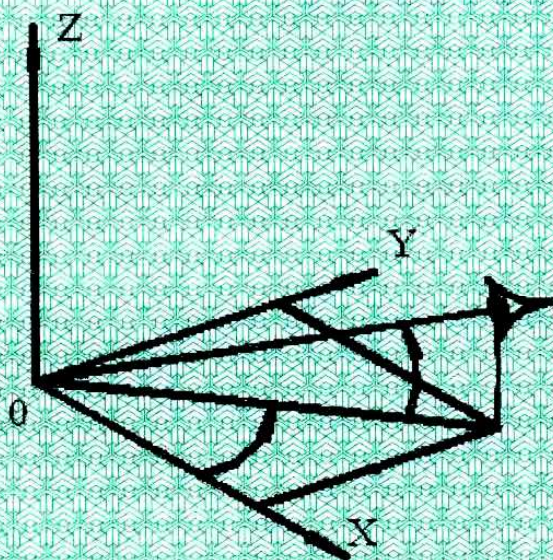




Н. А. Сторчак  
А. В. Синьков  
В. Е. Костин



# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАШИННОЙ ГРАФИКЕ

---

---



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)  
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**Н. А. Сторчак, А. В. Синьков, В. Е. Костин**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАШИННОЙ ГРАФИКЕ**

Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию  
в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве  
учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по направлению подготовки дипломированных специалистов  
«Автоматизированные технологии и производства»

РПК «ПОЛИТЕХНИК»  
Волгоград 2007

УДК 514.18 (075)

**Рецензенты:**

Филиал ГОУВПО «Московский энергетический институт (технический университет)» в г. Волжском, доцент кафедры «Механика и материаловедение», канд. тех. наук Маликов Е. А.

Волжский институт строительства и технологий (филиал) Волгоградского архитектурно – строительного университета, доцент кафедры «Технология обработки и производства материалов», канд. тех. наук Славин А. В.

**Сторчак Н. А., Синьков А. В., Костин В. Е.**

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАШИННОЙ ГРАФИКЕ:

Учебное пособие/ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – 158 с.

ISBN 5-230-05001-9

Изложен теоретический материал, приводятся сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ в системах AutoCAD и КОМПАС-3D, приведены варианты заданий.

Предназначено в помощь студентам, обучающимся по направлению «Автоматизированные технологии и производства».

Ил. 120. Табл. 13 Библиогр.: 5 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Волгоградского государственного технического университета.

ISBN 5-230-05001-9

© Волгоградский государственный  
технический университет, 2007

**Наталья Алексеевна Сторчак  
Алексей Владимирович Синьков  
Василий Евгеньевич Костин**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАШИННОЙ ГРАФИКЕ**  
*Учебное пособие*

**Редактор: Е.М. Марносова**

**Лицензия ИД № 04790 от 18.05.2001  
Темплан 2007 г., поз. N23**

**Подписано в печать 15.11.07 г. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ.л. 9,2.  
Уч.- изд.л. 9,5. Тираж 300 экз. Заказ 989. Бесплатно.**

**Волгоградский государственный технический университет.  
400131 Волгоград, просп.им. В. И. Ленина, 28.  
РПК «Политехник»  
Волгоградского государственного технического  
университета.  
400131 Волгоград, ул. Советская, 35.**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)  
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**Н. А. Сторчак, А. В. Синьков, В. Е. Костин**

**ЛАБАРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАШИННОЙ ГРАФИКЕ**

**Допущено Учебно-методическим объединением вузов по образованию  
в области автоматизированного машиностроения (УМО АМ) в качестве  
учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по направлению подготовки дипломированных специалистов  
«Автоматизированные технологии и производства»**

**РПК «ПОЛИТЕХНИК»**

**Волгоград 2007**

УДК 514.18 (075)

Р е ц е н з е н т ы :

Филиал ГОУВПО «Московский энергетический институт (технический университет)» в г. Волжском, доцент кафедры «Механики и материаловедение», канд. тех. наук Маликов Е. А.

Волжский институт строительства и технологий (филиал) Волгоградского архитектурно – строительного университета, доцент кафедры «Технология обработки и производства материалов», канд. тех. наук Славин А. В.

**Сторчак Н. А.,** Синьков А. В., Костин В. Е.

ЛАБАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАШИННОЙ ГРАФИКЕ:  
Учебное пособие/ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – 151с.

ISBN 5-230-05001-9

Изложен теоретический материал, приводятся сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ в системах AutoCAD и КОМПАС-3D, приведены варианты заданий.

Предназначено в помощь студентам, обучающимся по направлению «Автоматизированные технологии и производства».

Ил. 120. Табл. 13 Библиогр.: 5 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Волгоградского государственного технического университета.

ISBN 5-230-05001-9

© Волгоградский государственный  
технический университет, 2007

## **СОЗДАНИЕ СРЕДЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ В СИСТЕМЕ AUTOCAD.**

### 1. Цель работы

1. Ознакомить студентов с пакетом программ AutoCAD. Научить студентов выполнять подготовительные операции, необходимые для работы с графическими документами.

### 2. Содержание работы

1. Изучить рабочий стол системы AutoCAD.
2. Ознакомиться с основными командами системы AutoCAD.
3. Выполнить все подготовительные операции (загрузить необходимые типы линий, шрифты, установить размерный стиль).

### 3. Теоретическая часть

#### **Общие сведения об AutoCAD**

AutoCAD – универсальный пакет программ, предназначен для автоматизации чертежно-графических работ. Разработанная фирмой Autodesk и появившаяся на рынке в конце 1982г. система AutoCAD получила необычайно широкое распространение на мировом рынке. AutoCAD является постоянно развивающейся средой. Разработчики системы стараются сохранить преемственность, как в командах, так и в общей структуре. Ранние версии системы AutoCAD- 10,11 предназначены для работы в DOS, а версии начиная с 12 в Windows. Последние версии отличаются значительным увеличением скорости работы и уменьшением объемов используемой памяти. Общение с компьютером происходит в диалоговом режиме.

## Рабочий стол

После установки параметров на мониторе появится **рабочий стол AutoCAD**.

**Рабочий стол** можно разделить на отдельные зоны (рис. 1):

- 1) графическая зона;
- 2) падающее меню;
- 3) стандартная панель инструментов;
- 4) панель свойств объектов;
- 5) панели различных инструментов;
- 6) окно командных строк
- 7) строка состояния;

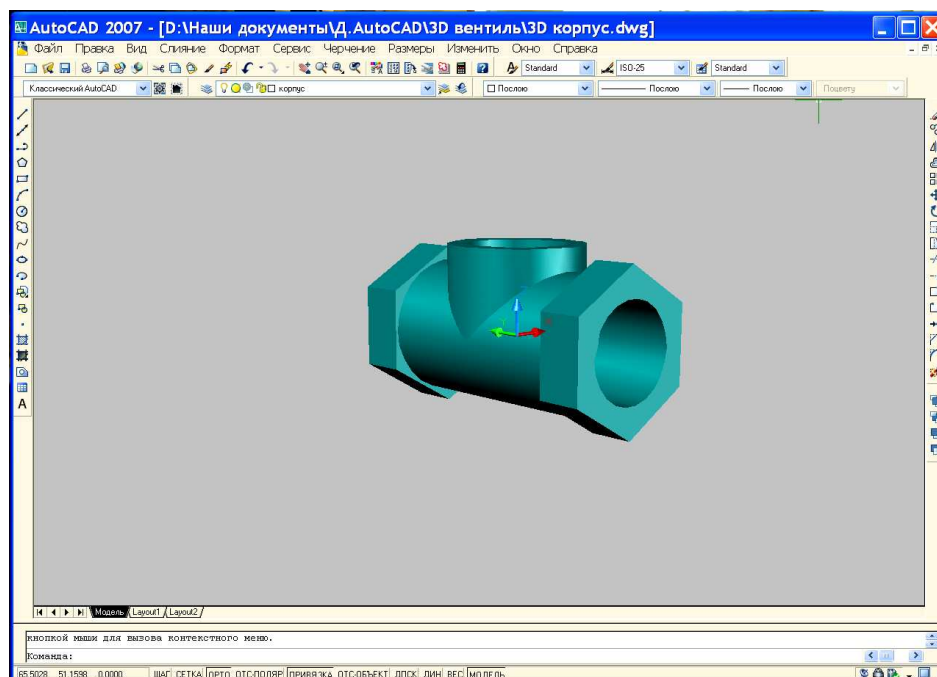


Рис. 1

**Графическая зона** – она занимает самую большую область и находится в центре экрана; именно в этой зоне и будет выполняться какое-либо изображение. В левом нижнем углу находится пиктограмма пользовательской



системы координат. Направления стрелок совпадают с положительным направлением осей.

**Падающее меню** – самая верхняя строка, с помощью которой выполняются основные операции. Общение пользователя с компьютером осуществляется с помощью команд. Команды набираются либо на клавиатуре, либо выбираются мышью из экранного или падающего меню. Левая кнопка мыши применяется для выбора команды и указания точки на экране, а правая – для выполнения действия типа **ENTER(ВВОД)**. Строка падающего меню может быть изменена путем включения или выключения тех или иных пунктов. Падающее меню состоит из заголовков, при нажатии на которые мышью осуществляется раскрытие или выпадение определенного меню. Так, например заголовок «Черчение» включает в себя меню основных команд создания примитивов.

**Стандартная панель инструментов** – вторая строка, которая находится под падающим меню и содержит ряд наиболее важных пиктограмм, с помощью которых осуществляется управление процессом создания графического изображения.

**Панель свойств объекта** – третья строка сверху, она находится под стандартной панелью инструментов, определяет текущий слой, цвет, тип и толщину линии, стиль текста, а также позволяет менять эти параметры.

2. **Панели различных инструментов** – при первой загрузке размещается в виде столбцов слева, содержит пиктограммы, обозначающие различные команды создания примитивов. Панели инструментов могут быть с фиксированным местоположением и плавающими. Плавающие панели можно перемещать по графическому полю и менять размер, а также сделать закрепленной, если отбуксировать ее за пределы графического поля.

**Строка состояния** – находится внизу и содержит координаты курсора и кнопки включения/выключения режимов черчения, а также кнопку

переключения из одного пространства в другое **MODEL(МОДЕЛЬ)<-> PAPER(ЛИСТ)**.

**Командная строка** обычно расположена перед строкой состояния и служит для ввода команд и ведения диалога с AutoCAD. Она может быть закрепленной и плавающей. При наличии в окне команд более одной строки, можно осуществлять перемещение по строкам с помощью полосы прокрутки

**Команды** условно можно разделить на группы:

команды создания примитивов или команды черчения;

команды оформления чертежей или рисунков;

команды редактирования;

служебные команды.

Как уже отмечалось выше, вызов команд осуществляется из меню или при помощи пиктограмм панелей инструментов. Помимо этого при выполнении определенных команд, часто компьютер выполняет запросы, и пользователь должен сделать определенный выбор, в зависимости от которого будет выполнен тот или иной вариант выбранной команды. **Контекстное меню** обеспечивает быстрый доступ к списку опций для текущей команды. Контекстное меню появляется при нажатии правой клавиши мыши.

### **Команды создания примитивов**

**Примитивом**, с точки зрения компьютерной графики, называется геометрический элемент, который воспринимается ЭВМ как единое целое. Команды создания примитивов - это группа команд, с помощью которых изображаются на экране простые элементы, такие как точка, прямая, окружность и. т.д. С помощью этих команд и формируется графическое изображение.

При выполнении команды **POINT (ТОЧКА)** необходимо задать координаты. В двумерном пространстве точку можно задать как мышью, так и с клавиатуры. Точка определяется в плоскости XY, которая называется

также плоскостью построений. Точку можно отображать на экране в виде маркера различной формы (кружок, квадрат) и не отображать. Размеры изображения точки можно задать абсолютным, а можно задать в процентах от размера экрана монитора.

Команда **LINE** (**ЛИНИЯ**) позволяет строить отдельные отрезки.

Команда **LINE** (**ПРЯМАЯ**) строит множество прямых.

**Hor** (**Гор**) – построение горизонтальной прямой, проходящей через заданную точку.

**Ver** (**Вер**) – построение вертикальной прямой, проходящей через заданную точку.

**Ang** (**Угол**) – построение прямой по точке и углу.

По умолчанию строятся прямые по двум точкам.

Команда **RAY** (**ЛУЧ**) строит множество лучей по двум точкам.

Примитивы *прямая* и *луч* отличаются от примитива *линия* тем, что прямая строится автоматически в обе стороны до границ экрана, а луч в одну сторону до границ экрана. Эти примитивы удобно использовать для вспомогательных построений, так как они игнорируются командами, с помощью которых происходит вывод на экран рисунка в его границах.

Команда **MLINE** (**МЛИНИЯ**) строит совокупность параллельных (не более 16) ломаных линий (рис. 2).

Расстановка элементов производится указанием смещения каждого из них относительно исходной точки. Смещение может быть положительным и отрицательным. При построении мультилинии используют стиль мультилинии. Стиль создается в диалоговом окне, которое вызывается из падающего меню «формат». Каждый элемент может иметь свой цвет и тип линии. Смещение устанавливается командой **Scale**.

Команда **PLINE** (**ПЛИНИЯ**) занимает особое место в среде AutoCAD.

Примитив – **ПОЛИЛИНИЯ** – это связанная последовательность прямолинейных и дуговых сегментов, изображенных между соседними





Команда **CIRCLE (КРУГ)** позволяет строить окружность различными способами (по центру и радиусу, по трем точкам и. т. д.).

Команда **ARC (ДУГА)** позволяет строить дугу различными способами.

Команда **ELLIPSE (ЭЛЛИПС)** позволяет строить эллипс и эллиптические дуги.

Команда **DONUT (КОЛЬЦО)** строит «закрашенные» круги и кольца. Кольцо строится по внутреннему и внешнему диаметрам и центру и представляет собой замкнутую широкую полилинию, состоящую из дуговых сегментов.

Команда **POLYGON (МН-УГОЛ)** строит правильный многоугольник с числом сторон от 3 до 1024 как замкнутую полилинию.

Команда **SKETCH (ЭСКИЗ)** позволяет вставлять в рисунки эскизы, выполненные «от руки». Однако не следует вставлять эскиз, если можно применить стандартные средства AutoCAD. Эскиз воспринимается в виде последовательности смежных отрезков, которых может быть очень много. И хотя AutoCAD стремится минимизировать их, объединяя, где это возможно, смежные отрезки, идущие в одном направлении, этот метод следует использовать, если ваш компьютер обладает достаточным объемом оперативной памяти. Для эскизного рисования следует выбрать сплошную линию (Continuous) и предварительно отключать режим ОРТО и ШАГ.

Команда **SPLINE (СПЛАЙН)** строит гладкую кривую по заданным опорным точкам и направлению касательных в начальной и конечной точках (рис. 3).



Рис. 3

Команда **REGION (ОБЛАСТЬ)** создает плоское тело, ограниченное рядом ранее созданных объектов. Граница может состоять из отрезков, полилиний, дуг, сплайнов. Обязательным условием является то, что конец одного примитива является началом другого. Областью может быть грань 3D поверхности и тела. Область можно штриховать, тонировать. Можно анализировать такие свойства, как площадь, момент инерции.

Команда **BLOCK (БЛОК)** создает блок, который доступен только в текущем чертеже. Для получения блоков, которые можно вставить в любой файл в AutoCAD, используется команда **WBLOCK (ПБЛОК)**.

При создании чертежей и рисунков часто бывает необходимо вставлять текст.

Графический примитив **TEXT(ТЕКСТ)** можно найти в группе команд **DRAW (РИСУЙ)**.

В AutoCAD можно задавать различные типы текста (стили), что обеспечивается командой **STYLE (СТИЛЬ)**, которая выводит диалоговое окно **Text Style (Текстовые стили)**. Окно **Text Style (Текстовые стили)** находится в экранном или падающем меню **ФОРМАТ (ФОРМАТ)**. Можно задавать стиль текста из командной строки.

### **Команды оформления чертежей**

Операции штриховки и простановки размеров можно отнести к завершающим операциям оформления чертежа.

**Штрихование** в компьютерной графике - это заполнение указанной области по заданному образцу.

**Штрихование** выполняется в системе AutoCAD с помощью команды **HATCH (ШТРИХ)**.

Команда **HATCH (ШТРИХ)** создает ассоциативную и не ассоциативную штриховку. *Ассоциативная* штриховка имеет связь со своей границей и может



меняться при изменении последней. *Не ассоциативная* штриховка не зависит от контура границ.

Команда **HATCH (ШТРИХ)** выводит на экран диалоговое окно, в котором подбирается образец штриховки. Для использования стандартных образцов штриховок необходимо в области **Тип образца** выбрать **Predefined (стандартный)**. Имя штриховки выбирается в окне **Образец**. Угол наклона к оси X и шаг задаются в текстовом поле **Угол и Масштаб**.

Для создания нестандартного образца штриховки необходимо в области **Тип образца** в раскрывающемся списке выбрать **Пользовательский**, затем задать угол наклона штриховки относительно оси и расстояние между линиями штриховки, включить, если необходимо, переключатель **Двойной** для изображения дополнительных линий под углом  $90^\circ$  к основным линиям штриховки.

Для определения области штриховки необходимо в диалоговом окне указать кнопку **Добавить выбор точки**, при этом AutoCAD запросит внутреннюю точку. Необходимо указать точку внутри замкнутого контура. Для штриховки нескольких контуров необходимо выбрать несколько внутренних точек (рис. 4).

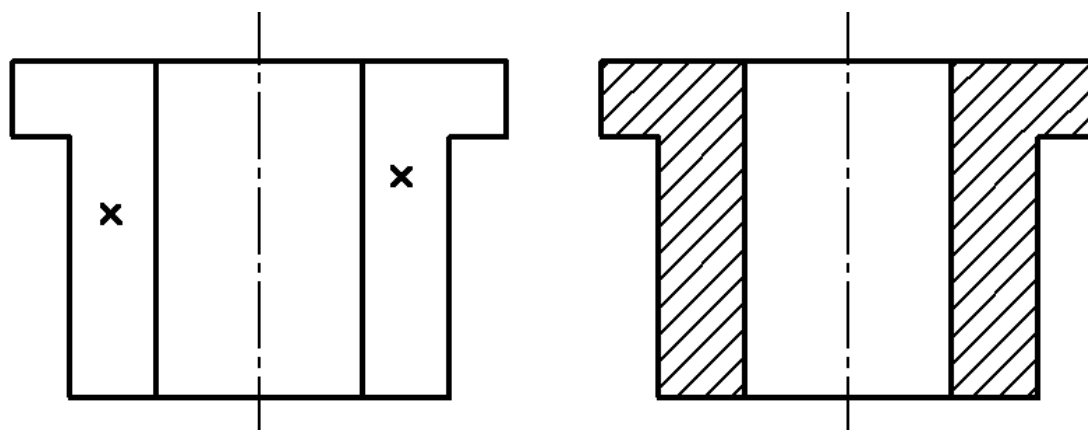


Рис. 4

Если контур не замкнут или точка находится не внутри контура, на экране появится сообщение об ошибке определения области штриховки.

Контур штриховки можно выбрать с помощью кнопки **Добавить выбор объектов** при этом необходимо указать замкнутый контур. Если контур состоит из отдельных пересекающихся объектов, то необходимо создать полилинию или область.

Важным этапом в оформлении чертежей является простановка размеров.

**Изображение размеров** содержит следующие составные элементы: размерную линию, стрелки, выносные линии, размерный текст и т. д.

Несмотря на то, что размер состоит из многих элементов, в AutoCAD все составные части записываются в отдельный блок, и рассматриваются компьютером, как один примитив. Перечислим основные свойства размера.

Размер является непоименованным блоком, поэтому команды редактирования работают с размером, как с единым целым.

Размерный текст может включать в себя, кроме значения размера, текст, введенный пользователем при проставлении размера.

Если при вводе размерного текста вы не меняете измеренное AutoCAD значение, то оно остается связанным с базой размера (не фиксировано). Поэтому при изменении базы такого размера (например, в процессе редактировании чертежа) его значение автоматически корректируется.

Поскольку размер является блоком, он может быть расчленен на составные примитивы. При этом ассоциативный размер перестает быть таковым.

Для простановки размеров в падающем меню выбираем панель инструментов **Dimension (Размеры)**.

AutoCAD обеспечивает несколько видов простановки линейных размеров, в зависимости от положения размерной линии.

Команда **DIMLINEAR (РЗМЛИНЕЙНЫЙ)** позволяет создавать горизонтальный, вертикальный или повернутый размеры. При этом следует указать начало первой выносной линии, начало второй выносной линии и затем положение размерной линии. Система в автоматическом режиме измерит и

проставит соответствующий размер. <ENTER> - принять размерный текст; пробел - отказ от текста. Если необходимо ввести другое число или добавить текст, то следует нажать на правую клавишу мыши и выбрать из контекстного меню необходимую команду **Text** или **Mtext**, после чего внести необходимые коррективы.

Для простановки последовательности связанных размеров используются команды:

**DIMCONTINUE** (РЗМЦЕПЬ) - продолжение линейного размера от второй выносной линии предыдущего размера (рис. 5, а).

**DIMBASELINE** (РЗМБАЗОВЫЙ) - продолжение линейного размера от базовой линии (первой выносной линии) предыдущего размера (рис. 5,б).

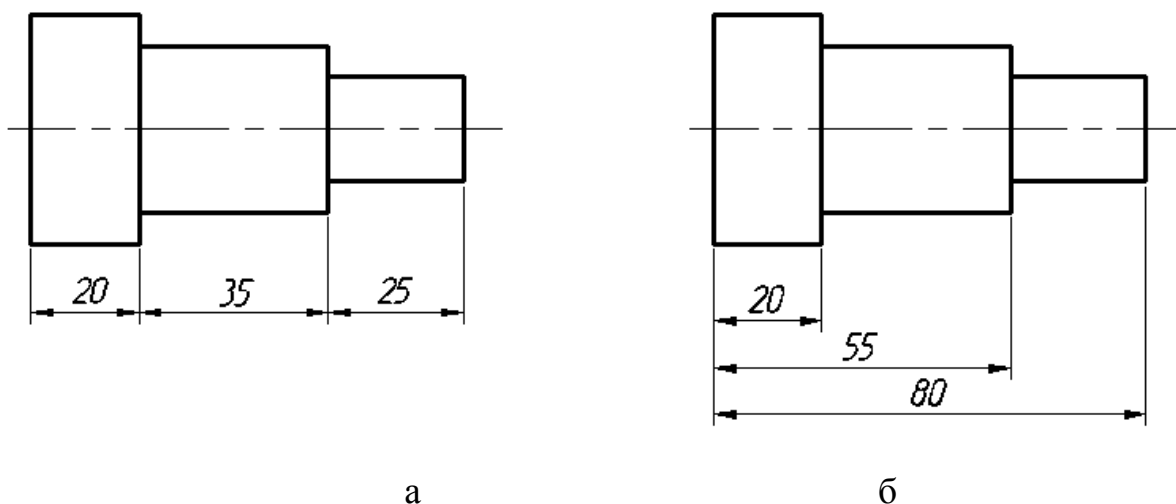


Рис. 5

Команда **DIMANGULAR** (РЗМУГЛОВОЙ) строит дугу, показывающую угол между двумя непараллельными линиями, или угол, образованный вершиной и двумя другими точками.

Команда **DIMDIAMETER** (РЗМДИАМЕТР) строит диаметр окружности или дуги с необязательным маркером центра или осевыми линиями.

Команда **DIMRADIUS** (РЗМРАДИУС) строит радиус круга или дуги с необязательным маркером центра или осевыми линиями.



Команда **DIMCENTER (РЗМЦЕНТР)** рисует маркер центра или осевые линии окружности либо дуги.

Команда **LEADER (ВЫНОСКА)** - построение выноски. Строится объект, как последовательность сплайновых или прямолинейных сегментов, первый из которых может быть дополнен стрелкой.

Обычно AutoCAD создает размерную линию между выносными линиями и пытается разместить между ними размерный текст и стрелки. Если места не хватает, текст, стрелки и размерная линия размещаются вне выносных линий.

Для нанесения **допусков отклонений формы и расположения поверхностей** служат два диалоговых окна: **Symbol (Символ)** и **Geometric Tolerance (Допуски формы и расположения)**.

### **Управление размерными стилями**

**Размерный стиль** – это поименованная совокупность значений всех размерных переменных, определяющая вид размера на чертеже. Все размеры проставляются с использованием текущего стиля. При загрузке системы устанавливается стиль ISO – 25, определяемый набором параметров размера (расстоянием между размерными линиями, размером текста и стрелок, шрифтом текста и т. д.) В падающем меню, в группе команд «Размер» находится диалоговое окно «Менеджер стилей размеров», с помощью которого можно установить новый стиль или изменить существующей.

### **Команды редактирования**

В процессе проектирования чертежа конструктором много времени тратится на редактирование. Применение системы AutoCAD позволит значительно сократить временные затраты и повысить точность геометрических построений. Существенной особенностью автоматизированного проектирования является использование прототипов создаваемого изделия. Чем больше используются ранее разработанные

конструкции, тем быстрее создаются новые. Это сравнительно легко осуществить с помощью функций редактирования, предоставляемые системой AutoCAD.

Большинство команд редактирования сосредоточено в экранном меню **MODIFY (ИЗМЕН)**, падающем меню «Модификация». Способ выбора объектов для редактирования осуществляется двумя способами.

В AutoCAD можно сначала выбрать объекты, а затем ввести команду для работы с ними (режим предварительного выбора); можно сначала ввести команду, а затем выбрать объекты в ответ на ее запрос; **Select objects (Выбери объекты)** для создания текущего набора и ссылки на него в последующих действиях по редактированию.

Объекты выбираются либо с помощью курсора, либо с помощью рамки.

Команда **ERASE (СОТРИ)** удаляет примитивы, выбранные любым из перечисленных способов. Для восстановления объектов, удаленных последней командой, применяется команда **OOPS (ОЙ)**.

Команда **MOVE (ПЕРЕНЕСИ)** перемещает геометрические объекты в поле чертежа.

Команда **COPY (КОПИРУЙ)** осуществляет копирование созданных объектов.

Команда **ROTATE (ПОВЕРНИ)** осуществляет поворот одного или нескольких выбранных объектов на определенный угол.

Команда **MIRROR (ЗЕРКАЛО)** создает зеркальное отражение существующих изображений относительно выбранной оси, удаляя или сохраняя при этом оригиналы. Команда работает в плоскости, параллельной XY (рис. 6).

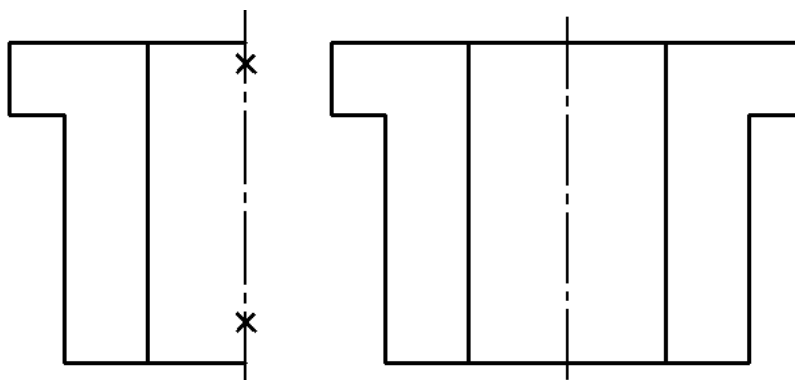


Рис.6

Необходимо помнить, что команду **MIRROR (ЗЕРКАЛО)** необходимо выполнять перед командой **HATCH (ШТРИХ)**.

Команда **SCALE (МАСШТАБ)** увеличивает или уменьшает заданные объекты.

Команда **ARRAY (МАССИВ)** позволяет создавать несколько копий указанных объектов, размещенных в прямоугольном или круговом порядке.

**Rectangular (Прямоуг)** – определение прямоугольного массива по строкам и столбцам.

**Polar (Круговой)** – определение кругового массива.

На рис. 7 изображены: а - прямоугольный массив; б - круговой массив.

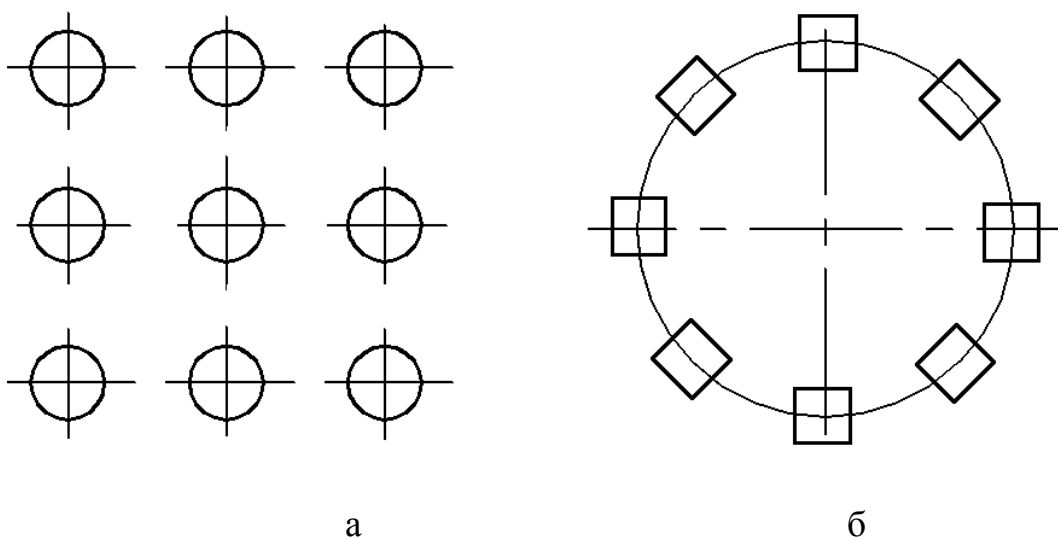


Рис. 7



Команда **TRIM (ОБРЕЖЬ)** выполняет частичное удаление отрезка, полосы, дуги и двухмерной полилинии относительно режущей кромки.

Команда **BREAK (РАЗОРВИ)** – разбивает объект на части.

Если для выбора объекта используем прямое указание, то первая определенная курсором точка, является точкой начала разрыва. Если нет, то необходимо указать последовательно две точки.

Вторая точка необязательно должна быть на объекте. В данном случае AutoCAD обрежет часть линии. Если вторая точка разрыва совпадает с первой то, стирания части примитива не происходит, а объект делится на два объекта такого же типа.

При использовании команды для разрыва окружности удаляется дуга от первой до второй точки в направлении против часовой стрелки.

Команда **EXTEND (РАСШИРЬ)** удлиняет линии до указанной кромки.

Команда **FILLET (СОПРЯГИ)** позволяет выполнять сопряжение отрезков, дуг, окружностей или линейных сегментов двухмерной полилинии дугой заданного радиуса.

Сопрягаемые объекты могут принадлежать одному слою, тогда линия сопряжения строится в данном слое, в противном случае линия сопряжения проводится в текущем слое.

Если выбранные объекты - отрезки или линейные сегменты двухмерной полилинии, AutoCAD удлиняет или подрезает их до пересечения. Затем в зависимости от выбора отрезки обрезаются **Trim (Обрежь)** (или нет (**No Trim (не обрежь)**)) в конечных точках дуги сопряжения.

На рис. 8 показаны возможные варианты сопряжения двух различных примитивов.

При сопряжении полилинии два сегмента должны быть либо смежными, либо разделены одной промежуточной секцией. Во втором случае промежуточная секция удаляется и заменяется дугой сопряжения.

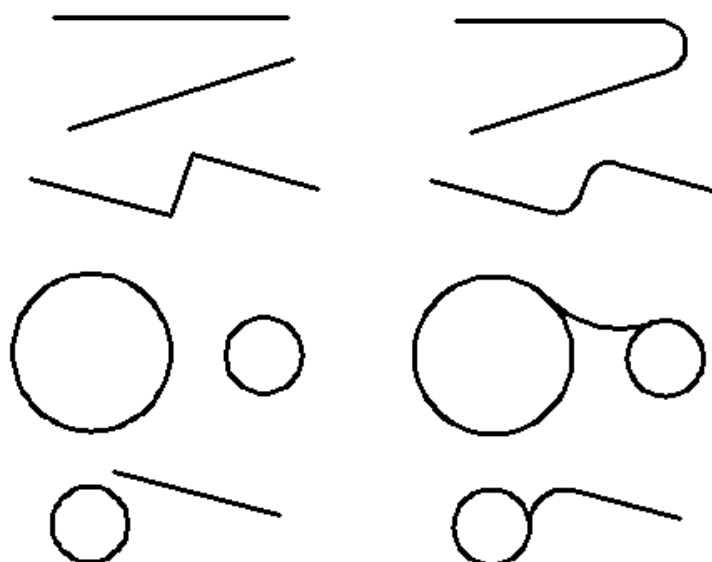


Рис.8

При сопряжении двух окружностей, двух дуг, отрезка и окружности, отрезка и дуги правила построения такие же, как для двух отрезков, но можно построить несколько вариантов сопряжения, в зависимости от выбора места плавного соединения.

Команда **CHAMFER (ФАСКА)** позволяет обрезать два пересекающихся отрезка на указанном расстоянии от точки пересечения и соединить эти отрезки новым линейным сегментом.

Значением первой длины катета фаски по умолчанию является последняя заданная длина. Значение второй длины по умолчанию совпадает со значением первой длины, при этом получаются симметричные фаски с углом  $45^\circ$ . Если вы хотите задать фаску другими параметрами, то выбор **Angle (Угол)** позволяет задать длину для первой линии и угол наклона фаски относительно первой линии. Выбор **Method (Метод)** позволяет выбрать один из методов задания размеров фасок - длиной двух катетов или длиной одного катета и углом.

При выполнении команды можно обрезать линии с помощью выбора **Trim (Обрежь)** или не обрезать **No Trim (Не обрежь)**.

Для построения фасок на полилинии необходимо сделать выбор **Polyline (Полилиния)**. Выбранные сегменты должны быть смежными.

Команда **REDIT (ПОЛРЕД)** - позволяет редактировать полилинии:

- 1) объединять любое количество соединенных между собой отрезков, дуг и двухмерных полилиний в единую полилинию;
- 2) разбить полилинию на две;
- 3) задать ширину полилинии, изменить ширину отдельных сегментов;
- 4) переместить выбранные вершины полилинии и добавить к ней новые вершин;
- 5) замкнуть открытую полилинию или разъединить замкнутую;
- 6) сгладить все изломы и изгибы или заменить участки ломаной линии гладкой кривой.

### Служебные команды

Служебные команды – это команды, которые помогают пользователю наиболее быстро и рационально решать поставленные задачи.

Построение чертежа на компьютере неразрывно связано с понятием слой, ранее неизвестным конструкторам. **LAYER (СЛОЙ)** - это особая прозрачная среда, которой присущ свой тип линии и цвет. При наложении нескольких слоев друг на друга, если линии не совпадают, мы получим чертеж, на котором будут присутствовать построения, принадлежащие всем слоям.

В процессе создания чертежа удобно пользоваться сеткой.

Команда **GRID (СЕТКА)** выдает изображение координатной сетки с любым требуемым интервалом. Она помогает приблизительно оценить относительные размеры объектов. Сетка не является частью чертежа, а предназначена только для визуальной координации и никогда не выводится на печать. Для управления видимостью сетки используется клавиша <F7>, или соответствующая кнопка в строке состояния.

Команда **SNAP (ШАГ)** обеспечивает дискретное перемещение курсора, с любым задаваемым интервалом. Режим **SNAP (ШАГ)** обеспечивается клавишей <F9> или соответствующей кнопкой в строке состояния.

Команда **ORTHO (ОРТО)** позволяет рисовать прямые и перемещать геометрические объекты только параллельно осям текущей системы координат.

В конструкторской деятельности точные геометрические построения требуют умения восстанавливать перпендикуляры, проводить касательные, делить отрезки пополам, находить конечные точки. Для этого в **AutoCAD** существует специальное средство.

Команда **OSNAP (ПРИВЯЖИ)** устанавливает режим объектной привязки.

Механизм объектной привязки срабатывает, когда **AutoCAD** запрашивает точку. На экранном курсоре появляется специальный символ – мишень. С помощью этого символа происходит поиск кандидатов объектной привязки.

Возможны следующие режимы привязки: к ближайшей *конечной точке*, к *средней точке* прямой или дуги, к *центру* окружности или эллипса, к *пересечению* геометрических примитивов, к *ближайшей* точке примитива и т. д.

Текущие режимы объектной привязки можно задать через диалоговое окно с помощью команды **DDOSNAP (ДИАЛПРИВ)** или клавиши <F3>.

В процессе формирования сложных чертежей экранное поле засоряется - накапливаются маркеры (если включены), при стирании или переносе объектов исчезают совмещенные с ними части других объектов – изображение на дисплее постепенно теряет качество.

Команда **REDRAW (ОСВЕЖИ)** обновляет текущий видовой экран, удаляя маркеры, перерисовывая объекты, которые были частично затерты при редактировании.

Команда **REGEN (РЕГЕН)** регенерирует изображение (перестраивает изображение по геометрическому описанию чертежа).

Иногда в процессе работы возникает необходимость полной регенерации рисунка с пересчетом экранных координат всех объектов. В этом случае **AutoCAD** выполняет регенерацию автоматически с выдачей соответствующего сообщения.

Выполняя чертеж большого размера, который содержит много линий, бывает необходимо увеличить отдельный фрагмент, не меняя абсолютных размеров всего чертежа, или уменьшить размеры, чтобы в поле видового экрана попало все изображение.

Команда **LIMITS (ЛИМИТЫ)** позволяет установить границы для создаваемого рисунка в пространстве модели или в пространстве листа. Она может быть вызвана из падающего меню **FORMAT (ФОРМАТ)**. В **AutoCAD** границы рисунка выполняют три функции:

- 1) определяют диапазон изменения координат точек;
- 2) контролируют рисунок, в пределах координатной сетки;
- 3) определяют, какая часть рисунка отображается на экране по команде **ZOOM ALL (ПОКАЖИ ВСЕ)**.

**Границы рисунка** – определяются двумя точками с координатами  $x$  и  $y$  (по оси  $z$  границы не устанавливаются) в мировой системе координат: координаты левого нижнего и правого верхнего углов, ограничивающих прямоугольную область.

Лимиты должны полностью удовлетворять размерам создаваемой модели. Например, если она имеет размеры 150x200x50 мм, значения лимитов должны превышать первые две цифры. В пространстве листа лимиты обычно задают размерами листа бумаги. Следовательно, поле сетки (если она включена) должно вмещать скомпонованный чертеж, включая графические объекты, размерные обозначения, основную надпись. Если формат листа равен 210x297мм, следует установить десятичный формат единиц и определить лимиты заданием точек (0,0) - левый нижний угол прямоугольника, (210, 297) - правый верхний угол.

#### 4. Методика выполнения работы

1. В системе AutoCAD создать формат А4.
2. Сформировать внутреннюю рамку и основную надпись согласно ГОСТу.
3. Для всех вариантов выполнить задание «Типы линий» по образцу рис. 9.

#### Основной порядок выполнения задания

1. Задать формат чертежа с помощью команды ЛИМИТЫ (Ограничения), которую можно выбрать в меню «ФОРМАТЫ».
2. Загрузить типы линий: Continuous; Невидимая 2; Осевая 2 используя диалоговое окно «Тип линий», которое находится в меню «ФОРМАТЫ».
3. Создать шрифты:
  - а) загрузить тип шрифта **romand**, который выбирают в диалоговом окне «Стиль шрифта» и создать **размерный стиль** (высота 5, фактор ширины 1, угол 15°);
  - б) загрузить тип шрифта **GOST type A** и создать:  
**Стиль 1** (высота 5, фактор ширины 1, угол 15°), **Стиль 2** (высота 3.5, фактор ширины 0.5, угол 15°).
4. Изменить размерный стиль из меню «РАЗМЕРЫ» или «ФОРМАТЫ». Задать длину стрелки 4мм, размерный текст – Стиль 1, точность измерения до 0.

В процессе выполнения задания необходимо использовать следующие команды: ЛИНИЯ, ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ МАССИВ, ОКРУЖНОСТЬ, СПЛАЙН (сплошная волнистая), ЗЕРКАЛО, СОПРЯЖЕНИЕ, ФАСКА, ШТРИХОВКА (стиль ANSI31), РАЗМЕР, ТЕКСТ.



На рис.9 показан пример выполнения лабораторной работы №1

После выполнения задания, созданный чертеж (файл) сохраняется на дискете. Выполняется отчет.

## 5. Содержание и оформление отчета

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. На титульном листе указывается название и номер лабораторной работы, фамилия студента, номер группы и дата выполнения.

Отчет должен содержать: цель работы, краткое описание теоретической части, последовательность выполнения работы.

## 6. Перечень контрольных вопросов

1. Что называется AutoCAD?
2. На какие зоны делится рабочий стол AutoCAD?
3. В каком режиме работает система AutoCAD?
4. На какие группы можно условно поделить все команды AutoCAD?
5. Что такое примитив с точки зрения компьютерной графики?
6. Какие вы знаете команды создания примитивов?
7. Какие вы знаете команды оформления чертежей?
8. Какие вы знаете команды редактирования?
9. Какие вы знаете служебные команды?
10. Какие типы линий, применяемых в графических документах, необходимо загрузить?
11. Какой стиль шрифта, применяемый в AutoCAD, наиболее близок к стандартному шрифту, используемому в российских конструкторских документах?
12. Какие параметры задаются в **размерном стиле**?

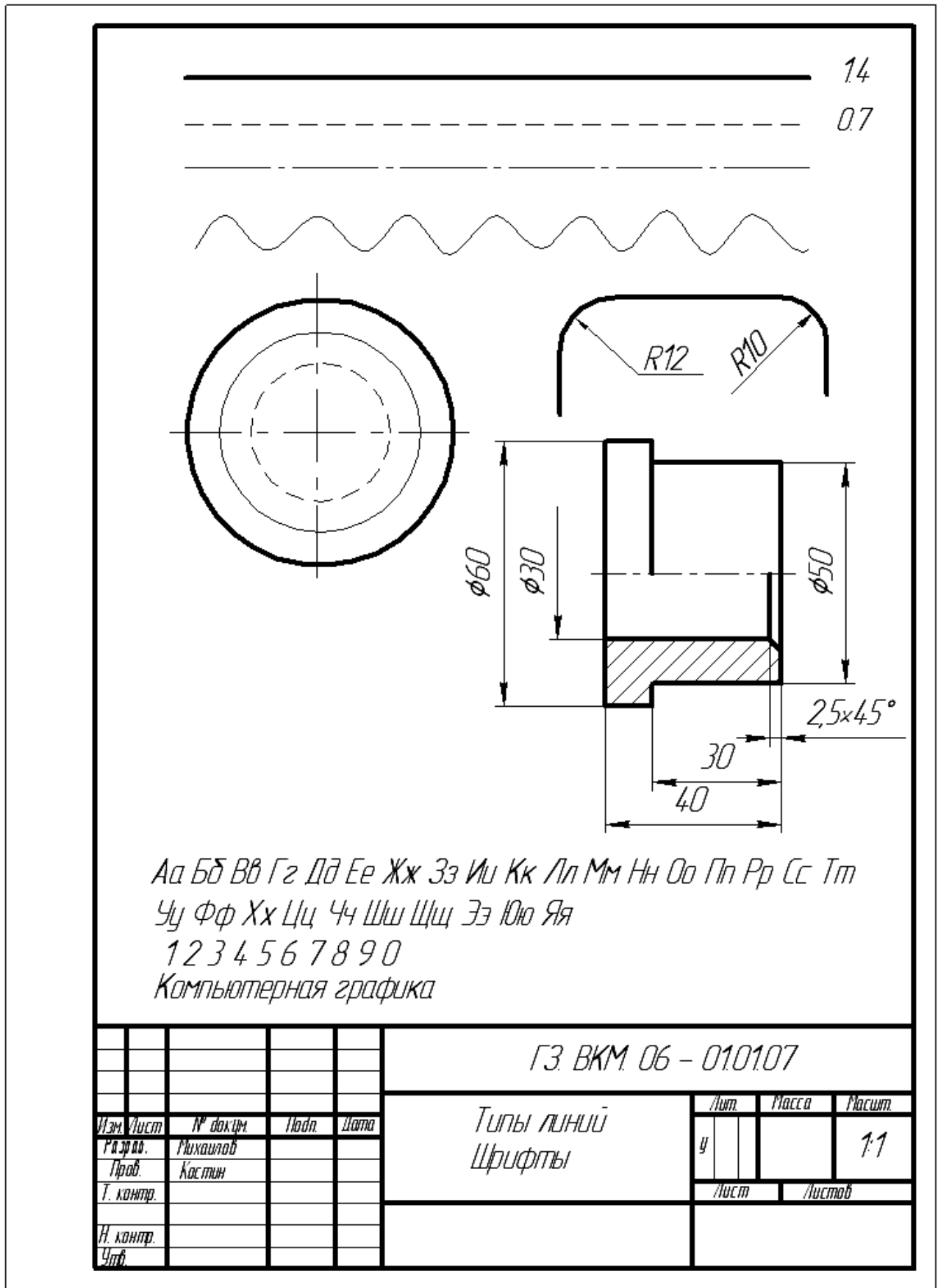


Рис. 9

## **РАЗРАБОТКА И ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ В СИСТЕМЕ AUTOCAD**

### 1. Цель работы

Ознакомить студентов с методикой создания графических документов в системе AutoCAD. Научить студентов выполнять чертежи деталей с применением слоев.

### 2. Содержание работы

1. Ознакомиться с последовательностью выполнения графических документов.
2. Создать несколько слоев (осевой, вспомогательный, размерный).
3. Выполнить чертежи зубчатого колеса, условного вала, условной втулки по вариантам задания с использованием слоев.

### 3. Теоретическая часть

Правила оформления чертежей, а также их содержание зависят от ряда факторов, знание которых позволяет выпускать конструкторскую документацию высокого качества, удовлетворяющую запросам современного производства.

Детали можно распределить на несколько групп по некоторым общим признакам: геометрическому, конструктивному, технологическому и т.д.

Так, рассматривая деталь по геометрическому признаку, за основу принимают ее форму, т.е. поверхности, которыми она ограничена (многогранник, деталь, ограниченная поверхностями вращения или другими кривыми поверхностями, деталь комбинированной формы).

Рассматривая деталь по конструктивному признаку, за основу принимают ее назначение.

Рассматривая деталь по технологическому признаку, за основу принимают технологический процесс ее изготовления (обработка резанием, литье, ковка, штамповка и т.д.).

Все перечисленные признаки находятся во взаимосвязи между собой и влияют друг на друга. Действительно, форма детали и ее назначение часто определяют технологию изготовления и наоборот. Например, плоскую деталь целесообразно вырубать из листового материала; некоторые тонкостенные детали – штамповать; деталь, изготавливаемую из чугуна – отливать с последующей механической обработкой.

Таким образом, приступая к выполнению чертежа детали, целесообразно рассматривать ее форму с учетом технологии изготовления и назначения.

Правильным выбором различных изображений обеспечивается наглядность и удобство чтения чертежа.

В большинстве случаев деталь изображают на чертеже в том положении, в котором она будет находиться в механизме.

Детали, рабочее положение которых может меняться, изображают на чертеже в соответствии с преобладающим размещением их в процессе изготовления. Так детали, ограниченные поверхностями вращения и обрабатываемые путем наружной обточки или расточки – валы, оси, центры, шпиндели, штоки, втулки, гильзы, стаканы, шкивы, поршни и др., следует располагать на чертеже в том положении, которое они занимают во время обработки точением, т.е. их геометрическая ось должна быть горизонтальна.

Количество изображений – видов, разрезов, сечений, выносных элементов и т.д. – зависит от степени сложности детали. Важно помнить, что их количество должно быть минимальным, но достаточным для полного представления о форме и размерах изделия.

Чертежом детали называется конструкторский документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

В соответствии со стандартами ЕСКД на чертеже детали указывают:

- 1) обозначения размеров;
- 2) обозначения предельных отклонений размеров;
- 3) обозначения предельных отклонений геометрической формы и расположения поверхностей;
- 4) обозначение шероховатости поверхностей деталей;
- 5) обозначения покрытий и показателей свойств материала готовой детали;
- 6) технические требования к материалу, размерам и форме детали и другим данным, которым данная деталь должна соответствовать перед сборкой.

В основной надписи чертежа указывают материал детали, обозначая его в соответствии с установленными стандартами на материалы.

Выполнение чертежа детали в среде AutoCAD аналогично выполнению его вручную, с помощью чертежных инструментов (циркуля, линейки, карандаша и т.д.) с той лишь разницей, что роль инструментов отводится компьютеру.

Если деталь имеет сложную конфигурацию, то при выполнении чертежа целесообразно применять слои.

Перед началом работы необходимо выполнить ряд подготовительных операций:

- 1) задать формат чертежа, например формат А4;
- 2) установить режим вывода на экран сетки, например с шагом в 10 мм;
- 3) загрузить необходимые типы и размер шрифтов;
- 4) загрузить необходимые типы линий. Определенный тип линии может быть присвоен любому примитиву также с помощью строки свойств объектов, но изображать различными типами линий можно только отрезки, дуги, окружности и двухмерные полилинии. Все остальные примитивы выполняются непрерывным типом линии;

5) создать необходимые слои.

Для выполнения простых чертежей можно пользоваться одним слоем, но для более сложных построений целесообразно использовать несколько слоев.

**LAYER (СЛОЙ)** – это особая прозрачная среда, которой присущ свой тип линии и цвет. При наложении нескольких слоев друг на друга, если линии не совпадают, мы получим чертеж, на котором будут присутствовать построения, принадлежащие всем слоям.

Каждому слою присваивается имя, которое может содержать до 31 знака, включая буквы, цифры и специальные символы. Слой может быть видимым **ON (Вкл)** и невидимым **OFF (Откл)**. Изображаются на дисплее только те примитивы, которые принадлежат видимому слою, однако примитивы в невидимых слоях, являются частью чертежа и участвуют в регенерации.

Слой может быть **замороженным** или **размороженным**. Замораживание означает отключение видимости слоя и исключение примитивов, принадлежащих данному слою в регенерации.

Слой может быть также **блокированным** или **разблокированным** – примитивы на блокированном слое остаются видимыми, но их нельзя редактировать. Блокированный слой можно сделать текущим. Геометрические изображения, принадлежащие блокированному слою могут быть использованы в качестве объектов привязки.

Каждый слой имеет свои:

- 1) цвет **Color** примитивов;
- 2) тип линии **Linetype**. Данным типом линии будут изображаться все примитивы, принадлежащие слою.

При создании нового рисунка автоматически выводится слой с именем **0**, которому присваивается **белый цвет** по черному полю или **черный цвет** по белому полю и **тип линии CONTINUOUS (НЕПРЕРЫВНЫЙ)**. Слой 0 не может быть удален и переименован.



При создании нового слоя можно использовать диалоговое окно **Layer & Linetype Properties (Параметры слоев и типы линий)**. Нажатием кнопки **New (Новый)** создаются слои с именами Layer1, Layer2 и т.д., белым цветом и типом линии **CONTINUOUS (НЕПРЕРЫВНЫЙ)**, которые можно изменить. Для установки цвета и типа линии используются соответствующие диалоговые окна **Select Color (Выбор цвета)** и **Select Linetype (Выбор типа линии)**.

Все вновь создаваемые в **AutoCAD** объекты размещаются на текущем слое. Для того чтобы сделать слой текущим, необходимо установить курсор на нужный слой и мышью выбрать кнопку **Current (Текущий)** или путем выбора его из раскрывающегося списка управления слоями в строке свойств объектов.

Назначение слоев следующее:

- 1 слой – слой, содержащий осевые линии (тип линии для слоя CENTER, но можно использовать и DASHDOT);
- 2 слой – слой вспомогательных построений;
- 0 слой – слой основных линий чертежа и для создания штриховки. Если конфигурация поля штриховки достаточно сложная, то целесообразно обвести данное поле полилинией или собрать ее из отдельных примитивов и затем заштриховать. Для наглядности построений каждому слою можно присвоить свой цвет.

После того, как подготовительные операции закончены, можно приступать непосредственно к выполнению чертежа.

**Первый этап:** в слое 0 формируем внутреннюю рамку чертежа и основную надпись, которые затем записываем в отдельный блок, что позволит использовать рамку и основную надпись многократно.

**Второй этап:** используя слой 1, проводим все осевые линии, причем можно провести общую осевую для главного вида и вида сверху или вида слева, а затем, используя команду **BREAK (РАЗОРВИ)**, разбить ее на две.

**Третий этап:** в слое 2 выполняем вспомогательные построения, которые включают в себя: линии связи; линии разметки; линии, формирующие контуры будущего изображения. Выполняя построения во вспомогательном слое, можно не тратить время на обрезку линий, удаление ненужных примитивов, так как после завершения построений и обводки контура в следующем слое можно будет выключить вспомогательный слой.

**Четвертый этап:** изображение контуров детали выполняем в слое 0, используя команды **PLINE (ПЛИНИЯ)** и **OSNAP (ПРИВЯЖИ)**. Команда **OSNAP (ПРИВЯЖИ)** помогает точно указывать точки для построения полилинии. При этом устанавливаем толщину основных линий – 0.5 – 1.4мм. Если изображение симметрично, то можно строить половину изображения, а затем, используя команду **MIRROR (ЗЕРКАЛО)** отобразить контуры детали относительно оси симметрии. В завершении выполняют сопряжения и фаски. Для выполнения штриховки используем команду **HATCH (ШТРИХ)**. Закончив формирование основных линий и штриховки, можно выключить слой вспомогательных построений и включить его только в том случае, если понадобится внести изменения в конфигурацию детали.

**Пятый этап:** простановку размеров можно выполнять в отдельном слое, если чертеж детали будет использоваться для выполнения сборочного чертежа, или в слое 0, в зависимости от сложности чертежа. Предварительно установим высоту шрифта размерного текста, длину стрелок и т.д. В заключение проставляем шероховатость поверхностей, допуски форм и расположения и вписываем текстовую информацию.

#### 4. Методика выполнения работы

1. В табл. 1 необходимо выбрать вариант задания, номер которого должен соответствовать номеру в списке, и указанный в варианте тип условного вала.

2. Выполнить расчет зубчатого колеса по формулам, приведенным в табл. 2.
3. Задать размеры втулки (рис. 10) и условного вала (рис. 11,12), на основании размеров зубчатого колеса, параметров шпонки и шлицов, данных в табл. 1 – 5.
4. Создать необходимые слои (осевой, вспомогательный, основной, размерный). В качестве основного слоя рекомендуется выбрать нулевой слой.
5. Выполнить последовательно чертежи зубчатого колеса, вала и втулки.
6. Образцы выполнения чертежей зубчатого колеса, вала и втулки приведены на рис. 13, 14, 15.

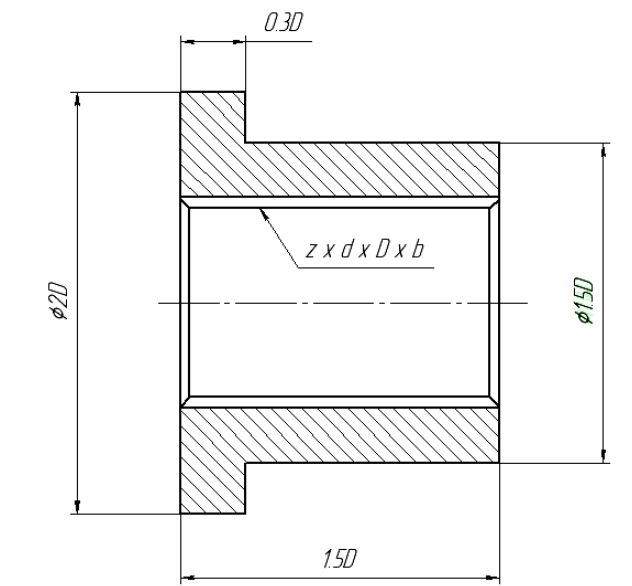


Рис. 10. Втулка шлицевая (D – наружный диаметр шлицов).

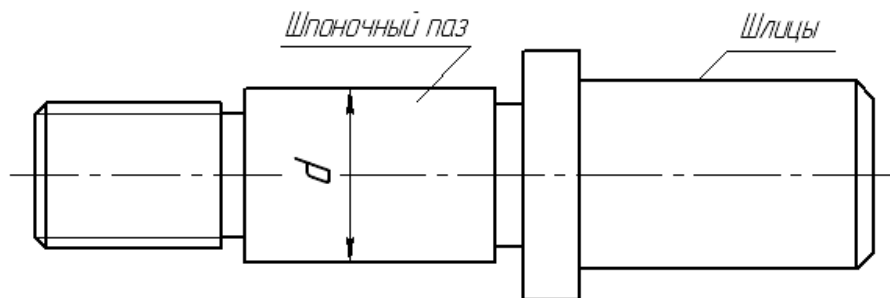


Рис. 11. Условный вал исполнения 1

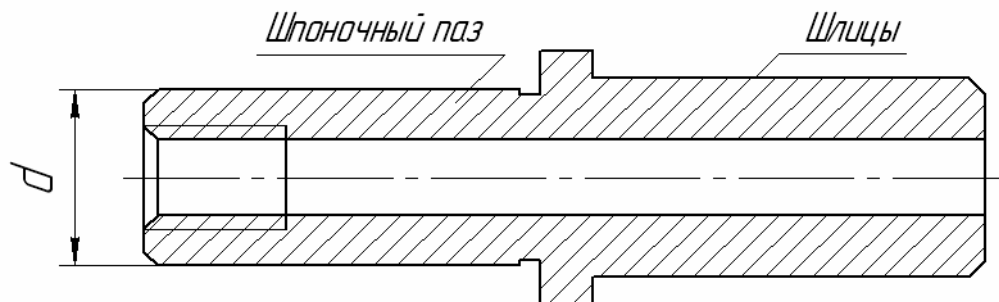


Рис. 12. Условный вал исполнения 2

Таблица 1. Варианты заданий

вариант	Мо- дуль	Число зубьев	Диаме- тр вала	тип вала	шпонка по ГОСТ 23360-78	шлицы по ГОСТ 1139-80
№	<b>m</b>	<b>z</b>	<b>d<sub>в</sub></b> , мм			
1	2	43	20	1	6 x 6 x 36	D – 6 x 23 x 26 x 6
2	2,5	58	50	2	14 x 9 x 42	d – 8 x 42 x 46 x 8
3	3	23	14	1	5 x 5 x 45	d – 6 x 16 x 20 x 4
4	3	27	18	1	6 x 6 x 36	d – 6 x 16 x 20 x 4
5	3	30	20	1	6 x 6 x 40	D – 6 x 23 x 26 x 6
6	4,5	21	20	1	6 x 6 x 42	b – 6 x 28 x 32 x 7
7	5	34	36	1	10 x 8 x 52	D – 8 x 32 x 36 x 6
8	5	28	32	1	10 x 8 x 60	b – 8 x 36 x 40 x 7
9	5	34	40	2	12 x 8 x 56	D – 8 x 56 x 62 x 10
10	8	24	50	2	16 x 10 x 100	D – 8 x 52 x 58 x 10
11	3	23	14	1	6 x 6 x 40	d – 6 x 16 x 20 x 4
12	4,5	21	24	1	6 x 6 x 50	D – 8 x 32 x 36 x 6
13	5	34	36	1	6 x 6 x 60	b – 6 x 28 x 32 x 7
14	2,5	60	50	2	10 x 8 x 40	d – 8 x 46 x 50 x 9
15	6	24	50	2	16 x 10 x 90	D – 8 x 56 x 62 x 10
16	5	34	42	2	14 x 9 x 55	d – 8 x 42 x 46 x 8
17	3	30	22	1	6 x 6 x 36	d – 6 x 16 x 20 x 4
18	5	28	32	1	6 x 6 x 50	D – 8 x 32 x 36 x 6
19	5	34	55	2	16 x 10 x 63	d – 8 x 46 x 50 x 9
20	3	27	20	1	6 x 6 x 36	b – 6 x 28 x 32 x 7
21	2	43	20	1	6 x 6 x 32	D – 6 x 23 x 26 x 6
22	6	34	50	2	16 x 10 x 70	d – 8 x 46 x 50 x 9
23	4	34	40	2	12 x 8 x 60	D – 8 x 32 x 36 x 6
24	5	34	42	2	14 x 9 x 50	d – 8 x 42 x 46 x 8

Таблица 2. Параметры цилиндрического зубчатого колеса

Наименование	Соотношение величин
Диаметр окружности выступов	$d_a = m(z + 2)$
Диаметр окружности впадин	$d_f = m(z - 2,5)$
Диаметр делительной окружности	$d = mz$
Длина зуба	$b = 6 \div 8m$
Диаметр ступицы	$d_{ст} = (1,6 \div 2)d_B$
Длина ступицы	$l_{ст} = b + a$

Таблица 3. Зависимость параметра а от модуля зубчатого колеса

<b>m, мм</b>	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	6	7	8	10
<b>a, мм</b>	32	38	42	48	53	56	60	67	75	85	100

Таблица 4. Фаски деталей по диаметру d, мм

<b>d</b>	<b>c</b>
До 6	0,6
>>6 >>10	1,0
>> 10>> 18	1,6
>> 18>> 30	2,0
>> 30>> 48	2,5
>> 48>> 68	3,0
>> 68>>100	4,0
>>100>>150	5,0
>>150>>200	6,0
>>200	8,0

Таблица 5. Фаски зубчатых колес по диаметру выступов d<sub>a</sub>, мм

<b>d<sub>a</sub></b>	<b>c<sub>1</sub></b>
20...30	1
30....40	1.2
40...50	1.6
50...80	2
120...150	3

Выполненные чертежи сохраняются на дискете.

## 5. Содержание и оформление отчета

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. На титульном листе указывается название и номер лабораторной работы, фамилия студента, номер группы и дата выполнения.

Отчет должен содержать: цель работы, краткое описание теоретической части, последовательность выполнения работы.

## 6. Перечень контрольных вопросов

1. Что должен содержать чертеж детали?
2. Как располагаются изображения детали на чертеже?
3. Что такое слой?
4. Как создается новый слой?
5. Чем характерен «слой 0»?
6. В каком состоянии может находиться слой?
7. Когда целесообразно применять слои при выполнении чертежа детали?
8. В какой последовательности выполняются графические документы в системе AutoCAD?
9. Для чего нужен слой вспомогательных построений?
10. Когда целесообразно простановку размеров выполнять в отдельном слое?



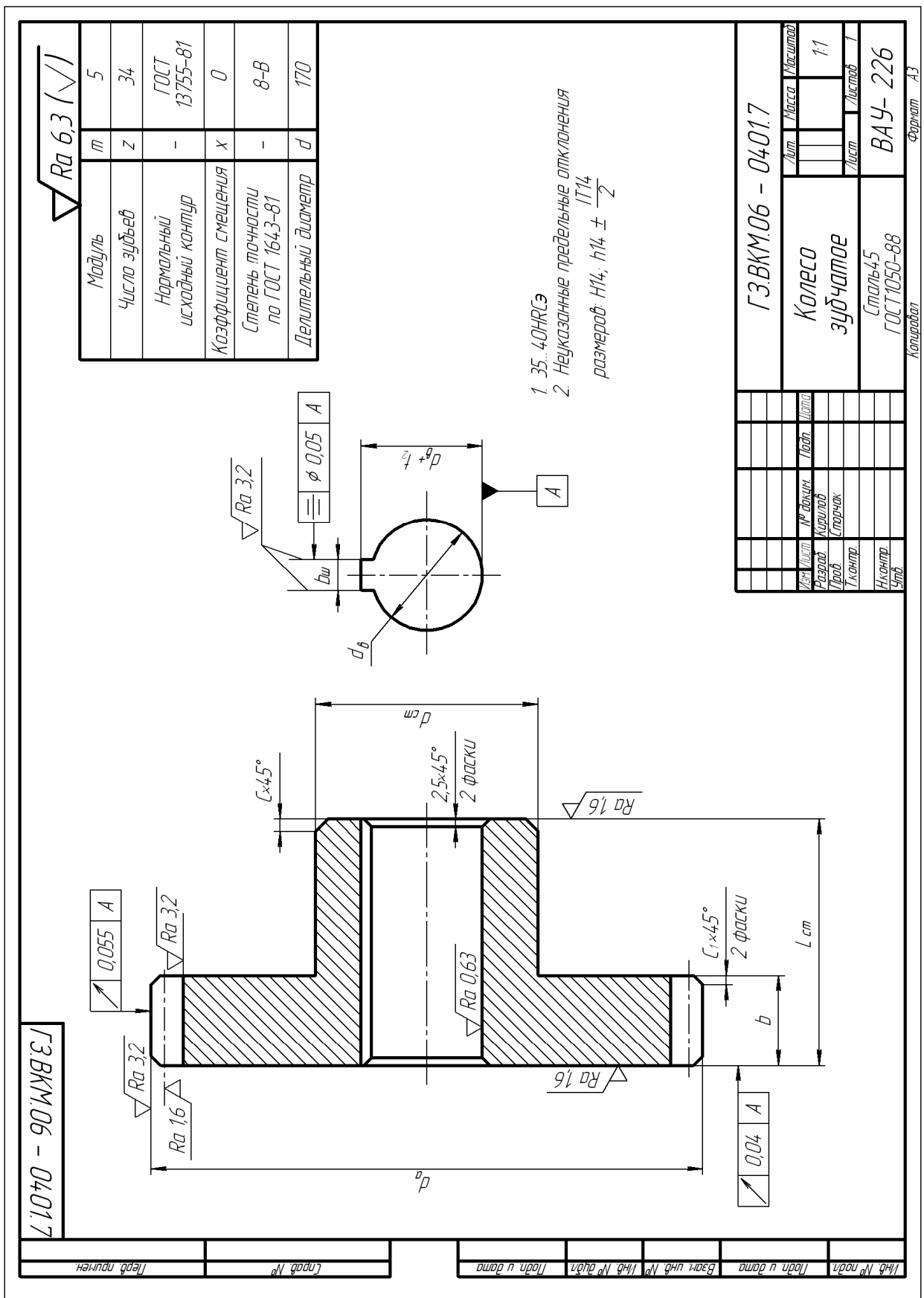


Рис. 13

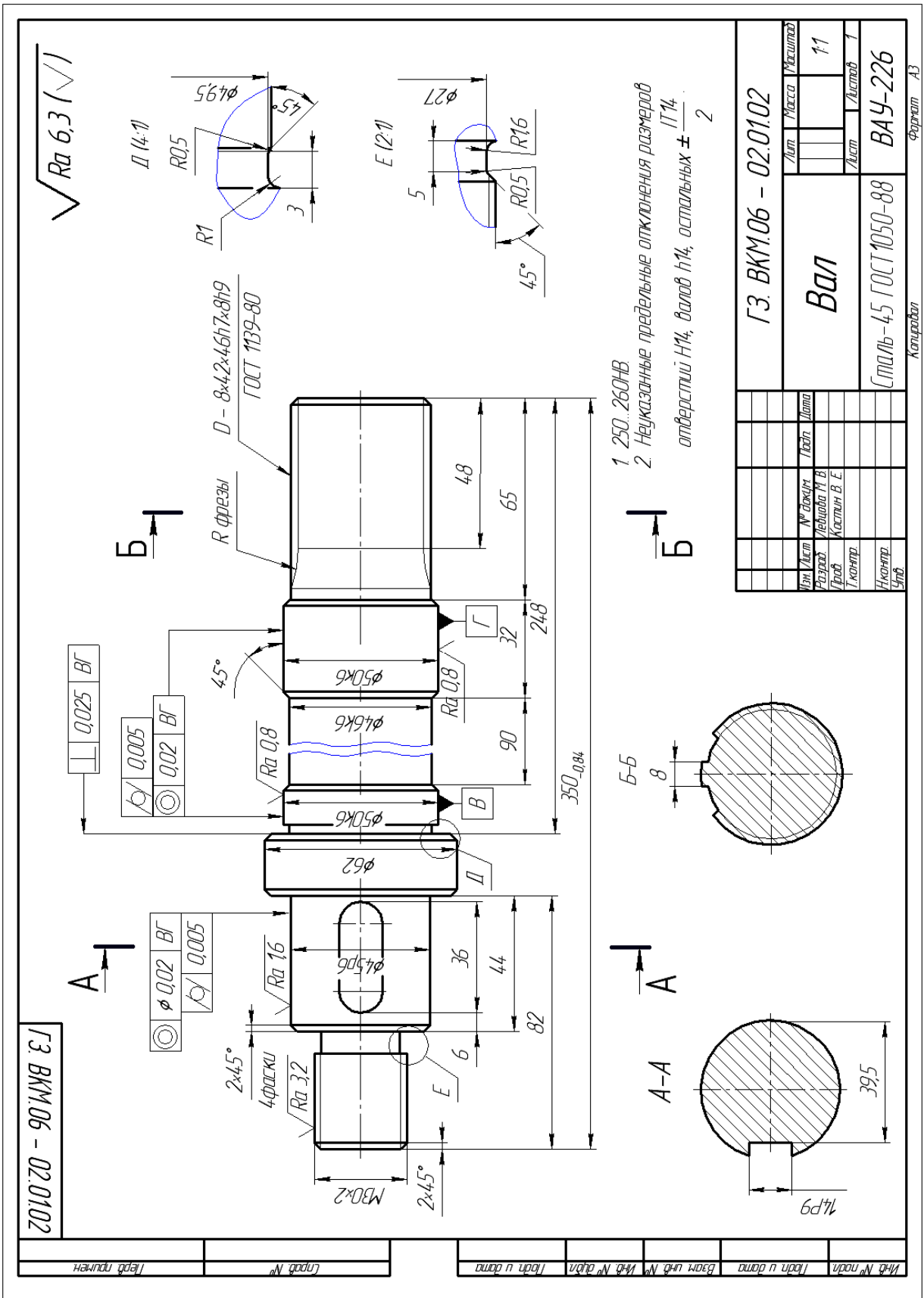


Рис. 14





## ВЫПОЛНЕНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ В СИСТЕМЕ AutoCAD

### 1. Цель работы

Ознакомить студентов с методикой создания сборочных чертежей в системе AutoCAD. Научить студентов выполнять чертежи сборочных единиц с помощью блоков.

### 2. Содержание работы

1. Ознакомиться с последовательностью выполнения сборочных чертежей.
2. Ознакомиться с методом создания сборочного чертежа с помощью блоков.
3. Предварительно выключив размерный слой и осевой, на основании чертежей деталей сформировать блоки. Выбрать базовый блок. Для базового блока осевой слой не отключается.
4. Открыть формат А3 и выполнить последовательно вставку блоков, начиная с базового блока. Если необходимо, при вставке можно менять масштаб и поворачивать изображение детали.
5. Выполнить компоновку изображения сборочной единицы и, убедившись в совпадении всех присоединительных поверхностей, применить команду **EXPLODE (РАСЧЛЕНИ)** – разбить блок на части.
6. Выполнить редактирование чертежа (удаление невидимых линий, корректировка штриховки и. т. д.)

### 3. Теоретическая часть

**Сборочной единицей** называется изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии – изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой, пайкой и т.п.).

**Сборочный чертеж**- это графический документ, содержащий изображение изделия и другие данные, необходимые для его сборки (изготовления) и контроля.

Согласно ГОСТ 2.109-73 сборочный чертеж должен содержать:

1. Изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы. Допускается помещать на чертеже схему соединения или расположения составных частей изделия.
2. Размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу в процессе сборки.
3. Указания о характере сопряжения разъемных частей изделия, если точность сопряжения достигается не заданным отклонением размеров, а подбором, пригонкой и т. п.. На чертеже могут быть приведены указания о способе соединения неразъемных частей (сварных, паянных и др.).
4. Номера позиций составных частей, входящих в изделие.
5. Основные характеристики изделия.
6. Габаритные, установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры.

К сборочному чертежу прилагается спецификация (текстовый документ), в которую вносят перечень составных частей, входящих в изделие, и разрабатываемые к нему конструкторские документы.

Приступая к выполнению сборочного чертежа, необходимо иметь в виду, что число изображений должно быть минимальным, но достаточным для полного представления о конструкции и взаимных связях составных частей изделия.

### **Последовательность выполнения сборочного чертежа**

Сборочный чертеж может быть выполнен в процессе проектирования нового изделия или при вычерчивании готового изделия с натуры.

Выполнение сборочного чертежа с натуры применяется в учебной практике, а также при модернизации и ремонте изделия.

Выполнение сборочного чертежа с натуры рекомендуется осуществлять в следующем порядке:

1. Ознакомиться с назначением, устройством и взаимодействием отдельных частей сборочной единицы (изделия), изучить его конструкцию, т.е. установить, из каких деталей она состоит, их количество и назначение, способы соединения деталей между собой.
2. Определить порядок сборки и разборки.
3. Выяснить наличие стандартных изделий: крепежных деталей – болтов, винтов, гаек, шайб, шплинтов и др.
4. Составить предварительную спецификацию с указанием разрабатываемых конструкторских документов и присвоить обозначение сборочной единице и ее элементам.
5. Выполнить эскизы всех составных частей изделия. Начинать эскизирование следует с основной (обычно корпусной) детали изделия. Особое внимание следует уделить согласованию размеров сопрягаемых поверхностей.
6. Приступить к выполнению сборочного чертежа в тонких линиях. При этом выбрать главное изображение, дающее наиболее полное представление об изделии.



7. В завершении следует осуществить обводку линий, простановку необходимых размеров, номеров позиций и выполнить спецификацию.

Построение чертежа сборочной единицы традиционным способом начинают с выполнения эскизов деталей, входящих в данное изделие. **Эскизом** называется чертеж временного характера, выполненный, как правило, от руки, без применения чертежных инструментов. По содержанию эскизы ничем не отличаются от рабочих чертежей и выполняются с соблюдением всех правил и условностей, установленных стандартами ЕСКД.

В системе **AutoCAD** существует специальная команда **SKETCH (ЭСКИЗ)**, позволяющая рисовать от руки, но применение этой команды для выполнения эскизов чертежей деталей не целесообразно по двум причинам. Во – первых, эскиз в графической системе генерирует очень много отрезков и использует большое количество памяти. Во – вторых, стандартные средства **AutoCAD** позволяют достаточно просто строить контуры детали. Таким образом, выполнение эскиза в конечном итоге сводится к выполнению чертежа детали.

Средства **AutoCAD** позволяют выполнить сборочный чертеж традиционными методами и более прогрессивными. К новым методам построения сборочного чертежа с использованием компьютера можно отнести – построение чертежа с помощью слоев, копированием или с помощью блоков. Смысл первого метода заключается в том, что чертежи отдельных деталей формируются на одном поле чертежа в различных слоях и затем включаются все слои. Смысл второго метода заключается в том, что изображения деталей копируются, и затем на основании полученных копий формируется сборочный чертеж. Третий способ основан на том, что изображения отдельных составных частей объединяются в блоки, которые затем используются для построения чертежа сборочной единицы. Метод с использованием слоев на первый взгляд более простой, имеет существенные недостатки. Расположить изображения отдельных деталей так, чтобы они точно состыковались при включении всех слоев, практически невозможно. Следовательно, чтобы выполнить соединение отдельных деталей, необходимо будет выполнить операции переноса и поворота. Изображение

каждой детали представляет собой набор примитивов, поэтому перенос, поворот и другие операции редактирования выполнять в совокупности возможно только в том случае, если они не перекрываются другими объектами. Кроме того, если слои применялись для построения чертежа каждой детали, то в сборочном чертеже их количество значительно возрастет. Учитывая, что изображение каждой детали выполняется в определенном масштабе, то при формировании сборочного чертежа придется изменять масштаб некоторых изображений.

Способ копирования так же содержит ряд недостатков. Аналогично предыдущему способу придется менять масштаб, выполнять поворот изображения некоторых деталей. Достаточно сложно будет выполнить компоновку изображения сборочной единицы, особенно если количество деталей, входящих в сборочную единицу, будет большим.

Поэтому более удобным является метод построения сборочного чертежа с использованием блоков.

**Блок** представляет собой группу объединенных примитивов, записанных в отдельный файл и воспринимаемых компьютером как один примитив. Блок может содержать любое количество графических примитивов. Перечислим преимущества использования блоков.

1. Блоки хранятся отдельно от остального чертежа, и один и тот же блок может вставляться в чертеж многократно, что позволит сократить время создания чертежа.
2. Рисунок, состоящий из блоков, можно быстро и эффективно редактировать путем вставки, перемещения и копирования целых блоков в любом масштабе и под любым углом, а не отдельных геометрических объектов.
3. Можно создавать библиотеку типовых и стандартных элементов и использовать ее в своей работе, что значительно ускоряет процесс проектирования.

4. Значительно экономится память компьютера, так как чертеж, составленный из готовых блоков позволяет хранить в памяти только точки вставки блоков.

Команда **BLOCK (БЛОК)** создает блок, который доступен только в текущем чертеже. Для получения блоков, которыми можно воспользоваться при создании любых чертежей в AutoCAD, используется команда **WBLOCK (ПБЛОК)**.

Команда **WBLOCK (ПБЛОК)** служит для записи блока в отдельный файл с заданным именем. В диалоговом окне следует указать: имя блока, точку вставки, объекты, которые будут входить в блок и место в памяти компьютера, где будет храниться этот блок.

Включение блока в текущий чертеж осуществляется командой **INSERT (ВСТАВЬ)**. В диалоговом окне надо указать имя блока или ввести кнопку **<Обзор>** для получения списка блоков, хранящихся в памяти компьютера. Вставляя блок в чертеж, можно изменить его масштаб и повернуть на определенный угол. При включении блока в чертеж AutoCAD обрабатывает его как графический примитив. Для обеспечения работы с его отдельными составляющими блок необходимо разбить. Для этого в AutoCAD существует команда **EXPLODE (РАЗРУШИТЬ)** – разбить блок на части.

При формировании сборочного чертежа с помощью блоков целесообразно выполнять чертежи отдельных деталей, используя несколько слоев. В одних слоях выполняем изображение контуров деталей, в других – простановку размеров. Затем слои, в которых выполнялась простановка размеров, выключаются, а изображения деталей редактируются и записываются в отдельные блоки. При этом важно установить базовый блок. Как правило, базовым блоком выбирается основная деталь, например корпус. После этого, выбираются точки вставки и особыми маркерами отмечаются на изображениях деталей.

Завершив формирование всех блоков, можно приступить к выполнению сборочного чертежа.

На рабочем поле создаем определенный формат чертежа. Вводим базовый блок и затем остальные блоки. Выполняем расстановку всех блоков. Проверяем совпадение сопрягаемых поверхностей. Линии, которые на сборочном чертеже будут невидимыми, обрежем и сотрем. Корректируем штриховку сопрягаемых поверхностей. При включении блока в чертеж, **AutoCAD** воспринимает его как отдельный примитив. Для того чтобы можно было выполнить команды **ERASE(СОТРИ)** и **TRIM(ОБРЕЖЬ)**, необходимо перед редактированием ввести команду **EXPLODE (РАЗРУШИТЬ)**. Данная команда разбивает блок на отдельные примитивы. Выполняем простановку размеров. В заключение оформляем спецификацию. Сохраняем сборочный чертеж на дискете.

## 5. Методика выполнения работы

1. Открываем файлы с выполненными чертежами зубчатого колеса, вала и втулки. Выключаем размерный слой в каждом из этих файлов.
2. В качестве базового блока выбираем вал.
3. В командной строке набираем команду **WBLOCK**, и в открывшемся диалоговом окне задаем имя блока; оно должно отличаться от имени файла чертежа. Так же задаем точку вставки и указываем место или папку, где будет храниться файл с созданным блоком. Затем выбираем объекты, входящие в данный блок (главный вид и сечения).
4. Аналогично создаем блоки на основании чертежей зубчатого колеса и втулки (вместе с размерным слоем предварительно выключаем осевой слой).
5. Открываем чистый формат А3 и вставляем блок-вал, затем последовательно блок – зубчатое колесо и блок-втулку.
6. Устанавливаем зубчатое колесо и втулку так, чтобы сопрягаемые поверхности совпали.

7. Вводим команду РЕДАКТОР БЛОКОВ, удаляем невидимые линии, изображаем контуры шпонки и достраиваем сечения.
8. Если границы удаляемых частей линий трудно определить вводим команду EXPLODE (РАЗРУШИТЬ), и после того как блоки распадутся на отдельные примитивы, удаляем невидимые линии.
9. Проставляем габаритные размеры и выполняем необходимые надписи.
10. Выполняем спецификацию.

На рис. 16 представлен образец выполнения сборочного чертежа.

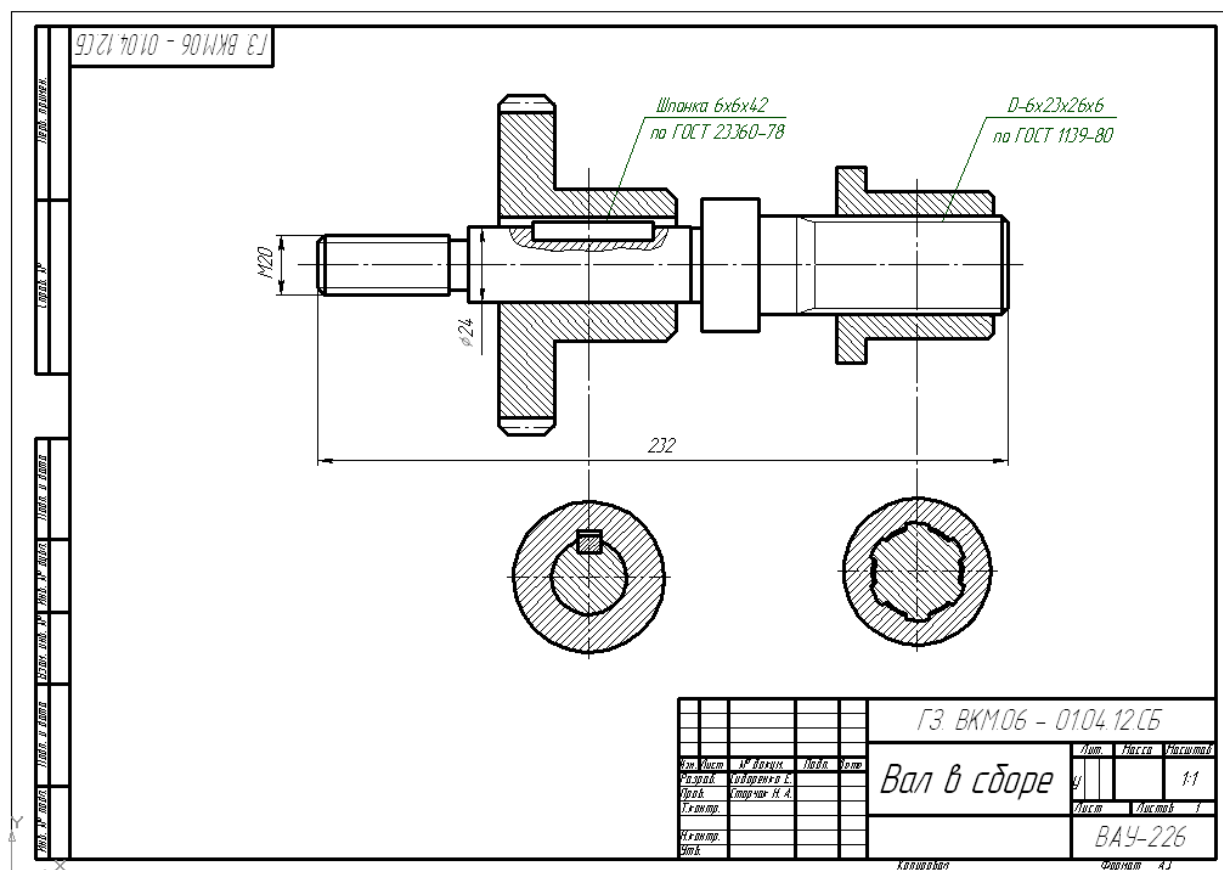


Рис. 16

## 5. Содержание и оформление отчета

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. На титульном листе указывается название и номер лабораторной работы, фамилия студента, номер группы и дата выполнения.

Отчет должен содержать: цель работы, краткое описание теоретической части, последовательность выполнения работы.

#### 6. Перечень контрольных вопросов

1. Что называется сборочной единицей?
2. Какие основные правила оформления сборочных чертежей?
3. В чем заключается отличие выполнения эскиза традиционным способом и в системе AutoCAD?
4. Какие известны методы выполнения сборочных чертежей в системе AutoCAD?
5. Что называется БЛОКОМ?
6. Чем отличается команда BLOCK от команды W BLOCK?
7. Как создать блок?
8. В чем заключается преимущество построения чертежей, содержащих блоки?
9. Как вставляются блоки в чертеж?
10. Как редактировать блоки?
11. В какой последовательности выполняются сборочные чертежи, состоящие из блоков?
12. Какие операции выполняются после того, как чертеж сборочной единицы скомпонован?
13. Что такое спецификация и как она оформляется?

## СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В СИСТЕМЕ AUTOCAD

### 1. Цель работы

Ознакомить студентов с методикой создания различных трехмерных моделей в системе AutoCAD. Научить студентов формировать твердотельные модели сложной формы.

### 2. Содержание работы

1. Ознакомиться с командами создания твердотельных примитивов. Получить вариант модели (выдается преподавателем).
2. Мысленно разделить сложную форму детали на составляющие простые элементы.
3. Используя команды создания твердотельных примитивов, создать модель хранения.
4. Применяя логические операции, объединить отдельные элементы в модель сложной формы.
5. Перейти от каркасного варианта изображения модели к тонированному с помощью команды **РЕАЛИСТИЧНЫЙ**.
6. Выполнить фаски и сопряжения.

### 3. Теоретическая часть

Система **AutoCAD** предоставляет широкие возможности работы в трехмерном пространстве. Работа в трехмерном пространстве - это сочетание рисования, редактирования и установки видов и видовых экранов. При формировании трехмерной модели на плоском экране получается лишь мнимый образ трехмерного объекта. Однако в памяти компьютера объект характеризуется реальной трехмерной формой. Работу в среде **AutoCAD** возможно осуществлять в двух режимах: **пространстве модели** и **пространстве листа**. В пространстве модели формируется трехмерная или двухмерная модель разрабатываемого

объекта. Если пользователь работает только в плоскости с двухмерными объектами, ему нет особой необходимости переходить в пространство листа. Работа осуществляется на *неперекрывающихся видовых экранах*. Пространство листа – это пространство AutoCAD, необходимое для того, чтобы отобразить сформированную в пространстве модель объекта в *перекрывающихся (плавающих) видовых экранах*. Если бы не использовалось пространство листа, пришлось бы загромождать пространство модели ненужной информацией, которая необходима лишь для формирования графических документов. Внутренняя рамка, основная надпись и другая графическая и текстовая информация – это информация не имеет отношения к реальной модели и требуется только для твердой копии чертежа. Пространство листа строго двумерно, и видеть его можно только в направлении перпендикулярном плоскости изображения. Переключение экрана из **пространства модели** в **пространство листа**, можно, осуществить мышью с помощью кнопки **PAPER/MODEL** в строке состояния нижней части Рабочего стола **AutoCAD**.

Команда **VPOINT (ТЗРЕНИЯ)** – позволяет условно вводить местоположение глаза наблюдателя относительно создаваемых объектов.

Вывод данной команды осуществляется по следующей схеме: Вид→3D виды→Настройки точек обзора.

В данном случае «точка зрения» определяется с помощью двух углов, один из которых задается в плоскости **XУ** относительно оси **X**, а другой – относительно плоскости **XУ** «вверх» (рис. 17).

Ввод данной команды осуществляется по следующей схеме: Вид→Точки обзора→Именованные точки обзора.

Второй путь: Вид→3Dвиды→Точка обзора. В этом случае на дисплее появится условное изображение развернутого глобуса и три взаимно перпендикулярные оси.



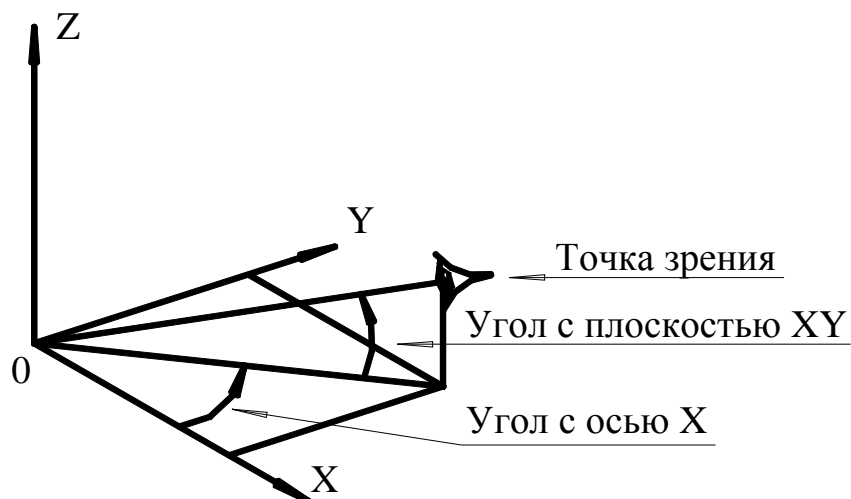


Рис. 17

Центральная точка на условном глобусе обозначает северный полюс, внутренняя окружность – экватор, внешняя окружность – южный полюс. Перекрестие внутри развертки показывает положение точки зрения (рис. 18).

Угол направления взгляда в плоскости **XY** определяется положением перекрестия внутри условного глобуса, а угол между направлением взгляда и плоскостью **XY** – ее расстоянием от центра компаса. В соответствии с положением точки зрения на развертке изменяется ориентация координатных осей.

Передвигая с помощью мыши перекрестие внутри изображения глобуса и контролируя расположение координатных осей, можно быстро установить требуемый вид.

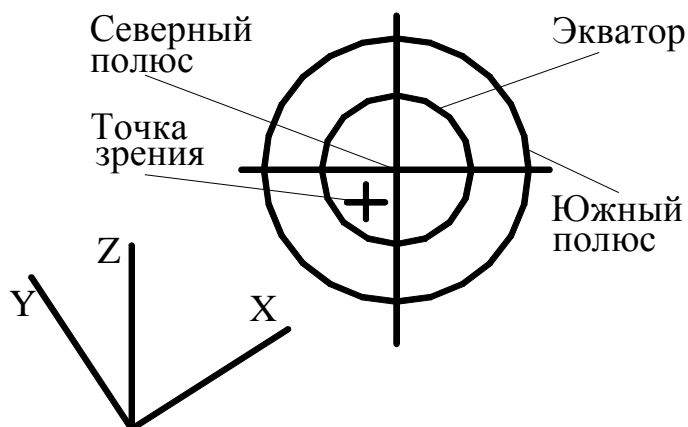


Рис.18

Третий путь: Вид → Точка обзора → Именованные точки обзора. При этом выводится диалоговое окно «Видовые экраны», с помощью которого можно создать шесть основных видов и четыре аксонометрических:

**Top View** – вид сверху;

**Bottom View** – вид снизу;

**Left View** – вид слева;

**Right View** – вид справа;

**Front View** – вид спереди (главный вид);

**View Back** – вид сзади;

**Isometric View** – четыре основных аксонометрических вида.

Создание объемных моделей - более трудоемкий процесс, чем построение их проекций. Однако в конструкторских разработках такое моделирование открывает ряд новых возможностей:

- 1) возможность рассмотрения модели из любой точки;
- 2) автоматическая генерация основных и дополнительных видов на плоскости;
- 3) построение сечений и разрезов на плоскости;
- 4) проверка взаимодействия нескольких деталей;
- 5) экспорт модели в анимационные приложения и программы;
- 6) инженерный анализ.

Очень важно понимать отличие трехмерной модели от аксонометрического рисунка:

- 1) на аксонометрическом рисунке мы можем видеть изображение объекта, выполненного с одной точки зрения. Трехмерная модель позволяет видеть объект с любой стороны;
- 2) на плоском экране мы получаем плоское отображение модели, однако в памяти компьютера модель характеризуется реальной объемной формой;
- 3) для твердотельной модели мы можем автоматически выполнять сечения плоскостью, определить массу, объем и другие параметры.

В **AutoCAD** существуют три типа трехмерных моделей – **каркасные, поверхностные и твердотельные**, которые обладают определенными достоинствами и недостатками. Для каждого типа применяются определенные методы создания и редактирования. Поэтому, при формировании пространственных моделей не следует создавать отдельные составные части, применяя различные типы моделирования. В **AutoCAD** имеются ограниченные возможности преобразования тел в поверхности, а поверхностей в каркасные модели. Обратные преобразования невозможны.

**Каркасная модель** представляет собой трехмерный объект, состоящий из точек (вершин) и линий (ребер). Эта модель проста в построении, но с ее помощью можно представить лишь ограниченный класс деталей, в которых аппроксимирующие поверхности, в основном, – плоскости. Модели данного типа представляют собой как бы скелетное описание пространственных объектов (рис. 19). В **AutoCAD** каркасные модели формируются путем размещения плоских объектов в любом месте трехмерного пространства. Такое размещение можно осуществить различными способами:

- 1) ввод значений трехмерных точек (X,Y,Z) при построении объекта;
- 2) ввод новых плоскостей построений путем установки новой пользовательской системы координат;
- 3) перемещение в пространстве ранее созданного плоского объекта.

Кроме перечисленных способов можно применять трехмерные полилинии и сплайны.

Однако каркасное моделирование - моделирование самого низкого уровня и имеет ряд серьезных ограничений. На основе такой модели можно получать, например, проекции объекта на чертеже, но не всегда можно получить правильные изображения, а также сечения. В отличие от твердотельной модели, в каркасной модели нельзя отличить видимые грани от невидимых. Операцию по удалению скрытых линий можно выполнить только вручную, стиранием каждой отдельной линии. Но такое редактирование приведет к «разрушению» всей модели.

- **Поверхностная модель** определяется с помощью точек, линий и поверхностей. Следовательно, ее можно рассматривать как модель более высокого уровня (рис. 20).

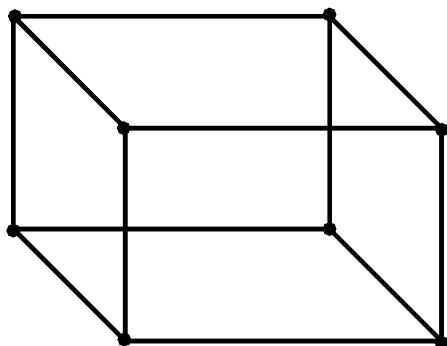


Рис. 19

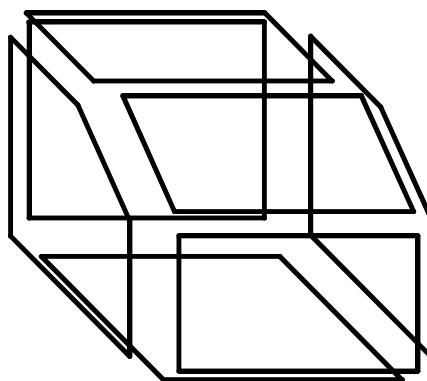


Рис. 20

**AutoCAD** строит поверхности на базе многоугольных сетей. Поскольку грани сети плоские, представление криволинейных поверхностей производится путем их аппроксимации. Поверхности, составленные из плоских участков, будем называть **сети**.

Если объект представлен поверхностной моделью, то всегда можно определить область между ребрами – грани. Эту область, включая ее границы, рассматривают как единое целое, что значительно упрощает описание объекта, позволяет производить автоматическую штриховку, копирование и другие преобразования.

Несмотря на целый ряд достоинств метода поверхностного моделирования, его применение ограничено, из-за ряда недостатков. Например, невозможно автоматическое удаление невидимых линий и отображение внутренних областей. Невозможно применять к таким моделям логические операции.

**Твердотельное моделирование** - это самое современное и наиболее совершенное средство создания компьютерных трехмерных моделей. Твердотельная модель описывается объемом, который она занимает, и

следовательно, обеспечивает полное и однозначное определение трехмерной геометрической формы (рис. 21).

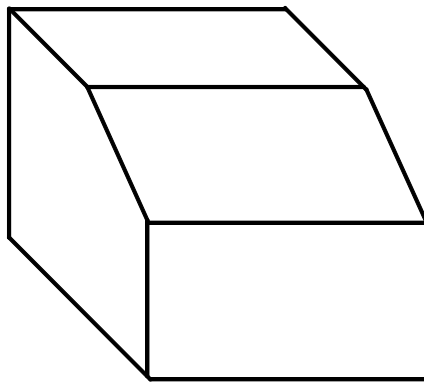


Рис. 21

Безусловными преимуществами твердотельной модели являются:

- 1) полное определение объема и формы;
- 2) обеспечение автоматического удаления невидимых (скрытых) линий;
- 3) возможность получать сложные формы на основе логических операций сложения, вычитания и пересечения.
- 4) автоматизированное построение трехмерных разрезов, проектируемого изделия, что особенно важно при анализе сложных сборочных единиц;
- 5) получение значений массы, площади поверхности, центра тяжести, момента инерции для любой детали или изделия в целом, которые необходимы для прочностных расчетов или которые могут экспортироваться в такие приложения, как системы числового программного управления;
- 6) наличие разнообразной палитры цветов, управление цветовой гаммой, получение тоновых эффектов – всего того, что способствует качественному изображению формы;
- 7) несмотря на кажущую сложность, их легче строить и редактировать.

Один из методов твердотельного конструирования основан на построении модели из набора базовых твердотельных примитивов, находящихся в библиотеке системы. Каждый примитив определен некоторой формой (параллелепипед, цилиндр переменного сечения, шар и т.п.), точкой привязки,

исходной ориентацией и изменяемыми размерами. При построении тела имеют внешний вид, аналогичный каркасным моделям, до тех пор, пока к ним не применены операции подавления скрытых линий, раскрашивания и тонирования. Модификация тел осуществляется путем сопряжения их граней и снятия фасок.

Процесс твердотельного проектирования можно разделить на несколько этапов. В ходе *первого этапа* проектировщик получает **информационную модель** в виде информации (словесного описания, идеи или рисунка). В ходе *второго этапа* информационная модель преобразуется в **модель данных** путем условного разделения детали на простейшие базовые тела. На *третьем этапе* базовые тела с заданными размерами и координатами расположения характерных точек (параллелепипед, тор, сфера, цилиндр и т. д.) формируются на экране дисплея и записываются в память компьютера – **модель хранения**. В ходе *четвертого этапа* происходит образование геометрических форм создаваемой детали (**виртуальная модель**) путем логических операций **пересечения, объединения и вычитания** базовых примитивов. На *пятом этапе* выполняется редактирование модели или ее визуализация, т. е. придание ее реалистичного вида. Сначала выполняется построение фасок и сопряжений, затем деталь, представленную в каркасном виде, с помощью «затушовки по Гуро» раскрашивают. Кроме этого можно создать определенную подсветку и фон. В результате из виртуальной модели формируется **твердотельная модель**.

Простейшие тела, из которых строятся сложные трехмерные объекты, называют **твердотельными примитивами**.

### **Команды создания твердотельных примитивов**

Команда **BOX(ЯЩИК)** позволяет формировать твердотельный ящик (параллелепипед, куб).

Команда **WEDGE (КЛИН)** создает твердотельный клин. Основание клина всегда формируется параллельно плоскости XOY текущей системы координат, а грань с наклонным ребром вдоль оси X (рис. 22).

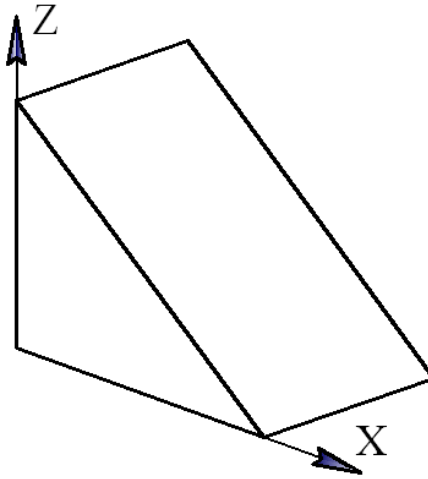


Рис. 22

Команда **CONE (КОНУС)** создает твердотельный конус, основание которого ограничивает окружность или эллипс. Основание лежит в плоскости  $XY$  или в плоскости параллельной ей, текущей системы координат, а вершина располагается по оси  $Z$ .

Команда **CYLINDER (ЦИЛИНДР)** позволяет формировать твердотельный цилиндр, основание которого ограничивает окружность или эллипс. Основание лежит в плоскости  $XY$  или в плоскости параллельной ей, а вершина располагается по оси  $Z$ .

Команда **SPHERE (СФЕРА)** позволяет создавать твердотельный шар.

Шар располагается таким образом, что его центральная ось параллельна оси  $Z$  текущей системы координат.

Команда **TORUS (ТОР)** позволяет формировать твердотельный тор. Для создания модели тора необходимо ввести значение радиуса образующей окружности и радиуса тора, определяющего расстояние от оси вращения до центра образующей окружности. Ось вращения параллельна оси  $Z$  текущей системы координат.

Если радиус тора больше радиуса образующей окружности, то будет формироваться тело открытого тора (рис.23), если радиус тора меньше радиуса образующей, то получим закрытый тор (рис.24).

Радиус тора может иметь отрицательное значение, но при этом радиус образующей окружности должен быть больше радиус тора по абсолютной

величине и иметь положительное значение. В данном случае получим тело вращения, при этом образующей является дуга окружности, ограниченная осью вращения, с центром, расположенным по другую сторону от оси (рис. 25).

Команда **EXTRUDE (ВЫДАВИ)** позволяет формировать трехмерные тела методом выдавливания плоских примитивов (созданием высоты). Прежде чем ввести команду, необходимо создать контур выдавливаемого тела и если это необходимо траекторию перемещения контура.

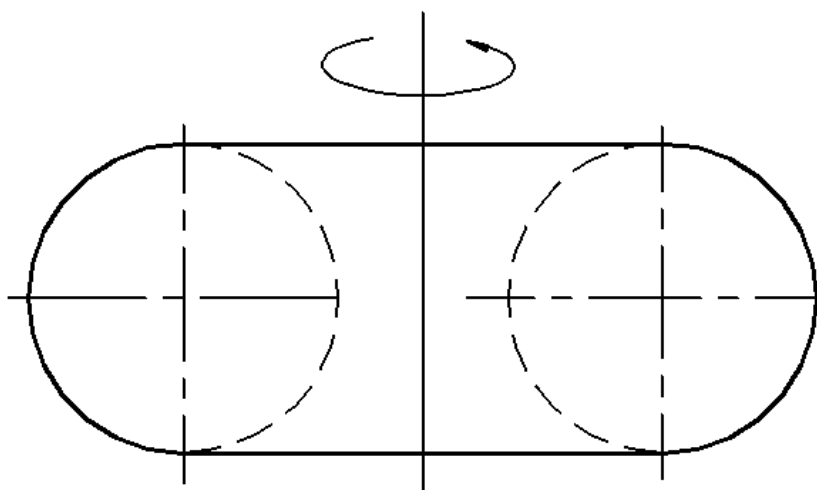


Рис. 23. Открытый тор

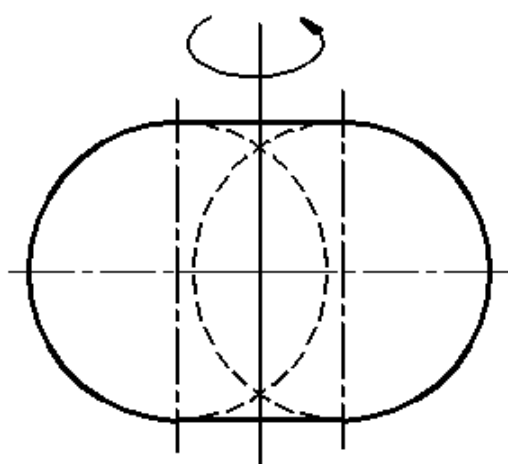


Рис. 24. Закрытый тор

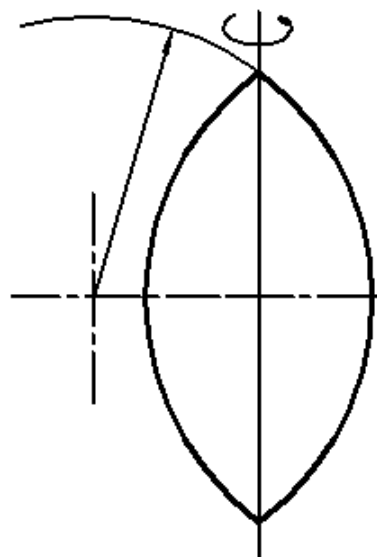


Рис. 25. Поверхность вращения



Допускается получать тела выдавливанием из таких примитивов, как прямоугольник, многоугольник, круг, эллипс, кольцо, область, контур, замкнутый сплайн или полилиния (кроме имеющих более 500 вершин).

С помощью одной команды можно выдавить сразу несколько геометрических объектов. Направление выдавливания определяется траекторией или заданием глубины и угла конусности. Глубина может иметь положительное и отрицательное значение, и быть направленной вдоль оси Z. При неправильном задании угла конусности образующие поверхности могут сойтись в одну точку до того, как будет достигнута указанная высота выдавливания. Траектория выдавливания задается отрезком, дугой окружности или плоской полилинией, при этом угол конусности всегда равен 0. Команда **EXTRUDE** применяется для формирования моделей деталей, имеющих сложную форму. Если контуры выдавливаемого тела состоят из отдельных отрезков, дуг, сплайнов, то необходимо сначала с помощью команд **TRIM (ОБРЕЖЬ)** и **EXTEND (РАСШИРИТЬ)** получить четкие точки соединения отдельных примитивов, а затем с помощью редактирования преобразовать данные примитивы в одну полилинию или область.

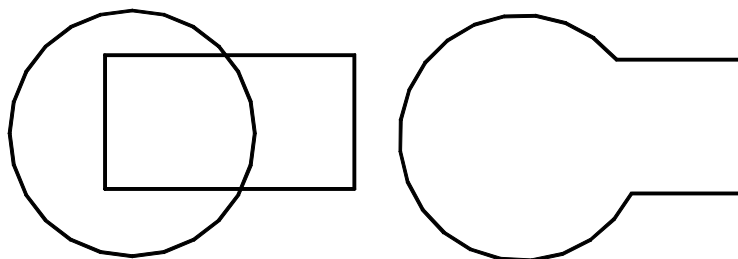
Команда **REVOLVE (ВРАЩАЙ)** создает трехмерные тела с помощью вращения двумерных (плоских) примитивов вокруг неподвижной оси. Предварительно необходимо создать контур вращения и если это необходимо ось вращения. В качестве оси вращения можно выбрать оси X или Y. Данной командой можно вращать только один примитив (прямоугольник, многоугольник, круг, эллипс, полилиния, область), который должен быть замкнутой линией. Полилиния не должна иметь более 500 вершин и пересекающиеся и соприкасающиеся друг с другом сегменты. Вращаемый объект может касаться оси вращения, но не пересекать его.

### **Формирование сложных форм с помощью логических операций**

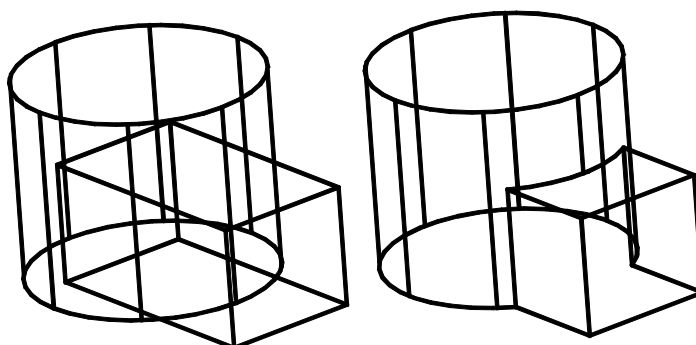
Детали, применяемые в машиностроении и других областях техники, как правило, представляют собой тела сложной формы, при создании моделей

которых перечисленные выше примитивы являются лишь базисными элементами. Процесс формирования модели сложной формы происходит с помощью операций объединения, вычитания и пересечения базисных элементов. Данные логические операции выполняются с помощью соответствующих команд.

Команда **UNION(ОБЪЕДЕНИИ)** позволяет из нескольких объектов (трехмерных или двухмерных областей) формировать один, в том числе из не имеющих общего объема или площади (то есть непересекающихся).

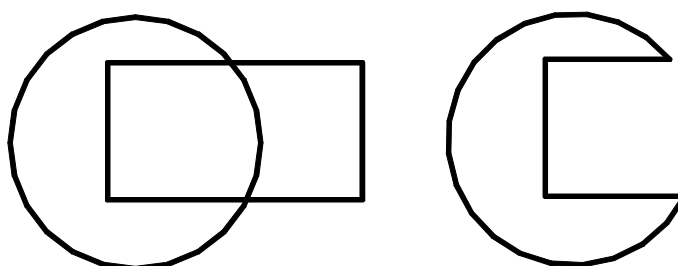


объединение областей

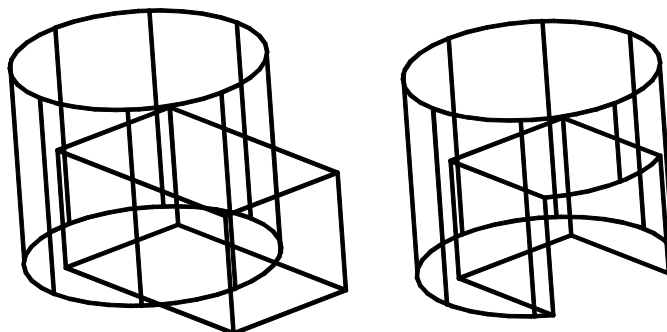


объединение тел

Команда **SUBTRACT (ВЫЧТИ)** позволяет вычитать один объект из другого. В качестве объектов можно рассматривать тела или области.

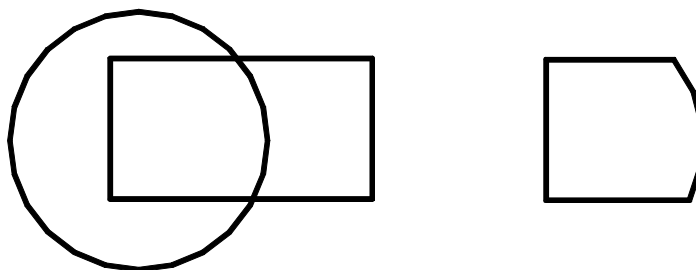


### ВЫЧИТАНИЕ ОБЛАСТЕЙ

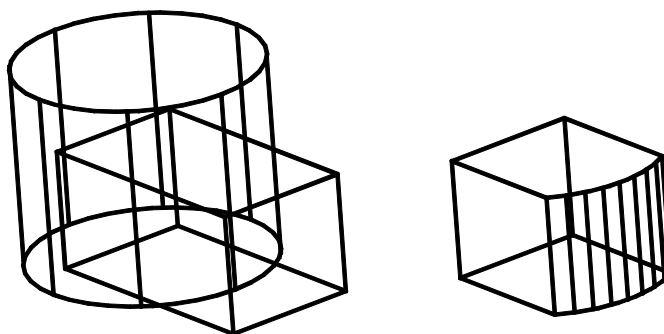


### ВЫЧИТАНИЕ ТЕЛ

Команда **INTERSECT (ПЕРЕСЕКИ)** позволяет создавать новые области или тела, которые получаются в результате пересечения нескольких объектов.



### пересечение областей



### пересечение тел

### Редактирование трехмерных объектов

Команды **MOVE (ПЕРЕНЕСИ)**, **COPY (СОПРИ)**, **ROTATE (ПОВЕРНИ)**, **MIRROR (ЗЕРКАЛО)**, **ARRAY (МАССИВ)** могут быть использованы для редактирования в двухмерном и трехмерном пространстве, но

существуют аналогичные команды, предназначенные только для трехмерного редактирования.

В двухмерном пространстве поворот объекта осуществляется относительно указанной точки. Для поворота трехмерного объекта можно использовать как команду **ROTATE**, так и ее аналог **ROTATE 3D**.

Команда **ROTATE 3D** предназначена для поворота тела вокруг оси.

Направление возрастания угла определяется значением системной переменной **ANGDIR**. Если **ANGDIR** равна 0, возрастание угла происходит при движении против часовой стрелки; если 1- по часовой стрелке.

В качестве оси могут быть выбраны различные объекты.

Возможны следующие варианты:

**Object** – поворот вокруг выбранного объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двухмерной полилинии;

**Last** – поворот вокруг оси, использовавшейся в предыдущей команде поворота;

**View** – поворот вокруг оси, выровненной вдоль направления вида текущего видового экрана и проходящей через данную точку;

**X axis Y axis Z axis** – поворот вокруг оси, параллельной соответственно оси **X**, **Y**, **Z** и проходящей через заданную точку;

**2point** – поворот вокруг оси, проходящей через две заданные точки

С помощью команды **MIRROR (ЗЕРКАЛО)** создается зеркальное отображение двухмерных объектов относительно оси.

Команда **MIRROR 3D** создает зеркальное отображение объектов относительно заданной плоскости.

Возможны следующие варианты:

**Object** – отображение осуществляется относительно выбранного плоского объекта. Такими объектами могут быть отрезок, окружность, дуга или сегмент двухмерной полилинии;

**Last** – отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущем действии отображения;

**View** – выровненной с плоскостью вида текущего видового окна и проходящей через заданную точку;

**XY, YZ, XZ** - отображение относительно плоскости, параллельной плоскости **XY, YZ** или **XZ** и проходящей через заданную точку;

**Zaxis** – отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит в плоскости, а вторая определяет положение нормали к плоскости;

**3points** – отображение относительно плоскости, задаваемой тремя точками.

Команда **3D ARRAY (ЗМАССИВ)** позволяет создавать прямоугольный и круговой массивы объектов в трехмерном пространстве. Отличается данная команда от аналога в двухмерном пространстве, тем, что при создании прямоугольного массива, кроме числа столбцов и строк, задается число уровней, которые располагаются в направлении оси **Z**. При создании кругового массива вместо центра вращения задают ось вращения по двум точкам.

Команда **CHAMFER (ФАСКА)** осуществляет снятие фасок на пересечении смежных граней тел.

При использовании команды необходимо выбрать базовую поверхность, указать размеры фаски и выбрать ребро, по которому будет сниматься фаска.

Команда **FILLET (СОПРЯЖЕНИЕ)** осуществляет плавное скругление граней, как и в двухмерном моделировании. Для скругления тел можно задавать радиус и затем указывать последовательность ребер или указывать радиус для каждого ребра и затем его скруглять.

Команда **SECTION (СЕЧЕНИЕ)** позволяет получать изображение сечения тела в виде области или неименованного блока. Сечение – это результат пересечения выбранного тела и заданной плоскостью.

По умолчанию секущая плоскость задается тремя точками. Можно задать плоскость плоскостью другого объекта, плоскостью текущего вида, осью **Z** или одной из плоскостей, параллельных координатным плоскостям **XY, YZ** или **XZ**. Сечение автоматически помещается в текущий слой.

Команда **SLICE (РАЗРЕЗ)** позволяет делить данное тело на два других, при этом можно удалить одну часть, полученную при делении. Для этого на запрос «**Укажите точку с нужной стороны от плоскости (Specify a point on desired side of the plane or)**» необходимо выбрать ту часть, которую следует оставить. Если необходимо оставить обе части, полученные при делении, то следует выбрать запрос «**Обе стороны (keep Both sides)**»

Новые тела наследуют слой и цвет исходного тела. Задавать секущую плоскость можно так же, как и в предыдущей команде.

### **Визуализация твердотельной модели**

В процессе создания объемной модели, необходимо добиваться максимальной достоверности изображения создаваемых объектов. Реклама, всевозможные анимационные программы, презентации, дизайнерские проекты - все это требует качественной визуализации сформированных в AutoCAD моделей, это предусматривает следующие операции: удаление скрытых линий; раскрашивание поверхностей; тонирование поверхностей, которым присвоены цвет и свойства определенных материалов; подсветка изображения из одного или нескольких источников света.

**Удаление скрытых линий** осуществляется с помощью команды **СКРЫТЬ (HIDE)**. До удаления невидимых линий и тонирования, тела отображаются в виде каркаса. При таком представлении поверхность тела аппроксимируется ребрами граней и образующими линиями искривленных поверхностей. Количество образующих линий, отображаемых на искривленных поверхностях, задается значением системной переменной **Contour lines per surface** в момент создания объекта. По умолчанию она равна 4. Изменение количества образующих можно осуществить в диалоговом окне **Параметры**, которое открывается с помощью падающего меню **Инструменты**→**Опции**. Сложные объемные модели часто оказываются перегруженными большим количеством линий, что затрудняет их чтение и просмотр. Можно облегчить эту задачу. Удалив скрытые (невидимые с данной точки зрения) линии. Команда **Hide** выводится из падающего меню **Вид**

→ Скрыть или щелчком мыши по пиктограмме **Hide** плавающей панели инструментов **Render**.

При удалении невидимых линий, изображение твердотельного объекта генерируется, и удаляются невидимые линии объекта, представленного сетью.

Команда **ТЕНЬ (SHADE)** строит раскрашенное изображение модели в текущем видовом журнале. При выполнении данной команды скрытые линии удаляются автоматически. Подразумевается, что источник света один и расположен за спиной пользователя. Команда **SHADE** вызывается из падающего меню Вид→Тени.

Параметры тонирования устанавливаются в диалоговом окне **Render** (тонирование). Выводится окно по схеме Вид→Рендеринг→Render...

В AutoCAD осуществляется три режима тонирования, которые определяются в диалоговом окне Render:

- **Render** (Упрощенное) – тонирование без добавления источников света, присвоение материалов и определение сцен. Данный режим выполняет тонирование очень быстро, но созданная модель не достаточно реалистична.
- **Photo Real** (фотореалистичное) – более реалистичное тонирование с возможностью отображения растровых и прозрачных материалов, а также с улучшенным отображением теней.
- **Photo Raytrace** (трассировка луча) – ещё более реалистичное тонирование, основанное на алгоритме трассировки луча; позволяет генерировать эффекты отражения, рефракция, ещё точнее строит тени.

Важный момент в процессе тонирования – определение фона, которое осуществляется в диалоговом окне **Background** (фон). В качестве фона тонированного изображения AutoCAD по умолчанию использует фон графического окна. Фон тонированного изображения может быть переключен в следующие режимы отображения.

- **Solid** (сплошной) – сплошной одноцветный фон, выбранный из палитры цветов.

- **Gradient** (переход) – градиент цветового перехода между тремя цветами **Top/Middle/Bottom** (Верхний, Средний, Нижний).
- **Image** (изображение) фон в виде растровой картинки.

Для получения реалистичного тонированного изображения можно создавать, перемещать и настраивать источники света. В AutoCAD имеется четыре вида источников света: рассеянный свет, удаленные источники, точечные источники и прожекторы. Свет от источников позволяет создавать тень только в режимах визуализации **Photo Real** и **Photo Raytrace**.

Чтобы тонирование выглядело более реалистично, поверхностям объектов придают оптические свойства различных материалов. При этом можно использовать команду **PMAT (МАТЕРИАЛ)**. Команда выводится из падающего меню Вид→ Рендеринг→Материал. В AutoCAD существует библиотека наиболее часто используемых материалов.

#### 4. Методика выполнения работы

1. Согласно указанному номеру и варианту задания (табл. 6,7,8) выбрать аксонометрический рисунок и необходимые размеры.
2. Мысленно разложить сложную конструкцию на простые элементы и продумать последовательность создания базовых примитивов.
3. По указанным размерам создать модели отдельных элементов, учитывая их взаимное расположение.
4. Применяя логические операции сформировать модель сложной формы.
5. Выполнить фаски и скругления.
6. Выбрать цвет и выполнить команду **РЕАЛИСТИЧНЫЙ**
7. Сохранить модель на дискете.



# ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

## Задание №1

Создать твердотельную модель по аксонометрическому рисунку 26. Все отверстия сквозные. Выполнить снятие фасок в цилиндрических отверстиях. Углы фасок  $45^\circ$ . Катеты фасок выбрать в табл. 4, в зависимости от диаметров отверстий. Выполнить сопряжение граней параллелепипеда цилиндрическими поверхностями, оси которых совпадают с осями отверстий.

Размеры модели выбрать в табл. 6.

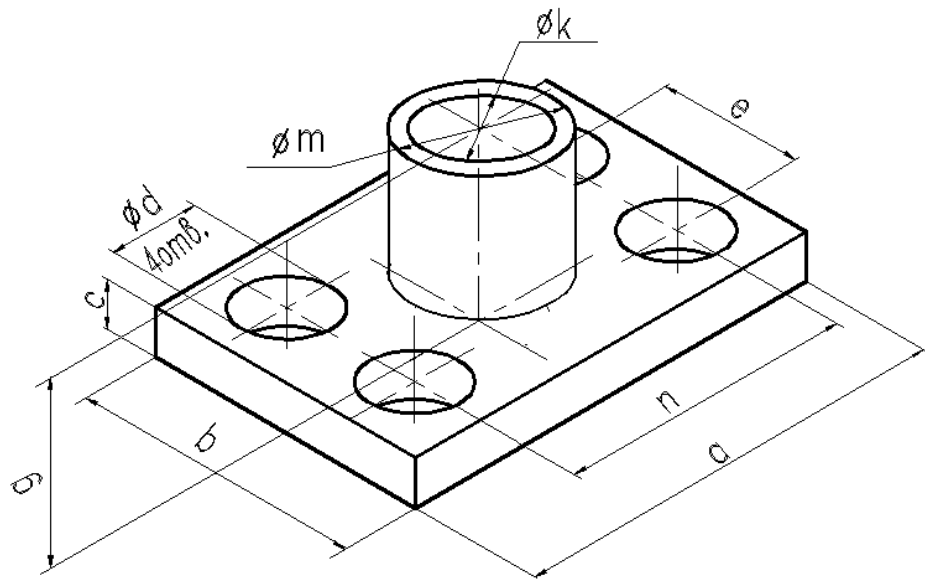


Рис. 26

Таблица 6. Основные размеры детали

Вар.	a	b	g	c	n	e	d	m	k
1	300	150	150	30	200	50	30	80	60
2	300	200	100	20	200	100	40	100	80
3	250	200	120	20	170	120	40	90	70
4	200	200	100	40	100	100	30	70	60
5	200	100	80	20	140	40	20	80	70
6	240	120	100	30	160	40	20	80	60
7	180	180	120	20	120	120	30	90	70
8	180	100	80	20	120	40	20	60	40
9	160	100	80	15	100	40	16	80	70
10	200	120	100	40	160	60	12	70	50

## Задание №2

Создать твердотельную модель по аксонометрическому рисунку 27. Все отверстия сквозные. Выполнить снятие фасок в цилиндрических отверстиях. Углы фасок  $45^\circ$ . Катеты фасок выбрать в табл.4, в зависимости от диаметров отверстий. По ребрам нижнего параллелепипеда выполнить сопряжение цилиндрическими поверхностями, оси которых совпадают с осями отверстий.

Размеры выбрать в табл.7.

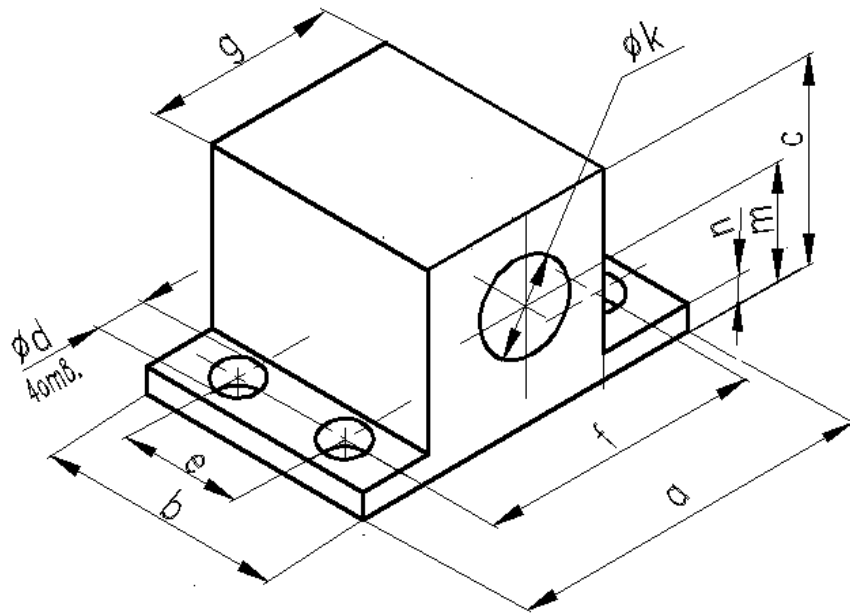


Рис. 27

Таблица 7. Основные размеры детали

Вар.	a	b	c	g	f	e	n	m	d	k
1	300	150	100	140	220	70	20	50	40	50
2	300	200	140	120	220	120	30	70	40	60
3	250	160	120	110	180	90	20	60	30	60
4	250	140	100	100	160	70	15	50	24	40
5	200	120	100	100	140	60	20	50	30	60
6	200	100	120	110	160	60	10	60	20	50
7	180	140	90	80	140	100	10	45	20	40
8	180	120	100	80	140	80	15	50	24	50
9	160	120	120	80	120	80	15	60	24	60
10	220	140	140	100	160	80	10	70	30	70

### Задание №3

Создать твердотельную модель по аксонометрическому рисунку 28. Все отверстия сквозные. Выполнить снятие фасок в цилиндрических отверстиях. Углы фасок  $45^\circ$ . Катеты фасок выбрать в таб.4, в зависимости от диаметров отверстий.

Размеры выбрать в табл. 8.

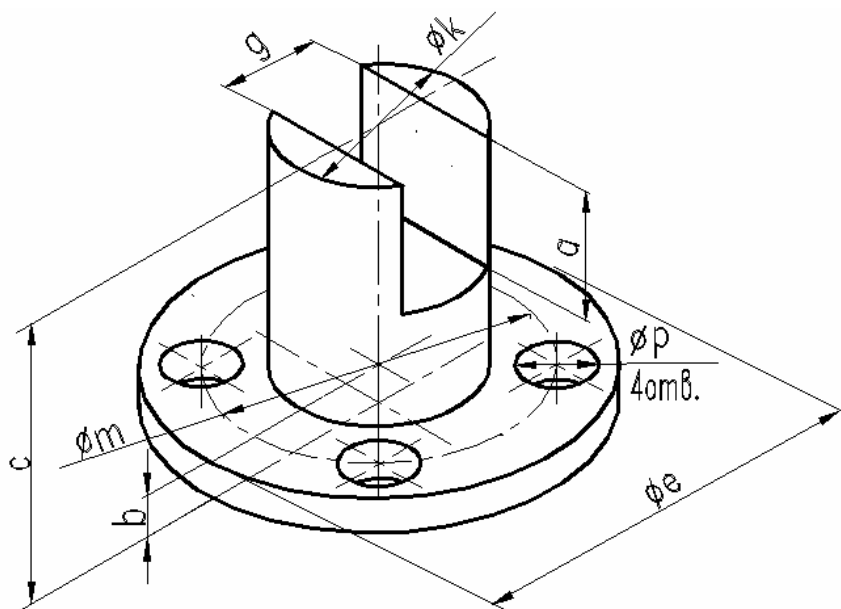


Рис. 28

Таблица 8. Основные размеры детали

Вар.	e	m	k	c	b	g	a	p
1	160	120	80	120	20	60	60	24
2	140	100	70	140	40	50	60	20
3	140	110	80	130	20	60	60	20
4	120	90	60	100	20	40	40	18
5	120	100	70	110	15	50	50	14
6	110	80	50	100	20	30	40	20
7	110	90	60	110	10	40	50	12
8	100	80	60	120	40	40	40	12
9	100	70	40	120	30	24	50	10
10	100	70	50	100	10	30	40	16

## 5. Содержание и оформление отчета

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. На титульном листе указывается название и номер лабораторной работы, фамилия студента, номер группы и дата выполнения.

Отчет должен содержать: цель работы, краткое описание теоретической части, последовательность выполнения работы. В отчете приводится схема создания модели, иллюстрированная рисунками, согласно заданию.

### Схема создания модели

Информационная модель



Модель данных



Модель хранения



*Логические операции*



Виртуальная модель



Твердотельная модель

## 6. Перечень контрольных вопросов

1. Чем отличается пространство **модели** от пространства **листа**?
2. Когда следует использовать пространство листа?
3. Что собой представляет команда **VPOINT (ТЗРЕНИЯ)**?
4. Какими параметрами задается **точка зрения**?
5. Какие типы трехмерных моделей можно создать в системе AutoCAD?
6. Чем отличается трехмерная модель от аксонометрического рисунка?
7. В чем преимущество твердотельной модели по сравнению с другими типами трехмерных моделей?
8. Что называется **твердотельным примитивом**?
9. Какие вы знаете логические операции и для чего они нужны?

10. В какой последовательности формируется твердотельная модель, какие команды используются для этого?
11. Какие команды используются для редактирования как двухмерных, так и трехмерных моделей?
12. Какие команды используются для редактирования только трехмерных моделей?
13. Что собой представляет визуализация модели?
14. Какие режимы тонирования вам известны?
15. Какие способы создания фона модели вам известны?
16. Какие источники света могут быть использованы для освещения модели в AutoCAD?

Для чего используется команда **PMAT (МАТЕРИАЛ)**?

## РАЗРАБОТКА И ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ В СИСТЕМЕ КОМПАС-ГРАФИК

### 1. Цель работы

Ознакомить студентов с основными командами системы КОМПАС-ГРАФИК и методикой создания графических документов в этой системе. Научить студентов выполнять графические построения с использованием вспомогательных линий и точек.

### 2. Содержание работы

4. Ознакомиться с основными приемами работы в системе КОМПАС-ГРАФИК, а также последовательностью выполнения графических документов.
5. Сформировать очерк главного вида чертежа детали (зубчатое колесо) с помощью вспомогательных линий.
3. Ознакомиться с командами простановки размеров и условных обозначений.
4. Выполнить таблицу.

### 3. Теоретическая часть

Графический редактор **КОМПАС – ГРАФИК** (КОМПлекс Автоматизированных Систем) разработан в конце 80-х годов компанией АСКОН (Санкт-Петербург) и предназначен для создания конструкторских документов в соответствии с ГОСТами ЕСКД.

В КОМПАС – ГРАФИК возможны любые самые сложные геометрические построения на плоскости. Для удобства можно использовать локальные системы

координат и разномасштабную сетку. Обеспечен динамический вызов объективных привязок, а также измерение любых геометрических параметров на чертеже. Реализована простановка всех типов размеров, автоматизированная простановка предельных отклонений (допусков), подбор качества по заданным предельным отклонениям. Для оформления чертежа приведены все виды шероховатости, линии выноски, обозначения базы и отклонения формы, линии разреза и сечения, стрелки направления взгляда. Пользователь обеспечен всеми необходимыми инструментами для быстрого редактирования чертежа.

### **Рабочий стол КОМПАС-ГРАФИК**

**КОМПАС – ГРАФИК** – стандартное приложение Windows, поэтому рабочий стол практически ничем не отличается по своему внешнему виду от рабочих столов других приложений (рис.29).

В верхней части экрана расположено название системы и номер её версии, а также кнопки, с помощью которых можно быстро управлять размерами главного окна, кнопка *<Закрывать задачу>*.

*Строка падающего меню* расположена под заголовком. В ней находится название всех меню команд. Кроме падающего меню можно использовать также контекстное меню. Ниже находится *стандартная панель управления*, а еще ниже - *строка текущего состояния*. *Строка текущего состояния* отображает текущие параметры КОМПАС ГРАФИК, а именно: вид (в чертеже), слой, масштаб отображения в окне, шаг курсора, координаты текущего положения курсора. Также в строке текущего состояния находятся кнопки управления объективными привязками, сеткой и локальными системами координат (рис.30).

С левой стороны располагается **Панель управления**, состоящая из пиктограмм, которые обозначают команды общего назначения. Набор кнопок на панели управления может быть изменен пользователем с помощью диалогового окна **«Настройка системы»**, которое появляется на экране из группы команд **Сервис**. В нижней части рабочего стола расположена *строка параметров объектов*.

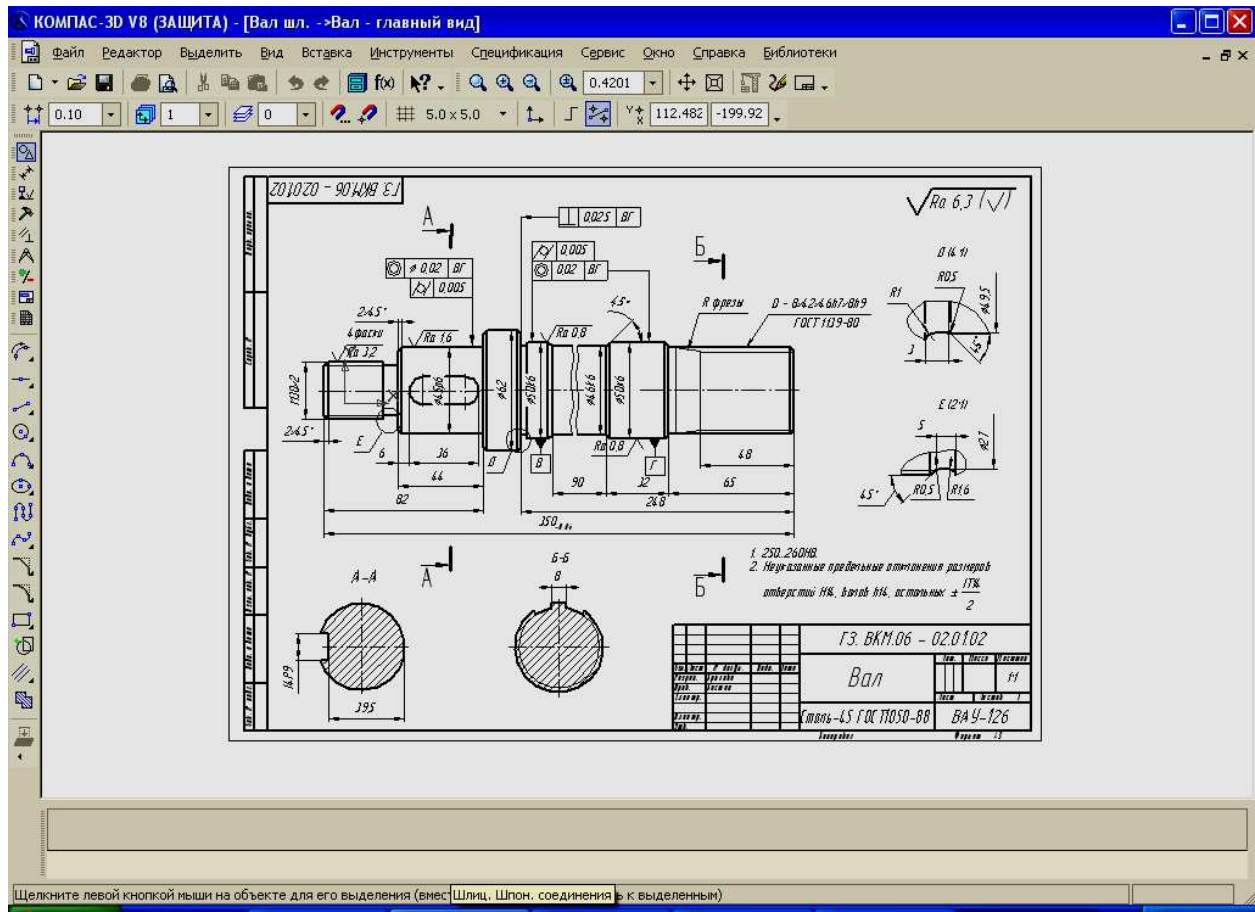


Рис.29



Рис. 30

**Строка параметров объектов** содержит значения характерных параметров элемента, которые в настоящий момент создаются или редактируются на чертеже. Например, при рисовании отрезка отображаются координаты начальных и конечных точек, длина отрезка и угол наклона, а также тип линий, которым этот отрезок будет выполнен (рис.31).

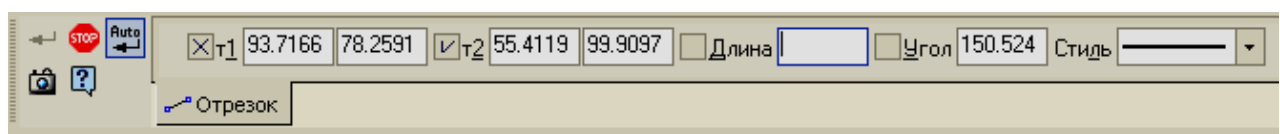


Рис.31



**Строка сообщения** подсказывает очередное действие для выполнения текущей команды или дает пояснения для элемента, на который в данный момент указывает курсор (рис. 32).



Укажите конечную точку отрезка или введите ее координаты

Рис.32

В центральной части рабочего стола находится зона создания чертежа, текстового документа, схемы и т. д. В левой части экрана находится панель инструментов, которая состоит из двух частей. В верхней части расположены кнопки переключения режимов работы, а в нижней части - панель того режима работы, переключатель которого находится в функциональном состоянии. Каждая панель соответствующего режима работы содержит кнопки - пиктограммы для вызова конкретной команды.

**Инструментальная панель геометрии** обеспечивает возможность начертить любую линию или фигуру, а также выполнить штриховку любой области (рис.33, а).

**Инструментальная панель размеров и панель обозначений** включают в себя команды, позволяющие нанести любой тип размера в полном соответствии с ЕСКД, написать текст, создать таблицу, а также все элементы оформления чертежа (шероховатость, допуски формы, обозначение разрезов и т.д.) (рис.33, б).

**Инструментальная панель редактирования** содержит команды, позволяющие проводить редактирование элементов чертежа – копирование, поворот, сдвиг, зеркальное отражение, масштабирование и многое другое (рис.33,в).

**Инструментальная панель параметризации** содержит команды, позволяющие создавать параметрические чертежи либо преобразовывать в них ранее созданные обычные чертежи (рис.33, г).

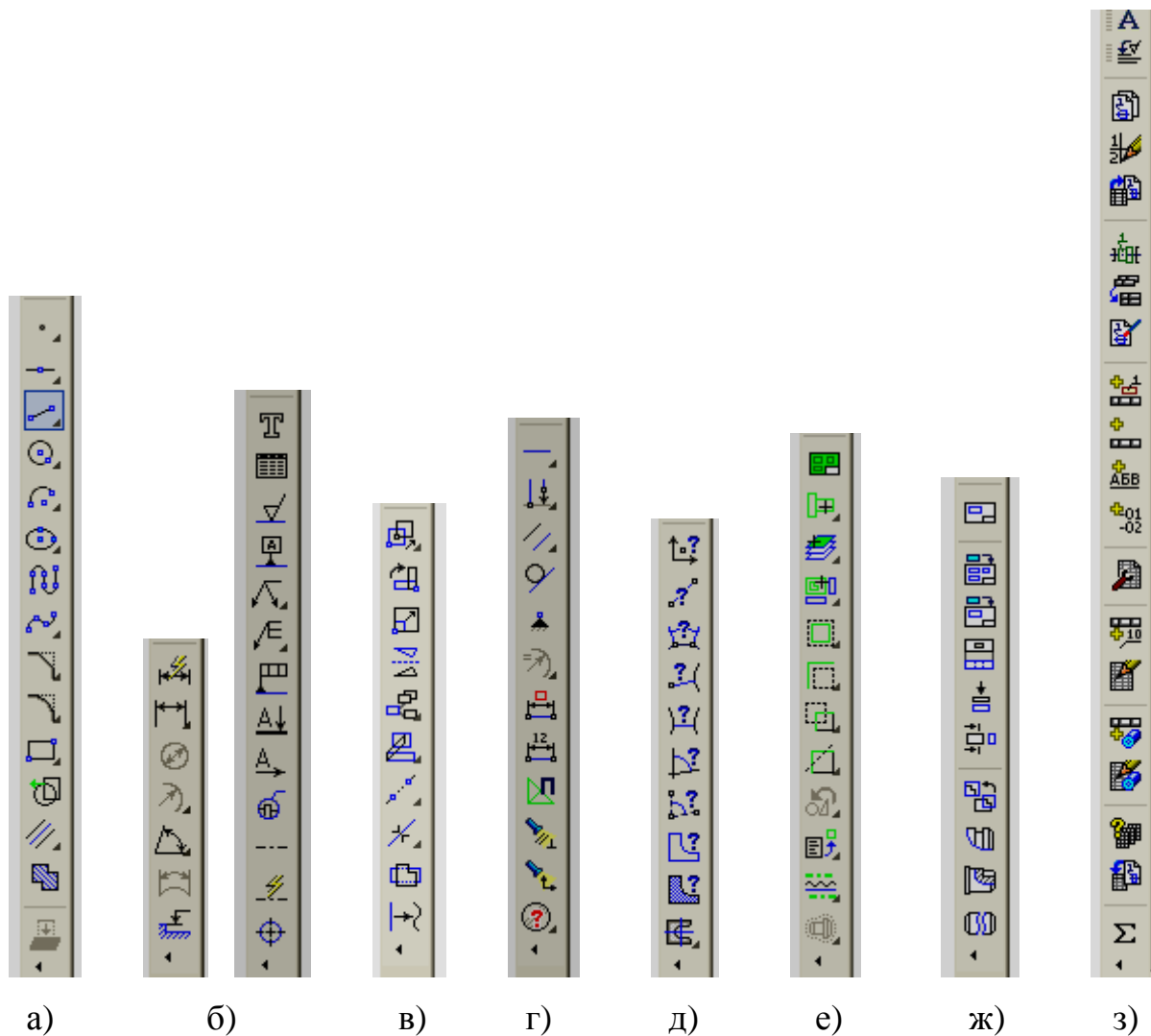


Рис. 33

**Инструментальная панель измерения.** Все построения в КОМПАС-

ГРАФИК производятся в масштабе 1:1 с высокой точностью, что позволяет производить различные измерения и расчеты непосредственно на чертеже. Данная панель содержит команды, обеспечивающие эти измерения – линейные, угловые, периметр, площадь, а также расчет массо-центровочных характеристик плоских фигур, тел вращения и тел выдавливания (рис.33, д).

**Инструментальная панель выделения.** Прежде чем производить какие-

либо измерения, необходимо выделить объекты на чертеже, подлежащие изменению. Для простого выделения одного объекта достаточно щелкнуть мышью. Если же требуется выделить группу элементов, например, с каким-то общим свойством или расположенных на какой-то части чертежа, одного щелчка

мыши мало. Для выполнения таких сложных выделений и служат команды панели выделения (рис.33, е).

**Инструментальная панель ассоциативных видов.** Команды данной панели позволяют строить чертежи в автоматическом режиме по ранее созданным моделям (рис.33, ж).

**Инструментальная панель создания спецификаций.** Команды данной панели позволяют создавать спецификации для сборочных чертежей (рис.33, з).

Для создания комфорта и удобства при работе с КОМПАС-ГРАФИК расположение и оформление панелей, строк можно менять.

### **Настройка рабочего окна *КОМПАС – ГРАФИК***

**КОМПАС-ГРАФИК** позволяет выполнять ряд конструкторских работ различного назначения. В связи с этим в КОМПАС-ГРАФИК создано несколько *рабочих окон*, которые имеют свое специальное оформление и соответствующий набор команд. Ввести то или иное рабочее окно можно с помощью кнопок с пиктограммами, которые открываются на **стандартной панели инструментов** с помощью кнопки *<Создать>* (см. рис. 34)

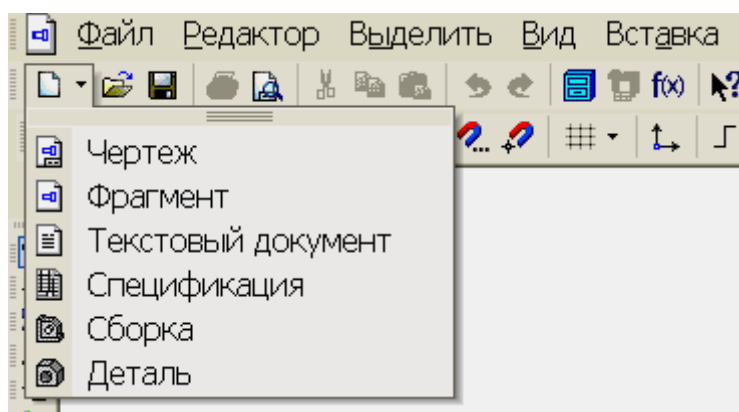


Рис. 34

Создание графического конструкторского документа выполняется в рабочем окне **«Чертеж»**. Начало координат глобальной системы координат помещается в нижнем правом углу.

Формат документа, основная надпись и другие параметры устанавливаются с помощью диалогового окна **«Параметры»**, которое находится в группе команд **Сервис**. В этом же диалоговом окне можно устанавливать толщину, цвет и тип линии.

Для разработки отдельных элементов, зарисовок и хранения типовых решений используется рабочее окно **«Фрагмент»**, которое отличается от окна **«Чертеж»** отсутствием внутренней рамки, основной надписи. Начало координат помещается в середине окна.

Для формирования текстового документа в КОМПАС-ГРАФИК встроен специальный процессор, который активизируется при вводе рабочего окна **«Текстовый документ»**. Он позволяет создавать документы с графическими иллюстрациями и таблицами. Кроме того, он может быть оформлен внутренней рамкой и основной надписью.

В КОМПАС-ГРАФИК разработана готовая форма для выполнения спецификации, которая открывается при вводе окна **«Спецификация»**.

Система КОМПАС-ГРАФИК располагает весьма широкими возможностями создания трехмерных моделей самых сложных конструкций, как отдельных деталей, так и сборочных единиц. Для выполнения разработок по моделированию применяются рабочие окна **«Деталь»** и **«Сборка»**.

### **Использование привязок**

Все графические изображения, как правило, представляют собой совокупность взаимно связанных геометрических примитивов. При построении очередного примитива часто бывает необходимо установить курсор в точно определенное место (конец отрезка, центр окружности и.т.д.), другими словами привязаться к конкретной точке без установления ее координат. Такая методика позволяет получать высокую точность при сравнительно малых затратах времени.

В КОМПАС-ГРАФИК существует два вида привязок – *глобальная*, действующая по умолчанию, и *локальная*, действующая однократно по конкретному указанию. При этом вид курсора будет меняться в зависимости от выбранного варианта привязки.

Каждый вид привязок содержит различные варианты установки курсора (на пересечение, граничные точки, центр и.т.д.). Все варианты привязок объединены в меню. Меню *локальных* привязок можно вызвать при создании, редактировании или выделении объектов нажатием на правую клавишу мыши (рис. 35). Привязка будет действовать однократно, согласно выбранной команде.

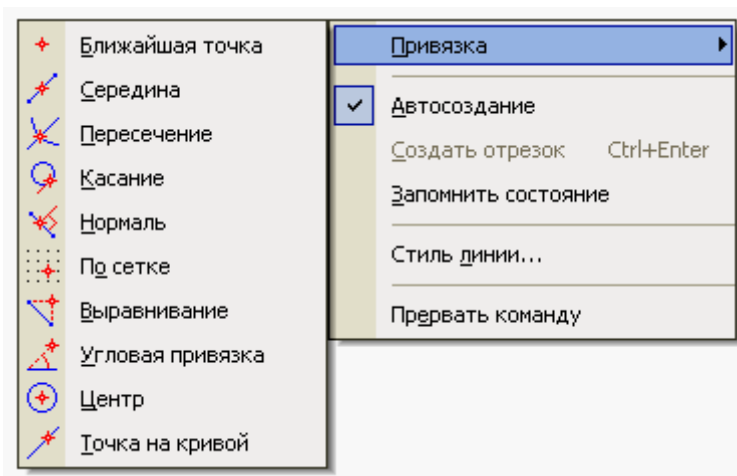



Рис. 35

Если необходимо часто выполнять один и тот же вариант привязки, то целесообразно использовать *глобальную* привязку. Если она установлена, то действует по умолчанию. Чтобы установить необходимые варианты глобальных привязок, необходимо открыть диалоговое окно «**Установка глобальных**

**привязок**». Окно открывается с помощью кнопки , которая расположена в строке текущего состояния.

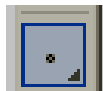
### Создание геометрических примитивов

Изображения, созданные на экране монитора, состоят из отдельных примитивов. **Примитивом** называется геометрический элемент (отрезок, дуга и.

т. д.), воспринимаемый компьютером как единое целое. Команды создания примитивов выводятся с помощью **панели геометрии**.

Каждая кнопка соответствует определенному примитиву. Некоторые кнопки могут вызывать дополнительные панели, на которых находятся различные модификации создания соответствующих геометрических элементов. Они помечены треугольником в правом нижнем углу. Для того чтобы открыть дополнительную панель, необходимо нажать соответствующую кнопку и удерживать ее некоторое время. После чего, не отпуская левой клавиши мыши, надо передвинуть курсор на выбранную кнопку и отпустить клавишу.

Команда **ТОЧКА** позволяет изобразить одну или несколько точек. Ввод

точки осуществляется с помощью специальной кнопки . Точку можно задавать с помощью курсора или по координатам. Для изменения стиля изображения точки, необходимо нажать левую клавишу мыши на поле стиля. При этом появится диалоговое окно (рис. 36), с помощью которого можно выбрать один из вариантов отображения точки.

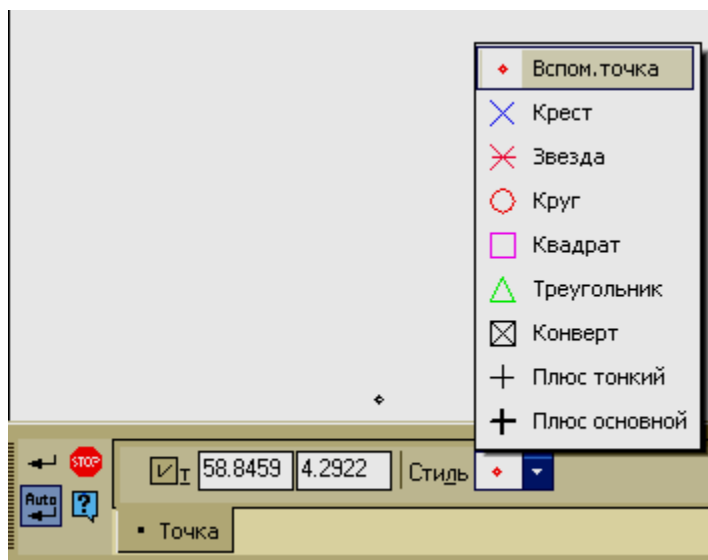

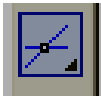




Рис. 36

В списке стилей особое место занимает вспомогательная точка. Эти точки используются в процессе создания изображения и могут быть удалены одной командой, которая находится в группе команд **«Редактор»**.

Модификация команды **Равномерно по элементу**  позволяет точками поделить линейный объект на несколько равных участков.

Модификация команды **Точки пересечения**  позволяет проставить точки в местах пересечения указанных геометрических объектов. Для этого необходимо указать первый объект для пересечения, а затем второй.


Модификация команды **Все точки пересечений**  позволяет проставить точки в местах пересечения указанной кривой со всеми кривыми ее вида и текущего вида.

Модификация команды **Точка на заданном вдоль кривой расстоянии**  позволяет создавать точки на кривой на заданном расстоянии.

**Вспомогательные прямые** в КОМПАС-ГРАФИК являются аналогом тонких линий связи, которые конструктор использует при построении геометрических объектов. Эти прямые не имеют конечной длины, не выводятся на принтер или плоттер и удаляются после завершения промежуточных построений. При выборе любой команды построения вспомогательных прямых в строке параметров объекта появляются две кнопки: *<Не проставлять точки пересечения>* и *<Поставлять точки пересечения>* (рис. 37).



Рис. 37

Команда **ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ПРЯМАЯ**  позволяет построить одну или несколько прямых линий произвольно ориентированных в пространстве. Существует несколько модификаций команды: **Горизонтальная прямая**, **Вертикальная прямая**, **Перпендикулярная прямая**, **Касательная прямая из внешней точки** и т. д. **Параллельная прямая** позволяет построить одну или

несколько прямых, параллельных заданной. При выполнении команды необходимо указать базовый отрезок или прямую, затем необходимо задать координаты точки или расстояние, на котором будет выполнена параллельная прямая. По умолчанию система предложит два фантома прямых по обе стороны от базового элемента. Вы можете выбрать одну из них или обе (рис. 38).

Все модификации вспомогательных прямых и точек необходимы как промежуточные элементы в создании изображения. Они облегчают сложные построения и значительно экономят время. После завершения работы удаление их можно выполнить одной командой по схеме: **Редактор** → **Удалить** → **Вспомогательные кривые и точки**.

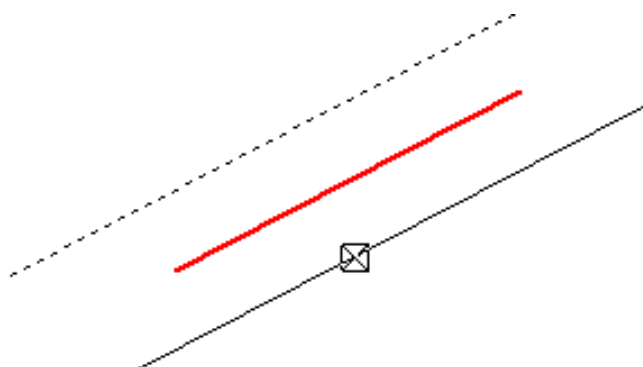


Рис. 38

Команда **ОТРЕЗОК**  позволяет построить отрезок прямой.

Выполнить команду можно различными способами. Строка параметров объектов показывает возможные варианты построения отрезка. Каждому параметру соответствует свое поле, где можно задать именно этот параметр. Для отрезка  $t_1$ - координаты начальной точки,  $t_2$ - координаты конечной точки, **Длина**- длина отрезка, **Угол**- угол наклона относительно оси X текущей системы координат. Следовательно, можно создать отрезок по двум точкам или задавая первую точку, длину и угол наклона. Кроме этого существует поле стиля линии, позволяющее использовать различные типы линий.



Команда **ОТРЕЗОК** имеет несколько модификаций, которые формируются аналогично вспомогательным прямым. Перечислим их: команда **Параллельный отрезок**, команда **Перпендикулярный отрезок**, команда **Касательный отрезок из внешней точки**, команда **Касательный отрезок через точку кривой**, команда **Отрезок касательный к двум кривым**.



Команда **ОКРУЖНОСТЬ** позволяет построить одну или несколько окружностей. Строка параметров объектов (рис. 39) содержит следующие поля параметров: **Центр** – координаты центра окружности, **т** – координаты точки на окружности, **Радиус** – радиус окружности, кнопки **<Без осей>** и **<С осями>**, поле стиля линии

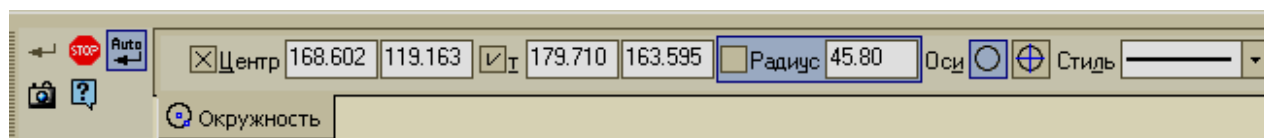


Рис. 39

Если необходимо построить несколько окружностей одинакового радиуса, то необходимо ввести значение радиуса, зафиксировать его, а затем нажать кнопку **<Запомнить состояние>**. После этого последовательно указать необходимые координаты точек центров окружностей. Аналогично можно построить ряд концентрических окружностей. Для этого необходимо запомнить координаты центра окружностей.

Команда **ОКРУЖНОСТЬ** также имеет несколько модификаций.

Команда **ДУГА** позволяет строить дугу окружности и имеет несколько различных модификаций (рис. 40).

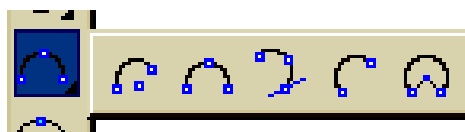


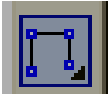


Рис. 40

Команда **Дуга по центру и двум точкам**  позволяет построить дугу по заданному центру и двум точкам: начальной и конечной. Строка параметров объектов будет содержать поля: центра окружности, начальной и конечной точки, радиуса. При построении дуги можно изменить ее направление с помощью специальных кнопок *<Направление>*.

Команда **ЭЛЛИПС**  позволяет начертить эллипс по центру и двум точкам, определяющим положение большой и малой полуоси.

Команда эллипс, как и предыдущие команды, имеет несколько модификаций.

Команда **ЛОМАНАЯ**  позволяет начертить ломаную линию (рис. 42). Строка параметров объектов данной команды будет содержать поле опорной текущей точки, стиля линии и кнопки *<Разомкнутый>/ <Замкнутый>*. Для построения ломаной линии необходимо последовательно указать ряд опорных точек или задать их координаты в соответствующем поле (рис. 41). Можно в процессе изображения менять положение характерных точек, для этого

необходимо нажать кнопку *<Редактировать точку>*  на панели специального управления.

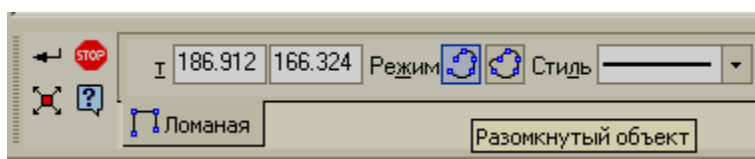
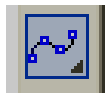


Рис. 41

В КОМПАС- ГРАФИК можно строить любые кривые, в том числе и В-сплайны – кривые, которые проходят через первую и последнюю заданные точки, могут проходить или быть подтянутыми к другим опорным точкам. В зависимости от полинома, описывающего кривую, различают NURBS-кривую и кривую Безье.



Команда **КРИВАЯ БЕЗЬЕ** позволяет начертить кривую линию по заданным точкам (рис. 42). Строка параметров объектов данной команды будет содержать поле опорной текущей точки, стиля линии и кнопки *<Разомкнутый>* / *<Замкнутый>*.

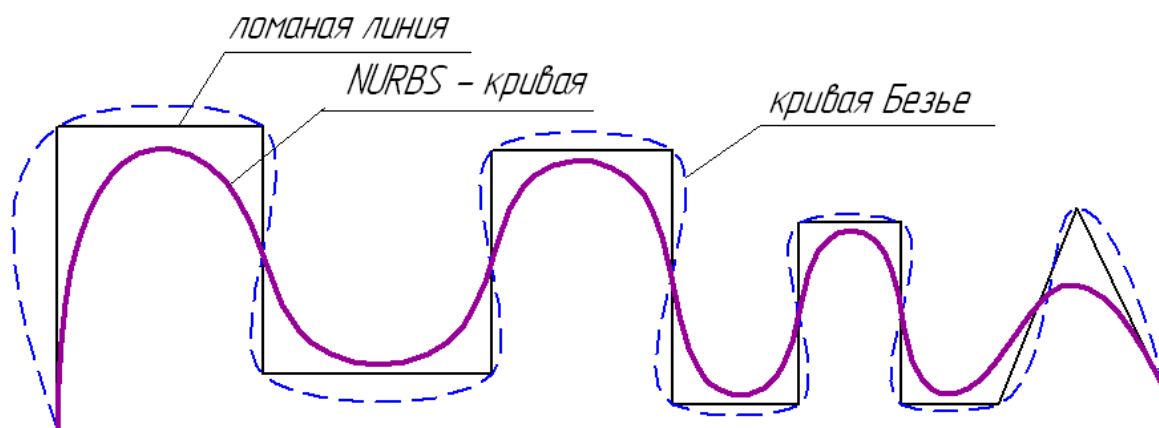


Рис. 42



Команда **NURBS-кривая** (нерегулярный рациональный В-сплайн) позволяет построить кривую по опорным точкам (рис. 42). Строка параметров объектов данной команды будет содержать поле опорной текущей точки, веса точки, порядка кривой, стиля линии и кнопки *<Разомкнутый>* / *<Замкнутый>* (рис. 43).

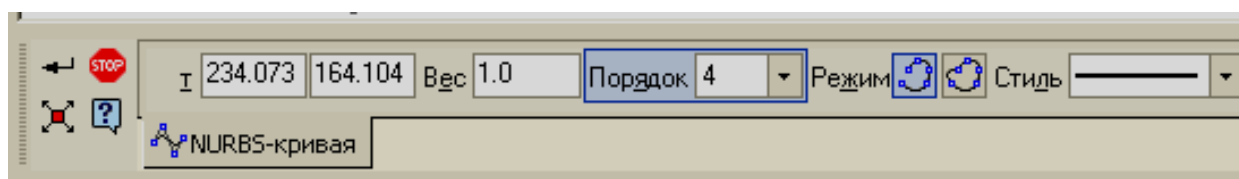


Рис. 43

Порядок кривой соответствует степени полинома и характеризует сглаженность кривой. На рис. 44 показаны NURBS-кривые с различными значениями порядка. Вес кривой - коэффициент, определяющий влияние опорной точки кривой NURBS на конфигурацию этой кривой.

Геометрический смысл этого коэффициента следующий: чем больше вес точки, тем ближе к ней расположена кривая (точки с большим весом "притягивают" NURBS сильнее, чем точки с маленьким весом).

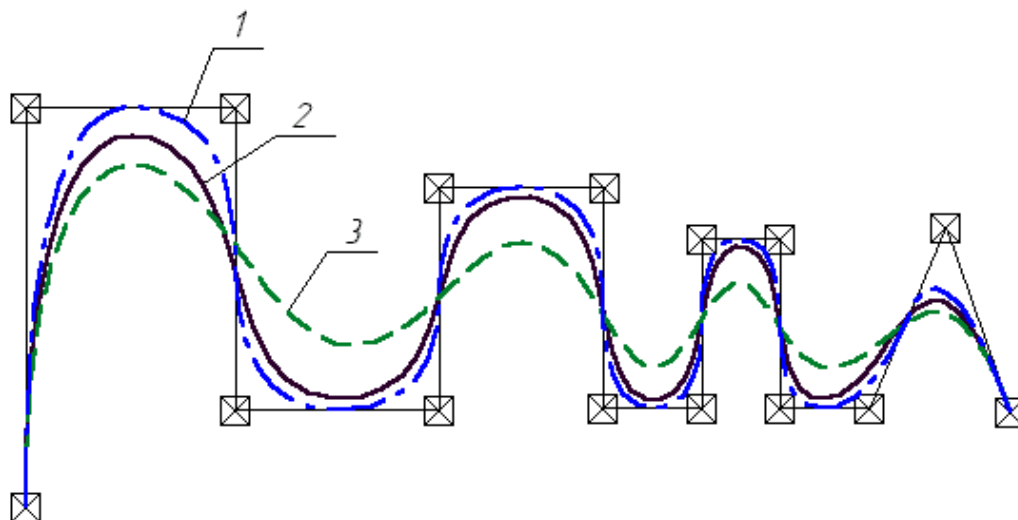



Рис. 44. NURBS-кривые с различными значениями порядка:  
1 – 3порядок, 2- 4порядок, 3-8порядок.

Команда **НЕПРЕРЫВНЫЙ ВВОД ОБЪЕКТОВ**  позволяет строить непрерывную последовательность отрезков, дуг и сплайнов (рис. 45), каждый из которых является отдельным примитивом.

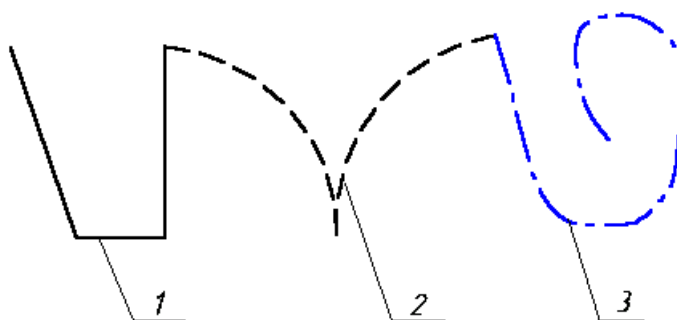


Рис. 45

1- режим отрезков, 2- режим дуг, 3- режим построения сплайна  
2-

Команду можно использовать для обводки сложного контура изображения, предварительно созданного вспомогательными линиями. При вызове команды появится строка параметров объектов и ряд кнопок (рис. 49), позволяющих переходить из одного режима в другой. Поля параметров будут соответствовать

кнопке, которая в данный момент введена в действие. По умолчанию при первом обращении к команде активизируется кнопка **<Отрезок>**.

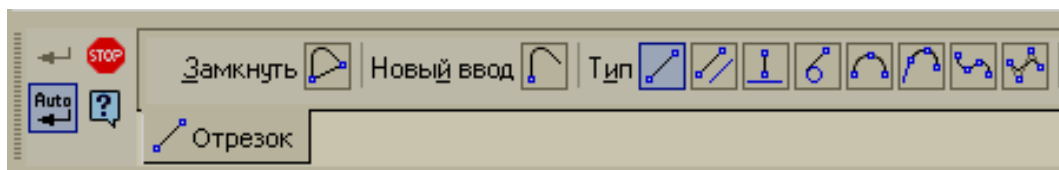




Рис. 46

Команда **ПРЯМОУГОЛЬНИК**  позволяет построить прямоугольник по двум крайним точкам диагонали. Строка параметров объектов будет содержать поля координат двух точек, поля высоты и ширины, а также поле стиля линии и кнопки **<Без осей>/ <С осями>**.

Данную команду можно выполнить, если задать последовательно две точки или одну точку, а затем высоту и ширину.


Модификация команды **Прямоугольник по центру и вершине** позволяет построить прямоугольник по координатам центра и одной из его вершин.

Команда **МНОГОУГОЛЬНИК**  позволяет создать правильный многоугольник. Строка параметров объектов будет содержать поля: центра окружности, количества сторон, точки, лежащей на окружности, радиуса и угла наклона.

В строке параметров также находится поле стиля линии и кнопки **<Без осей>/ <С осями>**. Но необходимо помнить, что оси могут отображаться для многоугольников с четным количеством сторон. Многоугольник, прямоугольник – это примитивы, которые воспринимаются системой, как единое целое.

Команда **ШТРИХОВКА**  позволяет выполнить штриховку указанных областей в создаваемом изображении.

Если область штриховки - замкнутая линия и не содержит внутри себя никаких геометрических элементов, то для выполнения команды, после нажатия

соответствующей кнопки, достаточно указать любую точку внутри замкнутого контура и ввести в действие кнопку  (рис. 47).

Если область штриховки представляет собой более сложную конфигурацию, содержащую различные геометрические фигуры или текст, то можно воспользоваться кнопками в строке параметров (рис. 48), которые позволяют различными способами задавать границы штриховки.

Чтобы штриховка была ассоциативная, необходимо в группе команд **Сервис** открыть диалоговое окно «**Параметры текущего листа**» и ввести режим: «Ассоциировать при вводе штриховку». При этом режимы ручного рисования границ и обвода границ по стрелке будут недоступны.

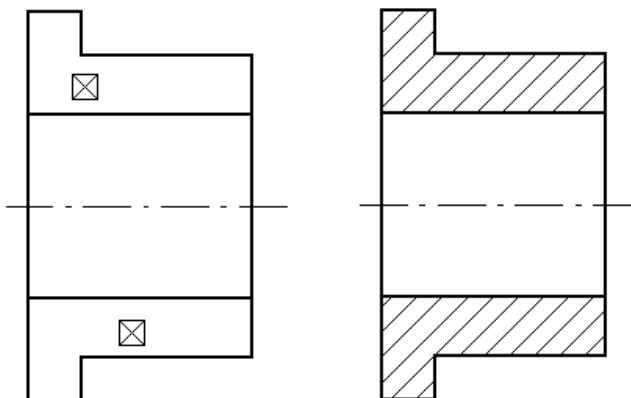


Рис. 47

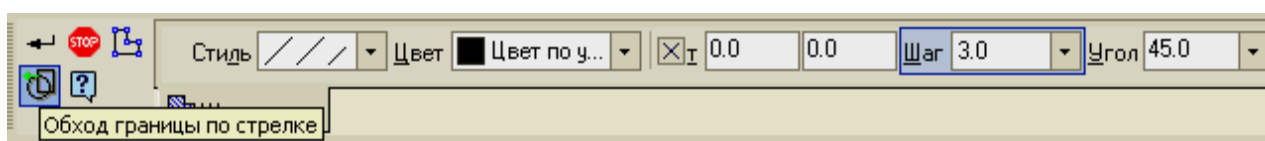


Рис. 48



- *Ручное рисование границ*



- *Обход границ по стрелке*





Строка параметров объектов будет содержать поля: шага, угла наклона, базовой точки, цвета и стиля штриховки.

Для выбора стиля штриховки необходимо нажать на левую клавишу мыши в поле стиля штриховки, при этом появится диалоговое окно, в котором можно выбрать нужный вариант штриховки.


Режим **ручного рисования границ** позволяет создавать указанием опорных точек область для штриховки или, наоборот, для удаления ее внутри обозначенного контура. Граница создается последовательным вводом опорных

точек, которые можно редактировать с помощью кнопки .

Режим **обхода границ по стрелке** позволяет задать область для штриховки последовательным указанием направления обвода контура. Для этого необходимо указать начальную точку вблизи предполагаемой границы штриховки. На экране появится фантом линии и стрелки, указывающей предложенное компьютером направление обхода (рис. 49). Для выбора других возможных направлений, необходимо нажать на клавишу <Пробел>. Если новое направление устраивает пользователя, то можно ввести кнопку <Enter>, а если нет, то необходимо продолжить выбор. В процессе действия режима **обхода границ по стрелке** на панели специального управления отобразятся кнопки: <Следующие

направление> , <Предыдущее направление> , <Шаг на сегмент вперед> , <Шаг на сегмент назад> , с помощью которых можно также выполнить обвод контура. Если при определении области штрихования была допущена ошибка, то можно применить кнопку <Повторный выбор объекта>



Команда **ФАСКА**  позволяет отобразить фаску на чертеже. При вводе команды в строке параметров объектов появится два варианта выполнения команды: **Фаска по двум длинам** и **Фаска по длине и углу** (рис. 50).

В первом случае фаска задается по катету и углу, во втором по двум катетам.

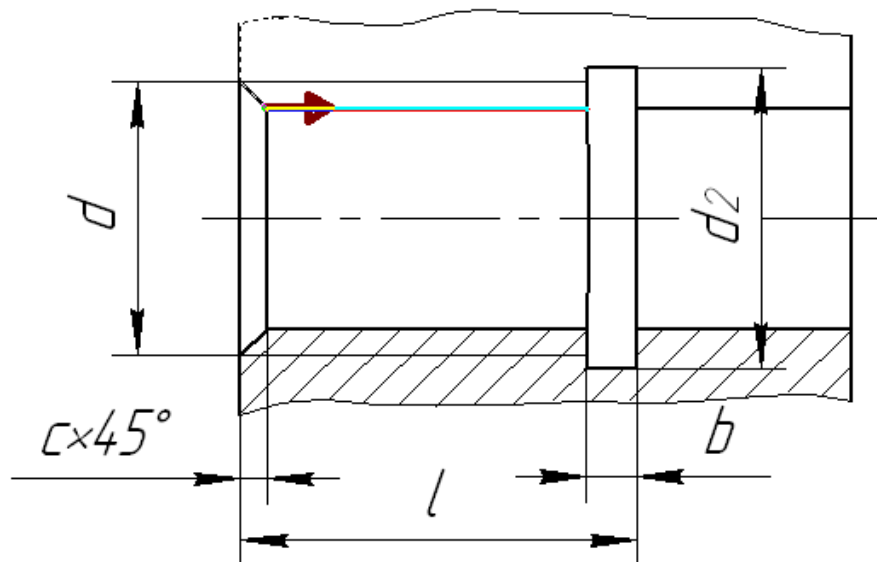



Рис. 49



В строке параметров объектов появятся также две кнопки . Переключение данных кнопок позволит не обрезать или обрезать геометрические элементы, на которых будет строиться фаска (рис. 50).

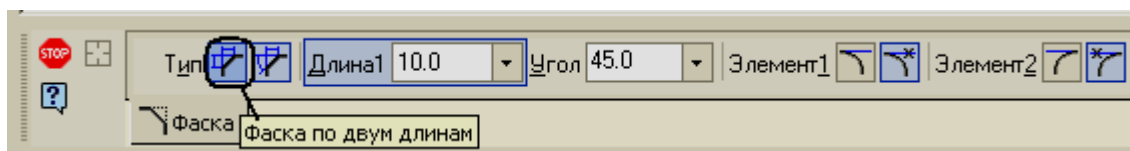
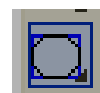
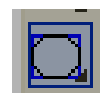



Рис. 50



Модификация команды **Фаска на углах объекта**  позволяет отобразить фаски на объектах типа многоугольник или ломаная.

Система позволяет построить фаски на всех углах контура или на одном.



Команда **СКРУГЛЕНИЕ**  служит для построения сопряжения указанным радиусом между двумя примитивами (рис. 51). На рисунке отмечены точки сопряжения. Управление командой СКРУГЛЕНИЕ осуществляется аналогично управлению командой ФАСКА.



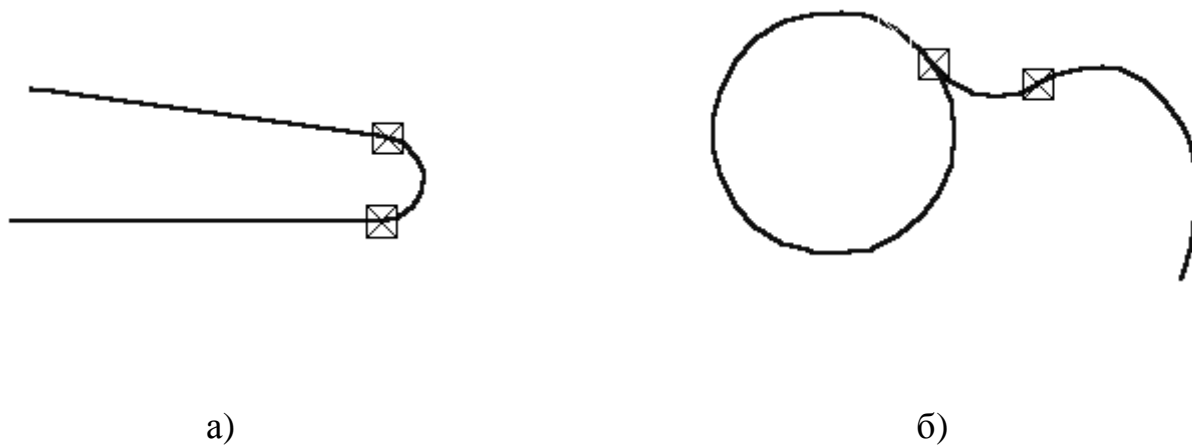



Рис. 51

а - сопряжение двух прямых, б - сопряжение окружности и кривой Безье

Модификация команды **Скругление на углах объекта**  позволяет выполнить сопряжение между участками ломаной или соседними сторонами многоугольника.

Система КОМПАС-ГРАФИК прежде всего предназначена для создания конструкторских документов. Поэтому в ней, помимо команд формирования геометрических примитивов, важное место занимают команды, позволяющие с максимальной точностью и быстротой осуществлять простановку размеров, написание необходимых текстов, создание таблиц, нанесение допусков формы и расположения поверхностей и т.д. Для повышения качества и сокращения времени в программе разработаны специальные блоки, которые позволяют вывести на экран дисплея сразу комплекс примитивов, представляющих собой, например: выносные линии, стрелки, размерную линию и числовое указание размера, который воспринимается компьютером как единое целое. Данные блоки выводятся на экран с помощью специальных команд, которые находятся на **инструментальной панели размеров и панели обозначений**. Как и геометрические примитивы, созданные размерные блоки, тексты и другие объекты можно изменять. Для перехода в режим редактирования любого объекта оформления необходимо указать на него курсором и дважды нажать на левую клавишу мыши.

## Команды оформления чертежа

В КОМПАС-ГРАФИК есть широкие возможности создавать и редактировать надписи на чертежах, формировать различные таблицы и текстовые документы.



Команда **ТЕКСТ** позволяет ввести одну или несколько надписей в текущем виде графического документа или во фрагменте. Каждая надпись может содержать любое количество строк. При вводе команды система переходит в режим работы текстового процессора, управление которым осуществляется с помощью строки параметров объектов (рис. 52).

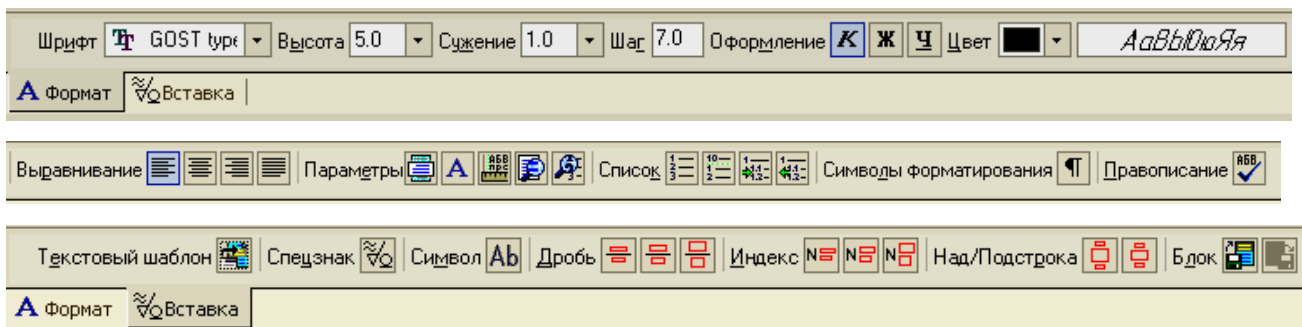


Рис. 52

Используя строку параметров, можно выбрать необходимый стиль шрифта, высоту и ширину букв, шаг строки. Если в процессе работы необходимо будет поменять форматирование какой-либо надписи, то можно выделить ее с помощью мыши и затем назначить другие параметры. Для создания нового текста необходимо переместить курсор за пределы рамки в установленное место и нажать на левую клавишу мыши. Предыдущая надпись будет зафиксирована в отдельный примитив, а новое текстовое поле откроется вам в указанном месте.



Команда **ТАБЛИЦА** позволяет построить одну или несколько таблиц в чертеже или фрагменте. Для ввода команды необходимо нажать кнопку и указать начальную точку (левый верхний угол) таблицы. На экране появится

диалоговое окно, в котором можно задать все параметры таблицы и нажать кнопку <ОК>, после чего система переключится в режим работы текстового процессора.

Если необходимо, можно изменять размеры ячеек, перетаскивая граничные линии мышью. Созданная таблица является отдельным примитивом и будет редактироваться целиком.

## Простановка размеров на чертеже

Команда **ЛИНЕЙНЫЙ РАЗМЕР**  позволяет создать один или несколько линейных размеров. Для выполнения команды необходимо ввести координаты трех точек:

$T_1$  – начало первой выносной линии;

$T_2$  – начало второй выносной линии;

$T_3$  – положение размерной линии.

Значение координат указанных точек можно задать, используя поля строки параметров объектов (рис. 53).

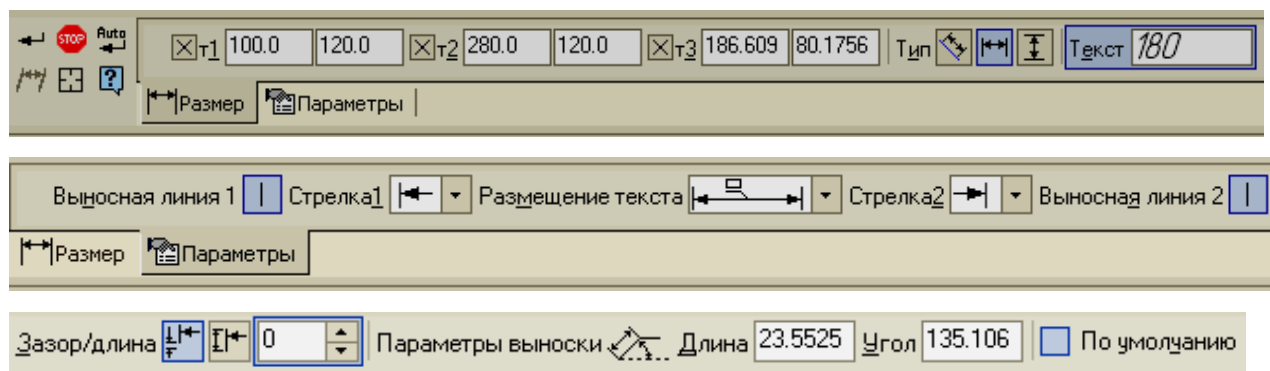



Рис. 53

Строка параметров объектов содержит три кнопки: *<Размер параллельно объекту>*, *<Горизонтальный линейный размер>*, *<Вертикальный линейный размер>* (рис. 53), одну из которых необходимо выбрать при простановке

размера. По умолчанию после вызова команды и определения координат первых двух точек будет создаваться размер, параллельный объекту, установленному этими точками. Линейный размер можно привязать к объекту (отрезок, дуга, сплайн и. т. д.). При этом выносные линии будут начинаться от граничных точек указанного объекта (рис. 53). Для осуществления привязки размера к объекту необходимо после ввода команды нажать кнопку **<Указать заново>**  и выбрать необходимый объект мышью.

Для редактирования размерной надписи необходимо нажать на левую клавишу мыши в поле **Текст**, в строке параметров объектов, при этом появится диалоговое окно **«Задание размерной надписи»** (рис. 54). В диалоговом окне можно сформировать необходимый размерный текст.

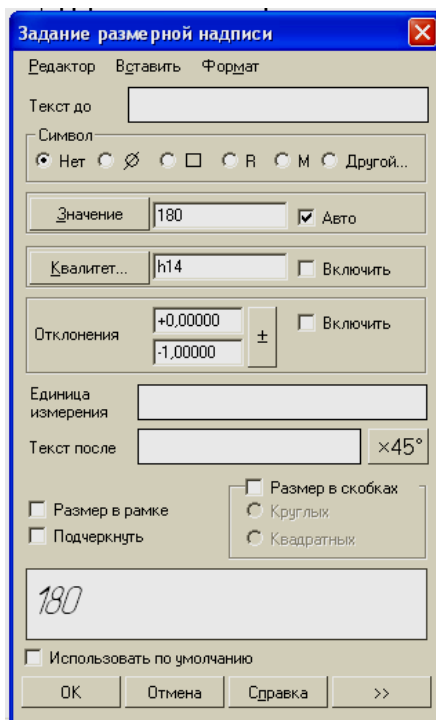



Рис. 54


Блок линейного размера состоит из таких элементов как: выносные линии, размерная линия, стрелки и размерный текст. Управление размещением данных элементов осуществляется с помощью строки параметров объектов.


В соответствующих полях можно задать или не задавать одну из выносных линий, точно определить ее длину, установить вид стрелки (изнутри, снаружи, засечка, не нужна). В опции «Размещение текста» можно установить, каким образом будет выполняться размещение текста размерной надписи (автоматически, вручную или на выносной полке). В опции «Параметры полки» устанавливаются размеры и расположение полки. Если все заданные параметры размерного блока потребуется применить в дальнейшей работе, то в окне «Использовать по умолчанию» следует поставить галочку.









Команда **Линейный размер**, как и многие команды в КОМПАС-ГРАФИК имеют различные модификации: **Линейный размер с обрывом**, **Линейный размер между отрезком и точкой**, **Линейный размер от общей базы**, **Цепной линейный размер**, **Линейный размер с общей размерной линией**, **Размер высоты**.

Команда **УГЛОВОЙ РАЗМЕР**  позволяет выполнить простановку одного или нескольких угловых размеров. Для выполнения команды необходимо сначала указать последовательно две прямые линии, образующие угол, а затем точку, определяющую положение размерной линии и надписи.

Команда **РАДИАЛЬНЫЙ РАЗМЕР**  позволяет построить один или несколько радиальных размеров. Для выполнения команды необходимо указать окружность или дугу и точку, определяющую положение размерной надписи.


Команда **ДИАМЕТРАЛЬНЫЙ РАЗМЕР**  позволяет определять и отображать диаметр окружности или дуги окружности.


Если параметры размера традиционны, то можно использовать команду **АВТОРАЗМЕР** , при вводе которой достаточно указать геометрический элемент (отрезок, окружность, дугу), и система в автоматическом режиме проставит размер.

В КОМПАС – ГРАФИК имеются широкие возможности простановки различных обозначений. Для этого на панели *обозначений* находится ряд специальных команд: **ШЕРОХОВАТОСТЬ** , **БАЗА** , **ЛИНИЯ-ВЫНОСКА** , **ОБОЗНАЧЕНИЕ ПОЗИЦИЙ** , **ДОПУСК ФОРМЫ** , **ЛИНИЯ РАЗРЕЗА** , **НАПРАВЛЕНИЕ ВЗГЛЯДА** , **ВЫНОСНОЙ ЭЛЕМЕНТ** . При выполнении на чертеже некоторых обозначений система КОМПАС – ГРАФИК предоставляет ряд дополнительных знаков и таблиц с параметрами, установленными ЕСКД.

### Команды редактирования

В процессе создания чертежа часто приходится вносить изменения. В КОМПАС – ГРАФИК имеются самые широкие возможности преобразования созданных изображений. Все команды, которые помогают изменять ранее созданные геометрические объекты, можно отнести к командам редактирования.

**Панель команд редактирования** выводится с помощью кнопки . Команды редактирования не только меняют изображения объектов, но и позволяют на основе копирования, зеркального отображения ранее созданных примитивов создавать новые геометрические элементы.

Команда **СДВИГ**  позволяет выполнить перемещение геометрического объекта или выделенного фрагмента.

Команда **ПОВОРОТ**  позволяет выполнить поворот одного или нескольких объектов.

Команда **МАСШТАБИРОВАНИЕ**  позволяет выполнить масштабирование выделенных объектов изображения. Для выполнения команды

следует выбрать необходимые геометрические элементы и нажать соответствующую кнопку. В строке параметров объектов (рис. 55) необходимо задать значение коэффициента масштабирования в направлении осей координат. Можно выбрать разные значения коэффициента по горизонтали **X** и по вертикали **Y**. После чего следует указать **центр** масштабирования. Необходимо помнить, что ввод масштаба по **Y** запрещен, если среди выделенных объектов есть окружности или дуги окружностей или виды целиком. Масштаб по оси **Y** будет соответствовать масштабу по оси **X**.

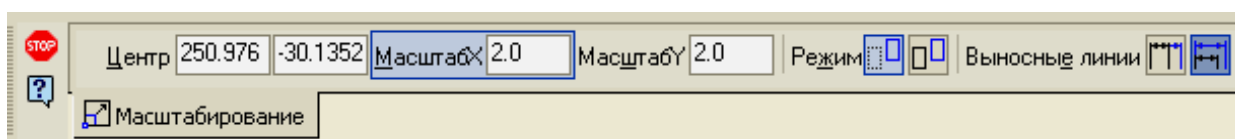




Рис. 55

При выполнении масштабирования аналогично предыдущим командам можно воспользоваться кнопками *<Оставлять исходные объекты>/ <Удалять исходные объекты >*.

При масштабировании объектов с размерами можно воспользоваться кнопками *<Масштабировать выносные линии> / <Не масштабировать выносные линии>*.

Команда **СИММЕТРИЯ**  позволяет симметрично отобразить выделенные объекты. Для вызова команды необходимо выбрать объекты и нажать соответствующую кнопку. Затем надо указать последовательно первую и вторую точку оси отображения или задать ось точкой и углом наклона в строке параметров объектов. Можно использовать в качестве оси симметрии изображенный ранее отрезок или прямую, которые можно выбрать, нажав кнопку *<Выбор объекта>* . Если выбранные геометрические элементы имеют штриховку, то при отображении штриховка автоматически поменяется на противоположенную.



Команда **КОПИЯ** позволяет копировать один или несколько геометрических объектов. После ввода команды необходимо указать базовую точку, а затем ее новое положение. Новое положение можно задать явно, а можно указать приращение по оси X и Y. Кроме того, в строке параметров объектов можно изменить масштаб и угол поворота. Если в копируемые объекты будут входить размеры, то при масштабировании можно пользоваться кнопкой *<Масштабировать выносные линии / < Не масштабировать выносные линии>*.

Команда **Копия** имеет несколько модификаций: **Копия вдоль кривой**, **Копия по сетке**, **Копия по окружности**, **Копия по концентрической сетке**.



Модификация команды **Копия по сетке** позволяет выполнить многократное копирование объектов, разместив их по сетке с заданными параметрами. Для ввода команды выберите объекты, а затем нажмите соответствующую кнопку.

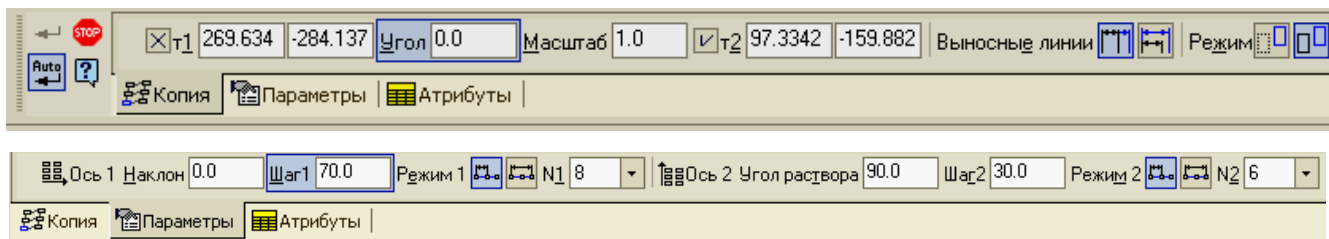


Рис. 56

В строке параметров (рис. 56) устанавливаются все значения сетки, а затем указывается точка вставки, и на экране появляется массив, состоящий из копий заданного объекта (рис. 57).



Модификация команды **Копия по концентрической сетке** позволяет создавать копии геометрических объектов, размещая их по концентрической сетке (концентрические окружности). Для выполнения команды



необходимо нажать соответствующую кнопку и в строке параметров (рис. 58), ввести данные.

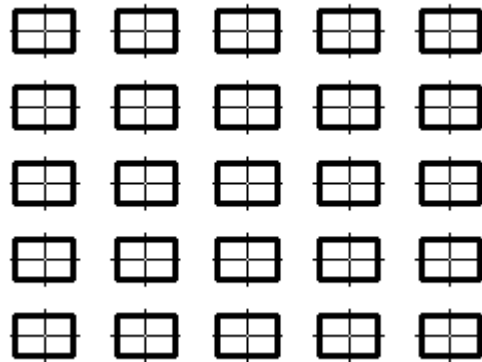


Рис. 57

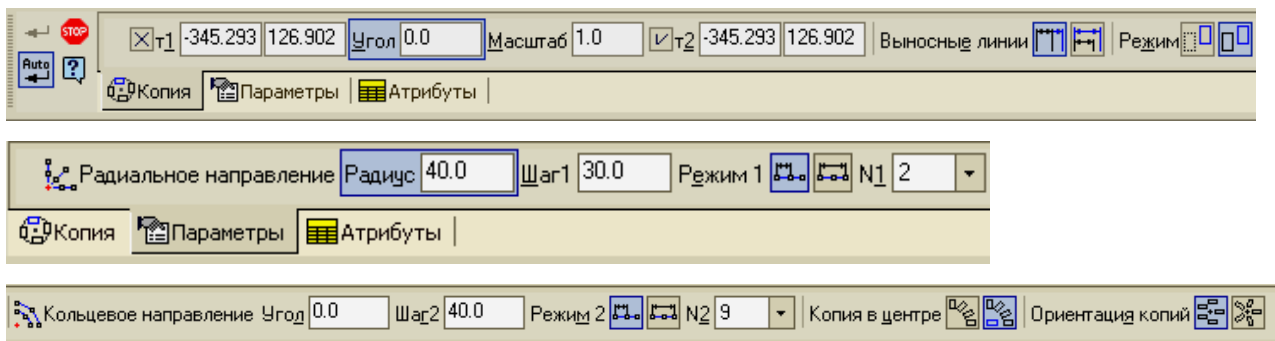


Рис. 58

На рис. 59 показано копирование по концентрической сетке.

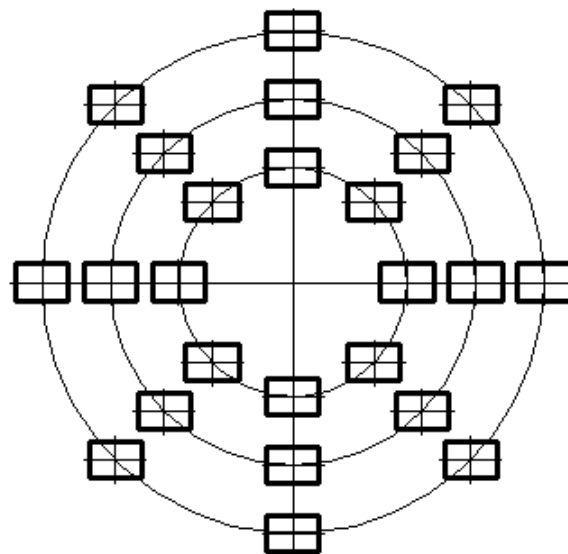


Рис. 59



Команда **ДЕФОРМАЦИЯ СДВИГОМ** позволяет изменить форму объекта сдвигом всех или отдельных его частей. Для выполнения необходимо нажать соответствующую кнопку и выделить рамкой объекты, которые будут подвергнуты деформации. Рамка задается координатами двух точек, после чего следует указать начальное и конечное положение базовой точки деформации (рис. 60).

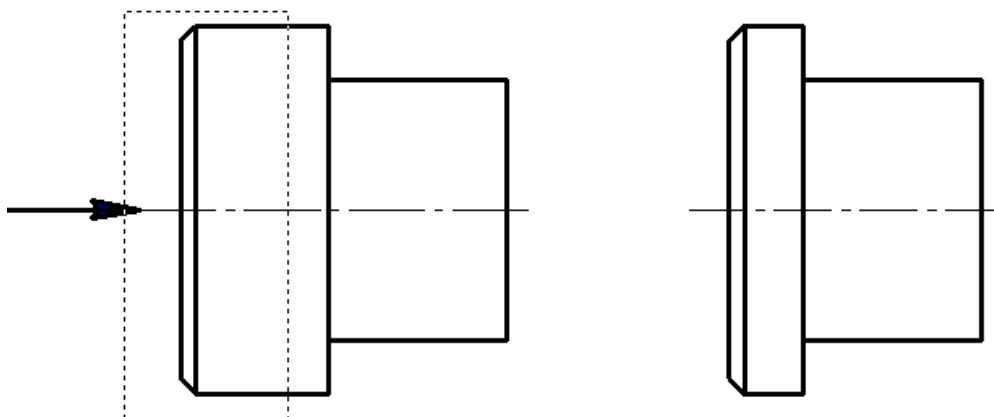


Рис. 60



Команда **УСЕЧЬ КРИВУЮ** позволяет удалить часть объекта до выбранной границы. Для выполнения объекта необходимо нажать соответствующую кнопку и указать те части примитива, которые следует удалить.



Модификация команды **Усечь кривую по двум точкам** позволяет удалить часть объекта по двум указанным точкам.



Модификация команды **Выровнять по границе** позволяет удлинить или обрезать ряд объектов относительно заданной линии.



Модификация команды **Удалить фаску /скругление** удаляет ранее выполненную фаску или скругление и продолжает объекты до пересечения.

#### 4. Методика выполнения работы

1. Выбрать рабочее окно «Чертеж» и задать формат А3.
2. Применяя модификации команды **ВСПОМОГАТЕЛЬНАЯ ПРЯМАЯ** (по **горизонтали, по вертикали и параллельная прямая**) задать границы 1/2 очерка детали (зубчатое колесо см. рис. 13).
3. С помощью команды **НЕПРЕРЫВНЫЙ ВВОД ОБЪЕКТОВ** сформировать 1/2 очерка.
4. Выполнить фаски.
5. Зеркально отобразить 1/2 очерка относительно оси и изобразить образующую шпоночного паза.
6. Выполнить сечение отверстия.
7. Выполнить штриховку.
8. Проставить размеры, шероховатость, допуски на расположение и форму.
9. Выполнить таблицу.

После окончания выполнения задания, созданный чертеж сохранить на дискете и выполнить отчет.

#### 5. Содержание и оформление отчета

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. На титульном листе указывается название и номер лабораторной работы, фамилия студента, номер группы и дата выполнения.

Отчет должен содержать: цель работы, краткое описание теоретической части, последовательность выполнения работы.

Сравнительный анализ методики простановки размеров в AutoCAD и в КОМПАС-ГРАФИК.

#### 6. Перечень контрольных вопросов

1. Что такое КОМПАС-ГРАФИК?
2. На какие зоны делится рабочий стол КОМПАС-ГРАФИК?

3. Какие панели режимов работы вы знаете?
4. Какие рабочие окна существуют в КОМПАС-ГРАФИК?
5. Чем отличаются глобальные привязки от локальных привязок?
6. Какие вы знаете команды создания примитивов?
7. В каких случаях целесообразно применять *вспомогательные прямые и точки*?
8. Как выполняется штриховка в КОМПАС-ГРАФИК?
9. Какие вы знаете отличия при создании геометрических примитивов в КОМПАС- ГРАФИК от AutoCAD?
10. Какие вы знаете команды оформления чертежей?
11. Чем отличается методика простановки размеров в КОМПАС- ГРАФИК от AutoCAD?
12. Какие параметры могут вводиться при простановке размера?
13. Какие вы знаете команды редактирования?
14. Как можно редактировать ранее созданные примитивы с помощью *строки параметров объектов*?

## СОЗДАНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D

### 1. Цель работы

Ознакомить студентов с методикой создания трехмерных моделей в системе КОМПАС-3D. Научить студентов формировать твердотельные модели с помощью операции вращения.


### 2. Содержание работы

1. Ознакомиться с методикой создания моделей деталей. Получить вариант модели (втулка шлицевая).
2. Мысленно представить последовательность формирования модели.
3. Выбрать плоскость для первого эскиза и определить начальную операцию.
4. Сформировать модель детали.
5. Выполнить необходимые фаски и сопряжения.
6. Задать цвет, материал и название детали.

Сохранить файл с моделью на дискете.

### Теоретическая часть

Рабочее окно среды трехмерного моделирования откроется, если нажать на

соответствующую кнопку , которая находится на панели управления (рис. 61)

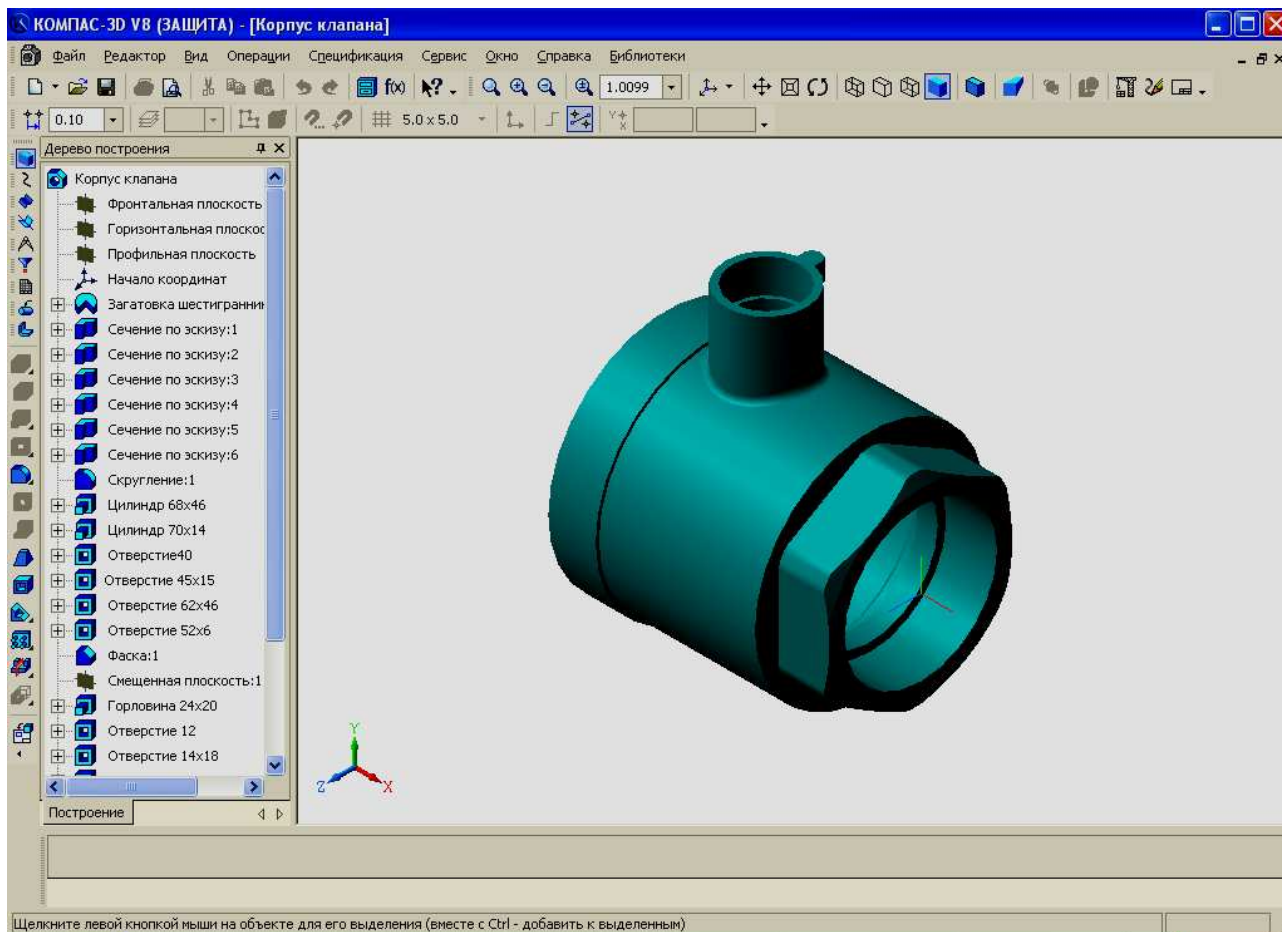


Рис. 61

**Строка падающего меню** расположена в верхней части рабочего окна. Каждый заголовок объединяет определенную группу команд, которая открывается при подведении курсора к заголовку и нажатии мыши на левую клавишу.

**Стандартная панель управления** расположена ниже падающего меню и содержит ряд кнопок с пиктограммами, соответствующими определенным командам управления. Состав кнопок панели управления меняется в зависимости от рабочей среды, однако некоторые остаются постоянными, такие как, «Открыть документ», «Сохранить документ», «Справка» и т. д. (рис.62).



Рис. 62

**Строка текущего состояния** отображает текущие параметры КОМПАС-3D и также зависит от рабочего окна (рис. 63).

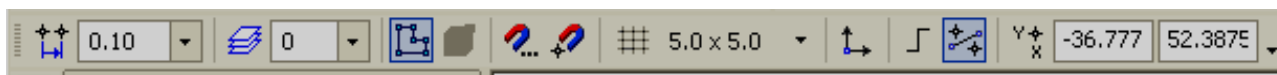


Рис. 63

**Рабочее поле** находится в центре и занимает большую часть экрана. Оно предназначено для создания и редактирования трехмерной модели.


**Строка сообщения** находится в нижней части экрана и подсказывает очередное действие для выполнения текущей команды или дает пояснения для элемента, на который в данный момент указывает курсор (рис.64).

Построение основания путем перемещения эскиза в направлении, перпендикулярном его плоскости


Рис. 64

В левой части экрана находится **инструментальная панель**, которая делится на две части. Вверху расположена **панель переключения** (рис. 65, а), которая состоит из кнопок переключателей различных режимов работы, а в нижней части - **рабочая панель** того режима работы, переключатель которого находится в функциональном состоянии (рис. 65, б). Панель соответствующего режима работ содержит кнопки – пиктограммы для вызова конкретной команды.

Некоторые кнопки на инструментальной панели могут быть погашены (выделены бледным цветом). Это означает, что соответствующие команды временно недоступны, то есть в данный момент не созданы определенные условия для их выполнения.

Первая кнопка на панели переключения  открывает рабочую панель **Редактирование детали**, которая показана на рис. 65, б.



Кнопка  открывает панель **Пространственные кривые** (рис. 66, а), с помощью которой можно создать цилиндрические и конические винтовые линии, пространственные ломаные линии и сплайны.




а)


б)

Рис.65



Кнопка  открывает панель **Поверхности** (рис. 66, б), с помощью которой можно импортировать, записанные в файлах форматов SAT, IGES или строить поверхности.



Кнопка  открывает панель **Вспомогательная геометрия** (рис. 66, в), на которой расположены команды, позволяющие создавать вспомогательные объекты: оси, плоскости, линии разъема.

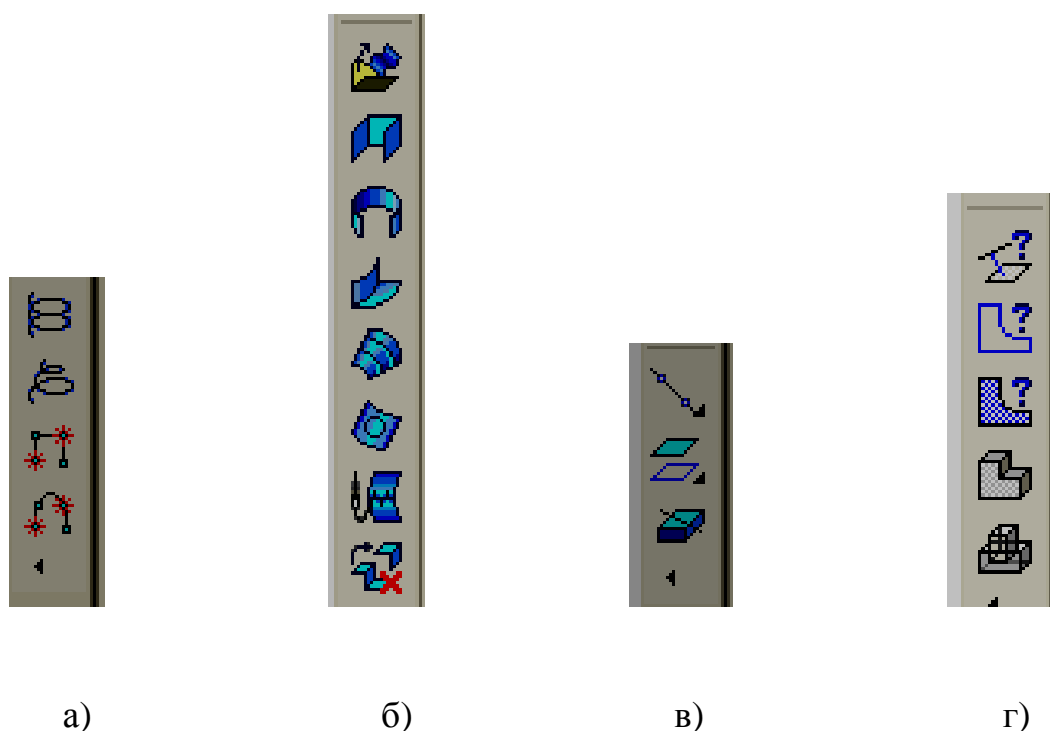







Рис. 66

Кнопка  открывает панель **Измерения** (рис. 66, г), где находятся команды, обеспечивающие измерения: – линейные, угловые, периметр, площадь, а также значения массо-инерционных характеристик тел.

Кнопка  открывает **Панель фильтров**, с помощью которой можно осуществлять динамический поиск определенного геометрического элемента.

Кнопка  открывает **Панель составления спецификации**

Кнопка **Условные обозначения**  открывают панель, на которой находится кнопка **Условное изображение резьбы** .

Кнопка  открывает панель, позволяющую создавать модели деталей из листового материала сгибанием и штамповкой (рис. 67).

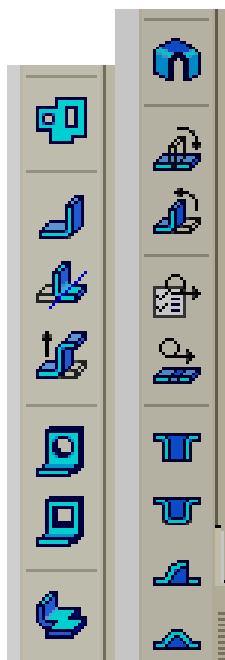


Рис. 67

Некоторые команды на рабочих панелях имеют несколько модификаций.

В КОМПАС-3D кнопки таких команд отмечены черным треугольником в правом нижнем углу. Например, вспомогательная плоскость может быть построена несколькими различными способами (рис. 68).



Рис. 68

Процесс формирования модели отображается в специальном окне, которое называется «**Дерево построения**» (рис. 69).

Данное окно содержит специальные кнопки управления и позволяет увидеть последовательность всех операций создания модели. Можно изменять размеры и положение окна с помощью кнопок управления в правом верхнем углу. При нажатии на пиктограмму с изображением детали правой клавишей

мышью, открывается контекстное меню (рис. 70), в котором можно выбрать команды, формирующие свойства материала виртуальной модели.

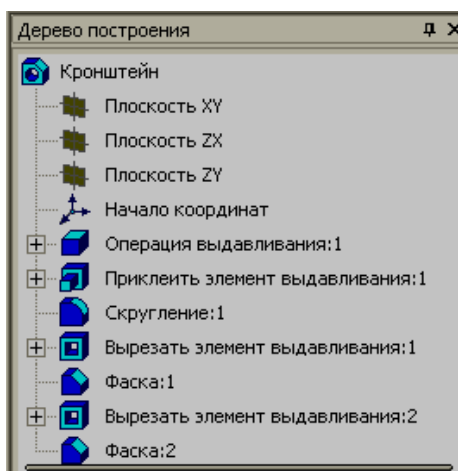


Рис. 69

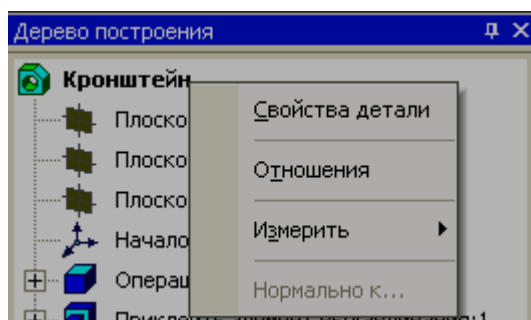




Рис. 70

В процессе формирования модели необходимо видеть ее с разных точек зрения. Для этого в КОМПАС-3D предусмотрены различные средства. При произвольном повороте модели используется кнопка *<Повернуть>* .

Виртуальную модель можно расположить на экране в соответствии с шестью основными видами: вид спереди; вид сверху; вид снизу; вид слева; вид справа; вид сзади. Для получения на экране соответствующего вида необходимо воспользоваться **полем управления ориентацией** создаваемой модели, которая находится в строке текущего состояния. Иногда требуется, чтобы параллельной плоскости экрана оказалась не одна из стандартных плоскостей проекций, а определенная грань модели или выбранная пользователем вспомогательная

плоскость. Для ввода такой ориентации необходимо указать мышью нужный плоский объект, а затем в строке текущего состояния выбрать **Нормально к...**

Можно расширить список стандартных видов. Для этого необходимо установить свой вид и затем ввести диалоговое окно «**Ориентация вида**»,

которое открывается с помощью кнопки  на панели управления. В диалоговом окне необходимо нажать кнопку <Добавить> и написать имя нового вида.

При создании модели в любой момент времени пользователь может изменить способ ее отображения.

Для выбора способа отображения необходимо воспользоваться рядом кнопок на панели управления.


Кнопка <Каркас>  отображает модель в виде ребер и вершин


Кнопка <Без невидимых линий>  позволяет отобразить модель в виде каркаса, но с удаленными невидимыми линиями

Если в процессе формирования модели необходимо видеть скрытые от взгляда линии, но не явно, используют кнопку <Невидимые линии тонкие>



Наиболее реалистично будет выглядеть модель, если включить кнопку

<Полутонное> . При таком способе отображения будут учитываться оптические свойства поверхности изделия, по образу которого создается виртуальная модель.

<Полутонное с каркасом> . При таком способе отображение будет аналогично предыдущему, но с более резко очерченными ребрами.

Кнопка *<Перспектива>*



позволяет расположить модель более оптимальным способом, в соответствии с особенностями зрительного восприятия. Точка схода перспективы расположена посередине окна модели.

Все команды управления изображением модели являются прозрачными. Это означает, что их можно выполнять во время действия любой другой команды, при этом выполнение другой команды будет приостановлено, а после изменения масштаба, ориентации или способа отображения – возобновится.

### Создание трехмерных моделей в КОМПАС -3D

Формирование объемных моделей в КОМПАС-3D осуществляется на основе двух составляющих: **операции перемещения и эскиза.**

Перемещение прямоугольника в направлении, перпендикулярном его плоскости, позволит создать призму (рис. 71)

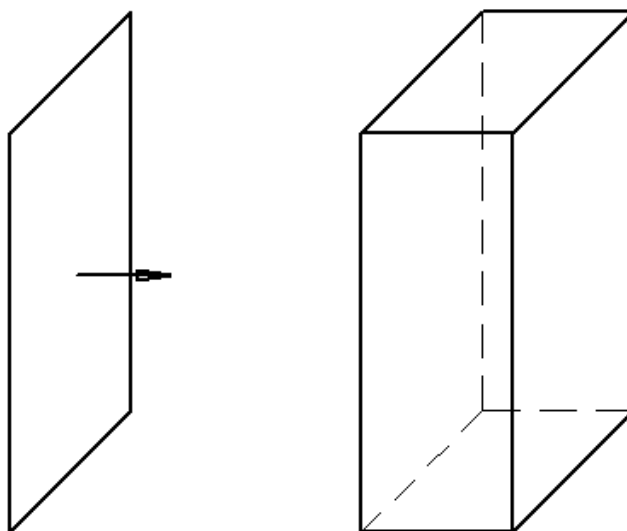


Рис. 71

Для создания цилиндра вращения можно воспользоваться перемещением окружности в направлении нормали, но при формировании поверхности вращения более сложной формы наиболее рационально предварительно изобразить контур с помощью ломаной линии и ось вращения (рис. 72), а затем выполнить поворот на  $360^\circ$ .

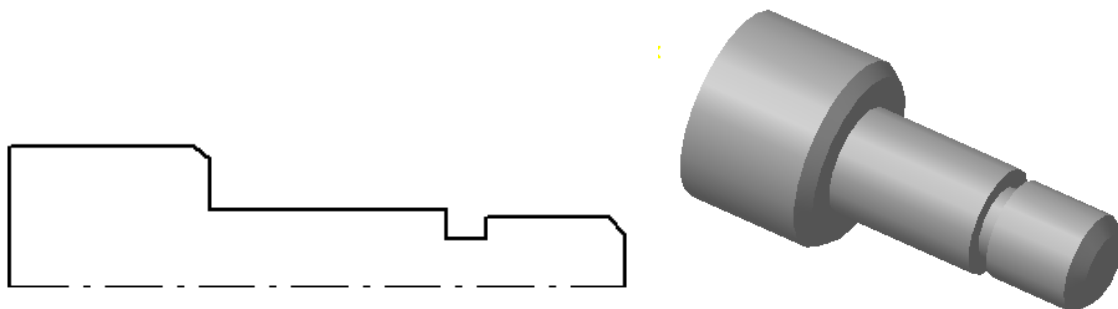


Рис. 72

Для создания трубчатой поверхности можно воспользоваться кинематическим перемещением окружности по направляющей линии (рис.73).

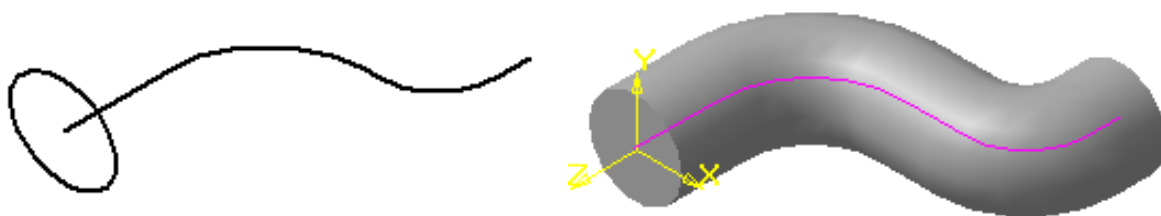


Рис. 73

В КОМПАС-3D плоскую фигуру, с помощью которой формируется контур тела принято называть **эскизом**, а способ перемещения этого контура – **операцией**.

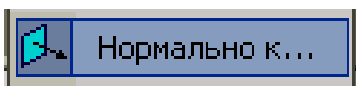
**Эскиз** может располагаться в одной из стандартных плоскостей проекций, на одной из плоских граней, принадлежащих модели, или на вспомогательной плоскости, положение которой определено пользователем. Так как эскиз строится в плоскости, то для его построения используется среда создания графического документа, соответственно **инструментальная панель геометрии, редактирования, параметризации** и. т. д. Эскиз представляет собой набор геометрических примитивов (отрезков, дуг, сплайнов). При создании эскиза можно скопировать ранее созданный фрагмент графического документа.

Начинают построение с создания контура (эскиза) базового тела. Для этого в дереве построения выбирают элемент **Плоскость XY** (фронтальная плоскость


или плоскость, на которой изображается вид спереди), и щелчком мыши вводят условное изображение ее. Можно выбрать другие плоскости (**Плоскость ZX** (горизонтальная), **Плоскость ZY** (профильная)). Расположение плоскостей совпадает с расположением стандартных видов, принятых в инженерной графике. Однако расположение осей отличается от общепринятых и выбирается согласно расположению осей на экране дисплея. Выбор не будет влиять на форму и размеры будущей модели, от него будет зависеть лишь ориентация в пространстве.

Плоскость на экране отображается в виде прямоугольного фантома зеленого цвета, который перемещается в пространстве с помощью **поля ориентации**. По периметру и в центре фантома располагаются базовые точки, которые можно перемещать в разные стороны, при этом прямоугольник будет увеличиваться или уменьшаться. Центральная точка определяет положение прямоугольника, а все остальные его ширину и высоту. Так как фантом только символизирует плоскость, а она бесконечна, то построения могут располагаться по всему экрану независимо от размеров прямоугольника. Если условное изображение мешает, то щелчок мыши в любом месте рабочего поля удалит фантом.

Эскиз удобно строить, если выбранная плоскость располагается параллельно экрану. Поэтому для построения в плоскости **XY** целесообразно выбрать ориентацию - *Спереди*, в **ZX** – *Сверху*, в **ZY** – *Слева*. Кроме этого можно при любом расположении плоскостей воспользоваться кнопкой



. После выбора плоскости и ориентации для построения

контура необходимо нажать кнопку на панели управления **<Эскиз>** , тогда система перейдет в режим **создания и редактирования эскиза**.

Так как модели формируются перемещением некоторого контура (эскиза), то при построении контура важно соблюдать следующие правила:

1. Под **контуром** понимается любой линейный объект или совокупность последовательно соединенных линейных объектов (отрезков, дуг, сплайнов).
2. Контур всегда выполняется стилем линии **ОСНОВНАЯ**.
3. Контур не должен иметь точек самопересечения, пересечения с другим контуром или линий наложения (рис. 74)
4. При выполнении сплошного тела с помощью операции выдавливания контур должен быть замкнутым, в противном случае компьютер создаст тонкостенную оболочку (рис 75).
5. Эскиз базовой детали может содержать один или несколько контуров. Если контур один, то он может быть незамкнутым, а если контуров несколько, то все они должны быть замкнутыми. Причем один контур наружный, а все остальные вложены в него (рис. 76).
6. Допускается только один уровень вложения.

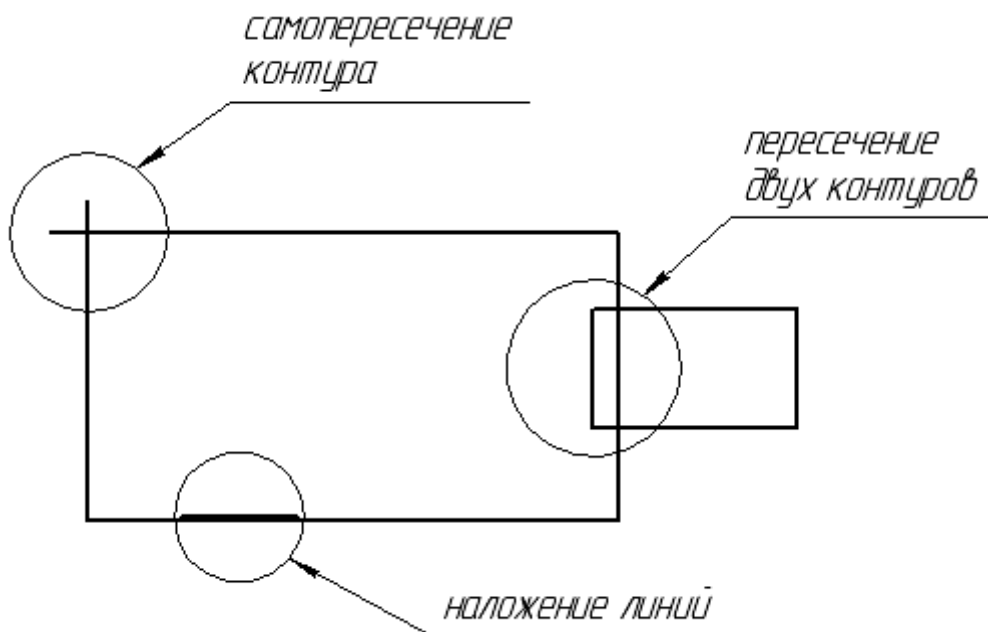


Рис. 74



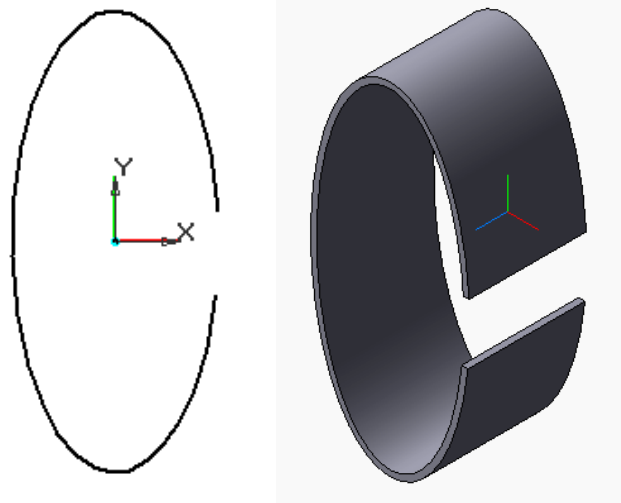


Рис. 75

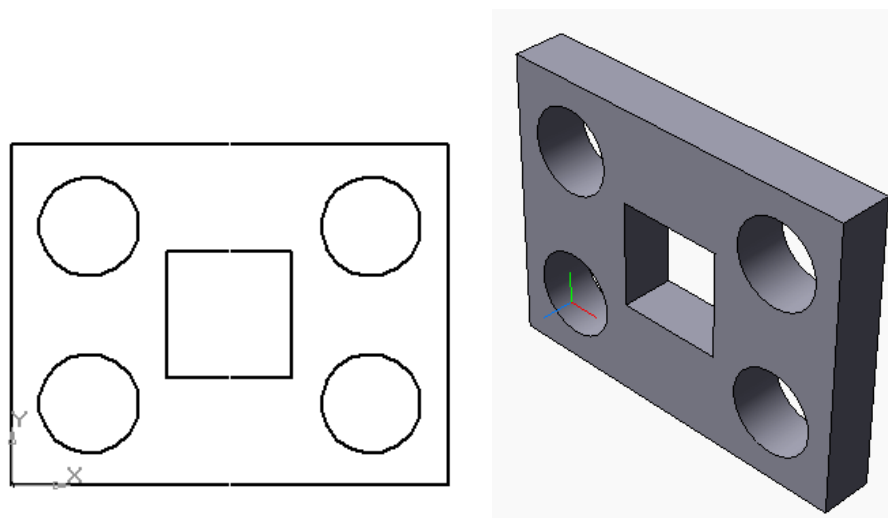


Рис. 76

**Основными операциями являются:**

- 1) **операция выдавливания** – выдавливание плоского контура (эскиза) в направлении нормали к этому контуру (рис. 71);
- 2) **операция вращения** – вращение контура вокруг оси (ось выполняется типом линии **Осевая**), лежащей в плоскости контура (рис. 72);
- 3) **кинематическая операция** – перемещение контура вдоль направляющей (рис. 73);
- 4) **операция по сечениям** – построение трехмерного объекта по нескольким контурам (сечениям), плоскости которых расположены параллельно друг другу (рис. 77).

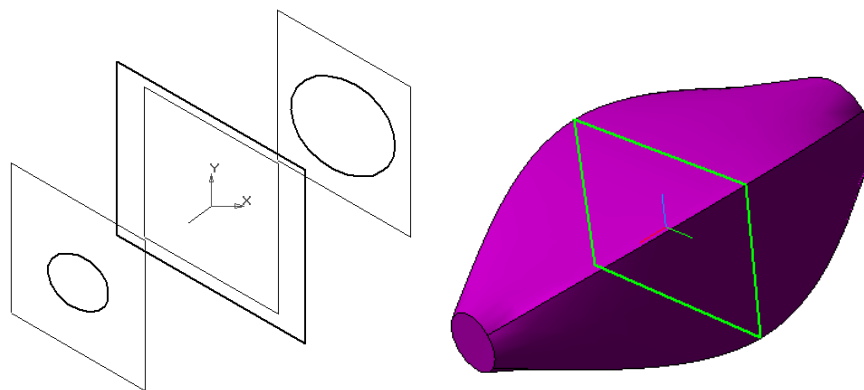


Рис. 77

Каждая операция имеет различные модификации, которые позволяют расширить возможности конструирования модели. Например, в процессе выдавливания многоугольника можно дополнительно задать направление и угол уклона, и тогда вместо призмы можно получить усеченную пирамиду.

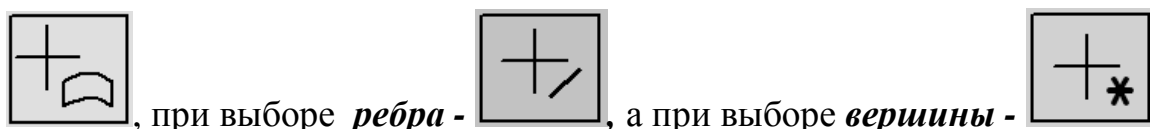
В процессе конструирования объемных моделей в системе КОМПАС-3D принято пользоваться следующей терминологией:

**Грань** – гладкая часть поверхности (плоская или криволинейная).

**Ребро** – прямая или кривая линия пересечения двух соседних граней.

**Вершина** – точка пересечения ребер.

В процессе моделирования курсор при выборе *грань* примет следующий вид





, при выборе *ребра* - , а при выборе *вершины* - .

**Тело модели** – область пространства, ограниченная гранями модели. Этой области присваиваются свойства материала, из которого впоследствии будет изготовлена деталь. По созданной таким образом модели можно легко определить массо-инерционные характеристики и выполнять прочностные, тепловые и другие расчеты.

Начинают создание модели *шлицевой втулки* с выбора плоскости для первого эскиза. В дереве построения выделяем плоскость **XУ** и вводим кнопку <Эскиз>. Из начала координат проводим горизонтальную прямую типом линии **Осевая**. Используя команду **Непрерывный ввод объектов**, строим половину

контура тела вращения без соблюдения размеров (рис. 78). При этом замыкаем ломаную линию на осевую.

На эскизе голубым цветом будут показаны ограничения, наложенные на данную конструкцию, а сиреневым цветом - возможные перемещения отдельных примитивов (степени свободы).

Выключать и включать отображение ограничений  и степеней свободы  можно с помощью специальных кнопок на панели параметризации.

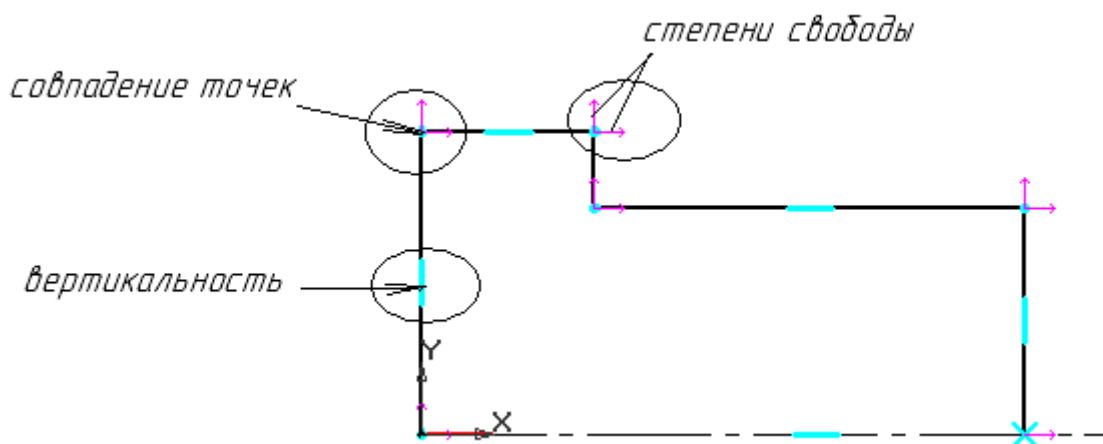



Рис. 78

На втором этапе проставляем параметрические управляемые размеры, используя **панель размеров**. Для простановки размеров вводим линейный размер. Указываем необходимый размер двумя граничными точками или базовым объектом, используя кнопку . После чего появится фантом размера. Определим положение размерной линии и нажмем на левую клавишу мыши. При этом на экране отобразится диалоговое окно «Установить значение размера» (рис. 79), где необходимо указать числовое значение. Изображение будет автоматически перестраиваться согласно введенному значению.

Таким образом задаем все предполагаемые размеры будущей модели и формируем эскиз (рис. 80).

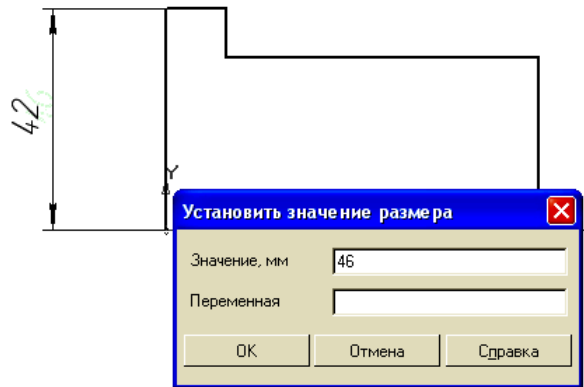


Рис. 79

После назначения всех размеров закрываем эскиз, нажимая на кнопку

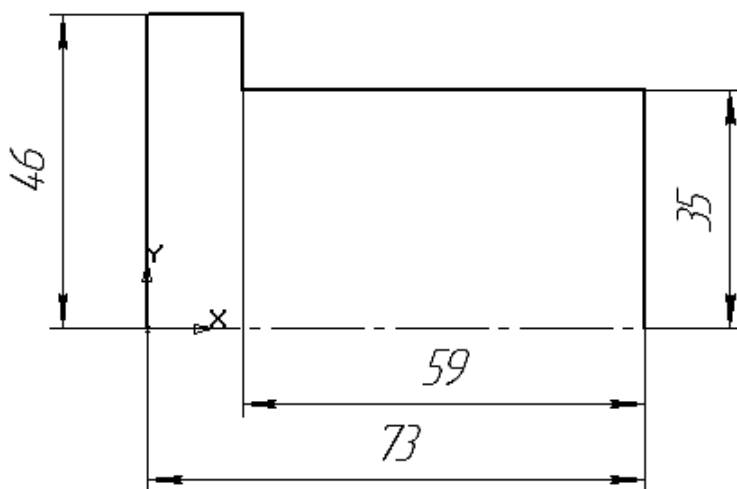

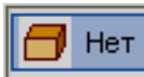


Рис. 80

На третьем этапе выбираем кнопку «**Операция вращения**»  на панели **Редактирование детали** и в строке **параметров объектов** (рис. 81). Задаем все необходимые данные и нажимаем кнопку «**Создать**». Если необходимо создать сплошное тело, то выбираем **Сфероид**, затем открываем закладку **тонкой стенки** и вводим кнопку .

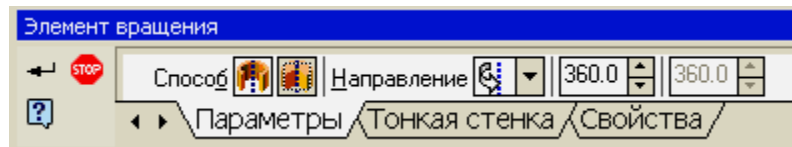


Рис. 81

В рабочем окне получаем изображение в виде каркаса. Устанавливаем полутонное отображение и ориентацию - *изометрия XYZ* (рис. 82).

На четвертом этапе выполним отверстие. Для этого выберем *грань-торцевую* поверхность в качестве плоскости для нового эскиза.

На новой плоскости строим второй эскиз – контур отверстия. Тонкими линиями строим окружность выступов зубьев и окружность впадин и задаем их диаметры (рис. 83).

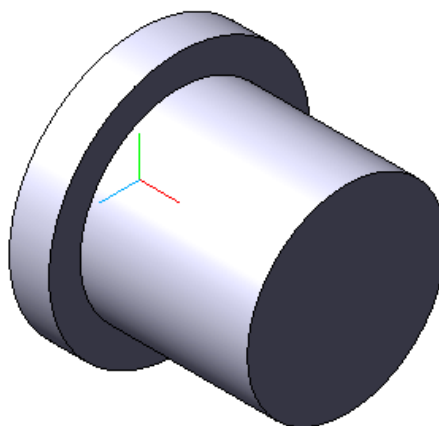


Рис. 82

Через точку центра строим вспомогательную вертикальную прямую и параллельные ей две вспомогательные прямые на расстоянии, равном половине ширины зуба (рис. 84).

Применяя команду **Непрерывный ввод объектов** (в режимах отрезка и дуги) и стиль линии *Основная*, сформируем контур отверстия (рис. 85).

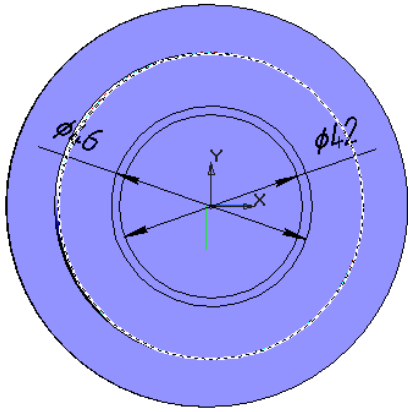


Рис. 83

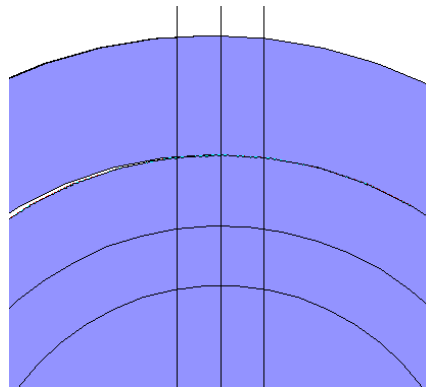


Рис. 84

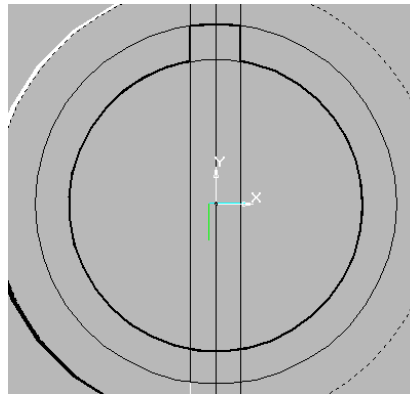



Рис. 85

На панели **Построение детали** выбираем кнопку **«Вырезать выдавливанием»** , на экране появляется строка **параметров объектов**, в которой устанавливаем модификацию – **Через все**, затем нажимаем закладку **вырезание** и выбираем модификацию – **вычитание элемента** (рис.86) а затем вводим кнопку **<Создать>**.

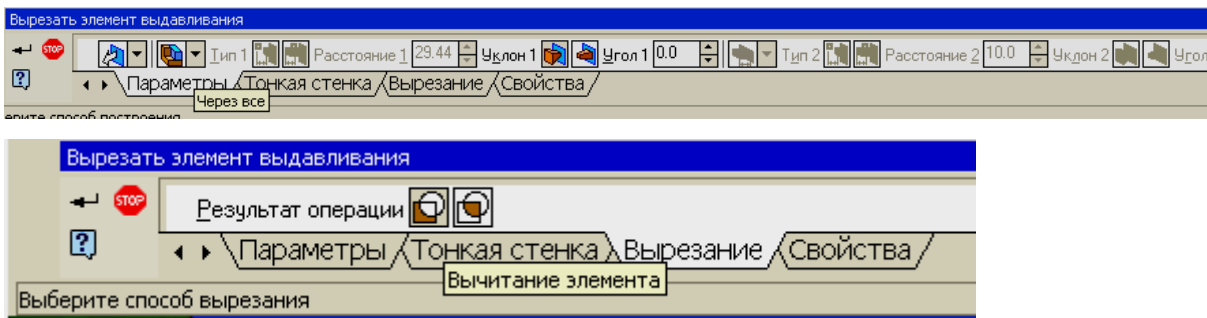




Рис. 86

В результате, получаем модель втулки с отверстием и пазом для одного зуба. Снимаем фаски и выполняем скругления.

Для того чтобы выполнить пазы для всех зубьев, применим команду **Массив по концентрической сетке**. Предварительно зададим ось, относительно которой расставим элементы отверстий под зубья. Откроем панель **Вспомогательная геометрия** и введем кнопку **Ось на пересечении плоскостей** . Последовательно укажем в качестве плоскостей – плоскости XY и ZX. Таким образом, ось (выделена голубым цветом) будет совпадать с осью X. Вводим команду **Массив по концентрической сетке** . В строке параметров (рис. 87) задаем количество элементов по радиальному направлению – 1, количество элементов по кольцевому направлению - 8, равное количеству зубьев, и в дереве построения выделяем последний элемент построения **«Вырезать выдавливанием»**. В заключение указываем ранее созданную ось. Система расставит по окружности отверстия элементы пазов. Задаем название детали и присваиваем ей свойства материала, из которого она в дальнейшем должна быть изготовлена (рис. 88).

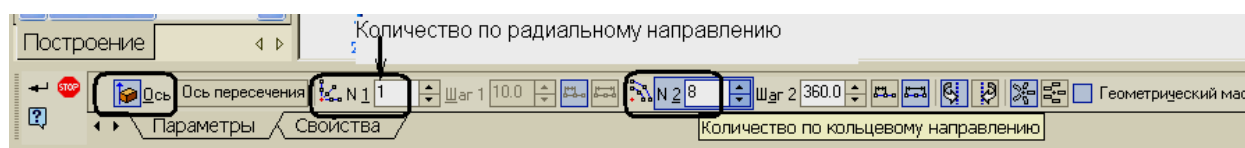


Рис. 87

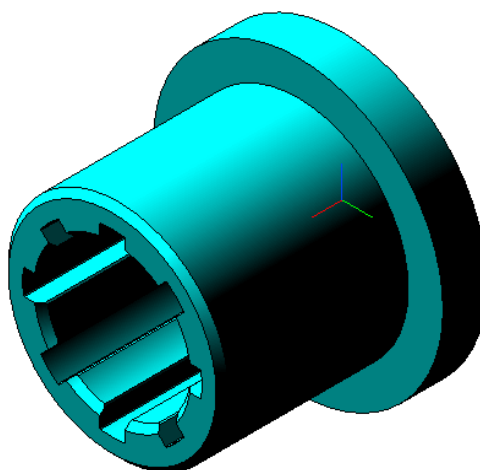


Рис. 88

#### 4. Методика выполнения работы

1. Выбрать рабочее окно «Деталь».
2. Выбрать плоскость **XУ** и ввести кнопку <Эскиз>.
3. По заданному варианту и приведенной методике сформировать 1/2 очерка втулки и задать размеры.
4. Применить операцию **вращения** и создать тело вращения.
5. На торцевой грани создать второй эскиз (контур отверстия с одним профилем зуба).
6. С помощью команды **Вырезать выдавливанием** сформировать отверстие.
7. Выполнить фаски и скругления (размеры выбрать из табл. 10). Если эскиз содержит профиль одного паза, применив команду **Массив по концентрической сетке**, сформировать количество прорезей, равных количеству зубьев. Присвоить модели название и все свойства реальной детали.

Созданная модель сохраняется на дискете и выполняется отчет.

#### Варианты заданий

Создать модель шлицевой втулки по изображению (рис. 88), чертежу (рис. 89) и сечению ступицы (рис. 90). Необходимые размеры выбрать из табл.9

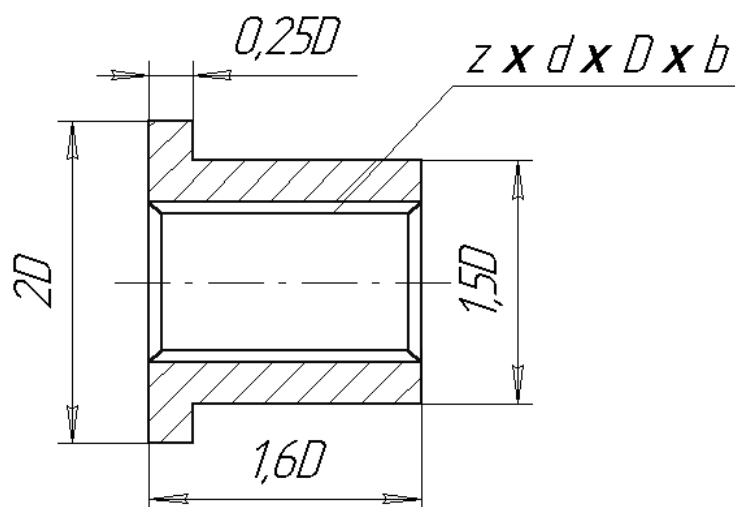


Рис. 89



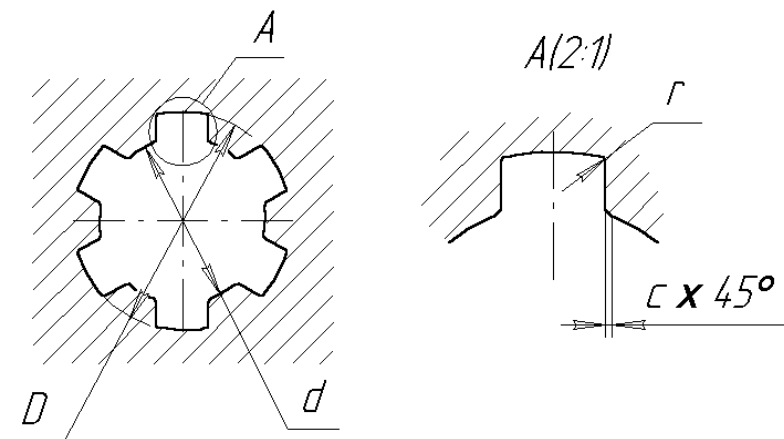


Рис. 90

Таблица 9. Основные размеры соединений шлицевых прямобочных по ГОСТ 1139-80, мм

№ в	Число зубьев, z	d	D	b	c	r
Легкая серия						
1	6	26	30	6	0.3	0.2
2	6	28	32	7	0.3	0.2
3	8	36	40	7	0.4	0.3
4	8	42	46	8	0.4	0.3
5	8	52	58	10	0.5	0.5
6	8	62	68	12	0.5	0.5
7	10	72	78	12	0.5	0.5
8	10	82	88	12	0.5	0.5
9	10	92	98	14	0.5	0.5
10	10	102	108	16	0.5	0.5
Средняя серия						
11	6	16	20	4	0.3	0.2
12	6	18	22	5	0.3	0.2
13	6	21	25	5	0.3	0.2
14	6	23	28	6	0.3	0.2
15	6	26	32	6	0.3	0.2
16	6	28	34	7	0.3	0.2
17	8	32	38	6	0.4	0.3
18	8	36	42	7	0.4	0.3
19	8	42	48	8	0.4	0.3
20	8	56	65	10	0.5	0.5
21	10	72	82	12	0.5	0.5
22	10	82	92	12	0.5	0.5
23	10	92	102	14	0.5	0.5
24	10	112	125	18	0.5	0.5

## 5. Содержание и оформление отчета

Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. На титульном листе указывается название и номер лабораторной работы, фамилия студента, номер группы и дата выполнения.

Отчет должен содержать: цель работы, краткое описание теоретической части, последовательность выполнения работы.

Сравнительный анализ методики трехмерного моделирования в AutoCAD и в КОМПАС-ГРАФИК.

## 6. Перечень контрольных вопросов

1. Как выглядит рабочее окно моделирования детали в КОМПАС- ГРАФИК (какие инструментальные панели оно содержит, какие кнопки содержит панель управления)?
2. Что собой представляет Дерево построения?
3. Какие способы отображения моделей существуют в КОМПАС-ГРАФИК?
4. На базе каких элементов строится трехмерная модель в КОМПАС-ГРАФИК?
5. Что такое **Эскиз** с точки зрения КОМПАС-3D?
6. Какие требования предъявляются при создании **Эскиза**?
7. Что такое **Операция**?
8. Какие вы знаете **операции** создания трехмерной модели ?
9. Что такое **грань, ребро, вершина**?
10. На какой поверхности можно формировать **Эскиз**?
11. Какие свойства можно присвоить виртуальной модели?

## СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ( ГИБКИХ ) МОДЕЛЕЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ И ПОСТРОЕНИЕ АССОЦИАТИВНЫХ ВИДОВ В КОМПАС-3D

### 1. Цель работы

Познакомиться с методом создания твердотельных параметрических моделей сложной формы и с построением ассоциативных видов в КОМПАС-3D.

### 2. Содержание работы

1. Ознакомиться с методикой создания параметрических моделей деталей сложных форм. Получить вариант модели.
2. Мысленно разложить сложную форму на простые элементы.
3. Определить последовательность формирования модели.
4. Выбрать базовую деталь (элемент) и продумать способ (операцию) ее создания.
5. Выбрать плоскость для первого эскиза с учетом проецирования главного вида на плоскость **XУ**.
6. Сформировать модель детали.
7. Задать цвет, материал и название детали.
8. Получить ассоциативные виды данной детали.
9. По заданию изменить определенные параметры и получить модифицированную модель.

Сохранить файлы с моделью, ассоциативными видами и модифицированной моделью на дискете.

### Теоретическая часть

Процесс разработки нового изделия – это трудоемкий и длительный процесс. В процессе проектирования нового изделия конструктор должен связать в единое целое три составляющие: необходимые функции, гармоничную связь между отдельными элементами конструкции и хороший дизайн. Чтобы облегчить работу конструктора на данном этапе была изобретена *параметризация* – очень

ценный инструмент, позволяющий за короткое время рассмотреть различные конструктивные схемы и избежать принципиальных ошибок. Отличие параметрической модели от обычной заключается в том, что в «дереве построения» хранится информация не только о размерах и форме данного геометрического объекта, но и взаимосвязь между несколькими объектами и наложенными на них ограничениями. Другими словами, **параметризация** – это наложение связей и ограничений на определенную конструкцию. **Связь** между геометрическими элементами предполагает зависимость между параметрами нескольких объектов. **Ограничение** - это зависимость между параметрами одного объекта. Каждая конструкция обладает вполне определенным числом степеней свободы. Каждый параметр ограничивает некоторое количество степеней свободы. При редактировании одного из взаимосвязанных параметров изменяются и другие. Если объекты не взаимосвязаны, то изменение параметра одного объекта не влечет за собой изменения параметров других объектов.

В качестве примеров связей, наложенных на геометрические объекты, можно привести параллельность отрезков, касание кривых, равенство окружностей и т. д. Одним из типов параметрической связи является **ассоциативность** объектов. Ассоциативность выражается связью с базовым графическим объектом. При редактировании базовых объектов (переносе, повороте, масштабировании и т. д.), ассоциативные объекты перестраиваются соответствующим образом. В качестве ассоциативных объектов можно представить размеры, штриховки, технологические обозначения.

При редактировании параметризированных и ассоциативных объектов изменение изображения происходит таким образом, что соблюдаются все наложенные на объекты ограничения и сохраняются связи между объектами.

Ряд ограничений и связей могут быть заданы в виде числовых значений – радиус окружности, величина размера. Другие ограничения и связи могут быть определены без числовых значений (например, горизонтальность прямых, симметричность геометрических объектов). Некоторые связи и ограничения можно задать в виде уравнения или неравенства (например, указать функцию

зависимости одних параметров от других или указать диапазон, в котором может находиться значение параметра).

**Связи** накладываются путем выбора их типа и указанием пары взаимосвязанных объектов.


**Ограничения** накладываются путем выбора их типа и указания параметризируемого объекта.

**Ассоциативность** объектов возникает только при их вводе благодаря прямому или косвенному указанию базовых объектов.


**Параметрический режим** – это режим создания и редактирования геометрических объектов, в котором параметрические связи и ограничения устанавливаются автоматически. Для включения и настройки параметрического режима в меню «Сервис» выберите пункт **Параметры** → **Текущий чертеж** → **Параметризация**. При этом появится диалоговое окно, в котором находится две группы опций: в них включается ассоциативность объектов и автоматическая параметризация построений.


При включении **инструментальной панели параметризации** появляются кнопки управления параметризацией объектов.

Команда **ГОРИЗОНТАЛЬ**  позволяет преобразовать наклонные отрезки или вспомогательные прямые в горизонтальные отрезки и прямые. Отрезок поворачивается с сохранением X- координат его концов.

Команда **ВЕРТИКАЛЬ**  позволяет преобразовать наклонные отрезки или вспомогательные прямые в вертикальные отрезки и прямые. Отрезок поворачивается с сохранением Y- координат его концов. Горизонтальный отрезок нельзя преобразовать в вертикальный, т.к. при этом он вырождается в отрезок нулевой длины и наоборот.


Команда **ОБЪЕДИНИТЬ ТОЧКИ**  позволяет привязать характерные точки геометрических объектов друг к другу.


Команда **ВЫРОВНЯТЬ ПО ГОРИЗОНТАЛИ**  позволяет выровнять по горизонтали характерные точки. После ввода команды следует попарно указывать выбранные точки примитивов для выравнивания.


Команда **ВЫРОВНЯТЬ ПО ВЕРТИКАЛИ**  позволяет выровнять по вертикали характерные точки. После ввода команды следует попарно указывать выбранные точки примитивов для выравнивания.


Команда **ТОЧКА НА КРИВОЙ**  позволяет привязать характерную точку геометрического объекта к какой-либо кривой.


Команда **СИМЕТРИЯ ДВУХ ТОЧЕК**  позволяет создать симметрию характерных точек объектов относительно выбранного отрезка.


Команда **ПАРАЛЛЕЛЬНО**  позволяет выполнить параллельность выбранных прямых и/или отрезков, которые после ввода команды необходимо указывать попарно.

Команда **ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОСТЬ**  позволяет выполнить перпендикулярность выбранных прямых и/или отрезков, которые после ввода команды необходимо указывать попарно.


Команда **КОЛЛИНЕАРНО**  позволяет выполнить коллинеарность отрезков. После ввода команды необходимо указывать попарно отрезки, которые должны лежать на одной прямой.


Команда **ЗАФИКСИРОВАТЬ ТОЧКУ**  позволяет зафиксировать координаты характерных точек геометрических объектов. После ввода команды следует последовательно указывать выбранные точки. Под точками с фиксированными координатами появится значок в виде красного треугольника.


Команда **УСТАНОВИТЬ РАВЕНСТВО РАДИУСОВ**  позволяет установить равенство радиусов выбранных дуг или окружностей.

Команда **УСТАНОВИТЬ РАВЕНСТВО ДЛИН**  позволяет установить равенство длин выбранных отрезков.

Команда **КАСАНИЕ ДВУХ КРИВЫХ**  позволяет выполнить касание двух выбранных кривых.

Команда **ЗАФИКСИРОВАТЬ РАЗМЕР**  позволяет зафиксировать выбранные линейные, радиальные, диаметральные и угловые размеры.

Команда **УСТАНОВИТЬ ЗНАЧЕНИЕ РАЗМЕРА**  позволяет менять числовые значения фиксированных или нефиксированных ассоциативных размеров, а также присваивать размерам имена переменных. При создании переменных допускается использование букв латинского алфавита, арабских цифр и символа подчеркивания. Длина имени переменной не более 16 символов. Например, ввод уравнения « $a+b=100$ », будет обоснован, если будут введены переменные  $a$  и  $b$ . Если мы зададим значение переменной  $a=40$ , то значение переменной  $b=60$ .

Команда **ПАРАМЕТРИЗИРОВАТЬ ОБЪЕКТЫ**  позволяет полуавтоматически накладывать некоторые типы связей и ограничений на выбранные геометрические объекты. Перед выбором команды выделите те объекты, которые необходимо параметризировать. При этом появится диалоговое окно «Установите типы ограничений» (рис. 91), в котором можно выбрать типы связей и ограничений, которые требуется наложить на объекты, а также задать допуски для совпадения точек и отклонений углов наклона.

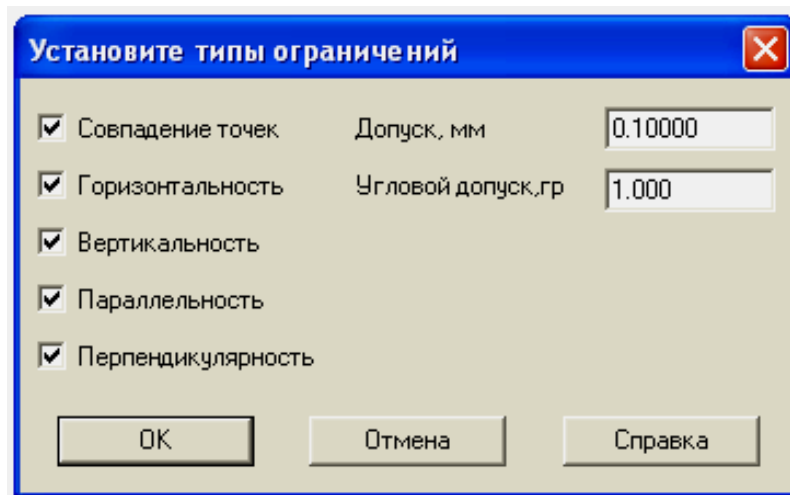






Рис. 91

Команда **ПЕРЕМЕННЫЕ**  позволяет вводить уравнения и неравенства, которые определяют зависимость между параметрами модели.

Команда **ПОКАЗАТЬ/УДАЛИТЬ ОГРАНИЧЕНИЯ**  позволяет увидеть полный список связей и ограничений, наложенных на параметризованный объект, и удалить любое из них (рис. 92).

На панели **параметризация** находятся кнопки *<Отобразить ограничения>*  и *<Отобразить степени свободы>* . Если данные кнопки включены, то на геометрическом объекте ограничения будут отмечены светло-голубым цветом, а степени свободы указаны стрелками.

Если необходимо чтобы размеры, штриховки, шероховатости и обозначения баз были ассоциированными с геометрическими объектами, можно в режиме редактирования каждого из этих объектов указать заново базовые кривые.

Проведя тщательный анализ и планирование, можно составить прогноз возможных изменений при проектировании какого-либо изделия и выработать наиболее рациональный метод конструирования модели.



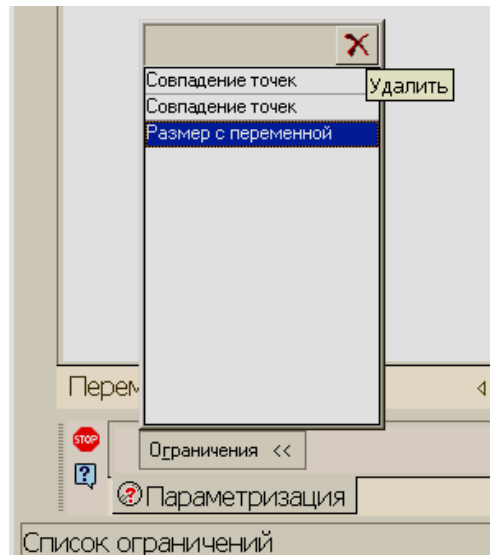


Рис. 92

Анализ детали целесообразно проводить в следующей последовательности:

- 1) мысленно разъединить модель на простые геометрические тела (цилиндр, параллелепипед, сфера и т.д.);
- 2) выделить один из составляющих элементов в качестве основного, с которого начинается построение модели;
- 3) определить какие элементы в последствии могут быть изменены;
- 4) выяснить, какие связи необходимы между отдельными составляющими, чтобы наиболее корректно редактировать модель;
- 5) если модель симметричная, применить команду **Симметрия**;
- 6) если модель имеет повторяющиеся геометрические элементы, то применить команду **Массив**;
- 7) определить порядок, в котором следует выполнять построение модели, при этом целесообразно учитывать технологию изготовления детали.

В качестве примера рассмотрим построение гибкой модели детали **Корпус**.

Первый эскиз создадим в плоскости **XУ**. Построим произвольный прямоугольник. Выполним тонкими линиями диагонали и введем точку на пересечение этих линий (определив центр). С помощью команды **Объединить точки** расположим центр прямоугольника в начале координат. Зададим размеры и получим **Эскиз1**. На рис. 93 показано построение эскиза 1.

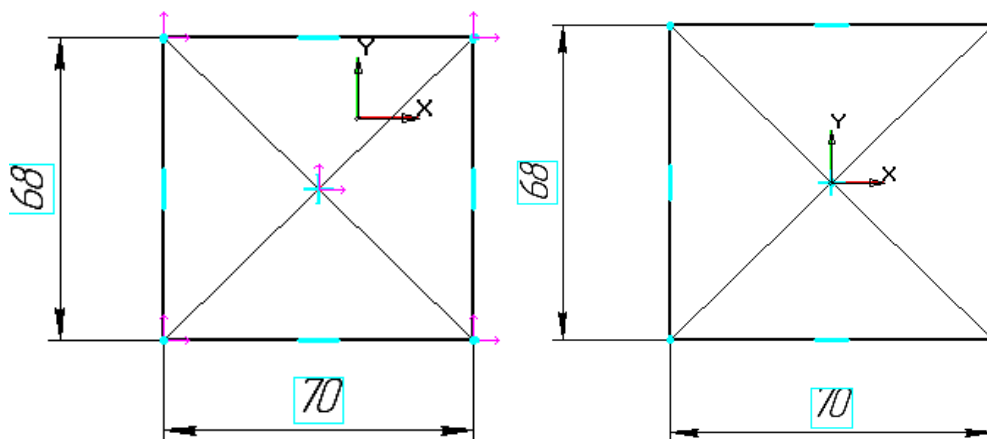


Рис. 93

Применим операцию **выдавливания** в двух направлениях и получим призму.

В качестве поверхности второго эскиза выберем плоскость **ZY**. Из группы **Операции** в падающем меню введем команду **Спроецировать объект** и подведем курсор к ребру созданной призмы, на экране дисплея отобразится прямая (рис. 94). От этой прямой начнем построение контура второго эскиза.

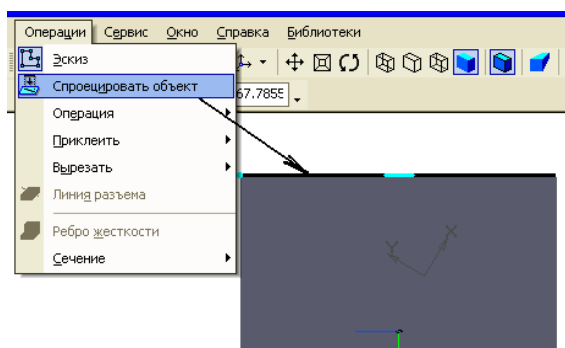


Рис. 94

Размеры будем задавать симметрично от начала координат. Данным размерам присвоим статус переменных. При изменении одного значения переменной **n** или **m**, в автоматическом режиме изменятся другие значения переменных (рис. 95). Таким образом, если в дальнейшем мы будем менять длину боковой грани, приклеенный элемент должен расположиться по центру новой грани.

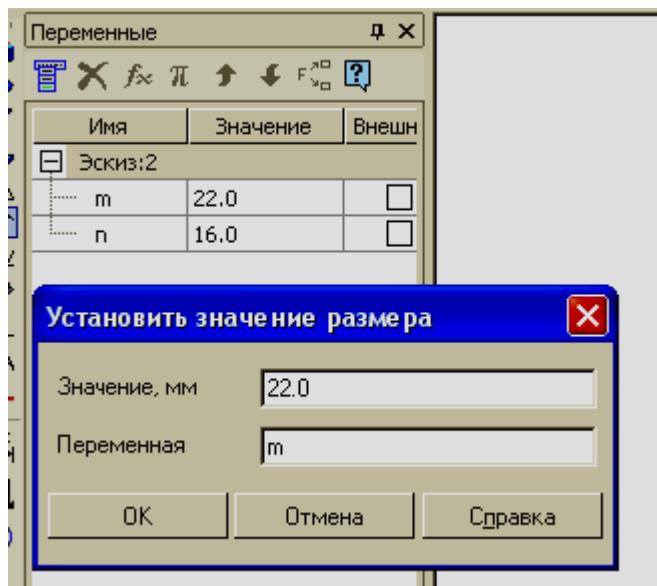


Рис. 95

На рис. 96 представлены этапы построения Эскиза 2.

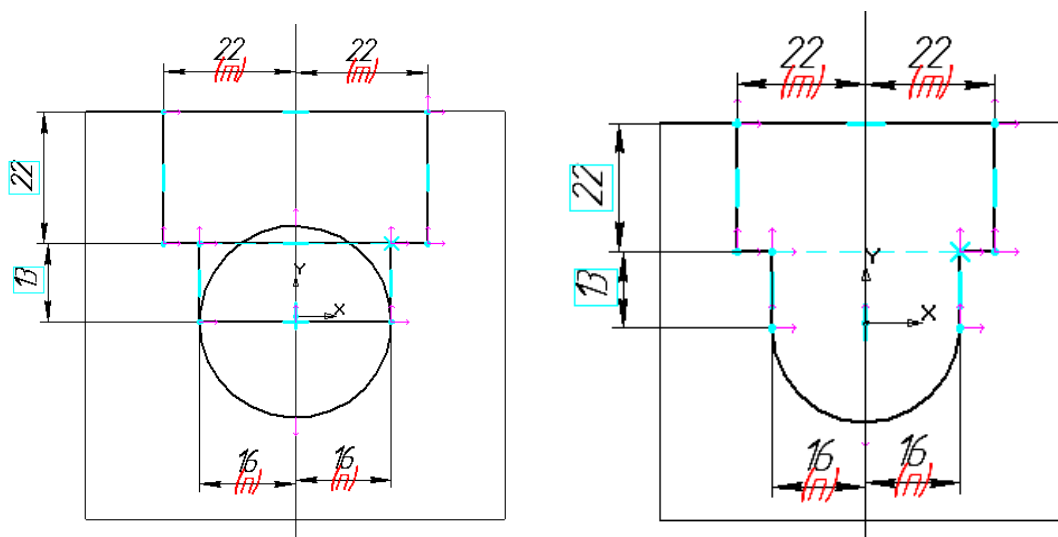




Рис. 96

Применим операцию **Приклеить выдавливанием**  в двух направлениях и в результате получим заготовку (рис. 97).

В качестве плоскости для **Эскиза 3** выберем верхнюю грань призмы. Выполним контур прямоугольного выреза стилем линии **Основная**. Тонкими линиями построим диагонали и на пересечении введем точку. Выберем на панели параметризации команду **Объединить точки**  и выполним ее, указав поочередно курсором на начало координат и центр прямоугольника (рис. 98).

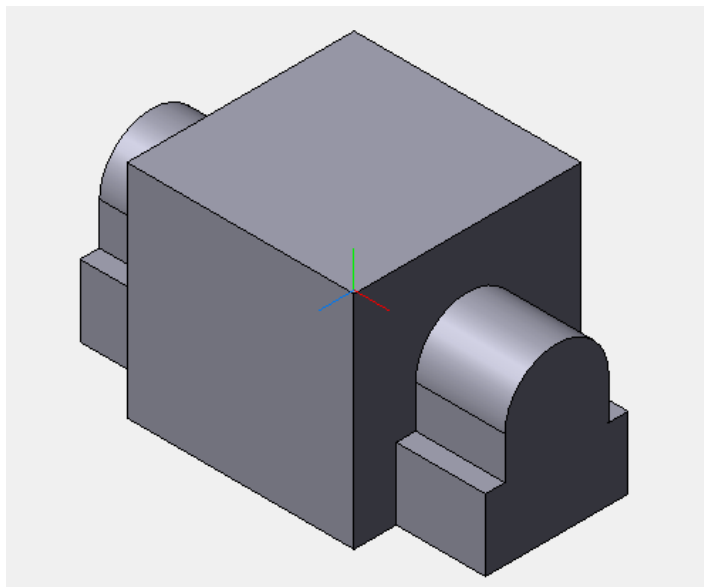



Рис. 97

В результате наш прямоугольник установится точно по центру выбранной грани. Зададим размеры и получим **Эскиз 3** (рис. 99). Согласно заданным размерам прямоугольник перестроится, но центр его будет совпадать с центром верхней грани. Если в дальнейшем нам понадобится увеличить или уменьшить призму, ось симметрии отверстия будет совпадать с осью симметрии нашей модели.

Применим команду **«Вырезать выдавливанием»** , в строке параметров выберем нужное направление (указано стрелкой – фантомом) и опцию **«Через все»**. Наша модель примет вид, показанный на рис. 100

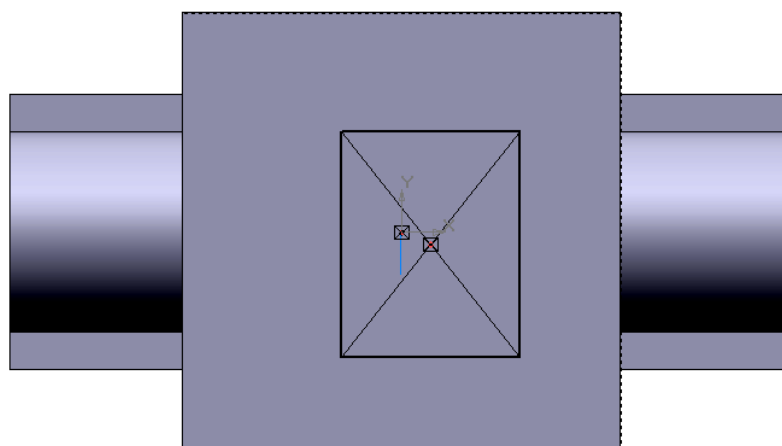


Рис. 98

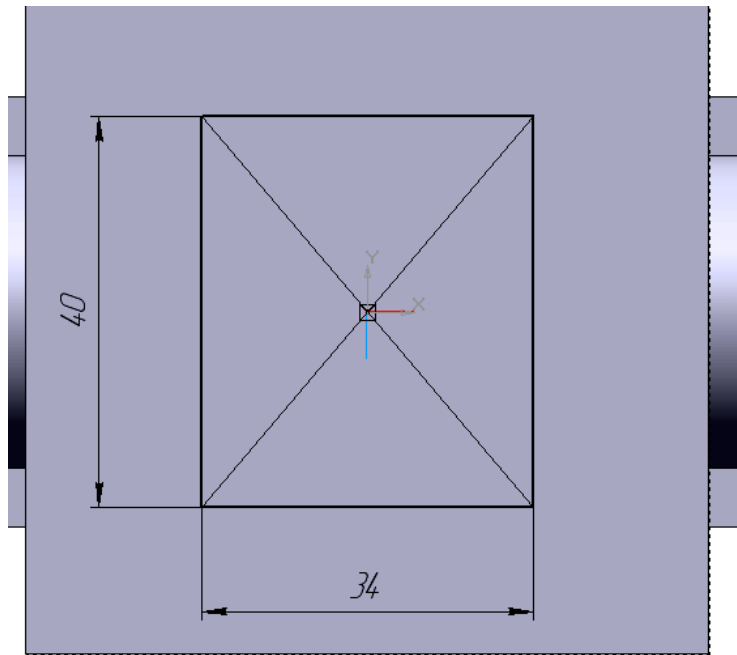


Рис.99

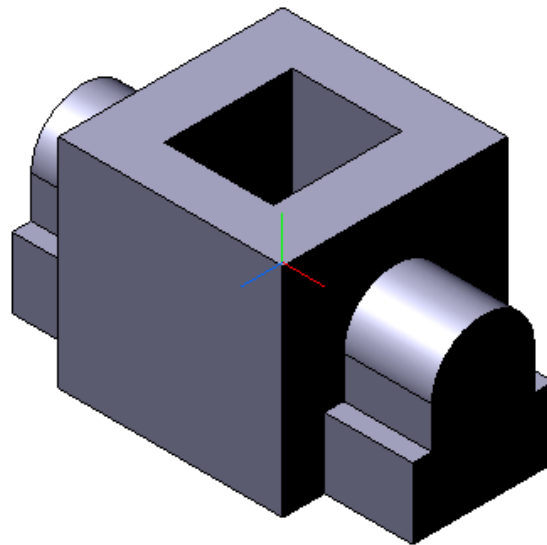


Рис. 100

**Эскиз 4** выполним в плоскости **XY**. Спроецируем верхнее ребро и перестроим его, применив редактирование стилем линии **Тонкая** (данный стиль линии не будет участвовать в формировании контура эскиза) и введем точку на середину этого ребра. Построим окружность, центр которой должен совпадать с введенной точкой. Теперь спроецируем нижнее ребро грани призмы и используя команду **Непрерывный ввод объектов**, построим ломаную линию. Ломаную

замкнем на спроецированное ребро. Зададим размер от начала координат до крайней точки, лежащей на спроецированном ребре, и присвоим ему значение переменной **n**. Затем произвольно зададим размер между двумя крайними точками и присвоим ему значение переменной **m**. Откроем диалоговое окно «Переменные» и в разделе **уравнения** запишем **m=2\*n**. Зададим значение переменной **m=34**, и значение переменной **n** перестроится в автоматическом режиме. Далее, применяя команду **Объединить точки**, жестко свяжем крайние точки с спроецированным ребром (рис.101).

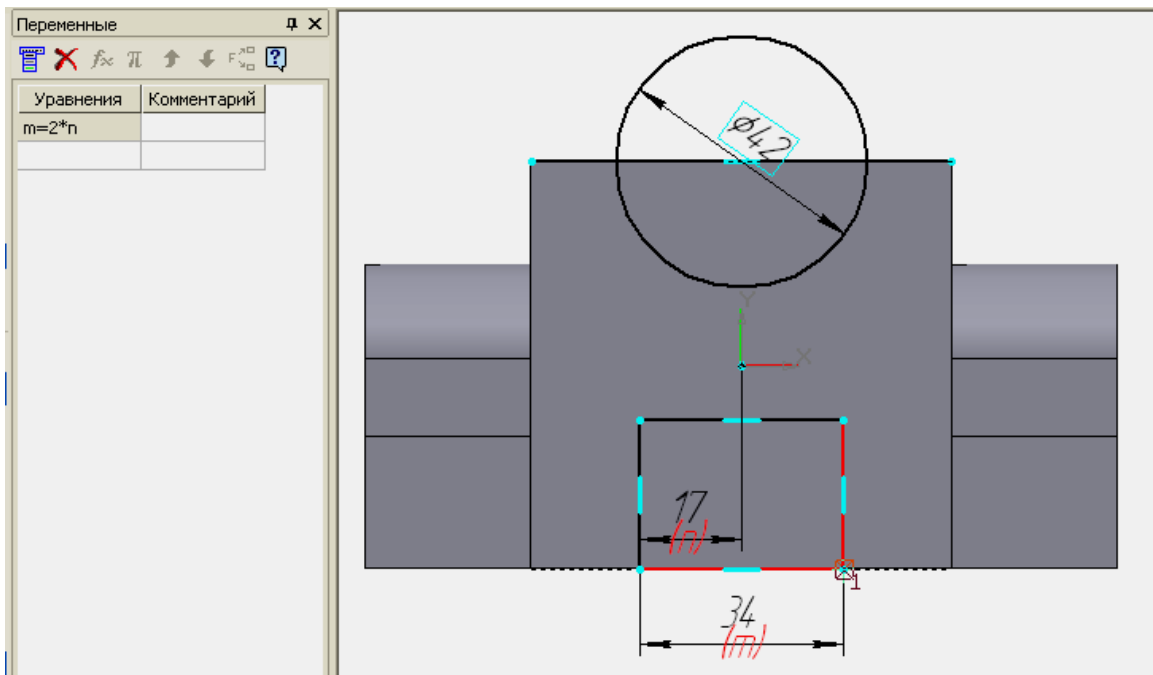


Рис. 101

Если в дальнейшем придется изменить длину грани или отверстия, то прорезь в модифицированной модели расположится симметрично относительно оси симметрии грани. В заключение введем размер прорези и обрежем спроецированное ребро.

**Выдадим** наш эскиз в двух направлениях «*Через все*». Наша модель примет вид, показанный на рис. 102.

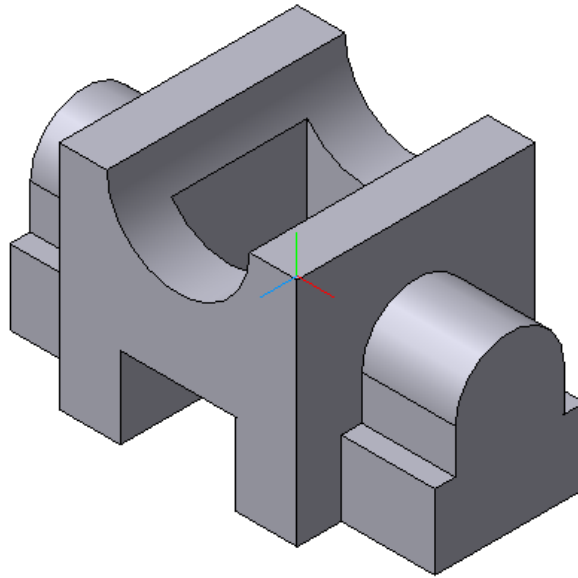


Рис. 102

Последние два выреза выполним с помощью аналогичной операции. Для Эскиза 5 выберем плоскость **ZY**. Эскиз 5 построим в виде двух замкнутых контуров. Первый контур выполним, применяя метод построения Эскиза 4, а второй контур - окружность, центр которой расположен на оси симметрии (рис.103).



В результате операции **«Вырезать выдавливанием»** (опции **«в двух направлениях»** и **«Через все»**), получим модель детали «Корпус» представленную на рис. 104

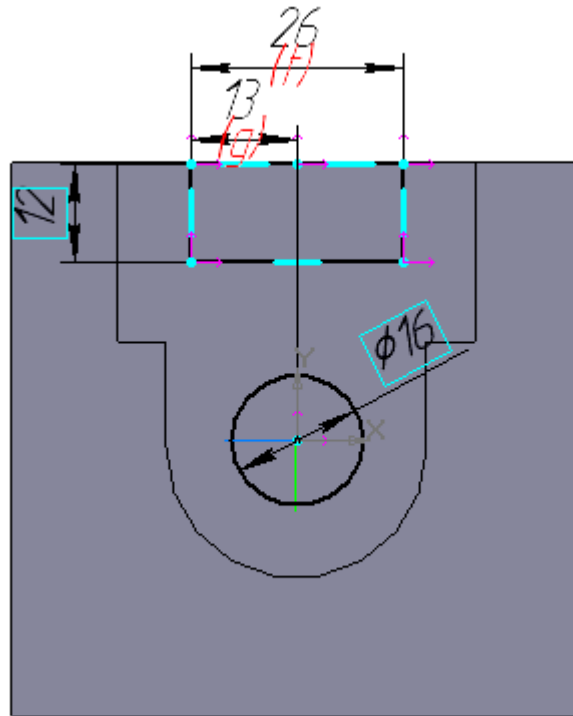


Рис. 103

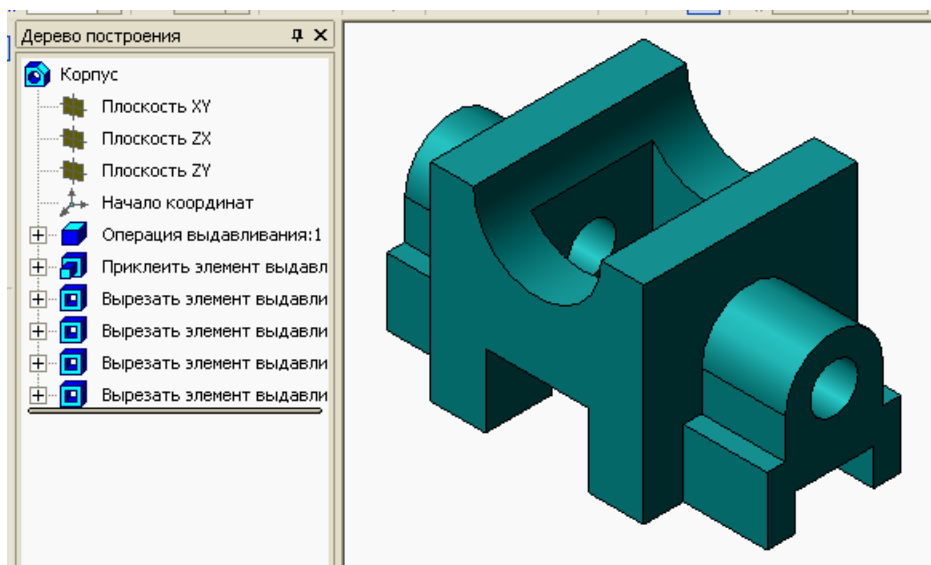


Рис. 104

Сохраним созданную модель и попробуем построить аналогичную, с другими размерами базового компонента. Для этого в дереве построения выделим курсором первую операцию, введем команду **Редактировать эскиз** (рис. 105) .



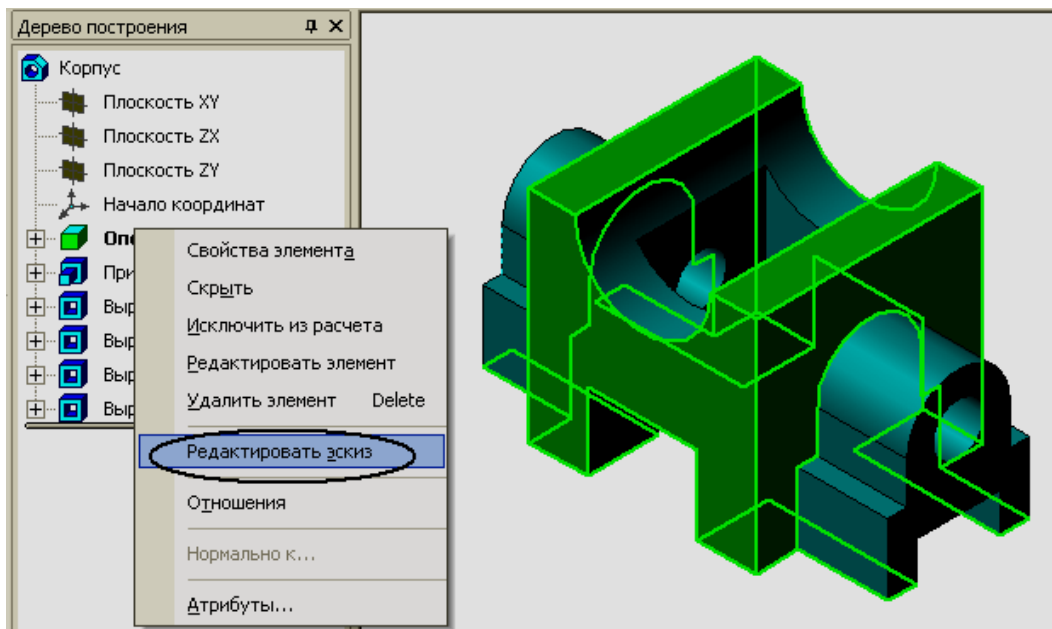


Рис. 105

В Эскизе 1 (рис. 93) изменим размер ребра с 70мм на 80мм, а в операции выдавливания в двух направлениях размер с 35мм на 50мм (рис. 106).

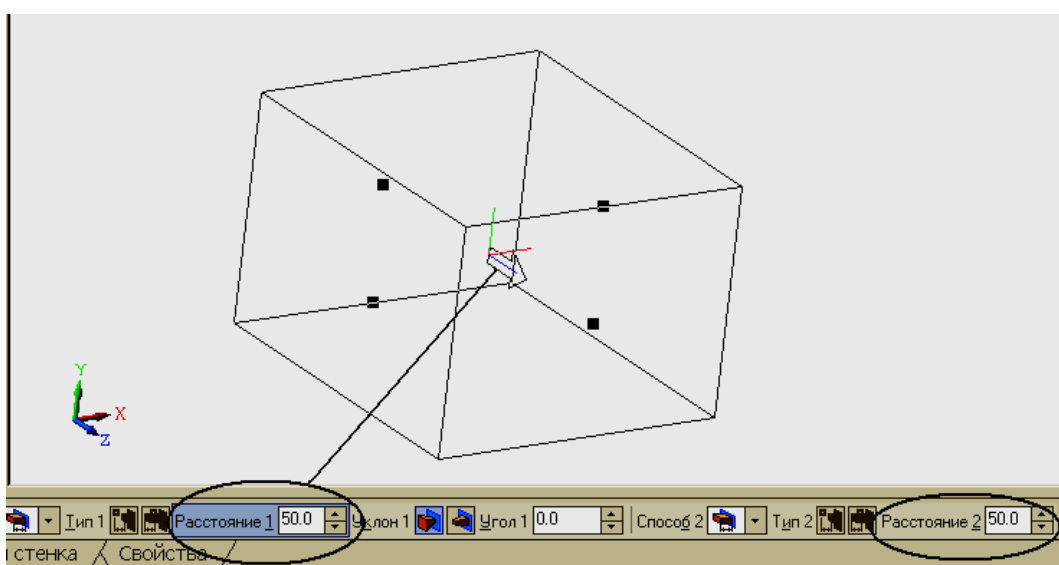


Рис. 106

В результате, без особых усилий получим модифицированную модель детали, представленную на рис. 107.

Система КОМПАС-ГРАФИК позволяет нам в автоматическом режиме получить любые стандартные и дополнительные виды модели.

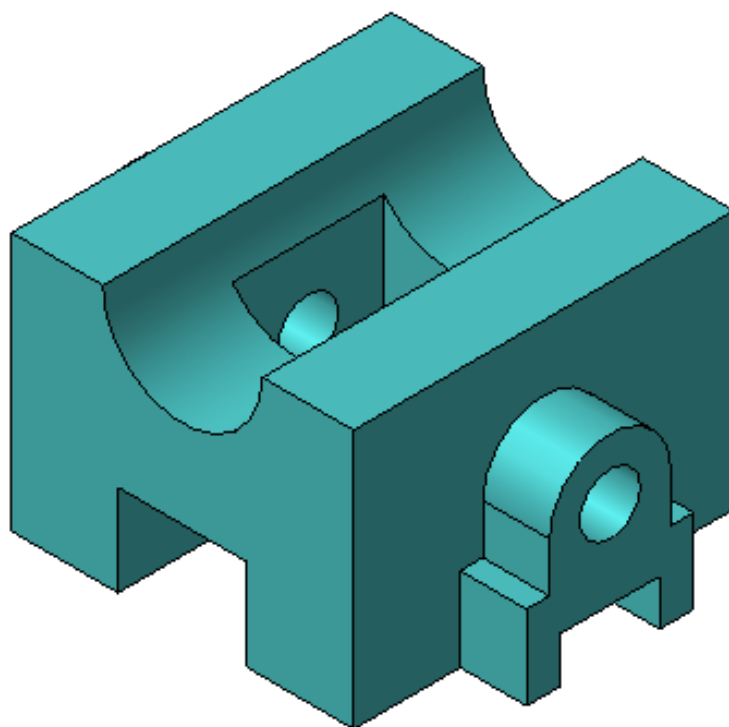





Рис. 107

Откроем рабочее окно *<Чертеж>* . На панели переключений выберем кнопку *<Ассоциативные виды>* , после чего откроется панель **Создание ассоциативных видов** (рис. 108).

**Ассоциативный вид** – это вид, неразрывно связанный с трехмерной моделью, по образу которой формируется данный чертеж. Любое изменение формы и размеров модели неизбежно повлечет к соответствующим изменениям в ассоциативных видах. На рабочей панели введем кнопку *<Стандартные виды>*

. При этом на экране появится диалоговое окно, с помощью которого можно открыть папку, где находится необходимый файл, соответствующий модели.

После чего на поле чертежа отобразится фантом в виде прямоугольников, условно обозначающих три основных вида. В строке **параметров объектов** можно установить ориентацию детали, и тем самым определить главный вид, масштаб, включить или выключить невидимые линии, линии переходов, а также назначить цвет изображения.

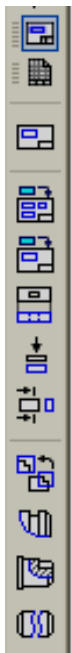


Рис. 10 8

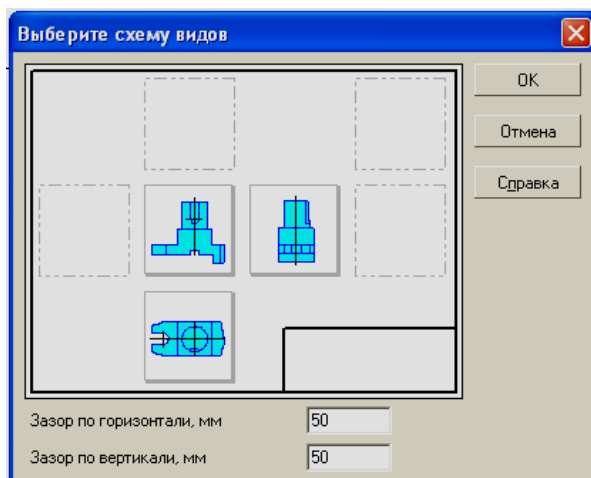



Рис. 109

Для того чтобы наиболее рационально расставить виды на поле чертежа, введем кнопку *<Схема видов>*  и откроем диалоговое окно (рис. 109), в котором можно установить набор стандартных видов, необходимых для полного представления о форме данной детали.

По умолчанию в диалоговом окне установлены три вида: главный вид, вид сверху, вид слева. Остальные основные виды представлены условными прямоугольниками. Если понадобится показать еще какой-нибудь вид, то необходимо указать его мышью. Аналогично можно удалить любой вид, кроме главного. Отменить построение главного вида невозможно.

В нижней части диалогового окна необходимо указать **Зазор по горизонтали** и **Зазор по вертикали**, то есть ввести числовое значение расстояния между видами в горизонтальном и вертикальном направлении.

Выбрав основные виды и установив их настройку, нужно указать положение точки привязки изображения – начала системы координат главного вида. После того, как на поле чертежа появятся выбранные виды, в основной надписи в автоматическом режиме будут установлены все необходимые сведения об изделии (рис.110). Они передадутся из файла модели.

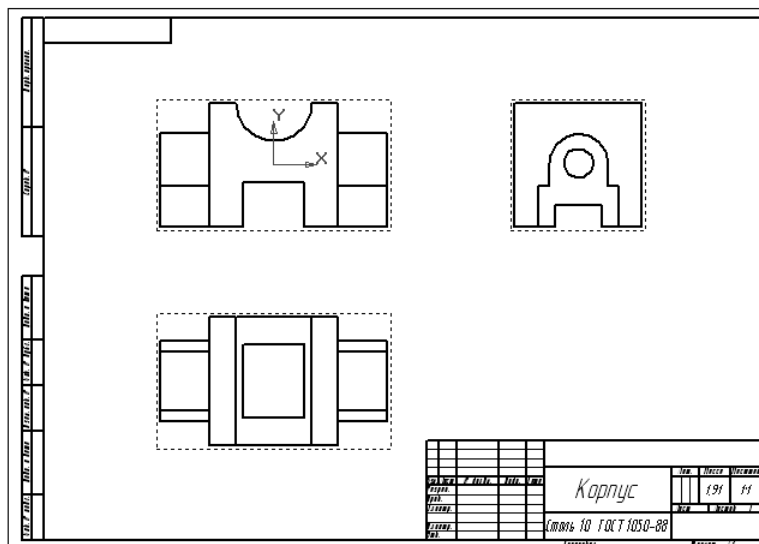


Рис. 110

При построении ассоциативных видов необходимо помнить, что понятие «вид» в КОМПАС – ГРАФИК и машиностроительном черчении несколько различно. В черчении видом называется изображение видимой части изделия, обращенной к наблюдателю, и между отдельными видами должна быть установлена проекционная связь. Напротив, в КОМПАС – ГРАФИК под видом понимается любое логически завершенное изображение, и отдельные виды могут быть не связанными между собой.

Вид при формировании чертежа на компьютере – это средство, управляющее структурой изображения. Любой вид обладает рядом параметров: номер; масштаб; угол поворота в градусах; имя (необязательный параметр): точка привязки

В левой стороне в строке **текущего состояния** находится кнопка *<Состояние видов>*, справа находится кнопка *<Список видов>* и поле **Текущий вид**, где указывается номер текущего вида (рис. 111).

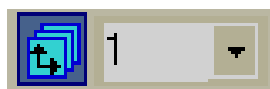


Рис. 111

Для получения информации о видах документа введем кнопку *<Состояние видов>*, при этом откроется диалоговое окно (рис. 112).

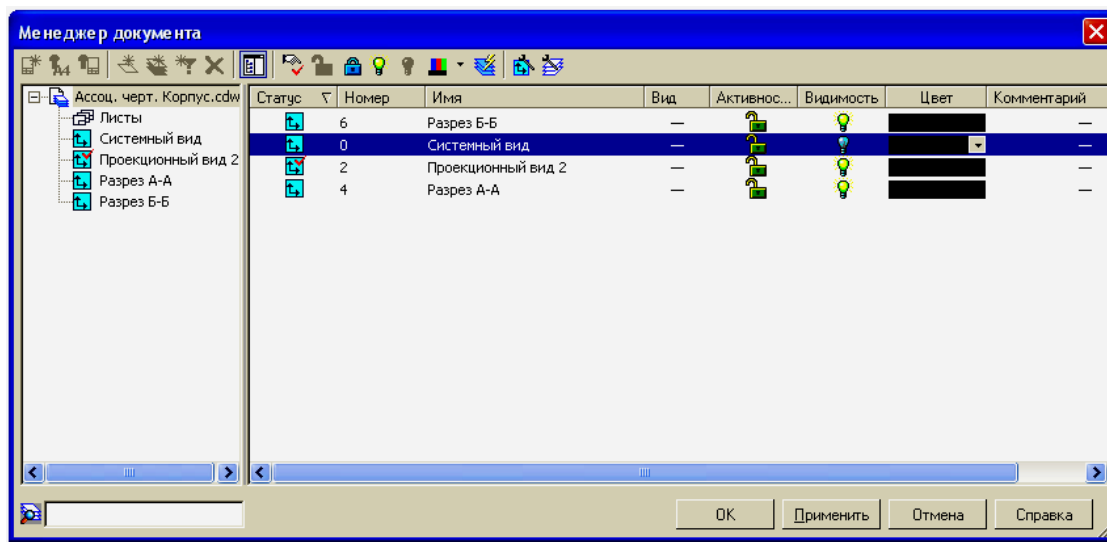


Рис. 112

В этом окне приводятся все сведения о видах, которые будут представлены на чертеже. Кроме этого, система автоматически формирует специальный **Системный вид** с нулевым номером. В этом виде выполняется внутренняя рамка и основная надпись. Любой из параметров вида может меняться пользователем в процессе работы. Исключение составляет **Системный вид**. Его параметры неизменны.

Начало абсолютной системы координат чертежа всегда находится в левом нижнем углу.

При расстановке изображений система определяет положение начала координат каждого вида на основе данных о системе координат трехмерной модели. Если вид на чертеже создается вручную, то пользователь сам устанавливает его начало координат. Поэтому, **точка привязки** вида – это его начало координат по отношению к системе координат листа.

При создании чертежа можно манипулировать отдельными видами (удалять, перемещать, поворачивать). Если необходимо удалить вид, следует ввести кнопку **<Delete>**. Если необходимо повернуть или переместить вид, то можно воспользоваться одноименными командами в группе команд **Редактор**.

Важным этапом оформления чертежа является изображение **разрезов**. Построение разреза следует выполнять в следующей последовательности.

1. Вид, на котором будем изображать линию сечения, необходимо перевести в состояние **Текущий**. В нашем случае это – **Проекционный вид 2** (вид сверху).

2. В диалоговом окне «**Установка глобальных привязок**» включить привязку **Выравнивание**.

3. На панели **Обозначения** необходимо выбрать кнопку <*Линия разреза*>



4. С помощью привязки **Выравнивание** следует указать точки, определяющие линию разреза (рис. 113).

5. При создании линии сечения нужно проверить направление взгляда, которое указывается специальными стрелками. Если оно выбрано неправильно, то его можно поменять на противоположное с помощью



специальной кнопки в строке **Параметров объектов** и ввести кнопку <*Создать объект*>.

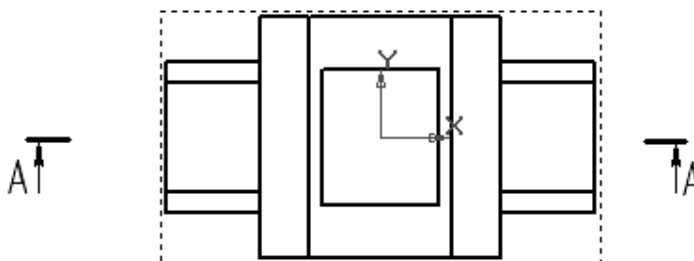
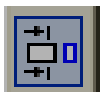


Рис. 113

6. На панели **Создание ассоциативных видов** введем кнопку



<*Разрез/Сечение*>, после чего курсором необходимо указать линию сечения. Если все предыдущие операции были выполнены правильно, то линия сечения обозначится красным цветом. На экране появится фантом в виде габаритного прямоугольника.

7. Далее в строке **Параметров объектов** следует ввести закладку <*Штриховка*> и задать все параметры штриховки.

8. Мышью следует указать направление расположения разреза. Он установится в проекционной связи с видом **Сверху** на месте вида **Спереди**. Новый вид будет текущим и автоматически получит имя **Разрез А – А**.

Полученный в автоматическом режиме чертеж необходимо оформить. Оформление предусматривает: построение осей, простановку размеров, введение технологических обозначений, введение технических требований, заполнение основной надписи.

На рис. 114 показан завершённый вариант ассоциативного чертежа корпуса.

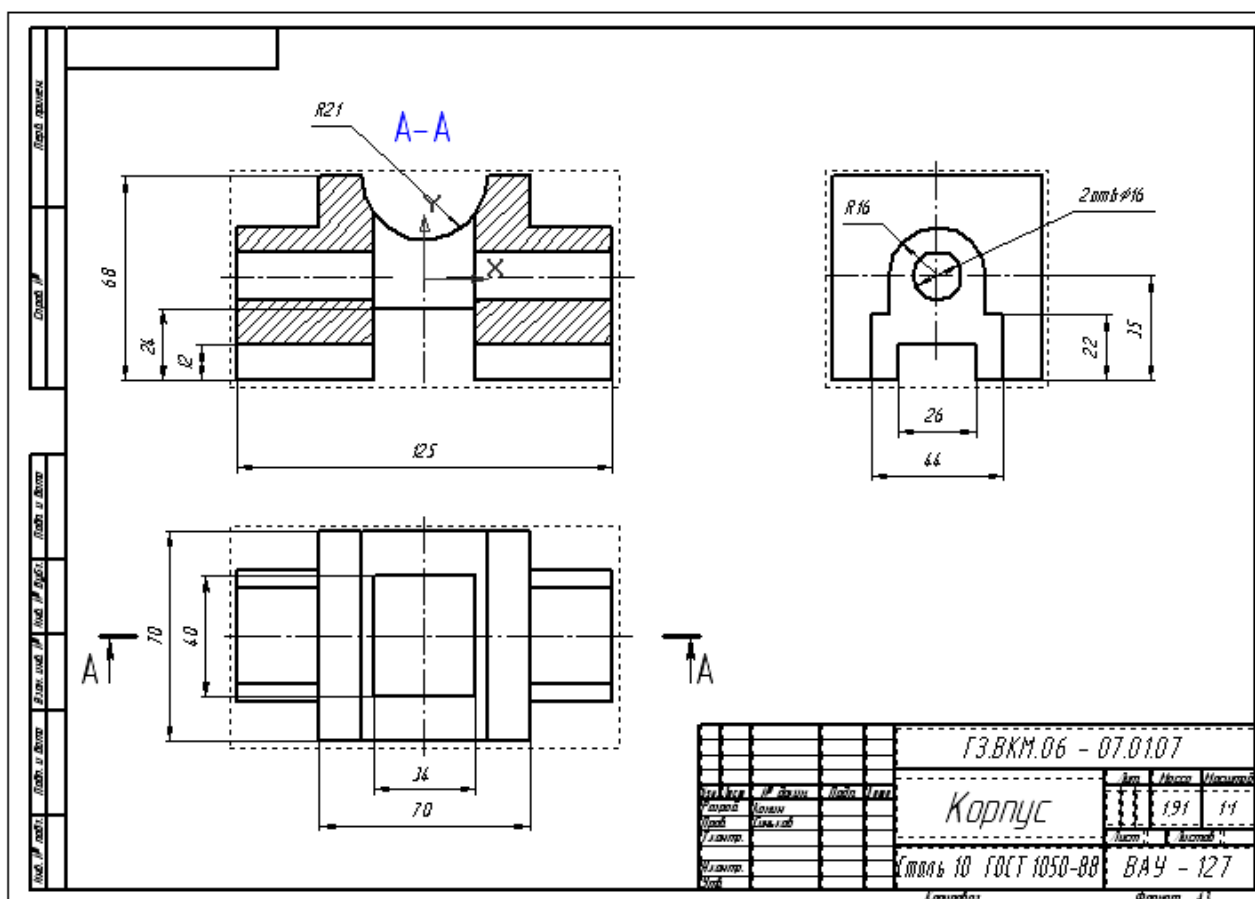


Рис. 114

#### 4. Методика выполнения работы

1. Взять одно из заданий, представленных на рис. 117 – 120(варианты 1-5). Данные параметров выбрать по указанному преподавателем варианту в табл. 10 – 13.

2. Мысленно разложить сложную конструкцию на простые формы.
3. Определить последовательность формирования модели.
4. Выбрать базовую деталь (элемент) и продумать способ (операцию) ее создания.
5. Определить плоскость для первого эскиза с учетом проецирования главного вида на плоскость **XУ**.
6. При формировании эскизов и выполнении операций необходимо продумать наложение связей и ограничений таким образом, чтобы можно было изменить некоторые ее параметры (указаны в скобках), не нарушая целостности и формы конструкции.
7. Сформировать модель детали.
8. Задать цвет, материал и название детали.
9. В дереве построения внести изменения согласно указанию в скобках табл. 10 – 13.
10. Получить ассоциативные виды данной детали.
11. Выполнить простой разрез на главном виде и проставить размеры.



### Задание 1

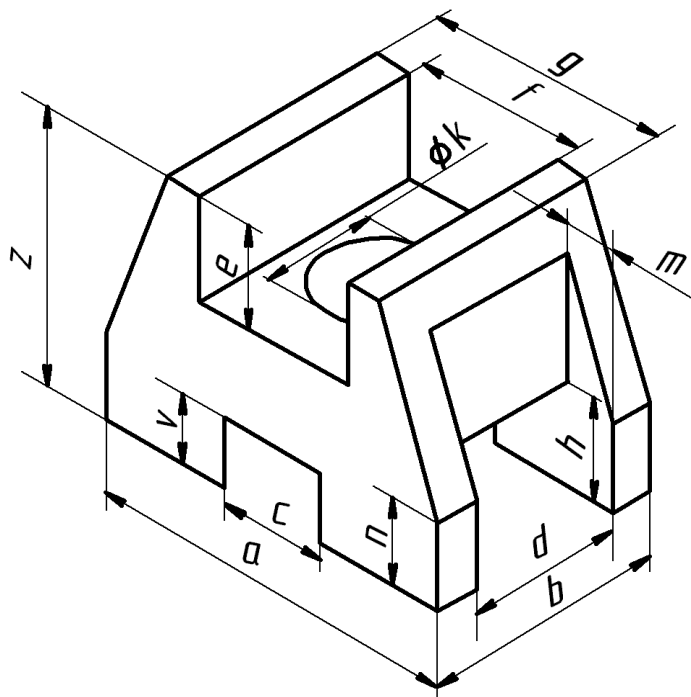


Рис. 117. Опора

Таблица. 10

	a	b	c	d	e	f	g	h	k	m	n	z	v
1	110(130)	70(90)	40	45	30	50	70	30	35	15	25	80	20
2	100(120)	70	30	30	40	40	60	20	20	15(10)	30	90	25
3	130	80(100)	60	60	50	70	90(80)	35	45	10	40	100	35
4	100	90(110)	48	50	40(20)	50	70	30	30	10	30	90	25
5	120	70	40	40	30(40)	40	60	25	30	15(20)	20	80	15

### Задание 2

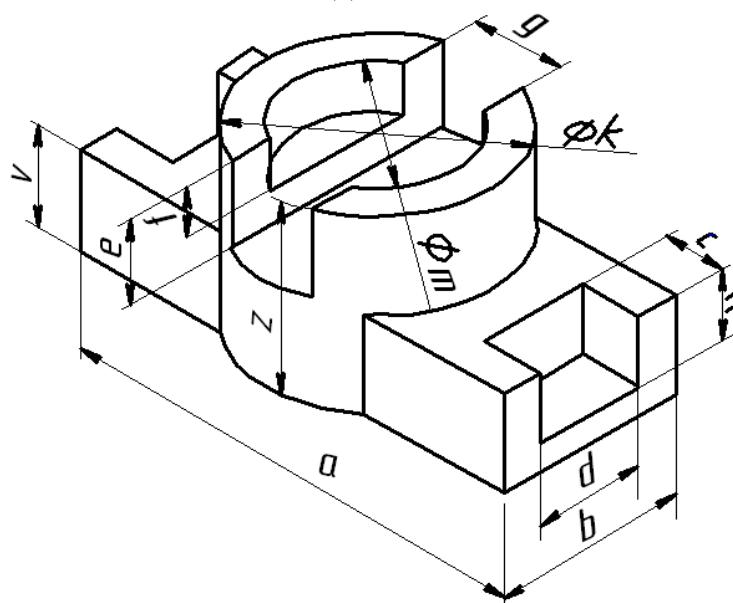


Рис. 118. Подпятник

Таблица. 11

	a	b	c	d	e	f	g	k	m	n	z	v
1	135(150)	56	18	32	24	14	26	72	50	20	55(70)	28
2	140	70(60)	15	40	35	20	32	80(74)	60	24	80	32
3	130	50(40)	12	30	28	20	30	60(70)	50	15	60	24
4	120 (142)	54	20	36	30(20)	15	28	70(76)	50	20	65	30
5	144	64	22	40	34(24)	20	40	82	60	18	74(64)	25

## Задание 3

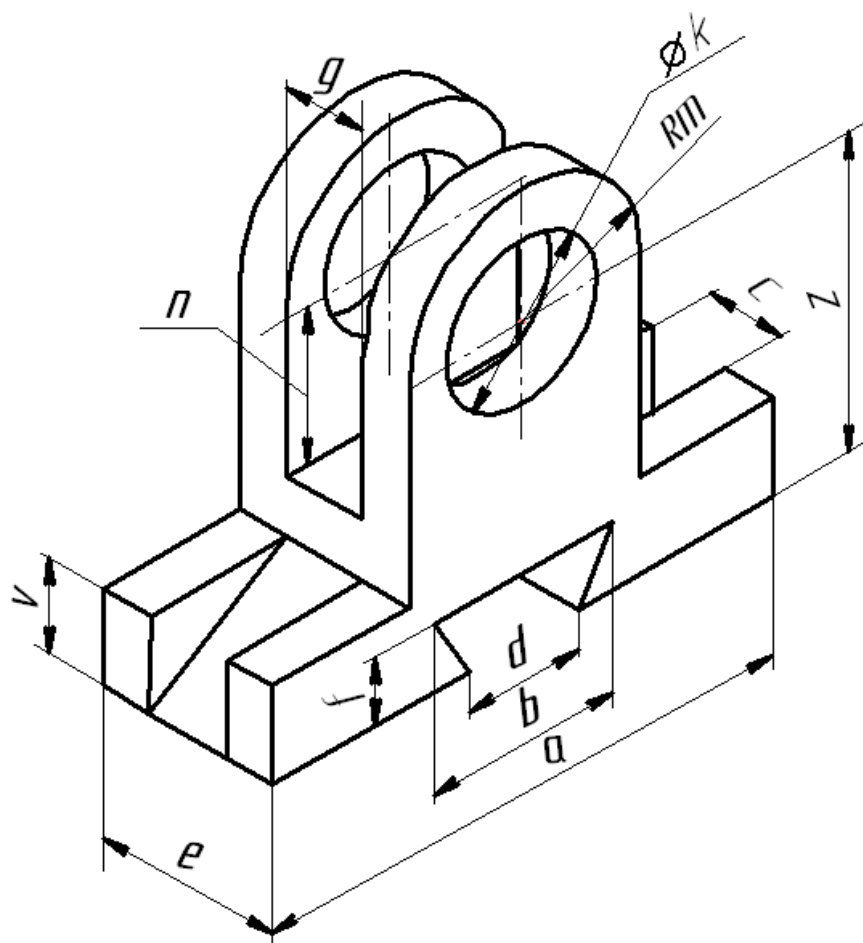


Рис. 119. Стойка

Таблица. 12

	a	b	c	d	e	f	g	k	m	n	z	v
1	130	46	24	28	44(54)	15	20	38	30(35)	36	72	22
2	142(152)	50	28	32	52(60)	20	26	42	36	40	80	32
3	124	40	22	22	40(50)	16	20	34	28(40)	30	64	24
4	150(136)	60	34	34	60(52)	22	34	52	42	42	80	34
5	144	54	22	32	64(54)	18	40	40	32	34	74	30(24)

## Задание 4

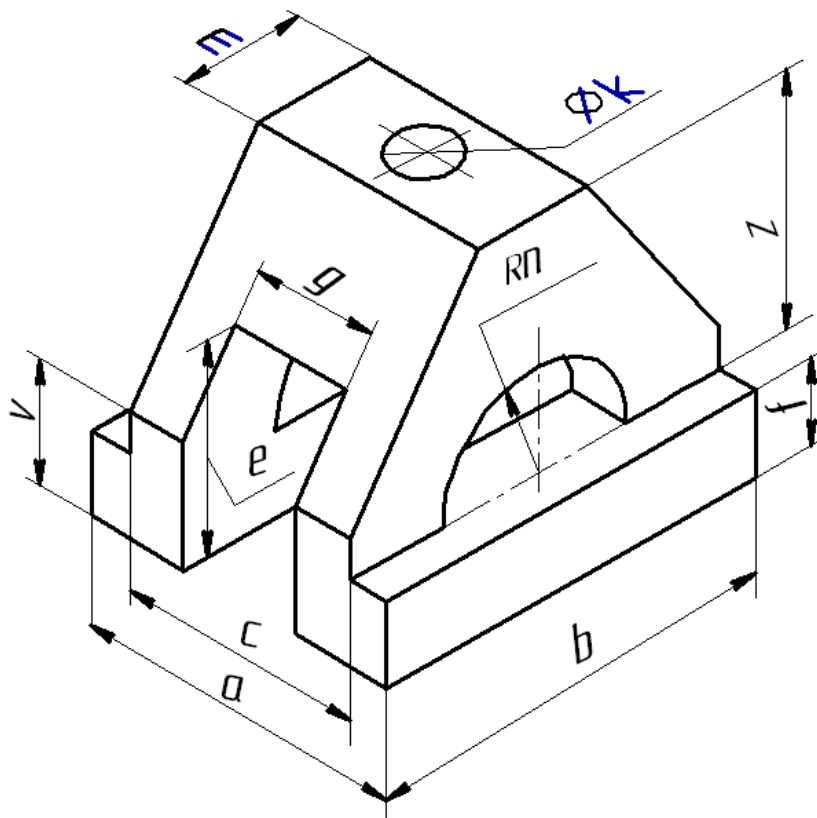


Рис. 120. Ползун

Табл. 13

	a	b	c	e	f	g	k	m	n	z	v
1	80(100)	100	60	50	20	30	16	30	25	60 (70)	30
2	90	110	70	60	20	34	20	40(50)	30	68	32
3	110	120(108)	80	62(55)	25	40	30	50	32	72	35
4	112(120)	104	82	60(65)	30	44	28	50	35	74	38
5	102	108	64	44(40)	28	40	22	34	36	74(64)	36

### 5. Содержание и оформление отчета

1. Отчет выполняется на отдельных листах формата А4. На титульном листе указывается название и номер лабораторной работы, фамилия студента, номер группы и дата выполнения.
2. Отчет должен содержать: цель работы, краткое описание теоретической части, последовательность выполнения работы.

3. В отчете необходимо указать, какие связи и ограничения были использованы для того, чтобы данную модель можно было в дальнейшем модернизировать, не нарушая формы конструкции

#### 6. Перечень контрольных вопросов

1. Что такое *параметризация* и как она используется в конструкторских разработках?
2. Чем отличается параметрическая конструкция от обычной?
3. Что такое связь и ограничения?
4. Что такое ассоциативность?
5. Какие объекты могут быть ассоциативными?
6. Что такое параметрический режим?
7. Какие команды находятся на панели параметризации?
8. Какова последовательность построения параметрической модели?
9. Что собой представляют ассоциативные виды?
10. Как можно получить ассоциативные виды?
11. Чем отличается вид в КОМПАС-3D от понятия «вид» в инженерной графике?
12. Как можно получить разрез в автоматическом режиме?
13. Какие параметры в ассоциативном чертеже задаются в ручном режиме?

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Наталия Алексеевна Сторчак  
Алексей Владимирович Синьков  
Василий Евгеньевич Костин

ЛАБАРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО МАШИННОЙ ГРАФИКЕ  
Учебное пособие

Редактор: Е.М. Марносова  
Лицензия ИД № 04790 от 18.05.2001

План заказных изданий 2007 г., поз. N2

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ.л. \_\_9\_\_

Уч.- изд.л. 9,4 Тираж 300 экз. Заказ \_\_\_\_\_ . Бесплатно

Волгоградский государственный технический университет.

400131 Волгоград, просп.им. В. И. Ленина, 28.

РПК «Политехник» Волгоградского государственного технического  
университета.

400131 Волгоград, ул. Советская, 35.