симметрии).

После выбора второго узла на экране появится диалоговое окно, в котором при необходимости можно задать комментарий к вектору привязки и определить вектор как основной. Для завершения построений следует нажать кнопку **ОК** диалогового окна.

Точка привязки создаётся как пересечение вертикальной и горизонтальной прямых построения, параметры (координаты) которых заданы переменными с зарезервированными именами $x1 - x9$ для вертикальной прямой и $y1 - y9$ для горизонтальной прямой. Для одной точки привязки числа при x и y должны быть одинаковыми, следовательно, можно создать до девяти точек привязки у фрагмента. Выше была создана одна точка привязки (базовая точка) на чертеже прямоугольника.

Откроем окно редактора переменных и пометим переменную \$type как внешнюю.

Создадим сборочный чертеж, на котором разместим прямоугольный контур печатной платы и группу узлов, представляющих собой центры контактных площадок компонентов для поверхностного монтажа.

Для нанесения фрагментов на сборочный чертеж выполним команду **Чертеж / Фрагмент**. В автоменю этой команды выберем пиктограмму  для открытия файла чертежа – фрагмента (прямоугольника). После выбора файла фрагмента около курсора появится изображение с прямоугольником и вектором привязки, а слева откроется окно свойств (рисунок 20), в котором будет отображена внешняя переменная \$type, а также будет иметься возможность задать ее значения (т.е. определить размеры прямоугольника).

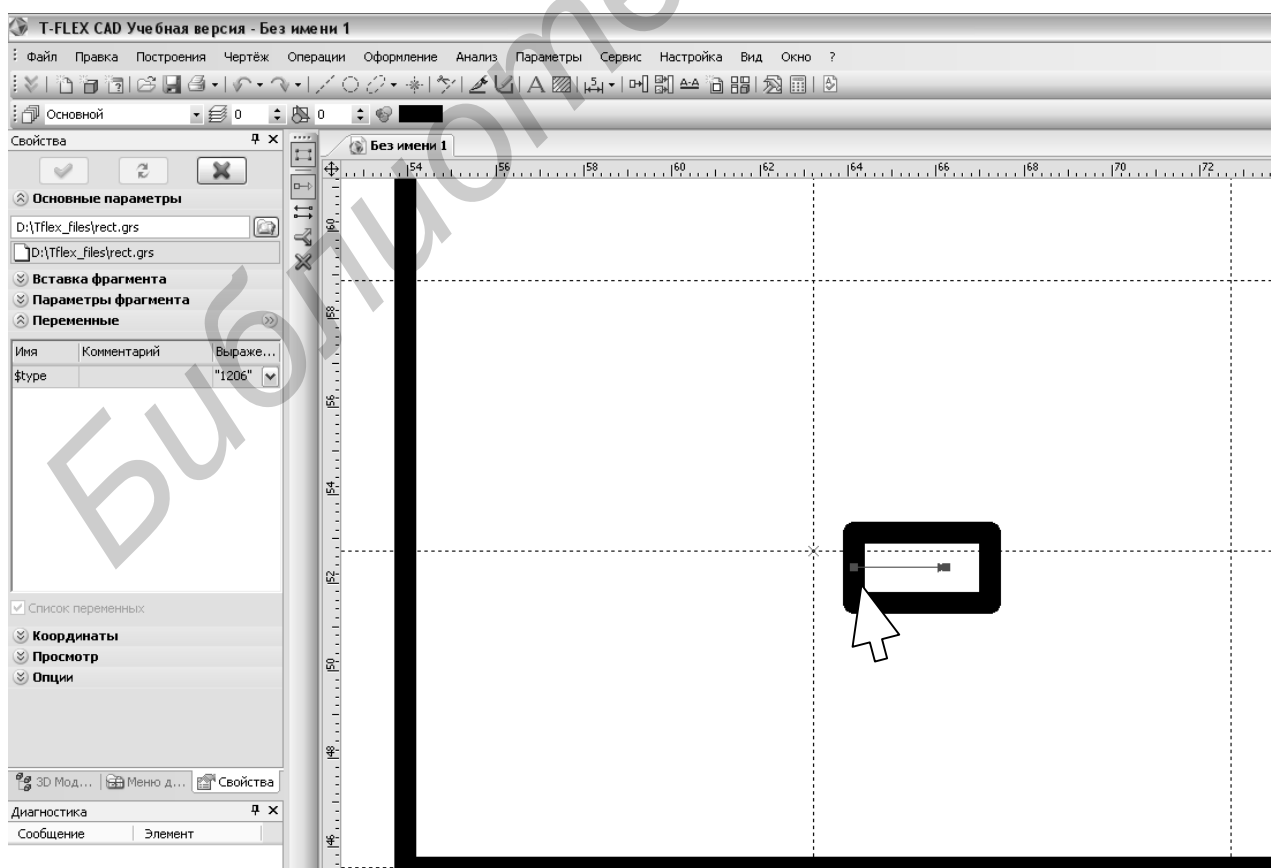



Рисунок 20

Далее необходимо выбрать первый узел для привязки начала вектора привязки и с помощью второй точки вектора задать ориентацию прямоугольного корпуса на плате (рисунок 21). Для завершения нанесения фрагмента необходимо выбрать пиктограмму автоменю . Аналогично наносятся остальные фрагменты, используя требуемое значение переменной \$type.

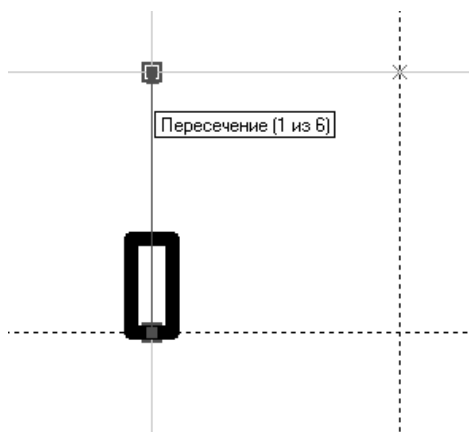



Рисунок 21

Для использования точки привязки переменные $x1$, $y1$ и α чертежа-фрагмента пометим как внешние и сохраним чертеж. Откроем сборочный чертеж платы и выполним команду **Чертеж / Фрагмент**. В автоменю выберем пиктограмму смены вектора привязки . Возле курсора появится номер точки привязки (в нашем случае 1). Далее необходимо указать на сборочном чертеже узел привязки и с

помощью переменной α определить требуемый угол (0° или 90°). Поскольку мы имеем фиксированное количество значений угла переменной α , то для их задания можно было создать список.

1.2 Порядок выполнения работы

1.2.1 Изучить порядок создания параметрического чертежа, элементов построения и изображения, подключения базы данных к чертежу.

1.2.2 Получить задание у преподавателя.

1.2.3 Создать параметрическую двухмерную модель в соответствии с выданным заданием.

1.2.4 Оформить полученный чертеж в соответствии с действующими стандартами, используя команды оформления чертежа.

1.2.5 Продемонстрировать подключение к чертежу базы данных для задания значений 3–4 основных параметров.

1.2.6 Оформить отчет по лабораторной работе.

1.3 Содержание отчета

1.3.1 Название работы и цель работы.

1.3.2 Исходное задание.

1.3.3 Полученный параметрический чертеж.

1.3.4 Копия окна редактора переменных.

1.3.5 Выводы.

1.4 Контрольные вопросы

1 Для чего необходимо создание элементов построения?

2 Какие варианты создания чертежа используются в T-FLEX CAD?

3 Для чего в чертеже используются переменные?

- 4 Чем элементы изображения отличаются от элементов построения?
- 5 Как создать пользовательскую функцию?
- 6 Что такое уровень, и для чего он используется в чертеже?
- 7 Как изменить толщину и тип линии изображения?
- 8 Чем отличаются строчный текст, многострочный текст и параграф-текст?
- 9 Как нарисовать эллиптическую дугу?
- 10 Как подключить к чертежу внутреннюю базу данных?
- 11 Чем отличаются режимы свободного и связанного рисования?

Литература

- 1 Руководство пользователя T-FLEX CAD. Основы. 2D проектирование и черчение [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.tflex.ru/student/>.
- 2 Лучкин, В. К. Система параметрического автоматизированного проектирования и черчения T-FLEX CAD : учеб. пособие / В. К. Лучкин, В. Г. Однолько, В. Х. Фидаров. – Тамбов : ТГТУ, 2007.
- 3 Система помощи T-FLEX CAD 11.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Построение трехмерных параметрических твердотельных моделей и видов и разрезов на их основе

Цель работы: Научиться создавать с помощью T-FLEX CAD трехмерные параметрические модели проектируемых объектов и на их основе создавать двухмерные проекции видов и разрезы.



2.1 Теоретические сведения

2.1.1 Основные понятия системы T-FLEX CAD 3D


Все геометрические объекты системы T-FLEX CAD с геометрической точки зрения делятся на следующие группы:

- *3D точки.* Задаются координатами местоположения. Такая точка может быть определена 3D узлом, 3D вершиной, вычислена в характерном месте объекта (например в центре сферы), или на пересечении объектов;
- *объекты с «проволочной» геометрией.* Это объекты, имеющие длину, но не имеющие площади (ребра 3D тел, 3D пути, разомкнутые 3D профили);
- *объекты с «листовой» геометрией.* Это объекты, имеющие площадь, но не имеющие объема (поверхности, грани, замкнутые 3D профили);
- *твердые тела.* Это объекты, имеющие объем.

Все твердые тела создаются с помощью 3D операций, которые вызываются из пункта главного меню **Операции**. Геометрической основой для выполнения 3D операций являются 3D элементы построения (рабочие плоскости, 3D узлы, 3D профили и некоторые другие). Базовым элементом построения является рабочая плоскость, поскольку все построения могут быть выполнены только на выбранной рабочей плоскости. После выбора рабочей плоскости становятся доступными все команды для 2D черчения, рассмотренные в первой лабораторной работе. С помощью данных команд создаются 3D профили, которые используются для получения тел в операциях выталкивания и вращения, а также для некоторых других операций. Для получения более сложных твердых тел используются булевы операции объединения, пересечения и разности.

В отличие от создания 2D элементов процесс создания трёхмерных элементов и тел включает большее количество этапов, некоторые из которых являются необязательными. Для указания завершения процесса создания элемента необходимо использовать пиктограмму автоменю  или клавишу клавиатуры «Y». Пиктограмма  становится доступной только после выполнения минимально необходимой для создания данного типа элемента последовательности действий.

Параметры создаваемого или редактируемого 3D элемента могут задаваться на любом этапе работы в командах создания или редактирования. Для задания параметров операции могут быть использованы окно свойств, или диалоговое окно параметров, которое вызывается так же как и для двухмерного

моделирования, нажатием клавиши «Р». Для обновления параметров 3D модели (ее перерисовки) следует воспользоваться пиктограммой  кнопочной панели Вид справа от рабочего поля чертежа.

В системе T-FLEX CAD имеется два варианта создания 3D модели. Основной метод заключается в создании большинства построений модели прямо в 3D окне. При другом подходе 3D модель создается на основе готовых 2D чертежей или вспомогательных 2D построений. В данном лабораторном практикуме будем рассматривать только основной метод создания 3D модели.


Для создания новой 3D модели используется команда **Файл / Новая 3D модель**.

2.1.2 Создание 3D элементов построения


В данном подразделе рассмотрим создание наиболее часто используемых 3D элементов построения: рабочих плоскостей, 3D узлов и 3D профилей. При необходимости создания других 3D элементов построения можно воспользоваться источниками [1,2].


Создание рабочих плоскостей и работа с ними. Рабочие плоскости делятся на стандартные (соответствующие шести стандартным видам черчения) и дополнительные (создаваемые на базе других элементов). При создании новой 3D модели автоматически создаются 3 стандартные рабочие плоскости: вид спереди, вид слева и вид сверху.

После создания твердых тел в качестве рабочей плоскости может быть выбрана любая плоская грань этого твердого тела. При необходимости командой **Построения / Рабочая плоскость** могут быть созданы и другие рабочие плоскости.


Для создания рабочей плоскости параллельно произвольной некоторой ранее построенной плоскости используется пиктограмма автоменю . После выбора исходной плоскости, задания величины смещения в окне свойств и подтверждения создания (клавиша «Y») новая рабочая плоскость будет создана.


В зависимости от варианта построения рабочей плоскости при ее создании могут выбираться 3D узлы (отображаются в окне 3D модели в виде красных квадратов); поверхности, касательно к которым должна быть построена рабочая плоскость; прямая линия.

Для активизации (выбора для проведения построений) некоторой рабочей плоскости необходимо указать курсором на требуемую рабочую плоскость. Выбранная рабочая плоскость будет подсвечена. Для начала построений на выбранной рабочей плоскости следует в главной кнопочной панели выбрать пиктограмму черчения в рабочей плоскости . После этого выбранная рабочая плоскость будет сориентирована перпендикулярно направлению взгляда. Одновременно станут доступными пиктограммы элементов построения и изображения для создания соответствующих элементов.

Если на активную рабочую плоскость необходимо спроецировать некоторые элементы уже построенной 3D модели, то можно воспользоваться пиктограммой главной кнопочной панели . После выбора этой пиктограммы

в автоматическом режиме появляются пиктограммы, позволяющие выбрать элементы модели (операции, грани, рёбра), которые требуется спроецировать на активную рабочую плоскость. По окончании выбора необходимо подтвердить создание проекций.

Все построения на активной рабочей плоскости можно производить прямо в 3D окне, либо с помощью пиктограммы главной кнопочной панели  можно открыть 2D окно этой рабочей плоскости и производить построения там.

Для завершения черчения на активной рабочей плоскости необходимо нажать пиктограмму главной кнопочной панели .


Создание 3D узлов. 3D узлы обычно используются в качестве точек для привязки других трёхмерных объектов (дополнительных рабочих плоскостей, 3D профилей, локальных систем координат и т.д.) либо точек, необходимых для выполнения операций (например для задания оси вращения).



Существует несколько типов 3D узлов. Их можно разделить на три основные группы: узлы, создаваемые на основе уже существующих 3D элементов (для этого при создании узла должны быть выбраны эти 3D элементы, например вершина пирамиды); узлы, задаваемые в абсолютных координатах (должны быть указаны абсолютные координаты создаваемого узла); узлы, создаваемые на основе 2D узлов (должны быть выбраны соответствующие 2D узлы на активной рабочей плоскости). Создание 3D узла заканчивается подтверждением.

Создание 3D профилей. 3D профиль является основным элементом построения для двух главных операций создания твердых тел – выталкивания и вращения. Перемещение 3D профиля требуемым образом в пространстве является основой процесса создания объёмного тела.

3D профиль может быть создан на основе некоторых 2D элементов, расположенных в активной рабочей плоскости (штриховок, линий изображения, текстов формата TrueType), на основе некоторых 3D элементов (на основе замкнутой последовательности рёбер или грани 3D тела, путем проекции существующего 3D профиля на грани тела), на основе развертки поверхности или набора поверхностей. В данной лабораторной работе рассмотрим создание 3D профиля на основе 2D штриховки или линии изображения. С остальными вариантами создания 3D профиля можно познакомиться в [1,2].

Рассмотрим создание 3D профиля при построении 3D модели светодиода. Упрощенный чертеж светодиода приведен на рисунке 22. Выводы светодиода имеют прямоугольное сечение размером 0,8x0,6 мм, и их размеры не показаны из-за малого масштаба.

Корпус светодиода представляет собой тело вращения. Перед использованием операции вращения требуется построить 3D профиль. Для создания 3D профиля необходимо выполнить команду **Файл / Новая 3D модель**, выбрать рабочую плоскость **Вид спереди** (можно было выбрать и другую рабочую плоскость) и пиктограмму  главной панели для черчения в рабочей плоскости.

Для удобства построений перейдем в 2D окно, для чего необходимо нажать пиктограмму главной кнопочной панели . В 2D окне приступим к созданию 3D профиля на основе двухмерной штриховки. Для этого используем команды создания линий построения и штриховки с учетом формирования штриховки в соответствии с требуемыми размерами чертежа. Порядок создания двухмерной штриховки рассматривался в первой лабораторной работе. В результате построений должна быть создана штриховка, приведенная на рисунке 23. При проведении построений окружность должна строиться касательной двум прямым, ограничивающим контур корпуса светодиода, с радиусом 1,5 мм. После завершения построений следует нажать пиктограмму главной кнопочной панели . Система автоматически создаст на основе штриховки 3D профиль, и в 3D окне можно будет увидеть этот подсвеченный профиль.

Аналогично можно создавать и другие 3D профили. Вместо штриховки можно построить замкнутую линию изображения.

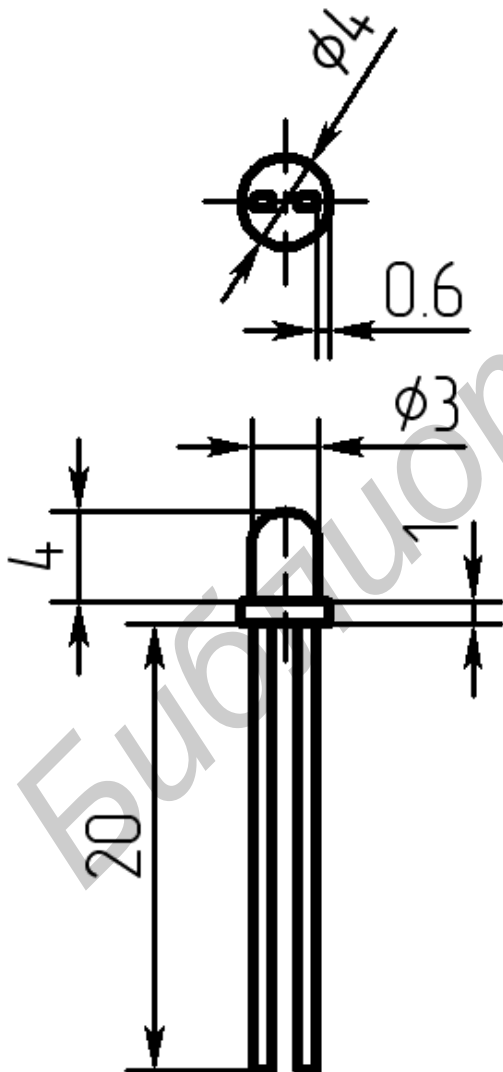


Рисунок 22

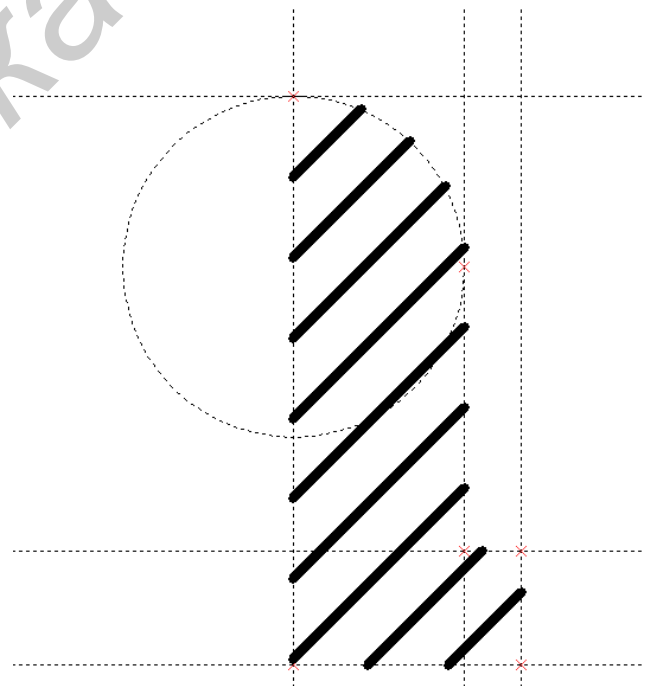




Рисунок 23

2.1.3 Операции выталкивания и вращения

Данные операции являются базовыми для получения твердых тел. Рассмотрим использование этих операций для построения тела корпуса светодиода.

Для выполнения операции вращения необходимо выполнить команду **Операции / Вращение**. Система T-FLEX CAD запросит в статусной строке контур (3D профиль). Выберем созданный профиль, после чего выбранный профиль будет выделен и система запросит первую точку оси вращения. Укажем нижнюю левую точку профиля, а на запрос второй точки оси вращения укажем верхнюю левую точку профиля. При выборе точек T-FLEX CAD покажет, как будет выглядеть тело вращения. В окне параметров вращения слева от рабочего поля чертежа необходимо установить значение угла поворота профиля равным 360° . Для завершения построений необходимо нажать пиктограмму автоменю . В результате построений должно быть получено тело, приведенное на рисунке 24.

Для того чтобы убрать с экрана элементы построения, можно воспользоваться пиктограммой  кнопочной панели справа от рабочего поля окна системы. Для вращения сцены в 3D окне необходимо при нажатой левой кнопке мыши в пределах рабочего поля перемещать курсор по экрану.

При выполнении операции вращения можно также задать начальный угол поворота, а также задать сглаживание рёбер на боковых гранях получаемого тела.

Выводы у светодиода имеют прямоугольное сечение. Будем строить их с помощью операции выталкивания прямоугольного профиля. Этот прямоугольный профиль необходимо создать предварительно. Для его создания выберем в качестве рабочей плоскости цилиндрическое основание созданного корпуса светодиода и перейдем к черчению в этой плоскости. После создания замкнутого прямоугольного контура линией изображения построения в 2D окне должны выглядеть так, как показано на рисунке 25. Из-за малых размеров прямоугольный контур будет выглядеть залитым прямоугольником со скругленными краями.

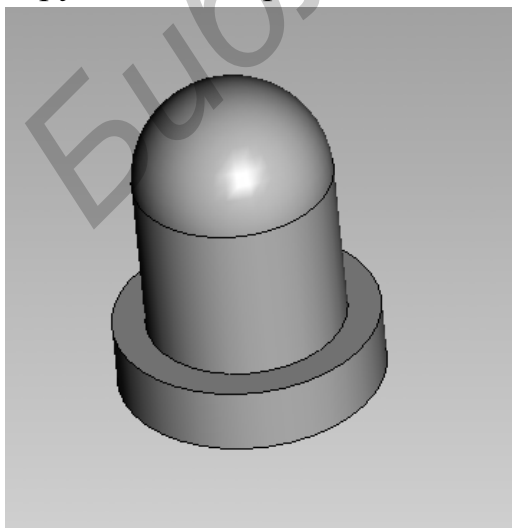


Рисунок 24

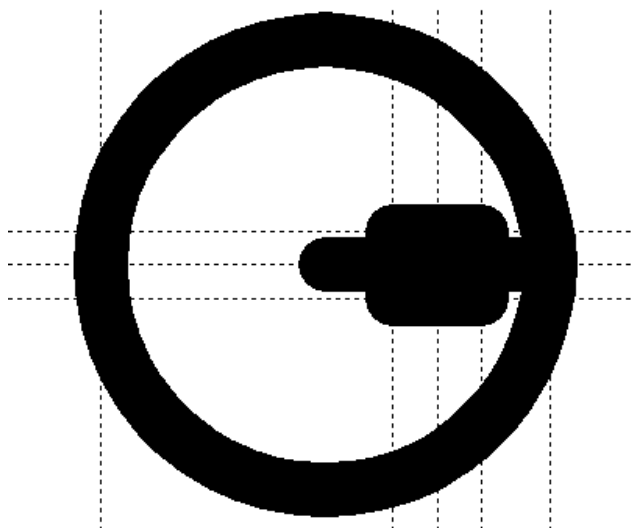


Рисунок 25

После завершения построений и перехода в 3D окно созданный 3D профиль должен выглядеть так, как показано на рисунке 26.

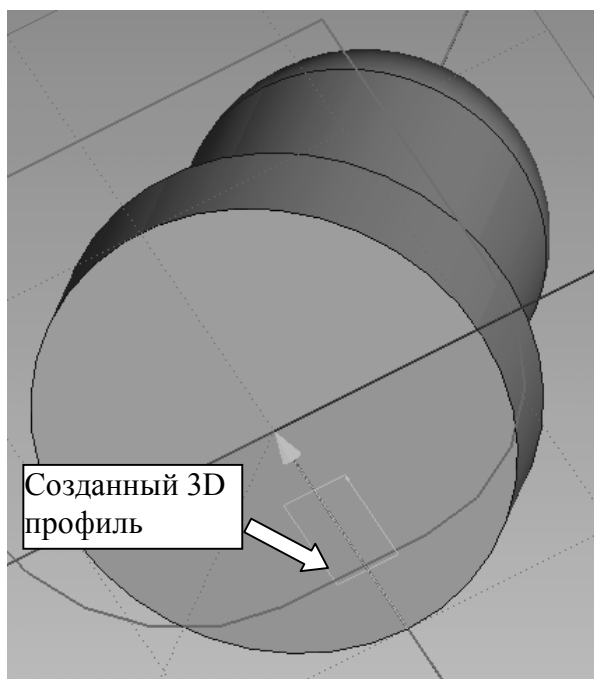


Рисунок 26

Для построения тела выталкивания необходимо выполнить команду **Операции / Выталкивание**. Далее необходимо указать созданный прямоугольный 3D профиль, затем в окне параметров выталкивания слева от рабочего поля чертежа необходимо установить значение параметра **Длина** равной 20 мм (рисунок 27) и завершить создание тела нажатием пиктограммы .

При выполнении операции выталкивания имеется возможность провести выталкивание в прямом и обратном направлении; осуществить выталкивание не по нормали к активной рабочей плоскости, а по вектору, задаваемому элементом 3D модели или парой 3D узлов; возможно автоматическое создание уклона боковых граней (пирамидальности или конусности) и сглаживание ребер получаемого тела.

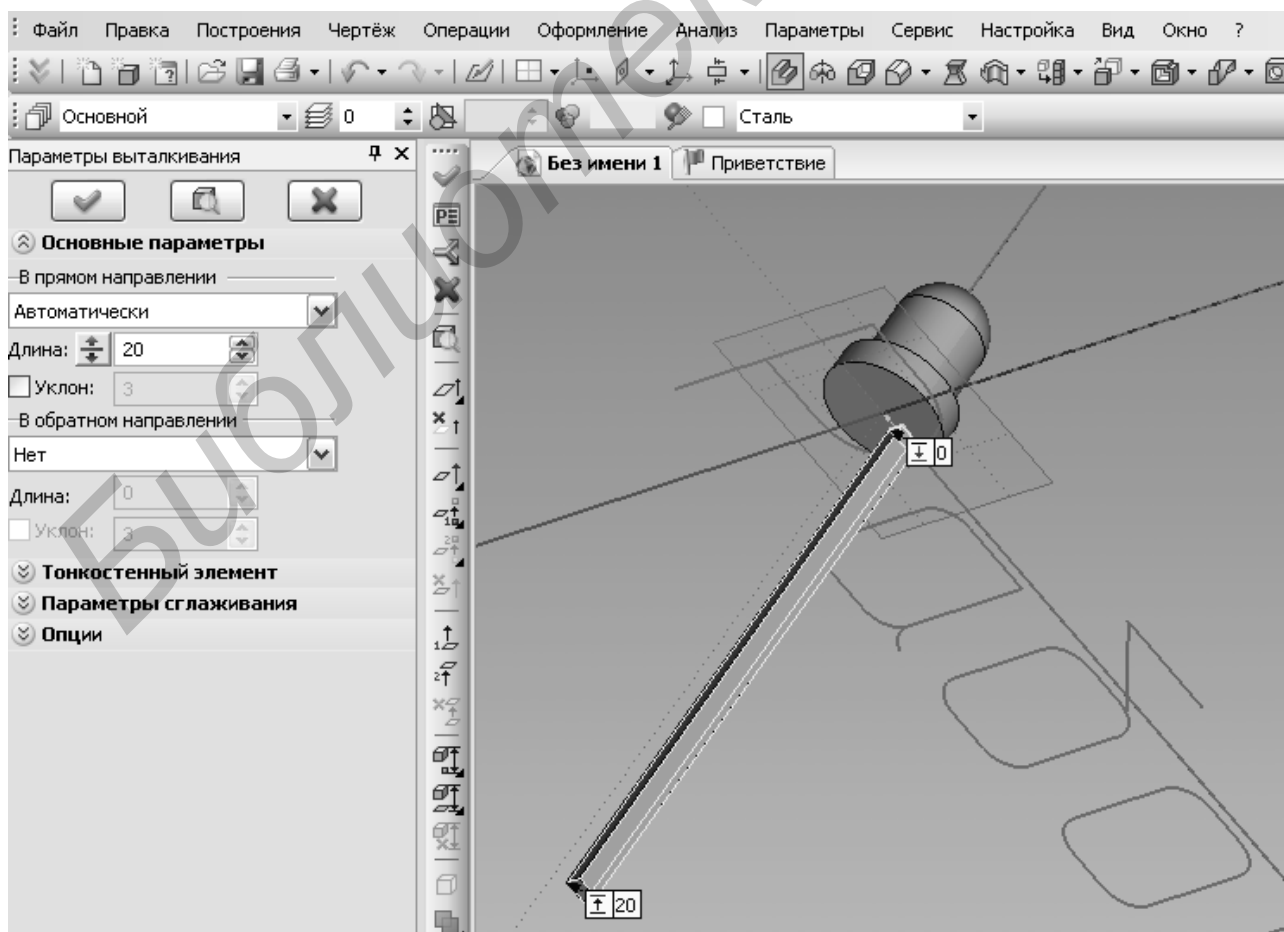






Рисунок 27

Для построения второго вывода светодиода можно было бы провести построения, аналогичные рассмотренным выше. Однако для демонстрации дополнительных возможностей T-FLEX CAD предпочтительнее создание второго вывода копированием первого.

Операция копирования определяется заданием двух локальных систем координат: исходной и целевой. Преобразование осуществляется переносом исходной системы координат вместе со связанными с ней объектами копирования в положение, которое занимает целевая система координат. Для создания локальной системы координат достаточно указать 3D точку начала координат требуемой системы. В указанной точке создаётся новый 3D элемент – локальная система координат. Направления её осей будут совпадать с направлением осей мировой системы координат. В нашем случае в качестве начала координат исходной системы следует указать точку, соответствующую середине прямоугольного 3D профиля для получения вывода светодиода. Для указания начала координат целевой системы необходимо создать 3D узел в точке, соответствующей центру второго вывода. Для этого необходимо провести дополнительные построения на рабочей плоскости, соответствующей торцу корпуса светодиода (рисунок 28).

Для выполнения копирования необходимо выполнить команду **Операции / Копия**. С помощью пиктограммы автоменю  выбрать операцию выталкивания для копирования (вывод светодиода). Далее с помощью пиктограмм  и  выбрать рассмотренные ранее точки для создания исходной и целевой систем координат. После указания этих точек система покажет положение копии в 3D окне. Завершение копирования производится нажатием пиктограммы . Результат операции представлен на рисунке 29.

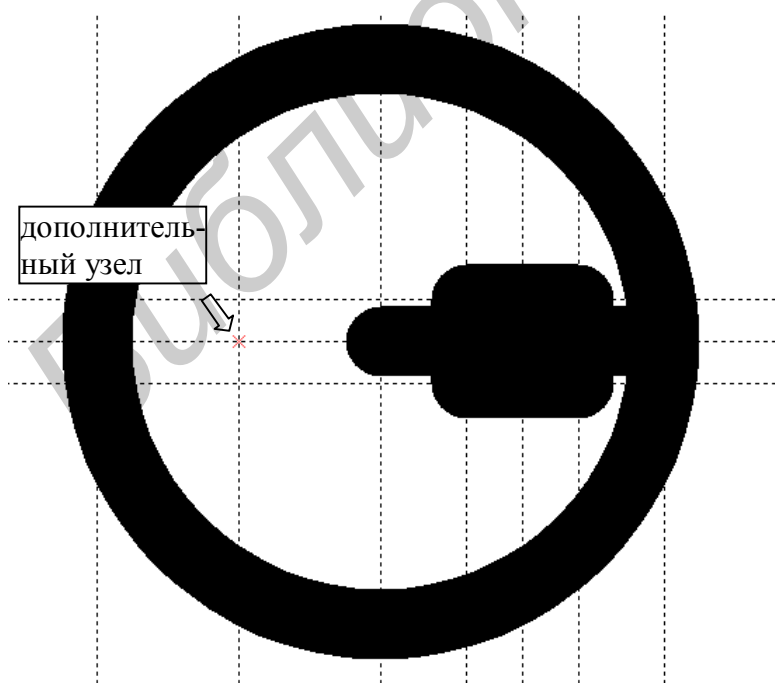


Рисунок 28

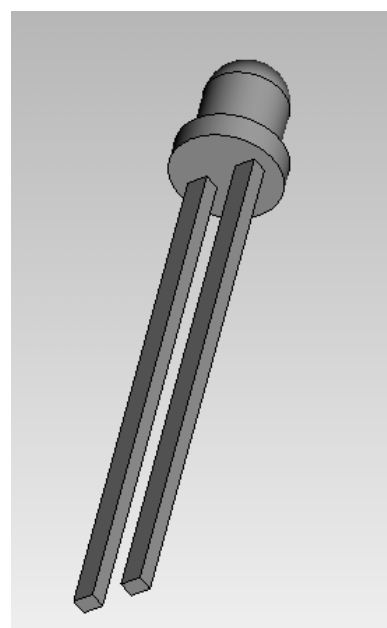




Рисунок 29


2.1.4 Булевы операции

Булевы операции используются для создания составных тел. В результате выполнения операции создаётся новое тело, являющееся комбинацией исходных тел. Для выполнения булевых операций необходимо выполнить команду **Операции / Булева**. Булевы операции также могут вызываться из автоменю операций выталкивания и вращения.

Имеется три вида булевых операций:

- **Сложение** (пиктограмма автоменю ) . Результатом выполнения операции является тело, объединяющее в себе все части тел, участвующих в операции. С помощью данной операции несколько ранее созданных тел объединяются в одно. Для созданного светодиода не требуется операции объединения, поскольку корпус светодиода и выводы изготавливаются из разных материалов и не являются одной деталью.

- **Вычитание** (пиктограмма автоменю ) . Результатом выполнения операции является тело, полученное вычитание одного тела из другого. С помощью операции вычитания получают различные отверстия в телах.


- **Пересечение** (пиктограмма автоменю ) . Результатом выполнения операции является тело, полученное пересечением тел, участвующих в операции и состоящее из общих частей этих тел.


Выполнение булевой операции заключается в выборе ее вида и определении первого и второго тела (операнда), участвующего в операции.


2.1.5 Построение двумерных видов и разрезов

Для создания чертежей построенной 3D модели необходимо построение ее двумерных проекций. Наиболее простой способ быстро получить чертежи 3D модели – построить требуемое количество стандартных чертежных видов.



Двухмерные проекции, а также разрезы и сечения создаются командой **Чертеж / 2D проекция**.

С помощью пиктограммы автоменю  могут быть созданы три стандартных вида: вид спереди, вид сверху и вид слева.

С помощью пиктограммы автоменю  может быть создан требуемый набор стандартных видов. Конкретные виды выбираются в диалоговом окне команды.

Создадим для примера виды спереди и сверху для 3D модели светодиода. После указания в диалоговом окне требуемых видов система выдаст предупреждение о том, что создание таких проекций возможно в 2D окне, и предложит открыть это окно. После открытия окна система разместит прямоугольные границы видов в пределах выбранного командой **Настройка / Статус** формата чертежа. При необходимости изменения положения вида с сохранением проекционной связи можно воспользоваться пиктограммой автоменю  . После подтверждения завершения операции система выдаст сообщение о невозможности использования полученных проекций в 3D построениях, после чего проекции будут созданы (рисунок 30).

Имеется также возможность создания отдельных стандартных видов.

Для построения разрезов существует несколько вариантов действий. Наиболее удобным является создание разреза на основе его обозначения, поскольку на чертеже это обозначение в соответствии с требованиями ЕСКД необходимо будет указать. Для создания обозначения вида необходимо выполнить команду **Чертеж / Обозначение вида** и в автоменю выбрать пиктограмму  для создания разреза или сечения одной плоскостью, либо пиктограмму  для построения сложного разреза. После этого требуется просто указать на чертеже точки, определяющие секущие плоскости. Для примера на рисунке 31 приведено обозначение разреза А-А.

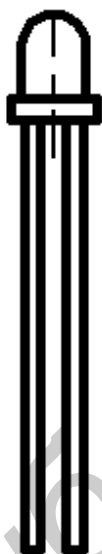





Рисунок 30



Рисунок 31

Для построения разреза как 2D проекции 3D модели необходимо снова выполнить команду **Чертеж / 2D проекция** и выбрать пиктограмму . Далее необходимо будет в новом автоменю выбрать пиктограмму  (создание проекции по обозначению вида) и на чертеже выбрать обозначение разреза А-А. После выбора обозначения вида с помощью курсора необходимо переместить проекцию в требуемое место чертежа и подтвердить создание проекции пиктограммой . Результат построения разреза приведен на рисунке 32.

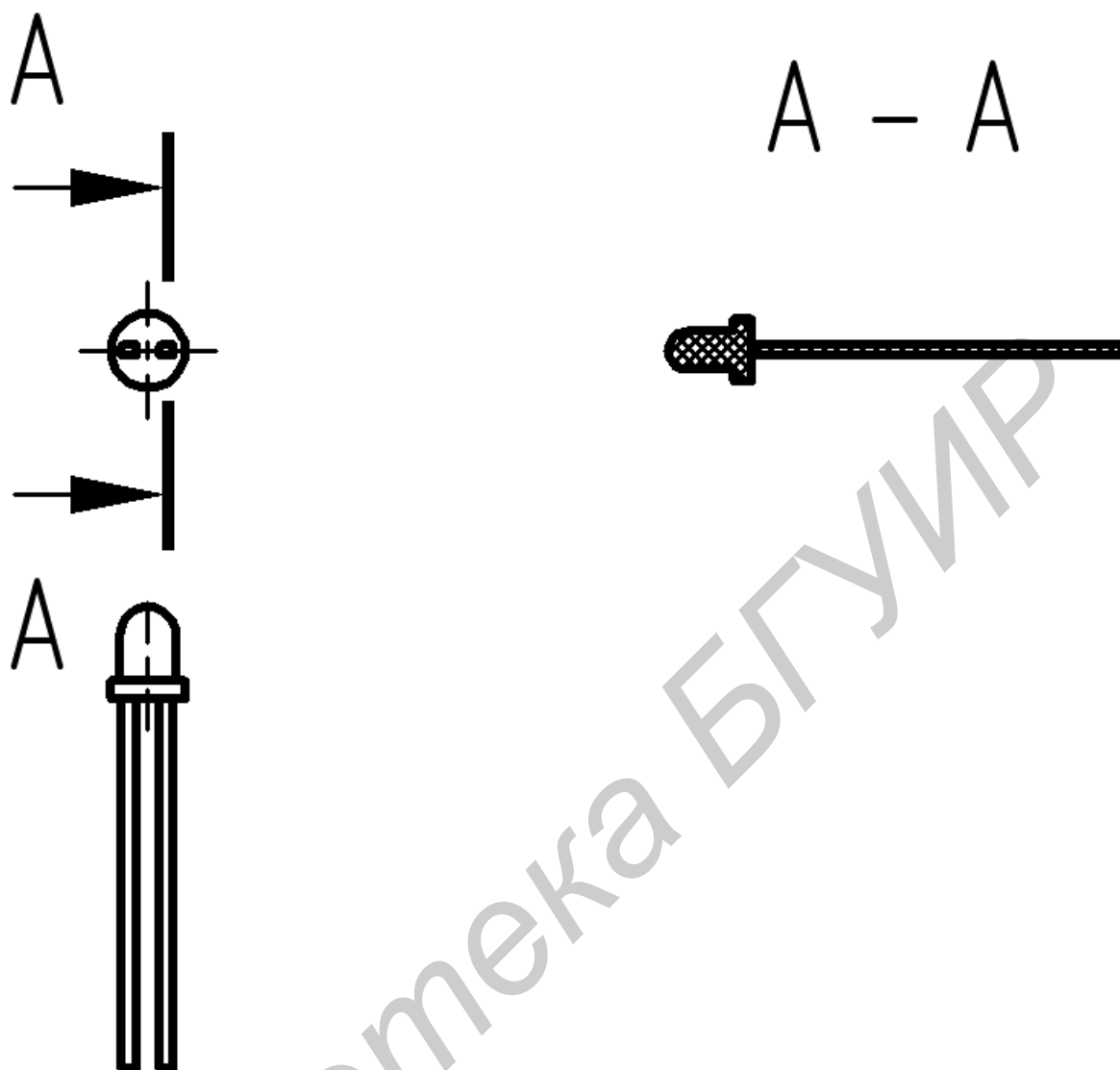


Рисунок 32

На чертеже с построенными проекциями можно нанести размеры. В результате будет получен чертеж, приведенный на рисунке 22 (на рисунке разрез не показан).

Другие возможности по построению двухмерных проекций можно найти в [1,2].

2.1.6 Другие операции с твердыми телами

T-FLEX CAD располагает дополнительными операциями для создания трехмерных тел помимо рассмотренных выше. Из-за ограниченности объема лабораторного практикума кратко опишем возможности этих операций. Полную информацию по созданию и редактированию 3D моделей можно найти в [1,2].

Команда **Операции / Отверстие** позволяет создавать в телах отверстия стандартных форм по имеющимся в библиотеке T-FLEX CAD шаблонам. При этом от пользователя требуется только задать положение будущего отверстия

на теле, указать его тип и размеры. Для получения отверстий другой формы используется булева операция вычитания.

Команда **Операции / Сглаживание / Ребер** позволяет создавать фаски и скругления. При работе с командой выбираются требуемые ребра и задаются параметры сглаживания или фаски.

Команда **Операции / Сглаживание / Граней** позволяет строить поверхность перехода от одного набора гладко сопряженных граней к другому. Наборы сглаживаемых граней не обязаны иметь общие рёбра (т.е. пересекаться).

Команда **Операции / По сечениям** позволяет создавать трехмерные тела со сложной геометрией. В качестве сечений могут быть выбраны объекты с «листовой» геометрией, а для конечных сечений также и с проволочной «геометрией» и 3D точки. Операция гладко сопрягает выбранные сечения с учетом указываемых пользователем направляющих и соответственных точек сечений.

Команда **Операции / По траектории** позволяет получать трёхмерное тело путем перемещения выбранного контура (3D профиля) вдоль пространственной траектории. Эту операцию можно рассматривать как расширение операции выталкивания.

Команда **Операции / По параметрам** позволяет строить тела путем перемещения профиля по произвольной пространственной траектории. При этом система позволяет задать зависимость изменения параметров профиля от параметров его перемещения. В результате размеры и форма профиля по мере его перемещения могут изменяться. Эта команда является модификацией операции **По траектории**.

Команда **Операции / Трубопровод** позволяет получать 3D тело – трубу по заданной пространственной траектории. При этом внутренний и внешний диаметры трубы задаются без дополнительных 2D построений.

Команда **Операции / Уклон** позволяет отклонять одну или несколько выбранных граней на заданный угол с автоматической коррекцией смежных граней. Для каждой уклоняемой грани можно задавать свой угол уклона.

Команда **Операции / Оболочка** позволяет построить полое тонкостенное твёрдое тело со стенками указанной толщины на основе выбранного исходного твердого тела.

Команда **Операции / Спираль** позволяет получить 3D тело в виде винтовой конической или цилиндрической спирали произвольного профиля. Спираль создаётся путём перемещения замкнутого 3D профиля произвольной формы по винтовой кривой. Профиль может быть ориентирован ортогонально оси спирали, либо ортогонально винтовой кривой.

Команда **Операции / Пружина** позволяет получить 3D тело в виде винтовой конической или цилиндрической пружины с круглым сечением. Тело создаётся путём перемещения профиля-окружности по винтовой кривой, определяющей ось проволоки в пружине.

Команда **Операции / Резьба** позволяет создавать визуальную имитацию резьбы на цилиндрических и конических гранях трёхмерной модели. Такая

резьба не имеет реального рельефа на выбранной грани, который можно было бы получить с помощью команды **Операции / Спираль**. Однако эта команда пригодна для решения большинства задач, связанных с моделированием резьбы, требуя при этом значительно меньше вычислительных ресурсов. При создании чертежей по проекциям с такой резьбой автоматически формируется условное обозначение резьбы в соответствии с ЕСКД.

Команда **Операции / Деформация** позволяет выполнять изменение твёрдых или листовых тел различными способами: перекосом, сгибом, масштабированием/скручиванием и т.п. При создании операций деформации в модели на основе параметров, задаваемых пользователем, формируется функция, производящая деформацию объёма исходного тела. Данная функция определяется на всём объёме исходного тела или на его части.

Команда **Операции / Отсечение** позволяет получить 3D тело путем отсечения от исходного тела лишней части, либо получить два новых тела путем рассечения исходного тела на две части.

Команда **Операции / Массив** позволяет создавать копии уже существующих 3D объектов. Элементы массива (создаваемые копии) могут располагаться вдоль направляющего вектора с заданным шагом (линейный массив), по окружности вокруг заданной оси (круговой массив), вдоль пути (массив по пути), в заданных 3D точках (массив по точкам) или в зависимости от заданного параметрического закона (параметрический массив). В качестве исходных объектов для создания массивов (объектов копирования) могут выбираться 3D элементы построения, операции, тела, грани. Набор копируемых объектов каждого массива может содержать несколько элементов, но обязательно одного типа.

2.2 Порядок выполнения работы

2.2.1 Изучить порядок создания трехмерной параметрической модели проектируемого объекта, операции работы с трехмерными телами.

2.2.2 Получить задание у преподавателя.

2.2.3 С помощью T-FLEX CAD в соответствии с полученным заданием создать трехмерную модель.

2.2.4 По построенной 3D модели создать заданные виды (двухмерные проекции) и разрезы.

2.2.5 Оформить отчет по лабораторной работе.

2.3 Содержание отчета

2.3.1 Название работы и цель работы.

2.3.2 Исходное задание.

2.3.3 Трехмерная параметрическая модель

2.3.4 Чертеж с двухмерными видами и разрезами.

2.3.5 Копия окна параметров.

2.3.6 Выводы.

2.4 Контрольные вопросы

- 1 Каким образом можно получить отверстия на созданном трехмерном теле?
- 2 На основе каких объектов может быть создан 3D профиль ?
- 3 Для чего используются булевы операции при создании 3D модели?
- 4 Чем отличаются операции вращения и выталкивания?
- 5 Можно ли создать в T-FLEX CAD 3D модель без использования рабочих плоскостей?
- 6 Как построить двухмерную проекцию – разрез по трехмерной модели?
- 7 Какое назначение элементов построения 3D узлов?
- 8 Как задать параметры 3D модели?
- 9 Как построить по 3D модели требуемые стандартные чертежные виды?
- 10 Как обеспечить проецирование выбранных элементов 3D модели на активную рабочую плоскость?

Литература

- 1 Руководство пользователя T-FLEX CAD. 3D моделирование [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.tflex.ru/student/>.
- 2 Система помощи T-FLEX CAD 11.

Учебное издание

Станкевич Андрей Владимирович

T-FLEX CAD

Лабораторный практикум
по дисциплине «Системы автоматизированного
проектирования ЭВС»
для студентов специальности I-40 02 02
«Электронные вычислительные средства»
дневной формы обучения

Редактор
Корректор

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс»	Печать ризографическая.	Усл. печ. л.
Уч.- изд. л. 2,3	Тираж 100 экз.	Заказ 107

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ № 02330/0056964 от 01.04.2004.
ЛИ № 02330/0137666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6.