

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

Кафедра инженерной графики

AutoCAD.

**ПОСТРОЕНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОННОГО ЧЕРТЕЖА**

Методические указания к практической работе
по курсу «Начертательная геометрия и инженерная графика»

Минск БГУИР 2009

УДК 004.92(075.8)
ББК 30.11+30.2-5-05я73
А22

Р е ц е н з е н т
доцент кафедры РЭС БГУИР В. С. Колбун

С о с т а в и т е л ь
М. В. Мисько

AutoCAD. Построение и редактирование электронного чертежа : метод. указания к
A22 **практ. работе по курсу «Начертательная геометрия и инженерная графика» / сост. М. В.**
Мисько. – Минск : БГУИР, 2009. – 40 с. : ил.
ISBN 978-985-488-386-1

Приведены рекомендации по формированию графических и текстовых составляющих электронного чертежа в среде AutoCAD. Объяснены рациональные приемы построения и редактирования.
Для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР.

УДК 004.92(075.8)
ББК 30.11+30.2-5-05я73

ISBN 978-985-488-386-1

© Мисько М. В., составление, 2009
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2009

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	5
2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ	5
3. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ В AUTOCAD	6
4. НАЧАЛО РАБОТЫ	7
4.1. Загрузка AutoCAD	7
4.2. Загрузка шаблона	8
4.3. Присваивание чертежу нового имени	8
4.4. Структура рабочего стола AutoCAD	8
4.5. Программирование слоев	12
5. НАСТРОЙКА ОБЪЕКТНОЙ ПРИВЯЗКИ	13
6. ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ	14
6.1. Построение главного изображения	14
6.1.1. Управление экраном	15
6.1.2. Построение отрезков	16
6.1.3. Редактирование с помощью ручек, единичный выбор объектов	18
6.1.4. Перемещение объекта на другой слой	18
6.1.5. Построение зеркального объекта	19
6.1.6. Выполнение штриховки	19
6.2. Построение вида сверху	20
6.2.1. Выбор объектов рамкой	21
6.2.2. Перемещение объектов	22
6.2.3. Построение окружности	24
6.2.4. Построение квадрата	24
6.2.5. Выполнение сопряжений	24
6.2.6. Выполнение фасок	25
6.2.7. Копирование объектов	27
6.3. Построение изображения слева	28
6.3.1. Построение наклонного отрезка по углу наклона и длине	28
6.3.2. Построение волнистой линии (сплайна)	29
7. УДАЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ. ОТМЕНА КОМАНД	30
8. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ	30
8.1. Нанесение линейных размеров	31
8.2. Нанесение радиальных и диаметральных размеров	32
9. РАБОТА С БИБЛИОТЕКОЙ	32
10. РАБОТА С ТЕКСТОМ	33
11. ПОСТРОЕНИЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ	34
12. КОРРЕКТИРОВКА ЧЕРТЕЖА	38
ЛИТЕРАТУРА	39

ВВЕДЕНИЕ

Программа AutoCAD является наиболее популярной системой автоматизированного проектирования (САПР) в мире. Это объясняется возможностями и универсальностью программы. Она проста в изучении и достаточно эффективна при создании электронных чертежей (далее чертежей) средней сложности. Изучение AutoCAD дает студентам знания компьютерных технологий выполнения чертежей и позволяет легко освоить другие САПР.

Принятые условности и обозначения

Для лучшего усвоения материала использован следующий принцип выделения текста. Жирным шрифтом выделены команды AutoCAD, запросы, ключи, названия кнопок, пунктов, полей, областей, диалоговых окон, вводимых обозначений геометрических объектов и их величин и т. п.

Ниже приведены принятые условности в формулировках выполнения действий.

<u>Условная формулировка</u>	<u>Действие</u>
1. Щелкнуть мышью...	Быстро нажать и отпустить левую кнопку мыши
2. Щелкнуть мышью по кнопке..., нажать на кнопку...	Установить курсор на кнопку и щелкнуть левой кнопкой мыши
3. Щелкнуть правой кнопкой мыши...	Быстро нажать и отпустить правую кнопку мыши
4. Открыть меню, например Рисование	Щелкнуть мышью на панели раскрывающихся меню по кнопке с надписью Рисование
5. Ввести из командной строки команду, например Отрезок	На клавиатуре набрать команду Отрезок и нажать клавишу Enter
6. Нажать клавиши Ctrl+C	Нажать клавишу Ctrl на клавиатуре и, удерживая ее, нажать клавишу C
7. Ввести точку...	Установить курсор в нужную точку и щелкнуть мышью
8. Включить команду...	Щелкнуть мышью по названию команды

Примечание. В разных версиях русифицированного AutoCAD отдельные команды, запросы, ключи, названия кнопок, диалоговых окон и т. д. могут иметь другие названия, что связано с переводом.

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить основные команды AutoCAD, позволяющие:

- строить изображение из графических примитивов: отрезков, дуг, окружностей, эллипсов; выполнять штриховку и текст;
- включать в чертеж типовые графические элементы, которые хранятся в библиотеке AutoCAD;
- редактировать изображение и текст, наносить размеры;
- сохранять созданные чертежи.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

На экране дисплея в среде AutoCAD необходимо сформировать электронный чертеж, представленный на рис. 1.

На чертеже приведено решение стандартной задачи проекционного черчения, где по двум заданным видам предмета (спереди и сверху) построен вид слева, выполнены необходимые разрезы и построена аксонометрическая проекция предмета.

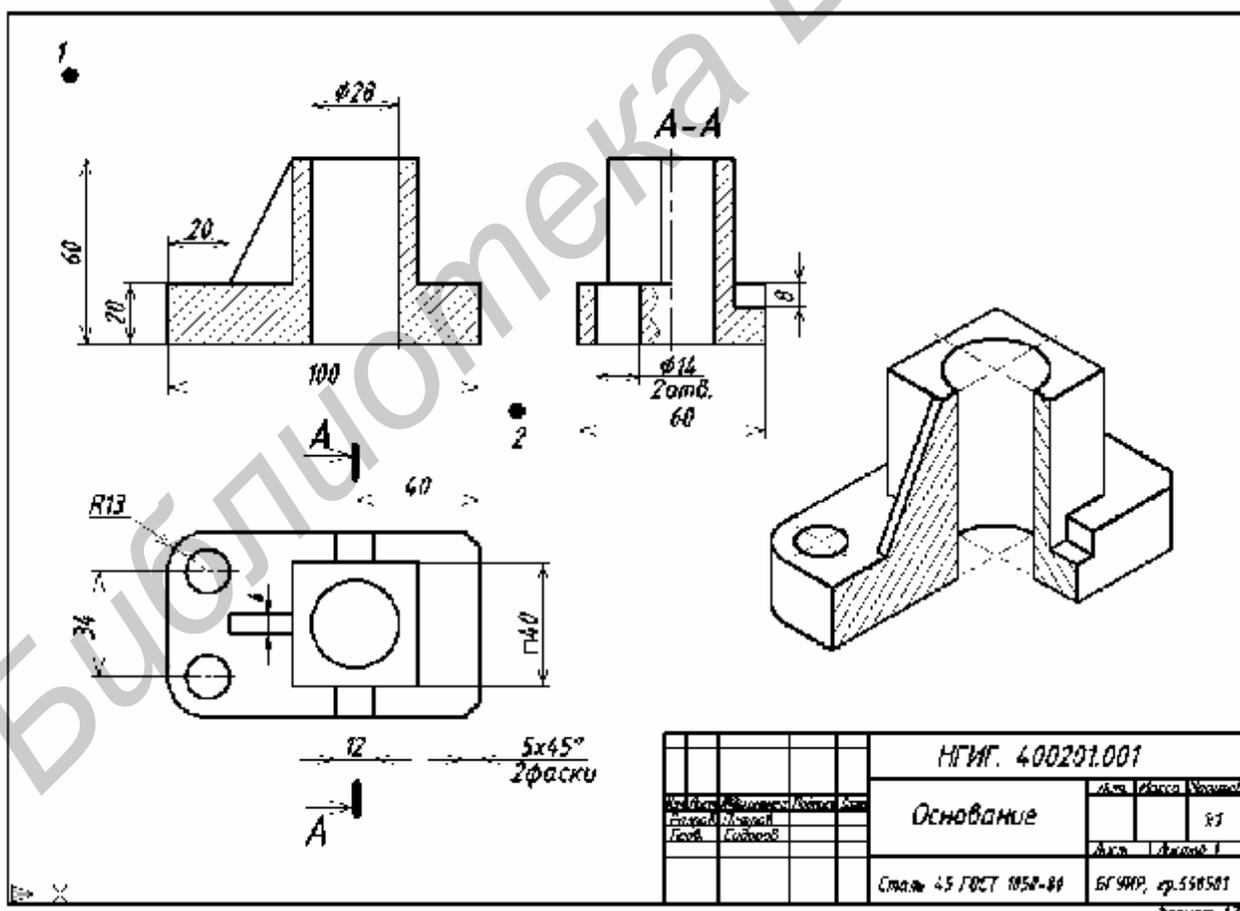


Рис. 1. Пример чертежа, сформированного в AutoCAD

3. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ В AUTOCAD

В общем случае формирование чертежа в среде AutoCAD производится по следующей схеме:

1) работу начинают с вывода на экран шаблона чертежа. Этот шаблон содержит графическое изображение рамок и основной надписи формата, а также настройки графической среды, удобные для выполнения чертежей (вид шрифта, шаг курсора и др.). После загрузки шаблона на экран дисплея выводится рабочий стол AutoCAD. Он представляет собой графическое поле (с шаблоном), по периметру которого расположены панели меню и панели инструментов, обеспечивающие доступ к командам построения и редактирования чертежа;

2) на следующем этапе работы определяют, каким способом – многослойным или однослойным – будет сформирован чертеж. При многослойном способе элементы чертежа (например, оси, линии видимого контура, текст и др.) располагают на разных слоях, которые выступают в роли прозрачных листов. Законченный чертеж в этом случае представляет собой наложенные друг на друга слои. При однослойном формировании чертежа все элементы выполняются на слое 0 тонкой сплошной линией; после завершения всех построений нужные линии выделяются и производится изменение их начертания и толщины (используя панель свойств объектов);

3) чертеж создают и редактируют в пространстве модели. Признаком работы в пространстве модели служит подсвеченная кнопка **Модель** в нижней части графического поля рабочего стола AutoCAD. Изображения любой сложности в AutoCAD составляют из простейших графических объектов – примитивов. Графический примитив – это элемент чертежа, обрабатываемый редактором как одно целое. К ним относят точку, отрезок, многоугольник, окружность, эллипс и др.;

4) для точного совмещения примитивов и привязки их к определенным точкам строящегося изображения применяют объектную привязку. Объектная привязка работает так: когда при построении очередного примитива курсор оказывается вблизи определенной точки имеющегося изображения, он автоматически притягивается к этой точке;

5) в строящийся чертеж включают готовые фрагменты изображений. Это могут быть изображения стандартных изделий (винтов, гаек, конденсаторов и др.), изображения стандартизованных элементов деталей (рифлений, проточек и т. д.). Готовые фрагменты содержатся в библиотеке AutoCAD;

6) процесс формирования изображений включает их редактирование. Под редактированием понимается любое изменение графического объекта: перемещение, копирование, поворот, масштабирование, стирание и т. д. Отредактировать можно только выбранный (выделенный) объект. При выборе линии объектов становятся прерывистыми, на них появляются цветные квадратики – ручки. В AutoCAD существуют два метода редактирования:

- можно сначала выбрать объекты, а затем включить команду редактирования;

- можно сначала включить команду, а затем выбрать объекты;

7) после формирования изображений наносят размеры и выполняют надписи. Размеры и текст можно редактировать так же, как и любой графический объект;

8) для удобства формирования мелких изображений в AutoCAD можно увеличивать часть изображения или уменьшать ее, перемещать изображение по экрану. Удобнее всего это делать при помощи средней кнопки-колесика мыши;

9) выполненным чертежам-файлам присваивают неповторяющиеся имена-идентификаторы. Чертежи хранят в папках-архивах;

10) при распечатке чертежей на конкретном принтере в шаблон загружаемого в начале работы формата закладывают настройки вывода, что существенно облегчает этот процесс.

Ниже приводится рекомендуемая последовательность выполнения чертежа, представленного на рис. 1.

4. НАЧАЛО РАБОТЫ

4.1. Загрузка AutoCAD

Способ загрузки AutoCAD укажет преподаватель. После загрузки программы на экран выводится диалоговое окно **Начало работы** (рис. 2).

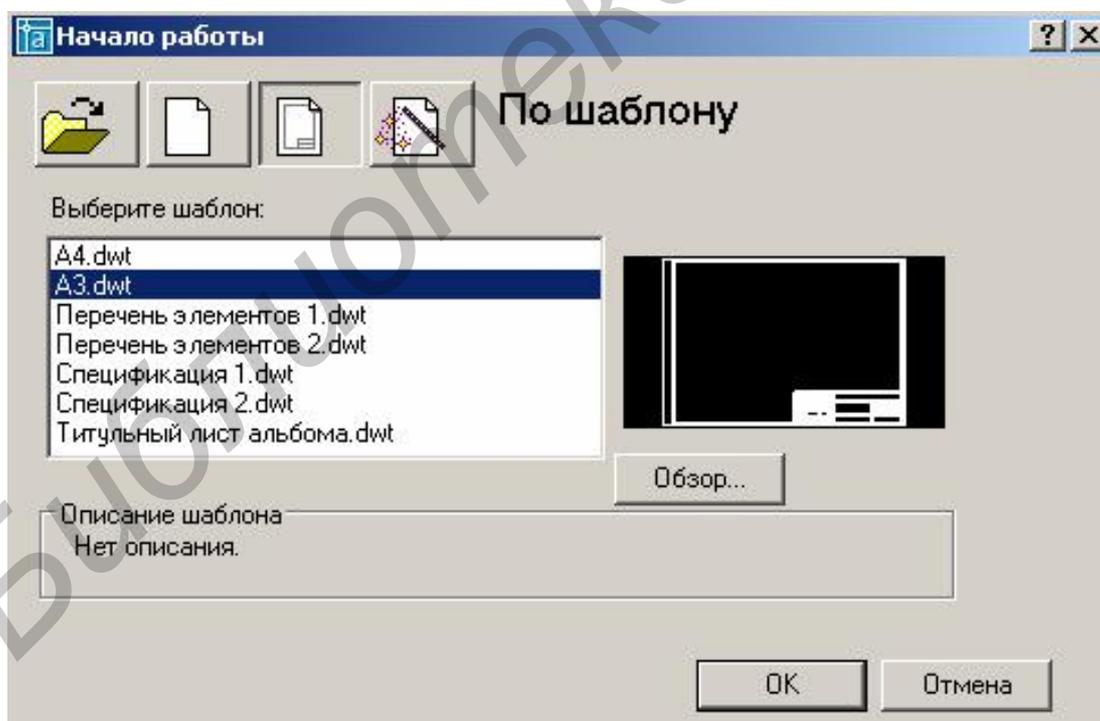


Рис. 2. Диалоговое окно вариантов начала работы

Возможны 4 варианта начала работы, которые реализуются при нажатии одной из четырех кнопок в верхней части окна.

4.2. Загрузка шаблона

Загрузим шаблон формата А3, для чего в окне **Начало работы** щелкнем мышью по кнопке **По шаблону** (третья кнопка в верхней части окна). В открывшемся списке шаблонов щелкнем мышью по строке с надписью **A3.dwt**. На экран выведется рабочий стол **AutoCAD** с изображением формата А3. Создаваемому чертежу автоматически присваивается имя **Drawing1**.

4.3. Присваивание чертежу нового имени

Присвоим чертежу новое имя и запишем его в папку **Work**, для чего:

- а) откроем меню **Файл** и включим команду **Сохранить как**;
- б) в открывшемся диалоговом окне **Сохранение рисунка** найдем и откроем папку **Work**;
- в) в строке **Имя файла** вместо имени **Drawing1** введем имя файла, например **Петров**, и нажмем кнопку **Сохранить**. По этой команде в папку **Work** запишется файл **Петров.dwg**.

4.4. Структура рабочего стола AutoCAD

На рис. 3 представлена структура рабочего стола AutoCAD.

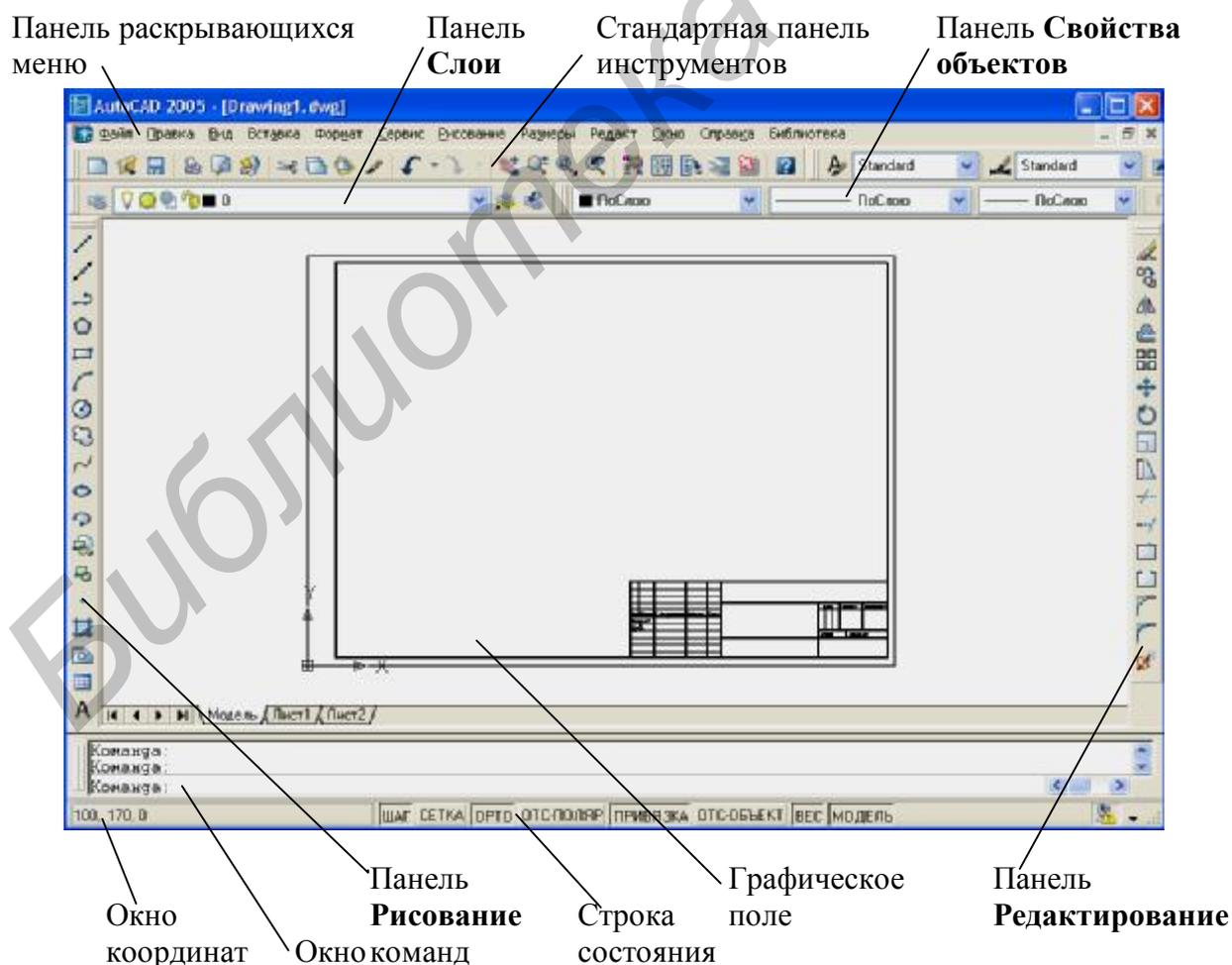


Рис. 3. Структура рабочего стола AutoCAD

Ввод команд в AutoCAD. Для формирования чертежей AutoCAD содержит около 800 команд. Ввод команд осуществляется через использование:

- панели раскрывающихся меню (находится на рабочем столе);
- 29 панелей инструментов (их можно открыть и установить на любое место рабочего стола);
- контекстных меню (всплывают при нажатии правой кнопки мыши);
- окна команд (находится на рабочем столе);
- комбинациями клавиш клавиатуры (макросы).

Каждая команда предназначена для выполнения определенной операции формирования чертежа или настройки рабочей среды. Доступ к любой команде AutoCAD можно осуществить вводом ее названия в окно команд.

Панель раскрывающихся меню, или системное меню (рис. 4), содержит кнопки с названиями меню. При нажатии на кнопку открываются меню, в которых по функциональному признаку сгруппированы часто используемые команды AutoCAD.



Рис. 4. Панель раскрывающихся меню

Панели инструментов содержат кнопки, на которых изображены пиктограммы, отображающие выполняемые команды. Если задержать курсор на пиктограмме, рядом всплывает название соответствующей команды.

На рабочем столе AutoCAD 2005 закреплены 6 из 29 панелей инструментов: стандартная панель инструментов (рис. 5), панель **Слой**, панель **Свойства объектов** (рис. 6), панель **Рисование** (рис. 7), панель **Редактирование** (рис. 8), строка состояния (рис. 9).

Стандартная панель инструментов предназначена для работы с файлами и для управления экраном.



Рис. 5. Стандартная панель инструментов в AutoCAD

Панели **Слой** и **Свойства объектов** содержат окна, предназначенные соответственно для работы со слоями и линиями чертежа. Окна открываются кнопками 1 – 7.



Рис. 6. Панели инструментов **Слой** и **Свойства объектов**

Функции кнопок 1 – 7 на панелях **Слои** и **Свойства объектов**

1. **Диспетчер свойств слоев** – открывает диалоговое окно **Диспетчер свойств слоев**.

2. **Слой** – раскрывает список слоев с возможностью их управления.

3. **Сделать слой объекта текущим** – устанавливает текущий слой в соответствии со слоем выбранного примитива.

4. **Предыдущее состояние слоев** – осуществляет переход на предыдущий уровень.

5. **Цвета** – раскрывает список цветов примитивов.

6. **Типы линий** – раскрывает список типов линий.

7. **Вес линий** – раскрывает список толщин линий.

Панели инструментов **Рисование** (см. рис. 7) и **Редактирование** (см. рис. 8) включают кнопки команд построения и редактирования примитивов. На рабочем столе эти панели расположены вертикально (см. рис. 3).



Рис. 7. Панель инструментов **Рисование**



Рис. 8. Панель инструментов **Редактирование**

Графическое поле – это центральная зона рабочего окна AutoCAD, в которой выполняются чертежи.

В **окне команд** отображаются все команды, вводимые с панелей раскрывающихся меню и инструментов, а также вводимые с клавиатуры. В **строке состояния** отображаются текущие настройки, в **окне координат** (в левой части строки состояния) – координаты положения курсора.



Рис. 9. Строка состояния

Для работ по инженерной графике шаблон формата А3 (он сформирован на слое **0**) имеет следующие настройки графического режима:

- габариты рабочей зоны (на экране она выделена сеткой) – **420x297** мм;
- шаг сетки **10** мм; шаг курсора **1** мм;
- файл шрифта **Isocpeur**, высота шрифта **0** мм;
- тип линии – сплошная тонкая (**Continuous**).

Установить текущие настройки можно одним из способов:

1) нажав соответствующую кнопку в строке состояния (см. рис. 9). Нажмите, например, на кнопку **СЕТКА**. Сетка с экрана исчезнет. Повторное нажатие вернет сетку. Нажатая кнопка выделяется черным уголком в левом верхнем углу кнопки (см. кнопку **ПРИВЯЗКА**);

2) нажав соответствующую функциональную клавишу на клавиатуре. Нажмите, например, клавишу **F7**. Сетка с экрана исчезнет. Повторное нажатие **F7** вернет сетку.

Функции кнопок мыши даны в табл. 1, функции отдельных клавиш клавиатуры F1 – F12 – в табл. 2.

Покачайте мышью по коврику. Убедитесь, что при движении курсора его координаты отслеживаются в окне координат (см. рис. 3).

Таблица 1

Функции кнопок мыши

Кнопка мыши	Функция
Левая	Ввод команды
Средняя (колесико)	Масштабирование изображения происходит при вращении вперед и назад кнопки-колесика. Перемещение изображения по экрану производится при перемещении мыши по коврику при нажатой кнопке-колесике
Правая	Вызов контекстных меню

Таблица 2

Назначение кнопок строки состояния и их аналоги – функциональные клавиши клавиатуры

Кнопка в строке состояния	Функция	Клавиша клавиатуры
ШАГ	Включение / выключение установленного шага курсора	F9
СЕТКА	Включение / выключение отображения на экране фоновой сетки	F7
ОРТО	Включение / выключение режима ОРТО (режима построения только вертикальных и горизонтальных отрезков; а также перемещения объектов только в горизонтальном и вертикальном направлениях)	F8
ПРИ-ВЯЗКА	Включение / выключение автоматического притягивания курсора к определенным точкам объектов, когда он оказывается вблизи этих точек	F3
ВЕС	Включение / выключение отображения на экране толщины линии	–
–	Переключить режимы отслеживания координат курсора в окне координат. Последовательное нажатие на клавишу F6 осуществляет: <ul style="list-style-type: none"> • включение режима отслеживания абсолютных координат; • выключение отслеживания координат; • включение режима отслеживания относительных координат 	F6

4.5. Программирование слоев

По умолчанию AutoCAD настроен на работу на двух слоях: слое **0** и слое **Defpoints**. При выборе однослойного способа построения чертежа никакие другие слои не создаются и не программируются. Чертеж выполняется тонкой линией на слое **0**, а затем изменяются тип и толщина нужных линий. Слой **Defpoints** предназначен для вспомогательных построений. Все графические объекты этого слоя будут видны на чертеже, но на печать не выведутся.

При выборе многослойного способа построения чертежа предварительно необходимо проанализировать, сколько слоев следует создать и какие составляющие чертежа на них будут выполняться. Под программированием слоев понимается создание слоев, присваивание им имени и настройка каждого слоя на генерацию на нем линии определенного типа, цвета и толщины.

Слои можно **Отключить** или **Заморозить**, и тогда графическая информация этого слоя становится невидимой. Слой можно **Заблокировать** и тогда на нем можно чертить примитивы, но редактировать их невозможно. Слой можно **Удалить**, но только тогда, когда вся информация с него стерта. Количество слоев не ограничено. Главным слоем является слой **0**, который нельзя удалить.

Для выполнения данной практической работы запрограммируем следующие слои:

- 1) на слое **0** будем чертить линии видимого контура сплошной линией толщиной **0,6 мм**;
- 2) на слое **1** будем чертить оси тонкой штрихпунктирной линией;
- 3) на слое **2** будем выполнять штриховку тонкой сплошной линией;
- 4) на слое **3** той же линией – наносить размеры;
- 5) на слое **4** той же линией – писать текст.

Создание и программирование слоев выполним по следующей схеме:

1. В раскрывающемся меню **Формат** включим команду **Слои...** – откроется диалоговое окно **Диспетчер свойств слоев** (рис. 10).

2. Щелкнем мышью по имени **0** (первая строка списка слоев) в графе **Имя** – строка выделится.

3. Щелкнем мышью по кнопке  **Создать слой**. Ниже слоя **0** появится строка с именем **Слой 1** и его настройками, которые повторяют настройки предыдущего слоя **0**. Изменим настройки нового слоя:

- щелкнем мышью по имени **Слой 1** – выделится вся строка;
- вместо имени **Слой 1** введем имя **1-оси**;
- в этой же строке щелкнем мышью в графе **Цвет** по названию исходного цвета – **белый**. В открывшемся списке цветов выберем **красный**;
- щелкнем мышью в графе **Тип линий** по **CONTINUOS** и в открывшемся списке выберем линию **осевая2** (в дальнейшем, если какой то линии в списке нет, необходимо ее загрузить, нажав кнопку **Загрузить**);
- щелкнем мышью в графе **Вес линий** по **0,60** и выберем из предлагаемого списка толщину линий **Обычный**.

4. Другие слои запрограммируем так, как показано на рис. 10.

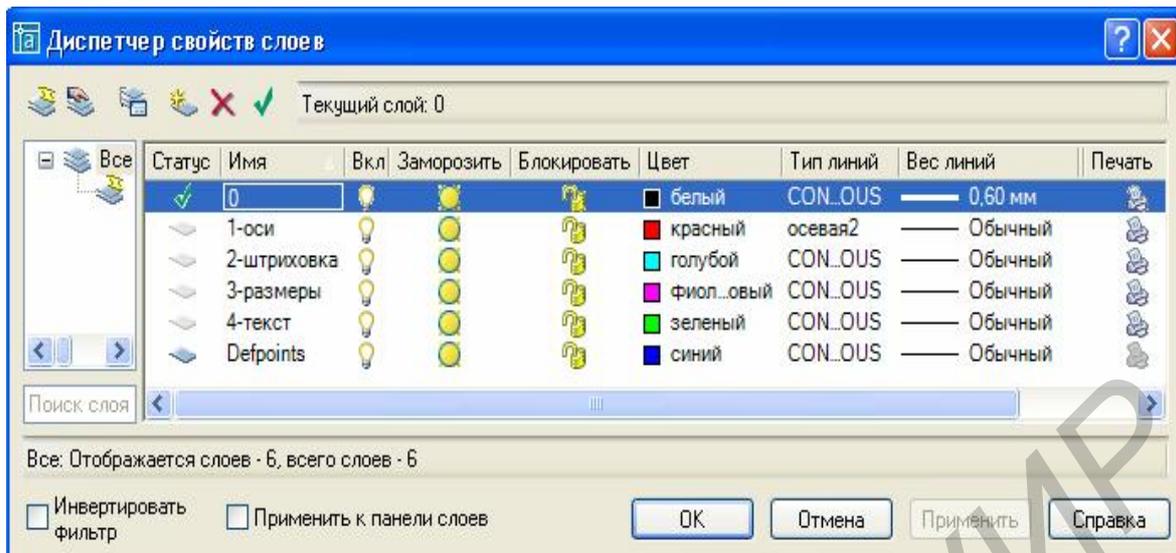


Рис. 10. Рекомендуемые настройки слоев

5. НАСТРОЙКА ОБЪЕКТНОЙ ПРИВЯЗКИ

Как было сказано в разд. 3 объектная привязка позволяет обеспечить точность построений. Она работает следующим образом: когда при построении очередного примитива курсор окажется вблизи определенной точки имеющегося изображения, то он автоматически притянется к этой точке.

Для включения объектной привязки нужно щелкнуть мышью в строке состояния по кнопке **ПРИВЯЗКА** (см. рис. 9). Предварительно необходимо настроить привязку на конкретные опорные точки графических объектов.

Выполним настройки на нужные в этой работе опорные точки:

- 1) щелкнем правой кнопкой мыши по кнопке **Привязка** в строке состояния;
- 2) во всплывшем контекстном меню включим команду **Настройки**;
- 3) в открывшемся диалоговом окне **Режимы рисования** включим привязки (поставим флажки), которые показаны на рис. 11.

Здесь:

Конточка – концы отрезков и дуг, вершины многоугольников и т. п.;

Середина – средняя точка отрезка, дуги;

Центр – центр окружности, дуги окружности;

Квадрант – крайние левая, правая, верхняя, нижняя точки окружности;

Пересечение – точка пересечения линий;

Нормаль – точка пересечения перпендикуляра и прямой;

Касательная – точка касания прямой с окружностью, дугой.

Для обеспечения точности и эффективности построений можно включить также полярное и объектное слежение (см. на рис. 9 кнопки **ОТС-ПОЛЯР** и **ОТС-ОБЪЕКТ**), которые позволяют производить построения точно вдоль вспомогательных наклонных и ортогональных линий. Можете попробовать.

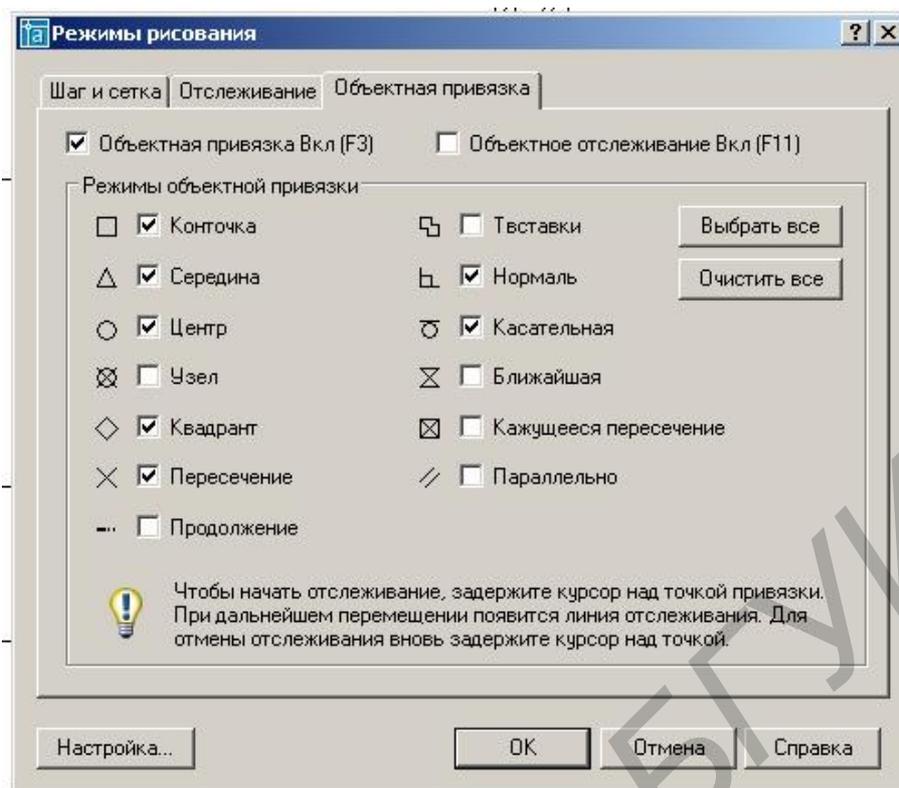


Рис. 11. Настройка объектной привязки

6. ФОРМИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Формирование изображений в AutoCAD включает построение изображений из графических примитивов и их редактирование. Для обеспечения точности изображений операции построения и редактирования должны производиться при включенной объектной привязке. В процессе формирования чертежа можно увеличивать часть изображения на весь экран или уменьшать его, перемещать изображение по экрану. Анализ изображений чертежей радиоэлектронных изделий показывает, что на 90 % они состоят из отрезков прямых, окружностей и дуг окружностей. Поэтому научиться работать с этими примитивами необходимо в первую очередь. Строить чертеж рекомендуется при включенной фоновой сетке. Включите сетку.

6.1. Построение главного изображения

Как правило, построение изображений на чертеже начинают с главного изображения. Главное изображение (см. рис. 1) представляет собой простой фронтальный разрез, выполненный в границах вида спереди. Контуры этого изображения построены из горизонтальных, вертикальных и наклонных отрезков. Их размеры указаны на рис. 1. Главное изображение расположено в левой верхней четверти рабочего поля листа чертежа. Для удобства работы рекомендуется увеличить эту четверть на весь экран дисплея. Сделаем это.

6.1.1. Управление экраном

Увеличим на весь экран левую верхнюю четверть рабочего поля листа чертежа. Это можно сделать двумя способами.

Способ 1 с помощью средней кнопки-колесика мыши. Вращаем колесико от себя – изображение на экране увеличивается, нажимаем колесико и, не отпуская его, перемещаем мышь по коврику – изображение перемещается по экрану. Используя эти две операции, выведем на экран нужную зону чертежа.

Способ 2 с помощью кнопок на панели инструментов (рис. 12):

1) нажмем кнопку **3**;

2) охватим нужную четверть листа чертежа прямоугольной рамкой, которая задается концами одной из диагоналей. Для этого установим курсор приблизительно в т. **1** (найдем эту точку на рис. 1) и зафиксируем ее (щелкнем мышью). Затем переместим курсор в другой конец диагонали рамки, приблизительно в т. **2**, и зафиксируем ее. Зона, охваченная рамкой, увеличится на весь экран.

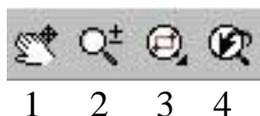


Рис. 12. Кнопки управления экраном на панели инструментов:

- 1 – перемещает чертеж по экрану при перемещении мыши с нажатой левой кнопкой;
- 2 – плавно увеличивает или уменьшает фрагмент чертежа при перемещении мыши с нажатой левой кнопкой вверх или вниз по коврику;
- 3 – увеличивает на весь экран фрагмент чертежа, заключенный в рамку;
- 4 – возвращает предыдущее состояние экрана (предыдущий масштаб)

Сформируем главное изображение (рис. 13), составленное из отрезков.

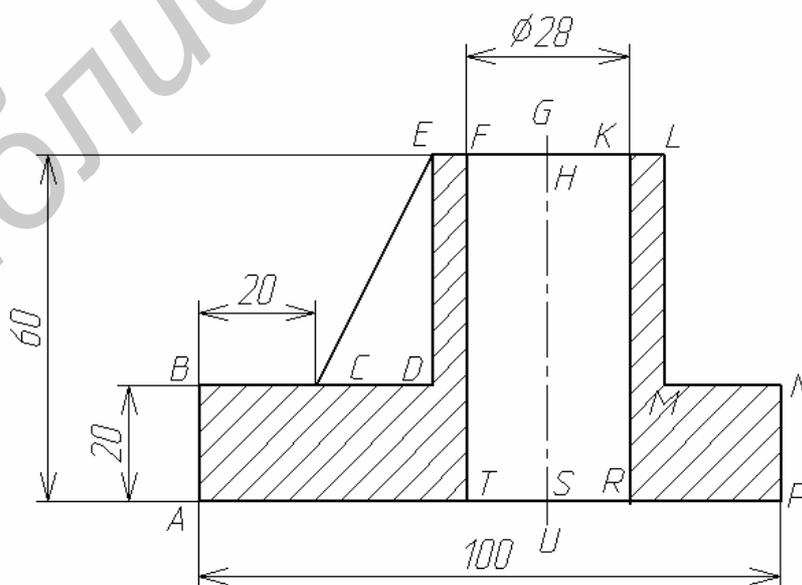


Рис. 13. Главное изображение

Главное изображение выполнено линиями трех типов:

- 1) сплошной толстой основной линией (отрезки видимого контура);
- 2) тонкой штрихпунктирной линией (ось – отрезок **GU**);
- 3) тонкой сплошной линией (линии штриховки и размерные линии).

На эти типы линий у нас уже запрограммированы слои. Переключение со слоя на слой осуществляется в окне слоев на панели **Слой** (рис. 14).

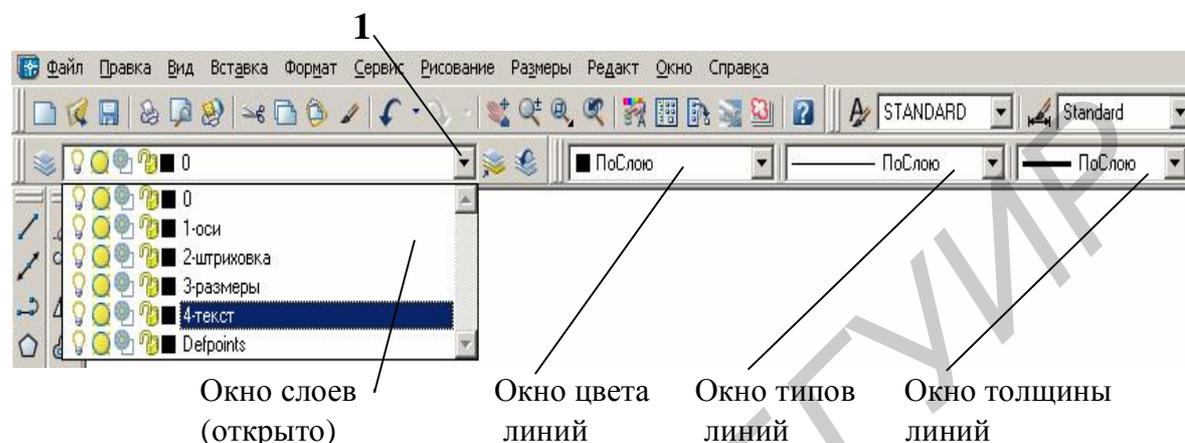


Рис. 14. Окно переключения слоев (открыто) и окна свойств объектов

Каждое окно открывается, если щелкнуть мышью по кнопке  в конце окна. Откроем окно слоев (щелкнем мышью по кнопке 1). Сделаем текущим слой **0**, для чего щелкнем мышью по имени слоя. На этом слое построим линии видимого контура плавного изображения.

6.1.2. Построение отрезков

Отрезок строится по точкам начала и конца. Команда **Отрезок** позволяет построить непрерывную ломаную линию, где конец предыдущего отрезка является началом следующего. Предпочтительным является способ построения, когда указывается точка начала отрезка, затем курсор передвигается в сторону конца отрезка (задается направление) и с клавиатуры вводится числовое значение длины отрезка. Местоположение точек начала и конца отрезка указывается:

- 1) курсором при помощи мыши (координаты точки отслеживаются в окне координат);
- 2) вводом абсолютных или относительных, прямоугольных или полярных координат точек с клавиатуры в окне команд.

При построении горизонтальных и вертикальных отрезков нужно включить режим **ОРТО**, при построении наклонных отрезков – выключить.

Построение горизонтальных и вертикальных отрезков. Построим на слое **0** линии видимого контура главного изображения (см. рис. 13) без отрезка **СЕ**.

1. Включим **Шаг** курсора, режим **ОРТО** и объектную привязку.
2. Включим команду **Отрезок**, что можно сделать двумя способами:

- нажать кнопку  на панели инструментов **Рисование**;
- открыть меню **Рисование** и включить команду **Отрезок**.

3. На первый запрос в командной строке **Первая точка**: переместим курсор приблизительно в т. **A** (найдите ее на рис. 13) и щелкнем левой кнопкой мыши для ее фиксации.

4. На запрос **Следующая точка...**: переместим мышью курсор на некоторое расстояние в направлении т. **B** и введем с клавиатуры длину отрезка **20** (наберем на клавиатуре **20** и нажмем на клавишу **Enter** (Ввод)). На экране прорисовывается отрезок **AB**, выполненный толстой сплошной линией.

*Внимание! Напоминаем, для того чтобы настройки запрограммированных слоев действовали, необходимо в окнах цвета, типов и толщины линий (см. рис. 14) установить **ПоСлою**.*

5. На очередной запрос **Следующая точка...**: переместим мышью курсор в направлении т. **D** и введем с клавиатуры длину отрезка **BD** равную **40**. Она подсчитывается по нанесенным размерам (см. рис. 1).

6. Подобным образом в ответ на последующие запросы **Следующая точка...**: построим горизонтальные и вертикальные отрезки **DE**, **EL**, **LM**, **MN**, **NP**.

7. Замыкающий отрезок **PA** можно построить, указав следующую точку **A** курсором или введя в окне команд с клавиатуры **З** (прописную букву в запросе [**Замкнуть**]).

8. Завершить построение отрезков (выйти из команды) можно так:

- нажать на клавиатуре одну из клавиш **Esc**, **Пробел** или **Enter**
- или в контекстном меню щелкнуть мышью по **Ввод** или **Прервать**.

О завершении выполнения команды построения отрезков свидетельствует появление в окне команд слова **Команда**.

Внимание! Если построение сделано неправильно, нужно стереть построенный объект (это объяснено в разд. 7) и повторить действия сначала.

Построение наклонных отрезков. Построим наклонный отрезок **CE**, у которого т. **E** уже определена, а т. **C** предстоит найти.

1. Вернем команду **Отрезок**, что можно сделать несколькими способами:

- включить команду, как было объяснено выше;
- нажать клавишу **Пробел** или **Enter** на клавиатуре (это возможно, если предыдущей операцией было построение отрезка);
- вернуть предыдущую команду из контекстного меню.

2. Для определения т. **C** построим поверх отрезка **BD** отрезок **BC**, равный **20** мм. Подведем курсор к т. **B** (при включенной объектной привязке, настроенной ранее на концы графических примитивов, курсор автоматически притянется к этой точке) и зафиксируем ее (щелкнем левой кнопкой мыши). Переместим мышшь в направлении т. **D** и введем с клавиатуры **20**. Мы окажемся в т. **C** – в начале отрезка **CE**.

3. Не выходя из команды **Отрезок**, выключим режим **ОРТО**.

4. На запрос **Следующая точка...**: подведем курсор к т. **E**. Зафиксируем эту точку (щелкнем левой кнопкой мыши). Наклонный отрезок **CE** построен.

5. Завершим команду **Отрезок**.

Построим ось **GU**:

1. Включим режим **ОРТО**. Объектная привязка включена и настроена ранее на привязку к точке середины отрезка и к точке пересечения перпендикуляра с прямой).

2. Включим команду **Отрезок**.

3. Подведем курсор ориентировочно к середине отрезка **EL**, произойдет автоматический захват средней точки **H** (начало отрезка). Зафиксируем эту точку.

4. Проведем прямую вертикально вниз и зафиксируем конец отрезка в т. **S** пересечения проводимого перпендикуляра с линией основания **AP**. Получим ось **HS**.

6.1.3. Редактирование с помощью ручек, единичный выбор объектов

Вытянем ось **HS** вверх и вниз на 2 – 5 мм. Сделаем это способом редактирования с помощью ручек. Ручки – это маленькие цветные квадратики, которые появляются в определенных точках выбранных объектов. Как было отмечено выше, для любого изменения графического объекта необходимо его выделить (выбрать). Для выбора единичного объекта (любого примитива или блока) достаточно «наехать» курсором на любую линию объекта (но не на точку пересечения его с другим объектом) и щелкнуть мышью.

Выберем отрезок **HS**. Затем подведем курсор к ручке, которая находится в т. **H** и щелкнем мышью. Ручка станет активной (красной). Переместим курсор вверх на произвольное расстояние (зададим направление растягивания) и введем с клавиатуры цифру от 2 до 5 (например **3**). Ось вытянется вверх на **3** мм. Аналогично растянем ось вниз. Ось **GU** построена.

Вы заметили, что ось выполнена сплошной толстой линией? Она построена не на том слое. Не пугайтесь! Достаточно переместить объект на нужный слой, и он приобретет свойства, запрограммированные для этого слоя. Переместим ось с текущего слоя **0** на слой **1-оси**.

6.1.4. Перемещение объекта на другой слой

1. Выделим ось и откроем окно слоев на панели свойств объектов (см. рис. 14).

2. Щелкнем в окне слоев мышью по строке **1-оси**.

3. Ось переместится на слой **1-оси** и изменит свой цвет, толщину и начертание.

Для построения границ отверстия диаметром 28 мм (см. рис. 13):

1. Переключимся на слой **0** и включим команду **Отрезок**.

2. Отложим от т. **E** поверх отрезка **EL** отрезок **EF**, равный 6 мм.

3. Проведем вертикальный отрезок **FT**.

4. Используя команду редактирования **Зеркало**, построим отрезок **KR** (см. далее).

6.1.5. Построение зеркального объекта

Отрезок **KR** является зеркальным отображением отрезка **FT** относительно оси **GU**. Для его построения выполним следующее:

1. Выберем исходный отрезок **FT** и включим режим **ОРТО**.
2. Включим команду **Зеркало**, что можно сделать двумя способами:
 - нажать кнопку  на панели инструментов **Редактирование**;
 - открыть раскрывающееся меню **Редактирование** и включить команду **Зеркало**.

Команда предлагает указать две точки реальной или воображаемой оси отражения, а затем спрашивает, нужно удалять исходный объект или нет.

3. На запрос **Первая точка оси отражения**: щелкнем мышью в т. **G**, на запрос **Вторая точка оси отражения**: щелкнем мышью в т. **U**.

4. Последует запрос **Удалить исходные объекты? [Да/Нет]<Н>**:. Если ответить **Да** (т. е. ввести ключ – букву **Д**), то отрезок **KR** появится, а отрезок **GU** сотрется. Необходимо ввести букву **Н**. Однако в случаях, подобных этому, когда AutoCAD предлагает в скобках одно из двух альтернативных решений (у нас **<Н>** – **Нет**) можно сразу подтвердить это предложение нажатием клавиши **Enter** на клавиатуре.

5. На экране прорисовывается отрезок **KR**.

6.1.6. Выполнение штриховки

Для выполнения штриховки необходимо сначала настроить ее параметры (вид, угол наклона и шаг), а затем задать контур, подлежащий штриховке (разрывы линии контура не допускаются). Можно задать контур штриховки двумя способами: указанием точки внутри контура (кнопка ) или выделением каждой отдельной линии, составляющей контур ().

Выполним штриховку на главном изображении первым способом.

1. Переключимся на слой **2-штриховка**.
2. Включим команду **Штриховка**, для чего можно:
 - нажать кнопку  **Штриховка** на панели инструментов **Рисование**
 - или открыть раскрывающееся меню **Рисование**, включить команду **Штриховка**.

На экран выведется диалоговое окно **Штриховка** (рис. 15).

3. В окне **Штриховка** установим параметры штриховки, показанные на рис. 15.

4. Нажмем кнопку  **Указание точек**. На экран выведется предыдущее изображение.

5. Щелкнем левой кнопкой мыши внутри левого контура, который необходимо заштриховать на построенном главном изображении (контур автоматически определится и выделится прерывистой линией), и нажмем клавишу **Enter**.

6. В открывшемся опять окне **Штриховка** щелкнем мышью по кнопке **ОК**. Левый контур заштрихуется. Вернем команду **Штриховка** и заштрихуем правый контур.

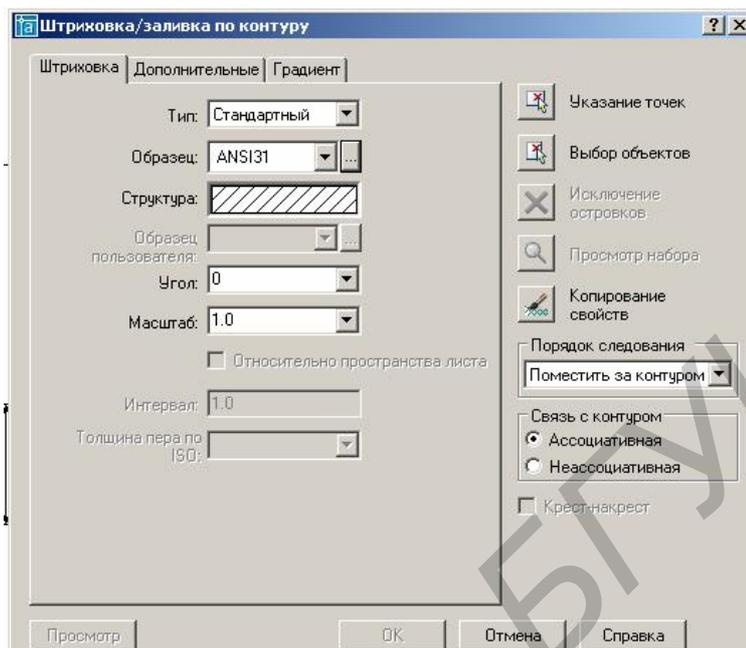


Рис. 15. Рекомендуемые настройки штриховки

При необходимости изменения угла и шага штриховки необходимо открыть соответственно списки **Угол** и **Масштаб** (см. рис. 15) и выбрать нужные значения.

6.2. Построение вида сверху

Изображение сверху (см. рис. 1) представляет собой вид, который находится в проекционной связи с главным изображением. Изображение составлено из отрезков, окружностей, квадрата. Имеются радиальные сопряжения и фаски.

На примере построения главного изображения мы уже ознакомились и изучили:

- работу со слоями;
- работу с объектной привязкой;
- работу с экраном;
- команды рисования (черчения): построение отрезков и штриховки;
- единичный выбор объектов;
- команды редактирования: команду **Зеркало** и редактирование с помощью ручек.

На примере построения вида сверху изучим команды:

- вычерчивания окружностей и многоугольников;
- выбора объектов рамкой;
- редактирования: копирование и перемещение объектов, построение сопряжений и фасок.

Выведем на экран, используя колесико мыши, левую половину поля формата чертежа (рис. 16).

Достаточно часто построенное главное изображение оказывается смещенным относительно места, которое оно занимает на рис. 1, и возникает необходимость переместить его. Как мы уже знаем, для любого изменения графического объекта необходимо его выбрать (выделить). Сложные изображения предпочтительно выбирать рамкой. Ниже показано, как выбирать объекты рамкой и как их перемещать.

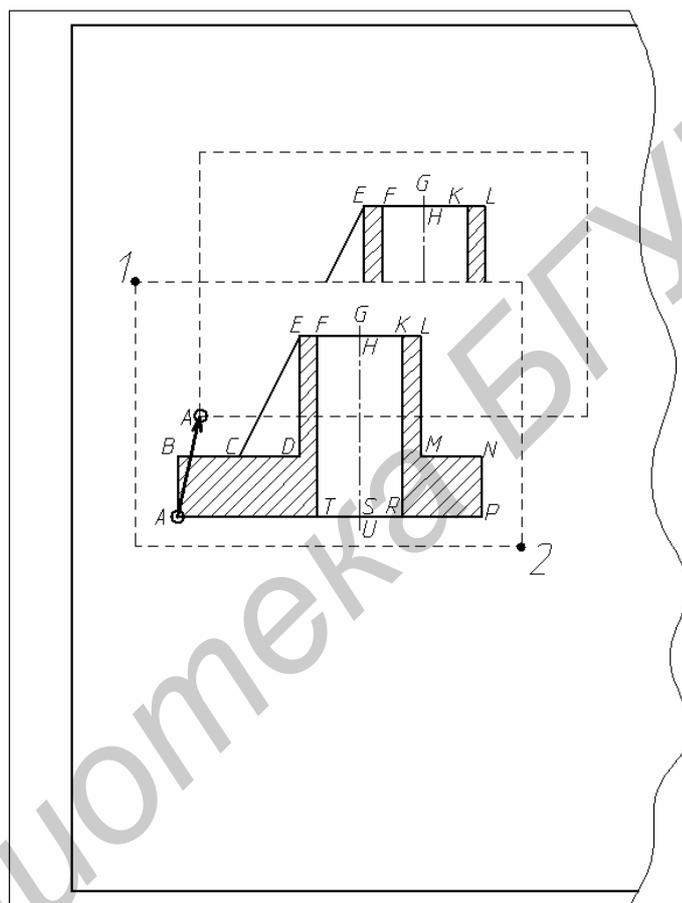


Рис. 16. Выбор рамкой и перемещение изображения

6.2.1. Выбор объектов рамкой

Выбор рамкой применяется, когда выбирается не примитив, а группа отдельных объектов или сложное изображение, состоящее из примитивов. Группа объектов или сложное изображение охватывается прямоугольной рамкой, которая строится мышью по двум точкам концов любой диагонали рамки.

Выбор рамкой работает следующим образом:

а) если рамка рисуется слева направо, то будут выбраны только те объекты, которые полностью охватываются рамкой;

б) если рамка рисуется справа налево, то будут выбраны объекты, которые расположены как внутри рамки, так и пересекающие ее.

Для перемещения в другое место сформированного главного изображения выберем его рамкой и «нарисуем» ее слева направо (см. рис. 16):

1. Щелкнем мышью, например в т. **1** (см. рис. 1), на свободном месте выше или ниже выделяемого объекта.

2. Потом передвинем курсор по диагонали в т. **2**, что сопровождается появлением прямоугольной прерывистой рамки, и щелкнем мышью.

3. Главное изображение выделится. Переместим его.

6.2.2. Перемещение объектов

Для перемещения выделенного объекта в другое место на поле чертежа:

1. Включим команду **Перенести**, что можно сделать так:

- нажать кнопку  **Перенести** на панели инструментов **Редактирование**
- или открыть раскрывающееся меню **Редактирование** и включить команду **Перенести**.

2. Последует запрос **Базовая точка...:**. Он означает, что вам предлагают «зацепиться» за любую точку выбранного объекта и далее перемещать эту точку с привязанным к ней объектом. В качестве базовой рекомендуется выбирать характерную точку изображения: угловую, точку конца или середины и т. п. Для точной установки в такую точку курсора должна быть включена объектная привязка. Выберем (см. рис. 16) в качестве базовой точки т. **A** на главном изображении (установим в эту точку курсор и щелкнем мышью).

3. На запрос **Вторая точка перемещения...:** переместим главное изображение на место, приблизительно соответствующее его месту на рис. 1 (режим **ОРТО** отключен) и щелкнем мышью. Изображение зафиксируется.

Формирование контура вида сверху из отрезков. Сделаем текущим слой вспомогательных построений **Defpoints**, включим режим **ОРТО**.

Проведем приблизительно на середине свободного поля под главным изображением (рис. 17) горизонтальный отрезок **a** произвольной длины (это будет ось симметрии строящегося вида сверху).

Проведем вспомогательные линии проекционной связи **b, c, d**.

Переключимся на слой **0**.

Проведем последовательно (не выходя из команды **Отрезок**) отрезки **V₁V₂**, **V₂N₂**, **N₂N₁** длиной 30 и 100 мм. Получим половину внешнего контура вида сверху. Нижняя половина будет зеркальным отображением верхней относительно горизонтальной оси **a**.

Для ее построения сначала выберем рамкой верхнюю часть контура. Щелкнем мышью, например, в т. **3** (см. рис. 17), потом передвинем курсор по диагонали в т. **4**, что сопровождается появлением прямоугольной рамки (при этом хотя бы один конец оси должен выходить за пределы рамки) и щелкнем мышью. Верхняя часть контура (за исключением оси) выделится.

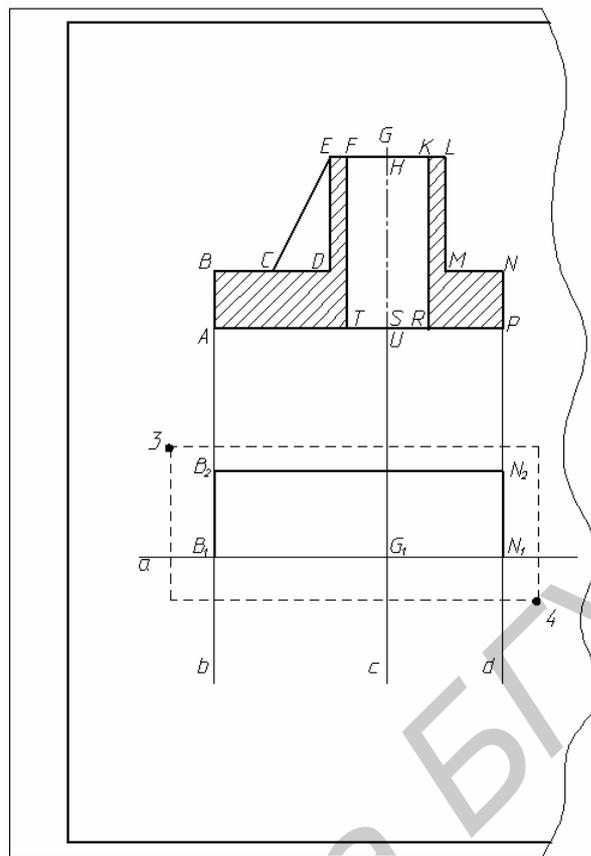


Рис. 17. Построение внешнего контура вида сверху

Включим команду **Зеркало**. В качестве первой и второй точек оси отражения при включенной режиме **ОРТО** укажем левый и правый концы горизонтальной линии **а**. На запрос **Удалить исходные объекты? [Да/Нет]<Н>**: ответим, что **нет** (нажмем клавишу **Enter**). На экране появится изображение полного исходного контура вида сверху.

Увеличим на весь экран построенный контур вида сверху так, как объяснено в п. 6.1.1. На увеличенном изображении (рис. 18) построим окружность диаметром 28 мм и квадрат со стороной 40 мм.

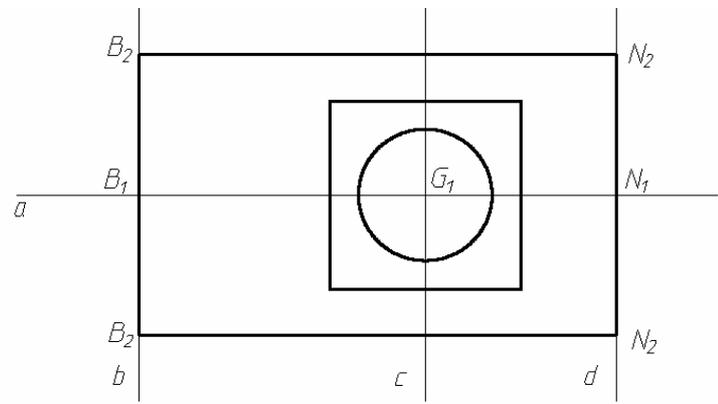


Рис. 18. Построение окружности и квадрата

6.2.3. Построение окружности

AutoCAD позволяет построить окружность несколькими способами. В данной работе используем построение окружности по центру и радиусу:

1. Включим команду **Окружность**. Это можно сделать двумя способами:

- нажать кнопку  на панели инструментов **Рисование** (здесь построение по центру и радиусу принято по умолчанию);
- открыть меню **Рисование**, включить команду **Окружность** и установить способ построения окружности **Центр, радиус**.

2. На запрос **Центр круга...**: установим курсор (см. рис. 18) в центр «будущей» окружности т. G_1 (при включенной объектной привязке курсор должен автоматически притянуться к этой точке) и зафиксируем клавишей **Enter**.

3. На запрос **Радиус круга...**: введем с клавиатуры величину радиуса **14** и зафиксируем ее. На экране прорисовывается окружность диаметром 28 мм.

6.2.4. Построение квадрата

Квадрат (см. рис. 18) построим по заданному центру в т. G_1 и стороне 40 мм. Для построения квадрата рационально использовать команду **Многоугольник**, которая позволяет сформировать многоугольник с любым количеством углов.

1. Включим команду **Многоугольник**:

- нажмем кнопку  на панели инструментов **Рисование**
- или в раскрывающемся меню **Рисование** включим команду **Многоугольник**.

2. На запрос **Число сторон <4>**: введем **4**.

3. На запрос **Укажите центр многоугольника или [Сторона]**: щелкнем мышью в т. G_1 (объектная привязка включена).

4. На запрос **Задайте опцию размещения [Вписанный в окружность/Описанный вокруг окружности]...**: введем с клавиатуры ключ **O** (квадрат описан вокруг круга диаметром 40 мм).

5. На запрос **Радиус окружности**: введем с клавиатуры **20**.

Квадрат построен. Следующий этап – построение сопряжений, фасок и двух окружностей диаметром 14 мм (рис. 19).

6.2.5. Выполнение сопряжений

Левые прямые углы внешнего контура на виде сверху (см. рис. 19) скруглены дугами радиусом 13 мм. Выполнить подобные скругления проще всего командой редактирования **Сопряжение**. Сопрягать можно две пересекающиеся прямые или прямую и окружность (дугу).

1. Включим команду **Сопряжение**:

- нажмем кнопку  на панели инструментов **Редактирование**
- или в раскрывающемся меню **Редактирование** включим команду **Сопряжение**.

2. В окне команд появится первый запрос

...**Радиус сопряжения = 0**

Выберите первый объект или [...раДиус...]:

3. Для изменения радиуса сопряжения и ввода нужного значения (13 мм) введем с клавиатуры ключ **Д**. В ответ на появившуюся строку **Радиус сопряжения <0>**: введем вместо заданного числа нужные **13**.

4. На повторный запрос **Выберите первый объект или [...раДиус...]:** щелкнем мышью по одной из сторон левого нижнего угла.

5. На запрос **Выберите второй объект:** щелкнем мышью по другой стороне левого нижнего угла.

Нижний левый угол скруглится, выполнение команды автоматически завершится.

Для скругления левого верхнего угла возвратим команду **Сопряжение** (нажав, например, на клавиатуре клавишу **Пробел** или **Enter**). AutoCAD запоминает последнее значение введенного радиуса скругления, поэтому в первом запросе будет предложено

...**Радиус сопряжения = 13**

Выберите первый объект...:

и нужно щелкнуть по первой, а в ответ на второй запрос – по второй сторонам левого верхнего угла. В результате левый верхний угол скруглится.

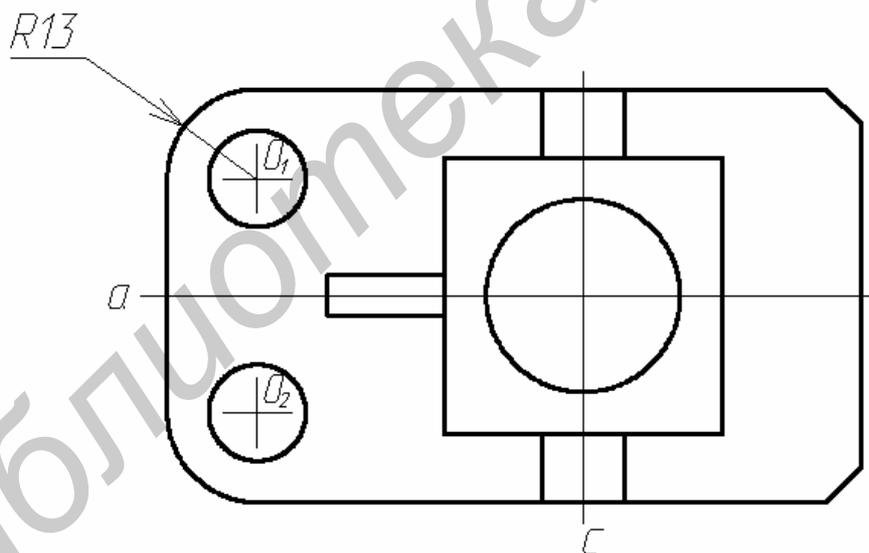


Рис. 19. Построение сопряжений и фасок. Копирование объектов

6.2.6. Выполнение фасок

Правые углы внешнего контура на виде сверху имеют фаски 5x45°. Вычертить подобные фаски проще всего командой редактирования **Фаска**.

1. Включим команду **Фаска**:

- нажмем кнопку  на панели инструментов **Редактирование**

- или в раскрывающемся меню **Редактирование** включим команду **Фаска**.

2. В окне команд появится первый запрос

...Параметры фаски: Длина1= 0, Длина2= 0

Выберите первый отрезок или [...Длина/Угол/...]:

3. Для изменения размера фаски и ввода нужного значения (5 мм) введем с клавиатуры ключ Д. В ответ на появившуюся строку **Первая длина фаски <0>**: введем **5**, на появившуюся строку **Вторая длина фаски <5>**: согласимся с длиной 5 и нажмем клавишу **Enter** на клавиатуре.

4. На повторный запрос **Выберите первый отрезок или [...Длина/Угол/...]:** щелкнем мышью по одной из сторон правого нижнего угла.

5. На запрос **Выберите второй отрезок**: щелкнем мышью по другой стороне правого нижнего угла.

В нижнем правом углу сформируется фаска, выполнение команды автоматически завершится.

Возвратим команду **Фаска** (нажав, например, на клавиатуре клавишу **Пробел** или **Enter**). AutoCAD запоминает последнее значение длин фаски, поэтому в первом запросе будет предложено

...Параметры фаски: Длина1= 5, Длина2= 5

Выберите первый отрезок...:

и нужно щелкнуть по первой, а в ответ на второй запрос – по второй сторонам правого верхнего угла. Фаски построены.

Построение двух окружностей диаметром 14 мм (см. рис. 19). Построим их по следующей схеме: определим и отметим центровыми линиями центры окружностей, затем построим одну окружность, а вторую сформируем при помощи команды редактирования **Копируй**.

Определим и отметим центровыми линиями центры окружностей. Используем тот факт, что центры окружностей диаметром 14 мм и центры дуг скруглений радиусом 13 мм совпадают:

- 1) откроем раскрывающееся меню **Размеры** и включим команду **Маркер центра**;
- 2) щелкнем левой кнопкой мыши по верхней дуге сопряжения;
- 3) появится маркер центра дуги в виде пересекающихся в т. **O₁** отрезков прямых;
- 4) построим подобным образом маркер центра нижней дуги (т. **O₂**).

Построим по известным значениям радиуса и центра верхнюю окружность. Методика построения дана в п. 6.2.3.

Построим нижнюю окружность, для чего используем команду редактирования **Копируй** (см. п. 6.2.7).

Копирование строго по горизонтали и вертикали следует осуществлять при включенном режиме **ОРТО**.

6.2.7. Копирование объектов

1. Выделим единичным выбором верхнюю окружность без маркера центра (см. рис. 19).

2. Включим команду **Копировать**, для чего:

- нажмем кнопку  на панели инструментов **Редактирование**
- или в раскрывающемся меню **Редактирование** включим команду **Копировать**.

3. На запрос **Базовая точка или перемещение**: заведем курсор в т. **O₁** и щелкнем мышью (зафиксируем точку).

Напоминание! Базовая точка – это любая точка на объекте (или на поле чертежа), относительно которой будет осуществляться копирование. Рекомендуется в качестве базовой выбирать характерную точку изображения: угловую, точку конца или середины и т. п. Для точного указания такой точки курсором должна быть включена объектная привязка. Если копия будет привязываться своей базовой точкой к конкретным точкам имеющихся изображений, то выполнять копирование необходимо также при включенной объектной привязке.

4. На запрос **Вторая точка перемещения...:** переместим курсор с привязанным к нему за базовую точку изображением окружности в т. **O₂** – пересечения линий маркера.

Появится нижняя окружность – точная копия верхней, а AutoCAD опять запросит указать следующую точку вставки копии окружности в чертеж. Нам это не нужно, поэтому выйдем из команды (клавиши **Esc** или **Пробел**).

Для завершения вида сверху выполним следующие операции.

1. Построим контур ребра жесткости толщиной 6 мм и паза шириной 12 мм. Эти построения выполним командой **Отрезок** по изученной в п. 6.1.2 методике.

2. Удалим ставшие лишними линии вспомогательных построений **b**, **d** (см. рис. 17). Как удалить, объяснено в разд. 7.

3. Используя рассмотренную в п. 6.1.3 методику редактирования изображений при помощи ручек, выполним следующее:

- выделим единичным выбором линии маркеров центров отверстий диаметром 14 мм и вытянем за ручки их концы за пределы окружностей на 2 – 5 мм;
- выделим прямые **a** и **c** (см. рис. 19) и изменим ручками их длину так, чтобы они выступали за пределы квадрата и внешнего контура вида сверху на 2 – 5 мм.

4. Изменим начертание линий **a** и **c** в соответствии с их назначением. Это осевые линии. Выделим их и переместим на слой **1-оси**.

5. Построенный вид сверху должен соответствовать аналогичному на рис. 1.

6.3. Построение изображения слева

Для построения в AutoCAD изображения слева лучше всего воспользоваться вспомогательной осью отражения, как показано на рис. 20.

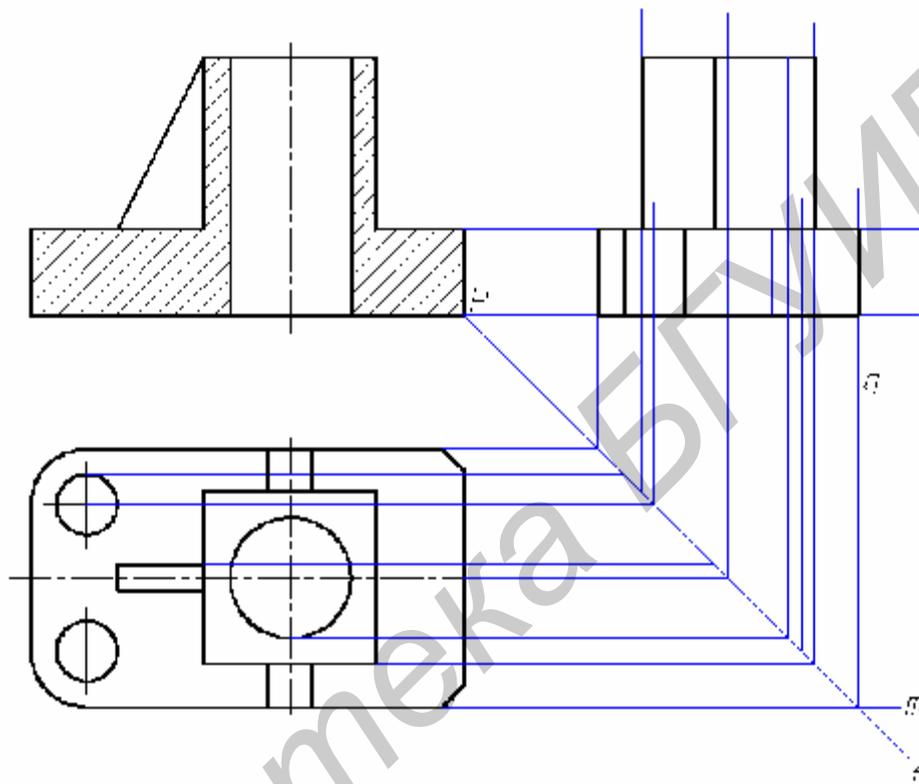


Рис. 20. Построение изображения слева

Построим ось отражения **f** – наклонную линию под углом минус 45° (или плюс 315°). Ее начало можно выбрать в т. **P**. Длину можно взять произвольной, например 100 мм (все равно эта вспомогательная линия будет удалена).

6.3.1. Построение наклонного отрезка по углу наклона и длине

1. Переключимся на слой вспомогательных построений **Defpoints**.
2. Включим команду **Отрезок**.
3. На запрос указать начало отрезка переместим мышью курсор в т. **P** (объектная привязка включена) и зафиксируем ее.

4. На запрос указать вторую точку отрезка введем с клавиатуры в окне команд строку **@100<-45** (или **@100<315**). В результате прорисовется ось **f**.

Проведем горизонтальные и вертикальные вспомогательные линии проекционной связи, так как показано на рис. 20. В качестве примера опишем, как провести линии **m** и **g**:

1. Включим команду **Отрезок** и режим **ОРТО**.

2. При включенной объектной привязке установим курсор в начало линии **m** (левый конец) и зафиксируем ее.

3. Выключим объектную привязку (клавиша **F3**), протянем линию **m** за ось **f** на произвольное расстояние и зафиксируем конец линии.

4. Включим объектную привязку, зафиксируем начало линии **g** в точке пересечения линий **m** и **f**, затем протянем линию **g** вертикально вверх и зафиксируем ее конец.

Сделаем текущим слой **0** (можно увеличить изображение слева на весь экран) и проведем поверх вспомогательных линий линии видимого контура изображения слева.

Сделаем текущим слой **1-оси** и проведем поверх вспомогательных линий ось симметрии вида слева и ось отв. $\varnothing 14$. Затем, используя метод редактирования ручками, изменим длину этих осей так, чтобы они выступали за пределы изображений на 2 – 5 мм.

Проведем волнистую линию, ограничивающую местный разрез.

6.3.2. Построение волнистой линии (сплайна)

Сплайн – это гладкая кривая линия, проходящая через заданные точки.

Вызвать команду можно так:

- нажать кнопку  **Сплайн** на панели инструментов **Рисование**
- или в раскрывающемся меню **Рисование** включить **Сплайн**.

Команда предлагает ввести первую и последующие точки сплайна. Точки при построении сплайна вводят мышью произвольно. Сплайн удобно редактировать (изменять его форму) при помощи ручек. Для завершения построения сплайна нужно в точке конца щелкнуть мышью три раза.

Построим сплайн (рис. 21).

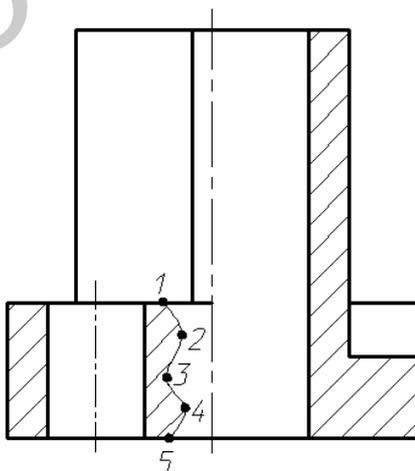


Рис. 21. Построение сплайна

1. Выключим режим **ОРТО**, объектную привязку и **ШАГ** курсора.
2. Нажмем кнопку  **Сплайн** на панели инструментов **Рисование**.

3. На запрос **Первая точка...**: щелкнем мышью в т. **1** (начало сплайна).
 4. На запрос **Следующая точка**: введем следующую точку сплайна т. **2** (произвольно).
 5. На последующие запросы **Следующая точка...**: последовательно щелкнем мышью в точках **3, 4, 5** (эти точки выбираются произвольным образом и их количество может быть другим).
 6. Для завершения построения нажмем на клавиатуре три раза клавишу **Enter**. Прорисовывается волнистая линия, как на рис. 21.
- Выполним штриховку на разрезах построенного изображения слева.

7. УДАЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ. ОТМЕНА КОМАНД

В процессе формирования чертежа возможны неправильные построения изображений. В этом случае необходимо удалить неправильно выполненные изображения и повторить построение. Самый простой способ удаления – выделить единичным выбором или рамкой объект и нажать клавишу **Del** на клавиатуре.

Иногда в процессе построения чертежа возникает необходимость отменить последнее, неправильно выполненное действие. Например, вы удалили не то, что надо. AutoCAD позволяет отменить последние команды (одну и более). Для отмены последних команд достаточно последовательно нажимать левой кнопкой мыши по кнопке  **Отменить** на стандартной панели инструментов или последовательно нажимать комбинацию клавиш **Ctrl+Z** на клавиатуре.

Удаление части объекта. Команда «Обрезать»

Удалить части объекта на участках между точками пересечения его другими объектами проще всего с помощью команды **Обрезать**.

В качестве примера (см. рис. 20) сотрем правые части вспомогательных линий построения, которые выступают за ось **f**:

1. Включим команду **Обрезать** (кнопка  на панели **Редактирование**).
2. На запрос **Выберите объекты**: нажмем **Пробел** или **Enter** на клавиатуре.
3. На запрос **Выберите обрезаемый...объект...**: щелкнем мышью по правому выступающему концу линии **m**. Правый участок линии сотрется.
4. Аналогично удалим все вспомогательные линии построения на рис. 20.

8. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

На этапе освоения AutoCAD для нанесения размеров проще всего использовать раскрывающееся меню **Размеры**, которое содержит список вариантов нанесения размеров (линейных, радиальных и т. д.).

Настройки стиля размеров (формы и длины размерных стрелок, размера шрифта и т. п.) осуществляется в диалоговом окне **Диспетчер размерных стилей**, для включения которого нужно открыть раскрывающееся меню **Формат**, а в нем диалоговое окно **Размерные стили...** В данной работе не требуется производить настройки размерного стиля, так как нужные настройки уже содержатся в шаблоне формата А3, который мы вставили в формируемый чертеж вначале. Размерный стиль настроен на нанесение размеров в масштабе 1:1, т. е. если отрезок на чертеже имеет длину 20 мм, то AutoCAD нанесет размер его длины 20.

8.1. Нанесение линейных размеров

К линейным относят горизонтальные и вертикальные размеры. Их наносят, как правило, при включенных режимах **ОРТО** и объектной привязки. Нанесем вертикальный размер **20** и горизонтальный размер **Æ28** на главном изображении создаваемого чертежа (см. рис. 13).

1. Включим режим **ОРТО** и объектную привязку.

2. Сделаем текущим слой **3-размеры**.

3. Откроем меню **Размеры**, включим команду **Линейный**.

4. На запрос **Начало первой выносной линии...**: щелкнем мышью в т. **А**, на запрос **Начало второй выносной линии:** – в т. **В**, на запрос **Положение размерной линии...**: передвинем курсор с привязанной к нему размерной линией влево на расстояние не менее 10 мм от отрезка **АВ** и щелкнем мышью. Прорисовуется вертикальный размер **20**.

5. Нанесем размер **Æ28**. Вернем команду **Линейный** (клавиша **Пробел** или **Enter** на клавиатуре).

6. Зафиксируем мышью точки начала первой и второй выносных линий (соответственно т. **Г** и т. **К** на рис. 13). На запрос **Положение размерной линии или [.../Текст/...]**: введем с клавиатуры ключ **Т**. Это означает, что мы не согласны с предлагаемым над размерной линией числом 28, а хотим внести изменение.

7. В окне команд появится строка **Размерный текст <28>:**. Введем в этой строке за указанной надписью латинским шрифтом комбинацию **%%С28**. Над размерной линией появится **Ø28**. Переместим мышью размерную линию на расстояние не менее 10 мм вверх от линии контура и зафиксируем ее.

Ниже приведены комбинации, которые генерируют знаки, применяемые в чертежах по инженерной графике:

%%с – знак диаметра (Ø);

%%d – знак градуса (°);

%%p – знак плюс-минус (±).

При нанесении размера **□40** (см. рис. 1) можно нанести линейный вертикальный размер так же, как мы наносили выше размер 20, а затем дорисовать квадрат перед числом 40.

При нанесении размера **5x45°** (см. рис. 1) нужно нанести линейный **2фаски**

размер **5x45°** по примеру нанесения $\varnothing 28$, причем в качестве знака умножения можно взять букву **x**, а **2фаски** написать текстом, как объяснено в разд. 10. После приобретенного опыта вы легко нанесете размер **Æ14**.

2отв.

8.2. Нанесение радиальных и диаметральных размеров

1. В раскрывающемся меню **Размеры** включим команду **Радиус**.

2. На запрос **Выберите дугу или круг:** щелкнем мышью в любой точке на левой дуге (см. рис. 1).

3. Появляется размер **R13**, привязанный к курсору. Перемещая мышью курсор, добьемся наиболее удобного положения размера и зафиксируем его щелчком мыши.

По такому же «сценарию» наносятся размеры диаметров окружностей (меню **Размеры**, команда **Диаметр**, щелкнуть мышью по дуге окружности и т. д.).

9. РАБОТА С БИБЛИОТЕКОЙ

Для включения в чертеж часто используемых изображений и фрагментов изображений в AutoCAD предусмотрена возможность создания библиотеки, в которой хранятся указанные изображения. Эти изображения могут быть извлечены из библиотеки и вставлены в любой создаваемый чертеж. В данной рабочей версии AutoCAD библиотека реализована в виде раскрывающегося меню **Библиотека**.

В выполняемом задании (см. рис. 1) необходимо обозначить простой разрез А–А. Для обозначения положения секущей плоскости разреза извлечем из библиотеки верхний и нижний фрагменты, содержащие разомкнутую линию со стрелкой и буквенным обозначением:

1. Откроем раскрывающееся меню **Библиотека**.

2. Откроем подменю **Стандартные элементы**.

3. Откроем пункт **Оформление чертежей**.

4. В открывшемся графическом окне **Оформление чертежей** щелчком левой кнопки мыши выделим верхний фрагмент обозначения положения секущей плоскости, а потом нажмем в этом окне кнопку **ОК**.

5. На экран выведется чертеж с курсором, к которому привязан извлеченный фрагмент. Перемещая курсор, установим фрагмент в нужное место (режим **ОРТО** и объектная привязка выключены) и зафиксируем.

6. Подобным образом извлечем и установим нижний фрагмент.

7. Надпись **А–А** над разрезом изображения слева выполним с использованием команды **Текст** (см. разд. 10).

10. РАБОТА С ТЕКСТОМ

AutoCAD позволяет выполнять надписи разными текстовыми стилями. Текстовый стиль задает тип шрифта (для чего надо загрузить соответствующий файл шрифта), его размер (высоту), угол наклона строки, степень сжатия или растяжения слов и т. д.

Настройка стиля осуществляется в диалоговом окне **Текстовые стили**, для включения которого нужно открыть раскрывающееся меню **Формат**, а в нем – диалоговое окно **Текстовые стили**. В данной работе не требуется производить настройки текстового стиля, так как нужные настройки уже содержатся в шаблоне формата А3, который мы вставили в формируемый чертеж вначале. Текстовый стиль настроен на шрифт **Isocpeur** с наклоном (он близок по начертанию к стандартному шрифту по ГОСТ 2.304–81 и предназначен для выполнения надписей на чертежах).

В AutoCAD можно выполнять надписи в режиме однострочного или многострочного текста. Для вызова команды необходимо открыть раскрывающееся меню **Рисование**, а в нем подменю **Текст** – откроется список из двух команд **Многострочный...** и **Однострочный**.

Рассмотрим выполнение надписей в режиме однострочного текста.

Выполним надпись «2 фаски» (под размером 5x45°)

1. Увеличим нужный фрагмент чертежа. В меню **Рисование** откроем подменю **Текст** и включим команду **Однострочный**.

2. На запрос **Начальная точка текста...**: подведем курсор к правой нижней точке будущей записи **2 фаски** (см. рис. 1) и щелкнем мышью.

3. На запрос **Высота <конкретное число>**: введем с клавиатуры высоту шрифта **5**.

4. На запрос **Угол поворота текста <0>**: (имеется в виду угол наклона строки) нажмем клавишу **Ввод**, т. е. согласимся с предлагаемым углом 0.

5. На предложение **Введите текст**: введем с клавиатуры **2 фаски**.

Для выхода из команды нажмем два раза **Enter** на клавиатуре.

*Внимание! Если вы хотите переместить или удалить эту надпись, то нужно включить соответствующие команды в меню **Редактирование** и работать с надписью, как с обычным примитивом.*

Аналогично выполним надпись **2отв.** под размером Ø14.

Заполним основную надпись

Графы основной надписи заполним так, как показано на рис. 1. Методика выполнения надписей однострочным текстом рассмотрена выше. Перед заполнением граф увеличим основную надпись на весь экран. Рекомендуется устанавливать следующую высоту шрифта:

а) фамилии в графах **Разраб.** и **Пров.** – шрифт высотой **3**;

- б) обозначение чертежа **НГИГ.400201.001** – шрифт высотой **7**;
- в) наименование детали **Основание** и масштаб **1:1** – шрифт высотой **5**;
- г) материал детали **Сталь 45 ГОСТ 1050-88** и обозначение организации-разработчика **БГУИР, гр.550501** – шрифт высотой **4**.

11. ПОСТРОЕНИЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

В работе нужно построить прямоугольную изометрическую проекцию детали с вырезом (см. рис. 1). Прямоугольная изометрическая проекция – это объемное изображение, где ребра и грани предмета ориентированы по осям X, Y, Z, которые расположены под углом 120° по отношению друг к другу, а коэффициент искажения длин по этим осям равен 1.

1. Увеличим на весь экран свободную зону над основной надписью.

2. Выполним графические настройки, позволяющие чертить отрезки прямых по осям X, Y, Z. Для этого:

- щелкнем правой кнопкой мыши по кнопке **ШАГ** в строке состояния;
- во всплывшем контекстном меню щелкнем мышью по строке **Настройка**;
- в появившемся диалоговом окне **Режимы рисования** установим параметры, показанные на рис. 22, и нажмем кнопку **ОК**;
- курсор на экране изменил форму. Теперь он приобрел вид перекрестия двух черточек, параллельных аксонометрическим осям;
- переключение формы курсора осуществляется клавишей **F5**. Каждое из трех состояний курсора позволяет строить изображения на одной из аксонометрических плоскостей (рис. 23).

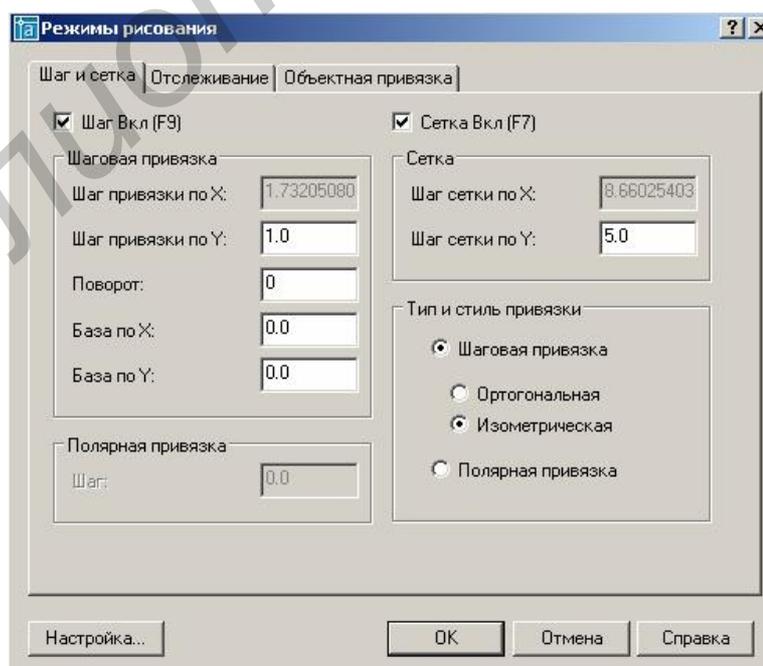


Рис. 22. Графические настройки при выполнении аксонометрии

3. Рекомендуемые настройки в строке состояния показаны на рис. 24. Шаг курсора и сетку можно отключить.

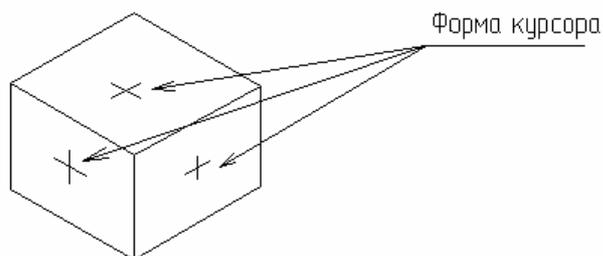


Рис. 23. Форма курсора на аксонометрических плоскостях

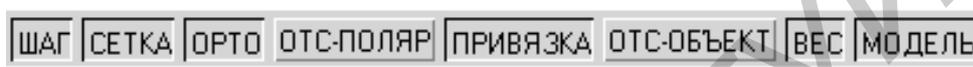


Рис. 24. Настройки в строке состояния

4. Вычертим аксонометрические оси (рис. 25, а):
 - сделаем текущим слой **1-оси**;
 - включим команду **Отрезок**, установим клавишей **F5** форму курсора, как на верхней грани параллелепипеда на рис. 23 и построим оси **X** и **Y** произвольной длины (режим **ОРТО** включен);
 - проведем ось **Z** в виде отрезка высотой 60 мм;
 - выделим оси **X** и **Y** и скопируем их в верхний конец оси **Z**.
5. Вычертим контуры верхнего и нижнего оснований детали (рис. 25, б):
 - переключимся на слой **0**;
 - проведем отрезок **OA** верхнего основания длиной 20 мм;
 - проведем отрезки **AB**, **BC**, **CD**, **DE** и **EO**;
 - проведем отрезки нижнего основания **FG**, **GH**, **HN**, **NM**, **MP** и **PF**.
6. Построим грани детали, параллельные основаниям (рис. 25, в):
 - изменим форму курсора (клавишей **F5**) и построим отрезок **FR**;
 - выделим единичным выбором отрезки нижнего основания, включим команду **Копировать**, выберем в качестве базовой точки т. **F** и скопируем нижнее основание в т. **R**;
 - выделим и скопируем верхнее основание в т. **R**;
 - удалим лишние линии. Если необходимо переместить конец отрезка, лучше это сделать при помощи ручек.
7. Построим вертикальные и наклонные ребра (рис. 25, г):
 - проведем вертикальный отрезок **BB** и скопируем в нужные места, получив ребра **AA**, **EE**, **DD**;
 - скопируем вертикальный отрезок **FR**, выбрав в качестве базовой точки т. **F**, в точки **H**, **G**, **P**, **M** (эти ребра можно получить и построением);
 - построим отрезок **AS** (по оси **X**), наклонный отрезок **AS** и отрезок **ST**;

- скопируем наклонный отрезок **AS** (базовая т. **S**) в т. **T**;
- удалим лишние линии (или укоротим их при помощи ручек).

8. Построим контуры отверстия диаметром 28 мм (рис. 25, д). Следует иметь в виду, что окружности проецируются на аксонометрические плоскости в виде эллипсов (рис. 26):

- на вертикальной панели **Рисование** нажмем кнопку  **Эллипс**;
- на запрос **Конечная точка оси эллипса или [.../Изокруг]:** введем с клавиатуры ключ **I**;
- на запрос **Центр изокруга:** укажем курсором т. **O**;
- на запрос **Радиус изокруга...:** сдвинем курсор из т. **O** в любую сторону, при этом прорисовывается эллипс. Нажимая клавишу **F5**, добьемся правильного наклона оси эллипса. Введем с клавиатуры значение радиуса **14**. Изображение эллипса зафиксировано;
- скопируем эллипс (базовая т. **O**) в т. **F**;
- проведем вертикальные границы отверстия.

9. Сотрем лишние части верхнего и нижнего эллипсов так, как это было объяснено в разд. 7:

- включим команду **Обрезать** (кнопка  на панели **Редактирование**);
- на запрос **Выберите объекты:** нажмем **Пробел** или **Ввод** на клавиатуре;
- на запрос **Выберите обрезаемый... объект...:** щелкнем мышью по нижней части линии верхнего эллипса (см. рис. 25, д). Участок эллипса между ближайшими линиями, которые пересекают эллипс, будет удален;
- аналогично удалим другие лишние участки.

10. Построим скругление радиусом 13 мм и отверстие диаметром 14 мм в левом углу аксонометрической проекции;

- построим отрезки **UJ**, **JO₁**, **O₁V**, равные 13 мм (см. рис. 25, д);
- построим эллипс радиусом 13 мм с центром в т. **O₁**;
- удалим лишние участки эллипса так, чтобы осталась дуга сопряжения;
- скопируем дугу вниз на расстояние 20 мм, для чего выделим дугу, включим команду **Копировать**, в качестве точки привязки выберем центр дуги в т. **O₁**, зададим курсором направление (немного переместим его вертикально вниз) и введем с клавиатуры **20**;
- удалим лишние участки ребер (на участках **UJ** и **UV**);
- перенесем отрезок **HU** за верхний или нижний конец до точки сопряжения его с дугой;
- построим эллипс радиусом 7 мм с центром в т. **O₁**;
- отредактируем осевые линии на изображении (укоротим или удлиним их за ручки, переместим на слой **1-оси**).

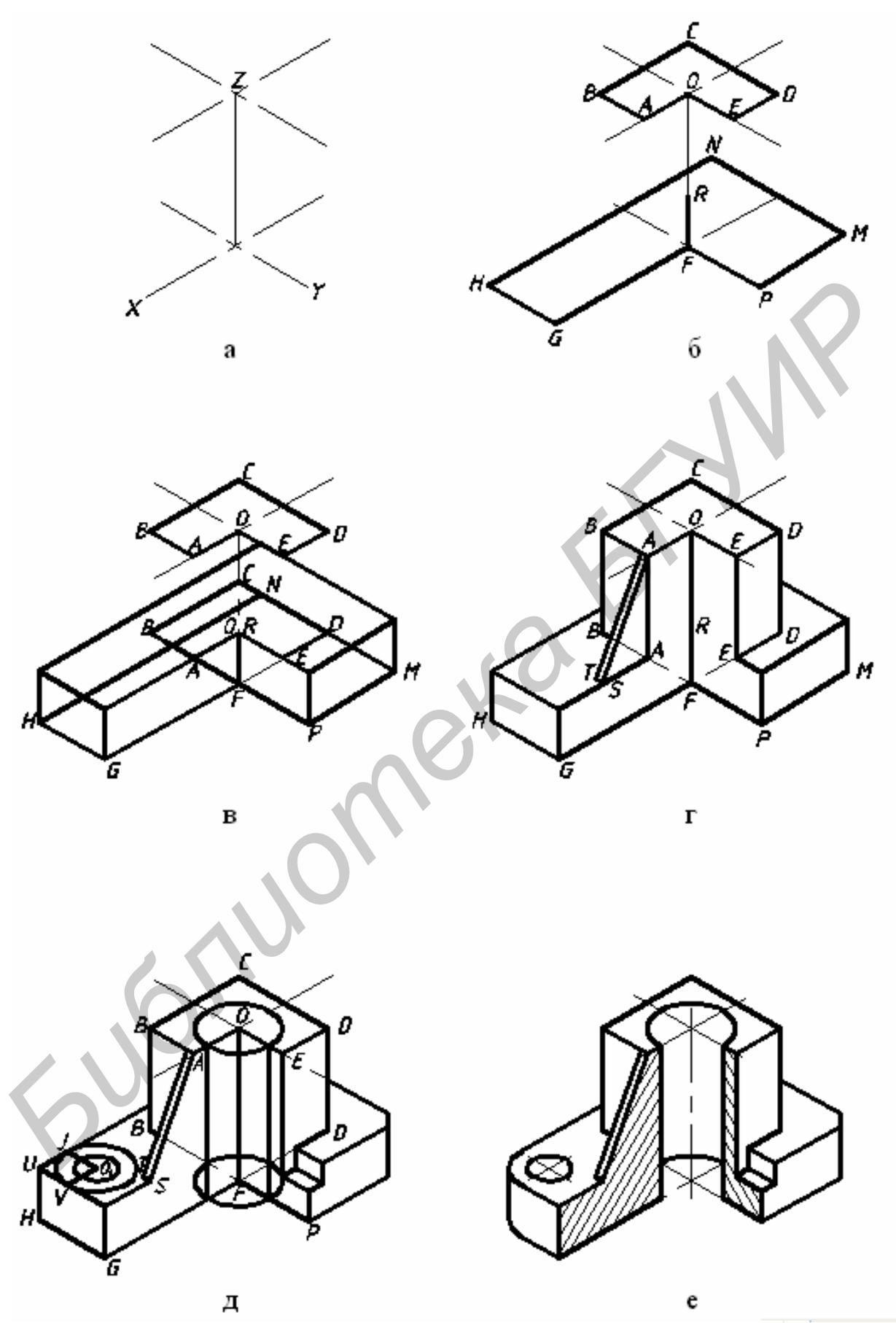


Рис. 25. Этапы построения аксонометрической проекции

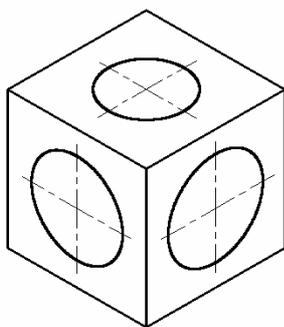


Рис. 26. Ориентация эллипсов в аксонометрии

11. Выполним штриховку. Линии штриховки сечений на аксонометрии наносят параллельно одной из диагоналей квадратов, построенных на этих сечениях. Для «нашей» аксонометрии это правило будет выполняться, если установить угол штриховки левого сечения 15° , а правого 75° .

12. Готовая аксонометрическая проекция показана на рис. 25, е.

13. Последним этапом выполнения чертежа является корректировка компоновки изображений. Возможно, придется переместить вид сверху строго вверх или вниз, сдвинуть аксонометрическое изображение.

12. КОРРЕКТИРОВКА ЧЕРТЕЖА

Последним этапом выполнения чертежа является корректировка изображений, текста и пр. В первую очередь проверяется рациональность компоновки изображений, т. е. выполнение требования равномерности распределения изображений на поле чертежа. С этой точки зрения, возможно, придется переместить вверх или вниз вид сверху; сдвинуть влево или вправо изображение вида слева.

Напоминаем, что для перемещения изображения необходимо выбрать перемещаемые объекты, предпочтительно рамкой. Если какие-то графические элементы при выборе рамкой окажутся невыделенными, то можно добавить эти элементы к уже выбранным поочередным единичным выбором или выбрать их все сразу еще одной рамкой.

После корректировки компоновки изображений нужно проверить:

- правильность выполнения штриховки (ее наклон и шаг должны быть одинаковы на всех разрезах);
- правильность нанесения размеров (все ли размеры нанесены, выдержаны ли расстояния от первой размерной линии до линии видимого контура детали, между параллельными размерными линиями);
- правильность выполнения осевых и центровых линий (выдержано ли расстояние между штрихами штрихпунктирной линии; выдержано ли расстояние, на которое может выступать осевая линия за пределы контура изображения) и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Романычева, Э. Т. Компьютерная технология инженерной графики в среде AutoCAD 2000 : учеб. пособие / Э. Т. Романычева, Т. Ю. Соколова. – М. : ДМК Пресс, 2001.
2. Тику, Ш. AutoCAD 2004. Эффективная работа / Ш. Тику. – СПб. : Питер, 2004.
3. Соколова, Т. Ю. AutoCAD 2004. Англоязычная и русская версии / Т. Ю. Соколова. – М. : ДМК Пресс, 2004.
4. Финкельштейн, Э. AutoCAD 2005 и AutoCAD LT 2005. Библия пользователя / Э. Финкельштейн ; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2005.
5. Чуприн, А. И. AutoCAD 2005/2006 для начинающих. Практика быстрого освоения / А. И. Чуприн. – М. : ДиаСофтЮП, 2005.
6. Полещук, Н. AutoCAD 2005 в подлиннике / Н. Полещук. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005.
7. Левицкий, В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей / В. С. Левицкий. – М. : Высш. шк., 2004.

Учебное издание

AutoCAD.
ПОСТРОЕНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОННОГО ЧЕРТЕЖА

Методические указания к практической работе
по курсу «Начертательная геометрия и инженерная графика»

Составитель
Мисько Михаил Васильевич

Редактор Т. Н. Крюкова
Корректор Л. А. Шичко
Компьютерная верстка Е. Г. Бабичева

Подписано в печать 11.05.2009.	Формат 60x84 1/8.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 4,88.
Уч.-изд. л. 2,2.	Тираж 300 экз.	Заказ 673.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6