

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Тульский государственный университет»

Институт прикладной математики и компьютерных наук

Кафедра «Вычислительная техника»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1-2

Построение тел вращения. Построение корпусных деталей

по дисциплине

«КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

Направление подготовки: 230100 Информатика и вычислительная техника

Профили подготовки: Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем, Автоматизированные системы обработки информации, Системы автоматизированного проектирования.

Вычислительные машины, комплексы системы и сети

Направление подготовки: 230400 Информационные системы и технологии

Направление подготовки: 231000 Программная инженерия

Форма обучения: *очная, очно-заочная, заочная*

Тула 2017

1. Цель и задачи работы

Цель работы – освоить базовые навыки построения твердотельных 3D моделей деталей в графическом редакторе 3D КОМПАС.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Освоить работу с основными графическими примитивами и построением эскизов.
- Выполнить построение 3D модели тела вращения.
- Выполнить проекционный чертеж.
- Выполнить построение 3D модели корпусной модели.

2. Общие положения (теоретические сведения)

Методы построения 3D моделей в Компас 3D в целом аналогичны общепринятой методике, применяемой в таких САПР, как SolidWorks, SolidEdge, Unigraphics, Inventor... В основе модели лежит плоский эскиз, который можно либо выдавить на заданное расстояние, либо повернуть вокруг оси с образованием твердотельной модели – солида (Рисунок).

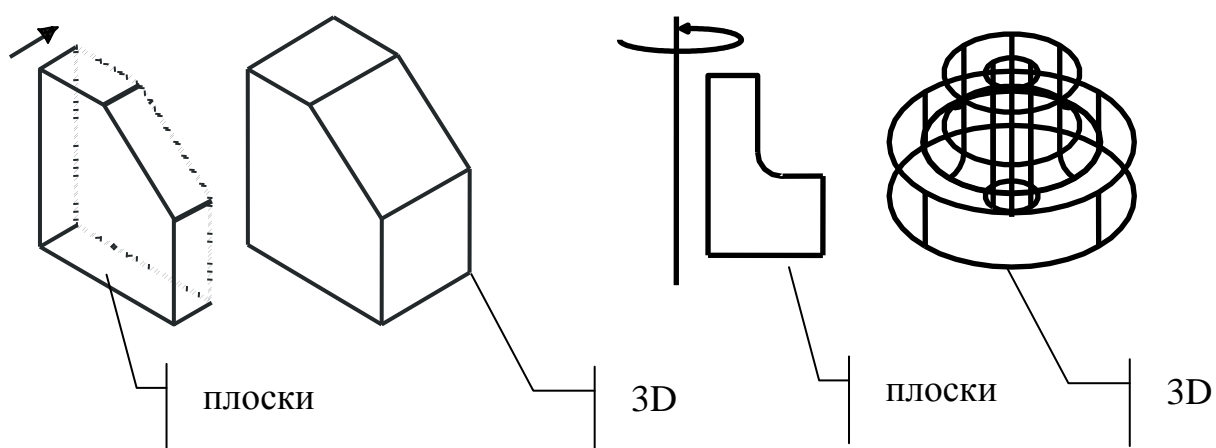


Рисунок 1 - Получение 3D модели выдавливанием и вращением

Более сложные тела образуются аналогичным образом – на поверхностях базового солида создаются новые эскизы, по которым строятся дополнительные тела. Эти новые тела либо добавляются к основному телу, образуя выступы, либо вычитаются из него, образуя пустоты (Рисунок).

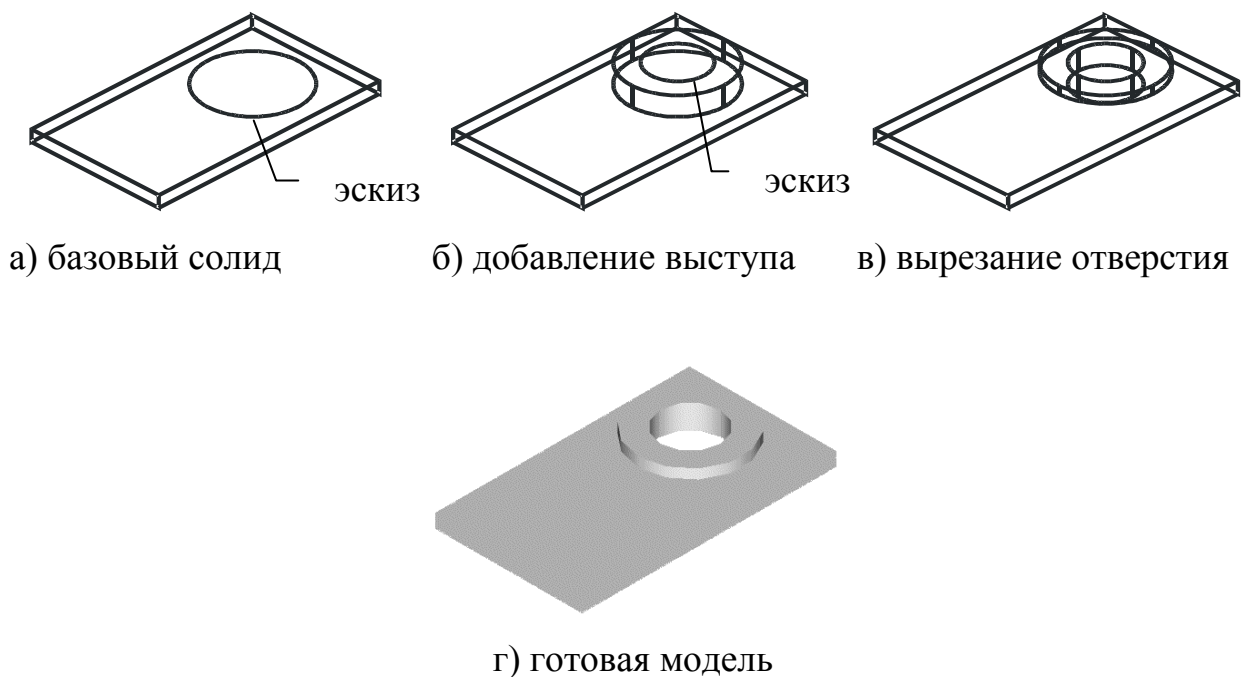


Рисунок 2 - Создание сложных тел

Еще один способ построения сложных тел известен как *лофтинг*. При лофтинге тело задается набором поперечных сечений, на которые накладывается внешняя поверхность. При помощи лофтинга легко получить тело сложной формы с плавными обводами (Рисунок).



Рисунок 3 - Лофтинг

Наконец, детали типа пружин, трубопроводов и т.п. моделируются при помощи движения *образующего контура* вдоль пространственной *направляющей* (кинематическое построение, Рисунок 4).

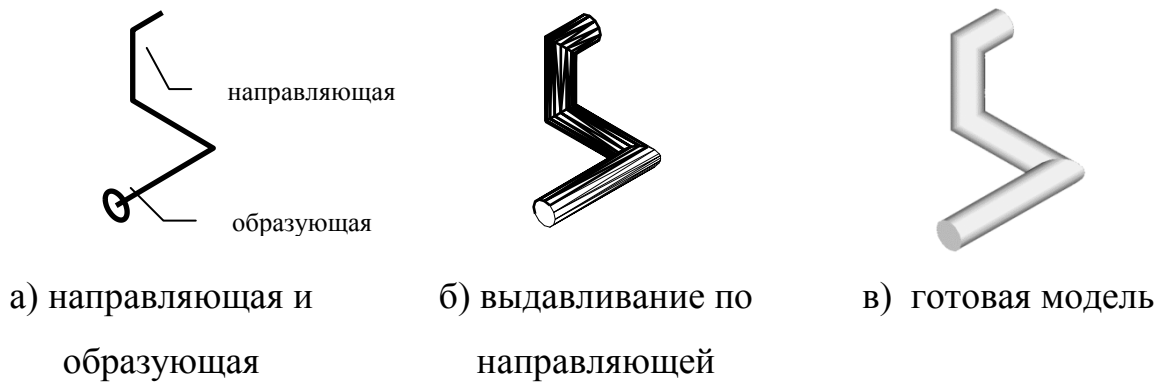


Рисунок 4 - Кинематическая операция

2.1 Основы работы с Компас 3D

Запускаем Компас 3D и выполняем команду меню **Файл → Создать**. Из предлагаемых вариантов выбираем **Деталь** и щелкаем по кнопке **ОК**. После этого Компас готов к созданию 3D модели детали.

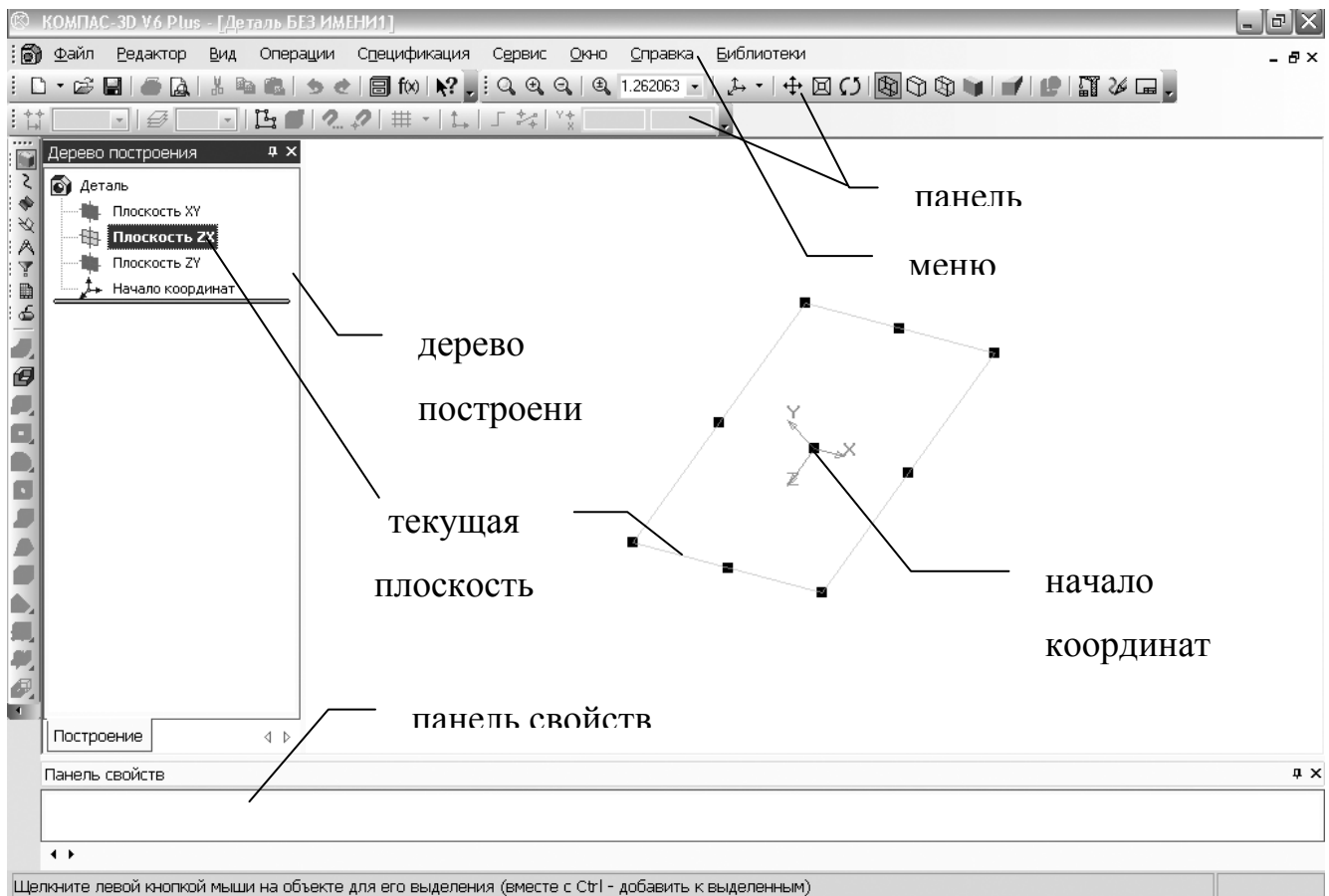


Рисунок 5 - Экран Компас 3D при создании 3D модели

Вид экрана системы показан на Рисунок 5. Форма и цвет кнопок могут отличаться в зависимости от выбранного стиля интерфейса.

На экране мы видим:

- *дерево построения*. В нем отображаются все создаваемые объекты и выполняемые операции. Дерево построения позволяет видеть весь процесс создания модели и при необходимости корректировать те или иные операции, удалять или добавлять новые, менять операции местами и пр. В начальный момент дерево содержит элементы, присутствующие в модели всегда: начало координат и три координатные плоскости.

- *панель свойств*. В ней отображаются элементы интерфейса, относящиеся к текущей выполняемой операции. В настоящий момент панель пуста.

- *панели инструментов*. На них находятся кнопки, управляющие работой Компас 3D. Панели можно перемещать, гасить, отображать. С назначениями кнопок мы будем знакомиться по мере необходимости.

- *меню*. Команды также можно вызывать из меню, как и в любой другой программе.

Поставим задачу – создать модель следующей несложной детали

"Кронштейн" (Рисунок).

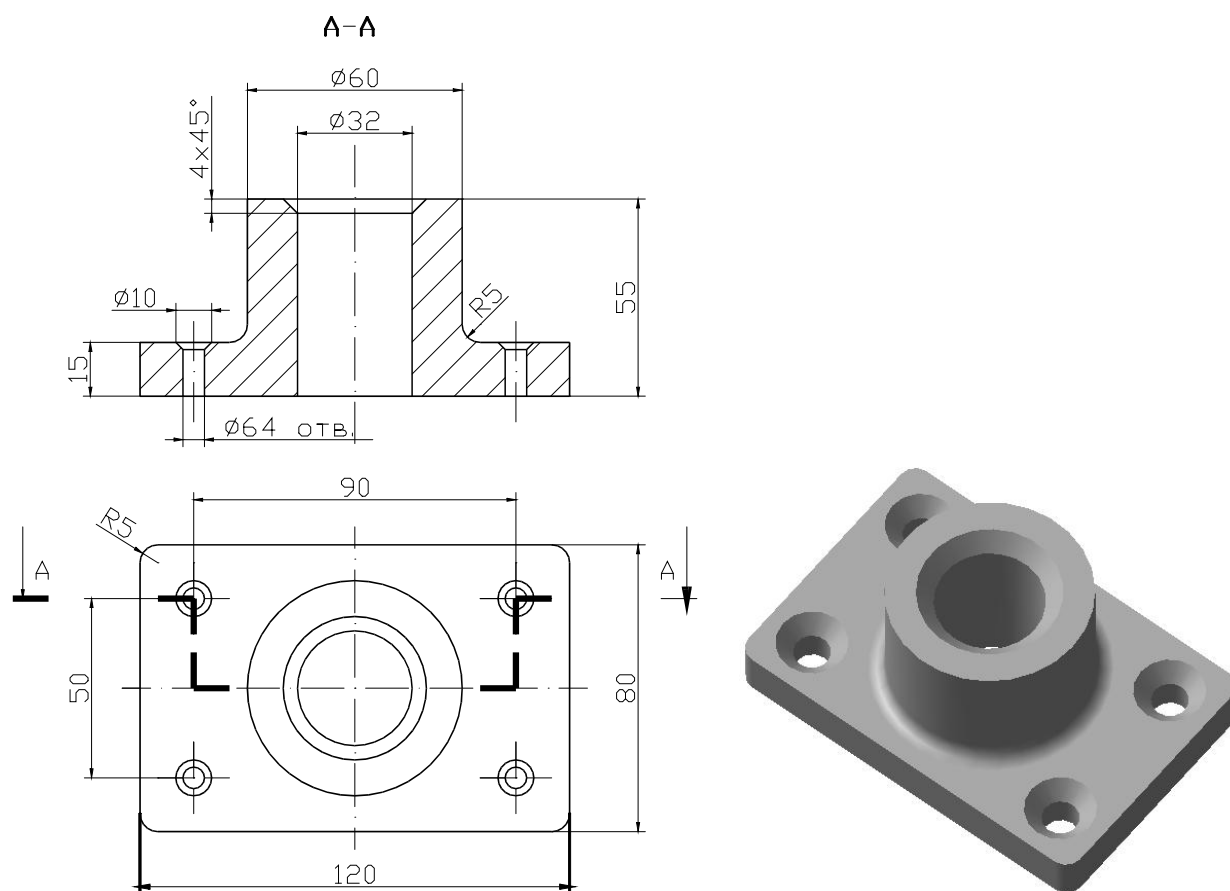

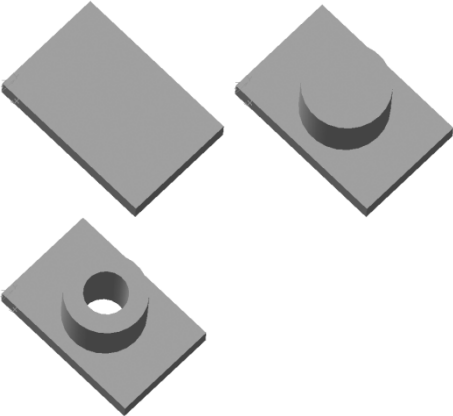


Рисунок 6 - Деталь для построения

Перед началом построения надо уяснить несколько **базовых правил 3D моделирования**:

- 1) Отбросьте такие элементы, как скругления и фаски – они создаются потом при помощи специальных команд.
- 2) Разбейте тело на ряд элементарных частей. Эти части могут быть и "пустыми" – например, пустой цилиндр образует сквозное отверстие.
- 3) Для каждого элементарного тела представьте плоский эскиз, на основе которого можно получить такое тело.
- 4) Если на детали есть повторяющиеся элементы, их следует объединять в массивы, а не отрисовывать поодиночке.
- 5) Помните, что все размеры на модели задаются *параметрически*. Это означает, что их можно в любой момент поменять. Фактически одна 3D модель соответствует большому множеству конструктивно подобных деталей.

Применим данные правила к нашей детали.

1. Отбросим скругления и фаски	
2. Выделим элементарные объемы: основание, сплошной цилиндр, пустотелый цилиндр и т.д.	

<p>3. Представим эскизы: прямоугольник, окружность, окружность...</p>	
<p>4. Учтем, что на детали есть четыре одинаковых отверстия и при построении будем создавать только одно, а остальные получим при помощи массива</p>	
<p>5. Все размеры – переменные величины, их можно менять на ходу, получая новую геометрию детали. Две детали на рисунке справа – это <i>одна и та же модель</i> с разными значениями размерных параметров.</p>	

Последовательность действий такова:

1. Зададим основные свойства детали: наименование, обозначение, свойства, материал. Для этого в дереве построения щелкните правой кнопкой мыши по пункту Деталь и в контекстном меню выберите пункт Свойства детали. При этом внизу экрана открывается панель свойств (рис. 7) – так будет происходить при выборе большинства команд.

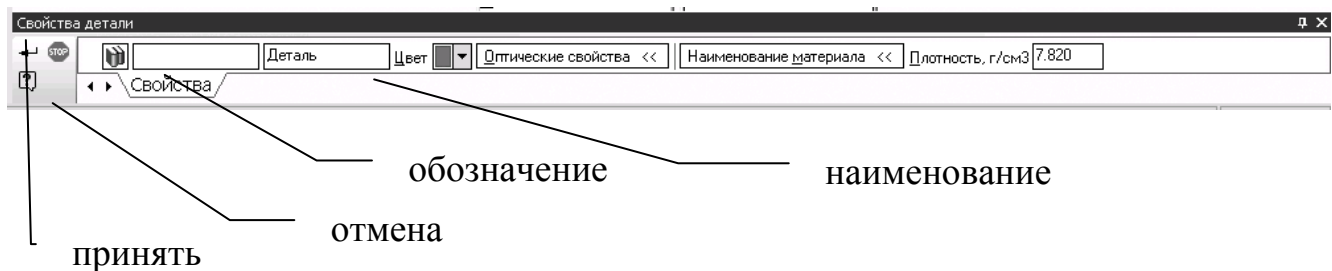






Рисунок 7 - Панель свойств детали

Заполните поля свойств детали: обозначение (вида АБВГ.123456.001) и наименование ("Кронштейн"). После ввода значения в поле обязательно






следует нажать клавишу Enter для фиксации введенного значения. Плотность материала по умолчанию равна плотности стали ($7,83\text{г/см}^3$), что нас устраивает. Цвет и оптические свойства детали можно не менять. После заполнения всех полей щелкните по кнопке  в левой части панели свойств. Данная кнопка принимает все введенные значения и закрывает панель.


2. Создаем эскиз для прямоугольного основания детали на одной из координатных плоскостей. Логично выбрать горизонтальную плоскость XY. Щелкните по пункту **Плоскость XY** в дереве построения. Данная плоскость будет выделена в окне графического редактора. Для создания эскиза на выделенной плоскости нажмите кнопку  на панели инструментов. После этого система входит в режим редактирования двумерного эскиза.



3. Для построения эскиза на панели слева щелкните по кнопке . Эта кнопка вызывает панель команд геометрических построений с кнопками для ввода точек, отрезков, прямых, окружностей и т.д.



4. Наш эскиз имеет вид прямоугольника размером $120\times 80\text{мм}$. Логично разместить один из его углов (для определенности – левый нижний) в начале координат. Привязка объектов в Компасе выполняется автоматически. Щелкните по кнопке  для построения прямоугольника. Курсор мыши приобретет вид крестика с цифрой 1, что означает выбор положения первого угла прямоугольника. Подведите курсор к началу координат. При этом сработает привязка и курсор примет вид косоугольного крестика с подписью вида привязки ("Ближайшая точка"). Щелкните левой кнопкой мыши для фиксации угла прямоугольника в начале координат.





5. Второй угол отстоит от первого на 120мм по оси X и на 80мм по оси Y. Можно сразу ввести эти размеры в панели свойств прямоугольника, отображенной в нижней части экрана. В поле "Высота" введите 80 и нажмите клавишу Enter. При этом высота прямоугольника зафиксируется, что будет отмечено крестиком на панели свойств. Аналогичным образом введите ширину. Все, прямоугольник построен.

6. Скорее всего, прямоугольник выйдет за пределы экрана. Для просмотра всего эскиза целиком нажмите клавишу F9 или щелкните по кнопке . Масштаб отображения задается очевидным образом кнопками    и . Масштабирование также может выполняться колесиком мыши.

7. Эскиз готов. Выйдите из режима построения эскиза, "отжав" кнопку . В дереве построения добавится новый пункт с именем вида "Эскиз:n". Выделите этот пункт в дереве, чтобы показать, какой эскиз мы будем выдавливать.

8. Теперь эскиз надо выдавить для получения солида. Щелкните по кнопке  для открытия панели инструментов трехмерного моделирования. Теперь нам нужна кнопка выдавливания эскиза . Обратите внимание, что у большинства кнопок в углу имеется черный треугольник, указывающий на то, что за одной кнопкой скрывается сразу несколько. Если щелкнуть по кнопке и удерживать ее нажатой, раскроется список остальных кнопок, из которых можно выбрать нужную.

9. После щелчка по кнопке  в открывшейся панели задач введите высоту выдавливания (15мм) и щелкните по кнопке создания объекта . Основание нашей детали готово.

10. Для просмотра полученного результата поверните изображение при помощи кнопки . Режим отображения – каркасный, со скрытыми линиями, полутонный - очевидным образом выбирается кнопками   .




11. Пора сохраниться. Выберите в меню пункт "Файл" → "Сохранить как..." и сохраните файл под желаемым именем и в желаемом каталоге. Файлы 3D моделей Компас имеют расширение m3d. При первом сохранении файла выводится диалог, в котором можно ввести сведения об авторе чертежа, примечания и пр.



2.2 Построение дополнительных элементов

Для построения цилиндра нужно создать соответствующий эскиз-окружность на верхней грани основания. Прежде всего нужно выделить верхнюю грань. Обратите внимание, что курсор мыши меняет свою форму при его поднесении к различным элементам 3D модели (Рисунок).



Рисунок 8 - Виды курсора при выделении элементов солида

Выделите верхнюю грань, щелкнув по ней, когда курсор имеет вид . Создайте на выделенной грани новый эскиз, щелкнув по кнопке . Чтобы развернуть грань так, чтобы смотреть на не точно сверху, а не под углом, щелкните по стрелке рядом с кнопкой  и в раскрывшемся списке выберите пункт "Нормально к..." Эта команда очень удобна для выбора нужной ориентации модели в пространстве.

Сейчас мы освоим другую технологию создания эскизов – параметрическое черчение. При помощи кнопки  постройте окружность произвольного диаметра в любом месте грани. Теперь нужно проставить размеры, значения которых укажут точное местоположение окружности. Щелкните по кнопке  для открытия панели инструментов простановки размеров. Следует иметь в виду, что проставляемые в эскизах размеры на двумерных чертежах не отображаются, они нужны лишь автору модели, поэтому располагать их можно произвольно.

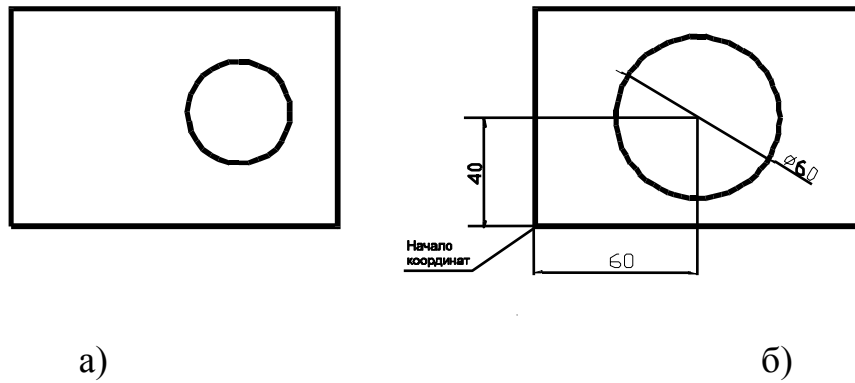










Рисунок 9 Произвольный эскиз (а) и фиксированный эскиз (б)

Для указания положения центра окружности его нужно привязать к какой-либо ранее заданной точке. У нас такая точка пока единственная – это начало координат. Для простановки размера щелкните по кнопке  "Линейный размер". Укажите начало первой выносной линии в начале координат (сработает привязка "Ближайшая точка"), а начало второй – в центре окружности (снова сработает привязка "Ближайшая точка"). Как видите, проставляемый размер оказался наклонным, а нам нужен размер вертикальный или горизонтальный. Чтобы сделать размер вертикальным или горизонтальным, щелкните по кнопке "Тип" () в панели свойств. После этого остается указать местоположение размерной линии. Затем откроется окно ввода конкретного значения размера. Введите нужную величину (40мм для вертикального размера и 60мм для горизонтального).



Вы можете заметить, что после простановки размера окружность переместилась, и от ее предыдущего положения на экране остался след. Это происходит потому, что для ускорения работы Компас не всегда автоматически перерисовывает изображение. Для перерисовки нажмите **Ctrl+F9** или щелкните по кнопке .

После простановки двух линейных размеров положение окружности зафиксировано. Осталось задать ее диаметр. При помощи кнопки  нужно выделить образмериваемый объект. При выделении объектов на чертеже

курсор имеет форму . Щелкните таким курсором по окружности и проставьте диаметр 55мм. Обновите изображение.

Щелкните по кнопке . При этом эскиз автоматически закроется и на панели инструментов появится кнопка . Эта кнопка добавляет новый объем к уже существующему. Щелкните по ней и на панели свойств в поле "Расстояние" введите высоту цилиндрической части (40мм), а затем щелкните по кнопке создания объекта . Поверните изображение для просмотра результата.

2.3 Построение отверстий

Построим сквозное отверстие. Выделим верхнюю круглую грань на цилиндрическом выступе и создадим на ней новый эскиз. При помощи привязки к центру и панели свойств построим на ней окружность радиусом 16мм. Закроем эскиз, выделим его в дереве построения и щелкнем по кнопке вырезания . Очень важно правильно указать тип вырезания – насквозь или на заданную глубину. В данном случае нужно указать, что отверстие проходит насквозь, тогда оно будет оставаться сквозным при любых изменениях высоты детали. Тип вырезания выбирается раскрывающимся списком  на панели свойств. Выберите пункт "Через все" и щелкните по кнопке создания объекта. Теперь любуйтесь результатом.

Аналогичным образом создайте одно сквозное крепежное отверстие Ø6мм в основании детали, основываясь на Рисунок 10.

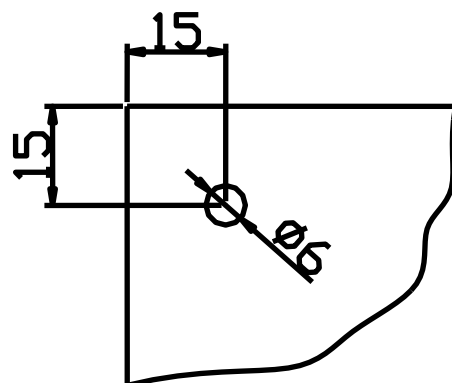


Рисунок 10 - Эскиз для построения крепежного отверстия
Фаску на отверстии пока создавать не будем. Итак, одно отверстие построено. Как же создать три оставшихся?

2.4 Массивы элементов

Использование массивов обязательно при построении одинаковых элементов. Главное преимущество массива состоит в том, что изменения, вносимые в базовый элемент, автоматически распространяются на все остальные.

Массивы могут быть прямоугольными, когда элементы располагаются в узлах прямоугольной сетки, и круговыми, когда они распределяются по окружности. Давайте создадим прямоугольный массив отверстий (Рисунок 21).

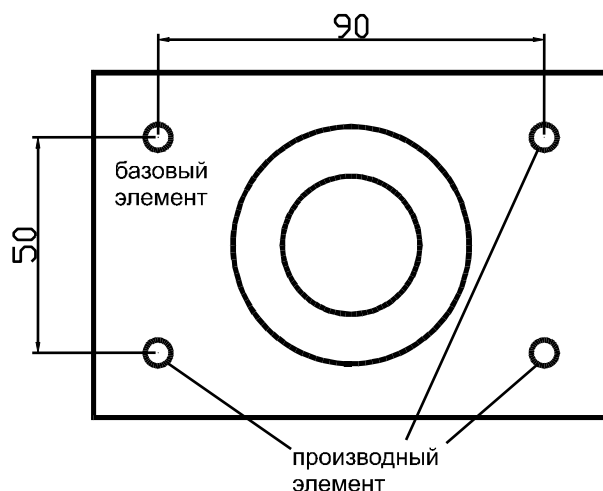






Рисунок 21 - Создание прямоугольного массива элементов



Сначала надо указать, какой элемент является базовым. Проще всего в дереве построения выделить последний пункт "Вырезать элемент выдавливания", соответствующий вырезанию в основании детали одного отверстия $\varnothing 6$ мм. Затем щелкните по кнопке  "Массив по сетке". В поля N1 и N2 вводятся числа элементов массива по горизонтали и вертикали. В нашем случае введите 2 в оба эти поля. В поле "Шаг 1" введите расстояние между элементами по горизонтали (90мм), а в поле "Шаг 2" – по вертикали (50мм). Если вы не видите на экране поле "Шаг 2", то оно прячется справа – достаточно подвести курсор мыши к стрелке на правом конце панели свойств и вся панель будет прокручена на экране справа налево.


В графическом окне отобразились три будущих отверстия, причем именно там, где они и должны быть. Щелкните по кнопке создания объекта  для завершения операции.

2.5 Фаски и скругления

В нашей модели пока отсутствуют мелкие элементы, откинутые на первых этапах ее построения. Давайте восполним этот недостаток. Фаски и скругления строятся очень просто при помощи кнопок  . На самом деле

эти две кнопки объединены в одну, о чем свидетельствует черный треугольник в ее уголке. Выбирать нужную кнопку мы уже умеем – см. с.8.

Создадим скругление радиусом 5мм в месте стыковки цилиндра с основанием. Выделим нижнее ребро цилиндра (при этом курсор мыши должен иметь форму  и щелкнем по кнопке . На панели свойств введем радиус, равный 5мм, и щелкнем по кнопке создания объекта. Все, скругление построено.

Теперь надо скруглить углы основания. Никогда не скругляйте их по отдельности! Надо выделить все четыре вертикальных ребра сразу и скруглять их одной командой. Для выделения сразу нескольких ребер переключитесь в каркасный режим отображения кнопкой .

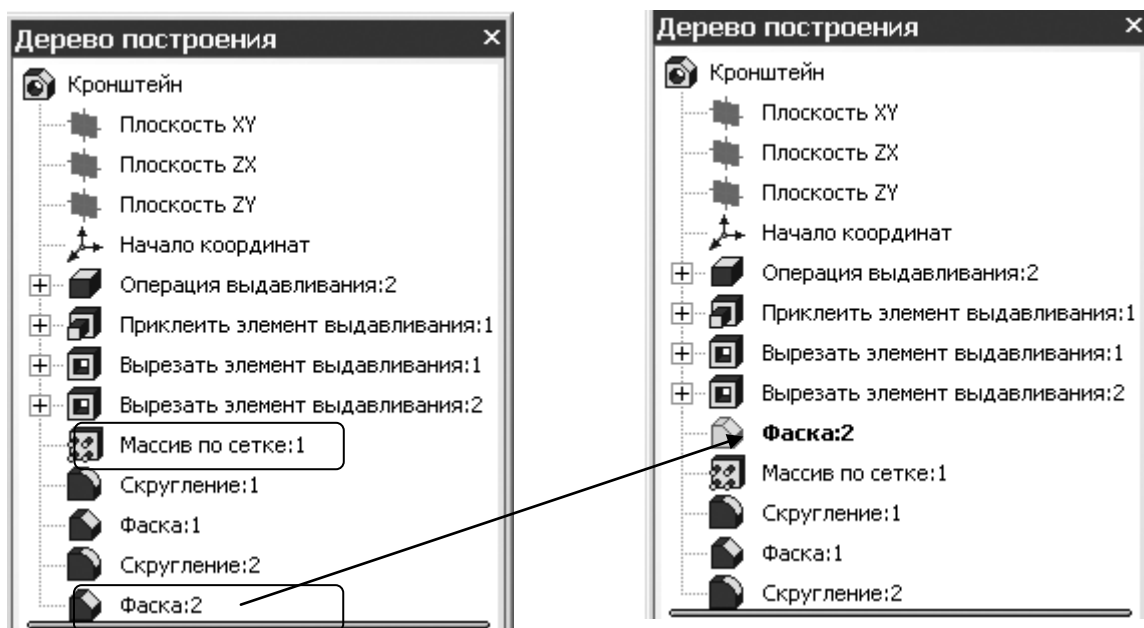
ПРАВИЛО: Несколько элементов выделяются с нажатой клавишей Ctrl

Нажмите и удерживайте клавишу Ctrl, а мышкой выделите четыре вертикальных ребра. Теперь скруглите их аналогично предыдущему примеру. Компас запомнил последнее введенное значение радиуса (5мм), поэтому это можно не вводить заново.

Попробуйте самостоятельно создать внутреннюю фаску на сквозном отверстии в цилиндре.

2.6 Использование дерева построения

Осталось создать фаску 2×45^0 на крепежных отверстиях. Одну фаску создайте на базовом элементе. Что делать дальше? Можно, конечно, создать еще один массив, но это будет явно неправильный подход – ведь массив-то у нас уже есть. Значит, надо просто добавить в него новый элемент – фаску. Но есть одна трудность. В дереве построения операция создания фаски 2×45^0 находится *ниже* операции создания массива (Рисунок 32,а).




а)

б)

Рисунок 3 - Работа с деревом построения

Поэтому фаску невозможно сразу добавить в массив – в момент создания массива она просто не существовала. Что же делать?

В Компасе есть очень удобная возможность перетаскивания элементов в дереве построения. Схватите мышкой пункт "Фаска:2" в дереве и перетащите его так, чтобы он оказался над пунктом "Массив по сетке" (Рисунок 32,б). После этого на значке "Фаска:2" в дереве появится красная галочка. Она указывает на то, что модель необходимо перестроить, т.е. заново просчитать ее геометрию. Для перестроения модели нажмите клавишу F5 или щелкните по кнопке  на панели инструментов.

Теперь надо внести изменения в команду создания массива. Щелкните правой кнопкой мыши по пункту "Массив по сетке" в дереве и в контекстном меню выберите пункт **Редактировать элемент**. На экране отобразится панель свойств массива, а в дереве красным цветом будет выделен пункт "Вырезать элемент выдавливания". Чтобы добавить в массив еще один элемент, просто щелкните в дереве по пункту "Фаска:2" и завершите команду. Готово – все четыре отверстия приобрели фаски.

На этом построение модели завершено.

2.7 Построение тел вращения

Тела вращения строятся немного по-другому. Давайте построим втулку, показанную на Рисунок .

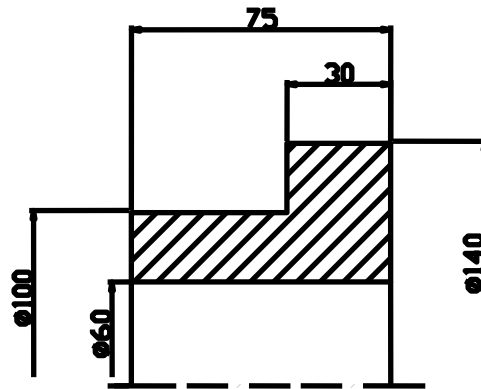



Рисунок 3 - Втулка

Создайте новый файл детали, задайте наименование детали "Втулка" и создайте новый эскиз на плоскости XY. А теперь поступим неожиданно: щелкните по кнопке непрерывного ввода отрезков  и нарисуйте контур сечения втулки совершенно произвольным образом, не обращая внимания на длины отрезков и углы их наклона. Единственное условие - начните его в начале координат. В итоге получится что-то вроде изображенного на Рисунок 44, а.

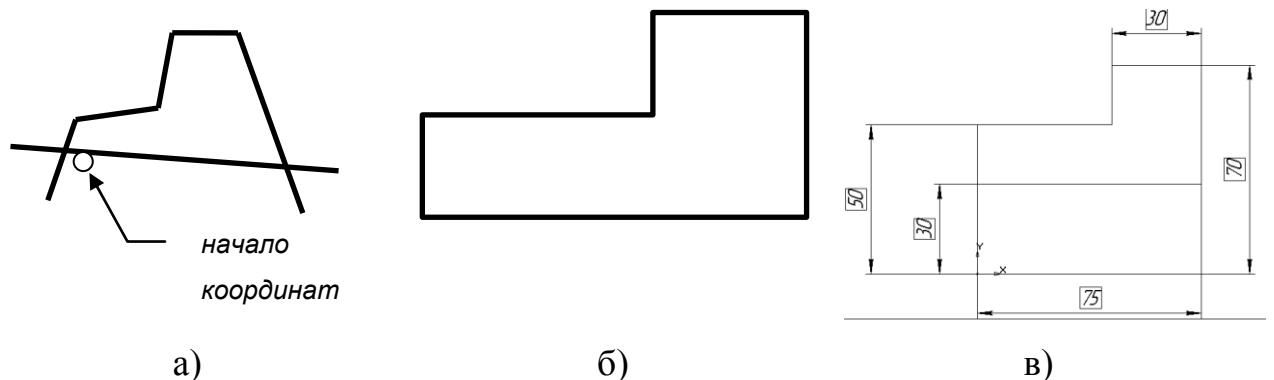











Рисунок 44 - Произвольный эскиз (а), уточненный эскиз (б) и образмеренный эскиз (в)


Этот кошмар надо приводить в порядок. Прежде всего, расположим сегменты контура под нужными углами. Для этого щелкните по кнопке  "Параметризация". Откроется панель инструментов, которая позволяет накладывать ограничения на элементы контура. Кнопка  позволяет задать вертикальность объектов, в ней же прячется и кнопка задания горизонтальности, о чем свидетельствует черный треугольник на кнопке. Щелкните по кнопке  и курсором выбора объекта выделите те элементы контура, которые должны быть вертикальными. Затем переключите кнопку и аналогичным образом задайте горизонтальность. Стало значительно лучше, не правда ли?

Чтобы отрезать торчащие в стороны и вниз "усы", щелкните по кнопке  "Редактирование" и затем по кнопке  "Усечь кривую". Теперь останется щелкнуть по выступающим кускам – они будут автоматически удалены. Прервите команду усечения кнопкой . Эскиз должен принять вид, показанный на Рисунок 4, б.

Теперь эскиз надо образмерить. Как это сделать, вы уже знаете. Результат показан на Рисунок 4, в.

Чтобы построить тело вращения, в эскизе, помимо замкнутого контура, должна присутствовать ось вращения. Проведите отрезок произвольной длины горизонтально через начало координат. Теперь надо указать, что это именно ось. Щелкните правой кнопки мыши по только что проведенному отрезку и в контекстном меню выберите пункт **Изменить стиль**. Раскройте список "Чем заменять" и выберите пункт "Осевая". Закройте эскиз.

Операцию вращения эскиза выполняет кнопка , совмещенная с уже известной нам кнопкой . Выделите последний созданный эскиз в дереве построения и щелкните по кнопке . На панели свойств этой операции можно задать угол поворота. В данном случае оставьте его значение по

умолчанию, равное 360° . Щелкните по кнопке создания объекта  и наслаждайтесь результатом (Рисунок 5).

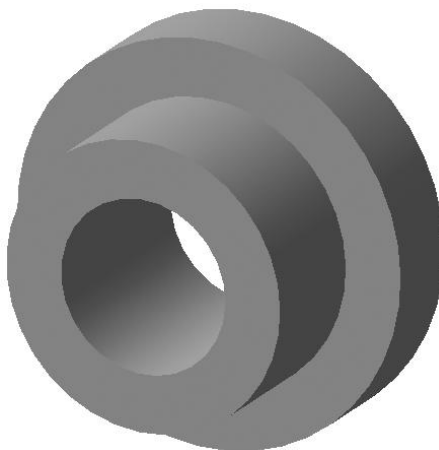
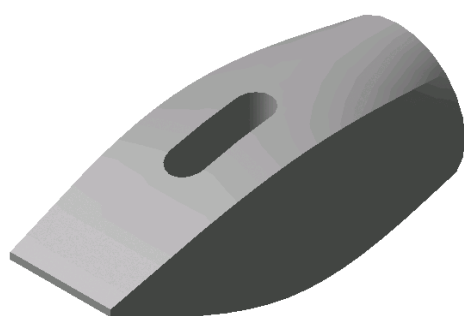


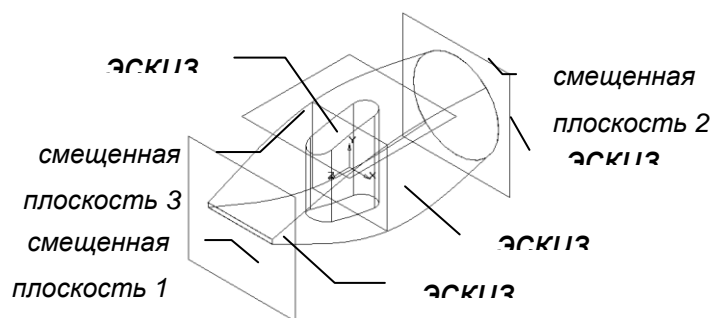
Рисунок 55 - 3D модель втулки

2.8 Лофтинг

При лофтинге геометрия тела задается набором сечений, расположенных на ряде плоскостей. Сечения плавно "перетекают" одно в другое. Лофтинг – самый удобный способ получения моделей тел со сложными и плавными обводами. Задание геометрии набором сечений, известное как шаблонно-плазовый метод производства, уже около 100 лет применяется в авиации и судостроении.








а)



б)

Рисунок 16 - Молоток (а) и секрет его построения (б)

Создайте новую деталь и дайте ей наименование "Молоток". Прежде всего, нужно создать ряд дополнительных плоскостей, на которых будут создаваться эскизы. Плоскость для эскиза 2 (Рисунок , б) уже существует – это любая из координатных плоскостей. Для определенности примем, что это плоскость XY. Создадим смещенную плоскость 1, отстоящую от плоскости XY на 50мм. Щелкните по кнопке  "Вспомогательная геометрия", выделите в дереве построения плоскость XY и щелкните по кнопке  "Смещенная плоскость". В открывшейся панели свойств введите расстояние смещения, равное 50мм, и щелкните по кнопке создания объекта. В эскизе появится новая плоскость, проходящая параллельно плоскости XY на расстоянии 50мм от нее.

Для создания смещенной плоскости 2 снова выделите плоскость XY и щелкните по кнопке . Введите то же расстояние 50мм. Для плоскости 2 надо указать, что эти 50мм будут отсчитываться в другую сторону – в отрицательном направлении оси Z. Кнопки   позволяют изменить направление смещения плоскости.

Итак, имеются три плоскости: XY, смещенная плоскость 1 и смещенная плоскость 2. На них надо создать эскизы, как показано на Рисунок 6.

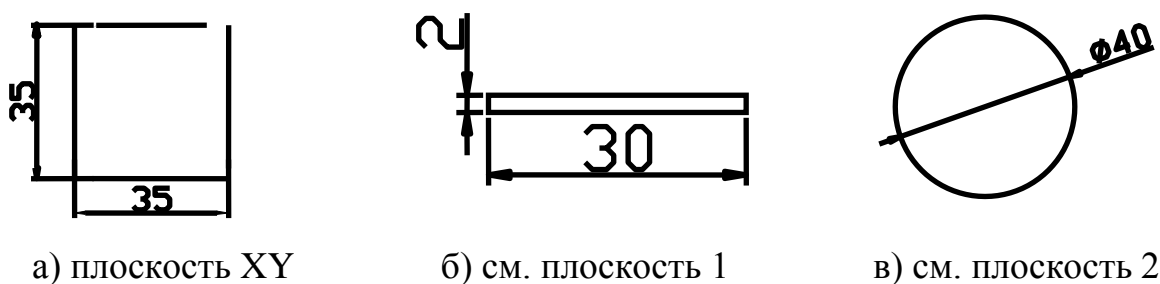


Рисунок 6 - Эскизы для построения модели молотка

Центры всех эскизов должны лежать на одной прямой, проходящей через начало координат (Рисунок 78).

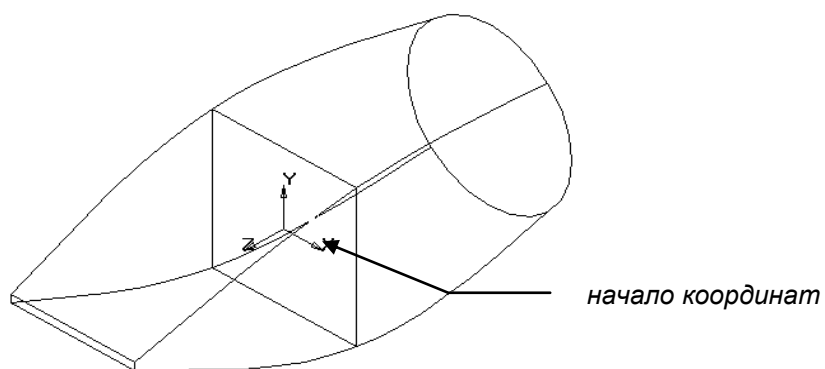



Рисунок 78 - Расположение эскизов при лофтинге

Поэтому при построении эскизов на плоскости XY и смещенной плоскости 1 следует применить другой способ построения прямоугольника – от центра. Создайте эскиз на плоскости XY, переключите кнопку построения прямоугольника на "Прямоугольник по центру и вершине", щелкните по ней, укажите начало координат как центр прямоугольника и на панели свойств введите его длину и ширину (по 35мм). Аналогично постройте эскиз прямоугольника 2×30мм на смещенной плоскости 1. Построение окружности на плоскости 2 элементарно.

После того, как все три эскиза подготовлены, выйдите из эскиза и переключите кнопку в режим лофтинга, чтобы она приняла вид . В появившемся окне следует указать эскизы в правильной последовательности: эскиз на плоскости 2, на плоскости XY, на плоскости 1. Сделайте это, выделяя нужные эскизы в дереве построения. Щелкните по кнопке создания объекта – молоток почти готов!

Для проделывания в молотке отверстия под ручку создайте плоскость (смещенная плоскость 3 на Рисунок , б), отстоящую от плоскости XZ на произвольное расстояние, заведомо большее высоты молотка (например, на 30 мм). Создайте на этой плоскости эскиз и изобразите прямоугольник с центром в начале координат и размерами 35×10мм. Щелкните по кнопке , в панели свойств введите радиус скругления 5мм и попарно укажите сопряженные стороны прямоугольника для их скругления. Закройте эскиз, выделите его в дереве построения и щелкните по кнопке вырезания . В

списке  выберите пункт "Через все" и щелкните по кнопке создания объекта. Все, молоток готов.

2.9 Дело – труба

Сможете ли вы построить деталь, изображенную на Рисунок 19? На первый взгляд, это что-то очень сложное, кривое и запутанное. На самом же деле все не так плохо.

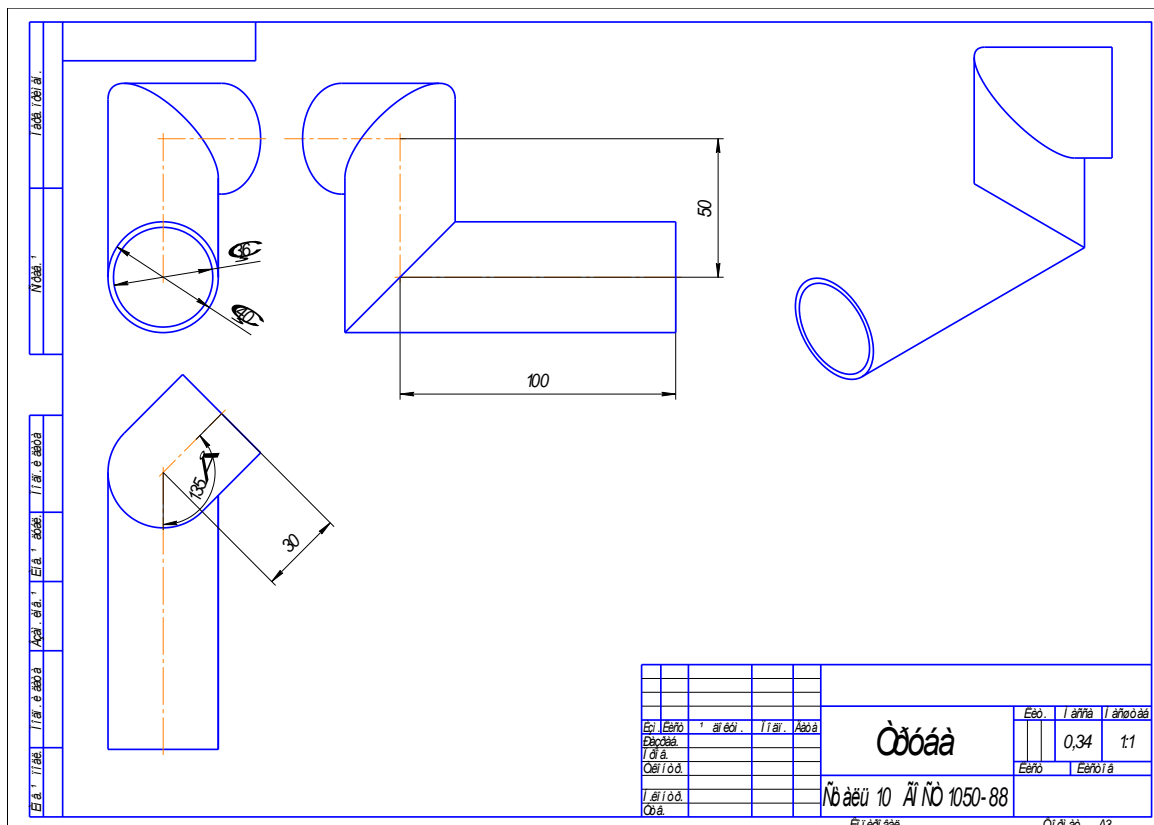


Рисунок 19 - Труба

Чтобы получить трубу, достаточно протянуть окружность (образующую) диаметром 40мм по пространственной траектории (направляющей), состоящей из трех сопряженных отрезков с длинами 100, 50 и 30 мм. Внутреннее отверстие в трубе делается специальной командой.

Для построения образующей и направляющей сначала надо создать систему вспомогательных плоскостей (Рисунок 8).

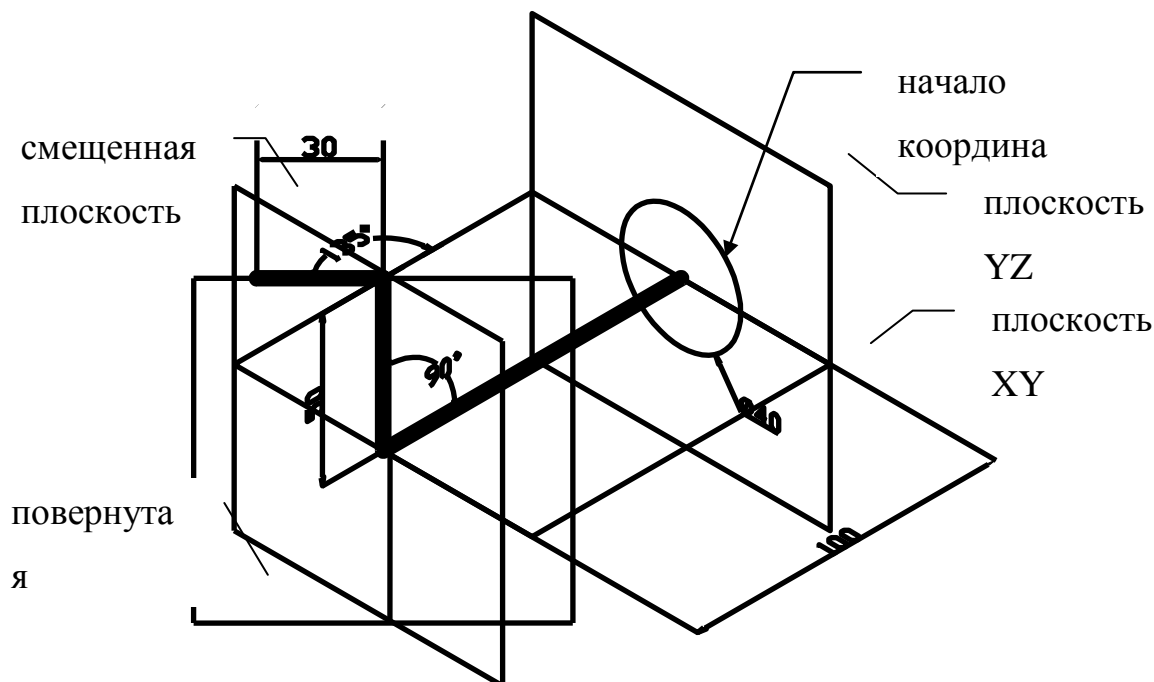









Рисунок 80 - Вспомогательные плоскости для построения трубы



Плоскости XY и YZ существуют всегда. Создайте на плоскости YZ эскиз и постройте в нем окружность с центром в начале координат и диаметром 40мм. Закройте эскиз, выделите плоскость XY в дереве построения, создайте эскиз на ней и проведите отрезок из начала координат. Для этого щелкните по кнопке создания отрезка , укажите положение первого конца отрезка в начале координат и на панели свойств введите в поле "Длина" значение 100мм, а в поле "Угол" – 0°. После этого отрезок будет создан автоматически, так как Компас получил всю необходимую информацию для его проведения. Закройте эскиз.

Следующий этап – построение смещенной плоскости 1. Выделите плоскость YZ, щелкните по кнопке  "Вспомогательная геометрия", а затем по кнопке  "Смещенная плоскость". Введите величину смещения, равную 100мм, и выберите нужное направление смещения так, чтобы новая плоскость проходила чрез конец ранее проведенного отрезка.

На этой новой плоскости создайте эскиз и проведите в нем отрезок длиной 50мм, начинающийся в конечной точке предыдущего отрезка. Для этого задайте длину нового отрезка (50мм) и угол 180° . Закройте эскиз.

Для построения повернутой плоскости переключите кнопку  в режим  "Плоскость под углом к другой плоскости". Выделите в дереве построения смещенную плоскость 1, далее укажите только что проведенный вертикальный отрезок в качестве линии пересечения плоскостей и введите на панели свойств угол поворота 45° . Кнопками   добейтесь правильного направления угла, как на Рисунок 80.

Создайте эскиз на повернутой плоскости и проведите в нем отрезок от конца предыдущего отрезка длиной 30мм под углом 180° . Закройте эскиз. На этом подготовительная работа закончена.


Переключите кнопку  в режим  "Кинематическая операция" и щелкните по ней. Щелкните по эскизу с окружностью, задавая образующую кинематической операции. Далее последовательно выделите отрезки, составляющие траекторию. На панели свойств переключитесь на закладку "Тонкая стенка" и задайте тип построения тонкой стенки "Внутри" и "Толщину стенки 2" 2мм. Щелкните по кнопке создания объекта – труба готова!


2.10 Получение проекционных чертежей

По 3D модели часто необходимо построить обычный проекционный чертеж. Компас умеет это делать автоматически. Давайте, например, построим проекционный чертеж трубы (Рисунок 19), модель которой мы создали в предыдущем упражнении. Откройте файл с моделью трубы.

Создайте новый файл, но выберите его тип не "Деталь", а "Чертеж". По умолчанию вы увидите рамку и основную надпись на листе формата А4. Для нашей трубы более удобен горизонтальный формат А3. Щелкните правой кнопкой мыши в любом месте чертежа, из контекстного меню выберите



пункт **Параметры текущего чертежа**, в открывшемся окне в списке слева распахните пункт "Параметры листа → Формат" и установите формат А3 горизонтальный. Нажмите F9 для просмотра всего чертежа. Обратите внимание, что основная надпись уже частично заполнена автоматически теми значениями, которые были заданы в свойствах 3D модели (наименование, обозначение, материал).


Чтобы добавить в чертеж три стандартных вида, щелкните по кнопке  "Стандартные виды". В открывшемся окне будут отображены 3D модели, открытые в данный момент в системе Компас. В нашем случае это модель трубы. Щелкните по кнопке ОК и укажите местоположение видов на листе.


Можно добавить и нестандартный вид, к примеру, изометрию. Для этого щелкните по кнопке  "Произвольный вид", выберите 3D модель (ту же трубу) и на панели свойств вида поменяйте значение в списке "Ориентация главного вида" на "Изометрия XYZ". Остается указать местоположение вида на листе.

Полученный чертеж необходимо оформить. Для заполнения граф основной надписи выполните двойной щелчок мышью по любой графе, после чего всю основную надпись можно редактировать как обычный текст. Для завершения редактирования основной надписи щелкните по кнопке создания объекта на панели свойств.

Для дальнейшего оформления обратите внимание на то, что любой из видов можно сделать *текущим*. Все команды простановки размеров, осевых линий, обозначений и пр. применяются к текущему виду. Чтобы сделать вид текущим, выделите его щелчком мыши по пунктирной рамке (вид при этом помещается в зеленую рамку), щелкните правой кнопкой мыши и в контекстном меню выберите пункт **Текущий**.

Чтобы провести осевые линии, щелкните по кнопке  "Обозначения", а далее на панели инструментов выберите кнопку  "Осевая по двум точкам". Используя автоматические привязки, постройте осевые линии

сегментов трубы. Кнопка  позволяет вставить обозначение центра, выделив окружность или дугу.

Для простановки размеров щелкните по кнопке . При этом отобразится соответствующая панель инструментов. Размеры проставляются так же, как и на эскизах 3D модели. Чтобы изменить размерный текст, добавить отклонения и пр., щелкните мышью в поле "Текст" панели свойств размера. В появившемся окне можно вводить знаки, квалитеты, отклонения.

Двумерные чертежи Компаса сохраняются в файлах с расширением kdw. Сохраните чертеж.

3. Объекты исследования, оборудование, материалы и наглядные пособия

Объектом исследования данной лабораторной работы является графический редактор 3D КОМПАС, позволяющий строить модели твердых тел, которые задаются не только оболочкой, но и объемом, ею ограниченным.

Для выполнения работы необходимы ПК и соответствующее программное обеспечение:

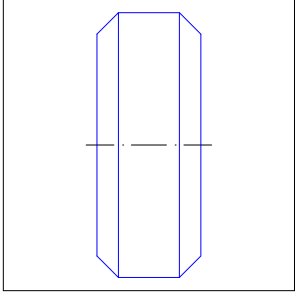
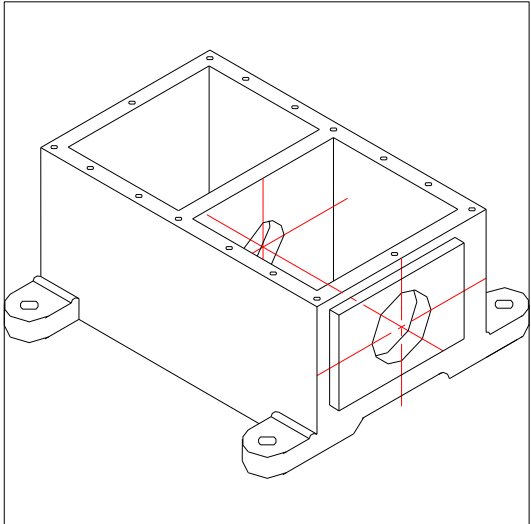
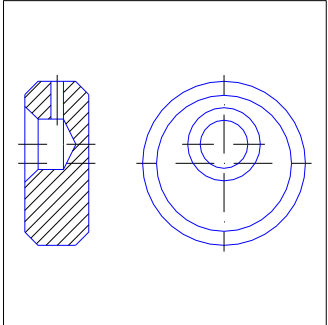
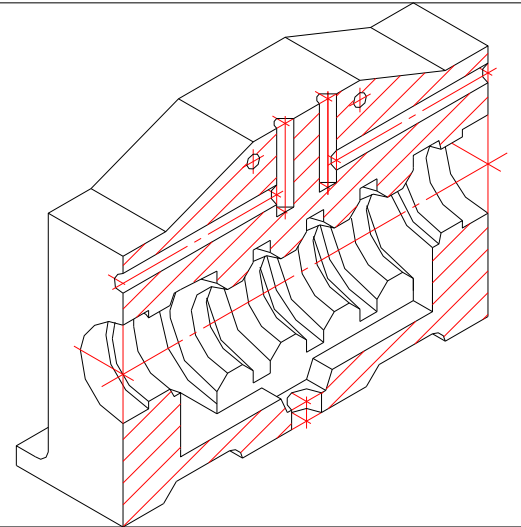
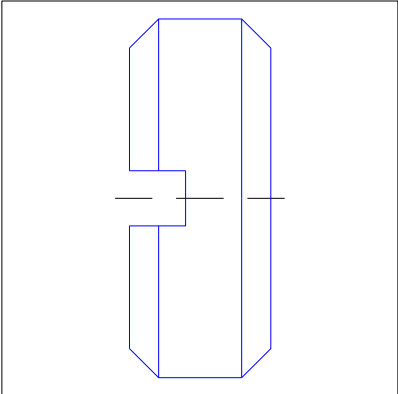
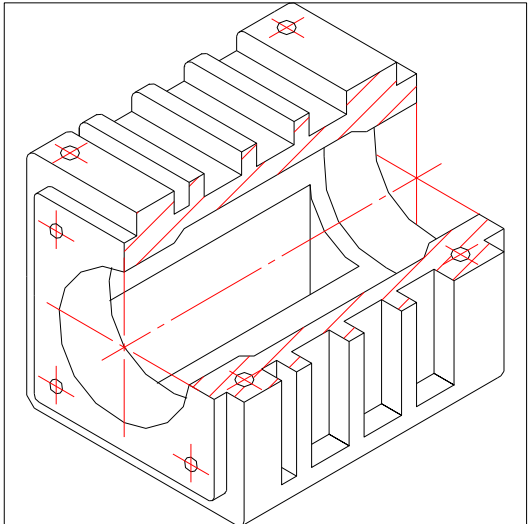
- MS WINDOWS;
- 3D КОМПАС;
- MS Office (для оформления отчета).

4. Задание на работу (рабочее задание)

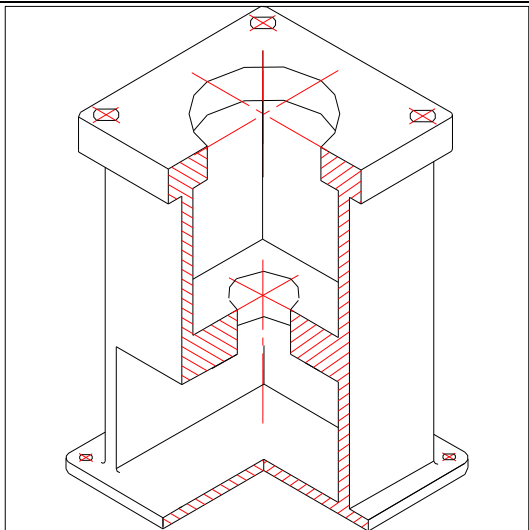
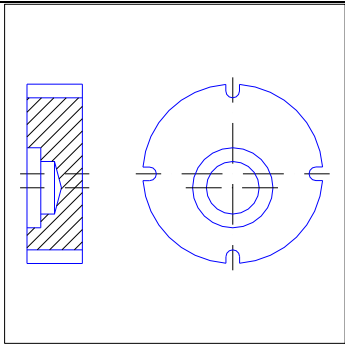
Построить по заданным эскизам:

- 3D модель тела вращения;
- 3D модель корпусной модели;
- проекционный чертеж.

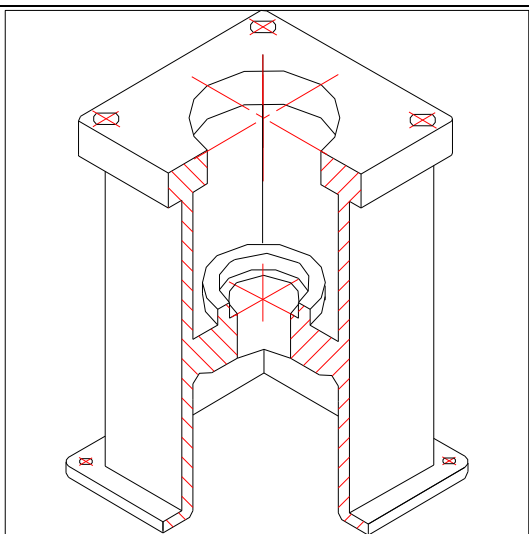
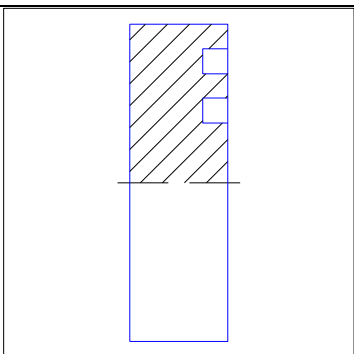
ВАРИАНТЫ:

1.		
2.		
3.		

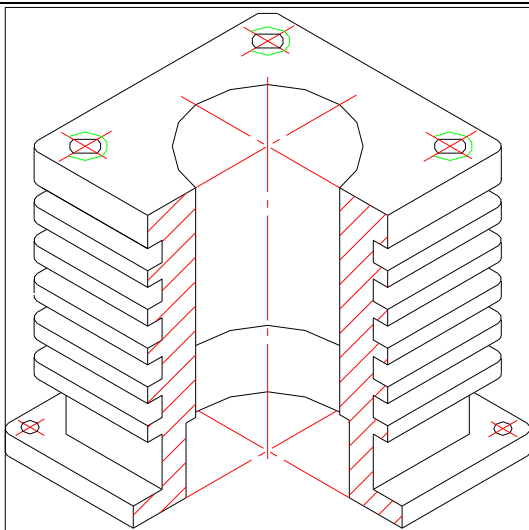
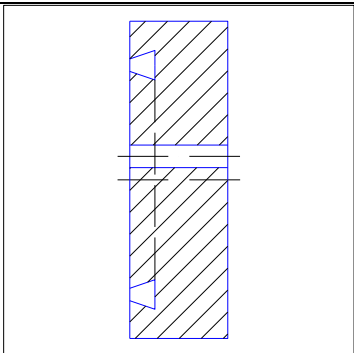
4.



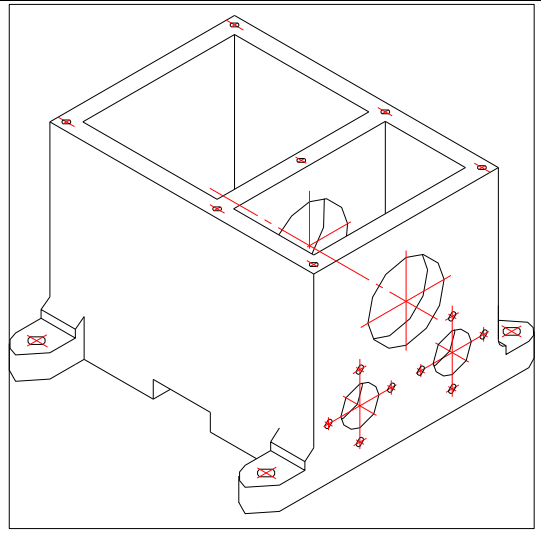
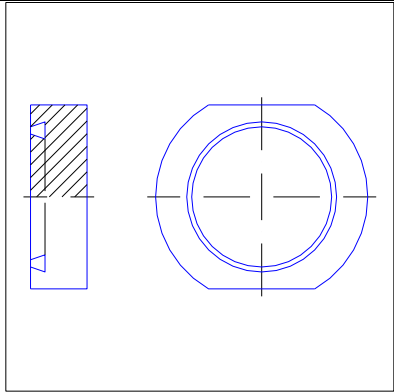
5.



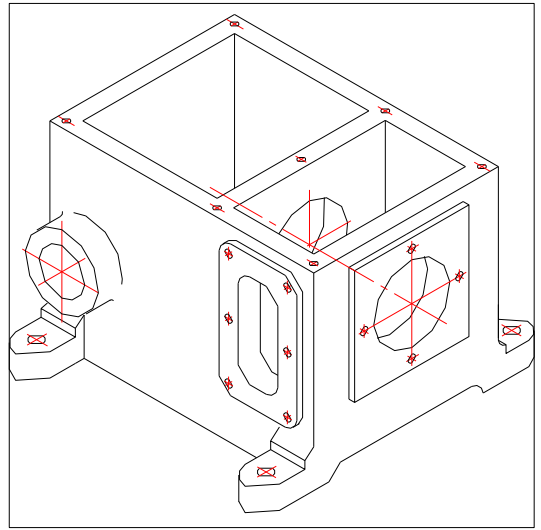
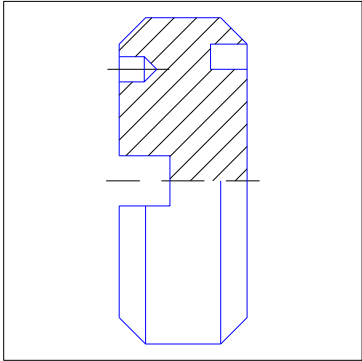
6.



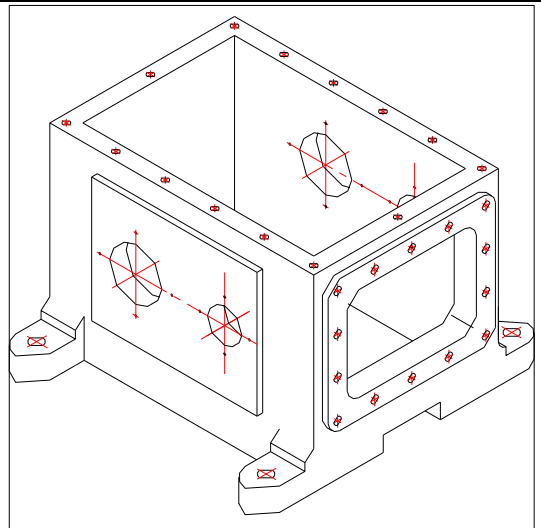
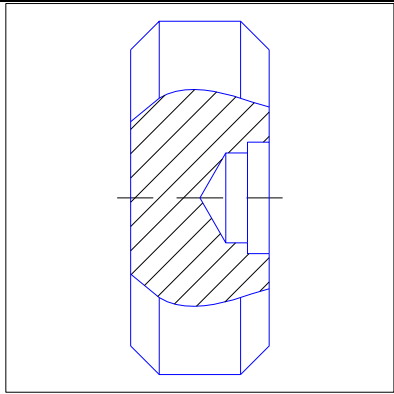
7.



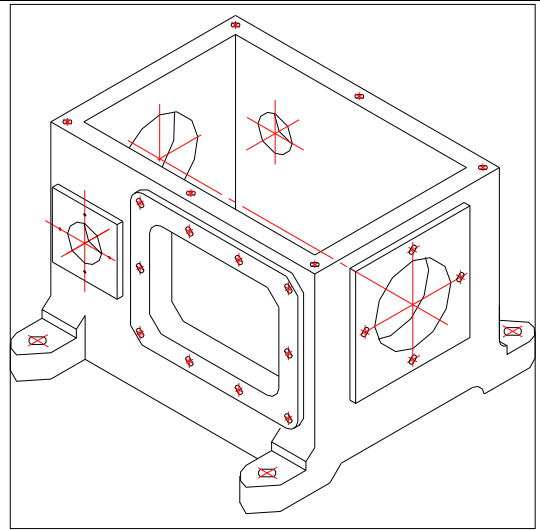
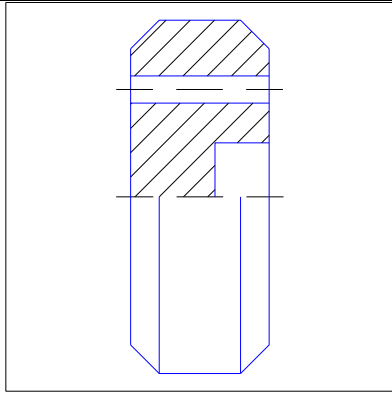
8.



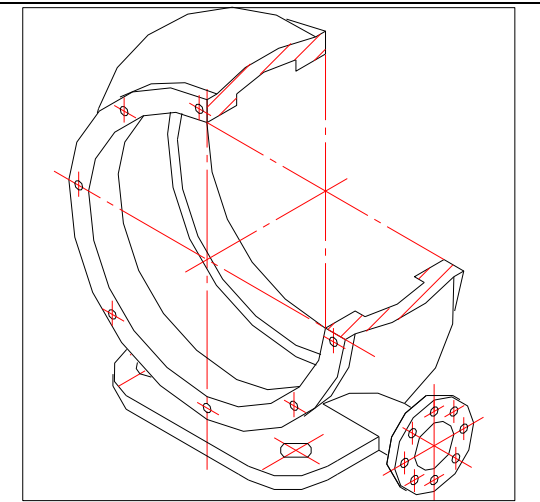
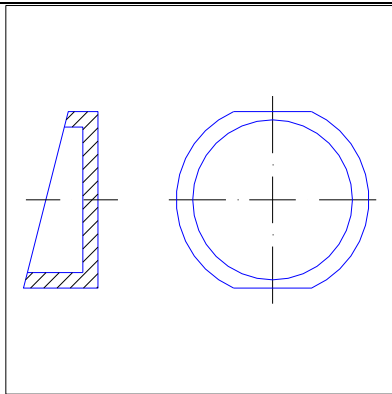
9.



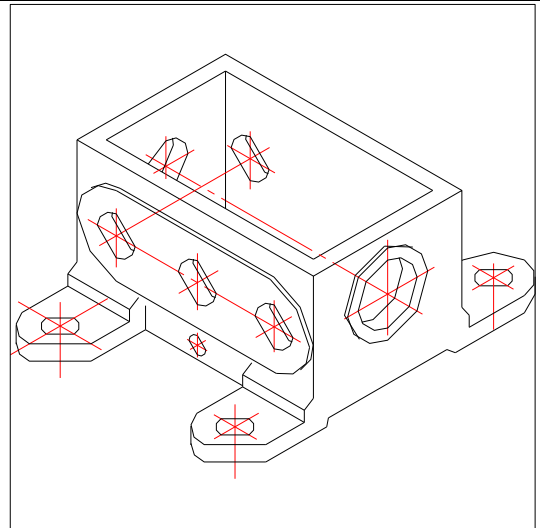
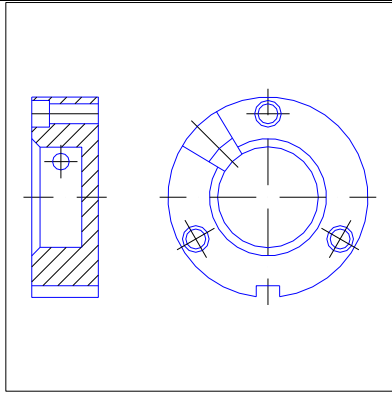
10.



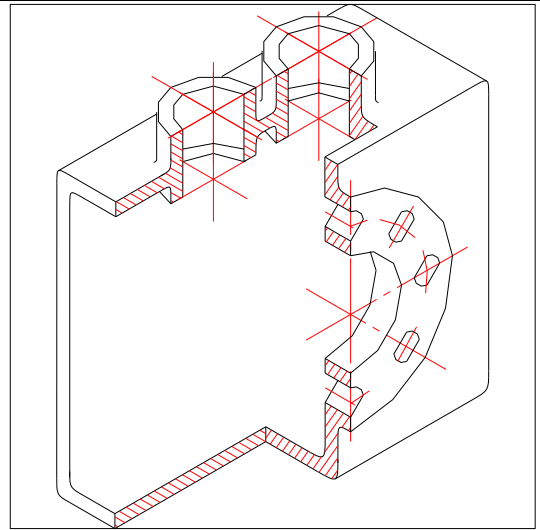
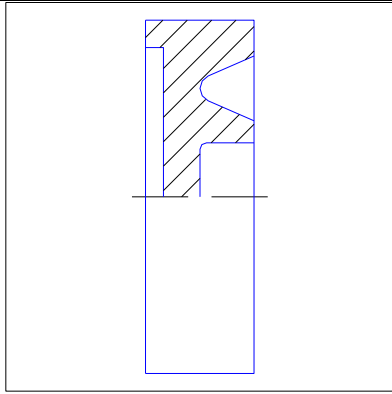
11.



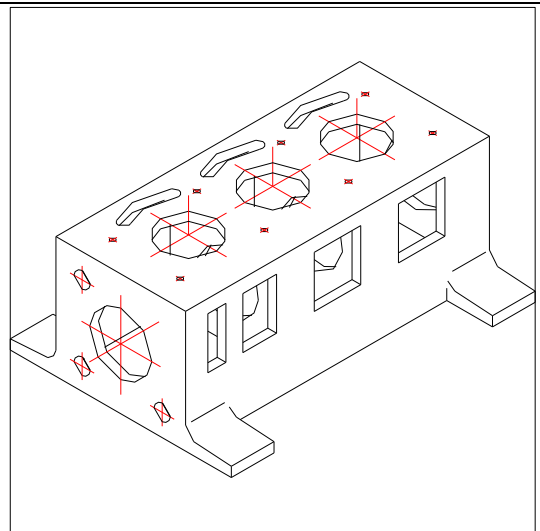
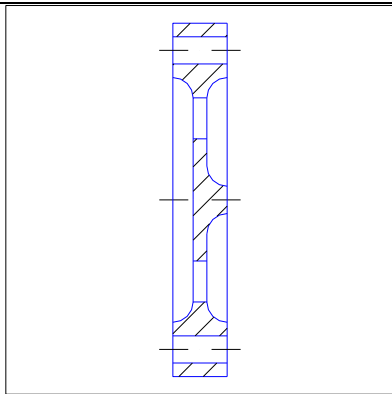
12.



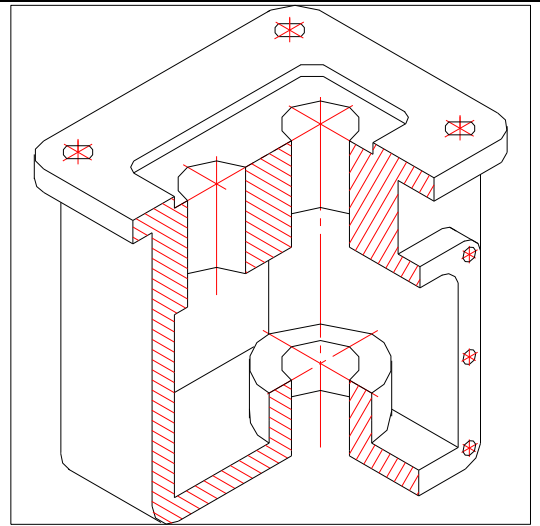
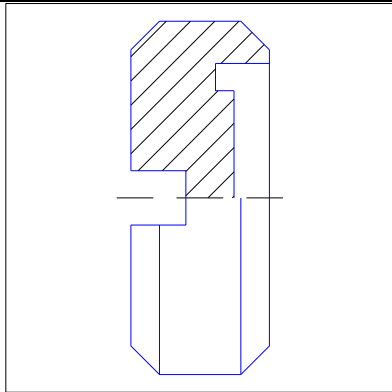
13.



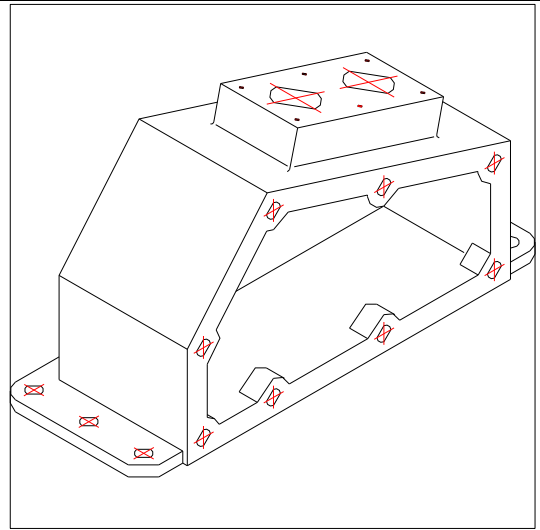
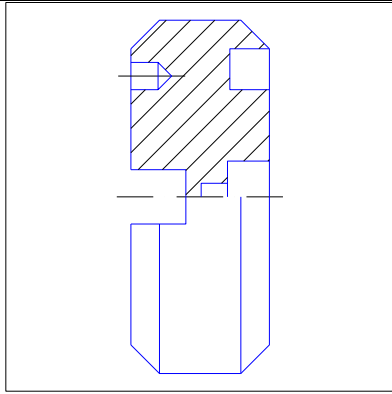
14.



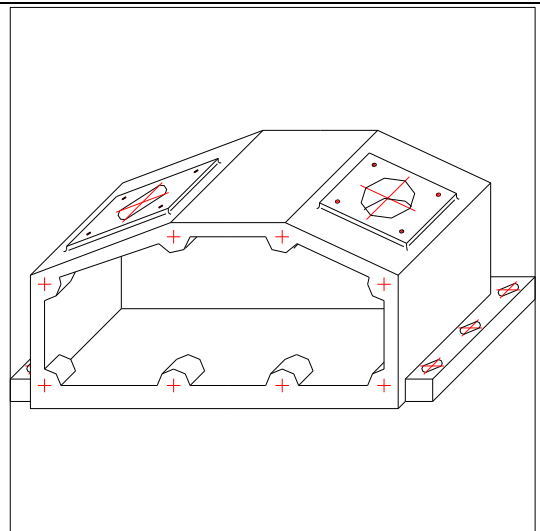
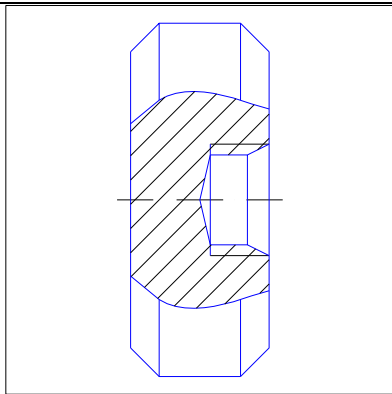
15.



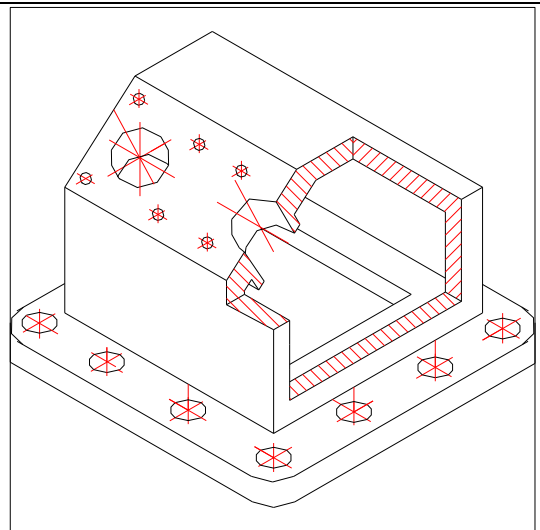
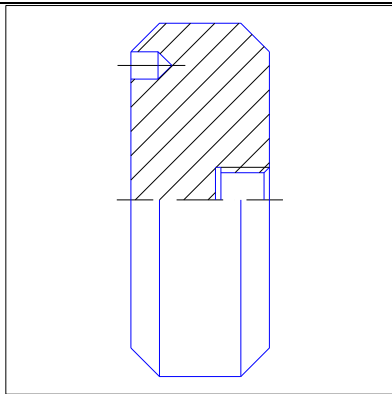
16.



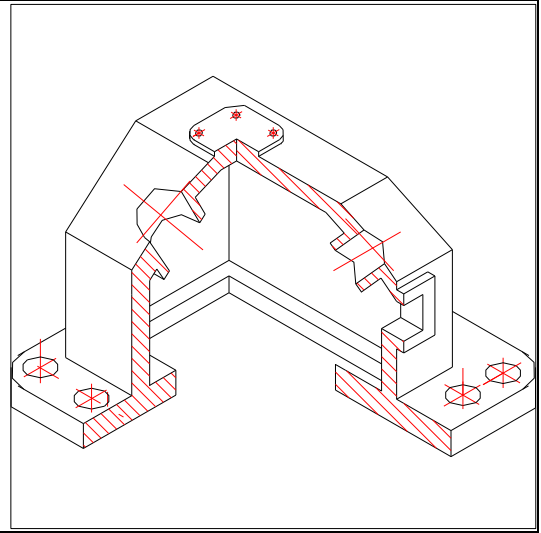
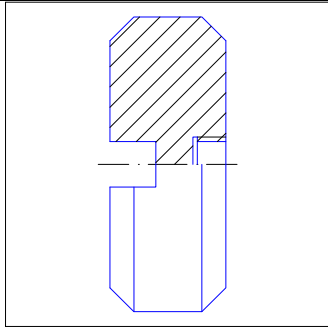
17.



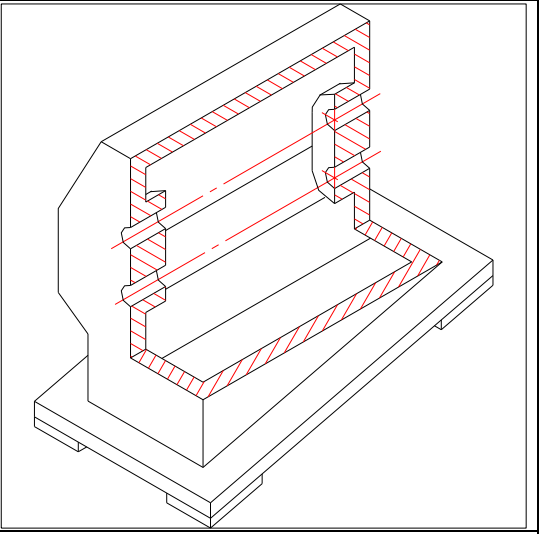
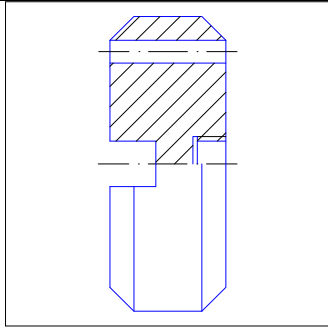
18.



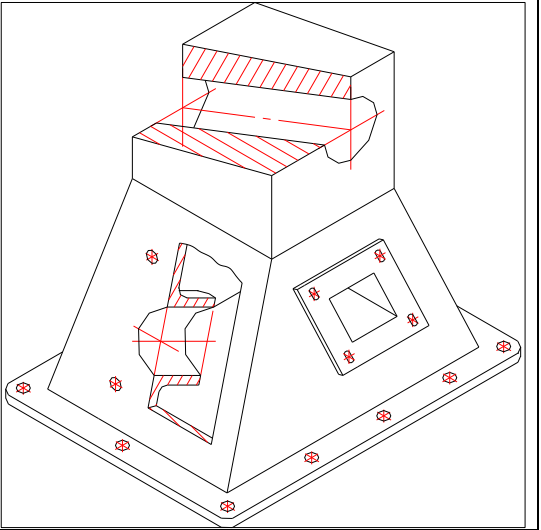
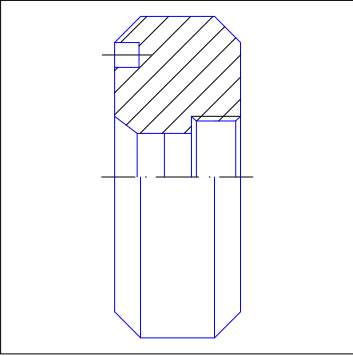
19.



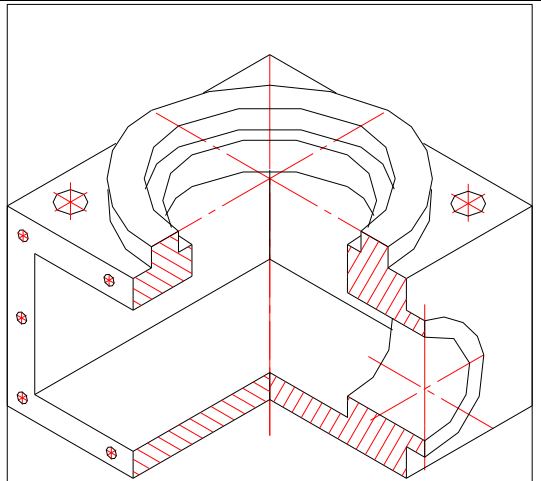
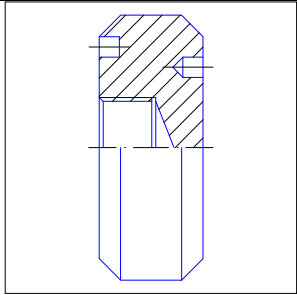
20.



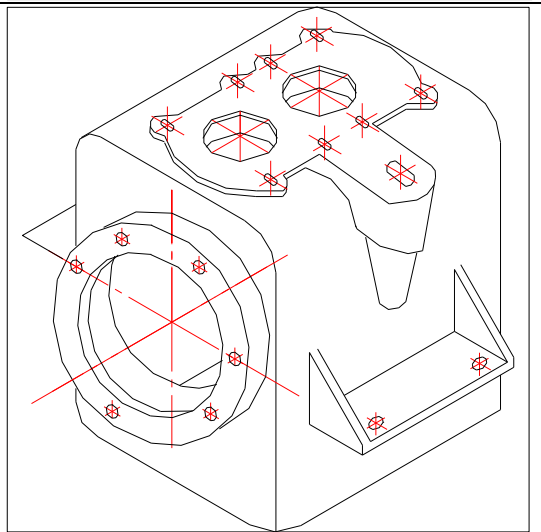
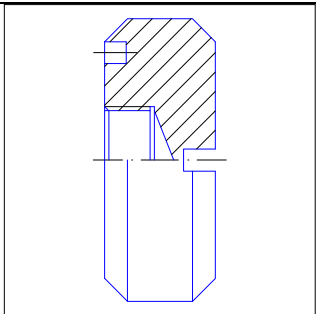
21.



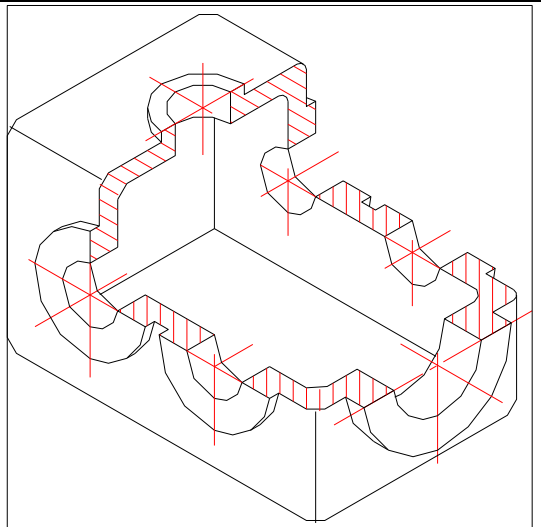
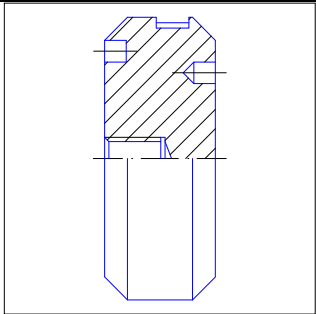
22.



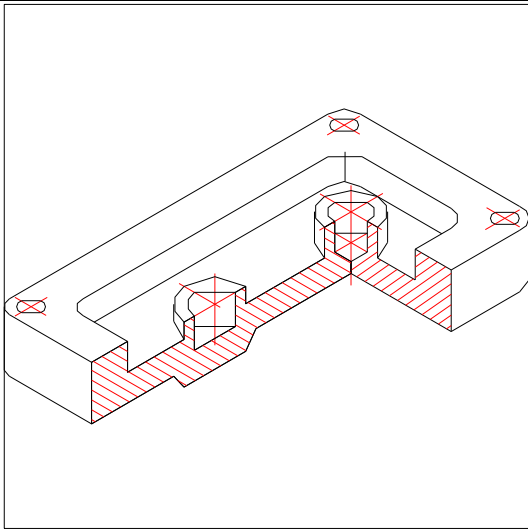
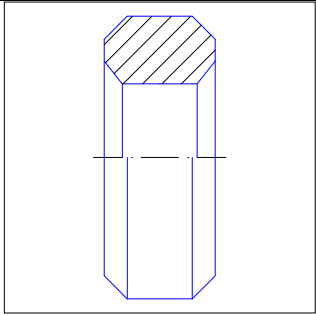
23.



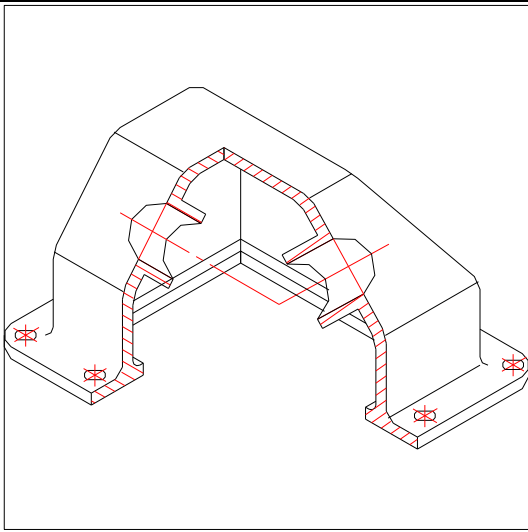
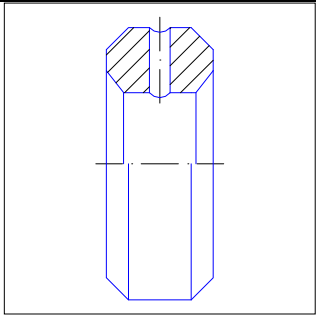
24.



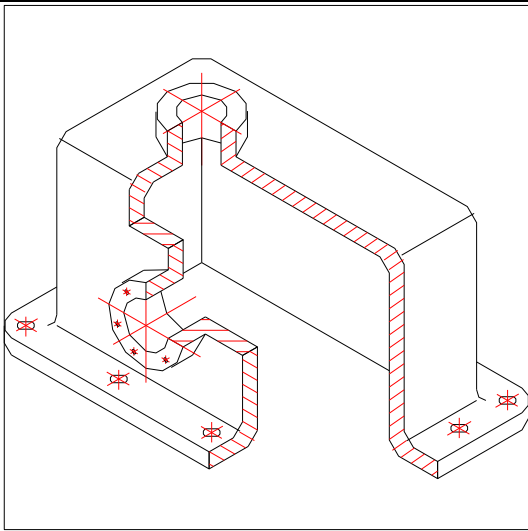
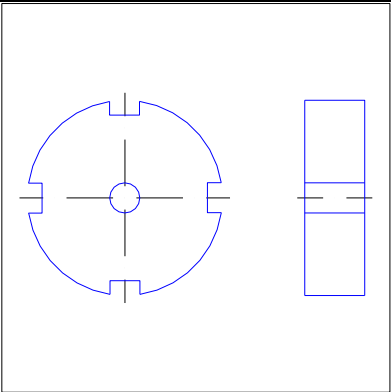
25.

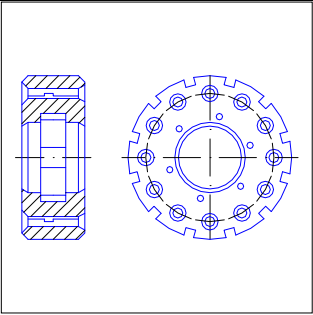
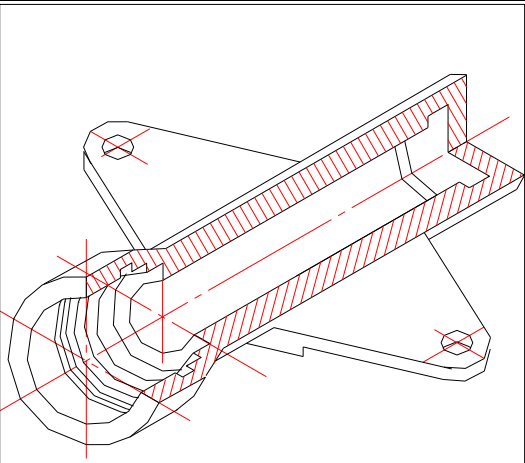
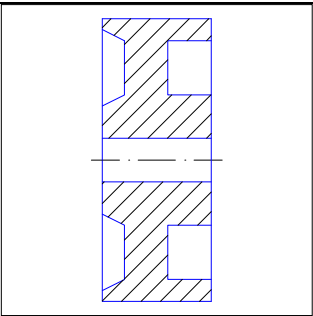
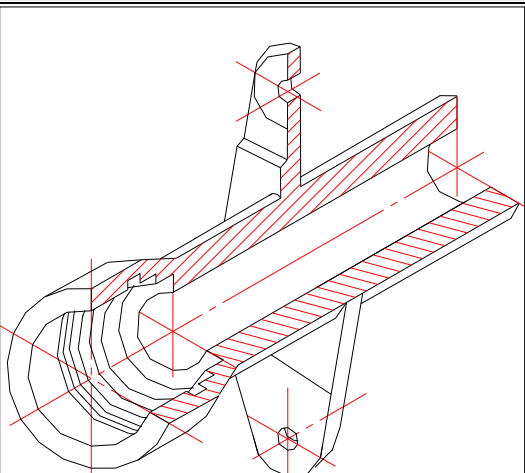
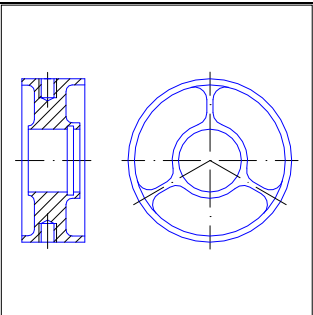
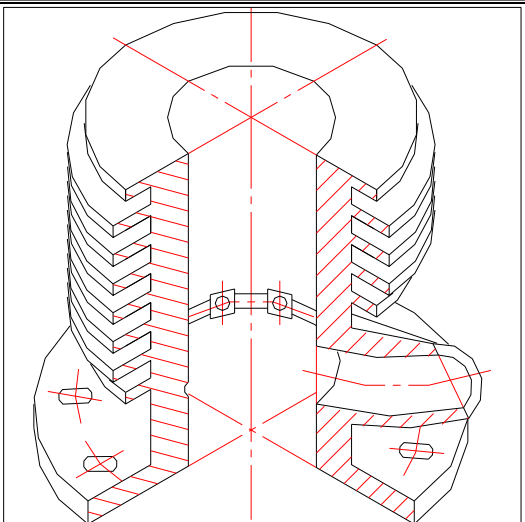


26.



27.



28.		
29.		
30.		

5. Ход работы (порядок выполнения работы)

- 1) Ознакомится теоретической справкой.
- 2) Выполнить 3D моделирование детали типа вал.

- 3) Выполнить 3D моделирование корпусной детали.
- 4) построить проекционный чертеж.
- 5) Оформить отчет.
- 6) Защитить работу преподавателю.

6. Содержание отчета

- 1) Титульный лист
- 2) Задание
- 3) Иллюстрированное описание выполнения построения 3D модели
 - Эскизы
 - Операции
 - Дерево построения

7. Список использованных источников

1. Ганин, Н.Б. Компас-3D V8 / Н.Б.Ганин.— М.[и др.] : ДМК Пресс: Питер, 2007 .— 384с. : ил. — (на 100 %) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-94074-336-6("ДМК Пресс") : 200.00 .— ISBN 978-5-91180-499-2 (Питер).
2. Залогова, Л.А. Компьютерная графика: практикум / ЛА. Залогова. — 2-е изд. — М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2005 .— 320с. : ил. — ISBN 5-93208-169-4 /в пер./ : 96.00.

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Тульский государственный университет»

Институт прикладной математики и компьютерных наук

Кафедра «Вычислительная техника»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 3

Построение параметрических деталей

по дисциплине

«КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

Направление подготовки: 230100 Информатика и вычислительная техника

Профили подготовки: Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем, Автоматизированные системы обработки информации, Системы автоматизированного проектирования.

Вычислительные машины, комплексы системы и сети

Направление подготовки: 230400 Информационные системы и технологии

Направление подготовки: 231000 Программная инженерия

Форма обучения: *очная, очно-заочная, заочная*

Тула 2017

Методические указания к лабораторным работам составлены доц. Троицким Д.И. и обсуждены на заседании кафедры «Автоматизированные станочные системы» механико-технологического факультета

протокол №1 от "31" августа 2010 г.

Зав. кафедрой _____ А.Н. Иноземцев

Содержание

<i>1. Введение</i>	<i>43</i>
<i>2. Использование переменных и выражений в моделях</i>	<i>44</i>
<i>3. Пример разработки параметрической модели</i>	<i>47</i>
3.1. Правила ввода зависимостей	52
<i>4. Работа с переменными</i>	<i>56</i>
4.1. Таблицы переменных	59
<i>5. Заключение</i>	<i>61</i>

Введение

Процесс параметрического моделирования (проектирования) (часто используют термин параметризация) — моделирование (проектирование) с использованием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами. Параметризация позволяет за короткое время «проиграть» (с помощью изменения параметров или геометрических отношений) различные конструктивные схемы и избежать принципиальных ошибок. Конструктор, в случае параметрического проектирования, создаёт математическую модель объектов с параметрами, при изменении которых происходят изменения конфигурации детали, взаимные перемещения деталей в сборке и т. п.

Наиболее широко в САПР применяется *вариационная параметризация*. Она основана на построении эскизов (с наложением на объекты эскиза различных параметрических связей) и наложении пользователем ограничений в виде системы уравнений, определяющих зависимости между параметрами.

Процесс создания параметрической модели с использованием вариационной параметризации выглядит следующим образом:

На первом этапе создаётся эскиз (профиль) для трёхмерной операции. На эскиз накладываются необходимые параметрические связи.

Затем эскиз «образмеривается». Уточняются отдельные размеры профиля. На этом этапе отдельные размеры можно обозначить как переменные (например, присвоить имя «Length») и задать зависимости других размеров от этих переменных в виде формул (например, «Length/2»)

Затем производится трёхмерная операция (например, выдавливание), значение атрибутов операции тоже служит параметром (например, величина выдавливания).

Вариационная параметризация позволяет легко изменять форму эскиза или величину параметров операций, что позволяет удобно модифицировать трёхмерную модель.

Использование переменных и выражений в моделях

Развитие технологий постоянно предъявляет все более жесткие требования к инженеру-конструктору. На первое место в современном конструировании выходят скорость и динамичность выполнения проектов (чертежей или моделей) в графическом редакторе, а также возможность быстрого внесения в них изменений при необходимости. Причем все это не должно отражаться на качестве выполняемых работ. Наверное, каждому инженеру приходилось не раз сталкиваться с задачей создания чертежа или модели на основе уже существующего, когда, казалось бы, детали не очень различаются, но перерисовывать нужно все заново. Для решения этой проблемы существуют специальные средства, с помощью которых можно задать определенные связи между отдельными компонентами графического элемента или модели, позволяющие при последующей разработке типовых конструкций не переделывать всю модель, а изменить лишь несколько параметров. Процесс задания таких зависимостей называется параметризацией объекта. Параметризация разрешает многократно использовать один раз построенную модель и значительно сокращает время на формирование новых ее модификаций.

Суть параметризации состоит в том, что пользователь может присваивать переменные состоянию трехмерных объектов, а также их характерным параметрам (например, величине выдавливания, уклона, угла вращения, размерам геометрических примитивов эскизов и т. п.). Эти переменные можно вводить в различные выражения в специальном редакторе формул, устанавливая определенные математические зависимости между ними так, чтобы при изменении одного (или нескольких) параметров автоматически изменялись все остальные переменные модели. В результате получится параметрическая модель, для создания типовых модификаций

которой достаточно просто изменить значение одной или нескольких переменных.

В основном речь идет о параметризации трехмерных моделей, включая двухмерные изображения в эскизах операций. Параметризацию можно также использовать и в графических документах, однако такое встречается крайне редко.

Параметризация трехмерной модели начинается с параметризации эскизов трехмерных операций. Команды для наложения параметрических зависимостей между элементами плоского изображения находятся на панели инструментов "Параметризация" (Рис. 0.1). Эта панель доступна на компактной панели инструментов при создании или редактировании эскиза.



Рис. 0.1. Панель инструментов "Параметризация"

Используя команды этой панели, на графические объекты можно накладывать ограничения по горизонтали, вертикали, устанавливать совпадение или выравнивание характерных точек, фиксировать положение точек, жестко задавать положение размера и пр. При включенной параметризации эскиза (по умолчанию) ограничения на объекты накладываются автоматически. Установка ограничений, которые будут накладываться при вводе геометрических объектов, производится на вкладке "Новые документы" окна "Параметры" в разделе Модель → Эскиз → Параметризация (Рис. 0.2).

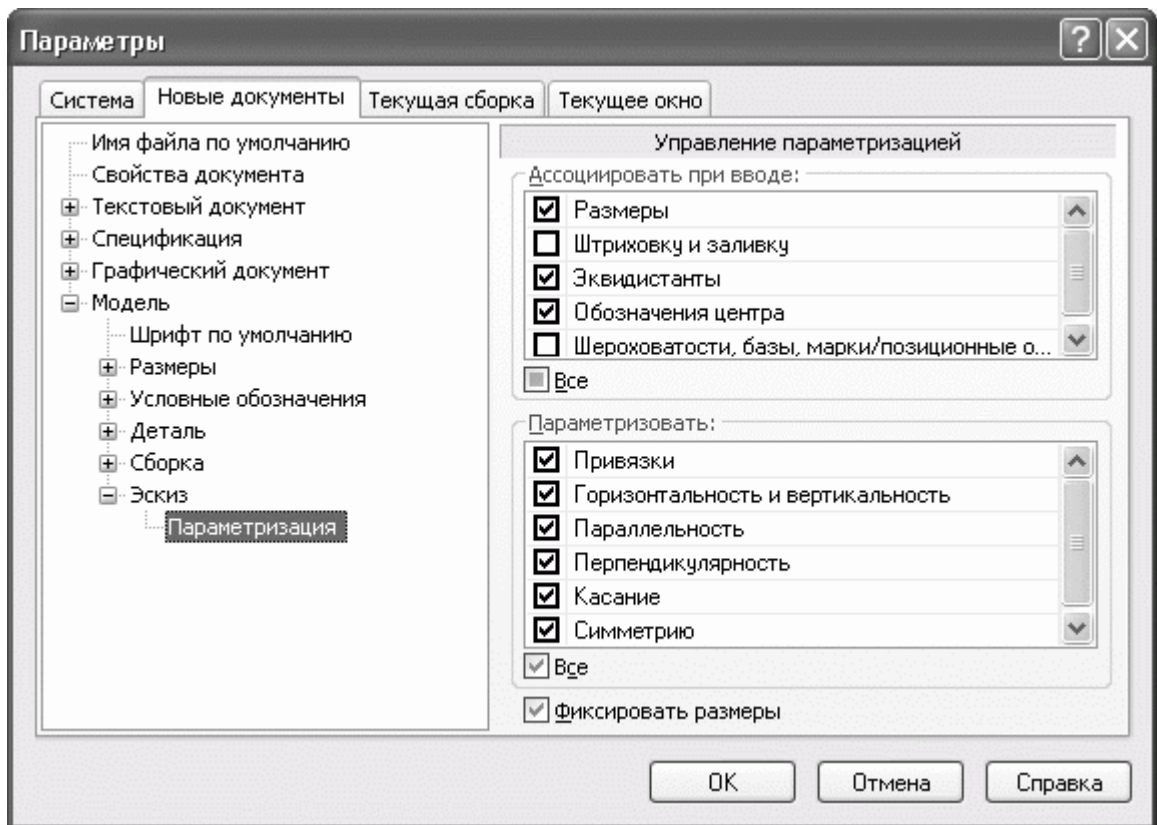


Рис. 0.2. Установка ограничений, автоматически накладываемых на графические объекты эскиза

Автоматическая параметризация очень удобна. Фактически, система выполняет большую часть работы по наложению ограничений, вам же остается только нанести размеры на эскиз, назначить переменные и установить зависимости между ними. Однако при автоматической параметризации могут возникнуть непредвиденные проблемы. Например, после параметризации эскиза и попытки изменить один из размеров программа выдает сообщение, что система не имеет решений. Многих пользователей это приводит в тупик, поскольку далее они ничего не могут сделать с эскизом. На самом деле в этом сообщении нет ничего страшного: система просто уведомляет вас о том, что на параметризованный графический объект наложены лишние ограничения, которые и не позволяют изменить его размер. Достаточно просто удалить лишнее ограничение, и двухмерное изображение будет корректно перестраиваться.

Просмотреть и удалить ограничения можно с помощью команды "Показать/удалить ограничения" панели инструментов "Параметризация". После нажатия данной кнопки выберите объект с наложенными ограничениями (щелкните на нем в документе), после чего на панели свойств должен отобразиться список его ограничений (Рис. 0.3), в котором следует выделить и удалить все лишнее.

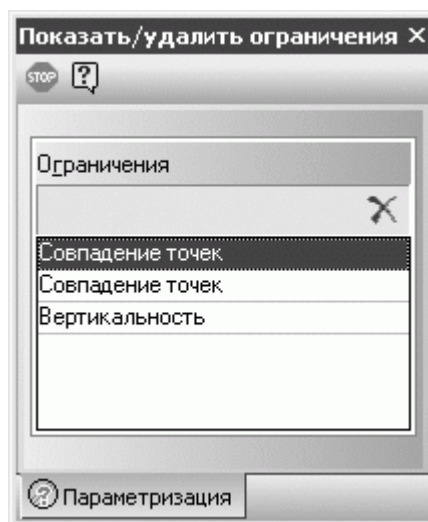




Рис. 0.3. Список ограничений графического объекта

Если после удаления ограничений графический объект все равно не желает перестраиваться, это значит, что на все изображение наложено слишком много ограничений. В таком случае их лучше удалить все сразу и заново параметризовать объект. Для удаления всех параметрических связей служит команда "Удалить все ограничения" . После нажатия данной кнопки, выделяя по очереди каждый объект и вызывая команду "Параметризовать объекты", установите требуемые типы ограничений вручную. Точно так же (с помощью команды "Параметризовать объекты" ) необходимо параметризовать эскиз, если во время его вычерчивания в настройках была полностью отключена параметризация.

Пример разработки параметрической модели

Создайте новый документ типа КОМПАС-Деталь и сразу сохраните его. Убедитесь в окне "Параметры", что в системе включена полная параметризация эскизов, после чего можно приступать к построению.

1. Запустите создание эскиза, в качестве базовой плоскости которого выберите XY. Нажмите кнопку Прямоугольник по центру и вершине на панели инструментов Геометрия и постройте квадрат с центром в точке начала координат и длиной стороны 48 мм. Если у вас была включена параметризация, то система должна автоматически наложить на созданное изображение следующие ограничения:

- совпадение точек отрезков-сторон квадрата в его вершинах;
- горизонтальность – на горизонтальные отрезки (стороны) квадрата;
- вертикальность – на вертикальные отрезки.

Чтобы убедиться в этом, выделите любой отрезок и выполните команду "Показать/удалить ограничения" контекстного меню.

2. Теперь необходимо задать переменные для изображения эскиза так, чтобы при изменении одной из них квадрат перестраивался, сохраняя положение своего центра и равенство длин сторон. Для этого перейдите на панель инструментов Размеры и нажмите кнопку Линейный размер. На панели свойств в группе кнопок Тип нажмите кнопку Вертикальный, чтобы включить создание вертикального размера. Установите размер от центра квадрата, совместив первую точку размера с точкой начала координат, до его верхней горизонтальной стороны, привязав вторую точку к вершине квадрата (Рис. 0.1).

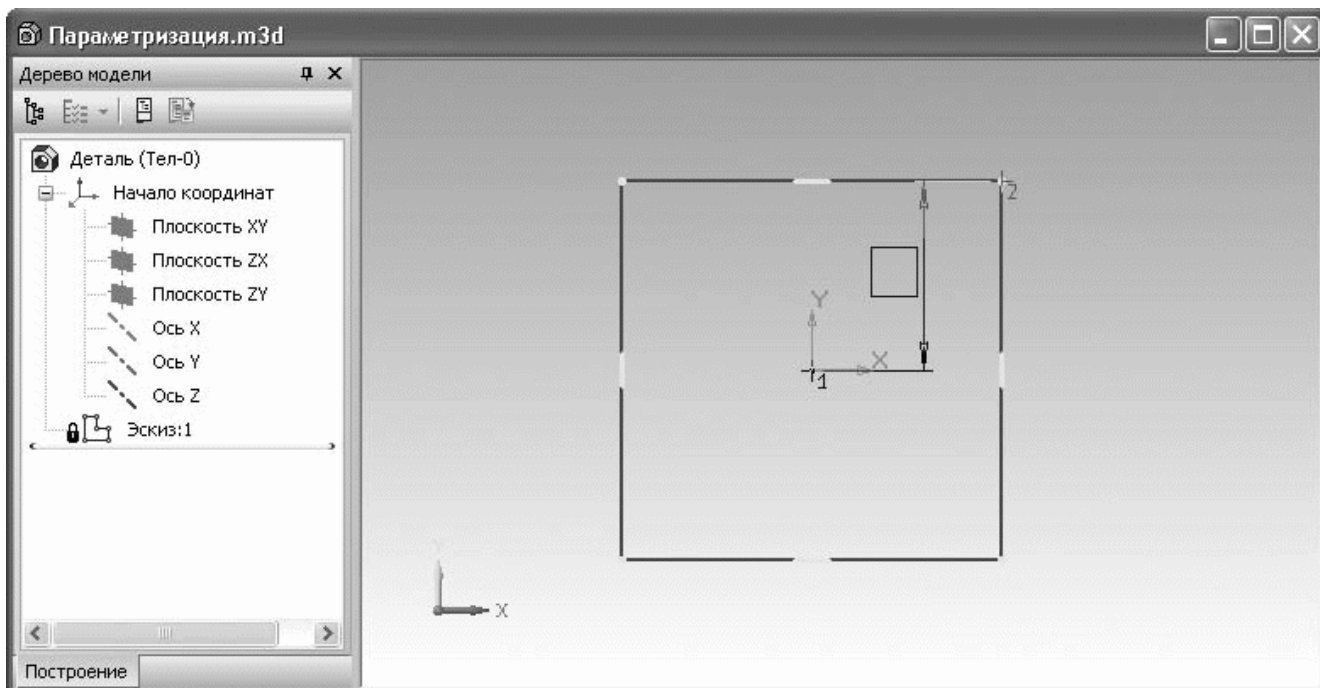


Рис. 0.1. Простановка первого параметрического размера

Поскольку на геометрические объекты наложены ограничения, после фиксации размера система сразу предложит установить его значение и присвоить ему переменную (Рис. 0.2). Назовите эту переменную *b*, а ее значение пока оставьте таким, какое есть (равное половине длины стороны квадрата). На размере немного ниже размерной надписи в скобках будет отображено имя, присвоенное размеру переменной.

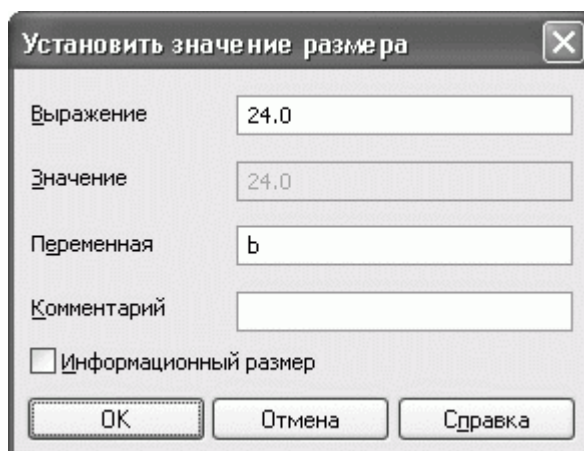




Рис. 0.2. Присвоение значения и имени переменной параметризованного размера

Отредактировать значение или имя переменной можно, дважды щелкнув на размерной надписи параметризованного размера или нажав

кнопку "Установить значение размера"  на панели инструментов "Параметризация".

Теперь немного отвлечемся от документа детали. Для задания параметрических зависимостей между переменными как чертежа, так и модели, в КОМПАС-3D существует специальное окно – редактор формул. Оно вызывается с помощью кнопки "Переменные"  панели инструментов Стандартная или команды меню Вид → Панели инструментов → Переменные. В этом окне отображаются все переменные, которые были присвоены параметризованным размерам графического документа, эскиза или модели. В нем также задаются значения этих переменных и вводятся формулы, по которым они будут рассчитываться. Окно редактора формул может быть зафиксировано у одной из сторон главного окна программы, отображаться в плавающем состоянии (то есть скрываться за границей окна, когда неактивно), размещаться свободно в пределах главного окна или вообще не отображаться на экране. По умолчанию окно переменных закрыто.

Не выходя из режима редактирования эскиза, вызовите окно Переменные и убедитесь, что в нем автоматически появилась добавленная в эскизе переменная b (Рис. 0.3).

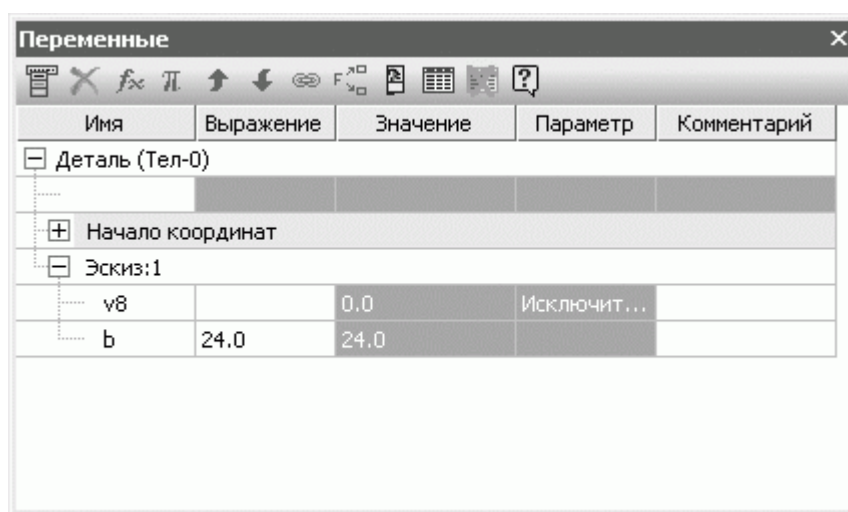


Рис. 0.3. Окно "Переменные"

Вернитесь в окно документа детали и добавьте еще один размер, фиксирующий расстояние от центра квадрата до его вертикальной стороны (назовите ее переменной $b_$), а также два линейных размера, обозначающих длину сторон квадрата (присвойте этим размерам переменные a и $a_$) (Рис. 0.4). Новые переменные должны сразу появиться в списке переменных эскиза на вкладке Переменные окна редактора формул. В столбце Выражение редактора формул напротив переменных $b_$ и $a_$ введите имена переменных b и a , чтобы сделать их равными.

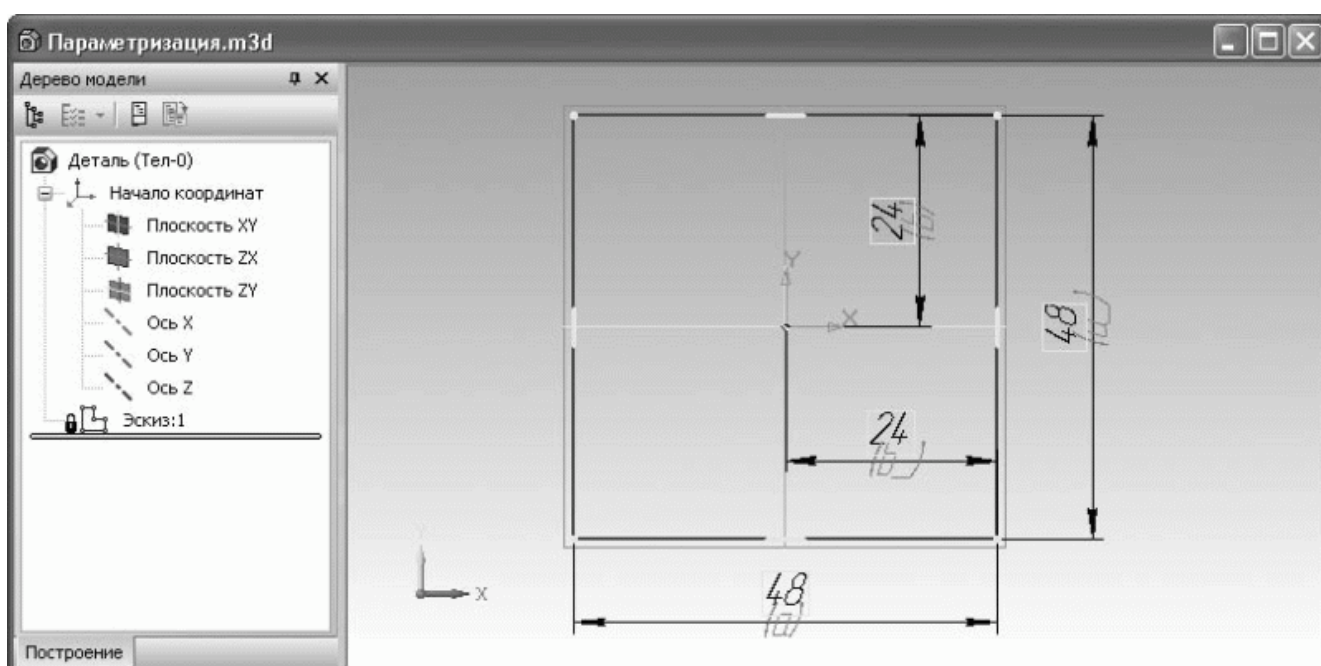


Рис. 0.4. Параметризированный эскиз

Если вы сейчас измените значения этих переменных, то объект перестроится, но не сохранит форму квадрата. Это объясняется тем, что переменные пока не связаны между собой. Чтобы задать определенную зависимость между ними, в столбце "Выражение" редактора формул напротив переменной a введите выражение $2*b$ (Рис. 0.5). После этого можете изменять значение переменной b параметризованного эскиза, и при этом квадрат будет правильно перестраиваться.

Имя	Выражение	Значение	Параметр	Комментарий
Деталь (Тел-0)				
+ Начало координат				
- Эскиз:1				
v8		0.0	Исключит...	
a	2*b	48.0		
b_	b	24.0		
b	24.0	24.0		
a_	a	48.0		

Рис. 0.5. Задание выражения для переменной

В столбце "Выражение" можно вводить уравнения, неравенства (например, чтобы ограничить какой-либо параметр), а также логические выражения типа $a ? b : c$ (если a – истина, то выполняется оператор b , иначе – c). Уравнения или неравенства могут содержать математические выражения неограниченной сложности, включающие любые математические функции. Синтаксис уравнений, неравенств и логических выражений подобен синтаксису языка программирования С.

Правила ввода зависимостей

Чтобы начать ввод (редактирование) уравнения, активизируйте нужную ячейку двойным щелчком мыши. Возможен ввод выражений вида:

- $a = b$
- $a < b$
- $a \leq b$
- $a > b$
- $a \geq b$,

где a , b могут быть переменными, арифметическими и логическими выражениями, числами.

В выражении (как в уравнении, так и в неравенстве) обязательно должна присутствовать хотя бы одна переменная. В выражение (но не в имя переменной и не в числовое значение) может быть включено любое количество пробелов. При интерпретации выражения они не учитываются. Перечень операций и функции, доступных в калькуляторе, который обслуживает ввод/редактирование уравнений и неравенств, приведен в табл. 3.1

Табл. 3.1. Операции и функции для работы с переменными

Операция/Функция	Описание
Арифметические операции:	
()	скобки
*	умножить
/	разделить
%	разделить целочисленно
+	сложить, или унарный плюс
-	вычесть, или унарный минус
=	равно
Логические операции:	
==	тождественно
!=	не тождественно
>	больше
<	меньше
>=	больше или равно
<=	меньше или равно
!	логическое отрицание
&&	логическое И
	логическое ИЛИ

Операция/Функция	Описание
?:	логическое выражение вида $a ? b : c$ (если a — истина (не равно 0), то b , иначе c , где a , b и c могут быть выражениями)
Функции:	
sin	синус с аргументом в радианах;
cos	косинус с аргументом в радианах
tan	тангенс с аргументом в радианах
atan	арктангенс с результатом в радианах
acos	арккосинус с результатом в радианах
asin	арксинус с результатом в радианах
sind	синус с аргументом в градусах
cosd	косинус с аргументом в градусах
tand	тангенс с аргументом в градусах
atand	арктангенс с результатом в градусах
acosd	арккосинус с результатом в градусах
asind	арксинус с результатом в градусах
deg	перевод из радиан в градусы
rad	перевод из градусов в радианы
sqrt	корень квадратный
exp	экспонента
ln	натуральный логарифм
lg	десятичный логарифм
abs	абсолютное значение
ceil	округление до большего целого числа
floor	округление до меньшего целого числа
round	округление до ближайшего целого числа

Вы можете не вводить операции и функции вручную, а выбирать из специального диалога. Для его вызова нажмите кнопку **"Вставить функцию"** на инструментальной панели Окна работы с переменными.

При вводе уравнений и неравенств необходимо соблюдение следующих правил:

– В любом выражении обязательно должен присутствовать знак «=», «<», «>», «<=», «>=», что характеризует выражение как уравнение или неравенство.

– Если в выражении присутствует знак «=», то выражение считается уравнением, а входящие в него знаки «<», «>», «<=» или «>=» считаются логическими операциями. При этом знак «=» должен находиться перед знаками логических операций.

– В выражении не может присутствовать больше одного знака «=».

– Если в выражении нет знака «=» и присутствует больше одного знака «<», «>», «<=» или «>=», то первый из них считается признаком неравенства, а следующие — знаками логических операций.

Знак «=» всегда является признаком уравнения, а в логическом равенстве (тождестве) используется знак «==».

При вводе и редактировании уравнений и неравенств можно использовать константы, представленные в таблице 3.2.

Табл. 3.2. Константы

Обозначение	Значение	Описание
M_FI	0.6180339887499	ϕ — иррациональное число золотого сечения
M_E	2.71828182845904523536	e — основание натурального логарифма
M_PI	3.14159265358979323846	π — отношение длины окружности к диаметру
M_PI_2	1.57079632679489661923	$\pi/2$
M_PI_4	0.785398163397448309616	$\pi/4$
M_2_PI	6.28318530717959	2π
M_SQRT_2	1.41421356237309504880	Корень квадратный из двух
M_RADDEG	57.29577951308	Коэффициент пересчета из радиан в градусы ($180/\pi$)
M_DEGRAD	0.01745329251994	Коэффициент пересчета из градусов в радианы ($\pi/180$)
FLT_EPS	1.19209290E-07	Разница между двумя числами, при которой эти числа считаются равными

Пример использования констант: « $a + \sin(b * M_PI) \leq FLT_EPS$ ».

Вы можете не вводить обозначения констант вручную, а выбирать из специального диалога. Для его вызова нажмите кнопку **"Вставить константу"** на Инструментальной панели Окна работы с переменными.

Работа с переменными

Завершите редактирование эскиза, отжав кнопку Эскиз на панели инструментов Текущее состояние.

Щелкните на кнопке "Операция выдавливания" панели инструментов "Редактирование детали" и выдавите эскиз на 48 мм в прямом направлении. В результате вы должны получить куб.

Теперь посмотрите в окно "Переменные". В нем значительно увеличилось количество переменных. Это переменные, позволяющие исключить из расчета тот или иной трехмерный элемент модели (плоскость, операцию, эскиз), переменные операций (в нашем случае – величина выдавливания и угол уклона), а также внешние переменные эскизов. Чтобы использовать все эти переменные в выражениях, им сначала лучше присвоить псевдонимы (в столбце "Выражение" таблицы переменных). Напротив переменной $v29$ (такое значение было по умолчанию присвоено величине выдавливания) операции выдавливания введите имя переменной h . Переменная автоматически добавится в верхнюю часть списка переменных (Рис. 0.1). Переменной h сразу поставьте в соответствие переменную a (поставив переменную a в столбце Значение напротив переменной h). Обратите внимание, что при выполнении трехмерной операции все параметрические размеры эскиза отображаются на экране.

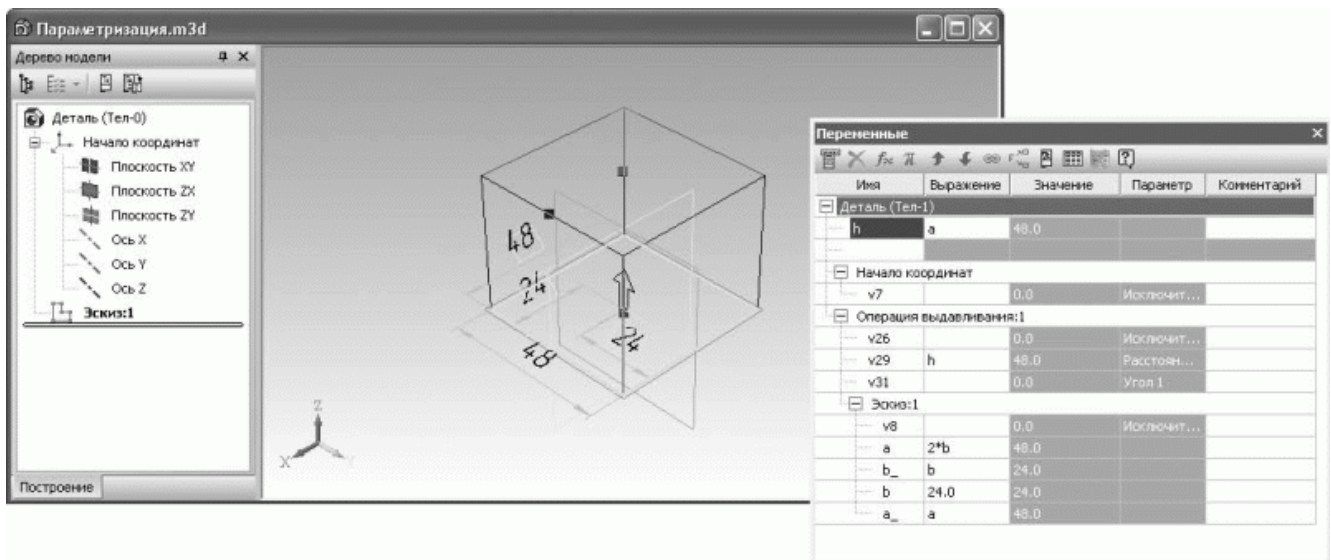



Рис. 0.1. Переменные модели

Переменные детали также можно сделать внешними. Тогда они будут видны в редакторе формул для сборки. Чтобы сделать переменную внешней, ее необходимо выделить и выполнить команду контекстного меню "Внешняя".

В результате выполненных действий мы получили полностью параметризованную модель куба. Измените значение переменной b в списке переменных эскиза и нажмите кнопку "Перестроить"  на панели инструментов "Вид". Модель куба перестроится, и при этом значения его параметров изменятся таким образом, чтобы ребро куба равнялось $2 \cdot b$.

Немного усложним модель и добавим на все грани куба скругления радиусом 5 мм (Рис. 0.2).

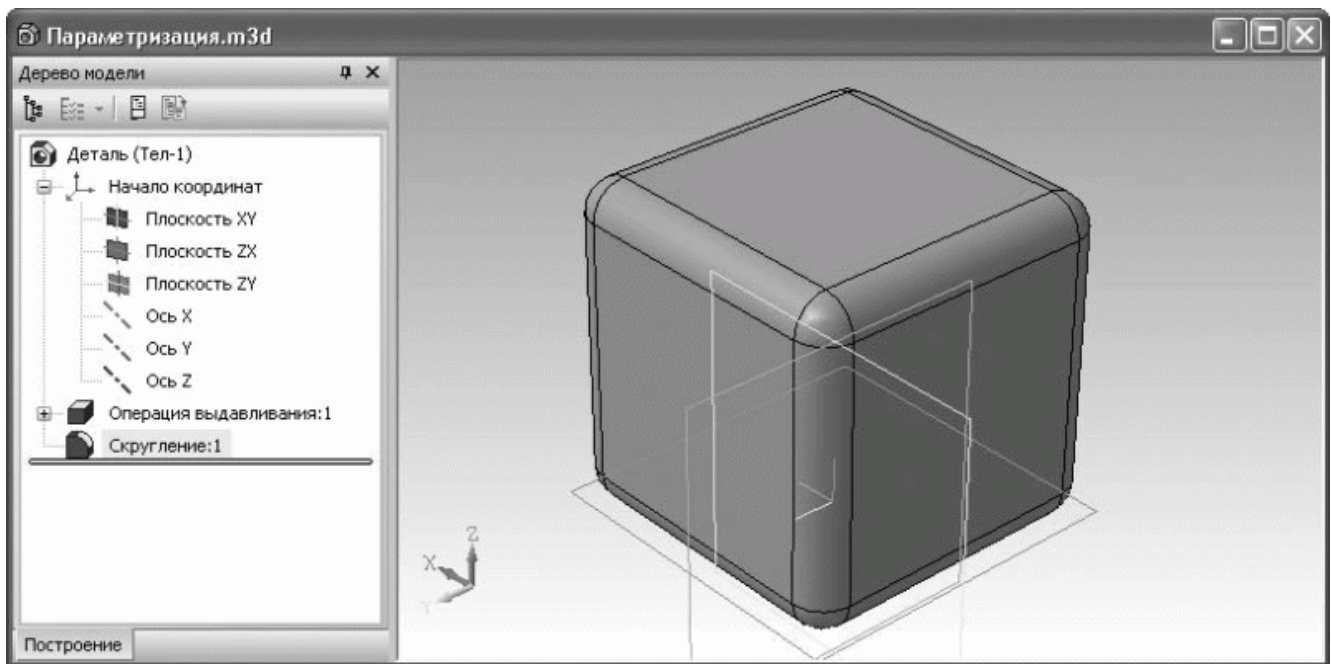


Рис. 0.2. Скругление ребер параметрического куба

В окне "Переменные" появятся новые переменные операции скругления, среди которых и радиус скругления. Задайте этой переменной выражение $b/4$ (Рис. 0.3).

Имя	Выражение	Значение	Параметр	Комментарий
Деталь (Тел-1)				
h	a	48,0		
Начало координат				
v7		0,0	Исключит...	
Операция выдавливания:1				
v26		0,0	Исключит...	
v29	h	48,0	Расстоян...	
v31		0,0	Угол 1	
Эскиз:1				
v8		0,0	Исключит...	
a	2*b	48,0		
b_	b	24,0		
b	24,0	24,0		
a_	a	48,0		
Скругление:1				
v50		0,0	Исключит...	
v51	$b/4$	6,0	Радиус	

Рис. 0.3. Добавление переменных и выражений в модели

Измените еще раз значение *b* и убедитесь, что модель перестраивается полностью, включая эскиз, операцию выдавливания и скругления. Не забывайте перестраивать модель после каждого изменения значения переменной.

Таблицы переменных

Таблица переменных — таблица, хранящаяся в файле и содержащая predetermined значения внешних переменных этого файла. Использование таблицы переменных при вставке файла в другой документ позволяет быстро присваивать внешним переменным этого файла нужный набор значений.

Таблица переменных организована следующим образом:

- Первая строка, начиная со второй ячейки, содержит имена переменных — заголовки столбцов таблицы.
- Первый столбец, начиная со второй ячейки, содержит комментарии к строкам.
- Остальные ячейки содержат значения переменных.

Таким образом, каждая строка таблицы, начиная со второй, содержит определенный набор значений переменных и комментарий — название этого набора (Рис. 0.4).

Комментарий	H	D	L
Исполнение 1	15	10	40
Исполнение 2	15	12	50
Исполнение 3	16	16	60

Рис. 0.4. Таблица переменных

Таблица переменных, хранящаяся в файле, может быть записана в файл формата Excel. Возможно также чтение таблицы переменных из файла

формата Excel. Для того, чтобы чтение было возможно, файл формата Excel должен удовлетворять определенным требованиям:

Лист с данными в книге Excel должен иметь имя *VarTable*. Если этот лист пустой или содержит некорректные данные, на экране появляется сообщение системы: «Данные не найдены».

2. Импортируемая таблица не должна содержать полностью пустых строк или столбцов. Сведения из ячеек, находящихся ниже пустой строки и справа от пустого столбца, в таблицу переменных не переносятся.

Таблица переменных формируется в строгом соответствии с таблицей формата Excel. Столбцы и строки будут расположены в последовательности, заданной на листе *VarTable*. Первыми столбцом и строкой таблицы переменных будут первые по счету заполненные столбец и строка из таблицы *VarTable*.

3. Ячейки импортируемой таблицы должны быть заполнены по следующим правилам.




- В первую строку, начиная со второй ячейки, вводятся имена переменных.

- В первый столбец, начиная со второй ячейки, вводятся комментарии к каждому набору параметров.

- В остальные ячейки вводятся значения переменных. Эти ячейки могут содержать только действительные числа.

Если таблица содержит данные неверного формата (например, в ячейках значений переменных присутствуют буквы), то при импорте на экране появится сообщение «Данные, имеющие неверный формат, будут заменены на "0"». Это сообщение также появляется, если в импортируемой таблице есть пустые или объединенные ячейки. Чтобы перенести измененные данные, нажмите кнопку **ОК**, чтобы отказаться от переноса — кнопку **Отмена**.

Такие элементы форматирования, как размер, стиль и цвет шрифта, размер ячеек и т.п. импортируемой таблицы игнорируются.

Окно таблицы переменных вызывается кнопкой  в окне переменных. Окно содержит собственно таблицу и расположенные над ней кнопки для вызова команд. Для автоматического занесения всех внешних переменных модели в таблицу предназначена кнопка "Читать внешние переменные" . После этого можно сохранить таблицу в формат Excel (кнопка ). Файл будет иметь следующую структуру (Рис. 0.5):

	A	B	C
1	Комментарий	Thick	Diam
2	Новая Строка	20	200
3			

Рис. 0.5 Таблица переменных в Excel

Заключение

Аналогичным образом вы можете строить сколь угодно сложные трехмерные модели (как сборки, так и детали) и параметризовать их, начиная от изображения эскиза и заканчивая размещением компонентов сборки. Использование параметризации вместе со средствами создания ассоциативных чертежей позволяет в десятки раз сократить время подготовки конструкторской документации, особенно если вы часто сталкиваетесь с проектированием типовых изделий. Конечно, на создание сложного параметрического чертежа или модели уйдет намного больше времени, ведь реальные изделия гораздо сложнее кубов со скругленными ребрами, однако при последующей разработке типовых моделей вы сможете сэкономить очень много времени. Другими словами, если вы уверены, что ваша деталь уникальна, не будет видоизменяться, служить прототипом для других изделий или использоваться другими проектировщиками, параметризацию в модели лучше отключить, чтобы лишние ограничения не мешали работать. Однако если вы считаете, что деталь или сборка, которую

вы выполняете, может эффективно использоваться в последующих разработках – не бойтесь потратить лишнее время на создание полной параметрической модели.

Задание

Создать параметрическую модель тела вращения из лабораторной работы №1.