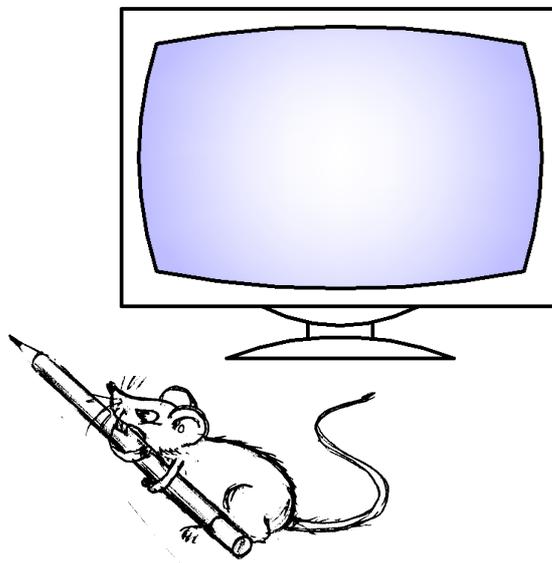


Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный  
университет (СибАДИ)»



**О.А. Мусиенко, О.М. Третьяк, И.И. Ширлина**

# **ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**Учебное пособие**

**Омск – 2017**

УДК 514.18:004.92  
ББК 22.151.34:32.973.26-018.2  
М91

---

Согласно 436-ФЗ от 29.12.2010 «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию» данная продукция маркировке не подлежит.

---

*Рецензенты:*

начальник отдела искусственных сооружений С.В. Козырев (ОАО проектно-изыскательского института ТюменьДорПроект);  
канд. техн. наук, доц. В.Е. Русанов (СибАДИ)

Работа утверждена редакционно-издательским советом СибАДИ в качестве учебного пособия.

**Мусяенко, Ольга Алексеевна.**

**М91 Геометрическое компьютерное моделирование [Электронный ресурс] :** учебное пособие / О.А. Мусяенко, О.М. Третьяк, И.И. Ширлина. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2017. – Режим доступа: ....., свободный после авторизации. – Загл. с экрана.  
ISBN 978-5-00113-009-3.

Рассмотрены основные приемы работы в графическом редакторе AutoCAD, примеры построения чертежей.

Имеет интерактивное оглавление в виде закладок.

Рекомендовано для обучающихся всех специальностей, направлений и форм обучения, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий.

Работа выполнена на кафедре «Начертательная геометрия, инженерная и машинная графика».

Текстовое (символьное) издание (5,2 МБ)

Системные требования : Intel, 3,4 GHz ; 150 МБ ; Windows XP/Vista/7 ; DVD-ROM ;  
1 ГБ свободного места на жестком диске ; программа для чтения pdf-файлов  
Adobe Acrobat Reader ; Google Chrome

Редактор И.Г. Кузнецова

Издание первое. Дата подписания к использованию 09.06.2017

Издательско-полиграфический комплекс СибАДИ. 644080, г. Омск, пр. Мира, 5  
РИО ИПК СибАДИ. 644080, г. Омск, ул. 2-я Поселковая, 1

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2017

## ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия обязательным условием выполнения чертежей при проектировании зданий и транспортных сооружений стало оформление их с помощью компьютера. AutoCAD является одной из самых мощных современных программ, позволяющих создавать сложнейшие чертежи строительных и машиностроительных конструкций.

В данном пособии предлагается изучение графического редактора AutoCAD с помощью методического комплекса, состоящего из практических рекомендаций и теоретического материала. Результатом освоения материала данного пособия является выполнение графических работ. Для оптимального изучения программы из всего разнообразия команд, режимов и других инструментов AutoCAD предлагаются к ознакомлению лишь самые необходимые, которые рассматриваются при пошаговом выполнении графических работ.

### 1. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ В СИСТЕМЕ AUTOCAD

Система AutoCAD разработана американской фирмой Autodesk в начале 80-х гг. Каждый год на рынке появляются новые версии программы. С 1999 г. после нескольких первых версий программы, работавших в DOS, была разработана 15-я версия AutoCAD (AutoCAD 2000) под Windows 95.

Для использования AutoCAD 2014 необходим компьютер с двухъядерным процессором 2,2 ГГц (с поддержкой SSE2), с оперативной памятью 2 Гбайт, на винчестере необходимо иметь 250 Гбайт под программное обеспечение и не менее 2 Гбайт для временных файлов, появляющихся во время сеансов работы. Также необходимо оставить место для хранения создаваемых файлов.

#### 1.1. Начало работы

При запуске программы используют ярлык  или кнопку *Пуск* → *Все программы* → *Autodesk* → *AutoCAD 2014*. После загрузки программа предлагает выбрать режим работы с помощью окна *Создание нового чертежа* (рис. 1). При создании нового чертежа можно выбрать один из возможных режимов работы: *Открытие чертежа*; *Простейший шаблон*; *По шаблону*; *Вызов мастера*.

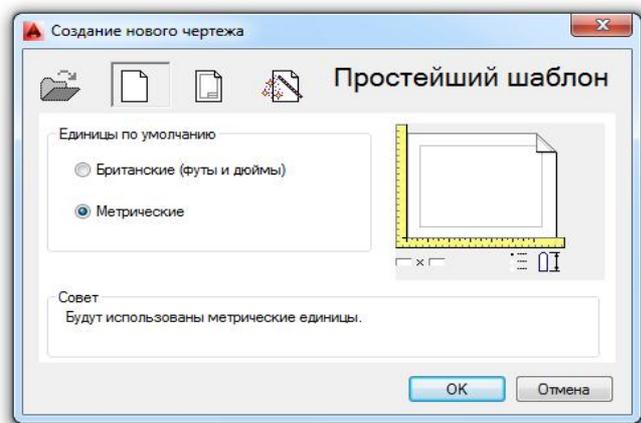


Рис. 1. Начальное окно

Не имея шаблона чертежа, соответствующего ГОСТам ЕСКД, начинающий пользователь может создать свой первый чертеж в режиме *Создание нового чертежа*, выбрав метрические единицы измерения и задав границы чертежа. При необходимости это окно будет появляться при создании нового чертежа после задания команды *Startup* ↓ → 1 ↓.

## 1.2. Пользовательский интерфейс

Начав свой первый чертеж с простейшего шаблона, пользователь оказывается перед главным экраном программы (рис. 2). Последние версии программы AutoCAD предлагают интерфейс с лентами команд.

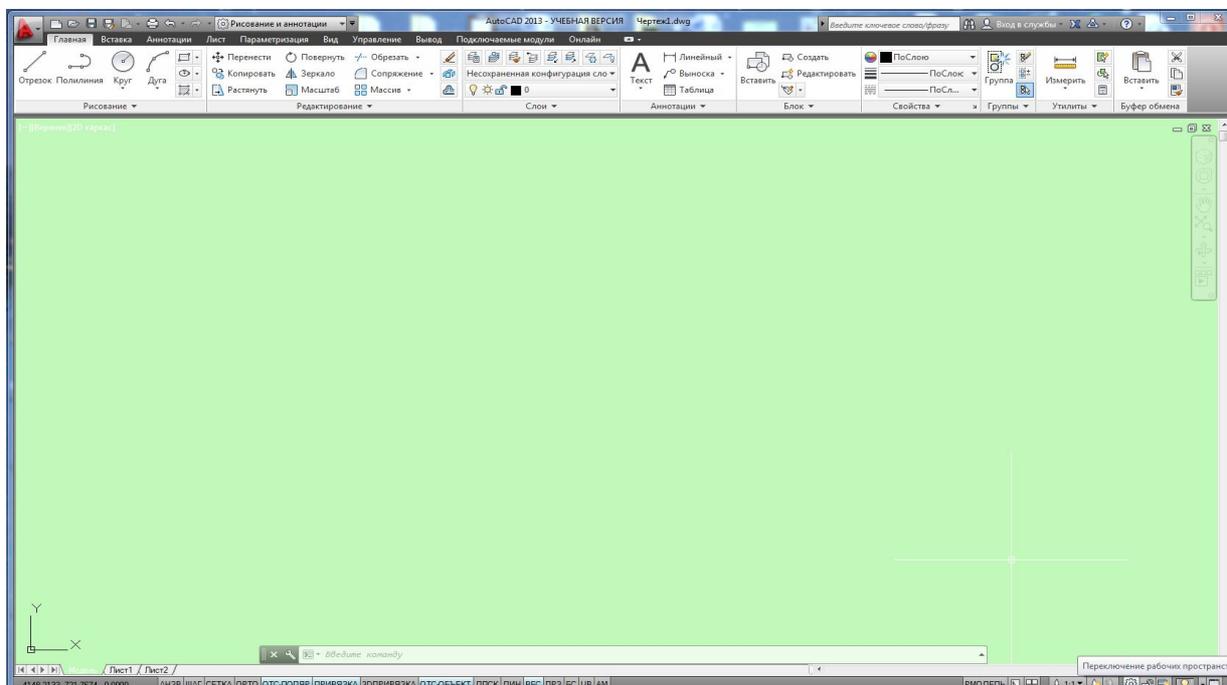


Рис. 2. Интерфейс графического редактора AutoCAD 2014

Однако можно создать свой собственный интерфейс с удобным для работы набором панелей (рис. 3). Для этого в нижней части интерфейса можно вызвать переключение рабочих пространств кнопкой . Затем, выбрав из появившегося списка позицию **Классический AutoCAD**, можно удалить лишнее и выбрать панели **Стандартная**, **Слои**, **Свойства**, **Рисование**, **Редактирование**, **Сведения**, **Рабочие пространства**, **Объектные привязки**. Список панелей появляется при нажатии правой кнопки мыши на любой из панелей. Дальнейшее объяснение будет обращаться к классическому интерфейсу, созданному и сохраненному последовательностью команд **Сервис** → **Рабочие пространства** → **Сохранить текущее как...** Рассмотрим элементы созданного классического интерфейса.

В свободной области (в середине экрана) – в *графической зоне* – наносят элементы чертежа.

Верхняя строка экрана – *падающее командное меню*: **Файл**, **Правка**, **Вид**, **Вставка**, **Формат**, **Сервис**, **Рисование**, **Размеры**, **Редактировать**, **Параметризация**, **Окно**, **Справка**. Для вызова необходимой команды щелчком левой кнопки мыши открывают падающее меню, выбрав соответствующую страницу из указанных выше.

В нижней части экрана расположены кнопки вкладок **Модель**, **Лист 1**, **Лист 2**. Они используются при переключении между пространствами модели и листа.

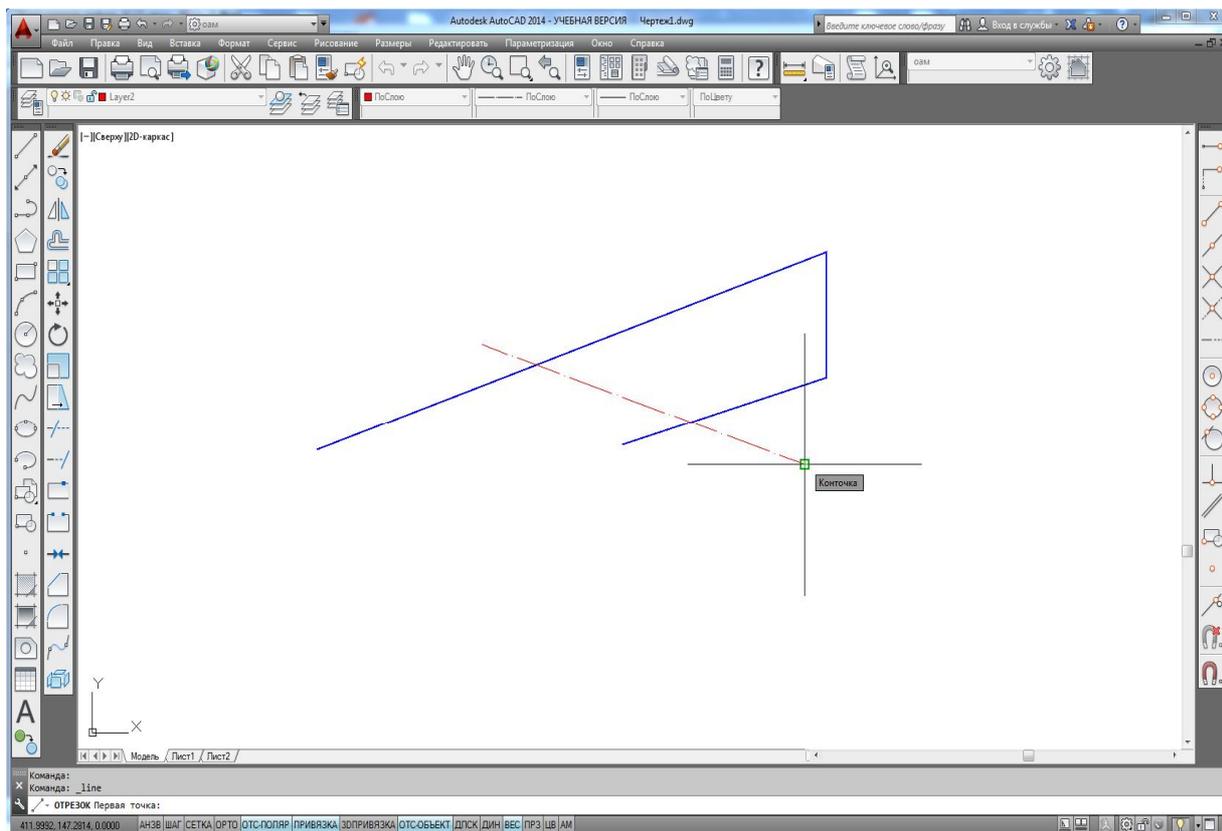


Рис. 3. Классический интерфейс

Ниже строки вкладок расположена область, через которую происходит диалог пользователя с системой. В последних версиях программы ее можно удалить или восстановить командами **Сервис** → **Командная строка** (Ctrl+9).

Ниже зоны командных строк находится строка режимов, в которой расположены счетчик координат и кнопки режимов. Из всего разнообразия, щелкнув правой кнопкой мыши в режимной строке, можно отобразить на интерфейсе только необходимые для работы режимы (рис. 4):

- **ШАГ** – привязка к сетке (F9);
- **СЕТКА** – отображение сетки на экране (F7);

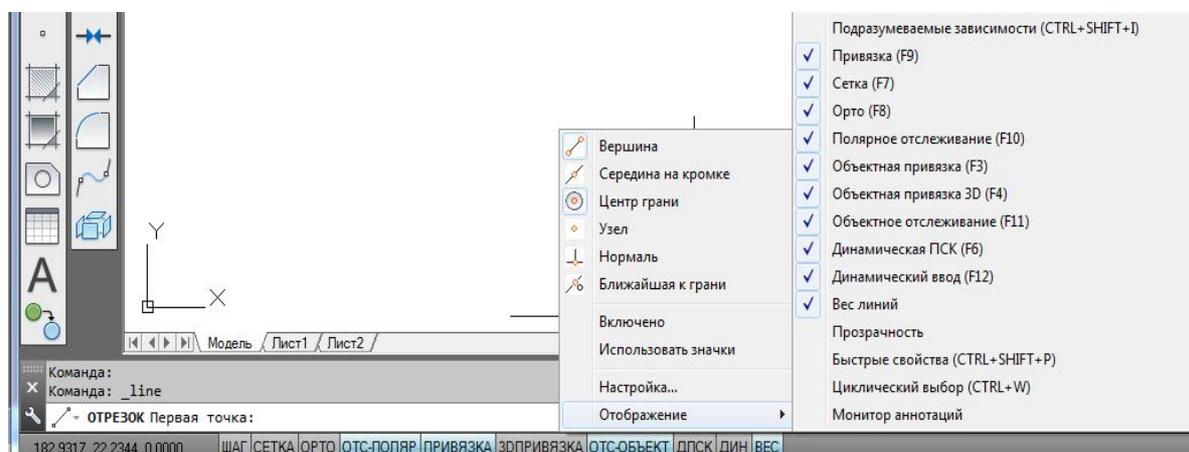


Рис. 4. Настройка режимной строки

- **ОРТО** – прямоугольная привязка (F8);
- **ОТС-ПОЛЯР** – полярное отслеживание (F10);
- **ПРИВЯЗКА** – объектная глобальная привязка (F3);
- **3D ПРИВЯЗКА** – объектная глобальная привязка 3D (F4);
- **ОТС-ОБЪЕКТ** – объектное отслеживание (F11);
- **ДПСК** – динамическая пользовательская система координат (F6);
- **ДИН** – динамический ввод данных (F12);
- **ВЕС** – вес (толщина) линий.

Настройку шага сетки, величины угла трассировки линий, выбор глобальных привязок можно выполнить, выбрав окно **Настройка...** щелчком правой кнопки мыши в режимной строке (см. рис. 4). Наиболее удобным для дальнейшего выполнения графических работ является сочетание режимов, показанное активным на рисунке. Масштаб отображения толщины (веса) линии корректируют в окне **Параметры весов линий**, которое открывают с помощью операций **Формат → Веса линий...**

### 1.3. Использование мыши

Левая кнопка мыши в AutoCAD, так же как и в других современных программах, является кнопкой выбора. То есть если нужно выбрать команду в падающем меню, нужную пиктограмму, указать точки при выполнении графического объекта или выделить примитив для редактирования, то используют левую кнопку мыши (такое использование в литературе часто называют щелчком мыши, а в данном пособии будет обозначаться ЛКМ).

Правую кнопку мыши часто используют для обращения к контекстному меню. Контекстное меню при щелчке правой кнопкой мыши (в дальнейшем изложении ПКМ) в различных областях интерфейса отличается по содержанию:

- на любой панели интерфейса вызывает список панелей программы AutoCAD (рис. 5);
- в командной строке щелчок ПКМ позволяет вызвать окно **Параметры...** программы AutoCAD. В этом окне, открыв вкладку **Экран**, можно изменить цвет экрана, величину курсора и мишени (рис. 6);
- в графической зоне содержание контекстного меню зависит от выполняемой в данный

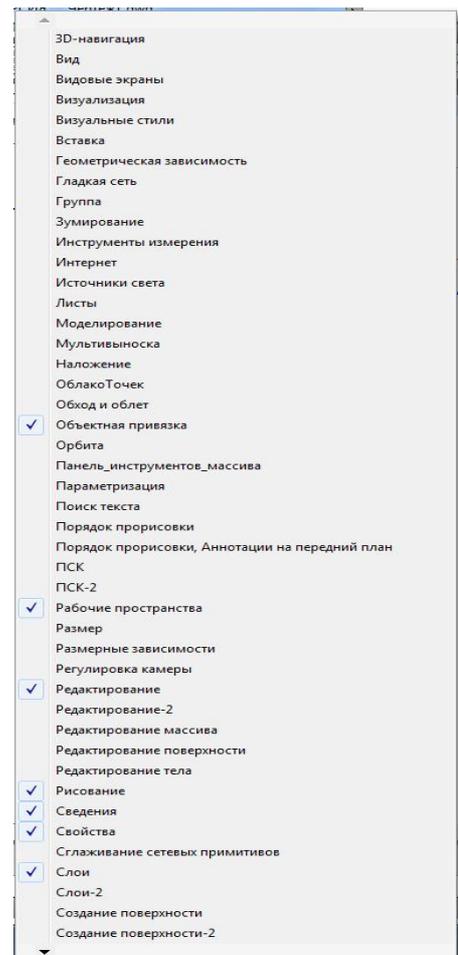


Рис. 5. Список панелей

момент операции. Например, при выполнении команды **Круг** щелчок ПКМ в графической зоне откроет контекст данной команды (рис. 7), что позволит выбрать нужную опцию в этом контекстном меню щелчком ЛКМ.

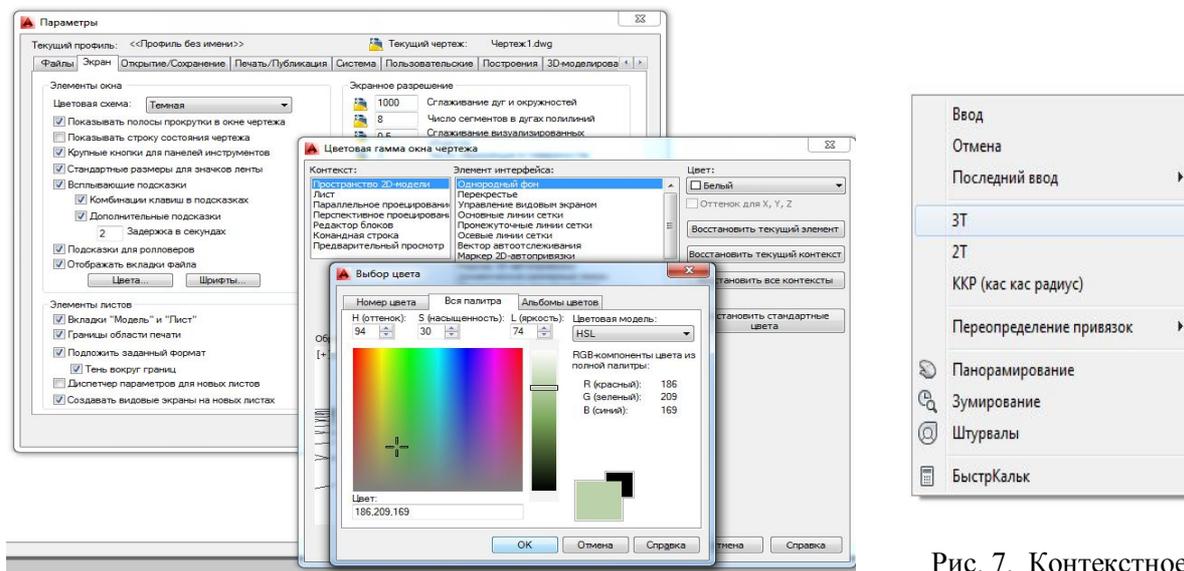
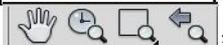


Рис. 6. Окно *Параметры...*

Рис. 7. Контекстное меню команды **Круг**

#### 1.4. Управление изображением на экране

Для перемещения и изменения величины изображения на экране используют кнопки, расположенные на стандартной панели , а также горизонтальную и вертикальную линейки прокрутки.

С помощью кнопки **Панорамирование в реальном времени**  изображение передвигают по экрану. После активизации данной команды курсор изменяет свой вид и его перемещают по экрану нажатием и удержанием ЛКМ. При этом вместе с курсором передвигается все изображение.

Кнопка **Зумирование в реальном времени**  позволяет увеличивать и уменьшать изображение на экране. Для этого щелчком мыши на данной кнопке активизируют команду и затем перемещают курсор в поле чертежа. Величина изображения будет увеличиваться и уменьшаться при диагональных движениях нажатой и удержанной ЛКМ.

Возврат к предыдущему окну просмотра осуществляется с помощью кнопки **Показать предыдущий**  панели **Стандартная**.

Третьей кнопкой в ряду кнопок зумирования и панорамирования расположена групповая кнопка . Если нажать и удерживать на ней ЛКМ, то появится панель с девятью опциями (рис. 8). Эти команды, как и все команды панорамирования и зумирования, являются прозрачными, то есть их использование не требует прерывания выполнения других команд.

Опция **Показать рамкой** позволяет двумя щелчками ЛКМ показать диагональные углы рамки, которая будет увеличена до размеров графической зоны.

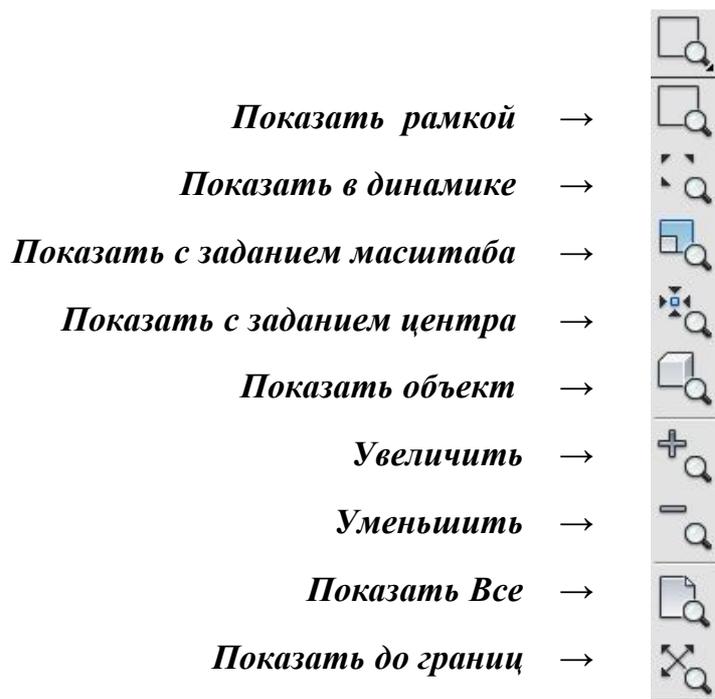


Рис. 8. Меню зумирования экрана

Опция *Показать в динамике* позволяет в динамическом режиме выбрать новое окно просмотра.

Опция *Показать с заданием масштаба* позволяет изменять масштаб изображения на экране в соответствии с масштабом, выбранным самим пользователем.

При выборе опции *Показать с заданием центра* система запрашивает центр и затем вертикальный размер будущего окна.

Опция *Показать объект* позволяет увеличить выбранный объект до границ экрана.

С помощью опции *Увеличить* происходит увеличение изображения на экране в 2 раза (по умолчанию).

С помощью опции *Уменьшить* происходит уменьшение изображения на экране в 2 раза (по умолчанию).

Опция *Показать Все* позволяет показать все выполненные объекты и границы чертежа.

Опция *Показать до границ* позволяет показать все выполненные на данном чертеже объекты, выбирая прямоугольник окна просмотра по границам этих объектов.

## 1.5. Общие приемы выполнения чертежа

Операции выделения объектов для редактирования выполняют:

– с помощью *рамки*: щелчком ЛКМ указывают 2 точки на экране, выполняя рамку слева направо, при этом выделяются объекты, попавшие внутрь рамки;

– с помощью *секущей рамки*: щелчком ЛКМ указывают 2 точки на экране, выполняя рамку справа налево. При этом выделяются все объекты, пересеченные рамкой и попавшие в нее;

– с помощью щелчка мыши на данном объекте.

Существуют и другие приемы выбора объектов.

Во время выполнения какой-нибудь операции редактирования выбор объектов можно осуществлять после запроса системы в командной строке **Выбрать объекты**. Выбор объектов завершается нажатием клавиши  $\downarrow$  *Enter*.

Нажатие, удерживание ролика мыши и одновременное смещение курсора помогает двигать весь чертеж по экрану. Простое вращение ролика мыши увеличивает или уменьшает размер отображения чертежа на экране.

## 1.6. Способы ввода команд

Команды программы AutoCAD можно вызвать несколькими способами:

– выбором соответствующего пункта падающего меню;

– щелчком мыши на пиктограмме соответствующей панели команд;

– выбором нужного пункта экранного (контекстного) меню;

– набором на клавиатуре названия команды в командной строке (в ответ на запрос программы **Команда:**). Название команды можно набирать как на русском, так и на английском языке и вводить её нажатием клавиши  $\downarrow$  *Enter*;

– в последних версиях программы выбор опции команды можно выбрать как в контекстном (экранном) меню, так и щелчком мыши прямо в командной строке (рис. 9). Также опцию команды можно ввести в командной строке, набрав

буквы или цифры, которые в нужной опции в командной строке выделены прописными (большими) буквами.

Если в ответ на запрос программы **Команда:** сразу нажать клавишу  $\downarrow$  *Enter*, то AutoCAD повторит вызов предыдущей команды. Прервать выполнение команды можно, нажав на клавишу *Esc* или  $\downarrow$  *Enter*.

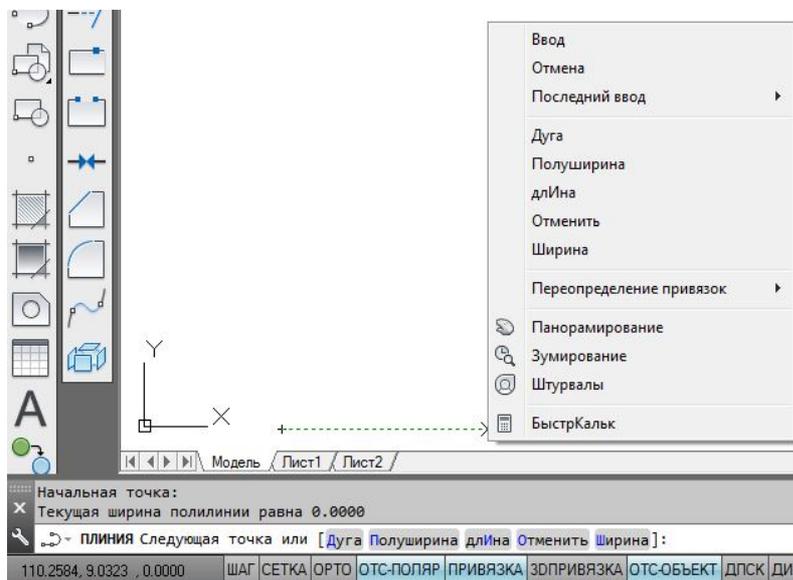


Рис. 9. Выбор опции команды **Полилиния**

## 1.7. Способ ввода точек. Использование привязок

Выполнение чертежей по размерам как «от руки», так и в среде AutoCAD требует обеспечения точности. Для этого система AutoCAD предлагает различные способы ввода точек, использование объектных привязок, пользовательской системы координат и др.

Кроме непосредственного ввода точек на экране с помощью щелчка мыши можно использовать иные способы ввода координат точек. При вводе точек с клавиатуры необходимо последовательно указать координаты X,Y на запрос системы в командной строке, например,

**43.3,55.7**

В этом случае числовые значения X и Y разделены запятой.

При необходимости используют относительный ввод координат с клавиатуры

**@25.5,33.2**

При этом новая точка будет введена относительно предыдущей со сдвигом по оси x на 25,5 мм и по оси y на 33,2 мм. Относительный ввод обеспечивает знак @. Числа могут быть как положительными, так и отрицательными.

Если известна длина прямой и угол ее наклона к оси x, то используют относительный ввод в полярных координатах с клавиатуры

**@44.2<30**

В этой строке @ – знак относительного ввода, далее вводится длина отрезка и после знака < (угол наклона) этого отрезка относительно положительного направления оси x.

Возможен также ввод точек с помощью объектной привязки. Привязкой в компьютерной графике называют перемещение курсора в одну из характерных точек уже построенных объектов (например, в центр окружности, к концу отрезка, в точку пересечения объектов и т.д.).

Доступ к различным функциям привязок осуществляют разными способами. Если необходимо длительное использование определенного набора привязок, то нажимают кнопку **Привязка** в строке режимов. Выбор необходимых привязок выполняют в диалоговом окне **Режимы рисования** вкладка **Объектные привязки** (рис. 10). Диалоговое окно открывают щелчком правой кнопкой мыши в области одной из кнопок режимов рисования.

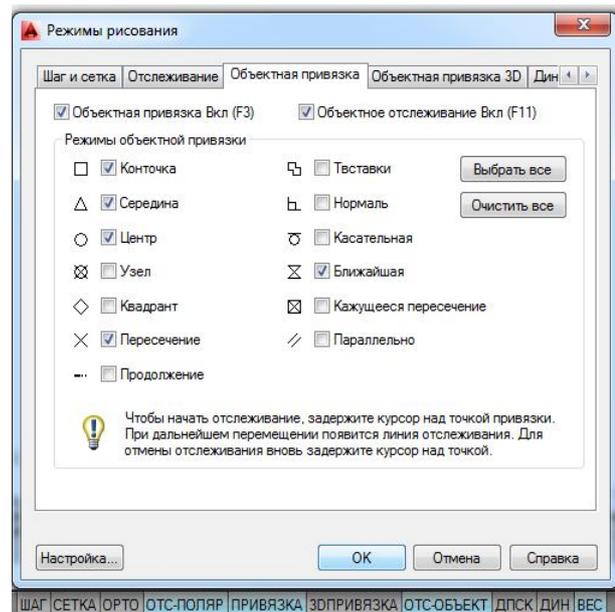


Рис. 10. Окно **Режимы рисования**

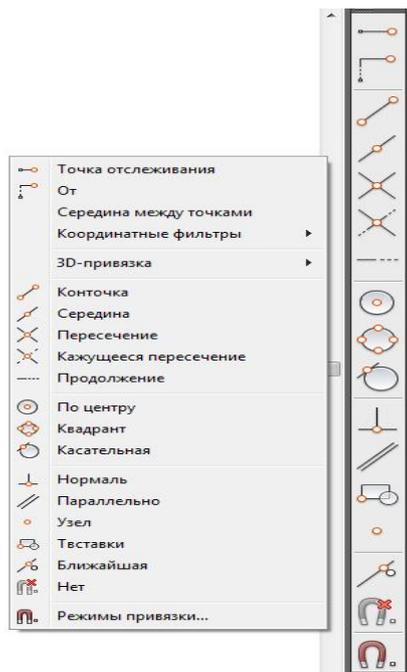


Рис. 11. Панель и контекстное меню *Объектные привязки*

Временные привязки, действующие на один щелчок мыши, выбираются либо на панели **Объектные привязки**, либо в контекстном меню, которое открывается щелчком ПКМ + *Shift* в графическом поле экрана (рис. 11).

Выбор большого количества глобальных привязок часто мешает использованию конкретной привязки. В этом случае выбор нужной привязки достигается нажатием клавиши *Tab* на клавиатуре.

Наиболее удобно сочетание глобальных привязок, показанных на рис. 10, и включение при необходимости временных привязок, таких как **Нормаль**, **Параллельно**, **От**, **Координатные фильтры** и др. Их подробное использование рассмотрено в последующем описании графической работы.

## 2. СОЗДАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Для выполнения чертежей необходимо уметь выполнять геометрические элементы, в компьютерной графике называемые примитивами. К простым примитивам относят такие элементы чертежа, как точка, отрезок, окружность, дуга, прямая, луч, эллипс, сплайн, текст и др.

К сложным примитивам относятся: полилиния, мультилиния, мульти-текст, размер, выноска, допуск, вхождение блока и внешней ссылки и т.д. В этом пособии рассмотрены наиболее часто употребляемые примитивы.

### 2.1. Отрезок

Для построения отрезка на чертеже, как и всех рассматриваемых далее команд, необходимо вызвать данную команду одним из перечисленных способов: выбором команды **Отрезок** в падающем меню **Рисование**, на панели инструментов выбором пиктограммы  или набором команды **Отрезок** в командной строке. Для дальнейшего изучения команд будем указывать только такое описание последовательности, как **Рисование** → **Отрезок**.

После вызова команды в командной строке появляется первый запрос:

*Первая точка:*

Точку указывают щелчком мыши в графической зоне экрана (для этого используют привязки) или набором координат (X, Y, Z) в командной строке.

После указания первой точки система выводит очередной запрос:

*Следующая точка или [Отменить]:*

Система предлагает выбор. Его можно осуществить с помощью контекстного меню, вызванного правой кнопкой мыши в графической зоне экрана. Это избавит пользователя от набора команды на клавиатуре. Содержание контекстного меню зависит от команды, выполняемой в данный момент. Для продолжения работы команды **Отрезок** в контекстном меню будут такие варианты: **Ввод**, **Отмена**, **Последний ввод**, **Отменить**, **Панорамирование**, **Зумирование**. Пункты **Ввод**, **Отмена** заканчивают работу команды (в данный момент они равносильны), команда **Отменить** отменяет последнюю введенную точку. Пункты **Панорамирование**, **Зумирование** вызывают прозрачные команды, т.е. прерывающие на время действие работающей команды. Эти команды позволяют изменить масштаб отображения на экране.

Если последовательно указать вторую и третью точки, на экране появится запрос:

*Следующая точка или [Замкнуть /Отменить]:*

После построения ломаной линии, состоящей из двух отрезков, система предлагает на выбор завершение команды, ввод следующей точки или возможность замкнуть линию, выбрав начальную точку.

## 2.2. Окружность

Рисование окружностей выполняется с помощью команды **Круг**  последовательностью **Рисование** → **Круг**. При вызове команды появляется запрос:

*Центр круга или [3Т/2Т/ККР (кас кас радиус)]:*,

где центр круга нужно выбрать по умолчанию, а пункты, данные внутри квадратных скобок, означают построение окружности соответственно:

**3Т** – по 3 точкам, задающим окружность;

**2Т** – по 2 диаметрально противоположным точкам;

**ККР** – по радиусу касательно к двум указанным объектам (рис. 12).

Если будет указана точка центра, система предложит следующий запрос:

*Радиус круга или [Диаметр]:*

Радиус можно указать щелчком ЛКМ непосредственно в графической зоне. Можно ввести число в командной строке, закончив ввод клавишей **Enter**.

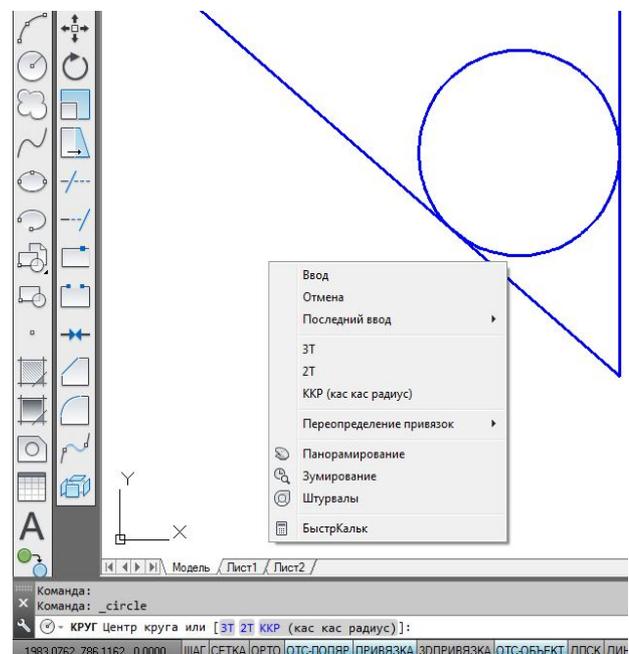


Рис. 12. Выполнение окружности с помощью опции **ККР**

## 2.3. Дуга

Команда *Дуга*  может быть введена с помощью последовательности *Рисование* → *Дуга*.

Первый запрос системы после ввода команды будет:

*Начальная точка дуги или [Центр]:*

Далее можно выбрать центр дуги или по умолчанию задать начальную точку дуги. Если в данный момент нажать клавишу *Enter*, то в качестве начальной будет принята конечная точка последнего объекта и система построит дугу, касательную к этому примитиву (это касается только отрезков и дуг).

Если на запрос будет введена начальная точка, то последует запрос:

*Вторая точка дуги или [Центр/Конец]:*

Если указать вторую точку, то система запрашивает:

*Конечная точка дуги:*

После ввода точки дуга будет построена.

## 2.4. Прямая

Конструкционная прямая, в отличие от отрезка, – бесконечная в обе стороны линия. Вызов команды осуществляется последовательностью *Рисование* → *Прямая* . После вызова команды появляется первый запрос:

*Укажите точку или [Гор/Вер/Угол/Биссект/Отступ]:*

Сделав выбор, можно провести горизонтальную, вертикальную, расположенную под заданным углом, биссекторную прямую или линию, параллельную другой прямой. По умолчанию прямую задают вводом двух точек. Для горизонтальной и вертикальной линий достаточно ввода одной точки. При построении биссектрисы система запросит последовательно вершину угла, точку на первом луче и точку на втором луче.

Опция *Отступ* строит прямые линии, параллельные отрезкам, лучам и другим прямым (рис. 13). Ее первый запрос будет:

*Величина смещения или [Точка] <1.0000>:*

Указав величину смещения числом в командной строке или щелчком ЛКМ после выбора опции *Точка*, пользователь получит следующий запрос:

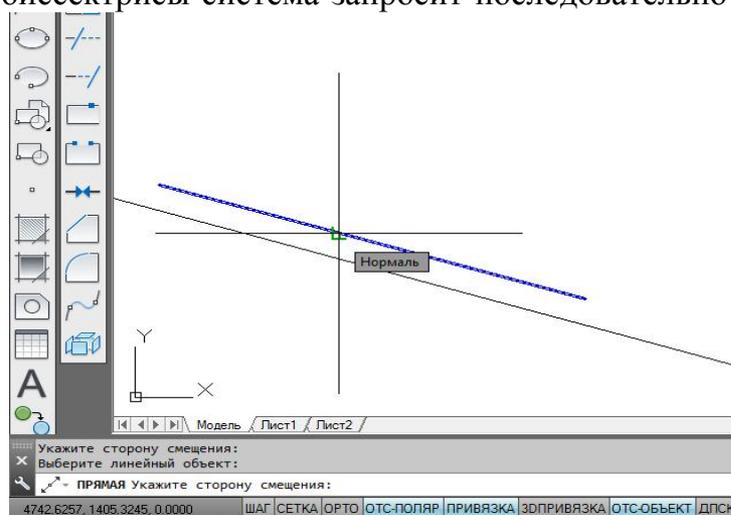


Рис. 13. Построение прямой с помощью команды *Рисование* → *Прямая* → *Отступ*

Выберите линейный объект:

Необходимо указать прямую, отрезок или луч и далее ответить на запрос:

Укажите сторону смещения:

На этот запрос указывают сторону относительно базового объекта, в которой строят параллельную прямую.

## 2.5. Сплайн

Команда **Сплайн** , позволяющая чертить линию, которая проходит через заданные точки, осуществляется последовательностью **Рисование** → **Сплайн**. После вызова команды система указывает текущие настройки (например: **Способ** = *Определяющие Узлы* = *Хорда*) (рис. 14, а) и дает первый запрос:

*Первая точка или [Способ/Узлы/Объект]:*

можно ввести точку, затем вторую, после которой следующие запросы для данного способа будут:

*Следующая точка или [Касание в конце /Допуск/ Отменить/ Замкнуть]:*

Способ **УВ** позволяет строить линию более гладкой и проводить ее на расстоянии допуска от указанных точек (рис. 14, б).

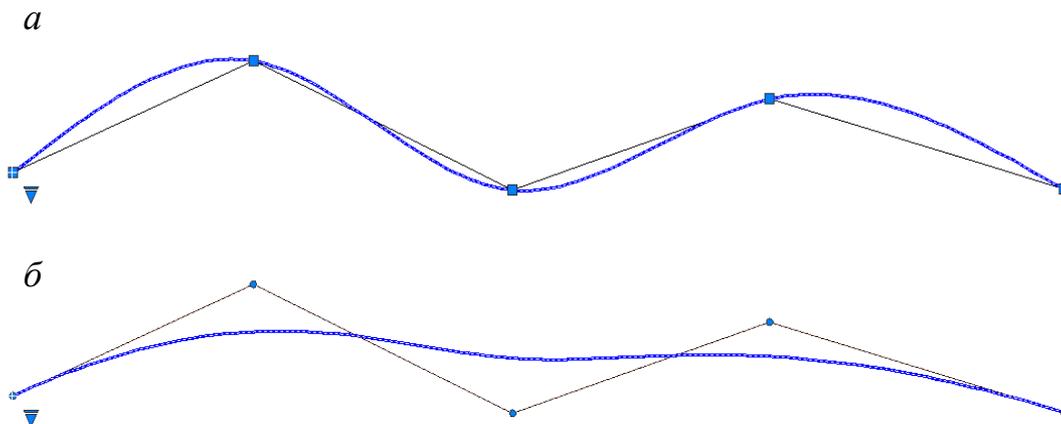


Рис. 14. Выполнение сплайна способами: а – *Определяющие*; б – *УВ*

Если на первый запрос выбрать опцию **Объект**, то система переходит в режим преобразования ранее построенных и сглаженных с помощью опции **Сплайн** полилиний. По окончании выбора объектов (полилиний) они преобразуются в примитивы «сплайны».

## 2.6. Полилинии

Система AutoCAD предлагает к использованию полилинии, такие как: прямоугольник, правильный многоугольник, полилиния и др. Полилинии воспринимаются системой как единый объект. Поэтому для редактирования элементов, принадлежащих полилиниям, этот сложный примитив следует разрушить с помощью команды **Расчленить**  панели (или падающего меню) **Редактирование**.

### 2.6.1. Прямоугольник

Создание прямоугольников осуществляется с помощью команды **Прямоугольник**  панели (или падающего меню) **Рисование**. Первый запрос системы будет:

*Первый угол или [Фаска/Уровень/Сопряжение/Высота/Ширина]:*

При выборе одной из опций возможны операции (рис. 15):

- **Фаска** – выбор величин сторон фаски, снимаемой в каждом углу прямоугольника;
- **Уровень** – задание уровня расположения прямоугольника по оси  $z$  трехмерного пространства;
- **Сопряжение** – задание радиуса скругления, выполняемого в каждом углу прямоугольника;
- **Высота** – задание высоты выдавливаемого прямоугольника при построениях в трехмерном пространстве;
- **Ширина** – задание толщины линии прямоугольника.

Если указать точку, то она будет первой угловой точкой прямоугольника, и следующим запросом будет указание второй, расположенной по диагонали, точки:

*Другой угол или [Площадь/Размеры/Поворот]:*

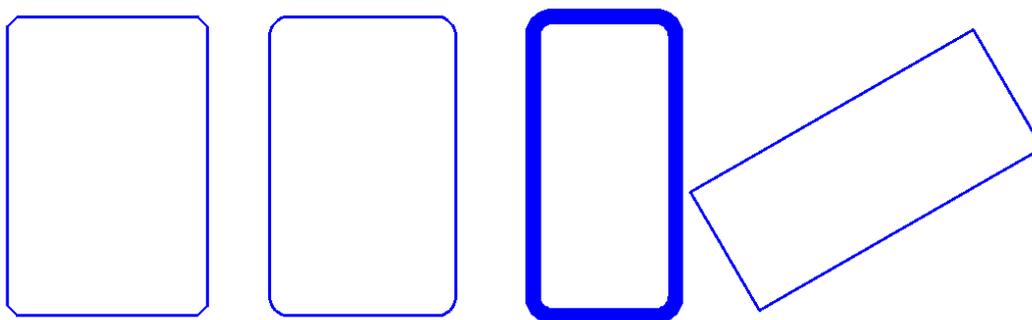


Рис. 15. Прямоугольники, выполненные с помощью команды **Прямоугольник** и опций **Фаска**, **Сопряжение**, **Ширина**, **Поворот**

Все параметры, измененные во время сеанса работы, сохраняют свои настройки до следующего изменения.

### 2.6.2. Многоугольник

Правильный многоугольник выполняют с помощью команды **Многоугольник**  падающего меню **Рисование**. Первый запрос системы после вызова команды будет:

Число сторон <4>:

Следующий запрос после ввода числа сторон многоугольника:

Укажите центр многоугольника или [**Сторона**]:

Если выбрать опцию **Сторона**, то система запросит положение вершин многоугольника, расположенных на одной стороне. В случае указания центра многоугольника последует запрос:

Задайте параметр размещения [**Вписанный в окружность /Описанный вокруг окружности**] <В>:

Опция **Вписанный в окружность** соответствует размеру диаметра окружности, описанной вокруг многоугольника (рис. 16, а); опция **Описанный вокруг окружности** соответствует диаметру окружности, вписанной в многоугольник (рис. 16, б).

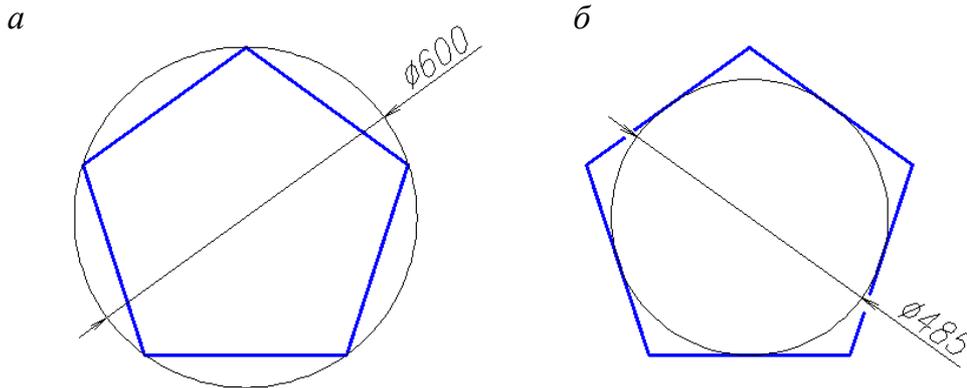


Рис. 16. Опции команды **Многоугольник**: а – **Вписанный в окружность**; б – **Описанный вокруг окружности**

### 2.6.3. Полилиния

При выполнении полилинии создается сложный примитив, состоящий из последовательно связанных участков прямых линий и дуг. Полилиния воспринимается системой при редактировании как единый объект.

Полилинию выполняют с помощью последовательности операций **Рисование** → **Полилиния** . На первый запрос системы после вызова команды **Начальная точка**:

следует указать положение первой точки полилинии. Следующий запрос будет:

Текущая ширина полилинии равна 0.0000

Следующая точка или [**Дуга/Полуширина/длИна/Отменить/Ширина**]:

Если в этот момент указать положение следующей точки, то будет вычерчен отрезок. Для создания криволинейного участка полилинии необходимо выбрать опцию *Дуга*. При этом программа предлагает несколько способов выполнения дуги:

*Конечная точка дуги или [Угол/ Центр/ Направление/ Полуширина/ Линейный/ Радиус/ Вторая/ Отменить/ Ширина]:*

Полилиния – примитив, который может иметь ненулевую толщину. Выбор опций *Ширина* или *Полуширина* позволит чертить отрезки и дуги с изменяющейся толщиной линии, что удобно для выполнения стрелок и других графических эффектов (рис. 17).



Рис. 17. Выполнение полилинии с прямолинейными и дугообразными сегментами различной ширины

#### 2.6.4. Штриховка

Команда *Штриховка* позволяет штриховать область, ограниченную замкнутыми и разомкнутыми линиями, указывая точки внутри замкнутого контура или путем выбора объектов границы штриховки. После активизации этой команды с помощью пункта *Штриховка* меню *Рисование* открывается диалоговое окно *Штриховка и градиент* с двумя вкладками (рис. 18).

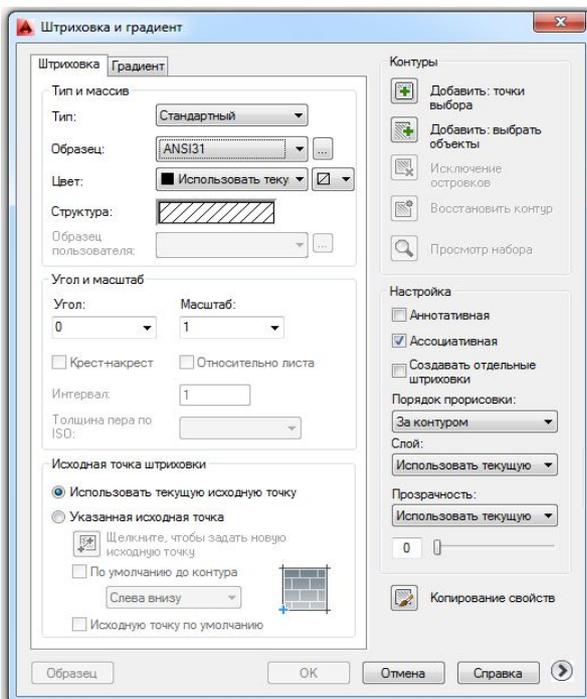


Рис. 18. Окно *Штриховка и градиент*

Левая часть вкладки задает параметры штриховки, правая – заполняемую штриховкой область. Система предлагает набор стандартных штриховок, которые можно выбрать по образцам и из списка штриховок. Увеличение или уменьшение масштаба позволит изменить расстояние между линиями в штриховке. Угол, отличный от нулевого, изменяет наклон линий.

Чтобы перейти к выбору заполняемой штриховкой области, можно обратиться к кнопке *Добавить: точки выбора*, что позволяет указать внутренние точки областей. Указание областей штриховки завершают нажатием клавиши *Enter*. В этом случае область штриховки должна быть замкнутой.

Кнопка *Добавить: выбрать объ-*

**екты** позволяет отметить объекты, разомкнутое пространство между которыми дает заполняемую штриховкой область. На рис. 19 показано выполнение условного изображения естественного грунта с помощью штриховки PLAST.



Рис. 19. Штриховка области между двумя полилиниями с помощью кнопки **Добавить: выбрать объекты**

Вторая вкладка **Градиент** позволяет выполнять одно- и двухцветную заливку контура. Настройка **Ассоциативная** (см. рис. 18) как для штриховки, так и для градиентной заливки при включенном состоянии влечет за изменением контура изменение и самой штриховки. Одноцветная градиентная заливка показана на рис. 20, *а*, ассоциативная штриховка – на рис. 20, *б*, неассоциативная штриховка – на рис. 20, *в*.

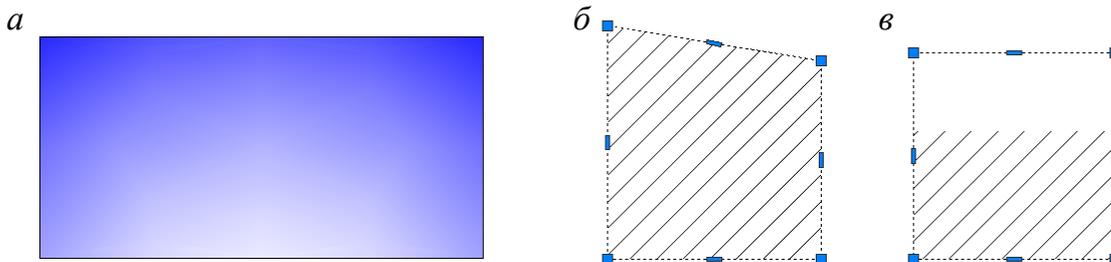


Рис. 20. Стили штриховки: *а* – градиентная заливка; *б* – ассоциативная штриховка; *в* – неассоциативная штриховка

### 2.6.5. Текст

Создание стиля текста, удобного для выполнения чертежей в AutoCADe, начинают с помощью команды **Стиль текста...** меню **Формат**. В открывшемся окне **Стили текста** на базе стиля Standard (рис. 21) создают новый стиль текста нажатием кнопки **Новый...**. На запрос программы дают имя новому стилю, например, **1**. Выбирают наиболее близкий по начертанию к требованиям ГОСТ ЕСКД 2.304–81 стиль *Simplex* с параметрами: *Степень растяжения* 0.8, *Угол наклона* 15. Значение высоты стиля оставляют 0.0000 для назначения этого параметра при выполнении текста на чертеже.

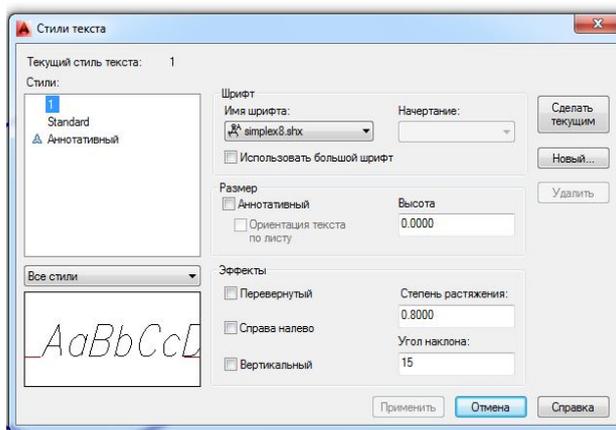


Рис. 21. Окно **Стили текста**

Текстовую строку на чертеже создают с помощью операций **Рисование** → **Текст** → **Однострочный** (или **Многострочный...**). Для однострочного текста AutoCAD предлагает текущие параметры: текущий стиль, высоту, аннотативность, выравнивание и дает последовательные запросы команды

Укажите начальную точку текста или [**Выравнивание/Стиль**]:

Высота <2.5000>:

Угол поворота текста <0>:

ТЕКСТ

Если не изменять стиль текста и выравнивание строки текста, то необходимо последовательно указать точку привязки строки, высоту заглавной буквы, угол наклона текстовой строки (без указания знака градусов) и ввести текст в поле чертежа, закончив ввод клавишей **Enter**.

Многострочный текст создается с помощью окна **Формат текста**, которое позволяет размещать текст в указанной области чертежа, вводить различные символы и изменять параметры текста при работе в окне. После вызова команды **Многострочный...** программа перечисляет текущие параметры: стиль, высоту, аннотативность и дает запрос:

Первый угол:

Указав щелчком мыши первую точку области выполнения текста, переходят к следующему запросу:

Противоположный угол или [**Высота/Выравнивание/Межстрочный интервал/Поворот/Стиль/Ширина/Колонки**]:

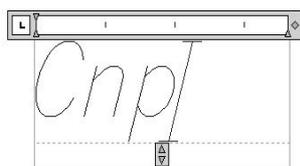
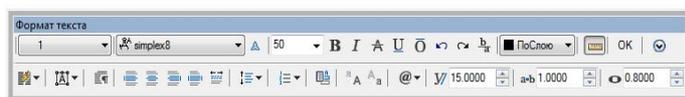


Рис. 22. Окно **Формат текста**

Перед указанием противоположной точки последовательно выбирают соответствующую опцию команды и задают необходимые параметры текстового абзаца. После указания противоположной точки открывается окно **Формат текста**, в котором создается текст (рис. 22).

### 2.6.6. Размеры

Для простановки размеров, соответствующих ГОСТам ЕСКД и СПДС, необходимо создать стили размеров. Для их создания открывают окно **Диспетчер размерных стилей** с помощью команды **Размерные стили...** падающего меню **Формат** (рис. 23). В открывшемся окне создают новый стиль размера на базе стиля ISO-25 нажатием кнопки **Новый...**. На запрос программы дают имя новому стилю, например **1**, и нажимают кнопку **Далее** или клавишу **Enter**.

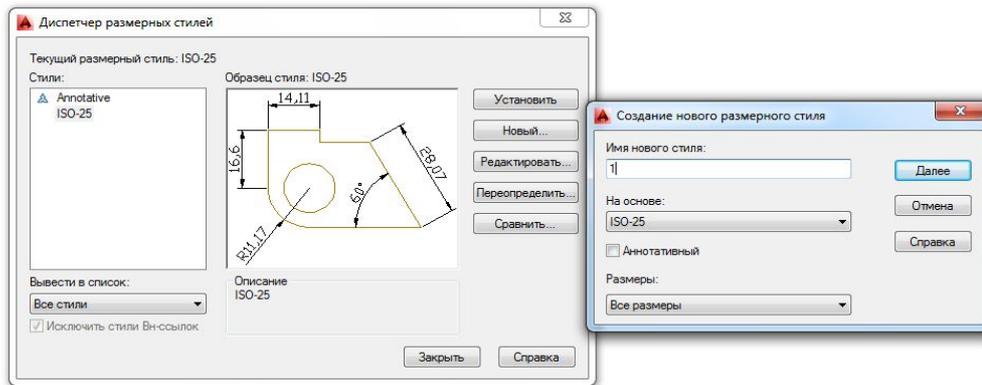


Рис. 23. Окно создания и редактирования размерных стилей  
*Диспетчер размерных стилей*

Затем редактируют параметры создаваемого стиля во вкладках, ставших доступными после вышеперечисленных операций.

Вкладка **Линии** позволяет изменить удлинение линий выносных за размерные и размерных за выносные (в случае создания строительного размерного стиля с засечками), обнулить отступ выносных линий от контура чертежа и при необходимости **подавить** (погасить) выносную линию и стрелку с частью размерной линии (рис. 24).

Вкладка **Символы и стрелки** позволяет выбрать тип стрелки из падающего меню и назначить ее размер (рис. 25). К сожалению, величина размерных стрелок и стрелки выноски, удобной для обозначения направления взгляда на чертеже, в данной вкладке задается одним параметром, поэтому для отметок, стрелок выноски, размеров для машиностроительных чертежей и размеров строительных чертежей необходимо создавать свои стили размеров. После выбора типа стрелок **Наклон** для выполнения строительных размеров нужно исправить параметр **Удлинение за выносные** на вкладке **Линии**.

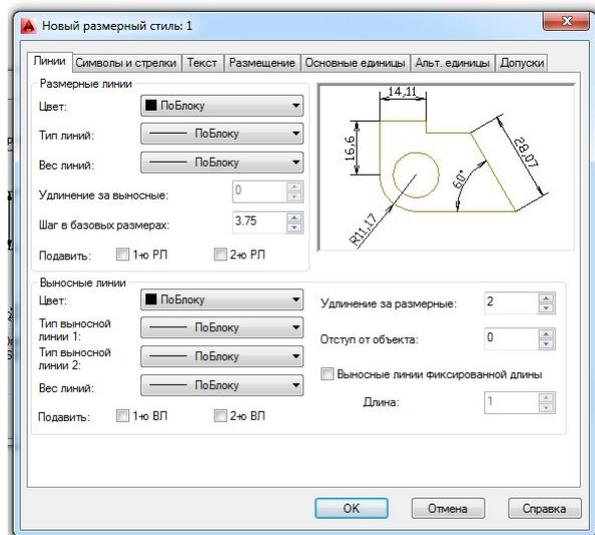


Рис. 24. Вкладка **Линии**

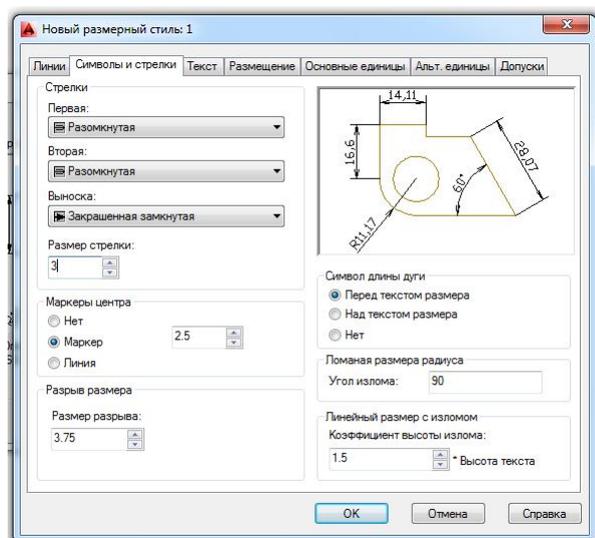


Рис. 25. Вкладка **Символы и стрелки**

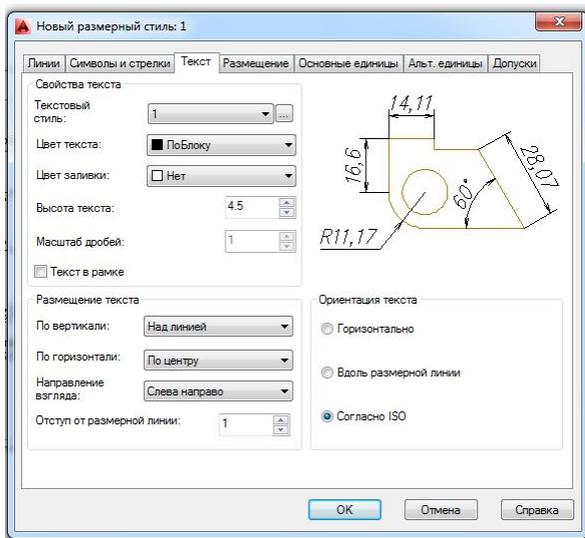


Рис. 26. Вкладка *Текст*

Вкладка *Текст* предназначена для выбора стиля текста, его величины и расположения относительно размерных линий (рис. 26). Если стиль текста до создания стиля размеров не создан, его создают, обратившись во вкладке *Текст* к операции *Текстовый стиль* .

Ориентацию текста в соответствии с ГОСТами ЕСКД и СПДС необходимо выбирать или *Вдоль размерной линии*, или *Согласно ISO*. Последняя ориентация позволяет размещать радиальные и диаметральные размеры на полках.

Вкладка *Размещение* позволяет выбрать кроме параметров размещения текста и стрелок масштаб отрисовки всех элементов размерного стиля в позиции *Глобальный масштаб* (рис. 27). Так, при выполнении строительного объекта в масштабе 1:1 все элементы размерного стиля будут читаться на чертеже, если их увеличить в 10... 100 раз в зависимости от величины конструкции.

Вкладка *Основные единицы* отвечает за выбор формата единиц измерения, точность предоставляемых размеров и степень из округления (рис. 28). Позиция *Масштаб* позволяет выбрать коэффициент увеличения размера, предоставляемого на чертеже, в случае выполнения этого чертежа в масштабе, отличном от натуральной величины.

Вкладка *Размещение* позволяет выбрать кроме параметров размещения

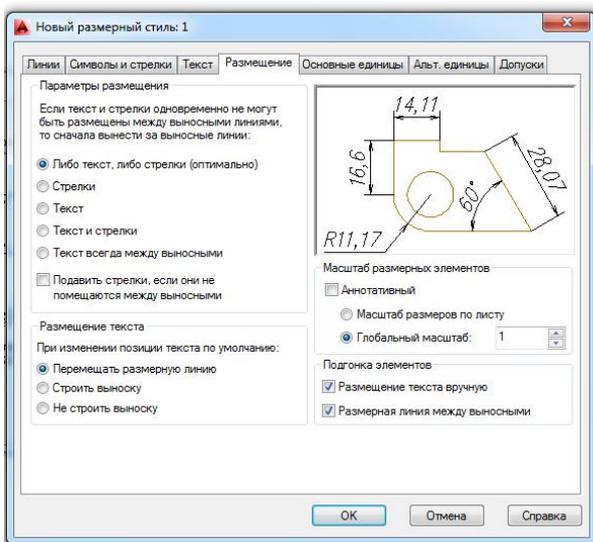


Рис. 27. Вкладка *Размещение*

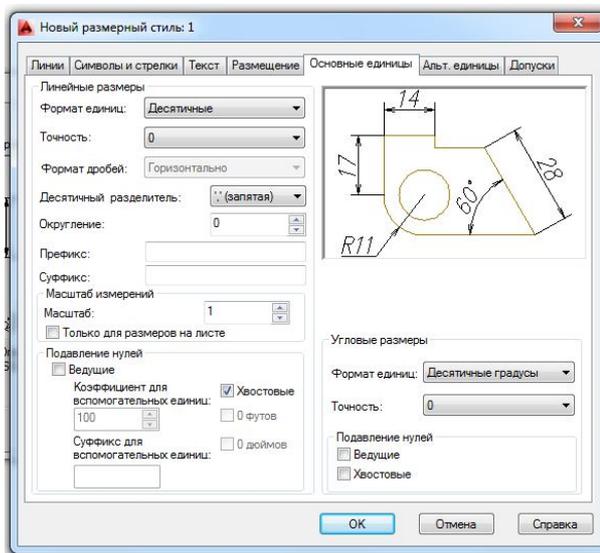


Рис. 28. Вкладка *Линии*

Рассмотренные элементы позволяют создать размерный стиль и наносить размеры на чертеже в соответствии с ГОСТ ЕСКД и СПДС. Для простановки размеров используют меню *Размеры* или панель *Размер* (рис. 29).

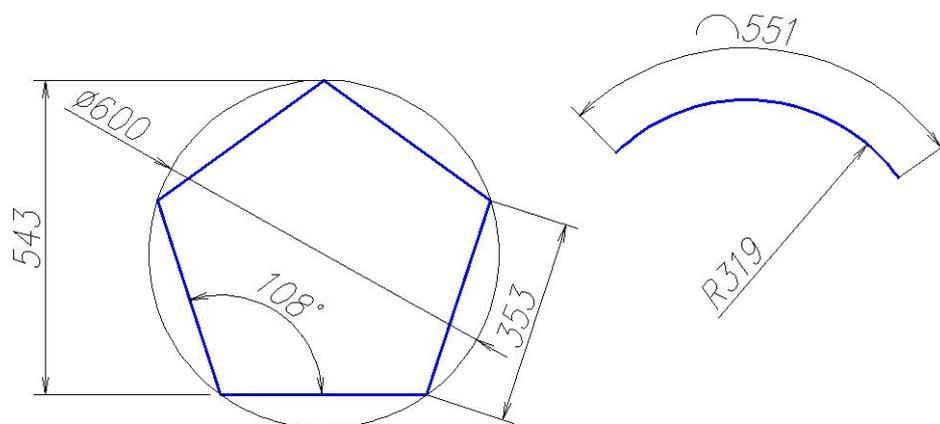
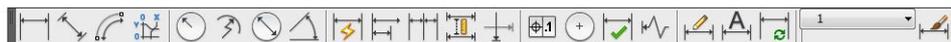


Рис. 29. Простановка размеров с помощью команд панели *Размер*

### 3. РЕДАКТИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

При выполнении чертежей необходимо уметь редактировать уже выполненные геометрические элементы. Редактирование примитивов осуществляют:

- с помощью «ручек»;
- с помощью команд общего редактирования (перемещение, копирование, деформация сдвигом и пр.);
- с помощью команд редактирования сложных примитивов;
- с помощью окна *Свойства*.

#### 3.1. Редактирование с помощью «ручек»

Для редактирования, т.е. удаления, перемещения, изменения параметров данного примитива, необходимо выделить его на экране. Выделяют нужный геометрический объект одним из способов, рассмотренных в подр. 1.5. Во время выделения примитива сплошная линия становится прерывистой и на ней появляются «ручки» (рис. 30).

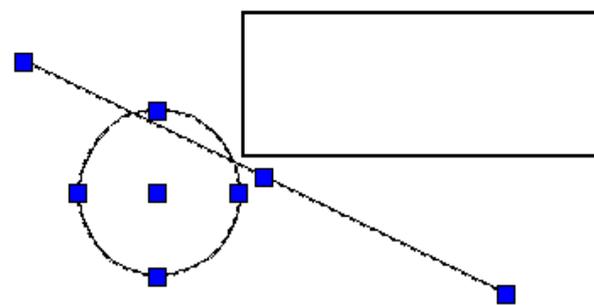


Рис. 30. Редактирование объекта с помощью «ручек»

С помощью «ручек» примитив можно переместить или изменить его параметр формы. Чтобы выполнить перемещение, подводят курсор к средней или центральной «ручке» выделенного объекта и, одновременно удерживая ее

левой кнопкой мыши, перетаскивают примитив в нужное место чертежа. Удаляют выделенный объект нажатием клавиши *Delete* на клавиатуре, щелчком на пиктограмме **Стереть**  панели или падающего меню **Редактирование** или одноименной командой контекстного экранного меню.

### 3.2. Команды общего редактирования

Вызов команды редактирования выполняют:

- с помощью позиций падающего меню **Редактирование**, **Правка**;
- позиций контекстного меню, вызываемого правой кнопкой мыши после выделения редактируемого объекта;
- пиктограмм панели **Редактирование**;
- вызова команды редактирования в командной строке.

Последовательность выполнения команды может быть такой:

- выбор объектов для редактирования;
- вызов команды и выполнение ее.

Или наоборот:

- ✓ вызов команды;
- ✓ выбор редактируемых объектов, который заканчивают нажатием клавиши *Enter* или щелчком правой кнопки мыши;
- ✓ выполнение команды.

Далее рассмотрены команды панели и падающего меню **Редактирование**.

#### 3.2.1. Копирование объекта

Копирование объекта выполняют с помощью команды  **Копировать** падающего меню или одноименной панели **Редактирование**. По умолчанию система выполняет многократное копирование (режим работы **Несколько**) после выбора объекта и базовой точки.

Чтобы выполнить операцию массивом, необходимо выбрать опцию **Массив**.

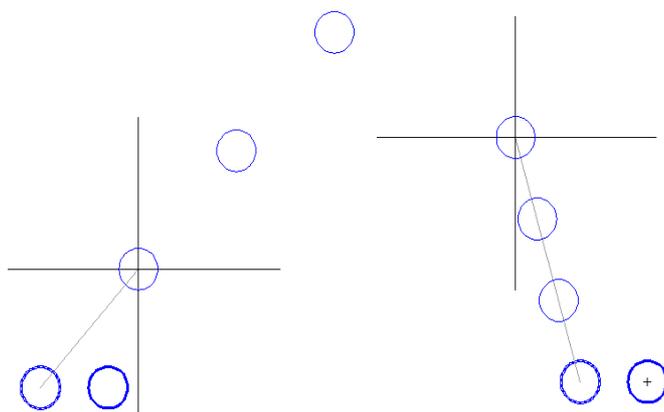


Рис. 31. Копирование окружности опцией **Массив**

Далее необходимо указать расстояние между соседними объектами (по умолчанию) или расстояние между крайними объектами (опция **Вписать**) (рис. 31). Массив будет создан однорядный из выбранных объектов. Направление массива задают трассировкой курсором.

### 3.2.2. Симметричное копирование объекта

Симметричное копирование осуществляют с помощью команды **Зеркальное отражение**  падающего меню или одноименной панели **Редактирование**. После выбора объектов система делает запросы:

*Первая точка оси отражения:*

*Вторая точка оси отражения:*

*Удалить исходные объекты? [Да/Нет]<Н>:)*

После ответа на последний запрос команда будет выполнена.

### 3.2.3. Создание подобного объекта

Создание подобного объекта (рис. 3.32) выполняют с помощью команды **Смещение**  падающего меню или одноименной панели **Редактирование**. При выполнении этой команды система делает запросы:

*Укажите расстояние смещения или [Через/Удалить/Слой] <Через>:*

Отвечая на запрос, указывают расстояние, на которое будут удалены подобные объекты, или положение точки, через которую будет проведен новый объект:

*Выберите объект для построения подобного или [Выход/Отменить]:*

указывают объект-источник для построения подобного объекта;

*Укажите точку, определяющую сторону смещения или [Выход/Несколько/Отменить] <Выход>:*

указывают, с какой стороны от объекта-источника будет построен подобный объект. При выборе опции **Несколько** программа позволяет строить подобные выбранному объекту с указанной стороны несколько раз. Далее система запрашивает объект для новых построений или предлагает закончить выполнение команды.

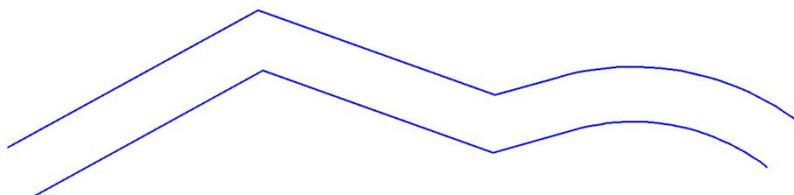


Рис. 32. Построение подобного объекта с помощью команды **Смещение**

### 3.2.4. Копирование массивом

Копирование массивом объектов, расположенных закономерно (рядами, по окружности или по заданной траектории), выполняется с помощью меню команд **Массив**  панели или падающего меню **Редактирование**. Программа предлагает команды **Прямоугольный массив**, **Массив по траектории** и **Круговой массив** соответственно. Далее будет рассмотрена операция **Прямоугольный массив**. После выбора объектов копирования команда предлагает прямоугольный массив в графической зоне экрана с несколькими рядами и столбцами и запрос команды:

*Выберите ручку, чтобы редактировать массив, или [Ассоциативный/ Базовая точка/Количество/Интервал/столбцы/строки/Уровни/вЫход]<вЫход>:*

Массив с параметром *Ассоциативный* снабжен прямоугольными точками и стрелками для изменения количества рядов и столбцов и расстояний между элементами (рис. 33). Левая нижняя «ручка» является базовой точкой всего массива, ближайшие к ней стрелки позволяют изменить расстояние между рядами и столбцами, удаленные от базовой точки «ручки» отвечают за уменьшение и увеличение количества рядов и столбцов. Параметр *Ассоциативный* «держит» все копируемые объекты в одной группе. Если необходимо в дальнейшем редактировать отдельные объекты, то задают опцию *Ассоциативный* и отвечая на запрос

*Создать ассоциативный массив [Да/Нет] <Да>:*

выбирают *Нет*. В результате программа копирует автономные объекты. Назначение количества рядов (строк), столбцов, интервалов между рядами и столбцами доступно и с помощью назначения соответствующих опций.

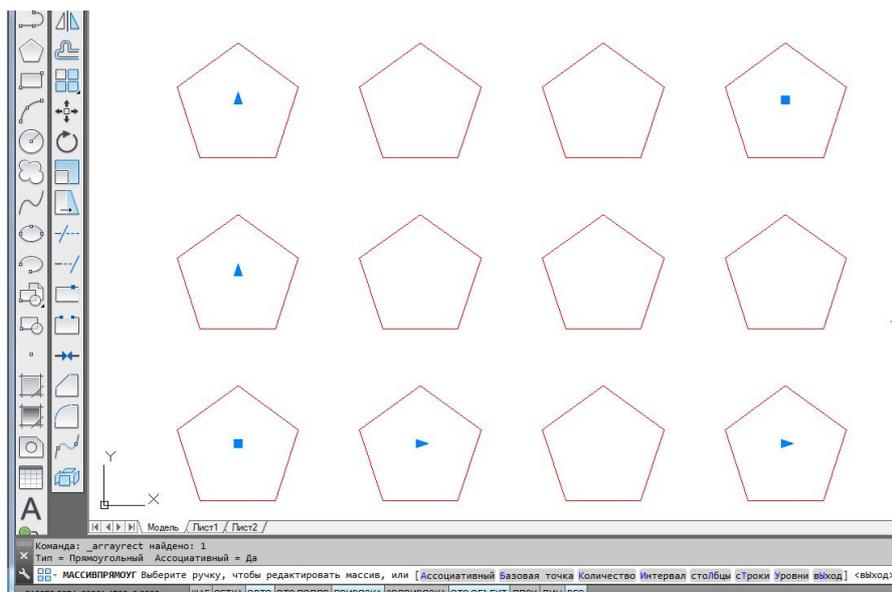


Рис. 33. Создание прямоугольного ассоциативного массива

### 3.2.5. Перемещение объекта

Параллельный сдвиг объекта осуществляют с помощью команды **Переместить**  падающего меню или одноименной панели **Редактирование**. После выбора объектов система делает запрос:

*Базовая точка или [Смещение] < Смещение >:*

Для базовой точки выбирают характерный параметр объекта перемещения (например, для окружности – центр). Отвечая на следующий запрос

*Вторая точка или <считать смещением первую точку>:*

указывают точку нового размещения базовой точки и самого выбранного объекта. Можно, отвечая на запрос, ввести относительные координаты смещения, например @120,50, при этом объект будет перемещен относительно базовой точки по осям x и y на 120 и 50 единиц соответственно.

### 3.2.6. Поворот объекта

Поворот объекта выполняют с помощью команды **Повернуть**  падающего меню **Редактирование**. После вызова команды система дает информацию о режиме измерения углов:

*Текущие установки отсчета углов в ПСК: ANGDIR=против ч/с ANGBASE=0*

После выбора редактируемых объектов на запрос системы

*Базовая точка:*

следует указать базовую точку, относительно которой будет выполнен поворот.

Далее на запрос

*Угол поворота или [Копия/Опорный угол] < 0 >:*

указывают угол поворота набором цифр в командной строке или щелчком мыши в графической зоне экрана. Или указывают угол поворота с помощью опции **Опорный угол** без дополнительных вычислений. Например, чтобы повернуть прямоугольник вокруг базовой точки **1** (рис. 34) до помещения стороны **12** в горизонтальное положение, выбирают опцию **Опорный угол** и на запрос

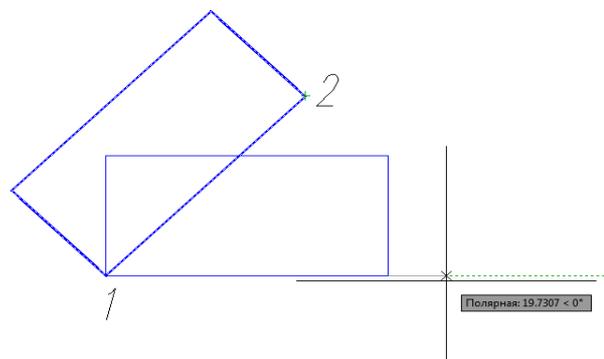


Рис. 34. Использование команды **Повернуть**

*Опорный угол <0>:*

указывают двумя щелчками мыши отрезок **12**. Далее на запрос

*Новый угол:*

вводят величину угла 0 или курсором поворачивают его в нужное горизонтальное положение.

### **3.2.7. Деформация объекта масштабированием**

Масштабирование объекта выполняют с помощью команды  **Масштаб** падающего меню **Редактирование**. После вызова команды и выбора объекта масштабирования операцию увеличения или уменьшения производят, отвечая на следующие запросы:

*Базовая точка:*

указывают базовую точку, относительно которой произойдет уменьшение или увеличение объекта;

*Коэффициент масштабирования или [Копия/Опорный отрезок] <1>:*

при увеличении объекта вводят коэффициент масштабирования больше 1, при уменьшении его значение должно быть в промежутке от 0 до 1. Если необходимо изменение величины объекта в дробное количество раз, то используют опцию **Опорный отрезок**. Так, при изменении объекта в 5/9 раз на запросы системы после выбора опции **Опорный отрезок** вводят числовые значения в такой последовательности: на запрос

*Длина опорного отрезка <1>:*

вводят число 9, на запрос

*Новая длина или [Точки] <1>:*

вводят значение 5. Вместо цифрового значения при использовании опции **Точки** величину можно указать двумя щелчками ЛКМ в графической зоне экрана.

Опция **Копия** позволяет оставить и исходный объект, и измененный масштабированием. По умолчанию исходный объект удаляется.

### **3.2.8. Деформация объекта растяжением**

Деформация растяжением объекта достигается с помощью команды **Растянуть**  падающего меню **Редактирование**. Изменение геометрической формы объекта с помощью этой команды выполняется обычно над полилинией без предварительного выбора объекта. Чтобы растянуть или сжать часть объекта относительно другой части, деформируемую часть выделяют с помощью текущей рамки или текущего многоугольника после вызова команды. Следуют запросы системы:

*Выберите растягиваемые объекты текущей рамкой или текущим многоугольником...*

*Выберите объекты:*

На рис. 35 показан пример выбора объектов растяжения секущей рамкой (щелчками ЛКМ в точках 1 и 2). Далее на запрос

*Базовая точка или [Смещение]*  
*<Смещение>:*

указывают базовую точку. Затем на последний запрос системы

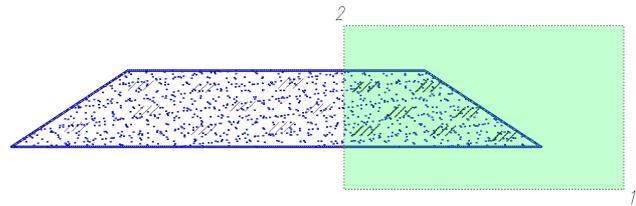


Рис. 35. Выбор объектов деформации растяжением с помощью секущей рамки

*Вторая точка или <считать смещением первую точку> :*

указывают вторую точку вектора смещения или показывают направление смещения курсором и набирают численное значение деформации на клавиатуре (рис. 36).

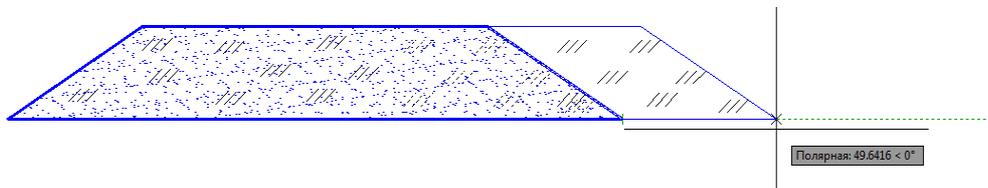


Рис. 36. Определение второй точкой направления вектора деформации объекта

### 3.2.9. Обрезка, удлинение и сопряжение объектов

Команда **Обрезать**  падающего меню **Редактирование** позволяет обрезать объект по границам, которыми могут служить другие объекты. На первый запрос после вызова команды

*Текущие установки: Проекция = ПСК, Кромки = Без продолжения*

*Выберите режущие кромки...*

*Выберите объекты или <Выбрать все>:*

отвечают выбором границ обрезки. Выбор элементов, являющихся границами обрезки, заканчивают нажатием клавиши  $\downarrow$ Enter или щелчком правой кнопки мыши. Ответом на следующий запрос

*Выберите обрезаемый (+Shift – удлиняемый) объект или [Линия/Секрамка/Проекция/Кромка/Удалить/Отменить]:*

будет выбор объектов (по умолчанию), которые должны быть обрезаны по указанным границам. Объект указывают в той его части, которую необходимо обрезать. На рис. 37, а проиллюстрирован выбор границ обрезки, а на рис. 37, б – результат обрезки. Опция **Отменить** позволяет отменить только что выполненную обрезку; опция **Кромка** – изменить режим продолжения кромки до воображаемого пересечения (**С продолжением/Без продолжения**); опции **Линия**, **Секрамка** дополняют инструменты выбора объектов обрезки временной ломаной

линией или секущей рамкой, опция **Проекция** удобна в 3D-проекциях, так как позволяет резать объекты не только указанными кромками, но и их проекциями.

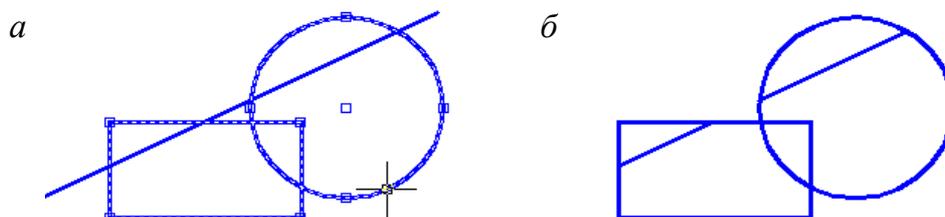


Рис. 37. Использование команды **Обрезать**

Команда **Удлинить**  падающего меню или одноименной панели **Редактирование** позволяет удлинить объект до границ, которыми могут служить другие объекты. На первый запрос системы после предъявления установок

*Текущие установки: Проекция = ПСК, Кромки = Без продолжения*

*Выберите граничные кромки...*

*Выберите объекты или <Выбрать все>:*

необходимо указать графические примитивы, которые явятся границами, до которых необходимо довести данные линии (рис. 38, а). Выбор элементов, являющихся границами удлинения, заканчивают нажатием клавиши **Enter** или щелчком правой кнопки мыши. Ответом на следующий запрос

*Выберите удлиняемый (+Shift – обрезаемый) объект или [Линия/Секрамка/Проекция/Кромка/Отменить]:*

будет выбор объектов (по умолчанию), которые должны быть удлинены до указанных границ (рис. 38, б). Опции данной команды работают аналогично опциям команды **Обрезать**.



Рис. 38. Выполнение операции удлинения линий до выбранных границ:

а – выбор границ; б – удлинение линий до выбранных границ

Команда **Разорвать**  падающего меню **Редактирование** позволяет разорвать объект двумя указанными точками.

С помощью команды **Сопряжение**  падающего меню **Редактирование** выполняют сопряжение объектов. После вызова команды система предлагает информацию о текущих настройках и запрос первого сопрягаемого объекта:

*Текущие настройки: Режим = С ОБРЕЗКОЙ, Радиус сопряжения = 0.0000*  
*Выберите первый объект или [Отменить/полИлиния/раДиус/оБрезка/Несколько]:*

Чтобы задать новые установки режима обрезки и радиуса сопряжения, выбирают опции **Обрезка** и **Радиус**. После установки другого режима обрезки и радиуса система повторяет запрос

*Выберите первый объект или [Отменить/полИлиния/раДиус/оБрезка/Несколько]:)*

Отвечая на этот запрос, указывают первый объект сопряжения и на запрос

*Выберите второй объект или нажмите клавишу Shift при выборе, чтобы создать угол, или [Радиус]:*

— второй объект. На рис. 39 показано выполнение сопряжения двух ортогональных отрезков: *а* — с установкой режима обрезки **Без обрезки**; *б* — в режиме **С обрезкой**.



Рис. 39. Выполнение команды **Сопряжение**:  
*а* — в режиме обрезки **Без обрезки**; *б* — в режиме **С обрезкой**

При нажатии клавиши *Shift* выбирают уже сопряженные стороны для восстановления угла.

Команда **Фаска**  падающего меню **Редактирование** работает аналогично команде **Сопряжение**. После вызова команды система предлагает информацию о текущих настройках и запрос первого отрезка для выполняемой фаски:

*Текущие настройки: Режим = С ОБРЕЗКОЙ, Параметры фаски: Длина1= 0.0000, Длина2= 0.0000*  
*Выберите первый отрезок или [оТменить/полИлиния/Длина/Угол/оБрезка/Метод/Несколько]:*

После установки другого режима обрезки с помощью опции **обрезка** и длины катетов фаски с помощью опции **Длина** система повторяет запрос  
*Выберите второй отрезок или нажмите клавишу Shift при выборе, чтобы создать угол, или [Расстояние/Угол/Метод]:*

Нужно отметить первый и второй обрезаемые отрезки. На рис. 40 показаны исходный угол для снятия фаски, построение фаски с режимом *С обрезкой* и восстановление сторон с помощью опции *Угол*, снятие фаски со всех углов полилинии с помощью опции *поЛиния*.

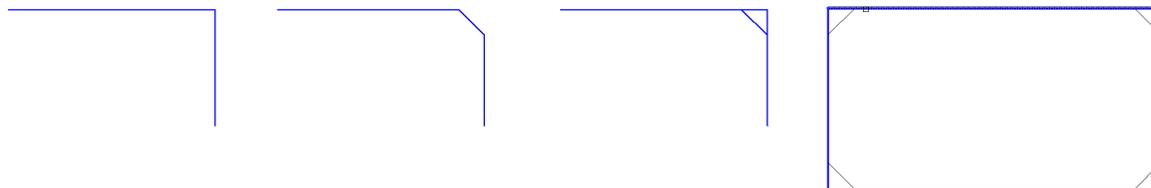


Рис. 40. Выполнение команды *Фаска*

Опция *Метод* позволяет изменить способ построения фаски по двум длинам смежных сторон на способ построения по длине стороны и заданному углу снятия фаски.

### 3.3. Редактирование сложных примитивов

Редактирование таких примитивов, как полилиния, шрифт, штриховка, сплайн и др., выполняют с помощью команд падающего меню *Редактировать* (рис. 41). Также сложные примитивы редактируют с помощью контекстного меню, которое вызывают на экран после указания редактируемого объекта щелчком правой кнопки мыши или окна *Свойства* (рис. 42).

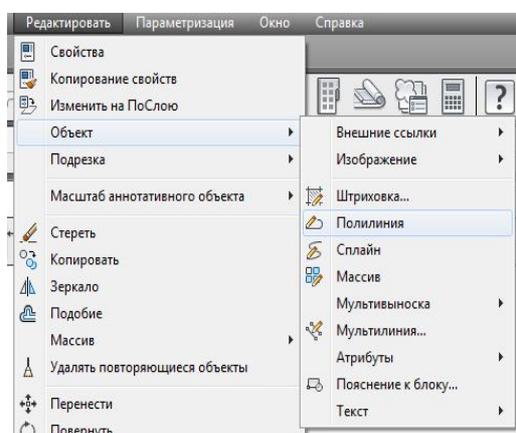


Рис. 41. Редактирование сложных примитивов. Меню *Редактировать*

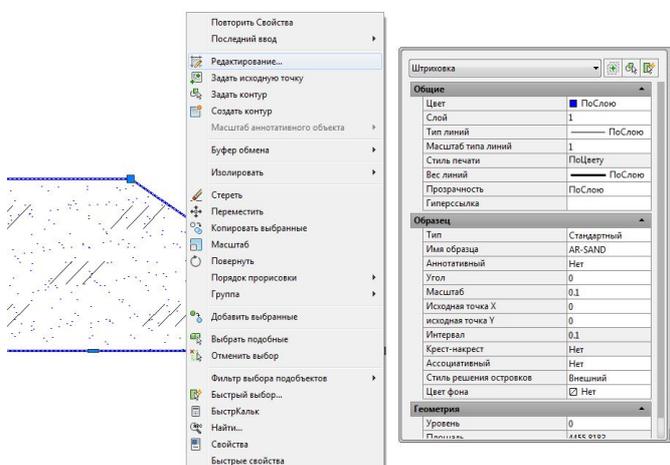


Рис. 42. Редактирование сложных примитивов. Контекстное меню и окно *Свойства*

Например, редактирование штриховки выполняют, обратившись к меню *Редактировать* → *Объект* → *Штриховка* (см. рис. 41), или, выделив штриховку на чертеже, открывают контекстное меню щелчком ПКМ или окно *Свойства* (см. рис. 42).

Разрушение сложных примитивов выполняют с помощью команды **Расчленить**  падающего меню или одноименной панели **Редактировать**. При обращении к этой команде такие сложные графические примитивы, как полилиния, мультилиния, многоугольник, блок, штриховка и т.п., состоящие из простых элементов (отрезков, дуг) и воспринимаемые системой как единый примитив, разрушают на эти простые примитивы-сегменты. На рис. 43 показан результат разрушения полилинии командой **Расчленить**.

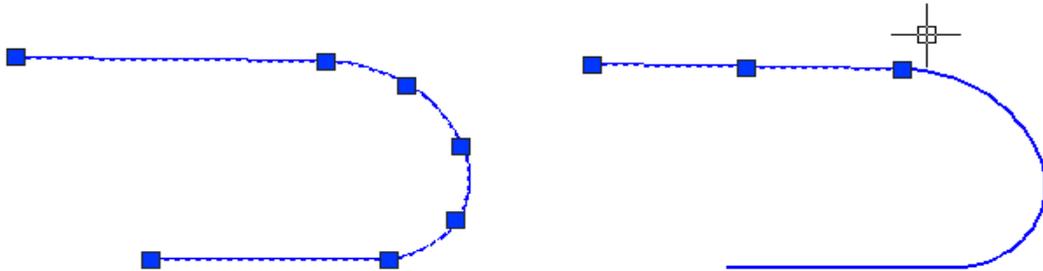


Рис. 43. Использование команды **Расчленить** для разрушения полилинии на отдельные простые примитивы

## 4. БЛОКИ. СОЗДАНИЕ, ВСТАВКА И РЕДАКТИРОВАНИЕ БЛОКА

Для использования в чертежах часто повторяющихся сложных геометрических объектов создают блоки. Блоком является набор геометрических объектов, имеющих одну базовую точку и воспринимающийся как единый элемент. Блок может иметь три разных масштаба по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и может быть статическим и динамическим. Динамический блок отличается от статического тем, что он обладает одним или несколькими параметрами (размеры, углы наклона, количество внутренних элементов и т.д.), способными к изменению. При использовании динамического блока на чертеже создается объект с изменяющимися параметрами.

### 4.1. Создание и вставка статических блоков

Создание блока в данном пособии рассмотрено на примере набора геометрических элементов, изображающих оконный проем с двойным остеклением. Последовательность создания блока в этом случае будет следующей:

1. Выполнить изображения оконного проема габаритами 1512x510 мм (рис. 44). Выбрать элементы этого изображения для создания блока **OK**.

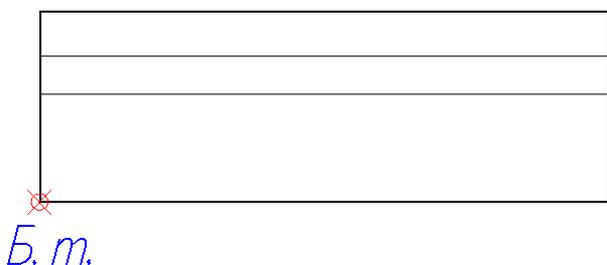


Рис. 44. Оконный проем с двойным остеклением

2. Создать блок под названием **OK** последовательностью команд **Рисование** → **Блок** → **Создать...** . В результате откроется диалоговое окно **Определение блока** (рис. 45).

3. В окне **Определение блока** необходимо:

- задать имя блока: **OK**;

- с помощью кнопки **Указать** выбрать базовую точку (*Б.т.*) блока щелчком мыши (см. рис. 44);
- выбрать одну из опций режима сохранения блока в области **Объекты**: **Оставить** – объекты для блока оставить в прежнем статусе, **Преобразовать в блок** – объекты будут преобразованы в блок или **Удалить** – объекты для блока будут удалены;
- в области **Поведение** выбрать опцию **Разрешить расчленение**.

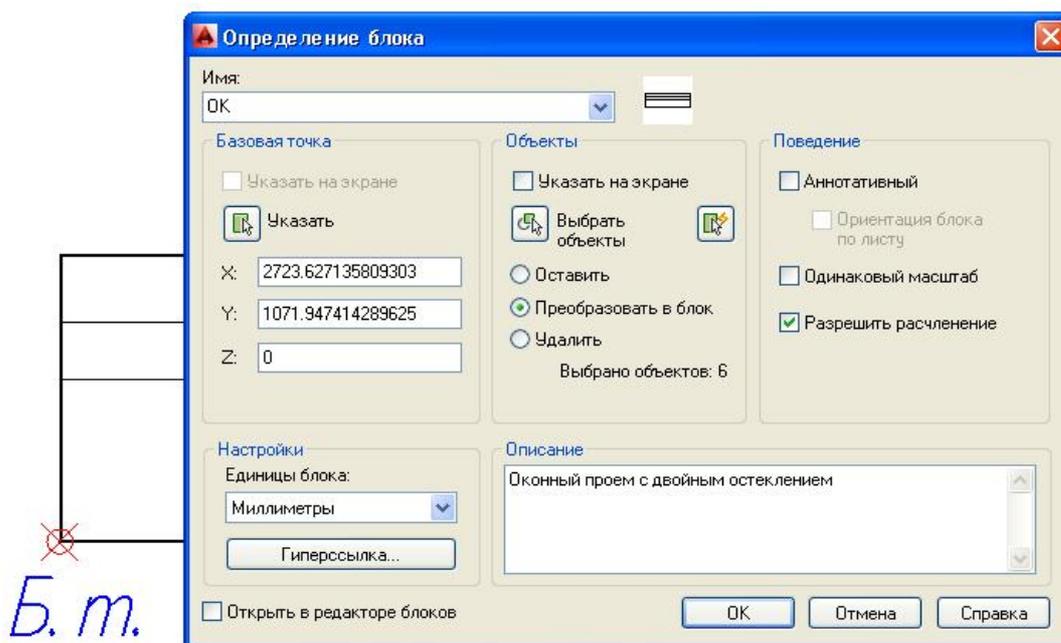


Рис. 45. Диалоговое окно **Определение блока**

Вставка блока в чертеж осуществляется с помощью панели **Рисование** → **Вставить Блок** . Эта команда открывает окно **Вставка блока** (рис. 46), в котором можно выбрать блок из списка. Также можно импортировать блок из другого файла, содержащего блоки, с помощью кнопки **Обзор**. Можно изменить угол поворота блока при вставке его в чертеж или задать угол поворота в окне **Угол**, изменить масштабы блока по осям или принять единый масштаб, выбрав опцию **Равные масштабы**, и разрешить расчленение блока при вставке его в чертеж.

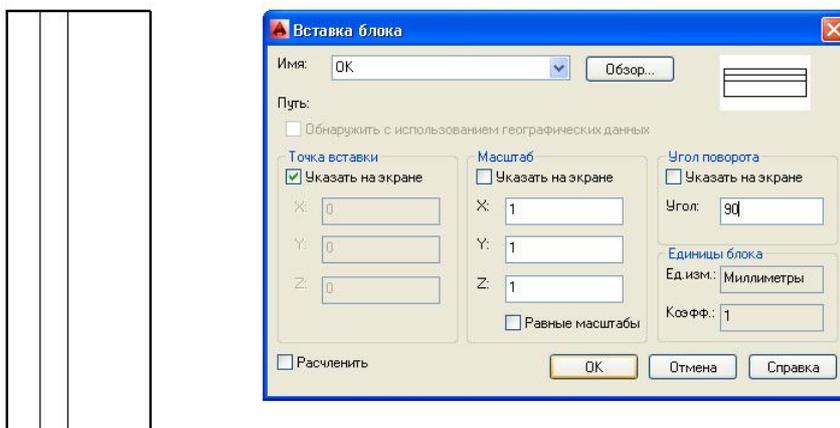


Рис. 46. Диалоговое окно **Вставка блока** и пример вставки блока *OK* в чертеж

На рис. 47 показано редактирование одного из параметров блока. С помощью окна *Свойства* изменен масштаб блока *OK* по оси *x*.

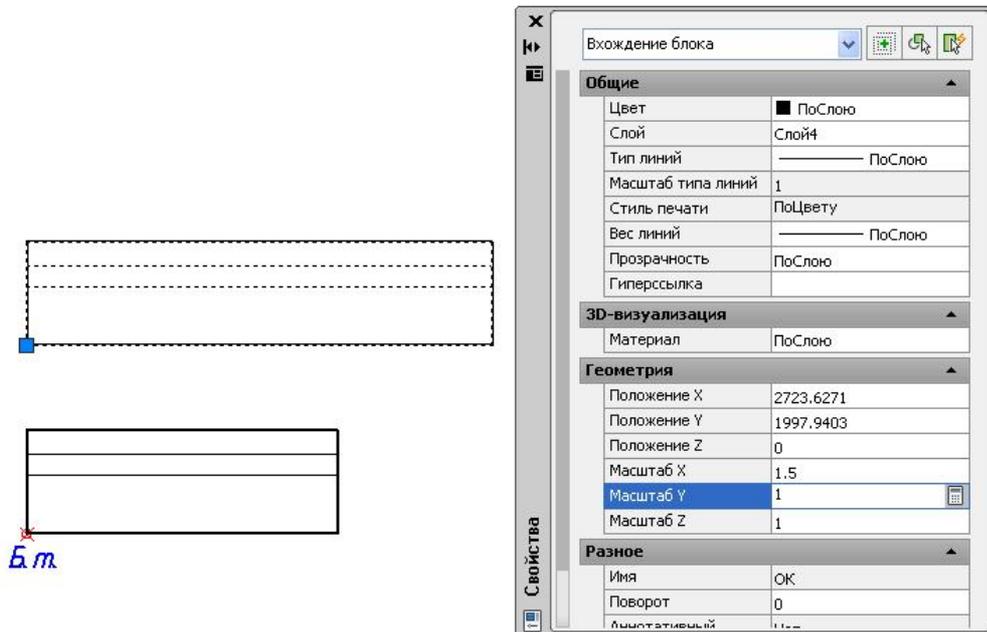


Рис. 47. Редактирование блока *OK*

#### 4.2. Создание динамических блоков

Динамический блок в данном пособии будет создан на примере рассмотренного выше блока *OK* с введением одного параметра и операции *Растяжение*. Для создания динамического блока используют последовательность команд *Сервис* → *Редактор блоков* . При этом открывается диалоговое окно *Редактирование определения блоков* (рис. 48).

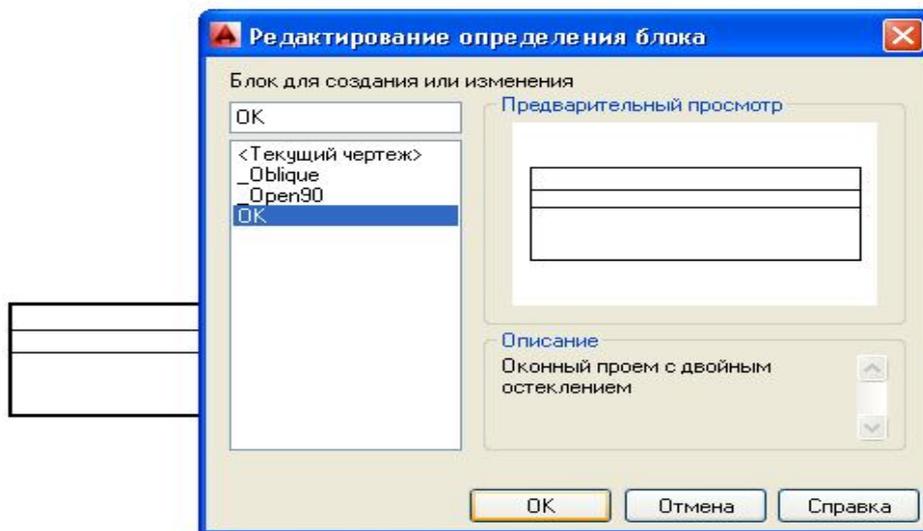


Рис. 48. Диалоговое окно *Редактирование определения блоков*

После выбора блока для его редактирования в этом окне программа переходит в режим работы с *Палитрой вариаций блоков*. Для создания динамического блока *OK*, способного к растяжению по оси *x*, в этой палитре необходимо выбрать вкладку *Параметры*, позицию *Линейный* и указать на чертеже блока линейное расстояние для изменяющегося параметра (рис. 49).

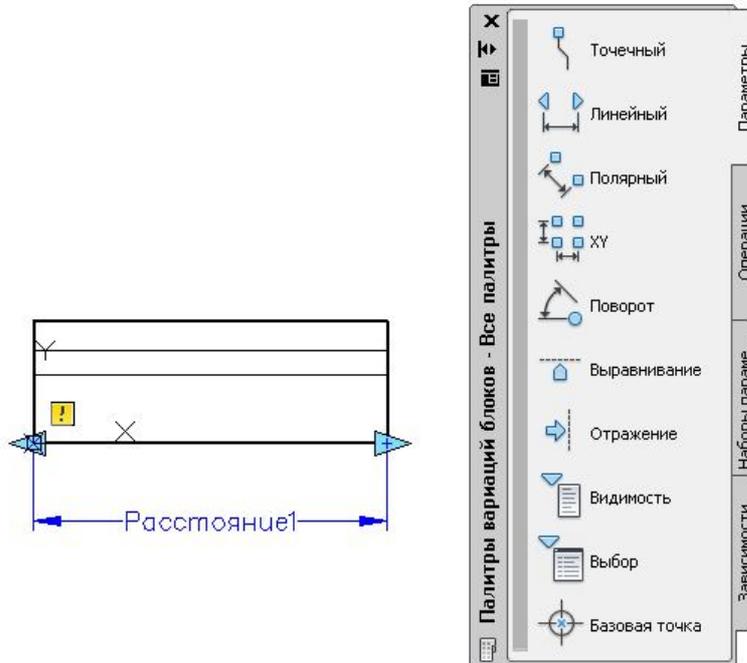


Рис. 49. Выбор изменяющегося параметра для блока *OK*

Выполняя операцию *Растянуть* (рис. 50), необходимо ответить на следующие запросы программы:

*Выберите параметр:*

Указать параметр *Расстояние 1* на чертеже.

*Укажите точку параметра которой необходимо связать с операцией или введите [Начальная точка/Вторая] < Вторая >:*

Указать правую стрелку на блоке выбранного параметра. На два запроса

*Укажите первый угол рамки растягивания [Смн-угол]:*

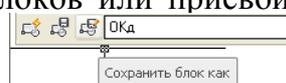
*Противоположный угол:*

секущей рамкой выбрать правую часть блока.

*Выберите объект:*

Секущей рамкой выбрать объект для растяжения ↵.

Измененный блок можно сохранить с тем же именем *OK* при закрытии редактора блоков или присвоить новое имя с помощью команды *Сохранить блок как...* (см. рис. 50).



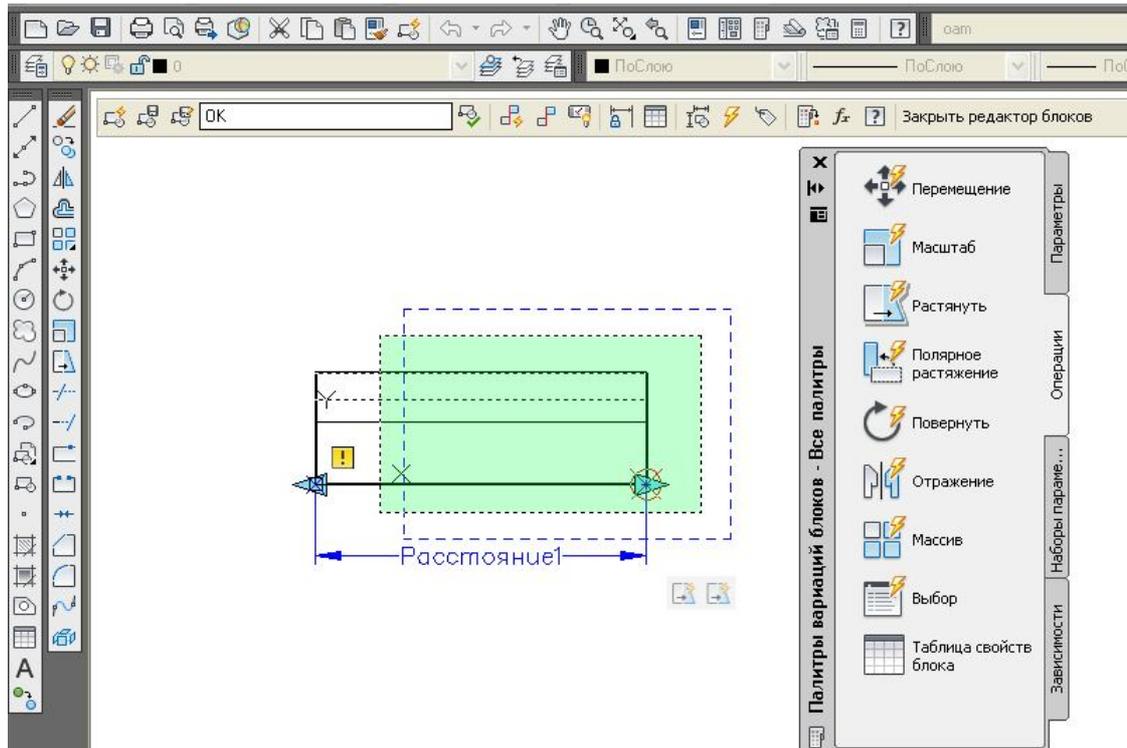


Рис. 50. Выполнение операции *Растянуть* при создании динамического блока

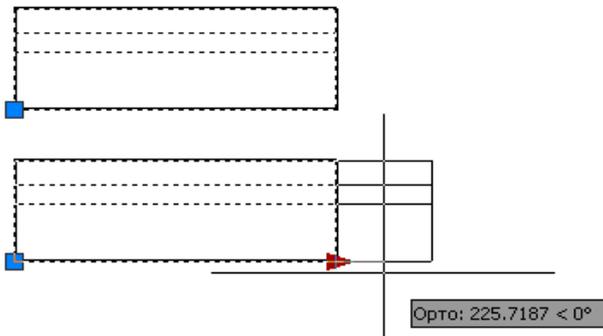


Рис. 51. Различие между статическим и динамическим блоками на чертеже

Визуальное различие между выделенными на чертеже статическим и динамическим блоками показано на рис. 51. Стрелка на чертеже блока определяет изменяющийся параметр динамического блока.

## 5. ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ 2D-ЧЕРТЕЖЕЙ В СРЕДЕ AUTOCAD

В практике работы с файлом чертежа необходимо выполнить несколько подготовительных действий: создание слоев, использование *Центра управления* для переноса слоев, стилей размеров и текстов и т. д. во вновь созданный файл.

### 5.1. Создание слоев

Для выполнения чертежей в среде AutoCAD создают слои с параметрами линий, соответствующими ГОСТ 2.303–68 ЕСКД. Для этого используют команду *Слой...*  падающего меню *Формат*. При этом активируется окно *Диспетчер свойств слоев* (рис. 52).

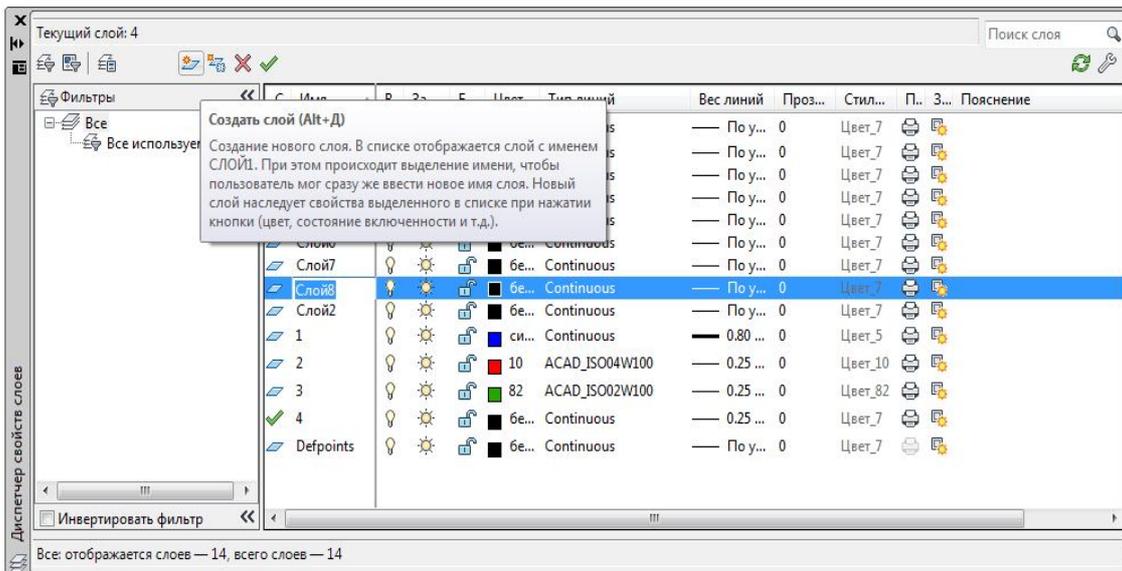


Рис. 52. Окно создания и редактирования слоев

Все необходимые для чертежа слои создают с помощью пиктограммы *Создать слой* (см. рис. 52). Далее слою дают имя, редактируют его цвет, выбирают тип линии и ее толщину (вес линии) щелчком ЛКМ в соответствующей колонке редактируемого слоя. Для выбора типа линии с помощью кнопки *Загрузить* открывают окно *Загрузка/перезагрузка типов линий* (рис. 53).

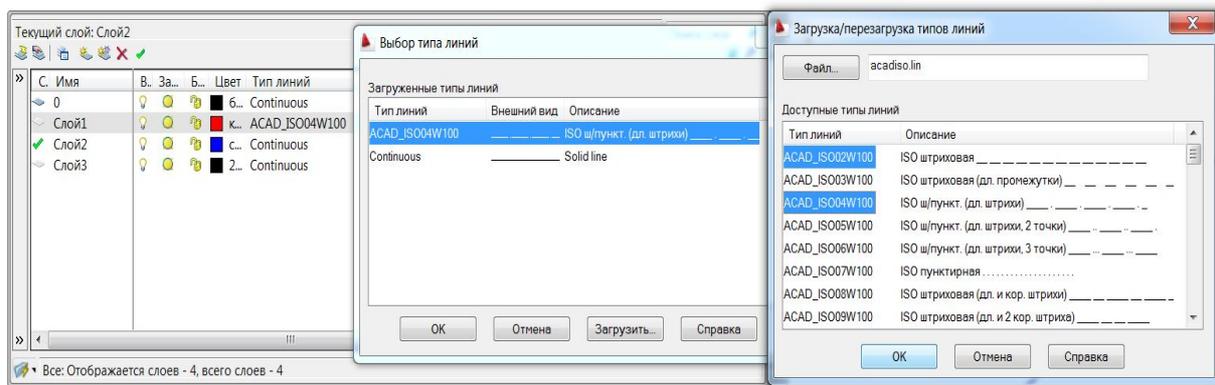


Рис. 53. Загрузка типов линий, необходимых для чертежа

Во время выполнения чертежа слой выбирают из списка панели *Слои* (рис. 54). Выбор слоя необходимо выполнять щелчком ЛКМ на названии в правой области списка, так как значки, расположенные с левой стороны, могут погасить, заморозить или заблокировать слой для его дальнейшего редактирования и работы в нем.

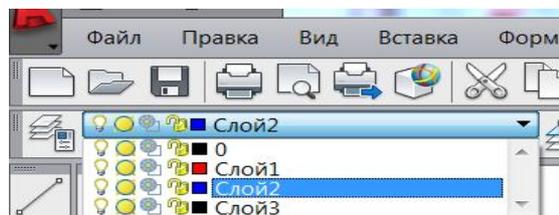


Рис. 54. Список слоев панели *Слои*

## 5.2. Использование Центра управления

Центр управления программы AutoCAD является инструментом переноса созданных в других файлах слоев, стилей размеров, текстов, мультилиний и пр. во вновь созданный файл чертежа. Активация центра управления выполняется последовательностью команд **Сервис** → **Палитры** → **Центр управления** . Также для активации окна центра управления (**DesignCenter**) можно использовать горячие клавиши **Ctrl+2**.

В этом окне из выбранного файла можно выделить необходимые слои, стили и пр. для последующего переноса их во вновь созданный файл чертежа (рис. 55).

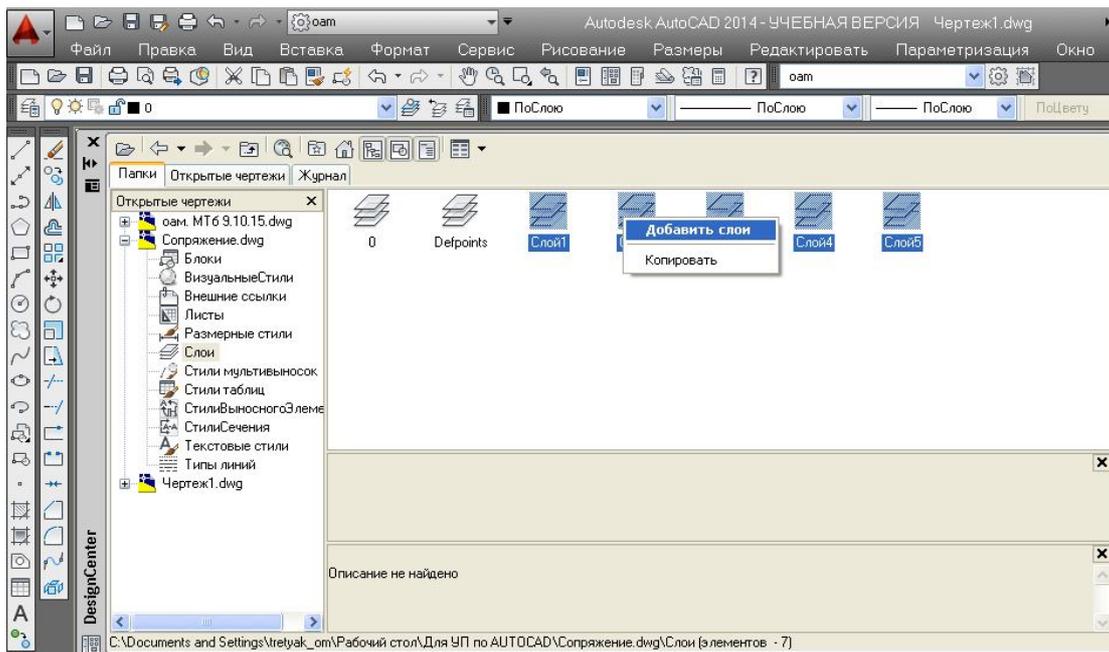


Рис. 55. Окно центра управления **DesignCenter**

## 5.3. Пример выполнения графической работы №1 «Вал»

В качестве практических рекомендаций к освоению программы AutoCAD предлагаем выполнить чертеж детали (рис. 56, 57). Для этого необходимо создать файл чертежа *Вал.dwg* и сохранить его на диске D в своей папке. Для освоения множества возможных инструментов программы рекомендуем придерживаться последовательности операций:

1. Создать слои с помощью команды **Формат** → **Слои...** (см. подр. 5.1):

**Слой 1** для линий видимого контура: цвет – синий, тип линии – сплошная (continuous), вес линии – 0.7;

**Слой 2** для осевых линий: цвет – красный, тип – штрихпунктирная (ISO04W100), вес линии – 0.25;

**Слой 3** для линий штриховки и нанесения текста и размеров: цвет – черный, тип линии – сплошная (continuous), вес линии – 0.25.

2. Создать текстовый стиль, следуя указаниям подр. 2.6.5, с параметрами:

Стиль текста Simplex, Степень растяжения 0.8, Угол наклона 15.

3. Создать размерный стиль, следуя указаниям подр. 2.6.6, с параметрами: **Стрелка Разомкнутая**, размером 5; **Удлинение за размерную** 3; **Текст**: стиль 1, высотой 5; **Глобальный масштаб** 1; **Точность** 0.

4. Вычертить главный вид детали (см. рис. 57):

4.1. Включить режимы (см. подр. 1.2) **ОРТО**, **ПРИВЯЗКА**, **ВЕС**.

4.2. Выбрать **Слой 2** (см. подр. 5.1).

4.3. Вычертить осевую линию с помощью команды **Рисование** → **Отрезок** → щелчок ЛКМ в произвольной точке экрана → отвести курсор вправо, 160 ↵.

4.4. Вычертить верхний контур вала (**Слой 1**) в последовательности, предложенной на рис. 56, используя команды **Рисование** → **Отрезок** → ЛКМ с привязкой **Ближайшая** (см. подр. 1.7) на выполненной оси (точка1) 20↵ 50↵ 5↵ 100↵. Выполняя отрезки по заданным точкам, отводить курсор в нужную сторону.

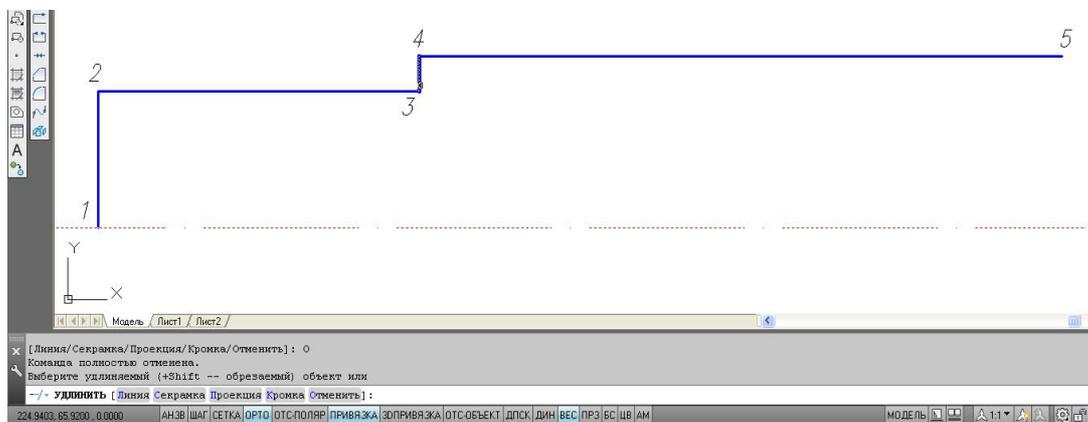


Рис. 56. Процесс выполнения чертежа

4.5. Удлинить отрезок 3-4 до осевой линии с помощью команд **Редактировать** → **Удлинить** (см. подр. 3.2.9). При указании удлиняемого отрезка щелчок ЛКМ делать ближе к границе удлинения (см. рис. 56).

4.6. Скопировать выполненный контур относительно оси с помощью команд **Редактировать** → **Зеркальное отражение** (см. подр. 3.2.2).

4.7. Выполнить линию обрыва (**Слой 3**) с помощью операций **Рисование** → **Слайн** (см. подр. 2.5).

4.8. Выполнить фаску (**Слой 1**) с помощью операций **Редактирование** → **Фаска** (см. подр. 3.2.9). Так как в начале сеанса AutoCADa в команде **Фаска** назначается режим **С обрезкой**, длина катетов фаски 0, угол  $45^{\circ}$ , то для задания параметров фаски использовать опции **Длина 1**: 4↵, **Длина 2**: 4↵ и затем щелчком ЛКМ указать отрезки для создания фаски.

4.9. Выполнить оси цилиндрических выемок для отверстия и шпоночного паза (**Слой 2**). Для этого использовать операции **Рисование** → **Прямая** → **Отступ** → 25↵ → ЛКМ на отрезке 1-2 → ЛКМ справа. Аналогично построить оси шпоночного паза с отступами 75 и 115 от отрезка 1-2.

4.10. Выполнить окружность для сквозного отверстия радиусом 5 (*Слой 1*) с помощью операций **Рисование** → **Круг** → ЛКМ в точке пересечения осей (см. подр. 2.2).

4.11. Копировать окружность с базовой точкой в центре окружности, указывая центры новых положений щелчками ЛКМ в точках пересечения осей шпоночного паза (см. подр. 3.2.1).

4.12. Провести верхний и нижний отрезки шпоночного паза командой **Отрезок**. Обрезать внутренние части окружностей, используя операции **Редактирование** → **Обрезать** (см. подр. 3.2.9).

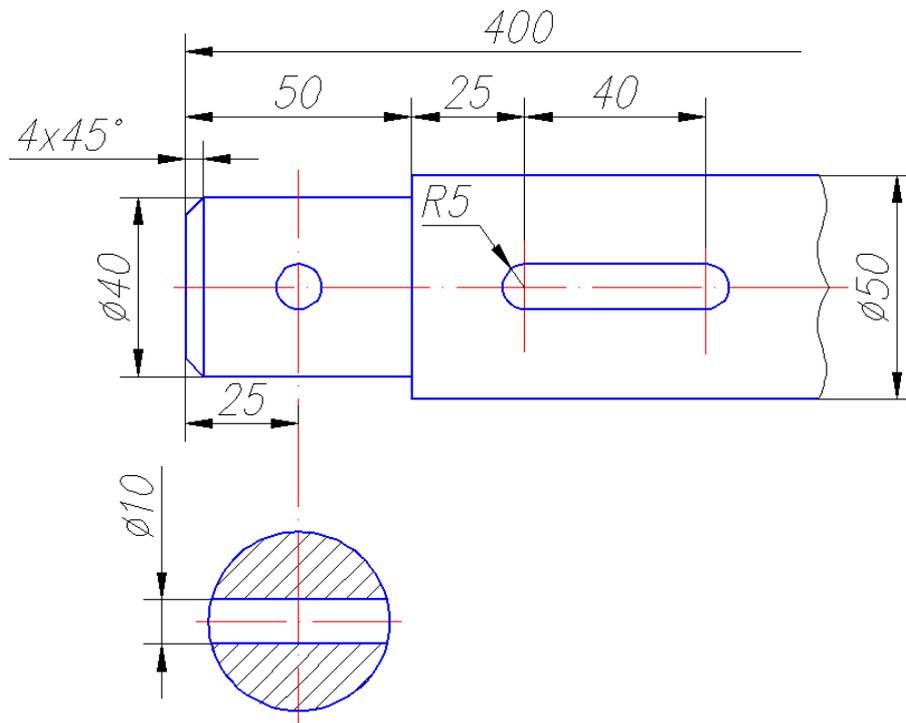


Рис. 57. Пример выполнения чертежа «Вал»

4.13. Вычертить вынесенное сечение вала со сквозным отверстием:

4.13.1. Провести горизонтальную ось (*Слой 2*) сечения с помощью команды **Отрезок**.

4.13.2. Выполнить окружность (*Слой 1*) радиусом 20 с центром в пересечении осей.

4.13.3. Выполнить отверстие (*Слой 1*) с помощью операций **Рисование** → **Прямая** → **Отступ** → 5↵ ЛКМ на горизонтальной оси → ЛКМ сверху → ЛКМ снизу от оси.

4.13.4. Обрезать все лишние линии с помощью команды **Обрезать**. Осевые линии вытянуть с помощью «ручек» за границы изображений на 1...5 мм.

4.13.5. Выполнить штриховку сечения (*Слой 3*) с помощью операций **Рисование** → **Штриховка** (см. подр. 2.6.4).

4.14. Нанести размеры (*Слой 3*) в соответствии с рис. 57 (см. подр. 2.6.6).

## 5.4. Пример выполнения графической работы №2 «Сопряжение»

С помощью данной работы осваиваются операции точного черчения в программе AutoCAD. В данном пособии предлагается следующая последовательность выполнения чертежа, проиллюстрированная на рис. 58 – 64:

1. Создать файл чертежа *Сопряжение.dwg* и сохранить его на диске D.
2. Используя **Центр управления**, перенести в данный файл слои, текстовый и размерные стили (см. подр. 5.2).
3. Выполнить чертеж «Сопряжение» (см. рис. 64):
  - 3.1. Включить режимы (см. подр. 1.2) **ОРТО, ПРИВЯЗКА, ВЕС**.
  - 3.2. Вычертить осевые линии (вертикальную и горизонтальную) длиной по 70 мм (**Слой 2**) с помощью команды **Рисование** → **Отрезок** (см. подр. 2.1).
  - 3.3. Выполнить окружности (**Слой 1**) радиусами 30 и 10 с одним центром в пересечении осей.
  - 3.4. Выполнить осевые для окружностей с правой стороны чертежа с помощью команд **Рисование** → **Прямая** → **Отступ**: от вертикальной – на 64 мм, от горизонтальной – на 138 (см. подр. 2.4).
  - 3.5. Скопировать окружности с осями с базовой точкой в центре окружностей с помощью команд **Редактирование** → **Копирование объекта** (см. подр. 3.2.1 и рис. 58). Удалить лишние прямые линии.
  - 3.6. Используя окно **Свойства**, изменить радиус большей окружности на 24 мм (см. рис. 59).

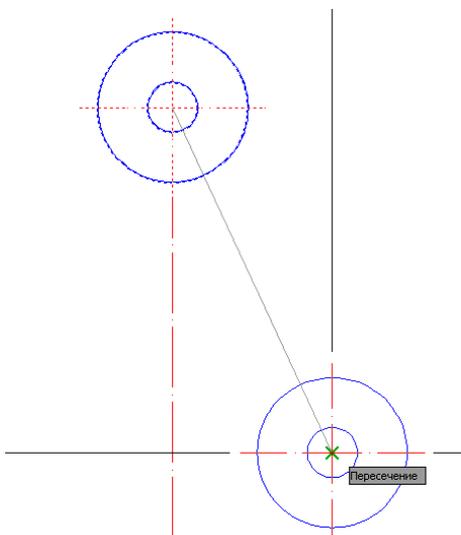


Рис. 58. Копирование окружностей

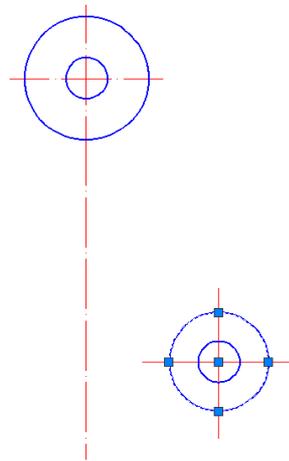


Рис. 59. Редактирование параметра окружности

Круг	
Цвет	ПоСлою
Слой	Слой1
Тип привязки	ПоСлою
Центр X	2924.8453
Центр Y	1392.149
Радиус	24
Диаметр	48
Длина окружности	150.7964
Площадь	1809.5574

3.7. Построить касательную прямую к двум окружностям с помощью последовательности команд **Рисование** → **Отрезок**, используя привязку **Касательная** на каждой из окружностей (см. рис. 60).

3.8. Выполнить симметричное копирование объекта с помощью последовательности команд **Редактирование** → **Зеркальное отражение** (см. подр. 3.2.2).

3.9. Выполнить сопряжение радиусом 65 мм двух нижних окружностей с помощью команд **Рисование** → **Сопряжение**. При этом изменить радиус и режим обрезки с помощью опций команды (см. подр. 3.2.9 и рис. 61).

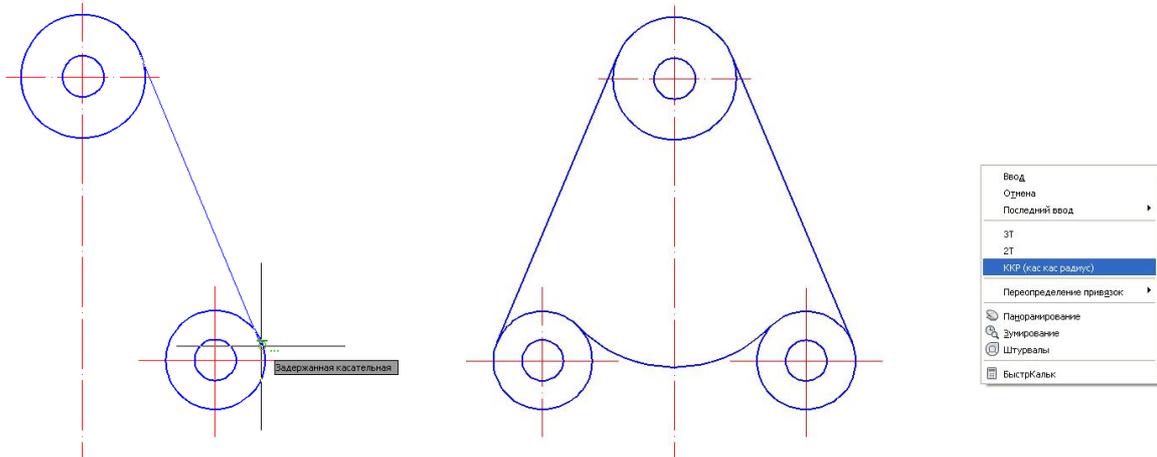


Рис. 60. Построение касательной

Рис. 61. Построение сопряжения

3.10. Выполнить сопряжение радиусом 130 мм двух окружностей с помощью команд **Рисование** → **Круг** → **ККР (кас кас радиус)** (см. подр. 2.2) и обрезать верхнюю часть окружности, используя операции **Редактирование** → **Обрезать** (см. рис. 62).

3.11. Выполнить построение внутренней части чертежа с помощью операций **Редактирование** → **Смещение** (см. подр. 3.2.3) с отступом от двух касательных на расстояние 45 мм и от горизонтальной оси верхней окружности на 110 мм (см. рис. 63).

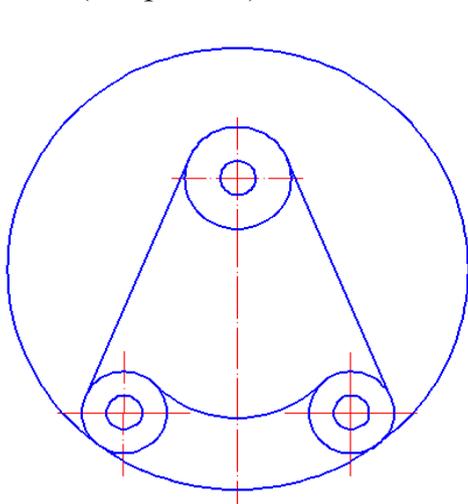


Рис. 62. Построение касательной окружности

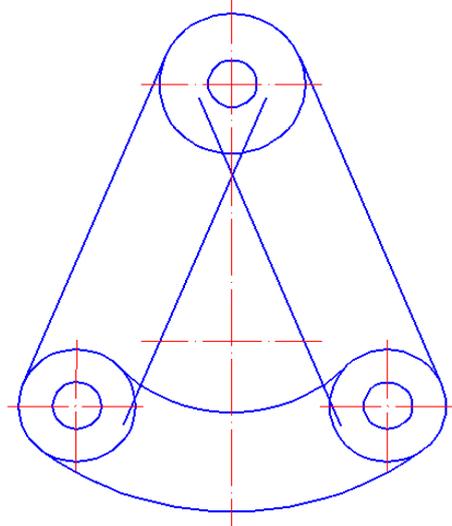


Рис. 63. Построение подобных объектов

3.12. Для построенных прямых выполнить сопряжение радиусом 5 мм с помощью команды **Рисование** → **Сопряжение**.

2.13. Нанести размеры (**Слой 3**) в соответствии с рис. 64 и подр. 2.6.6.

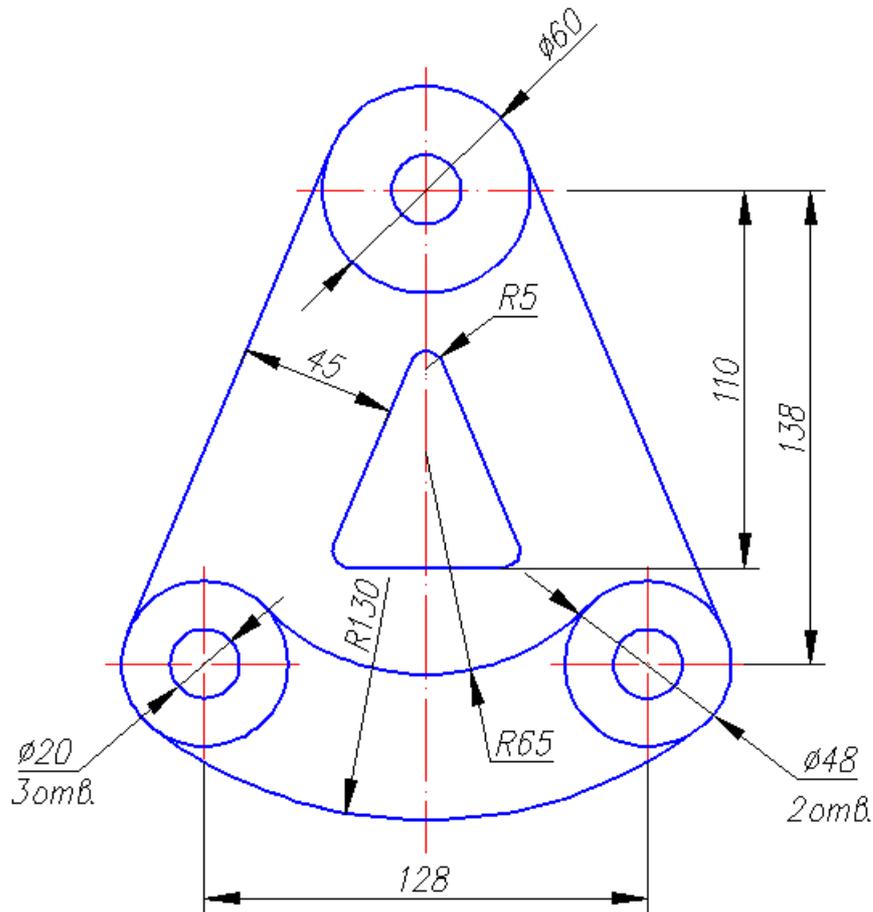


Рис. 64. Пример выполнения чертежа «Сопряжение»

### 5.5. Пример выполнения графической работы №3 «Проекционное черчение»

В данной работе рассматриваются способы ввода координат, различные операции копирования объектов, оптимальное использование различных режимов и привязок в программе AutoCAD. Предлагается следующая последовательность выполнения чертежа, проиллюстрированная на рис. 64 – 68:

1. Создать файл чертежа *Проекционное черчение.dwg* и сохранить его на диске D.

2. Используя **Центр управления**, перенести в данный файл слои, текстовый и размерные стили (см. подр. 5.2).

3. Выполнить чертеж «Проекционное черчение» (см. рис. 68):

3.1. Включить режимы (см. подр. 1.2) **ОРТО**, **ПРИВЯЗКА**, **ОТСОБЪЕКТ**, **ВЕС**.

3.2. Вычертить прямоугольник 420x360 мм (*Слой 1*) с помощью команд *Рисование* → *Прямоугольник* (см. подр. 2.6.1).

3.3. Вычертить осевые линии (*Слой 2*) с помощью команд *Рисование* → *Отрезок* с привязкой к середине противоположных сторон прямоугольника.

3.4. Вычертить окружность радиусом 55 мм с центром в пересечении осей (*Слой 1*). Выполнить правильный шестиугольник с помощью команд *Рисование* → *Многоугольник* (см. подр. 2.6.2). При выборе опции данной команды *Вписанный в окружность* указать радиус 105 мм.

3.5. Выполнить крайнюю окружность радиусом 25 мм, как элемент будущего массива, с помощью команд *Рисование* → *Круг* → временная привязка *Смещение*  → ЛКМ на базовой точке (см. рис. 65) → @50,40 ↵ → 25 ↵.

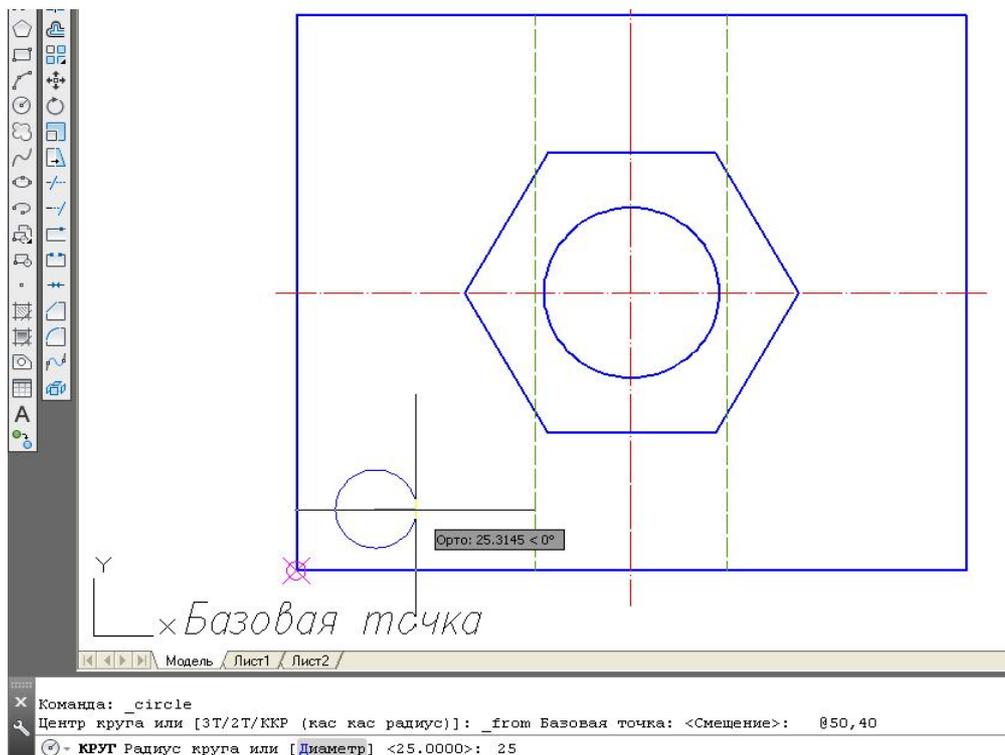


Рис. 65. Использование привязки *Смещение*

3.6. Перед построением массива окружностей дорисовать центровые оси (*Слой 2*).

3.7. Выполнить копирование окружности с помощью команд *Редактирование* → *Массив* → *Прямоугольный* (см. подр. 3.2.4). В процессе построения можно выбрать объекты копирования до обращения к команде *Массив*, затем необходимо выбрать опции и ответить на запросы программы (см. рис. 66):

- *Ассоциативный* – нет;
- *столбцы* – 3, расстояние между столбцами – 160;
- *строки* – 2, расстояние между строками – 140.

3.8. Достроить ребра жесткости (*Слой 1*) и невидимые линии (*Слой 4*). При необходимости создать *Слой 4* для линии невидимого контура: цвет – зеленый, тип штрихования – ISO02W100, вес линии – 0,3.

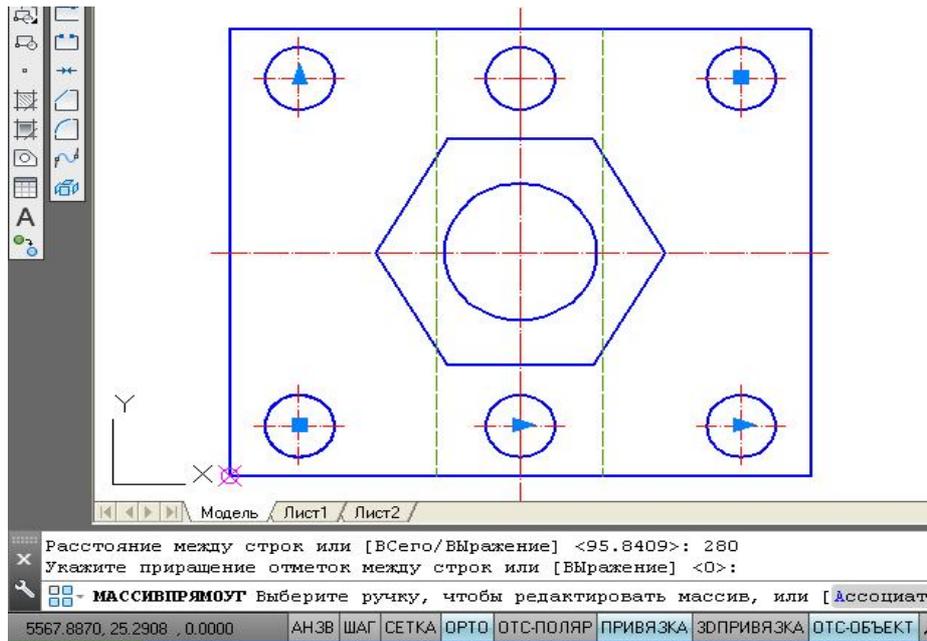


Рис. 66. Использование команды *Массив*

3.9. Выполнить главный вид детали с использованием команды *Отрезок* и временной привязки *Координатные фильтры*:

- вызвать команду *Отрезок*;
- с помощью сочетания *Shift*+ПКМ открыть список временных привязок, выбрать в нем координатный фильтр точек по оси x (см. рис. 67);
- щелчком ЛКМ указать точку 1 на виде сверху и еще одним щелчком ЛКМ указать примерное начало отрезка на главном виде. Далее вычертить главный вид и разрезы детали. Нанести размеры в соответствии с рис. 68.

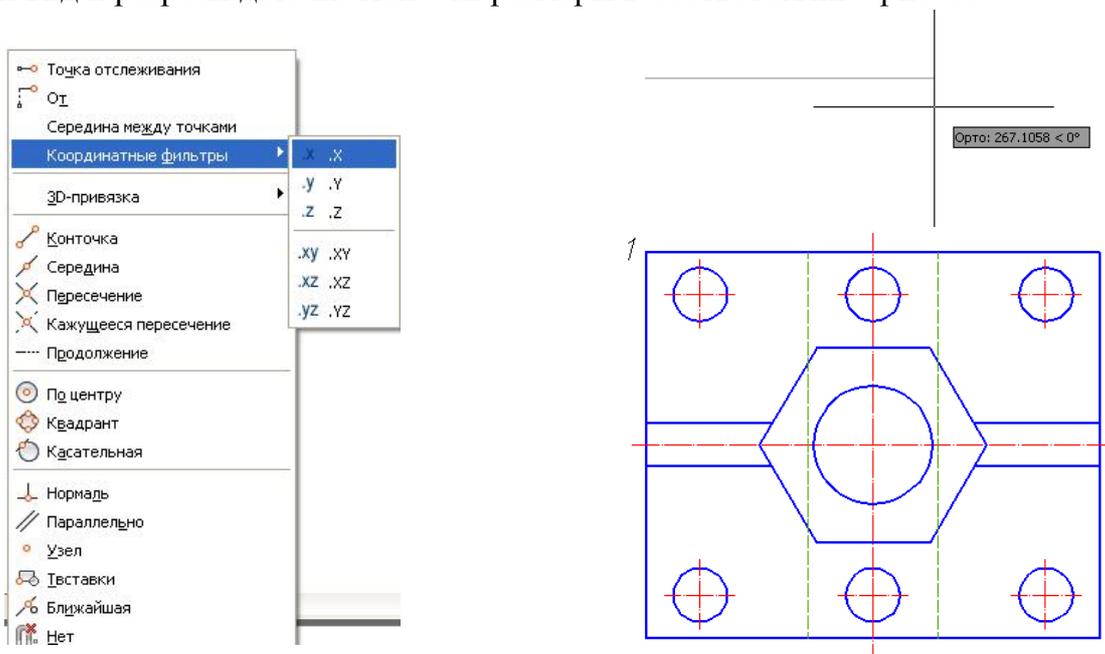


Рис. 67. Использование привязки *Координатные фильтры*

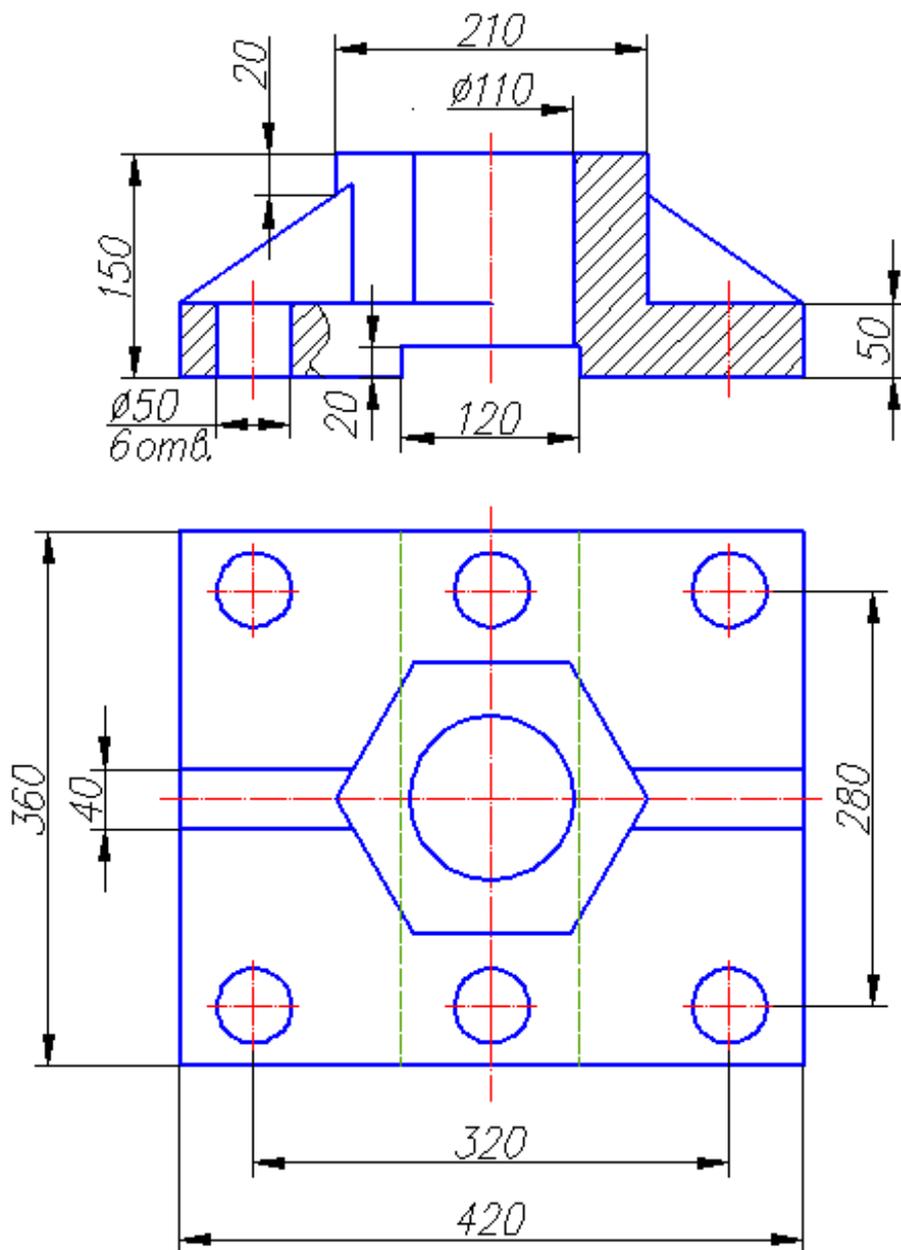


Рис. 68. Пример выполнения чертежа «Проекционное черчение»

## 6. СОЗДАНИЕ И КОМПОНОВКА ЛИСТА. ВЫВОД НА ПЕЧАТЬ

Рассмотренные выше примеры чертежей были выполнены в пространстве *Модели* в масштабе 1:1. Пространства *Модель*, *Лист 1*, *Лист 2* переключаются с помощью вкладок внизу рабочего экрана на интерфейсе AutoCADa (см. подр. 1.2). Компонка в пространстве *Листа* позволяет вывести на печать выполненные изображения детали в разных масштабах в нужном формате, оформленном рамкой и основной надписью в соответствии с ГОСТами ЕСКД и СПДС. Создание нового листа с необходимым оформлением формата рассмотрено ниже.

## 6.1. Создание шаблона для нового Листа

В связи с тем, что в программе AutoCAD не предусмотрены шаблоны, соответствующие ГОСТу 2.301 – 68 «Форматы», в данном пособии предлагается создать шаблон формата А4 для чертежа «Проекционное черчение»:

1. Создать новый файл для рамки чертежа.
2. Перенести слои и текстовые стили из уже созданного файла «Проекционное черчение» с помощью **Центра управления** программы AutoCAD.
3. Для создания Листа «А4» с шаблоном формата А4 вертикального расположения выполнить чертеж рамки соответствующего формата и основную надпись:

– вычертить границы формата (**Слой 3**) с помощью команды **Рисование** → **Прямоугольник**. Отвечая на первый запрос, ввести координаты первой точки: 0, 0↵; на второй запрос программы ввести координаты: 210,297↵;

– внутреннюю рамку чертежа вычертить с помощью команды **Прямоугольник** (**Слой 1**). Отвечая на первый запрос ввести координаты 20,5↵. Вторую точку прямоугольника ввести с помощью относительных координат. Для этого использовать привязку **Смещение**  (см. подр. 5.5 и рис. 65) и на запрос о базовой точке указать верхний правый угол внешней рамки чертежа, далее на вопрос о величине отступа ввести значение @-5,-5↵.

– вычертить границы основной надписи (рис. 69) с помощью команды **Рисование** → **Прямоугольник** (**Слой 1**). Отвечая на первый запрос системы, указать нижний правый угол внутренней рамки чертежа, а на второй запрос: @-185,55↵;

– разрушить прямоугольник основной надписи командой **Редактирование** → **Расчлнить** ;

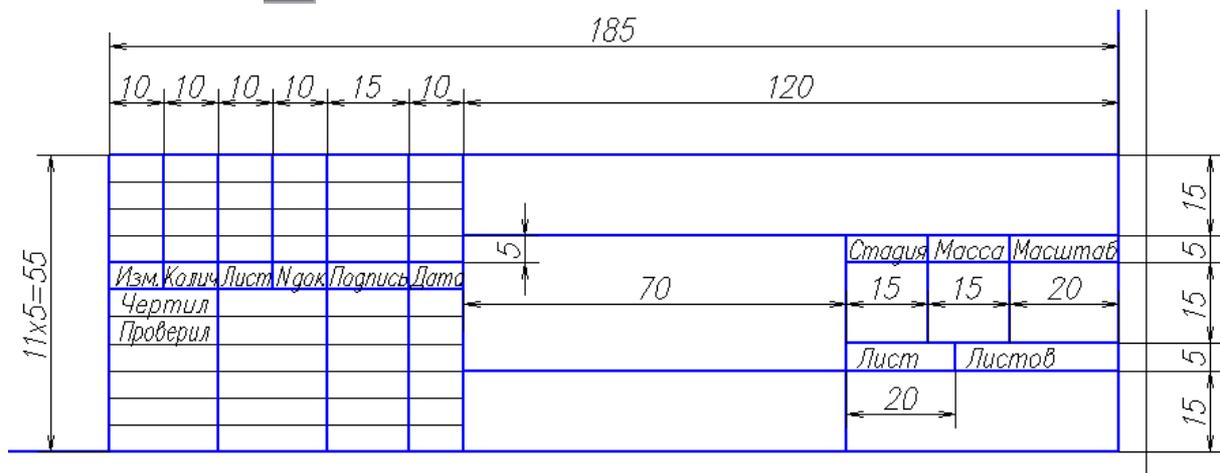


Рис. 69. Основная надпись

– изобразить внутренние горизонтальные линии штампа копированием нижнего отрезка с помощью команды **Редактирование** → **Массив** (**Слой 3**). Вертикальные (**Слой 1**) удобно копировать с помощью команды **Редактирование** → **Подобие**;

– заполнить основную надпись с помощью команды *Рисование* → *Текст* → *Однострочный*;

4. Запомнить файл как шаблон в папке *Template* под именем *A4.dwg* с помощью последовательности *Файл* → *Сохранить как...* В открывшемся окне выбрать тип файла: *Шаблон чертежа AutoCAD (\*.dwt)* (откроется папка *Template*) → тип файла: *Чертеж AutoCAD 2007 (\*.dwg)* → внести имя файла: *A4.d*.

Этот шаблон может быть использован для вставки в пространство вновь создаваемого листа с именем *A4*.

## 6.2. Создание и компоновка Листа

Для создания *Листа А4* выполнить алгоритм:

1. Открыть файл *Проекционное черчение.dwg*;  
2. Создать новый лист с помощью команд *Сервис* → *Мастеры* → *Компоновка листа...* В открывшемся окне *Создание листа – Начало* (рис. 70) ответить на запросы программы:

- *Имя нового листа* – *A4*;
- *Принтер* – *Нет*;
- *Формат* – *ISO A2 (420.00x594.00 мм)*;
- *Ориентация листа* – *Книжная*;
- *Основная надпись* – *A4.dwg*;
- *Видовые экраны* (Один экран в масштабе 1:5);
- *Положение* (указать в пространстве Листа А4 двумя щелчками ЛКМ);
- *Готово*.d.

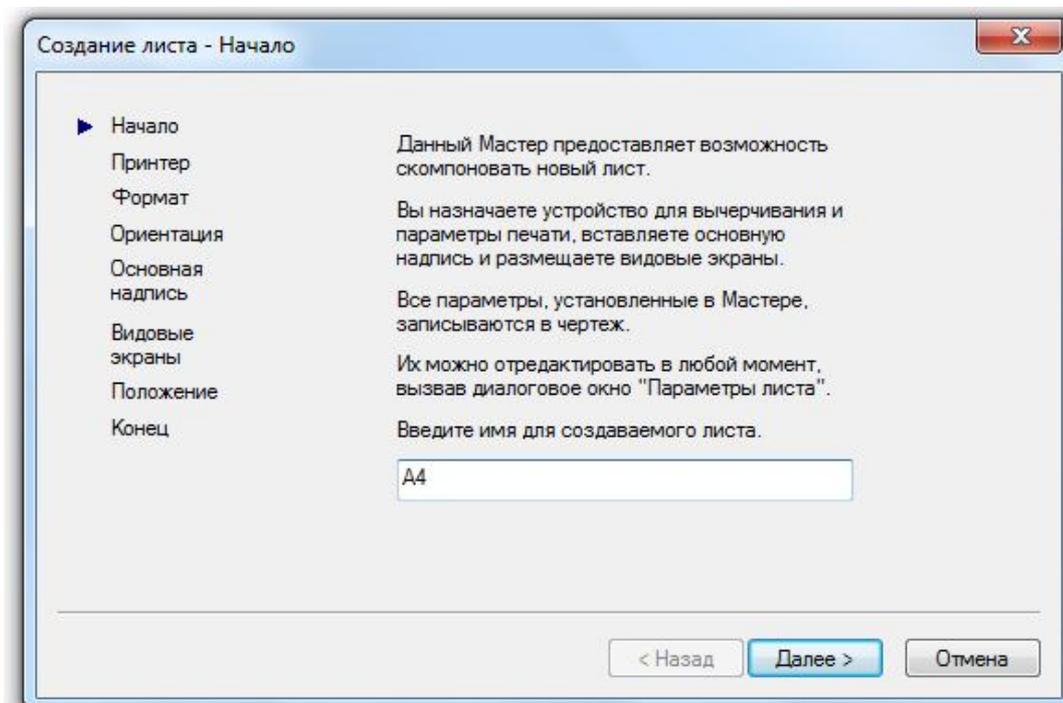


Рис. 70. Окно *Создание листа - Начало*

Созданный первый видовой экран в пространстве *Листа А4* содержит два изображения детали в масштабе 1:5. Для создания дополнительных видовых экранов можно открыть панель **Видовые экраны** (рис. 71). Эта панель позволяет создавать видовые экраны в границах простого прямоугольника, многоугольника или любой другой замкнутой формы, выполненной в пространстве листа, которую программа предлагает преобразовать в видовой экран. В окне панели **Видовые экраны** можно откорректировать масштаб выделенного на листе видового экрана. Также масштаб видового экрана можно задать в окне **Свойства**. Контур экрана необходимо перевести в слой «Вспом», запрещенный к печати.

При выходе в пространство *Листа* можно работать как в пространстве *Модели*, активизируя это пространство двойным щелчком ЛКМ внутри видового экрана, так и в пространстве *Листа*. Все, что создано в пространстве *Листа*, не отражается в пространстве *Модели*, как будто начерчено на кальке, лежащей сверху.

Также необходимо создать дополнительные стили размеров и текстов, чтобы они в разных видовых экранах оказались одинаковыми после распечатки чертежа. Для этого достаточно создать на базе использованных стилей новые с другим масштабом увеличения параметров.

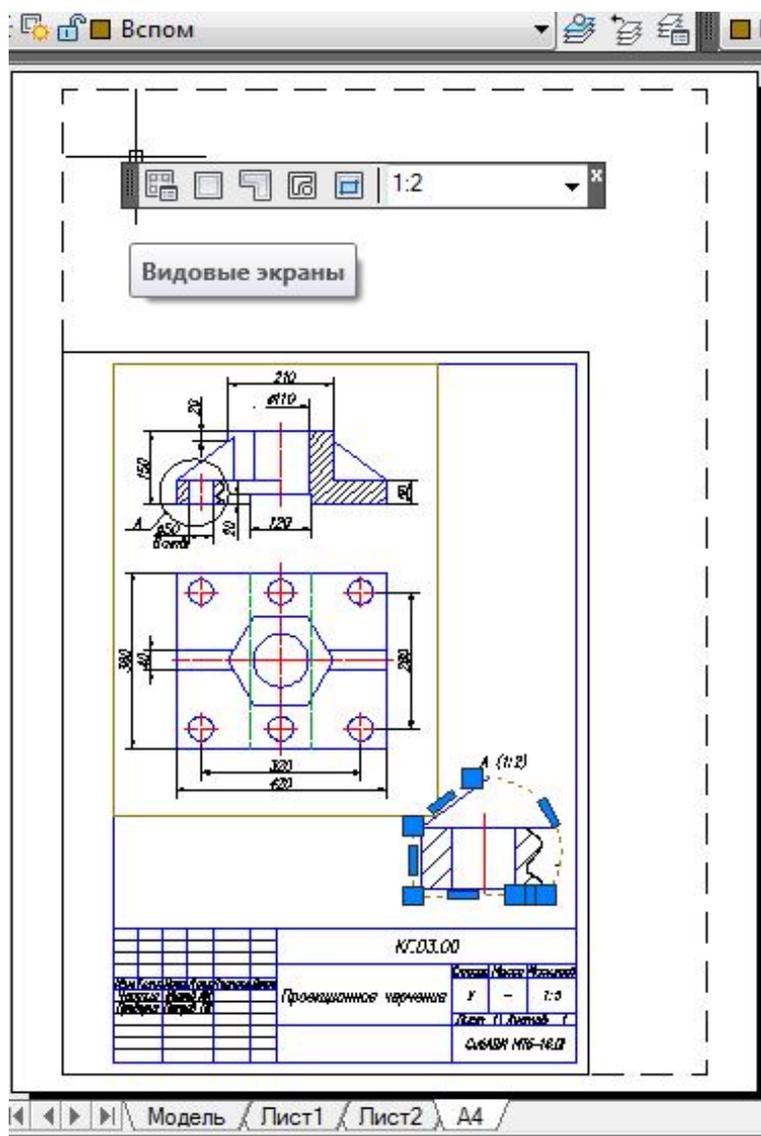


Рис. 71. Компоновка *Листа А4*

### 6.3. Вывод на печать из пространства *Листа*

Вывод на печать можно осуществлять как из пространства *Модели*, так и из пространства *Листа*. В данном пособии рассмотрен вывод на печать из пространства *Листа* с помощью следующих операций:

1. Открыть окно **Печать—А4** с помощью команд **Файл → Печать...**

2. Развернуть окно печати, щелкнув кнопку со стрелкой в нижнем правом углу окна (рис. 72).

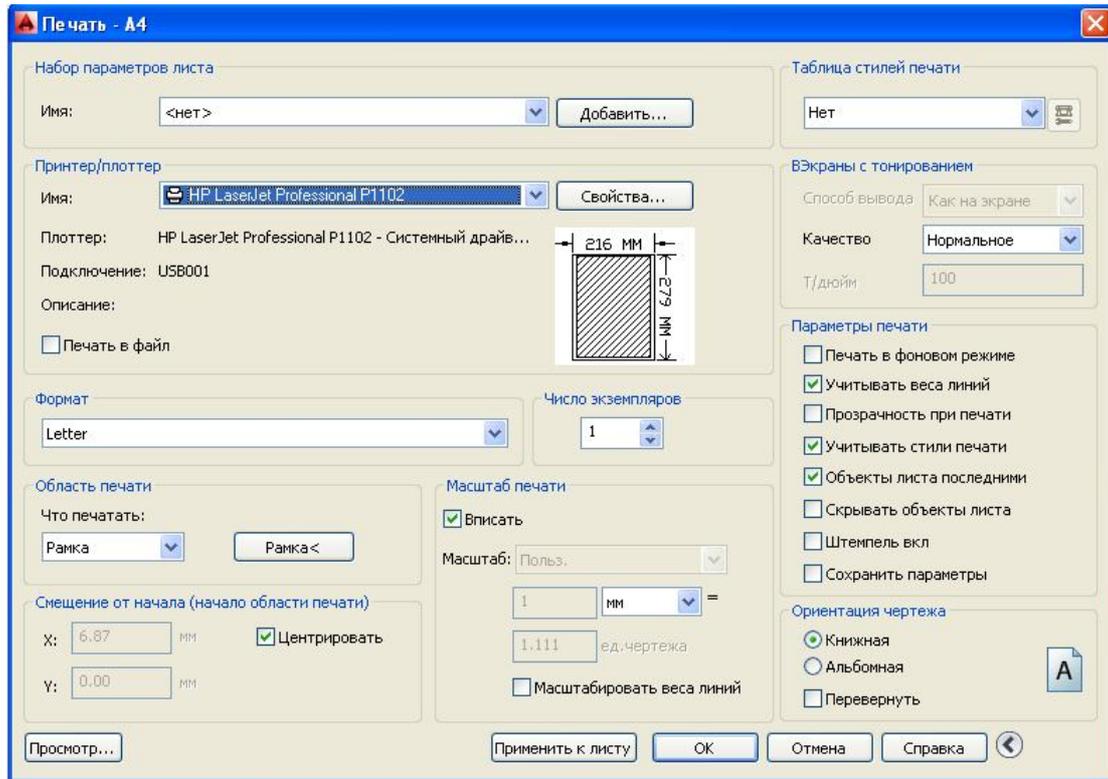


Рис. 72. Окно вывода на печать

3. Выбрать плоттер, ориентацию чертежа, опции печати в соответствии с текущими требованиями к оформлению чертежа:

- область печати выбрать с помощью параметра **Что печатать: Рамка** и кнопки **Рамка<**;
- при выборе принтера с форматом А4 необходимо использовать масштаб печати **Пользов.**, появляющийся при активизации параметра **Вписать**;
- при неоднократном использовании этих параметров печати для данного файла необходимо нажать кнопку **Применить к Листу**.

## 7. ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ AUTOCAD

Плоскость, в которой производятся 2D-построения, называется мировой системой координат (МСК). Она задается осями  $x$  и  $y$  и совпадает с плоскостью графического экрана. Третья ось  $z$  расположена перпендикулярно данной плоскости и направлена от экрана к зрителю.

Многие команды, изученные в прежних разделах, допускают ввод трехмерных координат. В 2D-построениях обычно вводятся две координаты точек  $X$  и  $Y$ , при этом по умолчанию координата  $Z$  приравнивается нулю. В 3D-построениях ввод координат @10,20,30 определяет точку, сдвинутую по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  относительно последней введенной на чертеже точки на 10, 20 и 30 единиц соответственно.

## 7.1. Твёрдотельное моделирование

Программа позволяет строить как поверхности, так и тела. Построение тел выполняется с помощью «выдавливания» и называется твёрдотельным моделированием.

Для удобства построения 3D-объектов в данном пособии рекомендуется дополнить интерфейс следующими панелями *Моделирование*, *Визуальные стили*, *Вид* (рис. 73). На этом рисунке отображен 3D-интерфейс с включенной юго-западной изометрией. В правом верхнем углу рабочего экрана расположен куб, позволяющий изменить направление взгляда на построенный 3D-объект.

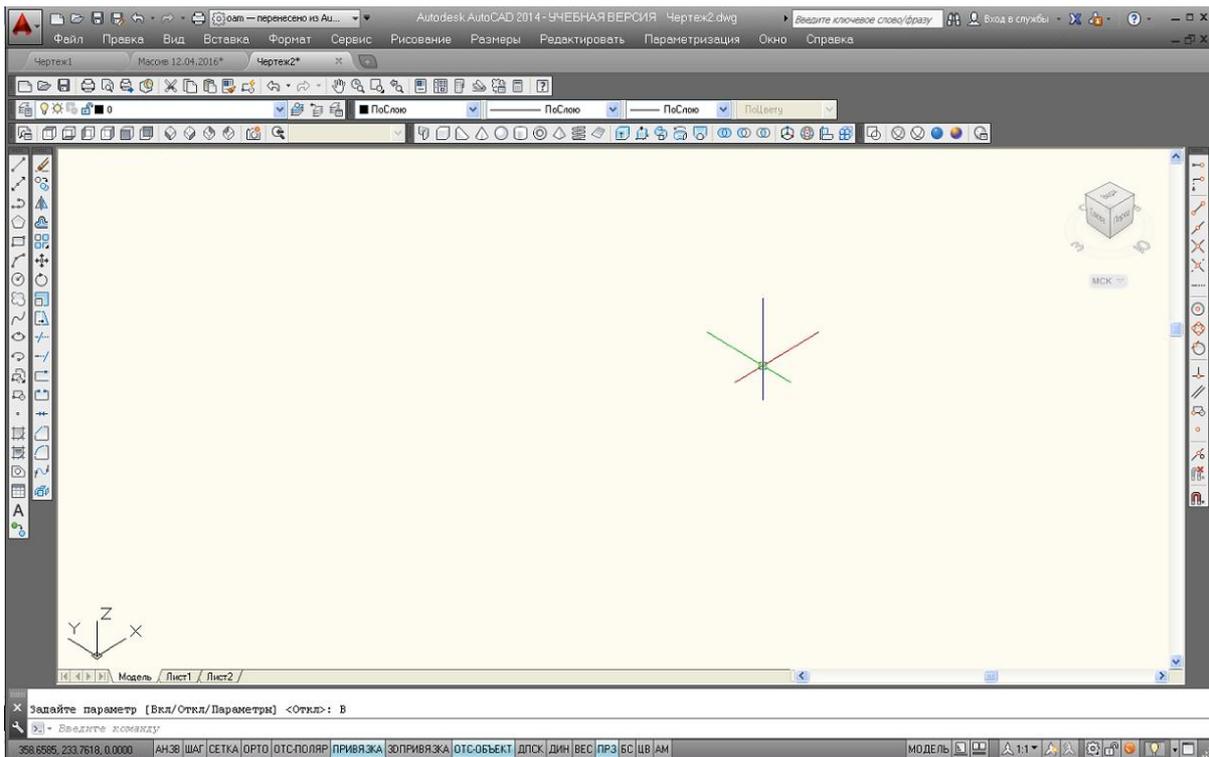


Рис. 73. 3D-интерфейс

## 7.2. Пример выполнения графической работы №4 «3D-модель призмы с отверстием»

Выполнить 3D-объект шестигранной призмы со сквозным цилиндрическим отверстием, используя следующие операции твёрдотельного моделирования:

1. Создать файл с именем «Модель призмы». Установить несколько слоев с различными цветами.
2. Задать на рабочем экране юго-западную изометрию с помощью операций *Вид* → *ЮЗ изометрия*.
3. Выполнить основание прямой шестигранной призмы с помощью операций *Рисование* → *Многоугольник*. Принять центр шестиугольника в точке (0,0,0), радиус вписанной окружности 150.

4. Для выполнения цилиндрического отверстия в теле призмы вычертить окружность с центром в точке (0,0,0) и радиусом 50.

5. Чтобы произвести операции с телами, создать области (область шестиугольника А и область круга В) с помощью операций **Рисование** → **Область** .

6. Выполнить вычитание двух множеств (область А – область В) с помощью панели **Моделирование** и операции **Вычитание**  (рис. 74).

7. Выполнить шестигранное тело с отверстием с помощью операций **Моделирование** → **Выдавить** .

8. Тонирование 3D-модели выполнить с помощью операций **Визуальные стили** → **Визуальный стиль «Концептуальный»**  (рис. 75).

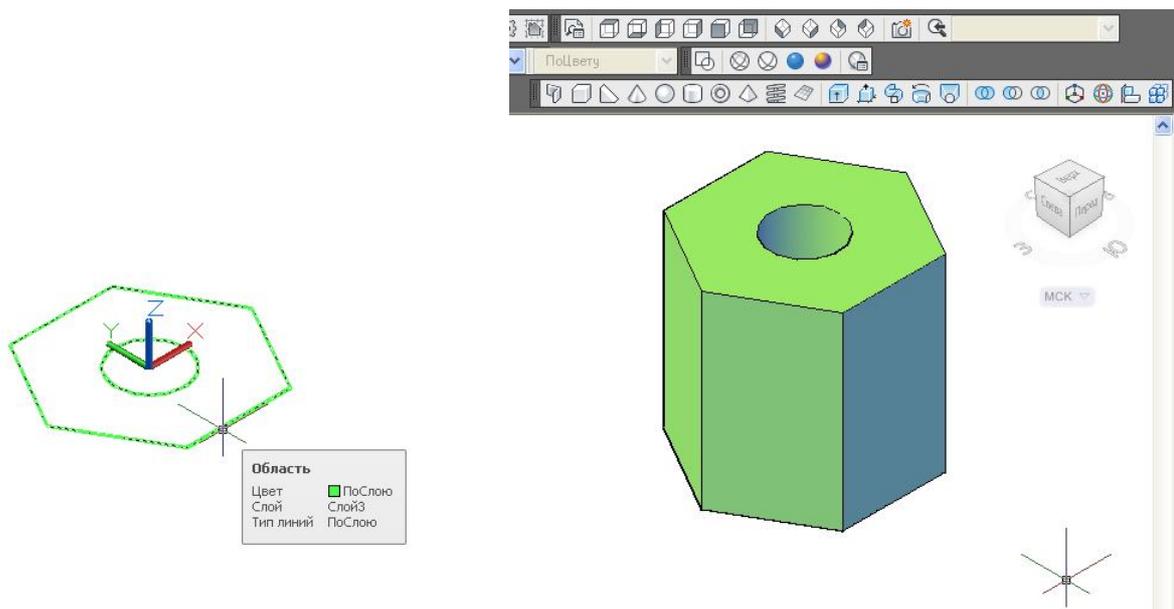


Рис. 74. Создание областей и операция **Вычитание**

Рис. 75. Создание 3D-модели

### 7.3. Пример выполнения графической работы №5 «3D-модель детали с использованием трех видовых экранов»

Выполнить 3D-модель по заданию, приведенному на рис. 76, используя следующие операции твердотельного моделирования:

1. Создать файл с именем *Деталь.dwg*. Установить несколько слоев с различными цветами.

2. При работе с моделью 3D-объекта AutoCAD позволяет делить графический экран на части, в каждой из которых можно установить свою точку зрения или проекцию. Конфигурация, показанная на рис. 77, назначается с помощью операций: **Вид** → **Видовые экраны** → **3 ВЭкрана**. В командной строке выбрать расположение конфигурации: **Правее**.

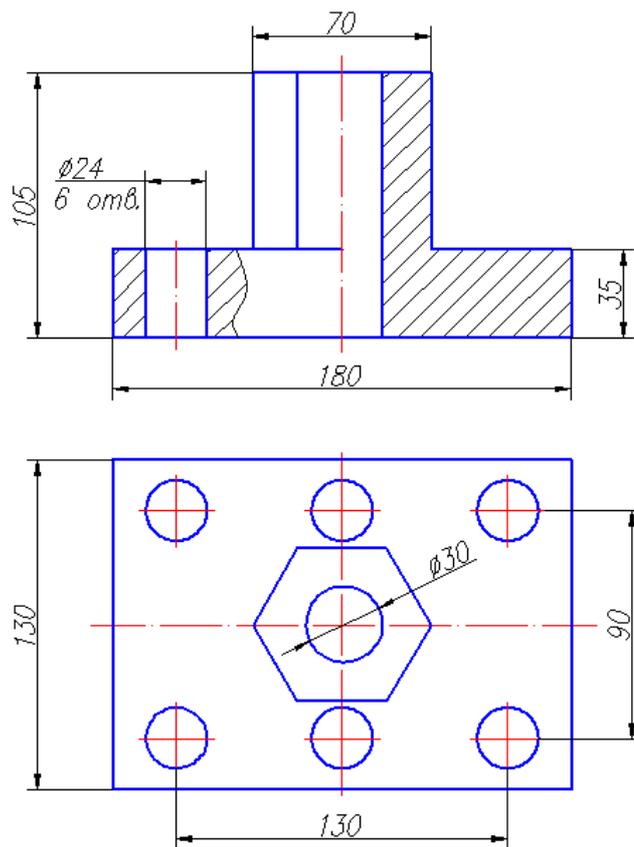


Рис. 76. Задание для выполнения графической работы №5

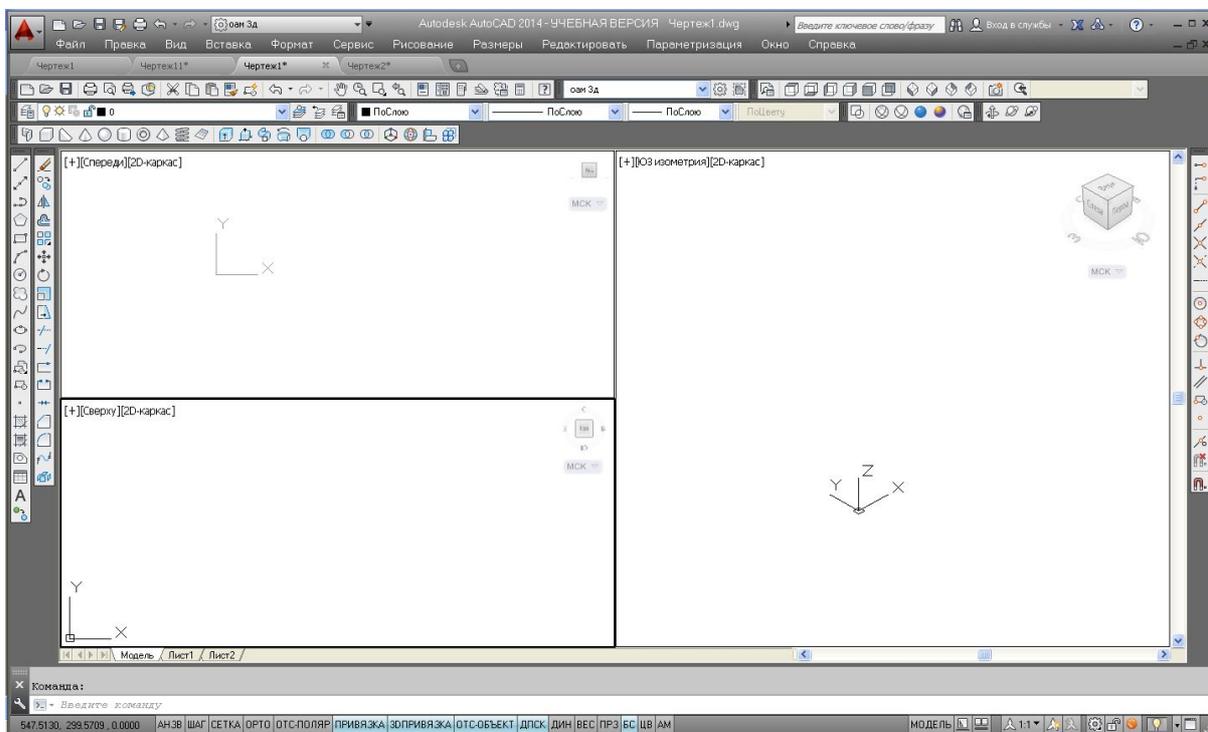


Рис. 77. Конфигурация 3 ВЭкрана

3. Задать виды в каждом видовом экране с помощью панели **Вид** (при задании нужного вида соответствующий экран активизируют щелчком мыши):
  - верхний левый экран – вид **Спереди**;
  - нижний левый экран – вид **Сверху**;
  - правый экран – **ЮЗ изометрия**.
4. Активизировать нижний левый экран и вычертить в нем прямоугольник длиной 180 мм, шириной 130 мм и 6 окружностей диаметром 24 мм с помощью изученных ранее команд.
5. Создать семь областей (область прямоугольника А и области окружностей В). Выполнить вычитание двух множеств (область А – области В) с помощью панели **Моделирование** и операции **Вычитание** (рис. 78).

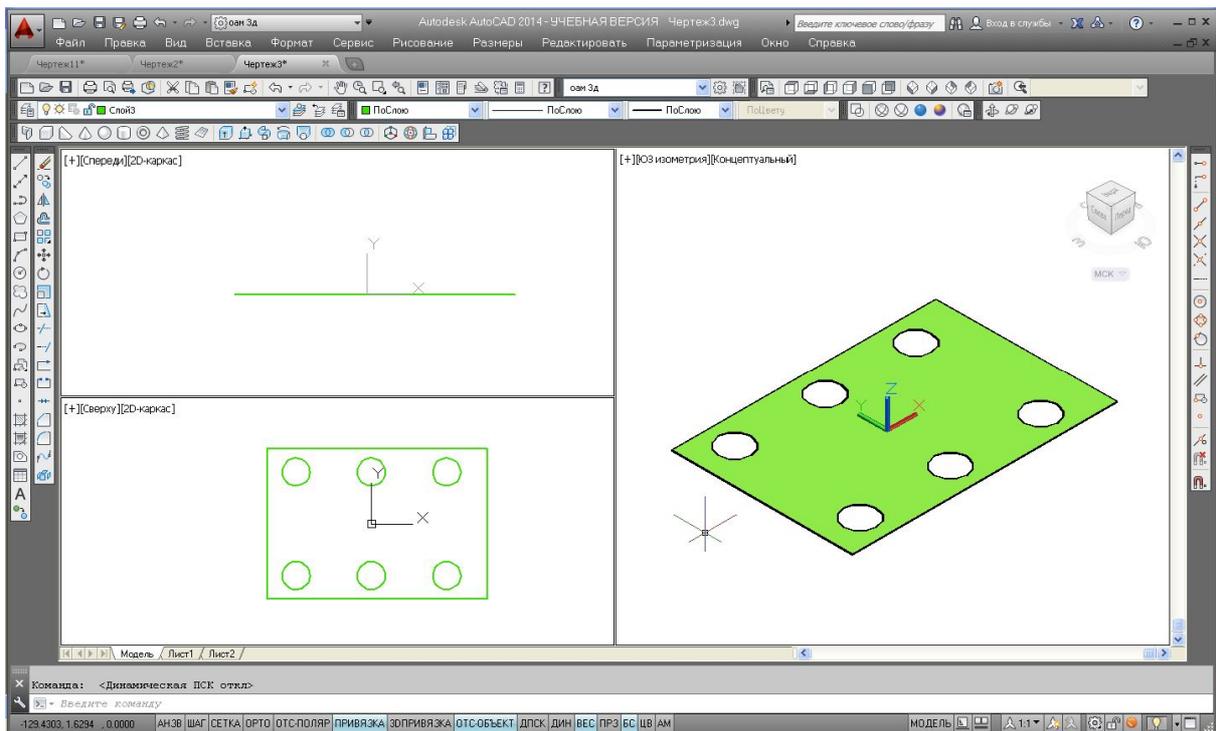


Рис. 78. Операция **Вычитание**

6. Активизировать экран **ЮЗ изометрия**. Создать призму основания с шестью отверстиями с помощью выдавливания полученной области на 35 мм вверх: **Моделирование** → **Выдавить**.
7. Активизировать нижний левый экран и вычертить правильный шестиугольник с помощью операций **Рисование** → **Многоугольник**. Разместить центр шестиугольника в центре верхней грани призмы, задать радиус вписанной окружности 70 мм. Создать область шестиугольника.
8. Активизировать экран **ЮЗ изометрия**. Выполнить выдавливание области шестиугольника вверх на 105 мм.
9. Выполнить объединение двух тел (3D-тело = Тело шестиугольника + Тело призмы с отверстиями) с помощью операций **Моделирование** → **Объединение**  (рис. 79).

10. Построить цилиндр радиусом 12 мм и высотой 105 мм с помощью операций **Рисование** → **Моделирование** → **Цилиндр** . Задать центр основания цилиндра в центре основания призмы (рис. 80).

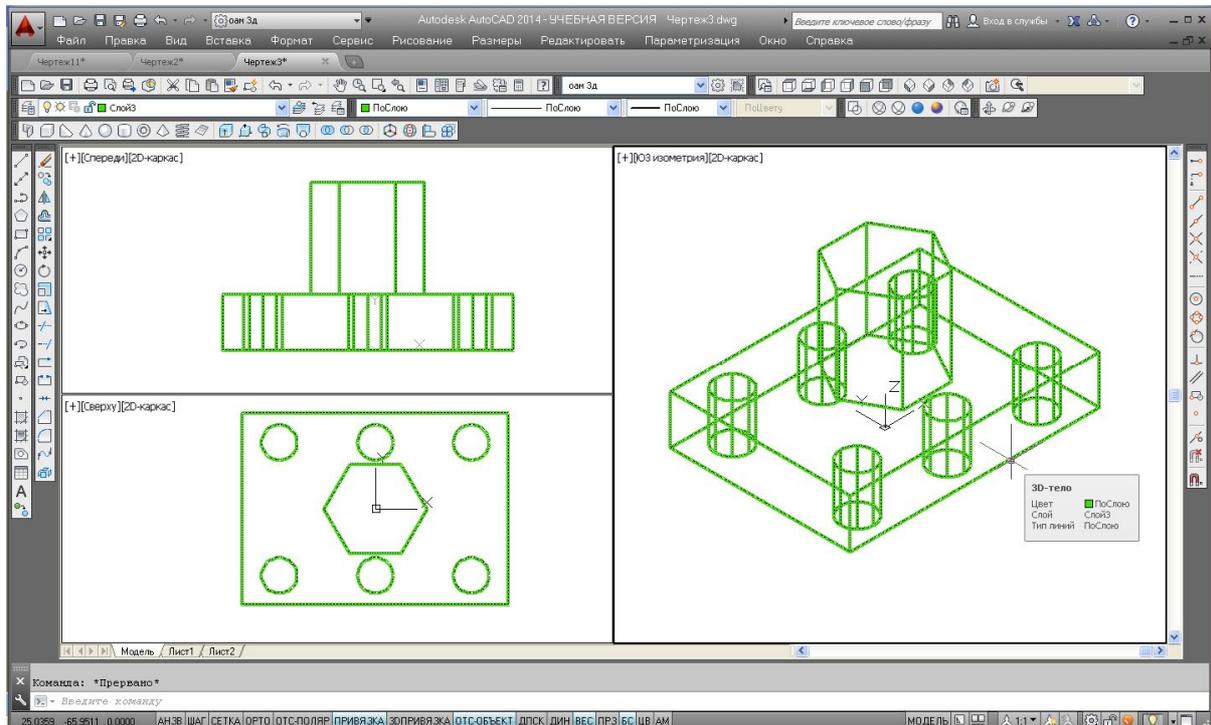


Рис. 79. Операция **Объединение** 3D-тел

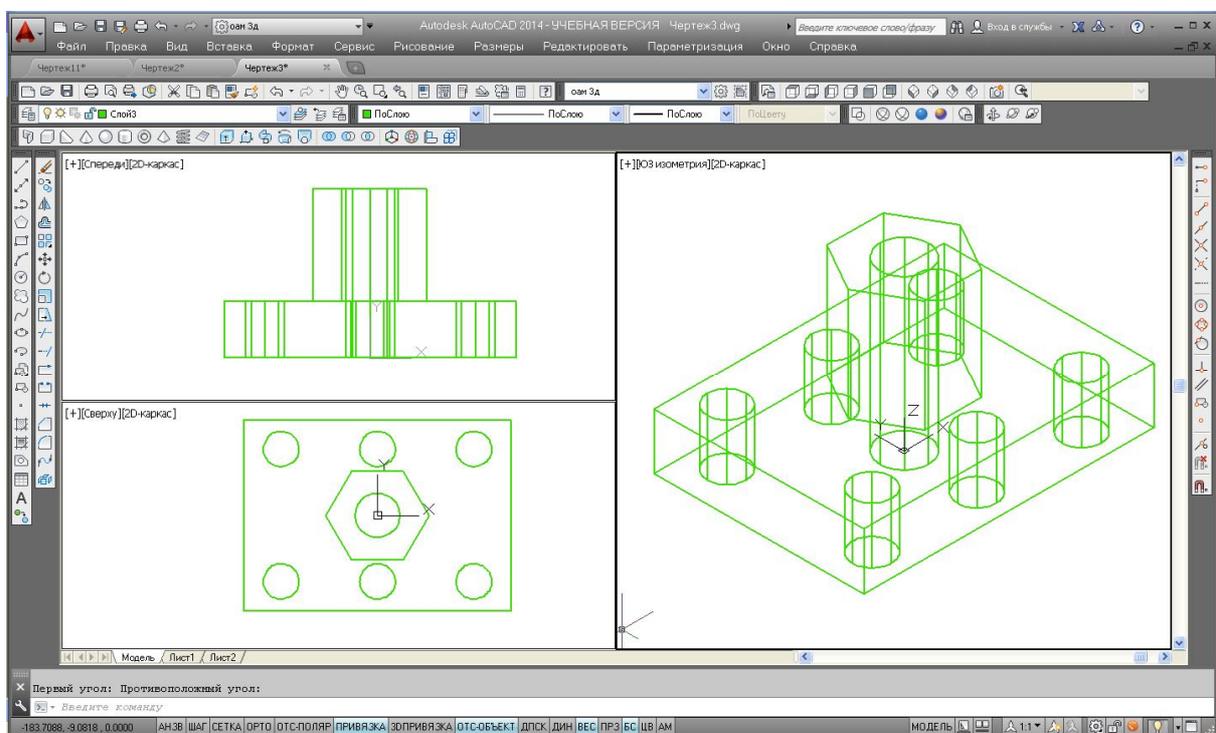


Рис. 80. Построение цилиндра

11. Выполнить операцию **Вычитание** (3D-тело – Цилиндр). Выполнить тонирование 3D-модели с помощью операций **Визуальные стили** → **Визуальный стиль «Концептуальный»** (рис. 81).

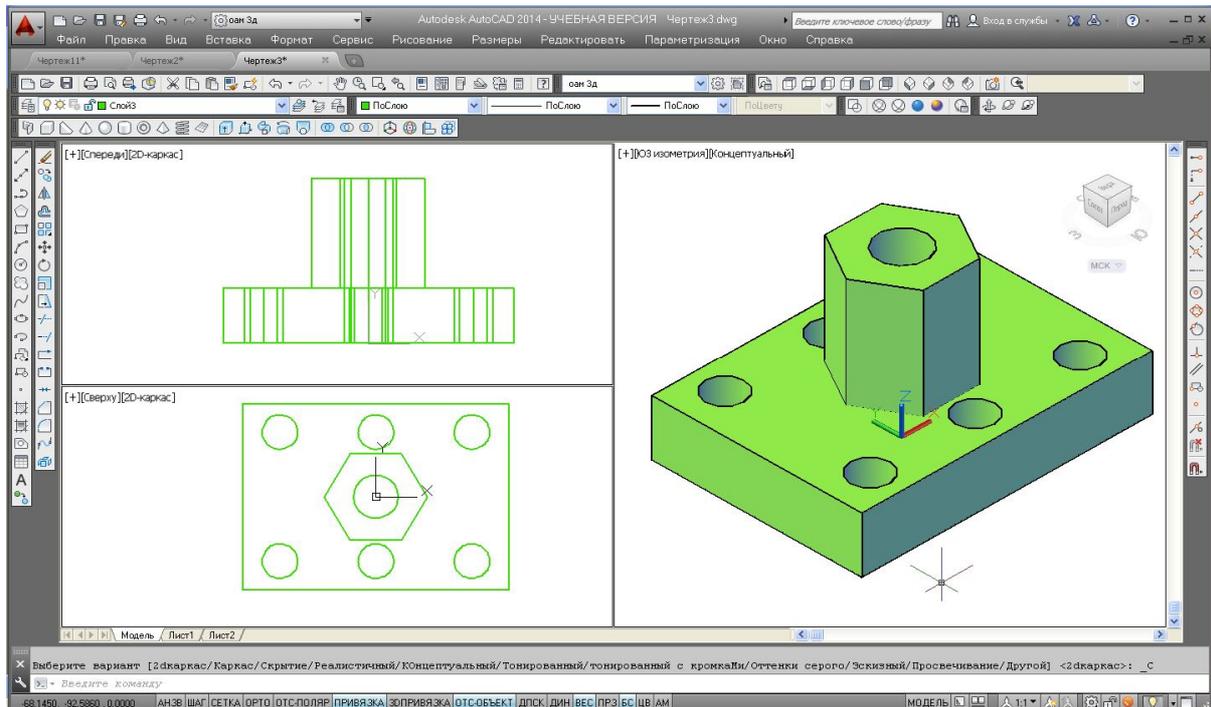


Рис. 81. Операции **Вычитание** (3D-тело – Цилиндр), **Тонирование**

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, изучены основы компьютерной графики. Курсовые и дипломные проекты можно выполнять на компьютере.

Следует учесть, что программа AutoCAD разработана американской фирмой Autodesk и требует создания слоев, стилей шрифтов, размеров, шаблонов для оформления листа и вывода на печать в соответствии с ГОСТами ЕСКД и СПДС. Однажды созданные стили, блоки, шаблоны и пр. можно переносить из файла в файл с помощью Центра управления AutoCADa, поэтому разрабатывать и именовать их нужно аккуратно с первого же чертежа.

### *Вопросы и задания для самопроверки*

1. Как создать собственный интерфейс для работы в 2D-пространстве программы?
2. Какие функции выполняют левая и правая кнопки мыши при работе в программе AutoCAD?
3. Какие команды позволяют изменять положение и величину изображения на экране?
4. Перечислить способы выбора объектов для редактирования.
5. Перечислить способы ввода команд в программе.

6. Чем различаются глобальные и временные объектные привязки и как их выбрать?

7. Что относится к простым и сложным примитивам? На примере полилинии выполнить чертеж стрелки.

8. Как выполнить штриховку замкнутого и разомкнутого контуров? На примере штриховки PLAST выполнить условное изображение поверхности грунта в разрезе.

9. Как создать новый размерный стиль?

10. Перечислить возможные способы редактирования геометрических объектов. На примере чертежа окружности изменить радиус с помощью окна *Свойства*.

11. Что такое блок? Создать статический и динамический блоки на примере чертежа оконного проема здания.

12. Как создать новый *Лист* для компоновки в разных масштабах геометрических объектов, выполненных в пространстве *Модели*?

13. Какими панелями можно дополнить интерфейс программы для работы в 3D-пространстве?

### *Список рекомендуемой литературы*

1. Полещук, Н.Н. Самоучитель AutoCAD 2014 / Н.Н. Полещук. – СПб. : БХВ-Петербург, 2014. – 464 с.

2. Приемышев, А.В. Компьютерная графика в САПР [Электронный ресурс] / А.В. Приемышев, В.Н. Крутов, В.А. Треляль, О.А. Коршакова. – Электрон. дан. – СПб. : Лань, 2017. – 196 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/90060>. – Загл. с экрана (дата обращения: 10.02.2017).

3. Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика [Электронный ресурс] : учебное пособие [для строительных специальностей и направлений] / М.И. Воронцова [и др.]. – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2016. – 251 с. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/>. – Загл. с экрана (дата обращения: 20.05.2017).

4. Инженерная 3D-компьютерная графика : учебное пособие для бакалавров / А.Л. Хейфец [и др.]. – М. : Юрайт, 2014.

5. Каминский, В.П. Строительное черчение : учебник / В.П. Каминский, О.В. Георгиевский, Б.В. Будасов. – М. : Архитектура-С, 2007. – 456 с.

6. Левицкий, В.С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей / В.С. Левицкий. – М. , 2001. – 429 с.

7. ГОСТ 2.301–68. ЕСКД. Форматы (с изменениями). – Введ. 1967–10–12 // ИС «Техэксперт». – М. : Стандартинформ, 2006. – 8 с.

8. ГОСТ 2.303–68. ЕСКД. Линии (с изменениями). – Введ. 1967–10–12 // ИС «Техэксперт». – М. : Стандартинформ, 2006. – 12 с.

9. ГОСТ 2.305–2008. ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения. – Введ. 2008–25–12 // ИС «Техэксперт». – М. : Стандартинформ, 2009. – 27 с.

10. ГОСТ 2.306–68. ЕСКД. Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах (с изменениями). – Введ. 1971–01–01 // ИС «Техэксперт». – М. : Стандартинформ, 2006. – 11 с.

11. ГОСТ 2.307–2011. ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений. – Введ. 2012–01–01 // ИС «Техэксперт». – М. : Стандартинформ, 2012.