

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

Кафедра электронной техники и технологии

В.М. Бондарик, С.В. Кракаевич, Д.В. Марковник

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Лабораторный практикум
для студентов специальностей
«Медицинская электроника»,
«Электронно-оптические системы и технологии»
дневной и заочной форм обучения

В 3-х частях

Часть 3

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В ПАКЕТЕ T-FLEX CAD

Минск 2006

УДК 004.4 (075.8)
ББК 32.973 я 73
Б 81

Рецензент:
доцент кафедры сетей и устройств телекоммуникаций БГУИР,
канд. техн. наук А.А. Борискевич

Бондарик В.М.

Б 81 Системы автоматизированного проектирования: Лаб. практикум для студ. спец. «Медицинская электроника», «Электронно-оптические системы и технологии» дневн. и заоч. форм обуч. В 3 ч. Ч. 3: Параметрическое проектирование электронной аппаратуры в пакете T-FLEX CAD / В.М. Бондарик, С.В. Кракаевич, Д.В. Марковник. – Мн.: БГУИР, 2006. – 50 с.: ил. ISBN 985-444-978-5 (ч. 3)

Издание продолжает серию лабораторных практикумов для студентов, обучающихся по специальностям «Медицинская электроника», «Электронно-оптические системы и технологии», «Проектирование и производство РЭС».

Лабораторный практикум включает в себя руководство по работе с пакетом T-FLEX CAD 7.0 при графическом моделировании и параметрическом проектировании конструкций деталей и сборочных единиц электронной аппаратуры. Предназначен для закрепления и углубления теоретических знаний, совершенствования практических навыков в области автоматизированного проектирования электронной аппаратуры на ПЭВМ.

Ч. 1: «Проектирование печатных плат в PCAD 2001». – Мн.: БГУИР, 2004.

Ч. 2: «Проектирование электронной аппаратуры в AutoCAD». – Мн.: БГУИР, 2005.

УДК 004.4 (075.8)
ББК 32.973 я 73

© Бондарик В.М., Кракаевич С.В.,
Марковник Д.В., 2006
© БГУИР, 2006

ISBN 985-444-978-5 (ч. 3)
ISBN 985-444-577-1

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 Создание параметрической двухмерной модели детали с использованием пакета T-FLEX CAD	4
Лабораторная работа № 2 Создание параметрической трехмерной модели детали с использованием пакета T-FLEX CAD	21
Лабораторная работа № 3 Создание трехмерной сборки электронного блока с использованием пакета T-FLEX CAD	33
Литература	46
Приложение А. Варианты индивидуальных заданий	47
Приложение Б. Функциональные клавиши пакета T-FLEX CAD	47
Приложение В. Команды T-FLEX CAD 3D по группам	48

Лабораторная работа № 1

СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДВУХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА T-FLEX CAD

1. Цель работы

Освоение методики создания параметрического чертежа в пакете T-FLEX CAD, знакомство с общими параметрами объектов, использованием переменных, создание копий элементов изображения.

2. Краткие теоретические сведения

Система T-FLEX CAD (автоматизированного проектирования и моделирования) успешно применяется в конструировании (проектирование различного оборудования, инструмента; проектирование готовых изделий и т. д.), для решения технологических задач (оформление технологических карт, спецификаций; подготовка данных для разработки технологических процессов; подготовка информации для систем программирования оборудования с ЧПУ), в задачах строительства и архитектуры, при разработке различных типов схем, при динамическом графическом моделировании процессов и механизмов, в задачах художественного оформления и дизайна. Наиболее эффективно T-FLEX CAD применяется в тех областях, где наиболее полно реализуется идея параметрического проектирования, а также, где необходимо охватить все этапы конструирования (эскизный проект, черновой чертеж, рабочий чертеж). T-FLEX CAD позволяет значительно ускорить процесс проектирования и подготовки графической документации.

Параметрическое проектирование, возможность назначения геометрических параметров через переменные и изменение этих параметров – это будущее всех систем автоматизированного проектирования и черчения. Эффективность системы T-FLEX CAD базируется в первую очередь на новой геометрической модели. Эта модель позволяет наполнить понятие "параметризация" более глубоким, чем это принято в других системах, содержанием.

T-FLEX CAD предлагает полный набор средств для оформления технических чертежей: нанесение линий различных типов, штриховок, размеров, текстов, шероховатостей, специальных символов и т. д. Все элементы оформления могут быть связаны с параметрами чертежа. Это означает, что изменение параметров чертежа автоматически приводит к изменению соответствующих элементов оформления. Чертежи могут создаваться в соответствии с требованиями ЕСКД или международных стандартов. T-FLEX CAD позволяет мгновенно перевести готовый чертеж из одного стандарта в другой. T-FLEX CAD автоматически присваивает созданным документам имя с расширением файла ***.grb**.

На рис. 1.1 представлено окно системы T-FLEX CAD 7.0 с указанием его основных элементов.

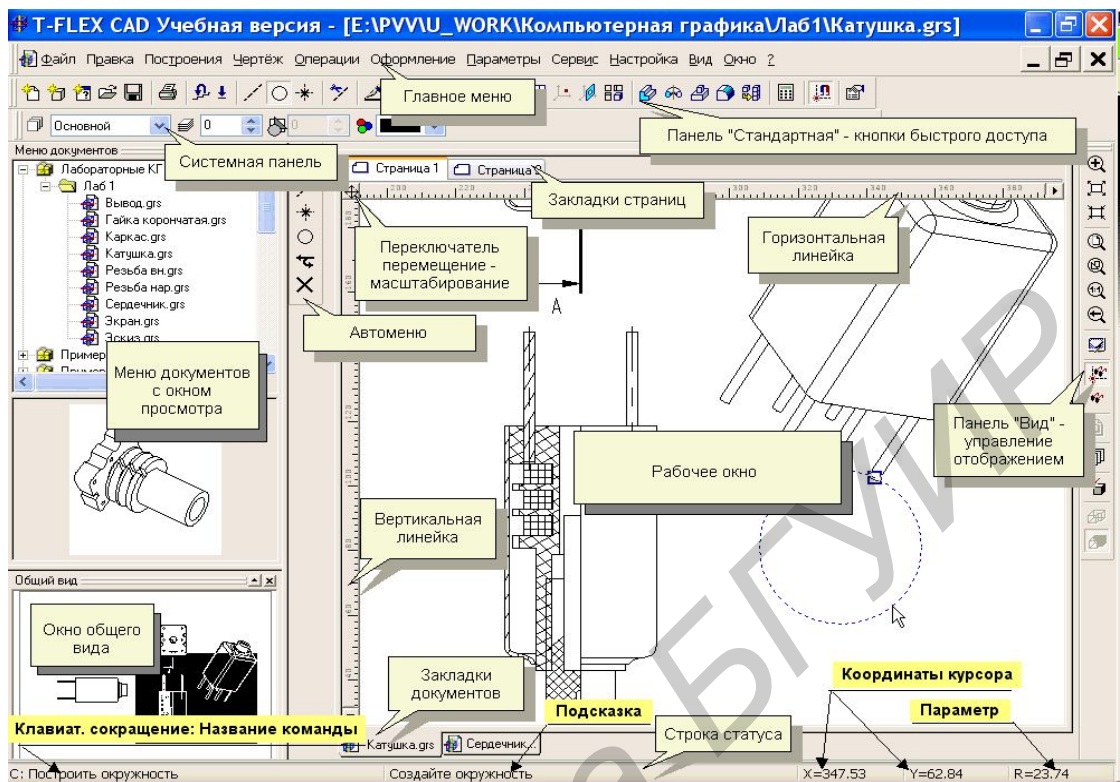














Рис. 1.1. Элементы интерфейса системы T-FLEX CAD

Панель «Вид» позволяет выполнить следующие действия по управлению изображением:

-  Определить размер изображения рамкой;
-  Увеличить изображение;
-  Уменьшить изображение;
-  Вписать в рабочее окно лист чертежа;
-  Вписать в рабочее окно все элементы изображения (элементы построения не учитываются);
-  Отобразить в натуральную величину;
-  Вернуться к предыдущим границам экрана (до десяти шагов);
-  Обновить изображение;
-  Скрыть / показать элементы построения;
-  Спрятать / показать элементы, задаваемые пользователем;
-  Открыть чертежный вид;
-  Работа с листами документа.

Линейки рабочего окна можно использовать для сдвига изображения (рис. 1.2, а) или для его плавного масштабирования (рис. 1.2, б). Переключение режимов осуществляется щелчком мыши на кнопке, показанной на рисунке стрелкой.

Окно общего вида (рис. 1.2, г) отображает часть чертежа, расположенную в пределах рамки формата. В окне общего вида инверсная область показывает текущие границы рабочего окна. С помощью мыши здесь можно задать новые границы отображения.

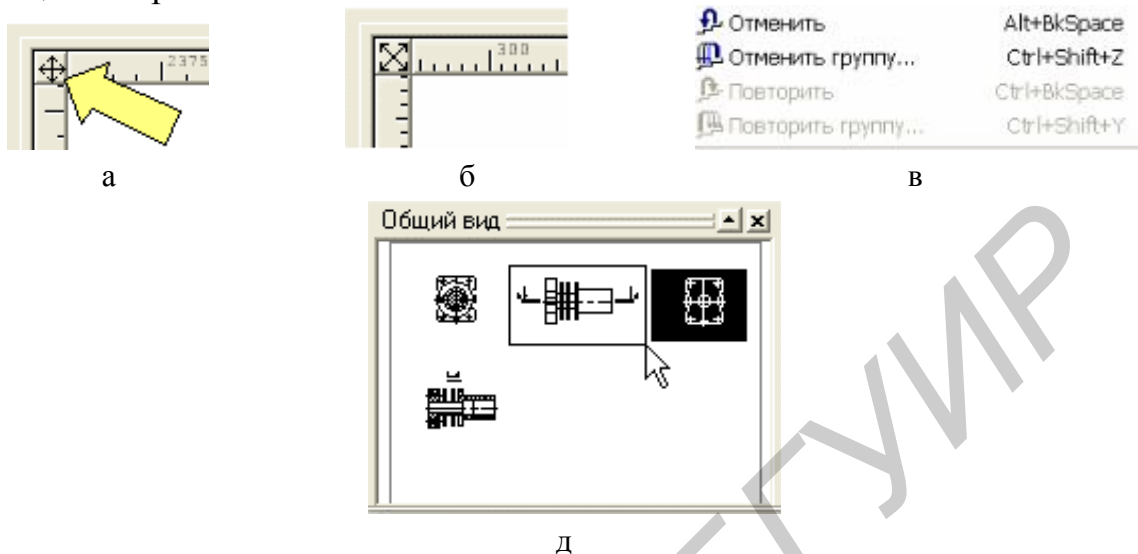



Рис. 1.2. Элементы рабочего окна

Показанная группа команд меню **Правка** (рис. 1.2, в) предназначена для отмены ошибочно выполненных действий или для возврата отмененных.

Команды отката представлены кнопками  в панели «Стандартная». По умолчанию система помнит 50 последних команд. Длину очереди команд можно изменить через меню **Настройка/Установки/Разное**.

Система T-FLEX CAD использует при создании чертежа несколько типов элементов.

1. Элементы построения формируют каркас чертежа. С ними связаны элементы изображения, которые и являются тем реальным изображением, которое мы хотим в итоге получить. К элементам построения относятся **линии построения и узлы**. Линии построения и узлы – основные элементы, формирующие параметрическую модель чертежа. По аналогии с черчением их можно сравнить с тонкими карандашными линиями, которые затем обводятся тушью. С помощью задания различных типов линий построения и узлов устанавливается взаимосвязь элементов построения и определяется порядок расчета их положения при параметрическом изменении чертежа. Они присутствуют только на экране и не выводятся на принтер или плоттер.

Линии построения – это прямые, окружности, эллипсы, кривые (сплайны), эквидистанты и кривые, заданные функцией. Это базовые элементы параметрической модели в T-FLEX CAD. Они представляют собой тонкие конструкционные линии, с помощью которых вы создаете параметрический каркас вашего чертежа.

Узлы – точки пересечения линий построения. Узлы являются базовым элементом создания параметрической модели в T-FLEX CAD. Узлы напрямую

участвуют в построении параметрической модели при задании типов линий построения.

Свободный узел – узел, положение которого определяется абсолютными координатами.

Узел с фрагмента – узел, который определяется положением фрагмента на чертеже.

2. Элементы изображения формируют чертеж. К элементам изображения относятся линии изображения, размеры, тексты, штриховки, допуски формы и расположения поверхностей, надписи, шероховатости. Они могут “привязываться” к элементам построения. В этом случае, при изменении положения линий построения и узлов, элементы изображения изменяют свое положение, что и является основной идеей параметризации в T-FLEX CAD. Эти элементы составляют изображение чертежа при выводе на принтер и плоттер.

Линии изображения – отрезки, дуги окружностей, окружности, дуги эллипсов, эллипсы, кривые. Могут быть различных типов (сплошные основные, сплошные тонкие, штриховые, штрихпунктирные и т.д.). Они привязываются к узлам и линиям построения.

Штриховки, заливки, штриховки по образцу – замкнутые одноконтурные или многоконтурные области заполненные различными способами. Контурные штриховок привязываются к узлам и линиям построения. При изменении положения узлов изменяются контуры штриховок. При этом автоматически изменяется заполнение штриховок в соответствии с изменением контуров.

Тексты – однострочная и многострочная текстовая информация, задаваемая в текстовом редакторе и отображаемая на экране различными шрифтами. Положение текстов может быть задано в абсолютных координатах, то есть независимо от элементов построения. Тексты могут быть привязаны к линиям построения и узлам.

Размеры – стандартный элемент оформления чертежей. Размер состоит из совокупности линий и текстовой информации. Он может быть построен только при наличии линий построения и узлов. Система T-FLEX CAD поддерживает простановку размеров нескольких стандартов: ЕСКД, ANSI, архитектурный ANSI. Размеры автоматически перестраиваются при параметрическом изменении чертежа.

Шероховатости – стандартный элемент оформления чертежей. Состоит из совокупности линий и текстовой информации. Шероховатость может быть привязана к абсолютным координатам, к узлу, к линии построения и к размеру.

Допуски формы и расположения поверхностей – стандартный элемент оформления чертежей. Состоит из совокупности линий и текстовой информации. Привязывается только к узлу.

Надписи – стандартный элемент оформления чертежей. Состоит из совокупности линий и текстовой информации. Надпись может быть привязана к абсолютным координатам, к узлу, к линии построения.

К сложным элементам изображения относятся фрагменты и картинки.

Фрагменты – чертежи системы T-FLEX CAD, которые могут использоваться в других чертежах, для получения составных (сборочных) чертежей. Фрагментом может быть любой чертеж системы T-FLEX CAD. Под параметрическим фрагментом системы T-FLEX CAD понимается чертеж, при нанесении которого на другой чертеж, вы можете задать его положение и параметры, от которых зависит его изображение. При создании параметрических фрагментов необходимо соблюдать определенные правила.

Картинки – графические изображения чертежей системы T-FLEX CAD и других систем, сохраненные в различных форматах. Картинки, как и фрагменты, можно использовать в других чертежах. При этом изображение картинок будет неизменным, вы можете только задать его положение и масштаб изображения.

3. К вспомогательным элементам относятся **переменные, поля, базы данных, отчеты**, а также некоторые другие служебные данные.

Переменные – элементы системы, имеющие имя и значение. Значения переменных можно изменять. Основное назначение переменных – это использование их значений в качестве параметров линий построения. Например, в качестве параметра прямой, параллельной заданной и расположенной от нее на каком-то расстоянии, можно использовать не только число, но и переменную.

Базы данных – таблицы, содержащие информацию в упорядоченном виде. Базы данных используются для хранения информации, необходимой для чертежа.

Отчеты – текстовые документы, которые создаются с помощью текстового редактора системы T-FLEX CAD и могут включать в себя переменные системы. Служат для создания разнообразных текстовых документов.

2.1. Принципы параметризации чертежа

В отличие от эскизного черчения, при создании параметрической модели сначала выполняется разметка чертежа «в тонких линиях». Для этого используются элементы построения: прямые, узлы, окружности и др.

При вводе элемента построения задаются геометрические взаимосвязи, например, параллельность существующему элементу, и числовые параметры (для параллельной прямой – расстояние между элементами). В дальнейшем числовые параметры можно изменять, тем самым, модифицируя модель.

Значение параметра можно задать вводом константы, или связав параметр с переменной. В последнем случае управление моделью становится более удобным, так как доступ ко всем переменным осуществляется из специального редактора. Кроме того, наличие переменных дает возможность вводить в модель различные расчеты.

Ввод значения параметра осуществляется в окне свойств элемента (в данном случае элементом является прямая, параллельная другой прямой, и параметром, соответственно, будет расстояние между ними). Вместо значения в данном окне можно указать имя переменной. Если такой переменной не существует, будет запущен диалог создания переменной. Переменные могут быть

предварительно созданы в **Редакторе переменных**. Не все элементы построения имеют числовые параметры. Так, прямая, проходящая через два узла, полностью определена геометрическими связями.

При создании параметрического чертежа очень важно заранее определить последовательность построения и взаимосвязи между отдельными элементами. Здесь может помочь представление о последовательности изготовления детали – выбираются технологические базы, от них задаются общие габариты и отдельные элементы детали, часть размеров задается от полученных элементов и т.д. Аналогично надо действовать и при создании модели. Грамотно проставленные на чертеже детали размеры несут в себе информацию о последовательности ее изготовления.

С целью экономии Вашего труда постарайтесь чаще использовать копирование уже созданных элементов. Для этого применяются специальные команды, создающие копии, сохраняющие связь с копируемыми элементами. Поэтому изменение исходных элементов отражается и на копии.

Так как одну и ту же задачу можно решить множеством способов, искусство инженера-проектировщика электронной аппаратуры заключается в построении наиболее простой и понятной модели.

3. Задание к лабораторной работе

В ходе выполнения работы необходимо каждому студенту создать чертеж детали, предложенной преподавателем (Приложение А). Выходным документом является чертеж со всеми необходимыми элементами оформления (виды, разрезы, сечения, размеры, допуски, шероховатости, основная надпись, неуказанная шероховатость, технические требования). При выполнении работы следует придерживаться изложенной ниже методики решения типовой задачи. Для ускорения создания моделей деталей рекомендуется пользоваться «горячими» клавишами (приложение Б) и списком команд (приложение В) пакета T-FLEX CAD 3D.

4. Решение типовой задачи

Необходимо создать параметрический двумерный чертеж каркаса катушки индуктивности (рис. 1.3, 1.4).

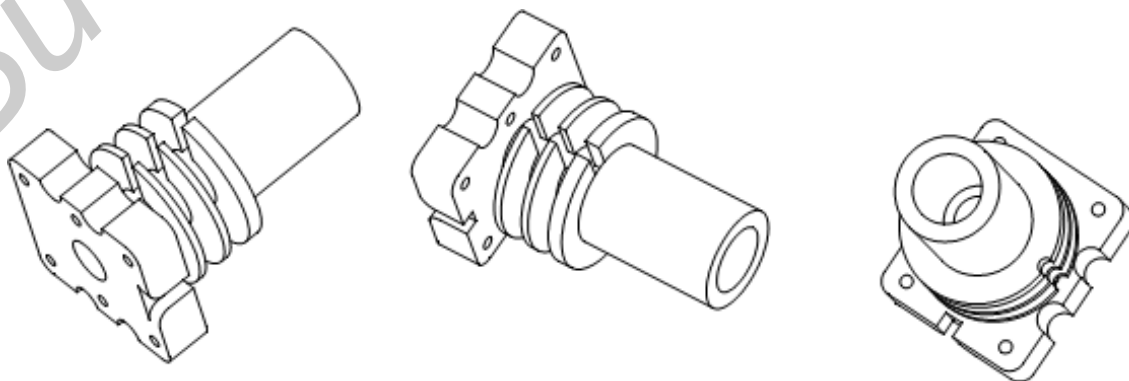


Рис. 1.3. Каркас катушки индуктивности

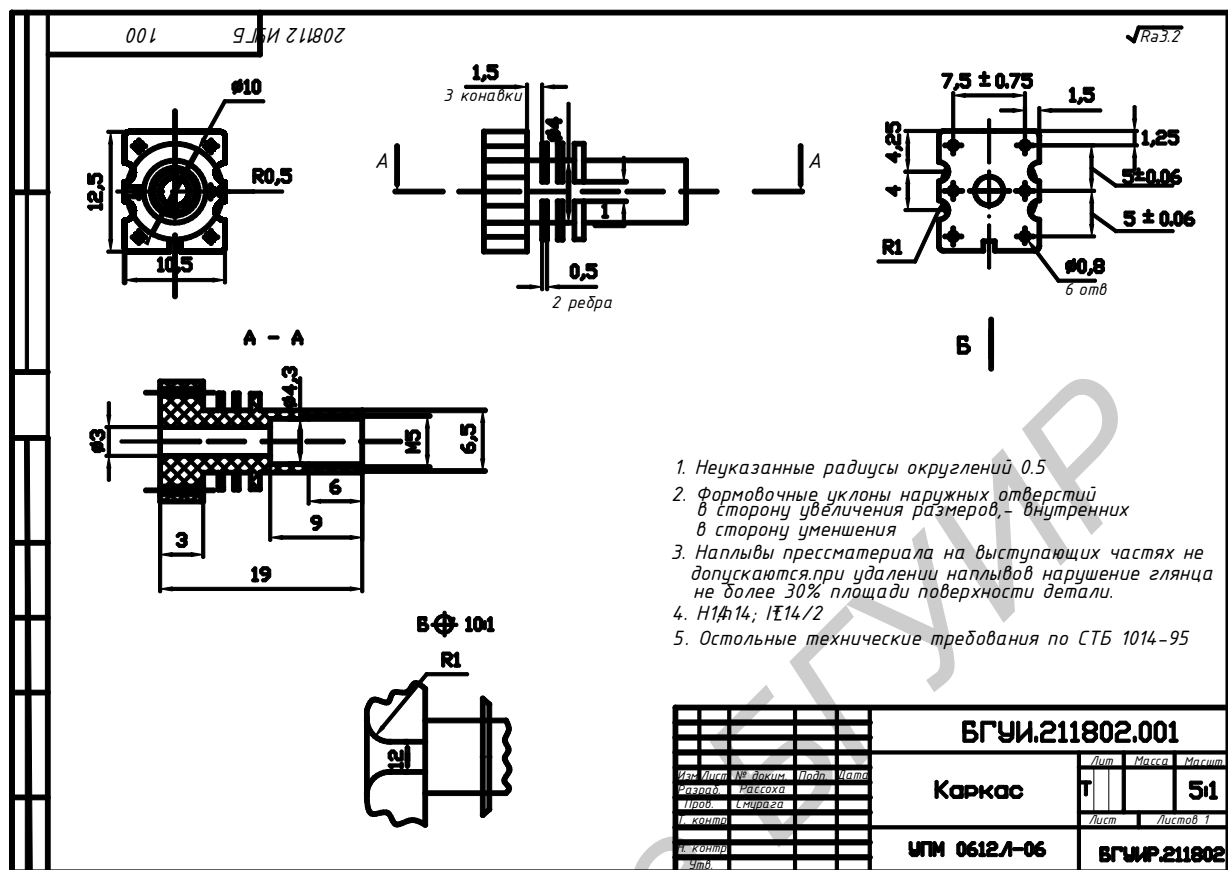


Рис. 1.4. Чертеж каркаса катушки индуктивности

4.1. Настройка параметров системы

Здесь мы выполним только необходимые настройки, полагая, что остальные имеют значения, полученные при установке системы. Создав новый документ, войдите в меню **Настройка/Установки** (рис. 1.5). В закладке **Разное** установим флажок «Прозрачная» Команда построения узлов. Установка данного флага позволяет построить узел в заданной точке чертежа не прерывая работы в текущей команде системы.

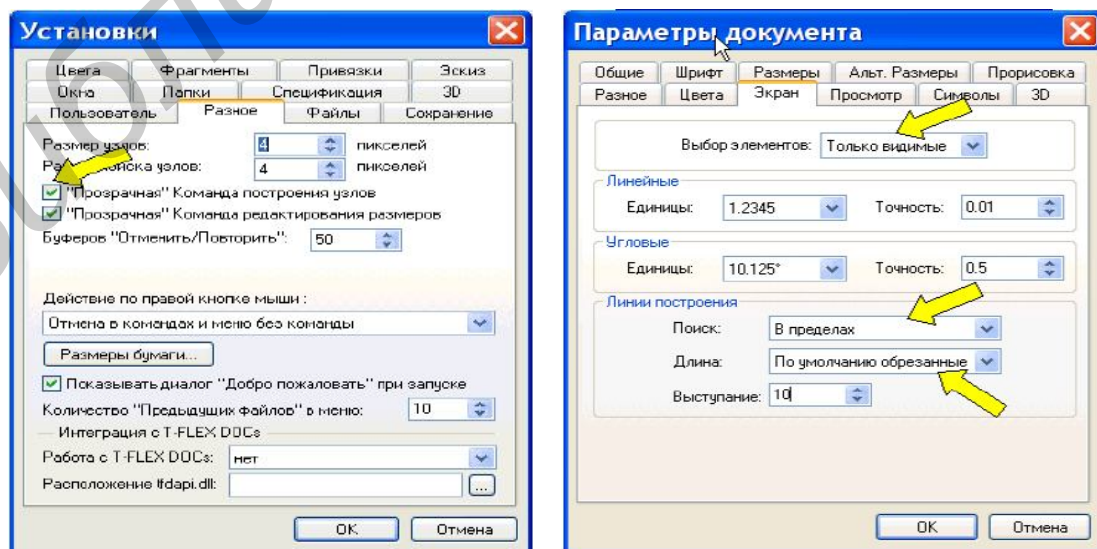


Рис. 1.5. Окна настройки параметров системы

Далее войдите в меню в меню **Настройка/Статус**. В закладке **Общие** выберите формат чертежа (*A3*), ориентацию листа (*Горизонтальная*) и масштаб (*4:1*).

В закладке **Экран** установим:

Выбор элементов – Только видимые (Выбрать для редактирования можно будет только видимые на экране элементы. Скрытые элементы выбираться не будут);

Поиск – В пределах;

Длина – По умолчанию обрезанные.

Линии построения будут представлены отрезками и дугами, ограниченными крайними узлами, расположенными на них (более подробно см. ниже в подразделе **Общие положения**).

Выбрать элемент построения для редактирования можно будет только в видимой части.

Эти установки облегчат работу с чертежом, уменьшая плотность линий построения.

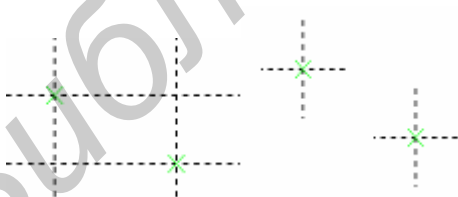
4.2. Создание параметрической модели

4.2.1. Общие положения

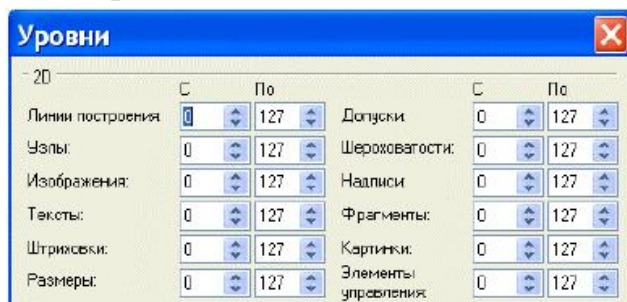
Здесь будут рассмотрены параметры объектов системы, используемые для полного или частичного скрытия элементов на экране, а также назначение полей таблицы редактора переменных.

При нанесении линии построения всегда прорисовываются как бесконечные (рис. 1.6, а). Для приведения длины линий построения в соответствии с установками **Статуса** используют команду **Обновить выступание...** из меню **Правка/Построения/Линии построения**.

У каждого объекта T-FLEX имеется параметр **Уровень**. Он используется для скрытия отдельных элементов. Заданный уровень элемента сравнивается с системным диапазоном уровней видимости. Если уровень элемента попал в заданный диапазон, то элемент выводится на экран, в противном случае – скрывается. Диапазоны уровней видимости задаются в команде меню **Настройка/Уровни** отдельно для различных объектов (рис. 1.6, б).



а



б

Рис. 1.6. Общий вид линий построения (а) и меню **Уровни** (б)

Еще один параметр – **Приоритет** определяет взаимное расположение элементов изображения. Непрозрачные элементы с более высоким приоритетом будут перекрывать элементы с низшим приоритетом. Этот параметр позволяет скрывать невидимые линии изображения.

Редактор переменных вызывается по команде меню **Параметры/Переменные** и обеспечивает создание переменных, ввод их числовых значений или выражений для вычисления, создание списка допустимых значений и многое другое. Назначение столбцов редактора дано в таблице 1.1.

Таблица 1.1

1. Номер строки	Используется в сообщениях об ошибках для ссылки на строку
2. Пометка внешней переменной	Может быть установлена только для переменных, заданных константами. Внешние переменные доступны при вставке данного чертежа в другой чертеж в качестве фрагмента
3. Признак использования	Вопросительный знак в этой колонке свидетельствует о том, что переменная не связана с элементами построения и не используется в вычислениях. Такую переменную можно удалить
4. Имя	Допустимое имя переменной (строка до 10 символов, содержащая буквы, цифры и знак подчеркивания. Первый символ – буква. Для текстовых переменных перед именем ставится знак «\$»). Прописные, строчные, русские и латинские символы различаются). Поле не редактируемое – ввод и изменение имени производят специальными командами
5. Выражение	Либо константа, либо математическое выражение для вычисления значения переменной
6. Значение	Результат вычисления выражения (поле не редактируется)
7. Комментарий	Пояснение назначения переменной. Здесь желательно указать и ограничения на значение переменной

4.2.2. Создание вида слева

Последовательность создания параметрического каркаса модели представлена в виде таблицы 1.2. В графе **Способ построения** первое слово определяет вид создаваемого элемента, а далее задаются его геометрические связи. При первом упоминании элемента построения в этой же графе приводится изображение соответствующей кнопки **Автоменю**. Для выбора вида создаваемого элемента построения воспользуйтесь меню **Построения**. Слово **Визуально** в столбце **Параметр** говорит о том, что положение или размер элемента задаются приблизительно, путем указания мышкой. Слово **Нет** в данном столбце соответствует элементу, полностью определенному геометрическими связями.

Выбрав в меню пункт **Чертеж/Изображение**, нанесите изображение, как указано на рис. 1.7.

Для создания дуги надо последовательно щелкнуть мышью на узле в начале дуги, на окружности и на узле в конце дуги. Если выбрать окружность трудно из-за близости других элементов, увеличьте масштаб отображения или помогите системе, нажав на клавиатуре клавишу «С».

Используя меню **Чертеж/Фаска**, создайте скругление угла основания (рис. 1.8, а). В окне **Параметры фаски**, появившемся при вызове команды, задайте **Тип** – *Скругление* и введите переменную **R0** в окне **Радиус**. В диалоговом окне создания новой переменной в комментарии внесите – «Неуказанные скругления», щелкните мышкой по точке пересечения скругляемых линий изображения.

С помощью команды **Чертеж/Симметрия** из четвертинки контура основания получим полное изображение.

Таблица 1.2

№	Назначение	Способ построения	Параметр	Переменная	Эскиз
1, 2	Базовые линии вида слева (в силу симметрии детали удобно расположить точку пересечения в центре основания)	Прямые, горизонтальная и вертикальная в абсолютных координатах 	Визуально		
<i>Примечание:</i> для прямых 1 и 2 установите бесконечную длину и уровень +1					
3	Левая граница основания	Прямая, параллельная прямой 2 	$A/2$	A – ширина основания	
4	Верхняя граница основания	Прямая, параллельная прямой 1	$B/2$	B – высота основания	
5	Левая граница паза	Прямая, параллельная прямой 2	$S_{po}/2$	S_{po} – ширина паза в основании	
6	Ось выемки в основании	Прямая, параллельная прямой 1	$b/2$	b – расстояние между выемками	
7	Контур выемки	Окружность по центру и радиусу с центром на пересечении прямых 3 и 6 	R	R – радиус выемки	

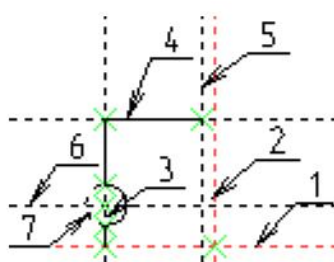
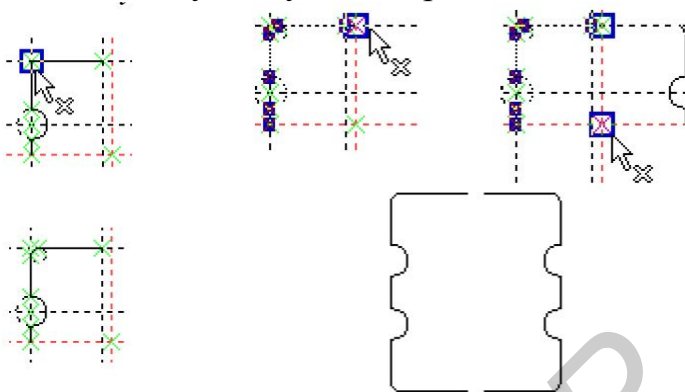
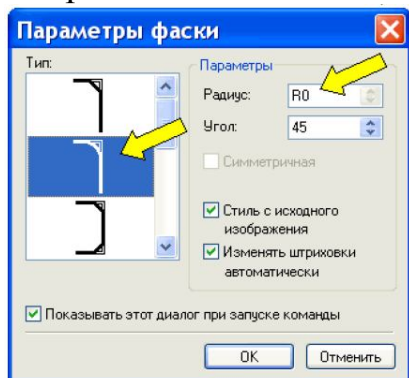


Рис. 1.7. Последовательность нанесения изображения

Вызвав команду, выберете рамкой все созданные линии изображения. Завершите выбор нажатием кнопки **ОК** **Автоменю**. Затем последовательно укажите два узла, определяющих ось симметрии.

После выполнения такой же операции относительно горизонтальной оси, получим полный контур основания (рис. 1.8, б). При этом, естественно, надо

выбрать как исходные элементы, так и полученную на первом этапе копию.



а

б

Рис. 1.8. Создание фасок (а) и контура основания (б)

Далее продолжим выполнение построений (табл. 1.3).

Таблица 1.3

№	Назначение	Способ построения	Параметр	Переменная	Эскиз
8	Вертикальная ось левого верхнего отверстия под вывод	Прямая, параллельная прямой 3	-s0	s0 – смещение отверстия под выводы от края основания	
9	Горизонтальная ось левого верхнего отверстия под вывод	Прямая, параллельная прямой 4	-s0	dv – диаметр вывода	
10	Контур отверстия под вывод	Окружность по центру и радиусу с центром на пересечении прямых 8 и 9	dv/2	d – диаметр отверстия в каркасе	
11	Контур центрального отверстия в каркасе	Окружность по центру и радиусу с центром на пересечении прямых 1 и 2	d/2	Hpo – глубина паза основания	
12	Верхняя граница паза основания	Прямая, параллельная нижней линии изображения	Hpo		

Нанесите изображение, как указано на рис. 1.9, а. Для нанесения линии изображения в виде полной окружности необходимо щелкнуть по самой окружности, не выбирая находящихся на ней узлов. При малых размерах или близком расположении других элементов помочь системе можно, нажав на клавиатуре клавишу «С».

Для вставки осевых линий используйте команду меню **Чертеж/Оси**, вы-

брав в **Автоменю** кнопку **Две оси окружности или эллипса** .

Недостающие отверстия под выводы легко создать по команде **Чертеж/Линейный массив**. После вызова команды рамкой выберете элементы отверстия под вывод (контур и осевые линии). Завершите вывод нажатием кнопки **ОК Автоменю**. Далее указывается базовая точка копируемых элементов и вторая точка, задающая величину смещения.

Параметры массива (кнопка **Р: Автоменю**) задайте в соответствии с приведенным рисунком. Задавать параметры надо между вводом первой и второй точек, определяющих смещение. Обратите внимание на то, что шаг между рядами задан переменной l_0 .

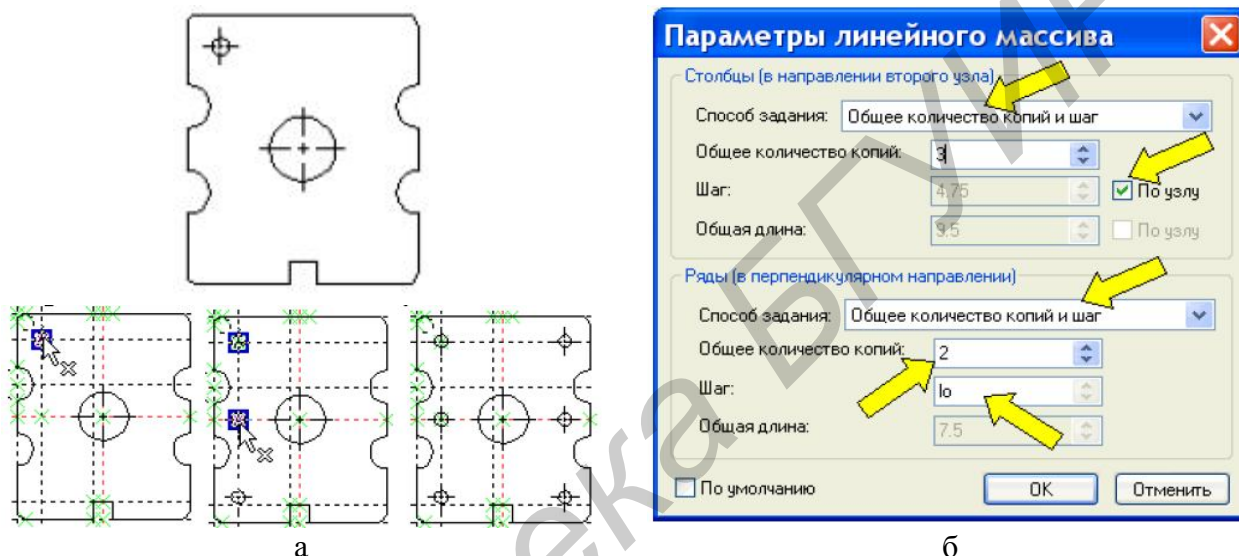



Рис. 1.9. Нанесение контуров отверстий, осевых линий (а) и окно параметров линейного массива (б)

Вызвав пункт меню **Правка/Построения/Линии построения** по кнопке **Автоменю**  **Обновить выступание...**, приведите длину линий построения в соответствие с установками **Статуса**. Если Вы все сделали правильно, прямые 1 и 2 должны остаться бесконечными.

Перед выполнением дальнейших действий над видом слева, создадим копию полученного изображения. В дальнейшем она потребуется для создания вида справа.

Для привязки копии необходимо построить прямую (она будет иметь номер 13), параллельную прямой 2. Установите в ее параметрах бесконечную длину и уровень +1.

Вызвав команду **Чертеж/Перемещение**, выберите все линии изображения вида слева. Выбор закончите нажатием кнопки **ОК Автоменю**. Затем укажите базовую точку копируемых элементов (центр вида слева) и точку привязки копии (пересечение прямых 1 и 13). Перед указанием второй точки вызовите окно параметров и установите масштаб равный единице.

Нанесите штриховку на плоскость основания. Эта штриховка необходима для скрытия невидимых линий изображения.

Параметры штриховки:

Метод заполнения – невидимая; флажок «**Невидимые линии**» установлен; **Приоритет** – -1. Далее надо построить окружность (элемент № 14) с центром на пересечении прямых 1, 2 и радиусом – $D/2$.

После того, как окружность полностью будет обведена линией изображения, задайте в параметрах этой линии **Приоритет**, равный -2. Таким образом будут скрыты невидимые линии.

4.2.3. Создание вида справа

На копии вида слева выполняются следующие построения (табл. 1.4):

Таблица 1.4

№	Назначение	Способ построения	Параметр	Переменная	Эскиз
15	Верхняя граница паза в щечках	Прямая, параллельная прямой 1	Spk/2		
16	Нижняя граница паза в щечках	Прямая, симметричная прямой 15 относительно прямой 1. Ось симметрии задают после нажатия кнопки Автоменю	Нет		
17	Линия для переноса размера щечек с вида слева	Прямая, параллельная прямой 1 и касательная к окружности 14 (вид слева)	Нет		
18	Диаметр щечек	Окружность с центром на пересечении прямых 1 и 13 и касательная к прямой 17	Нет		
	Диаметральные элементы направляющей сердечника	Окружности с центром на пересечении прямых 1 и 13	Диаметры задаются переменными Dr – диаметр резьбы, Dor – диаметр отверстия под резьбу, D1 – диаметр направляющей сердечника.		
	Радиальный вырез в щечках	Окружность с центром на пересечении прямой 1 и окружности 18	r1	r1 – радиус выреза	

Далее на вид справа наносятся линии изображения, показанные на рис. 1.10, а серым цветом. Для линий на внутренних окружностях и центральных осевых установите **Приоритет** +2.

Для скрытия невидимых линий используется невидимая штриховка (на рис. 1.10, б условно показана с заполнением) с **Приоритетом** +1 и **Обводкой** кон-

тура поверх штриховки. Не забудьте установить флажок «Невидимые линии».

В результате проделанной работы вид справа должен выглядеть, как показано на рис. 1.10, в. Чтобы вновь созданные построения не мешали дальнейшей работе, обновите длину линий построения.

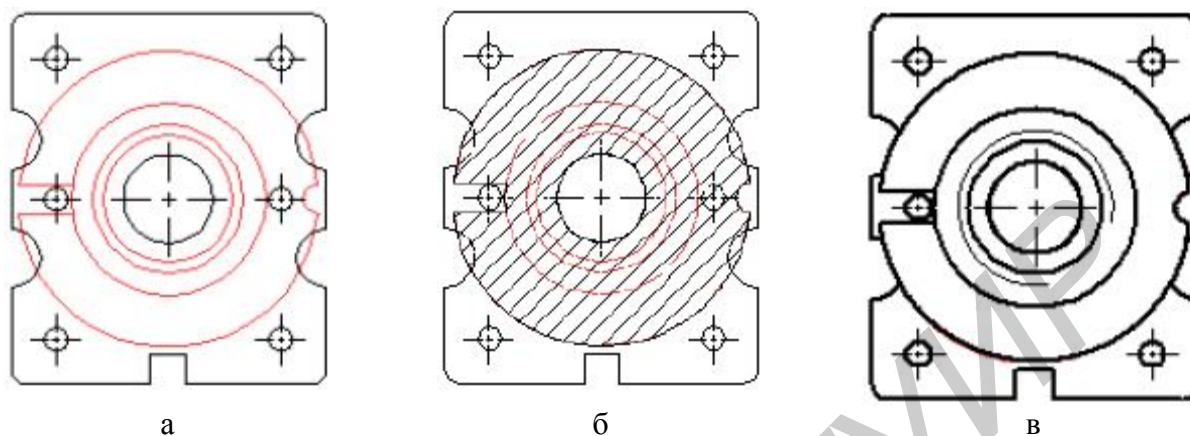


Рис. 1.10. Этапы создания вида справа

4.2.4. Создание вида спереди и разреза

Поскольку, практически все размеры вдоль вертикальной оси имеются на созданных проекциях, можно перенести их на вид спереди и разрез посредством проекционных связей. Чтобы не загромождать чертеж построениями, будем создавать вид спереди и разрез за пределами рамки чертежа. Сначала выполним построения, приведенные в таблице 1.5:

Таблица 1.5

№	Назначение	Способ построения	Параметр	Переменная	Эскиз
19,20	Базы для копии	Прямые, горизонтальная и вертикальная в абсолютных координатах	Визуально		
21	Левая граница вида спереди	Прямая, параллельная прямой 19	Визуально		
22	База для копии	Прямая, параллельная прямой 20	Визуально		

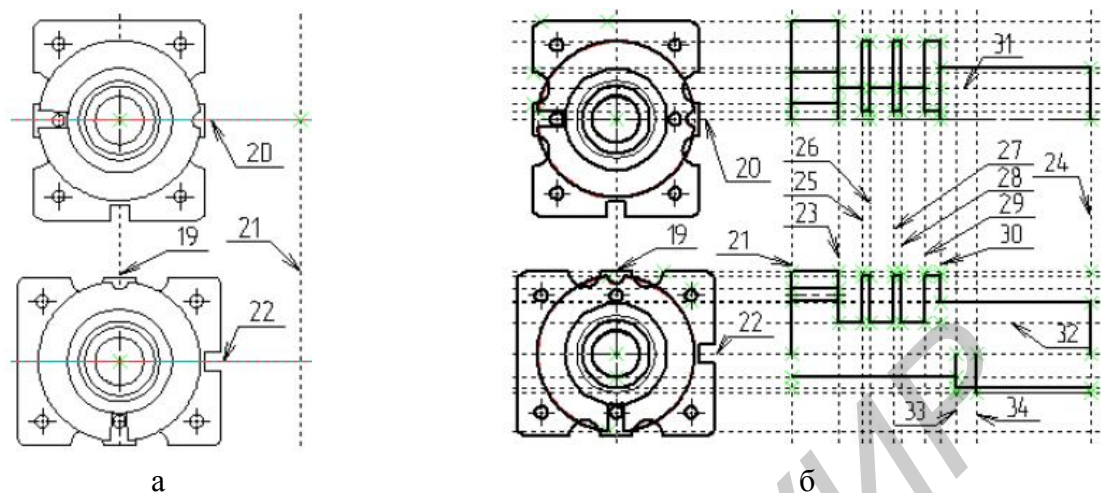
Требуемые расстояния между линиями оцените по рис. 1.11, а.

Командой **Чертеж/Перемещение** создайте две копии вида справа, привязав их к созданным линиям построения. В параметрах второй копии задайте **Угол поворота**, равный 90° . Не забудьте установить в параметрах обеих копий **Масштаб**, равный единице.

На основе верхней копии будет создаваться половина вида спереди, а нижняя копия послужит для построения внешнего контура (над осевой линией) и контура внутреннего отверстия (под осевой) на разрезе каркаса.

Для переноса размеров на создаваемые проекции постройте набор прямых,

параллельных прямой 20, и проходящих через характерные точки копий.



	Имя	Выражение	Значение	Комментарий
1	A	10.5	10.5	Ширина основания
2	B	12.5	12.5	Высота основания
3	d	3	3	Диаметр отверстия в каркасе
4	R0	.5	0.5	Неуказанные скругления
5	b	4	4	Расстояние между выемками в основании
6	R	1	1	Радиус выемки
7	s0	1.5	1.5	Смещение отв. под выводы от края основания
8	lo	7.5	7.5	Расстояние между рядами отв. под выводы
9	dv	.8	0.8	Диаметр вывода
10	Spo	1.2	1.2	Ширина паза в основании
11	Hpo	1	1	Глубина паза основания
12	D	10	10	Диаметр щечек каркаса
13	Dr	5	5	Диаметр резьбы
14	Dor	4.3	4.3	Диаметр отв. под резьбу
15	D1	6.5	6.5	Диаметр направляющей сердечника
16	Spk	1	1	Ширина паза в щечках каркаса
17	r1	.5	0.5	Радиус выемки в щечках
18	to	3	3	Толщина основания
19	t1	1.5	1.5	Ширина канавки
20	t	0.5	0.5	Толщина внутренней щечки
21	t2	1	1	Толщина внешней щечки
22	L	19	19	Длина каркаса
23	Dvn	4	4	Внутренний диаметр канавки каркаса
24	hor	9	9	Глубина отверстия под резьбу
25	hr	6	6	Глубина резьбы

в

Рис. 1.11. Иллюстрация этапов 19-34 (а, б) и окно редактора переменных (в)

Самостоятельно выполните построение элементов 23... 34 (рис. 1.11, б). Используемые при этом переменные приведены на рис. 1.11, в. Они находятся в строках с 18 по 25 редактора переменных. После этого нанесите линии изображения.

С помощью команды **Чертеж/Симметрия** создайте копии созданных элементов изображения относительно осей симметрии. Дополните разрез необхо-

димыми построениями и линиями изображения (рис. 1.12). Нанесите штриховку.

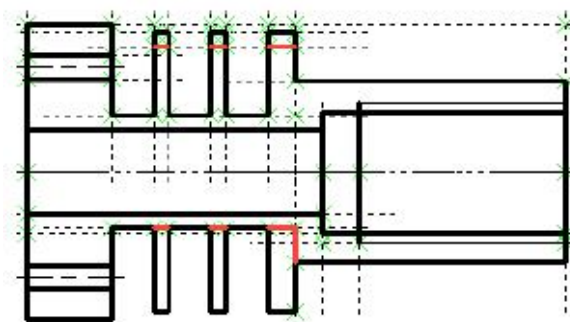


Рис. 1.12. Основные элементы вида спереди и разреза

Выполните построения для привязки вида спереди и разреза (установите в параметрах бесконечную длину и уровень +1.)

Создайте командой **Чертеж / Перемещение** копии изображений, полученных на предыдущем этапе, привязав их к соответствующим линиям построения (рис. 1.13).

Для скрытия лишних элементов построения установите нижние уровни видимости линий построения и узлов равные единице.

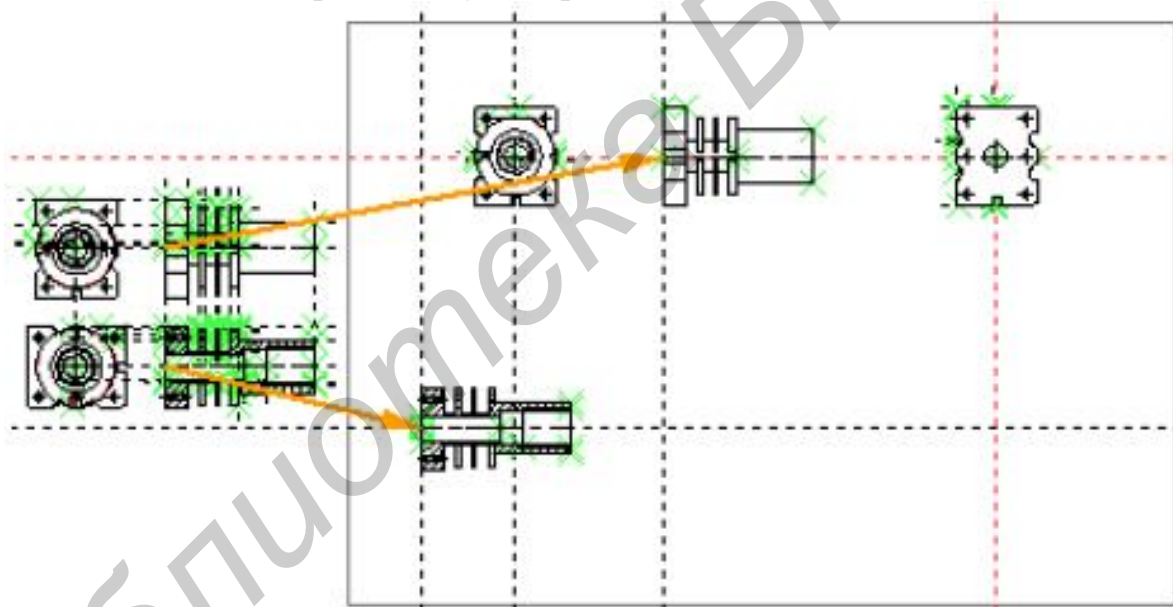


Рис. 1.13. Перемещение вида спереди и разреза на соответствующее место на чертеже

4.3. Оформление чертежа

Нанесите размеры и элементы оформления чертежа. Размеры проставляют, используя пункт меню **Чертеж/Размер**. Для простановки размера на чертеже надо указать элементы, определяющие его значение. Система из контекста определяет, что следует проставлять: **линейный** (если выбрать узлы или параллельные прямые), **угловой** (пересекающиеся прямые) или **диаметральный** (окружность или дуга) размер. Значение размера считывается с чертежа с учетом масштаба. Если элементы, определяющие размер, при редактировании чертежа будут перемещены, размерное число автоматически пересчитывается.

5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Алгоритм создания параметрической двухмерной модели детали.
3. Электронная версия чертежа детали.
4. Результаты выполнения работы в виде распечатки чертежа детали электронной аппаратуры.
5. Выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

1. Основы методики построения параметрической модели.
2. Какие элементы построения Вы знаете? Основные свойства этих элементов.
3. Основные виды связей, используемых при нанесении линий построения.
4. Задание параметров модели, использование переменных.
5. Работа с редактором переменных.
6. Какие элементы изображения Вы знаете?
7. Копирование элементов изображения. Свойства копий.
8. Штриховки, типы, свойства, использование.
9. Каким образом обеспечить проекционную связь видов?
10. Нанесение текстов. Использование в текстах переменных. Форматирование текстов.

Лабораторная работа № 2

СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ДЕТАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА T-FLEX CAD

1. Цель работы

Получение практических навыков по созданию параметрических трехмерных моделей деталей в пакете T-FLEX CAD. Ознакомление с созданием проекционных чертежей на основе трехмерных моделей.

2. Краткие теоретические сведения

Система T-FLEX CAD позволяет создавать трехмерные (3D) модели как на основе уже существующих двухмерных чертежей, так и непосредственно в трехмерном пространстве. Для отображения трехмерной модели используется **Окно 3D вида**. Окно 3D вида вместе со всеми трехмерными объектами образует **3D сцену**.

Основными видами представления трехмерных объектов являются: **реберная модель** и **рендеринг**. **Реберная модель** дает слабое представление о форме тела, однако полезна в тех случаях, когда при выполнении операций требуется указание элементов внутри тела. **Рендеринг** дает реалистическое отображение с учетом характеристик материала и углов отражения. При рендеринге не учитывается взаимное влияние тел друг на друга – тени, переотражения, а также свойства среды – рассеяние света, туман и т.п. Для получения фотореалистического изображения, учитывающего указанные эффекты, используется программа «**POV-Ray for Windows**», поставляемая вместе с системой T-FLEX CAD.

Для создания трехмерной модели необходимо наличие одной или нескольких **рабочих плоскостей**, предназначенных для задания в пространстве положения вспомогательных элементов и самой трехмерной модели.

Первоначально трехмерные тела получают перемещением в пространстве плоского или пространственного контура (**3D профиля**) по заданной траектории (**операции**: *выталкивание, вращение, тело по траектории, спираль*). 3D профиль создается на основе его проекций на двухмерном чертеже, или чертится непосредственно на рабочей плоскости после ее активизации. При наличии ранее созданных тел 3D профиль можно построить, используя элементы этих тел.

Созданные тела могут быть модифицированы (**операции**: *сглаживание, отсечение, уклон, оболочка*). Над несколькими телами возможно выполнение **булевых операций** (*сложение, вычитание, пересечение*). Кроме того, имеется ряд операций для получения одиночных копий и их массивов.

Система позволяет на основе созданной трехмерной модели автоматически сгенерировать проекционный чертеж с заданными видами. После указания на этом чертеже линий разреза можно получить требуемые сечения и разрезы.

Получаемая трехмерная модель является **параметрической**, поскольку, как

двухмерные построения на рабочих плоскостях, так и сами операции создания и модификации тел могут управляться заданием константных значений или переменных. Таким образом, изменение параметров позволяет управлять моделью. Проекционные чертежи, созданные на основе трехмерной модели сохраняют связь с последней, и также будут изменяться.

При работе с трехмерной моделью используются: **окно 3D модели** и **окно диагностики** (рис. 2.1 а, б). Структура 3D модели, отображаемая в виде дерева в окне **3D модель**, позволяет получить информацию о составе модели и взаимодействии ее элементов. Через дерево модели можно получить доступ к свойствам тех, или иных элементов и операций. Это особенно полезно, если соответствующий элемент недоступен для выбора в окне **3D вида**. Например, после выполнения булевой операции вычитания второе тело пропадает с экрана.

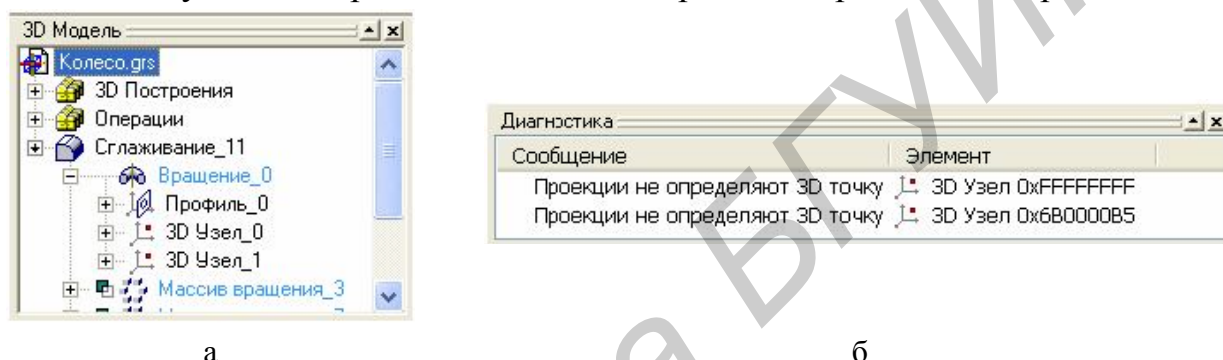


Рис. 2.1. Окно **3D модели** (а) и окно **диагностики** (б)

В дереве 3D модели можно выбирать элементы, участвующие в выполнении операций. Это полезно при высокой плотности элементов в 3D окне, когда визуальный выбор затруднен. В окне диагностики выводятся сообщения при некорректных действиях пользователя или при невозможности выполнения действий в силу ограничений системы.

В силу того, что при выполнении команд создания трехмерных моделей последовательность действий и набор используемых опций выбирает пользователь, выполнение всех этих команд заканчиваются нажатием кнопки **OK** **Автомению**. Следует учитывать, что при вызове новой команды 3D, предыдущая не закрывается. Поэтому перед вызовом очередной команды следует полностью закрыть ранее выполняемую.

В настоящей работе будем создавать тела сразу в трехмерном пространстве. В тоже время, для построений можно воспользоваться и уже имеющимися двухмерными чертежами. Этот путь более трудоемкий, однако, для некоторых задач он более удобен.

3. Задание к лабораторной работе

В ходе выполнения работы каждому студенту необходимо создать параметрическую трехмерную модель детали, предложенной преподавателем (Приложение А). Выходным документом является 3 D модель детали и созданный на ее основе проекционный чертеж с необходимыми видами и разрезами. При

выполнении работы следует придерживаться изложенной ниже методики решения типовой задачи.

4. Решение типовой задачи

В данной работе создадим трехмерную параметрическую модель каркаса катушки индуктивности (см. рис. 1.3, 1.4) из работы № 1.

4.1. Создание трехмерных моделей

Создайте новый файл командой меню **Файл/Новая 3D модель**. При этом будет открыт прототип файла, содержащий уже построенные три рабочие плоскости.

Поскольку чертить будем в масштабе 1:1, а каркас катушки индуктивности имеет малые размеры, отображение близко расположенных основных линий реальной ширины будут сливаться. Для устранения этого недостатка в меню **Настройка/Статус** на закладке **Прорисовка** в поле **Отображать** толщину линий выберем вариант – **Не более трех пикселей**.

Чтобы не создавать заново список переменных, перенесем его из ранее созданного параметрического чертежа каркаса катушки индуктивности. Для этого откройте файл этого чертежа, откройте **Редактор переменных** и в нем запустите команду меню **Переменная / Список переменных / Сохранить в буфер**. Либо необходимо создать новый список переменных по методике, описанной в лабораторной работе № 1 настоящего лабораторного практикума.

В файле нового документа в **Редакторе переменных** выполните команду **Переменная / Список переменных / Считать из буфера**. Вид редактора после выполнения этой команды приведен на рис. 1.11.

После закрытия редактора переменных в 3D окне из контекстного меню выберите пункт **Активизировать рабочую плоскость** и в диалоговом окне пометьте **Вид сверху**. После этого система переходит в режим черчения на выбранной рабочей плоскости. Здесь можно создавать изображение, используя ранее изученные инструменты параметрического или эскизного черчения.

Если на активной рабочей плоскости будет создан замкнутый контур из линий изображения (или несколько непересекающихся), то при возврате в трехмерное пространство автоматически будет построен 3D профиль, лежащий на этой рабочей плоскости (если контуров было несколько, это будет **один** 3D профиль из нескольких областей).

Одновременно с активизацией рабочей плоскости появляется панель **Управление активной рабочей плоскостью** (рис. 2.2). Основные элементы панели:

1 – окончание черчения на активной рабочей плоскости и возврат к трехмерному представлению;

2 – вызов команды построения проекций трехмерных объектов на рабочую плоскость. Проекции можно использовать для привязки построений к существующим элементам;

3 – открытие двухмерного окна, соответствующего активной рабочей плоскости;

4 – включение режима вращения 3D сцены, что может потребоваться, например, при выборе элементов для проецирования;

5 – поворот активной рабочей плоскости параллельно экрану.

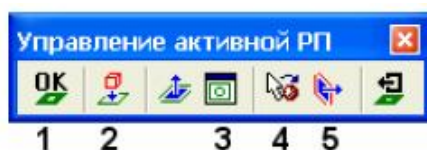


Рис. 2.2. Панель управления активной рабочей плоскостью

На выбранной рабочей плоскости выполните построения, необходимые для нанесения контура половины сечения цилиндрической части каркаса (рис. 2.3, а). Стрелками выделена базовая линия, соответствующая оси вращения каркаса. Для ориентировки приведены переменные, определяющие габариты цилиндрической части каркаса.

В точках, помеченных стрелками, создайте 3D узлы (команда меню **Построения / 3D Узел**). Для каждого из узлов необходимо указать положение на плоскости и закончить построение нажатием кнопки **OK** в **Автоменю**.

Закончите черчение на рабочей плоскости нажатием кнопки **OK** в панели **Управление активной рабочей плоскостью**. В 3D окне должен появиться 3D профиль (контур) и 3D узлы (точки-квадраты) (рис. 2.3, б).

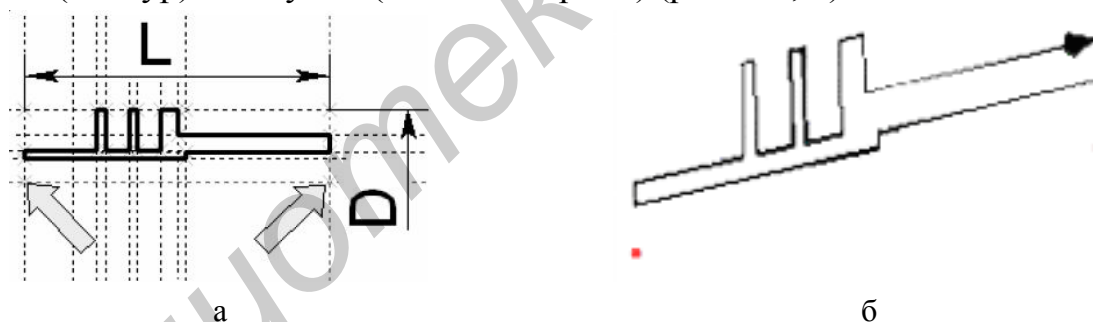
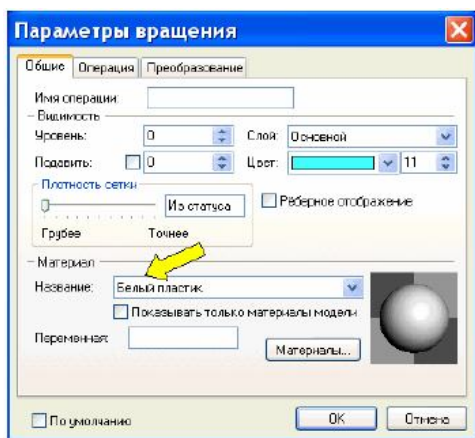


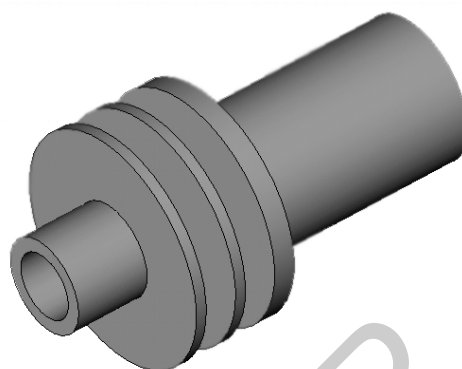
Рис. 2.3. Контур половины сечения цилиндрической части каркаса (а) и его 3D профиль (б)

Затем, с помощью команды **Операции/Вращение**, можно создать цилиндрическую часть каркаса (рис. 2.4, а). Используя опцию **Автоменю**, выберите на экране построенный ранее 3D профиль. Затем в опции надо указать два 3D узла, задающие ось вращения. В параметрах операции задайте материал детали. На самом деле система сама задает последовательность действий. Поэтому, в типичных режимах построения, выбирать опции в **Автоменю** не требуется.

После завершения построения нажатием кнопки **OK** будет создано тело вращения. По умолчанию включен режим отображения реберной модели. Для отображения в режиме **Рендеринг** нажмите кнопку **Вид**.




а



б

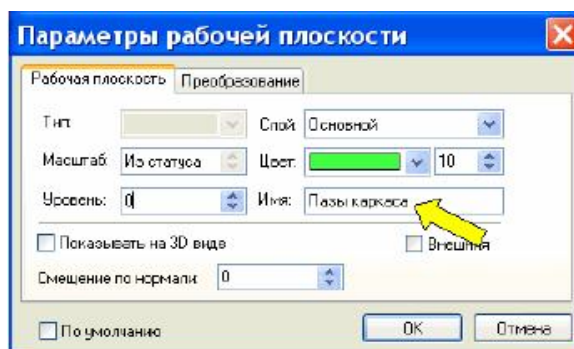
Рис. 2.4. Окно параметров операции вращения (а) и вид детали в режиме Рендеринг (б)

Дальнейшая работа по созданию модели каркаса будет проводиться на основе уже созданного тела. Сначала выполним пазы в щечках каркаса. Для облегчения выбора элементов в системной панели имеются кнопки селектора. Познакомиться с их назначением можно по всплывающим подсказкам. Кнопкой  селектора активизируйте выбор граней тела.

Выбрав указанную на рис. 2.5, а грань, вызовите контекстное меню. Выберите в нем пункт **Начертить 3D профиль**. При этом будет создана рабочая плоскость, касательная к выбранной грани и на нее будут спроецированы границы грани. Вызвав окно параметров рабочей плоскости (рис. 2.5, б), переименуйте ее в «Пазы каркаса», чтобы при необходимости эту плоскость легко было найти среди других рабочих плоскостей.



а





б

Рис. 2.5. Создание рабочей плоскости с использованием грани (а) и определение ее параметров (б)

Привязываясь к элементам проекции, выполните построения, показанные на рис. 2.6, а. Для нанесения дуг постройте две окружности с центром в центре проекции и радиусами, определяемые привязкой к узлам на вертикальной линии проекции (это линия сопряжения операции вращения).

Закончите черчение на рабочей плоскости. На 3D модели появится новый 3D профиль, состоящий из двух областей. На основе этого профиля будет создано тело выталкивания, после «вычитания» которого из каркаса в щечках образуются пазы.

После вызова команды **Операции / Выталкивание**, надо выбрать созданный 3D профиль. В данном случае длину выталкивания будем задавать по условию касания с указанной на рисунке гранью тела. Для этого воспользуемся опцией  **Задать ограничения выталкивания**, в которой –  **Выбрать конечную грань выталкивания** (рис. 2.6, б).

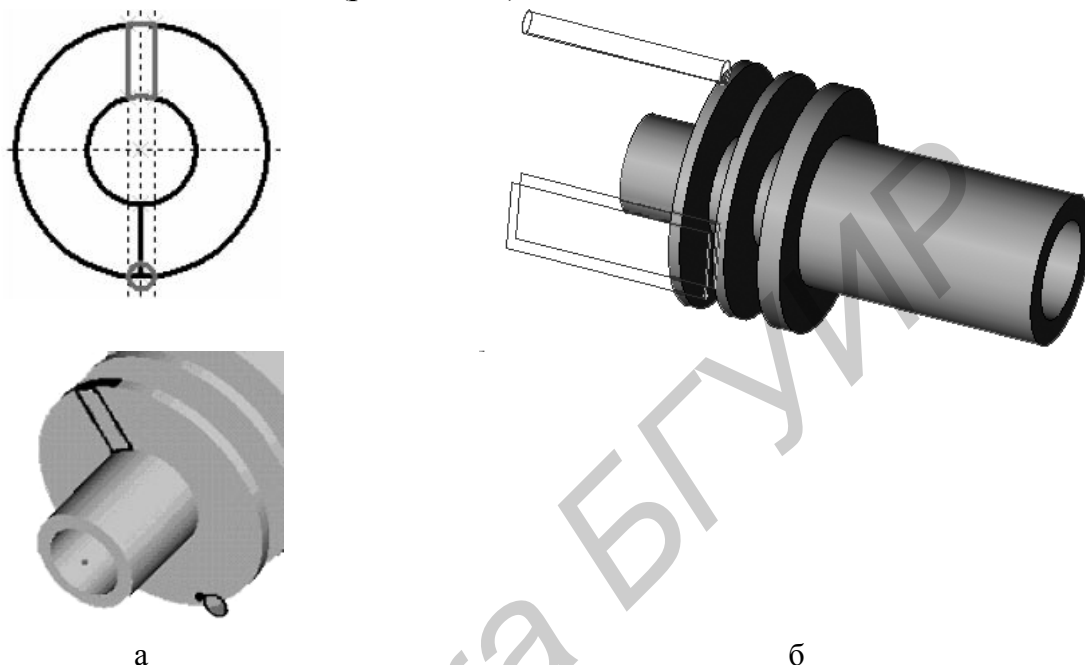



Рис. 2.6. Вспомогательные построения (а) и задание границ операции выталкивания

В параметрах выталкивания на закладке **Операция** в поле **В** конце установите вариант *До поверхности*. Результатом выполнения операции будет показанное на рис. 2.6, б тело.

Завершим создание пазов выполнением команды **Операции / Булева**. Установите опцию **Вычитание** , затем последовательно выберите каркас и тело выталкивания. Завершите операцию нажатием кнопки **OK**. Результатом выполнения операции будет показанное на рис. 2.7, б тело. *Результат выполнения операции вычитания зависит от последовательности выбора тел!*

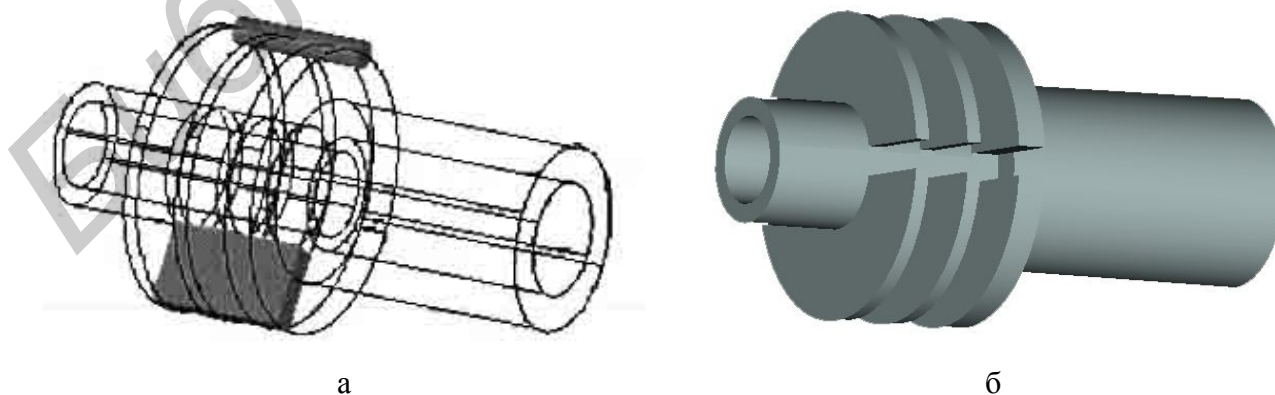


Рис. 2.7. Составляющие булевой операции вычитания (а) и результат ее выполнения (б)

Выбрав указанную на рис. 2.8 грань, вызовите контекстное меню и в нем

пункт – **Начертить 3D профиль.**

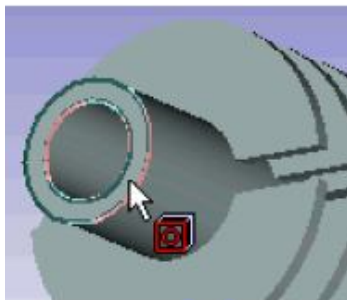



Рис. 2.8. Грань для создания 3D профиля

Переименуйте созданную при этом рабочую плоскость в «*Основание*».

Для удобства дальнейшей работы создайте проекцию щечек каркаса, воспользовавшись кнопкой  панели **Управление активной рабочей плоскостью**. Укажите элементы, проекцию которых надо создать и подтвердите выполнение операции.

Созданные проекции показаны на рис. 2.9, а. Выполнив необходимые построения, создайте изображение нижней левой четверти основания. С помощью команды **Чертеж / Симметрия** получите контур основания (рис. 2.9, б).

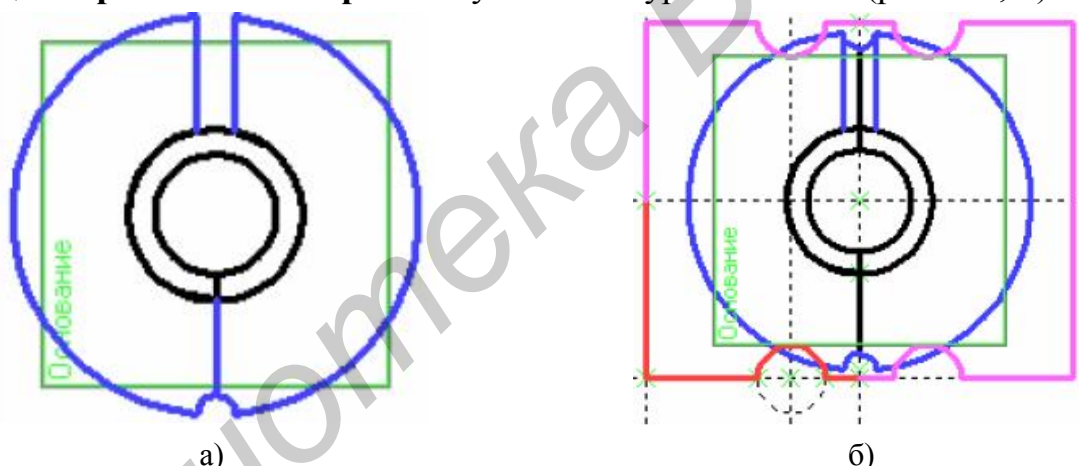



Рис. 2.9. Проекция щечек каркаса (а) и законченный контур основания (б)

Так как полученное изображение содержит пересекающиеся линии изображения, система автоматически не сможет построить 3D профиль. Чтобы помочь ей в этом, нанесем штриховку, определяющую границы будущего 3D профиля (рис. 2.10, а).

После этого воспользуемся командой **Построение/3D профиль**, в которой выберем опцию **Профиль на основе штриховки** . Выбрав штриховку, подтверждаем выполнение команды. После завершения черчения на рабочей плоскости, увидим созданный профиль. На его основе операцией выталкивания создадим основание каркаса (рис. 2.10, б).

Длину вектора выталкивания зададим с помощью переменной **to** в закладке **Операция** параметров выталкивания. Выбором знака перед именем переменной обеспечьте выталкивание в сторону щечек.

Чтобы получить единое тело, укажем в **Автоменю** опцию **Сложение**  и,

в качестве второго тела, выберем каркас. В результате выполнения операции будет создано основание и объединено с каркасом (рис. 2.10, в). Используем внешнюю грань основания для черчения 3D профиля.

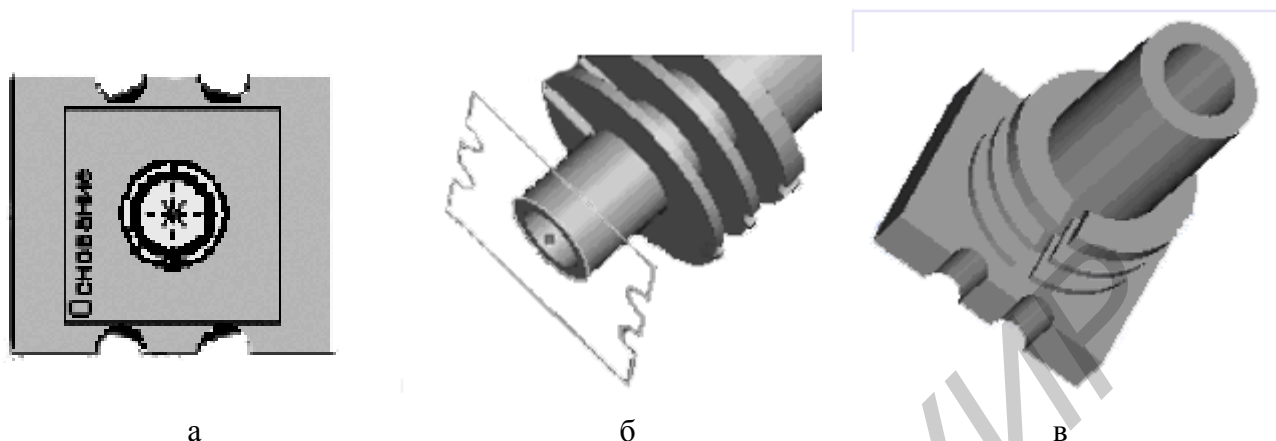


Рис. 2.10. Создание штриховки (а), 3D профиля (б) и объединение каркаса с основанием (в)

Выполним необходимые построения и нанесем изображение отверстия под вывод. Кроме того, здесь же построим 3D узлы в точках, показанных стрелками (рис. 2.11, а). Они потребуются при создании массива копий. После этого возвратимся к трехмерному представлению (рис. 2.11, в).

Операция выталкивания позволяет создать на основе полученного профиля вывод катушки индуктивности. Выталкивание будет производиться в двух направлениях с параметрами, приведенными на рис. 12.1, б.

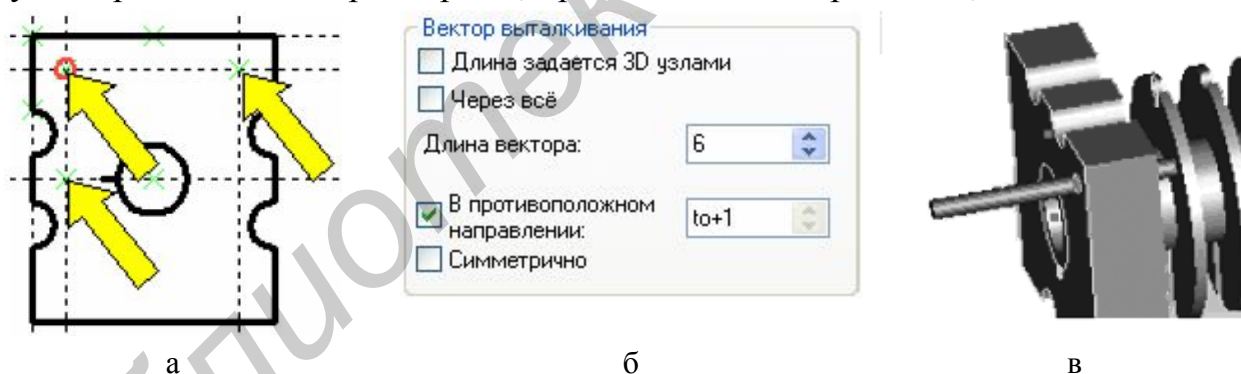



Рис. 2.11. Построение 3D узлов (а) и задание параметров вектора выталкивания (б) для создания вывода катушки (в)

Вызвав команду **Операции / Массив** и нажав кнопку  **Автоменю**, выберите вывод. Затем укажите базовый узел и узел, определяющий шаг размещения копий (рис. 2.12, а). В параметрах операции введите число копий – две.

В результате выполнения операции получим один ряд выводов катушки (рис. 2.12, б). На основе этого ряда повторным применением операции **Массив**, получим второй ряд выводов (рис. 2.12, в). **Все элементы массива рассматриваются системой как единое тело!**

Для создания отверстий под выводы вычтем полученный массив из каркаса. *Самостоятельно выполните паз в основании (начертить 3D профиль, вытолкнуть и вычесть из каркаса).*

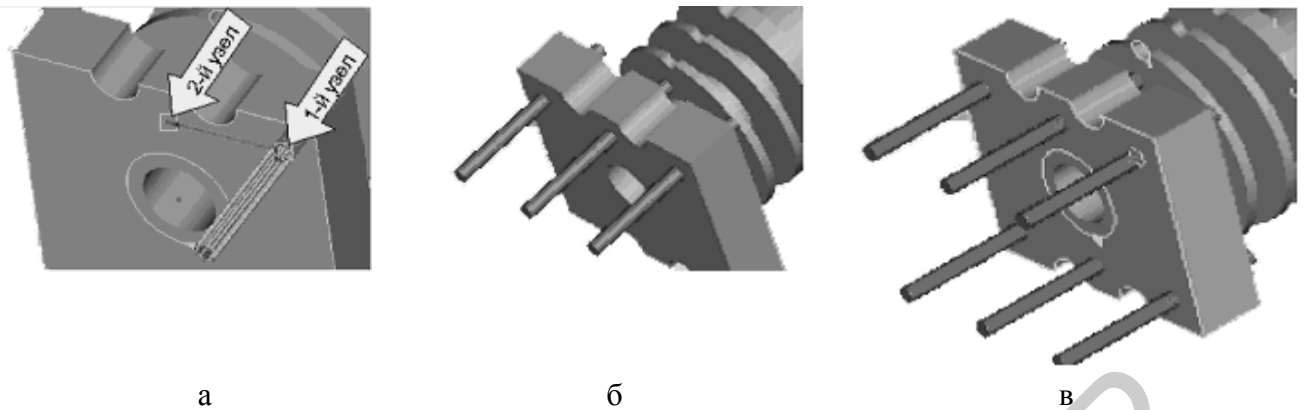



Рис. 2.12. Задание узлов (а) для создания первого (б) и второго (в) рядов выводов

Используя операцию **Сглаживание** создайте скругления на основании каркаса. Для этого, нажав кнопку  **Автоменю**, укажите последовательно все ребра, имеющие одинаковый радиус скругления, задайте этот радиус в параметрах операции и подтвердите ее выполнение. То же самое выполните для ребер с другим радиусом скругления. Окончательный вариант параметрической трехмерной модели представлен на рис. 2.13.

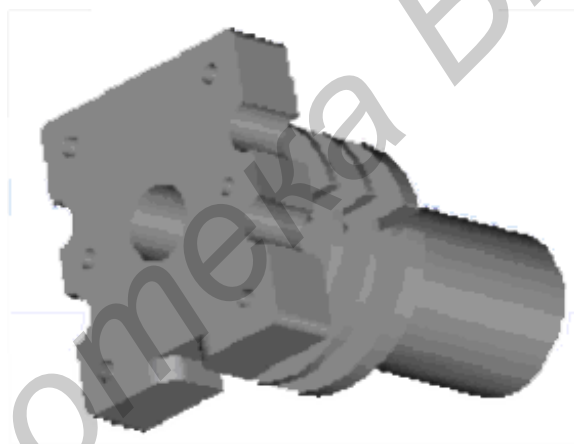

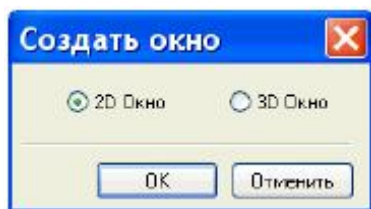


Рис. 2.13. Окончательный вариант параметрической трехмерной модели

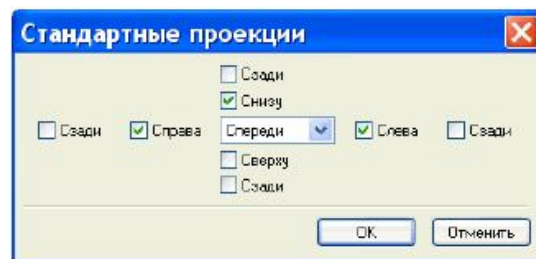
4.2. Получение проекционного чертежа

Используя пункт меню **Окно / Разделить по вертикали** создайте окно для чертежа каркаса (в появившемся диалоге установите переключатель в положение **2D Окно** (рис. 2.14, а)). Настройте размер листа и масштаб чертежа. Вызвав команду меню **Построения / 2D Проекция** выберите в **Автоменю** опцию  **Создать набор стандартных видов**. В диалоговом окне укажите требуемые проекции (Вид снизу потребуется для создания выносного вида по стрелке Б (см. рис. 1.4)) (рис. 2.14, б).

В окне параметров на закладке **Линии** поставьте флажок **Автоматическое создание осевых линий** (рис. 2.15).



а



б

Рис. 2.14. Создание окна 2D (а) вида и требуемых проекций (б)

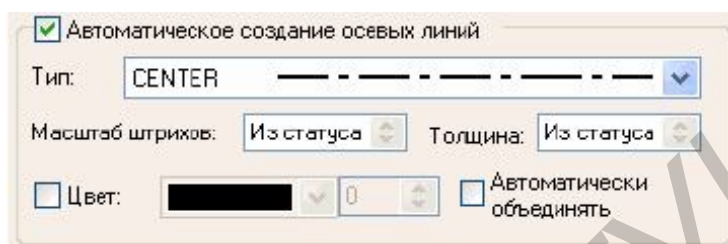


Рис. 2.15. Установка флажка автоматического создания осевых линий

Разместите в нужном месте 2D окна рамки создаваемых проекций и завершите операцию нажатием кнопки **ОК Автоменю**.

Выбрав в контекстном меню, вызываемом при щелчке правой кнопки мыши по любой из проекций, пункт **Редактировать проекцию**, расположите виды в нужном месте экрана (рис. 2.16, а). Для этого нужно щелкнуть по маркеру в центре проекции, переместить проекцию и зафиксировать новое положение щелчком мыши. Проекция будет перемещаться с сохранением проекционных связей. После перемещения всех проекций нажмите кнопку **ОК Автоменю**.

Используя команду **Чертеж / Обозначение вида**, нанесите обозначение разреза на вид спереди. Предварительно нанесите элементы построения, необходимые для привязки обозначения.

Для создания разреза выберите в меню пункт **Построения / 2D Проекция** и в **Автоменю** опцию **Создать разрез...** Далее в **Автоменю** нажмите кнопку **и** и укажите только что созданное обозначение разреза (рис. 2.16, б).

Разместите проекцию на поле чертежа. Чтобы ее можно было переместить в произвольное место, нажмите кнопку **Автоменю Разорвать проекционную связь**. На разрезе выполните построения, необходимые для обозначения резьбы.

Следующим шаг – создание выносного вида по стрелке Б (см. рис. 1.4). Начинается построение с вызова команды **Чертеж / Чертежный вид** (Чертежный вид является отображением изображения, расположенного на отдельном скрытом листе документа, имеющем тип *Вспомогательный*). В **Автоменю** выбирается опция **Создать выносной вид...** В появившемся диалоговом окне необходимо задать требуемый масштаб вида (рис. 2.17, а), а затем выбрать те элементы вида снизу, которые будут видны на создаваемом виде по стрелке (рис. 2.17, б).

После окончания выбора последовательно указывают: *узел привязки; по-*

ложение центра окружности, обозначающей вид; ее размер и положение выносной линии. Появится контурное изображение выносного вида, которое необходимо разместить на чертеже.

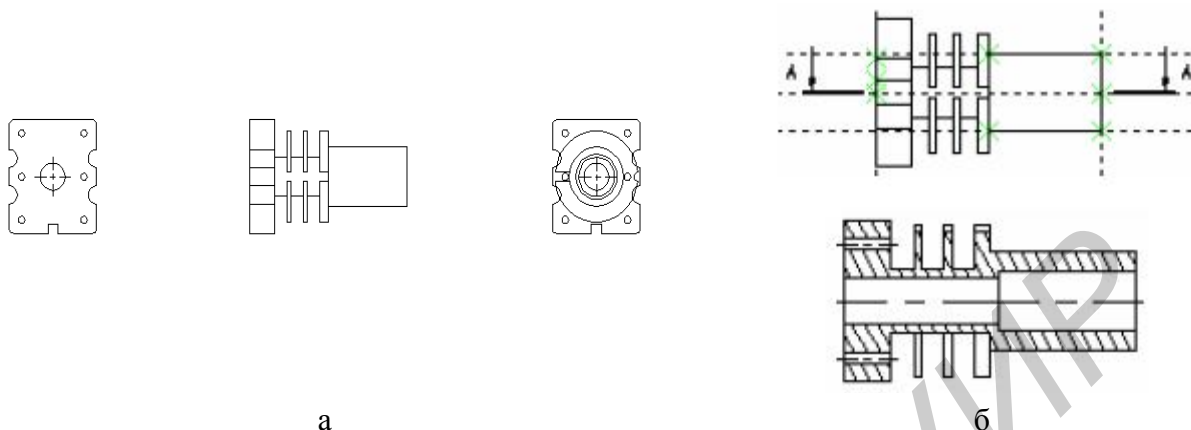


Рис. 2.16. Размещение созданных проекций (а) и создание разреза (б)

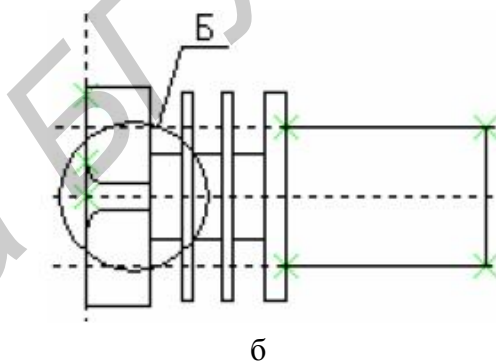
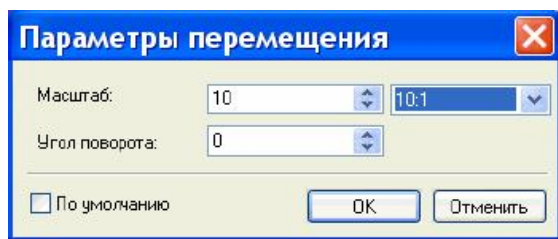


Рис. 2.17. Задание масштаба вида (а) и выбор его видимых элементов (б)

Для получения доступа к редактированию информации чертежного вида щелкните по нему правой кнопкой мыши и в возникшем контекстном меню выберите пункт **Активизировать чертежный вид**.

Дополните выносной вид линиями разрыва и нанесите необходимые размеры. Поскольку привязать новые линии изображения к обрыву линий выносного вида нельзя, предварительно постройте прямые вдоль этих линий. Для возврата в чертеж служит команда контекстного меню **Закрывать чертежный вид**.

Полученные проекции связаны с 3D моделью и будут изменяться при ее модификации. Будет ли обновление происходить автоматически, или потребует вашего вмешательства, определяется выбором значения в поле **Обновлять** на закладке **Общие** окна параметров проекции. Принудительное обновление проекции осуществляется по соответствующему пункту контекстного меню.

4.3. Оформление чертежа

Согласно методическим указаниям к лабораторной работе № 1 самостоятельно нанесите размеры и элементы оформления чертежа (см. рис. 1.4). (Размеры проставляют, используя пункт меню **Чертеж/Размер**).

5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Алгоритм создания параметрической трехмерной модели детали.
3. Электронные версии трехмерной модели и чертежа детали.
4. Результаты выполнения работы в виде распечатки чертежа детали электронной аппаратуры и ее трехмерной модели.
5. Выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

1. Что такое рабочие плоскости? Какие типы рабочих плоскостей Вы знаете?
2. Создание 3D профиля с использованием штриховки.
3. Операции вращения и выталкивания. Создание тел с использованием этих операций, свойства операций.
4. Какие виды операций по созданию 3D тел Вы знаете?
5. Булевы операции над телами.
6. Элементы 3D сцены. Управление отображением трехмерных объектов.
7. Дополнительные рабочие плоскости. Их построение и использование.
8. Специальные рабочие плоскости: цилиндрическая, сферическая, торoidalная.
9. Выполнение 3D операций с использованием созданных ранее тел.
10. Возможные ошибки пересчета 3D модели и способы их устранения.

Лабораторная работа № 3

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ СБОРКИ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА T-FLEX CAD

1. Цель работы

Получение практических навыков по созданию параметрических трехмерных сборочных моделей, формированию проекционных чертежей по трехмерным моделям, созданию разрезов и сечений.

2. Краткие теоретические сведения

В пакете T-FLEX CAD возможно создание двух- и трехмерных сборок. Одним из главных преимуществ T-FLEX CAD перед другими CAD-системами является возможность параметризации элементов, составляющих сборочные чертежи, а также использования ее при создании сборочных чертежей конструкций и модификации проектировочных заданий, когда необходимо часто изменять конструкторские размеры, заменять стандартные изделия и т.д.

При объединении нескольких чертежей друг с другом применяют наложение или совмещение элементов одного чертежа или элемента модели с элементами другого. Такие элементы называются *фрагментами*. Создание чертежей с помощью фрагментов в ряде случаев позволяет добиться ряда преимуществ. *Во-первых*, для сложных чертежей упрощается процесс создания, так как можно сначала создать отдельные части этого чертежа, а затем объединить их. *Во-вторых*, если создавать параметрический чертеж на основе деталей, составляющих его, то при изменении каких-либо параметров сборочного чертежа вы сможете одновременно получить и полный набор соответствующих этим параметрам чертежей-деталей. *В-третьих*, в качестве фрагментов удобно создавать часто повторяющиеся элементы чертежей.

Основной принцип формирования чертежей из фрагментов заключается в том, чтобы использовать единожды построенный параметрический чертеж и вставлять его в сборочный чертеж, погасив при этом вспомогательные элементы (размеры, некоторые штриховки и т.п.). Сборочные чертежи на основе фрагментов легко преобразовываются при модификации одного из фрагментов, при чем зависимые элементы также преобразовываются. При этом можно получить полный набор чертежей-деталей, которые участвовали в сборочном чертеже. Они будут иметь те параметры, которые получились в результате пересчета сборочного чертежа.

Фрагменты, участвующие в сборке, могут быть переменными, то есть в зависимости от каких-либо условий в сборочном чертеже будет участвовать тот или иной фрагмент. Каждый фрагмент может в свою очередь также состоять из отдельных фрагментов (резьбы, отверстия, стандартные элементы), причем уровень вложенности фрагментов практически не ограничен.



Линии и другие элементы фрагмента не являются частью чертежа, в кото-

рый он включен. Это означает, что на их основе нельзя обычным способом создавать другие элементы, например, размеры. Для того чтобы решить эту проблему, в системе был создан специальный тип узлов и линий построения. Положение узла с фрагмента определяется узлом чертежа, на основе которого он был создан. Положение линии построения определяется линией изображения фрагмента. Узлы и линии построения, созданные на основе фрагмента могут быть использованы для необходимых операций, как и любой другой элемент чертежа.

Под параметрическим фрагментом системы T-FLEX CAD понимается чертеж, при нанесении которого на другой чертеж, можно задать его положение и параметры, от которых зависит его изображение.

Вставка фрагментов подразумевает использование системы координат фрагмента, называемой *локальной системой координат (ЛСК)*. Локальные системы координат можно создать с помощью *векторов привязки* или *точек привязки*.


Вектор привязки определяет способ привязки чертежа и ориентацию чертежа при вставке его на другой чертеж в качестве фрагмента. При этом вектором привязки задается положительное направление оси X локальной системы координат чертежа. Векторов привязки может быть не более 20.

Векторов привязки создается по команде **Построения / Вектор привязки** . После вызова команды необходимо указать направление вектора привязки, отметив мышью необходимые точки, задающие направление вектора привязки при вставке в сборку (в сборке ориентацию фрагмента можно изменить). Если для вектора привязки нужно совпадение с осью X, то после указания начала вектора нажмите «**Enter**» или пиктограмму  в **автоменю**. После указания начала и конца вектора привязки появляется меню параметров вектора привязки (рис. 3.1).

Как правило, в сборке размеры не требуются, поэтому их «погашают». Одним из способов «погашения» размеров является использование векторов привязки. На рис. 3.1 в поле «Список слоев» выделен слой «Размерный», а в поле связь со слоями указан параметр «Рисовать все, кроме помеченных». Т.о. этот слой не будет отображён на сборке. Существуют и другие способы «погашения» элементов чертежа: с помощью уровней видимости и слоев.

Точки привязки задаются переменными. При этом вертикальным и горизонтальным линиям в качестве параметров задаются зарезервированные имена переменных. В дальнейшем система определяет точку пересечения таких линий как точку привязки фрагмента. Точек привязки может быть несколько.

Фрагменты могут быть поворачиваемыми при вставке в сборку или неповорачиваемыми, а также привязываться одной точкой или несколькими.

Построить точку привязки можно используя специальную опцию . Она становится активной после вызова команды **Построить прямую** (рис. 3.2, а). При этом переменные создаются автоматически (они по умолчанию являются внешними переменными), а на пересечении линий появляется цифра, соответ-

ствующая порядковому номеру переменной (рис. 3.2, б).

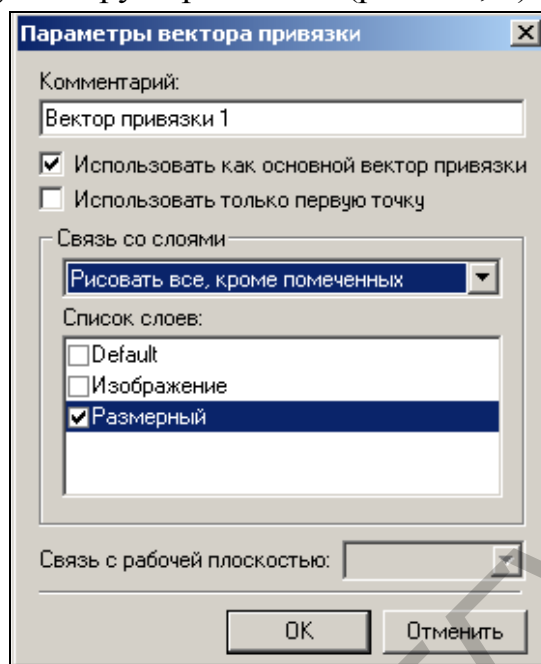
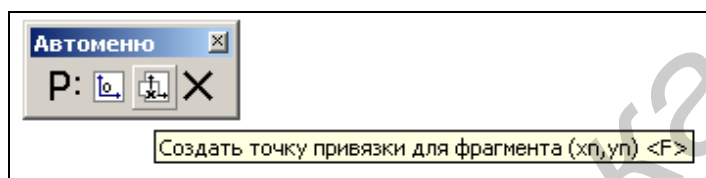
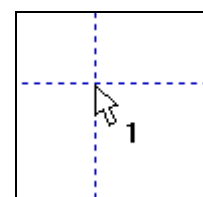


Рис. 3.1. Параметры вектора привязки



а




б

Рис. 3.2. Создание точек привязки

В зависимости от назначения фрагмента можно создать от 0 до 9 точек привязки. Обычно у фрагмента бывают одна точка привязки или две. Первая точка, как правило, задает положение фрагмента на чертеже, вторая – ориентацию или размер, либо и то, и другое.

Создание сборки заключается в последовательном нанесении фрагментов. Для того чтобы сборочный чертеж можно было параметрически изменять, необходимо «привязывать» фрагменты к узлам и задавать связи между переменными.

Система T-FLEX CAD позволяет создавать анимацию чертежей, посредством пошагового изменения какого-либо параметра, заданного переменной. Одновременно происходит перерисовка чертежа на каждом шаге. Анимация чертежей выполняется по команде **Параметры / Анимация** . При входе в команду на экране появляется диалоговое окно параметров команды (рис. 3.3).

При установке параметра **Создать мультимедиа файл** можно создавать файлы формата (*.avi), здесь же задается «Имя файла» и «Количество кадров в секунду». В данном диалоговом окне возможно определение параметров сжатия созданного файла.

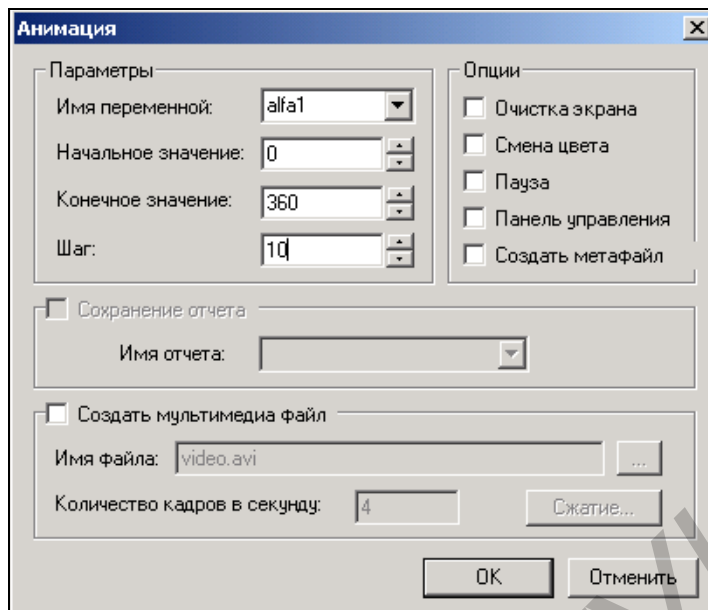




Рис. 3.3. Параметры анимации

Аналогично двухмерному проектированию, где из плоских чертежей деталей создаются сборочные чертежи, при трехмерном моделировании в качестве фрагмента для создания сборки можно использовать трехмерные модели деталей. 3D фрагменты находятся в прямой связи с двумерным фрагментом, данные которого были использованы для создания 3D фрагмента, т.е. при вставке 3D фрагмента в чертеж добавляется 2D фрагмент, соответствующий ему. Оба фрагмента используют общие данные значений переменных, а также некоторые установки – имя, флаг использования в спецификации, флаг статуса. На основе одного 2D фрагмента можно создать только один 3D фрагмент. Кроме того, нельзя удалить 2D фрагмент, если на его основе был создан 3D фрагмент.

3D фрагмент может быть вставлен на текущий чертеж с помощью команды **3D / Создать / 3D Фрагмент** . Редактируют 3D фрагмент по команде **3D / Изменить операции / 3D фрагмент** .

Для привязки 3D объектов к пространству и друг к другу используются *локальные системы координат*. На вставляемом в сборку фрагменте должна быть **исходная** ЛСК, а в сборочной модели – **целевая** ЛСК. При вставке фрагмента начало координат и оси исходной ЛСК совмещаются с соответствующими элементами целевой ЛСК. Если в модели имеется несколько исходных и целевых ЛСК, то необходимо выбрать одну исходную и одну целевую. Кроме того, в трехмерной модели всегда присутствует мировая система координат, имеющая начало в точке пересечения рабочих плоскостей. Она будет использована для привязки при отсутствии в модели ЛСК (аналогом в двухмерном проектировании является вставка фрагмента без элементов привязки).

При помещении фрагмента на сборку можно задать сдвиги и повороты исходной системы координат относительно целевой по отношению к состоянию их полного совпадения. Для этого существует закладка **Преобразования** в параметрах фрагмента.

Имеется три основных способа построения локальных систем координат:

- **по узлам**, где с помощью 3D узлов задается положение начала координат и, при необходимости, направление осей;
- **по грани**, где начало координат и оси X и Y располагаются на указанной грани;
- **по оси цилиндра**, где этой осью задается расположение и направление оси Z системы координат.

Реально имеется очень большое количество опций для определения и дальнейшего преобразования положения начала координат и направления осей.

ЛСК можно построить заранее, при создании модели детали, а можно строить непосредственно при вставке фрагмента. Для этого в **Автоменю** вставки фрагмента имеется набор соответствующих опций.

3. Задание к лабораторной работе

В ходе работы студентом создаются параметрические трехмерные модели сборочных единиц, предложенных преподавателем. На предварительном этапе в ходе выполнения лабораторной работы № 2 создаются трехмерные модели деталей с системами координат, необходимыми для их привязки при выполнении сборки. Затем из созданных деталей формируют сборочную единицу.

Во второй части работы на основе трехмерной модели сборочной единицы создается проекционный чертеж. На проекционном чертеже указывается линия разреза, и, затем, создается разрез сборочной единицы в 2D виде и этот разрез показывается на трехмерной модели. При выполнении работы следует придерживаться изложенной ниже методики решения типовой задачи.

4. Решение типовой задачи

Необходимо создать трехмерную сборочную модель катушки индуктивности (рис. 3.4).

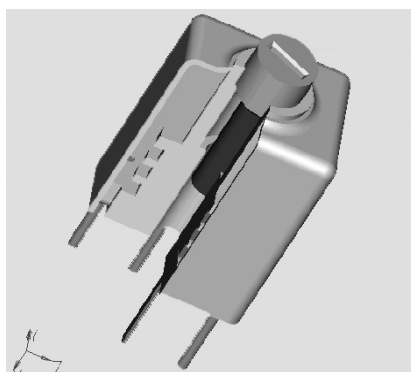


Рис. 3.4. Сборочная модель катушки индуктивности

Внимание! Некоторые построения в данной работе основаны на том, что центр основания каркаса привязан к мировой системе координат сборки. Для этого в каркасе должна быть создана ЛСК с началом координат в центре основания и одной из осей, направленной вдоль оси отверстия. В противном случае

будет использована мировая система координат каркаса, и деталь может оказаться сдвинутой от начала отсчета сборки.

На предварительном этапе создаем трехмерные модели деталей, представленных на рис. 3.5. Чертежи этих деталей с указанием переменных показаны на рис. 3.6.

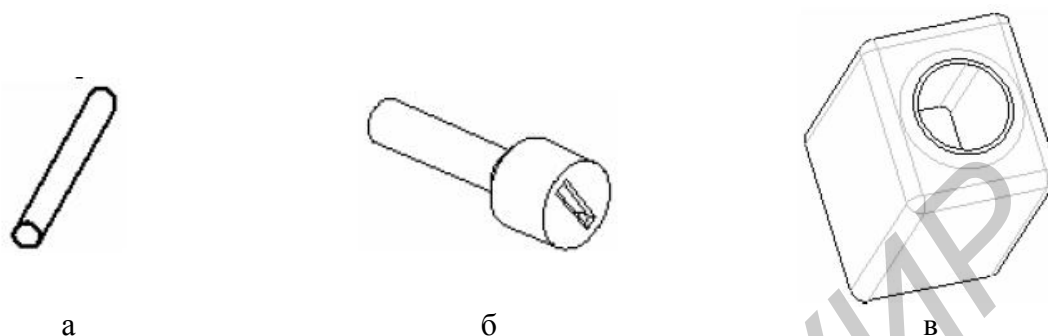


Рис. 3.5. Вывод (а), сердечник (б) и экран (в) катушки индуктивности

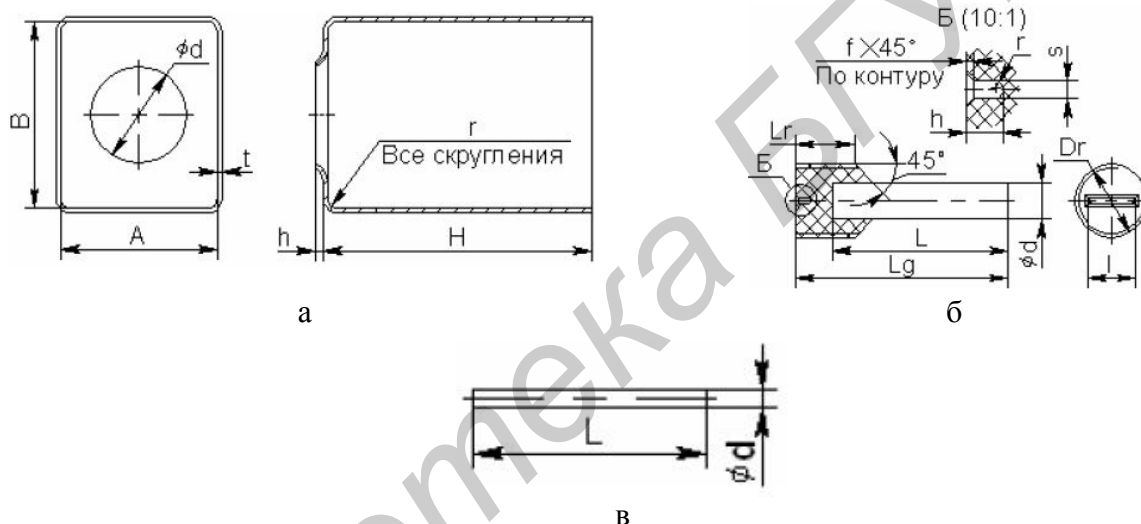


Рис. 3.6. Чертежи экрана (а), сердечника (б) и вывода (в) катушки индуктивности

Сердечник состоит из двух частей, но является деталью т.к. получен путем заливки ферритового стержня в пластмассу, т.е. без выполнения сборочной операции.

4.1. Создание трехмерных моделей деталей


Поскольку методика построения трехмерных моделей деталей была рассмотрена в предыдущей работе, здесь будут даваться самые общие указания. Подробно поясняться будут только сложные моменты или действия, не рассмотренные ранее.


Все детали будем создавать на основе прототипа **3D модель с рабочими плоскостями**. Данный прототип используется при выполнении команды **Файл / Новая 3D модель**.

4.1.1. Вывод

Вывод создается операцией выталкивания 3D профиля в виде окружности на заданную длину. Для использования данного тела в сборочных операциях,

необходимо создать систему координат.

Для этого используется команда **Построение / Система координат**. В **Автоменю** выберите опцию  **По оси цилиндра**, после чего надо выбрать цилиндрическую грань тела (рис. 3.7, а). Будет создана система координат, ось Z которой совпадает с осью цилиндра, а начало координат расположено на одной из торцевых граней (рис. 3.7, б).

Если надо переместить начало координат на другой торец цилиндра, после выбора опции  **Выбрать грань...** укажите эту грань. В параметрах системы координат на закладке **Общие** установите флажки **Использовать для привязки фрагмента** и **Внешняя**. Закончите построение нажатием кнопки **OK** в **Автоменю** (рис. 3.7, в).

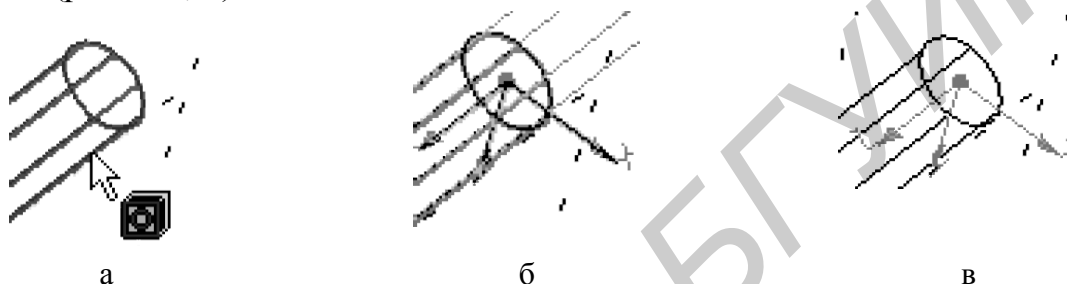



Рис. 3.7. Создание системы координат


4.1.2. Сердечник

Поскольку входящий в сердечник ферритовый стержень по конфигурации ничем не отличается от только что созданного вывода, используем последний, как базу для создания сердечника. Для этого вставим вывод в новый документ как фрагмент.

Вызвав команду **Операция / 3D фрагмент** по кнопке **Автоменю**  откройте файл, в котором был сохранен вывод. Поскольку других фрагментов (точнее целевых локальных систем координат) в модели нет, вывод будет привязан своей локальной системой координат к мировой системе координат, имеющей начало в точке пересечения рабочих плоскостей.

Для того чтобы иметь возможность сменить материал тела, в параметрах на закладке **Общие** надо снять флажок **Атрибуты с исходной операции**. После этого выберите материал **Черный пластик**. Закончите построение нажатием кнопки **OK** в **Автоменю**.

Для создания пластмассового резьбового элемента активизируйте одну из рабочих плоскостей, вдоль которых расположена ось стержня. Спроецируйте на рабочую плоскость границы стержня и, опираясь на проекцию, создайте изображение, показанное на рис. 3.8, а. Создаваемое тело должно располагаться со стороны локальной системы координат стержня.

После завершения черчения на рабочей плоскости на основе полученного 3D профиля создайте тело вращения. В данном случае ось вращения удобно задать указанием ребра 3D профиля. Эту возможность дает опция **Автоменю** 

– **Выбрать ребро 3D профиля в качестве оси вращения.** После ее выбора укажите нужное ребро и завершите операцию.



Рис. 3.8. Двумерное построение пластмассового резьбового соединения (а) и его 3D модели (б)

Шлиц под отвертку получают путем вычитания тела выталкивания, полученного из 3D профиля, начерченного на внешнем торце пластмассового резьбового элемента. Завершается работа созданием фасок и скруглений на ребрах шлица.


При вставке сердечника в качестве фрагмента для привязки будем использовать локальную систему координат вывода. Для этого в ее параметрах установите флажок **Использовать для привязки фрагмента**.


4.1.3. Экран

Начинается создание экрана (см. рис. 3.6, а) с операции выталкивания показанного справа профиля с размерами $A1 = A + 2 * t$ и $B1 = B + 2 * t$ на длину H . При построении профиля создайте 3D узел (рис. 3.9, а). Впоследствии он будет использован для создания локальной системы координат.

По центру верхней грани полученного параллелепипеда создадим тело выталкивания цилиндрической формы с внешним диаметром $d1 = d + 2 * t$ (рис. 3.9, б). Объедините созданные тела, используя булеву операцию сложения.

С помощью команды **Операция / Сглаживание** выполняются скругления с радиусом $r1 = r + t$. Операция выполняется над верхней гранью (т.е. над всеми окружающими ее ребрами) и над четырьмя боковыми ребрами тела (рис. 3.9, в).

Далее получим тонкостенную деталь, используя команду **Операция / Оболочка**. В опции  **Выбрать удаляемую грань** задайте показанные на рисунке грани тела. В параметрах операции на закладке **Операция** введите переменную t в поле **Общая толщина**. Завершите выполнение операции (рис. 3.9, г).

И в заключении построим локальную систему с использованием опции , позволяющей привязать начало координат к 3D узлу (рис. 3.9, д). В параметрах системы координат на закладке **Общие** установите флажок **Использовать для привязки фрагмента**.

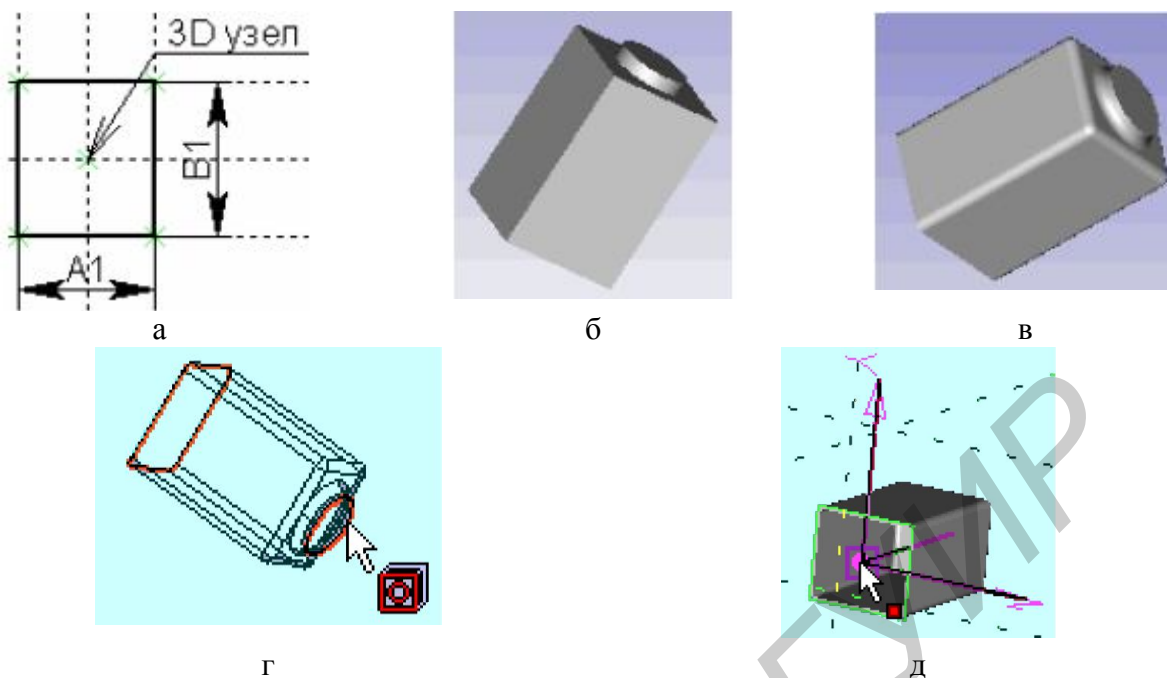


Рис. 3.9. Этапы создания 3D модели экрана (а – параллелепипед, б – цилиндр, в – сглаживание, г – тонкостенная деталь, д – локальная система координат)

4.1.4. Каркас



Откройте созданный в работе № 2 файл с твердотельной моделью каркаса и создайте в нем локальную систему координат, построенную по оси внутреннего отверстия (опция ) и с началом в плоскости внешней грани основания (опция ) (рис. 3.10). В параметрах системы координат на закладке **Общие** установите флажки **Использовать для привязки фрагмента** и **Внешняя**.



Рис. 3.10. 3D модель каркаса

4.2. Создание трехмерной сборки

Создайте новую 3D модель командой **Файл / Новая 3D модель**. По команде **Операция / 3D фрагмент** вставьте в документ каркас катушки индуктивности. Он будет привязан к мировой системе координат.

К данному фрагменту необходимо добавить обмотку. Поскольку на нее отдельный чертеж не выпускается, создадим ее на месте. Для этого выберите подходящую рабочую плоскость, спроецируйте на нее каркас и задайте штриховку, показанную серым цветом. На основе нее создайте 3D профиль (рис. 3.11).

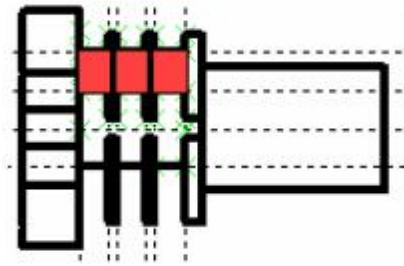



Рис. 3.11. Создание модели обмотки

Для задания оси вращения постройте два 3D узла. После возврата в трехмерное пространство, с помощью операции вращения создайте обмотку.

Теперь будем последовательно добавлять к модели ранее созданные детали. Начнем с выводов. В команде **Операция / 3D фрагмент** после открытия соответствующего файла надо выбрать целевую систему координат. Так как требуемая система координат отсутствует в модели, создадим ее по ходу выполнения команды, воспользовавшись опцией  **Выбрать целевую систему координат или элемент сборки для ее создания**. После выбора кругового ребра вокруг отверстия под вывод будет построена система координат с началом в центре окружности и осью *X*, направленной перпендикулярно плоскости этой окружности.

Система координат вывода и созданная целевая система координат могут быть не согласованы по направлению осей, из-за чего вывод расположится неверно. Кроме того, вывод надо будет сдвинуть вдоль оси отверстия для задания его выступающего с внутренней стороны основания.

Для задания правильной ориентации и положения вывода воспользуйтесь группой параметров операции, представленной на закладке **Преобразование**. Приведенные на рис. 3.12 значения могут не соответствовать значениям, требуемым в Вашем случае.



Рис. 3.12. Вкладка **Преобразование** окна параметров трехмерного фрагмента

Необходимо учесть, что результат вращения относительно нескольких осей зависит от последовательности выполнения. Последовательность задается переключателями в рамке **Поворот**.

Здесь же можно задать смещения и углы поворота для режима разборки модели (режим задается командой **Сервис / Разборка**). Этот режим полезен для наглядного показа состава изделия (рис. 3.13).

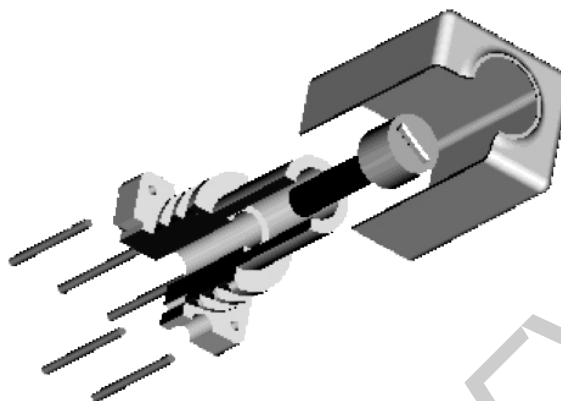




Рис. 3.13. Режим разборки модели


Остальные выводы удобнее создать копированием с использованием операции **Массив**. Создание массива копий было рассмотрено в предыдущей работе. Узлы для привязки элементов массива можно создать прямо на трехмерном объекте, используя команду **Построения / 3D узел** и ее опцию  **Построить 3D узел в центре эллиптического ребра**, добраться до которой можно, нажав кнопку  **Дополнительные возможности** в **Автоменю**. Для того чтобы в дальнейшем иметь возможность *индивидуально* работать с отдельными выводами, применим к массиву команду **Операции / Разделение**.

Далее вставим сердечник, привязав его к системе координат, созданной на основе кругового ребра в верхней части каркаса, и экран. Последний привязывается к системе координат на основании каркаса. Так как эта система координат в модели каркаса была объявлена, как внешняя, она будет доступна и на сборке. Поскольку указанная выше система координат совпадает с мировой системой координат, при вставке экрана он сразу будет привязан к нужной точке. Однако, все равно, следует задать целевую систему координат, так как при привязке к мировой системе детали окажутся не связанными между собой.

4.3. Получение проекционного чертежа

Методика создания проекционных чертежей по трехмерным моделям была рассмотрена в предыдущей работе. В данной работе рассмотрим только особенности, присущие конкретному случаю.

С использованием команды **Построения / 2D проекция** создадим две проекции, показанные на рис. 3.14.

В команде **Чертеж / Обозначение вида** с помощью опции  **Создать сложное сечение** нанесите на чертеж обозначение разреза (рис. 3.15, а). Это

обозначение будет носить служебный характер и на чертеже не показывается. Поэтому, после создания разреза, в его параметрах установите **Уровень**, равный -1.



Рис. 3.14. Двумерные проекции

По команде **Построения / 2D проекция** с использованием опции создайте разрез. В параметрах на закладке **Вид** поле **Применение сечения** должно содержать значение **Разрез** (рис. 3.15, б).

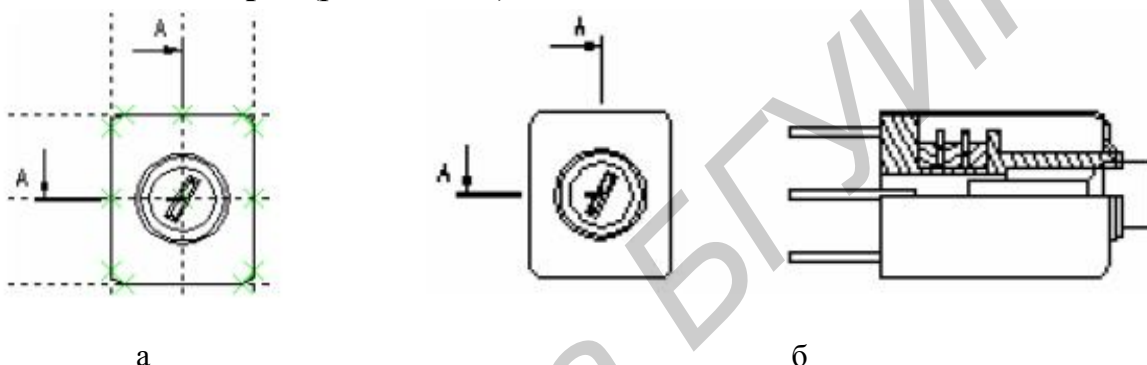


Рис. 3.15. Этапы создания двумерного разреза
(а – нанесение обозначения разреза, б – применение сечения)

Поскольку по правилам черчения вывод и сердечник не должны быть рассечены, отредактируем полученный разрез. Из контекстного меню, появившегося при щелчке правой кнопки мыши на разрезе, выберем пункт **Редактировать проекцию**. В **Автоменю** нажмите кнопку **Определить применяемые сечения** и в опции **Выбрать сечение** выберите разрез. Далее в **Автоменю** нажмите кнопку **Показывать операции, к которым не применять сечение** и на 3D виде укажите тела, которые не следует рассекать. Закончите выполнение операции.

Отредактируйте параметры штриховок, чтобы их изображение соответствовало применяемым материалам (рис. 3.16).

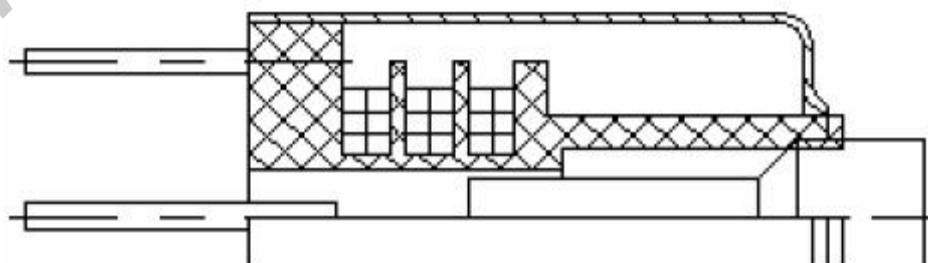


Рис. 3.16. Применение штриховок в соответствии с материалами

Для того чтобы просмотреть разрез на трехмерном объекте, выберите

пункт **Применить сечение** из контекстного меню, появляющегося при щелчке правой кнопкой мыши на пустом участке 3D окна. В диалоговом окне пометьте требуемое сечение (*у Вас оно будет единственным*). Для отключения показа разреза воспользуйтесь тем же путем, только в диалоговом окне снимите пометки сечений.

Чтобы изображение разреза соответствовало принятым нормам, в параметрах сечения снимите флажок пункта **Использовать цвет с тела**, а в поле **Цвет** установите цвет, например красный. Изменения будут видны после повторного применения сечения или полного пересчета модели (меню **Сервис**). Для исключения из разреза отдельных тел, в контекстном меню этих тел выберите пункт **Отменить применение сечения**.

4.4. Оформление чертежа

Самостоятельно нанесите размеры и элементы оформления чертежа по аналогии с лабораторной работе № 1.

При нанесении основной надписи в поле *Наименование документа* укажите *Сборочный чертеж*. Вводить слова *Сборочный чертеж* в графу *Наименование изделия* и суффикс *СБ* в десятичном номере не требуется (рис. 3.17).

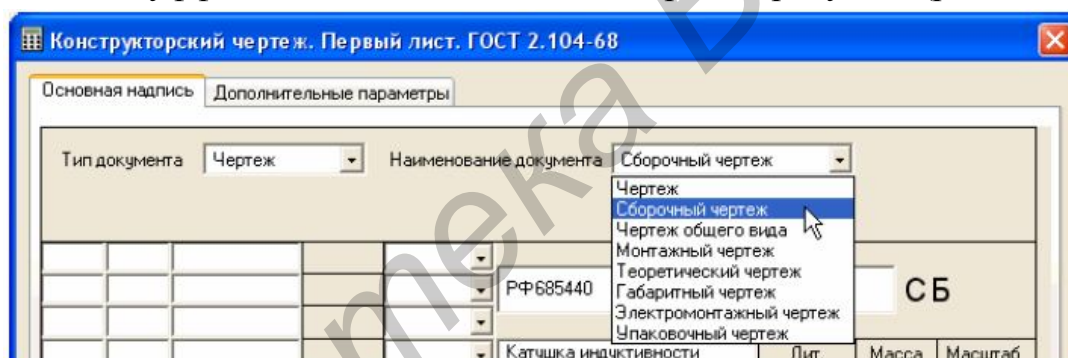


Рис. 3.17. Заполнение основной надписи

Окончательный вид сборочного чертежа приведен на рис. 3.18. Позиционные обозначения и обозначение клевого шва выполнены по команде **Чертеж / Надпись**.

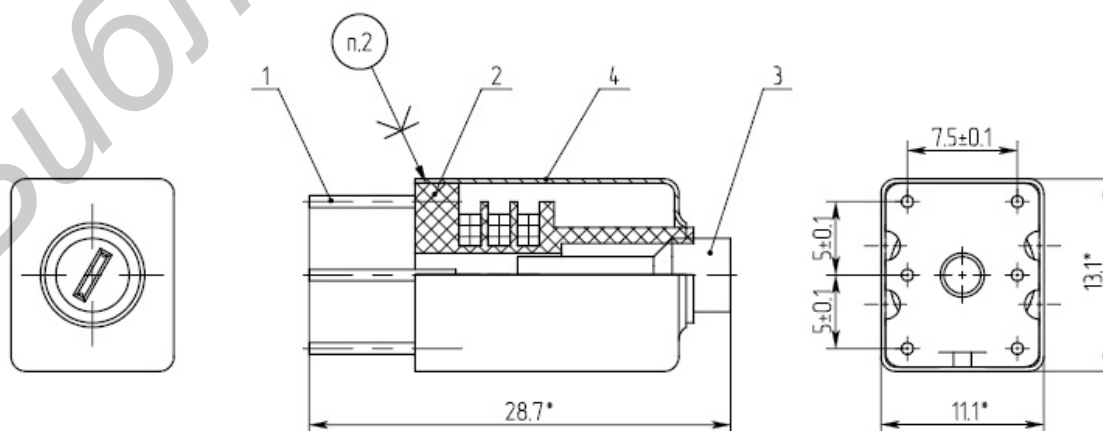


Рис. 3.18. Вид сборочного чертежа катушки индуктивности

5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Алгоритм создания параметрической трехмерной модели сборки.
3. Электронные версии трехмерной модели сборки, моделей входящих в нее деталей и сборочного чертежа электронного блока.
4. Результаты выполнения работы в виде распечатки сборочного чертежа электронного блока и ее трехмерной модели.
5. Выводы по работе.

6. Контрольные вопросы

1. Какие элементы используются для привязки трехмерных объектов?
2. Свойства 3D фрагмента.
3. Управление положением объектов при вставке.
4. Совмещение вставки фрагментов с булевыми операциями.
5. Создание массивов из 3D объектов.
6. Моделирование разборки 3D узлов.
7. Создание проекционных чертежей по 3D модели.
8. Дополнительное оформление проекционных чертежей.
9. Создание разрезов и сечений. Применение разрезов к 3D модели.
10. Операции измерений на 3D модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. T-FLEX CAD. Двухмерное проектирование и черчение. Руководство пользователя (электронный документ). – М.: АО «Топ Системы», 2002. – 598 с.
2. Справочная система пакета T-FLEX CAD 3D 7.2/9.0.
3. Петров В.В., Лопаткин А.В. Система T-FLEX CAD. Цикл лабораторных работ по дисциплине «Компьютерная графика» [Электрон. ресурс]. - М., 2005. - Режим доступа: <http://www.tflex.ru/support/teach/method/metoda.htm>
4. Попов А.Г. Программное обеспечение САПР. Прикладные системы. Система T-FLEX CAD: Учебное пособие. – Волгоград: ВолгГТУ, 2000. – 192 с.

Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Наименование детали	Вариант	Наименование детали
1	Радиатор пластинчатый № 1	7	Корпус электронного блока
2	Радиатор игольчатый	8	Радиатор пластинчатый № 2
3	Основание пульта	9	Крышка электронного блока
4	Экран катушки индуктивности	10	Корпус микросхемы типа 4
5	Корпус микросхемы типа 2	11	Ручка приборная
6	Корпус микросхемы типа SO 14	12	Кнопка приборная

Функциональные клавиши пакета T-FLEX CAD

Клавиша	Описание команды
<F1>	Получить справочную информацию (помощь) по текущей команде
<Alt><F1>	Получить информацию о выбранном элементе (элементах)
<Ctrl><S>	Сохранить документ
<Ctrl><O>	Открыть документ
<Ctrl><N>	Создать новый документ
<Ctrl><P>	Напечатать документ
<Ctrl><F7>	Пересчитать параметры текущего документа
<Alt><F7>	Обновить 3D модель
<F3>	Вызвать команду ZWindow : Задать рабочее окно. Команда доступна для выполнения только одного действия. Затем происходит возврат в прерванную команду
<Ctrl><Shift><PgUp>	Увеличить изображение
<Ctrl><Shift><PgDown>	Уменьшить изображение
<Ctrl><Shift><Left>	Переместить изображение влево
<Ctrl><Shift><Right>	Переместить изображение вправо
<Ctrl><Shift><Up>	Переместить изображение вверх
<Ctrl><Shift><Down>	Переместить изображение вниз
<Ctrl><Shift><Home>	Показать изображение по границам бумаги
<Ctrl><Shift><End>	Показать изображение по максимальным границам
<F7>	Вызвать команду RDraw : Перечертить окно
<Alt><BackSpace> <Ctrl><Z>	Вызвать команду Undo : Отменить действие
<Ctrl><BackSpace> <Ctrl><Y>	Вызвать команду Redo : Повторить действие

Команды T-FLEX CAD 3D по группам

Команды работы с рабочими плоскостями



3W – Построить рабочую плоскость



3EW – Изменить рабочую плоскость

Команды создания вспомогательных 3D элементов



3H – Создать источник света



3N – Построить 3D узел



3PR – Построить 3D профиль



3PA – Построить 3D путь



3O – Построить 3D систему координат



3SE – Построить сечение

Команды изменения вспомогательных 3D элементов



3EH – Изменить источник света



3EN – Изменить 3D узел



3EPR – Изменить 3D профиль



3EPA – Изменить 3D путь



3EO – Изменить 3D систему координат



3ES – Изменить сечение

Команды создания трехмерной модели



3AR – Создать массив вращения



3AY – Создать массив



3B – Создать булеву операцию



3CP – Создать копию



3F – Создать 3D фрагмент



3MO – Вставить внешнюю модель



3PI – Создать трубопровод



3L – Создать линейчатую операцию



3RO – Создать вращение



3SL – Создать лофтинг



3SP – Создать пружину

















3SR – Создать спираль











3X – Создать выталкивание




Команды изменения трехмерной модели

-  3EAR – Изменить массив вращения
-  3EAY – Изменить массив
-  3EB – Изменить булеву операцию
-  3EC – Изменить копию
-  3EE – Изменить операции
-  3EF – Изменить 3D фрагмент
-  3EM – Изменить внешнюю модель
-  3EPI – Изменить трубопровод
-  3EL – Изменить линейчатую операцию
-  3ER – Изменить вращение
-  3ESL – Изменить лофтинг
-  3ESP – Изменить пружину
-  3ESR – Изменить спираль
-  3EX – Изменить выталкивание



Команды визуализации трехмерной модели

-  3VA – Автомасштабирование 3D сцены
-  3VH – Показать модель с удалением невидимых линий
-  3VO – Параллельная проекция
-  3VP – Задать параметры 3D вида
-  3VR – Показать рендеринг
-  3VS – Показать шейдинг
-  3VT – Перспективная проекция
-  3VW – Показать реберную модель

Команды управления трехмерной моделью

-  3G – Обновить трехмерную модель
-  3MP – Получить масс-инерционные характеристики
-  3ME – Измерить расстояние, проверить на пересечение

Создание и изменение 2D чертежей по трехмерной модели

-  3J – Создать 2D проекцию
-  3EJ – Изменить 2D проекцию

Команда создания и изменения материалов

-  3MT – редактировать материалы

Учебное издание

**Бондарик Василий Михайлович,
Кракаевич Сергей Викторович,
Марковник Денис Викторович**

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Лабораторный практикум
для студентов специальностей
«Медицинская электроника»,
«Электронно-оптические системы и технологии»
дневной и заочной форм обучения

В 3-х частях

Часть 3

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ В ПАКЕТЕ T-FLEX CAD

Ответственный за выпуск В.М. Бондарик

Подписано в печать .02.2006.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 3,0.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 125 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 77

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
ЛИ № 02330/0056964 от 01.01. 2004. ЛП № 02330/0131518 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровка, 6