

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

Кафедра инженерной графики

Составитель: Мисько М.В.

## Введение в AutoCAD

*КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЧЕРТЕЖЕЙ*

Методические указания  
для студентов всех специальностей БГУИР

Минск –2007

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	2
1. Цель работы .....	2
2. Содержание работы.....	2
3. Принципы формирования чертежей в среде AutoCAD.....	4
4. Начало работы.....	4
4.1. Загрузка AutoCAD 2005.....	4
4.2. Загрузка шаблона.....	4
4.3. Присваивание нового имени чертежу.....	5
4.4. Структура рабочего стола AutoCAD.....	5
4.5. Программирование слоев.....	7
5. Настройка объектной привязки .....	7
6. Формирование изображений .....	8
6.1. Построение главного изображения.....	8
6.2. Построение вида сверху.....	11
6.3. Построение изображения слева.....	14
7. Стирание объектов, отмена команд.....	14
8. Нанесение размеров.....	15
9. Работа с библиотекой.....	15
10. Работа с текстом.....	16
11. Построение аксонометрического изображения.....	16

Команды формирования изображений, изучаемые в пособии

Команды построения	с	Команды редактирования	с
1. Построение отрезков – ортогональных..... – наклонных.....	9 9,4	1. Редактирование ручками. Единичный выбор объектов.....	10
2. Построение зеркального объекта...	10	2. Перемещение объекта на другой слой.....	10
3. Построение окружности.....	12,13	3. Выбор объекта рамкой.....	11
4. Построение квадрата.....	12	4. Выполнение сопряжений...	12
		5. Выполнение фасок....	12
		6. Копирование объекта.	13
		7. Стирание объекта.....	14
		8. Отмена команды.....	14
		9. Стирание части объекта. Команда <b>Обрезать</b> .....	17
		10. Перемещение объекта.....	18

## ВВЕДЕНИЕ

Системы автоматизированного проектирования (САПР) на базе вычислительной техники широко применяют для ускорения изготовления конструкторской документации. Наиболее популярной, в силу своей универсальности и возможностям, является система AutoCAD. Она проста в изучении и позволяет создавать чертежи средней сложности.

### Принятые условности и обозначения

Для лучшего усвоения материала в пособии использовано выделение текста. Выделяются жирным шрифтом команды AutoCAD, запросы, ключи, названия кнопок, пунктов, полей, областей, диалоговых окон.

Приняты следующие условности в формулировках выполнения действий:

Условная формулировка	Действие
1. Щелкнуть левой мышью.	Быстро нажать и отпустить левую клавишу мыши.
2. Щелкнуть правой мышью.	Быстро нажать и отпустить правую клавишу мыши.
3. Нажать кнопку ... на панели инструментов.	Завести мышью курсор на нужную кнопку и щелкнуть левой клавишей мыши.
4. Ввести с клавиатуры команду ....	Набрать на клавиатуре нужную команду и нажать (на клавиатуре) клавишу <b>Ввод (Enter)</b> .

## 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;
- редактировать изображение и текст, наносить размеры;
- сохранять созданные чертежи;
- получать бумажную копию чертежа на принтере.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Сформировать на экране дисплея в среде AutoCAD чертеж, представленный на рис.1.

В работе необходимо:

- выполнить чертеж, представленный на рис.1.
- получить бумажную копию чертежа на принтере.

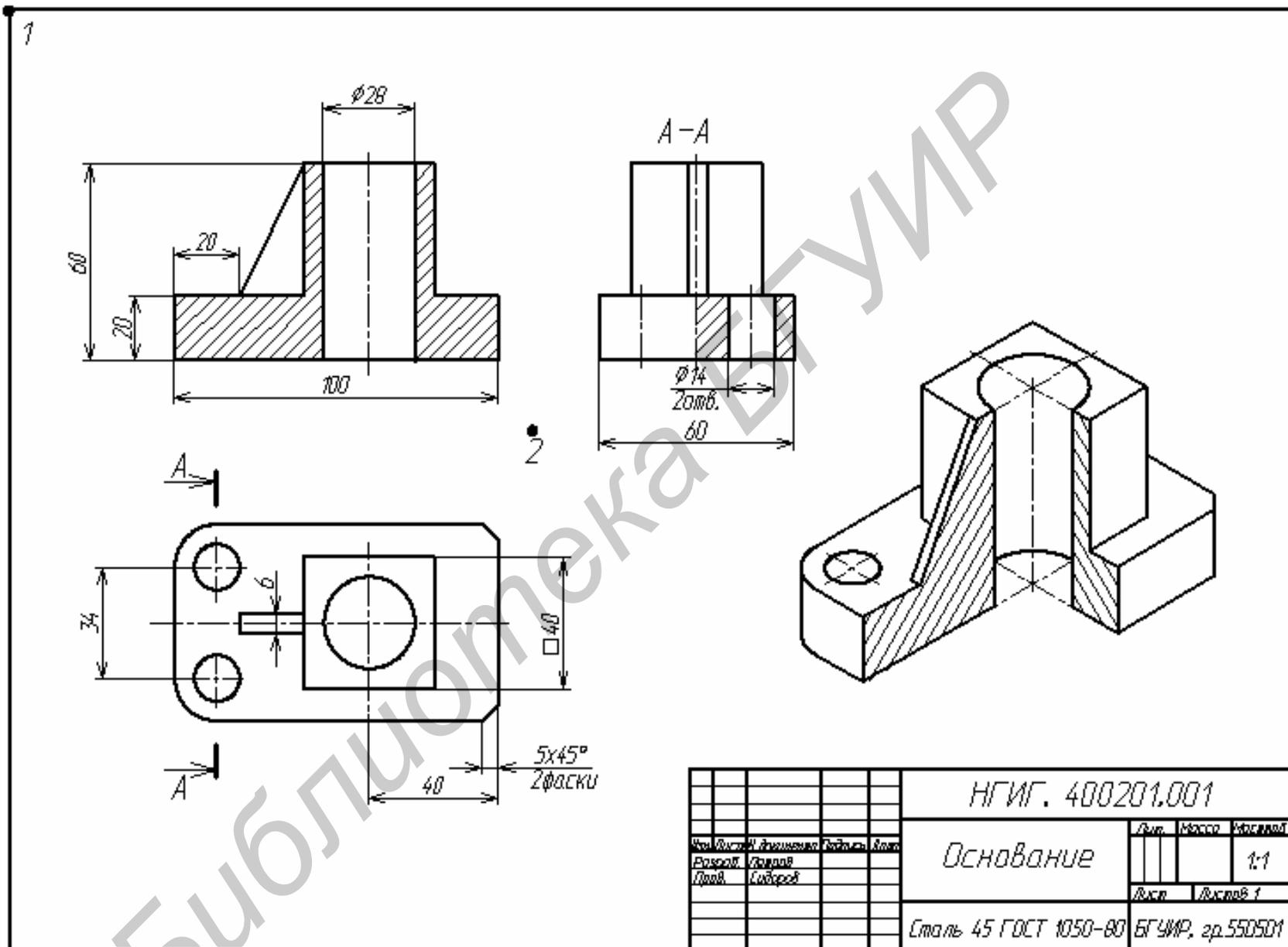


Рис.1 Пример оформления чертежа в AutoCAD

### 3. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ В СРЕДЕ AUTOCAD

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

1) работа начинается с вывода на экран готового изображения нужного формата чертежа (шаблона). Этот шаблон содержит 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) следующим этапом работы является определение способа формирования. В первом случае составляющие чертежа (например, оси, линии видимого контура, текст и т. д.) располагают на разных слоях, которые выступают в роли прозрачных листов. Наложив слои – листы друг на друга, получают законченный чертеж.

Другим способом создания чертежа является выполнение всех составляющих чертежа 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 создается и редактируется в пространстве модели. Признаком работы в пространстве модели служит высвеченная кнопка **Модель** в нижней части графического поля рабочего стола AutoCAD. Выполняются изображения предмета. Изображения любой сложности в AutoCAD составляются из простейших графических объектов – примитивов. **Графический примитив** – 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 курсор оказывается вблизи определенной точки имеющегося изображения, то он автоматически притянется к этой точке;

5) в строящийся чертеж включают готовые фрагменты изображений. Это могут быть изображения стандартных изделий (винтов, 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: стирание, перемещение, копирование, поворот, масштабирование и т.д. Отредактировать можно только выбранный (выделенный) объект. Линии выбранных объектов становятся прерывистыми, на них появляются цветные квадратики – ручки. В AutoCAD существует 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 имеется возможность увеличивать часть изображения или уменьшать его, имеется возможность перемещать изображение по экрану. Удобнее всего это делать при помощи средней клавиши-колесика мыши;

9) выполненным чертежам-файлам присваиваются неповторяющиеся имена-идентификаторы. Чертежи хранятся в папках-архивах;

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

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

## 4. НАЧАЛО РАБОТЫ

### 4.1. Загрузка AutoCAD 2005

Способ загрузки AutoCAD 2005 укажет преподаватель. После загрузки программы на экран выводится диалоговое окно **Начало работы** (рис.2).

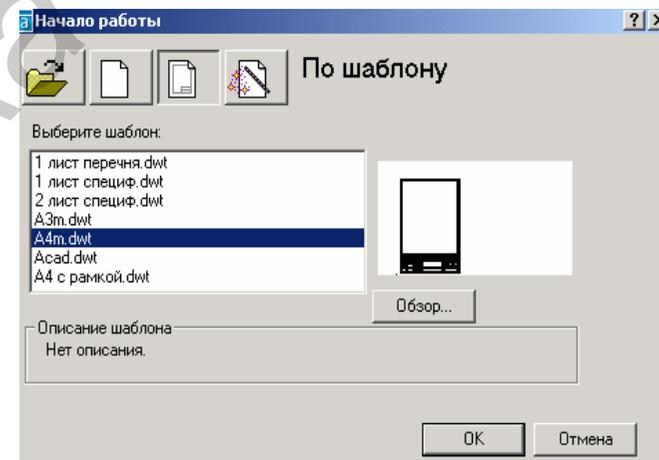


Рис. 2. Диалоговое окно вариантов начала работы

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 левой мышью по третьей кнопке сверху **По шаблону**. В открывшемся списке шаблонов щелкнем левой мышью по надписи **Формат А3**. На экран выведется рабочий стол **AutoCAD** с изображением формата А3. Создаваемому чертежу автоматически присваивается имя **Drawing1**.

### 4.3. Присваивание нового имени чертежу

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

- откроем падающее меню **Файлы**, включим команду **Сохранить как**;
- в открывшемся диалоговом окне **Сохранение рисунка** на диске **D** откроем папку **Work**;
- в строке **Имя файла** вместо имени **Drawing1** введем имя файла по типу **Петров** и нажмем кнопку **Сохранить**. По этой команде в папку **Work** запишется файл **Петров.dwg**.

### 4.4. Структура рабочего стола AutoCAD (рис.3).

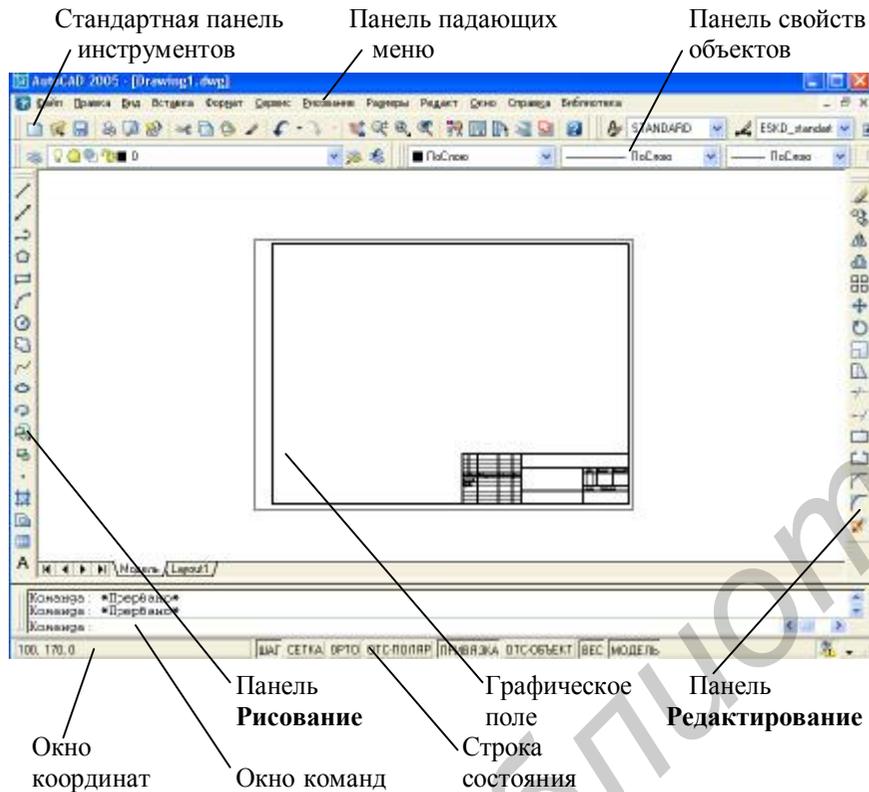


Рис.3. Структура рабочего стола AutoCAD 2005

**Ввод команд в AutoCAD.** Для формирования чертежей AutoCAD содержит около 800 команд. Ввод команд осуществляется через использование: панели падающих меню (находится на рабочем столе); 29 панелей инструментов; контекстных меню (всплывают при нажатии правой клавиши 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 большинству команд осуществляется только из окна команд.

**Панель падающих 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.

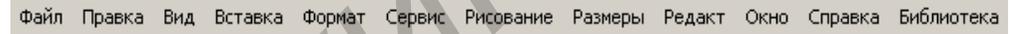


Рис.4. Панель падающих меню

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

На рабочем столе AutoCAD 2005 закреплены 6 из 29 панелей инструментов: стандартная панель инструментов (рис.5), панель стилей, панель свойств объектов (рис.6), панель рисования (рис.7), панель редактирования (рис.8), строка состояния (рис.9).

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



Рис.5. Стандартная панель инструментов

**Панель Свойства объектов** предназначена для работы со слоями чертежа и типами линий, и содержит следующие инструменты:



Рис.6. Панель инструментов Свойства объектов

Функции кнопок панели **Свойства объектов**

- Диспетчер свойств слоев** – открывает диалоговое окно **Диспетчер свойств слоев**.
- Слой** – раскрывает список слоев с возможностью их управления.
- Сделать слой объекта текущим** – устанавливает текущий слой в соответствии со слоем выбранного примитива.
- Предыдущее состояние слоев** – переход на предыдущий уровень.
- Цвета** – раскрывает список цветов примитивов.
- Типы линий** – раскрывает список типов линий.
- Веса линий** – раскрывает список толщин линий.

Панель инструментов **Рисование** (см. рис.7) включает кнопки – команды создания примитивов (на рабочем столе эта панель расположена вертикально)

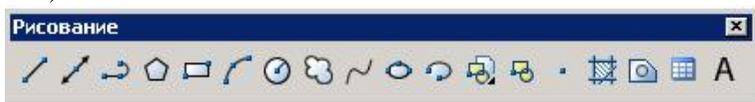


Рис.7. Панель инструментов **Рисование**

Панель инструментов **Редактирование** включает кнопки команды редактирования примитивов (на рабочем столе эта панель расположена вертикально):



Рис.8. Панель инструментов **Редактирование**

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

В **окне команд** отображаются все команды, вводимые с панелей падающих меню и инструментов. В **строке состояния** указываются текущие настройки, в **окне координат** (в левой части строки состояния) - координаты положения курсора.



Рис.9. Строка состояния

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

- габариты рабочей зоны (на экране 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 рабочего экрана (см. рис. 9). Нажмите, например, на кнопку **Сетка**. Сетка с экрана исчезнет. Повторное нажатие на кнопку **Сетка** вернет сетку. Нажатая кнопка выделяется в левом верхнем углу кнопки черным уголком (см. кнопку **Шаг**).

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

Функции клавиш мыши даны в табл. 1, функции клавиш клавиатуры F1-F12 в табл.2.

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

Таблица 1

Функции клавиш мыши

Клавиша мыши	Функция
Левая	Ввод команды
Средняя (колесико)	Масштабирование изображения (вращать клавишу-колесико). Перемещение изображения по экрану (перемещать мышью при нажатой клавише-колесике)
Правая	Вызов контекстных меню

Таблица 2

Значения кнопок строки состояния и их аналоги - функциональные клавиши клавиатуры

Кнопка в строке состояния	Функция	Клавиша клавиатуры
ШАГ	Включить или выключить установленный шаг курсора	<b>F9</b>
СЕТКА	Включить или выключить отображение наэкране фоновой сетки.	<b>F7</b>
ОРТО	Включить или выключить орто-режим (режим построения только вертикальных и горизонтальных отрезков; режим перемещения объектов в горизонтальном и вертикальном направлении)	<b>F8</b>
ПРИВЯЗКА	Включить или выключить автоматическое притягивание курсора к определенным точкам объектов, когда он оказывается вблизи этих точек.	<b>F3</b>
ВЕС	Включить или выключить отображении на экране толщины линии.	
	Переключить режимы отслеживание координат курсора в окне координат. Последовательное нажатие на кнопку <b>F7</b> осуществляет: 1)включение режима отслеживания абсолютных координат; 2) выключение отслеживания координат; 3)включение режима отслеживания относительных координат.	<b>F6</b>

#### 4.5. Программирование слоев

По умолчанию AutoCAD настроен на работу на двух слоях: слой **0** и слой **Defpoints**. При выборе однослойного способа построения чертежа никакие другие слои не создаются и не программируются. В этом случае чертеж выполняется тонкой линией на слое **0**, а затем производится изменение типа и толщины 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 необходимо 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 неограничено. Главным слоем является слой **0**, который нельзя удалить.

Для выполнения данной работы запрограммируем следующие слои:

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

Для создания и программирования этих слоев необходимо:

- 1) в падающем меню **Формат** включить команду **Слои**. Откроется диалоговое окно **Диспетчер свойств слоев** (рис.10);
- 2) для создания нового слоя нужно выделить слой **0** (щелкнуть левой мышью по имени **0** в графе **Имя**);
- 3) щелкнуть левой мышью в окне **Диспетчер свойств слоев** по кнопке

 **Создать слой**. Ниже слоя **0** появится строка с именем **Слой1** и его настройками, которые повторяют настройки предыдущего слоя. Для изменения настройки слоя нужно:

- выделить **Слой 1** (щелкнуть левой мышью по имени **Слой 1**);
- для изменения имени выделить мышью и удалить имя **Слой 1** и ввести **1-оси**;
- для изменения цвета щелкнуть левой мышью по названию исходного цвета в строке слоя 1 (в графе **Цвет**). В открывшемся списке цветов выбрать красный;
- для изменения типа линии и толщины (веса линии) действовать аналогично предыдущей настройке на цвет.

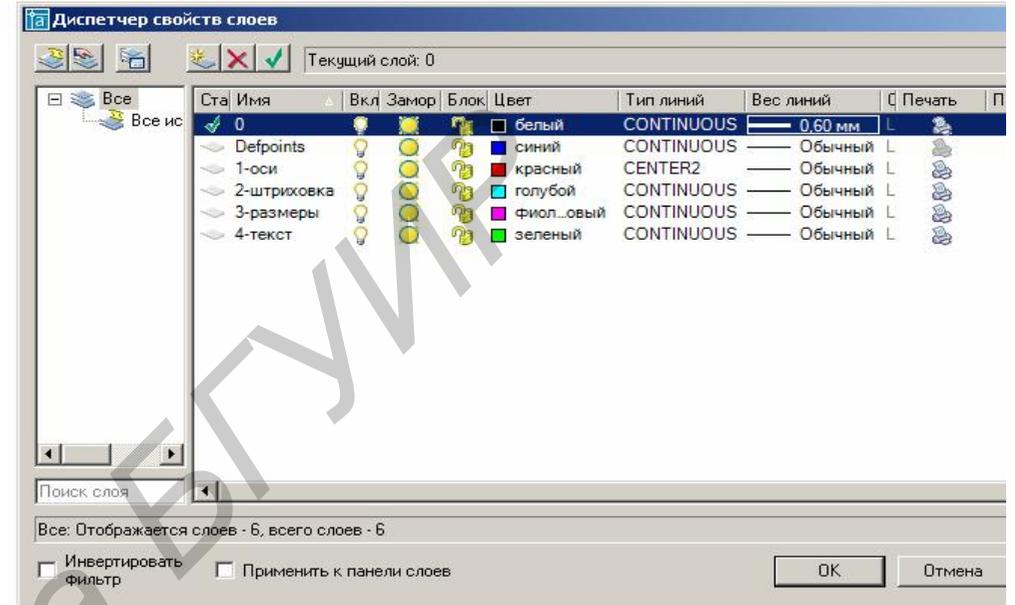


Рис.10. Рекомендуемые настройки слоев

#### 5. НАСТРОЙКА ОБЪЕКТНОЙ ПРИВЯЗКИ

Как было уже сказано выше, объектная привязка позволяет обеспечить точность построений. Она работает следующим образом: когда курсор, при помощи которого начинаем строить очередной примитив, оказывается вблизи определенной опорной точки имеющегося изображения, то он автоматически притянется к этой точке.

Для того, чтобы объектная привязка действовала, необходимо предварительно настроить ее на конкретные опорные точки графических объектов.

Выполним настройки на нужные в этой работе опорные точки:

- 1) щелкнем правой мышью по кнопке **Привязка** в строке состояния (см. рис.9);
- 2) во всплывшем контекстном меню включим команду **Настройки**;
- 3) в открывшемся диалоговом окне **Режимы рисования** включим привязки (по ставим 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.



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 слоев осуществляется в окне слоев на панели свойств объектов (рис.14).

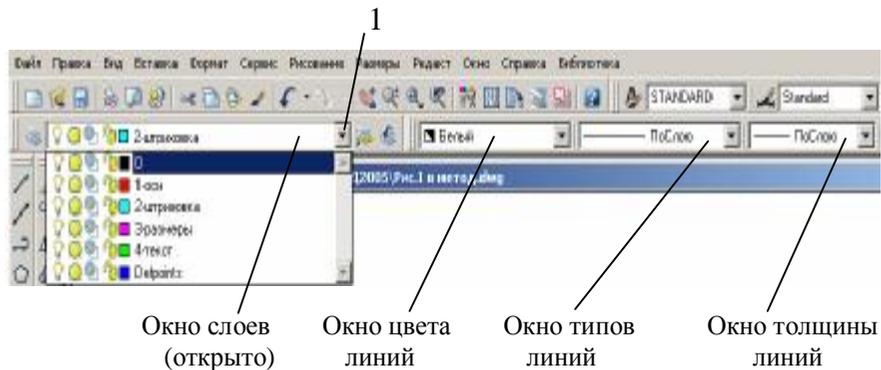


Рис. 14.

Открыть окно слоев (щелкнуть левой мышью по кнопке **1**). Сделать текущим слой **0**, для чего щелкнуть левой мышью по имени слоя.

### Построение горизонтальных и вертикальных отрезков

Отрезок строится по двум точкам (начала и конца). Команда **Отрезок** формирует непрерывную ломаную линию, где конец предыдущего отрезка является началом следующего. Местоположение точек концов отрезка указывается:

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

При построении горизонтальных и вертикальных отрезков необходимо включать режим **Орто**. При построении наклонных отрезков этот режим выключают.

1. Включим **Шаг** курсора и режим **Орто** (см. табл.2).
2. Включим команду **Отрезок**, что можно сделать двумя путями:

- а) нажать кнопку  на панели инструментов **Рисование**;
- б) открыть падающее меню **Рисование**, включить команду **Отрезок**.

3. На первый запрос в командной строке **Первая точка** заведем мышью курсор приблизительно в т.А (см. рис.12) и щелкнем левой клавишей мыши для ее фиксации.

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

*Внимание!* 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.Д 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 командной строке с клавиатуры **3** (прописную букву в запросе [**Замкнуть**]).

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

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

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

*Внимание!* При неправильном построении нужно стереть построенный объект так, как это объяснено в разделе 7 и повторить построение сначала.

### Построение наклонных отрезков

Построим наклонный отрезок **СЕ**, для которого определены его начало и конец.

1. Вернем команду **Отрезок**, что можно сделать несколькими путями:
  - 1) включить команду, как было объяснено выше;
  - 2) вернув предыдущую команду, нажав **Пробел** или **Enter** на клавиатуре;
  - 3) вернув предыдущую команду из контекстного меню.
2. Для определения т. С построим отрезок **BC** равный 20мм (так как изложено выше). Мы окажемся в начале отрезка **СЕ**.
3. Не выходя из команды **Отрезок** выключим режим **Орто** и включим объектную привязку (см. табл.2), которая уже настроена на концы графических примитивов.
4. На запрос **Следующая точка** подведем курсор к т. **Е** (при включенной объектной привязке курсор автоматически притянется к т. **Е**, когда окажется вблизи ее) и зафиксируем эту точку (щелкнем левой мышью). Наклонный отрезок **СЕ** построен.
5. Завершим команду **Отрезок**.

### Построим ось GU

1. Включим режим **Орто**, включим объектную привязку (она уже настроена на привязку к точке середины отрезка и точке пересечения перпендикуляра с прямой).
2. Переключимся на слой **1-оси** и 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 точке **S** пересечения проводимого перпендикуляра с линией основания **AP**. Получим ось **HS**.

### Редактирование с помощью ручек, единичный выбор

Вытянем ось **HS** вверх и вниз на 2-5мм. 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 сначала выделить (выбрать). Для выбора единичного объекта – любого примитива достаточно "наехать" курсором на любую линию объекта (но не на точку пересечения его с другим объектом) и щелкнуть левой мышью.

Выберем отрезок **HS**. Затем подведем курсор к ручке, которая находится в т.**Н** и щелкнем левой 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 3мм. 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 на слой **2 – оси**.

### Перемещение объекта на другой слой

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

2. Щелкнем левой мышью по имени **2 – оси**.

3. Ось переместится на слой **2 – оси** и изменит свой цвет, толщину и начертание.

### Построение границ отверстия диаметром 28мм (см. рис.13)

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

2. Отложим от т. **Е** отрезок **EF**=6мм.

3. Проведем вертикальный отрезок **FT**.

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

### Построение зеркального объекта

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

1. Выберем исходный отрезок **FT**.

2. Включим команду **Зеркало**, что можно сделать двумя путями:

а) нажав кнопку  на панели инструментов **Редактирование**;

б) или открыть падающее меню **Редактирование**, включить команду

**Зеркало**.

3. На запрос **Первая точка оси отражения** укажем, например, т. **Г**, на запрос **Вторая точка оси отражения** укажем т. **U** (режим **Орто** включен).

4. На запрос **Удалить исходные объекты?** [ Да/Нет]-**Н** подтвердим, что **нет** (нажмем клавишу **Enter** на клавиатуре).

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

### Выполнение штриховки

В AutoCAD предусмотрено несколько способов выполнения штриховки. Один из них – для выполнения штриховки достаточно указать точку внутри замкнутого контура, который подлежит штриховке.

Выполним штриховку на главном изображении.

1. Переключимся на слой **2-штриховка**.

2. Включим команду **Штриховка**, для чего можно:

а) нажать кнопку  на панели инструментов **Рисование**;

б) или открыть падающее меню **Рисование**, включить команду **Штриховка**.

На экран выведется диалоговое окно **Штриховка**;

3. В окне **Штриховка** установим настройки, показанные на рис.15;

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

5. Щелкнем левой мышью внутри левого контура, который необходимо заштриховать (контур выделится прерывистой линией) и нажмем клавишу **Enter** на клавиатуре.

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

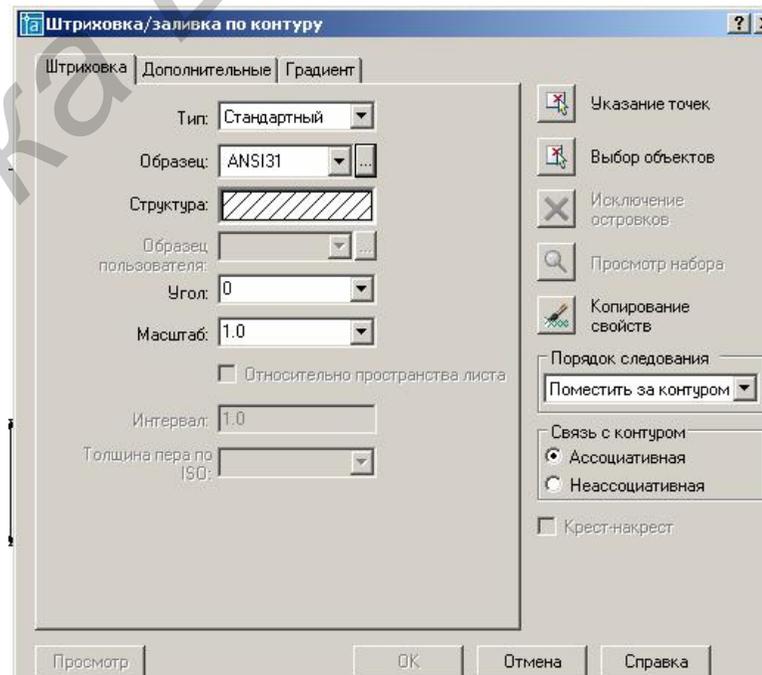


Рис.15. Рекомендуемые настройки штриховки

Для изменения угла и шага штриховки необходимо открыть соответственно списки **Угол** и **Масштаб** и выбрать нужные значения.

## 6.2. Построение вида сверху

Изображение сверху (см. рис.1) представляет собой вид, который находится в проекционной связи с главным. 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): команды построения отрезков и штриховки;
- единственный выбор объектов;
- команды редактирования: команду **Зеркало** и редактирование с помощью ручек.

На примере построения вида сверху изучим команды:

- команды вычерчивания окружностей и многоугольников;
- выбор объектов рамкой;
- команды редактирования: копирование объектов, построение сопряжений и фасок;

Выведем на экран, пользуясь средней клавишей - колесиком мыши, левую половину поля формата чертежа (рис.16).

Сделаем текущим слой вспомогательных построений **Defpoints**.

Проведем горизонтальный отрезок **a** произвольной длины приблизительно на середине свободного поля под главным изображением (на месте оси строящегося вида сверху).

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

Переключимся на слой **0**.

Проведем последовательно (не выходя из команды **Отрезок**) по размерам 30 и 100мм, отрезки **B<sub>1</sub>B<sub>2</sub>**, **B<sub>2</sub>N<sub>2</sub>**, **N<sub>2</sub>N<sub>1</sub>**. Мы получим половину исходного внешнего контура вида сверху. Нижняя половина будет зеркальным отображением верхней относительно горизонтальной оси **a**.

Для ее построения необходимо сначала выбрать верхнюю часть контура. Можно выполнить единственный выбор (щелкая левой мышью поочередно по отрезкам контура), но рациональнее осуществить выбор рамкой.

### Выбор объектов рамкой

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

Выбор рамкой работает следующим образом:

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

б) если рамка рисуется справа налево, то выберутся объекты, которые расположены как внутри рамки, так и пересекающие рамку.

Для выбора рамкой (см. рис.16) щелкнем левой мышью в точке **1** (или **3**) на свободном месте выше или ниже выделяемого объекта. Потом передвинем курсор по диагонали в точку **2** (или **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.

Включим команду **Зеркало** и режим **Орто**. В качестве первой и второй точек оси отражения укажем левый и правый концы горизонтальной линии **a**. На запрос **Удалить исходные объекты?** [ **Да/Нет** ] **Н** подтвердить, что **нет** (нажать клавишу **Enter** на клавиатуре). На экране появится изображение полного исходного контура вида сверху.

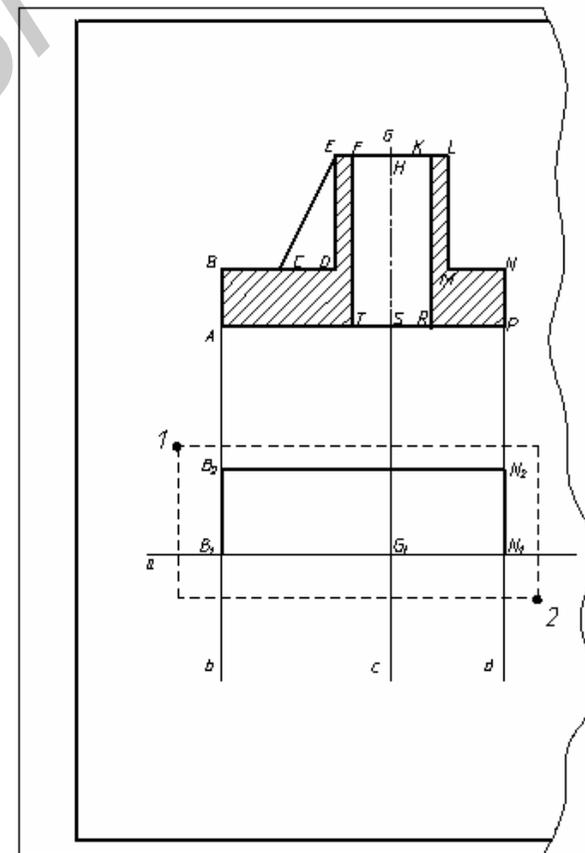


Рис.16. Построение внешнего контура вида сверху

Следующим этапом является построение окружности диаметром 28мм и квадрата со стороной 40 мм.

Увеличим на весь экран построенный контур вида сверху так, как объяснено в 6.1 (рис.17).

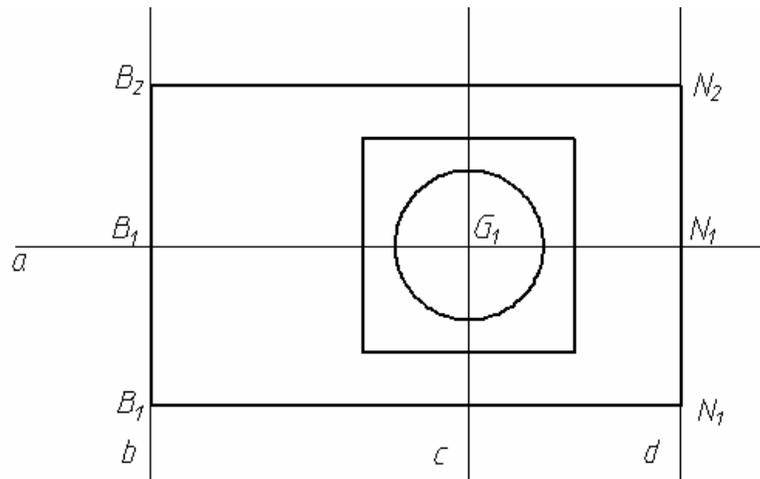


Рис.17. Построение окружности и квадрата

#### 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 путями:

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

2. На запрос **Центр круга** установим курсор в центр “будущей” окружности т.  $G_1$  (при включенной объектной привязке курсор должен автоматически притянуться к этой точке) и зафиксируем клавишей **Enter** (рис.6).

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

4. Выйдем из команды **Окружность**.

#### Построение квадрата (рис.17).

Необходимо построить квадрат по заданному центру в т.  $G_1$  и стороне 40мм. Для построения квадрата рационально использовать команду **Многоугольник**, которая позволяет сформировать многоугольник с любым количеством углов.

1. Включим команду **Многоугольник**:

- кнопка  на вертикальной панели инструментов **Рисование**;
- или падающее меню **Рисование** → **Многоугольник**.

2. На запрос: **Введите число сторон** ввести **4**.

3. На запрос **Укажите центр многоугольника или [Сторона]** щелчком левой мышью в т.  $G_1$ .

4. На запрос **Введите параметр [Вписанный в круг / Описанный вокруг круга]** введем с клавиатуры ключ **O** (квадрат описан вокруг круга диаметром 40мм.).

5. На запрос: **Задайте радиус круга** введем с клавиатуры **20**.

Квадрат построен. Следующий этап – построение сопряжений, фасок и двух окружностей диаметром 14мм (рис.18).

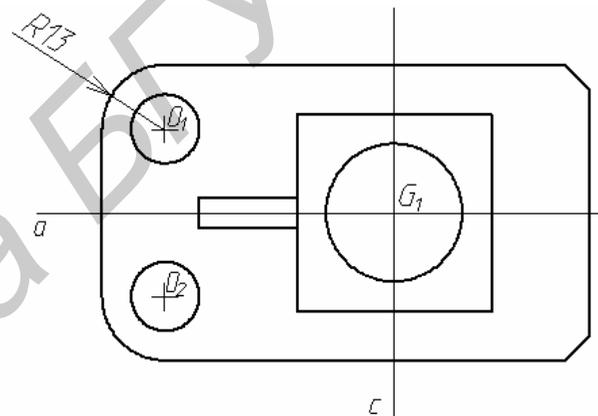


Рис. 18. Построение сопряжений и фасок. Копирование объектов

#### Выполнение сопряжений

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

1. Включим команду **Сопряжение**:

- кнопка  на панели инструментов **Редактирование**;
- или падающее меню **Редактирование**, команда → **Сопряжение**.

2. В окне команд появится первый запрос:

**...Радиус сопряжения = будет указано конкретное число;**

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

3. Для изменения радиуса сопряжения и ввода нужного значения 13мм введем с клавиатуры ключ **D**. В ответ на появившуюся строку **Радиус сопряжения = конкретное число**, введем вместо заданного числа нужные **13**.

4. На повторный запрос ... **Выберите первый объект** или [... **Радиус...**] щелчком левой мышью по одной из сторон левого нижнего угла.

5. На запрос **Выберите второй объект** щелчком левой мышью по другой стороне левого нижнего угла.

6. Нижний левый угол скруглится, команда автоматически завершится.

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

**...Радиус сопряжения = 13;**

**...Выберите первый объект...**

и нужно щелкнуть по первой и второй сторонам левого верхнего угла. В результате левый верхний угол скруглится.

### Выполнение фасок

Правые углы внешнего контура на виде сверху имеют фаски  $5 \times 45^\circ$ . Выполнить подобные фаски проще всего командой редактирования **Фаска**.

1. Включим команду **Фаска**:

- а) кнопка  на панели инструментов **Редактирование**;  
б) или падающее меню **Редактирование**, команда →. **Фаска**.

2. В окне команд появится первый запрос:

**...Параметры фаски. Длина1= конкретное число, Длина2= конкретное число.**

**Выберите первый отрезок** или [...../Угол/....].

3. Для изменения размера фаски и ввода нужного значения 5мм введем с клавиатуры ключ **D**. В ответ на появившуюся строку **Длина1 = конкретное число**, введем **5**, на появившуюся строку **Длина2 = 5** нажмем **Ввод** на клавиатуре.

4. На повторный запрос:

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

**Выберите первый отрезок** или [...../Угол/....].

щелчком левой мышью по одной из сторон правого нижнего угла.

5. На запрос **Выберите второй объект** щелчком левой мышью по другой стороне левого нижнего угла.

6. В нижнем правом углу сформируется фаска, команда автоматически завершится.

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

**...Фаска1 = 5, Фаска2=5.**

**...Выберите первый объект...**

и нужно сразу щелкнуть по первой и второй сторонам правого верхнего угла. Фаски построены.

Построение двух окружностей диаметром 14мм

Построим их по следующей схеме – определим и пометим центровыми линиями центры окружностей, затем сформируем одну окружность, а вторую построим при помощи команды редактирования **Копируй**.

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

- а) откроем падающее меню **Размеры** и включим команду **Маркер центра**;  
б) щелчком левой мышью по линии, например, верхней дуги – сопряжения;  
в) появится маркер центра дуги;  
г) построим подобным образом маркер центра нижней дуги.

Построим по известным радиусу и центру верхнюю окружность. Методика построения дана выше в 6.2.

Построим нижнюю окружность, для чего используем команду редактирования **Копируй**.

### Копирование объектов

1. Выделим единичным выбором верхнюю окружность без маркера центра.

2. Включим команду **Копировать**:

- а) кнопка  на панели инструментов **Редактирование**;  
б) или падающее меню **Редактирование**, команда →. **Копировать**.

3. На запрос **Базовая точка** или **перемещение** заведем курсор в т. **O<sub>1</sub>** и щелчком левой мышью (зафиксируем точку).

Внимание! 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. **O<sub>2</sub>** – пересечения линий маркера.

5. 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 необходимо выполнить следующие операции.

1. Достроить контур ребра жесткости толщиной 6мм. Это построение выполним командой **Отрезок** по изученной в 6.1 методике.

2. Стереть лишние линии проекционной связи **b, d** (см. рис. 16). Как стереть, объяснено в разделе 7.

3. Используя рассмотренную выше методику редактирования изображений при помощи ручек:

а) выделить единичным выбором линии маркеров центров отверстий диаметром 14мм и вытянуть за ручки их концы за пределы окружностей на 2-5мм;

б) выделить прямые **a** и **c** (см. рис. 18) и изменить ручками их длину так, чтобы они выступали за пределы квадрата и внешнего контура вида слева на 2-5мм.

4. Изменить 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 изображения слева в AutoCAD лучше всего воспользоваться вспомогательной осью отражения, как показано на рис.19.

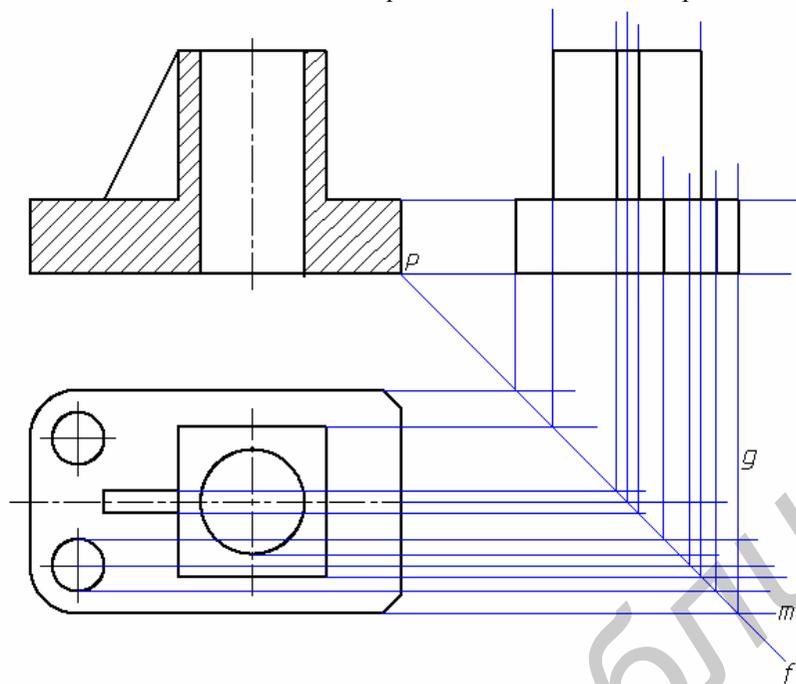


Рис.19. Построение изображения слева

1. Построим ось отражения **f**. Это наклонная линия под углом минус 45° (или плюс 315°). Ее начало можно выбрать в т. Р. Длину можно взять произвольной, например, 100мм (все равно эта вспомогательная линия будет стерта).

### Построение наклонного отрезка по заданным углу наклона и длине

- 1) переключимся на слой вспомогательных построений **Defpoints**;
- 2) включим команду **Отрезок**;
- 3) на запрос указать начало отрезка заведем мышью курсор в т.Р (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 прорисовывается ось **f**.

2. Проведем горизонтальные и вертикальные вспомогательные линии проекционной связи, так как показано на рис.19. В качестве примера проведем линии **m** и **g**.

- 1) включим команду **Отрезок**, включим 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.

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

4. Сделаем текущим слой **1 – оси** и проведем поверх вспомогательных линий линии оси симметрии вида слева и оси отв. Ø14. Затем, пользуясь методом редактирования ручками, изменить длину этих осей так, чтобы они выступали за пределы изображений на 2-5мм.

5. Выполним штриховку на разрезе. Изображение слева построено и должно соответствовать аналогичному на рис.1.

### 7. СТИРАНИЕ ОБЪЕКТОВ, ОТМЕНА КОМАНД

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

Иногда в процессе построения чертежа возникает необходимость отменить последнюю, неправильно выполненную команду. Например, вы стерли не то, что надо. AutoCAD позволяет отменить последние команды (одну и более). Для отмены последних

команд достаточно последовательно нажимать левой мышью по кнопке  на стандартной панели инструментов.

## 8. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

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

Настройки стиля размеров (форма и длина размерных стрелок, размер шрифта и т.п.) осуществляется в диалоговом окне **Диспетчер размерных стилей**, для включения которого нужно открыть падающее меню **Формат**, а в нем – раздел **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 20мм, то AutoCAD нанесет размер его длины 20.

### Нанесение линейных размеров

К линейным относят горизонтальные и вертикальные размеры. В качестве примера нанесем вертикальный размер **20** и горизонтальный размер **Æ28**.

1. Размеры наносятся при включенных режимах **Орто** и объектной привязки.

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

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

4. На запрос **Начало первой выносной линии** щелкнем левой мышью в т.А, на запрос **Начало второй выносной линии** – в т.В (см. рис.13), на запрос **Положение размерной линии или ...** передвинем курсор с привязанной к нему размерной линией влево на расстояние не менее 10мм от отрезка **AB** и также щелкнем мышью. Прорисуются вертикальный размер **20**.

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

6. Зафиксируем мышью точки начала первой и второй выносных линий (соответственно т. **F** и т. **K** на рис.13). На запрос **Положение размерной линии или [.../Текст/...]**, введем с клавиатуры ключ **T**. 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 **%%C28** (комбинация **%%C** генерирует знак **Æ**). Над размерной линией появится **Æ28**. Переместим мышью размерную линию на расстояние не менее 10мм вверх и зафиксируем ее.

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

**%%c** – знак диаметра (**Æ**);

**%%d** – знак градуса (**°**);

**%%p** – знак плюс/минус (**±**).

8. При нанесении размера  $\square 40$  можно нанести линейный вертикальный размер так же, как мы наносили выше размер 20, а затем дорисовать квадрат перед числом 40.

9. При нанесении размера **5x45°** нанести линейный размер **5x45°** по

### 2фаски

примеру нанесения **Æ28**, причем в качестве знака умножения можно взять букву **x**, а **2фаски** написать текстом, как объяснено в разделе 10. После приобретенного опыта вы легко нанесете размер **Æ14**.

### 2отв.

### Нанесение радиальных размеров

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

2. На запрос **Выберите дугу или круг** щелкнем левой мышью по любой точке левой дуги (см. рис.1).

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

По такому же сценарию наносятся размеры диаметров окружностей (меню **Размеры**, команда **Диаметр**).

## 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 падающего меню **Библиотека**.

В выполняемом задании 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 падающее меню **Библиотека**.

2. Откроем раздел **Стандартные элементы**.

3. Откроем пункт **Оформление чертежей**.

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

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. далее раздел 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.

Настройки стиля осуществляется в диалоговом окне **Диспетчер текстовых стилей**, для включения которого нужно открыть падающее меню **Формат**, а в нем – раздел **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** близкий по начертанию к стандартному шрифту с наклоном по ГОСТ 2.304-81, который предназначен для выполнения надписей на чертежах.

В AutoCAD можно выполнять надписи в режиме однострочного или многострочного текста. Для вызова команды открыть падающее меню **Рисование**, затем щелкнуть по строке **Текст** – откроется список из двух команд **Многострочный**

### **Однострочный.**

Рассмотрим выполнение надписей однострочным текстом.

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

2. Увеличим нужный фрагмент чертежа. В меню **Черчение** откроем раздел **Текст** и включим команду **Однострочный текст**.

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

4. На предложение в окне команд ввести высоту шрифта введем с клавиатуры высоту шрифта **5**.

5. На запрос **Угол поворота текста** (имеется в виду угол наклона строки) введем **0**.

6. На предложение ввести **Текст**: набрать на клавиатуре **2 фаски**.

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

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

Аналогично выполним надпись **2отв.** под размером **Æ14**.

### **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 1050-80** и обозначение организации – разработчика **БГУИР, гр.550501** – шрифтом высотой **4**.

Ортогональные изображения построены. Осталось выполнить аксонометрическое изображение детали.

## 11. ПОСТРОЕНИЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

В работе нужно построить прямоугольную изометрическую проекцию детали с вырезом. 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 мышью по кнопке **Шаг** в строке состояния;
- во всплывшем контекстном меню щелкнем левой мышью по строке **Настройка**;
- в появившемся диалоговом окне **Режимы рисования** выполним настройки, показанные на рис. 20 и нажмем кнопку **ОК**;
- курсор на экране изменил форму. Теперь он приобрел вид перекрестья двух черточек, параллельных аксонометрическим осям;
- переключение формы курсора осуществляется клавишей **F5** клавиатуры. Каждое из трех состояний курсора позволяет строить изображения на одной из аксонометрических плоскостей (рис.21);

3. Рекомендуемые настройки в строке состояния показаны на рис.22. Шаг курсора и сетку можно отключить.

4. Вычертим аксонометрические оси (рис.23,а):

- сделаем текущим слой **1 –оси**;
- включим команду **Отрезок**, установим клавишей **F5** форму курсора, как на верхней грани на рис.21, и построим оси **X** и **Y** произвольной длины (режим **Орто** включен);
- проведем ось **Z** в виде отрезка высотой 60мм;
- выделим оси **X** и **Y** и скопируем их в верхний конец оси **Z**.

5. Вычертим контуры верхней и нижней граней (рис.23,б):

- переключимся на слой **0**;
- проведем отрезок **OA** верхнего основания длиной 20мм;
- 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.23,в):

- изменим форму курсора (**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**,

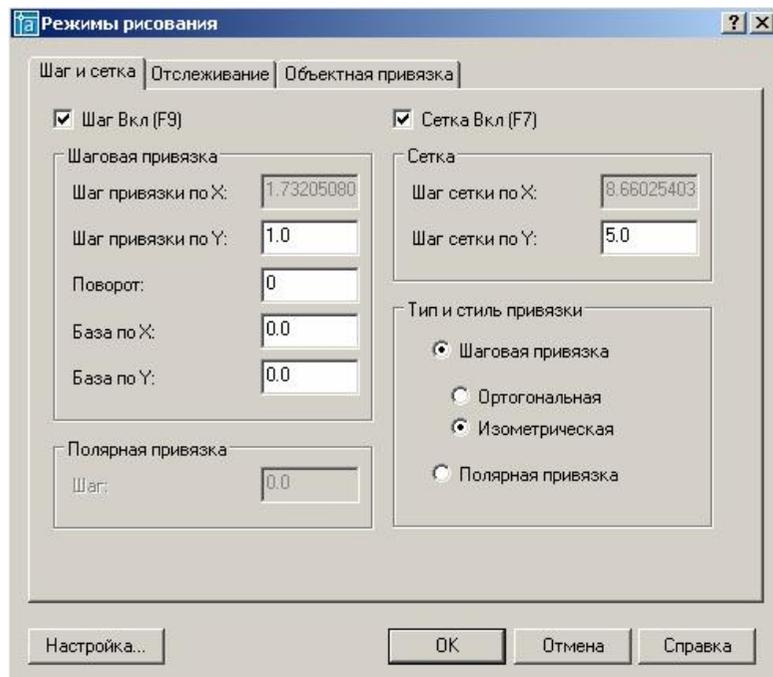


Рис.20. Графические настройки при выполнении аксонометрии

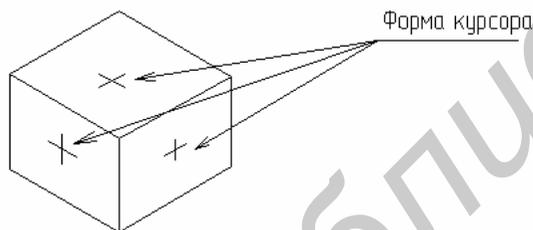


Рис.21. Форма курсора на аксонометрических плоскостях



Рис.22. Настройки в строке состояния

- выделим и скопируем верхнее основание в т. **R**,
- сотрем лишние линии. Если необходимо переместить конец отрезка, лучше это сделать при помощи ручек.

7. Построим вертикальные и наклонные ребра (рис.23,г):

- проведем вертикальный отрезок **ВВ** и скопируем в нужные места, получив ребра **АА**, **ЕЕ**, **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 точка **S**) в т.**T**;
- сотрем лишние линии (или укоротим их при помощи ручек).

8. Построим контуры отверстия диаметром 28мм (рис.23,д). Следует иметь в виду, что окружности проецируются на аксонометрические плоскости в виде эллипсов (рис.24):

- на вертикальной панели **Рисовать** нажмем кнопку **Эллипс** ;
- на запрос **Конечная точка оси эллипса или [...]/.../ Изокруг** введем с клавиатуры ключ **И**;
- на запрос **Центр изокруга** укажем курсором т.**О**;
- на запрос **Радиус изокруга...** сдвинем курсор из т. **О** в сторону, прорисовывается эллипс. Нажимая клавишу **F5**, добьемся правильного наклона оси эллипса. Введем с клавиатуры значение радиуса **14**. Изображение эллипса зафиксировано;
- скопируем эллипс (базовая точка **О**) в т. **F**;
- проведем вертикальные границы отверстия;
- сотрем лишние части эллипсов (см. дальше, как это сделать).

**Стирание части объекта.** Команда **Обрезать**

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

Сотрем лишние части верхнего и нижнего эллипсов:

- включим команду **Обрезать** (кнопка  на панели **Редактировать**);
- на запрос **Выберите объекты** нажмем **Пробел** или **Ввод** на клавиатуре;
- на запрос **Выберите обрезаемый ... объект...** щелкнем левой мышью по линии верхнего эллипса в нижней его части. Участок эллипса между ближайшими линиями, которые пересекают эллипс, сотрется;
- аналогично стереть другие лишние участки.

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

- построим отрезки **UJ**, **JO<sub>1</sub>**, **O<sub>1</sub>V**, равные 13мм;
- построим эллипс радиусом 13мм с центром в т. **O<sub>1</sub>**;
- сотрем лишние участки эллипса так, чтобы осталась дуга сопряжения;

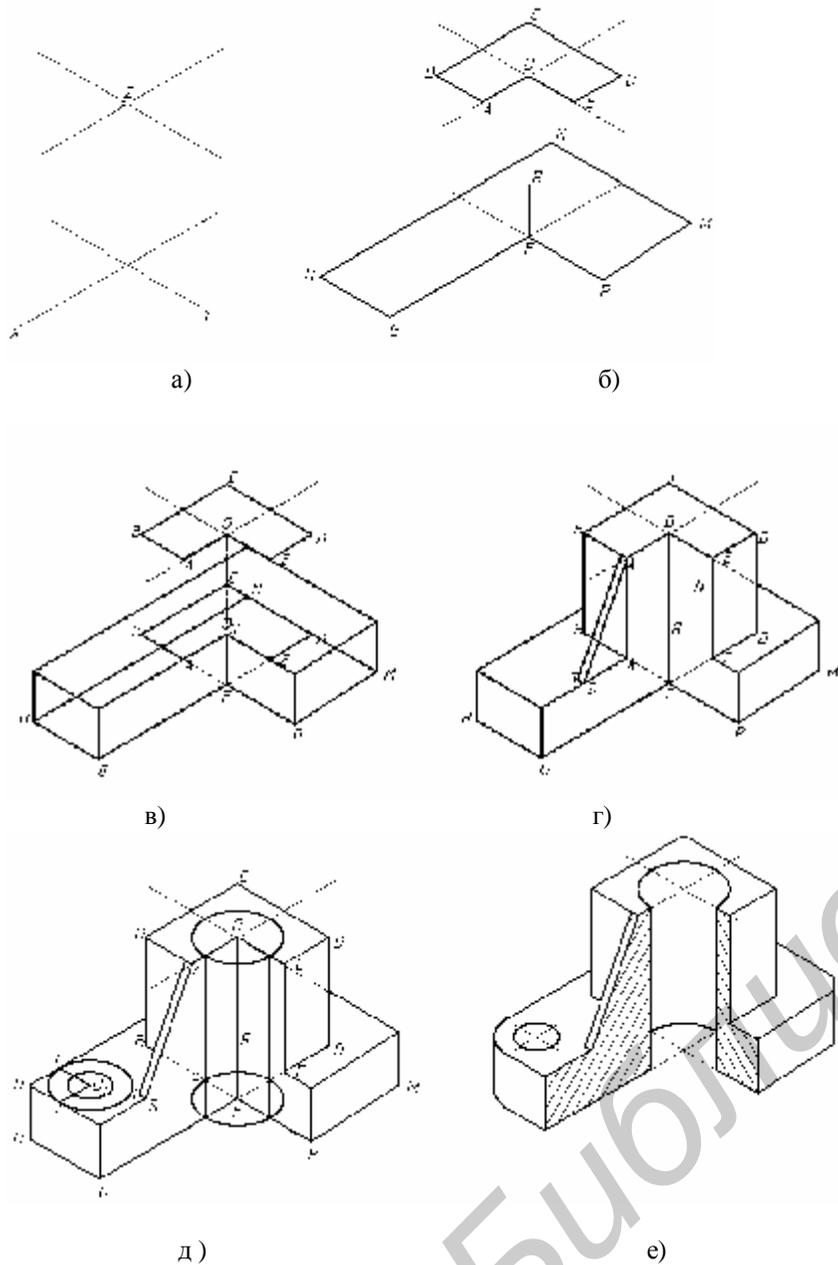


Рис.23. Этапы построения аксонометрической проекции

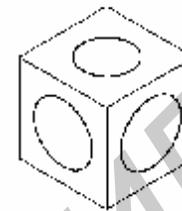


Рис. 24. Ориентация эллипсов в аксонометрии

- скопируем дугу вниз на расстояние 20мм, для чего выделим дугу, включим команду **Копировать**, в качестве базовой выберем центр дуги в т.  $O_1$ , зададим курсором направление (немного переместим его вертикально вниз) и введем с клавиатуры 20;
- сотрем лишние участки ребер (на участках **UJ** и **UV**);
- перенесем отрезок **HU** за верхний или нижний конец до точки сопряжения его с дугой (см. дальше п.8);
- построим эллипс радиусом 7мм с центром в т.  $O_1$ ;
- отредактируем осевые линии на изображении (укоротим или удлиним их за ручки, переместим на слой **1 – оси**).

10. 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  $15^\circ$ , а правого –  $75^\circ$ .

11. Готовая аксонометрическая проекция показана на рис.23,е.

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

#### Перемещение объектов

1) Выделим (единичным выбором или рамкой) объект перемещения, например, вид сверху.

2) Включим команду **Перенести**:

- а) кнопка  на панели инструментов **Редактирование**;
- б) или падающее меню **Редактирование**, команда  $\rightarrow$  **Перенести**;

3) На запрос **Базовая точка...** щелкнем левой мышью в центре большей окружности (можно в любой другой).

4) На запрос **Вторая точка перемещения** переместим курсор с привязанным к нему за базовую точку видом сверху на нужное расстояние в вертикальном направлении и щелкнем левой мышью.