

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Прикладная программа AUTOCAD**

**Направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия**

**Профиль подготовки «Технические системы в агробизнесе**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лабораторная работа №1 ЛР-1 Пользовательский интерфейс графической среды AUTOCAD.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лабораторная работа №2 ЛР-2Работа с примитивами. Построение чертежей По- строение примитивов с помощью элементарных команд в графической среде AUTOCAD. Методы построения углов .....</b>	<b>7</b>
<b>1.3 Лабораторная работа №3 ЛР-3 Основные средства выполнения изображения в про- странстве AUTOCAD.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4Лабораторная работа №4 ЛР-4 Построение сектора. Организация работы в AUTO- CAD.....</b>	<b>24</b>
<b>1.5Лабораторная работа №5 ЛР-5 Полилинии. Многообразие полилиний.....</b>	<b>57</b>
<b>1.6Лабораторная работа №6 ЛР-6 Построение сопряжений в графической среде AUTO- CAD.....</b>	<b>82</b>
<b>1.7Лабораторная работа №8 ЛР-8 Многообразие примитивов графической среды AUTOCAD их применение в чертежах.....</b>	<b>100</b>
<b>1.8Лабораторная работа №8 ЛР-8 Объекты - ссылки. Создание и вставка блоков. Файлы – шаблоны.....</b>	<b>115</b>
<b>1.9Лабораторная работа №9 ЛР-9 Интерфейс. Типы объектов. Навигация в 3D.....</b>	<b>121</b>
<b>1.10Лабораторная работа №10 ЛР-10 Работа с визуальными стилями.....</b>	<b>127</b>
<b>1.11 Лабораторная работа №11 ЛР-11 Преобразование плоских объектов в 3D.....</b>	<b>129</b>
<b>1.12Лабораторная работа №12 ЛР-12 Команды создания 3D объектов.....</b>	<b>136</b>
<b>1.13Лабораторная работа №13 ЛР-13 Команды булевых операций. Пользовательская система координат .....</b>	<b>144</b>
<b>1.14Лабораторная работа №14ЛР-14 Команды редактирования 3D объектов. Команды редактирования тела.....</b>	<b>155</b>
<b>1.15Лабораторная работа №15 ЛР-15 Прикладные библиотеки AUTOCAD .....</b>	<b>162</b>
<b>1.16Лабораторная работа №16 ЛР-16 Построение трехмерной модели одноступенчатого цилиндрического редуктора.....</b>	<b>163</b>

# **1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

## **1.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).**

**Тема:** «Пользовательский интерфейс графической среды AUTOCAD»

**1.1.1 Цель работы:** Ознакомиться с пользовательским интерфейсом графической среды AUTOCAD

### **1.1.2 Задачи работы:**

1. Изучить пользовательский интерфейс графической среды AUTOCAD

### **1.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер (ПК)

### **1.1.4 Описание (ход) работы:**

AutoCAD 2002 – новейшая версия наиболее популярной системы автоматизированного проектирования, которая предлагает самые совершенные средства двухмерного проектирования и оформления чертежей, а также удобные инструменты твердотельного моделирования. Новейшие технологии, заложенные в этой системе, обеспечивают эффективную коллективную работу над проектом с учетом стандартов предприятия и различных методов проектирования.

Формат данных AutoCAD (DWG, DXF, DWF) стал общепризнанным мировым стандартом обмена графической информацией и ее хранения.

AutoCAD 2002 – графическая среда, позволяющая строить двухмерные и трехмерные графические объекты, разрабатывать технические проекты, сборочные чертежи в соответствии со стандартом ЕСКД (Единая система конструкторской документации).

ЕСКД – комплекс государственных стандартов, устанавливающих единые, взаимосвязанные правила и положения по составлению и оформлению конструкторской документации. Запуск AutoCAD осуществляется двумя способами:

1. Пуск > Программы > AutoCAD 2002
2. Двойной щелчок по пиктограмме AutoCAD на рабочем столе.

Завершение работы в AutoCAD осуществляется 2 способами:

1. Выбрать команду из меню File (Файл) > Exit (Выход)
2. Щелчок по кнопке управления окном в верхнем правом углу

Если рисунок не сохранен, то при завершении работы появится предложение сохранить изменения. Если все изменения сохранены, при выходе не появится никаких дополнительных сообщений.

### **1. Элементы Рабочего стола AutoCAD**

Рабочий стол графического пакета AutoCAD состоит из следующих элементов (рис.1.):

- самая верхняя строка - меню;
- вторая строка - стандартная панель инструментов;
- третья строка - панель свойств объектов;
- нижняя строка - строка состояния;
- перед строкой состояния - командное окно;
- остальная часть Рабочего стола - графическое поле.

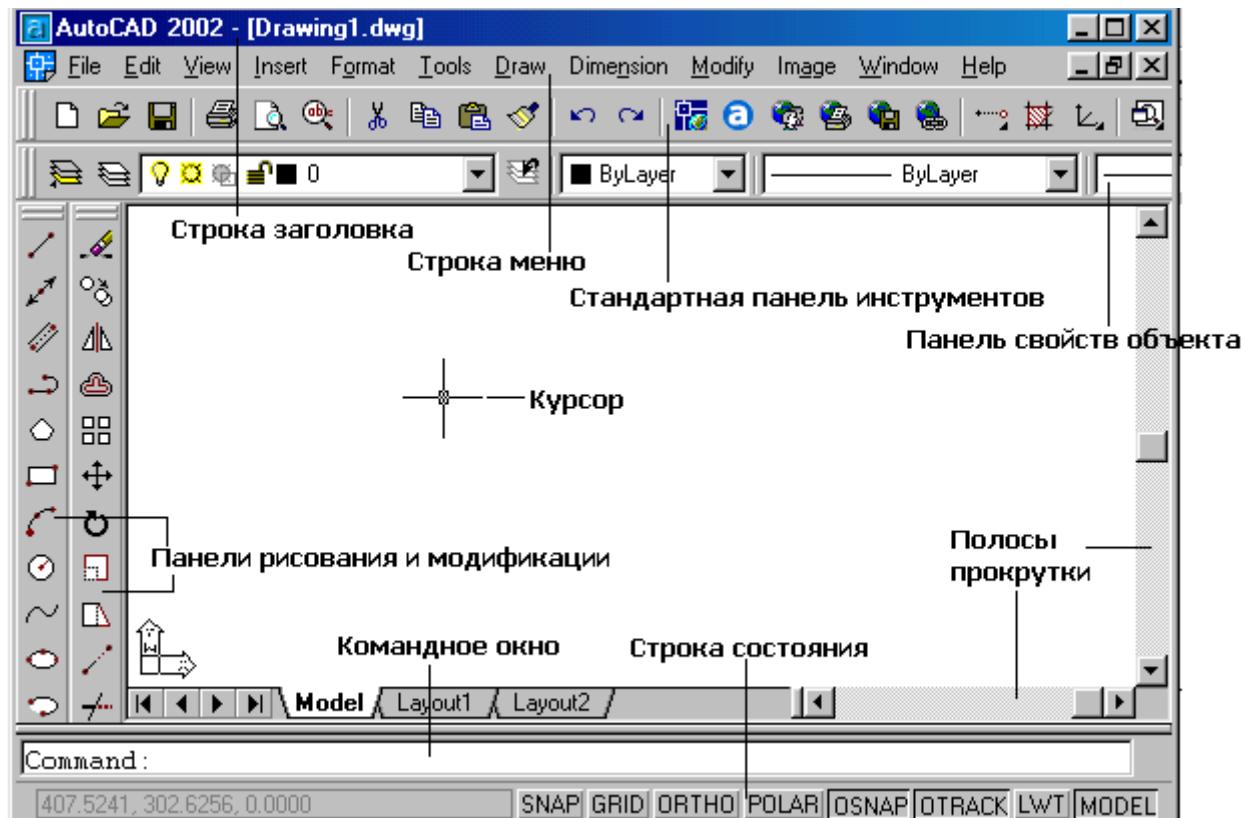


Рис 1. Интерфейс AutoCAD

Строка меню по умолчанию содержит следующие пункты:

- File (Файл) – команды работы с файлами: открыть, сохранить, печать, предварительный просмотр, экспорт файлов в другой формат и др. ;
- Edit (Редактирование, Правка) – команды редактирования: копировать, вставить и др. ;
- View (Просмотр) – команды управления экраном, панорамирования, установки точки зрения, удаления невидимых линий, закраски, тонирования, установки необходимых панелей инструментов и др. ;
- Insert (Вставка) – команды вставки блоков, внешних объектов, объектов других приложений и др. ;
- Format (Формат) – команды работы со слоями, цветом, типами линий, управление стилем текста, размеров, стилем мультилиний, установка единиц измерения и др.;
- Tools (Инструменты, Сервис) – команды управления системой, экраном пользователя, установки параметров черчения и привязок, установки пользовательской системы координат и др. ;
- Draw (Рисование) – команды рисования;
- Dimension (Размерность) – команды простановки размеров, установка параметров размеров;
- Modify (Модификация) – команды редактирования элементов чертежа;
- Window (Окно) – команды обеспечения многооконного режима работы с чертежом;
- Help (Помощь) – подсказка, помощь.

## 2. Панель свойств объектов

Панель свойств объектов (рис.2.) облегчает работу со слоями и типами линий.



Рис 2. Панель свойств объекта

В нее входят следующие инструменты:

- - Make Object's Layer Current (Сделать слой объекта текущим) – установка текущего слоя в соответствии со слоем выбранного примитива;
- - Layers (Слои) – вызов диалогового окна установки параметров слоев Диспетчер свойств слоев (Layer Properties Manager);
- - Layer (Слой) – раскрывающийся список управления слоями. Каждая строка содержит пиктограммы управления свойствами слоя или отображения его свойств, а также его имя.
- - Color Control (Цвета) – раскрывающийся список установки текущего цвета, а также изменения цвета выбранных объектов;
- - Linetype Control (Тип линии) - раскрывающийся список установки текущего типа линии, а также изменения типа линии для выбранных объектов;
- - Lineweight (Вес линии) - раскрывающийся список установки текущего веса линии, а также изменения веса линии для выбранных объектов.

### 3. Стока состояния

Строка состояния (рис.3.) – самая нижняя строка - содержит текущие координаты курсора и кнопки включения / выключения режимов черчения (в скобках указаны функциональные или горячие клавиши, позволяющие управлять режимом):

- Snap (шаг) – Snap Mode (Шаговая привязка) – включение/выключение шаговой привязки курсора. (F9 или Ctrl+B). Шаговая привязка – этот режим определяет дискретное перемещение курсора по экрану, по узлам некоторой невидимой сетки. Шаговый режим предназначен для повышения точности построений.
- Grid (сетка) – Grid Display (Отображение сетки) – включение/выключение сетки. (F7 или Ctrl+G). Режим Сетка создает на экране видимую сетку для удобства работы. Сетка – это упорядоченная последовательность точек, покрывающая область рисунка.
- Ortho (Орто) – Ortho Mode (Режим «Орто») - включение/выключение ортогонального режима. (F8 или Ctrl+L). Орто – режим, обеспечивающий ортогональные построения. Если режим включен, то строятся строго горизонтальные или вертикальные линии, если отключен, то – линии под произвольным углом.
- Polar (Отс-поляр) – Polar Tracking (Полярное отслеживание) - включение / выключение режима полярного отслеживания. (F10). Кнопка Polar (Отс-поляр) является расширением режима ОРТО (ORTHO) на углы с некоторым настраиваемым шагом (в зависимости от того, что ближе к данным пользователя). Кнопка включает или выключает режим полярного отслеживания.
- Osnap (Привязка) – Object Snap (Объектная привязка) - включение / выключение режимов объектной привязки. (F3 или Ctrl+F). При указании точки на объекте, система AutoCAD вычисляет соответствующую

функцию объектной привязки к этому объекту (т. е. конечную или среднюю точку и т. п.).

- Otrack (Отс-прив) – Object Snap Tracking (Отслеживание при объектной привязке) – включение / выключение режима отслеживания при объектной привязке. (F11). При включении режима отслеживания при объектной привязке AutoCAD позволяет использовать полярное отслеживание от промежуточной точки, указываемой с применением объектной привязки.

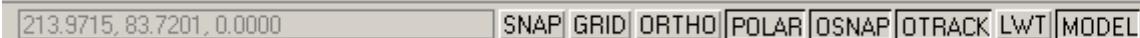


Рис. 3. Страна состояния

Кроме того, строка состояния содержит:

- Model / Paper (Модель / Лист) - Model or Paper space (Пространство модели или листа) – переключение из пространства модели в пространство листа.
- LWT (Вес) – Show / Hide Lineweight (Отображение линий в соответствии с весами (толщинами)).

Кнопка LWT (Вес) включает или выключает режим отображения весов элементов чертежа.

Вес линии — это ширина линии.

#### 4. Командное окно

Командное окно расположено над строкой состояния и служит для ввода команд и вывода подсказок и сообщений AutoCAD (рис. 5.). Размеры окна можно изменять с помощью разделятельной полосы между командным окном и графическим полем. Для перемещения по экрану используется полоса прокрутки или клавиши , ?, ®, ←, PgUp, PgDn. Содержимое окна предназначено только для чтения и не может быть изменено

#### 5. Способы ввода команд

1 способ. Команда выбирается из соответствующего выпадающего меню

Например: для выполнения команды зумирования следует открыть меню View (Вид, Просмотр), выбрать команду Zoom (Зумирование, Приближение) > Realtime (В реальном времени) (рис 4.), после чего начнется выполнение команды. Можно выбрать другой режим выполнения команды (предыдущий, окно, динамический, масштабирование, по центру, внутрь, наружу, все, степени).

2 способ. Набор команды в командном окне.

Например: для выполнения той же команды зумирования в диалоговом окне следует набрать имя команды (zoom или Zoom или \_zoom или \_Zoom). В квадратных скобках указан список параметров, которые можно использовать при использовании команды, в круглых - параметр по умолчанию.

Для выбора параметра из квадратных скобок следует набрать сокращенное название параметра, который выделен прописной буквой в названии (Например: Center – C, Scale – S) для продолжения выполнения команды нажать клавишу Enter, для выбора параметра по умолчанию - следует нажать клавишу Enter.

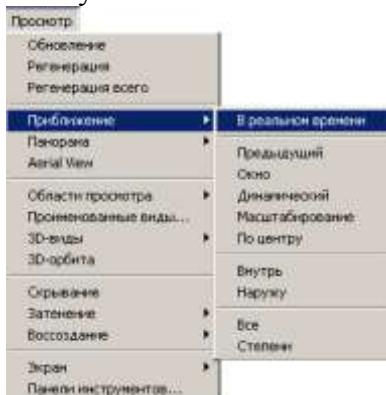


Рис 4. Меню команды View (Просмотр)

## **1.2 Лабораторная работа №2 (1час).**

**Тема:** «Работа с примитивами. Построение чертежей.».

**1.2.1 Цель работы:** Работа с примитивами построение чертежей. Построение примитивов с помощью элементарных команд в графической среде AUTOCAD. Методы построения углов.

### **1.1.2 Задачи работы:**

1. Изучить примитивы
2. Изучить методы построения углов

### **1.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер (ПК)

### **1.2.4 Описание (ход) работы:**

Чертеж в AutoCAD представляет собой не просто изображение, состоящее из отдельных точек (как рисунки в редакторе Paint или на листе бумаги), а своеобразную базу данных. Информация о каждом элементе чертежа хранится в файле и, для того чтобы элемент был виден на экране, AutoCAD считывает параметры элемента из базы и рисует его.

Например, чтобы AutoCAD построил отрезок, ему нужны координаты начала и конца отрезка, поэтому в базе данных чертежа хранится не линия, образующая отрезок, а всего лишь координаты его концов. Все элементы чертежа хранятся в базе в виде координат их характерных точек и некоторой служебной информации (тип и толщина линии, принадлежность слою и др.). В каждый момент, когда тот или иной объект должен появиться на экране, AutoCAD обращается к соответствующей записи в базе данных и строит его. В частности, при загрузке чертежачитываются и строятся все объекты. База располагается в том же файле, что и сам чертеж.

Такое (математическое) представление данных составляет основу любого векторного графического редактора, к числу которых относят все CAD/CAM-программы, AutoCAD, CorelDRAW. Другие графические редакторы, в которых рисунок — это группа точек, называют растровыми. Наиболее известными среди них можно назвать Paint и Photoshop.

Математическое представление делает возможными такие операции редактирования объектов, которые в принципе невозможны в растровом редакторе или при выполнении построений на бумаге. Например, в AutoCAD можно копировать и перемещать объекты, зеркально отражать или масштабировать их, поворачивать, размножать, разрывать и многое другое.

Чертеж в AutoCAD состоит из базовых примитивов. Как слова, обладающие различным смыслом, состоят из конкретных букв, которых в русском языке 33, так и чертежи состоят из графических примитивов. В AutoCAD можно выделить восемь базовых примитивов, которые используют в ходе работы над двумерными проектами — точка, отрезок, многоугольник, прямоугольник, окружность, дуга, эллипс, сплайн. Они дают возможность выразить на чертеже любую инженерную мысль.

#### **2. Построение базовых примитивов**

Помимо восьми базовых примитивов есть еще и производные. Их AutoCAD формирует автоматически на основе базовых. Например, такие примитивы как Текст или Штриховка, программа рисует сама с помощью отрезков и дуг.

Большинство примитивов, которые можно использовать в двумерных проектах AutoCAD сосредоточены на панели инструментов Черчение, показанной на рис. 1.6 в тексте лабораторной работы №1. Для того чтобы воспользоваться каким-либо из них, нужно щелкнуть мышкой по соответствующей кнопке на панели и далее отвечать на запросы, выводимые AutoCAD. Кроме этого можно набрать соответствующую команду с клавиатуры и нажать Enter.

#### **2.1.Работа с командной строкой**

В нижней части рабочего экрана AutoCAD расположено широкое окно, в которое можно вводить текст при помощи клавиатуры. Это окно называется командной строкой. Если щелкнуть по окну мышкой, то в нем замигает курсор.

Когда пользователь набирает в окне команду и нажимает Enter, AutoCAD выполняет соответствующее действие. Большинство команд, которые мы отдаём щелчками мышкой по панелям инструментов или различным меню, дублируются в командной строке.

В тех случаях, когда программе необходима дополнительная информация для выполнения действия, она выводит запрос в командную строку. Таким образом осуществляется командный диалог пользователя и AutoCAD.

Очень важно уметь понимать содержание запроса и его структуру. Содержание запроса определяется командой, с которой работает пользователь в данный момент, а структура одинакова для всех команд. Запрос может состоять из трех частей. Например, после ввода команды Limits (размеры чертежа), AutoCAD выведет строку:

Приведенный запрос состоит из трех блоков.

1. Текст без скобок — это содержание запроса, т.е. то, что программа хочет от нас узнать. В примере Specify lower left corner переводится как “Ведите координаты левого нижнего угла чертежа”.

2. Текст в квадратных скобках — это параметры данной команды. Для того чтобы выбрать тот или иной параметр, нужно набрать его название с клавиатуры и нажать Enter. Если параметр записан строчными буквами, а одна или две из них заглавные, то достаточно ввести только заглавные. В частности, при отрисовке отрезка на запрос “Specify next point or [Close/Undo]” для выбора параметра можно вводить только “С” или “У”.

3. Текст в круглых скобках — значение, которое воспримет AutoCAD если ничего не вводить, а просто нажать Enter. Если в рассматриваемом примере, ничего не набирая с клавиатуры, нажать Enter, то AutoCAD будет считать, что требуемые координаты равны (0.0000,0.0000). Как правило, в круглых скобках выводится значение, которое было введено в ответ на данный запрос последний раз.

## 2.2. Отрисовка точки

Точка — это один из базовых графических примитивов AutoCAD, такой же как линия или окружность.

### Выбор внешнего вида точки

По умолчанию элемент “Точка” выводится на экран обычной точкой, ничем не отличающейся от узла сетки. Это не всегда удобно. Для того чтобы точка отображалась более заметным знаком, нужно его выбрать. Это можно сделать из ниспадающего меню Формат, запустив команду Стиль точки. На экране появится диалоговое окно, изображенное на рис. 1.

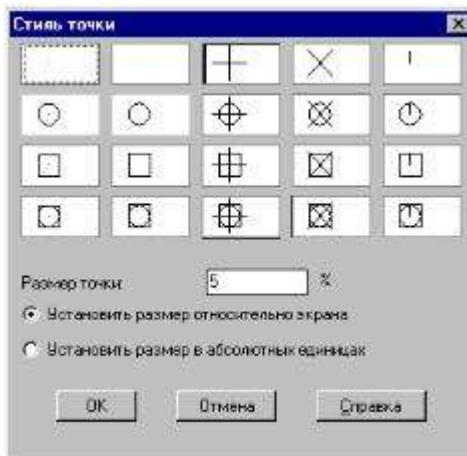


Рис. 1. Диалоговое окно Стиль точки.

Для выбора того или иного знака, обозначающего точку, нужно щелкнуть по нему мышкой, а затем нажать ОК. В меню предусмотрена возможность самостоятельно задавать размеры знака. После выбора знака изменится внешний вид всех точек на чертеже.

Вывод точки на кран. Для построения точки нужно выбрать инструмент Точка  из панели Черчение или набрать команду Point, а затем ввести координаты объекта любым способом.

### 2.3. Построение отрезка

Вход в режим рисования отрезка осуществляется выбором инструмента Линия  в панели Черчение, вводом команды Line в командную строку AutoCAD или из ниспадающего меню Черчение запуском команды Точка.

После запуска команды AutoCAD запросит координаты первой точки (Specify first point), затем координаты следующей (Specify next point) и т.д. выводя на экран ломаную. После трех введенных точек(2-х отрезков) в очередном запросе будут появляться параметры Close и Undo. Если ввести Close, то программа автоматически соединит последнюю введенную точку с первой — замкнет ломаную. Параметр Undo удаляет последнюю введенную точку. Если ввести его несколько раз подряд, то можно отменить (удалить) всю ломаную.

### 2.4. Построение многоугольника

Для того чтобы AutoCAD построил многоугольник нужно указать количество сторон, координаты центра и радиус окружности, относительно которой многоугольник вписан или описан. Есть возможность построения по центру и координатам начала и конца одной из сторон. Длины всех сторон многоугольника равны. В работе с этим примитивом нужно внимательно читать сообщения и запросы, выводимые в командную строку.

Выбор инструмента осуществляется щелчком по кнопке

Многоугольник  в панели Черчение, вводом команды Polygon или из ниспадающего меню Черчение запуском команды Многоугольник.

Specify radius of circle: — укажите радиус окружности. Здесь можно мышкой повернуть многоугольник на любой угол и растянуть до требуемого размера.

Если выбран параметр Edge, то будут выданы запросы:

Specify first endpoint of edge: — укажите первую точку стороны.

Specify second endpoint of edge: — укажите конечную точку стороны. Здесь можно мышкой повернуть и растянуть многоугольник или ввести длину стороны с клавиатуры.

### 2.5. Построение прямоугольника

Выбор инструмента осуществляется щелчком по кнопке

Прямоугольник  на панели Черчение вводом команды Rectang или из ниспадающего меню Черчение, запуском команды Прямоугольник.

Прямоугольник строится по двум точкам, лежащим на одной из его диагоналей, т.е. по координатам двух противоположных углов.

### 2.6. Построение конструкционной линии

Конструкционная или вспомогательная линия — это прямая, которая пересекает весь экран при любом увеличении.

Выбор инструмента осуществляют щелчком по кнопке

Конструкционная линия  на панели Черчение, вводом команды Xline или из ниспадающего меню Черчение запуском команды Конструкционная линия.

## 1.2 Лабораторная работа №2 ( 1 час).

**Тема:** «Построение примитивов с помощью элементарных команд в графической среде AUTOCAD. Методы построения углов».

**1.2.1 Цель работы:** Построение примитивов с помощью элементарных команд в графической среде AUTOCAD. Методы построения углов

**1.2.2 Задачи работы:**

1. Изучить методы построения углов

**1.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер (ПК)

**1.2.4 Описание (ход) работы:**

**Графический примитив Point(Точка).**

На панели инструментов выберите команду **Point**(Точка).

Точки можно ставить, просто нажимая левой кнопкой мыши в нужном месте экрана. Поставьте таким образом несколько точек так, чтобы они выглядели вершинами прямоугольника. Это неточный способ задания точки.

Для удобства поменяйте способ отображения точки. Для этого воспользуйтесь командой **Format** (Формат) > **Point Style...** (Стиль точки...). В появившемся диалоговом окне выберите наиболее удобный вариант отображения точки.

Теперь постройте точку другим способом – с помощью ввода координат в командную строку. Для этого на панели инструментов выберите команду **Point**(Точка) и в командной строке укажите координаты точки по осям **x** и **y**.

**Графический примитив Line (Линия).** 

Рисование линии мало чем отличается от рисования точки. Нарисуйте отрезок грубым способом. Для этого выберите на панели инструментов команду **Line**(Линия), и щелкните левой кнопкой мыши на месте, где будут находиться начало, промежуточные точки и конец линии.

Чтобы отменить последнюю введенную точку, во время ввода точек линии нажмите правую кнопку мышки и выберите опцию **Undo**.

Чтобы оставить линию разомкнутой, выберите в том же списке опцию **Enter** (Ввод) или **Cancel** (Отмена).

Нарисуйте еще одну линию, но на этот раз замкнутую. Для этого в списке, вызываемом правой кнопкой мышки выберите опцию **Close**.

Нарисуйте линию с помощью задания координат в командной строке. Выполните команду **Line** (Линия).

Вводите на запросы программы:

**First point** – координаты начала линии;

**Next point** – следующая точка линии.

Чтобы отменить введенную точку через командную строку, введите букву **U** (Undo).

Чтобы замкнуть линию, введите в командную строку букву **C** (Close). Чтобы оставить линию разомкнутой, нажмите на клавиатуре **Enter** (Ввод).

**Графический примитив Circle (Окружность).** 

Постройте окружность по координатам центра и радиусу, как показано на рисунке 1.а. Для этого выберите команду **Circle**(Окружность) и используйте ключ, который стоит по умолчанию. В командной строке на запросы введите следующее:

**circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:100,100** (центр);

**Specify radius of circle or [Diameter]:50** (радиус).

Для того, чтобы задать значение диаметра, необходимо в командной строке написать букву **d**, или щелкнув правой клавишей мыши в пространстве чертежа, выбрать параметр **Diameter**. Тогда программа запросит ввести значение диаметра.

Постройте окружность по двум точкам на диаметре (рисунок 1.б). Для этого выберите команду **Circle**(Окружность) и используйте ключ **2P**. Содержание командной строки:

*circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: 2P* (ключ);

*Specify first end point of circle's diameter: x1,y1* (первая точка);

*Specify second end point of circle's diameter: x2,y2* (вторая точка).

X,Y – значение координат. Их введите произвольно. Либо вместо значений координат, можно щелкнуть на чертеже левой клавишей мыши.

Постройте окружность по трем точкам (рисунок 1,в). Содержание командной строки:

*circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: 3P* (ключ);

*Specify first point on circle: : x1,y1* (первая точка);

*Specify second point on circle: x2,y2* (вторая точка);

*Specify third point on circle: : x3,y3* (третья точка).

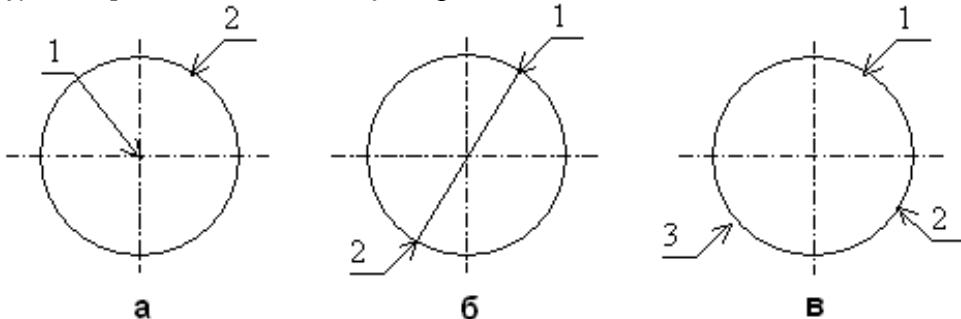


Рисунок 1 – Построение окружности

Постройте окружность, касательную к двум примитивам (рисунок 2,б,в). Чтобы выполнить эту команду нужно провести дополнительные построения: предварительно постройте линию и окружность как на рисунке 2,а.

Для получения рисунка 2,б используйте следующие значения:

*circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: T* (ключ);

*Specify point on object for first tangent of circle: (укажите окружность);*

*Specify point on object for second tangent of circle: (укажите линию);*

*Specify radius of circle <>: (согласитесь с радиусом, нажав Enter).*

Для получения рисунка 1.2,в используйте следующие значения:

*circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: T* (ключ);

*Specify point on object for first tangent of circle: (укажите линию);*

*Specify point on object for second tangent of circle: (укажите окружность);*

*Specify radius of circle <>: (согласитесь с радиусом, нажав Enter).*

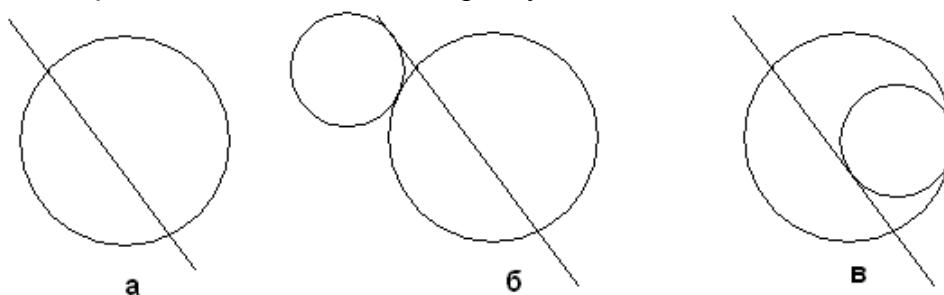


Рисунок 2 – Построение окружности, касательной к двум примитивам

### Графический примитив Arc (Дуга).

Постройте дугу по трем точкам. Для этого выберите **Arc**(Дуга) на панели инструментов и выполните следующую команду:

*arc Specify start point of arc or [Center]: – (задайте начальную точку);*

*Specify second point of arc or [Center/End]: – (задайте вторую точку);*

*Specify end point of arc: – (задайте конечную точку).*

Постройте дугу по координатам точки центра и двум точкам. Для этого после выбора команды (Дуга) введите в командную строку букву **C**(Center). Содержание командной строки следующее:

*arc Specify start point of arc or [Center]: C – (выбрать задание центра);*

*Specify center point of arc: – (задать центр);*

*Specify start point of arc: – (задать начальную точку);*

*Specify end point of arc or [Angle/chord Length]: – (задать конечную точку).*

Самостоятельно постройте дугу по координатам центра, начальной точке и углу 30°, используя параметр **Angle**.

Самостоятельно постройте дугу по координатам центра, начальной точке и длине хорды 300 мм, используя параметр **Chord Length**.

**Дуга по умолчанию строиться против часовой стрелки от начальной точки.**

Но наиболее простой способ выбрать способ построения дуги – воспользоваться верхней строкой меню. Выбирается параметр «Рисование», «Дуга» и способ ее построения:

### Графический примитив полилиния.

Полилиния – последовательность прямолинейных и дуговых сегментов с возможным указанием ширины.

Вычерчивается так же, как и линии, но в отличие от них является единым объектом.

#### **Ключи для изменения ширины полилинии:**

Half-width – полуширина – позволяет задать полуширину – расстояние от широкой линии сегмента до края.

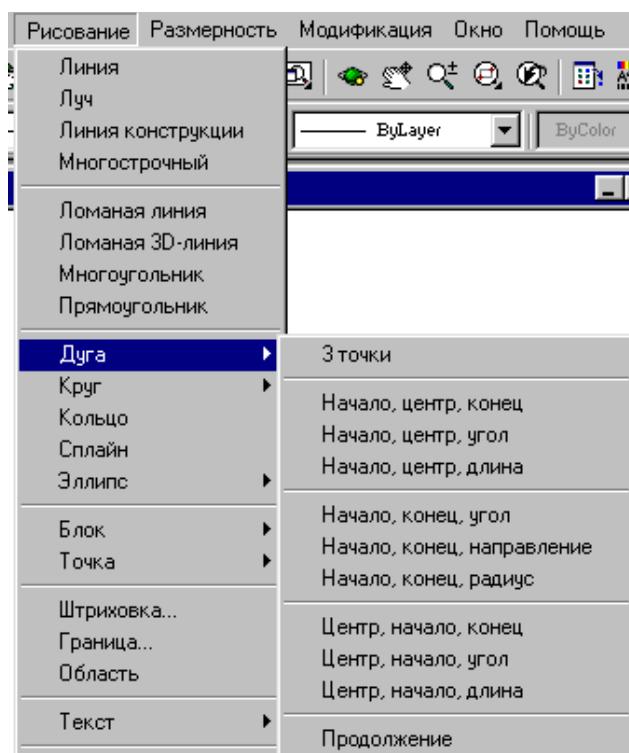
Width – ширина – позволяет задать ширину последующего сегмента. Программа запрашивает начальную и конечную ширину.

#### **Ключи для создания прямолинейных сегментов (отрезков):**

Arc – дуга – переход в режим дуг.

Close – замкни – замкнуть отрезком.

Length – длина – задается длина сегмента, как продолжение предыдущего, в том же направлении.



### **Ключи в режиме дуг:**

Angle— угол – центральный угол. По умолчанию дуга отрисовывается против часовой стрелки. Если требуется отрисовка дуги по часовой стрелке, необходимо задать отрицательное значение угла.

Center— центр – центр дуги.

Close— замкни – замкнуть дугой.

Direction— направление. АналогичноArc.

Line— отрезок. Переход в режим отрезка.

Radius— радиус дуги.

Secondpoint(Вторая точка) – вторая точка дуги по трем точкам. Если дуга не является первым сегментом полилинии, то она начинается в конечной точке предыдущего сегмента и по умолчанию проводиться по касательной к нему.



### **Графический примитив Линия конструкции.**

С помощью данного примитива можно построить множество прямых.

#### **Ключи:**

Hog— построение горизонтальной прямой, проходящей через заданную точку.

Ver- построение вертикальной прямой, проходящей через заданную точку.

Ang— угол - построение прямой по точке и углу.

Bisect— по точке и половине угла, заданного тремя точками.

Offset— смещение – по смещению от базовой линии.



### **Построение эллипса**

Параметр вычерчивания эллипса по умолчанию предполагает задание конечных точек большой оси. Сперва задается начальная точка, затем конечная точка оси. Затем задается длина малой оси – расстояние от большой оси до контура эллипса по перпендикуляру. Вместо задания длины малой оси, можно задать угол поворота (параметр Rotation) воображаемого круга относительно плоскости построения. Угол поворота выбирается равным от 0 до 90<sup>0</sup>.

Можно начать построение с центра эллипса (параметр Center). Затем указывается конечная точка большой оси – полуось. Дальше построение аналогично ранее описанному.

Если выбран параметр Arc, то производиться построение эллиптической дуги.



### **Эллиптические дуги**

Первая стадия вычерчивания эллиптической дуги полностью совпадает с вычерчиванием полного эллипса.

Вторая стадия начинается запросом «Задайте начальный угол или [Параметр]». (Specify start angle or [Parameter]). Далее следует воспользоваться ниже перечисленными параметрами :

- Начало дуги. Параметр по умолчанию. Необходимо задать начальный угол дуги, который отсчитывается от главной оси полного эллипса(от первой заданной точки). Далее программа предложит выбрать из списка параметров «Задайте конечный угол или [Параметр/центральный угол]».

- Конец дуги. Нужно указать конечный угол дуги и процесс формирования эллиптической дуги будет окончен.

- Центральный угол. Можно указать значение центрального угла, тем самым закончив процесс формирования дуги.

- Параметр. Это те же углы, но выраженные не в градусах, а в частях длины кривой полного эллипса. В ответ на выбор этого параметра программа запросит задать начальный параметр или [Угол] , а затем задать конечный параметр или [Угол/Центральный угол]. В ответ необходимо ввести соответствующее относи-

тельное значение углов, выраженное в процентах. Параметры, указанные в квадратных скобках, позволяют выйти в обычный режим задания значения углов.

## Многоугольники

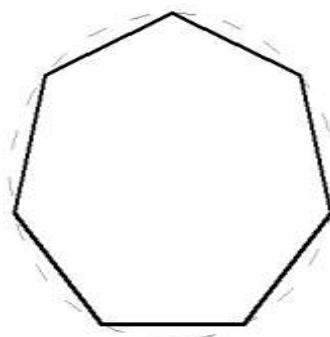


Программа создает примитив – правильный многоугольник – замкнутый контур с ребрами, равной длины. Допустимое количество сторон – от 3 до 1024.

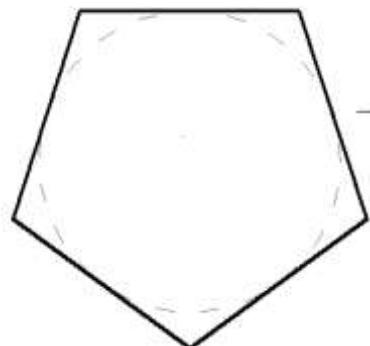
Сначала появляется запрос о количестве сторон, затем предлагается указать центр окружности или [Сторона]. В программе предлагается на выбор один из трех способов построения многоугольника:

- Сторона (Edge) – задаются две точки, которые определяют положение любого из ребер многоугольника.

- Вписанный в окружность (Inscribedincircle). После выбора этого параметра следует задать радиус окружности, в которую будет вписан формируемый многоугольник. Т.е. задается расстояние от центра до любой вершины многоугольника.



- Описанный вокруг круга (Circumscribedaboutcircle). После выбора этого параметра следует задать радиус окружности, вокруг которой будет описан формируемый многоугольник. Т.е. задается расстояние от центра до середины любого ребра многоугольника.



## Сплайн



Сплайн - это гладкая кривая, которая строится на основе некоторого множества точек. По умолчанию эта гладкая кривая должна проходить через все заданные пользователем точки. Сначала задается первая точка сплайна. Затем задается следующая (вторая) точка сплайна. После выбора двух первых точек будет дан расширенный запрос «Задайте следующую точку или [Замкни/Допуск]<Укажите касательную>». Ниже приведены расшифровки данных параметров:

- Замкни (Close). Замыкает сплайн, соединяя непрерывной кривой последнюю точку с первой.

- Допуск (Tolerance). С помощью этого параметра указывается на сколько близко к указанным точкам будет проведен сплайн. По умолчанию данный параметр равен 0. в этом случае сплайн проводиться непосредственно через точки.

- Укажите касательную к начальной точке (Starttangent). После завершения выбора точек, указывается направление касательной в начальной, а затем и в ко-

нечной точке. Для выбора принятых по умолчанию направлений, на оба приглашения командной строки нажимается Enter.

### **Редактирование сплайнов.**

Для изменения сплайна выбирается команда из основного меню Редактирование – Объект – Сплайн. Либо выделите сплайн, и удерживая правую клавишу мыши выберите параметр «редактировать сплайн». Для редактирования в командной строке предлагается ряд параметров, приведенных ниже:

Точки на кривой (Fitdata) Выбираются точки, которые необходимо отредактировать. После выбора данной команды в свою очередь будет предложен ряд ниже перечисленных параметров:

Добавь (Add). С помощью этого параметра можно добавить дополнительные узловые точки. Вид сплайна будет меняться в процессе выбора точек сразу же.

Разомкни/Замкни (Open/Close). Позволяет разомкнуть/замкнуть сплайн-кривую, используя узловые точки.

Удали (Delete). Удаляет выбранную узловую точку.

Перенеси (Move). Переносит узловую точку.

Убери (Purge). Удаляет информацию об узловой точке.

Касательная (Tangents). Позволяет указать наклон касательной в начальной и конечной точках открытого сплайна, либо наклон одной касательной для закрытого сплайна.

Допуск (tolerance). Позволяет указать с каким допуском будет проведен сплайн через узловые точки.

Выход (exit). Команда завершения работы с данным набором параметров.

- Разомкни/Замкни (Open/Close). Если сплайн-кривая не замкнута, с помощью данной команды можно ее замкнуть. Замыкается сплайн, соединяя непрерывной кривой последнюю точку с первой. Если сплайн замкнут, его можно разомкнуть, удаляя связь между первой и последней узловой точкой.
- Перенеси вершину (MoveVertex). С помощью этой команды указывается редактируемая точка, а затем определяется ее новое месторасположение.

• Измени (Refine). С помощью этого параметра можно откорректировать сплайн-кривую тремя способами.

▪ Добавить новые контрольные точки. В целом сплайн не измениться, но уменьшится интервал между соседними контрольными точками.

▪ Повышение порядка сплайна. Во всем сплайне будет увеличено количество контрольных точек, однако после этого порядок сплайна уже нельзя будет уменьшить.

▪ Изменение веса произвольной контрольной точки. При увеличении веса контрольной точки, кривая будет приближаться к данной точке. Т.е. как бы увеличивается сила притяжения.

• Реверс (rReverse). Изменяется направление сплайна, т.е. начальная точка становится конечной, и наоборот.

• Отмени (Undo). Отменяется последняя операция редактирования.

## **1.3 Лабораторная работа №3 ( 2 часа).**

**Тема:** «Основные средства выполнения изображения в пространстве AUTOCAD».

**1.3.1 Цель работы:** Изучить основные средства выполнения изображения в пространстве AUTOCAD

### **1.3.2 Задачи работы:**

1. Изучить основные средства выполнения изображения в пространстве AUTOCAD

### **1.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер (ПК)

### **1.3.4 Описание (ход) работы:**

#### **Пространство и компоновка чертежа**

Формирование в AutoCAD модели объекта, в том числе трехмерной, обычно не является самоцелью. Это делается для дальнейшего использования такой модели в системах прочностных расчетов и кинематического моделирования, при получении проектно-конструкторской документации, фотографически достоверного изображения готового изделия до его производства, при экспорте трехмерных моделей в другие программы компьютерной графики и т. д. Во всех случаях применения модели необходимо ее отображение либо на экране монитора, либо в виде твердой копии.

В данной главе будут рассмотрены возможности отображения и редактирования моделей в двух пространствах – пространстве модели **Model Space** и пространстве листа **Paper Space**, используемых при создании чертежа. Важно понимать, как и когда следует пользоваться пространством листа или модели. Овладев этим инструментом, можно значительно ускорить разработку изделия и повысить производительность.

Обычно в пространстве модели создаются и редактируются модели разрабатываемого объекта, а в пространстве листа формируется отображение этого объекта на плоскости, то есть чертеж с необходимыми графическими изображениями, рамкой чертежного листа, надписями и другой графической информацией, необходимой для вывода на плоттер. Когда пользователь находится в пространстве листа, допускается создание плавающих видовых экранов, на которых размещаются различные виды рисунка. В зависимости от ситуации можно вычертить содержимое одного или нескольких видовых экранов, задать элементы чертежа, выводимые на плоттер, выбрать способ компоновки изображения на листе бумаги. При этом не загромождается рисунок пространства модели, что ускоряет и облегчает редактирование разрабатываемого объекта.

На чертеже в пространстве листа, как правило, представлены ортогональные (прямоугольные) проекции объекта с различных точек зрения на трехмерную модель, а иногда и ее аксонометрическое изображение. Все изображения должны находиться в соответствующих областях просмотра. Создание окон просмотра, выбор и модификация видов, показываемых через эти окна, необходимы как при формировании трехмерных моделей, так и при их модификации. Качественное отображение трехмерных объектов позволяет существенно упростить работу с моделью.

В AutoCAD окно рисунка разделено на закладки; на одной из них расположена модель, а остальные (их может быть несколько) представляют собой аналоги листов бумаги. Для перехода в пространство модели необходимо либо выбрать закладку **Model**, либо сделать текущим плавающий видовой экран на листе. Именно на закладке **Model** работает пользователь, создавая и редактируя объект. Если она активна, это всегда означает, что работа ведется в пространстве модели. Закладка **Model** может быть разделена на неперекрывающиеся видовые экраны, которые представляют различные виды модели.

#### **Пространство модели и пространство листа**

*Пространство модели* (**Model Space**) – это пространство AutoCAD, где формируются модели объектов как при двумерном, так и при трехмерном моделировании. О том, что в окне AutoCAD на текущий момент установлено пространство модели, говорят соответствующая пиктограмма ПСК в рабочем поле чертежа, индикация кнопок **Model** в нижней части рабочего поля (рис. 1) и **MODEL** в строке состояния. Если пользователь AutoCAD работает только с двумерными объектами, ему нет особой необходимости переходить в пространство листа: все изображения объекта, а также дополнительная информация (рамка формата, размеры, основная надпись и пр.) могут формироваться в пространстве модели.

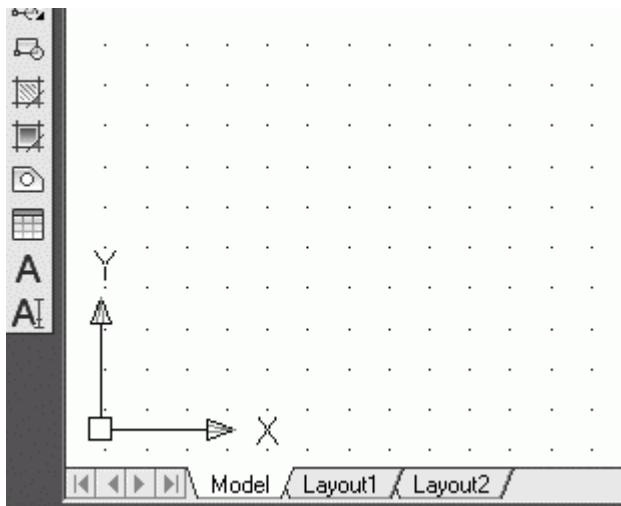


Рис. 1. Пиктограмма пользовательской системы координат пространства модели

Работа в пространстве модели производится на *неперекрывающихся* видовых экранах (окнах); там создается основной рисунок или модель. Если в окне программы присутствует несколько видовых экранов, то редактирование, производимое в одном из них, оказывает действие на все остальные. Несмотря на это, значения экранного увеличения, точки зрения, интервала сетки и шага для каждого видового экрана могут устанавливаться отдельно.

*Пространство листа* (Paper Space) – это пространство AutoCAD, необходимое для отображения объекта, сформированного в пространстве модели, на *перекрывающихся* (плавающих) видовых экранах. Пространство листа облегчает получение твердых копий рисунков и чертежей, разработанных автоматизированным путем. Если бы пространство листа не использовалось, пришлось бы загромождать пространство модели графической информацией, необходимой лишь для формирования чертежных листов. Ведь такие элементы, как рамка чертежного листа, основная надпись и другая графическая и текстовая информация, не имеют отношения к реальной модели и требуются только в распечатке.

*Листом* называется компонент среды AutoCAD, имитирующий лист бумаги и хранящий в себе набор установок, используемых при выводе на плоттер. На листе можно размещать видовые экраны, а также строить геометрические объекты (например, элементы основной надписи). Рисунок может содержать несколько листов с разными видами модели; для каждого листа автономно задаются значения масштаба печати и размеров сторон. Изображение листа выглядит на экране точно так же, как и вычерченный на плоттере лист.

*Видовой экран* (viewport) представляет собой участок графического экрана, на котором отображается некоторая часть пространства модели рисунка.

Пространство листа строго двумерно, и видеть его можно только с точки зрения, перпендикулярной плоскости листа. О том, что в AutoCAD на текущий момент установлено пространство листа, говорят соответствующая пиктограмма ПСК и индикация кнопки PAPER в строке состояния внизу рабочего стола AutoCAD (рис. 2).

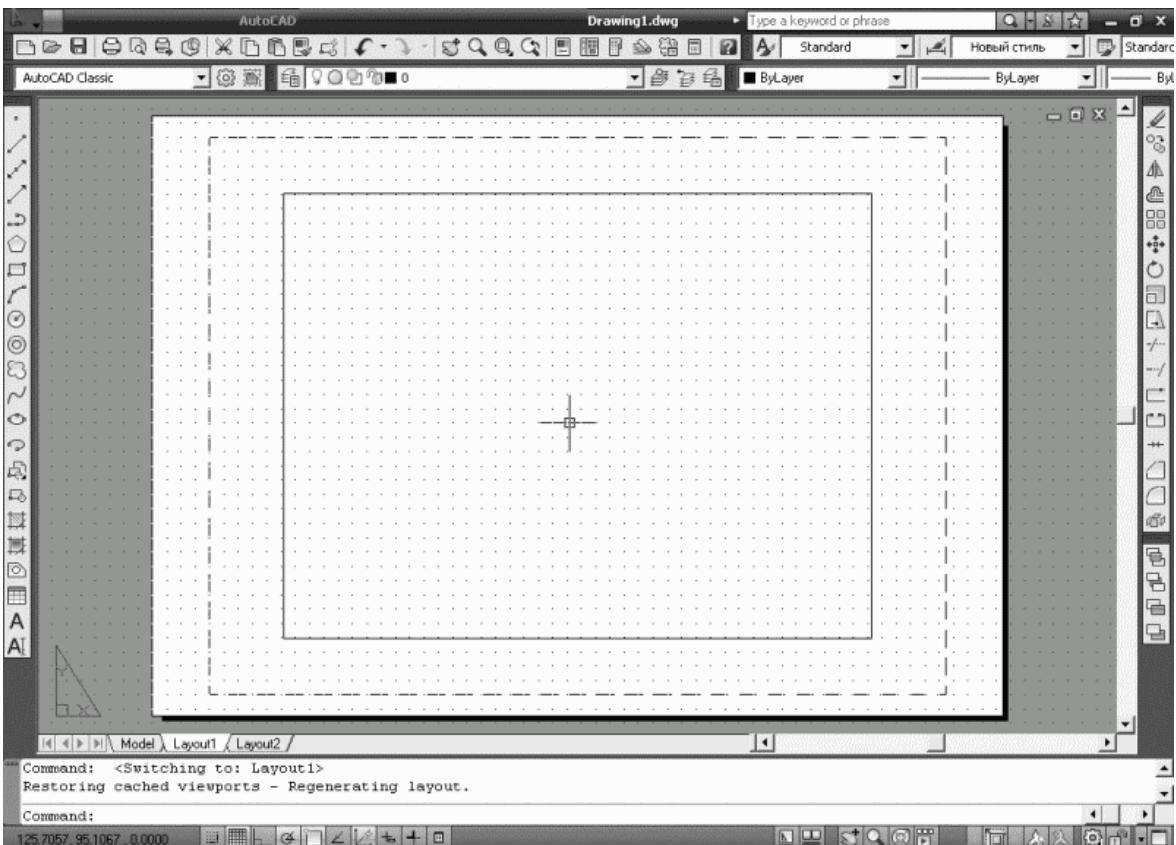


Рис. 2. Рабочий стол в пространстве листа

В пространстве листа пиктограмма ПСК имеет треугольную форму; располагается она всегда в левом нижнем углу области рисунка.

После создания плавающих видовых экранов вносить изменения в модель можно, переходя с закладки Layout на закладку Model. На листе в любое время допускается изменение параметров, например формата бумаги или масштаба печати.

Чтобы сделать текущей закладку Model, необходимо щелкнуть на ней кнопкой мыши или ввести MSPACE в командной строке. Чтобы перейти из этой закладки в пространство листа, достаточно щелкнуть на одной из закладок Layout или ввести LAYOUT в командной строке.

Открыв лист, можно работать либо в пространстве листа, либо в пространстве модели (в последнем случае нужно сделать текущим какой-либо из видовых экранов). Для того чтобы сделать видовой экран текущим, достаточно установить на него указатель мыши и дважды щелкнуть ее левой кнопкой. Чтобы текущим стало пространство листа, следует дважды щелкнуть кнопкой мыши на том месте, где нет ни одного видового экрана. Переключаться между пространствами модели и листа можно также с помощью кнопок MODEL/PAPER в строке состояния. При таком способе переключения в пространство модели текущим становится видовой экран, который был активен последним.

Пространство листа – это аналог листа бумаги, на котором производится компоновка чертежа перед его выводом на плоттер. В AutoCAD имеется несколько закладок Layout, благодаря чему одна и та же модель может быть представлена на чертеже в различных вариантах. Каждый лист рисунка можно считать отдельной единицей комплекта проектной документации. После создания нового листа на нем размещаются плавающие видовые экраны, которые представляют модель в различных видах. Каждому видовому экрану могут быть присвоены отдельные значение масштаба и состояние видимости слоев.

После щелчка кнопкой мыши на закладке Layout AutoCAD переходит в среду пространства листа (см. рис. 2). Прямоугольник с тенью соответствует на экране формату

бумаги, на который настроено устройство печати. Границы области печати обозначены штриховыми линиями.

Для создания нового листа необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши на ярлыке закладки Layout и в открывшемся контекстном меню выбрать пункт New layout. Для переименования закладки Layout следует вызвать контекстное меню и воспользоваться пунктом Rename.

### Работа с листами

После того как пользователь завершил создание модели, он обычно переходит на закладку Layout и начинает компоновать лист чертежа. При первом обращении к листу на нем создается один видовой экран; изображение листа с тенью и выполненный штриховыми линиями прямоугольник символизируют текущий формат листа и границы области его печати.

Диспетчер наборов параметров листов Page Setup Manager, содержащий сведения о выделенном наборе параметров, открывается при первом обращении к листу либо из контекстного меню, которое вызывается щелчком правой кнопки мыши на закладке Layout (рис. 3). Диспетчер наборов параметров листов предлагает настроить следующие параметры (рис. 4):

- Device name: – имя устройства;
- Plotter: – плоттер;
- Plot size: – формат печати;
- Where: – подключение;
- Description: – пояснение;
- Display when creating a new layout – установка данного параметра обеспечивает открытие Диспетчера наборов параметров листов Page Setup при создании нового листа.

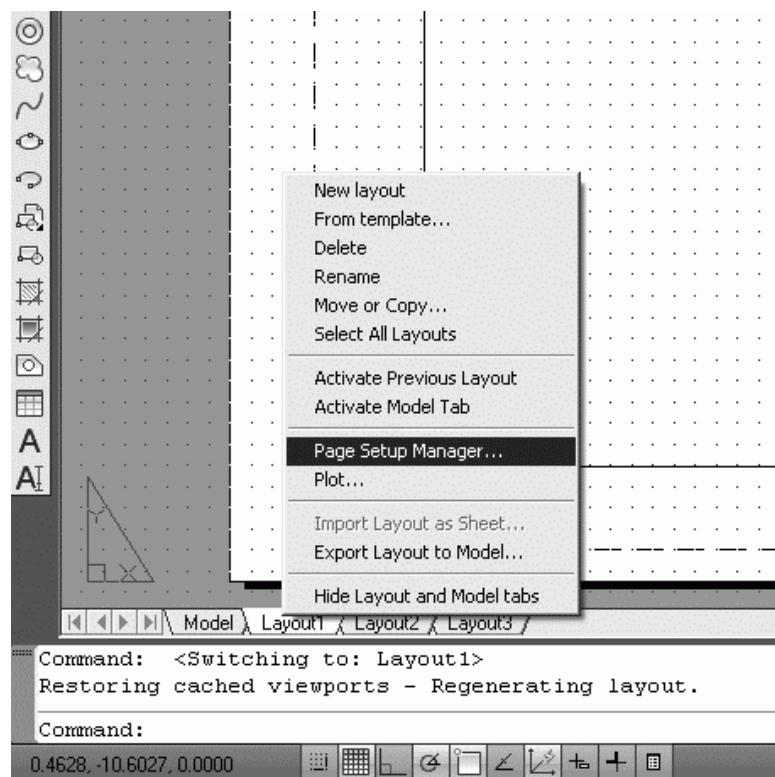


Рис. 3. Контекстное меню закладки Layout

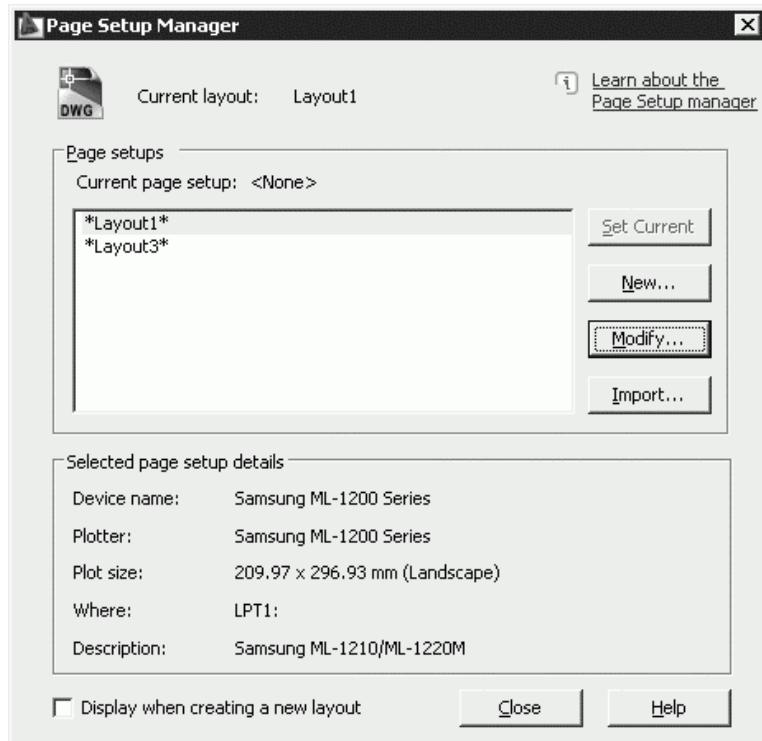


Рис. 4. Диспетчер параметров листа

Для того чтобы отредактировать параметры листа, следует в диалоговом окне Page Setup Manager щелкнуть на кнопке Modify..., при этом загружается диалоговое окно Page Setup (рис. 5).

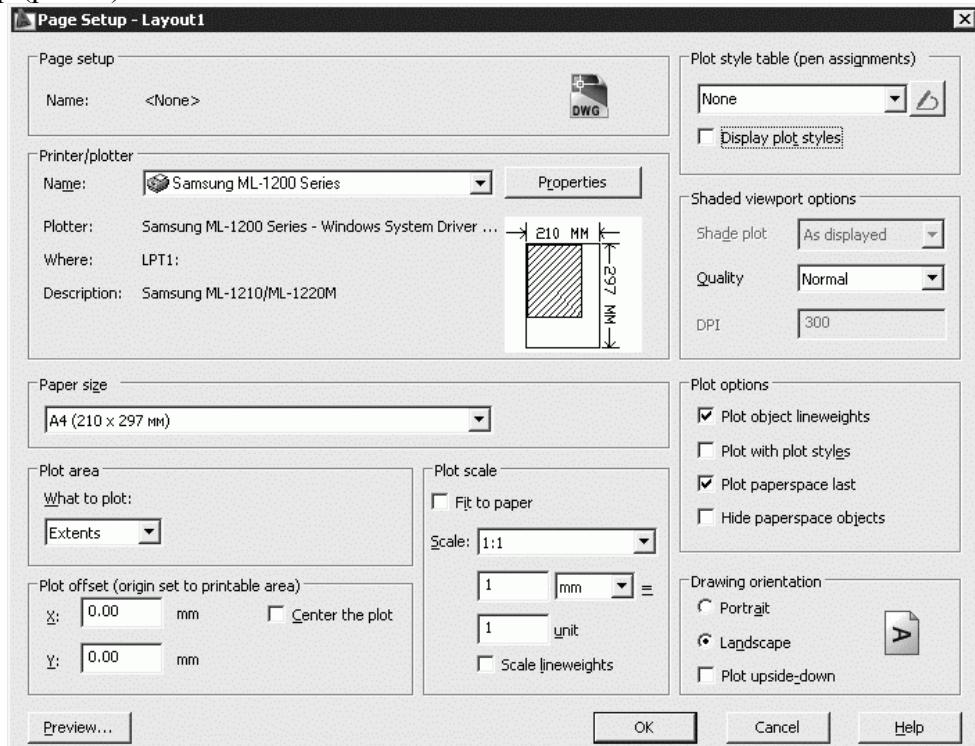


Рис. 5. Диалоговое окно определения параметров листа

- В области Page setup сообщается имя набора параметров листа. Значок DWG справа означает, что диалоговое окно Page Setup открыто из листа. Значок выглядит иначе, если это диалоговое окно открыто из Диспетчера подшивок.

- В области Printer/plotter определяются параметры сконфигурированного устройства печати для использования при распечатке (публикации) листов чертежа или подшивки.
- В области Paper size приведен список стандартных форматов, разрешенных для применения в выбранном устройстве печати. Если плоттер еще не выбран, в списке перечислены все поддерживаемые форматы листов. Область печати, определенная в соответствии с типом печатающего устройства и форматом листа, выделяется в листе штриховой линией. При выводе в растровый формат (например, в BMP- или TIFF-файл) размеры чертежа отображаются не в дюймах/миллиметрах, а в пикселях.
- В области Plot area определяется выводимая на печать часть чертежа.
- В области Plot offset (origin set to printable area) определяется смещение области печати относительно левого нижнего угла печатаемой страницы или края бумаги, в зависимости от установки параметра Specify plot offset relative to диалогового окна Options, вкладка Plot and Publish.
- В области Plot scale устанавливается масштаб единиц чертежа, выводимых на печать. По умолчанию для листа Layout устанавливается масштаб 1:1. Для закладки Model – значение масштаба Fit to paper.
- В области Plot style table (pen assignments) устанавливается текущая таблица стилей печати (назначение перьев), редактируются имеющиеся и создаются новые таблицы стилей печати.
- В области Shaded viewport options задается способ вывода на печать раскрашенных и тонированных видовых экранов и определяются их уровни разрешения и количество точек на дюйм (т/дюйм).
- В области Plot options устанавливаются параметры печати.
- В области Drawing orientation задается ориентация чертежа на листе для плоттеров, поддерживающих ее книжный и альбомный варианты.
- Кнопка Preview... предназначена для предварительного просмотра чертежа на экране в таком виде, в каком он появится на бумаге. Для выхода из режима предварительного просмотра необходимо нажать Esc или Enter.

Если не нужно, чтобы диалоговое окно Page Setup Manager открывалось при начале работы с каждым новым листом, следует убрать флажок Show Page Setup Manager for new layouts на вкладке Display диалогового окна Options. Для того чтобы программа AutoCAD не создавала автоматически видовой экран на каждом новом листе, потребуется отключить там же функцию Create viewport in new layouts.

Имеющиеся в рисунке листы можно удалять, переименовывать, переставлять местами и копировать. Для этого достаточно щелкнуть правой кнопкой мыши на ярлыке листа, а затем выбрать нужный пункт из контекстного меню.

Если присвоить имя набору параметров, установленных для листа, и сохранить этот набор, его разрешается впоследствии применять к другим листам. Используя для листа различные наборы параметров, можно выводить его на печать в разных вариантах, не затрачивая на это значительных усилий.

### **Видовые экраны**

*Видовой экран* (viewport) представляет собой участок графического экрана, где отображается некоторая часть пространства модели рисунка.

Существуют два типа видовых экранов – неперекрывающиеся и перекрывающиеся (рис. 6). *Неперекрывающиеся* видовые экраны располагаются на экране монитора подобно кафельным плиткам на стене. Они полностью заполняют графическую зону и не могут накладываться друг на друга. На плоттер неперекрывающиеся видовые экраны выводятся только поодиночке. *Перекрывающиеся* видовые экраны подобны прямоугольным окнам, которые располагаются на экране и перемещаются по нему произвольным образом. Эти видовые экраны могут накладываться друг на друга и вычерчиваться одновременно.

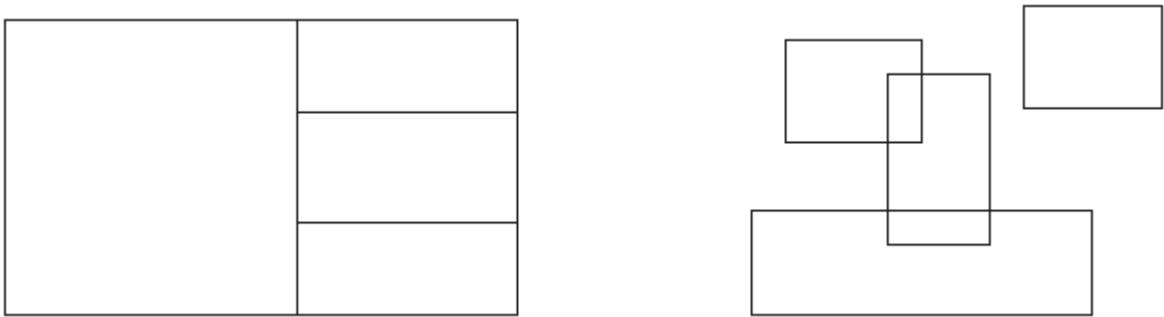


Рис. 6. Примеры неперекрывающихся и перекрывающихся видовых экранов

### **Неперекрывающиеся видовые экраны**

Графическую область в пространстве модели можно разбить на несколько неперекрывающихся видовых экранов, а в пространстве листа создать перекрывающиеся (плавающие) видовые экраны.

Обычно работа с новым рисунком в пространстве модели вначале производится на одном видовом экране, занимающем всю графическую область. Этот видовой экран можно разделить на несколько, выводя на них одновременно различные виды: например, на одном – общий вид, а на другом – вид какого-либо элемента. При этом удобно наблюдать, как редактирование данного элемента отражается на рисунке в целом.

На неперекрывающихся видовых экранах допускается:

- производить панорамирование и зумирование, настраивать режимы сетки, шаговой привязки и изображения пиктограммы ПСК;
- задавать систему координат и восстанавливать виды для каждого отдельного видового экрана;
- переключаться с одного видового экрана на другой в ходе выполнения команд рисования;
- сохранять именованную конфигурацию видовых экранов в пространстве модели или применять ее в пространстве листа.

При работе с трехмерными моделями обычно требуется назначение различных систем координат для отдельных видовых экранов.

В процессе рисования все изменения, производимые на одном из видовых экранов, немедленно отражаются на остальных. Переключение с одного видового экрана на другой можно производить в любой момент, даже в ходе выполнения команды.

### **Создание нескольких видовых экранов**

Конфигурации неперекрывающихся видовых экранов могут быть различными. Возможности размещения видовых экранов зависят от их количества и размеров.

Команда **VPORTS** открывает диалоговое окно **Viewports** – рис. 7. С помощью этой команды графический экран разделяется на несколько неперекрывающихся частей, каждая из которых может содержать отдельный вид рисунка. Команда **VPORTS** вызывается из падающего меню **View > Viewports > New Viewports...** либо щелчком на пиктограмме **Display Viewports Dialog** на плавающей панели инструментов **Viewports**.

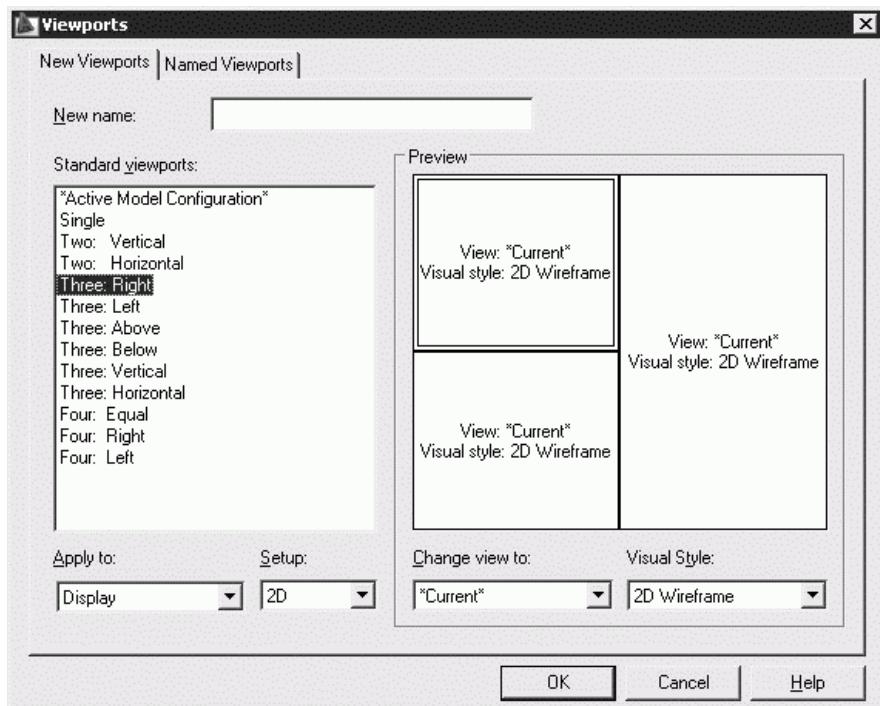


Рис. 7. Диалоговое окно создания видовых экранов

### Плавающие видовые экраны

Когда пользователь впервые переключается в пространство листа, графический экран пуст и представляет собой «чистый лист», где будет компоноваться чертеж. В пространстве листа создаются перекрывающиеся (плавающие) видовые экраны, содержащие различные виды модели. Здесь эти видовые экраны рассматриваются как отдельные объекты, которые можно перемещать и масштабировать, чтобы подходящим образом расположить их на листе чертежа. В отличие от неперекрывающихся видовых экранов, нет ограничений, разрешающих вывод на плоттер только одного вида пространства модели. Допускается вычерчивать на бумаге любую комбинацию плавающих видовых экранов. Кроме того, различного рода объекты (например, основную надпись или примечания) можно создавать и непосредственно в пространстве листа, не затрагивая модель.

Поскольку плавающие видовые экраны трактуются как самостоятельные объекты, редактировать модель в пространстве листа нельзя. Для получения доступа к ней на плавающем видовом экране необходимо переключиться из пространства листа в пространство модели. Редактирование при этом производится в пределах одного из плавающих видовых экранов. На рисунке определить, какой из видовых экранов является текущим, можно по находящемуся внутри его перекрестью. Кроме того, о работе в пространстве модели говорит соответствующая форма пиктограммы ПСК. В результате появляется возможность при работе с моделью видеть и скомпонованный лист.

Как указывалось выше, пространство модели можно увидеть из пространства листа через окна видовых экранов. Видовые экраны в пространстве листа – это прямоугольники, где отображаются определенные части и виды модели, сформированной в пространстве модели.

Возможности редактирования и смены вида плавающих видовых экранов почти те же, что и неперекрывающихся. Однако в первом случае имеется больше средств управления отдельными видами. Например, на некоторых видовых экранах можно заморозить либо отключить отдельные слои без воздействия на другие экраны. Кроме того, предусмотрено включение и отключение тех или иных видовых экранов. Есть возможность выравнивать вид на одном видовом экране относительно вида на другом, а также масштабировать виды относительно масштаба листа в целом.

Плавающие видовые экраны создаются и управляются командой MVIEW. Некоторые стандартные конфигурации (включая стандартную конструкторскую с различными видами на каждом видовом экране) вызываются с помощью команды MVSETUP.

Вновь создаваемые плавающие видовые экраны можно расположить в любом месте области рисунка. Как и в случае с неперекрывающимися видовыми экранами, для них допустим выбор одной из стандартных конфигураций.

#### **1.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).**

**Тема:** «Построение сектора. Организация работы в AUTOCAD».

**1.4.1 Цель работы:** Построение сектора. Организация работы в AUTOCAD

#### **1.4.2 Задачи работы:**

1. Изучить организацию работы в AUTOCAD

#### **1.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер (ПК)

#### **1.4.4 Описание (ход) работы:**

### **Построение дуги в AutoCAD.**

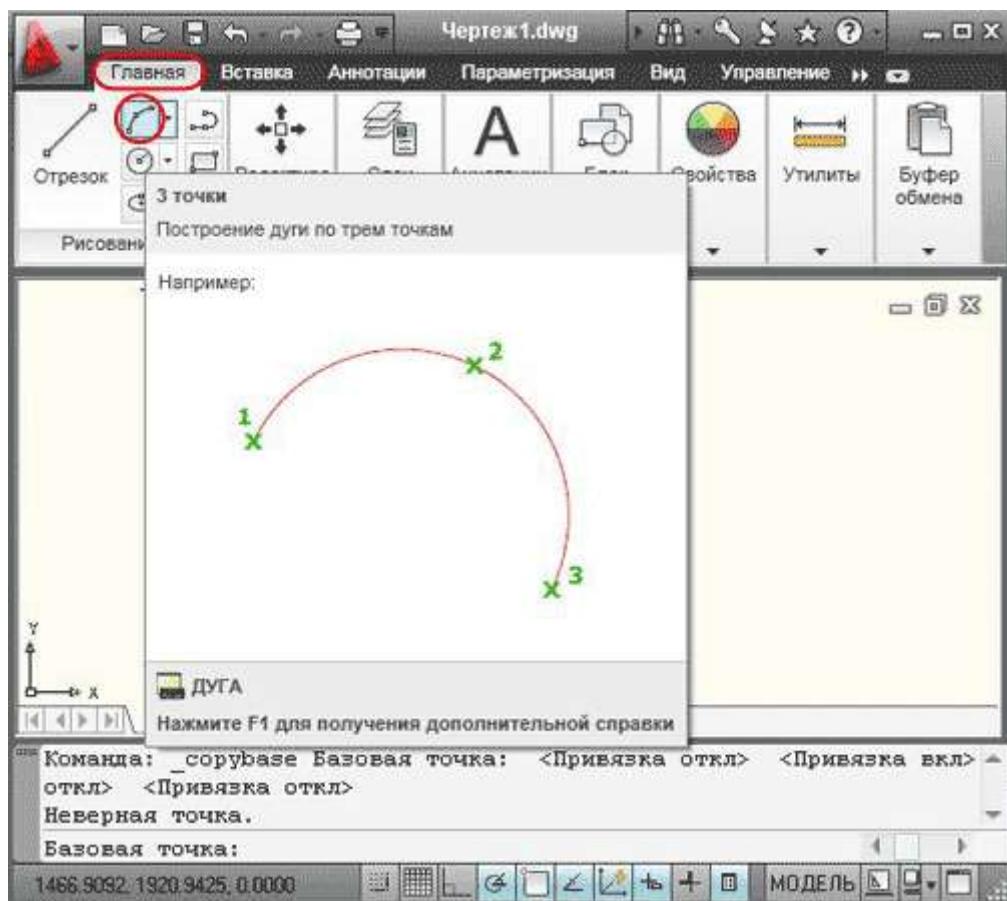
В AutoCAD имеется несколько методов построения дуги:

- дуга по трем точкам;
- дуга по точкам начала, центра и конца;
- дуга по начальной точке, центру и внутреннему углу;
- дуга по начальной точке, центру и длине хорды;
- дуга по начальной точке, конечной точке и внутреннему углу;
- дуга по начальной точке, конечной точке и направлению касательной в начальной точке;
- дуга по начальной точке, конечной точке и радиусу;
- дуга по центральной точке, конечной точке и третьей точке, определяющей положение конечной точки;
- дуга по центральной точке, конечной точке и внутреннему углу;
- дуга по центральной точке, конечной точке и длине хорды;
- дуга касательная к последнему нарисованному отрезку или дуге.

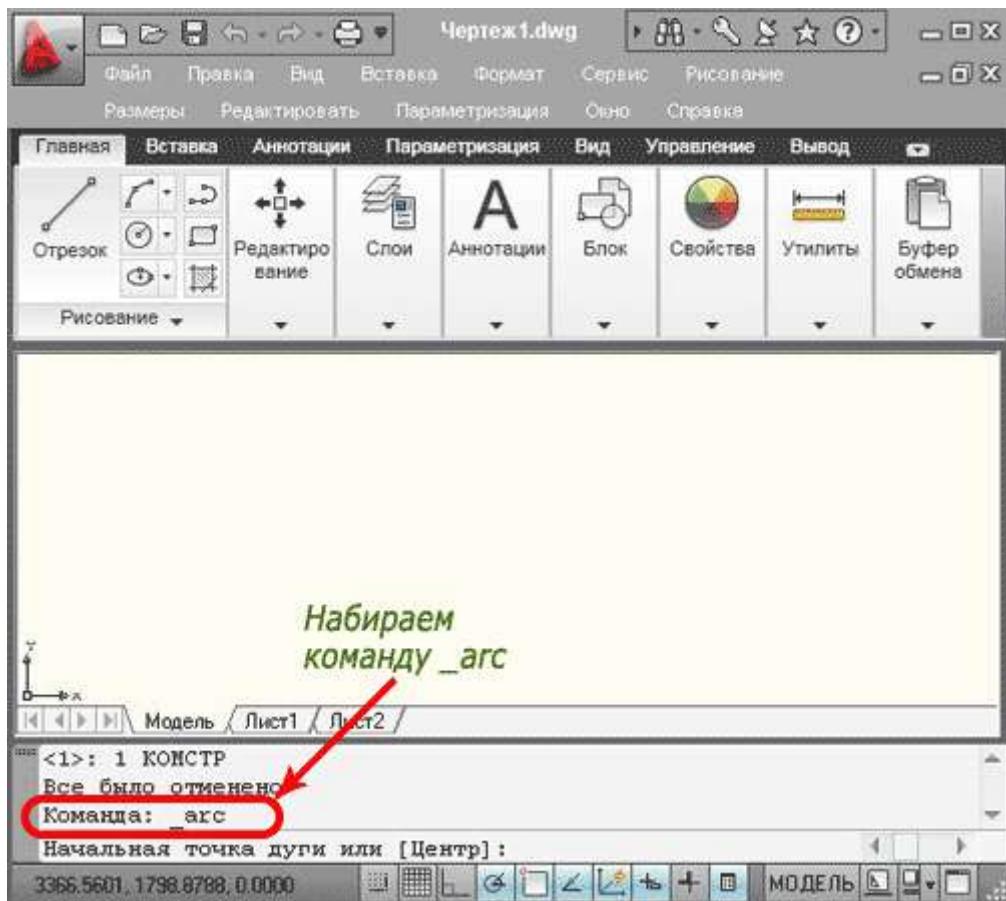
В данном уроке рассмотрим некоторые из них.

#### ***Дуга по трем точкам.***

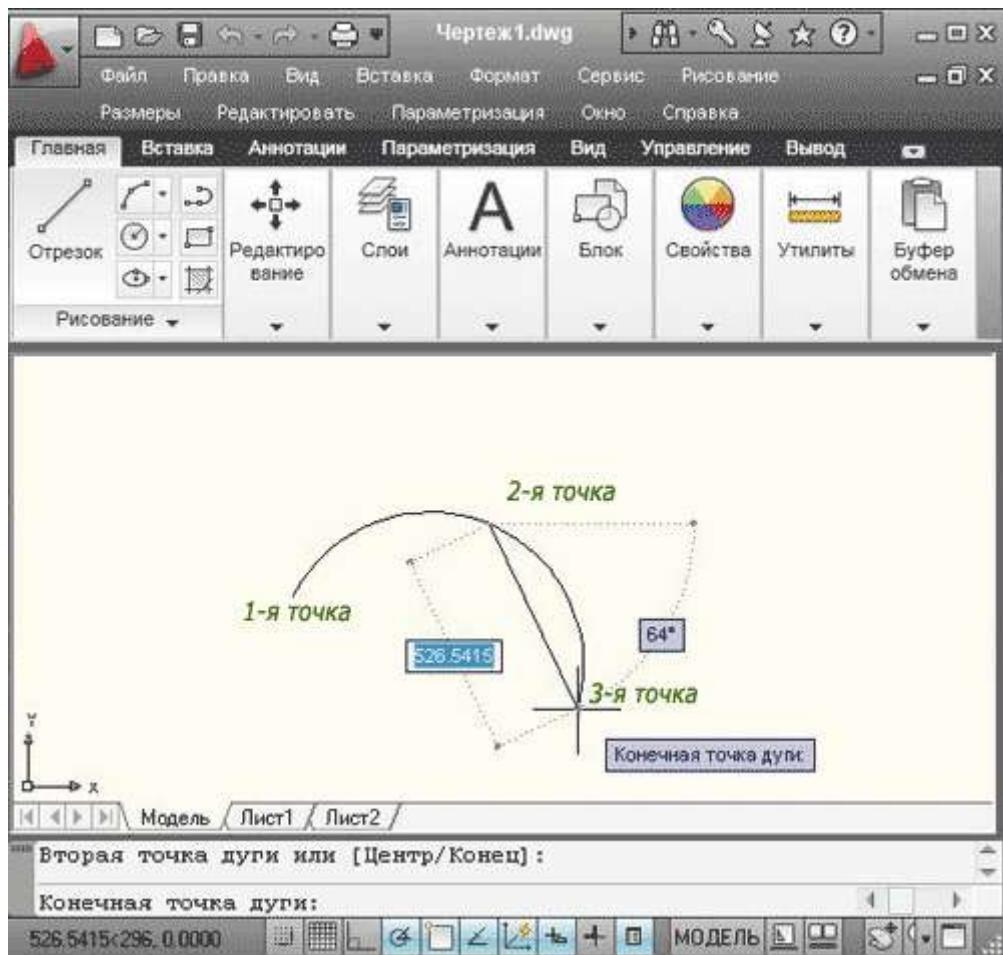
Для построения на вкладке "Главная" в панели "Рисование" открываем раскрывающийся список "Дуга", из списка выбираем команду "3 точки".



можно в командной строке набрать команду (\_arc), нажимаем **Enter**. Программа попросит указать начальную точку дуги или (центр).

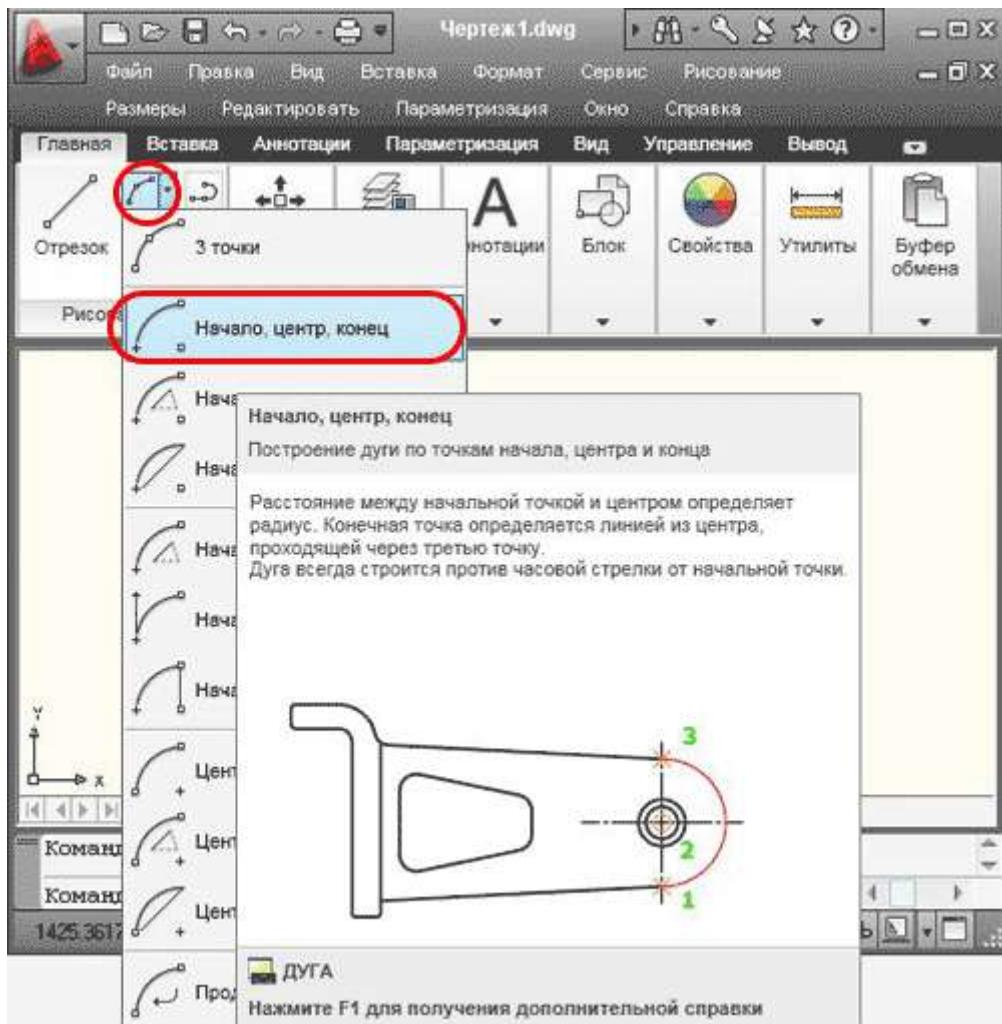


Указываем последовательно при помощи курсора первую, вторую и третью точки. Каждая точка фиксируется щелчком левой клавиши мыши. Дуга построена.

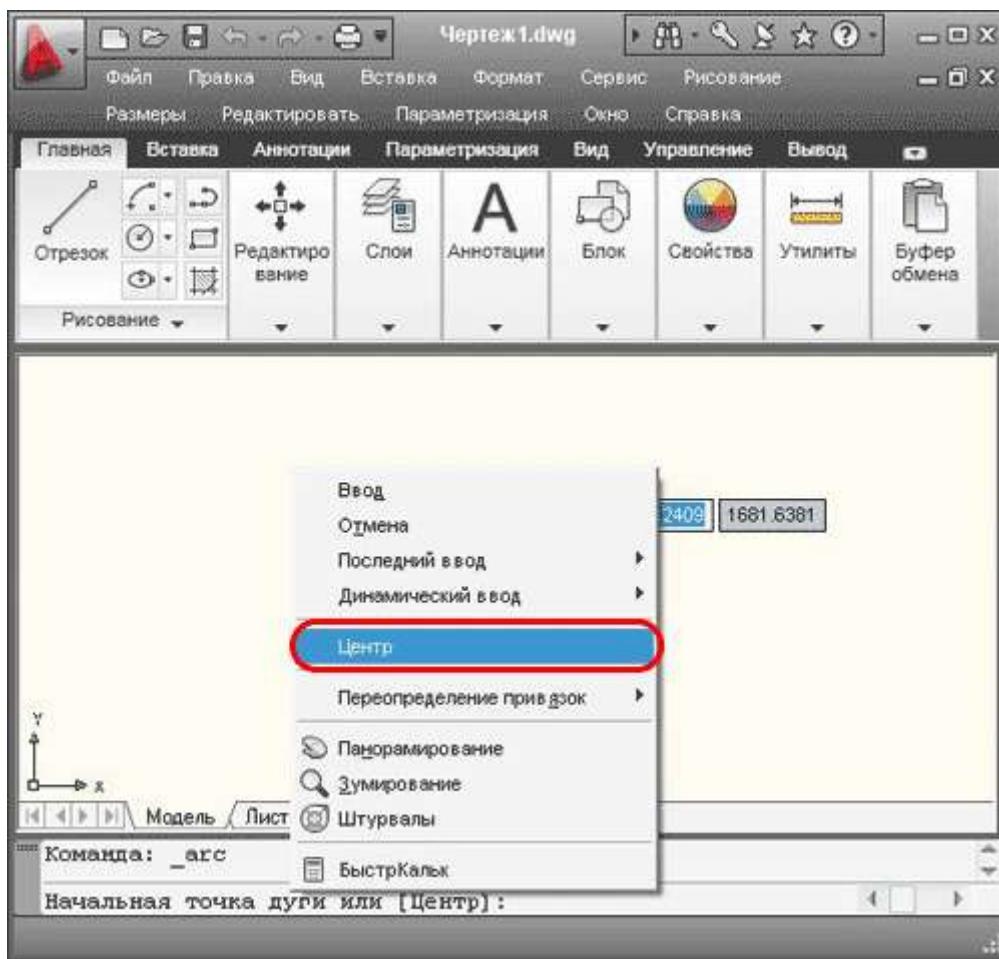


*Дуга по точкам начала, центра и конца.*

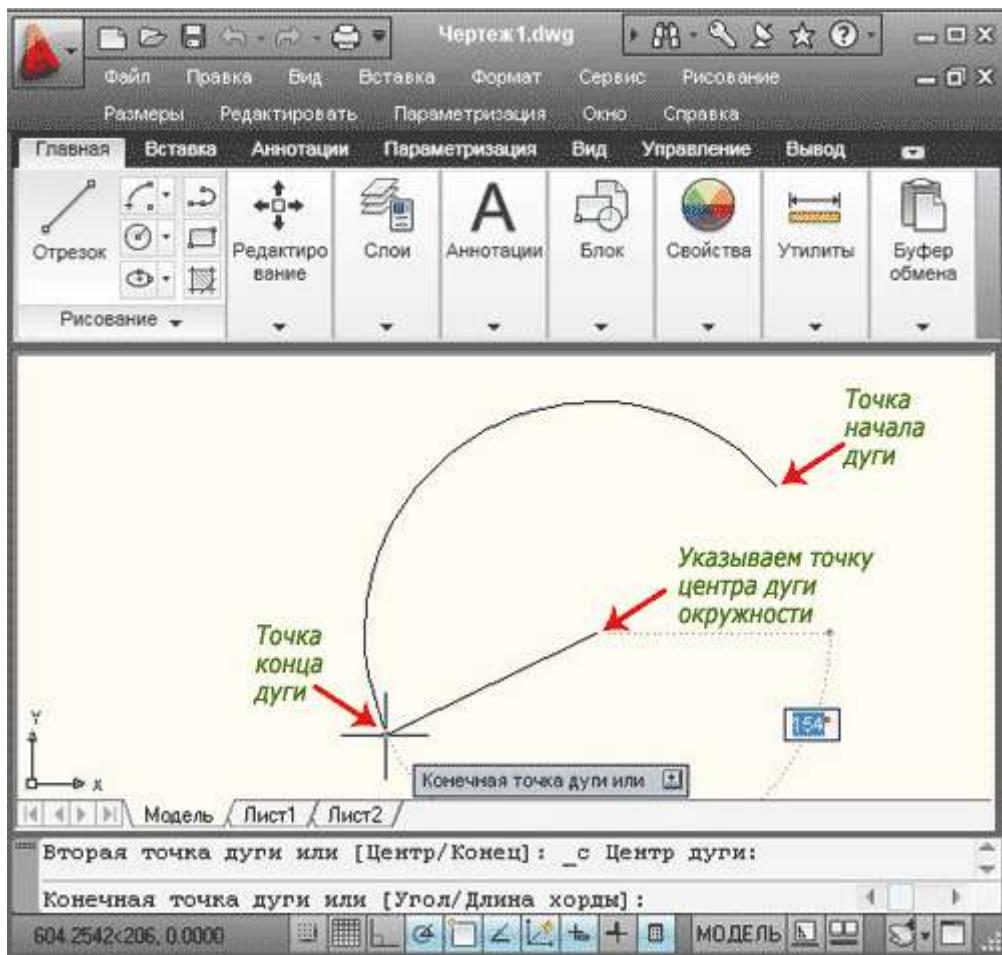
На вкладке "Главная", в панели "Рисование", открываем раскрывающийся список "Дуга". Из списка выбираем команду "Начало, центр, конец".



Или в командной строке набрать команду (\_arc), нажимаем **Enter**. Щелчком правой клавиши мыши вызываем контекстное меню, в появившемся окне нажимаем кнопку "Центр" (в англоязычных версиях "Center").

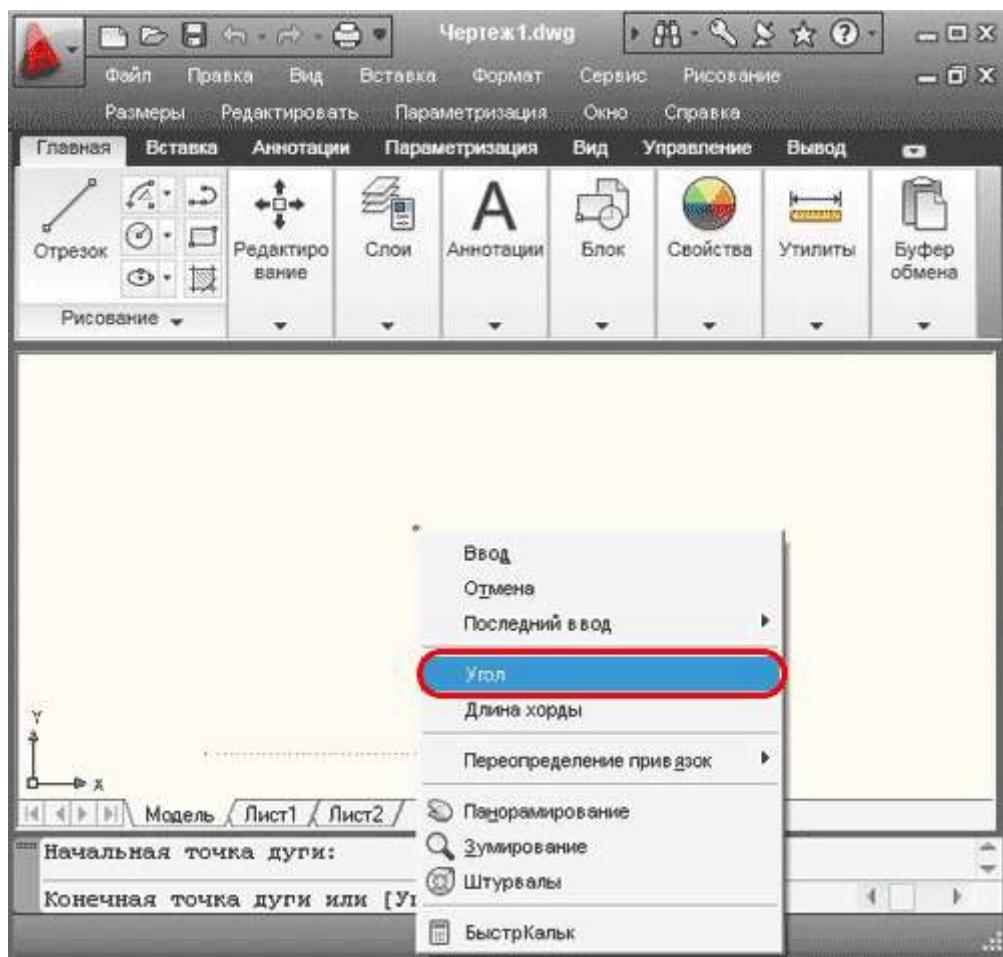


Последовательно при помощи курсора указываем точку, в которой находится центр дуги окружности и точки начала и конца дуги. Каждая точка фиксируется щелчком левой клавиши мыши. Дуга построена. Обратите внимание, что при этом способе дуга всегда строится против часовой стрелки, а конечная точка находится на пересечении дуги и воображаемого луча, проведенного от центра через вторую из указанных точек. Другими словами, дуга не обязательно должна проходить через саму конечную точку.

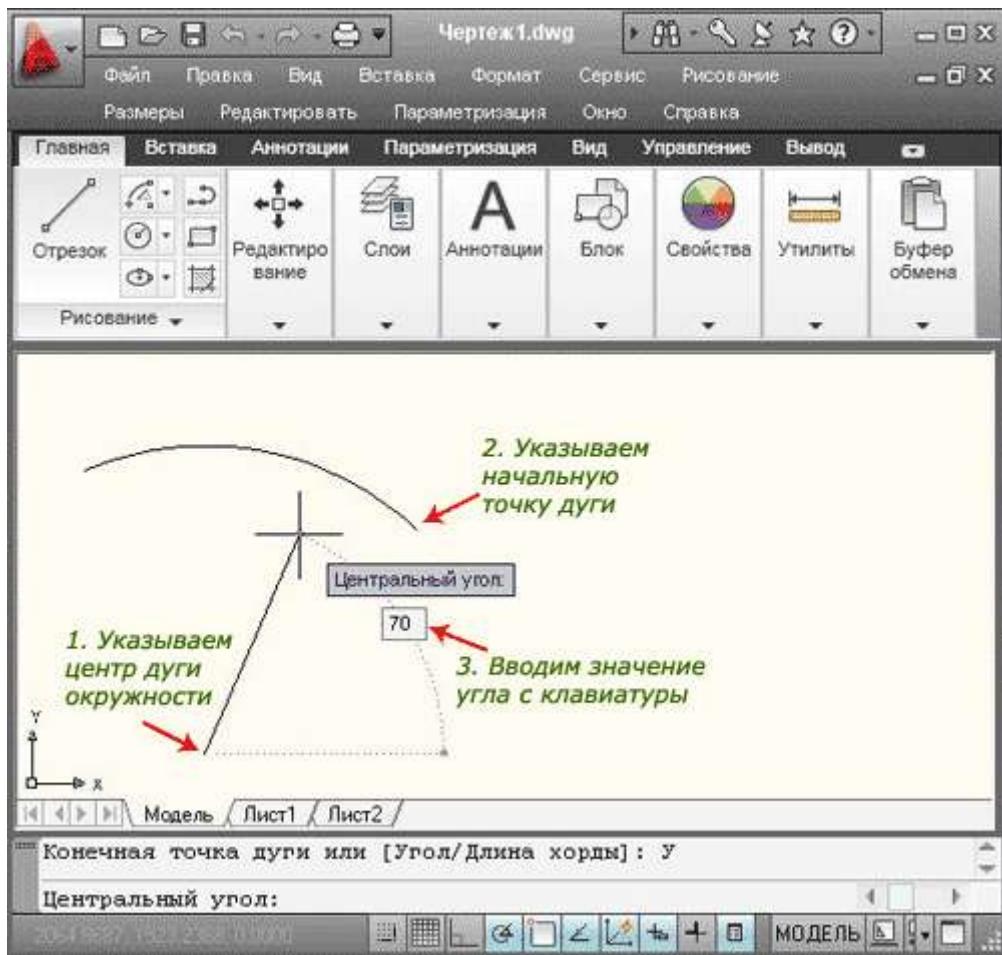


*Дуга по начальной точке, центру и внутреннему углу.*

На вкладке "Главная", в панели "Рисование", открываем раскрывающийся список "Дуга". Из списка выбираем команду "Начало, центр, угол". Также можно в командной строке набрать команду (*\_arc*), и после нажатия клавиши Enter вызвать контекстное меню щелчком правой клавиши мыши. В появившемся окне нажимаем кнопку "Центр". При помощи курсора указываем точку центра дуги окружности и начальную точку дуги. Повторно вызываем контекстное меню, нажимаем кнопку "Угол" (в англоязычных версиях "Angle").

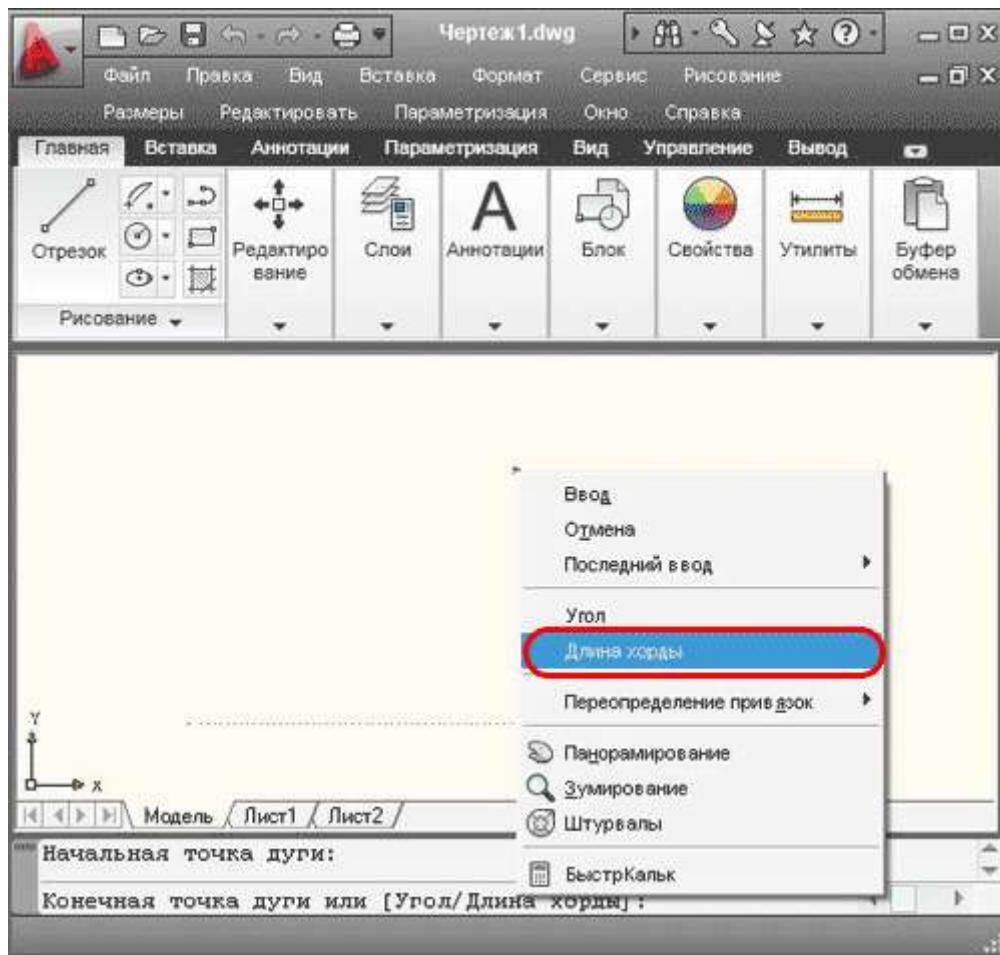


Теперь вводим значение угла (например,  $70^\circ$ ) нажимаем **Enter**, дуга построена. Как и в предыдущем примере, дуга строится против часовой стрелки. Если ввести отрицательное значение угла будет построена дуга большей длины.

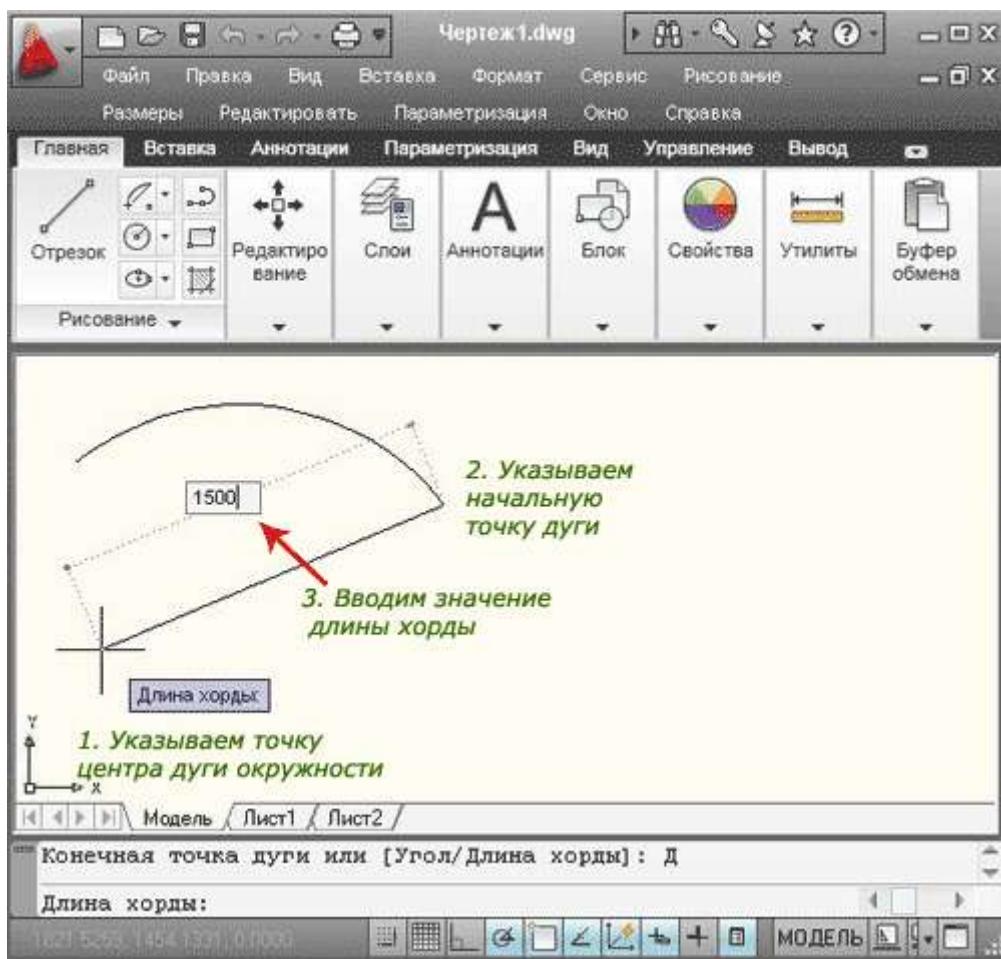


### *Дуга по начальной точке, центру и длине хорды.*

В панели "Рисование", открываем раскрывающийся список "Дуга". Из списка выбираем команду "Начало, центр, длина". Также можно в командной строке набрать команду (*\_arc*), и после нажатия клавиши **Enter**, вызвать контекстное меню щелчком правой клавиши мыши. В появившемся окне нажимаем кнопку "Центр". При помощи курсора указываем точку центра дуги окружности и начальную точку дуги. Повторно вызываем контекстное меню, нажимаем кнопку "Длина хорды" (в англоязычных версиях "chord Length").



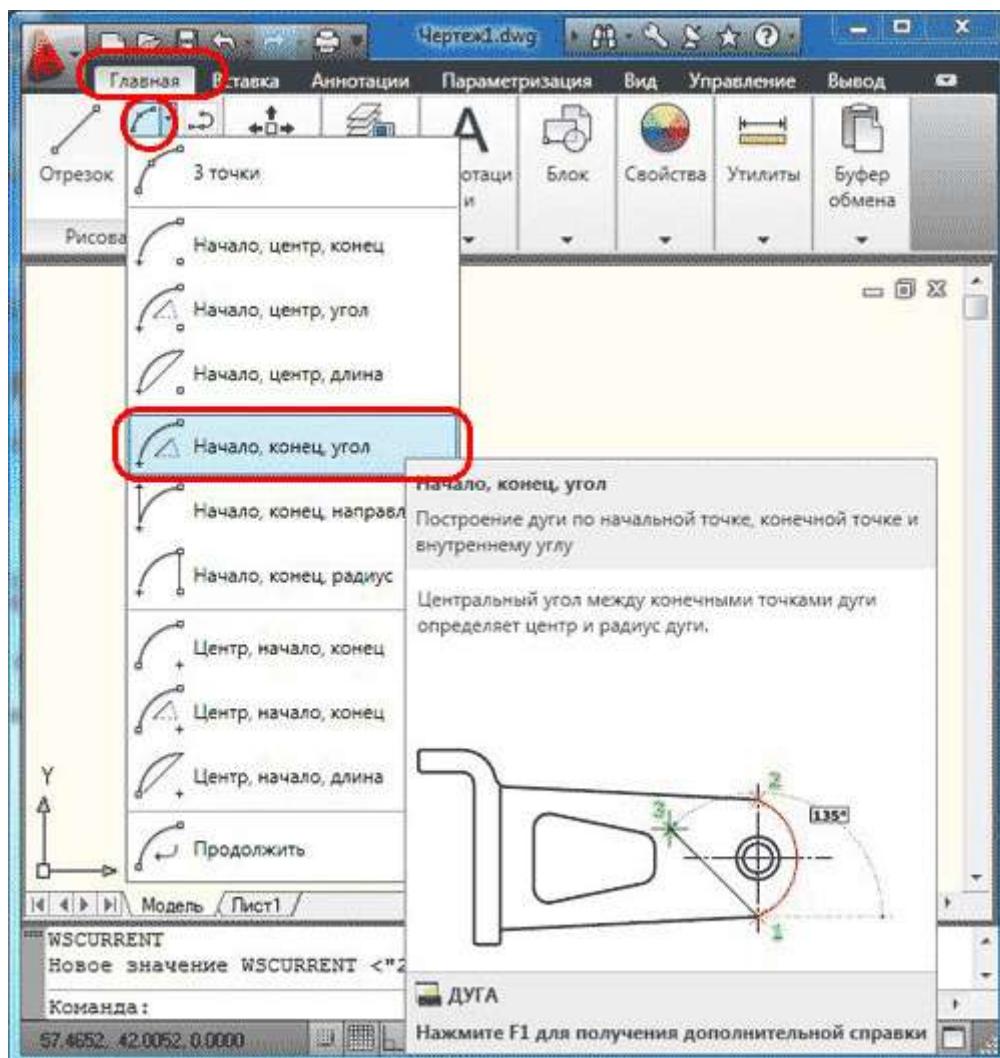
Теперь вводим значение длины (например, 1500) нажимаем **Enter**, дуга построена.



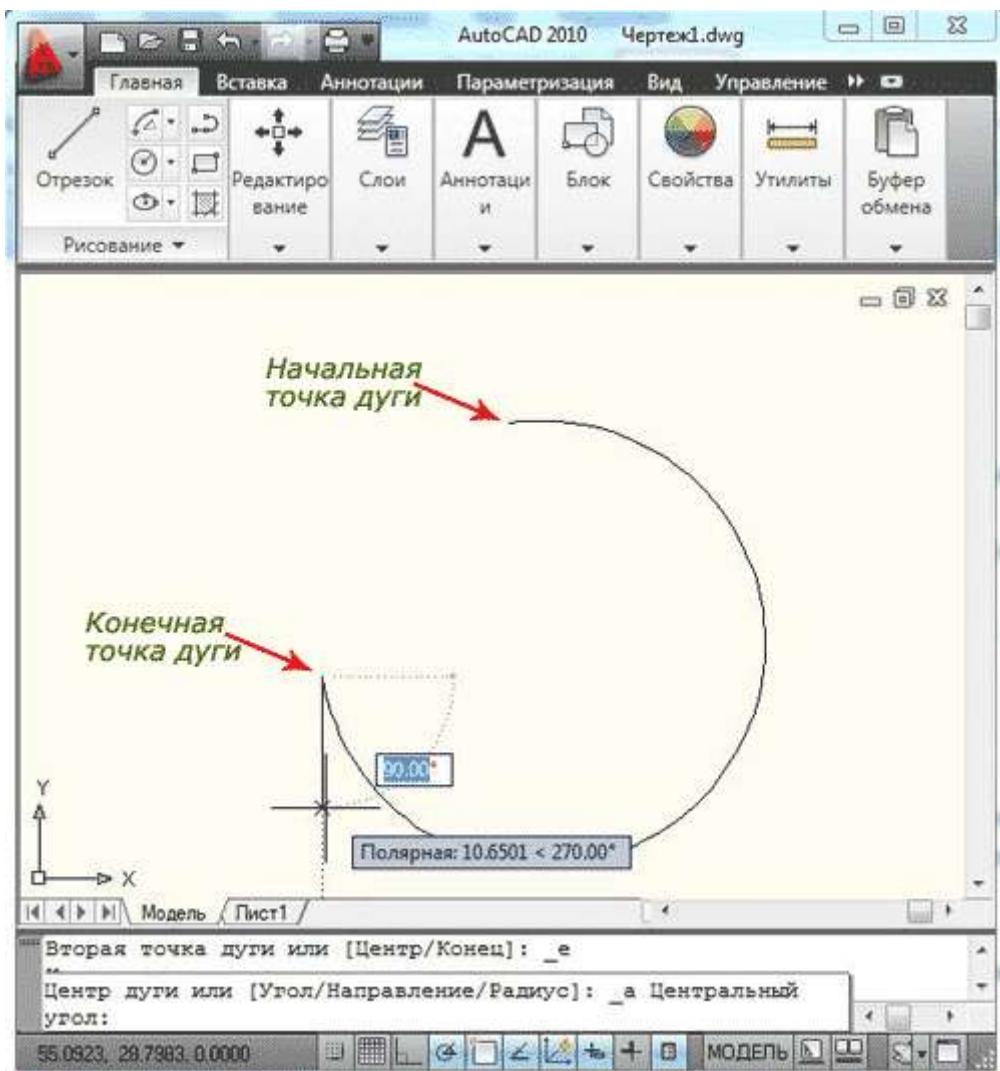
Необходимо помнить, что на окружности существует две хорды заданной длины. Чтобы построить дугу по второй хорде, задается отрицательное значение длины, в нашем примере (-1500), в этом случае будет построена большая дуга той же окружности. Не забывайте, абсолютное значение длины хорды не может превышать диаметр окружности.

#### *Дуга по начальной точке, конечной точке и внутреннему углу.*

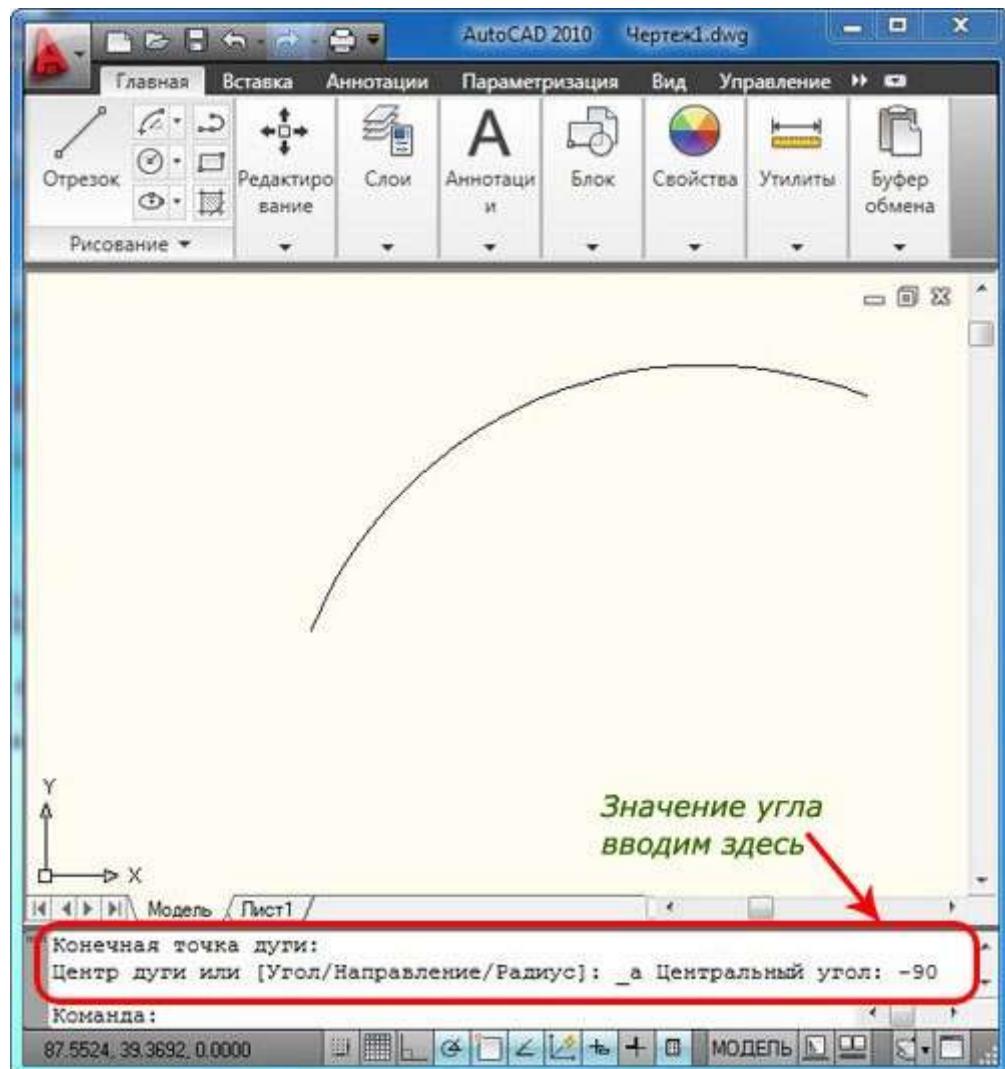
Для построения на вкладке "Главная" в панели "Рисование" открываем раскрывающийся список "Дуга", из списка выбираем команду "Начало, конец, угол".



Указываем начальную и конечную точку дуги.

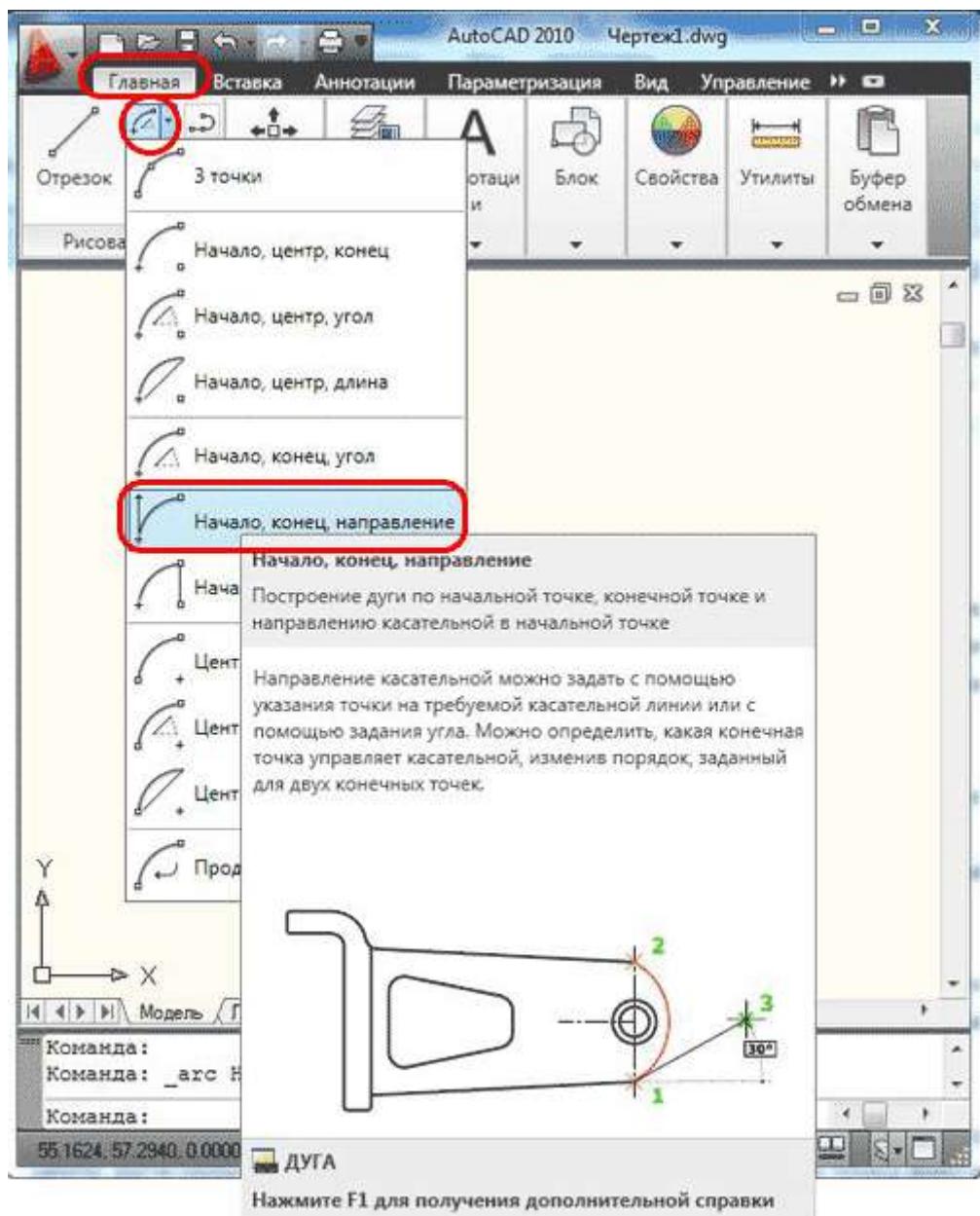


Система попросит ввести значение угла, введем, к примеру,  $90^\circ$  нажимаем клавишу **Enter**. Как видите центр, и радиус дуги определились автоматически. Дуга строится против часовой стрелки. Если нужно построить дугу с направлением по часовой стрелке, вводим отрицательное значение угла ( $-90^\circ$ ).

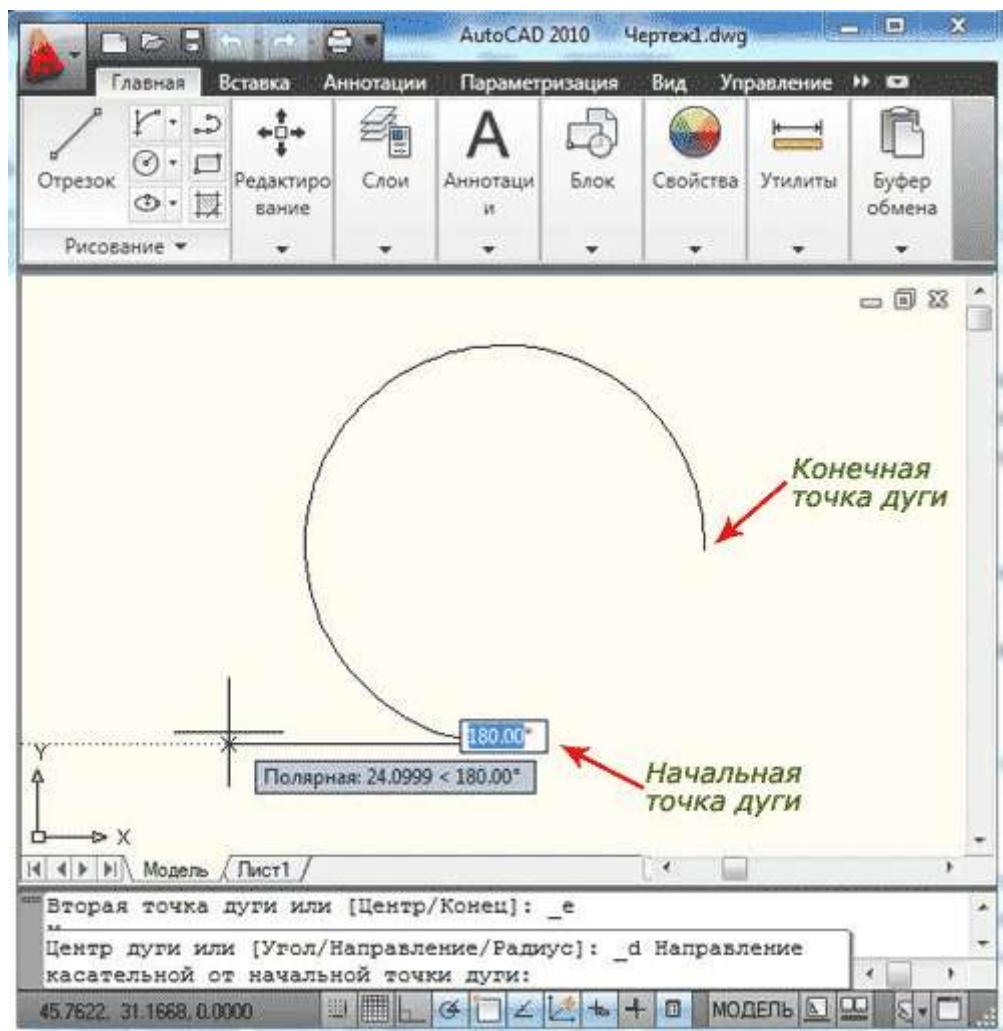


*Дуга по начальной точке, конечной точке и направлению касательной в начальной точке.*

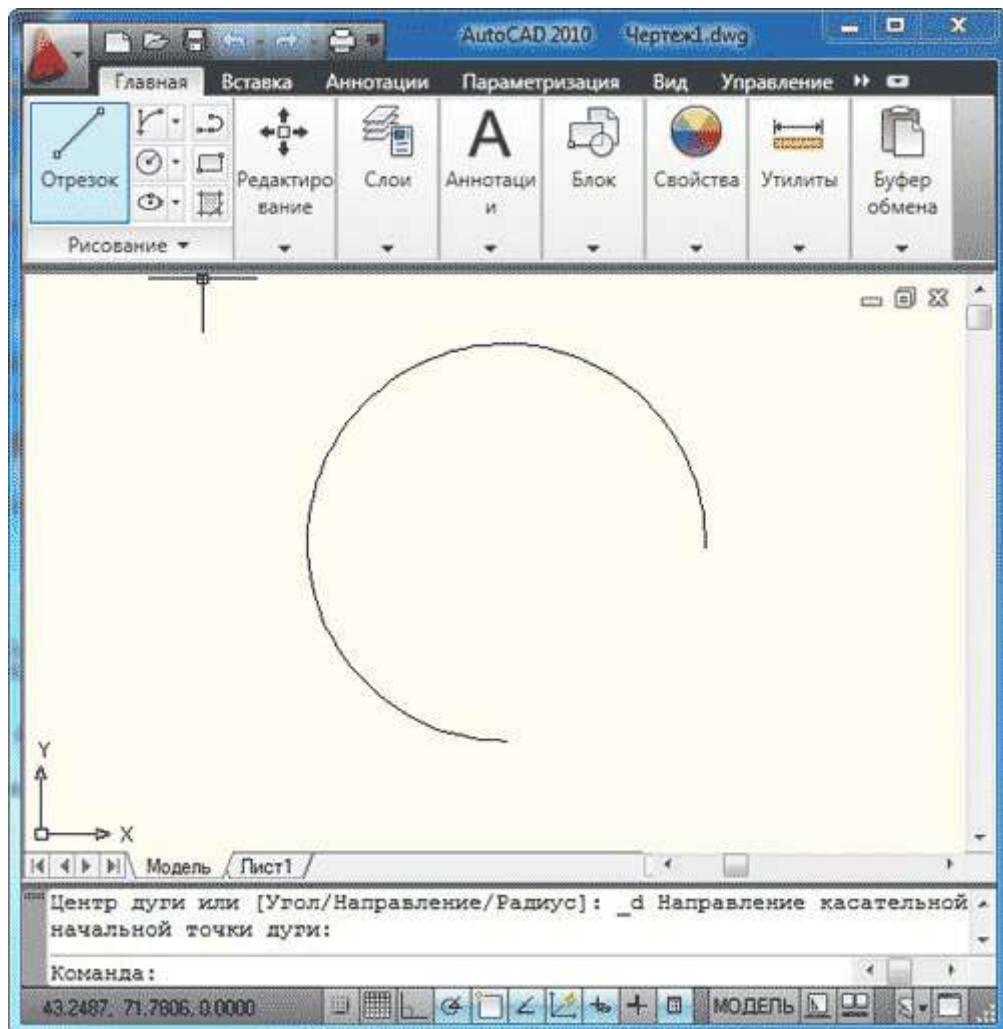
На вкладке "Главная", в панели "Рисование", открываем раскрывающийся список "Дуга". Из списка выбираем команду "Начало, конец, направление".



При помощи курсора указываем начальную и конечную точку дуги. Система попросит указать направление касательной.

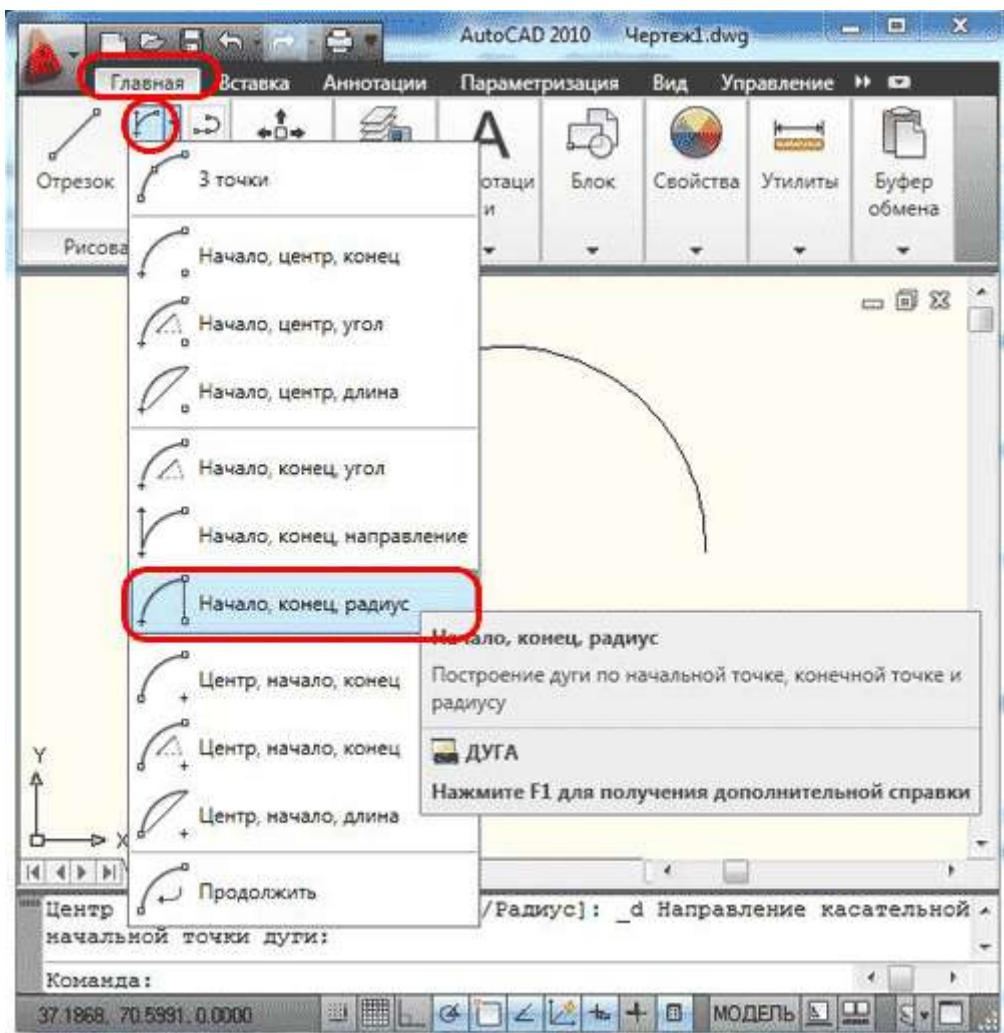


После выбора направления делаем щелчок левой клавишей мыши, дуга построена.

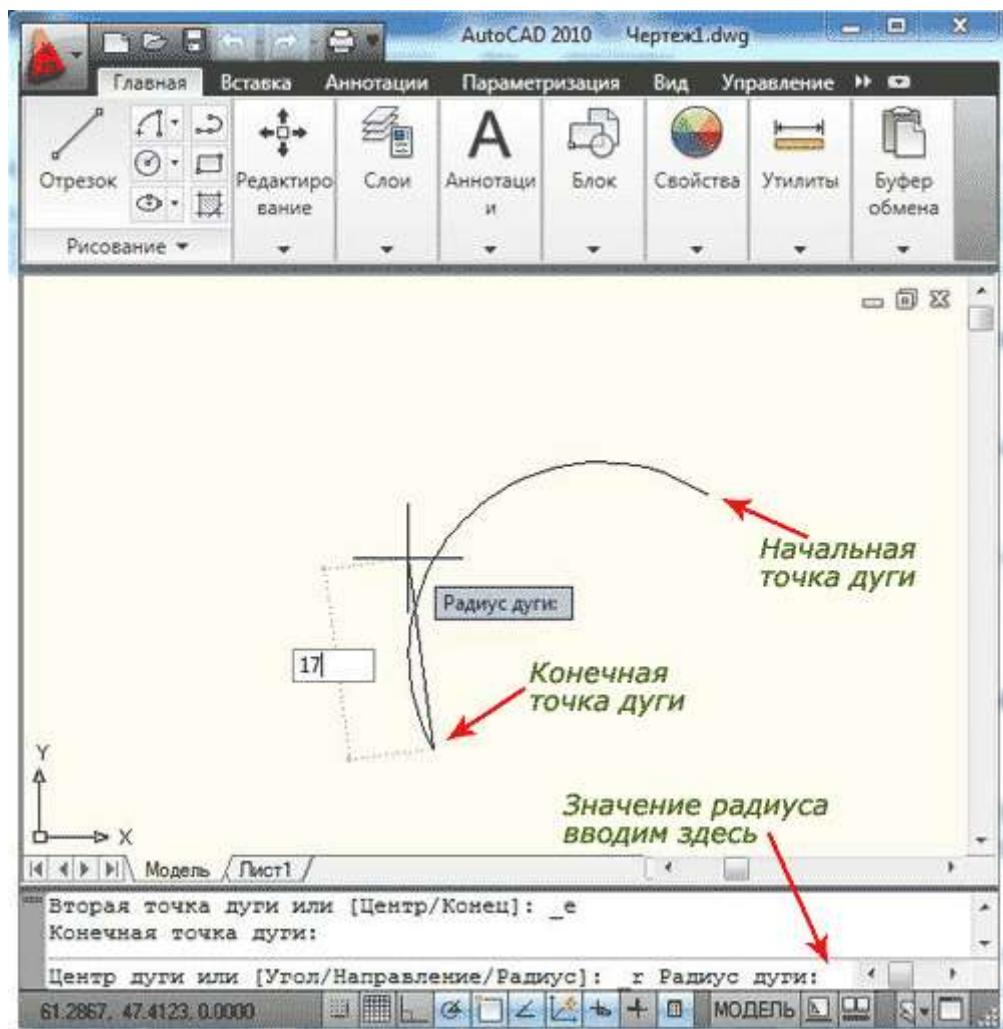


*Дуга по начальной точке, конечной точке и радиусу.*

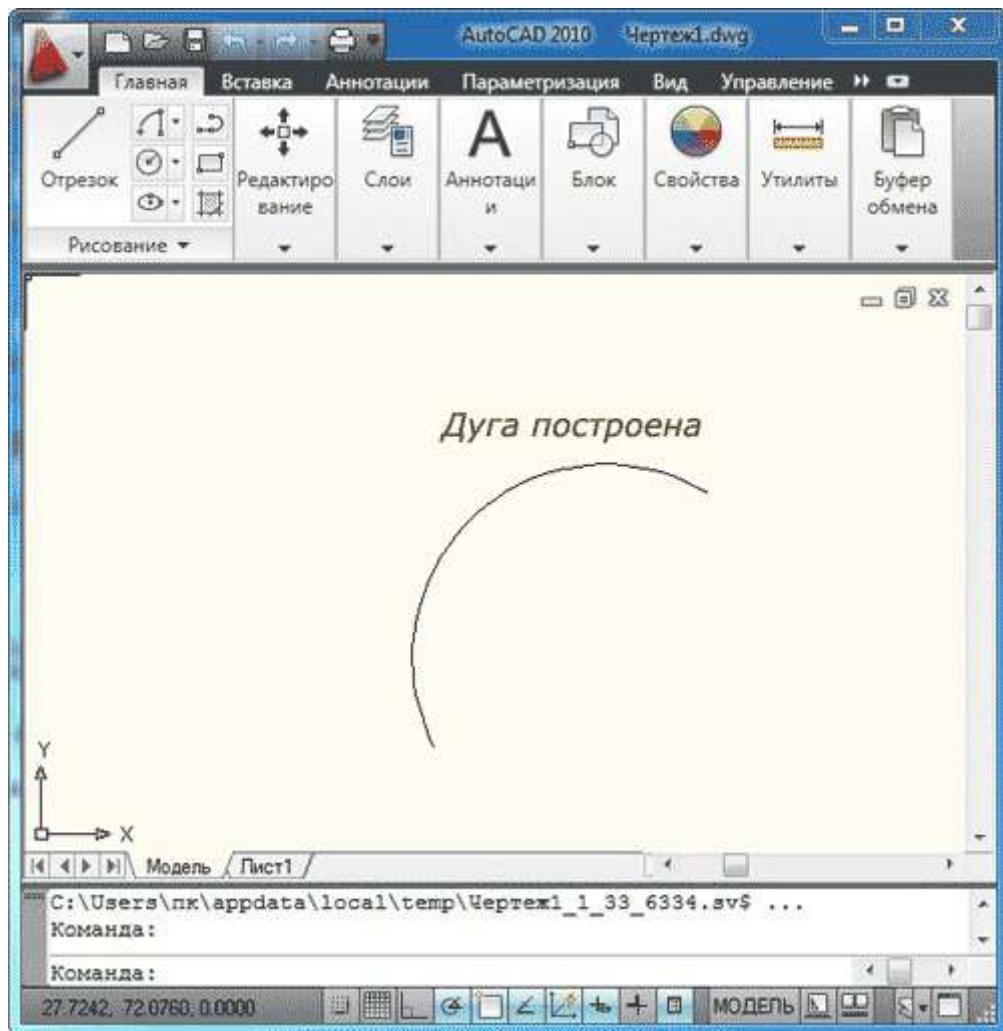
На вкладке "Главная", в панели "Рисование", открываем раскрывающийся список "Дуга". Из списка выбираем команду "Начало, конец, радиус".



При помощи курсора указываем начальную и конечную точки дуги. Обратите внимание, порядок задания конечных точек, определяет направление прогиба дуги (если Вы хотите построить дугу в другом направлении, просто задавайте конечные точки в другой последовательности).

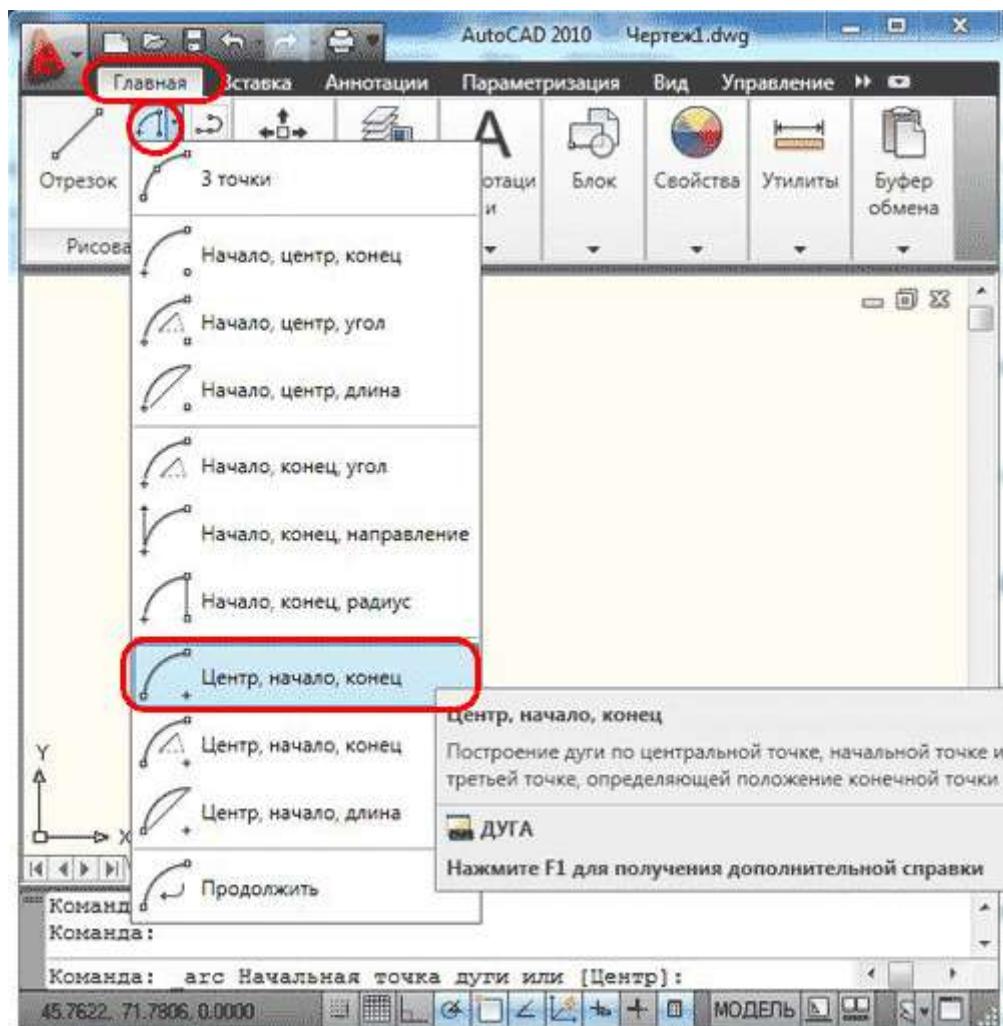


Вводим значение радиуса, нажимаем Enter , дуга построена.

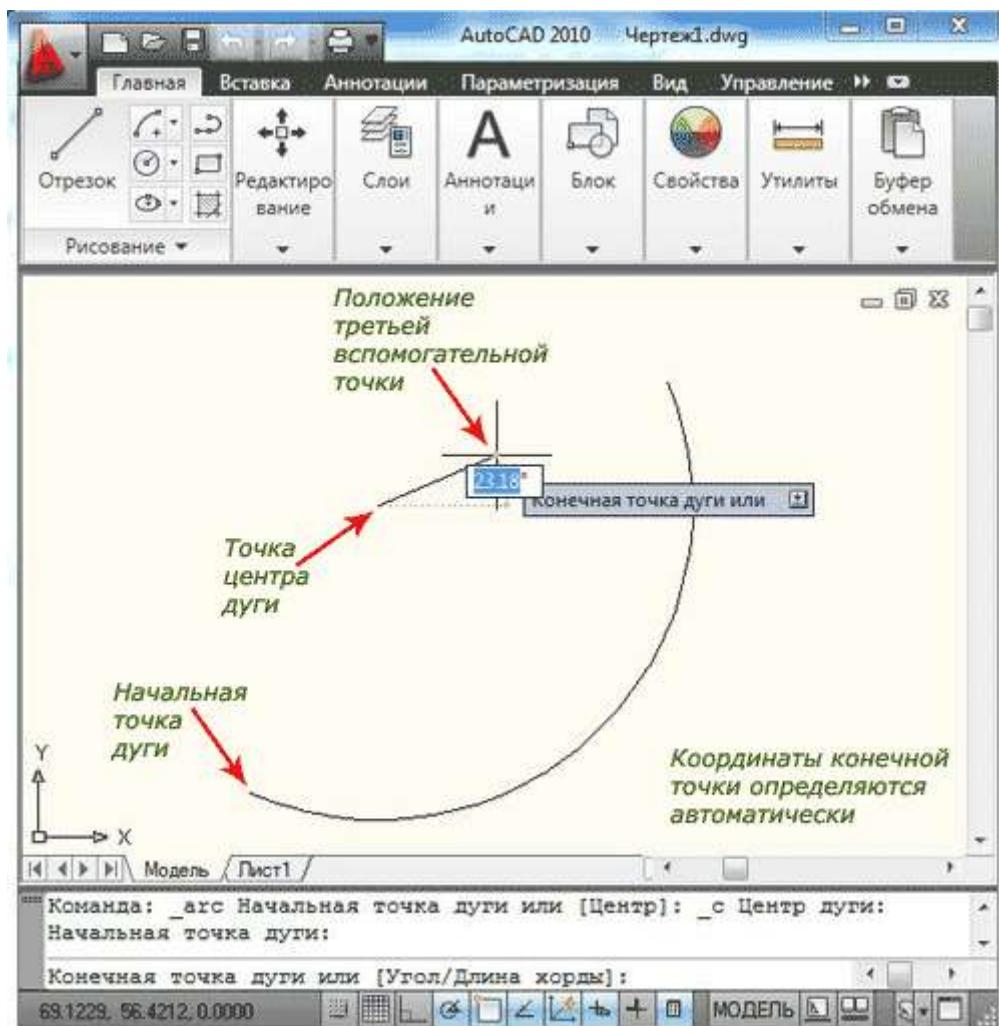


*Дуга по центральной точке, конечной точке и третьей точке, определяющей положение конечной точки.*

В панели "Рисование", открываем раскрывающийся список "Дуга". Из списка выбираем команду "Центр, начало, конец".



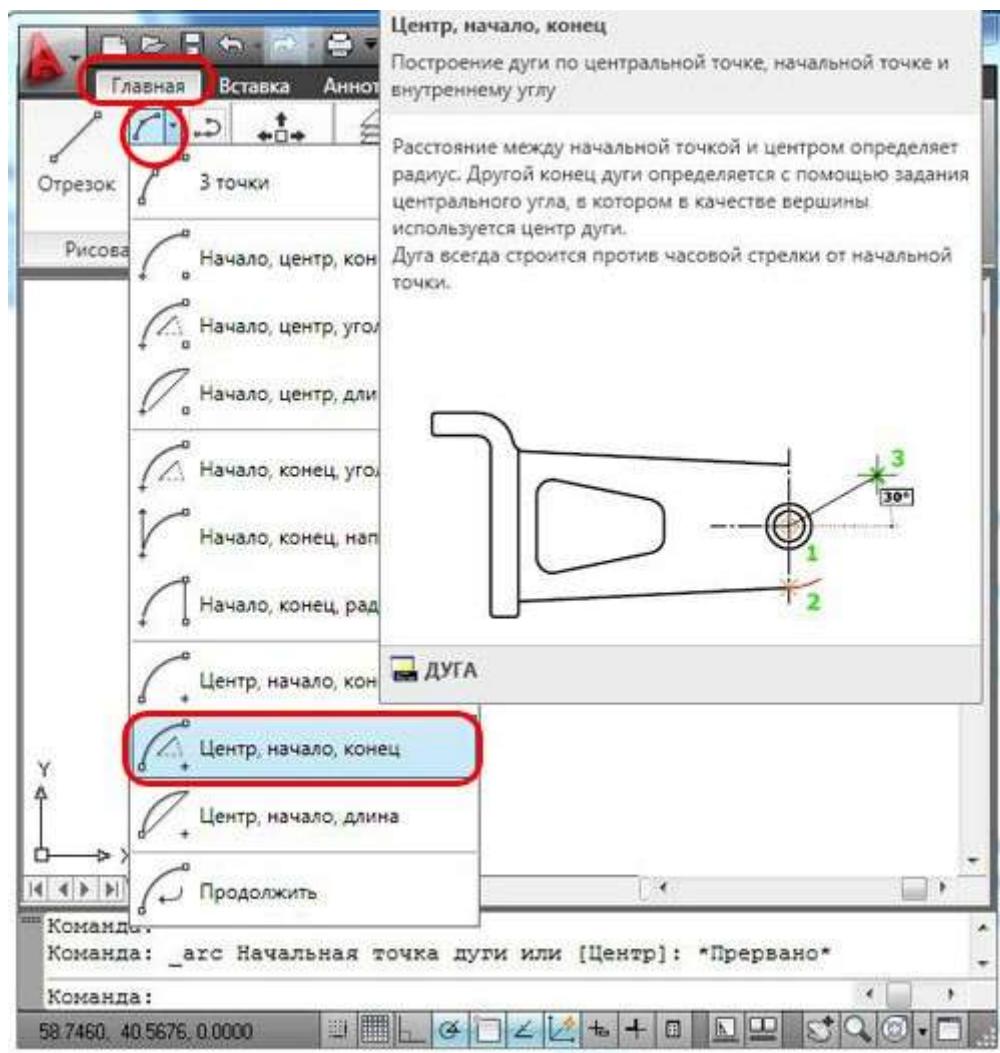
Последовательно при помощи курсора указываем координаты центра и начальной точки дуги, далее указываем положение третьей вспомогательной точки (координаты точек можно вводить в командной строке). Конечная точка дуги будет определена линией проведенной из центра через указанную нами третью точку.



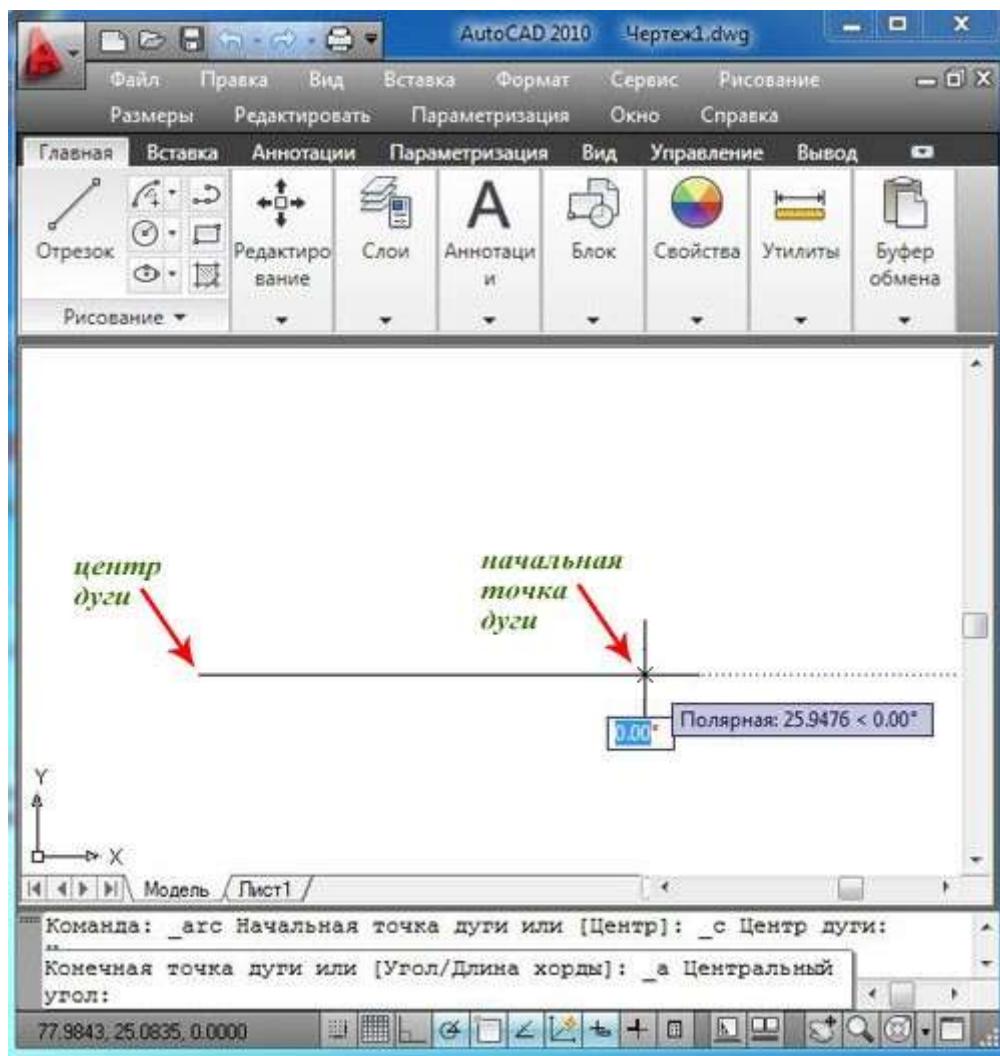
Дуга всегда строится против часовой стрелки. Если Вам известны центральный угол или длина хорды, после ввода начальной точки можно вызвать контекстное меню и выбрать нужную команду.

#### *Дуга по центральной точке, начальной точке и внутреннему углу.*

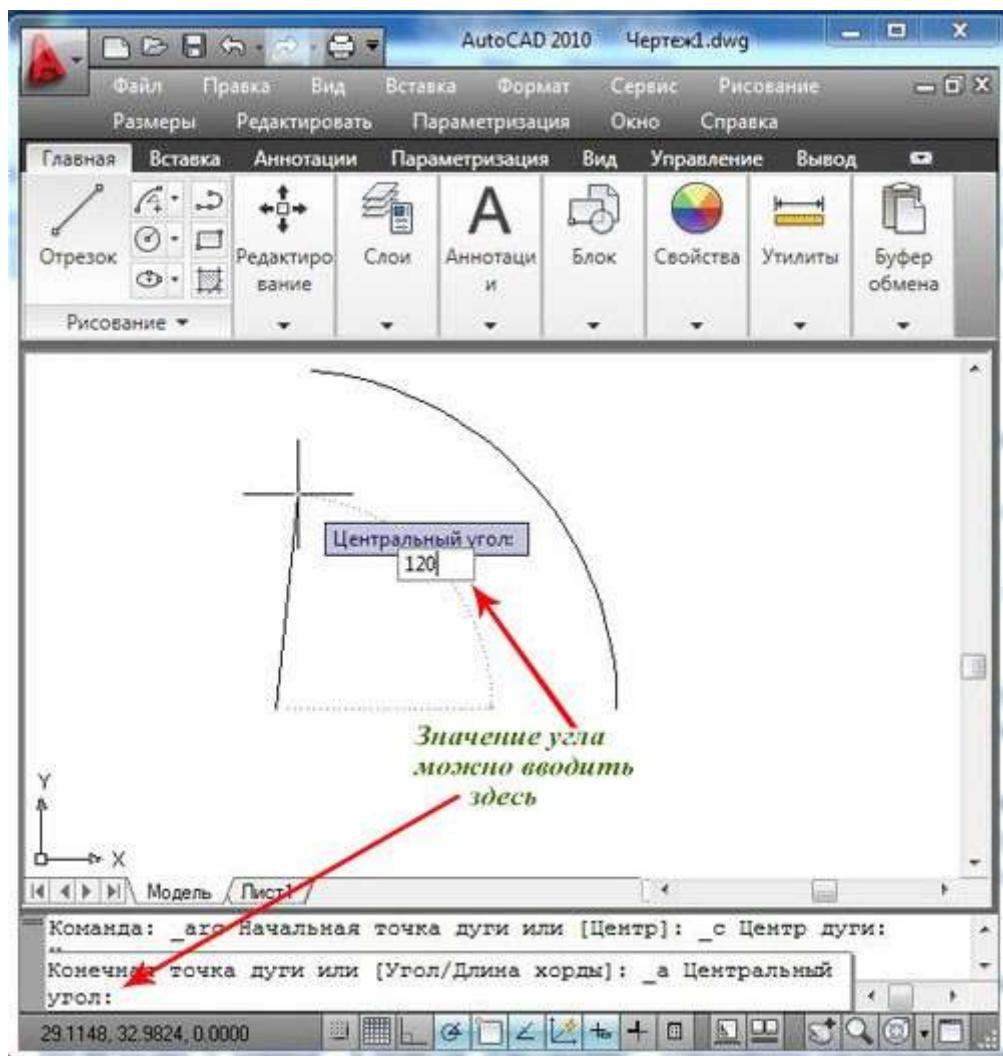
Для построения на вкладке "Главная" в панели "Рисование" открываем раскрывающийся список "Дуга", из списка выбираем команду "Центр, начало, угол".



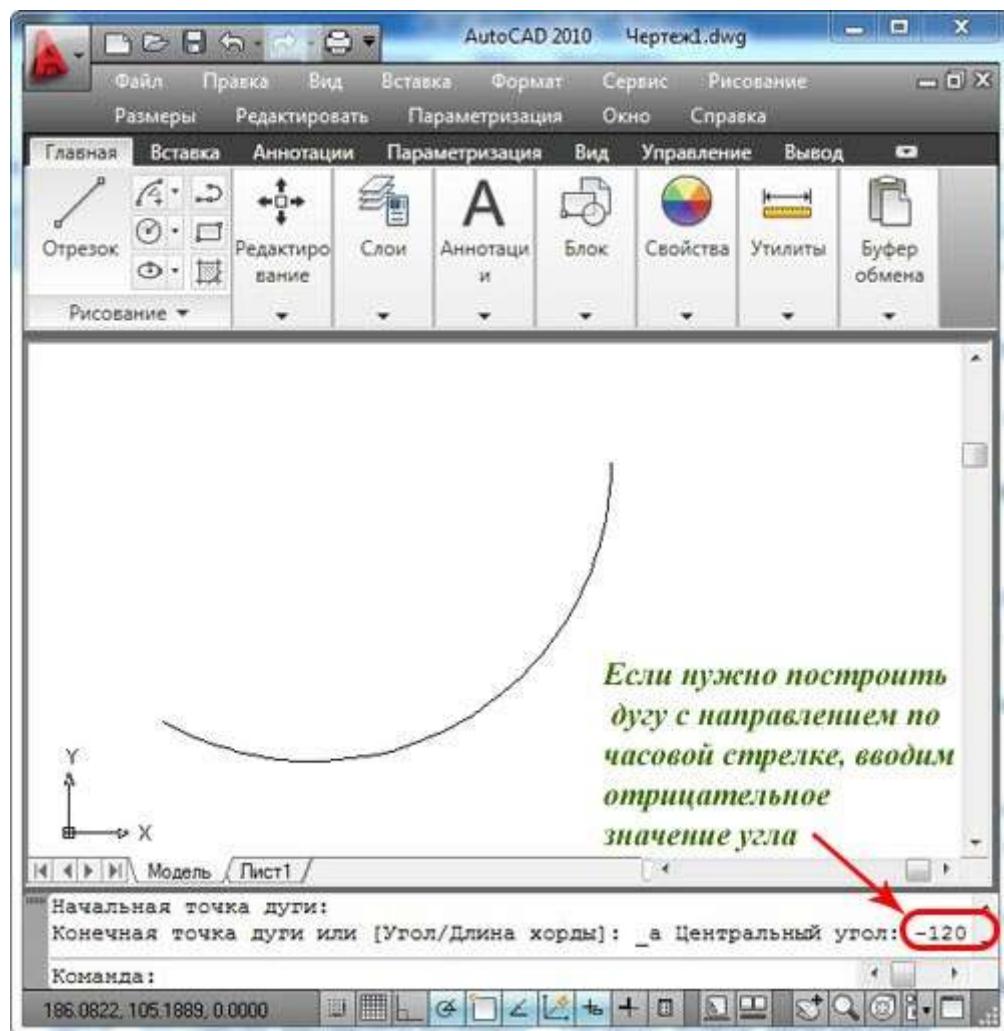
Сначала задаем точки центра и начала дуги, как обычно, значение координат можно задавать в командной строке или указывать при помощи курсора.



Система попросит ввести значение угла, введем, к примеру,  $120^\circ$  нажимаем клавишу **Enter**, конечная точка при этом определится автоматически.

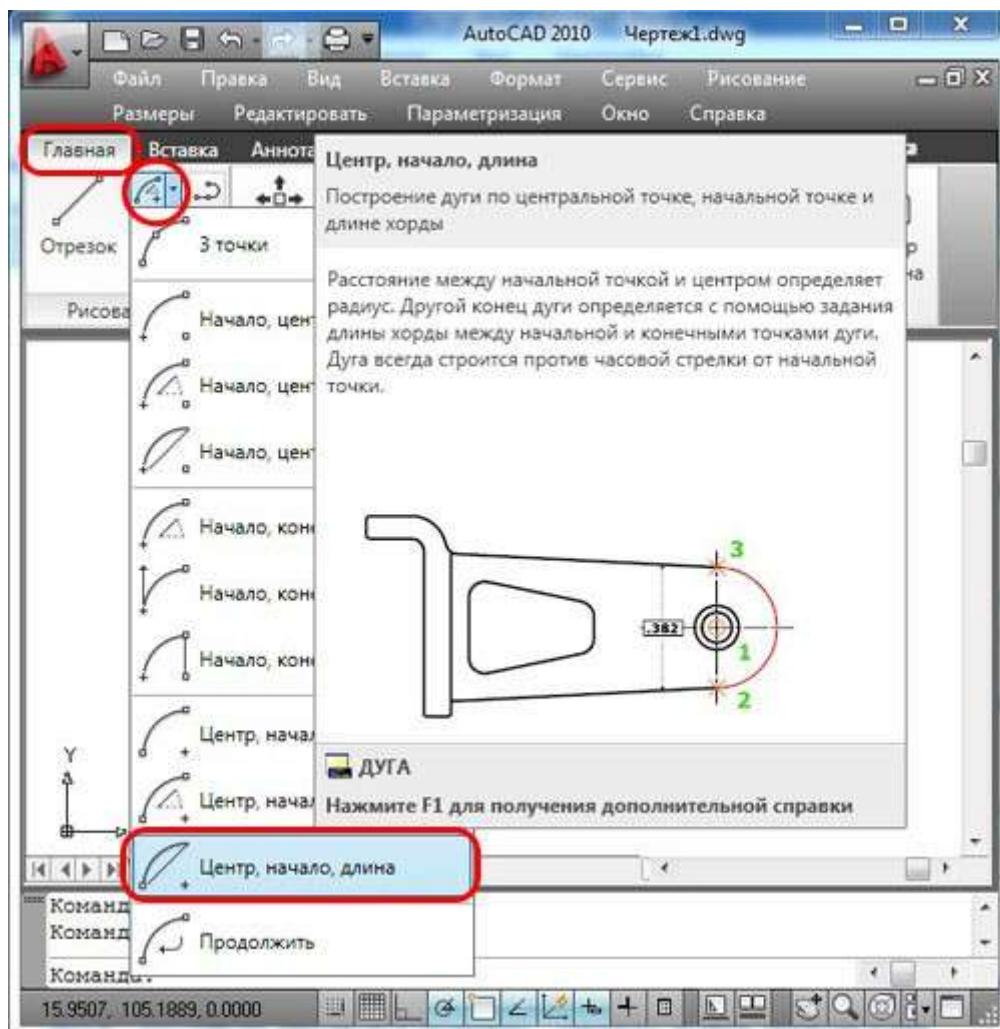


Дуга всегда строится против часовой стрелки. Если нужно построить дугу с направлением по часовой стрелке, вводим отрицательное значение угла ( $-120^\circ$ ).

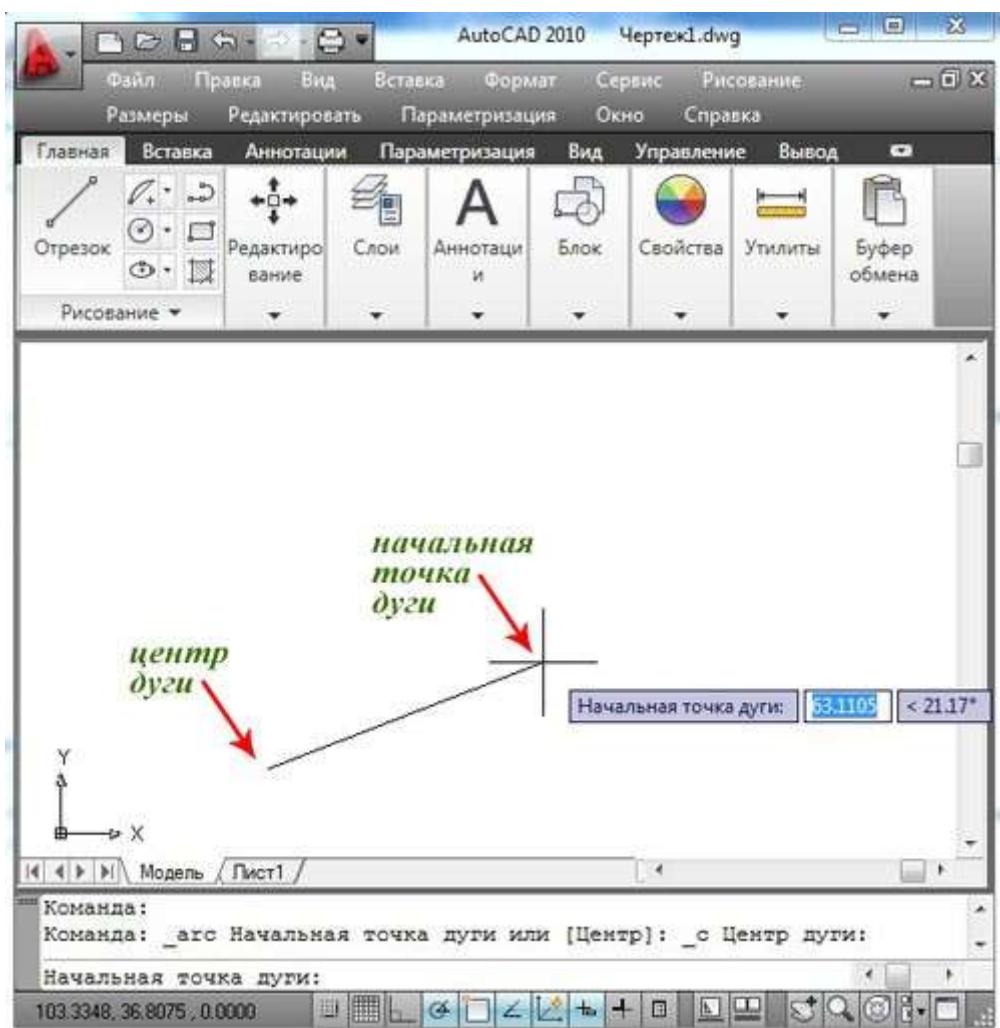


*Построение дуги по центральной точке, начальной точке и длине хорды.*

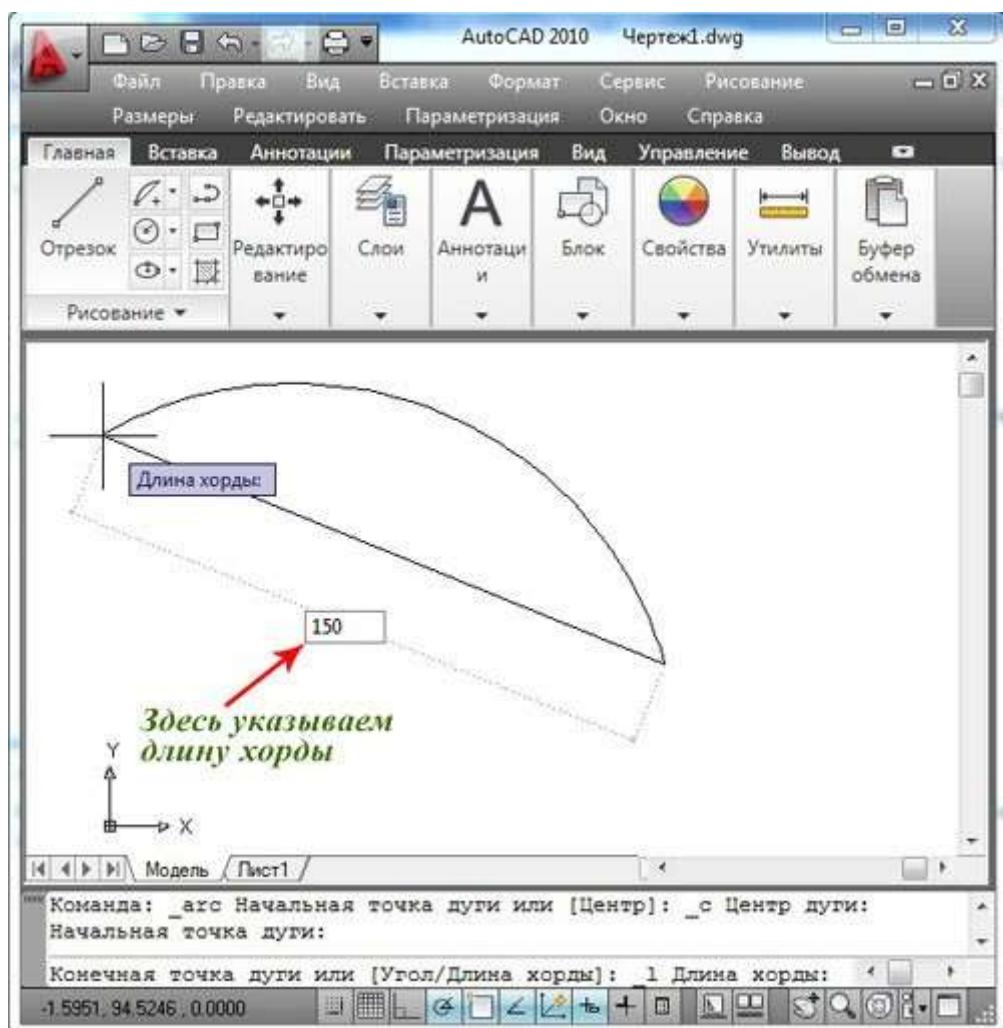
На вкладке "Главная", в панели "Рисование", открываем раскрывающийся список "Дуга". Из списка выбираем команду "Центр, начало, длина".



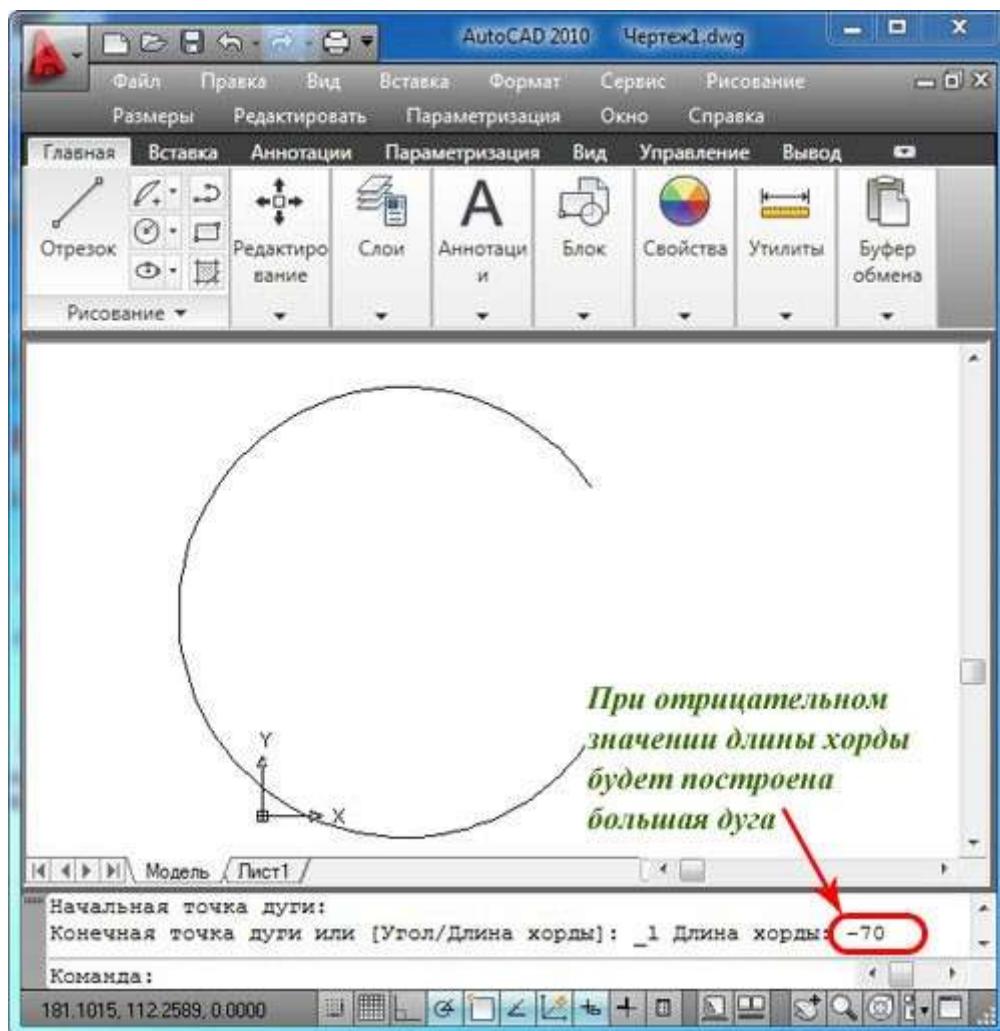
При помощи курсора задаем точки центра и начала дуги. Система попросит указать длину хорды.



Укажем, к примеру, длину **150 мм**, нажимаем клавишу **Enter**.

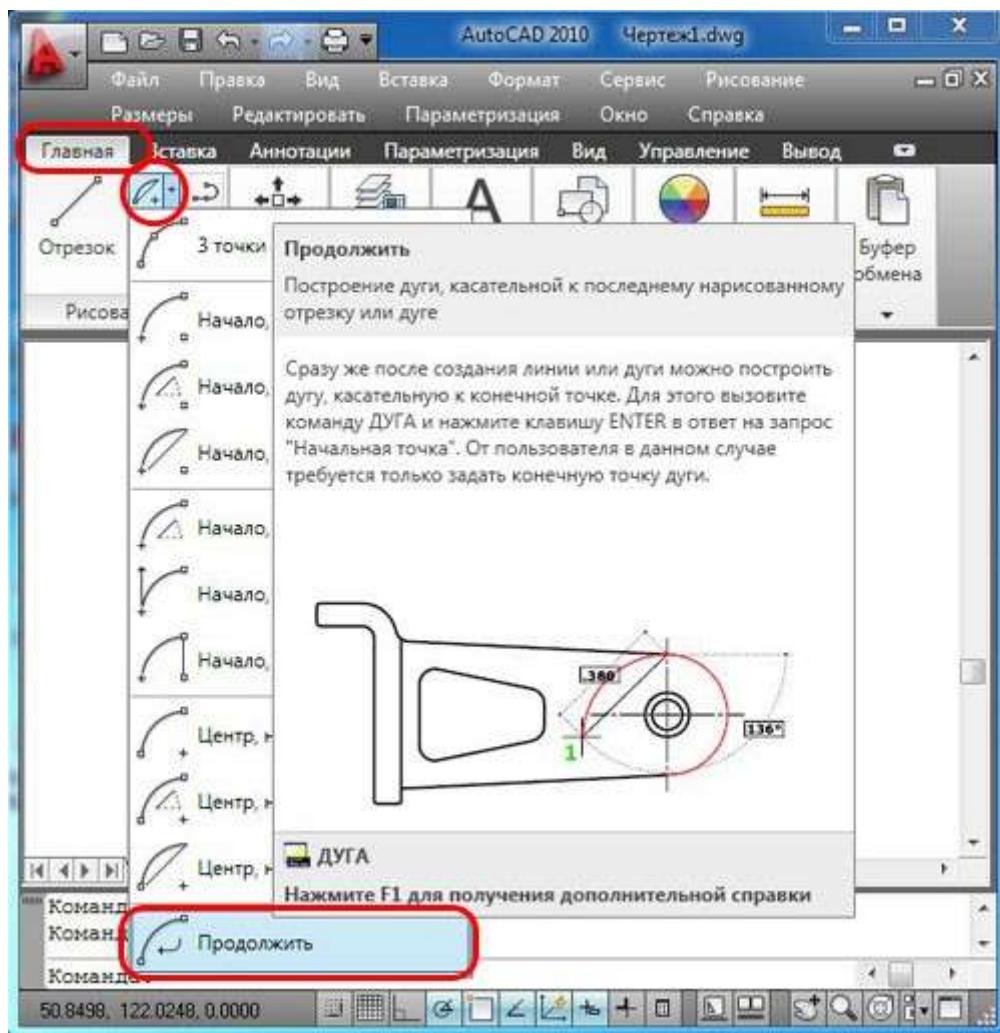


Следует помнить, что может быть построена меньшая или большая дуга. При положительном значении длины хорды, строится меньшая дуга против часовой стрелки, при отрицательном значении, строится большая дуга опять же против часовой стрелки.

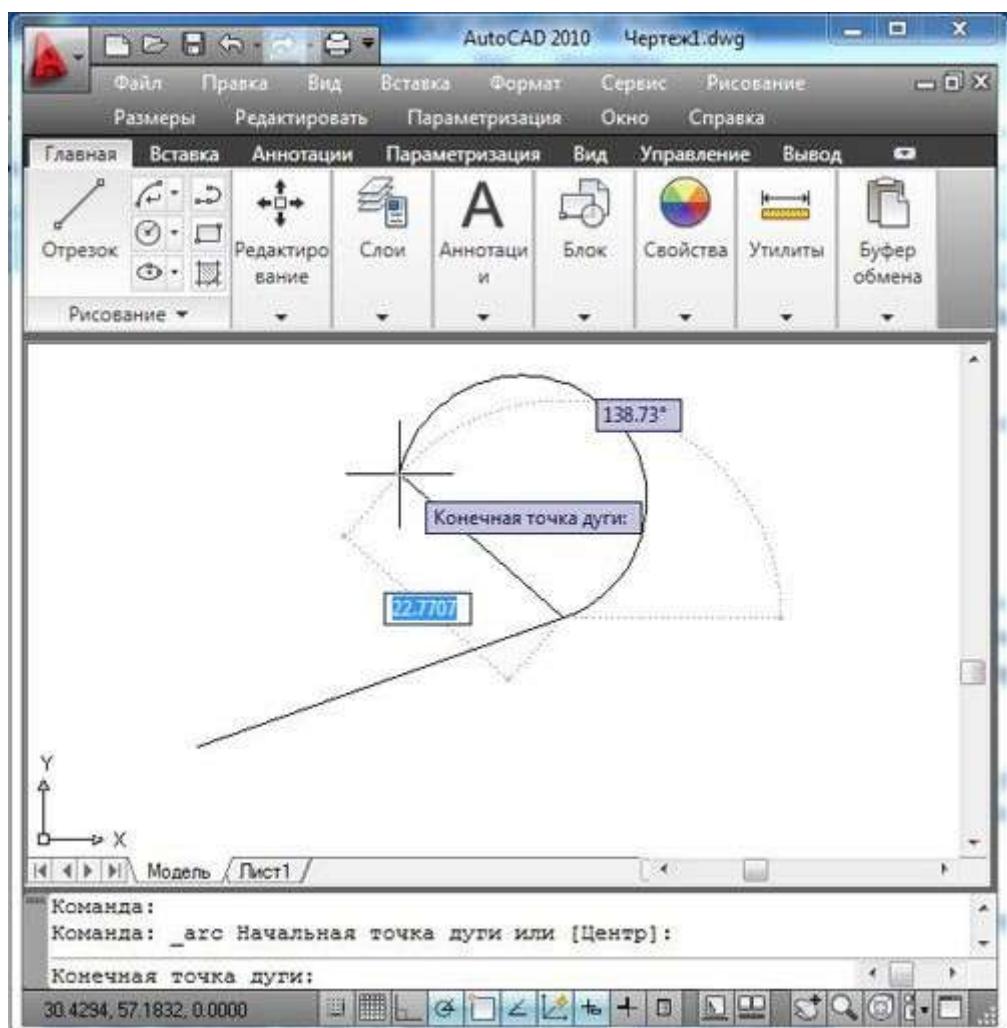


Дуга касательная к последнему нарисованному отрезку, дуге или полилинии.

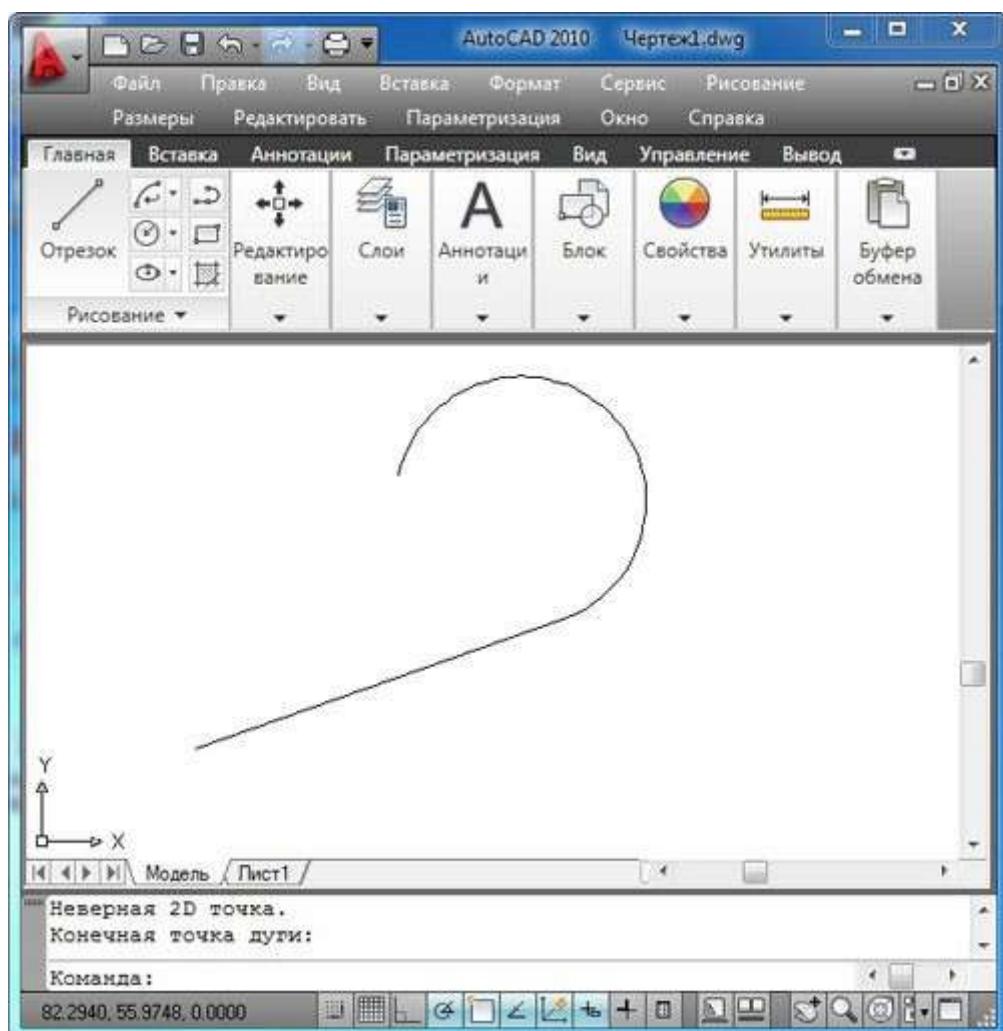
На вкладке "Главная", в панели "Рисование", открываем раскрывающийся список "Дуга". Из списка выбираем команду "Продолжить".



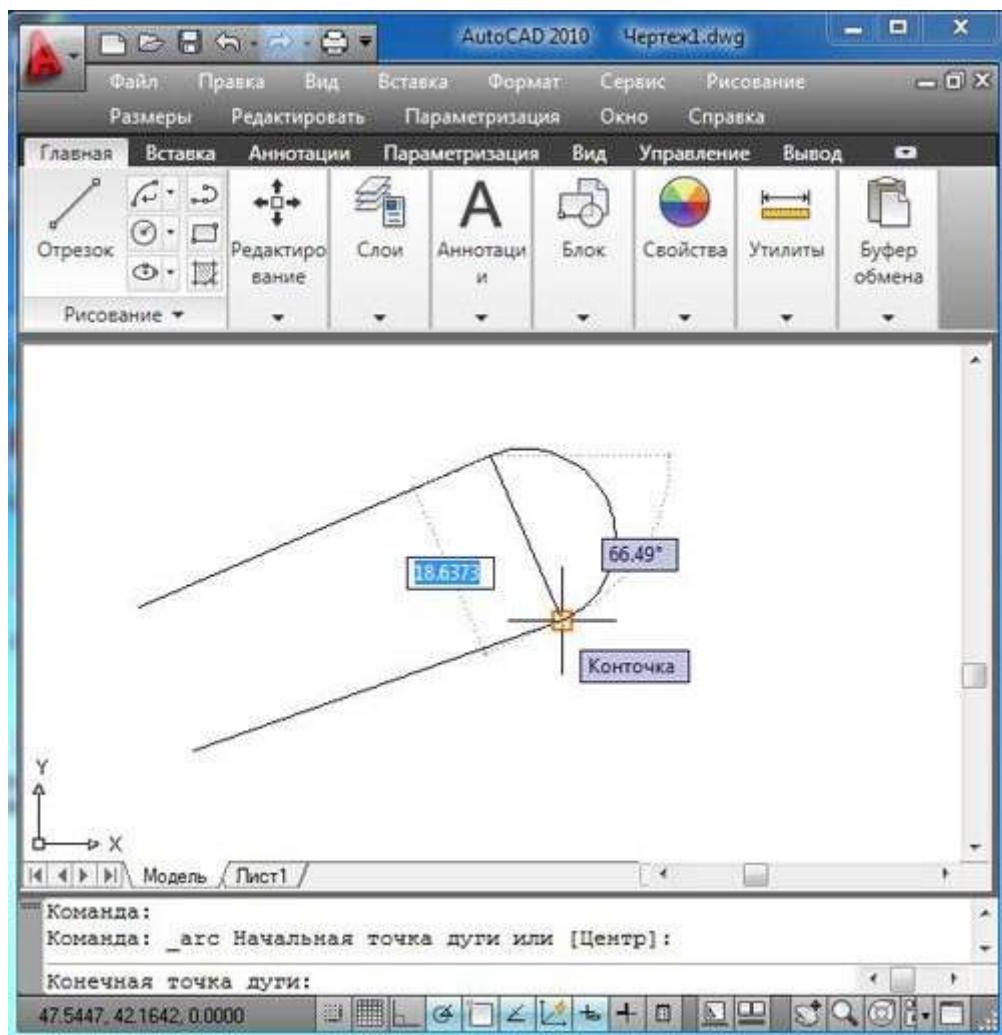
Сразу после создания отрезка или дуги можно построить дугу касательную к его конечной точке. Давайте построим произвольный отрезок и вызовем команду "Продолжить". Система попросит указать конечную точку, сделаем это при помощи курсора.



Дуга построена.



Этим способом удобно строить дугу между двумя конечными точками отрезков, как показано на рисунке ниже.



Это были последние три способа построения дуги в autocad, в следующем уроке разберем построение полилиний

### 1.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).

Тема: «Полилинии. Многообразие полилиний.».

**1.5.1 Цель работы:** Методы построения полилиний

**1.5.2 Задачи работы:**

1. Изучить методы построения полилиний

**1.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

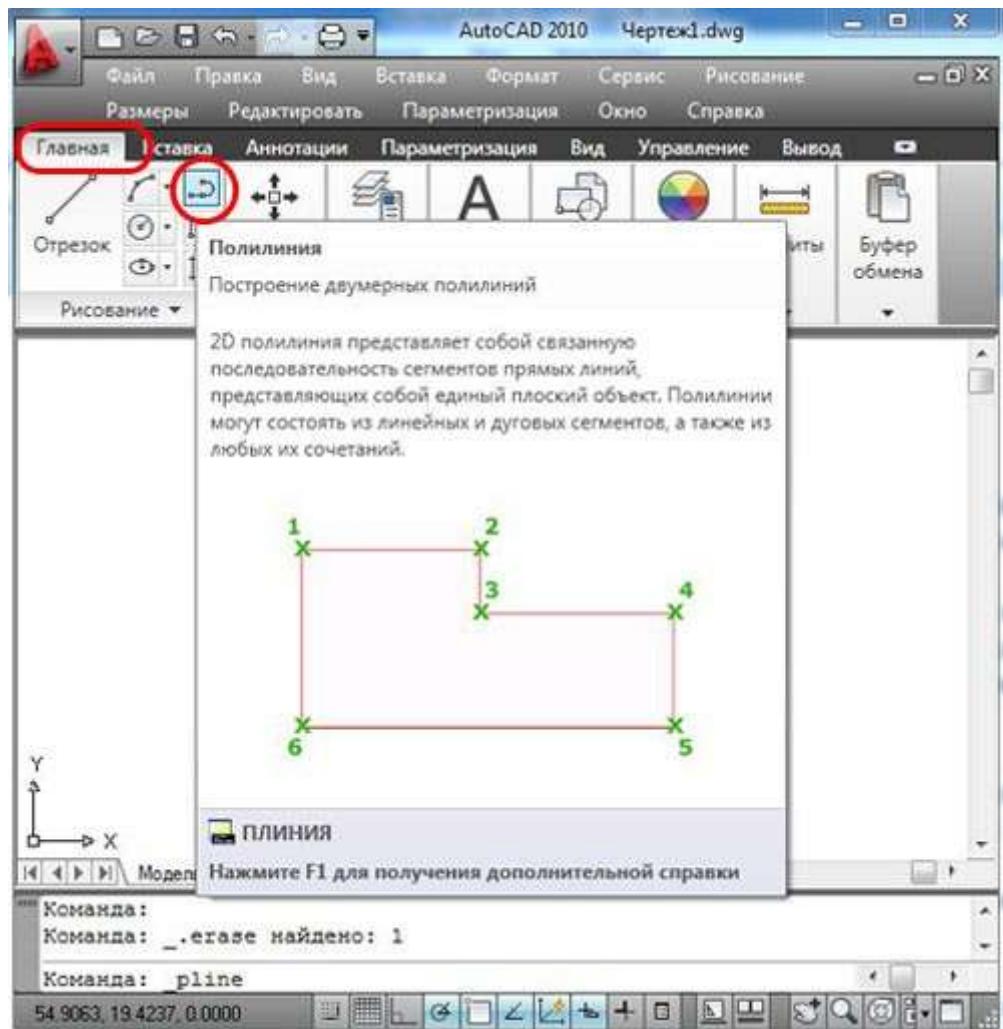
1. Персональный компьютер (ПК)

**1.5.4 Описание (ход) работы:**

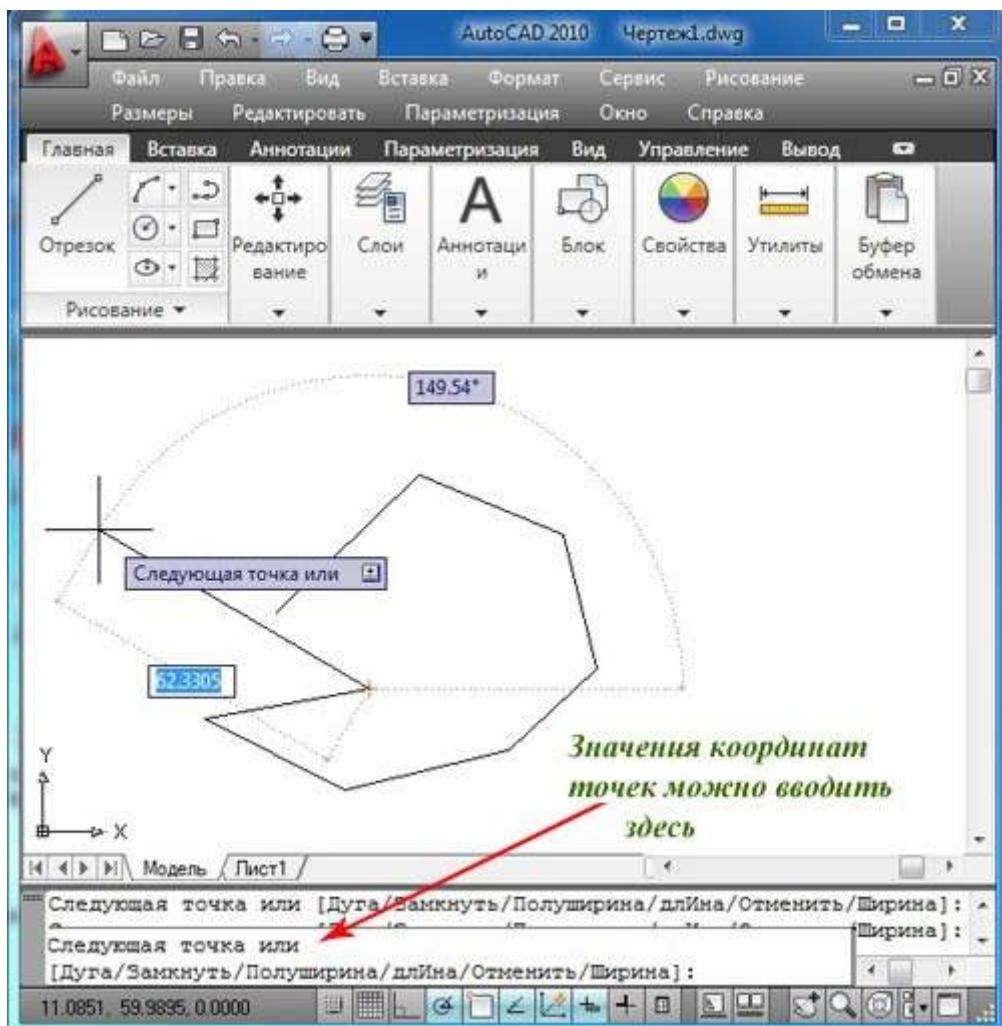
**Общие правила построения полилиний.**

Полилиния – это сложный примитив, состоящий из одного или нескольких связанных между собой прямолинейных и дуговых сегментов. Все эти сегменты представляют собой единый объект.

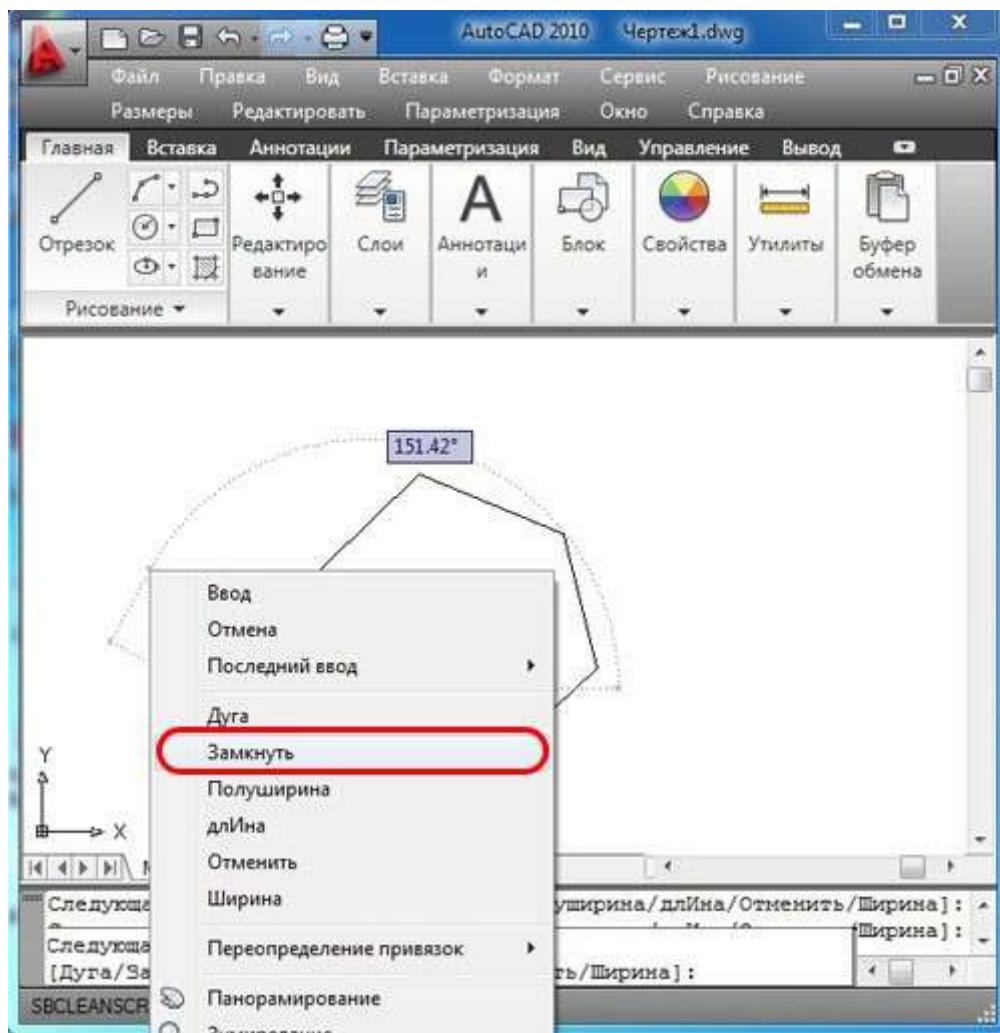
Для построения полилиний на вкладке "Главная" в панели "Рисование" выбираем команду "Полилиния". Если Вам больше нравится пользоваться командной строкой, то нужно набрать в ней команду **ПЛИНИЯ** (для англоязычных версий программы **\_pline**) и нажать **Enter**.



Первым делом задаем начальную точку при помощи курсора, или указываем её координаты. Если теперь мы будем последовательно указывать разные точки на плоскости, то получим полилинию, которая состоит из прямых отрезков. К примеру, давайте построим произвольный многоугольник.



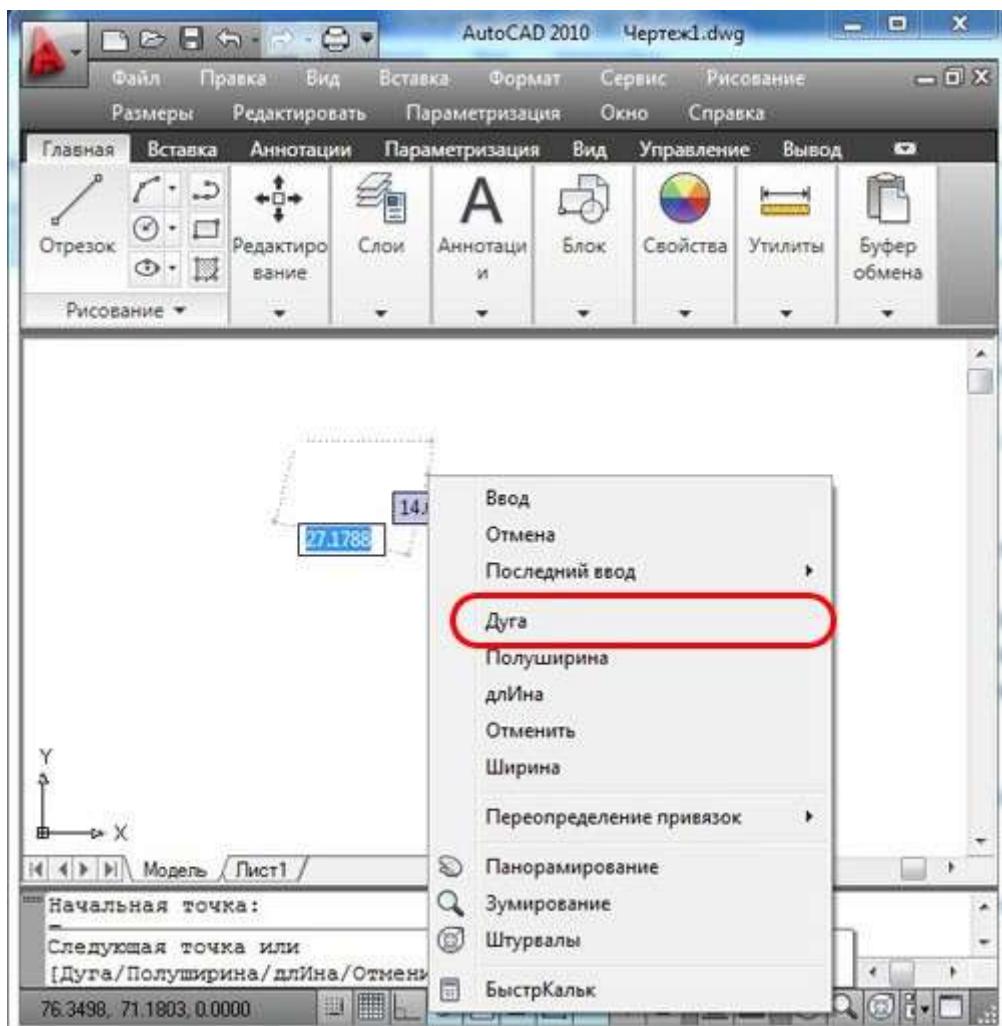
Чтобы замкнуть наш многоугольник, щелчком правой кнопки мыши вызываем контекстное меню и выбираем команду "Замкнуть" (в англоязычных версиях **close**). Замкнуть контур можно, просто указав конечную точку курсором, но согласитесь удобнее это сделать автоматически.



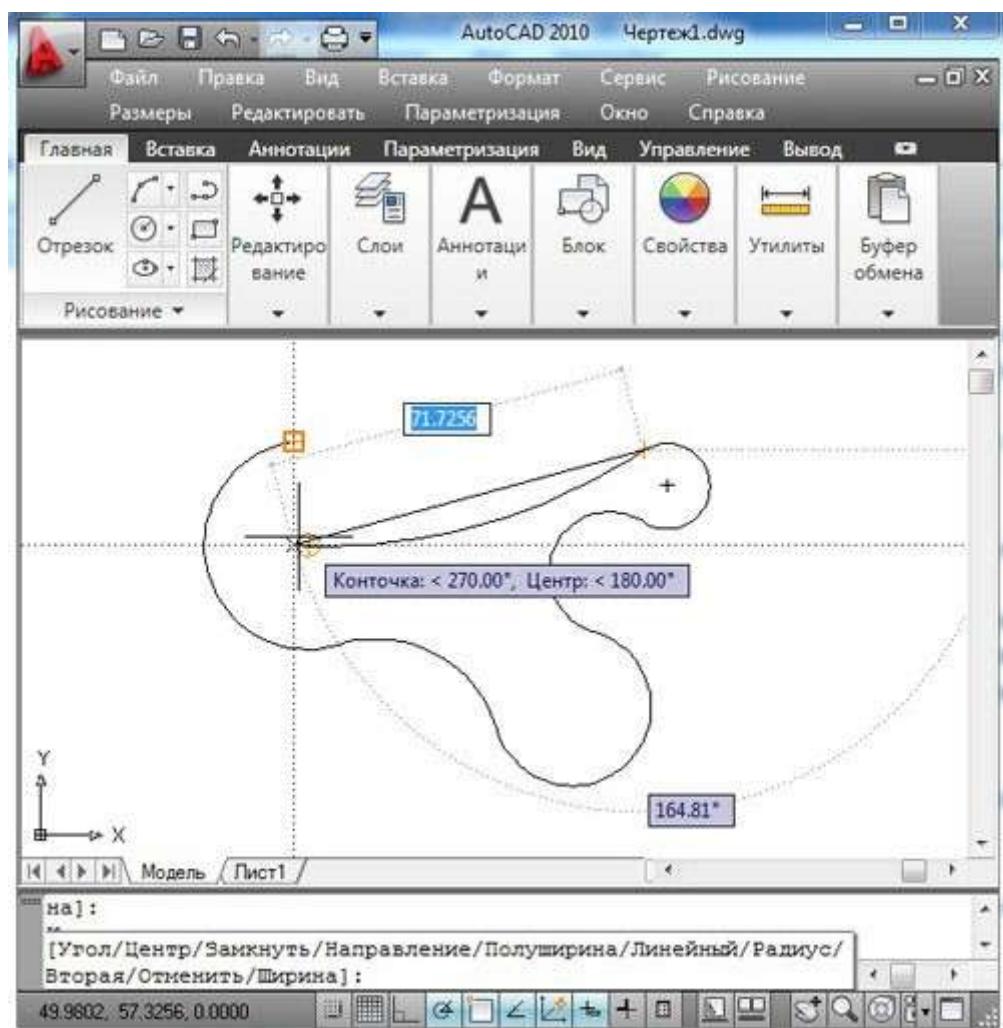
Если сейчас сделать щелчок на любой из сторон построенной фигуры, она выделится для редактирования как единый объект.

Теперь давайте разберемся с опциями, которые Вы уже, наверное, заметили, вызывая контекстное меню щелчком правой клавиши мыши. Опять нажимаем кнопку "**Полилиния**", указываем начальную точку и вызываем контекстное меню.

Первой в списке стоит опция "**Дуга**".

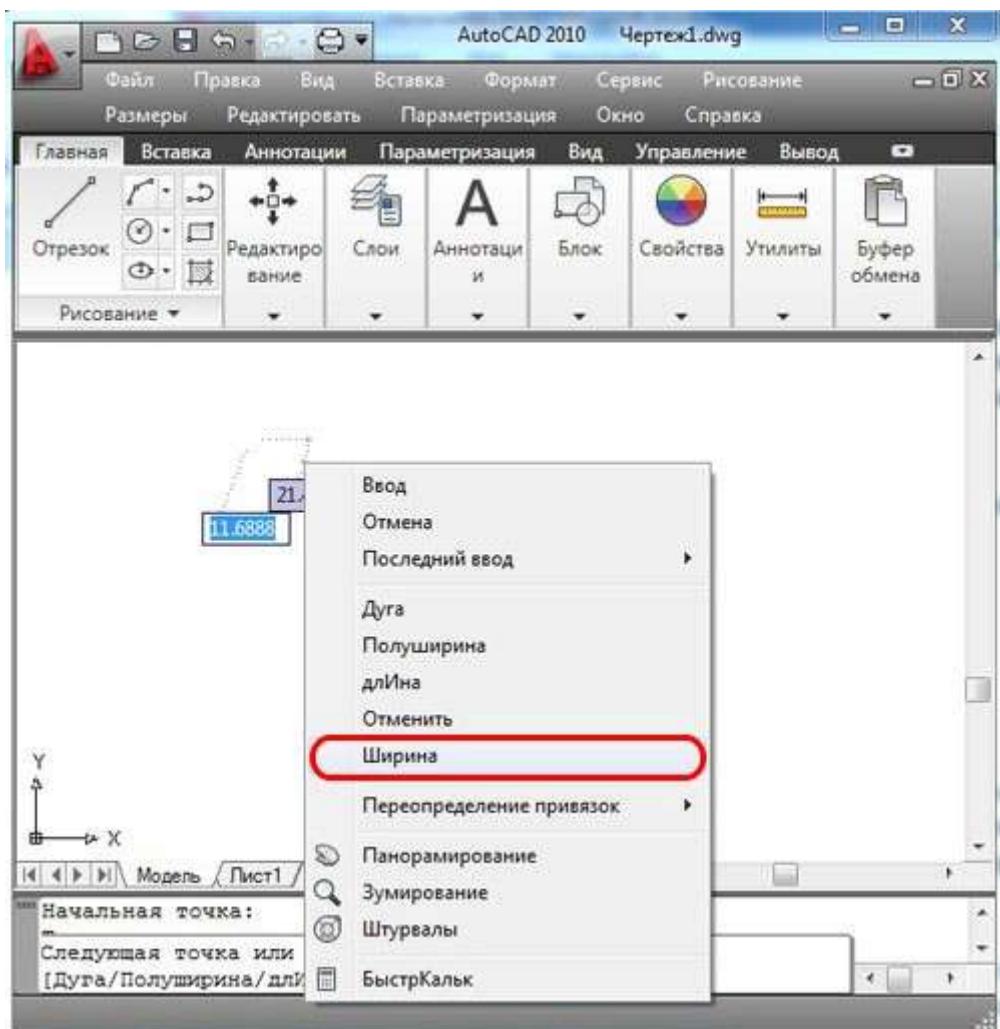


Эта команда переводит нас в режим построения дуговых сегментов полилинии. Создадим новую фигуру, воспользовавшись кнопкой "Дуга".

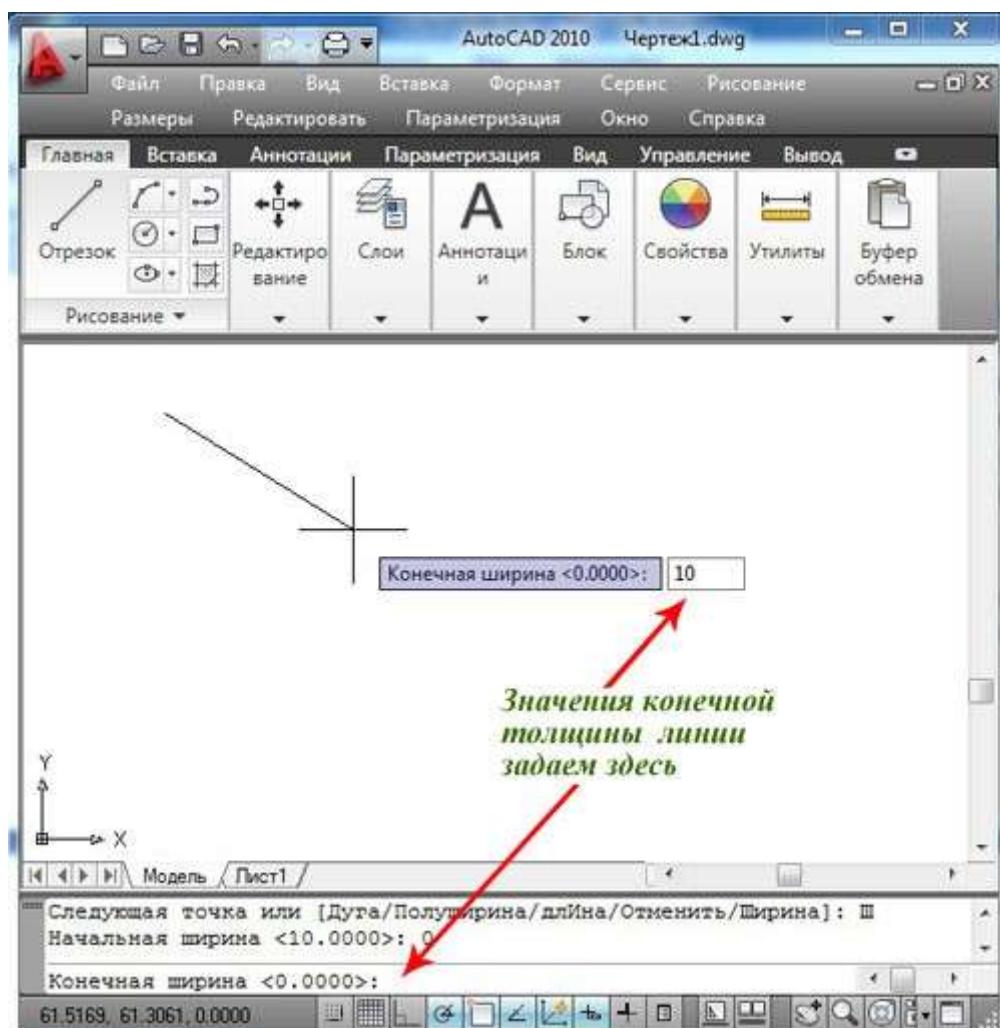


Завершаем построение нажатием кнопки "Замкнуть".

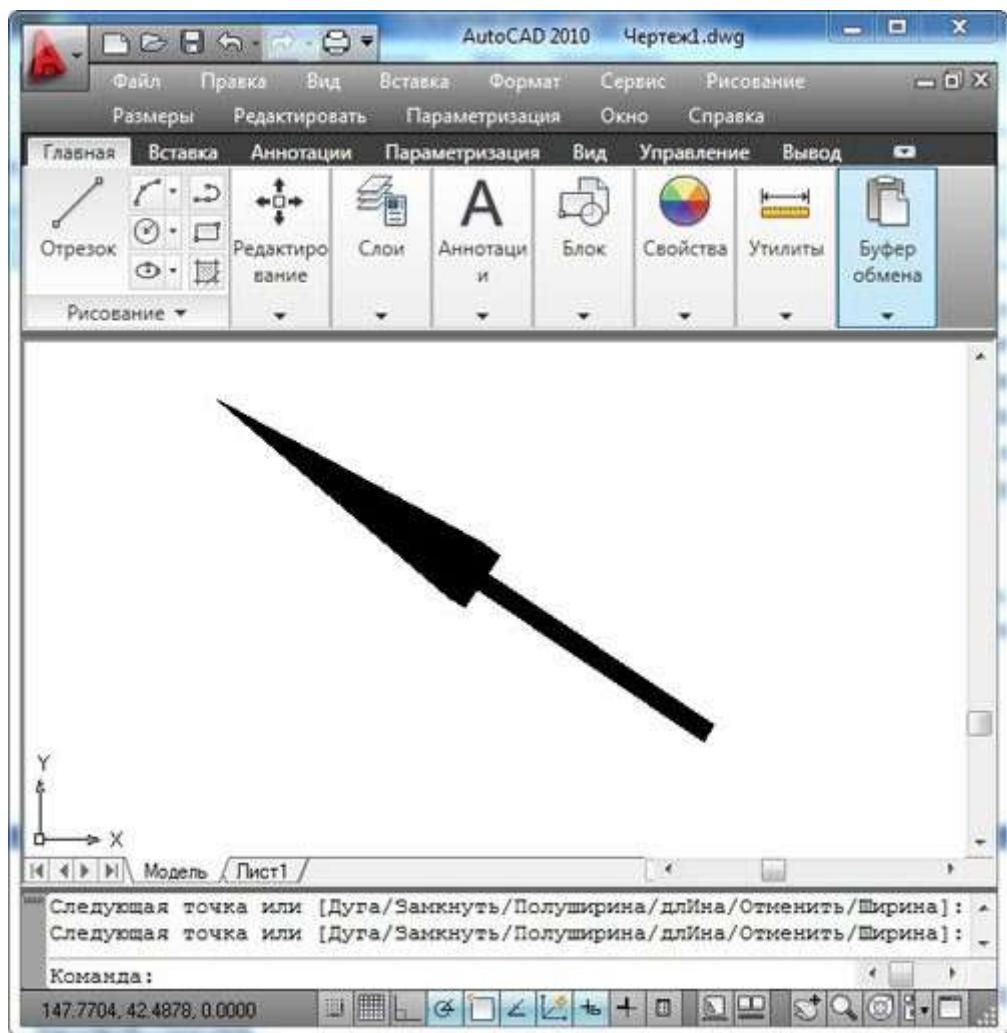
Рассмотрим еще одну опцию из контекстного меню "Ширина".



Данная команда позволяет задавать толщину линии для каждого последующего сегмента. При построении система предлагает задавать начальную и конечную толщину, что позволяет создавать сужающиеся и расширяющиеся сегменты. Когда нужна постоянная толщина задаются одинаковые значения начала и конца. Для примера построим стрелку. Нажимаем кнопку "Полилиния", указываем начальную точку и вызываем контекстное меню, выбираем команду "Ширина". Первому сегменту зададим начальную толщину равной **нулю**, конечную **10 мм** (после ввода каждого из значений нажимаем клавишу **Enter**). Простым растягиванием устанавливаем длину стрелки.

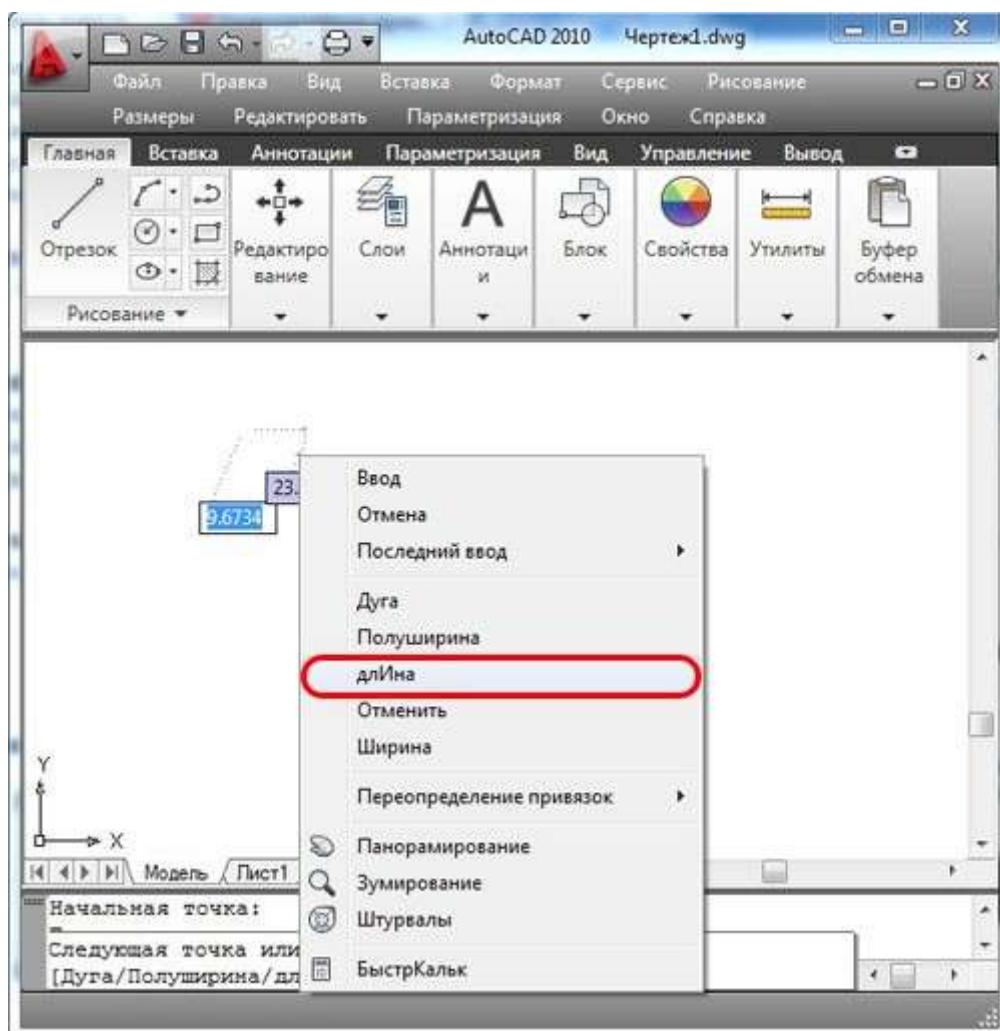


Повторно вызываем команду "Ширина" и вводим значения начальной и конечной толщины **3 мм**, растягиваем на нужную длину. Завершаем построение нажатием клавиши **ESC**.



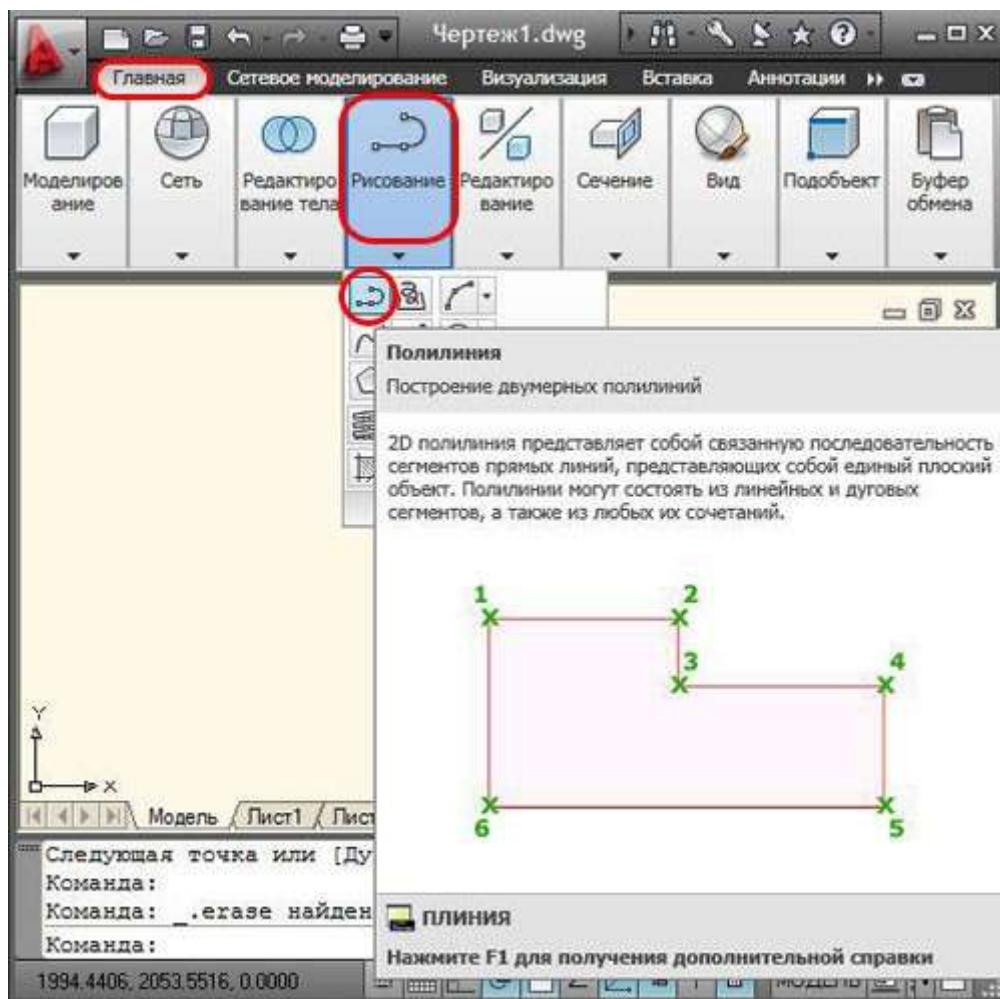
Опция "Полуширина" похожа на опцию "**Ширина**", с той лишь разницей, что задает половинные размеры начальной и конечной толщины полилиний.

При помощи опции "**Длина**" можно точно задавать длину следующего сегмента полилиний.



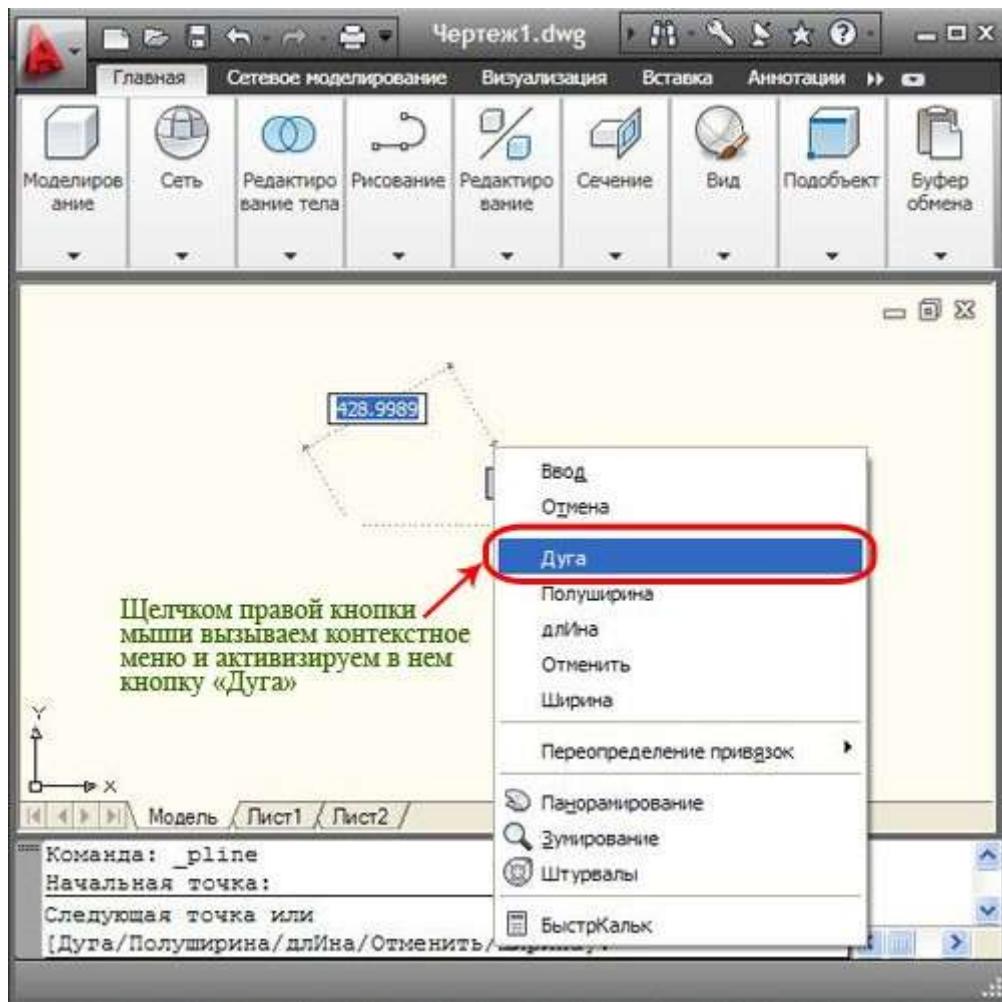
Следует иметь ввиду, что линия будет построена в том же направлении, что и предыдущая. Пример приводить не будем, поскольку построения несложные, поэкспериментируйте самостоятельно.

После выбора на вкладке "Главная" в панели "Рисование" команды "Полилиния"

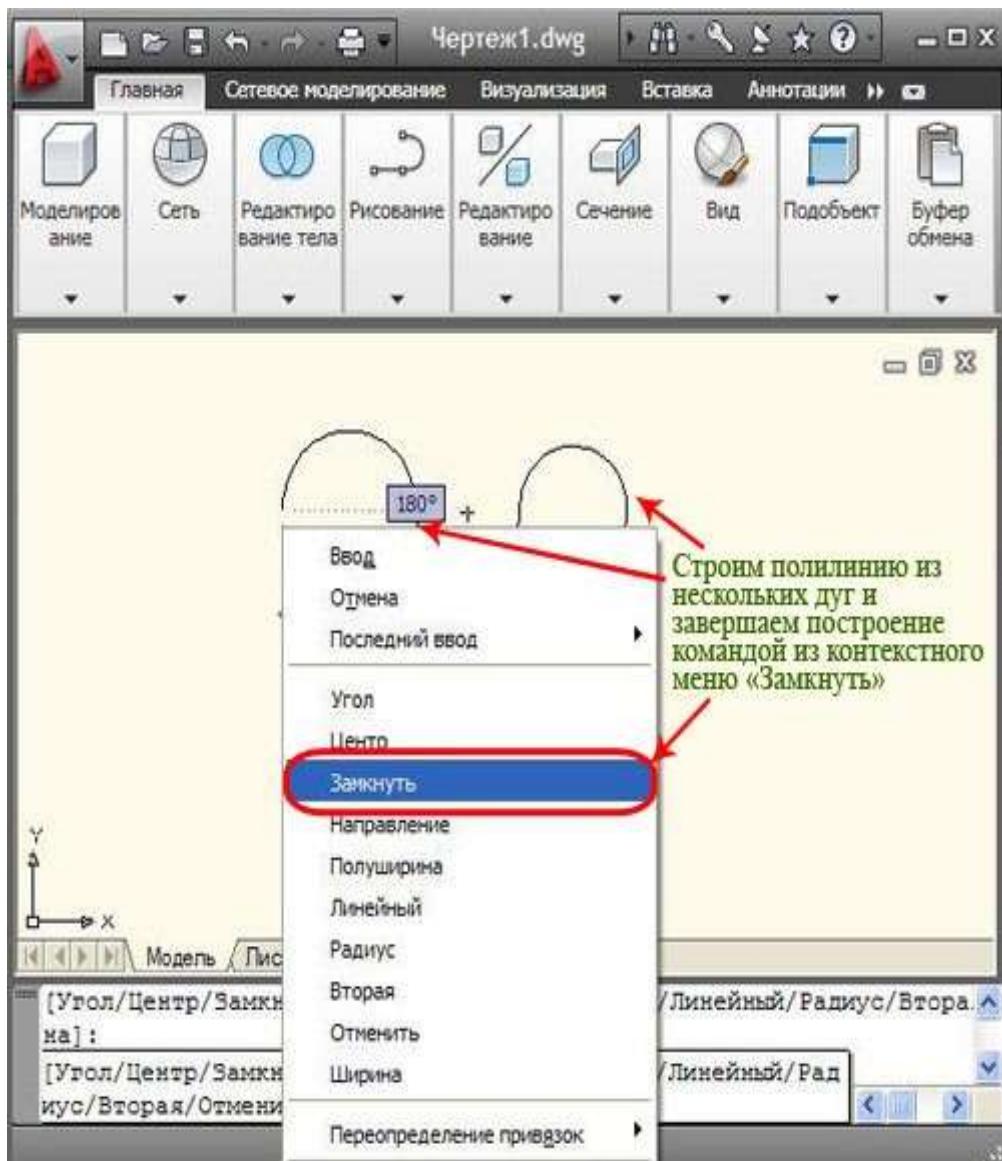


вызываем щелчком правой клавиши мыши контекстное меню, и активизируем в нем кнопку "Дуга" (в англоязычных версиях программы "Arc"). В командной строке появится надпись: Конечная точка дуги или

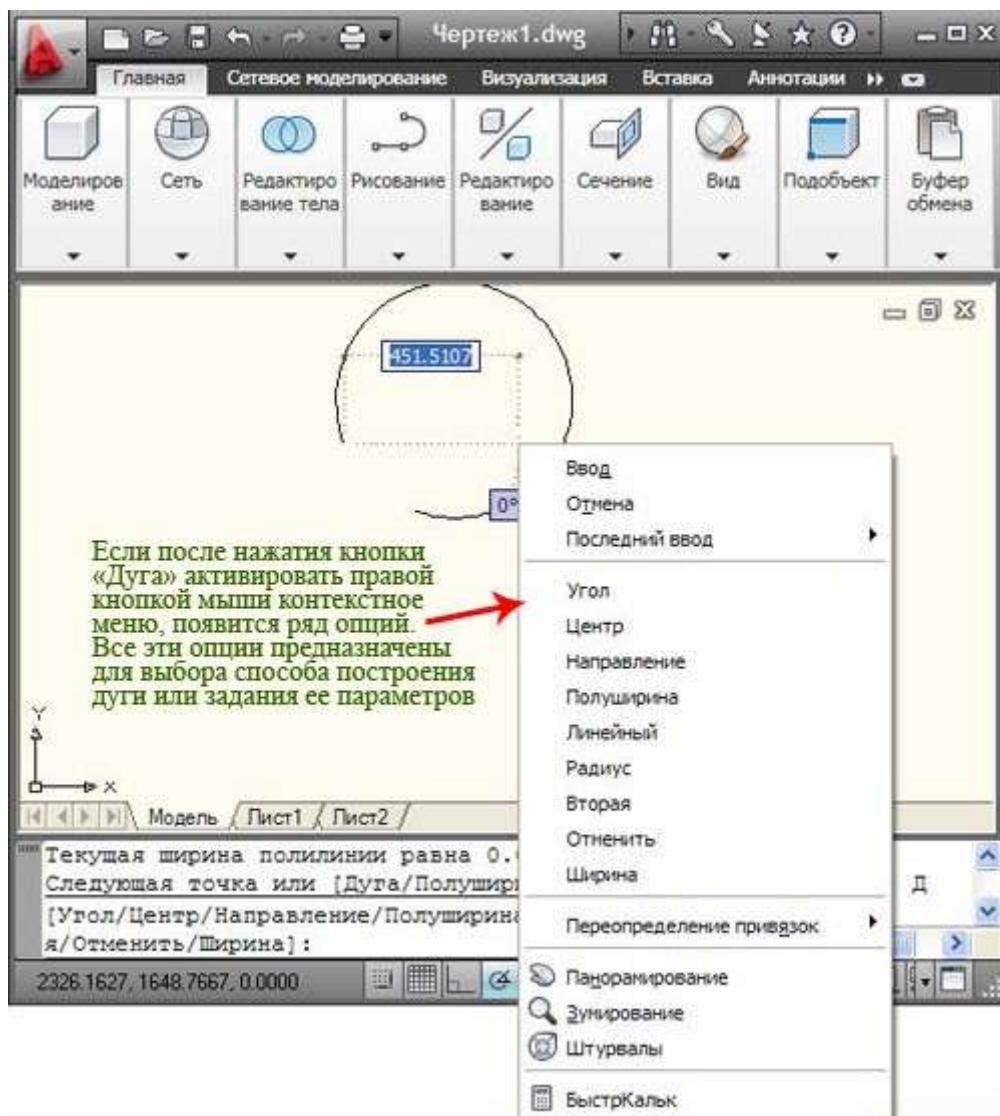
[Угол/Центр/Замкнуть/Направление/Полуширина/Линейный/Радиус/Вторая/Отменить/Ширина]: Для англоязычных версий: **Specify endpoint of arc or [Angle/CEnter/Close/Direction/Halflwidth/Line/Radius/Second pt/Undo/Width]:**



Давайте построим полилинию из нескольких дуг и завершим построение командой, из контекстного меню "Замкнуть" (для англоязычных "Close").



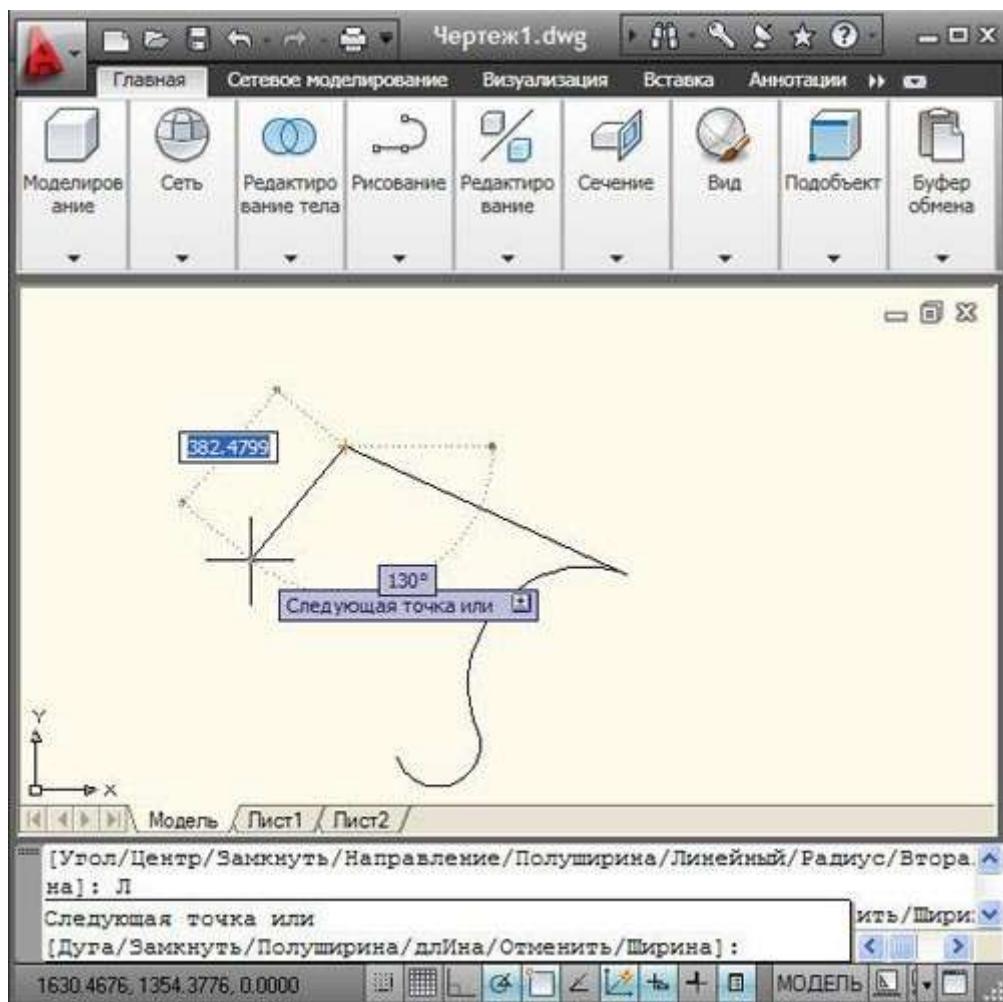
Если после нажатия кнопки "Дуга", активировать правой кнопкой мыши контекстное меню, то мы увидим следующее:



Мы видим ряд опций. Все они предназначены для выбора способа построения дуги или задания ее параметров.

- **Угол (Angle)** - задает внутренний угол дугового сегмента.
- **Центр (CEnter)** - задает центр дугового сегмента.
- **Замкнуть (Close)** - строит дуговой сегмент, замыкающий полилинию.
- **Направление (Direction)** - по умолчанию дуга строится таким образом, чтобы предыдущий сегмент был ее касательной. Данная опция позволяет задать иную касательную.
- **Радиус (Radius)** - задает радиус дугового сегмента.
- **Вторая (Second pt)** - позволяет задать вторую точку дугового сегмента для построения его по трем точкам.
- **Полуширина (Halfwidth), Ширина (Width), Отменить (Undo)** - идентичны одноименным опциям для линейного сегмента.

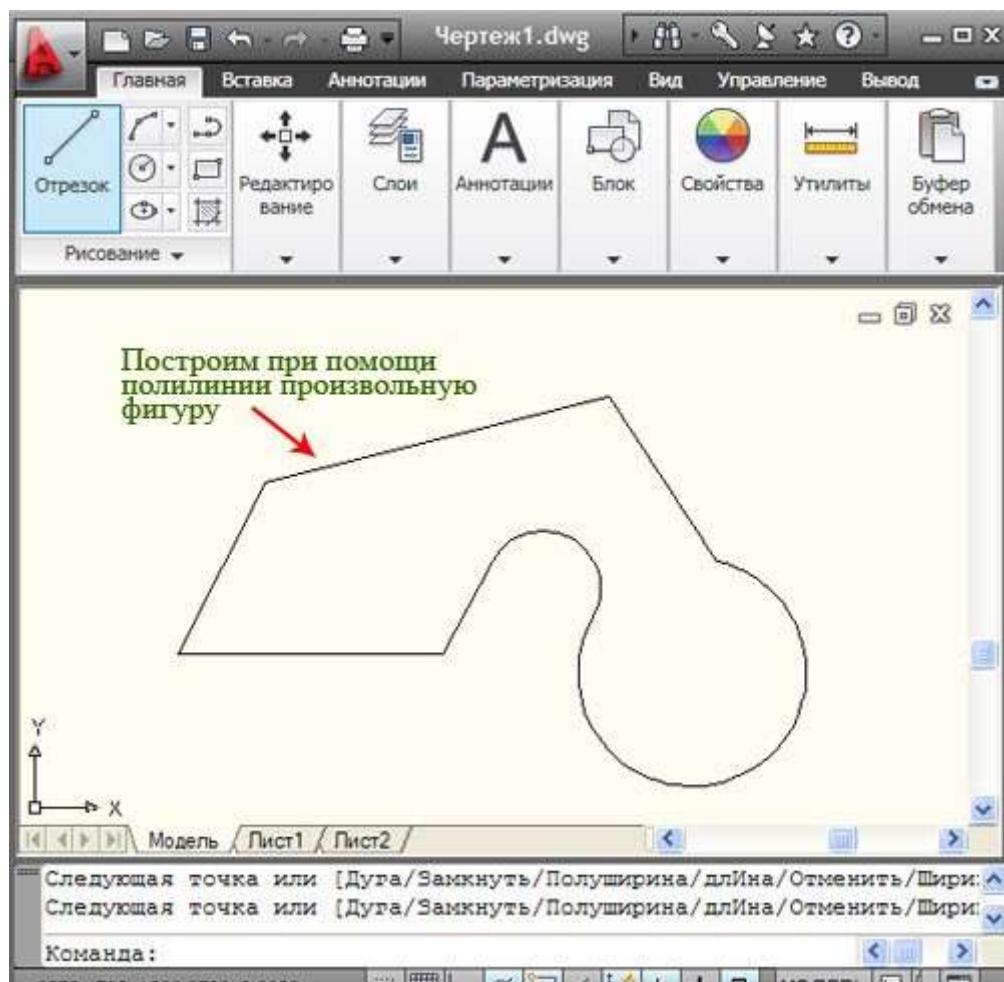
Кроме того есть еще одна опция "Линейный" или "Line", она возвращает систему в режим линейных построений сегментов полилинии.



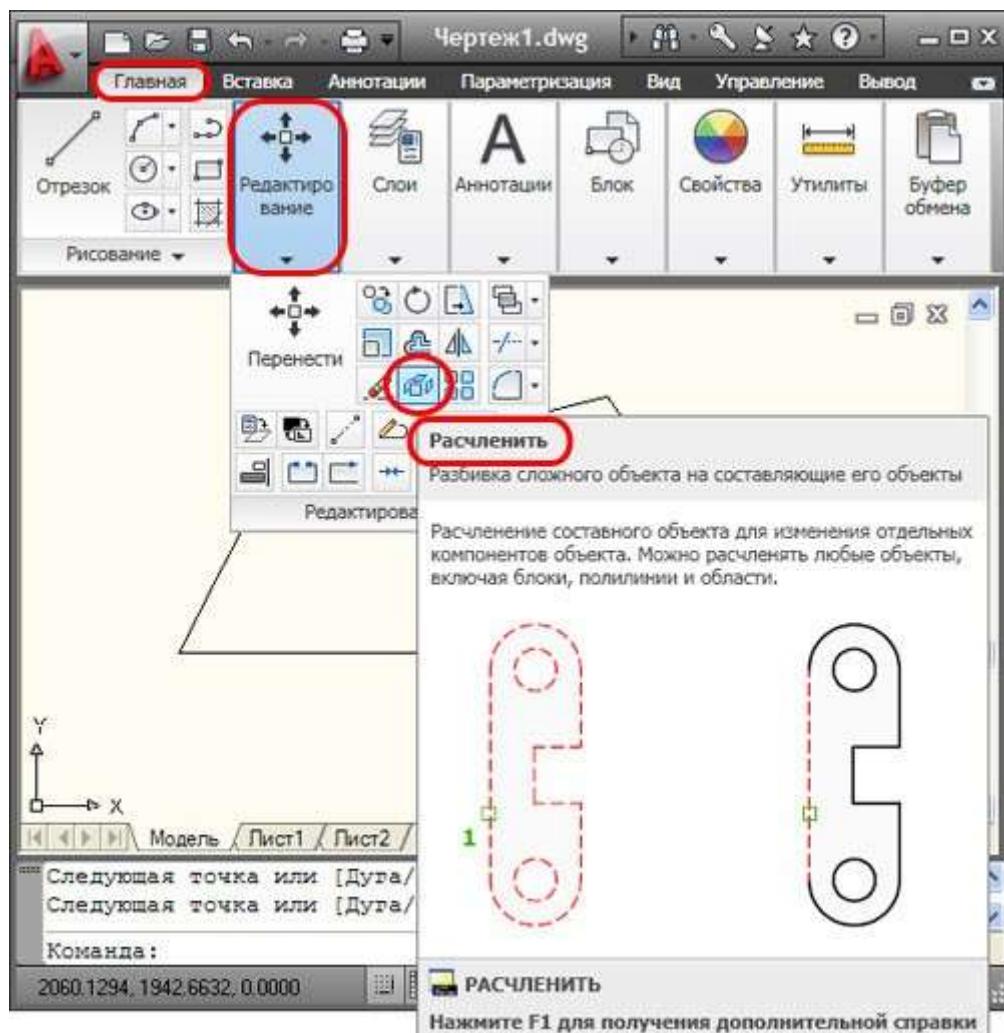
Остальные опции подробно рассматривать не будем, поскольку они разбирались ранее в разделах построения дуги окружности, и Вы без труда разберетесь самостоятельно.

В заключение давайте отметим особенности полилиний по сравнению с простыми примитивами:

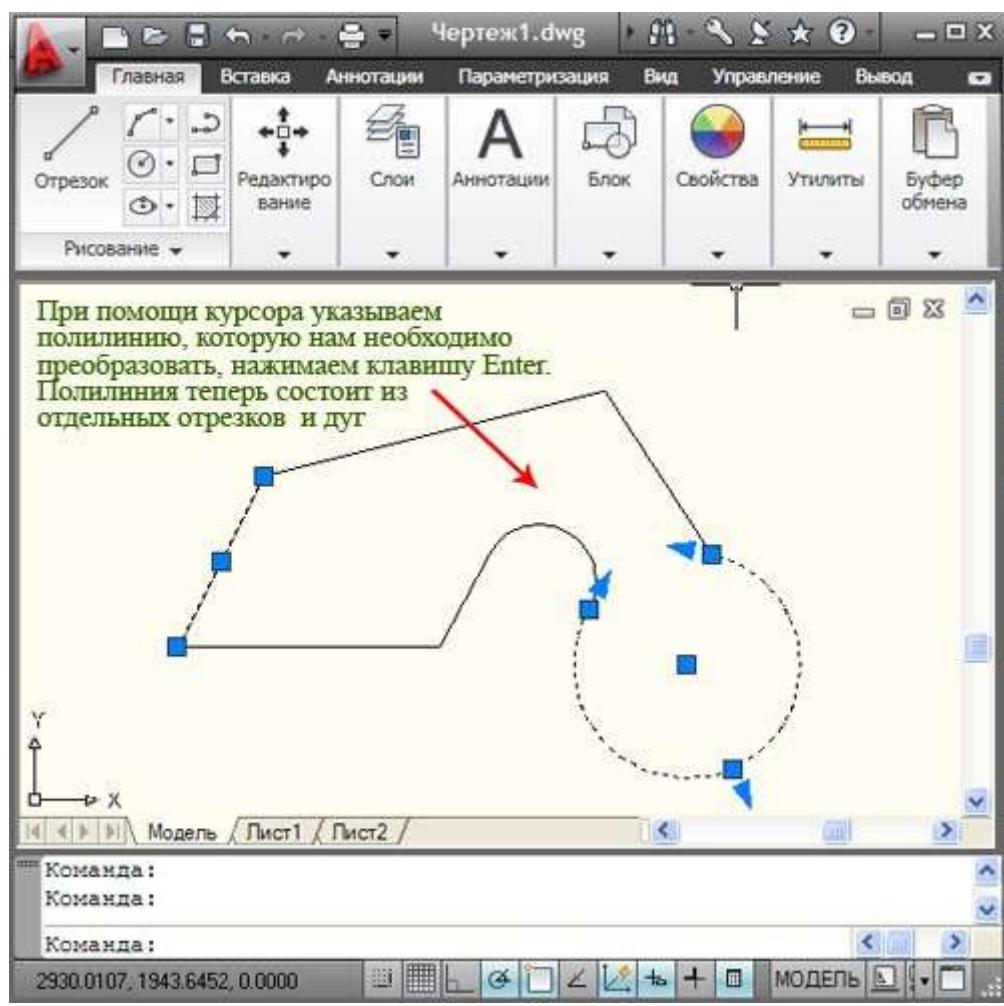
- полилиния является единым объектом, что удобно для операций удаления или редактирования;
- полилиния удобна для рисования жирных линий чертежа;
- переменная ширина сегментов полилинии может быть использована для графических эффектов (построения стрелок и т. п.).
- При работе в AutoCAD с полилиниями, часто возникает необходимость преобразовать её в группу отрезков и дуг, из которых она составлена. Для этого служит команда **РАСЧЛЕНИТЬ** (`_explode`), рассмотрим данную команду. Сначала построим при помощи полилинии произвольную фигуру.



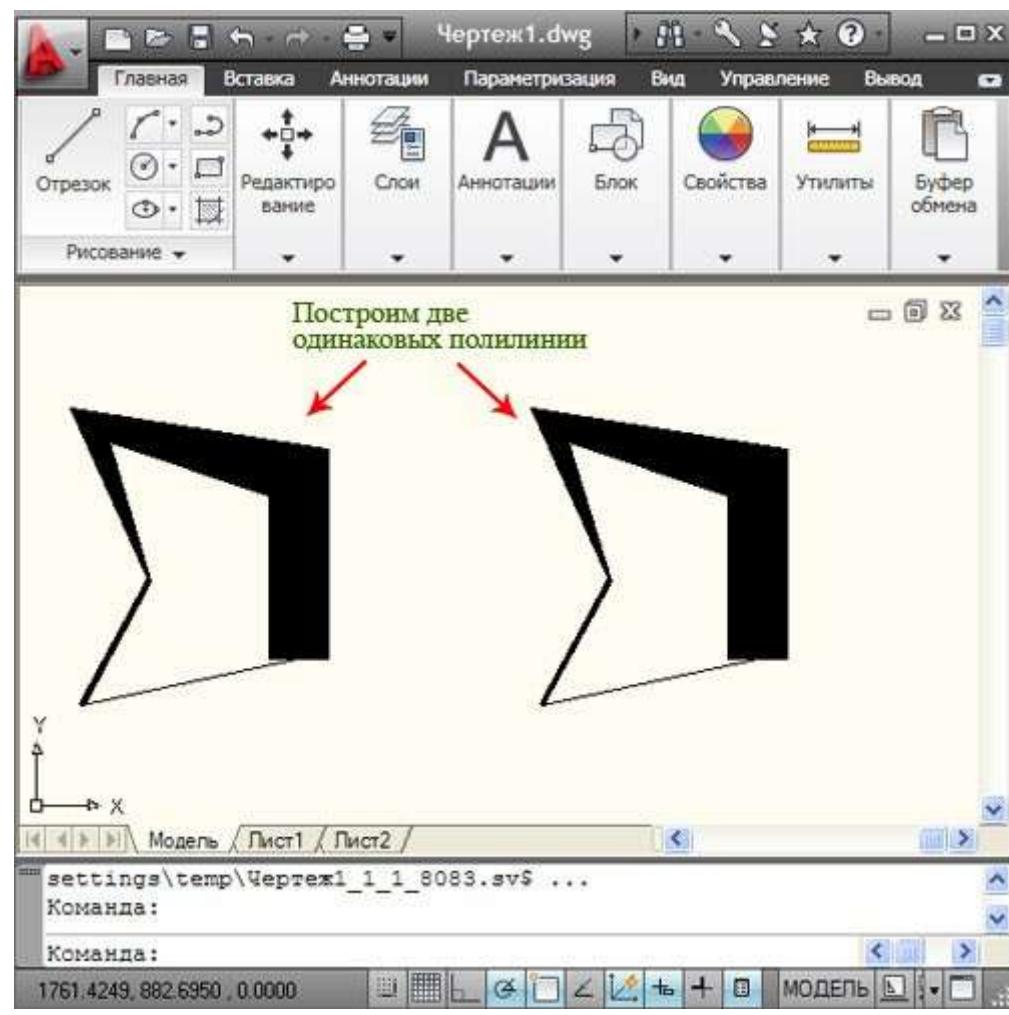
- 2850.4598, 1926.9580, 0.0000
- Теперь на вкладке "Главная" в панели "Редактирования" выбираем команду "Расчленить". Эту опцию можно вызывать из верхнего меню на вкладке "Редактирование", либо в командной строке набрать **РАСЧЛЕНИТЬ (\_explode)**.



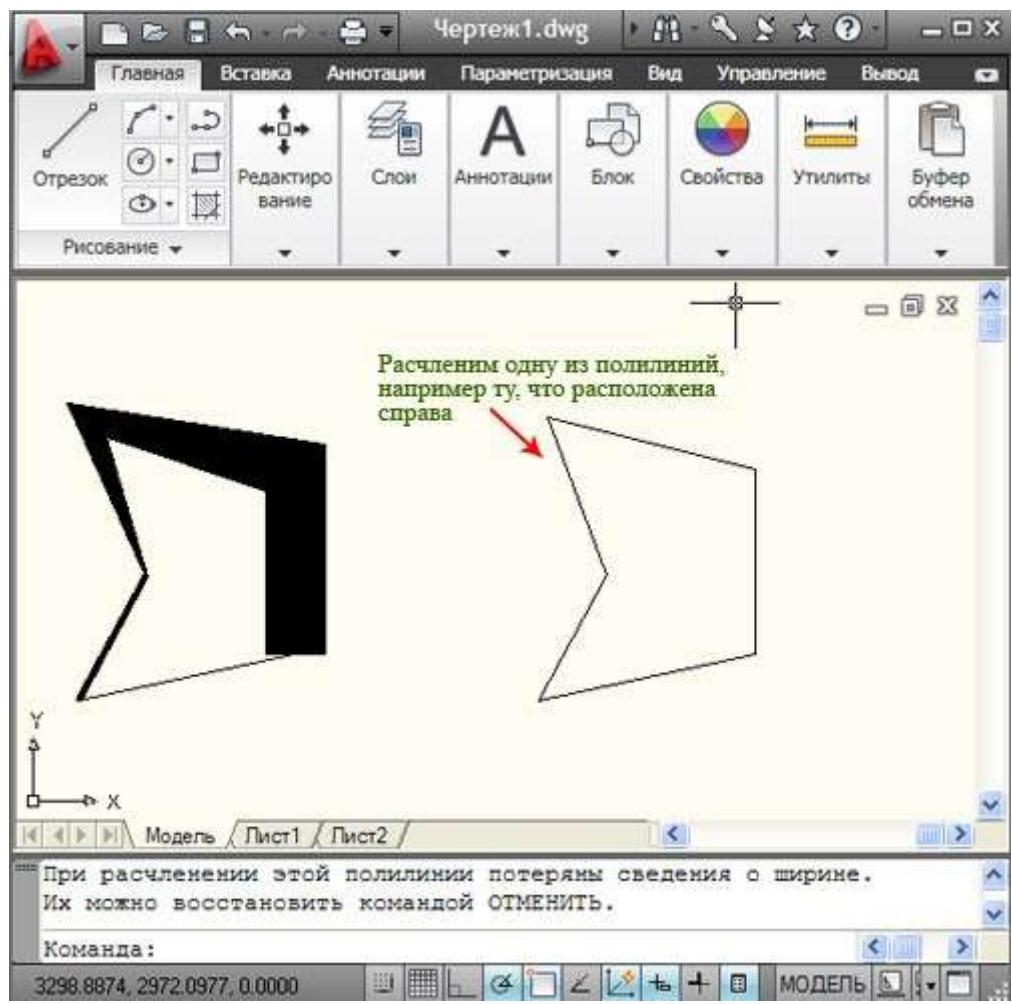
- При помощи курсора указываем полилинию, которую нам необходимо преобразовать, нажимаем клавишу **Enter**. Вот мы и добились нужного результата, наша полилиния теперь состоит из отдельных отрезков и дуг.



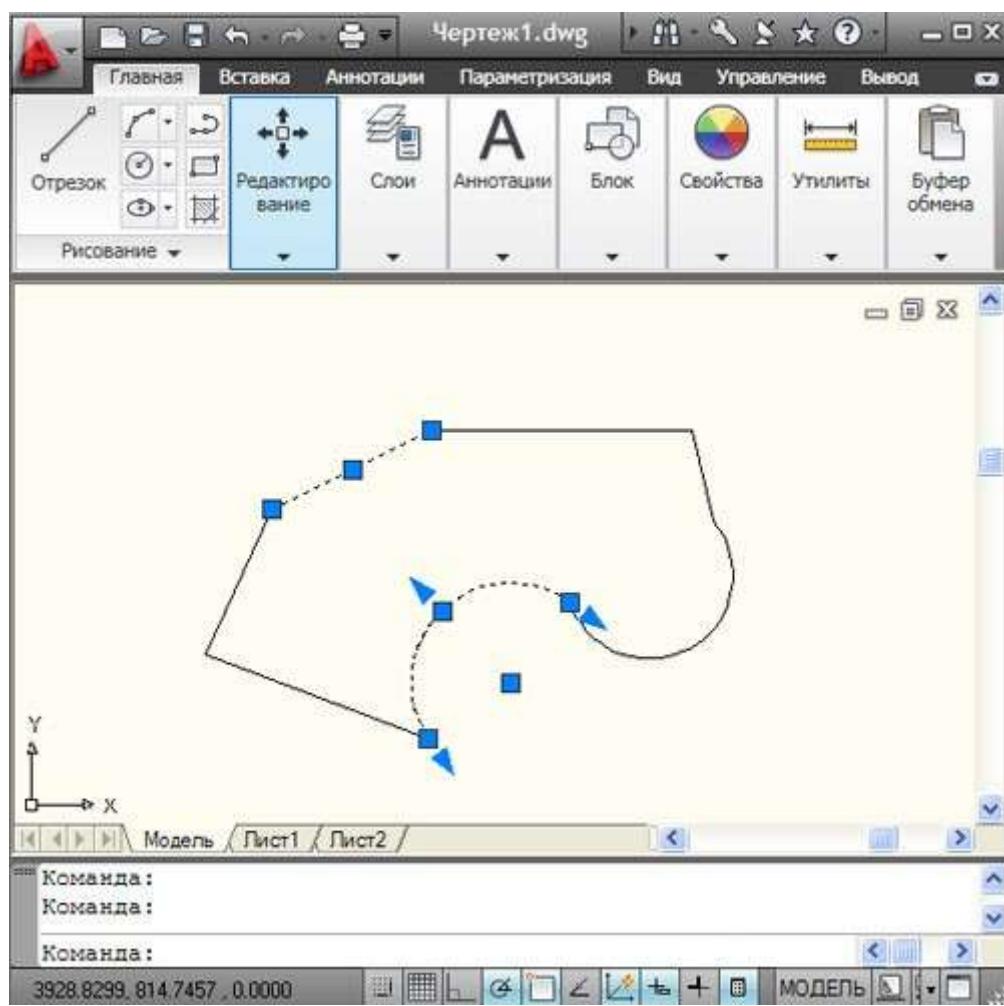
- Следует помнить, что при выполнении операции расчленения теряется информация о ширине, поскольку получающиеся отрезки и дуги не могут иметь ненулевой ширины. Построим две одинаковых полилиний.



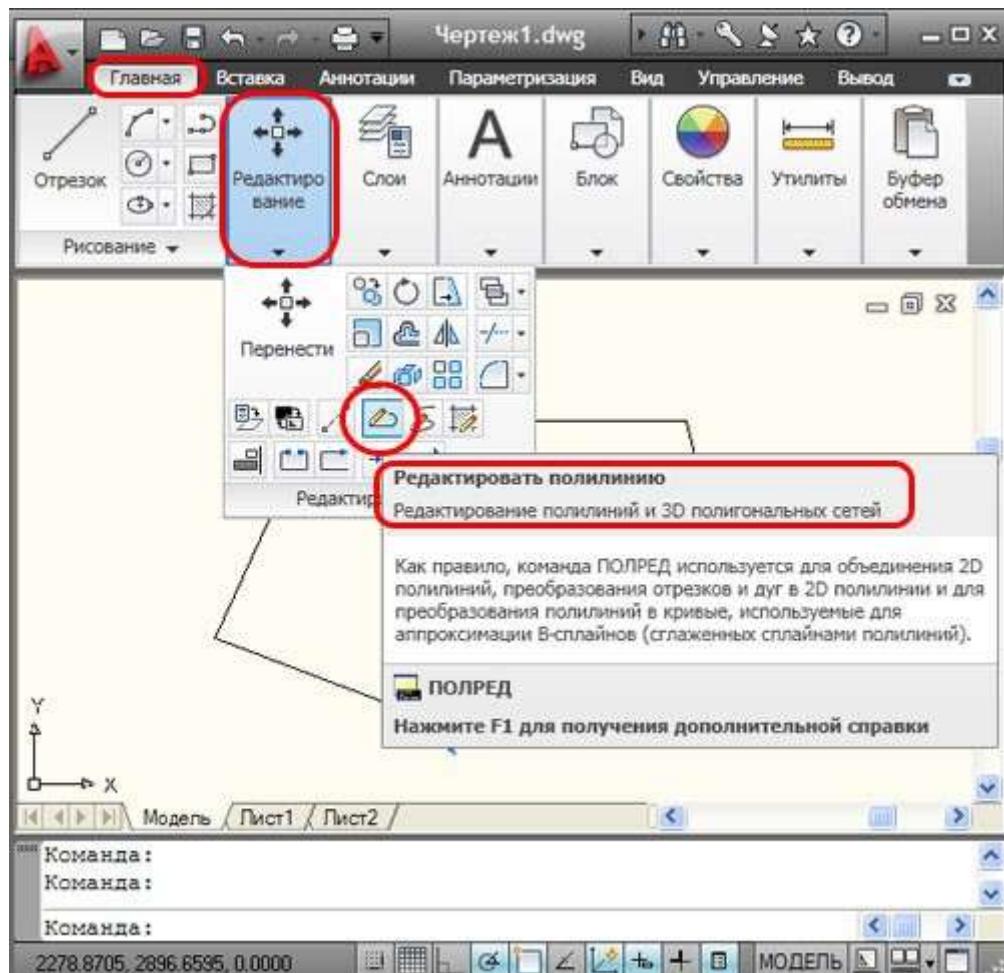
- Расчленим одну из них, например ту, что расположена справа, полученный результат Вы видите на рисунке ниже.



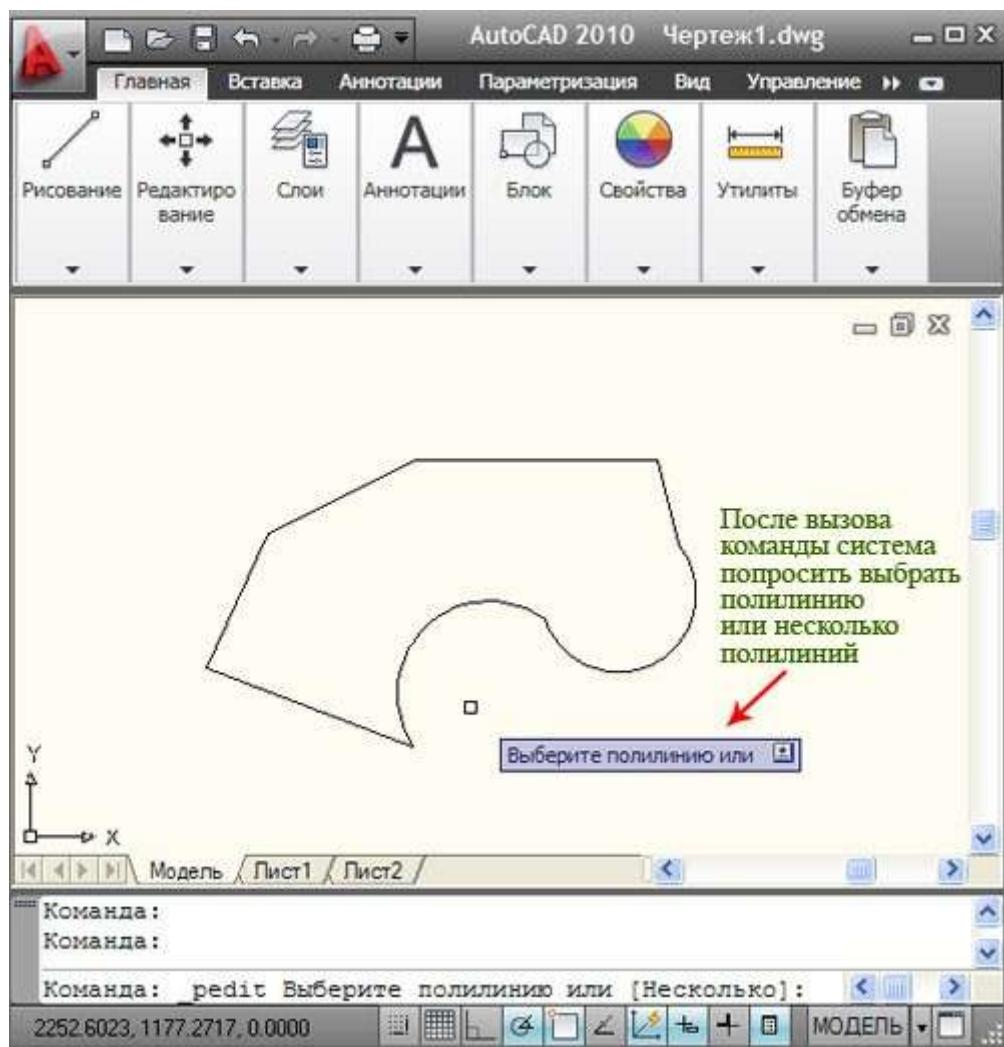
- Так же в системе есть возможность объединить в полилинию ранее созданные, связанные между собой, отрезки и дуги. Для этого служит команда **ПОЛРЕД (\_pedit)**, рассмотрим данную команду. Сначала построим объект, созданный из нескольких примитивов – отрезков и дуг.



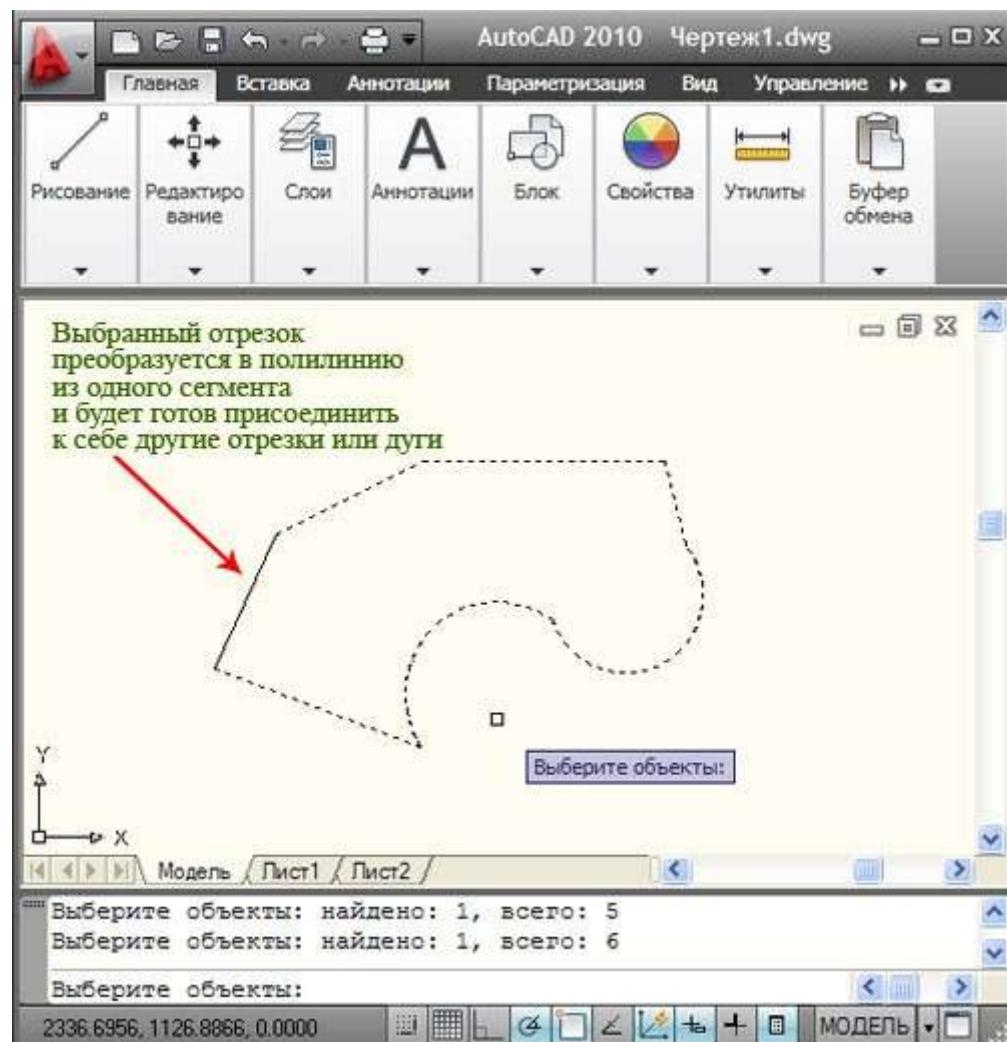
- Теперь на вкладке "Главная" в панели "Редактирования" выбираем команду "Редактировать полилинию". Эту опцию можно вызывать из верхнего меню на вкладке "Редактирование", либо в командной строке набрать **ПОЛРЕД (\_pedit)**.



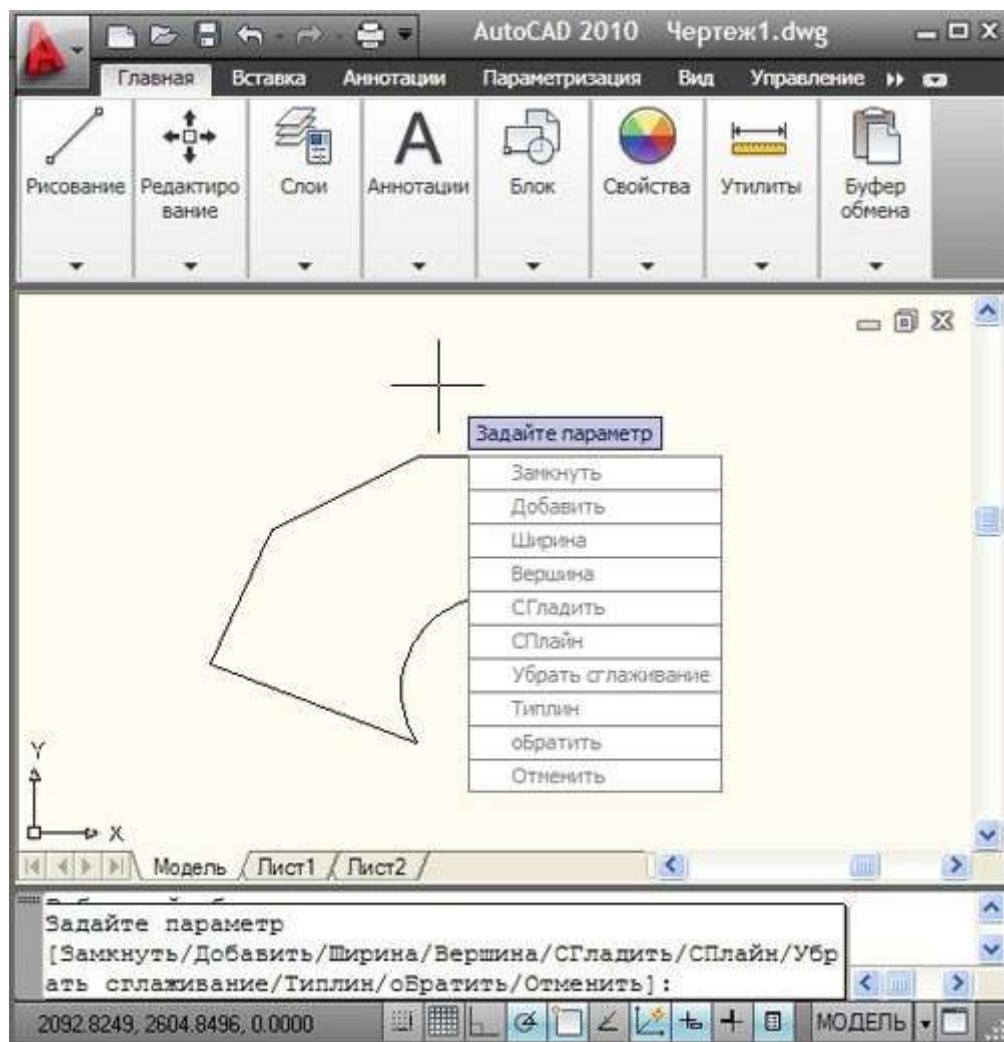
- После вызова команды система попросит выбрать полилинию или несколько.



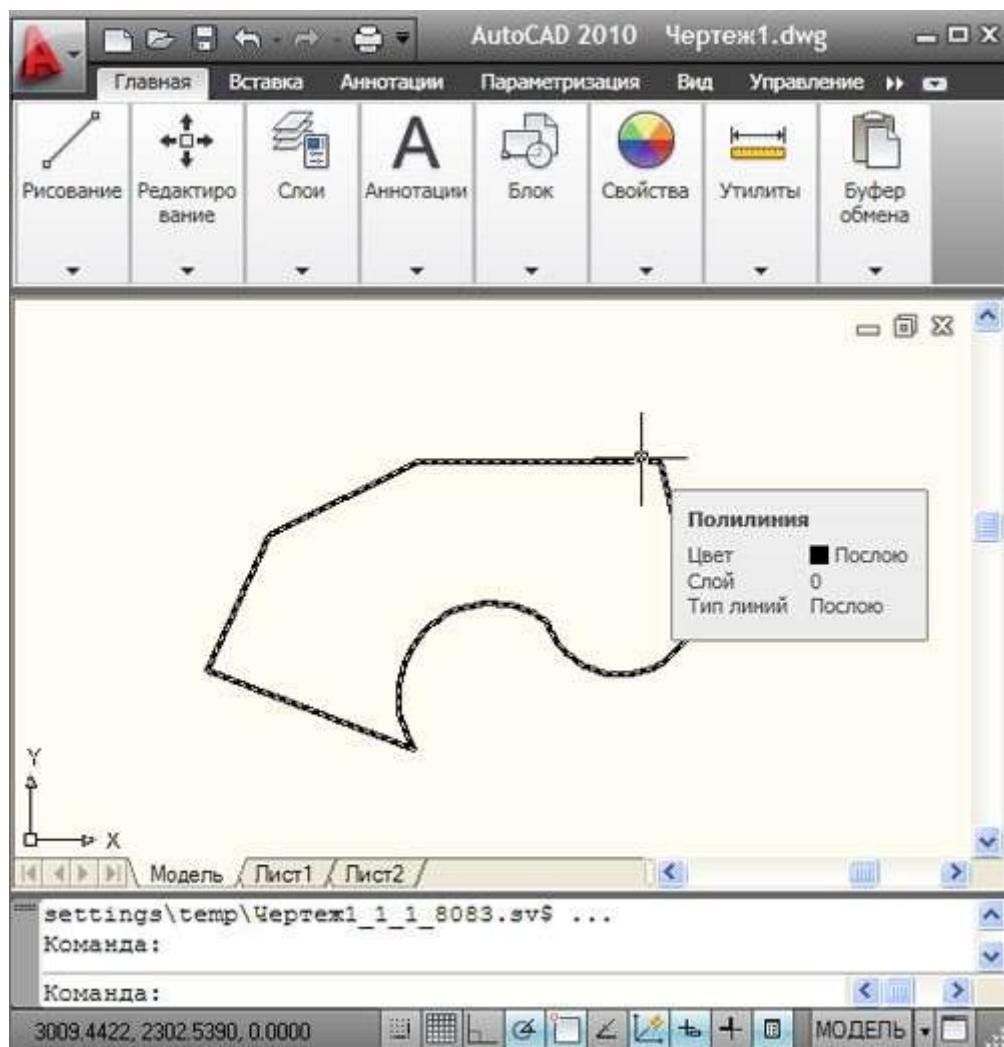
- Когда мы при помощи курсора укажем первый объект, появится запрос "Сделать его полилинией?<Д>". Нажимаем на клавишу или введем **Д (Y)**, нажимаем **Enter**, тогда выбранный отрезок преобразуется в полилинию из одного сегмента и будет готов присоединить к себе другие отрезки или дуги. Далее последует запрос:
- Задайте параметр
- [**Замкнуть/Добавить/Ширина/Вершина/СГладить/СПлайн/Убрать сглаживание/Типлин/Отменить**]:
- Для англоязычных версий программы:
- Enter an option [Close/Join/Width/Edit vertex/Fit/Spline/Decurve/Ltype gen/Undo]:**



- Если необходимо добавить отрезок или дугу, выбираем "Добавить" или вводим **Д** (**J**). Теперь при помощи курсора выбираем объекты, которые нужно включить в состав полилинии, нажимаем клавишу **Enter**. AutoCAD повторит запрос Задайте параметр [Замкнуть/Добавить/Ширина/Вершина/Сгладить/СПлайн/Убрать сглаживание/Типлин/Отменить]:



- Для завершения построения еще раз нажимаем клавишу **Enter**. В итоге мы получили нужный результат, наши примитивы объединились и стали полилинией.



## 1.6 Лабораторная работа №6 (2 часа).

Тема: «Построение сопряжений в графической среде AUTOCAD».

**1.6.1 Цель работы:** Построение сопряжений в графической среде AUTOCAD

**1.6.2 Задачи работы:**

1. Изучить построение сопряжений в графической среде AUTOCAD

**1.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

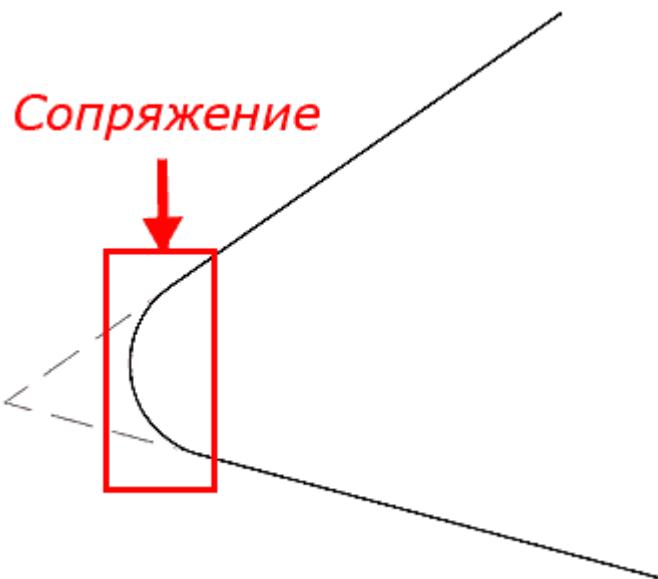
1. Персональный компьютер

**1.6.4 Описание (ход) работы:**

Сегодняшний урок я хочу посвятить одной весьма интересной теме - построений сопряжений в программе AutoCAD.

На первый взгляд эта тема кажется довольно простой, но на самом деле здесь есть очень много "подводных камней", о которых не знают даже многие опытные профессионалы.

Итак, что же такое сопряжение? Сопряжение - это плавный переход от одной линии в другую. Пример сопряжения Вы можете посмотреть на рисунке ниже.



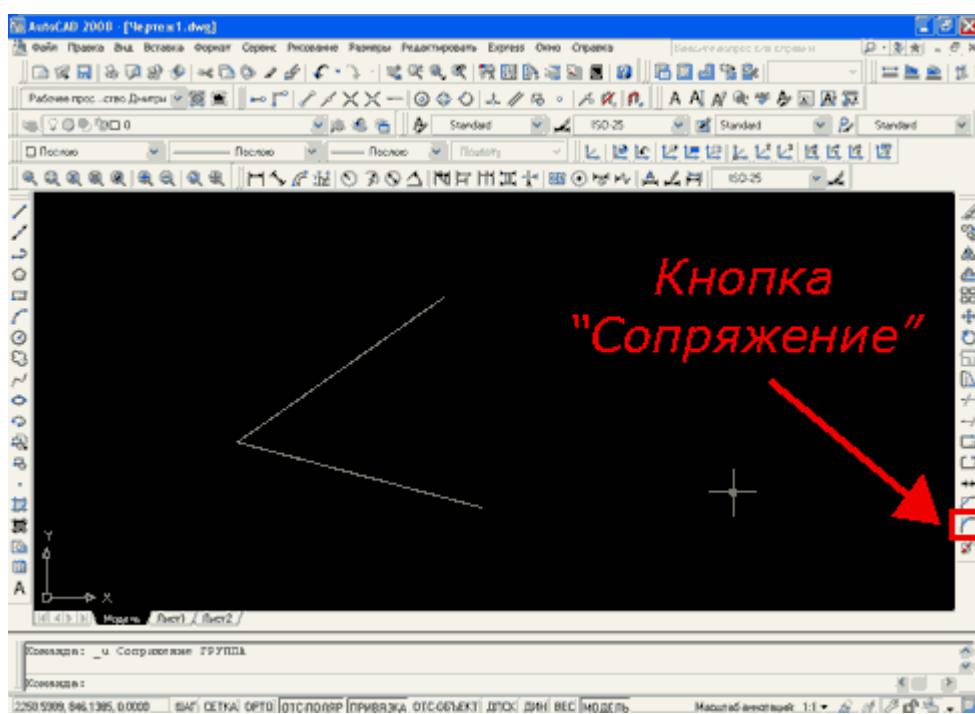
Проще говоря, сопряжение - это скругление угла, образованного двумя прямыми отрезками. Сопряжение представляет собой дугу окружности, а отрезки, образующие исходный угол, являются касательными к этой окружности.

В простейшем случае, когда нам заданы 2 отрезка, имеющие общую начальную точку и образующие определённый угол, сопряжение строится элементарно. Для этого на панели инструментов "редактирование" ("modify") есть специальная кнопка, которая так и называется "fillet".

Эта кнопка выглядит следующим образом:



Панель инструментов "редактирование" обычно располагается в правой части рабочего окна AutoCAD.



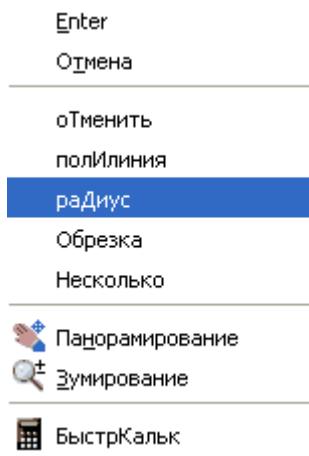
Нажатие по кнопке "Сопряжение" вызовет команду построения сопряжения. Эту команду можно также запустить введя с клавиатуры в командную строку следующее: "\_fillet" и нажав клавишу "Enter".

В командной строке высокочет следующее сообщение:

*Текущие настройки: Режим = С ОБРЕЗКОЙ, Радиус сопряжения = 0.0000*

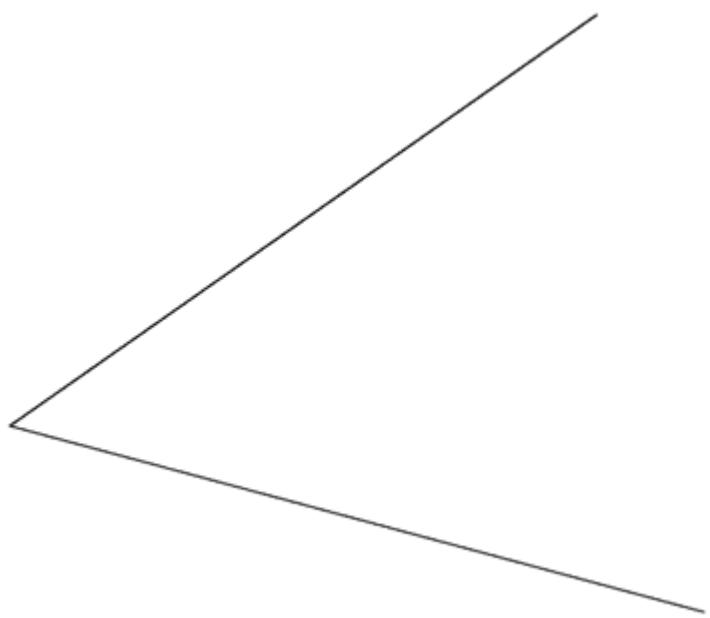
*Выберите первый объект или [оТменить/ Полилиния / радиус/ Обрезка/ Несколько]:*

Следует обратить внимание на то значение, которое принимает по умолчанию радиус сопряжения. В командной строке написано: "*Радиус сопряжения = 0.0000*". Что это значит? Это означает, что если мы укажем отрезки, образующие угол, то у нас построится сопряжение, т.е. скругление в виде дуги с нулевым радиусом. А дуга с нулевым радиусом - это вообще ничто, пустое место. Т.е., если мы оставим радиус сопряжение равным нулю у нас вообще сопряжение не построится. Соответственно нам нужно поменять радиус сопряжения. Для этого подводим курсор к чёрному экранчику пространства модели и щёлкаем правой кнопкой мыши. Появляется список.

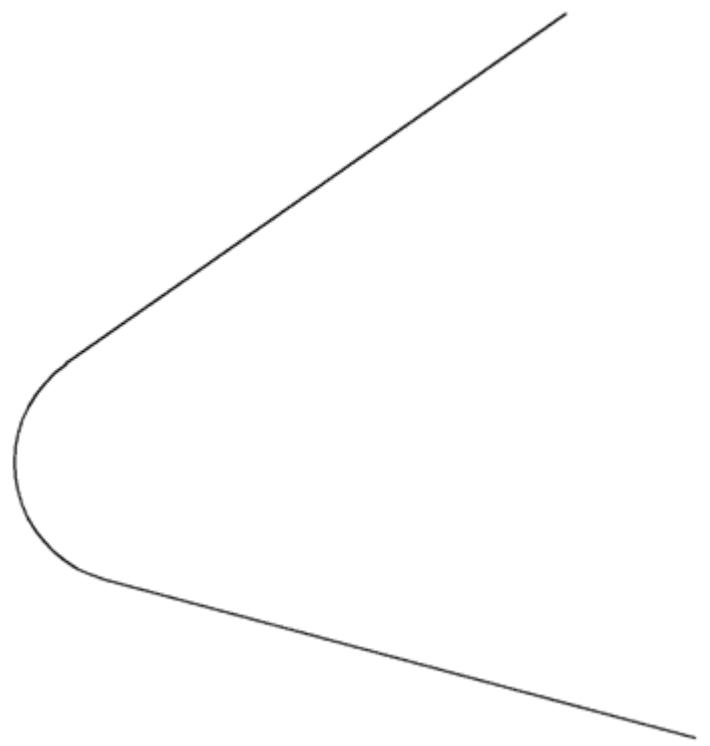


В этом списке выбираем пункт "радиус". В командной строке у нас запрашивается новое значение радиуса. Вводим, например, значение "10" и нажимаем клавишу "Enter". Теперь нам нужно подвести курсор, который принял форму квадратика, сначала к первому отрезку и нажать левую кнопку мыши, затем - к правому и тоже нажать левую кнопку мыши. Уголочек скруглится. Отрезки и сопряжение (дуга) преобразуются в единую полилинию. Сопряжение построено.

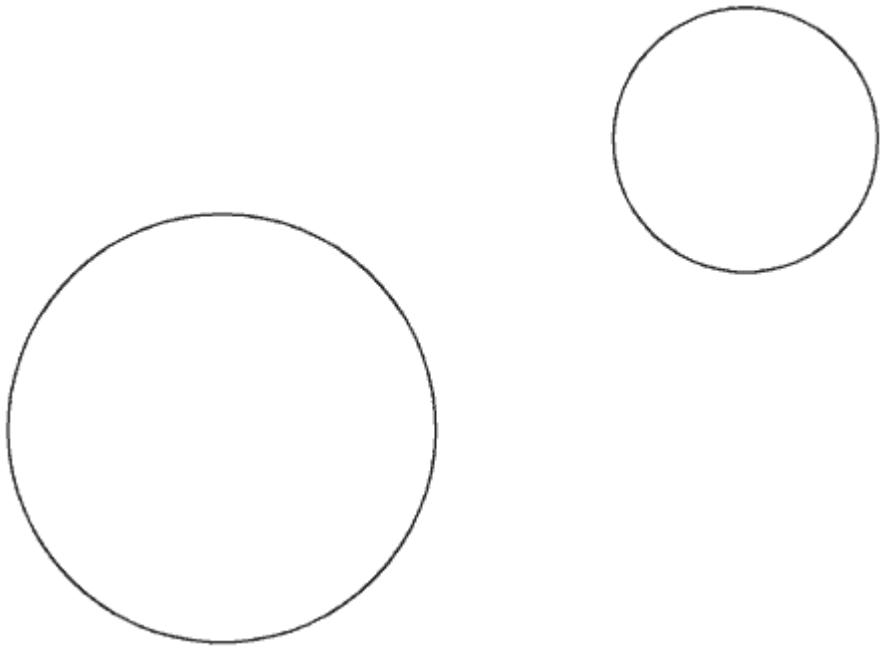
Было так:



Стало так:

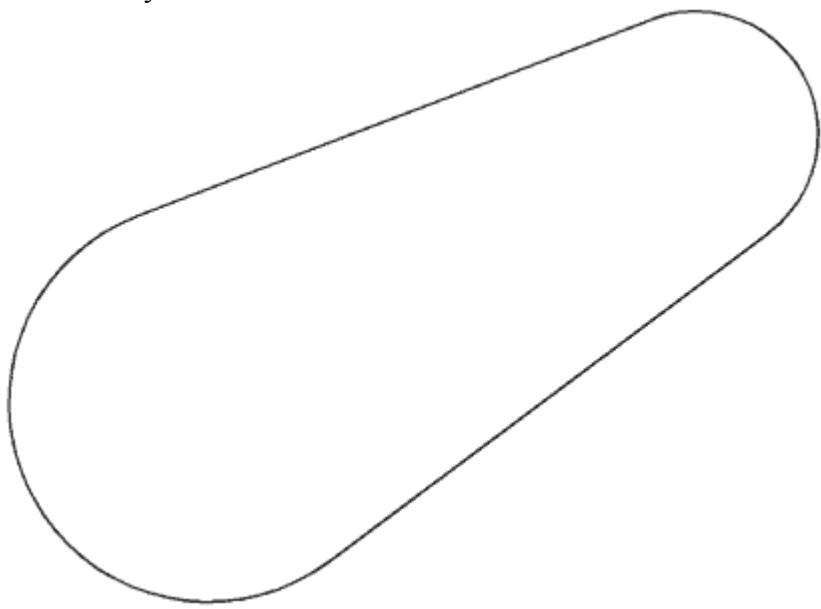


Ситуация следующая: у нас есть 2 окружности: одна побольше, другая поменьше. Радиусы окружностей взяты произвольно. Расположение этих окружностей - также произвольное.



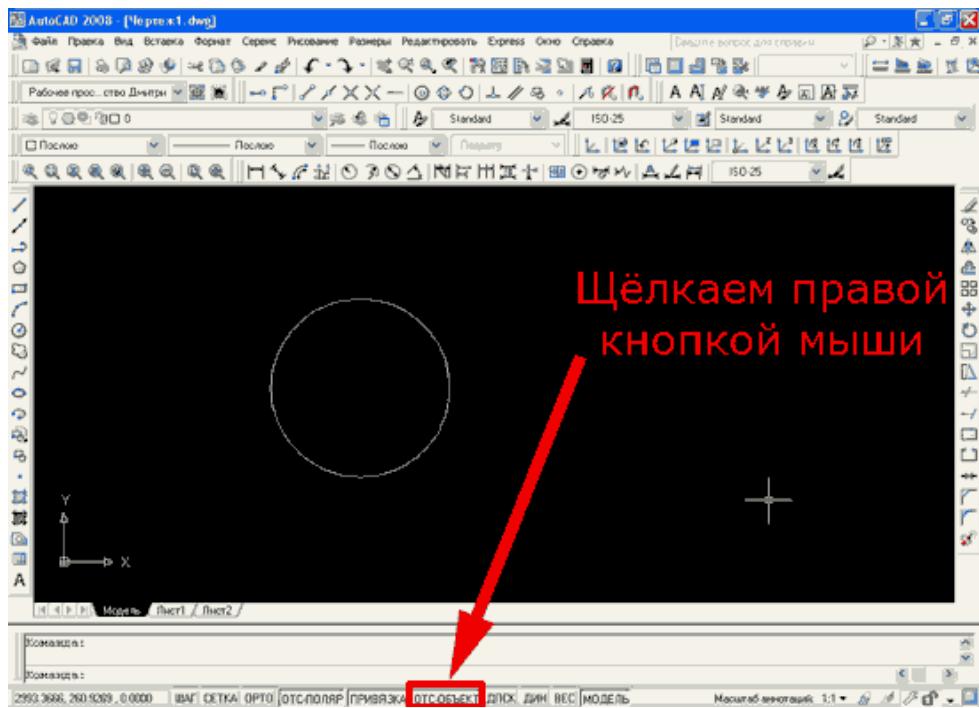
Задача состоит в следующем: нужно построить 2 прямых отрезка. Эти отрезки должны быть касательными одновременно к каждой из двух окружностей. Т.е. начальные и конечные точки обеих отрезков должны быть точками касания к окружностям. Затем нужно лишние фрагменты окружности обрезать и получить на выходе замкнутый контур с двумя сопряжениями.

Вот что у нас должно получиться в итоге:

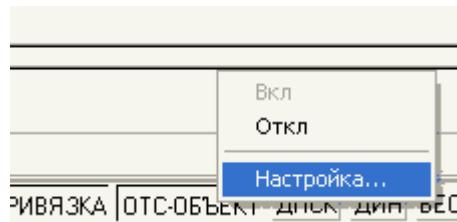


Для того, чтобы построить такое сопряжение нужно уметь работать с режимом объектного отслеживания "касательная".

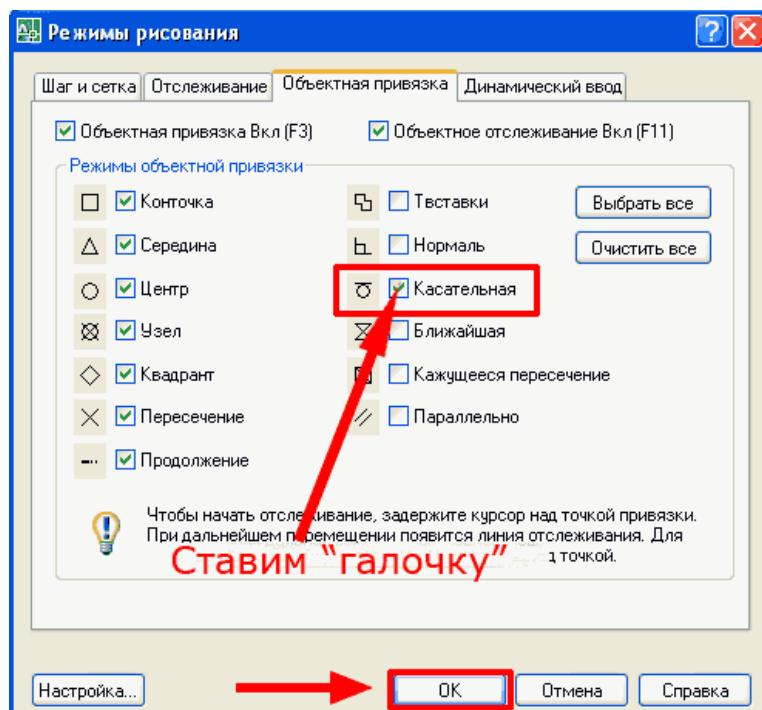
Для начала нам нужно включить это режим. Делается это следующим образом. Сначала подводим курсор мыши к кнопке "ОТС-ОБЪЕКТ" или к кнопке "ПРИВЯЗКА" на строке состояния. Нужно проследить, чтобы кнопки "ПРИВЯЗКА" и "ОТС-ОБЪЕКТ" были вдавленными. Щёлкаем правой кнопкой мыши по одной из этих кнопок.



Выбираем из списка пункт "настройка".

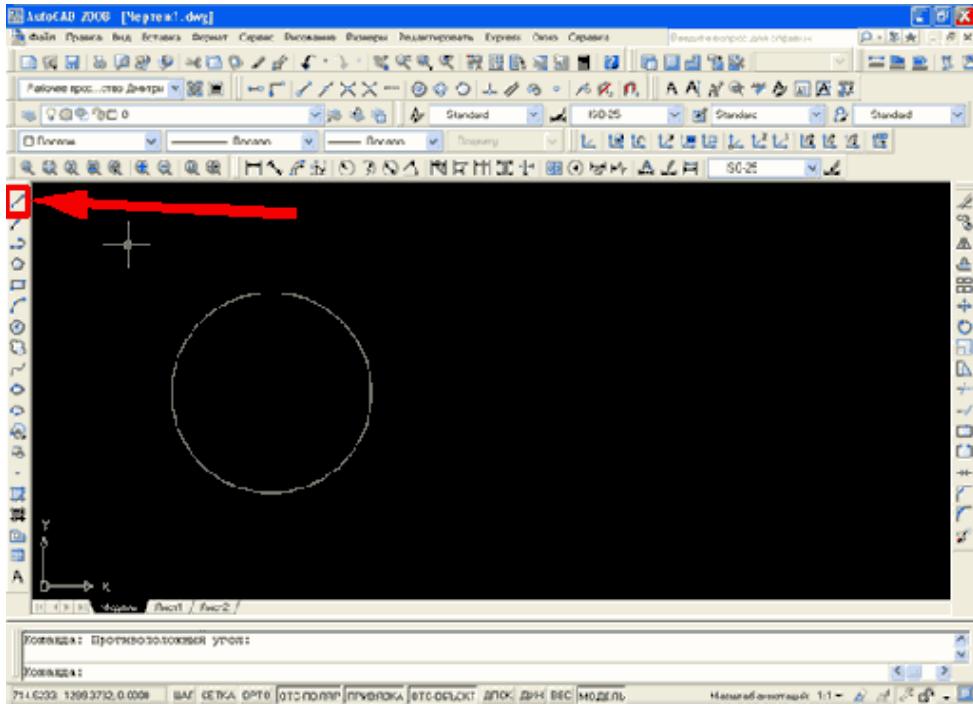


Открывается диалоговое окно настройки режимов черчения (рисования). Справой стороны находится список режимов объектного отслеживания. Нам нужно поставить галочку рядом с режимом черчения "касательная" и нажать кнопку "OK".



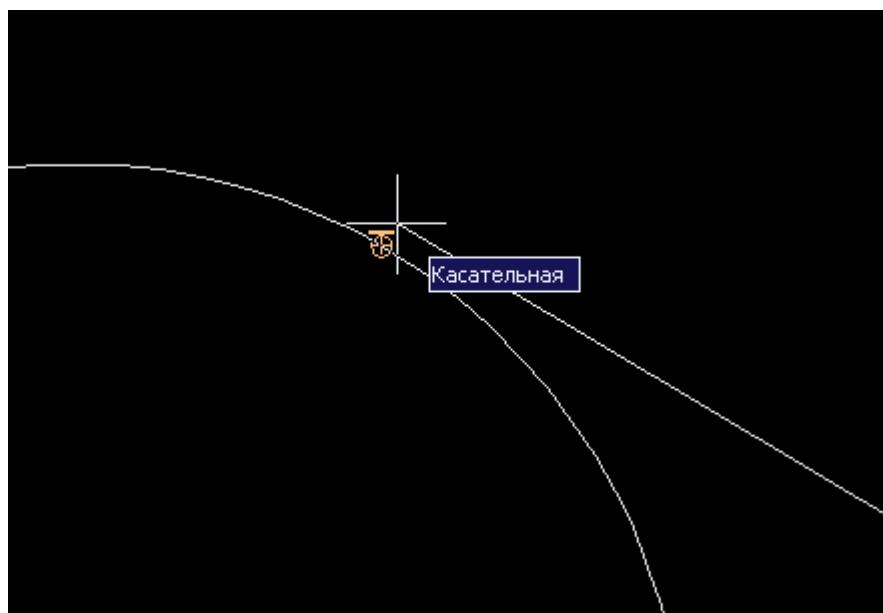
Теперь мы можем построить отрезок их какой-либо точки отрезок таким образом, чтобы его конечная точка совпадала с точкой касания к окружности.

Пусть у нас имеется какая-нибудь окружность произвольного радиуса. Построим отрезок, касательный к окружности. Нажмём на панели инструментов "рисование" кнопку "отрезок".

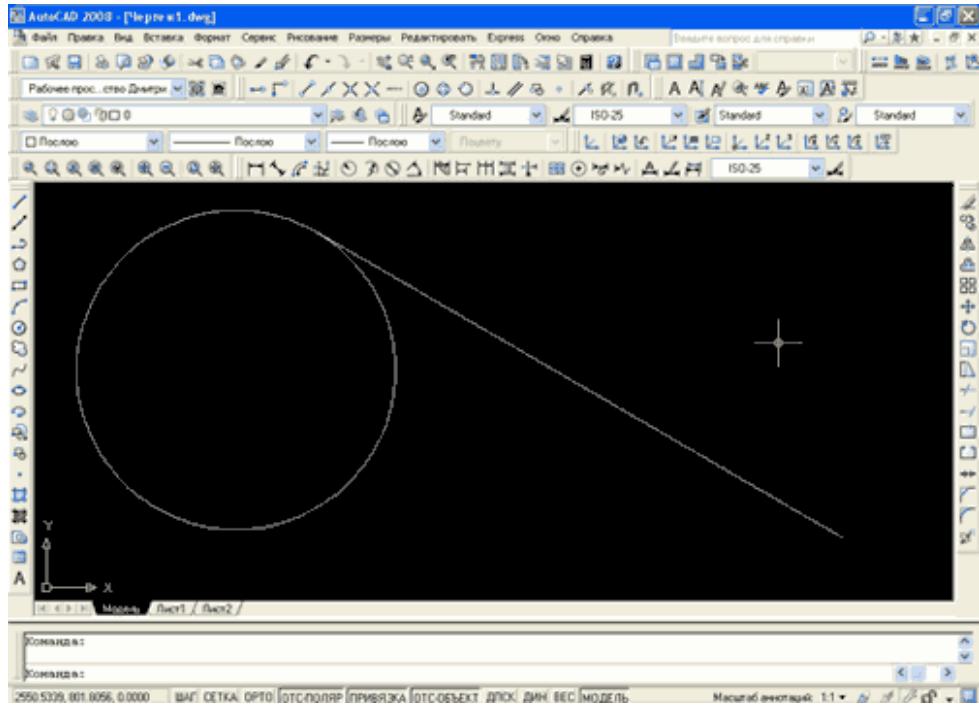


Запускается команда построения прямого отрезка. Укажем начальную точку отрезка щелкнув в произвольной точке на "чёрном экранчике" пространства модели. После этого нам нужно указать вторую точку, которая является точкой касания к окружности.

Подведём курсор мыши к окружности, приблизительно к тому месту, где должна располагаться точка касания. Появится жёлтый значок в виде маленького кружочка, над которым находится горизонтальная полоска. Также появится надпись с подсказкой "касательная".



Это означает, что сработал режим объектного отслеживания "касательная". Теперь нужно нажать левую кнопку мыши, затем клавишу "Enter" либо "Esc" для выхода из команды.



Построение касательной завершено.

Вернёмся к нашей задаче о построении сопряжения двух окружностей. Мы знаем как провести касательную к окружности. Но для того чтобы нам её провести, нужно знать где у нас будет располагаться начальная точка касательного отрезка. Вот тут и начинается геморой... Ведь начальная точка этого отрезка является точкой касания ко второй окружности. А эта точка нам неизвестна.

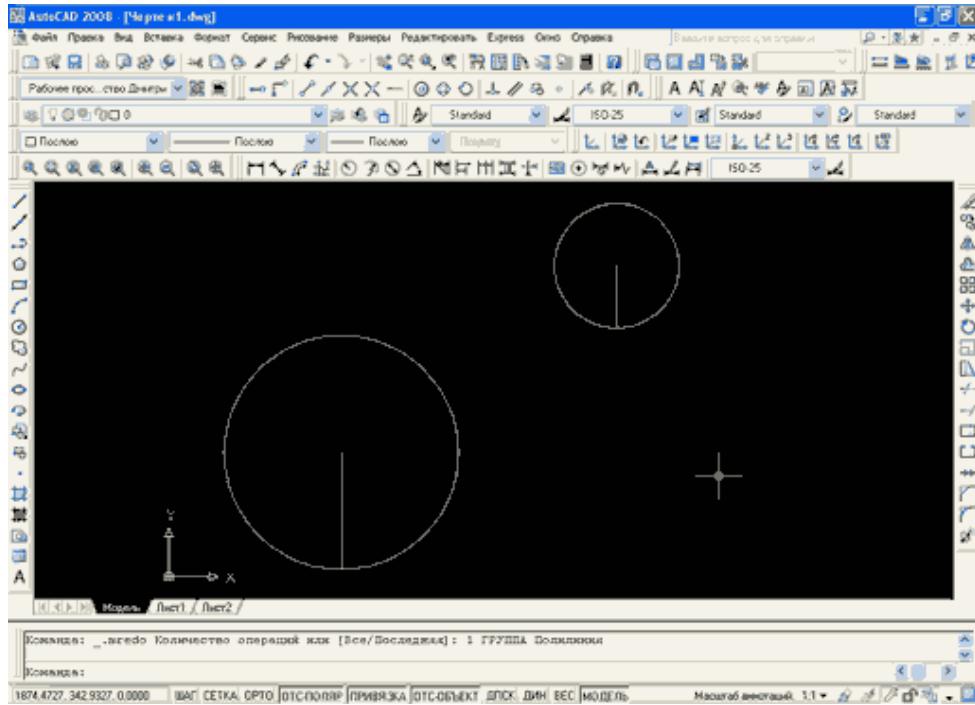


Сколько я не экспериментировал с объектными привязками и режимами объектного отслеживания, - так у меня и не получилось сопрячь две окружности средствами AutoCAD.

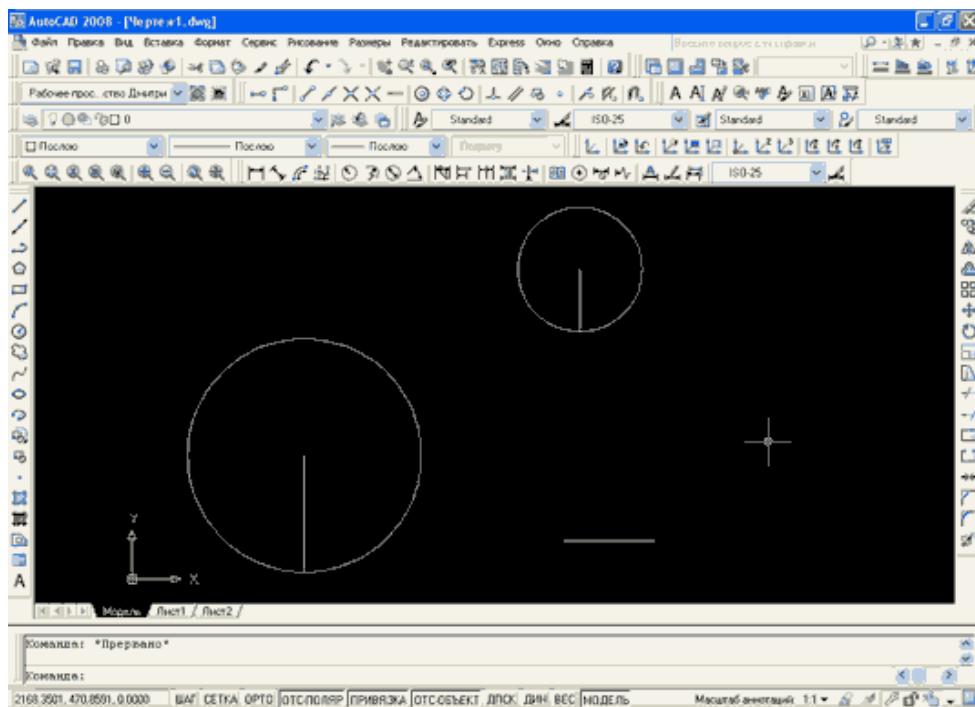
Пришлось мне покопаться в специальной литературе по начертательной геометрии. Спешу Вас обрадовать, решения я нашёл.

Итак, рассмотрим алгоритм построения сопряжения двух окружностей.

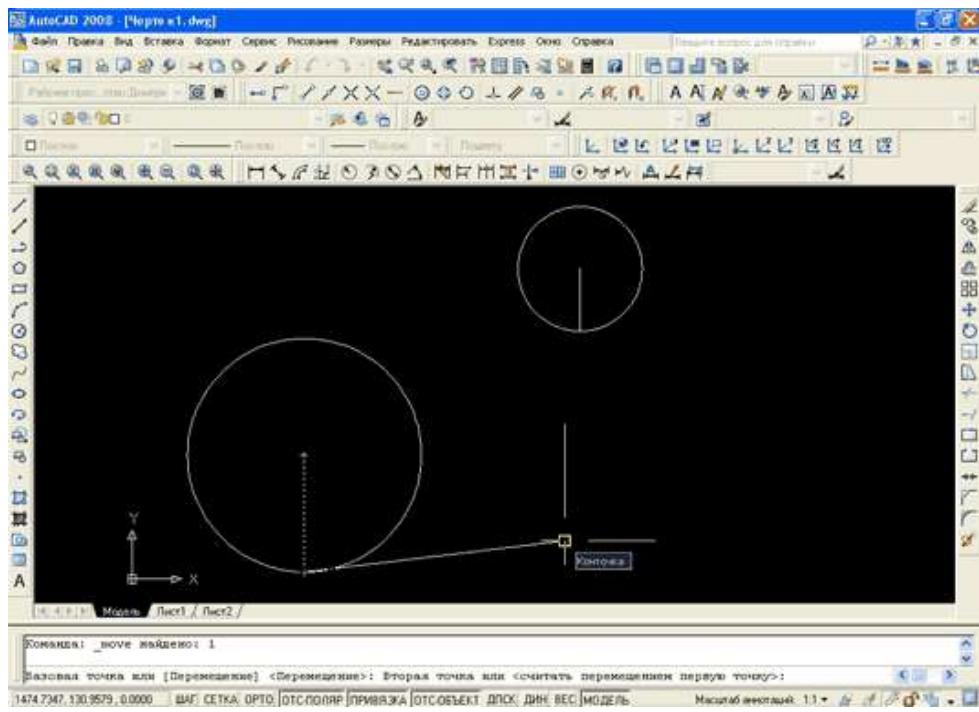
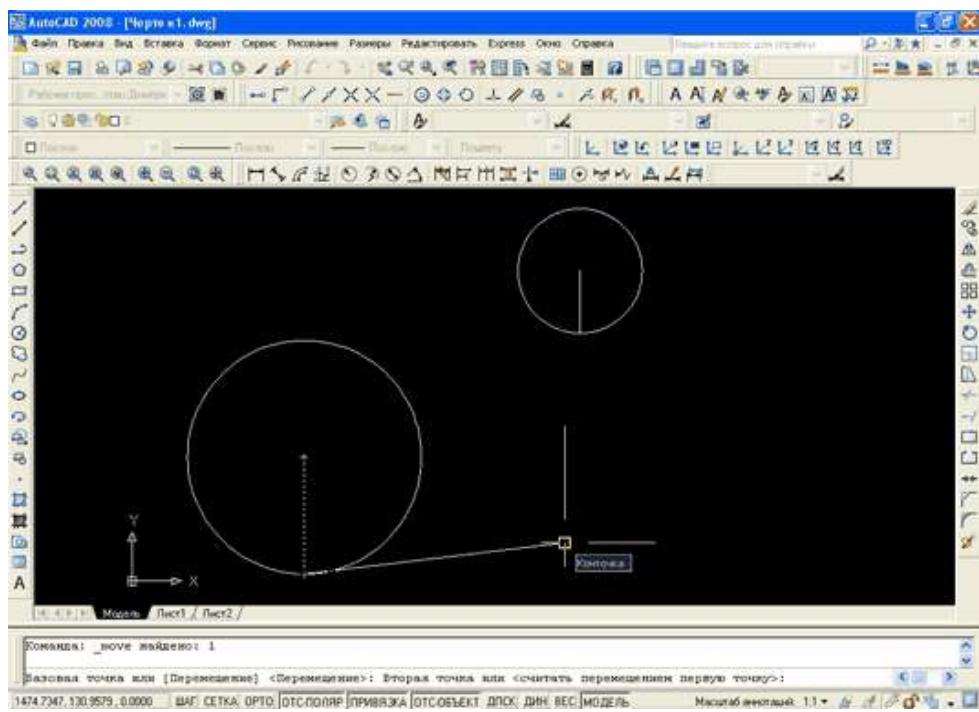
1) Проводим из центра каждой окружности вертикальные отрезки до пересечения с нижними точками этих окружностей. Для построения нам нужно включить объектные привязки "центр" и "квадрант" и режим от споляр.

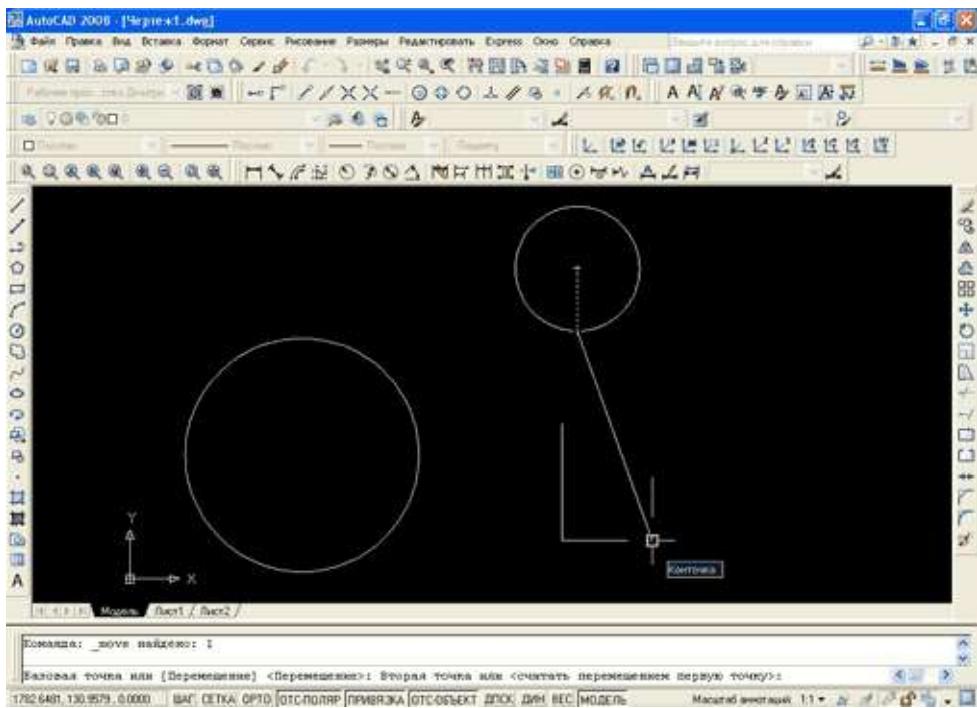


Строим где-нибудь в сторонке строго горизонтальный отрезок произвольного размера.

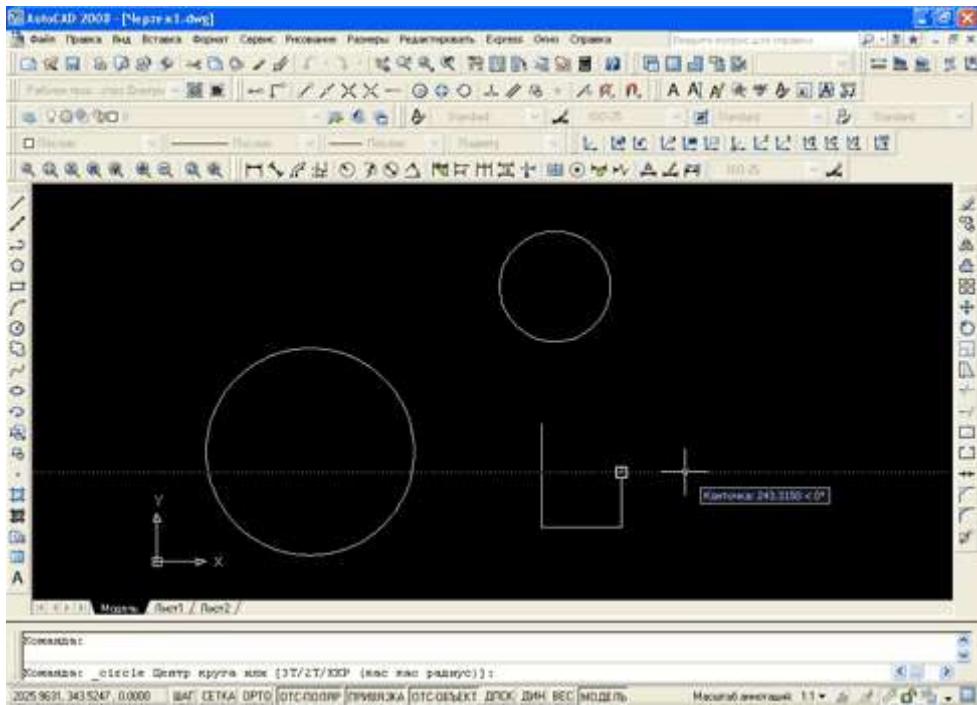


Переносим 2 построенных вертикальных отрезка соответственно в начальную и конечную точки горизонтального отрезка.

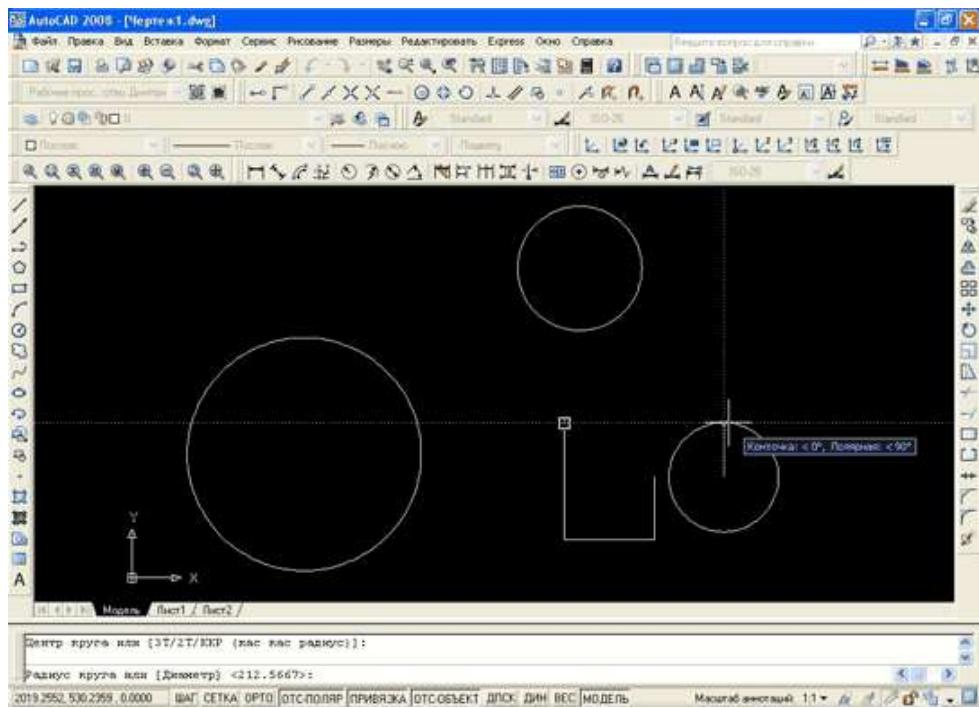




Вызываем команду построения окружности. Далее указываем центр окружности следующим образом. Накатываемся на верхнюю точку малого вертикального отрезка и отводим мышь немного вправо строго вдоль горизонтальной оси (проследите чтобы был включен режим "ОТС-ПОЛЯР"). Щёлкаем левой кнопкой мыши.

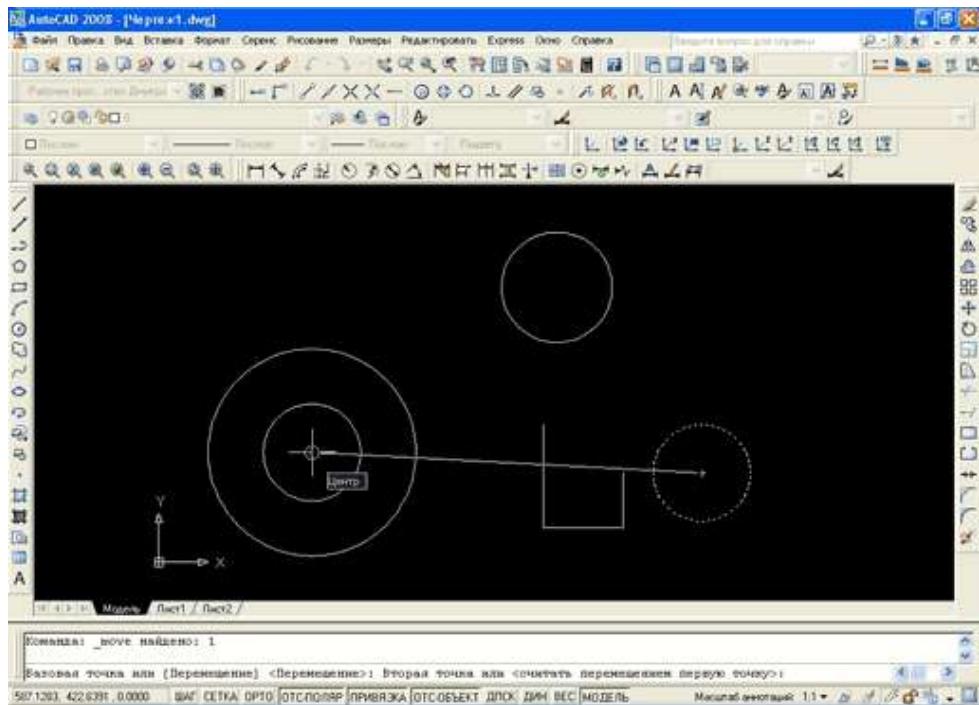


Далее нужно задать радиус окружности. Для этого накатываемся на верхнюю точку, перемещаем курсор горизонтально вправо вдоль горизонтальной пунктирной линии до пересечения с вертикальной пунктирной линией, т.е. указываем крайнюю верхнюю точку окружности. Щёлкаем левой кнопкой мыши.

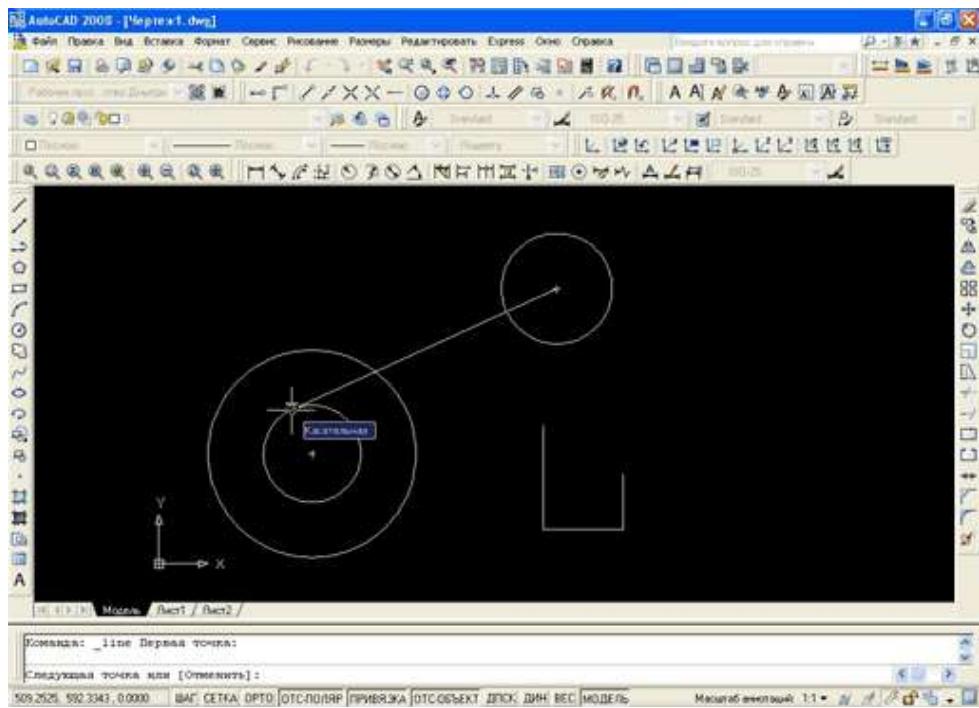


Выделяем только что построенную окружность.

Вызываем команду "перемещение", указываем базовую точку (за что берём). Базовой точкой у нас будет служить центр последней окружности. Указываем конечную точку перемещения (куда ставим). Конечной точкой будет служить центр большей окружности.

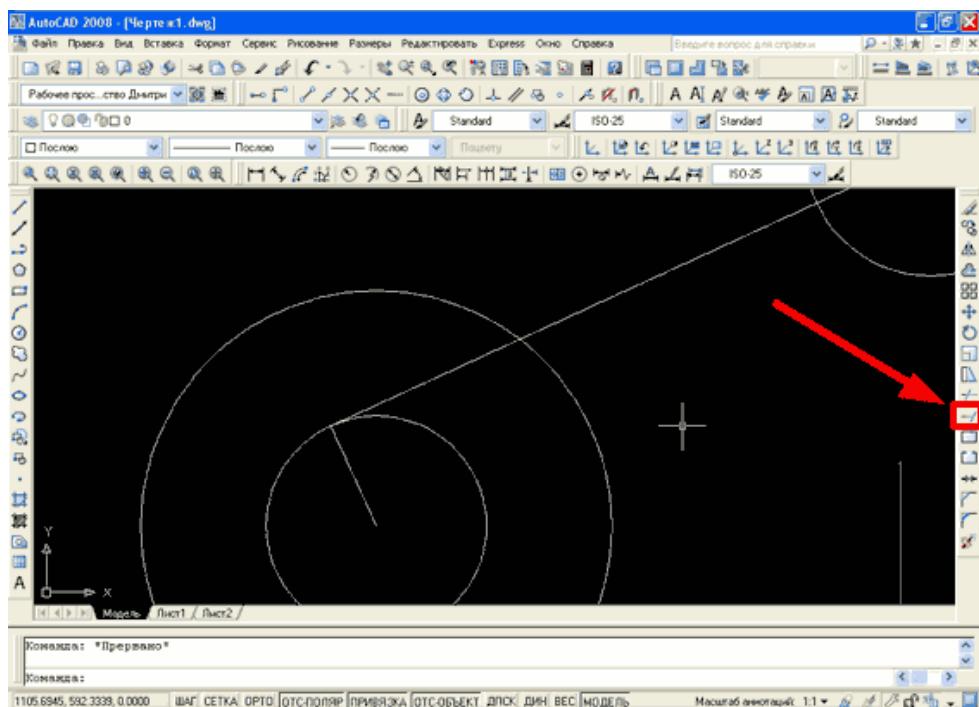


Теперь нам нужно построить касательную к перемещённой окружности из центра 1-ой маленькой окружности.



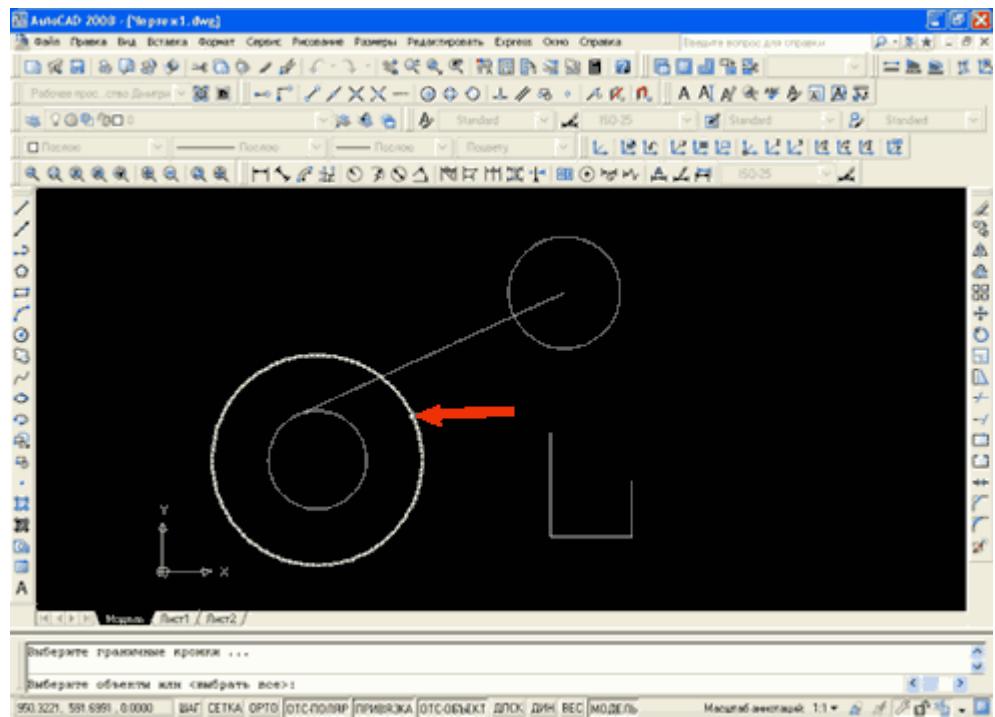
Далее строим из центра 3-ей окружности (которую мы перемещали) отрезок, конечная точка которого совпадает с конечной точкой только что проведённой касательной.

Теперь мы можем получить начальную точку из которой будем строить касательную к двум исходным окружностям. Для этого нажимаем кнопку "удлинить" на панели инструментов "редактирование".

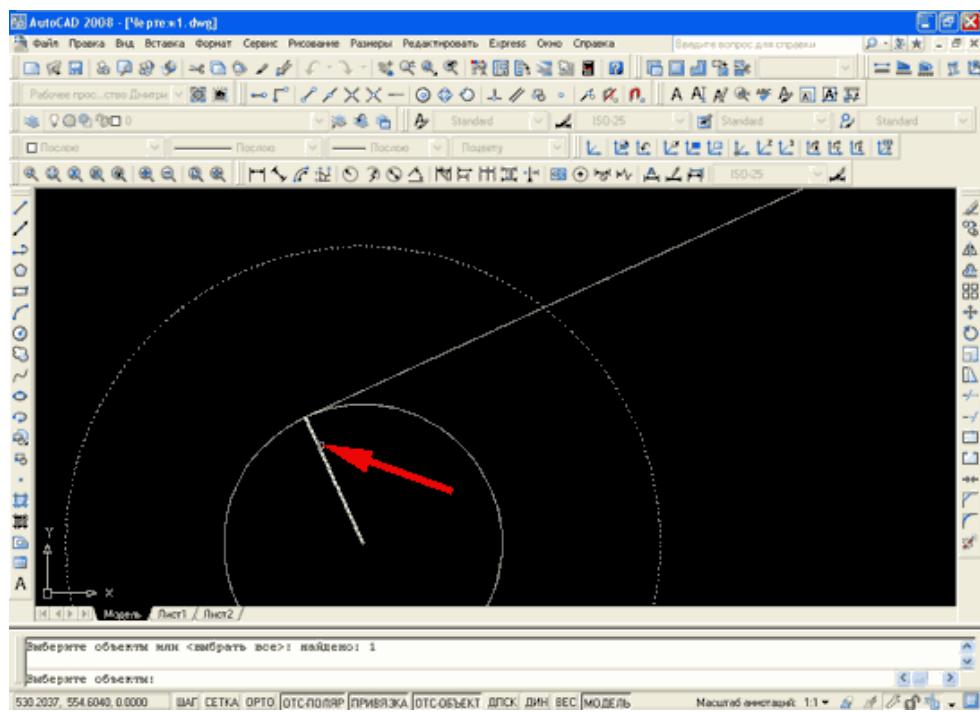


Запустится команда удлинения объектов.

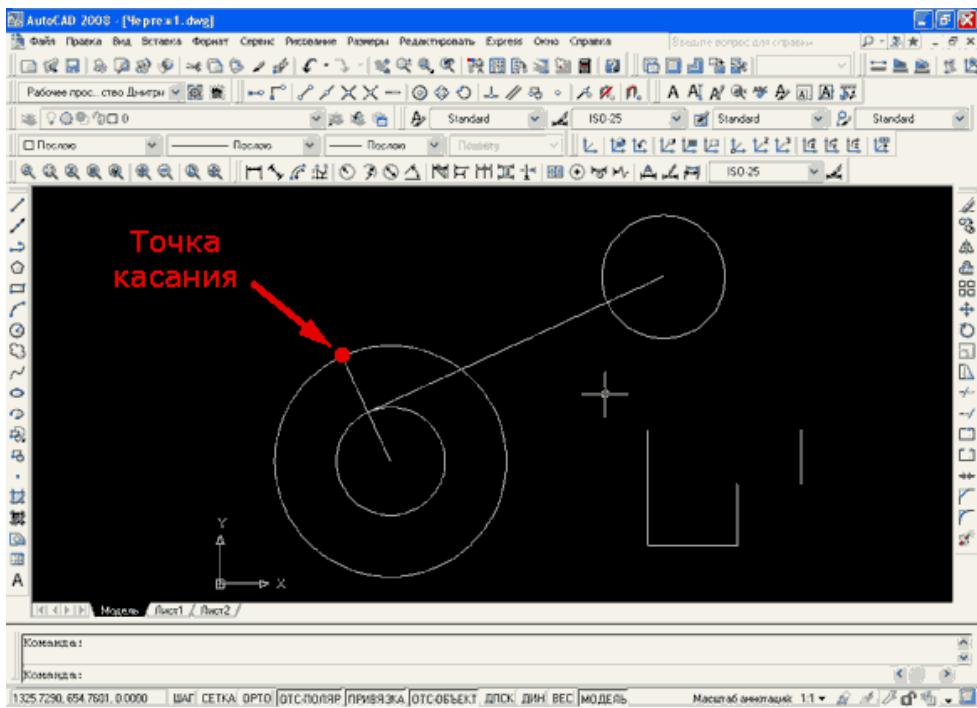
Укажем граничные кромки. Для этого щёлкнем левой кнопкой мыши по исходной окружности большего диаметра. Затем нажимаем клавишу "Enter".



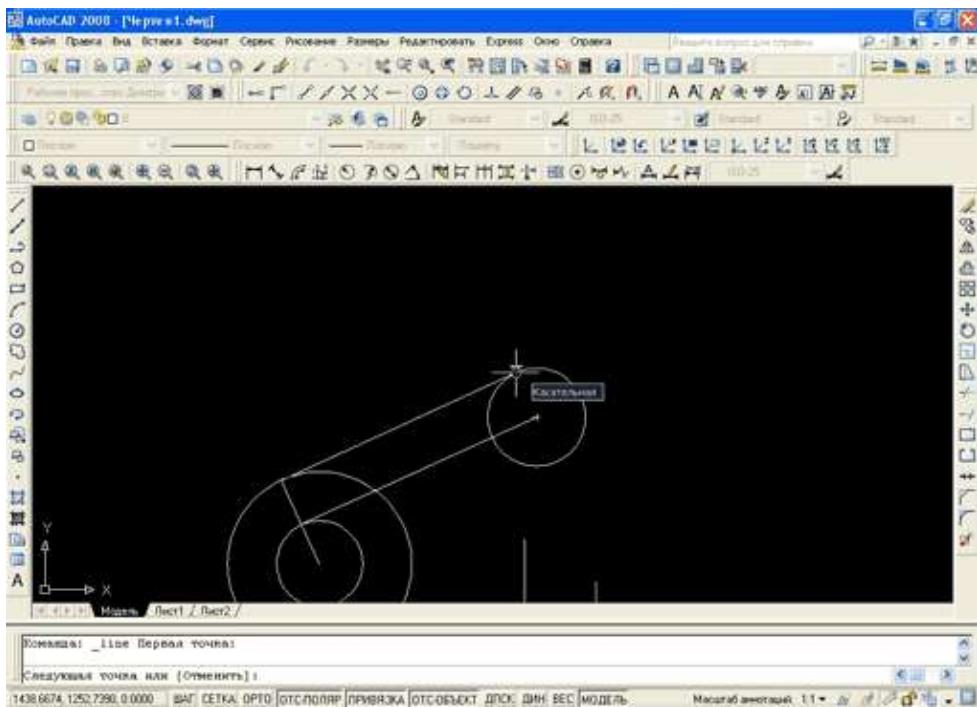
Указываем объекты для удлинения. Щёлкаем по маленькому отрезку.



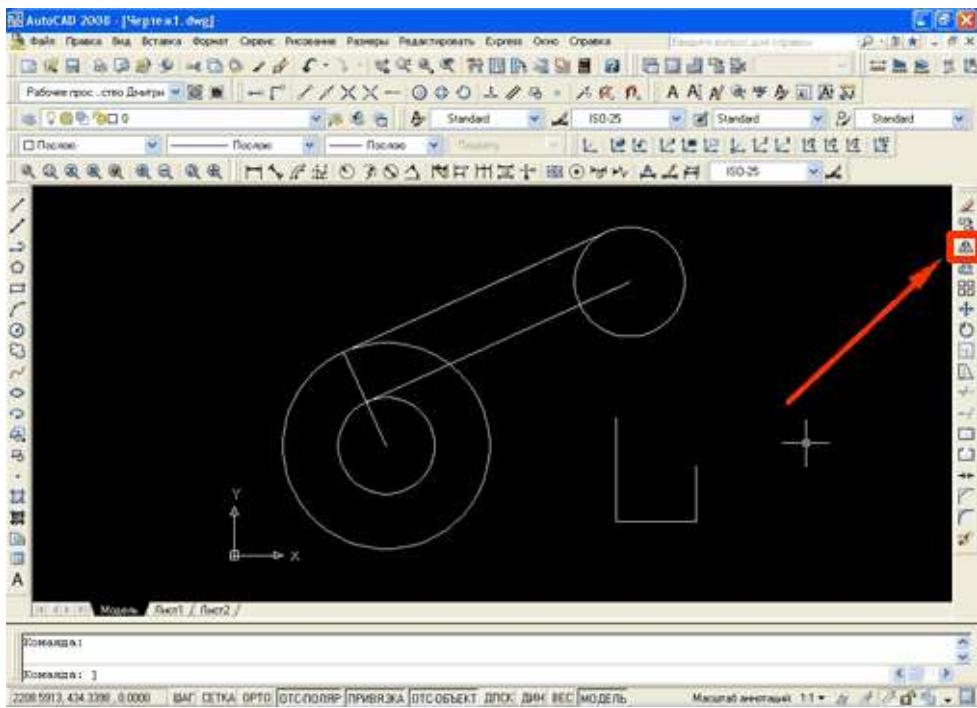
Мы получили точку касания и начальную точку для построения касательного отрезка.



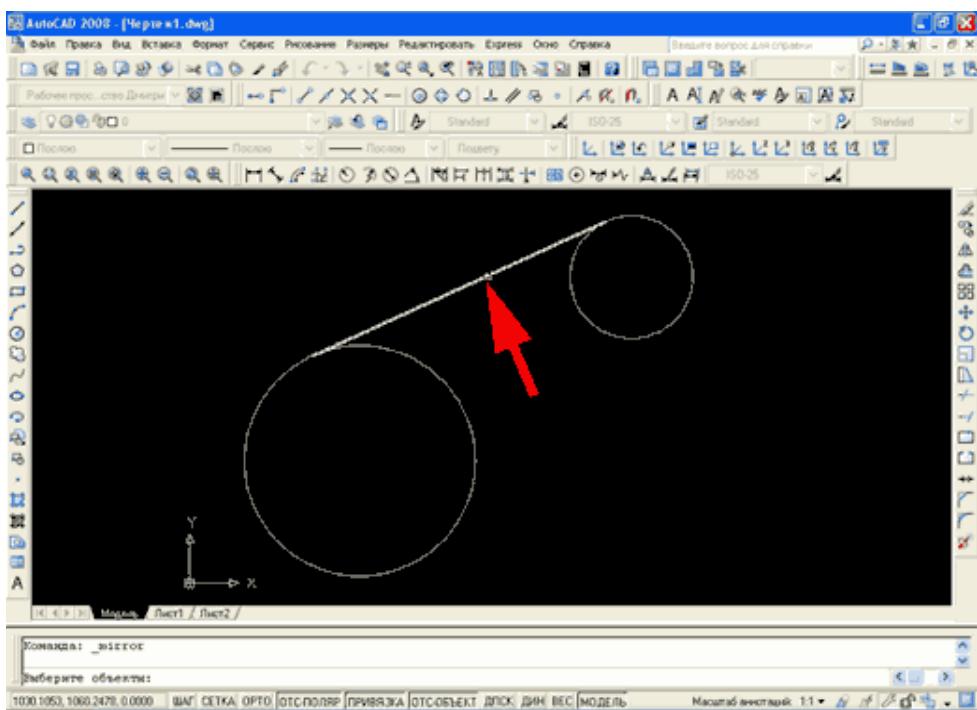
Вызываем построение прямого отрезка. Начальную точку указываем, привязываясь к конечной точке удлинённого отрезка. Конечную точку указываем на исходной маленькой окружности, воспользовавшись режимом черчения при объектном отслеживании "касательная".



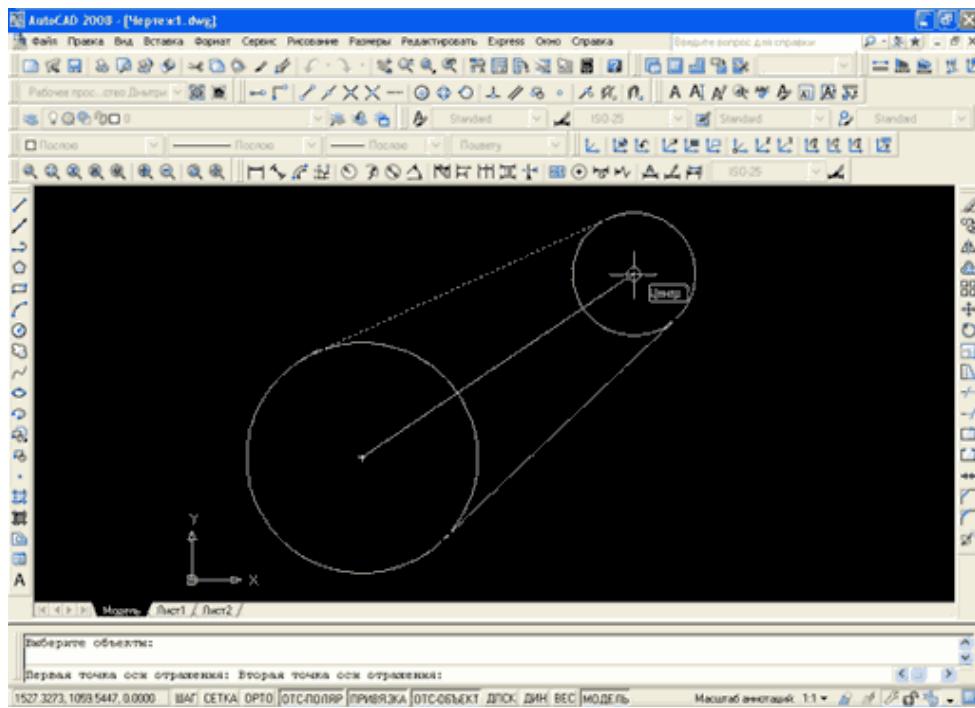
Всё касательную к двум окружностям мы построили. Удалим все дополнительные построения. Теперь построим вторую касательную воспользовавшись командой зеркального копирования. Нажимаем кнопку "зеркало" на панели инструментов "редактирование".



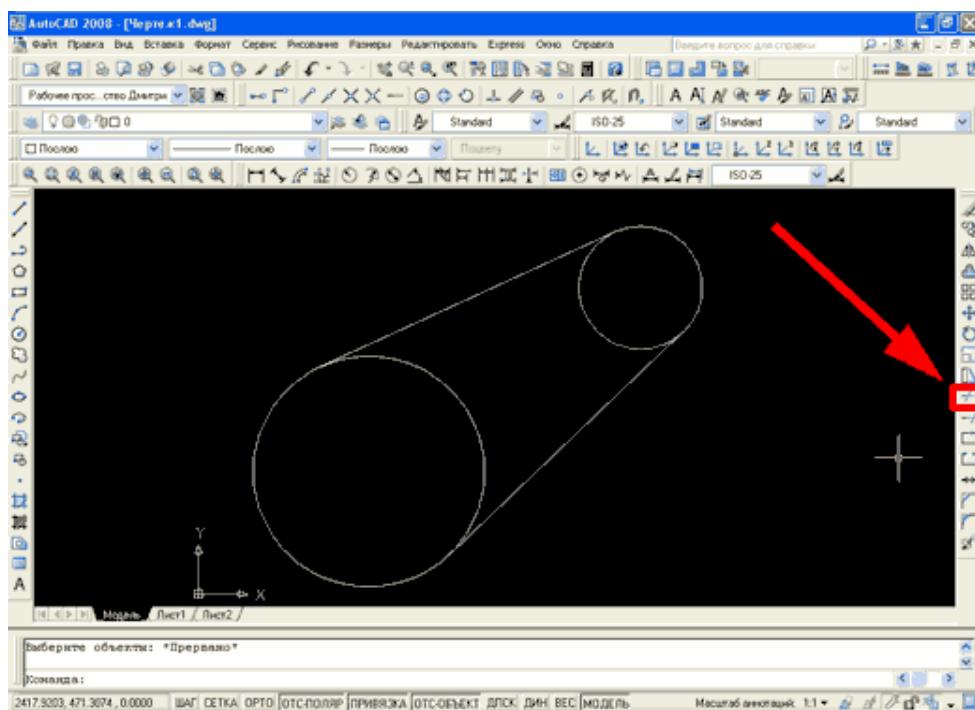
Указываем объект, который будем копировать. В нашем случае этим объектом служит ка-  
сательная.



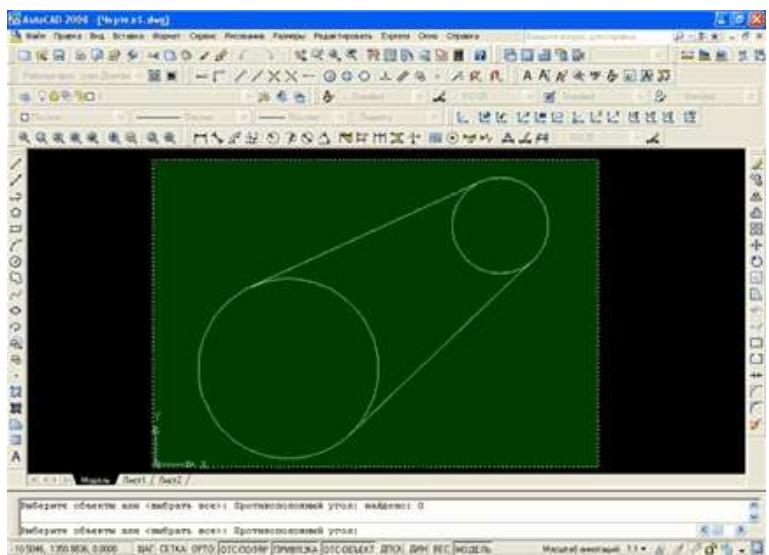
Указываем начальную и конечную точки на оси отражения. Эти точки совпадают с цен-  
тральными точками двух окружностей. Нажимаем "Enter".



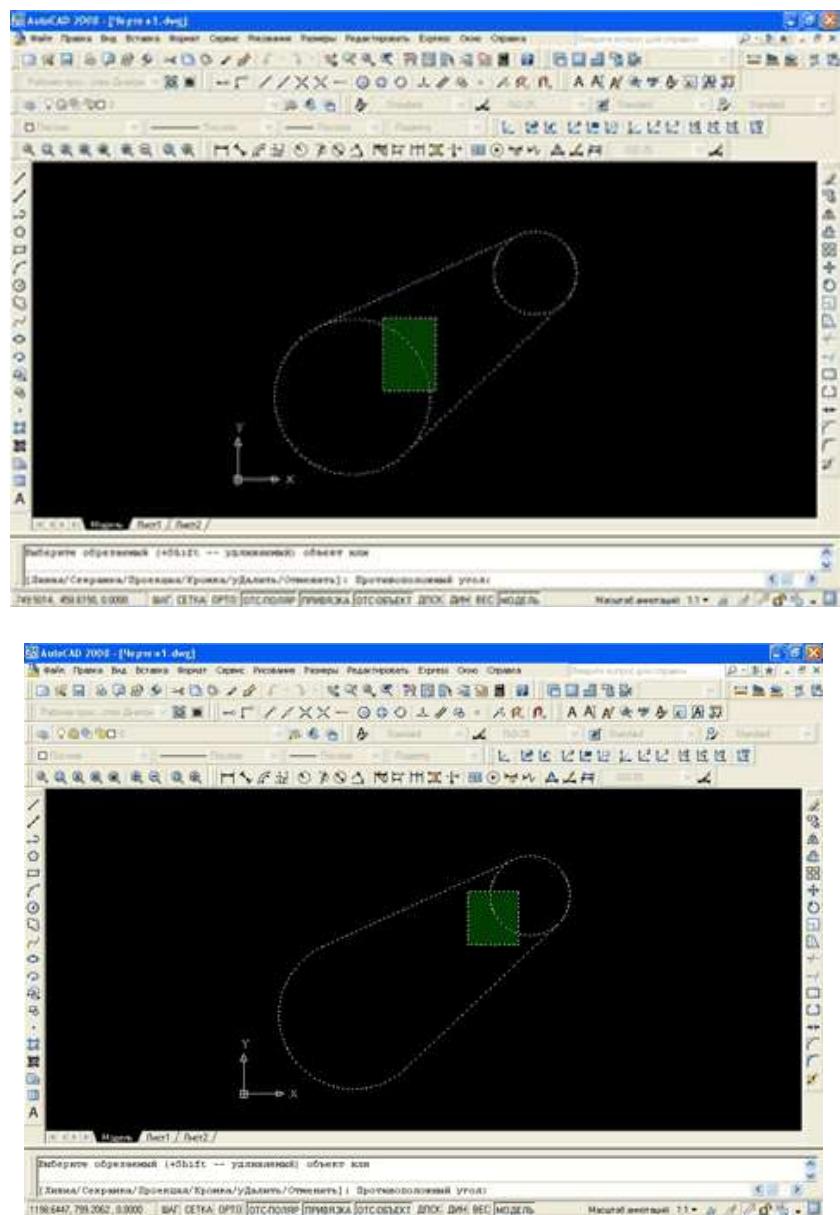
Для завершения построения сопряжения нужно обрезать лишние фрагменты окружности. Нажимаем кнопку "обрезание" на панели инструментов "редактирование".



Выделяем все объекты рамкой справа налево. Нажимаем клавишу "Enter".



Удаляем лишние фрагменты окружности, выделяя их рамкой справа налево.



Нажимаем клавишу "Enter". Построение сопряжения завершено.

## 1.7 Лабораторная работа №7 (2 часа).

**Тема:** «Многообразие примитивов графической среды AUTOCAD их применение в чертежах».

**1.7.1 Цель работы:** Определить многообразие примитивов графической среды AUTOCAD их применение в чертежах

### 1.7.2 Задачи работы:

1. Изучить виды примитивов графической среды AUTOCAD

### 1.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

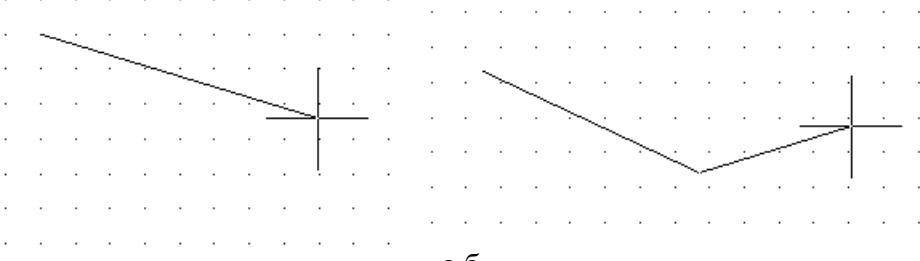
1. Персональный компьютер

### 1.7.4 Описание (ход) работы:

#### 1. Построение отрезков, методы выделения объектов

##### Отрезок (Line)

1. Создайте новый документ форматом А4, включите сетку  в строке состояния, остальные кнопки, кроме **Model** должны быть выключены.
2. Используя примитив **Отрезок**, постройте ломаную линию. Для этого выполните следующие действия.
  - выберите примитив отрезок на панели инструментов;
  - щелкните ЛКМ в произвольном месте расположения первого конца отрезка;
  - перемещайте мышь, за указателем мыши потянется "резиновая линия" (рис. 1, а). Щелкните ЛКМ. Первый отрезок построен;
  - снова перемещайте мышь, за указателем мыши снова потянется "резиновая линия" (рис. 1, б). Щелкните ЛКМ. Второй отрезок построен и так далее;
  - постройте еще несколько отрезков линии;



а б

Рис. 1

- обратите внимание, что в командной строке находится запись, поясняющая дальнейшие возможные действия **Specify next point or [Undo]**, что в переводе с английского означает **Следующая точка или** (рис. 2).

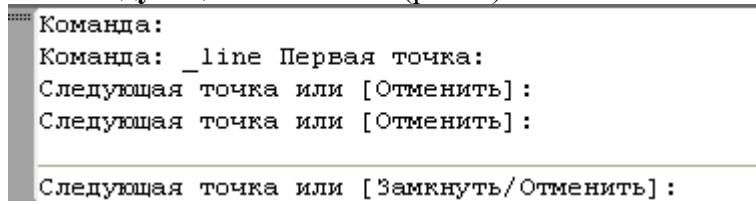
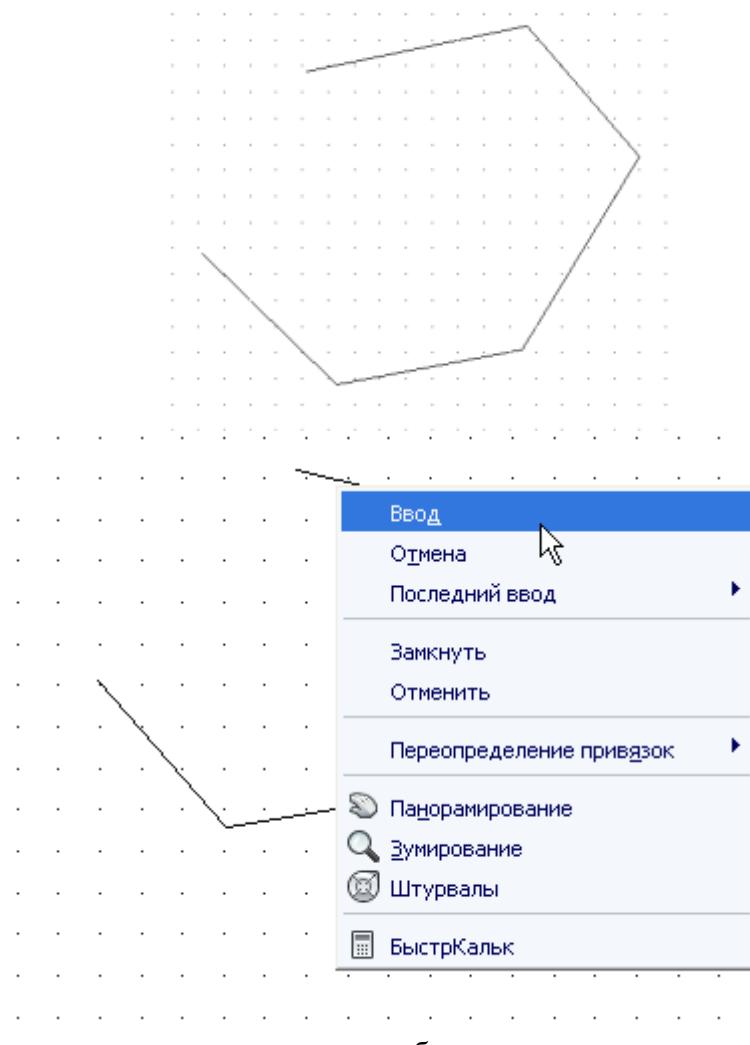


Рис. 2

3. Для окончания построения линии нажмите клавишу **Enter**. У Вас должен получиться произвольный чертеж (пока точные координаты не задаем, рисуем произвольно, чтобы понять, как работают инструменты) (рис. 3, а). Для того, чтобы пре-

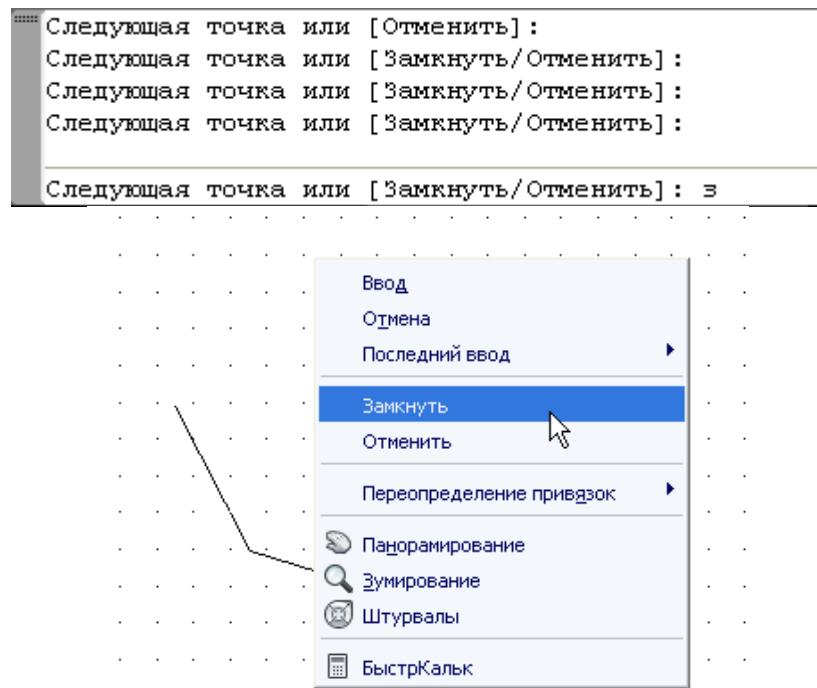
кратить построение отрезков, нужно нажать **Enter**. Команду **Enter (Ввод)** можно также выбрать из контекстного меню, щелкнув ПКМ после последнего построенного отрезка (рис. 3, б)



а б

Рис. 3

4. Для того, чтобы построить замкнутую фигуру, нужно набрать в командной строке русскую букву **з** и нажать **Enter** (рис. 4, а), или из контекстного меню под ПКМ выбрать команду **Close (Замкнуть)** (рис. 4, б). Постройте произвольный многоугольник обоими способами.



а б

Рис. 4

- Если Вас не устраивает форма многоугольника действия можно отменять, выбирая из контекстного меню под ПКМ команду **Undo (Отменить)**. Постройте произвольный многоугольник и, не нажимая **Enter**, выберите несколько раз команду **Undo (Отменить)** из контекстного меню. Все Ваши действия будут последовательно отменяться (рис. 5).

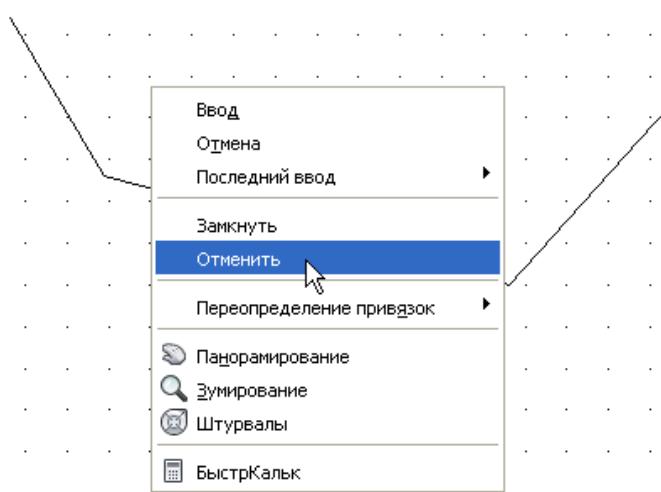


Рис. 5

- В контекстном меню есть еще две команды **Pan (Панорамирование)** и **Zoom (Зумирование)**. Рассмотрим их:
  - постройте несколько произвольных многоугольников на формате — 5-6 шт,
  - щелкните ПКМ по чертежу и выберите команду **Панорамирование**. В результате форма курсора станет в виде «руки» (рис. 6, а), это так называемый **«прозрачный режим»**, в котором Вы можете только перемещать чертеж. Зажмите ЛКМ и двигайте чертеж в разные стороны до тех пор, пока не почувствуете, как работает эта команда;

- чтобы выйти из режима **Pan**, нажмите ПКМ и из контекстного меню выберите команду **Exit (Выход)**(рис. 6, б) и Вы снова перейдете в режим построения объектов, при этом снова появится сетка;

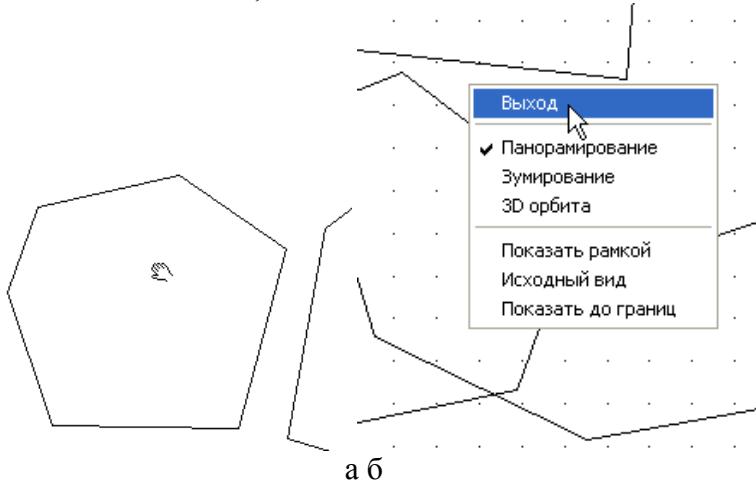


Рис. 6

- щелкните ПКМ по чертежу и выберите команду **Зумирование**. В результате форма курсора станет в виде лупы с плюсом справа и с минусом слева (рис. 7, а), это означает, что при движении зажатой ЛКМ вправо чертеж будет увеличиваться, а при движении влево – уменьшаться. Поработайте инструментом до тех пор, пока не почувствуете его;
- чтобы выйти из режима **Зумирование**, нажмите ПКМ и из контекстного меню выберите команду **Exit (Выход)**(рис. 7, б) и Вы снова перейдете в режим построения объектов, при этом снова появится сетка;

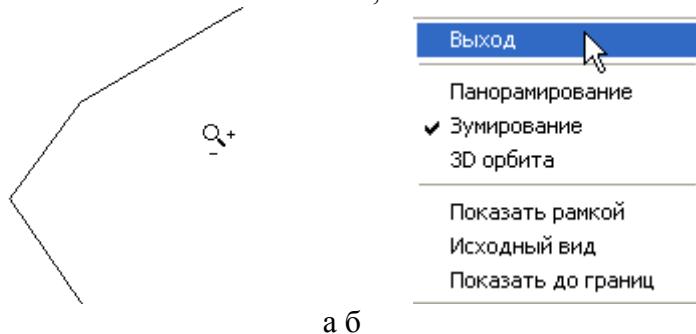


Рис. 7

- У Вас на чертеже должно быть несколько построенных произвольных прямоугольников. Чтобы очистить чертеж от ненужных элементов, их можно стереть. Для этого:

- убедитесь, что форма курсора имеет вид перекрестия , а в командной строке присутствует слово **Команда:**(режим, когда компьютер ожидает от Вас новой команды);
- выделите несколько отрезков, щелкнув по ним курсором, отрезки подсветятся, у них появятся маркеры. Запомните, что эти маркеры называются *ручками*. Этот термин часто встречается в литературе (рис. 8, а);
- чтобы снять выделение, нажмите клавишу **Esc**;
- снова выделите несколько объектов;
- затем нажмите клавишу **Delete**, отрезки будут удалены (рис. 8, б);

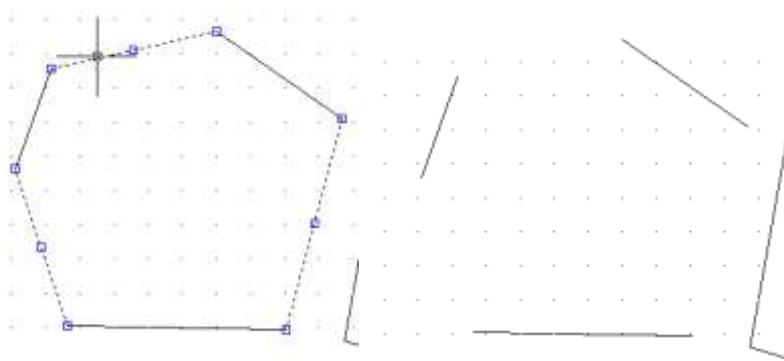


Рис. 8

- чтобы вернуть отрезки, примените инструмент **Undo (Отмена)** на панели инструментов **Стандартная (Standard Toolbox)**. Используя этот инструмент, Вы можете многократно отменять свои действия. Кнопка, которая находится рядом с **Redo (Повторить)**, позволяет вернуть отмененное действие. Используйте эти кнопки, когда при построении чертежей возникают неточности и ошибки.

### Методы выделения объектов в AutoCAD

#### *I метод – последовательное выделение*

Этот метод мы только что рассмотрели. Он заключается в том, что в режиме **Команда:** при форме курсора в виде перекрестия Вы последовательно щелкаете один раз ЛКМ по объектам. При этом объекты «подсвечиваются», у них появляются ручки. После того, как объекты выделены, с ними можно производить какие-либо действия.

#### *II метод – обычная рамка выбора*

Если перемещать курсор **слева направо (снизу вверх или сверху вниз)**, то при этом будет отрисовываться **обычная рамка выбора** (голубого цвета). Все объекты, которые попадут внутрь рамки, окажутся выделенными. На рис. 9, а только отрезки **1** и **2** полностью попали в **обычную рамку выбора**, поэтому они будут выделены, когда будет закончена отрисовка рамки (рис. 9, б). Отрезки **3**, **4**, **5** не попали полностью в рамку выбора, поэтому они остались невыделенными (рис. 9, б).

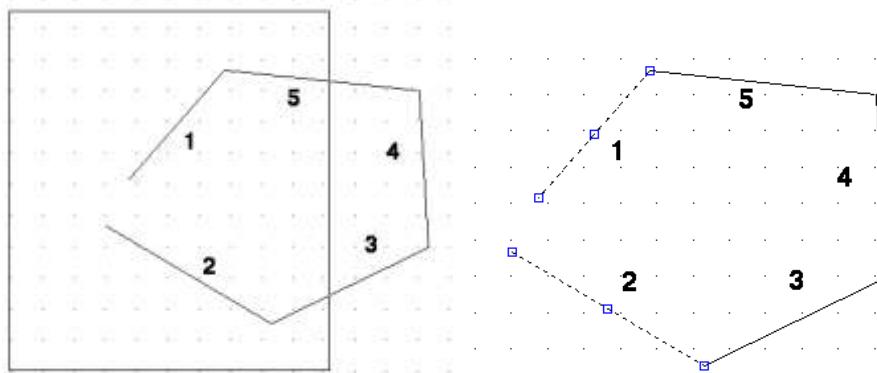


Рис. 9

#### *III метод – секущая рамка выбора*

Если перемещать курсор **справа налево (снизу вверх или сверху вниз)** от указанной точки, появится **секущая рамка выбора** (зеленого цвета). Все объекты, которые попадут в зону рамки и те, которые пересечет **секущая рамка выбора** (рис. 10, а), окажутся выделенными (рис. 10, б). На рис. 10, а отрезки **1**, **2** попали в зону рамки, а отрезки **3**, **5** пересечены **секущей рамкой выбора**, поэтому все четыре отрезка будут выделены, когда будет закончена отрисовка рамки (рис. 10, б). Отрезок **4** не попал в зону и не был пересечен **секущей рамкой выбора**, поэтому он остался невыделенным. (рис. 10, б).

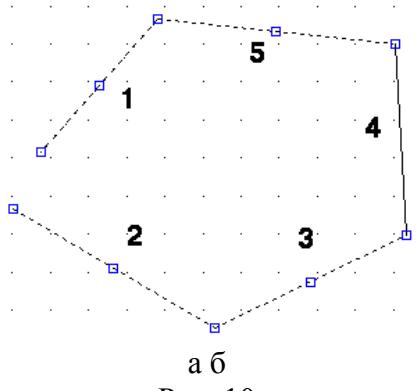


Рис. 10

8. На своем чертеже, где есть несколько произвольных многоугольников, отработайте все методы выделения объектов. Не забывайте, что снять выделение можно клавишей **Esc**.
9. Очистите чертеж от всех объектов. Для этого выполните команду **Edit (Правка)→Select All (Выбрать все)**. Все объекты должны быть выделены (подсвечены). После этого нажмите клавишу **Delete**.

## 2. Рисование примитивов

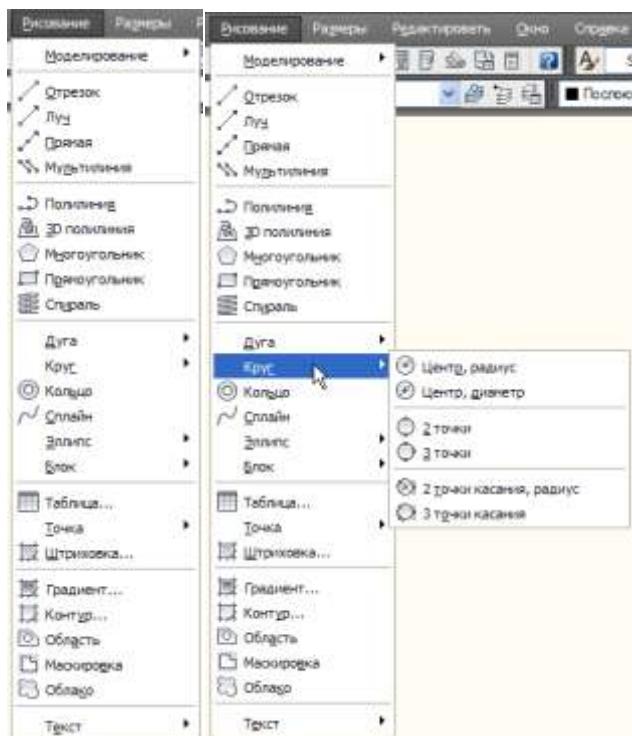
Рисунки в AutoCAD строятся из **набора графических примитивов**, под которым понимается элемент чертежа, обрабатываемый системой как целое.

Команды вычерчивания или рисования создают **графические примитивы** содержащиеся в падающем меню **Draw (Рисование)** (рис. 11, а),

Те пункты меню «Рисование», у которых есть треугольник, направленный вправо, имеют дополнительные возможности – различные методы построения данного примитива (рис. 11, б).

Те же инструменты рисования расположены также на соответствующей **панели инструментов** (рис. 12).

Вы можете самостоятельно с помощью курсора-стрелки «прогуляться» по всем каскадам меню, знакомясь с его обширным содержанием.



а б

Рис. 11. Меню инструментов рисование



Рис. 12. Панель инструментов «Рисование»

Рассмотрим некоторые наиболее часто применяемые **графические примитивы**.

Таблица 1. Графические примитивы

#### Пиктограмма



#### Описание

Графический примитив **отрезок** выполняется командой **LINE (ОТРЕЗОК)**. Необходимо указать начало и конец отрезка, щелкнув на поле или введя координаты точек в командной строке.

Графический примитив **прямая** выполняется командой **XLINE (ПРЯМАЯ)** и строит множество прямых.

Графический примитив **мультилиния** выполняется командой **MLINE (МЛИНИЯ)** и строит совокупность параллельных ломаных линий, называемых элементами.

Графический примитив **полилиния** выполняется командой **PLINE (ПЛИНИЯ)** и строит последовательность прямолинейных и дуговых сегментов с возможным указанием ширины.

Графический примитив **прямоугольник** выполняется командой **RECTANGLE (ПРЯМОУГОЛЬНИК)** и строит прямоугольник по двум углам.

Графический примитив **дуга** выполняется командой **ARC (ДУГА)** и строит дуги по различным параметрам.

Графический примитив **круг** выполняется командой **CIRCLE (КРУГ)** и строит различные окружности.



Графический примитив **сплайн** выполняется командой **SPLINE (СПЛАЙН)** и строит гладкие кривые, проходящие через заданные точки.



Графический примитив **эллипс** выполняется командой **ELLIPSE (ЭЛЛИПС)** и строит эллипс как замкнутую полилинию, состоящую из коротких дуговых сегментов, или как эллипс

Для работы с программой **AutoCAD** используются команды, вводить которые можно различными способами:

- *набрать на клавиатуре,*
- *выбрать из меню,*
- *щелкнуть соответствующую пиктограмму на панели инструментов.*

Команда может быть введена только в тот момент, когда в окне командных строк высвечивается подсказка **Command: (Команда):**.

### Точка (Point)

Точка — самый простой объект, характеризующийся тремя координатами. На экране точка может отображаться не только светлым или темным пятном, но и различными значками (их около 20). Будьте внимательны: в наборе этих знаков есть знак, который никак не отображает точку. Он введен для отключения точек на экране без их стирания.

Не путайте точку с маркером: точка — самостоятельный примитив или элемент геометрической модели, а маркер — экранная вспомогательная метка, исчезающая при первой же перерисовке; к точке можно привязаться, как к объекту (режим объектной привязки Node(Узел) — эта функция будет рассмотрена ниже); с ней можно производить операции редактирования.

Диалог при работе с точкой прост: на запрос о вводе точки необходимо указать ее местоположение или задать 3 координаты точки.

### Стиль точки

В понятие стиля точки входит настройка текущего состояния отображения точки на экране. Сюда относится выбор графического знака и задание его величины либо относительно экрана в процентах, либо в условных единицах.

Для изменения отображения точки надо воспользоваться диалоговым окном, вызываемым командой **Format→Point Style (Формат→Отображение точек)**(рис. 13)

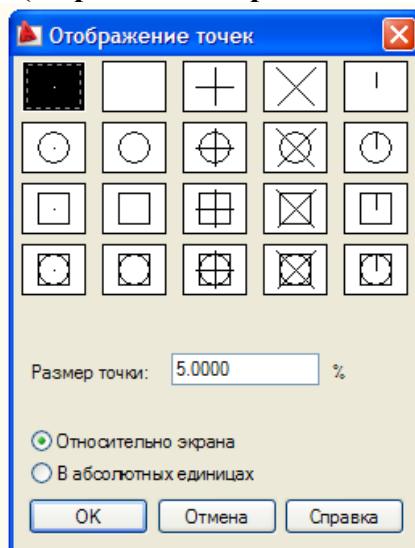
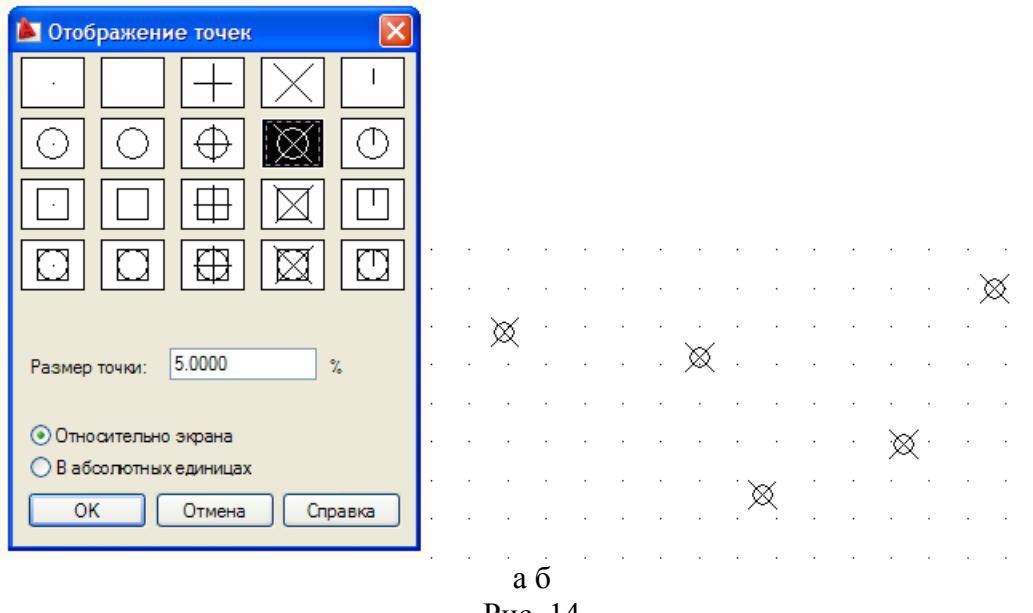


Рис. 13

1. В диалоговом окне **Format→Point Style (Формат→Формат→Отображение точек)** установите стиль точки, как показано на рис. 14, а

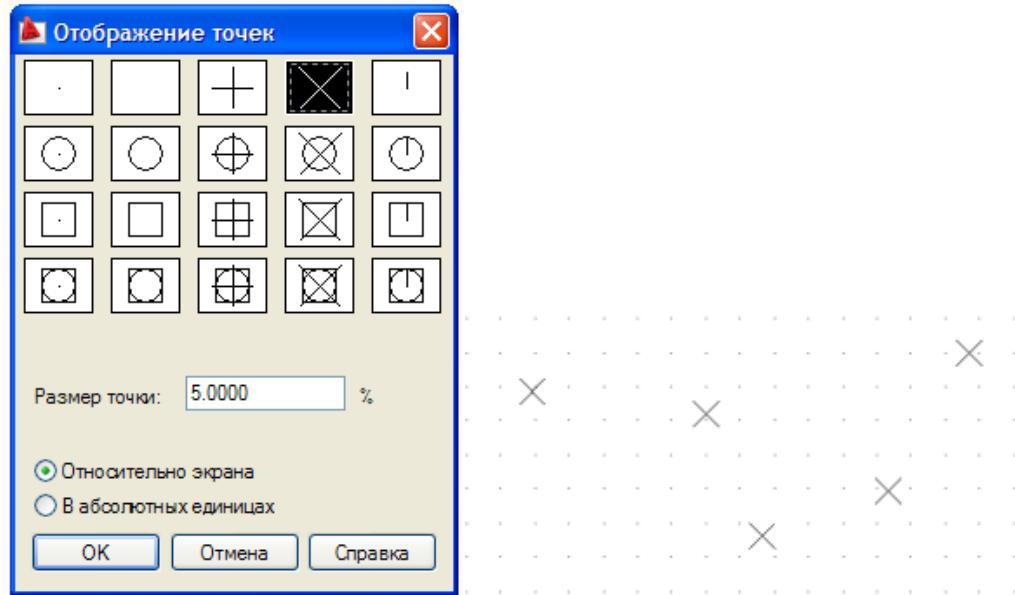
2. Расставьте произвольным образом точки на своем чертеже, используя инструмент **Point (Точка)**. Для того, чтобы AutoCAD вышел из режима создания точек, надо нажать клавишу **Esc**. Отображение точек должно быть как на рис. 14, б.



а б

Рис. 14

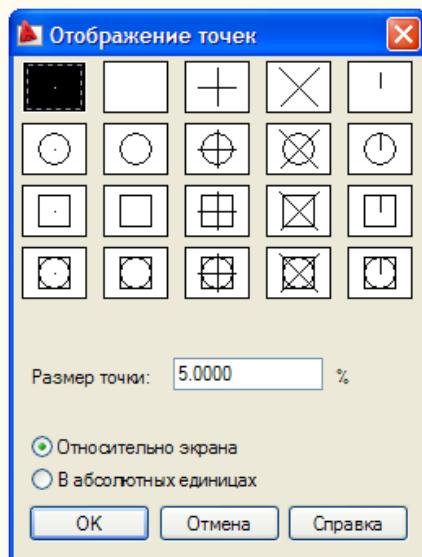
3. Измените стиль точки, как показано на рис. 15, а, нажмите OK. Обратите внимание, как изменилось отображение точек на чертеже (рис. 15, б).



а б

Рис. 15

4. Измените стиль точки, как показано на рис. 16, а, нажмите OK, отключите сетку Точки едва заметны на чертеже (рис. 16, б).



а б

Рис. 16

- Если Вы выберете стиль точки, как показано на рис. 17, то точек совсем не будет видно на экране, но они не исчезли, они присутствуют в чертеже до тех пор, пока Вы их сами не удалите.

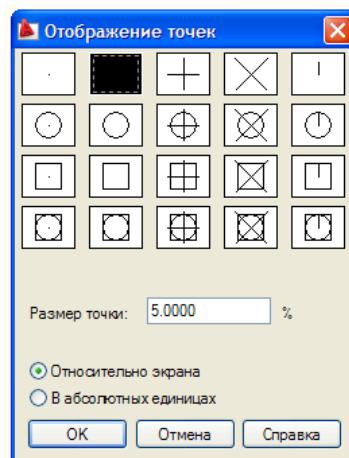


Рис. 17

- Удалите все объекты с чертежа. Мы переходим к построению других примитивов.

### **Построение примитивов с использованием панели инструментов Draw(Рисование)**

- Используя знания, полученные из темы 2 измените лимиты чертежа с формата А4 до формата А3 и установите шаг сетки, равный 5 мм.
- Используя только панель инструментов **Draw (Рисование)**, постройте на формате примитивы, как это показано на рис.18. Если у Вас возникли затруднения при построении фигур, обратитесь к таблице 2.

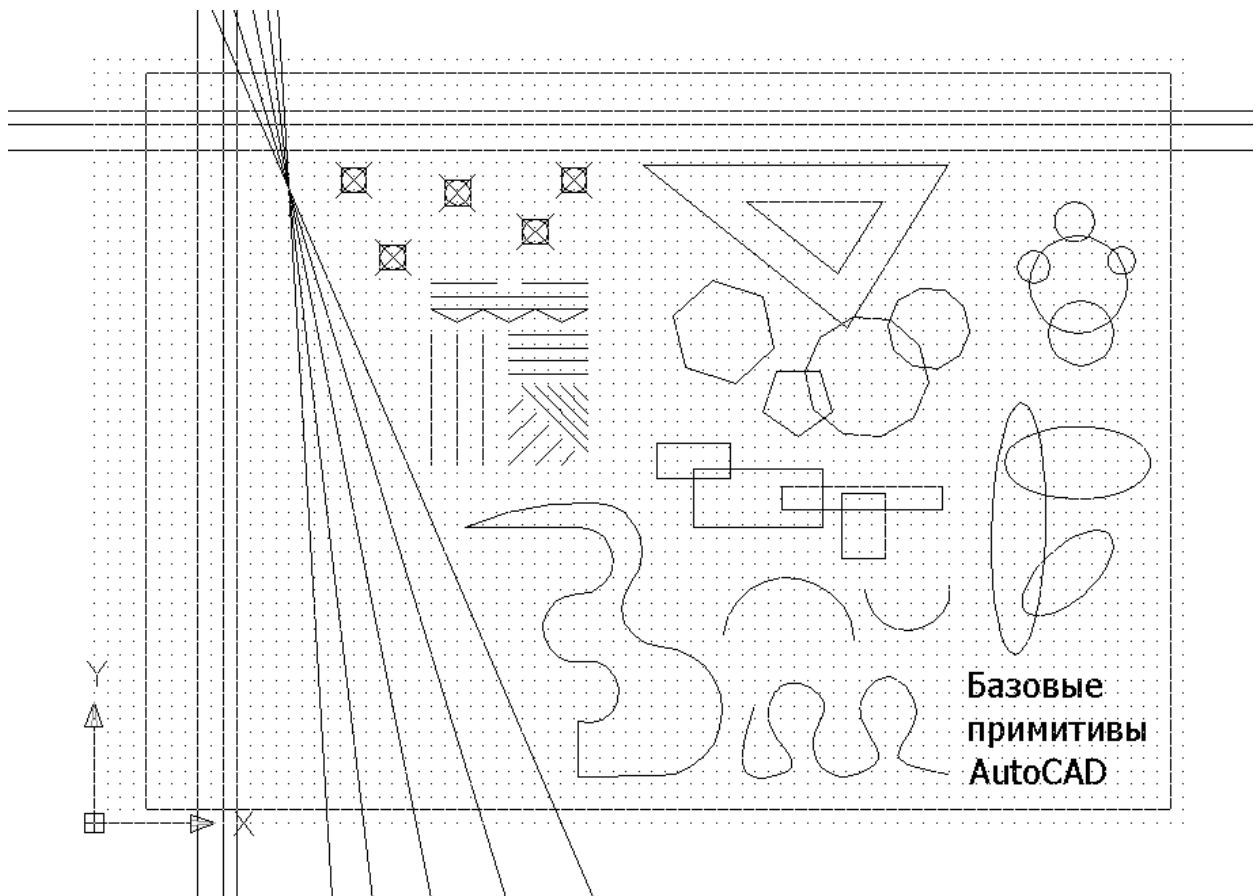


Рис. 18

Таблица 2. Построение примитивов

**Инструменты, режимы, алгоритм действия**

Рамку листа (рис. 19) стройте, используя инструмент **Line** (Отрезок) и режим **СЕТКА** и **ШАГ** .

**Образец**



Рис. 19

Чтобы построить вертикальную бесконечную прямую, щелкните по кнопке

**Construction Line (Прямая)**  . Затем:

- Щелкните ЛКМ в первой точке, используя метки сетки
- Щелкните во второй точке так, чтобы прямая была строго вертикальна.
- Щелкните ПКМ, чтобы закончить построение прямой.
- Таким образом постройте три вертикальных и три горизонтальных бесконечных прямых.
- Для построения «веера» из прямых, щелкните ЛКМ для построения первой точки (в ней будет общая точка у множества прямых).
- Продолжайте щелкать ЛКМ, каждый раз перемещая курсор правее.
- Чтобы закончить построение прямых, щелкните ПКМ (рис. 20).

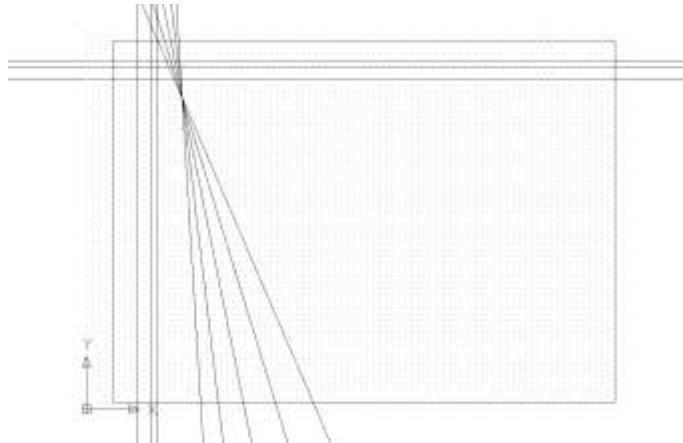


Рис. 20

Точки стройте, используя кнопку **Point (Точка)** .

Чтобы изменить стиль точки, воспользуйтесь командой **Format→Point Style (Формат→Формат→Отображение точек)** (рис. 21).

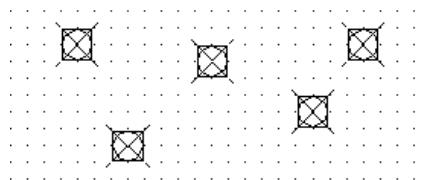


Рис. 21

Группу отрезков стройте, используя инструмент **Line (Отрезок)** и режим **ШАГ** (рис. 22)

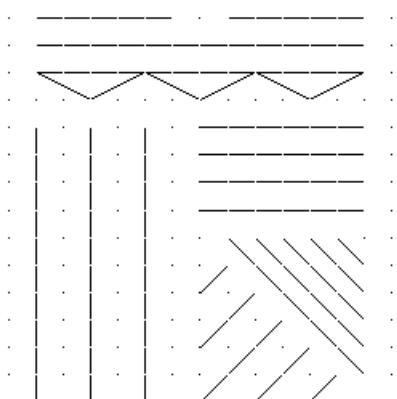


Рис. 22

Треугольник стройте с помощью инструмента **Multiline** (**Мультилиния**)



Для замыкания фигуры используйте команду **Close** (**Закрыть**) из контекстного меню под ПКМ (рис. 23),

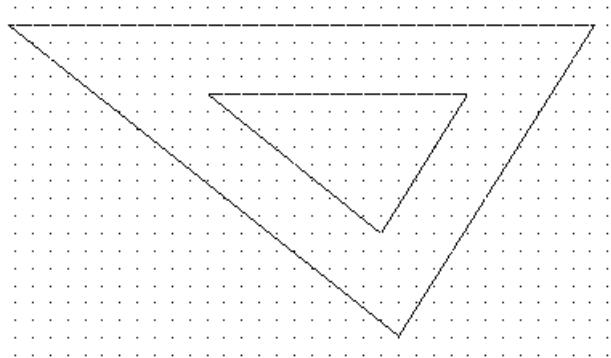


Рис. 23

Для построения многоугольников используйте кнопку **Polygon** (**Многоугольник**)



(рис. 24).

- Сначала щелкните по кнопке .
- В командной строке появится запрос о количестве сторон многоугольника, введите, например, **6**, нажмите **Enter**.
- Затем щелкните ЛКМ на поле, чтобы указать центр многоугольника.
- Затем в командной строке появится запрос о том радиус вписаной или описаной окружности надо указать. Оставьте значение по умолчанию, т.е. нажмите **Enter**.
- AutoCAD начнет строить многоугольник. Щелкните ЛКМ, чтобы завершить построение.

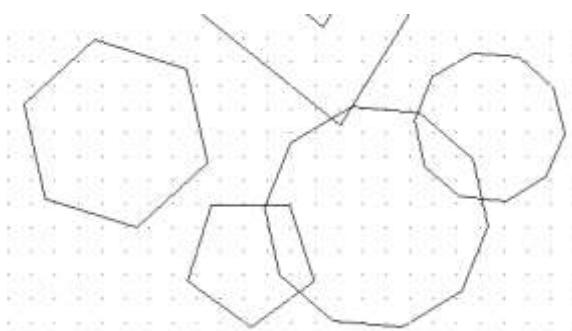


Рис. 24

Прямоугольник строится с помощью кнопки **Rectangle** (**Прямоугольник**)



по двум противоположным углам.

- Сначала щелкните по кнопке .
- Затем щелчком ЛКМ задайте первый угол прямоугольника.
- Вторым щелчком ЛКМ задайте второй угол прямоугольника (рис. 25).

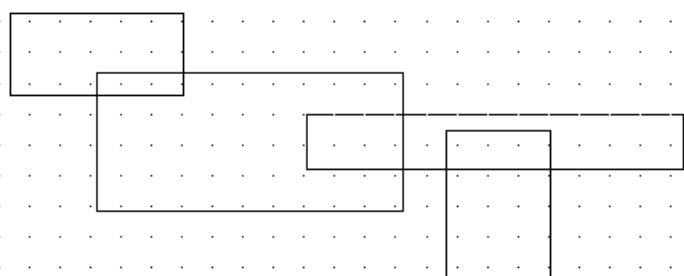


Рис. 25

Для построения произвольной фигуры, используйте инструмент **Polyline** (Полилиния) .

Линия строится одиночными щелчками ЛКМ.

Чтобы перейти в режим рисования дуг, надо в процессе рисования выбрать команду **Arc** (Дуга) из контекстного меню под ПКМ.

Чтобы вернуться в режим рисования прямолинейных отрезков, надо выбрать команду **Line** (Линия) из контекстного меню под ПКМ (рис. 27),

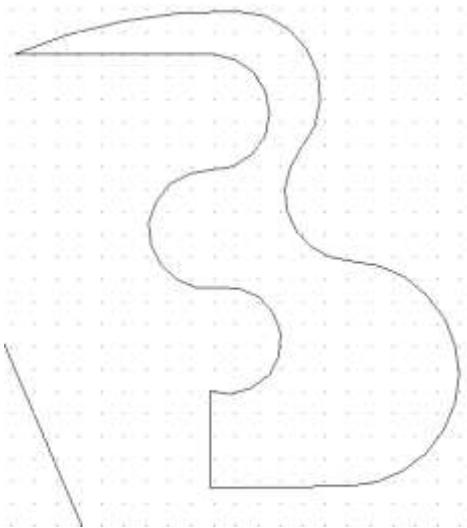


Рис. 27

Для построения дуг используйте инструмент **Arc** (Дуга)  . В данном случае дуга строится по трем точкам.

- Сначала щелкните по кнопке .
- Щелкните ЛКМ в трех местах чертежа (рис. 28).

В меню **Рисование** найдите другие способы построения дуг. Создайте дуги различными способами.

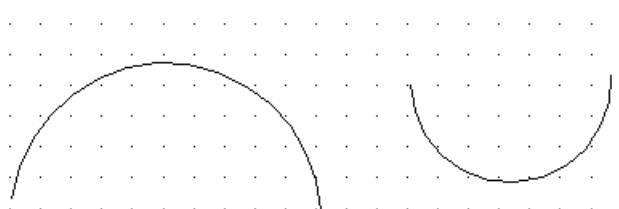


Рис. 28

Для построения окружностей используйте инструмент **Circle** (Круг)  .

Круг в данном случае строится по центру и радиусу.

- Сначала щелкните по кнопке .
- Затем ЛКМ укажите местоположение центра окружности на листе.
- Вторым щелчком ЛКМ задайте произвольный радиус окружности (рис. 29).

В меню **Рисование** найдите другие способы построения окружностей. Создайте окружности различными способами.

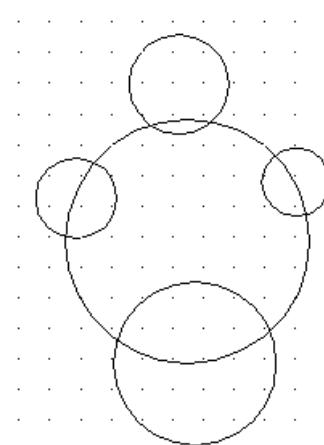


Рис. 29

Постройте произвольный сплайн, используя кнопку **Spline** (Сплайн)  .

- Сначала щелкните по кнопке .
- Затем щелчками ЛКМ по листу стройте сплайн.
- Чтобы закончить построение нажмите **Enter** три раза (рис. 30).

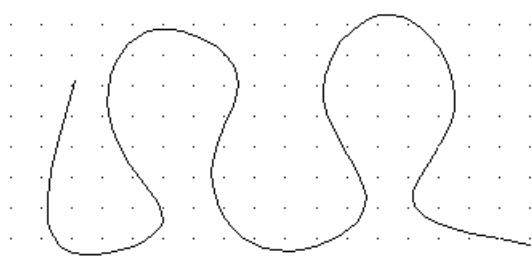


Рис. 30

Для построения эллипсов используйте кнопку **Ellipse** (Эллипс)  . В данном случае для построения эллипса надо задать первую точку первой оси, затем вторую точку первой оси эллипса, затем задать половину второй оси эллипса.

- Сначала щелкните по кнопке
- Затем щелчком ЛКМ укажите первую точку первой оси.
- Затем вторым щелчком ЛКМ укажите вторую точку первой оси. С этого момента начнет строиться эллипс.
- Третьим щелчком ЛКМ задайте половину второй оси эллипса (рис. 31).

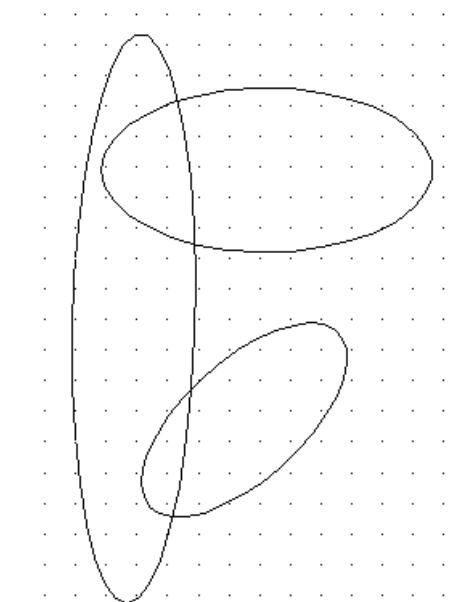


Рис. 31

Для создания надписей используется кнопка **Multiline Text** (Многострочный текст)  .

- Сначала щелкните ЛКМ по кнопке .
- Затем щелкните ЛКМ на поле листа, чтобы начать построение условной рамки (зоны) внутри которой будет расположен текст.
- Растигивайте рамку слева направо сверху вниз (рис. 32).

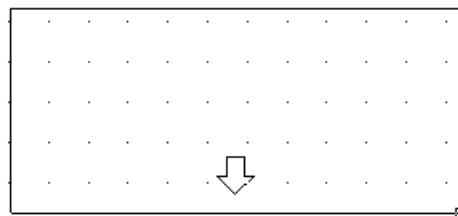


Рис. 32

- Щелчком ЛКМ в правом нижнем углу закончите построение рамки, сразу появится диалоговое окно с мигающим курсором для ввода текста (рис. 33).

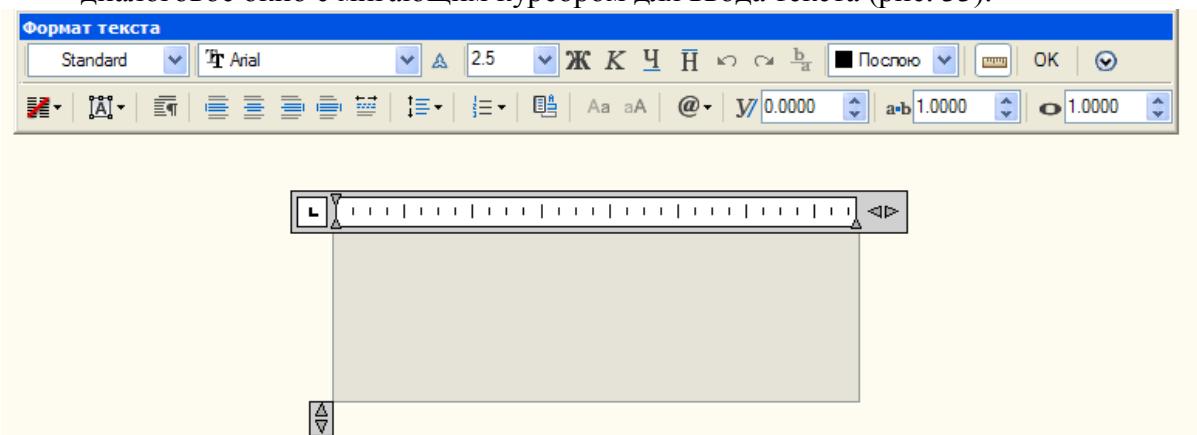


Рис. 33

- Введите текст (рис. 34)

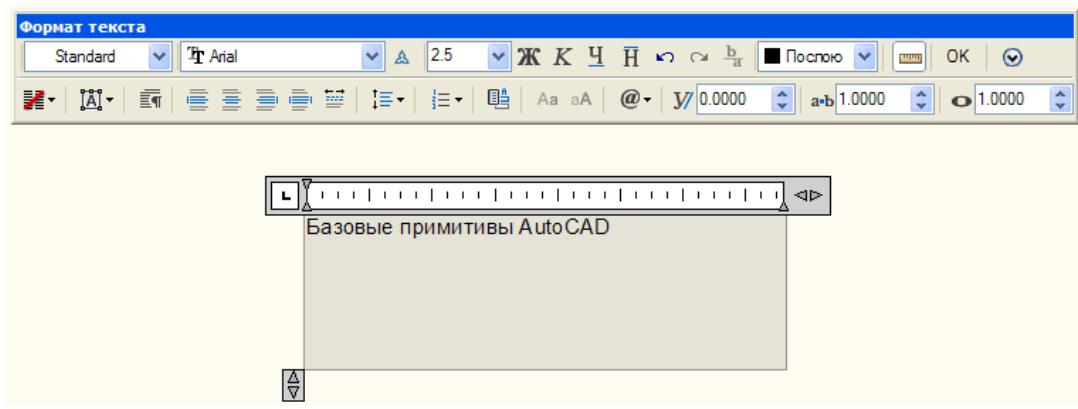


Рис. 34

- Выделите текст и измените высоту шрифта до 10 (рис. 35)

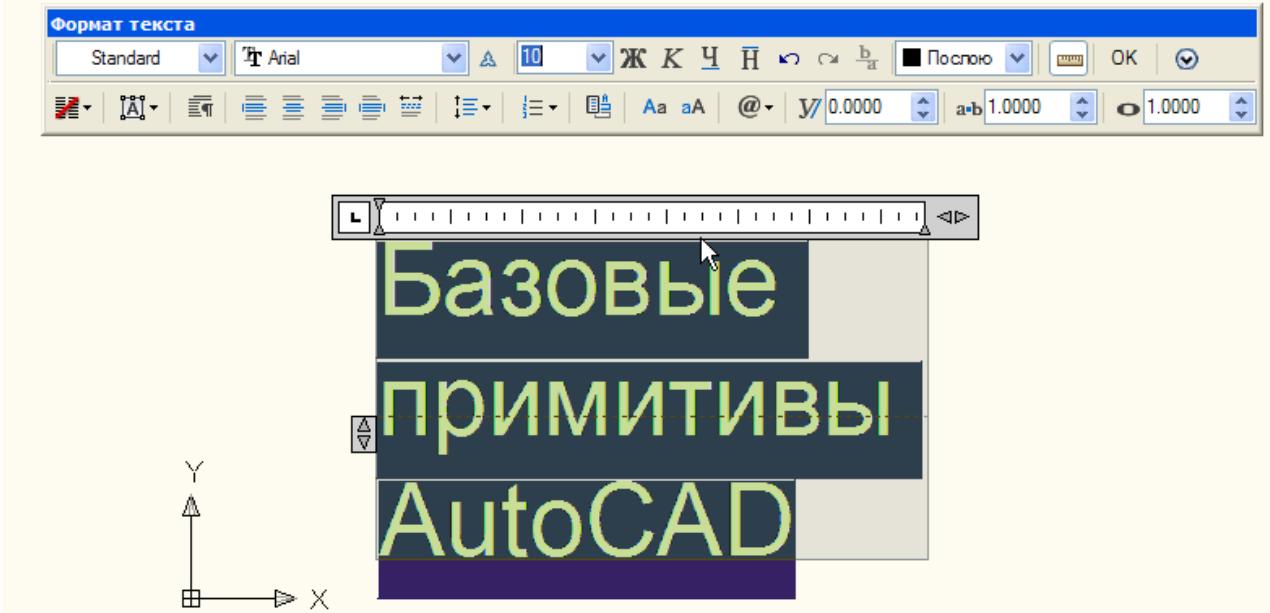


Рис. 35

- Нажмите **OK**.

## 1.8 Лабораторная работа №8 (2 часа).

**Тема:** «Объекты - ссылки. Создание и вставка блоков. Файлы – шаблоны».

**1.8.1 Цель работы:** Создание и вставка блоков. Файлы – шаблоны. Объекты - ссылки.

### 1.8.2 Задачи работы:

- Изучить создание и вставку блоков.
- Научиться работать с файлами – шаблонами

### 1.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

- Персональный компьютер

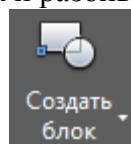
### 1.8.4 Описание (ход) работы:

**Блоки в Автокаде** это неотъемлемый функционал программы, который упрощает и, самое главное, ускоряет работу в autocade. Практически везде, не зависимо, что мы чертим,

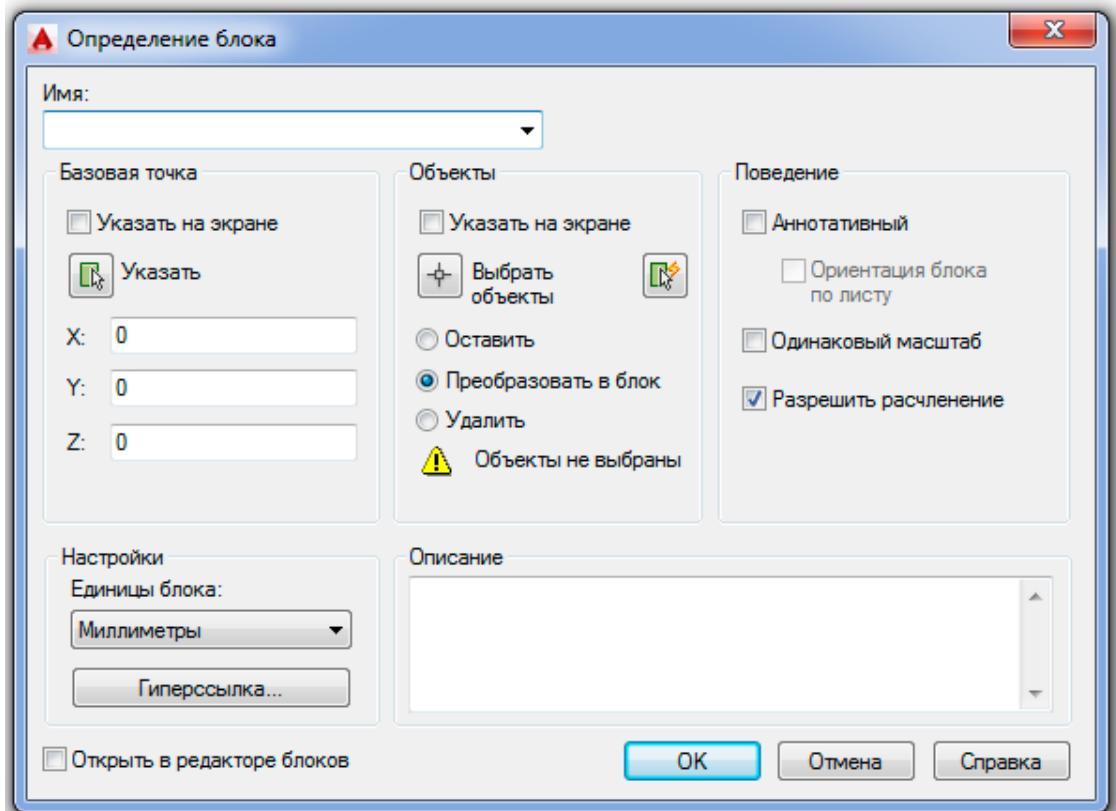
есть одинаковые элементы. К примеру, двери, окна, стулья, диваны и т.п. И лучшего всего для них создать блок с соответствующим именем, задать опорную точку и дальше просто вставлять его.

### Как создать блок в Автокаде

В этой серии уроков про блоки мы рассмотрим **как создать блок в Автокаде** несколькими способами, установим опорную точку, научимся редактировать блок и разбивать его.

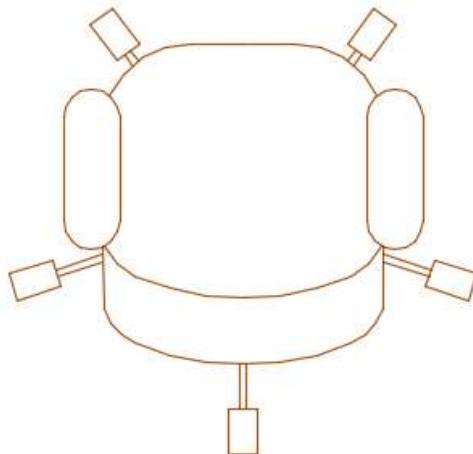


Для начала откроем вкладку Вставка на ленте, нажмем на Создать блок и перед нами окно Определение блока. Рассмотрим его функционал подробнее.



- Любой блок имеет свое уникальное имя и для его назначения служит поле *Имя*. Либо можем выбрать из списка уже существующих блоков и переопределить его. Страйтесь назначать соответствующие имена блокам, чтобы потом было сразу ясно, что в нем находится. К примеру, двери обычно обозначают ДВ1, где цифра служит его номером.
- *Базовая точка*, ее также называют опорной точкой, служит точкой вставки. Если более простым языком, то эта точка, которая будет привязываться к Вашему курсору, когда будем вставлять блок. Обязательно по практикуемся с этим.
- *Объекты* – предназначен для выбора элементов из чертежа, которые будут формировать наш блок в будущем.
- *Поведение* – определяет будет ли блок аннотативным. Лично я практически не использую этот параметр, но мы обязательно его рассмотрим ниже.

С теорией мы разобрались, переходим к практике. Для примера я создам мебель, а именно офисный стул. Процесс создания мы пропустим, ведь мы хотим сделать блок )



Переходим в панель *Вставка* -> *Создать блок* или в командной строке пишем "Б" и жмем **Enter**. Привыкайте к сокращениям и горячим клавишам, это ускорит Вашу работу, коллеги будут завидовать, а вы можете требовать от работодателя повышения зарплаты, ведь Вы быстрее остальных)

1. Назовем наш блок – офисный стул.
2. Выберем базовую точку – нажимаем на **Указать** и указываем точку привязки. В дальнейшем при **вставке блока**, он будет привязан к курсору именно этой точкой. Так что перед указанием подумайте какую точку указать. Ведь именно это и упрощает в дальнейшем расстановку блоков на чертеже.
3. Дальше необходимо выбрать объекты. Для этого жмем на **Выбрать объекты** в поле **Объекты**. Окно *Определение блока* скроется и курсор примет вид квадратика. Выбираем наш стул и жмем ПКМ.
4. В поле *Поведение* оставляем галочки на против *Одинаковый масштаб* и *Разрешить расчленение*. Второе разрешает нам в дальнейшем разбить блок кнопкой – , который находится во вкладке Главная на панели Редактирование. Это удобно, если в ходе проектирования Вы вдруг поняли, что необходим новый стул, который совсем немного отличается от созданного. Для этого не надо по новой чертить, а просто *разбиваете копию* блока *Офисный стул*, корректируете и **создаете новый блок**.
5. Если поставить напротив *Аннотативный* галку, то блок будет менять свой масштаб в зависимости от выбранного масштаба **1:1**, расположенный на панели Режимные кнопки. В 99% случаев я это не использую.
6. И последний момент, на который следует обратить внимание прежде чем нажимать заветную кнопку **OK**, проверьте настройки – *единицы измерения блока*. Если необходимо сразу отредактировать блок после создания – ставим галку напротив *Открыть в редакторе блоков*

Перед тем, как разберем как его вставлять, редактировать и разбивать, давайте разберем второй способ создания блоков. Он более быстрый, но есть один нюанс, который мне не нравится.

Создадим на этот раз простой прямоугольник. Выберем его и скопируем, нажав комбинацию **ctrl+C**. Если мы теперь вставим его, но только через комбинацию клавиш **ctrl+shift+V**, то прямоугольник вставится уже блоком. Опорную точку он определяет сам, по габаритам. Минус в таком способе – имя он назначает сам и выглядит оно как кракозябра.

Так же можно делать тоже самое, но назначать опорную точку самому. Все очень просто – копируйте объект с помощью комбинации **ctrl+shift+C**. В командной строке увидеть, что необходимо назначить опорную точку. Теперь при вставки блока (**ctrl+shift+V**) блок будут привязан к точке, которую Вы указали.

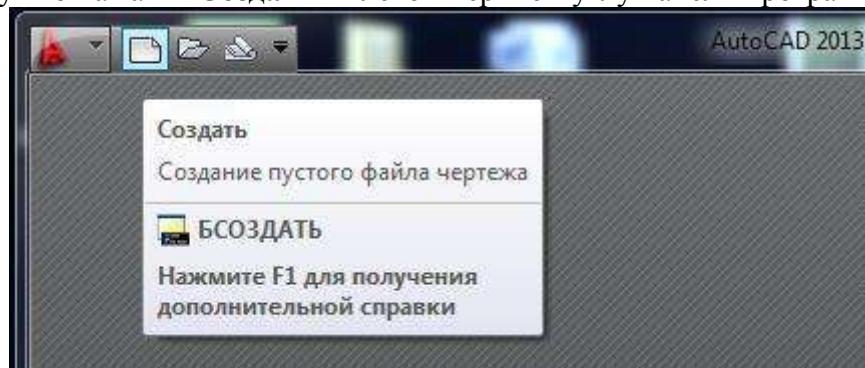
Сегодня мы рассмотрели как создавать блок, но это далеко не все, что нужно знать про блоки. Дальше мы затронем такие темы как *Редактирование блока, изменение имени блока и удаление блока*, но сначала попрактикуйтесь с созданием своих блоков. Не забываем писать в комментариях свои вопросы, пожелания или просто добрые слова)

### Создание шаблонов

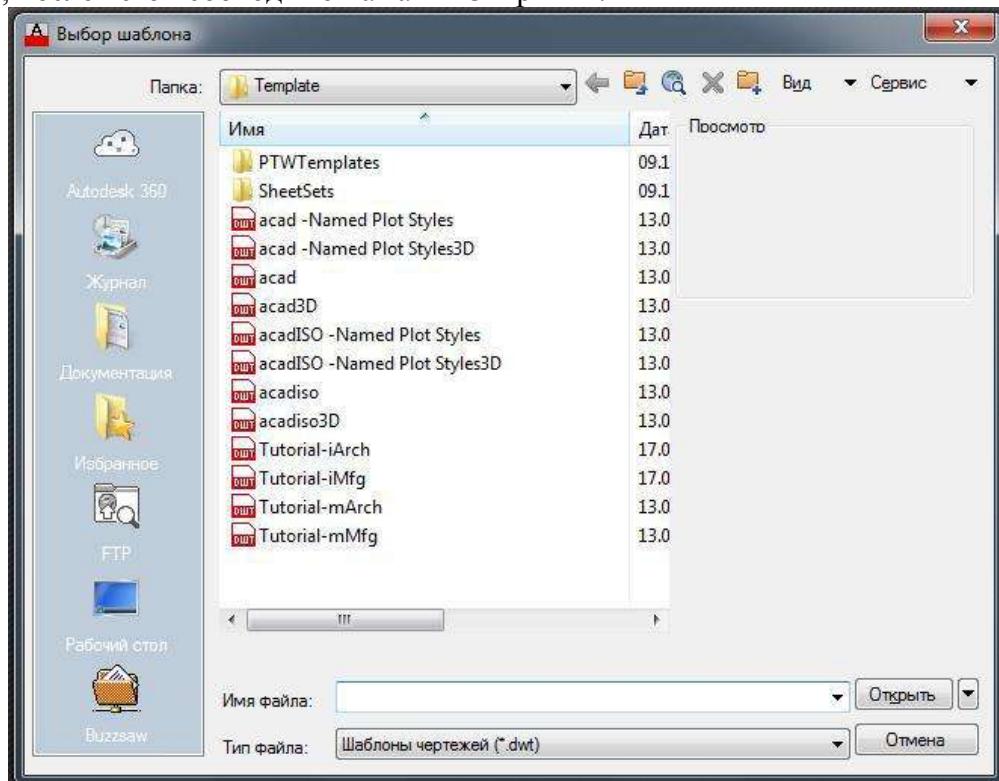
Основным назначением шаблона является хранение всех настроек, которые будут использоваться в последующих чертежах. Шаблон отвечает за настройки единиц измерения, слов, текстовых стилей, размерных стилей, масштаб типа линий и сам ЛИСТ (размеры листа, видовые экраны, первоначальную графику, параметры печати) которые настраиваются пользователем .

Сам процесс создания шаблонов производится следующим образом.

1. Сначала создается новый файл на основе шаблона Autocad по умолчанию. Для этого нужно нажать «**Создать**» в левом верхнем углу панели программы



2. Затем из появившегося окна необходимо выбрать шаблон-основание для будущего шаблона, после чего необходимо нажать «**Открыть**».



Также любой создаваемый файл DWG создается на основе файла-шаблона. AutoCAD использует для этой цели один из стандартных файлов-шаблонов:

- *acad.dwt* – для британской системы измерений (в дюймах);
- *acadiso.dwt* – для метрической системы (в миллиметрах)

*Таким образом, возможно создание шаблона и из автоматически загружаемого окна.*

**3.** После задания всех необходимых параметров будущего шаблона: тип и точность представления единиц, основные надписи, рамки и логотипы, имена слоев, значения параметров «Шаг», «Сетка» и «Орто», границы сетки, стили аннотаций (размер, текст, таблица и мультивыноска), типы линий строится сам блок шаблона.

**Внимание!** Настройка параметров шаблона имеет важное значение, так как в будущем могут возникнуть проблемы с ними.

**4.** После завершения создания макета шаблона он сохраняется «Файл» → «Сохранить как» задается имя шаблона Autocad и в строке «Тип файла» выбирается «Шаблон чертежа Autocad (\*.dwt)». Шаблоны сохраняются в специальную папку «Template» по умолчанию.

**Внимание!** Если сохранить шаблон в версии Autocad2013, то в Autocad2009 его использовать не получится. Для его использования необходимо пересохранить шаблон.

#### **Создание шаблона рамки основной надписи**

Существует несколько стандартных видов рамки основной надписи по ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи. Их классификация происходит по номеру листа:

- Основная надпись и дополнительные графы для заглавного листа текстовой технической документации
- Основная надпись и дополнительные графы для последующих листов текстовой технической документации

Для создания шаблона рамки основной надписи необходимо выполнить следующие действия:

**1.** Открыть новый документ и провести все необходимые настройки для него или открыть существующий настроенный шаблон (Например *acadiso.dwt*).

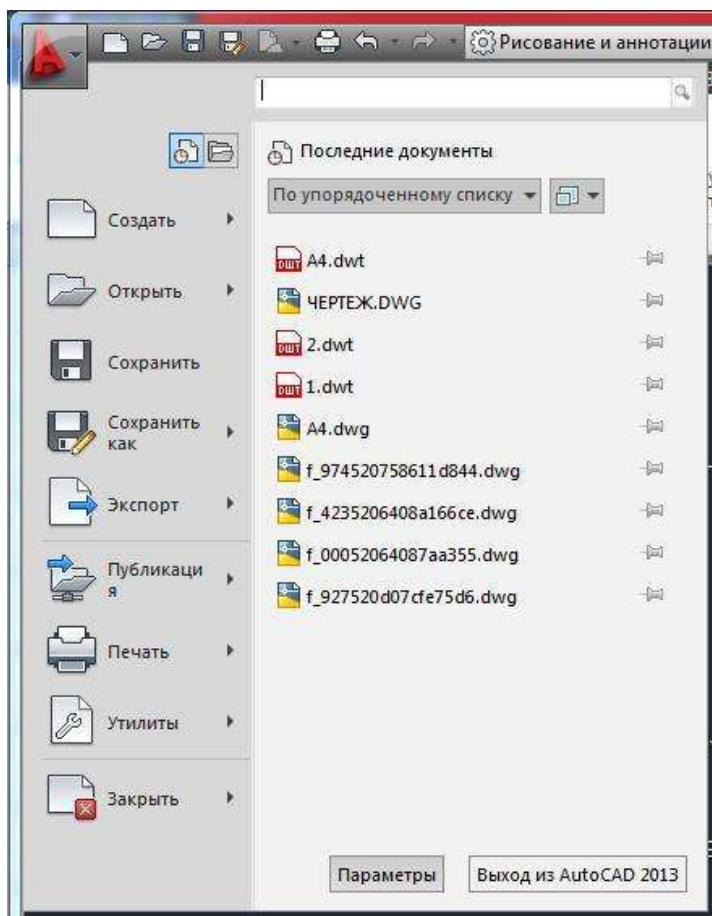
**2.** Прорисовать необходимый контур рамки и ввести текст. Шрифты текста устанавливаются GOST type A– и являются ГОСТированными (скачать шрифт можно по ссылке: Шрифты чертёжные по ГОСТ 2.304-81).

**3.** Настроить необходимую толщину линий

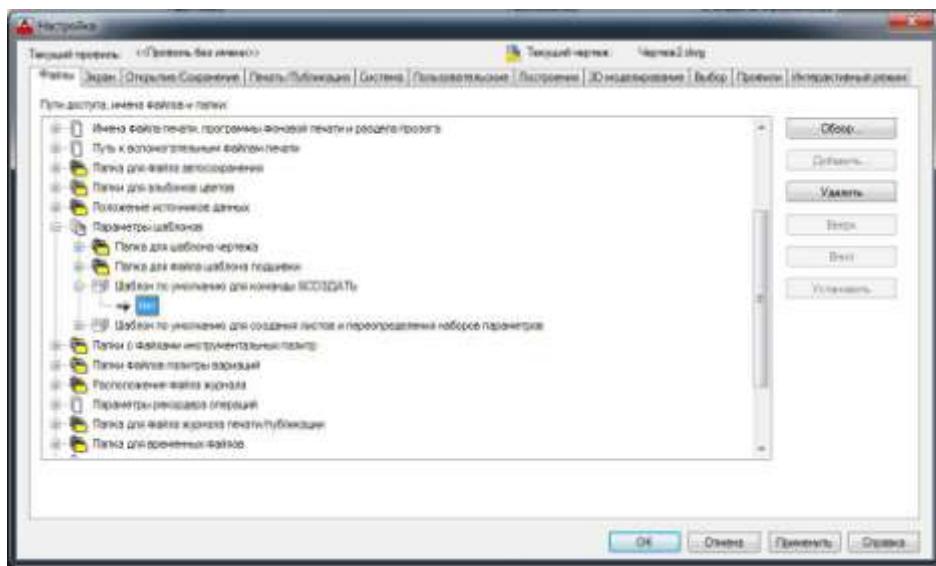
**4.** Объединить в блок построенные элементы

**5.** Сохранить документ как шаблон.

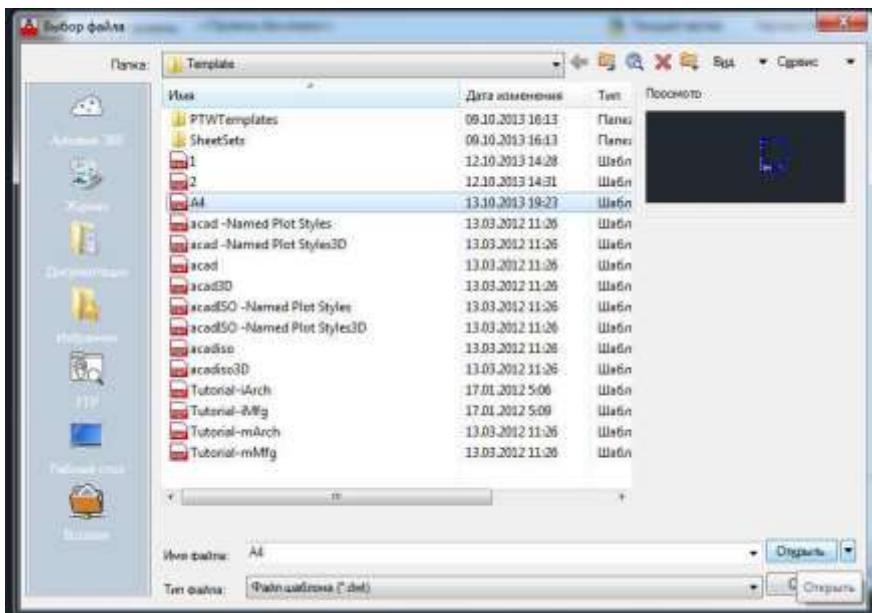
Также, после создания шаблона существует возможность его использования по умолчанию при открытии. Для этого на Панели «Меню» необходимо выбрать «Параметры».



Где разворачиваем узел «Параметры шаблонов», в котором выбираем ветку «Шаблон по умолчанию для команды БСОЗДАТЬ» и кликаем на «Нет».



Появляется окно выбора, где необходимо выбрать имя интересующего шаблона и открыть его.



Затем жмем применить и можно работать!

## 1.9 Лабораторная работа №9 (2 часа).

**Тема:** «Интерфейс. Типы объектов. Навигация в 3D».

**1.9.1 Цель работы:** Научиться пользоваться интерфейсом и навигацией в 3D

### 1.9.2 Задачи работы:

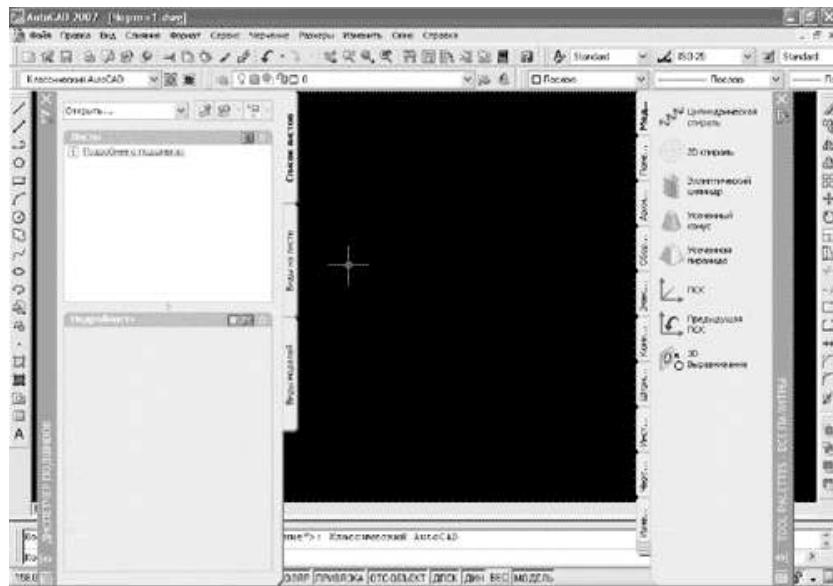
1. Изучить интерфейс и навигацию в 3D

### 1.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Персональный компьютер

### 1.9.4 Описание (ход) работы:

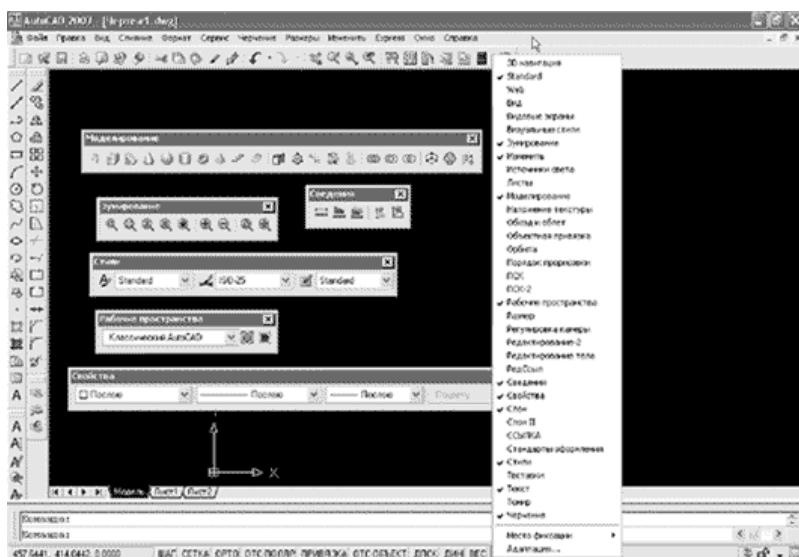
#### Настройка интерфейса 3d AutoCAD.



## *Вид окна AutoCAD 2007 с классическим интерфейсом.*

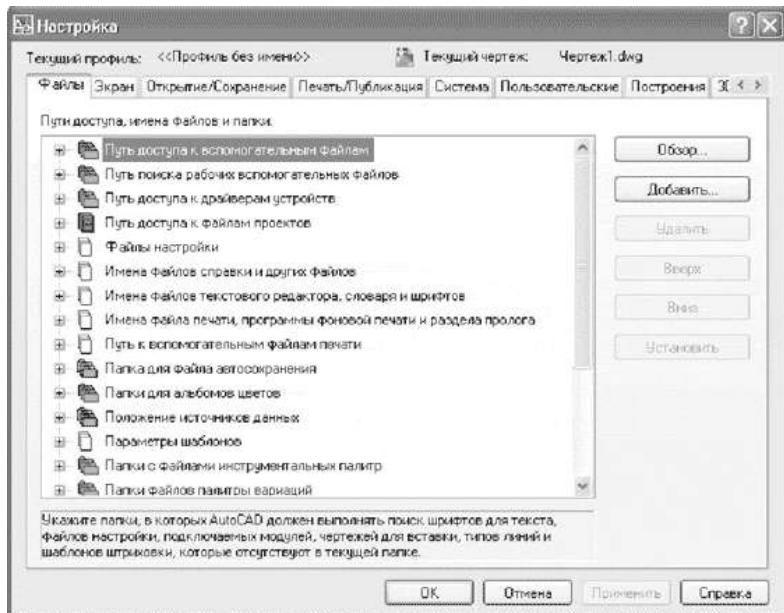
Мы начнем настройку окна AutoCAD с закрытия всех палитр (Диспетчер Подшивок (Sheet Set Manager) и Все Палитры (Tool Palettes)). Палитры (palette), которые в справочной системе также часто называются закрепляемыми окнами (docked window) или панелями (pane), – это полезные инструменты AutoCAD, однако без многих из них можно обойтись. Поэтому щелкните на кнопках закрытия палитр, которые находятся в правом верхнем углу каждой палитры, как и у обычного окна или плавающей панели инструментов. Те палитры, которые нам понадобятся по ходу работы, мы будем включать по мере необходимости. С остальными палитрами вы сможете ознакомиться впоследствии самостоятельно, завершив работу с данной книгой. Затем щелкните правой кнопкой мыши по любой из панелей инструментов. На экране появится длинный список панелей инструментов AutoCAD, подобный тому, который представлен на рисунке Включая и выключая отображение панелей инструментов, добейтесь, чтобы окно AutoCAD выглядело примерно так, как показано на рисунке.

Следующий этап настройки классического интерфейса AutoCAD выполняется с помощью диалогового окна Настройка (Options):

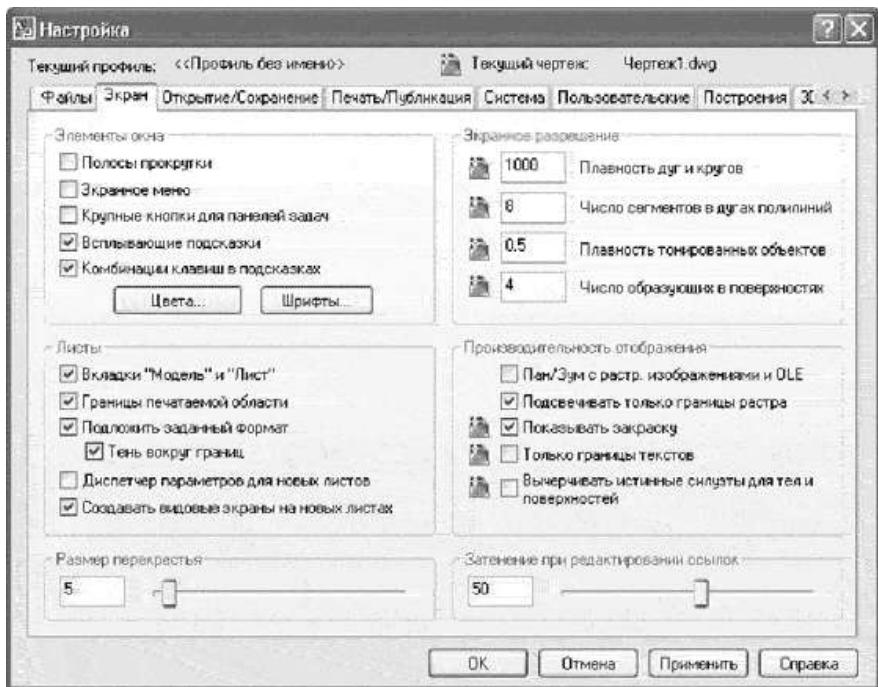


*Включено отображение необходимых панелей инструментов*

1. Выберите из меню команду Сервис => Настройка (Tools => Options) или введите в командном окне НАСТРОЙКА (OPTIONS) или просто НА (OP). Откроется диалоговое окно Настройка (Options), показанное на рисунке, которое содержит десять вкладок.
2. Перейдите в окне Настройка (Options) на вкладку Экран (Display) – рисунке. Если в группе Элементы окна (Window Elements) (находится в левом верхнем углу вкладки) установлен флажок Полосы прокрутки (Display scroll bars in drawing window), щелкните по нему для его сброса и отключения соответствующего режима.
3. Найдите в левом нижнем углу вкладки строку ввода Размер перекрестья (Crosshair size). Если вы хотите, чтобы экран вашего ПК при изучении этой книги выглядел точно так же, как и экран ПК автора, введите в этой строке значение 100 (или просто переместите бегунок право до конца). В этом случае линии перекрестья будут уходить за границы экрана. Многие опытные пользователи AutoCAD (в том числе и автор) считают, что так с указателем-перекрестием работать удобнее, чем при размере, установленным по умолчанию.



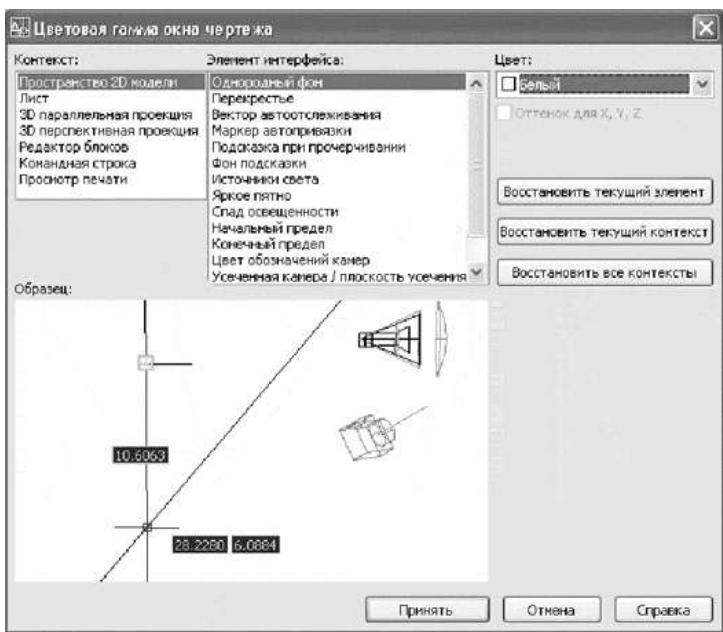
*Вкладка Файлы (Files) диалогового окна Настройка (Options)*



*Вкладка Экран (Display) диалогового окна Настройка (Options)*

4. Теперь щелкните по кнопке Цвета (Colors), расположенной в нижней части группы Элементы окна (Window Elements). В открывшемся диалоговом окне Цветовая гамма окна чертежа (Drawing Window Colors) выберите в списке Контекст (Context) элемент Пространство 2D модели (2D model space), а в списке Элемент интерфейса (Interface Element) – элемент Однородный фон (Uniform background). Затем раскройте список Цвета (Colors), и выберите из него цвет Белый (White).

Назначьте также элементу Маркер автопривязки (Autosnap marker) цвет Красный (Red), элементу Подсказка при прочерчивании (Drafting tool tip) – цвет Черный (Black), а элементу Фон подсказки (Drafting tool tip background) – элемент Желтый (Yellow). Область просмотра Образец (Preview) окна Цветовая гамма окна чертежа (Drawing Window Colors) примет вид, показанный на рисунке.



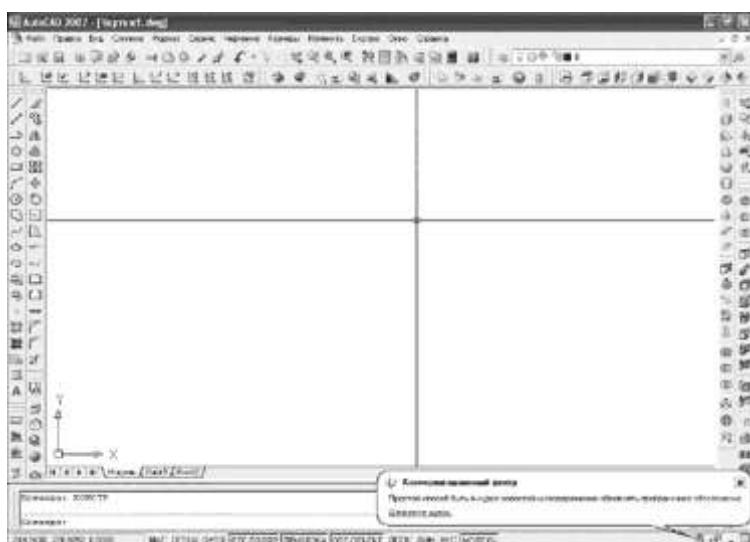
*Диалоговое окно Цветовая гамма окна чертежа (Drawing Window Colors)*

5. Щелкните по кнопке Принять (Apply & Close) для закрытия окна Цветовая гамма окна чертежа (Drawing Window Colors), а затем – по кнопке OK диалогового окна Настройка (Options).

Теперь цвет области черчения окна AutoCAD изменился на белый, а цвет указателя-перекрестия – на черный (AutoCAD автоматически подбирает цвет указателя так, чтобы он был хорошо виден на фоне цвета, выбранного пользователем для области черчения). Кроме того, если вы установили максимальный размер для указателя-перекрестия, эти изменения вы также легко заметите.

Разместите плавающие панели инструментов, показанные на рисунке, так, чтобы они автоматически пристыковались к границам окна AutoCAD.

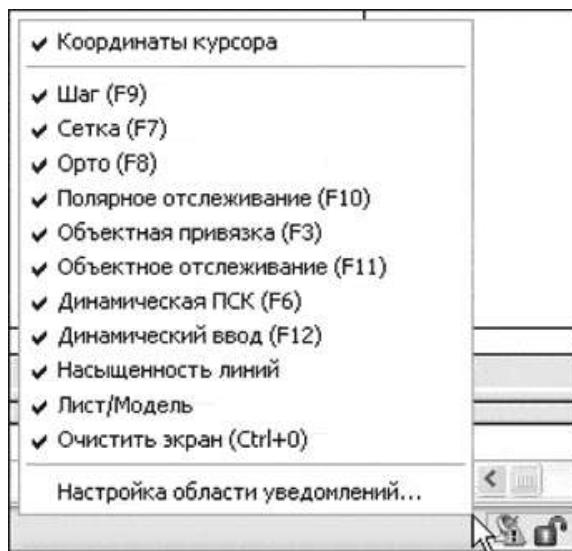
Для получения расположения панелей инструментов, представленного на рисунке, необходимо, чтобы в Windows был установлен режим экрана 1024×768 точек с глубиной цвета минимум 24 бит (лучше 32 бит), а также включен режим автоматического сокрытия панели задач. Если по каким-то причинам вы не можете этого сделать, разместите панели инструментов по-другому (например, в три ряда в верхней части экрана или в три столбца по краям экрана).



## *Возможный вариант расположения панелей инструментов*

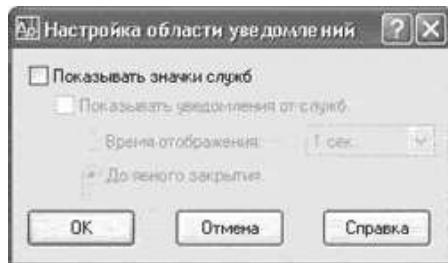
Если на вашем ПК система AutoCAD 2007 была установлена недавно, на экране время от времени будет появляться сообщение Коммуникационный центр (Communication Center). Поскольку для решения стоящих перед нами задач соответствующие средства AutoCAD 2007 не нужны, лучше их отключить, чтобы они не отвлекали вас от работы. Но сначала давайте отключим кнопки-индикаторы ДПСК (DUCS) и ДИН (DYN), которые находятся в строке состояния между кнопками-индикаторами ОТС-ОБЪЕКТ (OTRACK) и ВЕС (LWT). Использование режимов, включаемых этими кнопками, позволяет немного упростить работу с AutoCAD, однако, с другой стороны, довольно значительно влияет на логику работы с пользовательским интерфейсом AutoCAD. Поэтому, как и прочие нововведения AutoCAD 2007, эти кнопки лучше включить позднее, когда вы в достаточной степени овладеете навыками трехмерного черчения в AutoCAD.

1. Если кнопки-индикаторы ДПСК (DUCS) и (или) ДИН (DYN) находятся в нажатом положении, щелкните по ним, чтобы выключить соответствующие режимы.
2. Щелкните по кнопке раскрытия меню строки состояния, которая находится в этой строке правее области уведомлений. Можете также щелкнуть правой кнопкой мыши в любом месте строки состояния, не занятой кнопками или пиктограммами.
3. Выберите из меню элемент Динамическая ПСК (F6) (Dynamic UCS (F6)). AutoCAD закроет меню и, отключив отображение кнопки ДПСК (DUCS), перерисует строку состояния.
4. Снова откройте меню строки состояния и проделайте аналогичную операцию с элементом Динамический ввод (F12) (Dynamic Input (F12)).
5. Теперь давайте займемся отключением пиктограммы Коммуникационный центр (Communication Center). Вместе с ней мы отключим и пиктограмму с изображением открытого замка. Эта пиктограмма предназначена для отображения режима блокировки панелей инструментов и палитр. Поскольку режим блокировки нам также не понадобится, мы отключим вывод и этой пиктограммы. Снова откройте меню строки состояния и выберите из него нижний элемент Настройка области уведомлений (Tray Settings).



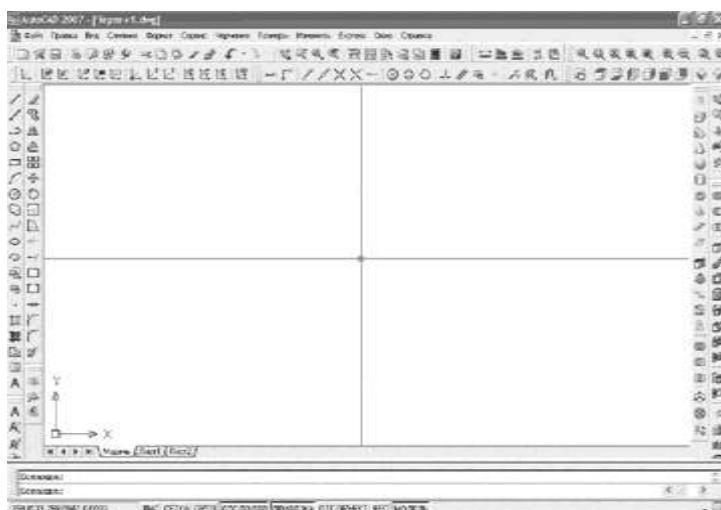
*Меню строки состояния*

6. В открывшемся окне Настройка области уведомлений (Tray Settings) сбросьте все флагшки, а затем щелкните по кнопке OK.



*Диалоговое окно Настстройка области уведомлений  
(Tray Settings) с отключенными параметрами*

7. Убедитесь в том, что все пиктограммы в области уведомлений, расположенной в правой части строки состояния, отключились. Справа в строке состояния должна оставаться лишь кнопка В Очистить экран (Clear Screen), предназначенная для переключения в полноэкранный режим работы.



*Окно AutoCAD после настройки параметров на уровне приложения*

### **Типы 3D-Объектов В AutoCAD**

Любой трехмерный объект, созданный в AutoCAD, отличается от двухмерного наличием третьей координаты, придающей детали объем и реалистичность. Способы создания 3D-объектов могут быть различными и зависят, в первую очередь, от постановки задачи. Всего AutoCAD располагает тремя типами 3D-объектов: каркасы (wireframes), трехмерные поверхности (surfaces) и твердотельные объекты (solids).

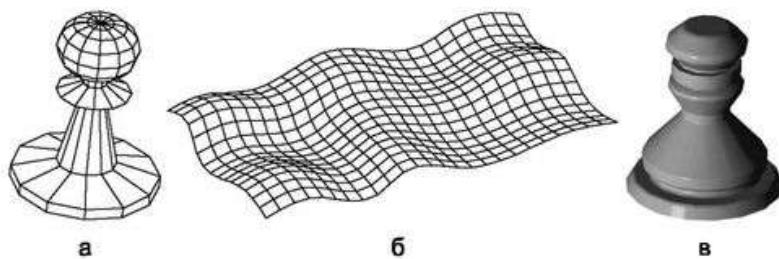
Каркасы представляют собой трехмерные скелетные модели деталей, созданные путем индивидуального построения точек, прямых и кривых линий, формирующих ребра 3D-объектов. Каждая точка такого каркаса описывается тремя координатами – X, Y и Z. Для построения скелетных моделей используют различные приемы: построение совмещенных 2D-объектов в ортогональных системах координат, добавление координаты Z, определяющей ПСК для плоскости XY, с использованием трехмерных полилиний и сплайнов и т.д. Следует заметить, что каркасные модели считаются самыми трудоемкими, отнимающими наибольшее количество времени, и при этом на них не распространяются способы визуализации, присущие другим типам объектов. Однако данный тип 3D-моделей имеет право на существование и в некоторых случаях позволяет добиться быстрого результата.

Трехмерные поверхности представляют собой объекты, которые помимо единого каркаса имеют грани (рис. 1а). Хотя эти объекты и не обладают физическими свойствами сплошных тел, зато уже более реально (в сравнении с каркасными моделями) позволяют

представить деталь в пространстве. Дело в том, что поверхности имеют свойство закрывать объекты заднего плана и отбрасывать тень при раскрашивании и тонировании. Также нужно отметить, что AutoCAD располагает встроенной библиотекой поверхностных моделей (например: сфера, цилиндр, конус, призма, тор и т.д.), при помощи которой можно быстро создать чертеж, задав основные параметры модели. Кроме того, наличие специальных команд (например, команды построения поверхности объекта путем вращения об разующей) позволит вам без труда создавать собственные поверхностные 3D-объекты.

Частным случаем поверхностей принято считать сетки — трехмерные модели, определенные на основе многоугольных плоских или аппроксимированных кривыми сегментами (рис. 1 б). Для построения этих объектов AutoCAD также располагает широкими инструментальными возможностями, позволяющими быстро создавать самые разнообразные по сложности поверхностные модели.

Наконец, самые сложные и наиболее реалистические — это твердотельные объекты или тела (рис. 1в). Такие объекты представляют собой полный цифровой вариант реальных деталей, обладающих такими физическими данными, как объем, масса, инерционные характеристики и т.д. Используя специальные инструменты для таких объектов, можно получить любые проекции, разрезы или отсечения.



## 1.10 Лабораторная работа №10 (2 часа).

**Тема:** «Работа с визуальными стилями».

**1.10.1 Цель работы:** Научиться работать с визуальными стилями

**1.10.2 Задачи работы:**

1. Изучить работу с визуальными стилями

**1.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер

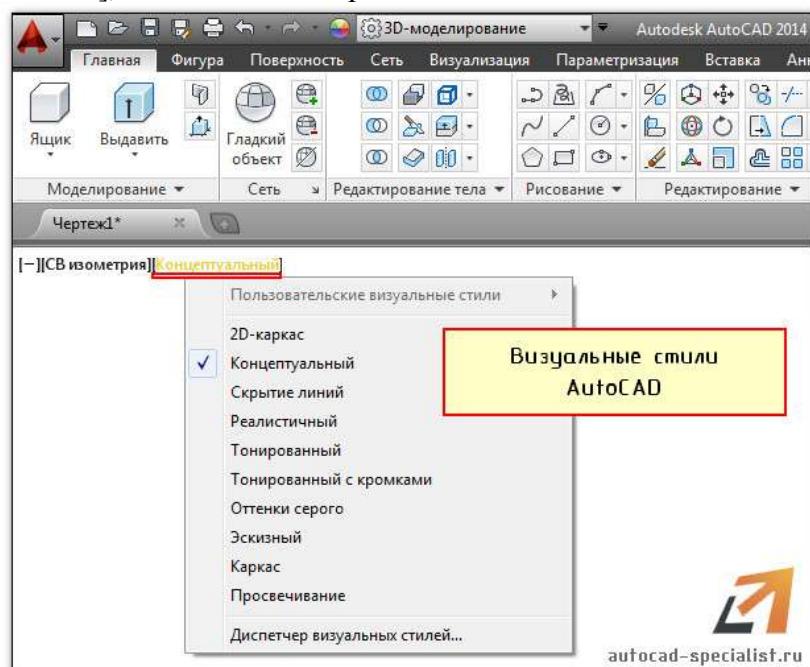
**1.10.4 Описание (ход) работы:**

В Автокад визуальные стили позволяют управлять внешним видом трехмерных объектов. Они отвечают за отображение кромок, за освещение и тени. Правильное использование того или иного стиля в конкретной ситуации может существенно ускорить процесс создания 3d модели AutoCAD. Поэтому, важно знать за какое визуальное представление отвечают эти стили в Автокаде.

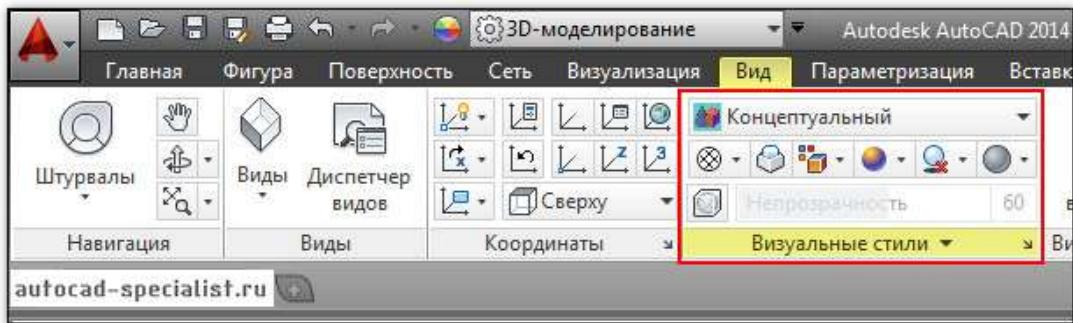


AutoCAD – стили, отвечающие за внешний вид 3D сцены

**Трехмерное моделирование в AutoCAD сложных объектов не может быть корректным, если не переключается между визуальными стилями.** Сделать это можно разными способами, но самый быстрый – это переключаться между ними в левом верхнем углу рабочего пространства. В квадратных скобках сначала идет [Управление видами], а следующее слово отвечает за [Управление визуальными стилями], например [СВ изометрия] [Концептуальный], как показано на рис.



AutoCAD визуальные стили – переключение в рабочем пространстве  
Программа AutoCAD 3d так же позволяет изменять визуальный стиль на соответствующей вкладке «Вид», панель «Визуальные стили». Здесь, помимо 10 различных стилей, также можно управлять отображение теней, внешним видом кромок и т.д. (см. рис.).



Панель AutoCAD «Визуальные стили»

**Подробная информация про визуальные стили есть в справке Автокада (горячая клавиша F1)** (см. рис.), однако намного эффективнее будет рассмотреть все эти варианты на практике.

- **“2D каркас”**. Объекты отображаются в виде отрезков и кривых, являющихся представлением контуров.
- **“Концептуальный”**. Объекты отображаются с использованием тонирования с плавными переходами и с учетом стиля граней по Гучу. Для стиля граней по Гучу характерны переходы между холодными и теплыми, а не между темными и светлыми оттенками цветов. Этот эффект менее реалистичен, но он лучше отображает подробности модели.
- **“Скрытие линий”**. Объекты отображаются в каркасном представлении; отрезки, изображающие задние грани, не видны.
- **“Реалистичный”**. Объекты отображаются с использованием тонирования с плавными переходами и с учетом материалов.
- **“Тонированный”**. Объекты отображаются с использованием тонирования с плавными переходами.
- **“Тонированный с ребрами”**. Объекты отображаются с использованием тонирования с плавными переходами, с видимыми ребрами.
- **“Оттенки серого”**. Объекты отображаются с использованием тонирования оттенками одного цвета (серого) с плавными переходами.
- **“Эскизный”**. Объекты отображаются с эффектом рисования от руки с учетом модификаторов ребер “Удлинение линий” и “Дрожание”.
- **“Каркас”**. Объекты отображаются в виде отрезков и кривых, являющихся представлением контуров.
- **“Просвечивание”**. Объекты отображаются частично прозрачными.

В справке AutoCAD (горячая кнопка F1) можно детально прочитать про каждый визуальный стиль

АЛЕКСЕЙ  
МЕРКУЛОВ

Справка AutoCAD

Таким образом, мой вам совет: постройте несколько объемных тел, используя стандартные примитивы, и примените к ним различные визуальные стили, что бы на собственном опыте понять какие преимущества и недостатки есть у каждого из этих стилей. Напоследок, хочу отметить, что **самые распространенные визуальные стили – это 2D каркас, Концептуальный и Реалистичный**.

### 1.11 Лабораторная работа №11 (2 часа).

**Тема:** «Преобразование плоских объектов в 3D».

**1.11.1 Цель работы:** Преобразование плоских объектов в 3D

#### 1.11.2 Задачи работы:

1. Научиться преобразовывать плоские объекты в 3D

### 1.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Персональный компьютер

### 1.11.4 Описание (ход) работы:

#### Редактирование трехмерных объектов

Команды редактирования в двумерном пространстве, например команды переноса MOVE, копирования COPY, поворота ROTATE, зеркального отображения MIRROR и размножения массивом ARRAY, могут использоваться и в трехмерном пространстве. Кроме того, существуют команды редактирования, применяемые только в трехмерном пространстве, как то: команды поворота, создания массива объектов, зеркального отображения, снятия фаски, скругления.

Команды редактирования трехмерных объектов запускаются из падающего меню Modify > 3D Operations или с плавающей панели инструментов Modeling (рис. 14.1).

#### Перенос

Команда **3DMOVE** *перемещает* объекты на указанное расстояние в заданном направлении, при этом отображает инструмент ручки перемещения в трехмерном виде. Вызывается команда из падающего меню Modify > 3D Operations > 3D Move или щелчком на пиктограмме 3D Move на панели инструментов Modeling.

Запросы команды 3DMOVE:

Select objects: – выбрать объекты для переноса

Select objects: – нажать клавишу Enter для завершения выбора объектов

Specify base point or [Displacement] <Displacement>: – указать базовую точку

Specify second point or <use first point as displacement>: – указать вторую точку или считать перемещением первую точку

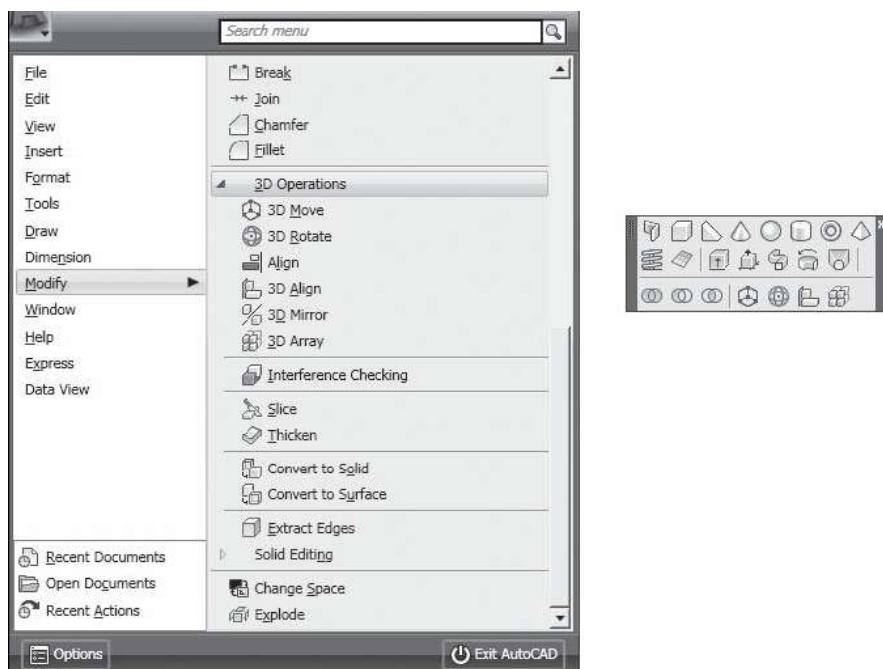


Рис. 1. Инструменты для редактирования трехмерных объектов

Инструмент ручки перемещения отображается в заданной базовой точке. Для ограничения движения перемещением по осям необходимо нажать ручку оси.

#### Поворот вокруг оси

Команда **3DROTATE** *вращает* объекты вокруг базовой точки, при этом на трехмерном виде отображает ручку поворота. Вызывается команда из падающего меню Modify > 3D Operations > 3D Rotate или щелчком на пиктограмме 3D Rotate на панели инструментов Modeling.

Запросы команды 3DR0TATE:

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0 – текущие установки отсчета углов в ПСК

Select objects: – выбрать объекты для поворота

Select objects: – нажать клавишу Enter для окончания выбора объектов

Specify base point: – указать базовую точку

Pick a rotation axis: – указать ось вращения

Specify angle start point: – указать точку на первом луче угла

Specify angle end point: – указать точку на втором луче угла

Команда **ROTATE3D** осуществляет *поворот* объектов в трехмерном пространстве вокруг заданной оси.

Запросы команды ROTATE3D:

Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0 – текущие установки отсчета углов

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу Enter для окончания выбора объектов

Specify first point on axis or define axis by [Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: – указать первую точку оси

Specify second point on axis: – указать вторую точку оси

Specify rotation angle or [Reference]: – указать угол поворота

Ключи команды ROTATE3D:

Object – поворот вокруг выбранного объекта;

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

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

Xaxis, Yaxis, Zaxis – поворот вокруг оси, выровненной соответственно вдоль направления оси X, Y или Z и проходящей через заданную точку;

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

#### **Зеркальное отображение относительно плоскости**

Команда **MIRROR3D**, осуществляющая *зеркальное отображение* объектов относительно заданной плоскости, вызывается из падающего меню Modify > 3D Operations > 3D Mirror.

Запросы команды MIRROR3D:

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу Enter для окончания выбора объектов

Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: – указать первую точку плоскости отражения

Specify second point on mirror plane: – указать вторую точку плоскости отражения

Specify third point on mirror plane: – указать третью точку плоскости отражения

Delete source objects? [Yes/No] <N>: – удалять ли исходные объекты

Ключи команды MIRROR3D:

Object – отображение относительно выбранного плоского объекта: отрезка, окружности, дуги или сегмента двумерной полилинии;

Last – отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущей команде отображения;

Zaxis – отображение относительно плоскости, заданной двумя точками, первая из которых лежит на плоскости, а вторая определяет вектор нормали к плоскости;

View – плоскость отражения ориентируется согласно плоскости взгляда текущего видового экрана, проходящей через указанную точку;

XY, YZ, ZX – плоскость отражения ориентируется вдоль одной из стандартных плоскостей (XY, YZ или ZX), проходящей через указанную точку;

**3points** – отображение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

Плоскость отображения может представлять собой: плоскость построения двухмерного объекта; плоскость, параллельную одной из плоскостей координат (*XY*, *YZ* или *XZ*) текущей ПСК и проходящую через заданную точку; плоскость, определяемую тремя указанными точками.

### **Размножение трехмерным массивом**

Команда **3DARRAY** позволяет создавать прямоугольный и круговой *массивы* объектов в трехмерном пространстве. Отличие от аналогичной команды, применяемой в двухмерном моделировании, состоит в том, что при создании прямоугольного массива объектов кроме количества столбцов и строк запрашивается (задается вдоль направления оси *Z*) количество уровней, а при создании кругового массива вместо центра вращения используется ось вращения, начальная и конечная точки которой следует указать в ответ на запросы. Команда **3DARRAY** вызывается из падающего меню **Modify > 3D Operations > 3D Array**. Запросы команды **3DARRAY**:

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу **Enter** для окончания выбора объектов

Enter the type of array [Rectangular/Polar] <**R**>: – указать тип массива

Enter the number of rows (–) <1>: – указать число рядов

Enter the number of columns (|||) <1>: – указать число столбцов

Enter the number of levels (...) <1>: – указать число уровней

Specify the distance between rows (–): – указать расстояние между рядами

Specify the distance between columns (|||): – указать расстояние между столбцами

Specify the distance between levels (...): – указать расстояние между уровнями

Для формирования кругового массива следует выбрать ключ **Polar**. При этом команда выдает следующие запросы:

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу **Enter** для окончания выбора объектов

Enter the type of array [Rectangular/Polar] <**R**>: **R** – выбрать круговой тип массива

Enter the number of items in the array: – указать количество элементов в массиве

Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>: – указать угол заполнения

Rotate arrayed objects? [Yes/No] <**Y**>: – указать, поворачивать ли объекты массива

Specify center point of array: – указать центральную точку массива

Specify second point on axis of rotation: – указать вторую точку оси поворота

### **Обрезка и удлинение трехмерных объектов**

Любой трехмерный объект можно обрезать либо удлинить до другого объекта независимо от того, лежат ли они оба в одной плоскости и каким кромкам параллельны – режущим или граничным. Чтобы произвести обрезку (удлинение), с помощью системных переменных **PROJMODE** и **EXTEDGE** следует выбрать одну из трех проекций: плоскость *XY* текущей ПСК, плоскость текущего вида или реальное трехмерное пространство.

Чтобы данные операции были выполнены успешно, объекты должны пересекаться с граничными кромками в пространстве, иначе в результате обрезки (удлинения) с проектированием на плоскость *XY* текущей ПСК новые границы объектов могут не соответствовать указанным кромкам в пространстве.

При вызове команд **TRIM** и **EXTEND**, первая из которых выполняет обрезку части объекта по заданной границе, а вторая осуществляет вытягивание до границы в трехмерном пространстве, используется ключ **Project**, который определяет режим отсечения/вытягивания.

### **Сопряжение трехмерных объектов**

В AutoCAD можно сопрягать любые объекты, расположенные в одной плоскости и имеющие направления выдавливания, не параллельные оси *Z* текущей ПСК. Направление выдавливания сопрягающей трехмерной дуги определяется следующим образом:

если объекты расположены в одной плоскости и имеют одно направление выдавливания, перпендикулярное ей, сопрягающая дуга лежит в той же плоскости и имеет то же направление выдавливания;

если объекты расположены в одной плоскости, но имеют противоположные или вообще различные направления выдавливания, сопрягающая дуга располагается в этой же плоскости. Направление ее выдавливания перпендикулярно плоскости построения объектов; из двух перпендикуляров выбирается ближайший к оси Z текущей ПСК.

### Построение сечений

Команда **SECTION** осуществляет построение поперечного *сечения* тела в виде области или неименованного блока. Поперечное сечение – это пересечение плоскости и выбранного тела (рис. 2).

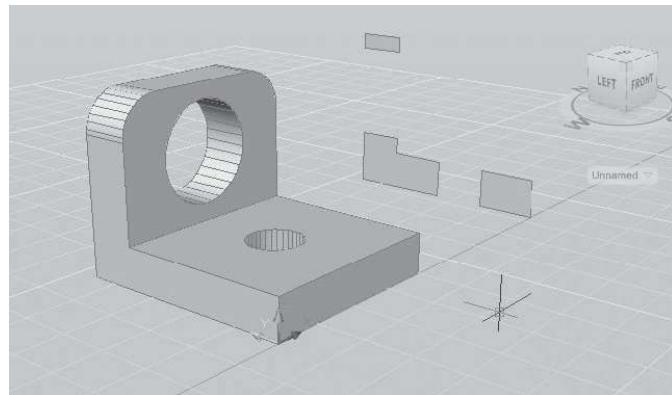


Рис. 2. Формирование сечения

Запросы команды SECTION:

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу Enter для завершения выбора объектов

Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points]  
<3points>: – указать первую точку на секущей плоскости или один из ключей

Specify second point on plane: – указать вторую точку на плоскости

Specify third point on plane: – указать третью точку на плоскости

Ключи команды SECTION:

Object – выравнивание секущей плоскости с сегментом круга, эллипса, круговой или эллиптической дуги, двумерного сплайна или двумерной полилинии;

Zaxis – определение секущей плоскости посредством задания двух точек этой плоскости, одна из которых расположена на оси Z;

View – проводит секущую плоскость параллельно плоскости вида на текущем видовом экране. Расположение секущей плоскости определяется указанной точкой;

XY – выравнивание секущей плоскости с плоскостью XY текущей ПСК;

YZ – выравнивание секущей плоскости параллельно плоскости YZ текущей ПСК;

ZX – выравнивание секущей плоскости параллельно плоскости ZX текущей ПСК;

3points – задание секущей плоскости по трем точкам.

По умолчанию секущая плоскость задается путем указания трех точек.

### Получение разрезов

Команда **SLICE** осуществляет построение нового тела путем *разрезания* какого-либо существующего тела плоскостью (рис. 3). Команда вызывается из падающего меню Modify > 3D Operations > Slice.

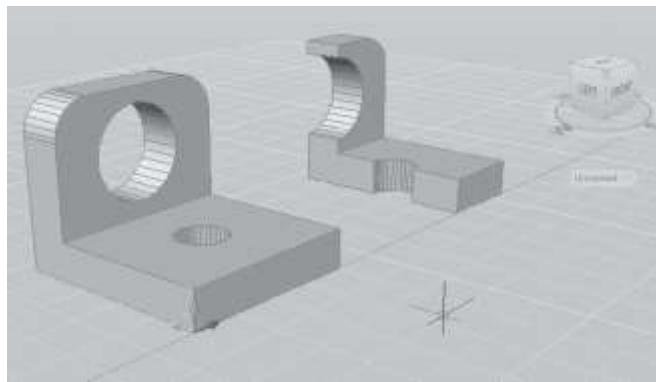


Рис. 3. Формирование разреза

**Запросы команды SLICE:**

Select objects to slice: – выбрать объекты

Select objects to slice: – нажать клавишу Enter для завершения выбора объектов

Specify start point of slicing plane or [planar Object/Surface/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: – указать первую точку на текущей плоскости

Specify second point on plane: – указать вторую точку на плоскости

Specify a point on desired side or [keep Both sides] <Both>: – указать точку с нужной стороны от плоскости

**Ключи команды SLICE:**

**Object** – задает плоскость с помощью выбранного плоского объекта: отрезка, окружности, дуги, эллипса, эллиптической дуги, двумерного сплайна или сегмента двумерной полилинии;

**Zaxis** – задает плоскость двумя точками, первая из которых лежит на ней, а вторая определяет вектор нормали к плоскости;

**View** – задает плоскость, выровненную с плоскостью вида текущего видового экрана и проходящую через заданную точку;

**XY, YZ, ZX** – задают плоскость, выровненную соответственно с плоскостью **XY**, **YZ** или **ZX** и проходящую через заданную точку;

**3points** – определяет плоскость, проходящую через три заданные точки;

**keep Both sides** – оставляет обе части разрезанного тела.

### **Преобразование в тело**

Команда **CONVTOSOLID** преобразует в трехмерные тела полилинии и окружности, для которых задана высота. Команда вызывается из падающего меню **Modify > 3D Operations > Convert to Solid**.

В выдавленные трехмерные тела можно преобразовать следующие объекты:

полилинии с равномерной шириной, имеющие высоту;

замкнутые полилинии с нулевой шириной, имеющие высоту;

окружности, обладающие высотой.

Системная переменная **DELOBJ** определяет, будут ли выбранные пользователем объекты удалены после создания тела или будет выдана подсказка на удаление объектов.

### **Преобразование в поверхность**

Команда **CONVTOSURFACE** преобразует объекты в поверхности. Команда вызывается из падающего меню **Modify > 3D Operations > Convert to Surface**.

В поверхности можно преобразовать следующие объекты: двумерные фигуры; области; разомкнутые полилинии с нулевой шириной, имеющие высоту; отрезки, имеющие высоту; дуги, имеющие высоту; плоские трехмерные грани.

### **Снятие фасок на гранях**

Команда **CHAMFER** осуществляет снятие *фасок* (скашивание) на пересечениях смежных граней тел, как и в двумерном пространстве. Команда вызывается из падающего

меню Modify > Chamfer или щелчком на пиктограмме Chamfer на панели инструментов Modify. При использовании команды необходимо вначале выбрать базовую поверхность, затем ввести размеры фаски и выбрать ребра (рис. 4).

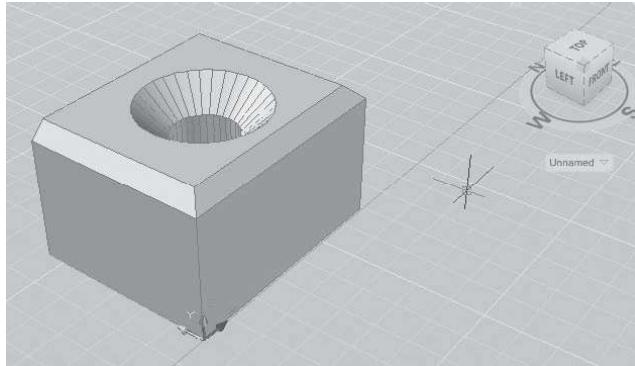


Рис. 4. Пример снятия фаски с тела

#### Запросы команды CHAMFER:

(TRIM mode) Current chamfer Dist1 = 10.0000, Dist2 = 10.0000 – параметры фаски

Select first line or [Undo/Polyline/Distance/Angle/Trim/mEthod/Multiple]: – выбрать первый отрезок или один из ключей

Base surface selection... – выбирается базовая поверхность

Enter surface selection option [Next/OK (current)] <OK>: – нажать клавишу Enter, если подсвеченна нужная поверхность.

Если требуется другая поверхность, следует ввести N, для того чтобы подсветить смежную поверхность, а затем нажать клавишу Enter

Specify base surface chamfer distance <10.0000>: – указать длину фаски для базовой поверхности

Specify other surface chamfer distance <10.0000>: – указать длину фаски для другой поверхности

Select an edge or [Loop]: – выбрать ребро

Select an edge or [Loop]: – выбрать ребро

#### Ключи команды CHAMFER:

Undo – отменяет предыдущую операцию в команде;

Polyline – построение фасок вдоль всей полилинии;

Distance – задание длин фасок, то есть расстояний от выбранного пересечения до концов линии фаски;

Angle – задание в качестве параметров фаски одной из ее длин и величины угла;

Trim – определяет, обрезаются ли выбранные грани по конечным точкам фаски;

mEthod – определяет, используются ли для построения фаски значения двух длин или значение длины и величины угла;

Multiple – создает фаски для кромок нескольких наборов объектов.

#### Сопряжение граней

Команда **FILLET** осуществляет плавное *сопряжение* (скругление) граней, как и в двумерном моделировании (рис. 5). Для скругления тел можно воспользоваться несколькими способами. Во-первых, так же, как и для плоских объектов, можно задать радиус и затем указать ребра. Второй путь – указать радиус скругления для каждого ребра. И наконец, еще один способ – скруглять последовательность касательных ребер. Команда вызывается из падающего меню Modify > Fillet или щелчком на пиктограмме Fillet на панели инструментов Modify.

#### Запросы команды FILLET:

Current settings: Mode = TRIM, Radius = 10.0000 – текущие настройки

Select first object or [Undo/Polyline/Radius/Trim/Multiple]: – выбрать первый объект

Enter fillet radius <10.0000>: – указать радиус сопряжения  
Select an edge or [Chain/Radius]: – выбрать ребро  
Select an edge or [Chain/Radius]:  
Select an edge or [Chain/Radius]: – нажать клавишу Enter для завершения работы команды

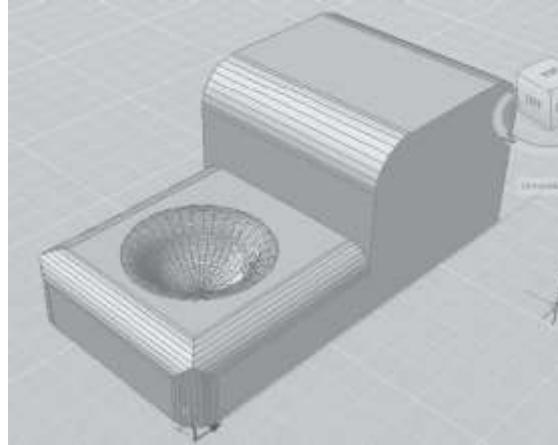


Рис. 5. Пример скругления тела

Ключи команды FILLET:  
Undo – отменяет предыдущую операцию в команде;  
Polyline – строит дуги сопряжения во всех точках пересечения линейных сегментов двумерной полилинии;  
Radius – задание радиуса сопрягающей дуги;  
Trim – определяет, обрезаются ли выбранные кромки по конечным точкам дуги сопряжения;  
Multiple – скругление углов у нескольких наборов объектов.

## 1.12 Лабораторная работа №12 (2 часа).

Тема: «Команды создания 3D объектов».

**1.12.1 Цель работы:** Научиться пользоваться командами создания 3D объектов

### 1.12.2 Задачи работы:

1. Изучить команды создания 3D объектов

### 1.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Персональный компьютер

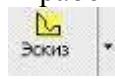
### 1.12.4 Описание (ход) работы:

Для построения новой 3D детали необходимо создать новый документ и выбрать пункт Part (деталь).

#### Основные приемы работы при создании деталей

В диспетчере команд находятся кнопки управления режимами работы.

- построение двумерных геометрических объектов, эскизов.
- получение 3D объектов



От выбора режима зависит состав доступных пиктограмм для построения элементов. Обычно создание тела или его дополнительного конструктивного элемента начинают с создания плоского эскиза.

### Построение эскиза основания

ВНИМАНИЕ ! Эскиз можно построить на выбранной плоскости или на одной из поверхностей ранее созданной детали.



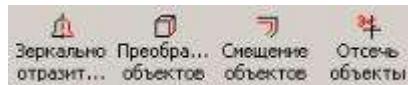
- Выбрать режим построения эскиза:
- В дереве построений выбрать плоскость «Сверху»
- В панели инструментов «Вид» открыть команды стандартных видов и выбрать вид сверху.
- Перемещать вид экрана в плоскости можно кнопкой .

В режиме эскиза доступны следующие группы команд:

- для создания геометрических элементов:



- для работы со связями между объектами:

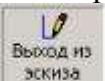


- для преобразования объектов:



- Создайте эскиз прямоугольника, привязав его начальную точку к началу координат. Точность построения можно не соблюдать.

В системе SolidWorks геометрия модели выводится на основе размеров. При изменении размеров изменяется форма модели. Размеры можно связать между собой в уравнениях.



- Выйти из режима эскиза кнопкой:
- Сохраните файл в папке «Корпус» под названием «КОРПУС001». Название детали отобразится в дереве конструирования. (Периодически сохраняйте деталь!).
- Измените название единственного эскиза на «Основание» (используется двойной с задержкой щелчок на названии).

### Состояние геометрии эскиза

Геометрия эскиза может находиться в одном из следующих состояний:

Полностью определен - черный цвет. Размеры и взаимосвязи описаны полностью и правильно.

Недоопределен - синий цвет. Размеры и взаимосвязи не определены адекватным образом, и линии могут неожиданно перемещаться или изменяться в размере.

Переопределен - красный цвет. Данная геометрия содержит слишком много ограничений в виде размеров и/или взаимосвязей.

Подвешенные - коричневый цвет, штриховые линии. Относится только к объекту эскиза, который был добавлен в эскиз автоматически в последнее известное положение подвешенной геометрии модели.

Не решено - розовый цвет. Положение данной геометрии не может быть определено с помощью существующих ограничений.

Недопустимый - желтый цвет. Данная геометрия при расчете окажется геометрически недопустимой.

### ***Редактирование эскиза***

Менеджер свойств

- Выбрать имя эскиза в дереве конструирования.
- В контекстном меню (прав.кн.мыши) выбрать команду редактирования.
- Выбрать для редактирования угол прямоугольника, противоположный начальной точке. Откроется окно редактирования параметров в режиме сообщений дерева конструирования.
- Введите параметры для координат угла 200, 100.



- Подтвердите изменения

6

### ***Размер в эскизе или состояние взаимосвязей***

Размеры или взаимосвязи эскиза могут находиться в одном из следующих состояний:

Удовлетворен - черный цвет. Полнотью и соответствующим образом определенный размер.

Переопределенный - красный цвет. Используется размер или взаимосвязь, излишне определяющие один или несколько объектов.

Подвешенные - коричневый цвет, штриховые линии. Размер, который более не может быть решен (например, это размер до удаленного объекта).

Не решено - розовый цвет. Размер или взаимосвязь при расчетах не могут определить положение одного или нескольких объектов эскиза.

Управляемый - серый цвет. Значение размера задается при расчете эскиза.

### ***Действия над двумерными геометрическими объектами***

• Удаление - предоставляет пользователю возможность удаления ранее построенных объектов с экрана, для этого необходимо выделить объект для удаления и нажать DEL на клавиатуре.

• Копирование - предоставляет пользователю возможность копирования ранее построенных объектов, копирование происходит через буфер обмена. Необходимо выделить объект, зайти в меню Редактирование (Edit) → Копировать (Copy) → Вставить (Paste). Важно отметить, что трехмерные объекты нельзя копировать через буфер обмена.



• Зеркало - предоставляет пользователю возможность зеркального отображения ранее построенного объекта. Необходимо указать объекты для зеркального отображения и конечную точку.

• Перенос - предоставляет пользователю возможность двигать построенные объекты. Для этого необходимо выделить объект и, удерживая нажатой левую кнопку мыши, перетащить объект за середину в нужное место.

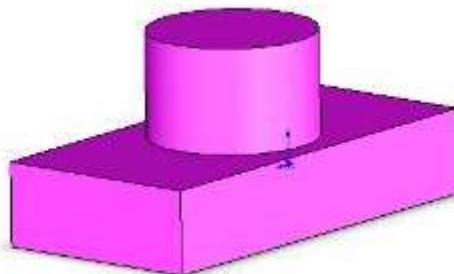
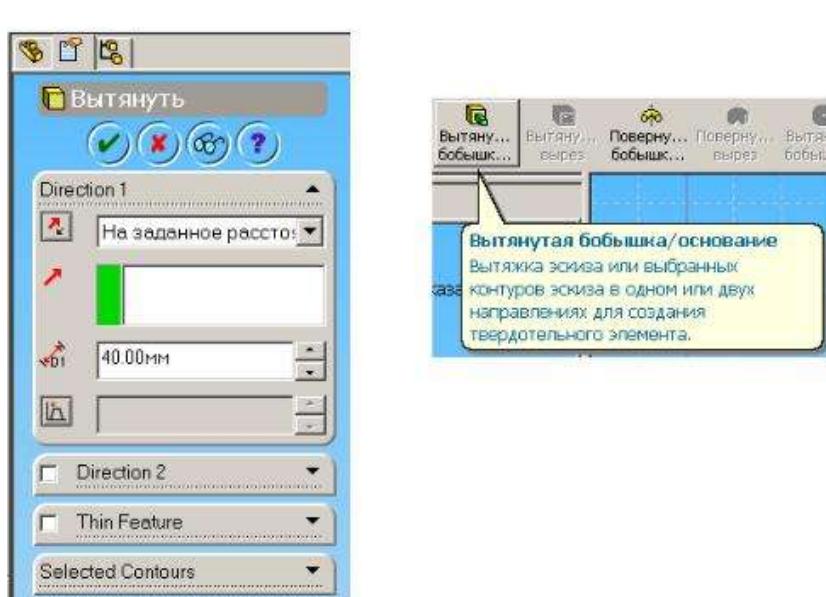
• Поворот - предоставляет пользователю возможность поворачивать ранее построенные объекты. Также как и перенос, только перетаскивать необходимо за один из концов объекта.



• Обрезка - предоставляет пользователю возможность модификации кривых несколькими способами:

1. один конец – обрезка конца кривой по заданной границе. Для обрезки необходимо указать границу(другую кривую или точку), сторону обрезки и обрезаемые кривые.
2. два конца – обрезка концов кривой по двум границам. В этом случае необходимо указать две границы и обрезаемые объекты.
3. середина – обрезка середины кривой. Указываются две границы и объекты подлежащие обрезке.

- Удлинение  – автоматическое удлинение до ближайшего пересечения с другой кривой.



### Построение 3D основания детали

- Перейти в режим создания 3D объектов.
- Применить операцию вытягивания эскиза
- Выбрать способ вытягивания - На заданное расстояние.
- Задать параметр выдавливания 40 мм.
- Подтвердить построение 
- Присвоить телу имя «Ящик». Придать желаемый цвет.



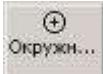
- Придать вид просмотра объекта

### Построение эскиза на грани твердого тела

- Выбрать указателем мыши верхнюю грань прямоугольного тела. Выбранная грань подсветится.



- Выбрать режим построения эскиза:



- Выбрать примитив окружность
- Центр окружности задать отслеживанием от серединных точек смежных ребер ящика.
- Отслеживание подсвечивается пунктиром.
- Радиус поставить приблизительно. Затем указать его параметр 40 мм.

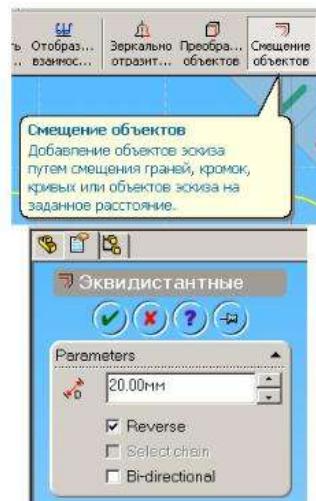
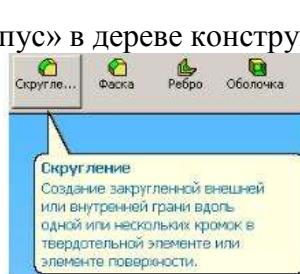


- Подтвердить построение

### Построение 3D цилиндрической части детали



- Перейти в режим создания 3D объектов
- Применить операцию вытягивания эскиза
- Задать расстояние вытягивания 50 мм
- Подтвердить построение
- Переименовать все твердое тело в «Корпус» в дереве конструирования.



### Образование скруглений твердого тела



- Режим создания 3D объектов
- Выбрать операцию скругления.
- Указать параметр радиуса скругления 5 мм.

- Указать кромки, подлежащие скруглению.

• Подтвердить построение

### **Вытягивание вырезов на примере отверстий**

#### **Разметка грани нижнего основания**

- Выбрать вид «Снизу».



- Выбрать режим построения эскиза:

- Выбрать нижнюю грань для создания эскиза.



- Выбрать режим эскиза – нажать .



- Выбрать команду создания эквидистантных объектов .

- Задать параметр смещения 20 мм, поставив флаг на реверс.



- Подтвердить построение .

- В дереве построения изменить имя эскиза на «Разметка основания».



- Выйти из режима эскиза .

- Выбрать имя эскиза «Разметка основания» в дереве конструирования.

- В контекстном меню (прав.кн.мыши) выбрать команду редактирования.

- Выбрать требуемую грань.

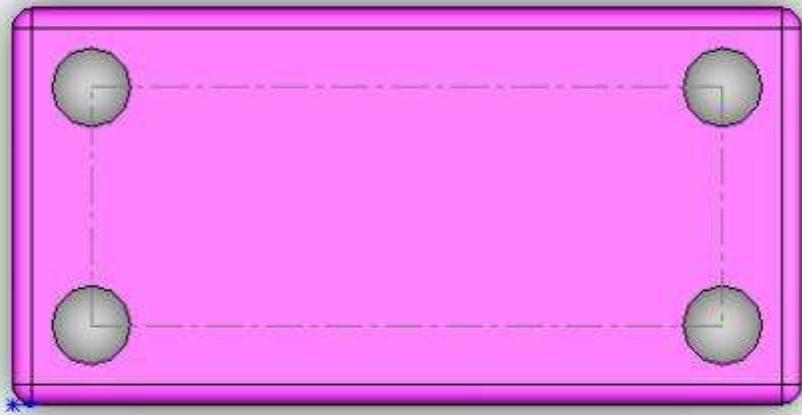
- Выбрать линии разметки.

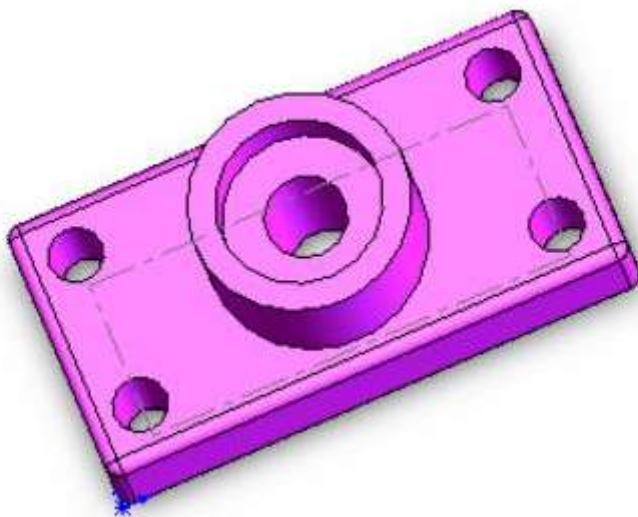
- Поместить выбранные линии в разряд вспомогательной геометрии. Для этого развернуть дополнительные кнопки пиктографических команд и выбрать кнопку .



- Подтвердите изменения .

- Выйти из эскиза.





### *Создание отверстий вытягиванием выреза*

- Режим создания 3D объектов



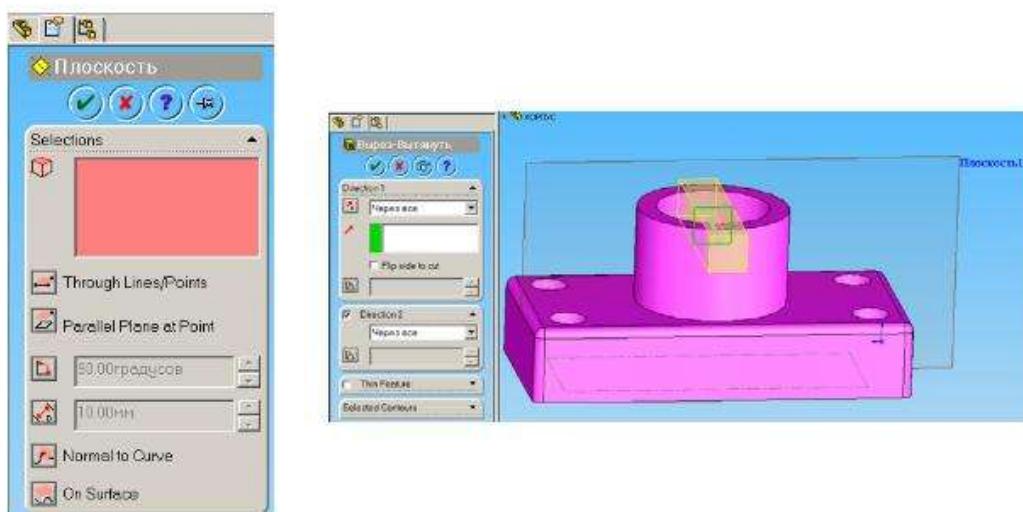
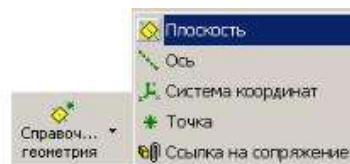
- Задать команду вытягивания выреза
- Указать грань для эскизов сечений будущих отверстий.
- Создать по очереди 4 окружности с центрами в точках разметки и радиусом 10 мм.
- Подтвердить создание эскиза. Выйти из эскиза.
- Редактировать характеристики вытягивания выреза, установив «ЧЕРЕЗ ВСЕ».

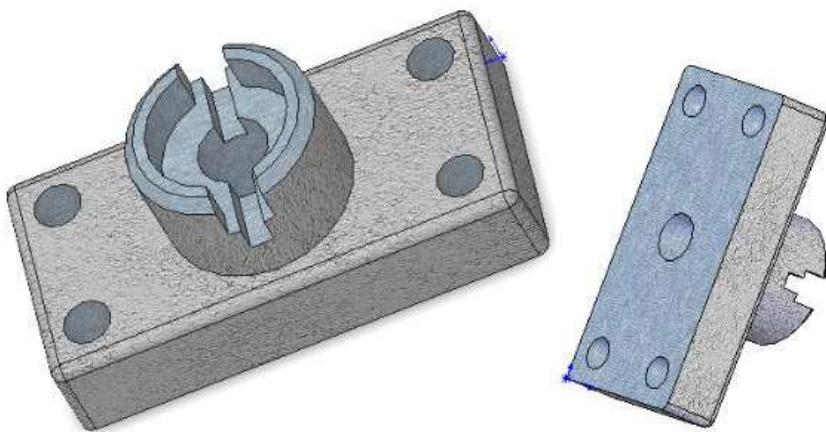
- Подтвердите изменения

• В дереве построения измените имя вытягивания выреза на «4\_отверстия».

### *Оформление центрального ступенчатого отверстия*

- Удобно расположить тело в пространстве, используя 3D вращение.
- Используя верхнюю грань цилиндрической бобышки, создать цилиндрическое углубление радиусом 30 мм на глубину 10 мм.
- Затем создать сквозное отверстие радиусом 15 мм.





### **Создание паза вытягиванием выреза**

- Чтобы создать эскиз сечения вытягиваемого выреза нужна дополнительная плоскость.
  - Выбираем кнопку справочная геометрия. Создать плоскость.
  - Плоскость задается различными вариантами.
  - Использовать вариант построения по совпадающей грани (On Surface). Указать переднюю гран основания корпуса.
  - На новой плоскости создать эскиз прямоугольника.
  - Затем вытянуть вырез с помощью эскиза данного прямоугольника.
  - Аналогично создайте еще один паз.
  - Примените фаски к верхним кромкам цилиндрической части корпуса.
- Присвоение цвета и текстур материала для детали можно выполнить с помощью кнопок и менеджера свойств.

### **Примерный окончательный вид детали**

11

### **Некоторые приемы получения 3D объектов из эскиза сечения**

#### *Задание тел вращением сечения вокруг заданной оси.*

Создаем на плоскости сечение и ось, вокруг которой будем вращать сечение. Выбираем команду вращать и получаем 3D модель. Для построения еще одного объекта на уже существующем необходимо нажать правой кнопкой мыши на поверхности уже созданного, и из появившегося меню выбрать Insert Sketch.

#### *Задание тел толщиной*

Создаем сечение (контуру должен быть замкнут). Выбираем объект, затем вызываем

команду выдавить , также необходимо заполнить некоторые поля: высота выдавливания, угол сужения (при необходимости), толщина стенок (если объект полый). Получаем 3D объект.

Для начала создаем сечение (окружность), затем из него получаем кривую с помощью меню Вставка (Insert) → Кривая (Curve) → Спираль (Helix/Spiral), она будет служить направляющей для получения 3D модели. Создаем сечение, которое будем выдавливать, оно должно пересекаться с кривой. Выбираем сечение и кривую и с помощью команды

развертка получаем объект. Вычитание производится таким же способом, но при этом один объект вырезается из другого.

#### *Задание тел толщиной от контура к контуру по траектории.*

Строим сечение в Плане 1, затем копируем его в буфер обмена. Создаем

дополнительный План (с помощью мастера) отстоящий от изначального на необходимую величину. Из буфера вставляем сечение в получившейся План (при



необходимости можно повернуть одно из сечений), затем вызываем команду лофт , выбираем первое и второе сечение и получаем объект. При необходимости можно задать несколько сечений.

#### *Получение 3D объекта с помощью массива.*

Строим сечение, создаем 3D объект. Существует возможность создания кругового и прямого массива. Рассмотрим создание кругового. При создании сечения

необходимо задать угловой размер с помощью простановки размеров . После создания 3D объекта выбираем команду круговой массив , выделяем объект и угол, и указываем количество составляющих, угол поворота каждой составляющей.

#### *Задание тел толщиной и вычитание вдоль заданной кривой.*

Создаем сечение, выдавливаем его, затем строим на получившемся объекте еще одно сечение. Выбираем получившееся сечение и вызываем команду вычесть на определенную глубину. При необходимости указываем угол сужения.

### **1.13 Лабораторная работа №13 (1 час).**

**Тема:** «Команды булевых операций».

**1.14.1 Цель работы:** Научиться пользоваться командами булевых операций

**1.14.2 Задачи работы:**

1. Изучить команды булевых операций

**1.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер

**1.14.4 Описание (ход) работы:**

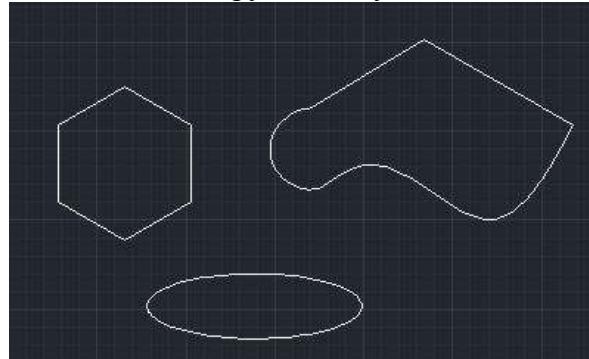
#### **Создание объектов сложной формы.**

Для построения 3D объектов, созданных командами вытягивания и вращения, со сложным сечением прибегают к созданию областей.

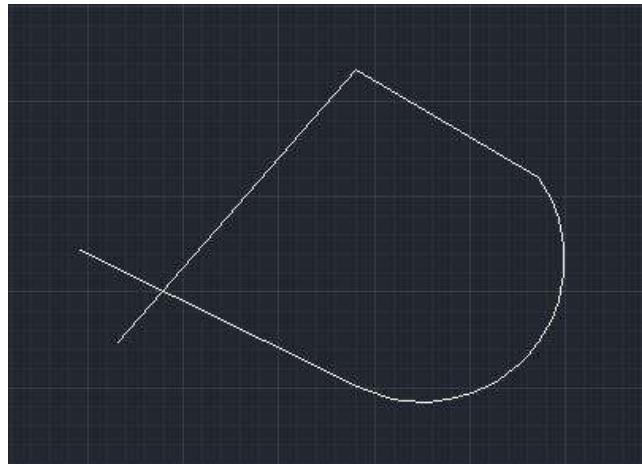
**Область** — непрозрачный объект, который представляет собой часть плоскости ограниченную замкнутым контуром. Она может иметь отверстия, образованные другими объектами, которые представляют собой замкнутый контур и находятся внутри области. Одна область может состоять из нескольких объектов, не пересекаются.

Области используют для создания объектов сложной формы.

Объект можно превратить в область, если он представляет собой замкнутый контур. Примером таких объектов может быть круг, замкнутая полилиния и т.д.



В то же время объект, представленный на рисунке ниже не представляет единого замкнутого контура, для преобразования в область его нужно предварительно обрезать.



Преобразуются объекты в область командой **REGION** (**Область**). Команда позволяет создать одну или несколько областей.

### **Область REGION**

#### **Способы ввода команды:**

- Набрать с клавиатуры команду **Region**.
- Вызов меню: **Draw\ Region**.
- Кнопка на панели инструментов.

Введя команду, выберите объекты используя курсор. Завершить выбор можно нажатием клавиши **Enter**. Объекты, которые имеют замкнутый контур система преобразует в области и выдаст соответствующее сообщение.

Диалог будет выглядеть:

Command: \_region

Команда Область.

Select objects: 1 found

Выбрать объект.

Select objects: 1 found, 2 total

Выбрать объект или нажать **Enter**.

Select objects:

Выберите объект или нажать **Enter**.

2 loops extracted.2 Regions created.

Две области создано.

### **Булевые операции.**

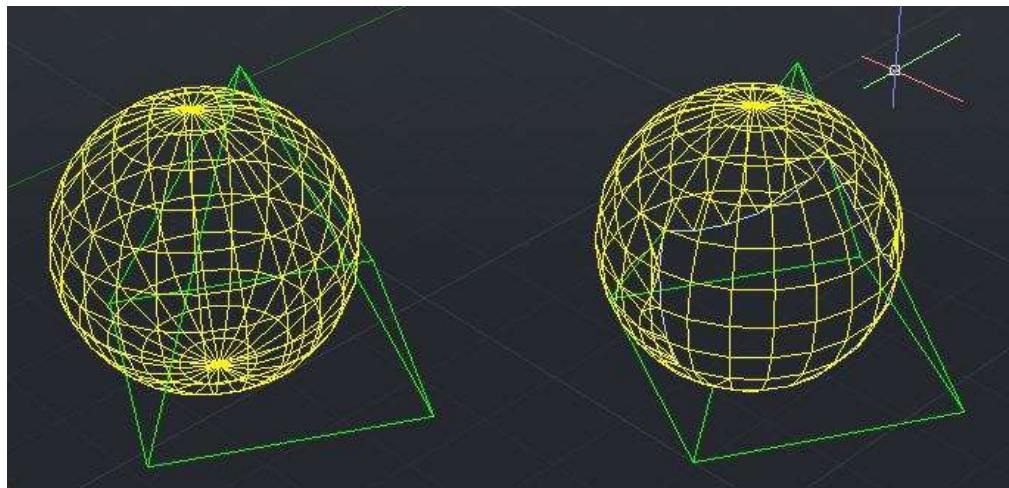
С образованных областей, используя команды **UNION** (**Объединение**), **SUBTRACT** (**Вычитание**), **INTERSECT** (**Пересечение**), можно создать объекты сложной формы.

### **Команда UNION (Объединить)**

#### **Способы ввода команды:**

- Набрать с клавиатуры команду **Union**.
- Вызов меню: **Modify\ Solid editing \ Union**.
- Кнопка на панели инструментов **3D Tools**.

После ввода команды система предложит выбрать области для объединения. Области объединяются как плоские множества. После выполнения операции получим единый объект, даже если объединялись области, не пересекаются.

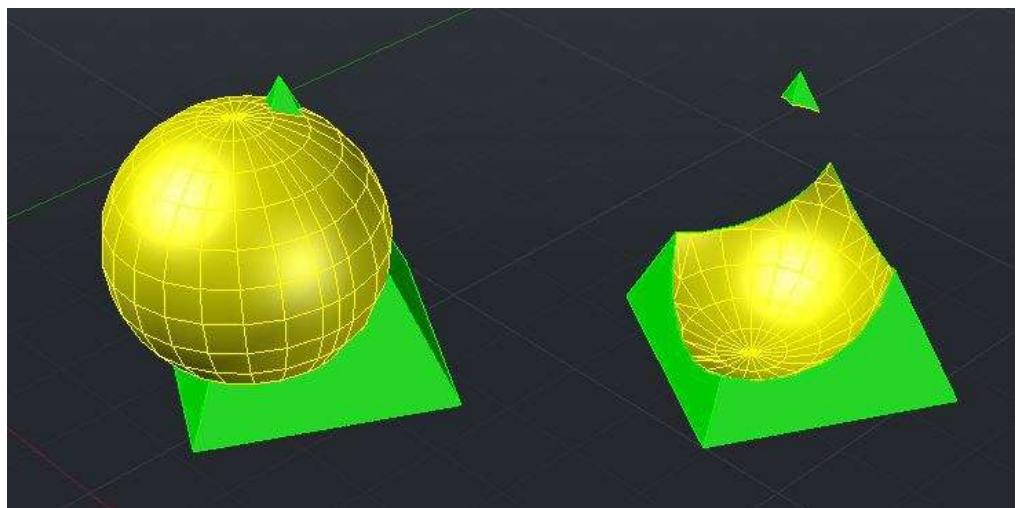


### Команда SUBTRACT (Вычесть)

#### Способы ввода команды:

- Набрать с клавиатуры команду **Subtract**.
- Вызов меню: **Modify\ Solid editing \ Subtract**.
- Кнопка на панели инструментов **3D Tools**.

После ввода команды необходимо сначала выбрать область, из которой вычесть, и нажать **Enter**. Далее система выдаст запрос на выбор областей, вычитающихся. На рисунке представлен результат работы команды для четырехугольной области, с которой отняли семиугольную область и область в виде круга.

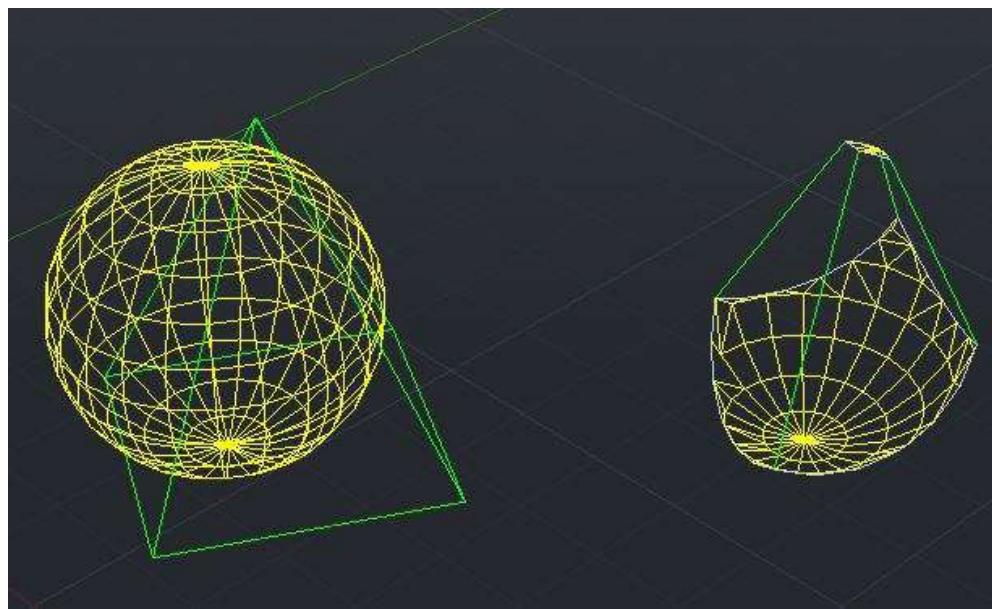


### Команда INTERSECT (Пересечение)

#### Способы ввода команды:

- Набрать с клавиатуры команду **INTERSECT**.
- Вызов меню: **Modify\ Solid editing \ Intersect**.
- Кнопка на панели инструментов **3D Tools**.

В результате выполнения операции пересечения получим общую для всех областей часть плоскости. Если области не пересекаются, то получим пустую область.



### **1.13 Лабораторная работа №13 (1 час).**

**Тема:** «Пользовательская система координат».

**1.13.1 Цель работы:** Пользовательская система координат

**1.13.2 Задачи работы:**

1. Изучить пользовательскую систему координат

**1.13.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер

**1.13.4 Описание (ход) работы:**

#### **Ввод координат**

Когда программа AutoCAD запрашивает точку, команда ожидает ввода координат какой-либо точки текущего рисунка. В AutoCAD может быть включен контроль лимитов рисунка, осуществляемый командой LIMITS. В этом случае, если введенная точка выходит за пределы рисунка, AutoCAD выдает сообщение:

\*\* Outside limits – вне лимитов и отвергает введенную точку.

В представлении рисунка во внутренней графической базе данных координаты каждой точки задаются с точностью не менее 14 значащих цифр.

Ввод координат в AutoCAD может осуществляться двумя способами:

- непосредственно с клавиатуры, путем указания численных значений;
- с использованием графического маркера (курсора), который движется по экрану с помощью устройства указания. Ввод координат осуществляется щелчком левой кнопки мыши.

Как следствие, в строке состояния, расположенной внизу рабочего стола, происходит отображение текущих значений координат. Существует три режима отображения координат:

- *динамический*, при котором обновление координат происходит постоянно по мере перемещения указателя мыши;
- *статический*, при котором координаты обновляются только после указания точки;

- режим относительных координат, формат «*расстояние*<угол», при котором обновление значений происходит по мере перемещения указателя мыши во время рисования объекта, содержащего более одной точки.

Для определения координат точек существующих объектов (например, точки пересечения или середины отрезка) можно воспользоваться командой ID. При этом следует применять объектную привязку, иначе полученные координаты могут оказаться неточными.

Для определения координат сразу всех характерных точек объекта удобно использовать команду LIST. Еще один метод получения координат характерных точек – выбор объекта с помощью ручек. Ручки представляют собой маленькие прямоугольники, располагающиеся в характерных точках объектов, например в конечных точках и середине отрезка. При привязке курсора к одной из ручек в поле координат строки состояния отображаются ее координаты.

Для удобства ввода координат можно использовать:

- ортогональный режим, когда изменение координат происходит только по оси X или Y. Ортогональный режим включается либо нажатием функциональной клавиши F8, либо щелчком на кнопке



Ortho Mode в строке состояния;

- привязку к узлам невидимой сетки, определенной с некоторым шагом по X и Y.

Такую шаговую привязку можно установить, либо нажав функциональную клавишу F9, либо щелкнув на кнопке



Snap Mode в строке состояния. Если включен шаг привязки, то при перемещении мыши перекрестье будет «перепрыгивать» с одного узла невидимой сетки на другой.

Значения координат независимо от способа ввода всегда связаны с некоторой системой координат. По умолчанию в AutoCAD используется так называемая *мировая система координат*, МСК – World Coordinate System (WCS). Она определена так, что ось OX направлена слева направо, ось OY – снизу вверх, ось OZ – перпендикулярно экрану, вовне. Как правило, для выполнения конкретного проекта удобнее определить *пользовательскую систему координат*, ПСК – User Coordinate System (UCS), которую можно сместить относительно мировой и/или повернуть под любым углом. Допускается существование нескольких пользовательских систем координат, и в любой момент возможен переход от одной к другой.

Никакие изменения МСК не допускаются. AutoCAD позволяет одновременно использовать и координаты, связанные с текущей ПСК, и координаты, связанные с МСК. При этом для МСК при вводе с клавиатуры значению координат должен предшествовать символ «звездочка» (\*).

### Динамический ввод координат

С помощью функции динамического ввода значения координат можно вводить не в командной строке, а в поле всплывающей подсказки, которая отображается рядом с курсором и динамически обновляется по мере перемещения курсора. Функция динамического ввода включается и отключается в строке состояния кнопкой



Dynamic Input.

Существует два типа динамического ввода:

- ввод значений координат с помощью мыши;
- ввод размеров для линейных и угловых значений.

Настройка динамического ввода осуществляется в диалоговом окне режимов рисования Drafting Settings, вкладка Dynamic Input (рис. 1), которое вызывается из падающего меню Tools > Drafting Settings... или из контекстного меню щелчком правой кнопки мыши в строке состояния на кнопке Dynamic Input и выбором пункта Settings....

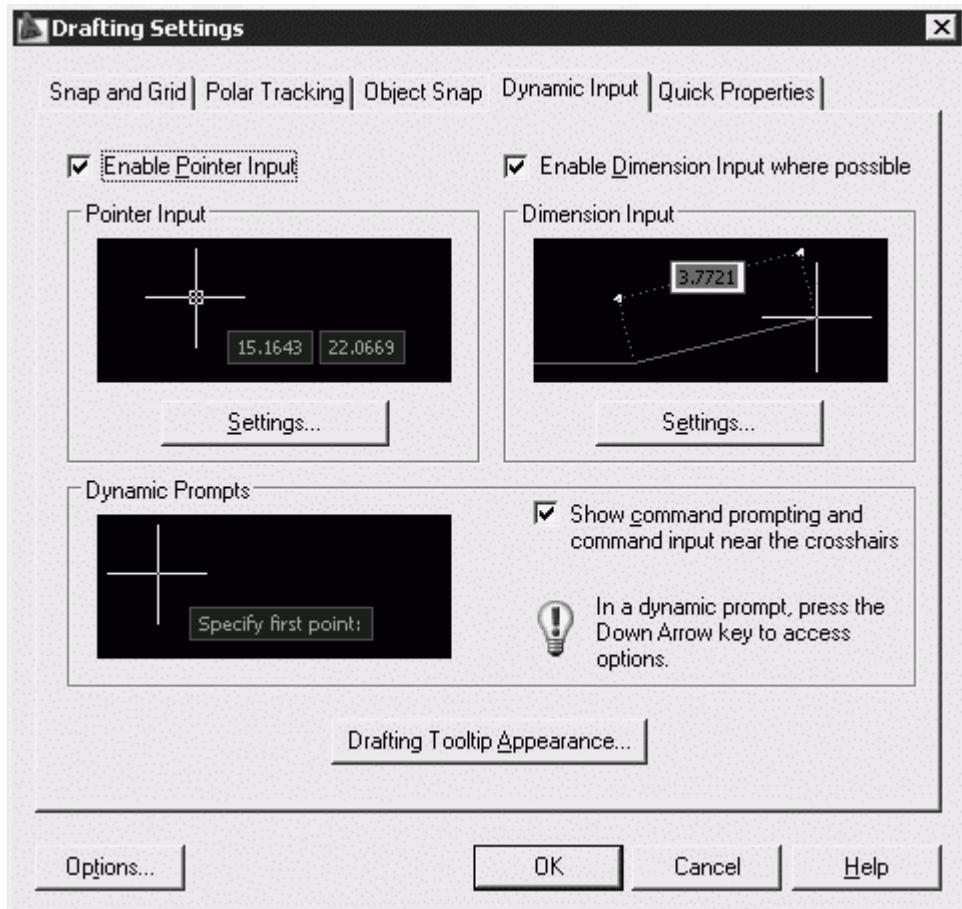


Рис. 1. Диалоговое окно настройки динамического ввода

Здесь настраиваются следующие параметры динамического ввода.

- Enable Pointer Input – включить ввод с помощью мыши.
- Enable Dimension Input where possible – включить ввод размеров, где возможно.
- В области Pointer Input кнопкой Settings... загружается диалоговое окно Pointer Input Settings, позволяющее настроить параметры ввода с помощью мыши.
- В области Dimension Input кнопкой Settings... загружается диалоговое окно Dimension Input Settings, позволяющее установить видимость при растяжке ручек.
- В области Dynamic Prompts можно настроить динамические подсказки.
- Кнопка Drafting Tooltip Appearance... загружает диалоговое окно Tooltip Appearance, позволяющее настроить внешний вид подсказок на чертеже.

При использовании ввода с помощью мыши в области рисования при перемещении курсора будут отображаться значения координат, для ввода которых необходимо сначала ввести значение, затем для перехода к следующей подсказке нажать клавишу TAB и после этого ввести значение следующей координаты. При определении точки первая координата является абсолютной, формат второй и следующих точек – относительные полярные координаты. Если требуется ввести абсолютное значение, необходимо перед ним ввести знак #.

#### **Декартовы и полярные координаты**

В двумерном пространстве точка определяется в плоскости XY, которая называется также плоскостью построений. Ввод координат с клавиатуры возможен в виде абсолютных и относительных координат.

Ввод абсолютных координат производится в следующих форматах:

- **декартовы** (прямоугольные) координаты. При этом для определения двумерных и трехмерных координат применяются три взаимно перпендикулярные оси:  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . Для ввода координат указывается расстояние от точки до начала координат по каждой из этих осей, а также направление (+ или -). При начале нового рисунка текущей системой всегда является мировая система координат World Coordinate System (WCS), следовательно, ось  $X$  направлена горизонтально, ось  $Y$  – вертикально, а ось  $Z$  перпендикулярна плоскости  $XY$ ;
- **полярные** координаты. При вводе координат указывается расстояние, на котором располагается точка от начала координат, а также величина угла, образованного полярной осью и отрезком, мысленно проведенным через данную точку и начало координат. Угол задается в градусах против часовой стрелки. Значение 0 соответствует положительному направлению оси  $OX$ .

*Относительные* координаты задают смещение от последней введенной точки. При вводе точек в относительных координатах можно использовать любой формат записи в абсолютных координатах:  $@dx,dy$  – для декартовых,  $@r<A$  – для полярных.

Относительные декартовы координаты удобно применять в том случае, если известно смещение точки относительно предыдущей.

#### **Формирование точек методом «направление – расстояние»**

Вместо ввода координат допускается использование *прямой записи расстояния*, что особенно удобно для быстрого ввода длины линии. Такой ввод может производиться во всех командах, кроме тех, которые предполагают указание просто действительного значения, например в командах построения массива ARRAY, разметки MEASURE и деления объекта DIVIDE. При использовании прямой записи расстояния в ответ на запрос точки достаточно переместить мышь в нужном направлении и ввести числовое значение в командной строке. Например, если таким способом задается отрезок, то он строится путем указания числового значения длины и направления под определенным углом. При включенном ортогональном режиме этим способом очень удобно рисовать перпендикулярные отрезки.

#### **Определение трехмерных координат**

Трехмерные координаты задаются аналогично двумерным, но к двум составляющим по осям  $X$  и  $Y$  добавляется третья величина – по оси  $Z$ . В трехмерном пространстве аналогично двумерному моделированию можно использовать абсолютные и относительные координаты, а также *цилиндрические* и *сферические*, которые схожи с полярными в двумерном пространстве.

Значения координат независимо от способа ввода всегда связаны с некоторой системой координат. При работе в трехмерном пространстве значения  $x$ ,  $y$  и  $z$  указывают либо в мировой системе координат World Coordinate System (WCS), либо в пользовательской User Coordinate System (UCS).

#### **Правило правой руки**

При работе в трехмерном пространстве в AutoCAD все системы координат формируются по *правилу правой руки*. Оно определяет положительное направление оси  $Z$  трехмерной системы координат при известных направлениях осей  $X$  и  $Y$ , а также положительное направление вращения вокруг любой из осей трехмерных координат.

Для определения положительных направлений осей необходимо поднести тыльную сторону кисти правой руки к экрану монитора и направить большой палец параллельно оси  $X$ , а указательный – по оси  $Y$ . Если согнуть средний палец перпендикулярно ладони, как показано на рис. 2 справа, то он будет указывать положительное направление оси  $Z$ .

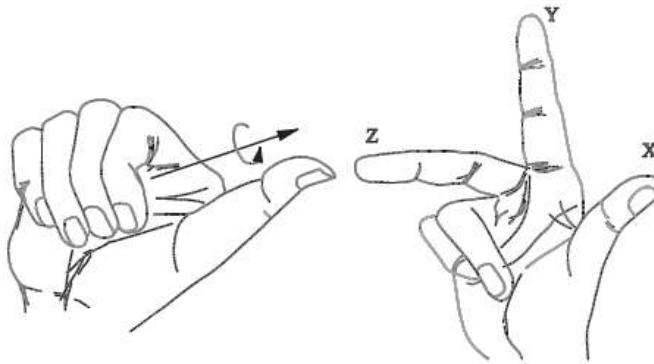


Рис. 2. Правило правой руки

Для определения положительного направления вращения следует ориентировать большой палец правой руки в положительном направлении оси и согнуть остальные пальцы, как показано на рис. 2 слева. Положительное направление вращения совпадает с направлением, указываемым согнутыми пальцами.

### **Ввод трехмерных декартовых координат**

Трехмерные декартовы координаты ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) вводятся аналогично двумерным ( $x$ ,  $y$ ). Дополнительно к координатам по осям  $X$  и  $Y$  необходимо ввести еще и значение по оси  $Z$ . На самом деле в AutoCAD не существует двумерных координат, и если введены значения только  $x$  и  $y$ , это означает, что отсутствующая координата  $z$  берется по умолчанию равной нулю. При указании декартовых трехмерных координат с клавиатуры вводятся три числа через запятую, например:

3,5,2

В трехмерном пространстве, так же как и в двумерном, широко используются и абсолютные координаты (отсчитываемые от начала координат), и относительные (отсчитываемые от последней указанной точки). Признак относительных координат – символ @ перед координатами вводимой точки, которая в этом случае берется относительно последней введенной точки.

### **Определение пользовательской системы координат**

Как было сказано выше, в AutoCAD существуют: мировая система координат World Coordinate System, WCS, и пользовательская система координат User Coordinate System, UCS. Ось  $X$  мировой системы координат направлена горизонтально, ось  $Y$  – вертикально, а ось  $Z$  проходит перпендикулярно плоскости  $XY$ . Начало координат – это точка пересечения осей  $X$  и  $Y$ , по умолчанию она совмещается с левым нижним углом рисунка. В любой текущий момент активна только одна система координат, которую принято называть *текущей*. В ней координаты определяются любым доступным способом.

Основное отличие мировой системы координат от пользовательской заключается в том, что *мировая система координат* может быть только одна (для каждого пространства модели и листа) и она неподвижна. Применение *пользовательской системы координат* не имеет практически никаких ограничений. Она может быть расположена в любой точке пространства под любым углом к мировой системе координат. Разрешается определять, сохранять и восстанавливать неограниченное количество ПСК. Проще выровнять систему координат с существующим геометрическим объектом, чем определять точное размещение трехмерной точки. ПСК обычно используется для работы с несмежными фрагментами рисунка. Поворот ПСК упрощает указание точек на трехмерных или повернутых видах. Узловые точки и базовые направления, определяемые режимами шаговой привязки SNAP, сетки GRID и ортогонального режима ORTHO, поворачиваются вместе с ПСК.

При работе в ПСК допускается поворачивать ее плоскость  $XY$  и смещать начало координат. Все они при вводе отсчитываются относительно текущей пользовательской системы координат. Соответствующая пиктограмма дает возможность судить о положе-

нии и ориентации текущей ПСК, помогая визуализировать эту ориентацию относительно мировой системы координат, а также относительно объектов, содержащихся в рисунке.

Пиктограмма ПСК всегда изображается в плоскости  $XY$  текущей ПСК и указывает положительное направление осей  $X$  и  $Y$ . Сама пиктограмма может располагаться как в начале пользовательской системы координат, так и в другом месте. Этую позицию регулирует команда управления пиктограммой системы координат UCSICON. С помощью той же команды можно выбрать одну из пиктограмм, размер, цвет, тип стрелок осей и толщины линий которых можно изменить (рис. 3).

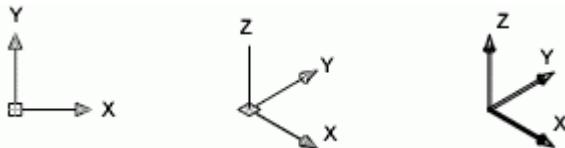


Рис. 3. Варианты пиктограмм системы координат

Появление символа «плюс» (+) в нижнем левом углу пиктограммы указывает на ее расположение в начале ПСК. Пользовательская система координат используется для перемещения начала системы координат и/или изменения ориентации осей системы координат в пространстве, что значительно упрощает процесс создания и редактирования объектов. При создании объекта удобно поместить начало системы координат в базовую точку объектов, особенно если в данной точке формируется много объектов.

Пиктограмма с изображением сломанного карандаша говорит о том, что плоскость  $XY$  практически параллельна направлению взгляда. В этом случае при указании значений координат с помощью мыши происходит выбор точек с нулевыми координатами  $z$ , что обычно не соответствует желанию пользователя. Перед вводом точек или редактированием модели по виду пиктограммы следует оценить угол между направлением взгляда и пиктограммой ПСК: если этот угол мал, точный выбор точек с помощью мыши или другого манипулятора затруднителен.

#### Выбор пользовательской системы координат в пространстве

Для изменения положения ПСК применяются следующие способы:

- указание новой плоскости  $XY$  или новой оси  $Z$ ;
- ввод нового начала координат;
- совмещение ПСК с имеющимся объектом;
- совмещение ПСК с гранью тела;
- совмещение ПСК с направлением взгляда;
- поворот ПСК вокруг одной из ее осей;
- расположение плоскости  $XY$  ПСК перпендикулярно выбранному в качестве оси  $Z$  направлению;
- восстановление ранее сохраненной ПСК для совмещения с МСК;
- применение имеющейся ПСК к любому видовому экрану;
- возврат к предыдущей ПСК.

Размещение, перемещение, вращение и отображение пользовательских систем координат производится с помощью команды **UCS**. Вызвать эту команду или варианты ее исполнения можно из командной строки или из падающего меню Tools > New UCS. Наиболее удобным представляется вызов с плавающей панели инструментов UCS – рис. 4.



Рис. 4. Панель инструментов UCS



UCS – определение новой пользовательской системы координат. Запрос команды UCS:

Current ucs name: \*WORLD\* – текущая ПСК

Specify origin of UCS or [Face/NAmed/OBJect/Previous/View/World/X/Y/Z/ZAxis]  
<World>: – задать ключ



World – переход к мировой системе координат.



UCS Previous – восстановление предыдущей ПСК. При этом сохраняется десять последних определенных ПСК.



Face UCS – определение пользовательской системы координат путем простого указания на грань.



Object – выравнивание системы координат по существующему объекту.



View – выравнивание системы координат в направлении текущего вида, то есть определение новой системы координат с плоскостью XY, перпендикулярной направлению вида (иначе говоря, параллельно экрану).



Origin – размещение ПСК в начале координат.



Z Axis Vector – определение нового положительного направления оси.



3 Point – определение нового начала координат и направления осей X и Y по трем точкам.



X – поворот системы координат вокруг оси X.



Y – поворот системы координат вокруг оси Y.



Z – поворот системы координат вокруг оси Z.



Apply – применение текущей ПСК к выбранному видовому экрану.

Управление системами координат осуществляется с помощью команды **DDUCS**, вызываемой из падающего меню Tools > Named UCS... или щелчком на пиктограмме Named UCS... на панели инструментов UCSII. На вкладке Named UCSS диалогового окна UCS можно присвоить любой пользовательской системе координат уникальное имя.

В дальнейшем, открыв вкладку именованных ПСК Named UCSS диалогового окна UCS, можно по ранее заданному имени восстановить пользовательскую систему координат. На рис. 5 показана вкладка Named UCSS этого окна с ранее созданными пользовательскими системами координат. Чтобы сделать систему координат текущей, необходимо навести указатель мыши на ее имя и щелкнуть на кнопке Set Current.

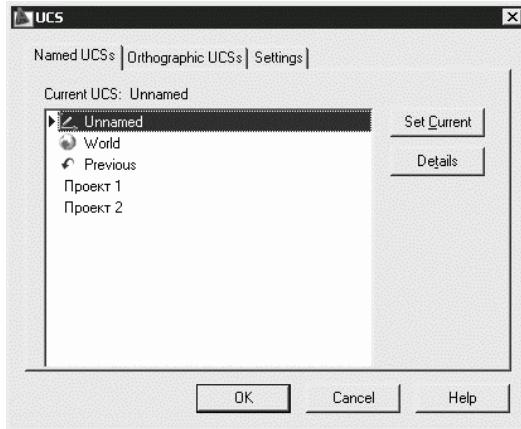


Рис. 5. Диалоговое окно управления именованными ПСК

Чтобы добавить новую пользовательскую систему координат, необходимо присвоить текущей ПСК со стандартным именем **Unnamed** уникальное название. Для этого достаточно щелкнуть на имени текущей ПСК и набрать новое с клавиатуры в появившемся поле. Другие стандартные названия – **World** и **Previous** – зарезервированы для мировой системы координат и для той, которая использовалась перед текущей. Именованные пользовательские системы координат применяются в случаях, когда установленная ПСК, с которой неоднократно придется работать в дальнейшем, не совпадает со стандартной. Если пользовательские системы координат были определены как именованные, их легко восстановить в диалоговом окне UCS на вкладке **Named UCSSs**.

Для удаления пользовательской системы необходимо навести на ее имя указатель мыши и нажать клавишу **Delete**.

#### **Работа с ПСК на видовых экранах**

На видовые экраны выводятся различные виды модели. Например, иногда требуется создать четыре видовых экрана для показа модели сверху, справа, слева и снизу. Чтобы повысить удобство работы, для каждого видового экрана можно задать и сохранить отдельную ПСК. В этом случае при переключении между видовыми экранами не происходит потери информации о ПСК каждого из них.

Вкладка **Settings** диалогового окна UCS позволяет устанавливать различные режимы отображения пиктограммы ПСК. Причем параметры отображения можно задавать либо отдельно для текущего видового экрана, либо сразу для всех активных видовых экранов текущего рисунка. Здесь же можно указать, следует ли сохранять систему координат вместе с видовым экраном, а кроме того, нужно ли на видовом экране всегда показывать вид модели в плане.

#### **Выбор стандартной пользовательской системы координат**

Ориентацию текущей ПСК в зависимости от мировой системы координат, предыдущей ПСК или ПСК, установленной для текущего вида, можно изменить в диалоговом окне UCS, на вкладке **Orthographic UCSSs**, показанной на рис. 6. При этом достаточно выбрать объект и выполнить команду **DDUCSP**, вызываемую из падающего меню **Tools > Named UCS....**

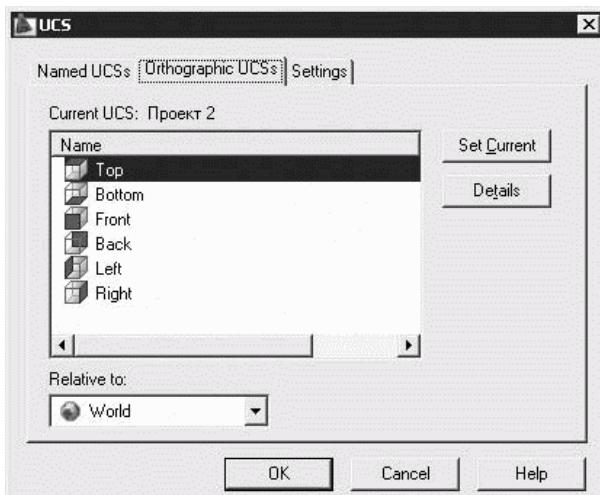


Рис. 6. Диалоговое окно стандартных ПСК

С помощью данной команды можно определить новую пользовательскую систему координат по отношению либо к мировой, либо к текущей, выбрав соответствующий слайд в диалоговом окне. Команду DDUCSP используют в основном для переноса пользовательской системы координат из одной ортогональной проекции в другую.

В AutoCAD имеются шесть стандартных ортогональных ПСК: верхняя, нижняя, передняя, задняя, левая и правая. По умолчанию параметры ортогональных ПСК рассчитываются относительно МСК.

Стандартной системой координат удобно пользоваться при переходе от одной ортогональной проекции трехмерного объекта к другой. Обычно эти проекции располагаются в соседних окнах, и признаком правильной установки ПСК считается отображение в нужном окне правильной пиктограммы системы координат (ось X направлена вправо, ось Y – вверх). Так как набор стандартных систем координат ограничен, оптимальным является табличный способ их определения.

#### **1.14 Лабораторная работа №14 (2 часа).**

**Тема:** «Команды редактирования 3D объектов. Команды редактирования тела».

**1.14.1 Цель работы:** Научиться пользоваться командами редактирования 3D объектами и тела

##### **1.14.2 Задачи работы:**

1. Изучить команды редактирования 3D объектов и тела

##### **1.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер

##### **1.14.4 Описание (ход) работы:**

###### **Редактирование трехмерных объектов**

Команды редактирования в двумерном пространстве, например команды переноса MOVE, копирования COPY, поворота ROTATE, зеркального отображения MIRROR и размножения массивом ARRAY, могут использоваться и в трехмерном пространстве. Кроме того, существуют команды редактирования, применяемые только в трехмерном

пространстве, как-то: команды поворота, создания массива объектов, зеркального отображения, снятия фаски, скругления.

Команды редактирования трехмерных объектов запускаются из падающего меню Modify > 3D Operations или с плавающей панели инструментов Modeling (рис. 1).

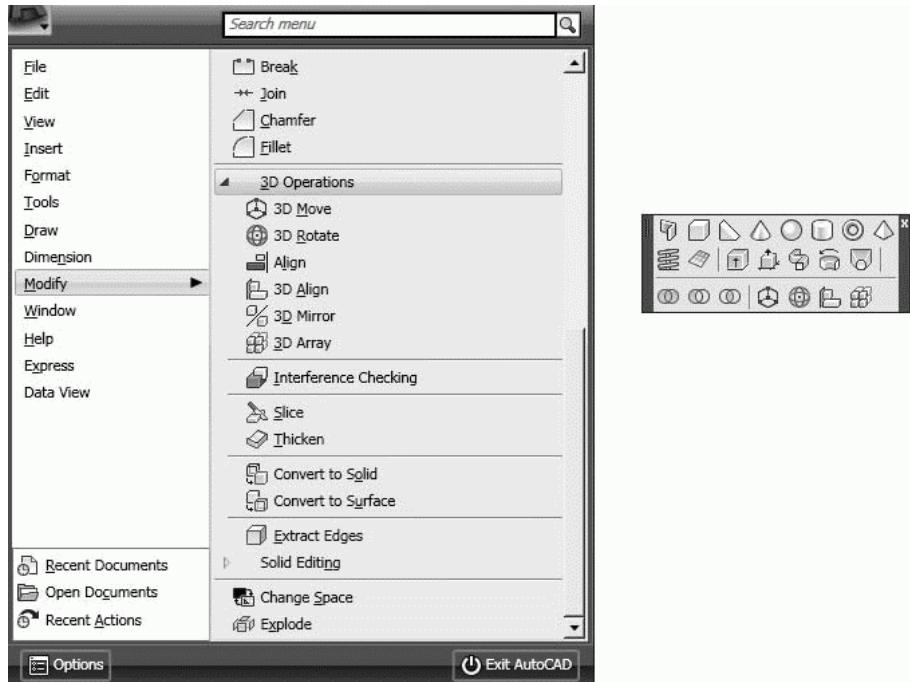


Рис. 1. Инструменты для редактирования трехмерных объектов

## Перенос



Команда **3DMOVE** *перемещает* объекты на указанное расстояние в заданном направлении, при этом отображает инструмент ручки перемещения в трехмерном виде. Вызывается команда из падающего меню Modify > 3D Operations > 3D Move или щелчком на пиктограмме 3D Move на панели инструментов Modeling.

Запросы команды 3DMOVE:

Select objects: – выбрать объекты для переноса

Select objects: – нажать клавишу Enter для завершения выбора объектов

Specify base point or [Displacement] <Displacement>: – указать базовую точку

Specify second point or <use first point as displacement>: – указать вторую точку или считать перемещением первую точку

Инструмент ручки перемещения отображается в заданной базовой точке. Для ограничения движения перемещением по осям необходимо нажать ручку оси.

## Поворот вокруг оси

В двумерном пространстве команда ROTATE производит поворот объекта вокруг указанной точки; при этом направление поворота определяется текущей ПСК. При работе в трехмерном пространстве объект поворачивается вокруг оси. Ось может определяться указанием двух точек, объекта, одной из осей координат (*X*, *Y* или *Z*) или текущего направления взгляда. Для поворота трехмерных объектов можно использовать как команду ROTATE, так и ее трехмерный аналог.



Команда **3D ROTATE** *вращает* объекты вокруг базовой точки, при этом на трехмерном виде отображает ручку поворота. Вызывается команда из падающего меню Modify > 3D Operations > 3D Rotate или щелчком на пиктограмме 3D Rotate на панели инструментов Modeling.

Запросы команды 3DROTATE:

Current positive angle in UCS: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0 – текущие установки отсчета углов в ПСК

Select objects: – выбрать объекты для поворота

Select objects: – нажать клавишу Enter для окончания выбора объектов

Specify base point: – указать базовую точку

Pick a rotation axis: – указать ось вращения

Specify angle start point: – указать точку на первом луче угла

Specify angle end point: – указать точку на втором луче угла

Команда **ROTATE3D** осуществляет *поворот* объектов в трехмерном пространстве вокруг заданной оси.

Запросы команды ROTATE3D:

Current positive angle: ANGDIR=counterclockwise ANGBASE=0 – текущие установки отсчета углов

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу Enter для окончания выбора объектов

Specify first point on axis or define axis by [Object/Last/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis/2points]: – указать первую точку оси

Specify second point on axis: – указать вторую точку оси

Specify rotation angle or [Reference]: – указать угол поворота

Ключи команды ROTATE3D:

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

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

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

- Xaxis, Yaxis, Zaxis – поворот вокруг оси, выровненной соответственно вдоль направления оси X, Y или Z и проходящей через заданную точку;

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

## Выравнивание объектов



Команда **ALIGN** осуществляет *выравнивание* объектов относительно других объектов в двумерном и трехмерном пространстве. Вызывается команда из падающего меню Modify > 3D Operations > Align.

Запросы команды ALIGN:

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу Enter для окончания выбора объектов

Specify first source point: – указать первую исходную точку

Specify first destination point: – указать первую целевую точку

Specify second source point: – указать вторую исходную точку

Specify second destination point: – указать вторую целевую точку

Specify third source point or <continue>: – указать третью исходную точку или продолжить

Specify third destination point or [eXit] <X>: – указать третью целевую точку

При указании только одной пары исходных и целевых точек выбранные объекты перемещаются на плоскости или в пространстве на расстояние, заданное точками.

При указании двух пар исходных и целевых точек выбранные объекты могут быть перемещены, повернуты и масштабированы на плоскости или в пространстве. Первая пара точек задает базовую точку выравнивания, вторая пара точек – описывает угол поворота. После ввода второй пары точек отображается запрос о масштабировании объекта. В качестве опорной длины для масштабирования берется расстояние между первой и второй це-

левыми точками. Масштабирование доступно только при выравнивании с помощью двух пар точек.

При указании трех пар исходных и целевых точек выбранные объекты могут быть перемещены и повернуты в пространстве. Вначале объекты перемещаются вдоль вектора, проведенного из исходной точки к целевой, затем исходный объект поворачивается, выравниваясь с целевым объектом. Далее исходный объект поворачивается еще раз, выравниваясь с целевым объектом.



Команда **3D ALIGN** осуществляет *выравнивание* объектов относительно других объектов в трехмерном пространстве. Вызывается команда из падающего меню **Modify > 3D Operations > 3D Align** или щелчком на пиктограмме 3D Align на панели инструментов **Modeling**.

Запросы команды 3DALIGN:

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу Enter для окончания выбора объектов

Specify source plane and orientation ... – исходная плоскость и ориентация

Specify base point or [Copy]: – указать базовую точку или копировать

Specify second point or [Continue] <C>: – указать вторую точку или продолжить

Specify third point or [Continue] <C>: – указать третью точку или продолжить

Specify destination plane and orientation ... – целевая плоскость и ориентация

Specify first destination point: – указать первую целевую точку

Specify second destination point or [eXit] <X>: – указать вторую целевую точку

Specify third destination point or [eXit] <X>: – указать третью целевую точку

Для исходного объекта можно указать одну, две или три точки. Затем можно указать одну, две или три точки для места назначения. Выбранный объект перемещается и поворачивается так, что совпадают базовые точки и оси X и Y исходного объекта и места назначения выравниваются в трехмерном пространстве. Команда 3DALIGN работает с динамической ПСК, так что можно динамически перетаскивать выбранные объекты и выравнивать их с гранью твердотельного объекта.

**Зеркальное отображение относительно плоскости**



Команда **MIRROR3D**, осуществляющая *зеркальное отображение* объектов относительно заданной плоскости, вызывается из падающего меню **Modify > 3D Operations > 3D Mirror**.

Запросы команды MIRROR3D:

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу Enter для окончания выбора объектов

Specify first point of mirror plane (3 points) or [Object/Last/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: – указать первую точку плоскости отражения

Specify second point on mirror plane: – указать вторую точку плоскости отражения

Specify third point on mirror plane: – указать третью точку плоскости отражения

Delete source objects? [Yes/No] <N>: – удалять ли исходные объекты

Ключи команды MIRROR3D:

- **Object** – отображение относительно выбранного плоского объекта: отрезка, окружности, дуги или сегмента двумерной полилинии;

- **Last** – отображение относительно плоскости, использовавшейся в предыдущей команде отображения;

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

- **View** – плоскость отражения ориентируется согласно плоскости взгляда текущего видового экрана, проходящей через указанную точку;

- XY, YZ, ZX – плоскость отражения ориентируется вдоль одной из стандартных плоскостей (XY, YZ или ZX), проходящей через указанную точку;
- 3points – отображение относительно плоскости, проходящей через три заданные точки.

Плоскость отображения может представлять собой:

- плоскость построения двумерного объекта;
- плоскость, параллельную одной из плоскостей координат (XY, YZ или XZ) текущей ПСК и проходящую через заданную точку;
- плоскость, определяемую тремя указанными точками.

### **Размножение трехмерным массивом**



Команда **3D ARRAY** позволяет создавать прямоугольный и круговой *массивы* объектов в трехмерном пространстве. Отличие от аналогичной команды, применяемой в двумерном моделировании, состоит в том, что при создании прямоугольного массива объектов кроме количества столбцов и строк запрашивается (задается вдоль направления оси Z) количество уровней, а при создании кругового массива вместо центра вращения используется ось вращения, начальная и конечная точки которой следует указать в ответ на запросы. Команда 3D ARRAY вызывается из падающего меню *Modify > 3D Operations > 3D Array*.

Запросы команды 3D ARRAY:

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу Enter для окончания выбора объектов

Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: – указать тип массива

Enter the number of rows (–) <1>: – указать число рядов

Enter the number of columns (|||) <1>: – указать число столбцов

Enter the number of levels (... ) <1>: – указать число уровней

Specify the distance between rows (–): – указать расстояние между рядами

Specify the distance between columns (|||): – указать расстояние между столбцами

Specify the distance between levels (... ): – указать расстояние между уровнями

Для формирования кругового массива следует выбрать ключ Polar. При этом команда выдает следующие запросы:

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу Enter для окончания выбора объектов

Enter the type of array [Rectangular/Polar] <R>: R – выбрать круговой тип массива

Enter the number of items in the array: – указать количество элементов в массиве

Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw) <360>: – указать угол заполнения

Rotate arrayed objects? [Yes/No] <Y>: – указать, поворачивать ли объекты массива

Specify center point of array: – указать центральную точку массива

Specify second point on axis of rotation: – указать вторую точку оси поворота

### **Обрезка и удлинение трехмерных объектов**

Любой трехмерный объект можно обрезать либо удлинить до другого объекта независимо от того, лежат ли они оба в одной плоскости и каким кромкам параллельны: резущим или граничным.

Чтобы данные операции были выполнены успешно, объекты должны пересекаться с граничными кромками в пространстве, иначе в результате обрезки (удлинения) с проецированием на плоскость XY текущей ПСК новые границы объектов могут не соответствовать указанным кромкам в пространстве.

При вызове команд TRIM и EXTEND, первая из которых выполняет обрезку части объекта по заданной границе, а вторая осуществляет вытягивание до границы в трехмерном пространстве, используется ключ Project, который определяет режим отсечения/вытягивания.

### **Сопряжение трехмерных объектов**

В AutoCAD можно сопрягать любые объекты, расположенные в одной плоскости и имеющие направления выдавливания, не параллельные оси Z текущей ПСК.

Направление выдавливания сопрягающей трехмерной дуги определяется следующим образом:

- если объекты расположены в одной плоскости и имеют одно направление выдавливания, перпендикулярное ей, сопрягающая дуга лежит в той же плоскости и имеет то же направление выдавливания;

- если объекты расположены в одной плоскости, но имеют противоположные или вообще различные направления выдавливания, сопрягающая дуга располагается в этой же плоскости. Направление ее выдавливания перпендикулярно плоскости построения объектов; из двух перпендикуляров выбирается ближайший к оси Z текущей ПСК.

Предположим, например, что в одной плоскости трехмерного пространства находятся две дуги – А и В. Векторы направления выдавливания дуг противоположны: (0, 0.5, 0.8) и (0, -0.5, -0.8) относительно текущей ПСК. Тогда для сопрягающей дуги будет принято направление выдавливания (0, 0.5, 0.8).

### Построение сечений

Команда **SECTION** осуществляет построение поперечного *сечения* тела в виде области или неименованного блока. Поперечное сечение – это пересечение плоскости и выбранного тела (рис. 2).

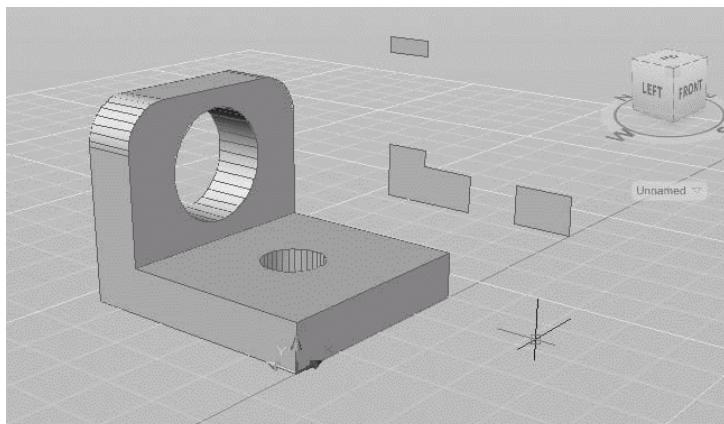


Рис. 2. Построение сечения

Запросы команды SECTION:

Select objects: – выбрать объекты

Select objects: – нажать клавишу Enter для завершения выбора объектов

Specify first point on Section plane by [Object/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: – указать первую точку на секущей плоскости или один из ключей

Specify second point on plane: – указать вторую точку на плоскости

Specify third point on plane: – указать третью точку на плоскости

Ключи команды SECTION:

- Object – выравнивание секущей плоскости с сегментом круга, эллипса, круговой или эллиптической дуги, двумерного сплайна или двумерной полилинии;

- Zaxis – определение секущей плоскости посредством задания двух точек этой плоскости, одна из которых расположена на оси Z;

- View – проводит секущую плоскость параллельно плоскости вида на текущем видовом экране. Расположение секущей плоскости определяется указанной точкой;

- XY – выравнивание секущей плоскости с плоскостью XY текущей ПСК;

- YZ – выравнивание секущей плоскости параллельно плоскости YZ текущей ПСК;

- ZX – выравнивание секущей плоскости параллельно плоскости ZX текущей ПСК;

- 3points – задание секущей плоскости по трем точкам.

По умолчанию секущая плоскость задается путем указания трех точек. При использовании других методов она определяется плоскостью построения другого объекта, плоскостью текущего вида, осью Z или одной из плоскостей координат (XY, YZ или XZ). AutoCAD помещает секущую плоскость на текущий слой.

Поперечное сечение представляет собой область или неименованный блок, формируемые на текущем слое, а не на слое, где находится объемное тело, поперечное сечение которого создается.

### Получение разрезов



Команда **SLICE** осуществляет построение нового тела путем *разрезания* какого-либо существующего тела плоскостью (рис. 3). Команда вызывается из падающего меню **Modify > 3D Operations > Slice**.

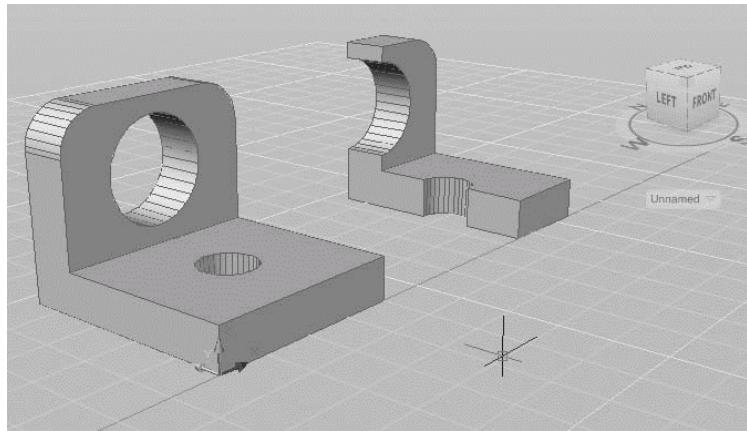


Рис. 3. Формирование разреза

**Запросы команды SLICE:**

Select objects to slice: – выбрать объекты

Select objects to slice: – нажать клавишу Enter для завершения выбора объектов

Specify start point of slicing plane or [planar Object/Surface/Zaxis/View/XY/YZ/ZX/3points] <3points>: – указать первую точку на режущей плоскости

Specify second point on plane: – указать вторую точку на плоскости

Specify a point on desired side or [keep Both sides] <Both>: – указать точку с нужной стороны от плоскости

Полученные части можно оставить на рисунке или же удалить одну из них. Разрезанные тела наследуют слой и цвет исходного тела, но являются новыми составными телами. При разрезании по умолчанию тремя точками задается режущая плоскость, а затем указывается, какая часть (или обе) должна быть сохранена. При использовании других способов режущая плоскость может определяться другим объектом, плоскостью текущего вида, осью Z или одной из координатных плоскостей (XY, YZ или XZ).

**Ключи команды SLICE:**

- **Object** – задает плоскость с помощью выбранного плоского объекта: отрезка, окружности, дуги, эллипса, эллиптической дуги, двумерного сплайна или сегмента двумерной полилинии;

- **Zaxis** – задает плоскость двумя точками, первая из которых лежит на ней, а вторая определяет вектор нормали к плоскости;

- **View** – задает плоскость, выровненную с плоскостью вида текущего видового экрана и проходящую через заданную точку;

- XY, YZ, ZX – задают плоскость, выровненную соответственно с плоскостью XY, YZ или ZX и проходящую через заданную точку;
- 3points – определяет плоскость, проходящую через три заданные точки;
- keep Both sides – оставляет обе части разрезанного тела.

### **Преобразование в тело**



Команда **CONVTOSOLID** преобразует в трехмерные тела полилинии и окружности, для которых задана высота. Команда вызывается из падающего меню Modify > 3D Operations > Convert to Solid.

В выдавленные трехмерные тела можно преобразовать следующие объекты:

- полилинии с равномерной шириной, имеющие высоту;
- замкнутые полилинии с нулевой шириной, имеющие высоту;
- окружности, имеющие высоту.

### **Преобразование в поверхность**



Команда **CONVTOSURFACE** преобразует объекты в поверхности. Команда вызывается из падающего меню Modify > 3D Operations > Convert to Surface.

В поверхности можно преобразовать следующие объекты:

- двумерные фигуры;
- области;
- разомкнутые полилинии с нулевой шириной, имеющие высоту;
- отрезки, имеющие высоту;
- дуги, имеющие высоту;
- плоские трехмерные грани.

## **1.15 Лабораторная работа №15 (2 часа).**

**Тема:** «Прикладные библиотеки AutoCAD».

**1.15.1 Цель работы:** Научиться пользоваться прикладными библиотеками AutoCAD

### **1.15.2 Задачи работы:**

1. Изучить прикладные библиотеки AutoCAD

### **1.15.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер

### **1.15.4 Описание (ход) работы:**

1. Выполнить команду Построение модели, в результате чего на экране появится диалоговое окно, разделенное на две части: в верхней будет отображаться процесс построения внешних ступеней тела вращения, в нижней – внутренних ступеней (то есть полостей). Нажмите кнопку Новая модель

2. Нажмите кнопку Простые ступени на панели инструментов в левой части главного окна библиотеки. Возле кнопки раскроется меню со списком возможных вариантов построения ступеней. Выберите пункт Цилиндрическая ступень.

3. Появится окно с параметрами цилиндрической ступени, в котором кроме длины и диаметра ступени можно задать параметры различных конструктивных элементов на краях ступени (фаски или галтели). Установите длину и диаметр ступени, задайте фаску с катетом и углом, галтели. Нажмите кнопку OK, чтобы построить ступень

4. Самостоятельно постройте еще несколько ступеней вала, произвольно выбирая их размеры.

5. С помощью команд группы меню Дополнительные элементы ступеней добавьте на различные ступени те или иные конструктивные элементы. Порядок добавления следующий:

1) выделите в дереве модели (в окне библиотеки) нужную ступень;

- 2) выполните команду библиотеки (например, Дополнительные элементы ступеней → Канавки → Канавка под стопорное кольцо или Дополнительные элементы ступеней → Шпоночные пазы → Под призматическую шпонку ГОСТ 23360—78);
  - 3) в появившемся окне настройте параметры конструктивного элемента;
  - 4) создайте элемент.
6. По построенному чертежу тела вращения создать трехмерную модель. Для этого предназначена специальная команда Дополнительные построения → Генерация твердотельной модели

## **1.16 Лабораторная работа №16 (2 часа).**

Тема: «Построение трехмерной модели одноступенчатого цилиндрического редуктора».

**1.16.1 Цель работы:** Научиться строить трехмерную модель одноступенчатого цилиндрического редуктора

### **1.16.2 Задачи работы:**

1. Построить трехмерную модель одноступенчатого цилиндрического редуктора

### **1.16.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Персональный компьютер

### **1.16.4 Описание (ход) работы:**

Для начала несколько слов о том, что мы будем чертить. *Редуктор* – это машиностроительный механизм, предназначенный для согласования рабочих параметров электродвигателя и рабочего органа машины (насоса, конвейера, лебедки и т. п.). Рабочие параметры – это вращательный момент и частота вращения вала. В редукторе, как правило, идет понижение частоты вращения и, соответственно, повышение величины передаваемого момента (в противном случае это уже будет не редуктор, а мультипликатор). Необходимость согласования параметров возникла из-за того, что асинхронные электродвигатели имеют строго определенную частоту вращения и выдаваемую мощность, а на входном валу рабочего агрегата силовые параметры определяются требованиями пользователей (например, количество воды, подаваемой насосом, задает частоту вращения его вала) или условиями работы агрегата (например, скоростью подъема груза). По этой причине параметры двигателя почти никогда не совпадают с теми, которые необходимы в реальном производстве. Трансформация рабочих параметров осуществляется при помощи механических передач зацепления. В редукторах используются преимущественно зубчатые цилиндрические, зубчатые конические или червячные механические передачи. Возможно комбинирование нескольких передач (одного или разных типов) в одном редукторе, например редуктор цилиндрическо-червячный или коническо-цилиндрический. Если в редукторе идет понижение силовых параметров с применением одной механической передачи, то он называется одноступенчатым (рис. 2.79), если с использованием двух последовательно размещенных передач – двухступенчатым, если трех – трехступенчатым.



Рис. 2.79. Одноступенчатый цилиндрический шевронный редуктор (корпус в разрезе)  
Исходные данные

Допустим, нужно спроектировать редуктор исходя из таких данных:

- тип редуктора – цилиндрический одноступенчатый косозубый;
- вращающий момент на рабочем валу машины (на выходном валу редуктора) – 1200 Н·м;
- необходимая частота вращения вала – 15 рад/с;
- режим загруженности агрегата – средний.

Дополнительные данные, которые были учтены во время проектирования (согласно рекомендациям стандартов или другой технической литературы), включают:

- коэффициент полезного действия цилиндрического косозубого зацепления – 0,97;
- передаточное число редуктора  $i$  – 3, 55;
- коэффициент ширины зубчатого венца  $\gamma_{ba}$  – 0,6;
- число зубьев шестерни  $z_w$  – 20 шт.;
- угол наклона линии зуба  $\gamma$  – 15°;
- материал шестерни – сталь 40, нормализация;
- материал колеса – сталь 50, нормализация.

В результате проектных расчетов были получены такие характеристики проектируемого агрегата:

- вращающий момент на входном (ведущем) валу редуктора – 352 Н·м;
- угловая скорость ведущего вала – 53, 25 рад/с;
- число зубьев колеса  $z_k$  – 71 шт.;
- стандартный нормальный модуль зубьев  $m$  – 5, 5 мм;
- межосевое расстояние передачи  $a$  – 259 мм;
- делительный диаметр колеса  $d_k$  – 404 мм;
- делительный диаметр шестерни  $d_w$  – 104 мм;
- ширина колеса  $b_k$  – 155 мм.

Все параметры, вычисленные при проектировании, подтверждены проверочными расчетами.

Результат расчета валов дал следующие значения (рис. 2.80):

- размеры ведущего вала:  $d_{11} = 45$  мм,  $d_{12} = 50$  мм,  $d_{13} = 55$  мм,  $d_{14} = 63$  мм и  $d_{15} = 71$  мм;
- размеры ведомого вала:  $d_{21} = 71$  мм,  $d_{22} = 75$  мм,  $d_{23} = 80$  мм,  $d_{24} = 85$  мм и  $d_{25} = 90$  мм.

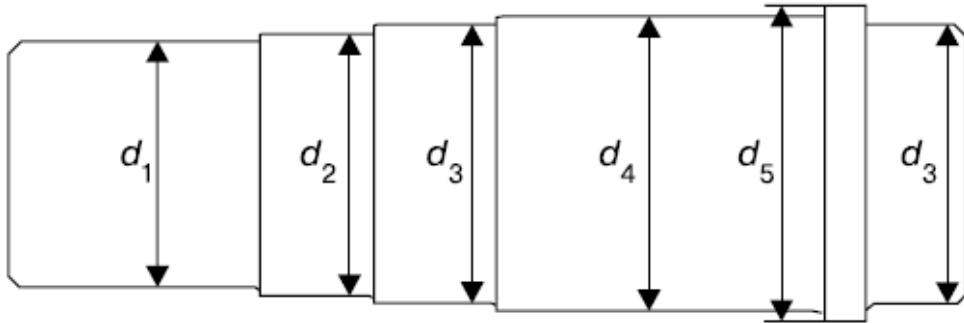


Рис. 2.80. Схема вала редуктора

В принятых индексах диаметров вала первая цифра означает номер вала (1 – ведущий, 2 – ведомый), а вторая – номер участка вала, что отвечает схеме на рис. 2.80 (1 – участок под шкив или колесо, 2 – переходной участок, 3 – диаметр вала под подшипники, 4 – посадочный участок под колесо или шестерню, 5 – диаметр упорного буртика).

Значения диаметров всех участков обоих валов приведены к стандартному ряду Ra40.

Этих данных достаточно для того, чтобы начать построение. В процессе выполнения чертежа отдельные геометрические и компоновочные характеристики будут уточняться, а затем воплощаться на чертеже.

Вид сверху

Построение чертежа цилиндрического редуктора принято начинать с вида сверху. На этом виде редуктор изображается в разрезе, что наиболее полно раскрывает внутреннее строение механизма. Кроме того, затем значительно легче рисовать другие виды (главный вид, вид слева), на которых, как правило, не слишком много вырезов и разрезов.

Создайте новый документ КОМПАС-Чертеж. Измените его формат на А2, а ориентацию оставьте вертикальной (так как на чертеже мы планируем изобразить только два вида: главный и сверху).

Примечание

При построении этого чертежа, как и для всех последующих примеров, предполагается, что система настроена следующим образом: стиль оформления всех чертежей – Чертеж констр. Первый лист. ГОСТ 2.104–2006; все элементы оформления, кроме штампа основной надписи и графы 26, удалены, а сама основная надпись оставлена без изменений. Кроме того, при вводе графических объектов действуют четыре глобальные привязки: Ближайшая точка, Пересечение, Выравнивание и Точка на кривой.

Создайте в документе новый вид (кнопка Создать новый вид на панели Ассоциативные виды или команда меню Вставка > Вид). Настройте параметры вида: имя вида – Вид сверху, масштаб вида – 1:2, точка начала координат – размещена ближе к левому нижнему углу листа (приблизительно так, как показано на рис. 2.81). Расчет масштаба вида основывался на межосевом расстоянии, но даже если вы ошибетесь, самостоятельно создавая чертежи в будущем, не отчаивайтесь. Масштаб, как и другие параметры вида, легко изменить.

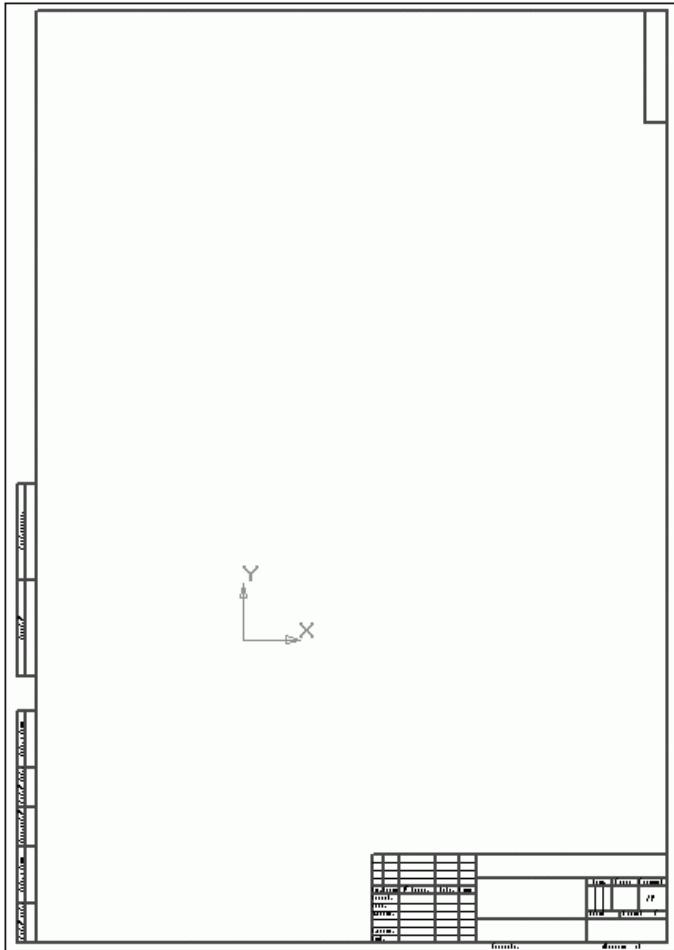


Рис. 2.81. Размещение точки начала координат вида сверху

Чтобы настроить параметры существующего вида, необходимо в дереве построения чертежа выделить нужный вид и вызвать для него команду контекстного меню Параметры вида. При этом на панели свойств отобразятся элементы управления, доступные при создании нового вида на чертеже. Внеся какие-либо изменения, не забудьте нажать кнопку Создать объект. Если вы хотите просто изменить масштаб, можете использовать специальную группу команд Масштаб в контекстном меню (это список стандартных масштабов, представленный как группа меню, из которого вы можете в любой момент выбирать подходящий вам).

Теперь приступим к построению.

Начать следует с нанесения осевых линий – мы будем ориентироваться на них при построении всех деталей редуктора.

Создайте по очереди три осевых: одну горизонтальную (ось симметрии всего изображения вида), проходящую через начало координат, и две вертикальных (первая из них также должна проходить через начало координат, а вторая – удалена от нее на расстояние  $a_2$  (259 мм) вправо по горизонтали). Точно определять длину и положение характерных точек этих линий сейчас нет необходимости. Позже, по мере по мере вычерчивания изображения, можно будет более точно выровнять края осевых.

Создать осевые можно при помощи команды Отрезок, в настройках которой на панели свойств следует выбрать стиль линии Осевая, но лучше воспользоваться кнопкой Осевая линия по двум точкам панели Обозначения. Так будет значительно удобнее выравнивать осевую линию по краям уже сформированного изображения, поскольку характерные точки такой осевой размещены не на концах отрезка, а на некотором расстоянии от края.

При вводе каждой линии привязки еще не будут работать (поскольку пока не к чему привязываться), поэтому для точного размещения необходимо вручную ввести координаты в соответствующие поля панели свойств. Например, для горизонтальной осевой при вводе нужно задать ординату начальной точки равной нулю (абсциссу оставить произвольной, но отрицательной). После этого перейти в окно документа и, равняясь по горизонтали на первую точку, зафиксировать конечную точку (ее абсцисса должна быть положительной). Вы получите горизонтальный отрезок, выполненный стилем Осевая и проходящий через точку начала координат. Аналогично следует поступить для двух вертикальных осевых, обозначающих осевые линии валов редуктора. Для первой необходимо указать абсциссу начальной точки равной нулю, а для второй – равную по величине межосевому расстоянию, то есть 259 мм. У вас должно получиться изображение, похожее на рис. 2.82.

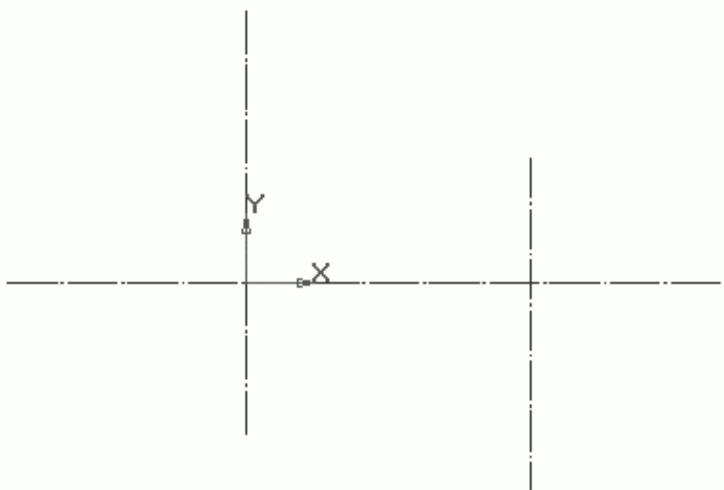


Рис. 2.82. Осевые линии чертежа

Теперь вычертим зубчатое зацепление. Это, наверное, второй по важности момент при проектировании редуктора после компоновки подшипниковых узлов. В КОМПАС это сделать не так уже и сложно.

1. Создайте в виде сверху новый слой с названием Зубчатое колесо. Убедитесь, что слой сделан текущим.
  2. Перейдите на вкладку Геометрия компактной панели и в группе команд построения вспомогательных прямых нажмите кнопку Параллельная прямая На панели свойств в группе кнопок Режим щелкните на кнопке Одна прямая, чтобы перейти в режим построения только одной вспомогательной прямой вместо двух симметричных (что задано по умолчанию).
  3. При помощи этой команды постройте две вспомогательные прямые. Первую – параллельно вертикальной осевой ведомого вала, смещенную вправо на расстояние 202 мм (то есть на величину делительного радиуса зацепления). Вторую – параллельно горизонтальной осевой линии, удаленную от нее на половину ширины колеса ( $b_r/2$ , то есть 77,5 мм). Для построения этих прямых поочередно указывайте базовые прямые и задавайте величину смещения относительно каждой из них в поле Расстояние на панели свойств. Для создания каждой вспомогательной прямой необходимо нажимать кнопку Создать объект на панели специального управления или использовать сочетание клавиш Ctrl+Enter.
  4. Не выходя из команды Параллельная прямая, постройте еще две вспомогательные прямые, параллельные вспомогательной линии, обозначающей делительный радиус зацепления. Эти прямые будут использоваться для рисования пары зубьев, находящихся в зацеплении. Первая из них должна быть смещена вправо от базовой прямой на величину высоты головки зуба (равную модулю зацепления  $m$ , то есть 5,5 мм), вторая – влево, на величину высоты ножки зуба ( $1,25 \cdot m$ ).
- Перед тем как продолжить построение, необходимо определить некоторые дополнительные геометрические параметры зубчатого колеса. Исходя из известных из курса деталей машин и основ конструирования зависимостей, принимаем следующее:
- толщину обода колеса  $t_o = 20$  мм;
  - толщину ступицы  $t_{ct} = 34$  мм (отсюда, учитывая, что диаметр участка вала под колесо равен 85 мм, следует, что диаметр ступицы равняется  $d_{ct} = 153$  мм);
  - ширину ступицы  $l_{ct}$  принимаем равной ширине колеса (это не описано в литературе, но для данного варианта редуктора так будет лучше всего);
  - толщина диска  $c = 54$  мм.
5. Продолжаем работать с командой Параллельная прямая. Постройте еще четыре вспомогательных прямых:
    - 1) одну параллельно осевой ведомого вала, на расстоянии  $d_{24}/2$  (42,5 мм) вправо ( эта линия обозначает контур участка вала под колесо);
    - 2) отталкиваясь от только что построенной вспомогательной прямой, создайте еще одну, смещенную на  $t_{ct}$  (34 мм) вправо;
    - 3) третья прямая должна быть параллельна горизонтальной осевой и выше ее на половину толщины диска –  $c/2$  (27 мм);
    - 4) четвертая прямая должна быть смещена на величину  $t_o$  (20 мм) влево от линии, обозначающей диаметр западин зубьев колеса, то есть от линии, которая лежит левее на  $1,25 \cdot m$  от линии зацепления (см. п. 4).

#### Примечание

Эти же вспомогательные прямые вы могли создать, применяя и другие команды: Горизонтальная прямая, Вертикальная прямая или Вспомогательная прямая. Однако при помощи Параллельная прямая все построение можно выполнить, не выходя из одной команды. К тому же, на мой взгляд, она намного удобнее.

После подготовительных действий все готово к вычерчиванию колеса. Построение изображения будет организовано следующим образом: сначала мы создадим контур одной четверти колеса, после чего зеркально отобразим его.

6. Нажмите кнопку Непрерывный ввод объектов на панели инструментов Геометрия, перейдите в режим ввода отрезка и постройте контур зубчатого колеса, привязываясь к точкам пересечения вспомогательных прямых (рис. 2.83). Линию зацепления обозначьте осевой по двум точкам (кнопка Осевая линия по двум точкам на панели инструментов Обозначения).

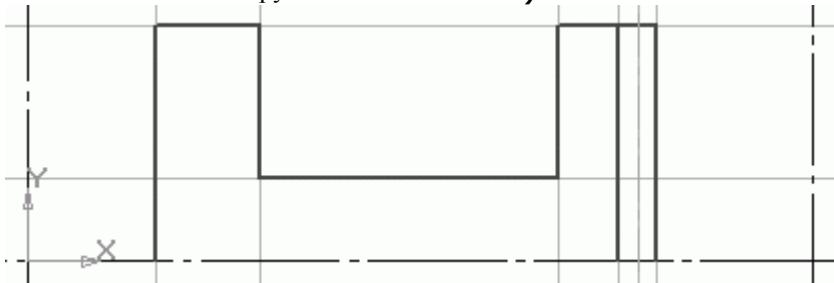


Рис. 2.83. Начало построения контура зубчатого колеса

7. Приблизительно посередине диска, соединяющего ступицу с ободом, обозначьте отверстие в разрезе. Его диаметр и размещение определяются из конструктивных соображений.

8. Удалите все вспомогательные линии из вида (команда меню Редактор > Удалить > Вспомогательные кривые и точки > В текущем виде). При помощи команды Фаска панели инструментов Геометрия создайте три фаски (длиной 2,5 мм и углом 45°) на торцах колеса и, используя команду Скругление этой же панели, выполните два скругления (радиусом 4 мм) в местах пересечения диска с ободом и ступицей. Применив команду Отрезок, добавьте недостающие линии, исходящие из фасок. В результате получилась четверть изображения колеса (рис. 2.84). Этот этап построения содержится в файле Шаг 2.cdw, который находится на прилагаемом компакт-диске в папке Examples\Глава 2\Редактор цилиндрический.

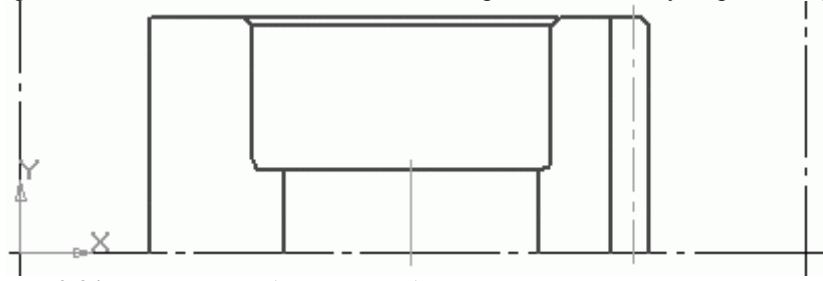


Рис. 2.84. Четверть изображения зубчатого колеса

9. Выделите все изображение слоя, за исключением двух осевых. Для этого выделите все объекты с помощью рамки, а затем, удерживая нажатой клавишу Ctrl, щелкните на осевых, чтобы снять с них выделение. Перейдите на панель Редактирование и нажмите кнопку Симметрия. Отобразите выделенные объекты относительно горизонтальной осевой, указав на ней две произвольных точки. После завершения создания зеркального изображения отредактируйте положение конечных точек осевой отверстия в диске и осевой, обозначающей линию зацепления.

10. Нажмите кнопку Штриховка на панели Геометрия. Проверьте, чтобы был выбран стиль штриховки – Металл, а угол – 45°. Остальные настройки оставьте заданными по умолчанию. Щелкните кнопкой мыши в любой точке в середине контура ступицы, а затем – в любой точке обода. На изображении чертежа должно появиться фантомное отображение штриховки. Нажмите кнопку Создать объект.

#### Примечание

Если система отказывается создавать штриховку, значит, в контуре колеса где-то есть разрыв. Можете потратить время и попытаться отыскать его, увеличивая масштаб представления до астрономического, а можете просто вручную указать границы штриховки, нажав кнопку Ручное рисование границ.

11. Половина изображения зубчатого колеса готова (рис. 2.85). Выделите все объекты в слое и зеркально отобразите их (при помощи команды Симметрия), только теперь относительно вертикальной осевой, проходящей через начало координат.

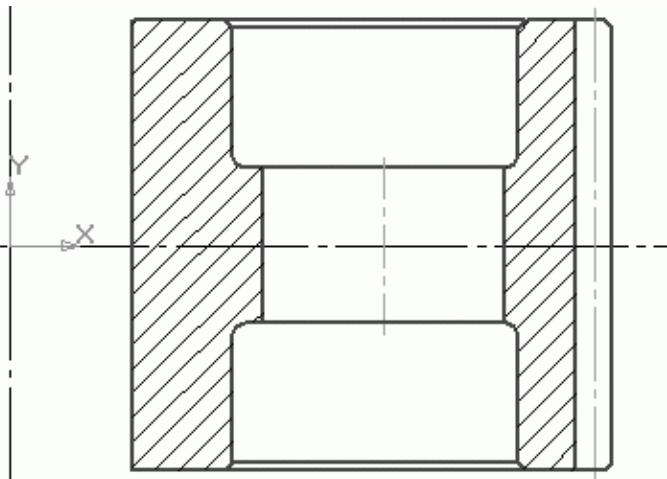


Рис. 2.85. Половина изображения зубчатого колеса

Следующим нашим шагом в построении чертежа редуктора будет создание зубчатой шестерни. Эта операция во многом напоминает выполнение чертежа колеса.

1. Создайте новый слой в текущем виде. Назовите его Зубчатая шестерня и сделайте текущим.
2. Используя команду Параллельная прямая панели Геометрия, постройте в новом слое такие вспомогательные линии:
  - 1) две прямые, которые параллельны линии зацепления: одну, смещенную на величину высоты головки зуба влево, а вторую – на высоту ножки вправо (это будет зуб шестерни);
  - 2) прямую, параллельную горизонтальной осевой, смещенной относительно нее на половину ширины шестерни. Ширина шестерни на 3–5 мм больше ширины колеса, поэтому примем для нашего редуктора  $b_{ш} = 160$  мм.
3. Нажав кнопку Непрерывный ввод объектов, создайте контур четверти изображения шестерни, привязываясь к точкам пересечения вспомогательных линий. Удалите вспомогательную геометрию с чертежа и создайте фаску (инструмент Фаска на панели Геометрия) с катетом 2,5 мм и углом 45° на торце шестерни.
4. Выделите все изображение на слое и при инструменте Симметрия панели Редактирование отобразите его относительно горизонтальной осевой.
- Дальнейший процесс построения шестерни будет немного отличаться от создания колеса. Дело в том, что шестерни редко показывают в разрезе. Как правило, на ее изображения наносят линии, обозначающие угол наклона зубьев (напомню, что мы создаем косозубый редуктор).
5. Выделите все изображение за исключением линий, обозначающей впадины зубьев шестерни, и симметрично отобразите его относительно осевой линии ведущего вала. Постройте также осевую линию, обозначающую делительный диаметр шестерни справа от осевой.
6. Нажмите кнопку Кривая Безье на панели инструментов Геометрия. На панели свойств выберите стиль линии Для линии обрыва и создайте произвольную кривую по всей ширине шестерни, отсекая изображение зуба шестерни, который будет показан в зацеплении. Поместите штриховку (со стилем Металл и углом наклона  $-45^\circ$ ) в созданной замкнутой области. Вы получите изображение выреза зуба шестерни (рис. 2.86).

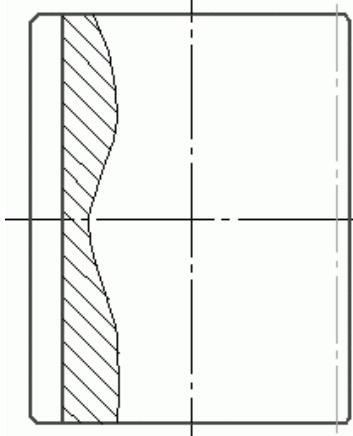


Рис. 2.86. Полученная зубчатая шестерня (слой с изображением зубчатого колеса погашен)

7. Нанесем косые линии, отображающие угол наклона зубьев шестерни и колеса. Сначала постройте вспомогательную прямую под углом 75° к горизонтали, пересекающую изображение шестерни в любом месте справа от осевой. Для этого подходит команда Вспомогательная прямая панели Геометрия. Укажите любую точку так, чтобы прямая пересекала шестерню, а потом вручную задайте значение угла. Далее, при помощи одноименной команды создайте отрезок, привязав его конечную и начальную точки к пересечениям построенной вспомогательной прямой и боковых поверхностей шестерни. Перед вводом отрезка не забудьте изменить

нить стиль линии на Основная (после ввода кривой Безье в списке остался выбран стиль Для линии обрыва). Удалите вспомогательную прямую и выделите отрезок. Перейдите на панель Редактирование компактной панели и щелкните на кнопке Копия по кривой. Создайте три копии наклонного отрезка, равноудаленных одна от другой по горизонтали на 10 мм (в качестве направляющей для копирования можете указать отрезок, который изображает боковую поверхность шестерни).

8. Зубья на чертеже изображаются в зацеплении, и когда один зуб (например, колеса) сверху, то он закрывает зуб шестерни. По этой причине часть зуба шестерни, которая перекрывается колесом, нужно изобразить пунктирной линией, обозначая, что она невидима. На нашем чертеже это как раз вертикальный отрезок между двумя фасками (точнее, два отрезка, так как второй мы получили копированием). Щелкните на них дважды и в появившемся списке стилей линий на панели свойств выберите пунктирную. Для завершения редактирования нажмите кнопку Создать объект. Кроме того, добавьте два отрезка, обозначающих фаску в видимой (не разрезанной) части шестерни.

Еще один этап построения окончен: зубчатое косозубое зацепление готово (рис. 2.87).

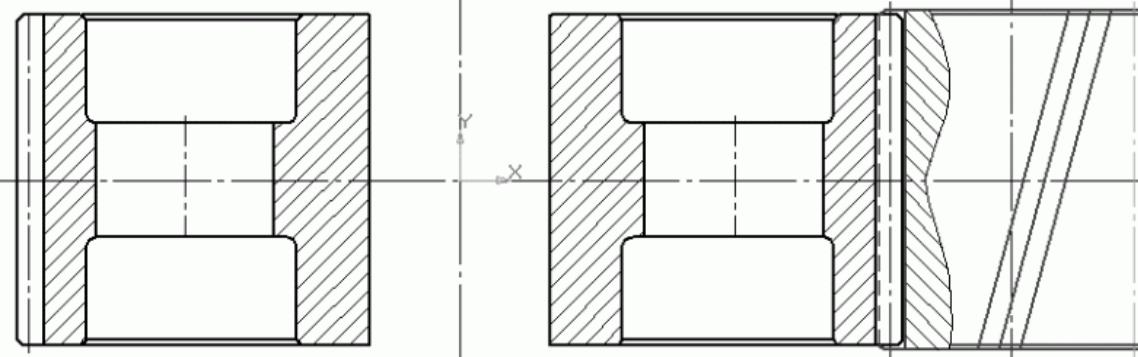


Рис. 2.87. Зубчатое косозубое зацепление

После формирования зубчатого зацепления в редукторе следует приступить к компоновке его подшипниковых узлов. Однако перед этим желательно вычертить контур внутренней стенки корпуса редуктора. Расстояние от внутренней стенки корпуса редуктора до торца вращающейся детали примем равным  $(1,0\dots1,2)\cdot?_k$ , где  $?_k$  – толщина стенки корпуса редуктора. В нашем случае  $?_k = 8$  мм (значение определено по результатам расчета корпуса на прочность), поэтому принимаем минимальный зазор между шестерней и корпусом равным 8 мм.

Для создания контура стенки редуктора выполните следующее.

1. Вставьте еще один слой с названием Корпус и сделайте его текущим.
2. Постройте четыре вспомогательных прямых, используя команду Параллельная прямая. Три из четырех прямых (сверху, снизу и слева) должны быть построены на расстоянии 8 мм от торца вращающейся детали (сверху и снизу – это боковая поверхность шестерни, поскольку она шире колеса, слева – торец зубчатого колеса). Последняя прямая (левая внутренняя стенка редуктора) должна быть удалена вправо от торца шестерни на расстояние намного большее, чем 8 мм. В нашем случае – целых 45 мм. Это связано с тем, что крышка быстроходного подшипника, как правило, больше внешнего диаметра шестерни, что важно учитывать при определении зазора между корпусом и шестерней. Кроме того, в корпусе по бокам от крышки подшипника будут размещаться бобышки под крепежные болты. Все это существенно влияет на конфигурацию корпусных деталей редуктора. Однозначных рекомендаций по определению этого зазора нет, он зависит от типоразмера подшипников быстроходного вала, выбранного типа крышки (на винтах или врезные), а также от размеров бобышек. Если вы впервые проектируете редуктор, можете не обращать внимания на эти параметры. Впоследствии, при детальной проработке главного вида (в частности, крышки редуктора) этот размер можно будет легко откорректировать. КОМПАС-График предлагает для этого удачные средства. Сейчас же (можете поверить мне на слово) величина зазора именно такая, как нужно.

3. При помощи инструмента Прямоугольник постройте контур внутренней стенки корпуса, по очереди указав две противоположные вершины прямоугольника (на пересечении вспомогательных прямых).

4. Нажмите кнопку Скругление на углах объекта, которая находится в той же группе, что и Скругление на панели Геометрия. В группе кнопок Режим на панели свойств нажмите кнопку На всех углах контура, что позволит сразу выполнить скругления на всех углах указанного контура. Щелкните кнопкой мыши на созданном прямоугольнике (напомню, что команда Прямоугольник создает единый объект – замкнутый контур, а не группу отрезков), после чего завершите выполнение команды. Радиус скруглений определяется конструктивно, примем его равным 10 мм.

5. Удалите всю вспомогательную геометрию из слоя.

Приступим к компоновке подшипниковых узлов. В результате расчета были выбраны шарикоподшипники следующих типоразмеров:

- на ведущем валу – №311 (средняя серия);
- на ведомом валу – №216 (легкая серия).

Для компоновки подшипниковых узлов сделайте следующее.

1. Создайте новый слой, присвойте ему имя Подшипниковые узлы. Сделайте этот слой текущим.

2. Снова воспользуемся командой Параллельная прямая. Постройте с ее помощью две прямые, параллельных осевым линиям ведомого и ведущего валов, смещенных относительно их на величину  $d_{23}/2$  (40 мм) и  $d_{13}/2$  (27,5 мм) соответственно (то есть на величину радиусов участков каждого вала под подшипник). Не забывайте проверять, включен ли режим создания одной прямой.

3. Для обеспечения нормальной работы редуктора очень важна смазка подшипниковых узлов. Допустим, в редукторе консистентная смазка подшипников. Это означает, что для предотвращения протекания консистентного масла в корпус редуктора необходимо предусмотреть маслоудерживающие кольца. Они устанавливаются в отверстие корпуса, отделяя камеру подшипника от внутренней полости редуктора. Одной стороной они упираются в буртик вала (как правило, это следующая ступень вала большего диаметра), а другой – во внутреннее кольцо подшипника. Рекомендуемая толщина колец – 8–12 мм.

Для построения маслоудерживающих колец и точного позиционирования подшипников необходимо создать еще одну вспомогательную прямую, параллельную внутренней стенке редуктора и смещенную вверх от нее на 9 мм (принятая толщина колец).

4. Теперь все готово для вставки подшипников. Причем это будет именно вставка! Вам не придется тратить время на то, чтобы искать в справочниках все размеры выбранных подшипников, после чего рисовать их вручную. КОМПАС-График располагает удобными средствами для автоматического размещения подшипников (и других элементов) на чертежах. Вызовите Менеджер библиотек, для чего воспользуйтесь одноименной кнопкой на панели инструментов Стандартная. Слева в окне менеджера щелкните на строке Машиностроение, а в появившемся списке справа дважды щелкните на пункте Конструкторская библиотека (рис. 2.88). Откроются доступные функции, которые содержит выбранная библиотека. Перейдите в раздел ПОДШИПНИКИ > ПОДШИПНИКИ ШАРИКОВЫЕ и дважды щелкните на элементе Подшипники ГОСТ 8338–75. В появившемся окне из раскрывающегося списка Диаметр d выберите диаметр вала для подшипников (напомню, для ведомого вала – 80 мм, для ведущего – 55 мм). Чтобы определить серию подшипника, выберите из списка Диаметр D внешний диаметр (для ведомого вала и легкой серии – 140 мм, для ведущего вала и средней серии – 120 мм). По очереди разместите по одному подшипнику на каждом валу, фиксируя их в точке пересечения оси вала с вспомогательной линией, ограничивающей маслоудерживающие кольца. После вставки изображения подшипников чертеж должен выглядеть как на рис. 2.89.

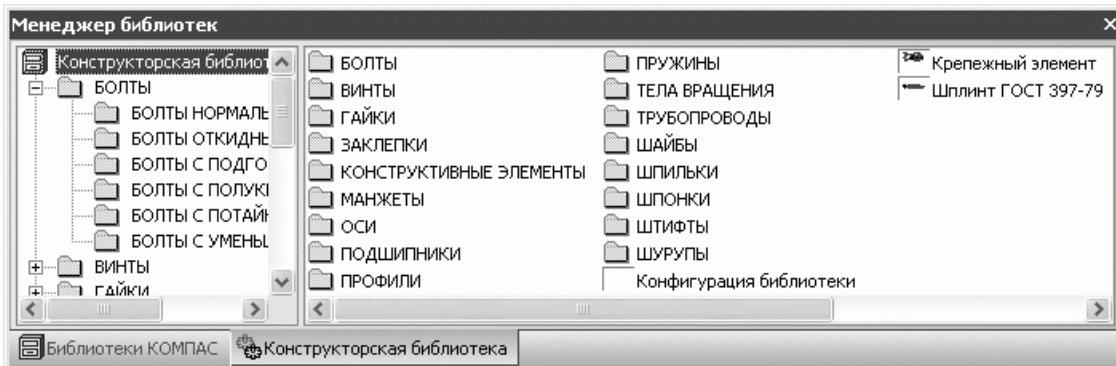


Рис. 2.88. Конструкторская библиотека

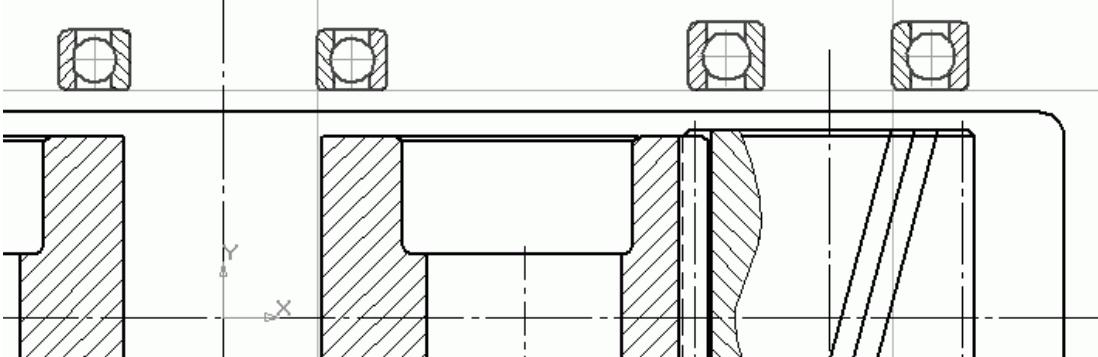


Рис. 2.89. Вставка и размещение подшипников

#### Примечание

На самом деле в КОМПАС-3Д есть более мощное приложение для работы со стандартными изделиями – библиотека Стандартные изделия. Конструкторская библиотека – более простая по функционалу – использовалась до того, как вышли в свет Стандартные изделия. Однако она до сих пор весьма широко применяется из-за своей простоты, универсальности, а главное, небольшой цены.

5. Постройте половину сечения маслоудерживающего кольца и заштрихуйте его (рис. 2.90). Для построения желательно использовать команду Ломаная, после чего выполнить скругление в левом нижнем углу изображения кольца. Конечно, вы можете создать то же изображение при помощи инструмента Непрерывный ввод

объектов, а затем объединить его в контур, используя команду Собрать контур панели Геометрия. Имея изображение кольца в виде контура, вам значительно легче будет его выделять и копировать.

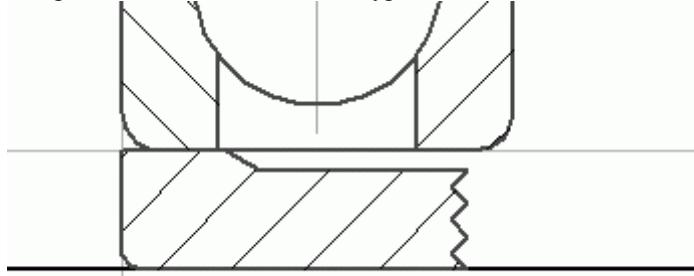


Рис. 2.90. Кольцо маслоудерживающее (половина сечения)

6. Создайте зеркальную копию вычерченной половины кольца. Перед нажатием кнопки Симметрия панели Редактирование не забудьте вместе с контуром выделить и штриховку. При создании штриховки желательно уменьшить шаг (на рис. 2.90 принято значение 2 мм), так как площадь, ограниченная контуром, небольшая.

7. Повторите действия, описанные в пунктах 5 и 6, для ведущего вала.

8. Выделите все изображение слоя (за исключением вспомогательных прямых) и симметрично отобразите его относительно горизонтальной осевой вида сверху.

Продолжим построение подшипниковых узлов. Внешние кольца подшипников для предотвращения осевых и радиальных смещений фиксируются торцом крышек подшипников. Крышки подшипников не являются стандартными, поэтому вычерчивать их придется самостоятельно, зато есть четкие рекомендации по их характерным размерам. Размеры каждой крышки определяются в зависимости от внешнего диаметра подшипника, который они фиксируют. Для тихоходного вала, внешний диаметр подшипников которого 140 мм, размеры крышки подшипника следующие:

- внешний диаметр крышки – 200 мм;
- диаметр размещения винтов – 170 мм;
- диаметр винтов – M12;
- количество винтов – 6 шт.;
- толщина фланцев крышки – 12 мм.

На быстроходном валу (диаметр внешнего кольца подшипника 120 мм) параметры крышек:

- внешний диаметр крышки – 175 мм;
- диаметр размещения винтов – 150 мм;
- диаметр винтов – M12;
- количество винтов – 6 шт.;
- толщина фланцев крышки – 12 мм.

Для фиксации крышек подшипников на корпусе и крышке редуктора делают специальные выступы в форме усеченных конусов, которые называют местами крепления крышек подшипников. Они немного выступают за пределы фланцев корпуса из-за наличия бобышек под болты, стягивающих крышку и корпус. Расстояние от наружной стенки редуктора до плоскости крепления крышек определяется конструктивно. Главный критерий – чтобы нормально «поместились» бобышки и было место для прохода гаечного ключа при закручивании болтов на бобышках. Примем это расстояние равным 40 мм (позже его можно будет отредактировать). Это значит, что с учетом толщины стенки корпуса редуктора расстояние от внутренней поверхности стенки до плоскости крепления крышек составит 48 мм.

Крышки подшипников бывают двух типов: сквозные и глухие. Сквозные крышки имеют отверстие для выхода участка вала под шкив или звездочку цепной передачи. Глухие крышки намерто фиксируют и закрывают подшипниковый узел. В сквозных крышках обязательно предусматривают уплотнение для предотвращения выхода масла из камеры подшипника через зазор между вращающимся валом и отверстием в крышке. Уплотнения бывают различных типов: манжетные, лабиринтные, войлочные и пр. В большинстве случаев на чертеже они обозначаются условно.

Приступим к вычерчиванию изображения крышки.

1. Создайте вспомогательную прямую, параллельную внутренней стенке редуктора, выше ее на 48 мм. После этого постройте еще две прямые, параллельные оси ведомого вала: первая на расстоянии  $d_{22}/2$  (37,5 мм), вторая – на расстоянии, равном половине внешнего диаметра крышки подшипника ведомого вала (100 мм).

2. Как я уже говорил, остальные размеры крышки определяете вы сами, конструктивно. По этой причине попытайтесь самостоятельно создать изображение, подобное показанному на рис. 2.91 (должны быть точно заданы только диаметр крышки и толщина фланца). В качестве границы изображения используйте вспомогательную линию, обозначающую радиус участка вала, входящего в отверстие крышки.

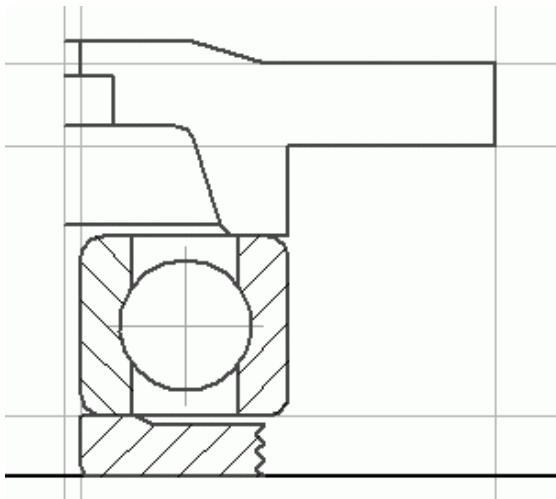


Рис. 2.91. Вычерчивание сквозной крышки подшипника ведомого вала

3. Создайте штриховку крышки (стиль – Металл, шаг – 2 мм, угол наклона –  $-45^\circ$ ). Уплотнение крышки обозначьте также штриховкой со следующими параметрами: стиль – Неметалл, шаг – 1 мм, угол равен  $-45^\circ$ . Границы для штриховки уплотнения придется указывать вручную, для чего воспользуйтесь кнопкой Ручное рисование границ на панели специального управления.

4. Выделите изображение половины крышки и, нажав кнопку Симметрия, отобразите его относительно оси тихоходного вала.
5. На быстроходном валу с этой же стороны редуктора будет установлена глухая крышка. Полагаю, создание ее изображения не вызовет особого труда. Как уже говорилось выше, размеры для крышек подшипников ведущего вала: внешний диаметр крышки – 175 мм (то есть смешать вспомогательную линию относительно оси нужно на 87,5 мм), толщина фланцев – 12 мм. После всего проделанного чертеж должен принять следующий вид (рис. 2.92).

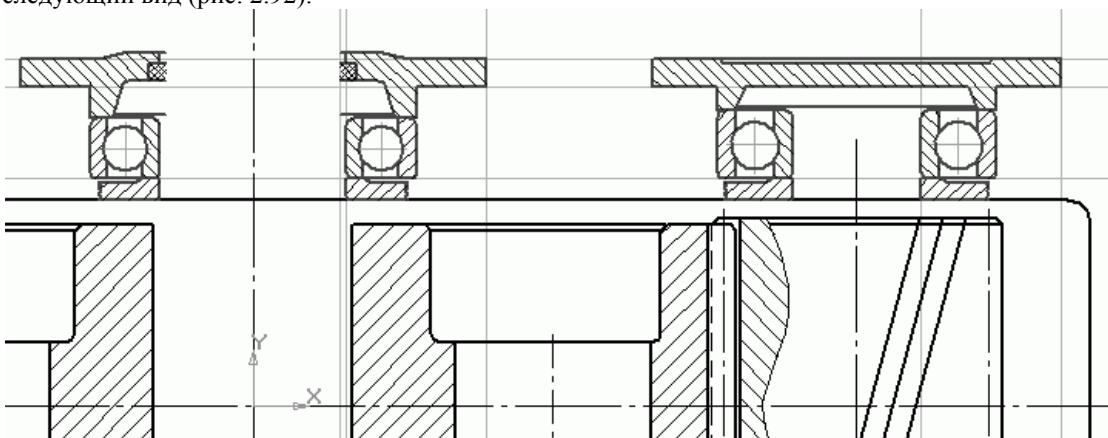


Рис. 2.92. Подшипниковые узлы ведомого и ведущего валов

6. К сожалению, теперь уже нельзя воспользоваться обычным копированием, поскольку крышки подшипниковых узлов несимметричны. Вам придется повторить все описанные действия с учетом того, что на быстроходном валу необходимо создать сквозную крышку, а на тихоходном – глухую. При построении изображения сквозной крышки границей должна служить прямая, удаленная на 25 мм от оси ведущего вала (это радиус участка вала, входящего в крышку). Глухую крышку создавайте, как и для быстроходного вала, только по размерам крышки тихоходного.

7. Удалите вспомогательные линии (Редактор > Удалить > Вспомогательные кривые и точки > В текущем виде) и посмотрите на созданный чертеж (рис. 2.93).

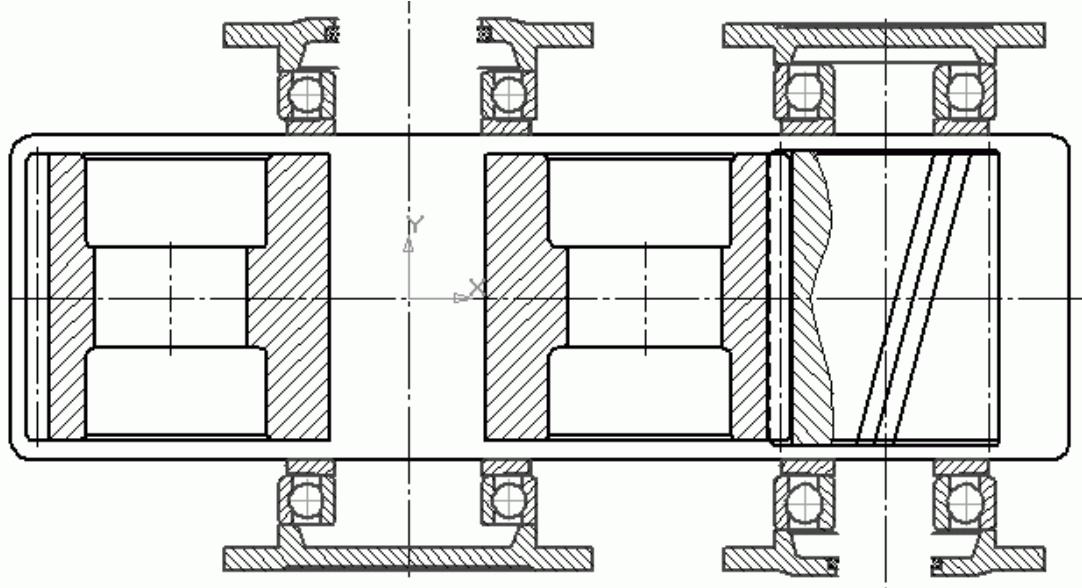


Рис. 2.93. Готовое изображение подшипниковых узлов

**Примечание**

Не спешите размещать на крышках изображения фиксирующих болтов. Их значительно проще будет создать после вычерчивания главного вида, привязываясь к нему. Кроме того, не забывайте, что на грамотно выполненнем чертеже все виды должны находиться строго в проекционной связи. Именно поэтому изображения болтов легче будет выполнить после их размещения на главном виде.

После доработки крышек подшипников можно вернуться к вычерчиванию корпуса редуктора. Собственно говоря, на виде сверху будет виден лишь фланец корпуса и сечения болтов, соединяющих его с таким же фланцем крышки. Ширина фланца зависит от диаметра болтов и определяется с учетом того, что между стенкой крышки и головкой болта должна свободно пройти лапа гаечного ключа. При расчете редуктора на прочность было определено следующее:

- болты, стягивающие корпус и крышку у бобышек, – M14, количество – 8 шт.;
- болты, стягивающие фланцы корпуса и крышки, – M10, количество – 6 шт.

Для болтов M10 минимально необходимая ширина фланца составляет 28 мм. Это означает, что расстояние от внутренней поверхности стенки корпуса редуктора до края фланца будет равняться 36 мм (с учетом толщины стенки корпуса).

Порядок создания изображения фланцев таков.

1. При помощи раскрывающегося списка на панели Текущее состояние сделайте текущим слой с названием Корпус.
2. Нажмите кнопку Параллельная прямая на панели инструментов Геометрия и последовательно постройте четыре вспомогательных прямых. Каждая прямая должна быть смещена на расстояние 36 мм от соответствующей ей линии, обозначающей внутреннюю поверхность стенки редуктора. Эти вспомогательные прямые и будут контуром фланца корпуса.
3. Далее следует создать изображение рассеченного болта, соединяющего бобышки. Центр отверстия под болт необходимо разместить следующим образом. По вертикали приблизительно посередине ширины фланца (например, на расстоянии 13,5 мм от края фланца), а по горизонтали – немного смещенным вглубь от края крышки подшипника (в нашем примере 90 мм от оси для бобышек ведомого вала и 84 мм от оси для бобышек ведущего). Другими словами, размещение болтов следует определять конструктивно, основываясь на рекомендациях специализированной литературы или исходя из собственного опыта. Само изображение можно вычертить вручную, последовательно создавая окружность и дугу, изображающую резьбу, но можно прибегнуть к хитрости. В КОМПАС-График есть специальная прикладная библиотека для автоматического построения изображений резьбовых отверстий. Она находится в разделе Прочие и называется Прикладная библиотека КОМПАС. С помощью элемента Наружная резьба из раздела Резьбовые отверстия вы можете добавить в чертеж изображение отверстия с наружной резьбой с диаметром, равным диаметру болтов на бобышках (то есть 14 мм). Создав штриховку в этом отверстии, вы получите изображение, ничем не отличающееся от поперечного сечения болта.

Поскольку болты не ввинчиваются, а вставляются в корпус, отверстие в корпусе должно быть несколько больше диаметра болта. На чертеже его необходимо обозначить окружностью (инструмент Окружность панели Геометрия) с диаметром 15 мм (то есть на панели свойств после вызова команды нужно будет указать радиус 7,5 мм). Сечение болта, построенное при помощи библиотеки и заполненное штриховкой (шаг – 1,5 мм), показано на рис. 2.94. Вспомогательная прямая, не проходящая через центр отверстия, – это и есть граница фланца корпуса (именно от нее мы откладывали вниз 13,5 мм при построении вспомогательных линий для обозначения центра болта в бобышке).

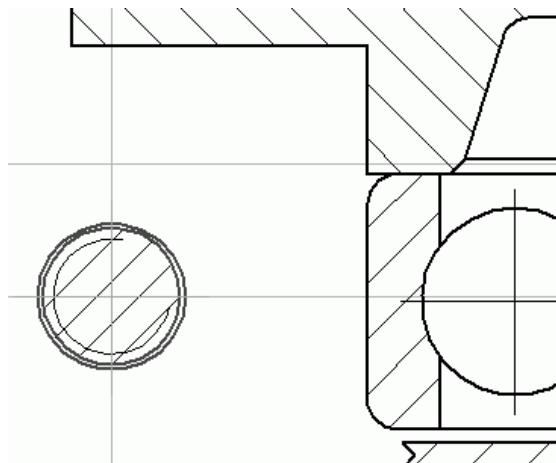


Рис. 2.94. Изображение сечения болта

4. Теперь приступим к созданию изображения основания бобышки, выступающего за крышку и плавно переходящего во фланец. Для этого используйте инструмент Дуга на панели Геометрия. Эта команда строит дугу по ее центру и двум точкам. Пользуясь привязками, в качестве центра дуги укажите центр только что построенного сечения болта. Начальной точкой дуги будет левый нижний угол сечения крышки. Конечную точку разместите на вспомогательной прямой, обозначающей край фланца, для чего воспользуйтесь привязкой Пересечение (рис. 2.95). Завершите выполнение команды.

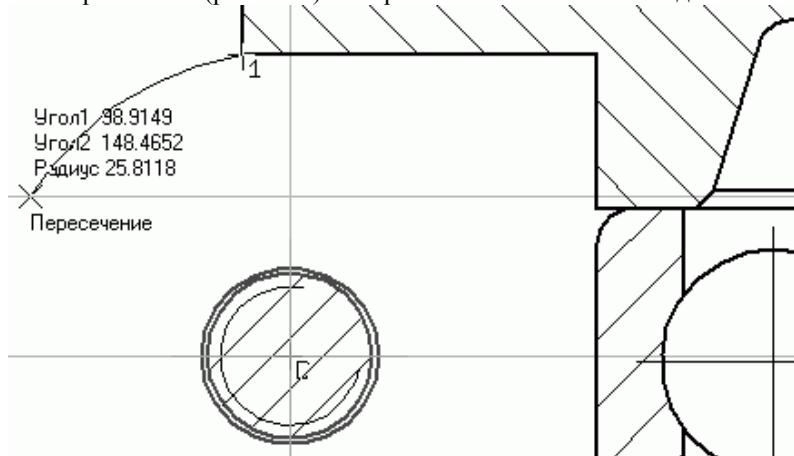


Рис. 2.95. Построение дуги – основания бобышки корпуса

5. Выделите дугу и все изображение сечения болта. Симметрично отобразите его относительно осевой линии ведомого вала. Затем еще раз отобразите относительно горизонтальной осевой всего вида полученный рисунок (вместе с только что созданным зеркальным изображением). Таким образом, вы получите изображения всех четырех бобышек в корпусе для ведомого вала.

6. Повторите пп. 3–5 для ведущего вала. Центр отверстия под болт в бобышке должен лежать на той же горизонтальной линии, что и для ведущего вала, но находиться немного ближе к оси вала (84 мм) за счет того, что диаметр крышки подшипника меньше. Основание бобышки выполните полностью аналогично.

7. Способом, аналогичным описанному в п. 3, создайте еще одно изображение болта, но уже диаметром 10 мм на расстоянии 13,5 мм по оси X от левого края фланца и 44,5 мм вверх по оси Y от осевой линии редуктора. После этого создайте еще одно такое же отверстие, размещенное на одном уровне по вертикали с отверстием под болт в бобышке, а по горизонтали – ровно посередине между предыдущим отверстием и все тем же отверстием в бобышке. Определить середину между двумя прямыми, проходящими через центры отверстия во фланце и в бобышке, можно при помощи инструмента Расстояние между 2 кривыми панели Измерения (2D). Затем вы можете построить еще одну вспомогательную линию, удаленную на половину данного расстояния от любой из прямых, проходящих через центр отверстий. Создать само отверстие можно с помощью инструмента Копирование панели Редактирование. Для этого сначала следует выделить объект для копирования, а затем, нажав кнопку Копирование, указать базовую точку – центр отверстия. Теперь вы можете создавать сколько угодно много копий выделенного объекта в пределах текущего вида, просто щелкнув кнопкой мыши в окне документа (см. рис. 2.37). Зафиксируйте копию в необходимом месте. И наконец, создайте симметричную копию двух последних отверстий, а также постройте еще два таких же (диаметром 10 мм) на правой стороне фланца.

8. Нажмите кнопку Непрерывный ввод объектов и обведите контур фланцев корпуса (рис. 2.96). Удалите всю вспомогательную геометрию с чертежа. Используя команду Скругление, создайте четыре скругления радиусом 16 мм по углам фланцев. Отредактируйте положение горизонтальной осевой, выровняв ее харак-

терные точки по краям фланцев корпуса редуктора. Не забудьте добавить также отрезки, определяющие пределы камер подшипников (слева и справа от каждого подшипника и маслоудерживающих колец).

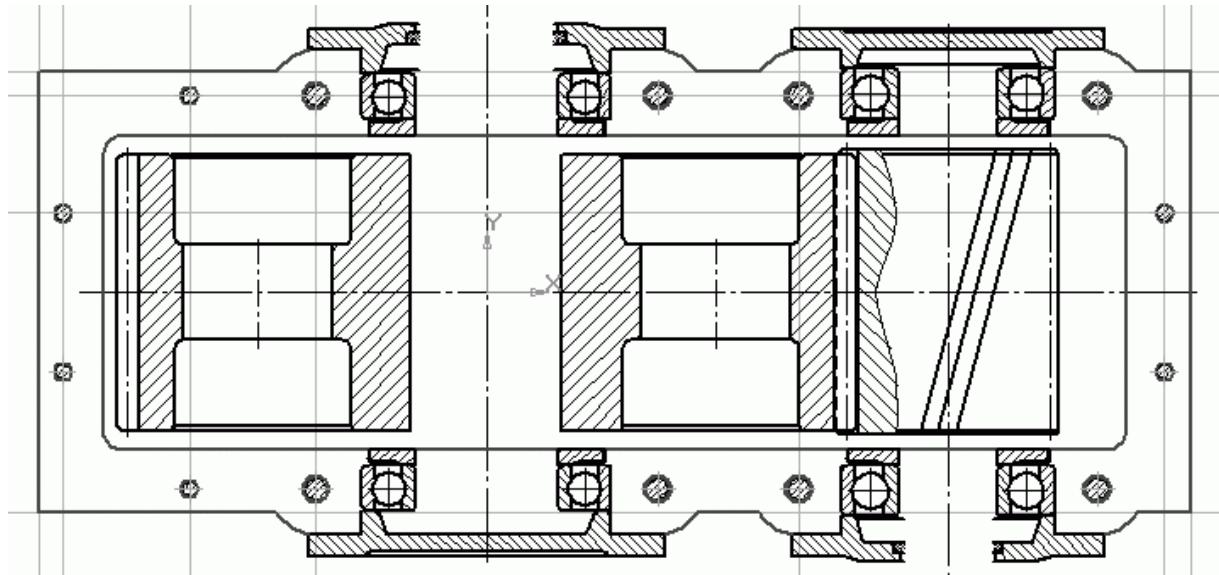


Рис. 2.96. Завершающий этап рисования корпуса

Осталось вычертить изображения валов. Можно, как обычно, создать сетку вспомогательных линий и по ним построить контур вала. Однако поскольку уже почти все изображение вида сформировано, построить оба вала можно, просто привязываясь к характерным точкам существующих объектов.

Для выполнения чертежа валов необходимо сделать следующее.

1. При помощи менеджера документа создайте новый слой с названием Валы и назначьте его текущим.
2. Используя команду Непрерывный ввод объектов или последовательный ввод нескольких отдельных отрезков, сформируйте на слое изображение, показанное на рис. 2.97. Надеюсь, у вас не возникнет никаких трудностей, так как точных параметров или размеров при вводе геометрических объектов задавать не нужно. Все построение осуществляется только при помощи привязок. Единственная вспомогательная прямая служит для фиксирования границы участка вала под уплотнение. Она удалена от края выступа крышки подшипника на 5 мм (это достаточное расстояние, чтобы шкив или звездочка, насаженная на выходной конец вала, не касались головки фиксирующих крышки винтов).

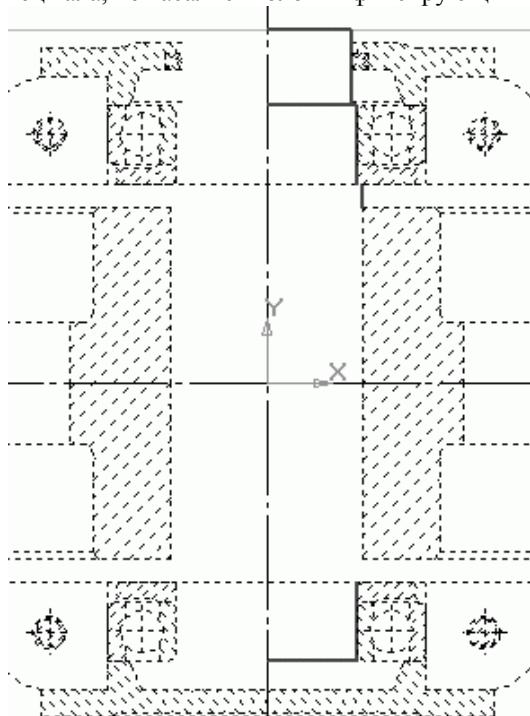


Рис. 2.97. Вычерчивание ведомого вала (все слои, кроме системного и текущего, переведены в фоновый режим)

3. Создайте отрезок, обозначающий буртик на валу, в который упирается колесо при запрессовке на вал. Для этого постройте вспомогательную прямую, параллельную оси вала и смещенную вправо от нее на величи-

ну  $d_{25}/2$  (то есть 45 мм). Начало отрезка разместите на внутренней поверхности стенки редуктора, а конец – на боковой поверхности колеса. С другой стороны зубчатое колесо фиксируется на валу специальным распорным кольцом, размещаемым между колесом и маслодержающим кольцом. Распорное кольцо имеет произвольные размеры. Примем его толщину равной 8 мм. Не забудьте сразу заштриховать его, выбрав как можно более мелкий шаг штриховки и установив угол равным  $-45^\circ$  (рис. 2.98).

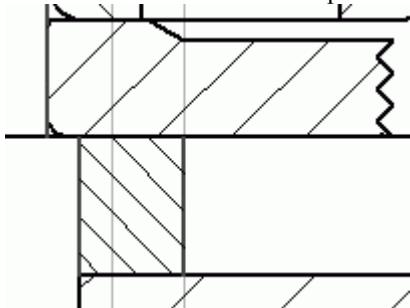


Рис. 2.98. Распорное кольцо для осевой фиксации зубчатого колеса

4. Дорисуем выходной конец вала. Его диаметр известен, а длина определяется либо рекомендациями в литературе, либо исходя из конкретных размеров ступицы шкива или звездочки, которые будут насажены на вал (конечно, если эти размеры известны). Примем длину этого участка вала равной 100 мм. Для ее построения нажмите кнопку Линия на панели инструментов Геометрия, убедитесь, что включен режим ввода отрезка. Вручную задайте абсциссу первой точки ( $d_{21}/2 = 35,5$  мм), а ординату зафиксируйте щелчком на чертеже. Введите длину создаваемого отрезка (100 мм) в соответствующее поле на панели свойств. Щелкком кнопкой мыши зафиксируйте отрезок. Следующий отрезок постройте перпендикулярно первому, выровняйте его конечную точку по осевой линии вала (абсцисса должна быть равна нулю). Обязательно создайте изображения фасок (длина – 2,5 мм, угол –  $45^\circ$ ) на краях вала и при желании добавьте скругления между ступенями вала (диаметром 1–2 мм). Удалите всю вспомогательную геометрию – она больше не понадобится.

5. Выделите все изображение в слое, включая распорное кольцо. Рамку выделения для этого использовать неудобно, так как она обязательно захватит объекты с других слоев. Чтобы не выделять все составляющие элементы вала по отдельности, воспользуйтесь кнопкой Выделить слой указанием панели Выделение. После ее вызова достаточно щелкнуть на любом геометрическом объекте нужного слоя, и система выделит все объекты, входящие в него. Выделив таким образом все изображение, создайте его зеркальную копию (инструмент Симметрия панели Редактирование). Теперь, наконец, можно отредактировать положение характерных точек осевой линии ведомого вала.

6. Осталось добавить изображения шпонок. Можно создать их собственноручно или использовать для этого стандартные средства КОМПАС. Запустите менеджер библиотек и раскройте в нем раздел Прочие. Дважды щелкните на строке Прикладная библиотека КОМПАС в правой части менеджера, перейдите в раздел ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ФИГУРЫ и двойным щелчком выберите элемент Паз, вид сверху. В появившемся окне задайте длину и ширину паза, затем нажмите кнопку OK и разместите паз на чертеже (рис. 2.99). Размеры шпонки на выходном участке вала ( $b ? h ? t$ ) – 90 ? 20 ? 12 мм. Создайте еще одно изображение шпонки на этом же валу для соединения его с зубчатым колесом. Ее размеры – 110 ? 22 ? 14. Размеры шпонок приведены к стандартным и определены в результате расчета шпоночных соединений.



Рис. 2.99. Построение изображения шпонки (шпоночного паза) средствами КОМПАС

7. Перед началом построения ведущего вала необходимо определить способ его исполнения: отдельно или вместе с зубчатой шестерней. Основной характеристикой при этом является отношение диаметра западин зубьев шестерни к диаметру участка вала под шестерней. Если это отношение больше 0,6, то с целью эко-

номии металла вал изготавливается отдельно от шестерни и соединяется с ней шпонкой, создавая сборочную единицу. В противном случае вал и шестерня создаются вместе, представляя собой одну деталь. Ознакомившись с результатами проектного расчета зубчатого зацепления и валов или просто измерив соответствующие расстояния на чертеже, вы можете убедиться, что в нашем редукторе вал и шестерня исполняются вместе. Исходя из этого, будем чертить ведущий вал.

Постройте две вспомогательные прямые, параллельные оси ведущего вала и удаленные от нее на расстояния  $d_{11}/2$  (22,5) и  $d_{14}/2$  (31,5) соответственно. Пользуясь привязками к вспомогательным линиям и элементам уже существующих объектов, создайте контур ведущего вала. Длину выходного участка примем равной 63 мм.

8. Обязательно выполните две фаски на концах вала (длина – 2,5 мм, угол – 45°). Можете также создать скругления в местах перехода вала в шестерню, а также во всех остальных переходах между ступенями вала-шестерни. Выделите и отобразите симметрично все изображение вала относительно оси. Отредактируйте положение осевой линии и создайте изображение шпонки, как это было описано в п. 6. Размеры шпонки ведущего вала – 56 ? 14 ? 9 мм.

#### Внимание!

В этом случае (перед выполнением команды Симметрия для ведущего вала) вы не можете использовать кнопку Выделить слой указанием панели Выделение, поскольку в текущем слое содержится также и изображение ведомого вала. Если вы примените данный инструмент, оно также будет выделено! Лучше сделать все слои фоновыми или невидимыми и выделить нужный фрагмент изображения при помощи рамки (секущей или обычной).

Изображение цилиндрического косозубого редуктора (а точнее его вид сверху в разрезе) практически готово (рис. 2.100). Осталось только расположить нужным образом фиксирующие винты на крышках подшипников. Это будет сделано позже, на одном из этапов разработки главного вида.

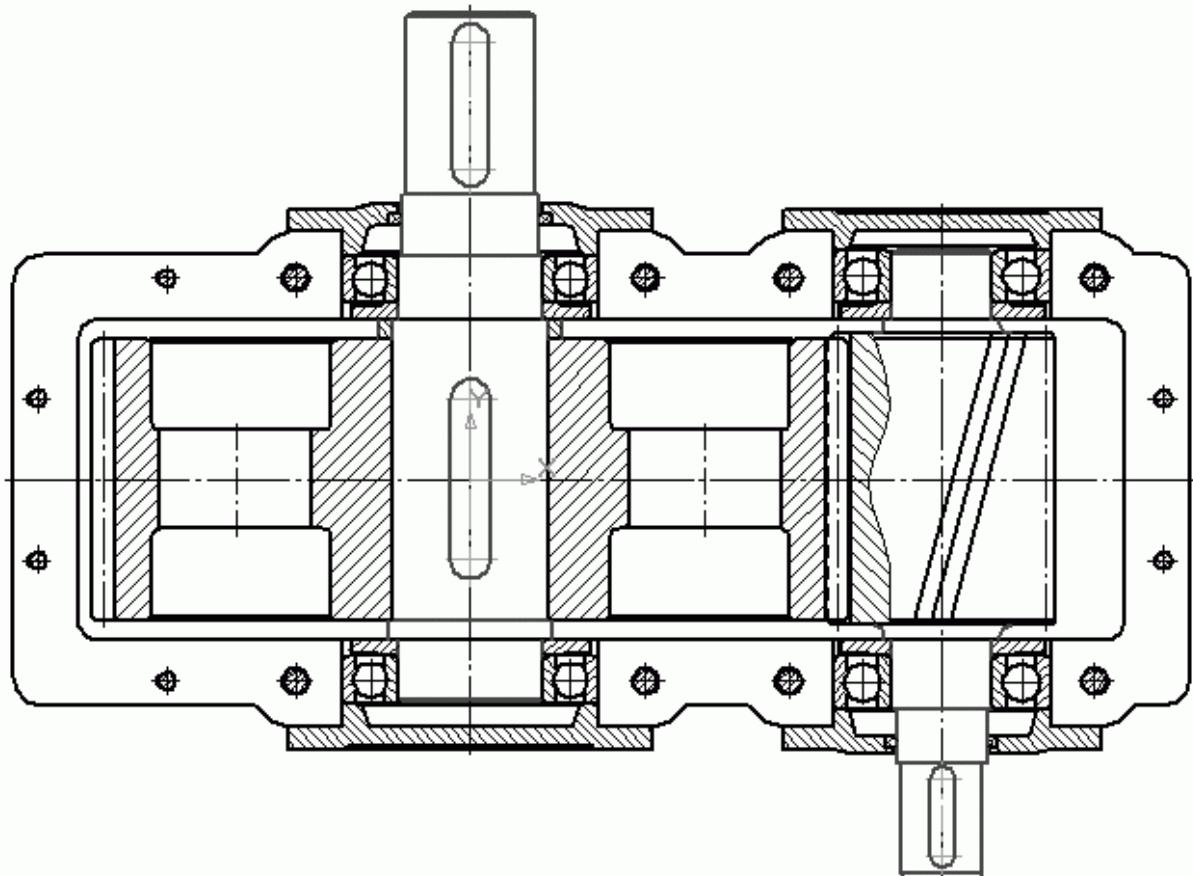


Рис. 2.100. Чертеж редуктора: вид сверху

#### Главный вид

Построить главный вид значительно проще, нежели вид сверху. Причин тому много. Во-первых, при рисовании изображения главного вида вы можете привязываться к объектам вида сверху, в частности, применяя вспомогательные прямые. Это существенно сэкономит время, так как отпадет необходимость каждый раз возвращаться к расчетным данным в поисках нужного значения размера и вводить его в некое поле на панели свойств. Во-вторых, на сборочных чертежах цилиндрических редукторов главный вид принято выполнять практически без разрезов, показывая внешний вид механизма и строение его корпусных деталей. Само изображение получается намного проще. Правда, это утверждение справедливо только для одноступенчатых конических и цилиндрических редукторов.

Начнем с создания нового вида на чертеже, в котором будет размещено все изображение главного вида редуктора. Сначала необходимо выполнить вспомогательную прямую, чтобы точно привязать точку начала координат нового вида.

1. Нажмите кнопку Вертикальная прямая на панели инструментов Геометрия, подведите указатель к точке начала координат вида сверху и, когда сработает привязка Ближайшая точка, зафиксируйте его. В результате будет создана вертикальная вспомогательная прямая, проходящая через точку начала координат вида сверху.
2. Перейдите на панель Ассоциативные виды компактной панели и нажмите кнопку Создать новый вид. На панели свойств задайте создаваемому виду имя Главный вид, масштаб – 1:2, а все остальные настройки оставьте установленными по умолчанию. Подведите указатель мыши к построенной вспомогательной прямой. Выполните команду Привязка > Точка на кривой контекстного меню (рис. 2.101). Щелкните кнопкой мыши возле вспомогательной прямой, приблизительно посередине между верхним краем листа и верхней точкой вида сверху. Сработает локальная привязка, и точка начала координат нового вида будет размещена точно на вертикальной прямой, то есть на одной линии с началом координат вида сверху.

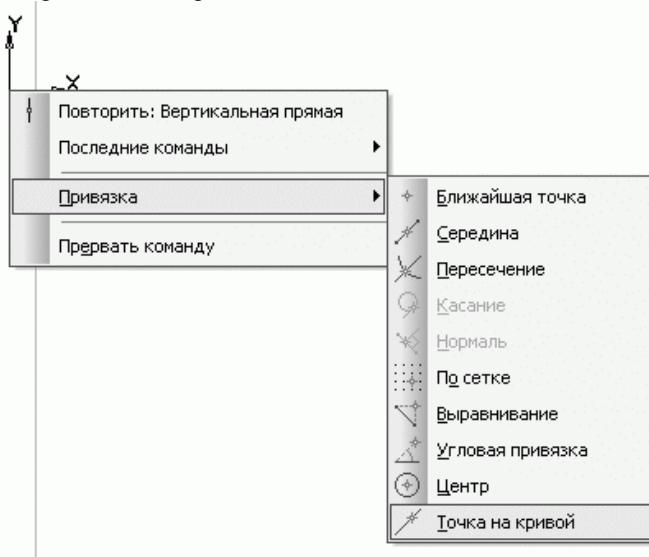


Рис. 2.101. Размещение точки начала координат нового вида

3. При помощи команды Вертикальная прямая постройте несколько вспомогательных прямых, привязываясь к характерным точкам или объектам вида сверху. Вспомогательные прямые должны проходить через линию зацепления, характерные точки глухой крышки ведомого и сквозной крышки ведущего валов, а также через ступени части ведущего вала, выходящей из редуктора (рис. 2.102).

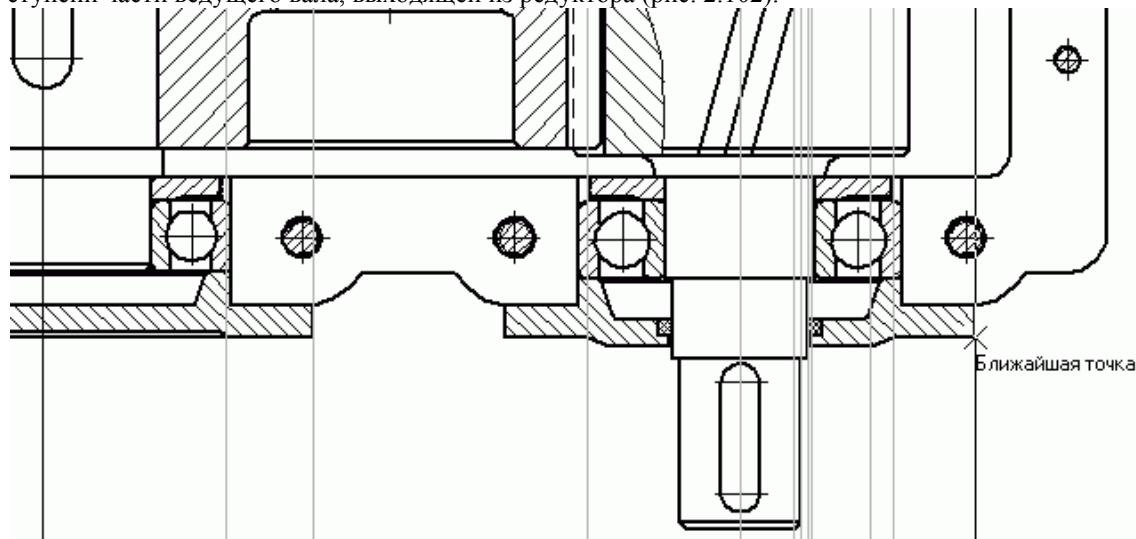


Рис. 2.102. Размещение вертикальных вспомогательных прямых

Теперь можно приступить к вычерчиванию изображения главного вида.

1. Используя команду Осевая линия по двум точкам панели Обозначения, постройте осевую на главном виде, совпадающую с вертикальной линией, которая проходит через осевую линию ведущего вала. Создайте также горизонтальную осевую линию, проходящую через точку начала координат главного вида.
2. Перейдите на панель Геометрия и нажмите кнопку Окружность. В раскрывающемся списке Стиль на панели свойств выберите стиль линии Осевая. Постройте по очереди две окружности, обозначающие делительные диаметры колеса и шестерни: центр первой окружности должен совпадать с точкой начала координат главного вида.

нат, центр второй – лежать на пересечении двух осевых, созданных при выполнении п. 1. Обратите внимание на то, что вам не нужно вручную вводить точное значение делительных диаметров! При построении обеих окружностей достаточно «растянуть» их радиус, привязываясь к вспомогательной линии, проходящей через линию зацепления.

#### Примечание

После построения осевых линий вы можете сразу удалять использованные для этого вспомогательные прямые, чтобы не засорять чертеж. Они больше не нужны, поскольку при дальнейшем выполнении чертежа вы сможете привязываться к уже существующим осевым линиям.

3. Создайте в главном виде новый слой с названием Крышки и сделайте его текущим. Сформируйте в нем изображения крышек главного вида, а также фрагмент ведущего вала, торчащий из отверстия сквозной крышки. Это совсем не сложно: просто стройте по очереди окружности, привязывая их радиусы к вспомогательным прямым, проходящим через характерные точки вида сверху (рис. 2.103). Перед началом ввода окружностей не забудьте изменить стиль линии на Основная.

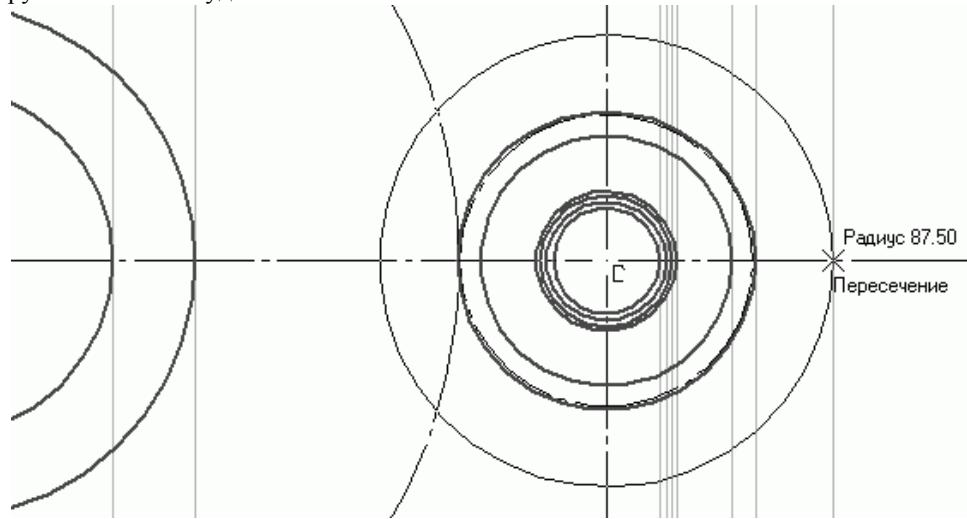


Рис. 2.103. Процесс построения крышек подшипников и выходного конца ведущего вала

4. Не выходя из режима создания окружности, вернитесь к стилю линии Осевая. Создайте окружность в каждой крышке, обозначающей диаметр размещения фиксирующих винтов (170 и 150 мм соответственно).

5. Теперь необходимо добавить рисунок головки фиксирующего винта. Его изображение, как и рисунки других стандартизованных крепежных элементов, содержится в конструкторской библиотеке системы КОМПАС-График. Откройте Менеджер библиотек, выберите папку Машиностроение и запустите находящуюся в ней конструкторскую библиотеку. Перейдите в раздел БОЛТЫ > БОЛТЫ НОРМАЛЬНЫЕ и дважды щелкните на строке Болт ГОСТ 7798—70. Появится диалоговое окно настройки параметров библиотечного элемента. Из раскрывающегося списка Диаметр выберите значение 12 (напомню, что это диаметр фиксирующих крышки винтов), установите переключатель в положение Вид сверху и снимите флажок Ось рисовать (рис. 2.104). После этого нажмите кнопку OK и вставьте изображение головки винта в точку пересечения вертикальной осевой крышки ведомого вала и осевой линии, обозначающей окружность размещения винтов. После фиксации точки вставки поверните изображение на 90°.

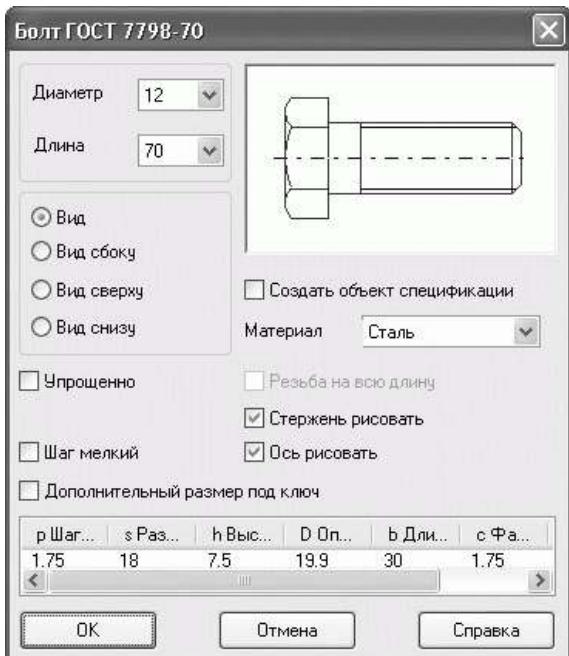


Рис. 2.104. Параметры создаваемого болта

6. Выделите созданную головку винта и нажмите на панели Редактирование кнопку Копия по окружности. В качестве центра копирования укажите точку начала координат (0;0), из раскрывающегося списка Количество копий выберите значение 6, а в группе кнопок Режим нажмите кнопку Вдоль всей окружности (рис. 2.105). Завершите формирование копий, нажав кнопку Создать объект.

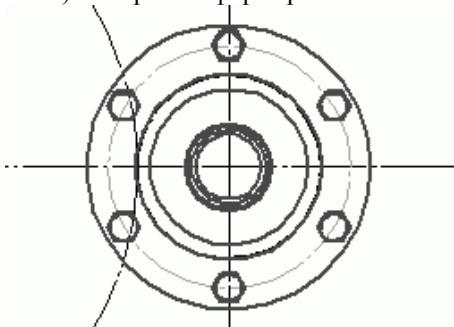


Рис. 2.105. Выполнение команды Копирование по окружности

7. Повторите действия, описанные в пп. 5 и 6, для крышки ведущего вала.

Ненадолго прервем работу над главным видом. Если вы не забыли, мы еще не совсем закончили вид сверху. Создайте изображения винтов крышек подшипников на виде сверху следующим образом.

1. Выберите из списка Состояние видов на панели инструментов Текущее состояние вид под номером 1 (Вид сверху), в котором сделайте текущим слой Подшипниковые узлы.
2. Нажмите кнопку Вертикальная прямая на панели Геометрия и создайте четыре прямые, проходящие через центры шапочек винтов на главном виде, ось которых не совпадает с осью их крышки (осью вала) на виде сверху.
3. Снова откройте конструкторскую библиотеку и перейдите в раздел БОЛТЫ > БОЛТЫ НОРМАЛЬНЫЕ, в котором дважды щелкните на строке Болт ГОСТ 7798—70. Установите диаметр винта – 12 мм, длину – 14 мм (наименьшую возможную, так как нарезную часть болта все равно придется удалять с чертежа), установите переключатель в положение Вид и флагок Ось рисовать. Вставьте изображение болта в чертеж, зафиксировав его в точке пересечения одной из вспомогательных прямых (например, для ведущего вала) и линии наружной поверхности крышки подшипника (рис. 2.106, а). Используя инструмент Усечь кривую панели Редактирование, удалите по очереди ненужные линии с изображения винта, оставив только шапочку (рис. 2.106, б). Напомню, что для удаления кривой при помощи команды Усечь кривую необходимо подвести указатель к кривой и, когда она подсветится красным цветом, щелкнуть на ней кнопкой мыши.

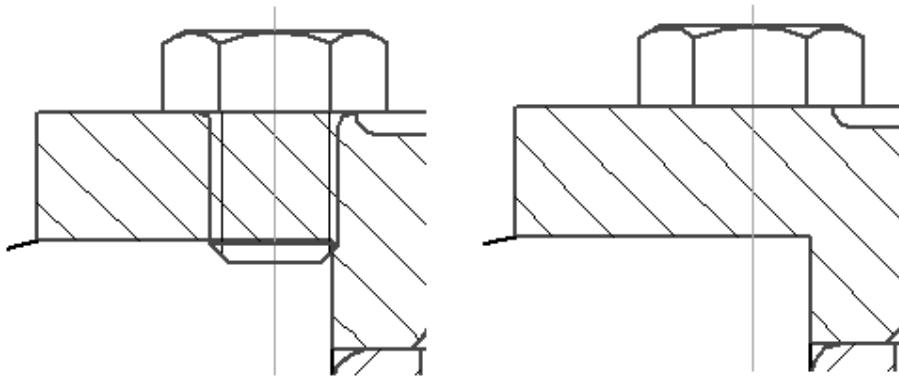


Рис. 2.106. Формирование изображения фиксирующего винта: вставка винта из конструкторской библиотеки (а), удаление лишних линий (б)

4. Выделите полученное изображение. Несмотря на то что мы изрядно его «обрезали», болт все равно является графическим макрообъектом и его без проблем можно восстановить или отредактировать средствами библиотеки. Нажмите кнопку Копирование панели Редактирование и создайте две копии вдоль наружной поверхности крышки: одну на оси вала, а другую – на симметричной относительно оси вспомогательной прямой.

5. Аналогично описанному в пп. 3 и 4 выполните еще два винта на сквозной крышке этого же вала (третий создавать не нужно, так как он будет невиден за выступающей частью вала). При удалении невидимых линий придется усечь и часть головки винта, которая будет закрыта выступом крышки (рис. 2.107).

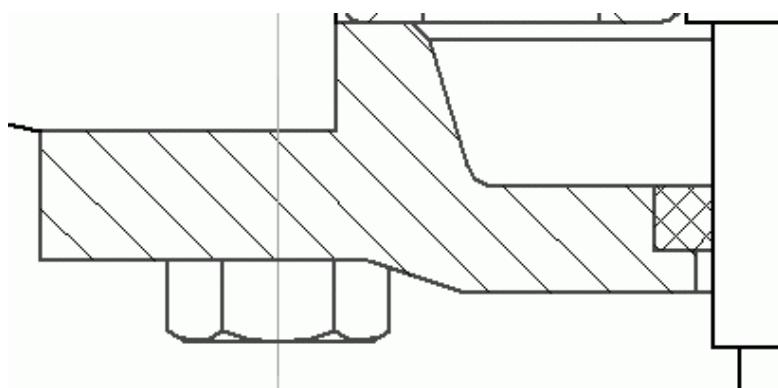


Рис. 2.107. Фиксирующий винт сквозной крышки ведущего вала

6. Повторите действия, описанные в пп. 3–5 для ведомого вала, после чего удалите всю вспомогательную геометрию. Если у вас возникли какие-либо трудности (в частности, с построением вспомогательных линий). Продолжим работу над главным видом – начнем чертить крышку редуктора.

1. Создайте в главном виде новый слой, назовите его Крышка редуктора и сделайте текущим.
2. Как обычно, перед построением сформируем сетку вспомогательных линий. Используя команду Вертикальная прямая, постройте две прямые, проходящие через края левого фланца на виде сверху, а при помощи команды Параллельная прямая – одну прямую, на расстоянии 7,5 мм (толщина стенки крышки редуктора) от внутренней поверхности корпуса (рис. 2.108). Эти линии обозначают начало фланца и стенки крышки редуктора на виде сверху. Создайте такие же три линии на фланце со стороны шестерни. Еще одну прямую постройте параллельно горизонтальной осевой главного вида, выше ее на величину толщины фланца крышки. Она определяется при расчете корпусных деталей редуктора на прочность, в нашем случае равняется 10 мм.

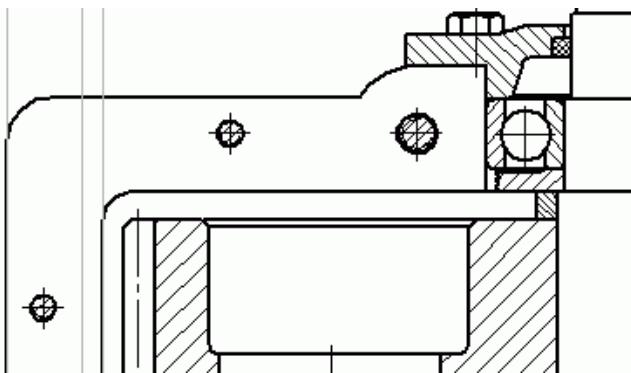


Рис. 2.108. Вспомогательные линии для построения корпуса редуктора

**Примечание**

Все линии следует строить на текущем слое главного вида, просто при их построении необходимо привязываться к геометрическим объектам на виде сверху.

Следующее изображение можно было бы сформировать с помощью различных команд для рисования графических примитивов, после чего удалить ненужные фрагменты дуг или отрезков. Однако я предлагаю сначала создать как можно больше вспомогательных линий, по ним построить требуемый контур, а затем одной командой удалить всю вспомогательную геометрию.

1. Нажмите кнопку Дуга на панели Геометрия, на панели свойств установите для нее стиль линии Вспомогательная. Создайте две дуги: первую с центром в начале координат (центр зубчатого колеса), вторую – в центре шестерни. Радиусы дуг задайте равными радиусам кривизны наружной поверхности стенки крышки над колесом и шестерней соответственно. Рассчитывать и вводить эти радиусы вручную нет необходимости. Просто при построении дуг растягивайте их радиус до точек пересечения горизонтальной оси редуктора с вспомогательной линией, обозначающей начало стенки крышки редуктора (это та линия, которую мы сместили на 7,5 мм от внутренней поверхности корпуса), со стороны колеса или со стороны шестерни. Далее нажмите кнопку Отрезок, касательный к 2 кривым на панели Геометрия и по очереди щелкните на обеих дугах (оставьте для них стиль линии Вспомогательная). Система построит отрезок, касательный к двум указанным дугам окружностей (рис. 2.109).

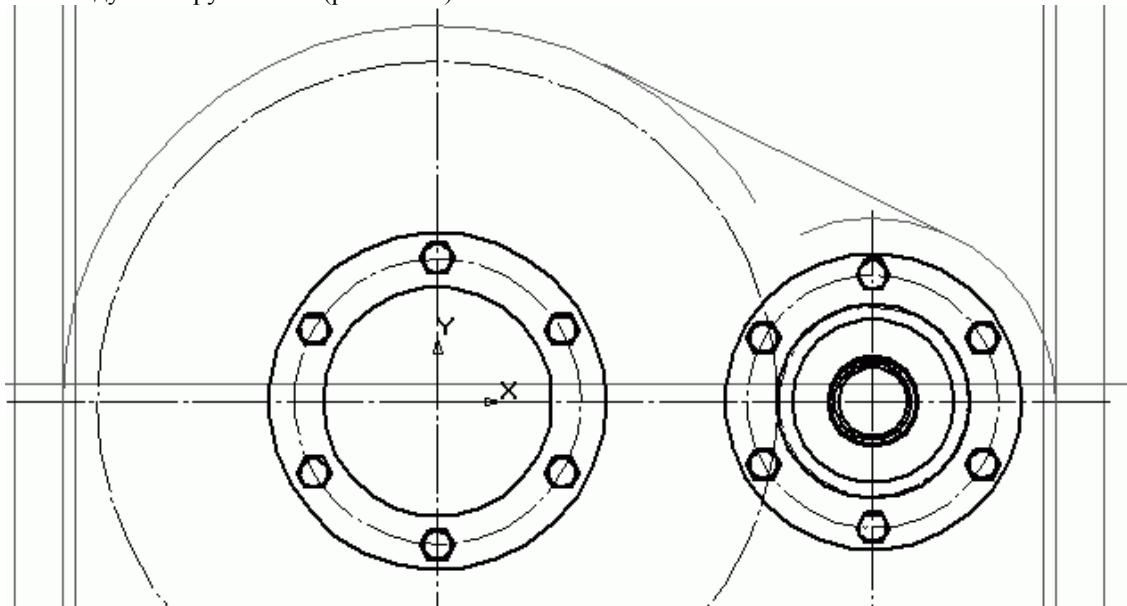


Рис. 2.109. Сетка вспомогательных линий для построения крышки редуктора

2. Нажмите кнопку Непрерывный ввод объектов на панели Геометрия. На панели свойств выберите стиль линии Основная. Сформируйте контур крышки редуктора (включая фланцы), переключая при необходимости режим ввода с отрезка на дугу и привязываясь к точкам пересечения вспомогательных объектов. Полученный контур представлен на рис. 2.110.

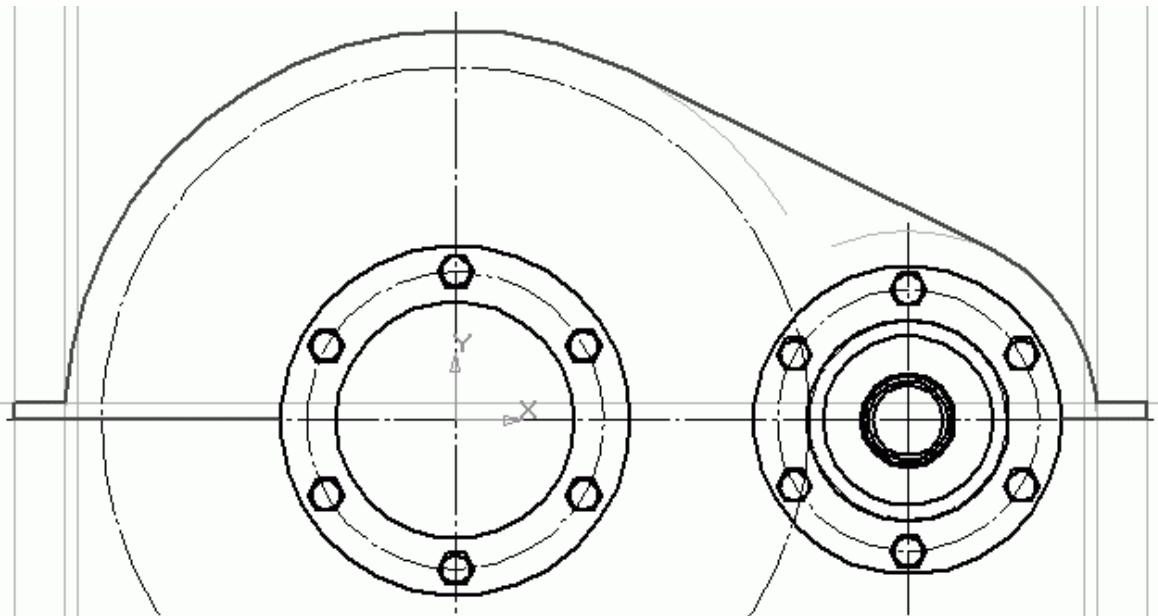


Рис. 2.110. Построение контура крышки корпуса

3. Сформируйте изображение бобышки (начните с левой бобышки тихоходного вала). Высоту бобышки примите приблизительно равной 2/3 от радиуса крышки подшипника ведомого вала. Ширина верхней площадки бобышки определяется исходя из того, что на ней должна поместиться головка болта, вставленного в отверстие бобышки. Дорисуйте изображение фланца крышки редуктора, входящего в бобышку. Размеры фланцев определяются в основном конструктивно, поэтому ничего страшного, если у вас на чертеже они получатся немного не так, как показано на рис. 2.111.

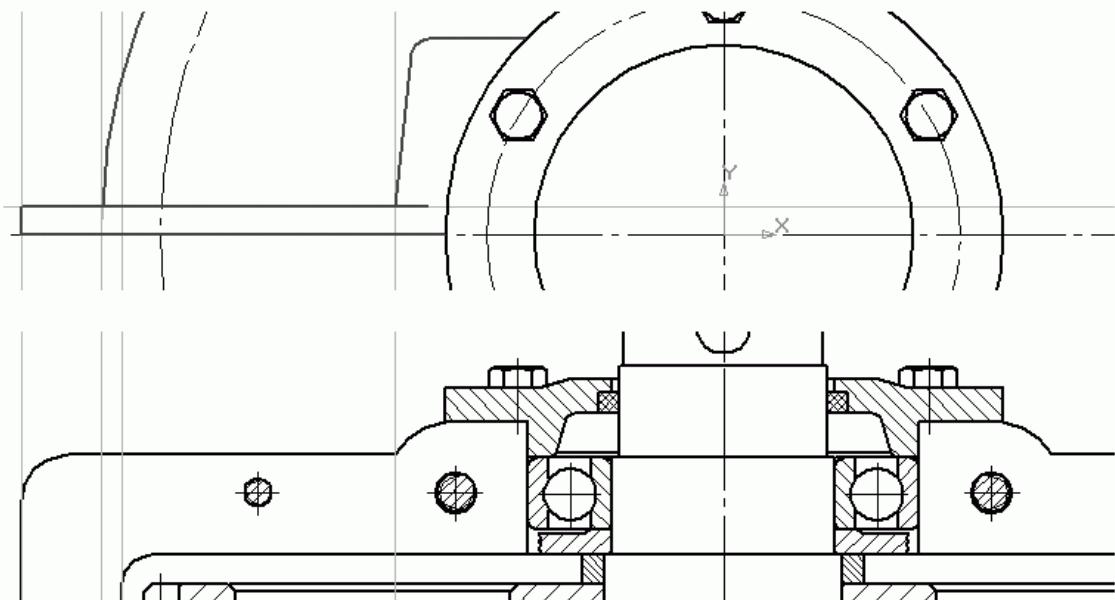


Рис. 2.111. Создание бобышки и ее привязка к виду сверху

4. Выделите построенное изображение бобышки и симметрично отобразите его относительно вертикальной оси ведомого вала. Точно такие же бобышки постройте для крышки ведущего вала. Дорисуйте фланец по всей длине крышки редуктора, а также удалите ненужные линии (скругление над шестерней), которые будут закрыты правой бобышкой ведущего вала.

#### Примечание

Несмотря на то что крышка подшипников ведущего вала, как правило, имеет меньший диаметр, чем крышка ведомого, высота бобышек принимается одинаковой для обеих крышек. Это облегчает обработку корпусной детали после ее выплавки.

5. Удалите всю вспомогательную геометрию с чертежа. Завершите выполнение чертежа крышки редуктора, для чего дорисуйте следующие элементы (все они выполняются конструктивно):

- 1) создайте скругление радиусом 4 мм на краях фланцев;
- 2) добавьте с боков крышки ребра с отверстиями для крановых крюков, предназначенных для транспортировки крышки; радиус отверстий принимайте в пределах 10–20 мм;

3) постройте ребра жесткости над местами крепления крышек подшипников ведомого вала, толщину ребер рекомендуется принимать равной толщине стенки крышки редуктора. При построении изображения учтите, что ребра, как и места крепления крышек, немножко расширяются при приближении к наружной стенке крышки редуктора;

4) в этом же слое можете сформировать изображение крышки смотрового отверстия. В некоторых книгах вы можете встретить рекомендуемые размеры для элементов этой крышки (собственно крышки, винтов и ручки-киотдушины). Однако, поскольку крышка смотрового отверстия является маловажной с конструкторской точки зрения частью редуктора, вы можете также выполнить ее произвольно (без каких-либо привязок к точным размерам). Для успешного построения крышки смотрового отверстия сначала лучше сформировать сетку вспомогательных линий, отталкиваясь от прямолинейного участка контура крышки (рекомендую использовать команды Параллельная прямая и Перпендикулярная прямая).

При рисовании оставшихся элементов крышки редуктора и крышки смотрового отверстия ориентируйтесь на рис. 2.112.

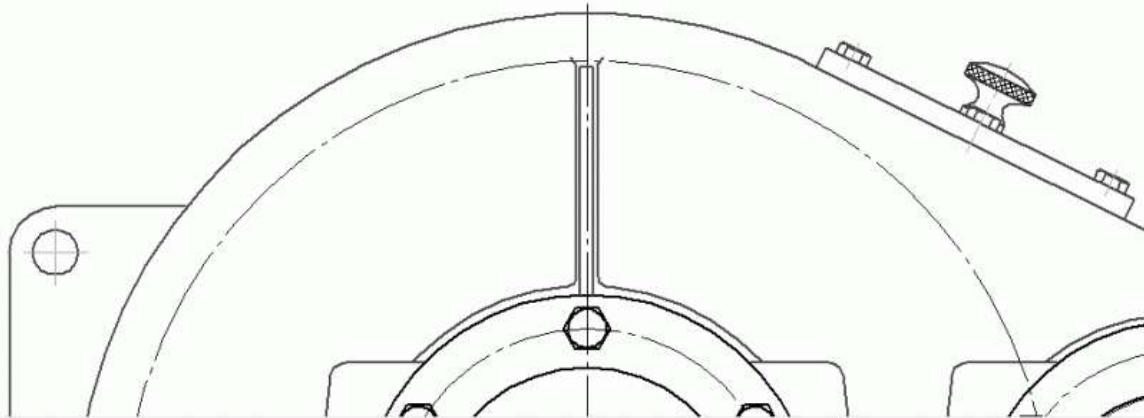


Рис. 2.112. Завершение выполнения чертежа крышки редуктора

Теперь приступим к созданию корпуса редуктора. Сложностей с выполнением чертежа этой детали не должно быть, за исключением изображения маслоуказательного жезла. Кроме того, мы сможем воспользоваться некоторыми геометрическими элементами, построенными при работе над крышкой редуктора. Начнем рисование корпуса, как обычно, с создания нового слоя.

1. Вызовите Менеджер документа, в его левой части выделите пункт Главный вид. При помощи кнопки Создать слой на панели инструментов менеджера сформируйте новый слой с названием Корпус и сделайте его текущим.

2. Сформируйте следующие вспомогательные линии на чертеже:

- две вертикальные прямые, параллельные внутренней стенке корпуса редуктора и удаленные от них на величину толщины стенки редуктора (8 мм). Эти прямые нужно создать с использованием команды Параллельная прямая, привязываясь к линиям внутренней стенки на виде сверху (по аналогии к вспомогательным прямым при построении крышки, только тогда мы сместили их на 7,5 мм);
- две дуги окружностей, выполненных стилем линии Вспомогательная, с центром в точках (0;0) и (0; a?) соответственно (напомню, что a? – 259 мм). Радиусы каждой из дуг необходимо определить при построении, растягивая их до точек пересечения построенных вспомогательных прямых и горизонтальной осевой главного вида;
- две горизонтальные прямые. Первая должна быть размещена ниже горизонтальной осевой вида на 262 мм (это значение получено при расчете геометрических параметров корпуса редуктора), а вторая – выше первой на 17 мм (толщина опорного фланца корпуса);
- две вертикальные прямые. Первая должна быть построена левее вертикальной осевой колеса на 130 мм, вторая – правее осевой шестерни на 13,5 мм. Последние две прямые указывают границы опорных лап редуктора. Эти величины определяются конструктивно, грубо говоря, «на глаз». Необходимо следить, чтобы опорная площадка не была слишком короткой, иначе может увеличиться напряжение в фундаментных болтах, соединяющих корпус редуктора с рамой или полозками. Допускается делать корпус с вертикальными стенками (при этом площадь опорной площадки приблизительно равна площади сечения полости редуктора), однако такая конструкция корпуса значительно увеличивает объем масла, заливаемого в картер для смазки зубчатого зацепления и, кроме того, она выглядит не очень красиво.

3. Основываясь на четырех вспомогательных прямых, созданных последними, постройте прямоугольник при помощи одноименной команды. Используя инструмент Скругление на углах объекта панели Геометрия, сформируйте два скругления радиусом 6 мм на верхних углах прямоугольника (рис. 2.113). Построив опорный фланец, отредактируйте положение характерных точек двух вертикальных осевых: верхние точки по контуру крышки редуктора, нижние точки – по нижней границе опорного фланца.

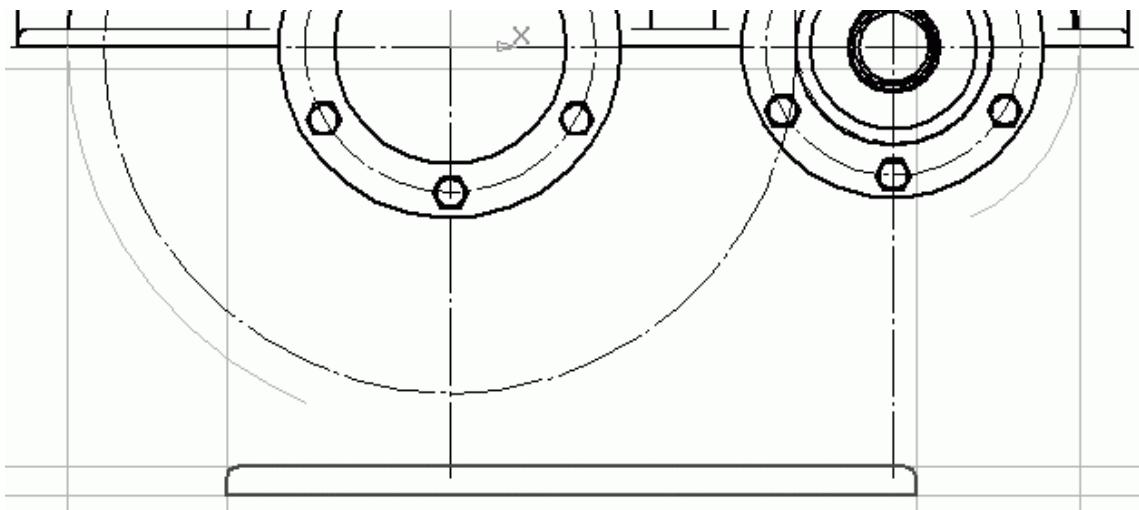


Рис. 2.113. Опорный фланец корпуса редуктора

4. Выполните контур корпуса редуктора, отталкиваясь от точек пересечения вспомогательной геометрии. При построении контура стенки редуктора рекомендую воспользоваться инструментом Касательный отрезок через внешнюю точку панели Геометрия (рис. 2.114). В качестве кривой для касания укажите вспомогательную дугу, а начало этого отрезка должно совпадать с начальной (нижней) точкой дуги скругления изображения опорного фланца. Остальное изображение контура корпуса можно дорисовать, поочередно применяя инструменты Дуга и Отрезок или одной командой Непрерывный ввод объектов.

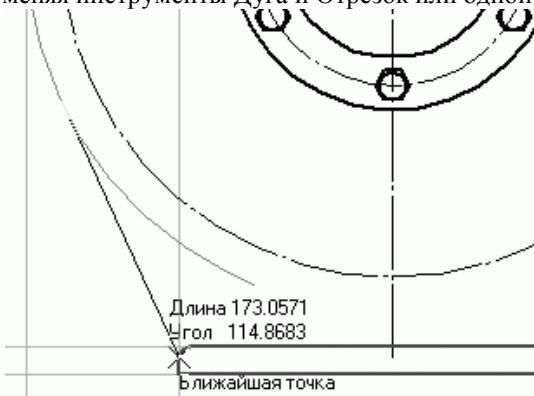


Рис. 2.114. Построение касательного отрезка

5. Создать бобышки и ребра жесткости на корпусе намного проще, чем на крышке. Выделите указанные геометрические объекты на крышке редуктора (для этого не обязательно переходить на слой с изображением крышки), нажмите кнопку Симметрия на панели Редактирование и выполните отображение относительно горизонтальной осевой. Как вы заметили, отображенное изображение осталось на том же слое, что и его прототип. В принципе, в этом нет ничего страшного. Однако если вы хотите, чтобы бобышки корпуса располагались на том же слое, что и сам корпус, вам следует выделить все отображенные объекты, вырезать их с чертежа (команда меню Редактор > Вырезать или сочетание клавиш Ctrl+X), после чего вставить на слой, на котором изображен корпус (команда меню Редактор > Вставить или сочетание клавиш Ctrl+V). Обязательно проследите, чтобы при удалении (вырезании) объектов чертежа и при их вставке вы указали в качестве базовой одну и ту же точку вида. Симметричное изображение необходимо будет немножко отредактировать из-за того, что толщина фланца корпуса превышает толщину фланца крышки редуктора. Вам также придется вручную дорисовать ребро жесткости под крышкой ведущего вала. Завершив редактирование, удалите вспомогательную геометрию с чертежа (рис. 2.115).

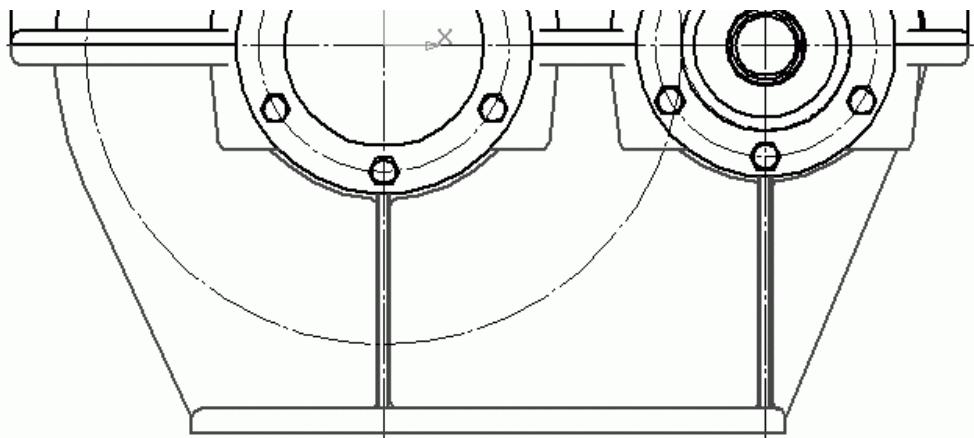


Рис. 2.115. Чертеж корпуса редуктора

Однако это еще не все изображение корпуса редуктора. Чтобы можно было определять уровень масла без остановки и разборки редуктора, корпус должен содержать различные показывающие приспособления. Для нашего редуктора примем в качестве уровнемера маслоуказательный жезл (щуп), который вставляется в специальную нишу в корпусе редуктора. На чертеже эта ниша и сам жезл показываются в разрезе. Именно с выреза мы и начнем их создание.

1. Постройте три прямых: первую параллельно передней стенке редуктора, смещенной от нее внутрь корпуса на 8 мм, две последующие параллельно нижней границе опорного фланца, смещенные соответственно на 4 и 12 мм вверх от нее.
2. По построенным вспомогательным прямым начните создание выреза (рис. 2.116): дорисуйте внутреннюю поверхность стенки корпуса, удалите ненужные дуги и линии (при помощи команды Усечь кривую) и создайте линию-границу разреза (команда – Кивая Безье, стиль линии – Для линии обрыва).

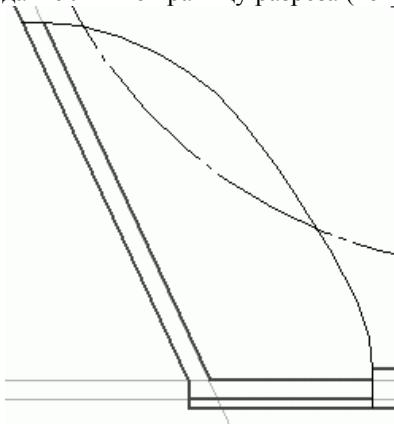


Рис. 2.116. Начало построения выреза в корпусе

3. Теперь нужно создать изображение маслоуказательного жезла. Если вы имеете точные размеры этой детали (они приводятся в специальной литературе), можете выполнить ее на чертеже самостоятельно. На самом деле щуп, как и крышка смотрового отверстия, не является очень важной деталью в редукторе, поэтому его зачастую выполняют произвольно (в реальных условиях на производстве его иногда вообще заменяют куском проволоки или каким-либо другим подобным предметом). Поэтому я избавлю вас от необходимости тратить время на рисование этого элемента. Вы можете просто вставить маслоуказательный жезл из готового фрагмента в файле Щуп.frw (находится на прилагаемом к книге компакт-диске в папке Examples\Глава 2\Редуктор цилиндрический), для чего следует выполнить команду контекстного меню Вставить внешний фрагмент. Появится окно выбора файла фрагмента. Указав файл, определите точку вставки (фиксации изображения). После завершения выполнения команды отредактируйте угол поворота вставленного фрагмента относительно других объектов чертежа (поворачивание осуществляется при помощи характерных точек). Размеры ниши для размещения жезла принимаются конструктивно (желательно, чтобы жезл на 2/3 погружался в масло, залитое в корпус редуктора). Вставленное изображение жезла и вспомогательная геометрия для построения ниши показаны на рис. 2.117. Вспомогательные линии нужно создавать уже после вставки и поворота изображения жезла.

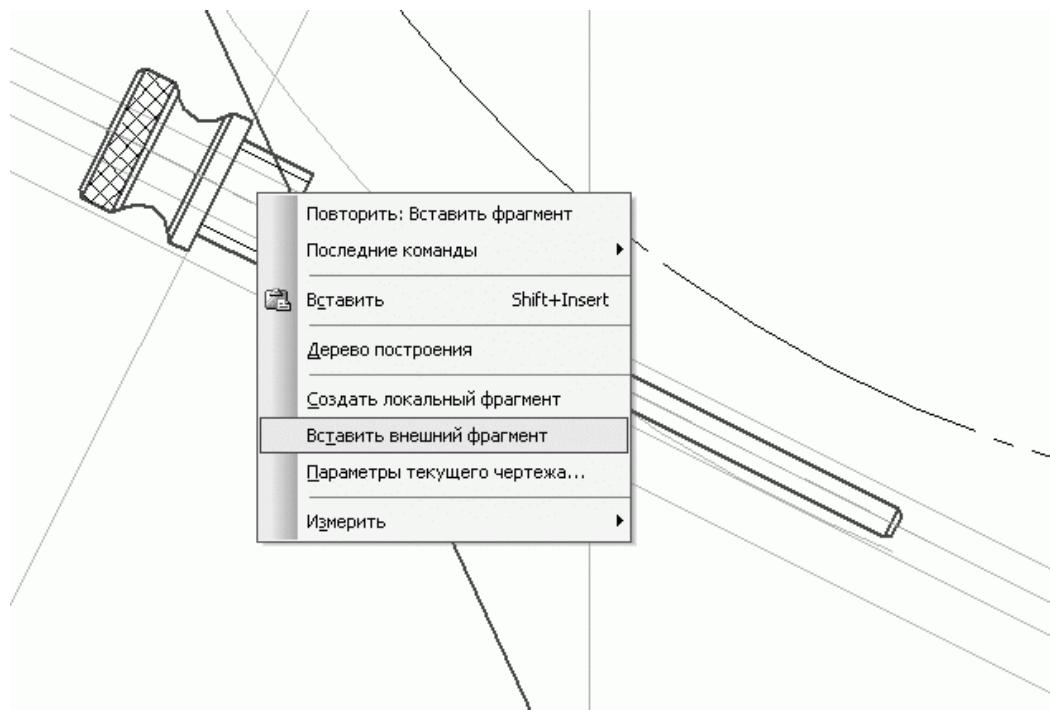


Рис. 2.117. Вставленное изображение маслоуказательного жезла

#### Примечание

Вставить внешний фрагмент можно тремя способами: Взять в документ (изображение фрагмента составляет единое целое, но не содержит ссылки на файл источник), Внешней ссылкой (помещенный фрагмент поддерживает связь с файлом, из которого был вставлен, и изменяется, если этот файл был изменен) и Рассыпать (фрагмент помещается как набор обычных геометрических примитивов). Выбор способа вставки осуществляется при помощи кнопок переключателей на панели свойств или подменю Способ вставки контекстного меню. Рекомендую всегда использовать второй способ предусматривающий связь с файлом, поскольку вы всегда можете разрушить фрагмент на составляющие, тем самым разорвав связь с файлом-источником. При первых двух способах вставки фрагменты не могут быть отредактированы средствами КОМПАС-График без предварительного разрушения.

4. Для завершения вычерчивания разреза дорисуйте нишу, удалите ненужные линии в разрезе, создайте штриховку корпуса и обозначьте дугу линии вершин зубьев колеса (диаметр 415 мм), которая видима в разрезе (рис. 2.118).

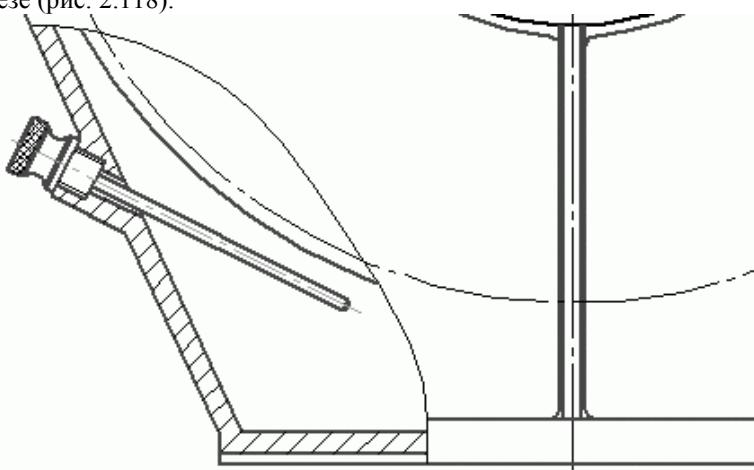


Рис. 2.118. Маслоуказательный жезл

5. Завершающим штрихом создания слоя Корпус является выполнение изображения маслосливной пробки. Чаще всего ее размещают в нижней части задней стенки редуктора, а на главном виде показывают в разрезе, подобно маслоуказательному жезлу. Полагаю, в нашем примере еще один разрез будет лишним, поэтому построим изображение пробки в боковой стенке редуктора без разрезов.

Если сейчас внимательно посмотреть на выполненный чертеж главного вида, то, даже не имея большого опыта в конструировании, можно ощутить, что чего-то не хватает. Если после этого вы еще внимательнее рассмотрите вид сверху, то без труда поймете, чего именно: на фланцах и бобышках корпуса и крышки недостает крепежных элементов.

Для предотвращения отвинчивания болтов, соединяющих корпус с крышкой, при ударных или вибрационных нагрузках на редуктор под гайку перед закручиванием устанавливается упругая шайба. Изображения стандартных шайб, как и болтов и гаек, можно вставить из конструкторской библиотеки системы КОМПАС-График. Однако не спешите помещать в чертеж по отдельности все элементы, формирующие болтовое соединение (крепежный элемент). В той же конструкторской библиотеке есть специальная команда (не входящая ни в одну из групп) – Крепежный элемент. После ее выбора появится диалоговое окно, позволяющее настроить внешний вид и характеристики создаваемого крепежного элемента (рис. 2.119). На вкладке Все элементы вы можете выбирать любые стандартные элементы крепежа, после чего при помощи кнопки Добавить → (или простым перетаскиванием) добавлять их в состав своего крепежного элемента. Задайте такие настройки крепежного элемента: болт по ГОСТ 7798–70, шайба по ГОСТ 6402–70 и гайка по ГОСТ 5915–70. Обратите внимание, что шайба и гайка размещены в нижнем списке, что указывает системе на необходимость размещения этих элементов внизу болта, а не у его головки. Установите переключатель в положение Главный вид, а в области Рисовать участок снимите флагок Средний. Если этот флагок установлен, значит, в изображении крепежного элемента болт будет отрисован от основания головки до шайбы. Поскольку на главном виде все крепежные элементы будут изображены без разреза, то нам эта часть изображения не нужна (ее все равно пришлось бы удалять вручную). Сняв данный флагок, вы автоматически избавитесь от части изображения болта, невидимой за фланцами крышки и корпуса.

Для построения крепежных элементов сделайте следующее.

1. Создайте новый слой, назовите его Крепеж и сделайте текущим.
2. Нажмите кнопку Вертикальная прямая на панели Геометрия. Постройте вертикальные прямые, проходящие через центры всех крепежных элементов (их сечений) на виде сверху. Таких прямых должно быть семь, четыре для болтов на бобышках и три для болтов на фланцах.
3. Выберите в конструкторской библиотеке объект Крепежный элемент. Появится диалоговое окно (см. рис. 2.119).

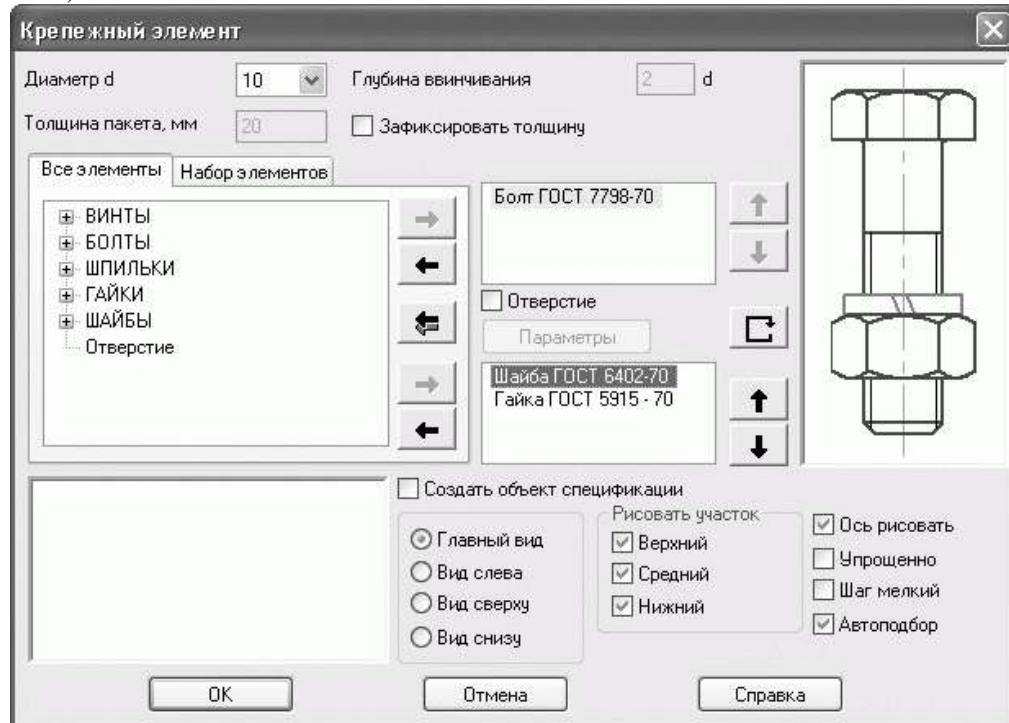


Рис. 2.119. Диалоговое окно Крепежный элемент

4. Выберите из раскрывающегося списка Диаметр d значение 10 (диаметр болтов, соединяющих фланцы), остальные параметры настройте, как было описано выше.
5. Нажмите OK, чтобы начать вставку. При этом помещаемый крепежный элемент свободно перемещается по чертежу и отрисовывается фантомом (напомню, фантом – это временное изображение объекта тонкими линиями в серых тонах). Щелкните кнопкой мыши на точке пересечения крайней левой вспомогательной прямой и верхней границы фланца крышки редуктора. После фиксации головки болта крепежного пакета отрегулируйте его длину (она свободно изменяется), зафиксировав вторую точку на той же вертикальной прямой, но на нижней границе фланца корпуса (рис. 2.120, а). Обратите внимание: несмотря на то что в фантоме крепежного элемента болт был отрисован полностью, после окончательной фиксации пакета в чертеже средний участок его пропадает (не изображается), как и было указано в окне настроек библиотеки (рис. 2.120, б).

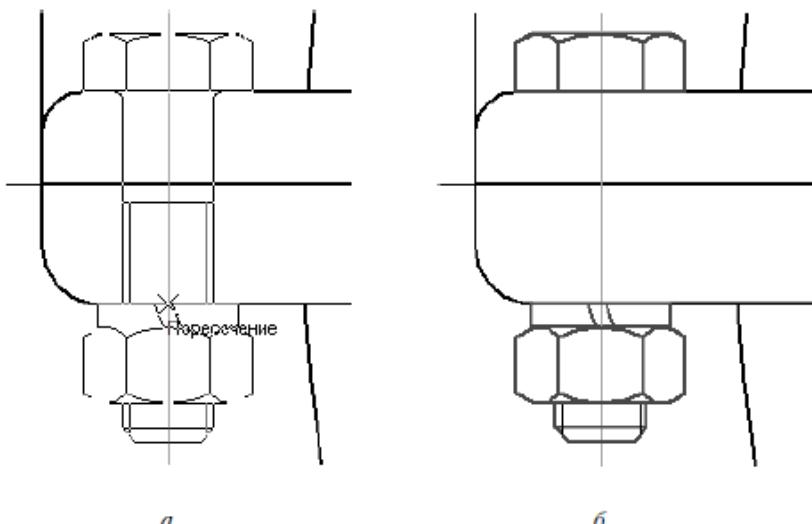


Рис. 2.120. Крепежный элемент: размещение фантома на чертеже (а), зафиксированный элемент (б)

6. Не выходя из библиотечной команды (то есть не прерывая процесс вставки), постройте еще два таких же крепежных элемента. После перейдите к формированию крепежа на бобышках. По составу он ничем не отличается от крепежного пакета, соединяющего фланцы корпуса и крышки, только диаметр соединения (диаметр резьбы болта, гайки и диаметр шайбы) несколько больше – 14 мм. Для этой цели воспользуйтесь командой меню текущей операции библиотеки – Параметры. Если вы не завершили выполнение текущей библиотечной операции, то меню будет доступно в левом верхнем углу главного окна программы (рис. 2.121). Дважды щелкнув на пункте Параметры, вы вновь вызовете окно Крепежный элемент, в котором можно настроить параметры новых крепежных пакетов и продолжить их ввод. В нашем случае необходимо лишь изменить диаметр, выбрав из раскрывающегося списка значение 14. Нажмите ОК и продолжите размещение крепежа на чертеже (убедитесь, что диаметр всех составляющих крепежного пакета изменился и стал равен 14 мм). Аналогично созданию соединений на фланцах, постройте четыре крепежных элемента на бобышках главного вида. Удалите часть контура крышки и корпуса, которая была перекрыта изображением болта крайней правой бобышки.

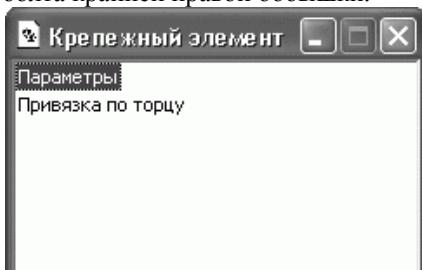


Рис. 2.121. Меню операции вставки крепежного элемента из библиотеки  
Совет

Возможно, вы обращали внимание, что окно, похожее на показанное на рис. 2.121, появлялось при выполнении различных библиотечных команд. Советую чаще пользоваться присутствующими в нем командами. Например, при вставке одиночного болта или гайки в таком меню присутствуют команды для динамического переключения типа отображения (вид сбоку, вид сверху и т. п.), что позволяет вставить в чертеж несколько видов одного и того же объекта без вызова диалогового окна настроек элемента. Команды меню различаются для каждой конкретной библиотеки.

7. Удалите все вспомогательные прямые.

Иногда, согласно требованиям выполнения и оформления сборочных чертежей, один или несколько крепежных элементов необходимо показывать в разрезе. Вы можете вручную дорисовать отверстие болта, однако система КОМПАС-График предлагает более изящное решение.

Допустим, необходимо показать «открытым» первый слева болт, соединяющий фланцы корпуса и крышки. Дважды щелкните на нем, чтобы запустить его редактирование. Поскольку этот крепежный пакет является библиотечным элементом, то при двойном щелчке на нем будет вызвана библиотечная команда, при помощи которой этот элемент создавался, то есть диалоговое окно Крепежный элемент. В этом окне установите флажок Средний в области Рисовать участок и флажок Отверстие (он обеспечит создание линий отверстия в которое вставляется болт). Нажмите кнопку ОК и посмотрите на чертеж: большую часть из того, что необходимо для выреза, система сформировала самостоятельно! Вам остается только добавить кривую Безье (выполненную стилем линии Для линии обрыва), ограничивающую вырез, и создать штриховку (рис. 2.122).

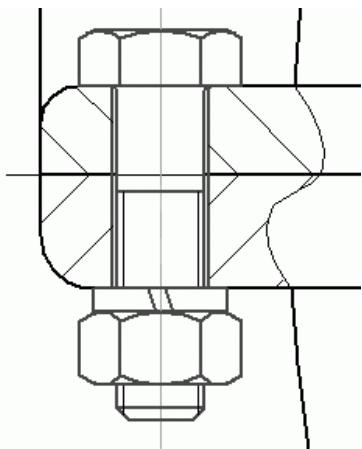


Рис. 2.122. Крепежный элемент (показан в вырезе)

Мы успешно завершили рисование изображения главного вида (рис. 2.123), а значит, и всего достаточно сложного сборочного чертежа машиностроительного редуктора в системе КОМПАС-График. Перед нами на листе формата А2 размещены два ортогональных проекционных вида, связанных между собой и построенных точно по размерам, полученным в результате проектного расчета. Однако это еще не чертеж, а всего лишь рисунок. Чтобы созданное изображение стало настоящим чертежом, не хватает размеров, точно определяющих геометрию и взаимное положение деталей редуктора, а также пронумерованных позиций, которые позже будут связаны с соответствующими строками в спецификации, описывающими ту или иную деталь.

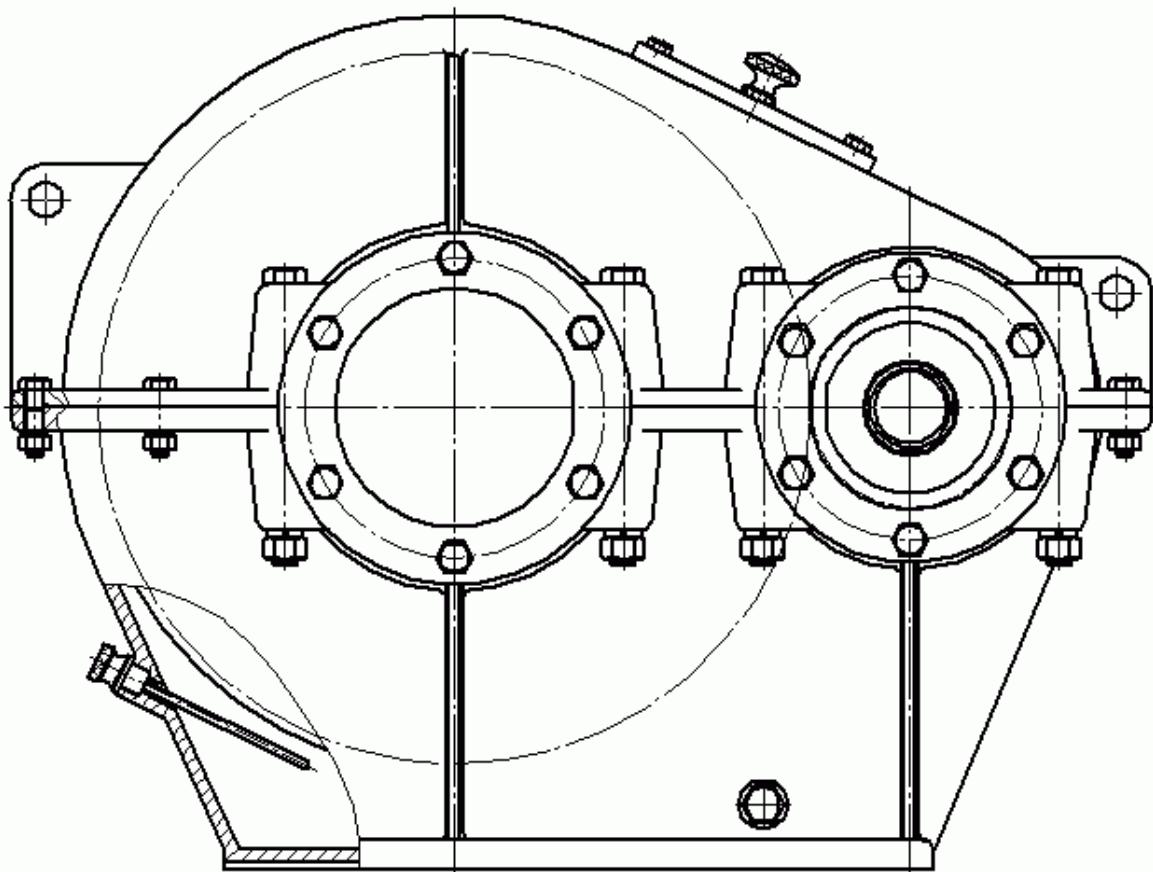


Рис. 2.123. Чертеж редуктора (главный вид)

#### Проставление размеров и позиций

На чертежах редукторов, как правило, проставляются такие основные типы размеров:

- габаритные;
- присоединительные (с указанием квалитетов, допусков и посадок, где необходимо);
- межосевое расстояние;
- размеры и размещение фундаментных болтов (в примере не создаются).

Иногда на чертежах размещают и другие размеры, например диаметры крепежных элементов или зубчатых колес, хотя это нежелательно. Перенасыщенность чертежа размерами только усложняет его чтение и понимание. Вообще, на сборочном чертеже должны быть только те размеры, которые необходимы при сборке

механизма, а также монтаже редуктора на раме, а размеры для точного изготовления деталей проставляются на деталировочных чертежах.

Начнем с нанесения трех габаритных размеров: наибольшие габариты по длине, высоте и ширине редуктора. Чтобы как-либо отделить размеры от остального изображения, создайте на главном виде новый слой Размеры (это последний слой, который мы создадим). Нажмите кнопку Линейный размер на панели Размеры.

Укажите по очереди крайнюю левую и крайнюю правую точки главного вида (рис. 2.124). На панели свойств в группе кнопок Тип нажмите кнопку Горизонтальный Переместите указатель мыши вверх и зафиксируйте третью точку, определяющую положение размерной линии. Значение размера будет определено автоматически (разумеется, с учетом масштаба текущего вида).

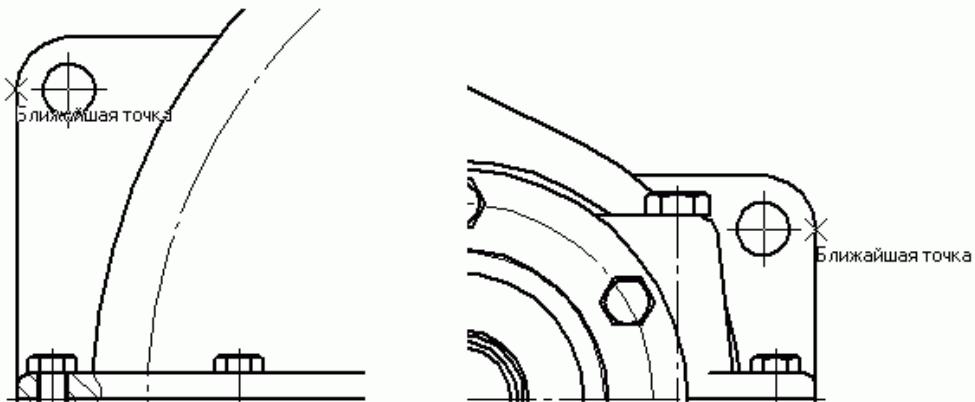


Рис. 2.124. Указание точек для нанесения габаритного размера

#### Внимание!

Всегда размещайте размеры, значение которых устанавливается по умолчанию, в том же виде, что и объект, для которого они размещаются! В противном случае вы рискуете получить неверное значение номинала в размерной надписи, если масштаб вида изображения и масштаб вида, где проставлены размеры, не совпадают.

По аналогии постройте габаритный размер по высоте редуктора (между самой высшей точкой крышки редуктора и опорной плоскостью лапы корпуса). В этом случае необходимо создавать вертикальный размер. Зафиксировать размерную линию желательно справа, где-то за пределами изображения.

Чтобы создать третий габаритный размер (по ширине), перейдите в вид сверху и создайте в нем новый слой также с названием Размеры. Сделайте этот слой текущим. С помощью инструмента Линейный размер постройте вертикальный размер между крайними точками тихоходного и быстроходного валов (рис. 2.125).

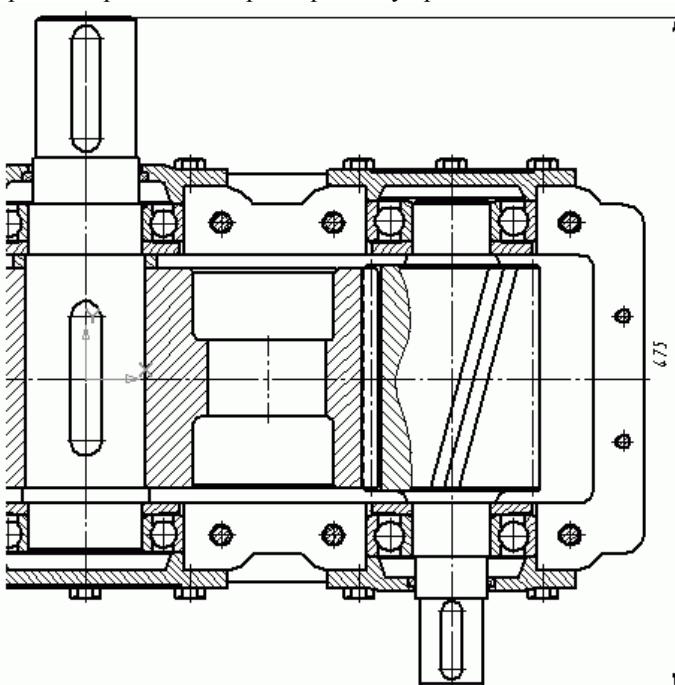


Рис. 2.125. Габаритный размер по ширине

Теперь расставим присоединительные размеры. Они включают диаметры сопрягаемых участков валов (с указанием допусков и квалитетов), длину выходных ступеней обоих валов, а также диаметры и привязки центров отверстий под фундаментные болты в лапах редуктора (эти размеры в примере пропущены).

Не выходя со слоя Размеры в виде сверху, опять используйте инструмент Линейный размер. Создайте вертикальный размер, обозначающий диаметр ступени под подшипник ведомого вала, но не спешите задавать третью точку для фиксации размерной надписи. Как вы понимаете, для этого размера обязательно нужно указать квалитет. Чтобы настроить размерную надпись, щелкните на поле Текст панели свойств, в результате чего появится диалоговое окно Задание размерной надписи (см. рис. 2.47). В этом окне установите переключатель Символ в положение Ж. После этого в поле предварительного просмотра в нижней части окна перед значением номинала должен отобразиться соответствующий значок. В поле размера номинала должно быть реальное значение размера – 80 мм, а флажок Авто должен быть установлен.

Щелкните на кнопке Квалитет для вызова окна выбора квалитета (рис. 2.126). Установите переключатель Показать квалитеты для в положение вала. В списке Предпочтительные выберите значение k6 и щелкните на кнопке OK. В окне Задание размерной надписи установите флажок Включить справа от поля со значением квалитета и нажмите OK. После этого вы можете зафиксировать положение размерной надписи (рис. 2.127).



Рис. 2.126. Диалоговое окно Выбор квалитета

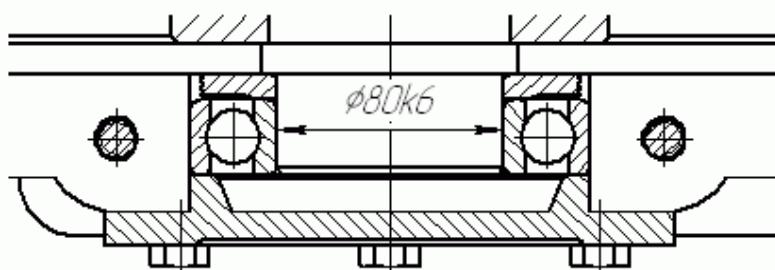


Рис. 2.127. Размер с квалитетом ступени вала под подшипник

Создавая предыдущий размер, мы выбирали квалитет только для вала, поскольку квалитет отверстия насыженного на него подшипника не указывается (подшипник – стандартная деталь). Однако, формируя размер для ступени вала, сопряженной с зубчатым колесом, квалитет нужно будет указывать и для колеса, и для вала. К сожалению, в этом случае размерную надпись придется дополнять нужной информацией вручную. Соединение зубчатого колеса с валом, как правило, выполняется по посадке H7/r6. Для добавления такой надписи после значения номинала необходимо в окне Задание размерной надписи установить курсор в поле Текст после, далее выполнить команду меню данного окна Вставить > Дробь > Средней высоты и вручную набрать в числителе квалитет отверстия в колесе H7, а в знаменателе – квалитет вала r6. Не забудьте выбрать значок диаметра. После фиксации размерной надписи вы получите следующее изображение размера на чертеже (рис. 2.128).

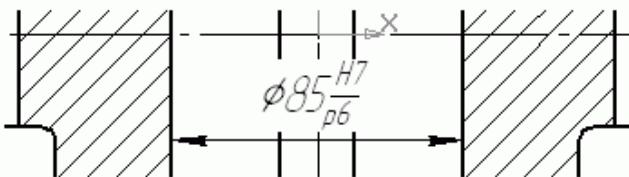


Рис. 2.128. Размер посадки колеса на вал

Подобно размещению размера на участке вала под подшипник, проставьте диаметры всех остальных ступеней вала, а также длину последнего участка (рис. 2.129). Создайте такой же набор размеров для ведущего вала.

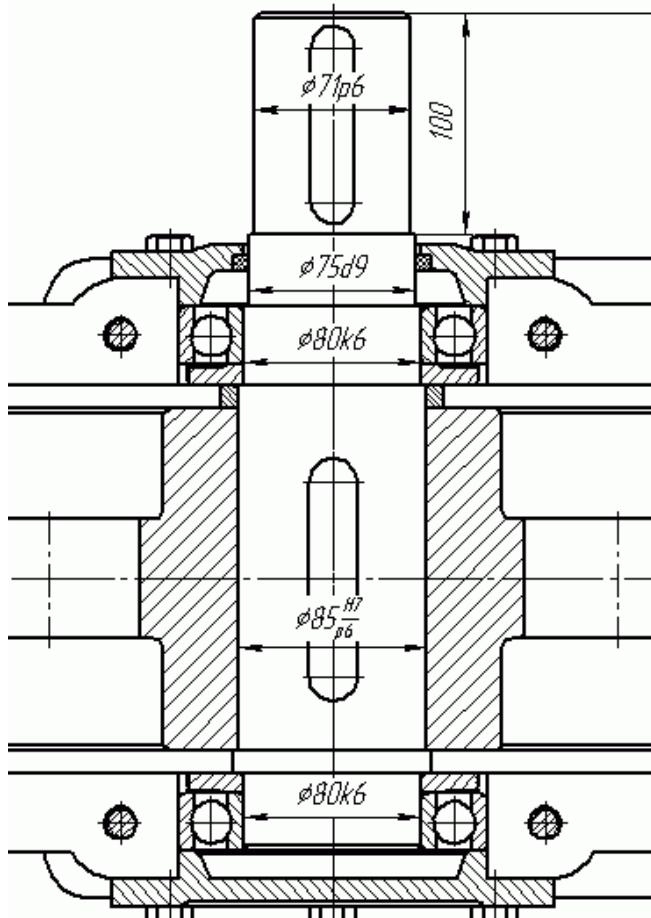


Рис. 2.129. Размеры ступеней ведомого вала

Теперь нужно проставить межосевое расстояние. Этот размер лучше всего разместить на главном виде, для чего перейдите в этот вид, сделайте текущим слой Размеры и постройте горизонтальный размер между двумя вертикальными осевыми.

Мы подошли к завершающему этапу создания сборочного чертежа редуктора. Осталось лишь проставить обозначения позиций ко всем деталям, входящим в редуктор. В этом нет ничего сложного, особенно по сравнению с той работой, которую мы уже проделали. В КОМПАС-График разместить все позиции можно за один вызов команды Обозначение позиций (ее кнопка находится на панели Обозначения).

Перейдите в системный вид чертежа (он имеет нулевой номер). Масштаб вида здесь не имеет значения, поскольку позиционные линии-выноски лишь указывают на деталь, но не определяют ее геометрические размеры. Нажмите кнопку Обозначение позиций. Для размещения позиционной линии достаточно указать всего две точки на чертеже: первая – точка, в которую упирается линия-выноска (то есть любая точка на изображении детали, которой отвечает текущая позиция), вторая – опорная точка для размещения полки с номером позиции. После задания второй точки иногда еще приходится редактировать размещение полки – слева или справа от указанной точки. Для этого существуют две кнопки-переключателя на панели свойств. В принципе, это все. Следить за правильностью нумерации позиций не надо (система отслеживает это автоматически), поэтому вам не нужно будет вводить какие-либо значения вручную. Для объединения позиций (так иногда поступают при обозначении крепежного элемента, состоящего из нескольких стандартных деталей, чтобы не перенасыщать чертеж линиями-выносками) вы можете заполнить надпись позиционной линии выноски в окне Введите текст (рис. 2.130). Это окно вызывается щелчком кнопки мыши на поле Текст панели свойств.

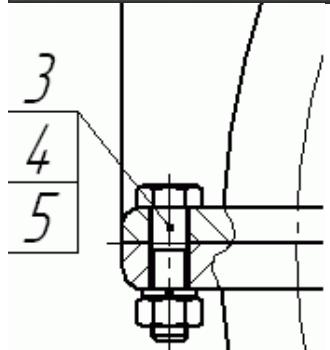
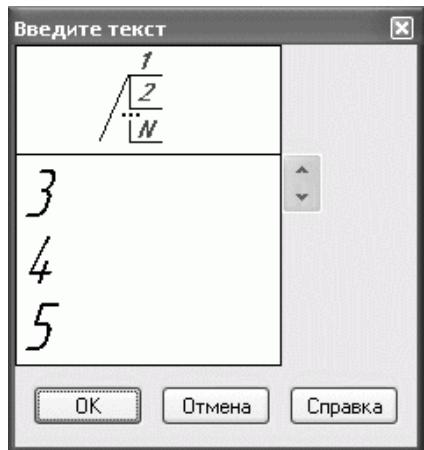


Рис. 2.130. Объединение нескольких позиций

Проставив все позиции для стандартных и уникальных деталей (всего в редукторе их должно быть 31), вы можете выровнять положение полок, используя команды системного меню Инструменты > Выровнять позиции по горизонтали и Инструменты > Выровнять позиции по вертикали или кнопки Выровнять позиции по горизонтали и Выровнять позиции по вертикали, находящиеся в одной группе с кнопкой Обозначение позиций на панели Измерения. Для этого выделите позиции, которые собираетесь выравнивать, выполните соответствующую команду и укажите точку, по которой система выравнивает полки с номерами позиций. Чертеж одноступенчатого цилиндрического редуктора полностью готов (рис. 2.131).

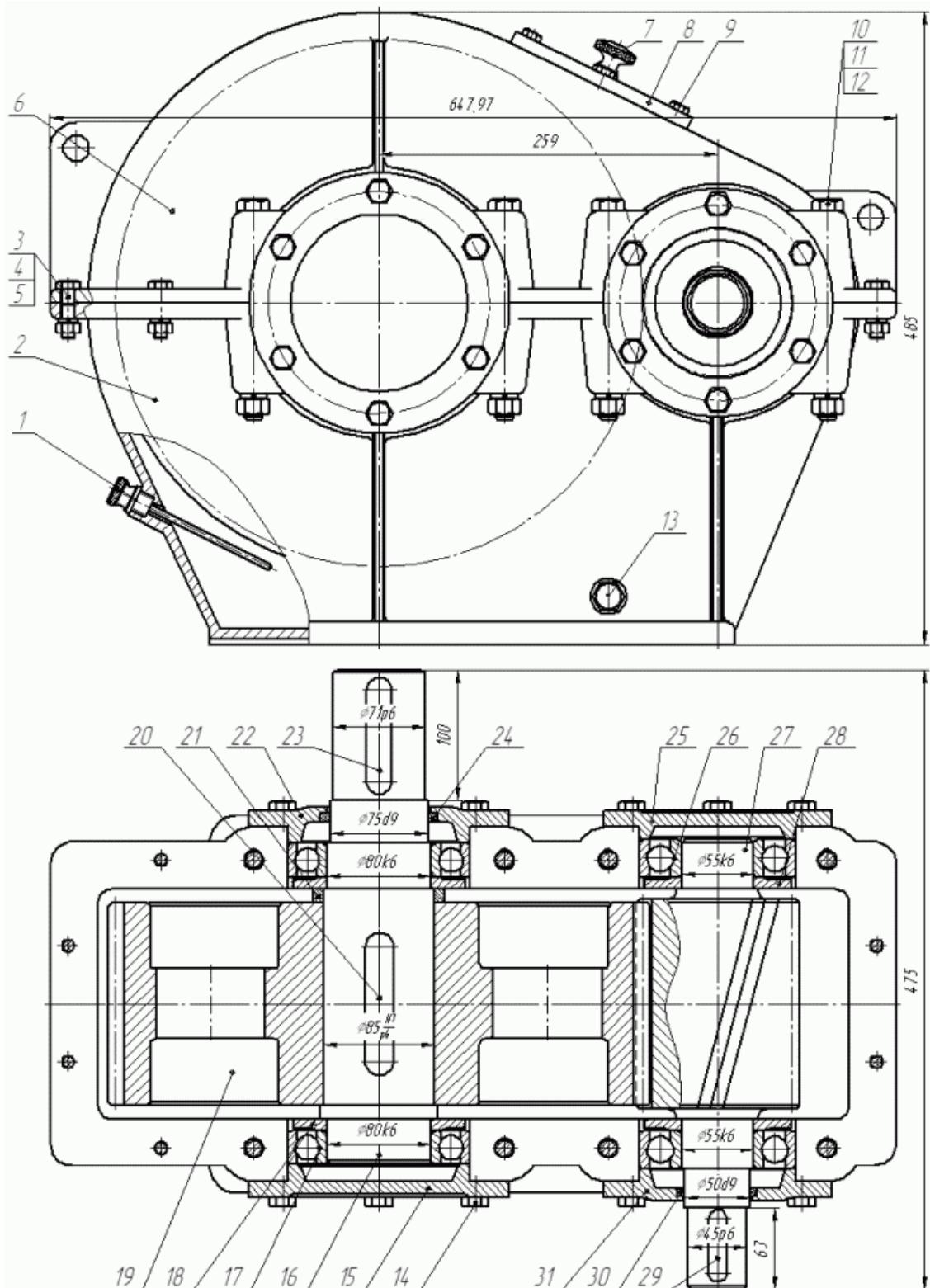


Рис. 2.131. Цилиндрический одноступенчатый редуктор