

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

**Факультет среднего профессионального образования**

**Учебно-методическая документация по освоению дисциплины**

**ОПЦ.05 Инженерная графика**

**Специальность 25.02.08 Эксплуатация беспилотных авиационных систем**

**Форма обучения очная**

Оренбург, 2024 г.

## 1. 1 Лекция №1.

### Тема: «Проецирование точки и прямой»

#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Единая система конструкторской документации. ЕСКД.
2. Методы проецирования.
3. Метод Монжа.
4. Проецирование прямой линии.
5. Следы прямой линии.

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

### 1. Единая система конструкторской документации. ЕСКД.

В число дисциплин, составляющих основу инженерного образования, входит *начертательная геометрия*. Это первый в образовательном процессе предмет представляющий цикл общепрофессиональных дисциплин.

Основная задача дисциплины – *изображение пространственных фигур (объемных тел) на плоскости, а также развитие пространственного воображения*.

В процессе изучения решаются два типа задач:

- *позиционные* – задачи на построение различных элементов фигур;
- *метрические* – задачи, связанные с определением истинных размеров изображаемых на эюре фигур и тел.

При решении последних возникают значительные трудности из-за неудобного расположения фигур в пространстве. В связи с этим рассматриваются вопросы преобразования комплексного чертежа.

Начертательная геометрия базируется на знаниях, полученных при изучении школьных дисциплин: *черчение и геометрия*.

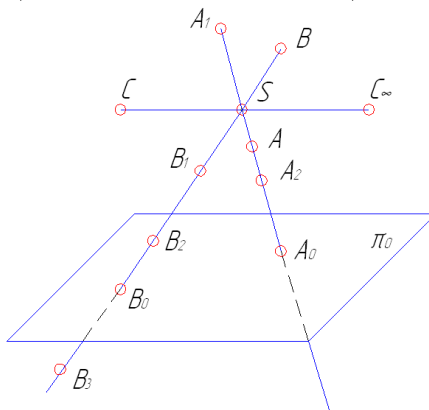
Умения и навыки, приобретенные в процессе изучения начертательной геометрии, используются в последующем при изучении дисциплин, связанных с построением чертежей.

### 2. Методы проецирования

В основе правил построения изображений, рассматриваемых в начертательной геометрии и применяемых в черчении, лежит *метод проекций* (от латинского *projection* – бросание вперед, вдаль). Изучать этот метод следует с наиболее простого – построения проекции точки, так как любой объект представляет совокупность точек, а проекцией фигуры называется совокупность проекций всех ее точек.

#### Центральное проецирование.

При центральном проецировании задают произвольную *плоскость проекций* и *центр проекции*. Центр проекции – это точка не лежащая в плоскости проекции.



$\pi_0$  – плоскость проекций;

$S$  – центр проекций.

Для проецирования произвольной точки через нее и центр проекций проводят прямую. Точка пересечения этой прямой с плоскостью проекций и является центральной проекцией заданной точки на выбранной плоскости проекций.

На рисунке центральной проекцией точки  $A$  является точка  $A_0$  – точка пересечения прямой  $AS$  с плоскостью  $\pi_0$ . Таким же образом построены центральные проекции  $A_1, A_2, B, B_1, B_2, B_3$ . Они получаются при пересечении проецирующих прямых (проецирующих лучей) с плоскостью проекций.

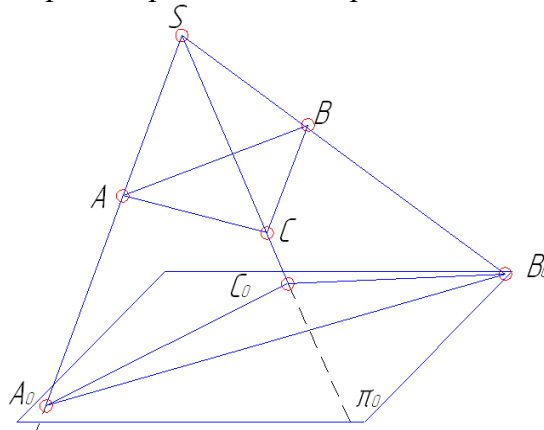
В случае параллельности проецирующего луча плоскости проекций точка  $C$  будет иметь центральную проекцию, но удаленную бесконечно далеко.

Как видно из рисунка центральные проекции точек лежащих на одной проецирующей прямой совпадают. Поэтому одна центральная проекция точки не позволяет однозначно определить положение точки в пространстве.

Таким образом, для однозначного определения положения точки в пространстве необходимы дополнительные условия, например, можно задать второй центр проекций.

Так как любая линия или поверхность состоит из множества точек, то центральная проекция этой линии или поверхности может быть построена как множество центральных проекций всех ее точек. При этом проецирующие прямые образуют проецирующую поверхность или могут оказаться в одной плоскости, которая называется проецирующей.

Для построения проекций линий, поверхностей или тел часто достаточно построить проекции лишь некоторых характерных точек. Например, для построения проекции треугольника достаточно построить проекции его вершин.



### Свойства центрального проецирования:

1. При центральном проецировании:
  - а) точка проецируется в точку;
  - б) прямая, не проходящая через центр проекций, проецируется в прямую (проецирующая прямая - в точку);
  - в) плоская (двумерная) фигура, не принадлежащая проецирующей плоскости, проецируется в виде двумерной фигуры (фигуры, принадлежащие проецирующей плоскости, проецируются вместе с ней в виде прямой);
  - г) трехмерная фигура отображается двумерной.
2. Центральные проекции фигур сохраняют взаимную принадлежность и непрерывность.
3. При заданном центре проецирования проекции фигуры на параллельных плоскостях подобны.

### Параллельное проецирование.

Параллельное проецирование – частный случай центрального проецирования, если условиться, что центр проекций находится бесконечно далеко от плоскости проекций. При параллельном проецировании проецирующие прямые параллельны. Причем, если эти прямые не перпендикулярны плоскости проекций, то проекции называют косоугольными.

Параллельной проекцией точки называется точка пересечения проецирующей прямой, проведенной параллельно заданному направлению, с плоскостью проекций.

Параллельная проекция линии получается как совокупность проекций составляющих ее параллельных проекций точек. При этом проецирующие прямые в своей совокупности образуют цилиндрическую поверхность. Поэтому параллельные проекции фигур называют цилиндрическими.

При параллельном проецировании все свойства центрального проецирования сохраняются, а также возникают следующие новые свойства:

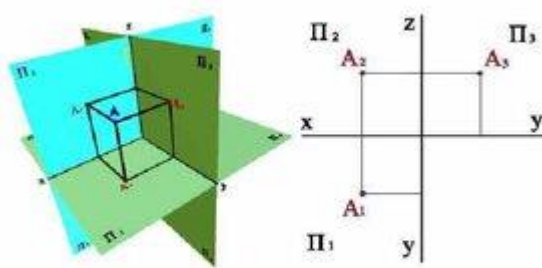
1. Параллельные проекции взаимно параллельных прямых параллельны, а отношение длин отрезков этих прямых равно отношению их проекций.
2. Для прямой линии проецирующей поверхностью является плоскость;
3. Каждая точка и линия в пространстве имеют единственную свою проекцию;
4. Каждая параллельная проекция точки может быть проекцией множества точек;
5. Каждая параллельная проекция линии может быть проекцией множества линий;
6. Для проецирования прямой необходимо и достаточно иметь проекции двух ее точек;
7. Если точка принадлежит прямой, то проекции точки принадлежит проекции этой прямой;
8. Если прямая параллельна проецирующей прямой, то проекцией этой прямой является точка;
9. Отрезок прямой линии, параллельной плоскости проекций проецируется на эту плоскость в натуральную величину.

### 3. Метод Монжа.

Метод Монжа (метод ортогонального проецирования) — метод графического изображения пространственных геометрических фигур на плоскости в начертательной геометрии. Предложен французским учёным Гаспаром Монжем (1746–1818).

Суть метода: предмет проецируют на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций: горизонтальную (H) и фронтальную (V). Линия пересечения этих плоскостей называется осью проекций.

Результат: получаемые проекции, помещённые в одну плоскость, образуют комплексный чертёж (эпюр Монжа).



#### Принцип

- Направление проецирования принимают перпендикулярным соответствующей плоскости проекций
- Через точку проводят перпендикулярно плоскостям проекций проецирующие лучи, которые, пересекаясь с этими плоскостями, дают проекции точки.
- Чтобы получить чертёж на плоскости, обе плоскости совмещают в одну: горизонтальную плоскость проекций поворачивают на угол  $90^\circ$  так, чтобы она совпала с фронтальной.

Важно: одна проекция не всегда однозначно определяет форму изображаемого предмета — различные по форме предметы могут образовывать одинаковые проекции.

#### Правила построения

- Горизонтальную проекцию предмета всегда располагают под фронтальной.
- Соединяют проекции линиями проекционной связи, которые являются проекциями проецирующих лучей.
- Две проекции одной и той же точки позволяют однозначно определить все три координаты этой точки в пространстве. Для этого из каждой проекции к плоскостям проекций проводят перпендикуляры, которые пересекаются в единственной точке.
- Такой чертёж обратим: повернув плоскость проекций в обратном направлении и произведя операции, обратные проецированию, можно восстановить единственное положение точки.

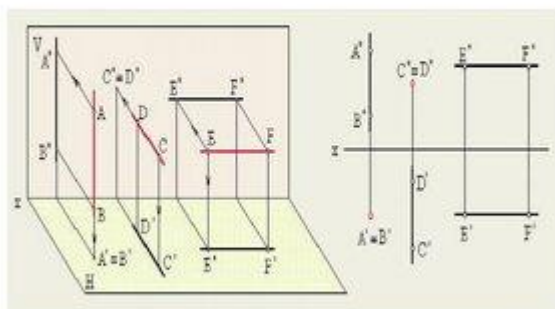
#### Применение

- Составление технических чертежей — метод Монжа был и остаётся основным методом составления чертежей.
- Решение обратной задачи: восстановление пространственной фигуры или изучение её геометрических свойств по заданным (горизонтальному и вертикальному) изображениям.
- Решение задач, касающихся пространственных фигур, с помощью их плоских изображений.

#### 4. Проецирование прямой линии.

Проекция прямой линии — это линия пересечения проецирующей прямой, проходящей через точки на прямой, с плоскостью проекций.

#### Проецирующая прямая



#### Методы

Различают два метода проецирования прямой линии:

1. Центральное. Все проецирующие лучи проходят через точку  $S$  — центр проекций, не лежащую в плоскости проекций. Проекция прямой линии, не перпендикулярной плоскости проекций, — прямая, поскольку все проецирующие лучи, проходящие через точки на прямой, образуют лучевую плоскость, которая пересекается с плоскостью проекций по прямой линии.
2. Параллельное. Проецирующие лучи параллельны заданному направлению. В зависимости от направления проецирующих лучей параллельное проецирование может быть:
  - Прямоугольным (ортогональным) — проецирующие лучи перпендикулярны плоскости проекций.
  - Косоугольным — проецирующие лучи составляют с плоскостью проекций угол, не равный  $90^\circ$ .

### Правила построения

- Для построения проекции прямой линии достаточно построить проекции двух её точек.
- Если прямая параллельна направлению проецирования, то проекция прямой вырождается в точку.
- Если прямая параллельна одной из плоскостей проекций, то фронтальная проекция прямой параллельна оси проекций, а величина горизонтальной проекции отрезка прямой равна по величине самому отрезку.
- Если прямая параллельна двум плоскостям проекций, то проекции отрезка прямой на две плоскости проекций равны по величине самому отрезку, проекцией на третью плоскость является точка.

### Ошибки

- Искажение размеров при центральном проецировании, так как не сохраняется параллельность прямых и отношение отрезков. Поэтому этот метод не применяется для выполнения чертежей.

## 5. Следы прямой линии.

Следом прямой линии в начертательной геометрии называется точка, в которой прямая пересекается с плоскостью проекций. Так как след — точка, принадлежащая одной из плоскостей проекций, то одна из её координат должна быть равна нулю.

Следы прямой — точки частного положения, поскольку они принадлежат плоскости проекций. Поэтому след всегда совпадает с одной из своих проекций: горизонтальный след — с горизонтальной проекцией, фронтальный — с фронтальной проекцией, профильный — с профильной проекцией.



### Виды

В общем случае прямая общего положения в системе трёх плоскостей проекций может иметь три следа:

Горизонтальный — точка пересечения прямой с горизонтальной плоскостью проекций;

Фронтальный — точка пересечения прямой с фронтальной плоскостью проекций;

Профильный — точка пересечения прямой с профильной плоскостью проекций.

Прямые частного положения имеют два следа (прямые уровня) или даже один след (проецирующие прямые).

### Построение

Алгоритм построения горизонтального следа прямой, заданной отрезком АВ:

- Продолжить фронтальную проекцию прямой до пересечения с осью X в точке  $H_n$ . Полученная точка — фронтальная проекция горизонтального следа.

- По линии связи на прямой найти точку  $Na'$  — она является горизонтальной проекцией горизонтального следа и совпадает с точкой  $Na$ .

Алгоритм построения фронтального следа прямой, заданной отрезком  $AB$ :

- Продлить горизонтальную проекцию прямой до пересечения с осью  $X$  в точке  $Fa'$ .  
Полученная точка — горизонтальная проекция фронтального следа.

- По линии связи на прямой найти точку  $Fa''$  — она является фронтальной проекцией фронтального следа и совпадает с точкой  $Fa$ .

Важно: прямая, параллельная одной из плоскостей проекций, не имеет следа на плоскости, которой она параллельна, и пересекает только две плоскости.

## **1.2 Лекция №2**

**Тема: «Проецирование плоскости»**

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Плоскость.
2. Пересечение плоскостей.
3. Взаимное положение прямой линии и плоскости.

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Плоскость.**

Плоскость — это поверхность, которая содержит прямые, соединяющие две любые её точки.

Некоторые значения слова «плоскость»:

В математике — поверхность, имеющая два измерения и характеризующаяся тем, что прямая линия, проведённая через любые две точки на ней, сливается с этой поверхностью.

В переносном значении — та или иная область, сфера, круг каких-либо явлений, отношений.

В авиации — крыло самолёта или другого летательного аппарата.

В физике — поверхность, которая используется для описания движения объектов, распределения сил и решения различных физических задач.

В инженерии и строительстве — плоскость, которая применяется для создания планов, чертежей, проектирования и анализа структур.

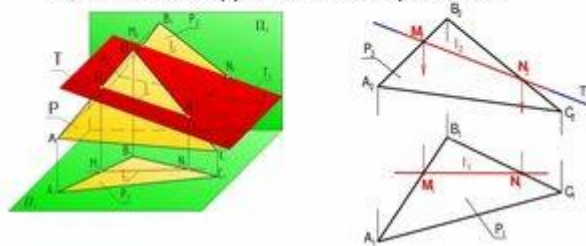
#### **2. Пересечение плоскостей.**

Пересечение плоскостей — это взаимное расположение двух плоскостей, при котором их общие точки образуют прямую линию. Такие плоскости называют пересекающимися.

Результат пересечения — прямая, которая может быть однозначно задана двумя точками. Поэтому для построения линии пересечения двух плоскостей необходимо найти две точки, общие для обеих плоскостей, и соединить их.

## Пересечение плоскостей

- Две плоскости пересекаются по прямой.  
Чтобы построить линию пересечения плоскостей надо найти 2 общие точки.



### Виды

Пересечение плоскостей общего положения. Вводят вспомогательную плоскость (посредник) и строят линии пересечения вспомогательной плоскости с двумя заданными. В пересечении построенных линий находят общую точку двух плоскостей. Чтобы найти вторую общую точку, повторяют построение с помощью ещё одной вспомогательной плоскости.

Пересечение плоскостей, заданных следами. Линия пересечения находится как точка пересечения одноимённых следов плоскостей.

### Методы построения

Способ вспомогательных секущих плоскостей. Заданные плоскости пересекают третьей вспомогательной плоскостью, которая пересекает заданные плоскости по линиям, лежащим на одной и той же плоскости. При взаимном пересечении этих линий получается общая точка, принадлежащая будущей линии пересечения. Повторяя такие построения многократно с различными вспомогательными плоскостями, находят такое количество точек, которое определяет линию пересечения. Полученные точки соединяют плавной кривой.

Упрощение, если одна из пересекающихся плоскостей занимает частное положение. В этом случае её вырожденная проекция включает в себя проекцию линии пересечения плоскостей.

### 3. Взаимное положение прямой линии и плоскости.

Возможны три варианта взаимного положения прямой линии и плоскости в пространстве:

1. Прямая лежит в плоскости (принадлежит плоскости).
2. Прямая пересекает плоскость.
3. Прямая параллельна плоскости.

Иллюстрации, демонстрирующие различные варианты взаимного положения прямой линии и плоскости: прямая лежит в плоскости, прямая пересекает плоскость, прямая параллельна плоскости:





## 4.1 Взаимное положение прямой и плоскости

- Прямая линия относительно произвольной плоскости может занимать три положения:
  - принадлежать плоскости,
  - быть параллельной плоскости,
  - пересекать ее.

Первый случай рассмотрен нами ранее, остановимся на остальных.

### 4.1.1 Прямая, параллельная плоскости

*Прямая параллельна плоскости, если она параллельна какой-то прямой данной плоскости.*

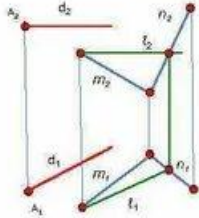


Рис. 4.1

Пусть дана плоскость  $\alpha(m \cap n)$  (Рис.4.1).  
 Проведем в этой плоскости произвольную прямую  $l$ .  
 Используя признак параллельности двух прямых, через точку  $A$  проведем  $d_1$  параллельно  $l_1$ , а  $d_2$  параллельно  $l_2$ .  
 Согласно определению, прямая  $d$  параллельна плоскости  $\alpha$ .  
 $d \parallel \alpha(m \cap n)$

14

## Взаимное расположение прямых

Прямые параллельны

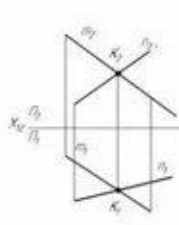
Прямые пересекаются

Прямые скрещиваются

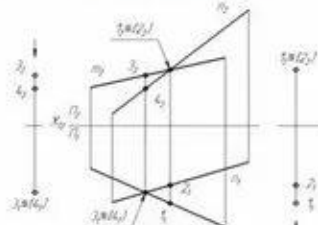


Если прямые параллельны, то их одноименные проекции параллельны.

$$\begin{matrix} m \parallel n \\ m_1 \parallel n_1 \\ m_2 \parallel n_2 \end{matrix}$$



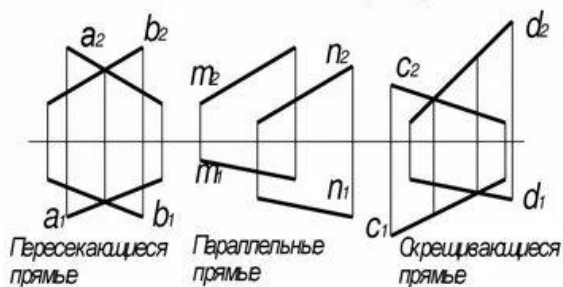
$$K = m \cap n$$



Конкурирующие точки – точки, лежащие на одной проецирующей прямой.

## Взаимное положение двух прямых

### Взаимное положение двух прямых



## Взаимное положение прямых

Прямые пересекаются    Прямые параллельны    Прямые скрещиваются

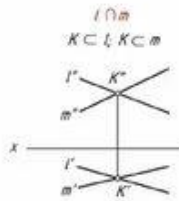


Рис.2.18

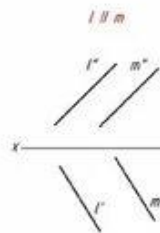


Рис. 2.19

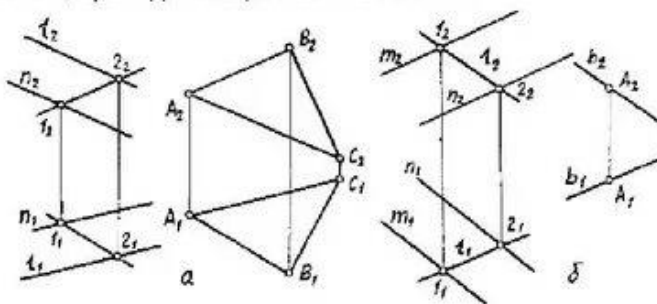


Рис. 2.20

## Взаимное положение прямой и плоскости, 2-х плоскостей

Плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости.

Прямая параллельна плоскости, если она параллельна прямой b, принадлежащей этой плоскости.



Лежит в плоскости

Прямая лежит в плоскости, если все точки прямой принадлежат этой плоскости. В таком случае говорят ещё, что плоскость проходит через прямую.

Замечание: для того чтобы прямая лежала в плоскости, необходимо и достаточно, чтобы две любые точки этой прямой принадлежали этой плоскости.



Пересекает

Прямая пересекает плоскость, если прямая и плоскость имеют единственную общую точку — точку пересечения. Для записи такого расположения в буквенном виде используют символ  $\cap$ . Например, выражение  $a \cap \pi = M$  читается как «прямая  $a$  пересекает плоскость  $\pi$  в некоторой точке  $M$ ».

Если есть точка пересечения, значит, есть и угол, под которым прямая пересекает плоскость. Если угол равен 90 градусам, то прямые перпендикулярны друг другу (обозначается символом  $\perp$ ).



Параллельна

Прямая параллельна плоскости, если прямая и плоскость не имеют общих точек (они не пересекаются). Для обозначения параллельности используется символ « $\parallel$ ». Например, если прямая  $a$  и плоскость  $\alpha$  параллельны, то можно кратко записать  $a \parallel \alpha$ .

Признак параллельности прямой и плоскости: если прямая, не лежащая в данной плоскости, параллельна какой-нибудь прямой, лежащей в этой плоскости, то она параллельна данной плоскости.



### 1.3 Лекция №3

#### Тема: «Способы преобразования комплексного чертежа»

##### 1.3.1 Вопросы лекции:

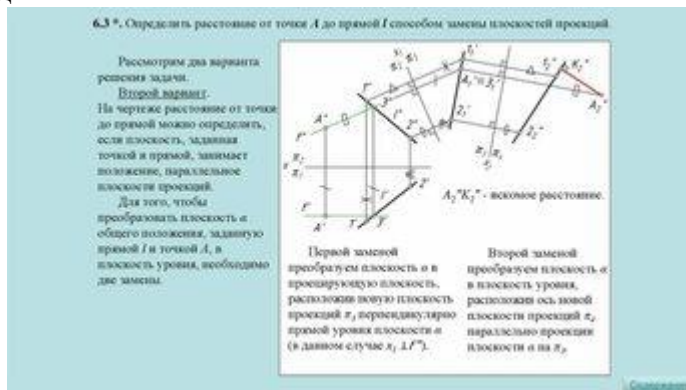
1. Способ замены плоскостей проекций.
2. Способ вращения.

##### 1.3.2 Краткое содержание вопросов:

###### 1. Способ замены плоскостей проекций.

Способ замены плоскостей проекций в начертательной геометрии — это метод преобразования чертежа, при котором заданная система плоскостей проекций заменяется новой. При этом положение изображаемой фигуры в пространстве остаётся неизменным, а исходная система плоскостей проекций, относительно которой задана фигура, заменяется новой.

Новая плоскость проекций выбирается так, чтобы по отношению к ней проецируемая фигура заняла частное положение, например, стала параллельной или перпендикулярной. Одновременно допускается заменять только одну плоскость проекций, другая плоскость должна оставаться неизменной.



###### Правила

- Новая плоскость проекций должна быть перпендикулярна к незаменяемой плоскости проекций. Например, если заменяется плоскость проекций П2, то новая плоскость П4 должна быть расположена перпендикулярно П1 и параллельна, например, проецируемому отрезку.
- Новую плоскость совмещают вращением вокруг новой оси проекций с плоскостью, которой она перпендикулярна, на свободное место так, чтобы проекции не накладывались друг на друга.

Для построения новой проекции точки при замене одной проекции другой нужно опустить перпендикуляр на новую ось из той проекции точки, которая не меняется, и отложить на нём расстояние, равное расстоянию от заменяемой проекции до заменяемой оси.

###### 2. Способ вращения.

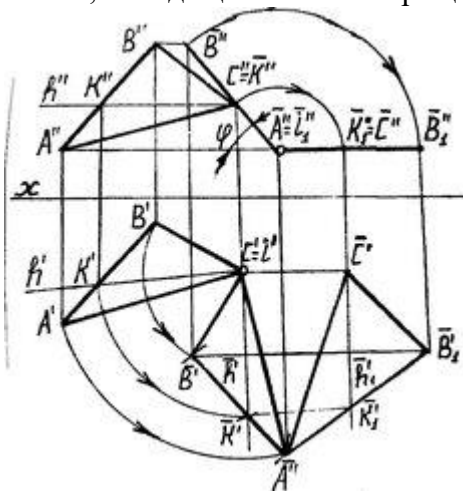
Способ вращения — это метод преобразования чертежа, при котором плоскости проекций остаются неизменными, а проецируемым точкам, прямым, плоскостям или телам придают новое положение путём вращения их вокруг выбранных осей.

Некоторые элементы способа:

- Ось вращения — прямая, вокруг которой осуществляется вращение.
- Плоскость вращения — плоскость, проходящая через вращаемую точку и перпендикулярная оси вращения (плоскость окружности, которую описывает точка при вращении).
- Центр вращения — точка пересечения оси вращения и плоскости вращения.

- Радиус вращения — кратчайшее расстояние от вращаемой точки до центра (оси) вращения. Радиус всегда перпендикулярен оси вращения.
- Угол поворота — угол между начальным и конечным положением радиуса вращения.

Точки, находящиеся на оси вращения, остаются неподвижными.



Правила

- Все вращающиеся точки поворачиваются в одну сторону на один и тот же угол.
- Если ось перпендикулярна некоторой плоскости проекций, то проекции на эту плоскость вращающейся фигуры в любом её положении конгруэнтны.
- Чтобы повернуть вокруг оси прямую линию, достаточно вращать её точки на один и тот же угол.
- При вращении плоскости следует вращать определяющие её элементы: три точки, прямую и точку и т. д..

#### 1.4 Лекция №4

**Тема: «Проецирование объемных тел»**

##### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Проецирование гранных тел.
2. Проецирование тел вращения.
3. Компьютерное моделирование.

##### 1.4.2 Краткое содержание вопросов:

###### 1. Проецирование гранных тел.

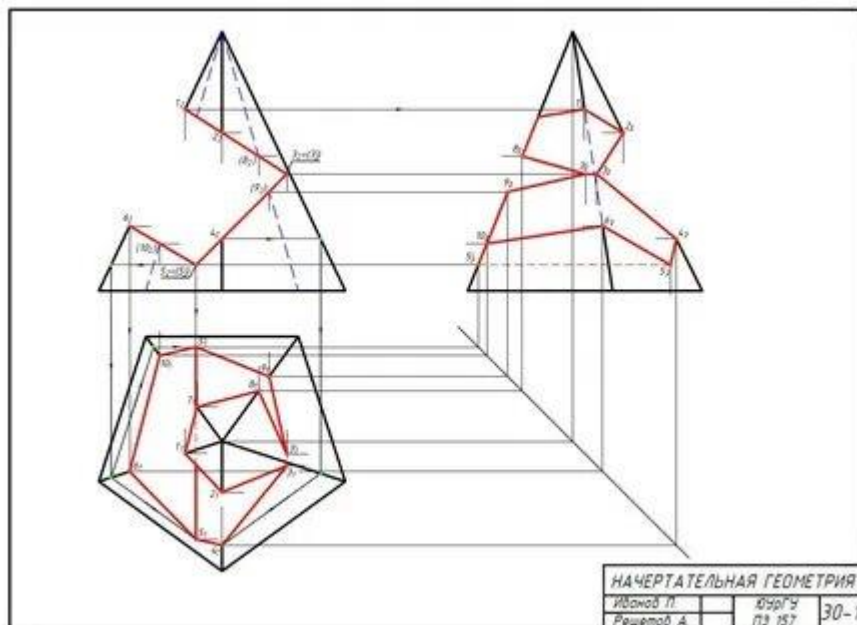
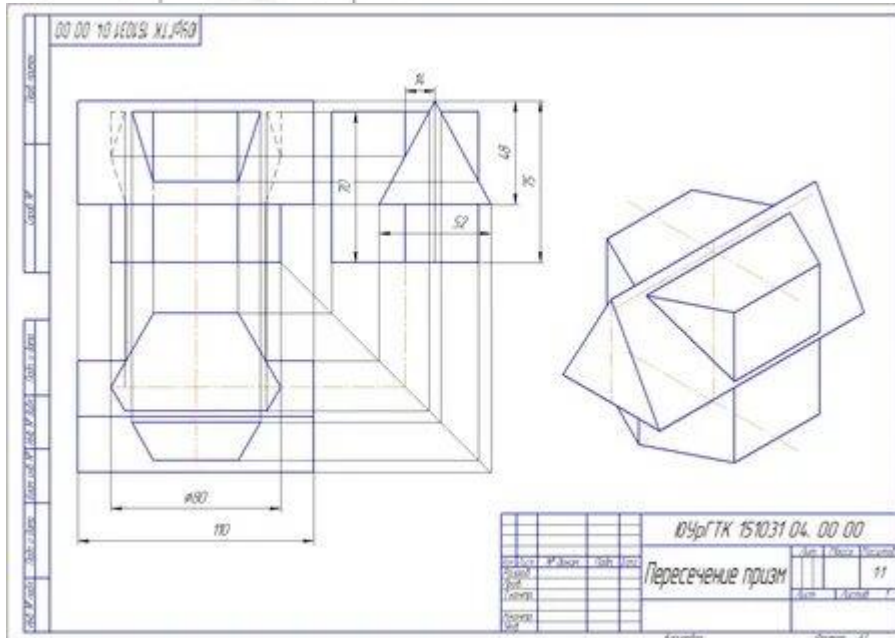
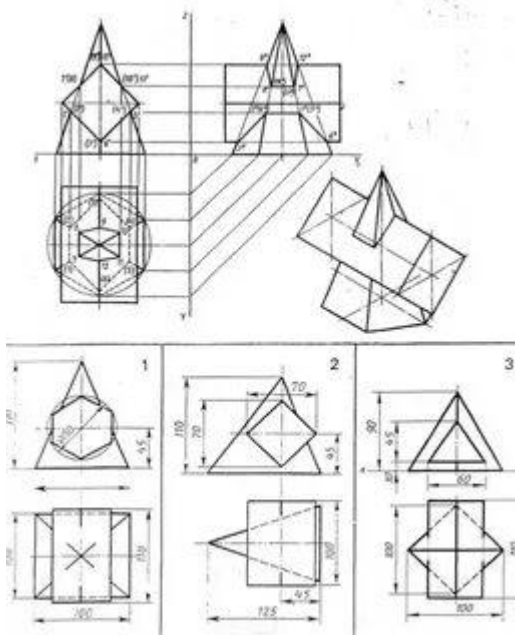
Проецирование гранных тел (многогранников) — это процесс построения изображений трёхмерных объектов на плоскости (ортогональных проекций) с помощью метода проецирования. К гранным телам относят, например, призмы и пирамиды.

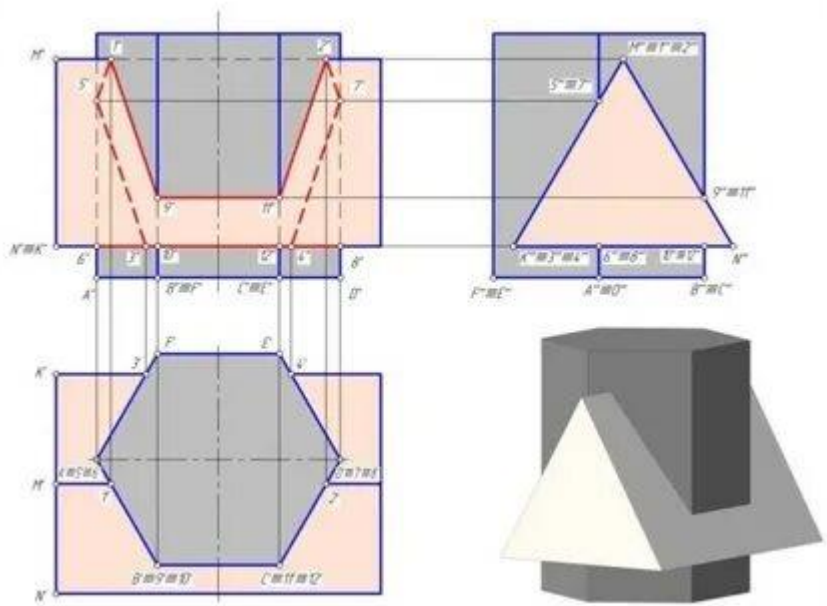
Цель проецирования — воссоздать пространственные образы предметов, определять их взаимное расположение и размеры, моделировать и исследовать различные технические формы и конструкции.

Примеры чертежей многогранников (призм и пирамид) в начертательной геометрии:









### Построение

Построение проекций гранной поверхности сводится к построению проекций некоторых точек и прямых линий этой поверхности. Некоторые особенности:

- Задание многогранника. Например, призма задаётся проекциями её основания и вершины, а усечённая пирамида — проекциями обоих оснований.
- Построение точек, лежащих на поверхности многогранника. Для построения недостающих проекций точек сначала нужно определить их принадлежность граням. Так как каждая грань — отсек плоскости, используются признаки принадлежности точки плоскости: точка принадлежит плоскости, если лежит на прямой этой плоскости, прямая принадлежит плоскости, если проходит через две точки плоскости.
- Учёт видимости. При изображении многогранников принято считать, что их грани непрозрачные, и поэтому проекции отдельных рёбер будут невидимы. Проекции невидимых рёбер обводят штриховой линией.

## 2. Проецирование тел вращения.

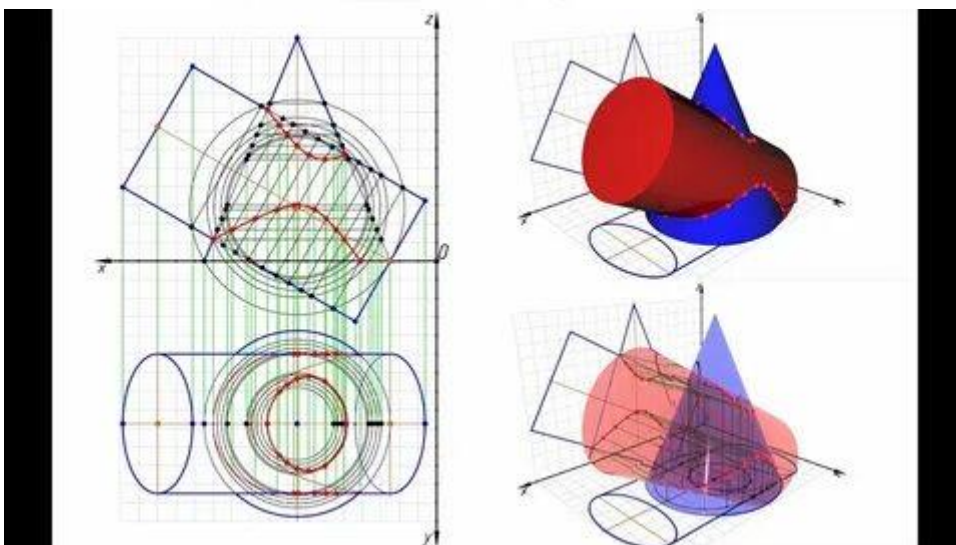
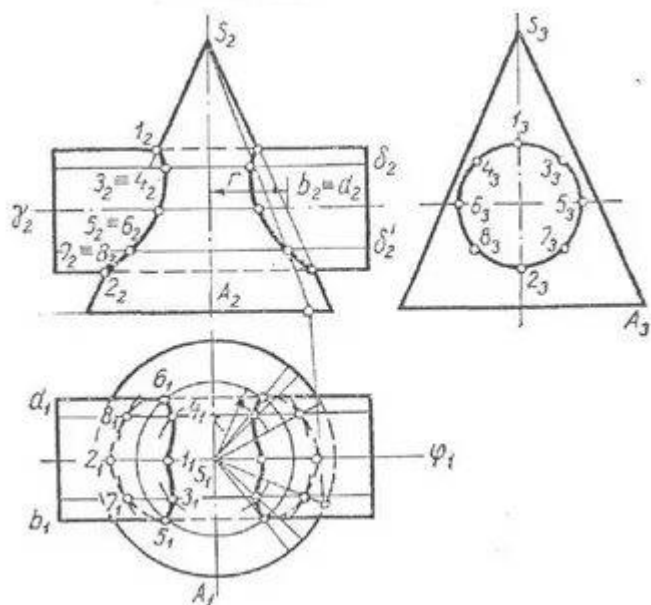
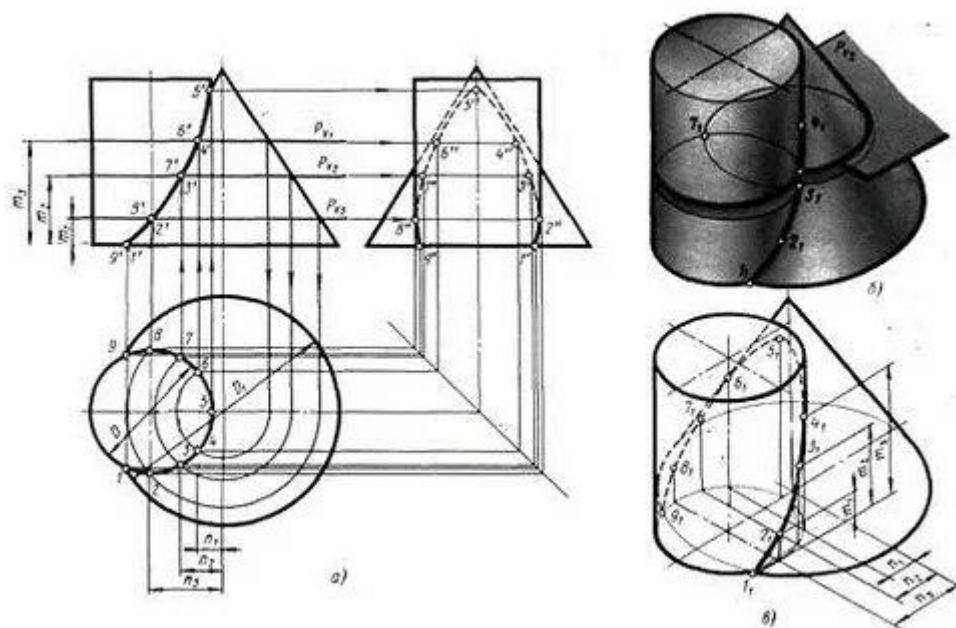
Проецирование тел вращения — это процесс построения проекций поверхностей, образованных вращением прямой линии вокруг выбранной оси. К таким телам относятся цилиндр, конус и сфера.

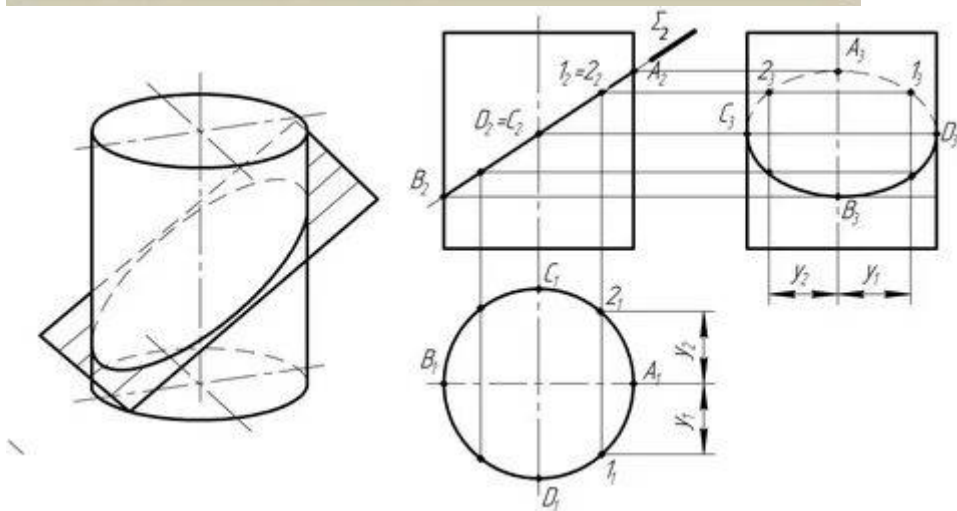
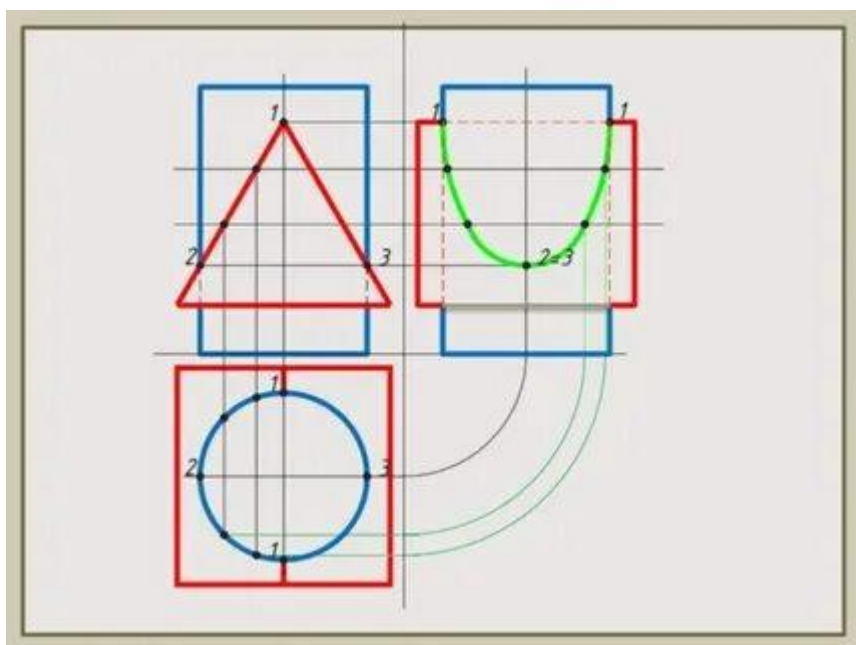
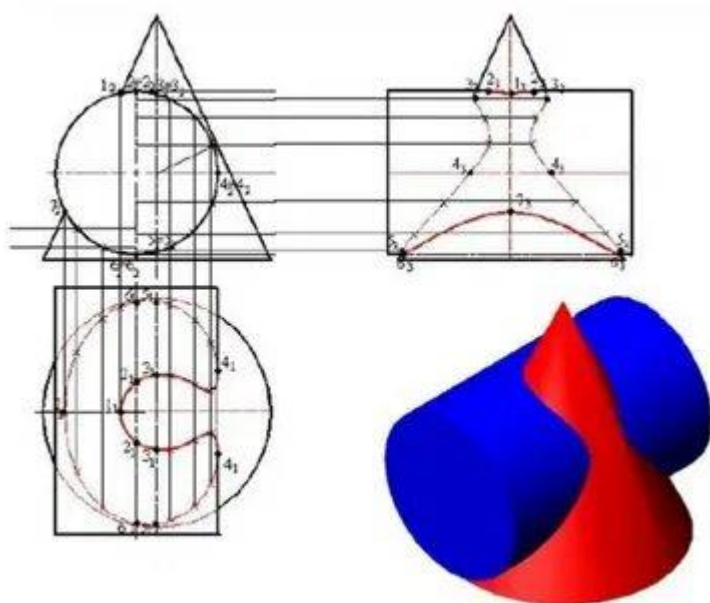
Сущность проецирования — замена оригинала геометрической фигуры совокупностью проецирующих прямых, проходящих через центр проекций. Проекция — это точка пересечения проецирующей прямой с плоскостью проекций

Особенности проецирования зависят от типа тела вращения и могут включать использование вспомогательных линий, определение проекций точек на поверхности и другие аспекты

Изображения основных тел вращения: цилиндр, конус, сфера:







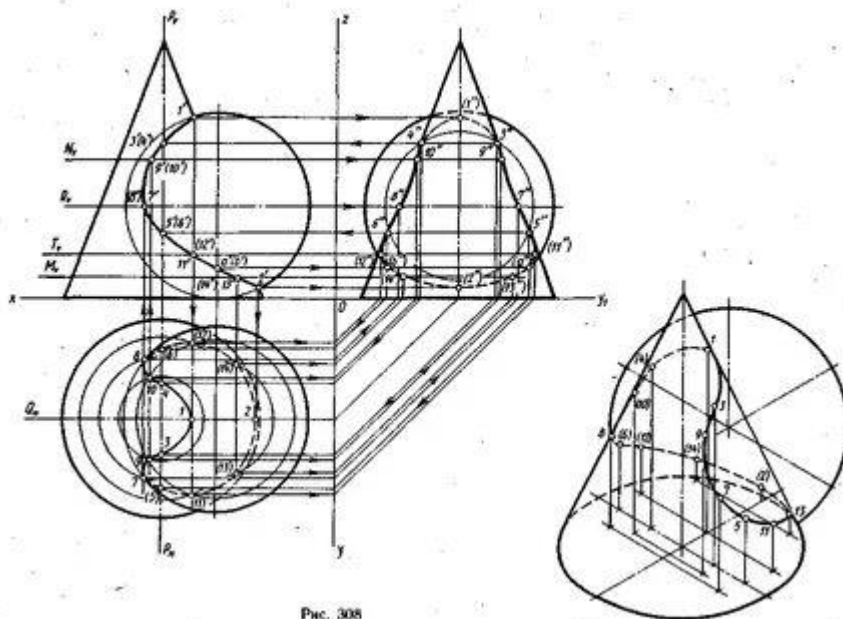


Рис. 308

### Цилиндр

Боковая поверхность прямого кругового цилиндра получается вращением отрезка образующей вокруг оси, параллельной этому отрезку. Построение проекций:

- Изображение основания — двух проекций окружности. Фронтальная проекция окружности — отрезок горизонтальной прямой линии, равный диаметру окружности основания.
- После построения основания на фронтальной проекции проводят две очерковые (крайние) образующие и на них откладывают высоту цилиндра.
- Горизонтальные проекции точек на поверхности цилиндра находят, проводя из данных точек вертикальные линии связи до их пересечения с окружностью в искомых точках.

### Конус

Боковая поверхность конуса получена вращением отрезка вокруг оси, пересекающей отрезок в точке. Последовательность построения проекций:

- Сначала строят две проекции основания: горизонтальная проекция — окружность, фронтальная — отрезок горизонтальной прямой, равный диаметру этой окружности.
- На фронтальной проекции из середины основания восстанавливают перпендикуляр и на нём откладывают высоту конуса.
- Полученную фронтальную проекцию вершины конуса соединяют прямыми с концами фронтальной проекции основания и получают фронтальную проекцию конуса.

### Сфера

Сферическая поверхность образована вращением четверти окружности вокруг радиуса. Проекция этой фигуры:

- Горизонтальная проекция — окружность радиуса, равного радиусу сферы.
- Фронтальная проекция — полуокружность того же радиуса.

## 3. Компьютерное моделирование.

Компьютерное моделирование — это процесс создания математической модели реальной или гипотетической системы с последующим её исследованием посредством компьютерных вычислений.

Некоторые возможности компьютерного моделирования:

- Расширение круга исследовательских объектов. Можно изучать не повторяющиеся явления, явления прошлого и будущего, объекты, которые не воспроизводятся в реальных условиях.

- Визуализация объектов любой природы, в том числе и абстрактных.
- Исследование явлений и процессов в динамике их развёртывания.
- Управление временем (ускорять, замедлять и т. д.).
- Совершение многократных испытаний модели, каждый раз возвращая её в первичное состояние.
- Получение разных характеристик объекта в числовом или графическом виде.
- Нахождение оптимальной конструкции объекта, не изготавливая его пробных экземпляров.
- Проведение экспериментов без риска негативных последствий для здоровья человека или окружающей среды.

Некоторые области применения компьютерного моделирования:

- анализ распространения загрязняющих веществ в атмосфере;
- проектирование шумовых барьеров для борьбы с шумовым загрязнением;
- конструирование транспортных средств;
- симуляция полёта на авиационном тренажёре для тренировки лётчиков;
- прогнозирование погоды;
- эмуляция работы других электронных устройств;
- прогнозирование цен на финансовых рынках;
- исследование поведения зданий, конструкций и деталей под механической нагрузкой;
- моделирование роботов и автоматических манипуляторов;
- моделирование сценарных вариантов развития городов.

Основные этапы компьютерного моделирования:

1. Постановка задачи и анализ предметной области. Определение цели моделирования, объекта моделирования, его характеристик, связей с другими объектами, факторов, влияющих на его поведение, и ограничений.
2. Построение математической модели. Перевод концептуальной модели на язык математики; определение переменных, параметров, уравнений, неравенств, описывающих поведение объекта моделирования.
3. Программная реализация. Создание компьютерной программы, реализующей математическую модель; выбор подходящего программного обеспечения (электронные таблицы, языки программирования, специализированные пакеты моделирования) и написание кода.
4. Тестирование. Проверка правильности реализации модели (верификация) и сравнение результатов моделирования с реальными данными (валидация).
5. Проведение компьютерного эксперимента. Изменение входных параметров модели и наблюдение за тем, как это влияет на результаты.
6. Анализ результатов. Выявление закономерностей, трендов и зависимостей на основе результатов компьютерного эксперимента.
7. Уточнение модели (итерация). Внесение изменений в математическую или компьютерную модель на основе результатов анализа. Этот процесс может повторяться несколько раз, пока модель не будет достаточно адекватной.

## **1.5 Лекция №5**

### **Тема: «Построение чертежа»**

#### **1.5.1 Вопросы лекции:**

1. Изучения правил оформления чертежей. ГОСТ 2.305-68 Изображения – разрезы, сечения

#### **1.5.2 Краткое содержание вопросов:**

ГОСТ 2.305-68 («Единая система конструкторской документации. Изображения — виды, разрезы, сечения») устанавливает правила изображения предметов (изделий, сооружений и их составных элементов) на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Некоторые положения стандарта:

- Изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. При этом предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций.
- Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.
- Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.
- Вид — изображение обращённой к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий.
- Разрез — изображение предмета, мысленно рассечённого одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. Допускается изображать не всё, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета.
- Сечение — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости. Допускается в качестве секущей принимать цилиндрическую поверхность, развёртываемую затем в плоскость.
- Выносной элемент — дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных. Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом).

## **1.6 Лекция №6**

### **Тема: «Вспомогательные построения»**

#### **1.6.1 Вопросы лекции:**

1. Изучения правил ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции.
2. Сопряжения, лекальные кривые.

#### **1.6.2 Краткое содержание вопросов:**

1. Изучения правил ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции.

ГОСТ 2.317-69 («Единая система конструкторской документации. Аксонометрические проекции») — межгосударственный стандарт, который устанавливает правила аксонометрических проекций, применяемых в чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Некоторые положения стандарта:

- Коэффициент искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  равен 0,82. Для упрощения изометрическую проекцию, как правило, выполняют без искажения, то есть коэффициент искажения принимают равным 1.
- Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы.
- Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям.
- При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии — параллельно измеряемому отрезку.
- В аксонометрических проекциях штрихуют спицы маховиков и шкивов, рёбра жёсткости и подобные элементы.
- При выполнении в аксонометрических проекциях зубчатых колёс, реек, червяков и подобных элементов допускается применять условности по ГОСТ 2.402-68.
- В аксонометрических проекциях резьбу изображают по ГОСТ 2.311-68. Допускается изображать профиль резьбы полностью или частично.
- В необходимых случаях допускается применять другие теоретически обоснованные аксонометрические проекции.

**По состоянию на 7 сентября 2025 года ГОСТ 2.317-69 — действующий стандарт, его заменил ГОСТ 2.317-2011.**

## **2. Сопряжения, лекальные кривые.**

Сопряжение — плавный переход одной линии (прямой или кривой) в другую — кривую или прямую. Для построения сопряжения нужно найти центр сопряжения, точки сопряжения, в которых одна линия переходит в другую, и радиус сопряжения (обычно он задан).

Некоторые виды сопряжений:

- Сопряжение между двумя окружностями. Бывает внутренним (центры окружностей лежат внутри сопрягающей дуги), внешним (центры окружностей лежат вне сопрягающей дуги) и смешанным (центр одной окружности лежит вне сопрягающей дуги, а центр другой — внутри).
- Сопряжение двух прямых, расположенных под прямым углом, острым углом, тупым углом или параллельно.
- Сопряжение прямой и дуги. Может быть выполнено путём проведения касательной к окружности от точки, принадлежащей окружности, или от точки, не принадлежащей окружности.

Лекальные кривые — это кривые линии, у которых на каждом их элементе непрерывно изменяется кривизна. Лекальные кривые не могут быть вычерчены с помощью циркуля, их построение выполняется по ряду точек.

Некоторые виды лекальных кривых:

- плоские сечения конуса — эллипс, парабола, гипербола;
- эвольвента;
- синусоида;
- спираль Архимеда;
- циклоидальные кривые.

## **1.7 Лекция №7**

### **Тема: «Резьбовые соединения»**

#### **1.7.1 Вопросы лекции:**

1. ГОСТ 2.311-68 Изображения резьбы.
2. Резьбовые соединения – болтовое.
3. Резьбовые соединения – шпилечное.
4. Резьбовые соединения – винтовое.

#### **1.7.2 Краткое содержание вопросов:**

##### **1. ГОСТ 2.311-68 Изображения резьбы.**

ГОСТ 2.311-68 — межгосударственный стандарт «Единая система конструкторской документации. Изображение резьбы». Документ устанавливает правила изображения и нанесения обозначения резьбы на чертежах всех отраслей промышленности и строительства

Некоторые положения стандарта:

- Изображение резьбы на стержне. Сплошные основные линии проводят по наружному диаметру резьбы, а сплошные тонкие — по внутреннему. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, тонкую линию проводят на всю длину резьбы без сбега. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте.
- Изображение резьбы в отверстии. Сплошные основные линии проводят по внутреннему диаметру резьбы, а сплошные тонкие — по наружному. На разрезах, параллельных оси отверстия, тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега. На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте.
- Изображение невидимой резьбы. Штриховые линии одной толщины проводят по наружному и по внутреннему диаметру.
- Определение границы резьбы. Линию наносят на стержне и в отверстии с резьбой в конце полного профиля резьбы (до начала сбега). Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая.
- Штриховка в разрезах и сечениях. Проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержнях и до линии внутреннего диаметра в отверстии, то есть в обоих случаях до сплошной основной линии.
- Указание размеров резьбы. Длину резьбы с полным профилем (без сбега) на стержне и в отверстии указывают, а длину резьбы со сбегом — по другому правилу. При необходимости указания величины сбега на стержне размеры наносят специальным образом.
- Дополнительные данные. Кроме размеров и предельных отклонений резьбы, на чертеже указывают дополнительные данные о числе заходов, о левом направлении резьбы и т. п. с добавлением слова «Резьба».

Стандарт был утверждён и введён в действие с 1 января 1971 года, заменил ГОСТ 3459-59.

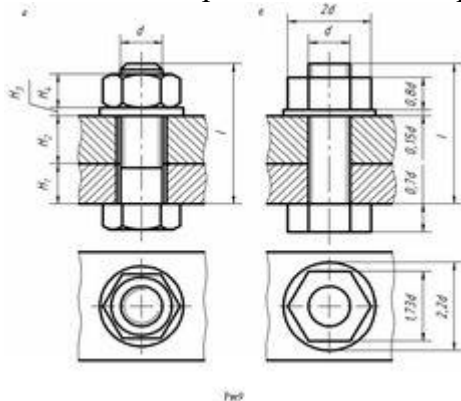
##### **2. Резьбовые соединения – болтовое.**

Болтовое резьбовое соединение — это способ соединения деталей с помощью болта (цилиндрического стержня с резьбой) и гайки. Болт проходит через отверстия

в соединяемых деталях, а гайка накручивается на болт с обратной стороны, создавая силу сжатия.

Особенности конструкции:

- Головка болта, как правило, имеет форму шестигранной призмы.
- Стержень болта входит в отверстие соединяемых деталей с зазором.
- Между гайкой и соединяемыми деталями ставят кольцевую пластинку — шайбу, чтобы избежать повреждения детали вращающейся гайкой.



Виды

Болтовые резьбовые соединения классифицируют по способу передачи усилий:

- Фрикционные (сдвигоустойчивые) — передают внешние сдвигающие усилия за счёт сил трения, которые возникают по контактными плоскостям соединяемых элементов от предварительного натяжения болтов.
- Срезные — сдвигающие усилия воспринимаются сопротивлением болтов срезу, а соединяемых элементов — смятию.
- Фрикционно-срезные — учитывается вся совокупность сопротивлений: болтов — срезу, соединяемых элементов — смятию и трению.

Расчёт

Для контроля прочности болтового соединения применяют методику расчёта диаметра болта с учётом особенностей соединяемых деталей, заданных величин нагрузки на срез и смятие для болта и для всего соединения. Некоторые особенности расчёта:

- Для расчётов на растяжение и срез используют разные формулы.
- При соединении тонкостенных деталей необходим дополнительный расчёт на смятие стержня болта и стенок отверстий деталей.

Технология сборки

Некоторые этапы сборки болтового резьбового соединения:

- Подготовка поверхностей — очистка от загрязнений, ржавчины, заусенцев.
- Сборка соединений — совмещение отверстий в соединяемых элементах, установка болтов в отверстия, установка шайб и гаек, предварительная затяжка болтов.
- Затяжка болтов — производится в два этапа: предварительная затяжка, обеспечивающая плотное прилегание соединяемых элементов, окончательная затяжка, при которой достигается требуемое усилие затяжки.

Стандарты

Некоторые нормативные документы, регламентирующие болтовые резьбовые соединения:

- СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» — устанавливает технические требования к материалам, технологии монтажа и контролю качества выполненных работ.



• СТО НОСТРОЙ 2.10.76-2012 — стандарт, регламентирующий монтажные соединения металлических конструкций на высокопрочных болтах с контролируемым натяжением, а также на болтах всех классов прочности без контролируемого натяжения.

### 3. Резьбовые соединения – шпилечное.

Резьбовое соединение — это соединение, в котором для присоединения одной детали к другой используется резьба. Основными характеристиками резьбы являются её размеры: шаг, угол профиля резьбы, глубина, наружный, средний и внутренний диаметр.

Шпилечное соединение применяют в тех случаях, когда невозможно использовать болты, нет места для их правильного размещения или необходимо снизить вес конструкции.

Шпилька представляет собой длинный цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах. Последовательность установки шпильки:

1. Один конец шпильки ввинчивается в одну из деталей.
2. На другой конец навинчиваются вторая деталь и гайка.

Некоторые особенности шпилечного соединения:

- Используют, когда изготавливать сквозное отверстие в одной из соединяемых деталей нецелесообразно из-за значительной её толщины или из-за отсутствия места для головки болта.
- Применяют для снижения веса конструкции и когда одна из скрепляемых деталей имеет большую толщину.

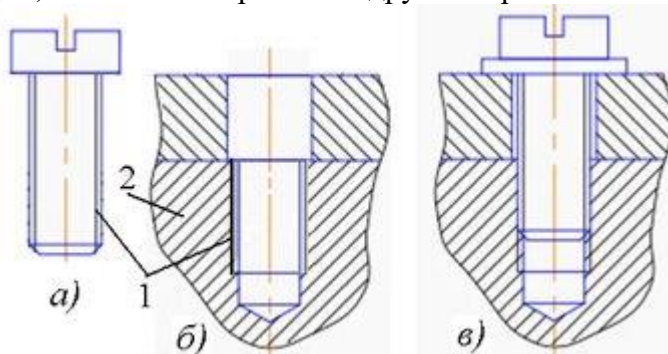
### 4. Резьбовые соединения – винтовое.

Винтовое резьбовое соединение — это разъёмное соединение деталей, которое осуществляется с помощью винта (или болта) и резьбового отверстия (или гайки).

Основные элементы:

- Винт — крепёжная деталь с головкой и стержнем с наружной резьбой.
- Гайка — крепёжная деталь с резьбовым отверстием для навинчивания на винт.
- Шайба — подкладывается под головку винта или гайку для увеличения опорной поверхности, равномерного распределения давления и предотвращения самоотвинчивания.
- Соединяемые детали — детали, которые необходимо соединить.

Применение: винтовые соединения используются в машиностроении, строительстве, авиации, автомобилестроении и других отраслях.



Виды

- Винтовое соединение (в узком смысле) — винт ввинчивается в резьбовое отверстие одной из соединяемых деталей, гайка не используется.
- Шпилечное соединение — используется шпилька — крепёжная деталь, стержень с резьбой на обоих концах. Шпилька ввинчивается одним концом в резьбовое отверстие одной из соединяемых деталей, а на другой конец навинчивается гайка.

Стандарты

Параметры винтовых соединений регламентируются, например:

- Диаметр резьбы — номинальный диаметр резьбы винта.
- Шаг резьбы — расстояние между соседними витками резьбы.
- Длина винта — расстояние от головки до конца стержня.
- Форма головки — зависит от предназначения крепёжного элемента. Например, головки могут быть плоской, круглой, выпуклой, потайной, полупотайной, грибовидной.

Правила монтажа

- Линия разёма соединяемых деталей в винтовом соединении должна быть ниже границы резьбы винта примерно на три шага резьбы.
- Для предотвращения самоотвинчивания используются методы контровки, например: пружинные шайбы, контргайки, шплинты.
- Химические фиксаторы резьбы (резьбовые герметики) — наносятся на резьбу перед сборкой и затвердевают, образуя прочное соединение, устойчивое к вибрации и коррозии.

Инструменты

Для работы с резьбовым винтовым соединением используют, например:

- Гайковерты — для затяжки резьбовых соединений с контролируемым крутящим моментом.
- Динамометрические ключи — позволяют производить затяжку резьбовых соединений с контролируемым крутящим моментом.

## **1.8 Лекция №8**

**Тема: «Конструкторская документация»**

### **1.8.1 Вопросы лекции:**

1. Чертежи деталей и сборочных единиц.
2. Понятие о инженерной графике.

### **1.8.2 Краткое содержание вопросов:**

#### **1. Чертежи деталей и сборочных единиц.**

Чертежи деталей и сборочных единиц — это графические конструкторские документы, которые содержат информацию о конструкции изделия, его очертаниях и размерах, взаимном расположении составных частей

Деталь — изделие, изготовленное из однородного материала без применения сборочных операций.

Сборочная единица — изделие, составные части которого соединены между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, пайкой и др.).

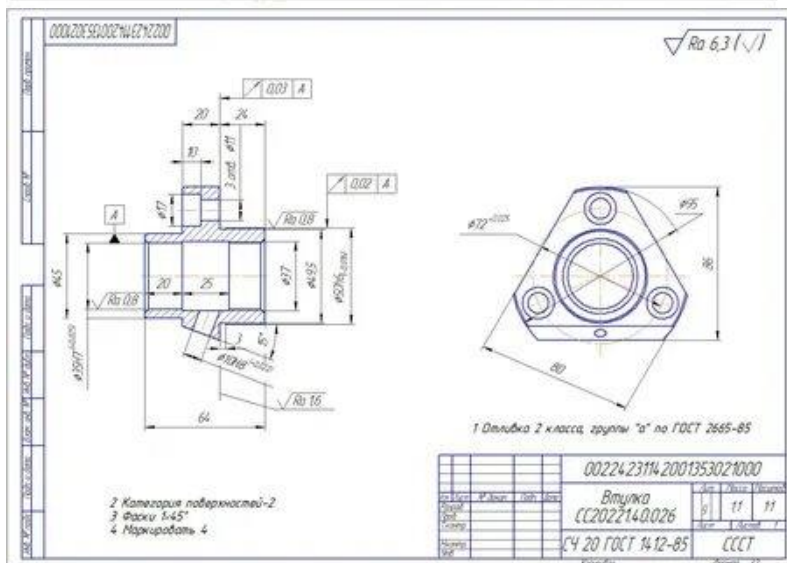
Чертежи деталей

Назначение: обеспечить единое понимание конструкции детали всеми участниками производственного процесса, минимизировать ошибки.

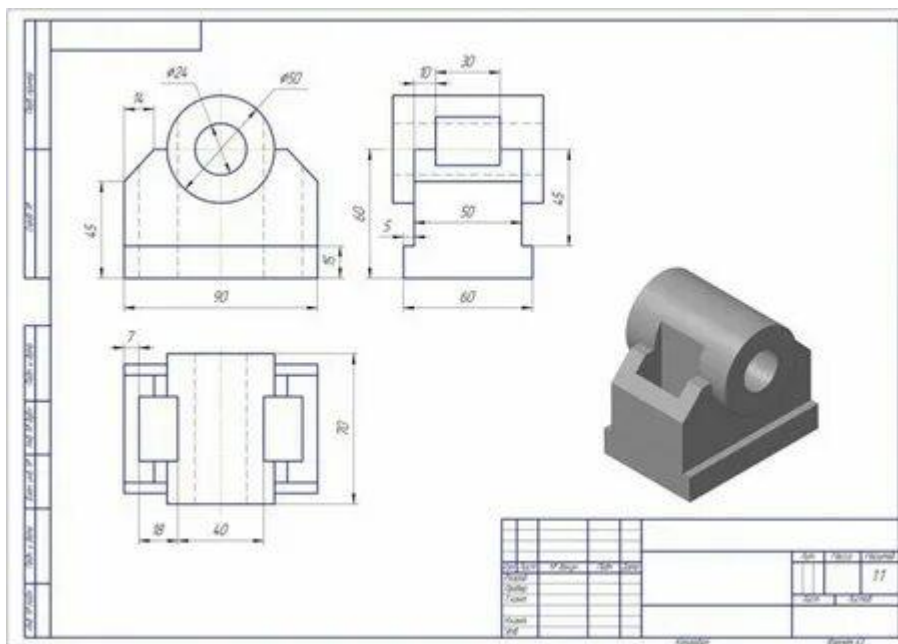
Содержание: чертёж детали содержит:

- изображения нескольких проекций детали, которые позволяют увидеть её с разных сторон;
- все необходимые размеры детали с указанием единиц измерения;
- допустимые отклонения размеров и формы детали;
- материал, из которого должна быть изготовлена деталь;
- степень шероховатости различных поверхностей детали;
- специальные требования к изготовлению детали, например, методы обработки, виды соединений.

Примеры чертежей деталей с указанием размеров, формы и требований к изготовлению:







### Сборочные чертежи

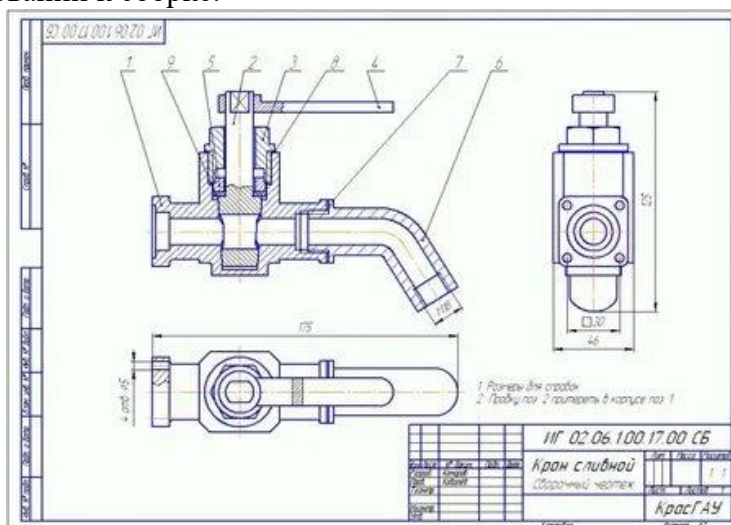
Назначение: показать, как отдельные детали и узлы соединяются друг с другом, создавая законченное изделие.

Содержание: сборочный чертёж содержит:

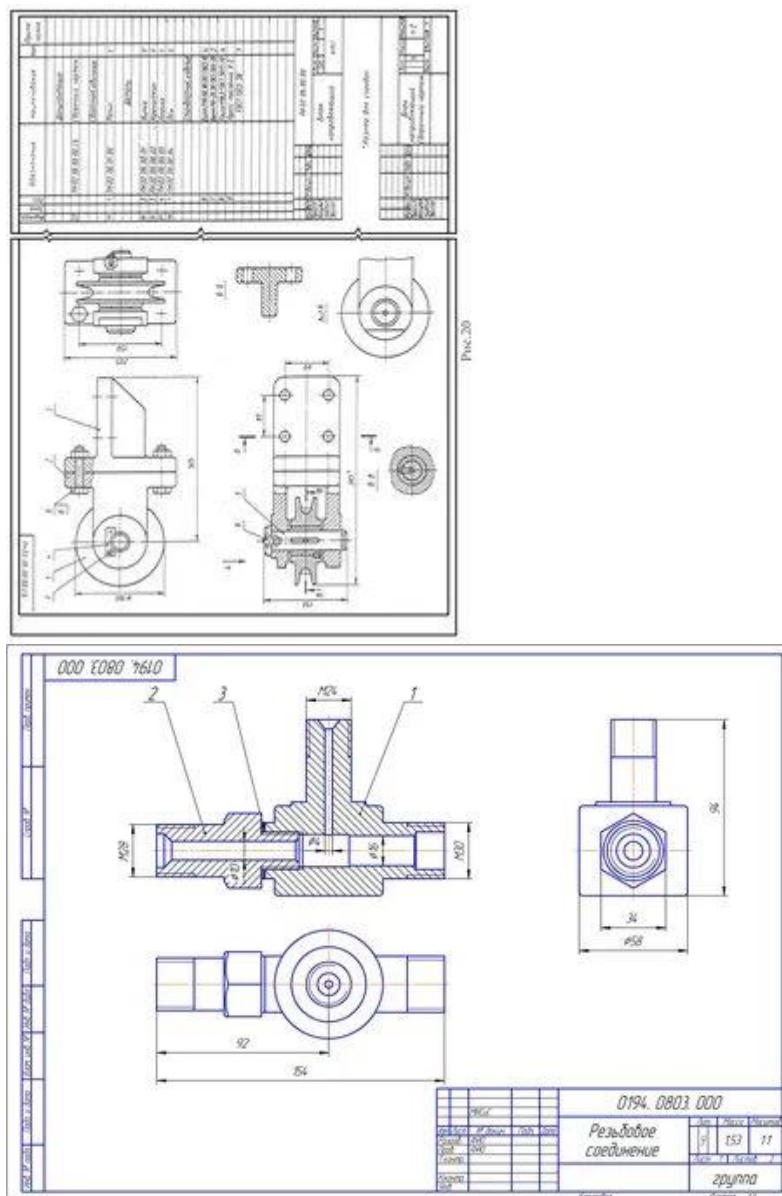
- изображение сборочной единицы, которое демонстрирует, как фрагменты соединяются и формируют единое целое;
- размеры, указывающие габаритные, установочные и присоединительные размеры, необходимые для успешной сборки и монтажа изделия;
- технические требования, описывающие параметры качества сборки, материалы и покрытия;
- спецификацию — таблицу с перечнем всех частей, входящих в состав сборочной единицы, в которой указаны их количество и обозначения.

Правила выполнения: сборочные чертежи выполняют по строгим стандартам, установленным ГОСТом. Эти стандарты описывают, как правильно обозначать детали, их количество, способ монтажа и все необходимые размеры.

Примеры сборочных чертежей с указанием расположения деталей, соединений и требований к сборке:





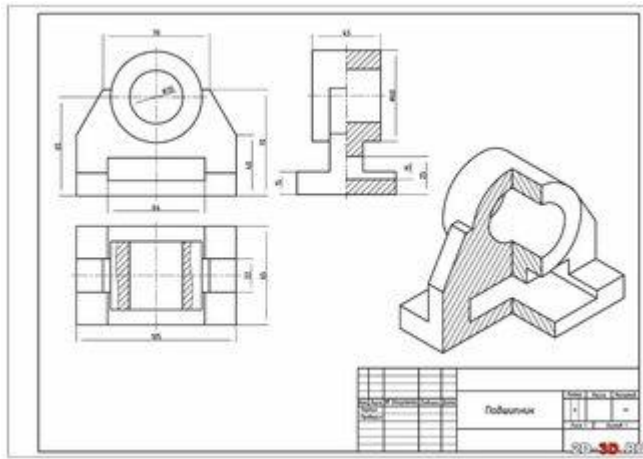


## 2. Понятие о инженерной графике.

Инженерная графика — это научная дисциплина, которая изучает методы и средства графического представления технических объектов, систем процессов. Она включает создание чертежей, схем, диаграмм и других графических представлений, которые используются для описания и анализа систем.

Значение инженерной графики:

- Позволяет создавать точные и детальные представления технических объектов, что необходимо для их разработки, производства и эксплуатации.
- Служит инструментом для коммуникации между инженерами, конструкторами и другими специалистами: позволяет обмениваться информацией, обсуждать технические проблемы.
- Используется в различных областях, таких как машиностроение, строительство, электроника, аэрокосмическая промышленность.



## Виды

Инженерная графика включает элементы:

- Начертательной геометрии — теоретические основы построения чертежей геометрических фигур.
- Технического черчения — составление чертежей изделий.
- Машинной графики — использование вычислительной техники для построения изображений.

## Принципы

Некоторые принципы инженерной графики:

- Точность — чертежи должны быть созданы с учётом всех необходимых размеров и форм деталей.
- Ясность — технические чертежи и модели должны быть ясными и понятными, чтобы обеспечить эффективную коммуникацию.
- Последовательность — инженерная графика должна следовать установленным стандартам и нормам, чтобы обеспечить последовательность и сравнимость чертежей.

## Методы

Для создания чертежей в инженерной графике используются, например:

- Проекционная графика — создание чертежей с помощью проекций (ортогональных, аксонометрических, перспективных).
- Компьютерная графика — использование компьютерного программного обеспечения для создания чертежей и моделей.
- Ручная графика — создание чертежей вручную с помощью различных инструментов и материалов (карандаши, маркеры, бумага).

## Стандарты

Выполнение чертежей в инженерной графике регламентируется комплексом государственных стандартов (ГОСТ). Например, в России — по «Единой системе конструкторской документации» (ЕСКД). С 1 марта 2024 года действует ГОСТ Р 2.109-2023 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Основные требования к чертежам».

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

**Факультет среднего профессионального образования**

**ОПЦ.05 Инженерная графика**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К СЕМИНАРСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

**Специальность 25.02.08 Эксплуатация беспилотных авиационных систем**

**Форма обучения очная**

**СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ**



## Тема: Изучение единой системы конструкторской документации. ЕСКД.

### Цель работы:

- познакомиться с содержанием ЕСКД;
- освоить основные ГОСТы, регламентирующие правила выполнения и чтения чертежей.

### Задачи работы:

- 1) Усвоить принцип образования основных и дополнительных форматов;
- 2) Познакомиться с наименованием, начертанием, назначением линий;
- 3) Освоить шрифты чертежные;
- 4) Иметь представление о простановке размеров на чертежах.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.

### Описание (ход) работы:

- ознакомиться с содержанием стандартов ЕСКД (единая система конструкторской документации)

#### ФОРМАТЫ ГОСТ 2.301-68\* Взамен ГОСТ 3450 60

- 1) Настоящий стандарт устанавливает форматы листов чертежей и других документов, предусмотренных стандартами на конструкторскую документацию всех отраслей промышленности и строительства.

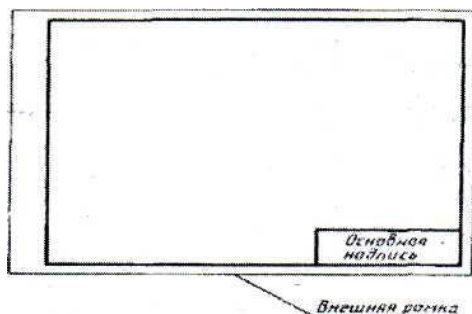
Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1181 – 78, СТ СЭВ 6306 -88.

2. Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий (черт. 1).

3. Формат с размерами сторон 1189 x 841 мм, площадь которого равна 1 м<sup>2</sup>, и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные.

4. Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в табл. 1.

Таблица 1



Обозначение формата	Размеры сторон формата, мм
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	297x420
A4	210x297

При необходимости допускается применять формат A5 с размерами сторон 148x210 мм.

5. Допускается применение дополнительных форматов, образуемых увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам. Размеры производных форматов, как правило, следует выбирать по табл. 2. Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности согласно табл. 2, например, А0 х 2, А4 х 8 и т. л.

Таблица 2

Кратность	Формат				
	АО	А1	А2	А3	А4
2	1189х1682	—	—	—	—
3	1189х2523	841х1783	594х1261	420х891	297х630
4	—	841х2378	594х1682	420х1189	297х841
5	—	—	594х2102	420х1486	297х1051
6	—	—	—	420х1783	297х1261
7	—	—	—	420х2080	297х1471
8	—	—	—	—	297х1682
9	—	—	—	—	297х1892

6. Предельные отклонения сторон форматов — по табл. 3.

Таблица 3

мм	
Размеры сторон форматов	Предельные отклонения
До 150 Св 150 до 600 Св. 600	±1,5±20 ±3,0

### МАСШТАБЫ ГОСТ 2.302-68\*

2) Настоящий стандарт устанавливает масштабы изображений и их обозначение на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт не распространяется на чертежи, полученные фотографированием, а также на иллюстрации в печатных изданиях и т. п.

2а. В настоящем стандарте применяют следующие термины с соответствующими определениями:

**масштаб:** Отношение линейного размера отрезка на чертеже к соответствующему линейному размеру того же отрезка в натуре.

**масштаб натуральной величины:** Масштаб с отношением 1:1.

**масштаб увеличения:** Масштаб с отношением большим, чем 1:1 (2:1 и т.д.).

**масштаб уменьшения:** Масштаб с отношением меньшим, чем 1:1 (1:2 и т.д.).

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

2. Масштабы изображений на чертежах должны выбираться из следующего ряда:

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

3. При проектировании генеральных планов крупных объектов допускается применять масштабы 1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000.

4. В необходимых случаях допускается применять масштабы увеличения (100 п): 1, где п – целое число.

3) Масштаб, указанный в предназначенной для этого графе основной надписи чертежа, должен обозначаться по типу 1:1; 1:2; 2:1 и т.д.

#### Линии ГОСТ 2.303-68\*

1. Настоящий стандарт устанавливает начертания и основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Специальные назначения линий (изображение резьбы, шлицев, границы зон с различной шероховатостью и т.д.) определены в соответствующих стандартах Единой системы конструкторской документации.

**(Измененная редакция, Изм. № 1,2).**

2. Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий должны соответствовать указанным в табл. 1. Примеры применения линий показаны на черт. 1-9.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**




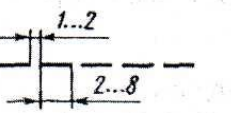
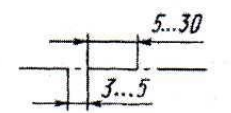
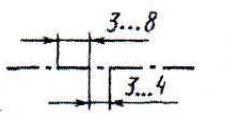
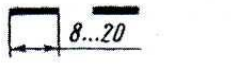
4) Для сложных разрезов и сечений допускается концы разомкнутой линии соединить штрих – пунктирной тонкой линией.


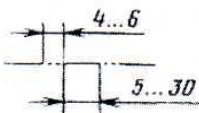
4. В строительных чертежах в разрезах видимые линии контуров, не попадающие в плоскость сечения, допускается выполнять сплошной тонкой линией (черт. 9).

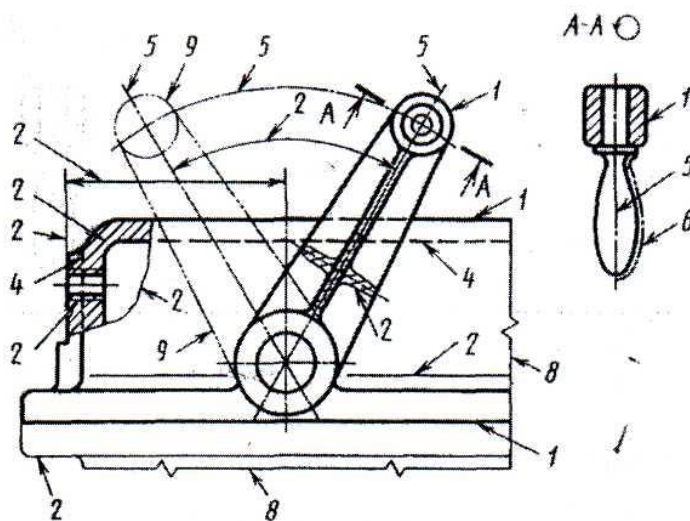
5. Толщина сплошной основной линии  $s$  должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе. **(Измененная редакция, Изм. № 1).**

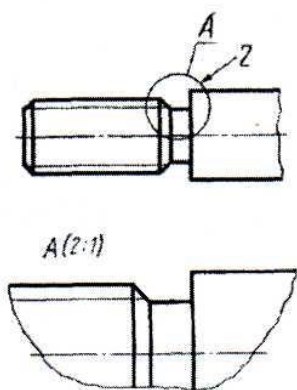
Таблица 1

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная		$s$	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии- выноски Полки линий-выносок и подчеркивание надписей Линии для изображения пограничных деталей («обста- новка») Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода вообра- жаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
3. Сплошная волнистая			
4. Штриховая			Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
5. Штрихпунктирная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
6. Штрихпунктирная утолщенная		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{2}{3}s$	Линии, обозначающие по- верхности, подлежащие термо- обработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция») Линии сечений
7. Разомкнутая		От $s$ до $1\frac{1}{2}s$	

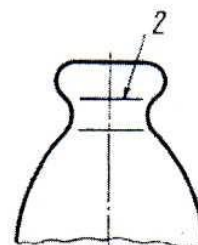
Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
8. Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом



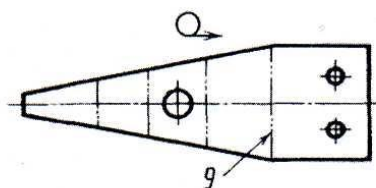
Черт. 1



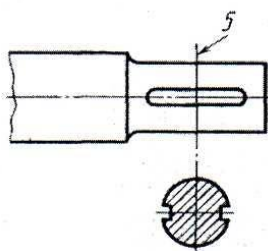
Черт. 2



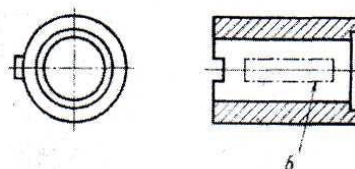
Черт. 3



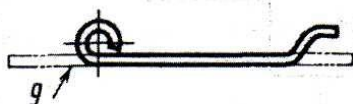
Черт. 4



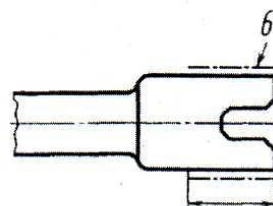
Черт. 5



Черт. 6



Черт. 7



Черт. 8

## ШРИФТЫ ЧЕРТЕЖНЫЕ ГОСТ 2.304-81

Настоящий стандарт устанавливает чертежные шрифты, наносимые на чертежи и другие технические документы всех отраслей промышленности и строительства.

Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 851-78 – СТ СЭВ 855-78, СТ СЭВ 6306-88.

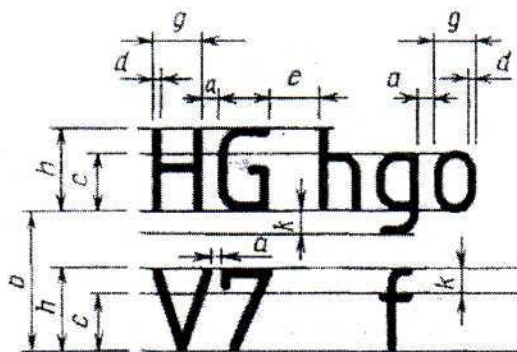
### 1. Термины и определения

1.1. **Размер шрифта  $h$**  – величина, определенная высотой прописных букв в миллиметрах.

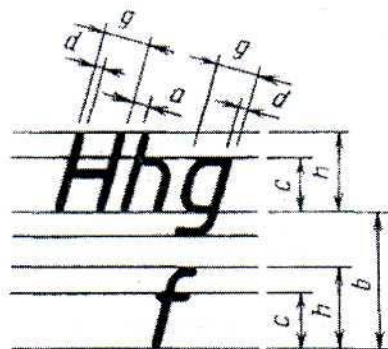
1.2. Высота прописных букв  $h$  измеряется перпендикулярно к основанию строки.

Высота строчных букв  $c$  определяется из отношения их высоты (без отростков  $k$ ) к размеру шрифта  $h$ , например:  $c = 7/10 h$  (черт. 1 и 2).





Черт. 1

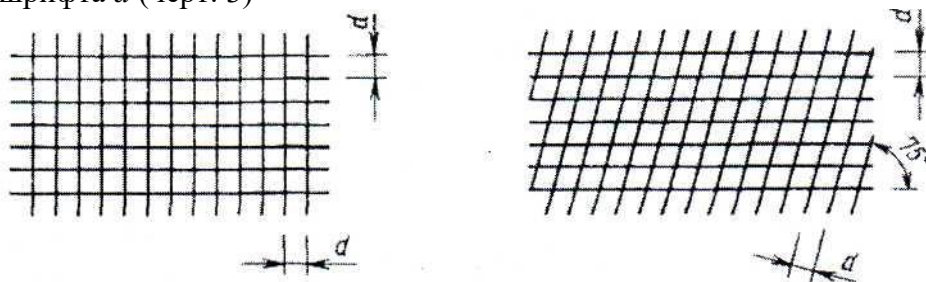


Черт. 2

**1.3 Ширина буквы  $g$**  – наибольшая ширина буквы, измеренная в соответствии с черт. 1 и 2, определяется по отношению к размеру шрифта  $h$ , например,  $g=6/10h$ ; или по отношению к толщине линии шрифта  $d$ , например:  $g=6d$ .

**1.4 Толщина линии шрифта  $d$**  – толщина, определяемая в зависимости от типа и высоты шрифта.

**1.5. Вспомогательная сетка** – сетка, образованная вспомогательными линиями, в которые вписываются буквы. Шаг вспомогательных линий сетки определяется в зависимости от толщины линий шрифта  $d$  (черт. 3)



## 2. Типы и размеры шрифта

**2.1. Устанавливаются следующие типы шрифта:**

тип А без наклона ( $d=\sqrt{4}h$ ) с параметрами, приведенными в табл. 1;

тип А с наклоном около  $75^\circ$  ( $d=\sqrt{4}h$ ) с параметрами, приведенными в табл. 1;

тип Б без наклона ( $d=\sqrt{10}h$ ) с параметрами, приведенными в табл. 2;

тип Б с наклоном около  $75^\circ$  ( $d=\sqrt{10}h$ ) с параметрами, приведенными в табл. 2.

Таблица 1

Шрифт типа А ( $d=h/14$ )

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер	Размеры, мм							
Размер шрифта:										
высота прописных букв	$h$	$(14/14)h$	$14d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
высота строчных букв	$c$	$(10/14)h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Расстояние между буквами	$a$	$(2/14)h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	$b$	$(22/14)h$	$22d$	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0
Минимальное расстояние между словами	$e$	$(6/14)h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Толщина линий шрифта	$d$	$(1/14)h$	$d$	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4

Таблица 2

Шрифт типа Б ( $d=h/10$ )

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер			Размеры, мм							
Размер шрифта: высота прописных букв	$h$	$(10/10) h$	$10 d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
высота строчных букв	$c$	$(7/10) h$	$7 d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	
Расстояние между буквами	$a$	$(2/10) h$	$2 d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0	
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	$b$	$(17/10) h$	$7 d$	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0	
Минимальное расстояние между словами	$e$	$(6/10) h$	$6 d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0	
Толщина линий шрифта	$d$	$(1/10) h$	$d$	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	

**Примечания:**

1. Расстояние  $a$  между буквами, соседние линии которых не параллельны между собой (например, ГА, АТ), может быть уменьшено наполовину, т.е. на толщину  $d$  линии шрифта.

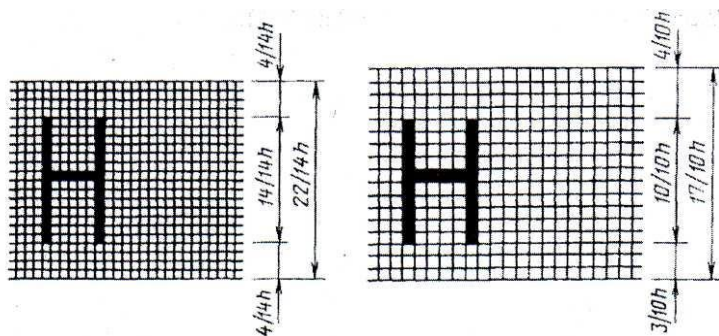
- 5) Минимальным расстоянием между словами  $e$ , разделенными знаком ■•■и; ^препинания, является, расстояние между знаком препинания и следующим за ним словом.

2.2 Устанавливаются следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

**Примечание.**

Применение шрифта размером: 1,8 не рекомендуется и допускается только для типа Б.

2.3 Построение шрифта во вспомогательной сетке показано на черт. 4.





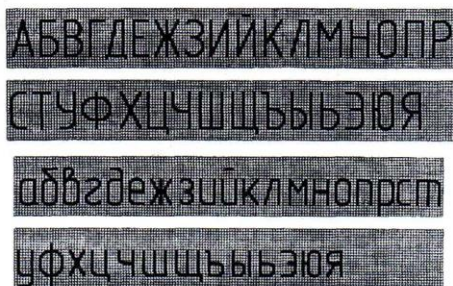
### 3. Русский алфавит (кириллица)

3.1 Шрифт типа А приведен на черт. 5



Черт. 5

3.2. Шрифт типа А без наклона приведен на черт. 6.



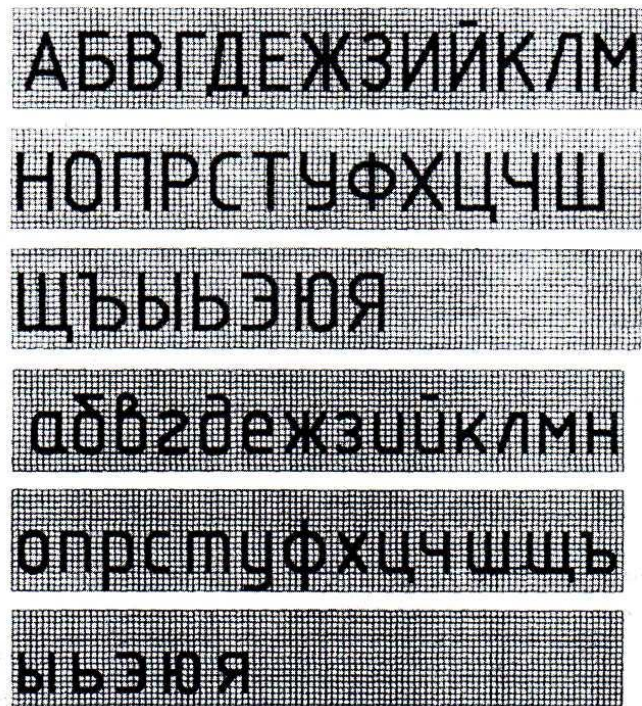
Черт. 6

3.3. Шрифт типа Б с наклоном приведен на черт. 7.



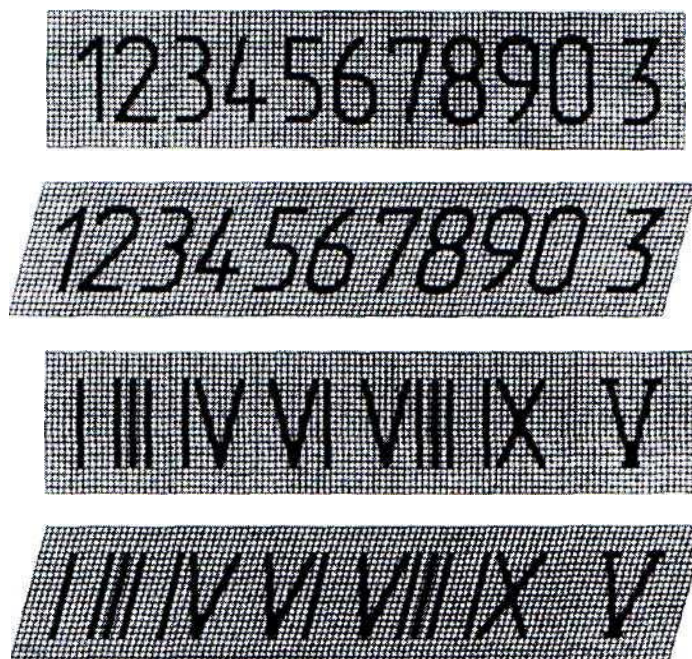
Черт. 7

3.4. Шрифт типа Б без наклона приведен на черт. 8.



Черт. 8

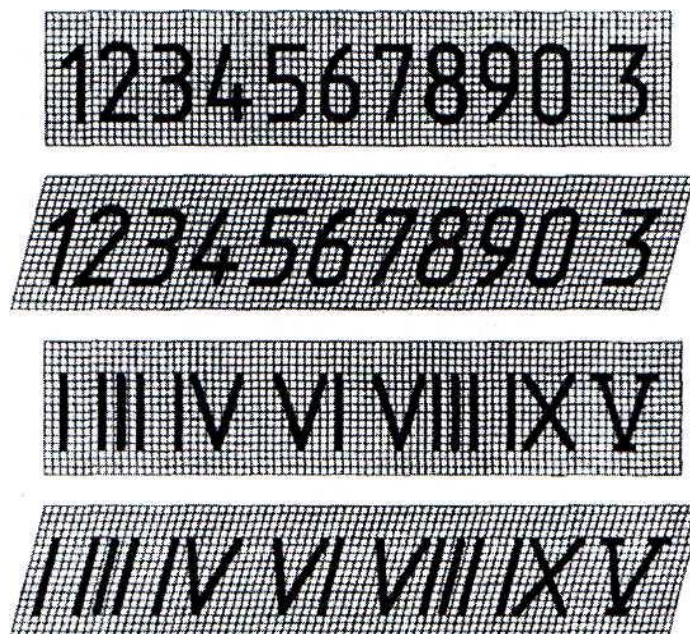
6.1. Шрифт типа А приведен на черт. 17



Черт. 17

6.2. Шрифт типа Б приведен на черт. 18.





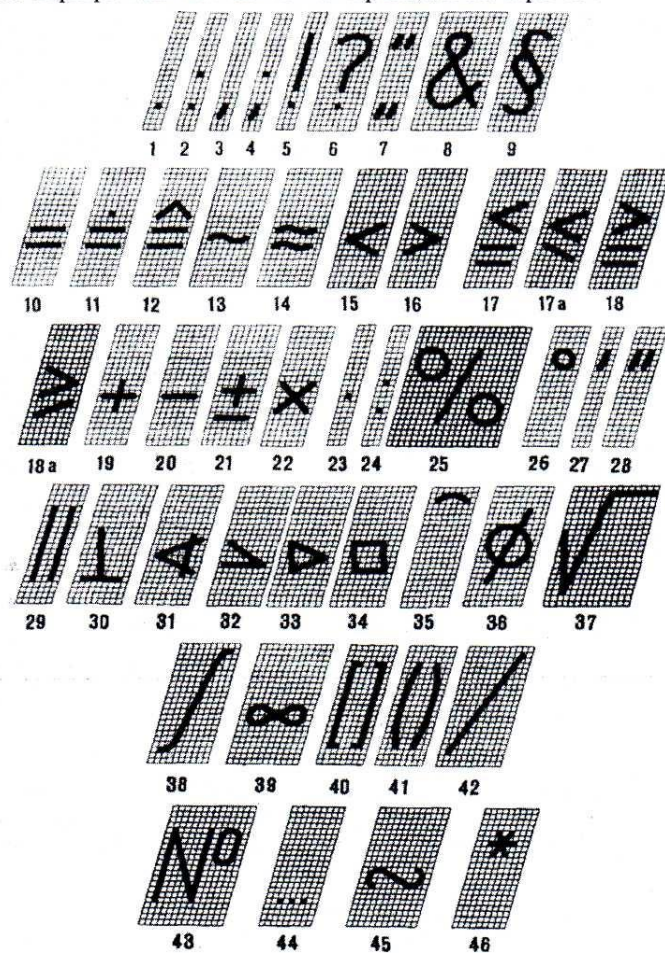
Черт. !8

*Примечания:*

1. Римские цифры L, C, D, M следует выполнять по правилам латинского алфавита.
2. Римские цифры допускается ограничивать горизонтальными линиями.

## 7. Знаки

7.1. Шрифт типа А с наклоном приведен на черт. 19.



Черт. 19

## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Тема: «Изучение методов проецирования. Метод Монжа.»

Цель работы:

- познакомиться с методами проецирования и их свойствами.

Задачи работы:

- 1) Познакомиться с особенностями конического проецирования;
- 2) Познакомиться с особенностями цилиндрического проецирования;

3) Познакомиться с особенностями ортогонального проецирования.

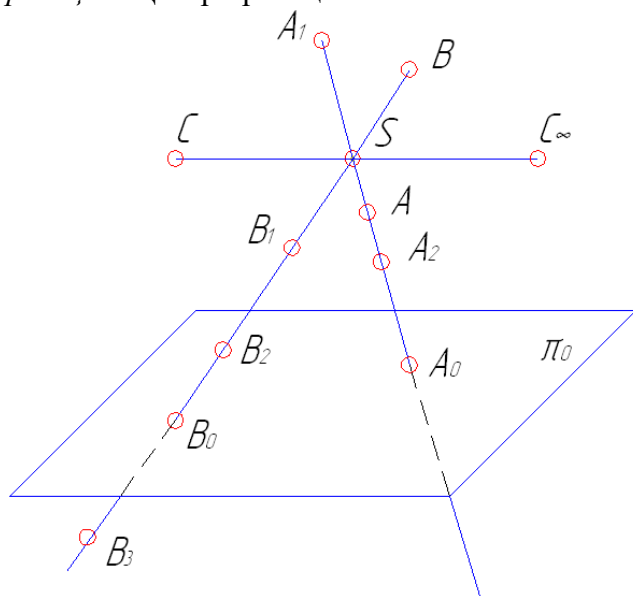
**Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Столы чертежные.
4. Чертежные инструменты.

**Описание (ход) работы:**

**Центральное проецирование.**

При центральном проецировании задают произвольную *плоскость проекций* и *центр проекции*. Центр проекции – это точка не лежащая в плоскости проекции.



$\pi_0$  – плоскость проекций;

S – центр проекций.

Для проецирования произвольной точки через нее и центр проекций проводят прямую. Точка пересечения этой прямой с плоскостью проекций и является центральной проекцией заданной точки на выбранной плоскости проекций.

На рисунке центральной проекцией точки A является точка  $A_0$  – точка пересечения прямой AS с плоскостью  $\pi_0$ . Таким же образом построены центральные проекции  $A_1, A_2, B, B_1, B_2, B_3$ . Они получаются при пересечении проецирующих прямых (проецирующих лучей) с плоскостью проекций.

В случае параллельности проецирующего луча плоскости проекций точка S будет иметь центральную проекцию, но удаленную бесконечно далеко.

Как видно из рисунка центральные проекции точек лежащих на одной проецирующей прямой совпадают. Поэтому одна центральная проекция точки не позволяет однозначно определить положение точки в пространстве.

Таким образом, для однозначного определения положения точки в пространстве необходимы дополнительные условия, например, можно задать второй центр проекций.

Так как любая линия или поверхность состоит из множества точек, то центральная проекция этой линии или поверхности может быть построена как множество центральных проекций всех ее точек. При этом проецирующие прямые образуют проецирующую поверхность или могут оказаться в одной плоскости, которая называется проецирующей.

Для построения проекций линий, поверхностей или тел часто достаточно построить проекции лишь некоторых характерных точек. Например, для построения проекции треугольника достаточно построить проекции его вершин.





Прямоугольное или ортогональное проецирование является частным случаем параллельного проецирования, при котором проецирующие прямые перпендикулярны плоскости проекций. Соответственно, прямоугольной или ортогональной проекцией точки называют точку пересечения ортогональной проецирующей прямой с плоскостью проекций.

Кроме свойств параллельных косоугольных проекций ортогональные проекции имеют следующее свойство:

- прямоугольные проекции двух взаимно перпендикулярных прямых, одна из которых параллельна плоскости проекций, а другая не перпендикулярна ей, взаимно перпендикулярны

В силу своих преимуществ (простота геометрических построений, сохранение на проекциях при определенных условиях формы и размеров проецируемой фигуры) прямоугольное проецирование применяется для разработки чертежей.

Накопленные сведения и приемы изображения на плоскости пространственных форм впервые систематизировал и развил французский ученый конца XVIII – начала XIX века Гаспар Монж (1746-1818 гг).

Гаспар Монж – крупный французский ученый, инженер, общественный и государственный деятель в период революции 1789-1794 гг. и правления Наполеона I, участник работы по введению метрической системы мер и весов.

Изложенный Монжем метод заключается в ортогональном проецировании на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций, обеспечивая выразительность и точность изображений объемных форм на плоскости. Это основной метод составления технических чертежей.

Причем использование указанного метода позволяет обеспечить обратимость чертежа, т. е. возможность установления истинного положения точки в пространстве по ее ортогональным проекциям.

## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**Тема: Изучение проецирования прямой линии.**

**Цель работы:**

- овладеть навыками ортогонального проецирования прямой на три плоскости проекций;
- научиться строить проекции прямой в заданном октанте и четверти.

**Задачи работы:**

- 1) Построить на эюре Монжа горизонтальные, фронтальные и профильные проекции прямых **А В**, **В С** и **А С** согласно варианта.
- 2) По проекциям прямых найти положение отрезка в пространстве.
- 3) Оформить чертеж по всем правилам оформления, предусмотренным ЕСКД (единой системой конструкторской документации).

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

**2.4.4 Описание (ход) работы:**

**Правила оформления:**

- 1) Тип линий

- проекций прямых – сплошная основная;

- осей координат, плоскостей проекций – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{2}$ ;

- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$ .

- 2) Размер шрифта на чертеже:

- буквенных обозначений – 7;

- цифровая градуировка осей координат – 5.

- 3) Обозначения на чертеже:

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (А, В, С);

- проекций точек на координатных осях – буквами Ах, Ау, Аz и т. д.

4) Координаты точек согласно варианта задания в виде таблицы изобразить в правом верхнем углу поля чертежа.

#### Варианты заданий:

№варианта	Прямая	Вид *	Октант	№варианта	Прямая	Вид *	Октант
1	АВ	ОП	1	16	АВ	ОП	6
	АС	ГП	3		АС	ГП	5
	ВС	ФПП	7		ВС	ФПП	7
2	АВ	ОП	2	17	АВ	ОП	7
	АС	ФП	1		АС	ФП	8
	ВС	ППП	8		ВС	ППП	1
3	АВ	ОП	3	18	АВ	ОП	8
	АС	ПП	8		АС	ПП	7
	ВС	ГПП	1		ВС	ГПП	1
4	АВ	ГП	2	19	АВ	ГП	4
	АС	ГПП	3		АС	ГПП	2
	ВС	ППП	7		ВС	ППП	8
5	АВ	ГП	7	20	АВ	ГП	3
	АС	ПП	3		АС	ПП	5
	ВС	ГПП	2		ВС	ГПП	6
6	АВ	ГП	8	21	АВ	ГП	2
	АС	ФПП	4		АС	ФПП	5
	ВС	ФП	2		ВС	ФП	4
7	АВ	ФП	3	22	АВ	ФП	5
	АС	ПП	4		АС	ПП	6
	ВС	ППП	6		ВС	ППП	2
8	АВ	ФП	4	23	АВ	ФП	6
	АС	ГПП	5		АС	ГПП	5
	ВС	ФПП	1		ВС	ФПП	4
9	АВ	ФП	5	24	АВ	ФП	2
	АС	ФПП	8		АС	ФПП	3
	ВС	ППП	4		ВС	ППП	7
10	АВ	ПП	3	25	АВ	ПП	4
	АС	ГПП	4		АС	ГПП	8
	ВС	ППП	5		ВС	ППП	1
11	АВ	ПП	8	26	АВ	ПП	3
	АС	ГПП	6		АС	ГПП	4
	ВС	ФПП	8		ВС	ФПП	2
12	АВ	ГП	6	27	АВ	ГП	1
	АС	ФП	7		АС	ФП	8
	ВС	ПП	1		ВС	ПП	2
13	АВ	ГПП	7	28	АВ	ГПП	7
	АС	ФПП	6		АС	ФПП	1
	ВС	ППП	3		ВС	ППП	4
14	АВ	ОП	4	29	АВ	ОП	5
	АС	ФП	6		АС	ФП	7
	ВС	ПП	8		ВС	ПП	1
15	АВ	ОП	5	30	АВ	ОП	7
	АС	ГПП	8		АС	ГПП	1
	ВС	ППП	2		ВС	ППП	3

\* Примечание: ОП – прямая общего положения; ГП – горизонтальная прямая; ФП – фронтальная прямая; ПП – профильная прямая; ГПП – горизонтально-проецирующая прямая; ФПП – фронтально-проецирующая прямая; ППП – профильно-проецирующая прямая.

## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**Тема: Изучение плоскости.**

**Цель работы:**

- овладеть навыками определения следов плоскости по следам прямых линий, лежащих в плоскости;

**Задачи работы:**

- 1) Построить на эпюре Монжа плоскость, заданную тремя точками А, В и С;
- 2) Определить горизонтальный, фронтальный и профильный след плоскости, заданной треугольником.
- 3) Оформить чертеж по всем правилам оформления, предусмотренным ЕСКД (единой системой конструкторской документации).

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

**2.6.4 Описание (ход) работы:**

**Правила оформления:**

1) Тип линий

- проекций прямых линий – сплошная основная;
  - следов плоскости – сплошная основная цветным карандашом;
  - осей координат, продолжений проекций – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{2}$ ;
  - линий связи – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$ .
- 2) Размер шрифта на чертеже:
- буквенных обозначений – 7;
  - цифровая градуировка осей координат – 5.
- 3) Обозначения на чертеже:
- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (А, В, С);
  - горизонтального, фронтального и профильного следа прямой линии – соответственно М, N, Р;
  - горизонтального, фронтального и профильного следа плоскости – соответственно  $h'_{\text{оABC}}$ ,  $f'_{\text{оABC}}$ ,  $p'_{\text{оABC}}$ ;
  - точек схода следов по осям X, Y и Z соответственно  $X_{\text{оABC}}$ ,  $Y_{\text{оABC}}$  и  $Z_{\text{оABC}}$ .
- 4) Координаты точек согласно варианта задания в виде таблицы изобразить в правом верхнем углу поля чертежа.

### Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z
1	A	65	10	20	16	A	70	20	0
	B	10	20	0		B	45	10	50
	C	0	60	60		C	0	10	20
2	A	70	0	60	17	A	70	45	60
	B	45	50	10		B	40	55	0
	C	0	20	10		C	0	10	45
3	A	70	60	45	18	A	65	0	20
	B	40	0	55		B	40	55	55
	C	0	45	10		C	0	5	50
4	A	65	20	0	19	A	60	10	60

	B	40	5	55		B	45	55	15
	C	0	50	5		C	0	25	5
5	A	60	60	10	20	A	60	20	65
	B	45	15	55		B	45	50	20
	C	0	5	25		C	5	10	10
6	A	60	65	20	21	A	65	0	15
	B	45	20	80		B	40	55	0
	C	5	10	10		C	0	20	40
7	A	65	15	0	22	A	60	30	65
	B	40	0	55		B	45	60	10
	C	0	40	20		C	5	20	10
8	A	60	65	30	23	A	75	0	25
	B	45	10	60		B	30	50	5
	C	5	10	20		C	10	20	60
9	A	75	25	0	24	A	80	10	20
	B	30	5	50		B	45	70	0
	C	10	60	20		C	0	40	45
10	A	80	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	0	70		B	25	5	5
	C	0	45	40		C	0	25	50
11	A	65	20	55	26	A	75	25	5
	B	20	5	5		B	35	65	55
	C	0	50	25		C	0	0	25
12	A	75	5	15	27	A	80	40	0
	B	35	55	65		B	0	70	20
	C	0	25	0		C	30	0	45
13	A	80	0	40	28	A	65	10	20
	B	0	20	70		B	45	70	40
	C	30	45	0		C	10	45	0
14	A	70	10	20	29	A	70	0	60
	B	50	45	50		B	40	5	20
	C	0	25	10		C	0	60	5
15	A	65	20	10	30	A	65	60	45
	B	10	0	20		B	10	20	0
	C	0	60	60		C	0	20	10

### СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**Тема:** Изучения пересечения плоскостей. Взаимное положение прямой линии и плоскости.

**Цель работы:**

- научиться определять линии пересечения плоскости частного положения с плоскостью общего положения.

**Задачи работы:**

- 1) Построить плоскость общего положения ABC, используя координаты согласно варианту;
- 2) Пересечь данную плоскость плоскостями частного положения и определить их линии пересечения.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

**2.8.4 Описание (ход) работы:**

**Правила оформления:**

- 1) Тип линий
- проекций прямых линий – сплошная основная;

- следов плоскости – сплошная основная цветным карандашом;
- осей координат, продолжений проекций, главных линий плоскости – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{2}$ ;
- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$ .

2) Размер шрифта на чертеже:

- буквенных обозначений – 7;
- цифровая градуировка осей координат – 5.

3) Обозначения на чертеже:

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (А, В, С);
- горизонтального, фронтального и профильного следа прямой линии –соответственно М, N, Р;
- горизонтального, фронтального и профильного следа плоскости – соответственно  $h'_{\text{оABC}}$ ,  $f'_{\text{оABC}}$ ,  $p'_{\text{оABC}}$ ;
- других плоскостей –  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ;
- точек схода следов по осям X, Y и Z соответственно  $X_{\text{оABC}}$ ,  $Y_{\text{оABC}}$  и  $Z_{\text{оABC}}$ ;
- главных линий плоскости строчными буквами латинского алфавита (a, b).

4) Координаты точек согласно варианта задания в виде таблицы изобразить в правом верхнем углу поля чертежа.

#### Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1	A	65	10	20	11	A	65	20	55	21	A	65	0	15
	B	10	20	0		B	20	5	5		B	40	55	0
	C	0	60	60		C	0	50	25		C	0	20	40
	D	35	70	5		D	60	15	10		D	55	50	60
2	A	70	0	60	12	A	75	5	15	22	A	60	30	65
	B	45	50	10		B	35	55	65		B	45	60	10
	C	0	20	10		C	0	25	0		C	5	20	10
	D	20	50	55		D	65	55	0		D	75	10	15
3	A	70	60	45	13	A	80	0	40	23	A	75	0	25
	B	40	0	55		B	0	20	70		B	30	50	5
	C	0	45	10		C	30	45	0		C	10	20	60
	D	65	15	0		D	70	55	65		D	60	55	55
4	A	65	20	0	14	A	70	10	20	24	A	80	10	20
	B	40	5	55		B	50	45	50		B	45	70	0
	C	0	50	5		C	0	25	10		C	0	40	45
	D	70	65	55		D	60	55	0		D	10	15	0
5	A	60	60	10	15	A	65	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	15	55		B	10	0	20		B	25	5	5
	C	0	5	25		C	0	60	60		C	0	25	50
	D	10	45	55		D	35	5	70		D	60	10	55
6	A	60	65	20	16	A	70	20	0	26	A	75	25	5
	B	45	20	80		B	45	10	50		B	35	65	55
	C	5	10	10		C	0	10	20		C	0	0	25
	D	70	20	10		D	20	55	50		D	65	0	55
7	A	65	15	0	17	A	70	45	60	27	A	80	40	0
	B	40	0	55		B	40	55	0		B	0	70	20
	C	0	40	20		C	0	10	45		C	30	0	45
	D	55	60	50		D	65	0	15		D	70	65	55
8	A	60	65	30	18	A	65	0	20	28	A	65	10	20

	B	45	10	60		B	40	55	55		B	45	70	40
	C	5	10	20		C	0	5	50		C	10	45	0
	D	75	15	10		D	70	55	65		D	70	65	55
9	A	75	25	0	19	A	60	10	60	29	A	70	0	60
	B	30	5	50		B	45	55	15		B	40	5	20
	C	10	60	20		C	0	25	5		C	0	60	5
	D	60	55	55		D	10	55	45		D	45	50	5
10	A	80	20	10	20	A	60	20	65	30	A	65	60	45
	B	45	0	70		B	45	50	20		B	10	20	0
	C	0	45	40		C	5	10	10		C	0	20	10
	D	10	0	15		D	70	10	20		D	65	15	0



## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Тема: Изучение взаимного положения прямой линии и плоскости.

### Цель работы:

- научиться определять взаимное положение прямой и плоскости.

### Задачи работы:

- 1) Через точку D провести прямую, параллельную плоскости треугольника ABC.
- 2) Определить точку встречи прямой общего положения с плоскостью треугольника ABC.
- 3) Определить точку встречи прямой частного положения с плоскостью треугольника ABC.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

### Описание (ход) работы:

#### Правила оформления:

##### 1) Тип линий

- проекций прямых линий – сплошная основная;
- следов плоскости – сплошная основная цветным карандашом;
- осей координат, продолжений проекций, главных линий плоскости – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{2}$ ;

- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$ .

##### 2) Размер шрифта на чертеже:

- буквенных обозначений – 7;
- цифровая градуировка осей координат – 5.

##### 3) Обозначения на чертеже:

- точек – полными кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (A, B, C);
- горизонтального, фронтального и профильного следа прямой линии – соответственно M, N, P;
- горизонтального, фронтального и профильного следа плоскости – соответственно  $h'_{\triangle ABC}$ ,  $f'_{\triangle ABC}$ ,  $p'''_{\triangle ABC}$ ;
- других плоскостей –  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ;
- точек схода следов по осям X, Y и Z соответственно  $X_{\triangle ABC}$ ,  $Y_{\triangle ABC}$  и  $Z_{\triangle ABC}$ ;
- главных линий плоскости строчными буквами латинского алфавита (a, b).

##### 4) Координаты точек согласно варианта задания в виде таблицы изобразить в правом верхнем углу поля чертежа.

### Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1	A	65	10	20	11	A	65	20	55	21	A	65	0	15
	B	10	20	0		B	20	5	5		B	40	55	0
	C	0	60	60		C	0	50	25		C	0	20	40
	D	35	70	5		D	60	15	10		D	55	50	60
2	A	70	0	60	12	A	75	5	15	22	A	60	30	65
	B	45	50	10		B	35	55	65		B	45	60	10
	C	0	20	10		C	0	25	0		C	5	20	10
	D	20	50	55		D	65	55	0		D	75	10	15
3	A	70	60	45	13	A	80	0	40	23	A	75	0	25
	B	40	0	55		B	0	20	70		B	30	50	5
	C	0	45	10		C	30	45	0		C	10	20	60
	D	65	15	0		D	70	55	65		D	60	55	55
4	A	65	20	0	14	A	70	10	20	24	A	80	10	20

	B	40	5	55		B	50	45	50		B	45	70	0
	C	0	50	5		C	0	25	10		C	0	40	45
	D	70	65	55		D	60	55	0		D	10	15	0
5	A	60	60	10	15	A	65	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	15	55		B	10	0	20		B	25	5	5
	C	0	5	25		C	0	60	60		C	0	25	50
	D	10	45	55		D	35	5	70		D	60	10	55
6	A	60	65	20	16	A	70	20	0	26	A	75	25	5
	B	45	20	80		B	45	10	50		B	35	65	55
	C	5	10	10		C	0	10	20		C	0	0	25
	D	70	20	10		D	20	55	50		D	65	0	55
7	A	65	15	0	17	A	70	45	60	27	A	80	40	0
	B	40	0	55		B	40	55	0		B	0	70	20
	C	0	40	20		C	0	10	45		C	30	0	45
	D	55	60	50		D	65	0	15		D	70	65	55
8	A	60	65	30	18	A	65	0	20	28	A	65	10	20
	B	45	10	60		B	40	55	55		B	45	70	40
	C	5	10	20		C	0	5	50		C	10	45	0
	D	75	15	10		D	70	55	65		D	70	65	55
9	A	75	25	0	19	A	60	10	60	29	A	70	0	60
	B	30	5	50		B	45	55	15		B	40	5	20
	C	10	60	20		C	0	25	5		C	0	60	5
	D	60	55	55		D	10	55	45		D	45	50	5
10	A	80	20	10	20	A	60	20	65	30	A	65	60	45
	B	45	0	70		B	45	50	20		B	10	20	0
	C	0	45	40		C	5	10	10		C	0	20	10
	D	10	0	15		D	70	10	20		D	65	15	0

## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**Тема: Изучения способа замены плоскостей проекций.**

### Цель работы:

- освоить способ замены плоскостей проекций;
- овладеть методикой решения задач преобразования способом замены плоскостей проекций.

### Задачи работы:

- 1) Определить натуральную величину отрезка AS способом замены плоскостей проекций;
- 2) Перевести прямую АВ в проецирующее положение способом замены плоскостей проекций;
- 3) Перевести треугольник ABC в проецирующее положение способом замены плоскостей проекций;
- 4) Определить натуральный вид треугольника ABC способом замены плоскостей проекций.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

### Описание (ход) работы:

#### Правила оформления:

##### 1) Тип линий

- проекций отрезков прямых линий – сплошная основная;
- натуральной величины расстояния между прямыми AS и BC, проекции двугранного угла – сплошная основная цветным карандашом;

- осей координат, продолжений проекций – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{2}$ ;

- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$ .

##### 2) Размер шрифта на чертеже:

- буквенных и цифровых обозначений – 7;
- цифровая градуировка осей координат – 5.

##### 3) Обозначения на чертеже:

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (А, В, С);
- новых плоскостей проекций –  $\pi_4$ ,  $\pi_5$  и т.д.

4) Координаты точек согласно варианта задания в виде таблицы изобразить в правом верхнем углу поля чертежа.

### Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1	A	45	5	55	11	A	10	20	10	21	A	75	0	25
	B	5	45	10		B	55	50	10		B	30	50	15
	C	70	15	0		C	80	0	60		C	10	20	50
	S	65	65	50		S	20	50	45		S	60	55	45
2	A	65	0	20	12	A	75	20	0	22	A	45	60	20
	B	0	50	60		B	5	10	15		B	0	20	10
	C	10	10	0		C	55	50	30		C	60	30	65
	S	35	60	5		S	65	0	40		S	75	25	20
3	A	35	60	35	13	A	45	55	5	23	A	60	20	65
	B	5	25	10		B	5	10	50		B	45	60	10
	C	60	30	5		C	70	0	20		C	5	20	10
	S	55	10	50		S	75	55	65		S	75	10	25
4	A	80	20	10	14	A	80	0	30	24	A	45	55	15

	B	45	0	70		B	10	15	10		B	0	25	5
	C	0	45	40		C	60	30	50		C	60	10	60
	S	10	0	15		S	70	45	0		S	60	20	10
5	A	40	5	55	15	A	45	55	5	25	A	10	10	20
	B	0	50	10		B	5	10	45		B	55	10	50
	C	65	20	0		C	70	0	45		C	80	60	0
	S	70	65	35		S	65	50	65		S	20	45	50
6	A	75	15	50	16	A	65	20	0	26	A	75	0	20
	B	35	0	0		B	0	60	50		B	5	15	10
	C	10	45	20		C	10	0	10		C	55	30	50
	S	70	50	5		S	35	5	60		S	65	45	0
7	A	75	25	0	17	A	35	35	60	27	A	45	5	55
	B	30	15	50		B	5	10	25		B	5	50	10
	C	10	50	20		C	60	5	30		C	70	20	0
	S	60	45	55		S	55	50	10		S	75	65	55
8	A	45	20	60	18	A	80	10	20	28	A	40	20	60
	B	0	10	20		B	45	70	0		B	5	20	30
	C	60	65	20		C	0	40	45		C	60	55	20
	S	75	25	10		S	10	15	0		S	70	30	5
9	A	60	65	20	19	A	40	55	5	29	A	60	55	20
	B	45	10	60		B	30	10	50		B	40	5	70
	C	5	10	20		C	65	0	20		C	0	20	15
	S	75	25	20		S	70	55	65		S	65	30	15
10	A	45	15	55	20	A	75	50	10	30	A	45	20	45
	B	0	5	25		B	35	0	0		B	5	5	25
	C	60	60	10		C	10	20	45		C	50	50	10
	S	60	10	20		S	70	5	50		S	65	15	25

## СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ

**Тема: Изучения способа вращения.**

### Цель работы:

- освоить способ вращения;
- овладеть методикой решения задач преобразования способом вращения.

### Задачи работы:

- 1) Определить натуральную величину отрезка AS способом вращения;
- 2) Перевести прямую АВ в проецирующее положение способом вращения;
- 3) Перевести треугольник ABC в проецирующее положение способом вращения;
- 4) Определить натуральный вид треугольника ABC способом вращения.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

### Описание (ход) работы:

#### Правила оформления:

##### 1) Тип линий

- проекций отрезков прямых линий – сплошная основная;
- натуральной величины расстояния между прямыми AS и BC, проекции двугранного угла – сплошная основная цветным карандашом;

- осей координат, продолжений проекций – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{2}$ ;

- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$ .

##### 2) Размер шрифта на чертеже:

- буквенных и цифровых обозначений – 7;
- цифровая градуировка осей координат – 5.

##### 3) Обозначения на чертеже:

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (А, В, С);
- новых плоскостей проекций –  $\pi_4$ ,  $\pi_5$  и т.д.

- 4) Координаты точек согласно варианта задания в виде таблицы изобразить в правом верхнем углу поля чертежа.

### Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1	A	45	5	55	11	A	10	20	10	21	A	75	0	25
	B	5	45	10		B	55	50	10		B	30	50	15
	C	70	15	0		C	80	0	60		C	10	20	50
	S	65	65	50		S	20	50	45		S	60	55	45
2	A	65	0	20	12	A	75	20	0	22	A	45	60	20
	B	0	50	60		B	5	10	15		B	0	20	10
	C	10	10	0		C	55	50	30		C	60	30	65
	S	35	60	5		S	65	0	40		S	75	25	20
3	A	35	60	35	13	A	45	55	5	23	A	60	20	65
	B	5	25	10		B	5	10	50		B	45	60	10
	C	60	30	5		C	70	0	20		C	5	20	10
	S	55	10	50		S	75	55	65		S	75	10	25
4	A	80	20	10	14	A	80	0	30	24	A	45	55	15

	B	45	0	70		B	10	15	10		B	0	25	5
	C	0	45	40		C	60	30	50		C	60	10	60
	S	10	0	15		S	70	45	0		S	60	20	10
5	A	40	5	55	15	A	45	55	5	25	A	10	10	20
	B	0	50	10		B	5	10	45		B	55	10	50
	C	65	20	0		C	70	0	45		C	80	60	0
	S	70	65	35		S	65	50	65		S	20	45	50
6	A	75	15	50	16	A	65	20	0	26	A	75	0	20
	B	35	0	0		B	0	60	50		B	5	15	10
	C	10	45	20		C	10	0	10		C	55	30	50
	S	70	50	5		S	35	5	60		S	65	45	0
7	A	75	25	0	17	A	35	35	60	27	A	45	5	55
	B	30	15	50		B	5	10	25		B	5	50	10
	C	10	50	20		C	60	5	30		C	70	20	0
	S	60	45	55		S	55	50	10		S	75	65	55
8	A	45	20	60	18	A	80	10	20	28	A	40	20	60
	B	0	10	20		B	45	70	0		B	5	20	30
	C	60	65	20		C	0	40	45		C	60	55	20
	S	75	25	10		S	10	15	0		S	70	30	5
9	A	60	65	20	19	A	40	55	5	29	A	60	55	20
	B	45	10	60		B	30	10	50		B	40	5	70
	C	5	10	20		C	65	0	20		C	0	20	15
	S	75	25	20		S	70	55	65		S	65	30	15
10	A	45	15	55	20	A	75	50	10	30	A	45	20	45
	B	0	5	25		B	35	0	0		B	5	5	25
	C	60	60	10		C	10	20	45		C	50	50	10
	S	60	10	20		S	70	5	50		S	65	15	25



## СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Тема: «Проецирование гранных тел»

### Цель работы:

- научиться строить проекции гранных тел на три плоскости проекций;
- освоить общие приемы разворачивания гранных поверхностей.

### Задачи работы:

- 1) Построить проекции гранного тела на три плоскости проекций;
- 2) Построить развертку гранного тела.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

### Описание (ход) работы:

#### Правила оформления:

##### 1) Тип линий

- проекций отрезков прямых линий – сплошная основная;
- натурального размера фигуры сечения, секущей плоскости – сплошная основная цветным карандашом;

- осей координат – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{2}$ ;

- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$ .

##### 2) Размер шрифта на чертеже:

- буквенных и цифровых обозначений – 7;
- цифровая градуировка осей координат – 5.

##### 3) Обозначения на чертеже:

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (А, В, С);
- секущей плоскости –  $\alpha$  (точки схода следов –  $X_{o\alpha}$ ,  $Y_{o\alpha}$ ,  $Z_{o\alpha}$ );
- новых плоскостей проекций –  $\pi_4$ ,  $\pi_5$ .

4) Координаты точек согласно варианта задания в виде таблицы изобразить в правом верхнем углу поля чертежа.

### Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1 призма	A	75	40	0	11 призма	A	80	40	0	21 призма	A	10	45	0
	B	40	75	0		B	45	70	0		B	70	35	0
	C	15	30	0		C	15	35	0		C	35	80	0
	X <sub>oα</sub>	100	0	0		X <sub>oα</sub>	105	0	0		X <sub>oα</sub>	90	0	0
	Z <sub>oα</sub>	0	0	75		Z <sub>oα</sub>	0	0	80		Z <sub>oα</sub>	0	0	40
	h	75				h	60				h	75		
2 призма	A	75	30	0	12 призма	A	80	25	0	22 призма	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	X <sub>oα</sub>	130	0	0		X <sub>oα</sub>	125	0	0		X <sub>oα</sub>	135	0	0
	Y <sub>oα</sub>	0	90	0		Y <sub>oα</sub>	0	95	0		Y <sub>oα</sub>	0	70	0
	Z <sub>oα</sub>	0	0	60		Z <sub>oα</sub>	0	0	80		Z <sub>oα</sub>	0	0	60
	h	75				h	60				h	75		

3 призма	A	5	70	0	13 призма	A	10	10	0	23 призма	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	X <sub>оа</sub>	80	0	0		X <sub>оа</sub>	65	0	0		X <sub>оа</sub>	70	0	0
	Z <sub>оа</sub>	0	0	35		Z <sub>оа</sub>	0	0	45		Z <sub>оа</sub>	0	0	85
	h	65				h	45				h	85		
4 призма	A	0	0	0	14 призма	A	15	0	55	24 призма	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	X <sub>оа</sub>	115	0	0		X <sub>оа</sub>	130	0	0		X <sub>оа</sub>	90	0	0
	Y <sub>оа</sub>	0	60	0		Y <sub>оа</sub>	0	90	0		Y <sub>оа</sub>	0	50	0
	Z <sub>оа</sub>	0	0	70		Z <sub>оа</sub>	0	0	110		Z <sub>оа</sub>	0	0	95
h	60			h	90			h	55					
5 призма	A	10	0	10	15 призма	A	85	0	70	25 призма	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	X <sub>оа</sub>	85	0	0		X <sub>оа</sub>	90	0	0		X <sub>оа</sub>	75	0	0
	Y <sub>оа</sub>	0	60	0		Y <sub>оа</sub>	0	55	0		Y <sub>оа</sub>	0	75	0
	h	60				h	70				h	90		
6 пирамид а	A	90	45	0	16 пирамид а	A	85	20	0	26 пирамид а	A	10	45	0
	B	30	75	0		B	60	60	0		B	70	35	0
	C	0	30	0		C	0	20	0		C	35	80	0
	S	50	50	75		S	40	35	75		S	55	55	80
	X <sub>оа</sub>	100	0	0		X <sub>оа</sub>	95	0	0		X <sub>оа</sub>	80	0	0
	Z <sub>оа</sub>	0	0	60		Z <sub>оа</sub>	0	0	45		Z <sub>оа</sub>	0	0	80
7 пирамид а	A	75	30	0	17 пирамид а	A	80	25	0	27 пирамид а	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	S	40	55	85		S	60	45	70		S	15	35	70
	X <sub>оа</sub>	95	0	0		X <sub>оа</sub>	100	0	0		X <sub>оа</sub>	70	0	0
	Z <sub>оа</sub>	0	0	70		Z <sub>оа</sub>	0	0	50		Z <sub>оа</sub>	0	0	55
8 пирамид а	A	5	70	0	18 пирамид а	A	10	10	0	28 пирамид а	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	S	40	20	80		S	25	60	85		S	30	40	90
	X <sub>оа</sub>	90	0	0		X <sub>оа</sub>	110	0	0		X <sub>оа</sub>	95	0	0
	Z <sub>оа</sub>	0	0	75		Z <sub>оа</sub>	0	0	70		Z <sub>оа</sub>	0	0	65
9 пирамид а	A	0	0	0	19 пирамид а	A	15	0	55	29 пирамид а	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	S	65	85	20		S	30	75	40		S	55	65	15
	X <sub>оа</sub>	90	0	0		X <sub>оа</sub>	65	0	0		X <sub>оа</sub>	75	0	0
	Y <sub>оа</sub>	0	85	0		Y <sub>оа</sub>	0	60	0		Y <sub>оа</sub>	0	90	0
10 пирамид а	A	10	0	10	20 пирамид а	A	85	0	70	30 пирамид а	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	S	45	50	35		S	70	70	60		S	40	80	50
	X <sub>оа</sub>	120	0	0		X <sub>оа</sub>	100	0	0		X <sub>оа</sub>	95	0	0
	Y <sub>оа</sub>	0	90	0		Y <sub>оа</sub>	0	55	0		Y <sub>оа</sub>	0	70	0

## СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ

### Тема: «Проецирование тел вращения»

#### Цель работы:

- овладеть навыками определения проекций и натурального вида фигуры сечения гранного тела плоскостью;
- научиться строить развертку гранного тела, рассеченного плоскостью.

#### Задачи работы:

- 1) Определить проекции и натуральный вид фигуры сечения гранного тела плоскостью;
- 2) На развертке гранного тела построить линию пересечения.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

#### Описание (ход) работы:

##### Правила оформления:

###### 1) Тип линий

- проекций отрезков прямых линий – сплошная основная;
- натурального размера фигуры сечения, секущей плоскости – сплошная основная цветным карандашом;

- осей координат – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{2}$ ;

- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$ .

###### 2) Размер шрифта на чертеже:

- буквенных и цифровых обозначений – 7;
- цифровая градуировка осей координат – 5.

###### 3) Обозначения на чертеже:

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (А, В, С);
- секущей плоскости –  $\alpha$  (точки схода следов –  $X_{o\alpha}$ ,  $Y_{o\alpha}$ ,  $Z_{o\alpha}$ );
- новых плоскостей проекций –  $\pi_4$ ,  $\pi_5$ .

###### 4) Координаты точек согласно варианта задания в виде таблицы изобразить в правом верхнем углу поля чертежа.

#### Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1 призма	A	75	40	0	11 призма	A	80	40	0	21 призма	A	10	45	0
	B	40	75	0		B	45	70	0		B	70	35	0
	C	15	30	0		C	15	35	0		C	35	80	0
	X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	105	0	0		X <sub>оα</sub>	90	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	75		Z <sub>оα</sub>	0	0	80		Z <sub>оα</sub>	0	0	40
	h	75				h	60				h	75		
2 призма	A	75	30	0	12 призма	A	80	25	0	22 призма	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	X <sub>оα</sub>	130	0	0		X <sub>оα</sub>	125	0	0		X <sub>оα</sub>	135	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	90	0		Y <sub>оα</sub>	0	95	0		Y <sub>оα</sub>	0	70	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	60		Z <sub>оα</sub>	0	0	80		Z <sub>оα</sub>	0	0	60
	h	75				h	60				h	75		
3 призма	A	5	70	0	13 призма	A	10	10	0	23 призма	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0

	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	X <sub>оа</sub>	80	0	0		X <sub>оа</sub>	65	0	0		X <sub>оа</sub>	70	0	0
	Z <sub>оа</sub>	0	0	35		Z <sub>оа</sub>	0	0	45		Z <sub>оа</sub>	0	0	85
	h	65				h	45				h	85		
4 призма	A	0	0	0	14 призма	A	15	0	55	24 призма	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	X <sub>оа</sub>	115	0	0		X <sub>оа</sub>	130	0	0		X <sub>оа</sub>	90	0	0
	Y <sub>оа</sub>	0	60	0		Y <sub>оа</sub>	0	90	0		Y <sub>оа</sub>	0	50	0
	Z <sub>оа</sub>	0	0	70		Z <sub>оа</sub>	0	0	110		Z <sub>оа</sub>	0	0	95
	h	60				h	90				h	55		
5 призма	A	10	0	10	15 призма	A	85	0	70	25 призма	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	X <sub>оа</sub>	85	0	0		X <sub>оа</sub>	90	0	0		X <sub>оа</sub>	75	0	0
	Y <sub>оа</sub>	0	60	0		Y <sub>оа</sub>	0	55	0		Y <sub>оа</sub>	0	75	0
	h	60				h	70				h	90		
6 пирамид а	A	90	45	0	16 пирамид а	A	85	20	0	26 пирамид а	A	10	45	0
	B	30	75	0		B	60	60	0		B	70	35	0
	C	0	30	0		C	0	20	0		C	35	80	0
	S	50	50	75		S	40	35	75		S	55	55	80
	X <sub>оа</sub>	100	0	0		X <sub>оа</sub>	95	0	0		X <sub>оа</sub>	80	0	0
	Z <sub>оа</sub>	0	0	60		Z <sub>оа</sub>	0	0	45		Z <sub>оа</sub>	0	0	80
7 пирамид а	A	75	30	0	17 пирамид а	A	80	25	0	27 пирамид а	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	S	40	55	85		S	60	45	70		S	15	35	70
	X <sub>оа</sub>	95	0	0		X <sub>оа</sub>	100	0	0		X <sub>оа</sub>	70	0	0
	Z <sub>оа</sub>	0	0	70		Z <sub>оа</sub>	0	0	50		Z <sub>оа</sub>	0	0	55
8 пирамид а	A	5	70	0	18 пирамид а	A	10	10	0	28 пирамид а	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	S	40	20	80		S	25	60	85		S	30	40	90
	X <sub>оа</sub>	90	0	0		X <sub>оа</sub>	110	0	0		X <sub>оа</sub>	95	0	0
	Z <sub>оа</sub>	0	0	75		Z <sub>оа</sub>	0	0	70		Z <sub>оа</sub>	0	0	65
9 пирамид а	A	0	0	0	19 пирамид а	A	15	0	55	29 пирамид а	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	S	65	85	20		S	30	75	40		S	55	65	15
	X <sub>оа</sub>	90	0	0		X <sub>оа</sub>	65	0	0		X <sub>оа</sub>	75	0	0
	Y <sub>оа</sub>	0	85	0		Y <sub>оа</sub>	0	60	0		Y <sub>оа</sub>	0	90	0
10 пирамид а	A	10	0	10	20 пирамид а	A	85	0	70	30 пирамид а	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	S	45	50	35		S	70	70	60		S	40	80	50
	X <sub>оа</sub>	120	0	0		X <sub>оа</sub>	100	0	0		X <sub>оа</sub>	95	0	0
	Y <sub>оа</sub>	0	90	0		Y <sub>оа</sub>	0	55	0		Y <sub>оа</sub>	0	70	0

## **СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

**Тема: «Изучение изображения – разрезы»**

**Цель работы:**

- овладеть навыками выполнять разрезы;

**Задачи работы:**

1) выполнить разрезы;

**Описание (ход) работы:**

Задачи

Некоторые задания на выполнение разрезов:

- По двум заданным проекциям детали построить её третий вид и выполнить простой разрез на свободном поле чертежа для выявления внутреннего контура.
- По заданной аксонометрической проекции предмета вычертить в проекционной связи три его изображения, выполнив необходимые разрезы.
- Выполнить ступенчатый разрез по заданному положению секущих плоскостей на месте главного изображения и вида слева.

## **СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

**Тема: «Правила оформления чертежей»**

**Цель работы:**

- познакомиться с содержанием ЕСКД в области правил оформления чертежей.

**Задачи работы:**

1) Усвоить правила оформления чертежей.

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

1. Методические указания.

2. Тематические плакаты.

**Описание (ход) работы:**

правила нанесения размеров и предельных отклонений в чертежах ГОСТ 2.307 - 68

Настоящий стандарт устанавливает правила нанесения размеров и предельных отклонений в чертежах и других технических документах на изделия всех отраслей промышленности и строительства.

### **1. Основные требования**

1.1. Основанием для определения величины изображенного изделия и его элементов служат размерные числа, нанесенные на чертеже.

Исключение составляют случаи, предусмотренные в ГОСТ 2.414; ГОСТ 2.417; ГОСТ 2.411 когда величину изделия или его элементов определяют по изображениям, выполненным с достаточной степенью точности.

Основанием для определения требуемой точности изделия при изготовлении являются указанные на чертеже предельные отклонения размеров, а также предельные отклонения формы расположения поверхностей.

1.2. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

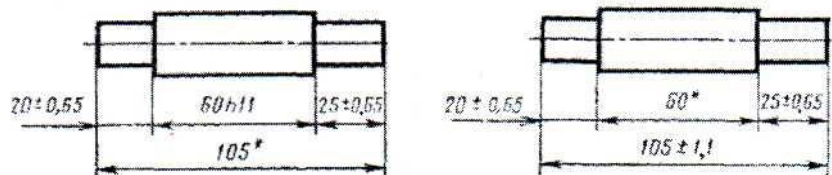
1.3. Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, называются справочными.

1.4. Справочные размеры на чертеже отмечают знаком «\*», а в технических требованиях записывают: «\*Размеры для справок». Если все размеры на чертеже справочные, их знаком «\*» не отмечают, а в технических требованиях записывают: «Размеры для справок».

1.5. На строительных чертежах справочные размеры отмечают и оговаривают только в случаях предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

1.6. К справочным относят следующие размеры:

1.7. а) один из размеров замкнутой размерной цепи. Предельные отклонения таких размеров на чертеже не указывают (черт. 1);



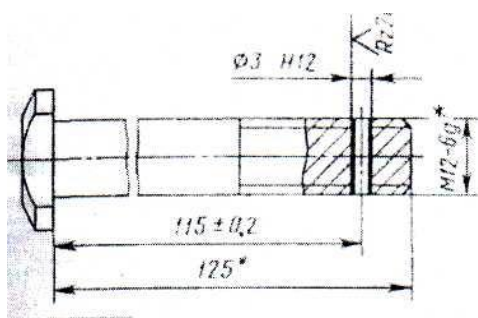
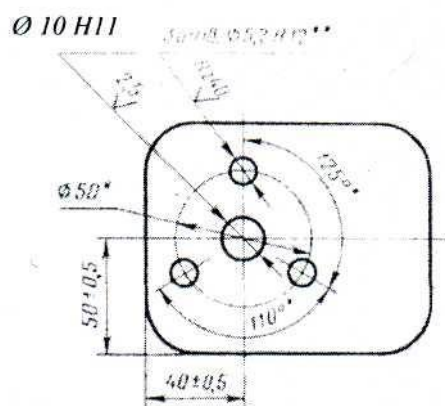
1.8.

1.9. черт. 1

1.10. \* Размеры для справок.

1.11. б) размеры, перенесенные с чертежей изделий-заготовок (черт. 2);

1.12. в) размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали (черт. 3);



\* Размеры для справок Черт. 2

1\*. Размеры для справок. 2\*. Обработать по сопрягаемой детали (или по дет...). Черт. 3

г) размеры на сборочном чертеже, по которым определяют предельные положения отдельных элементов конструкции, например ход поршня, ход штока клапана двигателя внутреннего сгорания и т.п.;

д) размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей и используемые в качестве установочных и присоединительных;

е) габаритные размеры на сборочном чертеже, перенесённые с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей;

ж) размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и другого проката, если они полностью определяются обозначением материала, приведенным в графе 3 основной надписи.

Справочные размеры, указанные в перечислениях б, в, г, е, ж, допускается наносить как с предельными отклонениями, так и без них.

Установочными и присоединительными называются размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию.



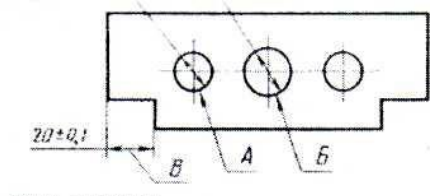
Габаритными называются размеры, определяющие предельные внешние (или внутренние) очертания изделия.

1.6. На чертежах изделий у размеров, контроль которых технически затруднен, наносят знак «\*», а в технических требованиях помещают надпись «Размеры обеспеч. INSTR.».

*Примечание.* Указанная надпись означает, что выполнение заданного чертежом размера с предельным отклонением должно гарантироваться размером инструмента или соответствующим технологическим процессом.

При этом размеры инструмента или технологический процесс проверяются периодически в процессе изготовления изделий.

Периодичность контроля инструмента или технологического процесса устанавливается предприятием-изготовителем совместно с представителем заказчика.



Допуск параллельности осей отв. А и Б — 0,05 мм.

Разность размеров В с обеих более 0,1 мм.

Черт. 4

1.7. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях, в технических требованиях, основной надписи и спецификации. Исключение составляют справочные размеры, приведенные в п. 1.5, перечислениях б и ж.

Если в технических требованиях необходимо дать ссылку на размер, нанесенный на изображение, то этот размер или соответствующий элемент обозначают буквой, а в технических требованиях помещают запись, аналогичную приведенной на черт. 4.

На строительных чертежах размеры допускается повторять.

1.8. Линейные размеры и их предельные отклонения на чертежах и в спецификациях указывают в миллиметрах, без обозначения единицы измерения.

Для размеров и предельных отклонений, приводимых в технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно указывают единицы измерения.

1.9. Если на чертеже размеры необходимо указать не в миллиметрах, а в других единицах измерения (сантиметрах, метрах и т.д.), то соответствующие размерные числа записывают обозначением единицы измерения (см, м) или указывают их в технических требованиях.

На строительных чертежах единицы измерения в этих случаях допускается не указывать, если они оговорены в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

1.10. Угловые размеры и предельные отклонения угловых размеров указывают в градусах, минутах и секундах с обозначением единицы измерения, например: 4°; 4°30'; 12°45'30"; 0°30'40"; 0°18'; 0°5'25"; 0°0'30"; 30°±1°.

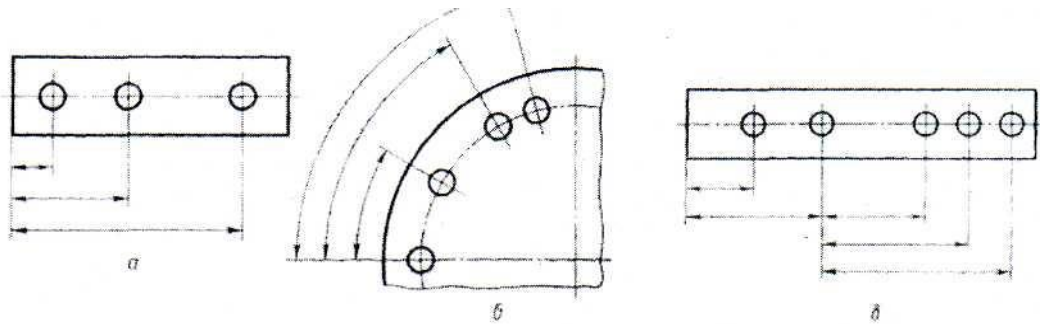
1.11. Для размерных чисел применять простые дроби не допускается, за исключением размеров в дюймах.

1.12. Размеры, определяющие расположение сопрягаемых поверхностей, проставляют как правило, от конструктивных баз с учетом возможностей выполнения и контроля этих размеров.

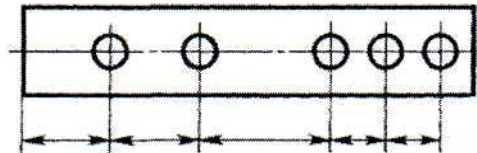
1.13. При расположении элементов предмета (отверстий, пазов, зубьев и т.п.) на одной оси или на одной окружности размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующими способами:

от общей базы (поверхности, оси) — по черт. 5 а и б;

заданием размеров между смежными элементами (цепочкой) - по черт. 6.



Черт. 5

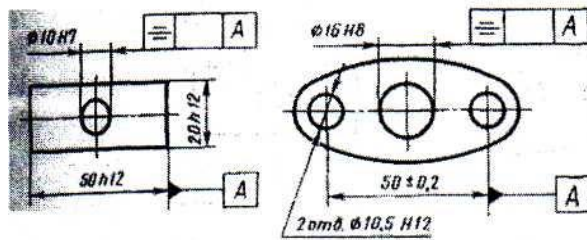


Черт. 6

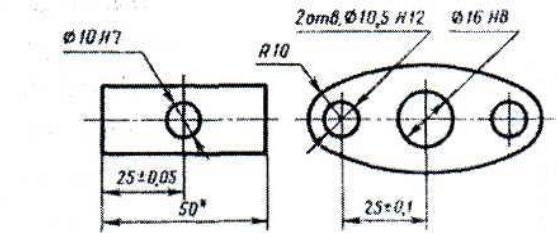
1.14. Размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный (см. черт. 1).

На строительных чертежах размеры наносят в виде замкнутой цепи, кроме случаев, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

Размеры, определяющие положение симметрично расположенных поверхностей у симметричных изделий, наносят, как показано на черт. 7 и 8.



Черт. 7



Черт. 8

1.15. Для всех размеров, нанесенных на рабочих чертежах, указывают предельные отклонения. Допускается не указывать предельные отклонения:

- для размеров, определяющих зоны различной шероховатости одной и той же поверхности, зоны термообработки, покрытия, отделки, накатки, насечки, а также диаметры накатанных и насеченных поверхностей. В этих случаях непосредственно у таких размеров наносят знак;
- для размеров деталей изделий единичного производства, задаваемых с припуском на пригонку.

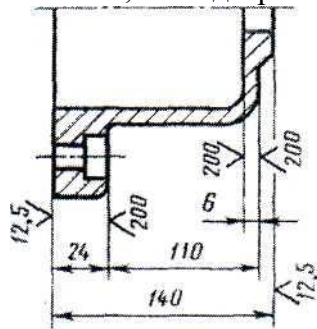
На таких чертежах в непосредственной близости от указанных размеров наносят знак «\*», а в технических требованиях указывают:

- «\* Размеры с припуском на пригонку по дет. ...»,
- «\* Размеры с припуском на пригонку по черт. ...»,
- «\* Размеры с припуском на пригонку по сопрягаемой детали».

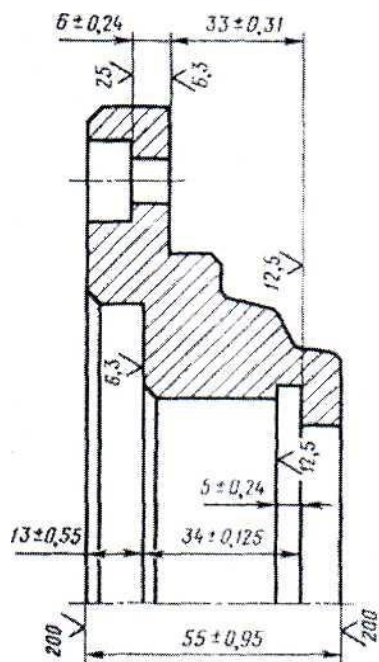
На строительных чертежах предельные отклонения размеров указывают только в случаях, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке.

1.16. При выполнении рабочих чертежей деталей, изготавливаемых отливкой, штамповкой, ковкой или прокаткой с последующей механической обработкой части поверхности детали, указывают не более одного размера по каждому координатному

направлению, связывающего механически обрабатываемые поверхности с поверхностями, не подвергаемыми механической обработке (черт. 9 и 10).

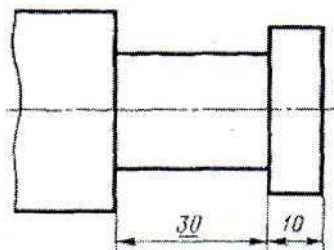


Черт. 9



Черт. 10

1.17. Если элемент изображен с отступлением от масштаба изображения, то размерное число следует подчеркнуть (черт. 10а).



Черт. 10а

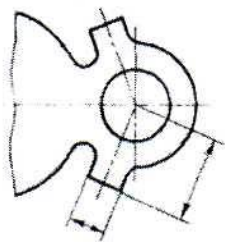
## 2. Нанесение размеров

2.1. Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями.

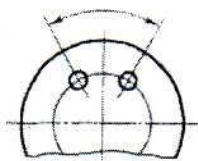
2.2. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии - перпендикулярно к размерным (черт. 11).

2.3. При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии - радиально (черт. 12).

2.4. При нанесении размера дуги окружности размерную линию проводят концентрично дуге, а выносные линии - параллельно биссектрисе угла, и над размерным числом наносят знак «R». (черт. 13).



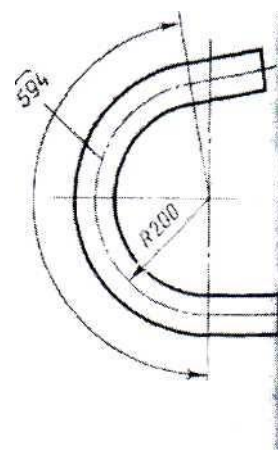
Черт. 11



Черт. 12



Черт. 13



Допускается располагать выносные линии размера дуги радиально, и, если имеются еще концентричные дуги, необходимо указывать, к какой дуге относится размер (черт. 14).

2.4а. При нанесении размеров деталей, подобных изображенной на черт. 14а, размерные линии следует проводить в радиусном направлении, а выносные - по дугам окружностей (черт. 14а).

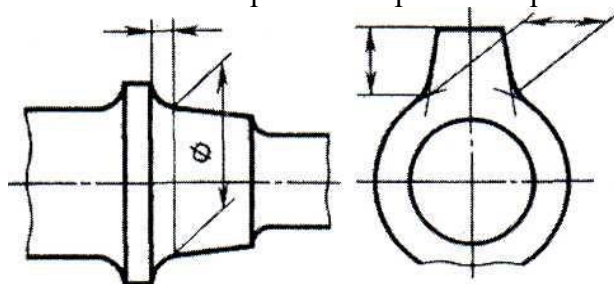
2.5. Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися в соответствующие линии, кроме случаев, приведенных в пп. 2.16, 2.17, 2.20 и 2.21, и при нанесении линии радиуса, ограниченной стрелкой со стороны определяемой дуги или округления.



Черт. 14а

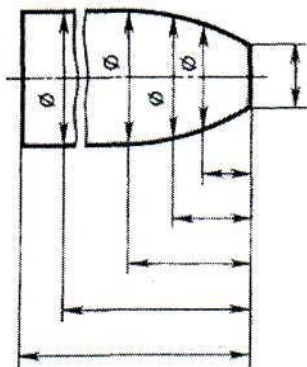
На строительных чертежах взамен стрелок допускается применять засечки на пересечении размерных и выносных линий, при этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии к 1...3 мм.

2.6. В случаях, показанных на черт. 15, размерную и выносимую линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовали параллелограмм.

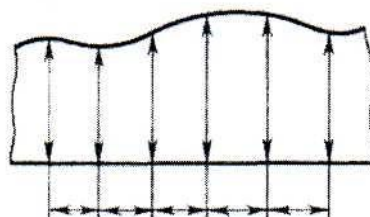


Черт. 15

2.7. Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям (черт. 16 и 17).



Черт. 16



Черт. 17

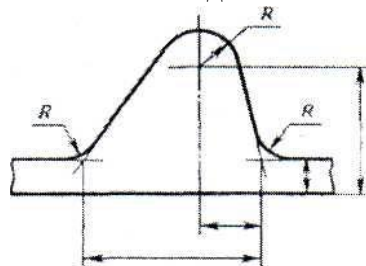
2.8. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения.

2.9. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5

мм.

2.10. Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями должны быть 7 мм, а между размерной и линией контура — 10 мм и выбраны в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа.

2.11. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий (см. черт. 16).

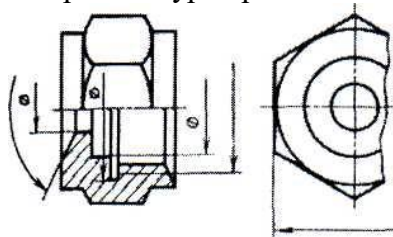


Черт. 18

2.12. Не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных.

2.13. Выносные линии проводят от линий видимого контура, за исключением случаев, указанных в пп. 2.14 и 2.15, и случаев, когда при нанесении размеров на невидимом контуре отпадает необходимость в вычерчивании дополнительного изображения.

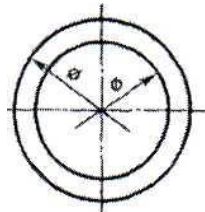
2.14. Размеры контура криволинейного профиля наносят, как показано на черт. 16 и 17.



Черт. 19

2.15. Если надо показать координаты вершины скругляемого угла или центра дуги скругления, то выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла или центра дуги скругления (черт. 18).

2.16. Если вид или разрез симметричного предмета или отдельных симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обрывом, и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва предмета (черт. 19).



Черт. 20

На строительных чертежах в подобных случаях все размеры допускается указывать только до оси симметрии, а размерные линии на пересечении с осью симметрии ограничивать крестиком из засечек.

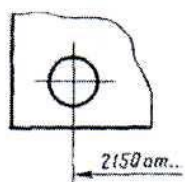
2.17. Размерные линии допускается проводить с обрывом в следующих случаях:

а) при указании размера диаметра окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично; при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (черт. 20);

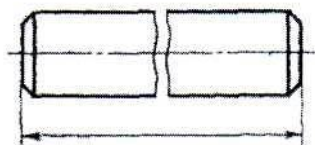
б) при нанесении размеров от базы, не изображенной на данном чертеже (черт. 21).



2.18. При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают (черт. 22).

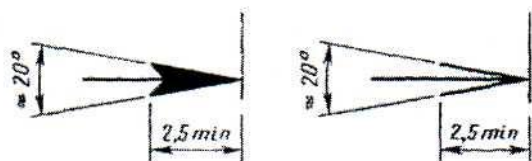


Черт. 21



Черт. 22

2.19. Величины элементов стрелок размерных линий выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура и вычерчивают их приблизительно одинаковыми на всем чертеже. Форма стрелки и примерное соотношение ее элементов показаны на черт. 23.

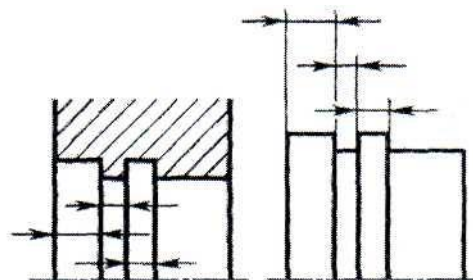


Черт. 23

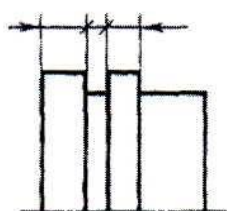
2.20. Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии (или соответственно за контурные, осевые, центровые и т.д.) и стрелки наносят, как показано на черт. 24.

2.21. При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимых под углом  $45^\circ$  к размерным линиям (черт. 25); или четко наносимыми точками (черт. 26).

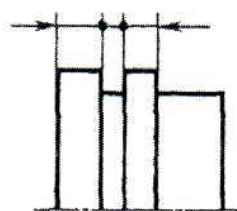
2.22. При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать (черт. 24 и 27).



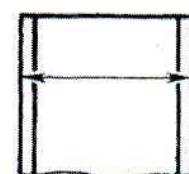
Черт. 24



Черт. 25

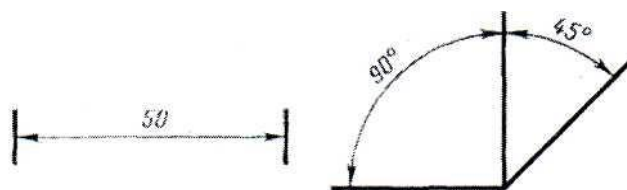


Черт. 26



Черт. 27

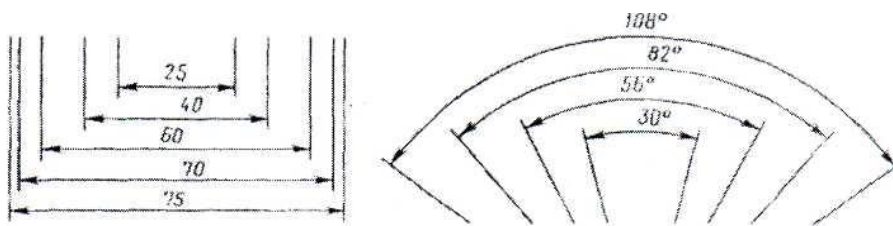
2.23. Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине (черт. 28).



Черт. 28

2.24. При нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно середины размерных линий.

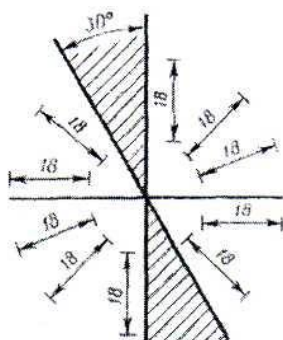
При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (черт. 29).



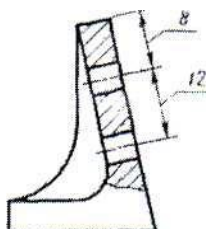
Черт. 29

2.26. Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на черт. 30.

Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне, соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски (черт. 31)



Черт. 30



Черт. 31

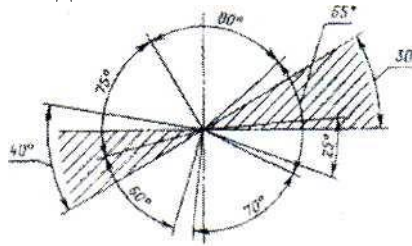
2.27. Угловые размеры наносят так, как показано на черт. 32. В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерными линиями со стороны их выпуклости; в зоне, расположенной ниже горизонтальной осевой линии, - со стороны вогнутости размерных линий. В



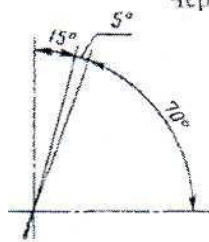
заштрихованной зоне наносить размерные числа не рекомендуется. В этом случае размерные числа указывают на горизонтально нанесенных полках.

Для углов малых размеров при недостатке места размерные числа помещают на полках линий-выносок в любой зоне (черт. 33).

2.28. На строительных чертежах допускается линейные и угловые размерные числа и надписи наносить без полок линий-выносок.



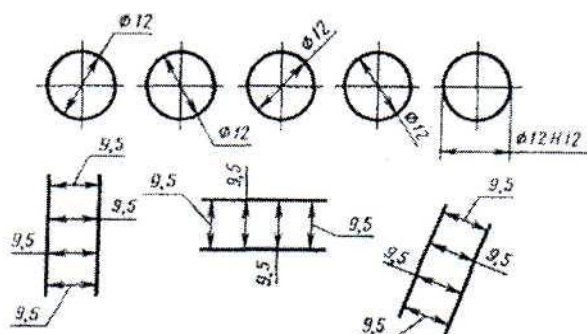
Черт. 32



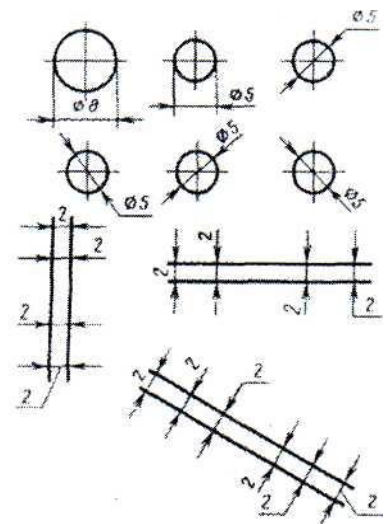
Черт. 33

2.29. Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят, как показано на черт. 34; если недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят, как показано на черт. 35.

Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий (стрелок) на чертеже определяется наибольшим удобством чтения.



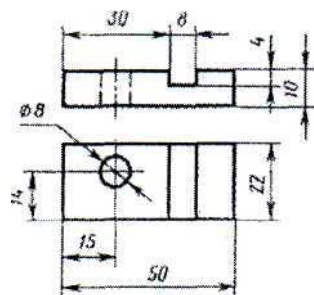
Черт. 34



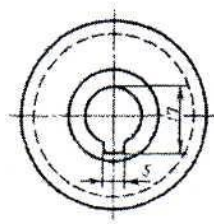
Черт. 35

2.30. Размерные числа и предельные отклонения не допускается разделять или пересекать какими бы то ни было линиями чертежа. Не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных, осевых или центровых линий. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают (черт. 36 и 37).

2.31. Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т.п.), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (черт. 38).



Черт. 38



Черт. 36



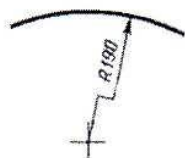
Черт. 37

При нанесении размера радиуса перед размерным числом помещают прописную букву *R*.

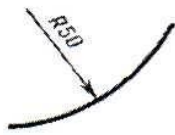
2.32. Если при нанесении размера радиуса дуги окружности необходимо указать размер, определяющий положение ее центра, то последний изображают в виде пересечения центровых или выносных линий.

При большой величине радиуса центр допускается приближать к дуге, в этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом  $90^\circ$  (черт. 39).

2.34. Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра и смещать ее относительно центра (черт. 40)



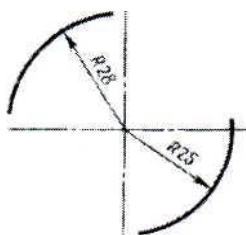
Черт. 39



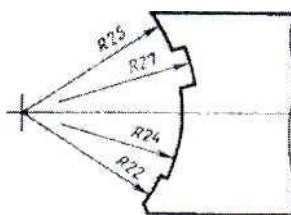
Черт. 40

2.35. При проведении нескольких радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не располагают на одной прямой (черт. 41).

При совпадении центров нескольких радиусов их размерные линии допускается не доводить до центра, кроме крайних (черт. 41 а)



Черт. 41

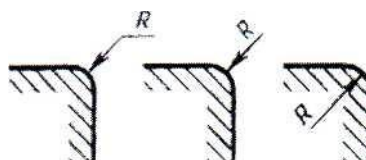


Черт. 41а

2.36. Размеры радиусов наружных скруглений наносят, как показано на черт. 42, внутренних скруглений - на черт. 43



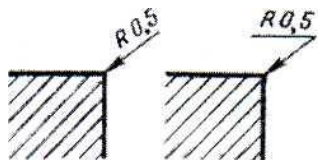
Черт. 43



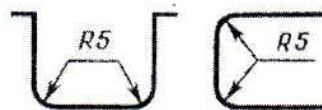
Черт. 42

Радиусы скругления, размер которых в масштабе чертежа 1 мм и менее, на чертеже не изображают и размеры их наносят, как показано на черт. 43а.

Способ нанесения размерных чисел при различных положениях размерных линий (стрелок) на чертеже определяется наибольшим удобством чтения. Размеры одинаковых радиусов допускается указывать на общей полке, как показано на черт. 43а.

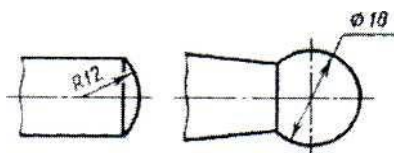


Черт. 43а



Черт. 43б

Если радиусы скруглений, сгибов и т.п. на всем чертеже одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения размеров этих радиусов непосредственно на изображении рекомендуется в технических требованиях делать запись типа: «Радиусы скруглений 4 мм»; «Внутренние радиусы сгибов 10 мм»; «Неуказанные радиусы 8 мм» и т.п.

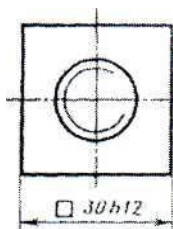


Черт. 44

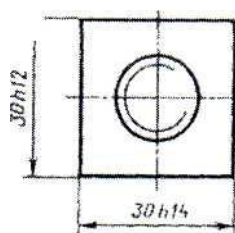
2.37. При указании размера диаметра (во всех случаях) перед размерным числом наносят знак «Ø».

2.38. Перед размерным числом диаметра (радиуса) сферы также наносят знак Ø (R) без надписи «Сфера» (черт. 44). Если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, то перед размерным числом диаметра (радиуса) допускается наносить слово «Сфера» или знак Ø, например «Сфера Ø 18, OR12».

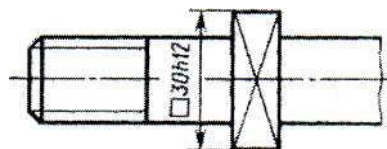
Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел на чертеже. 2.39. Размеры квадрата наносят, как показано на черт. 45, 46 и 46а.



Черт. 46а



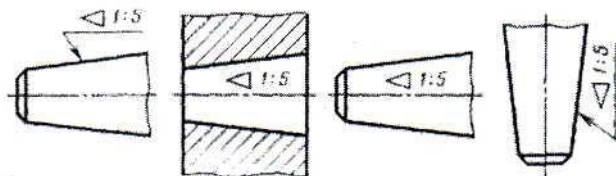
Черт. 46



Черт. 45

Высота знака D должна быть равна высоте размерных чисел на чертеже.

2.40. Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак «<>», острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса (черт. 47).

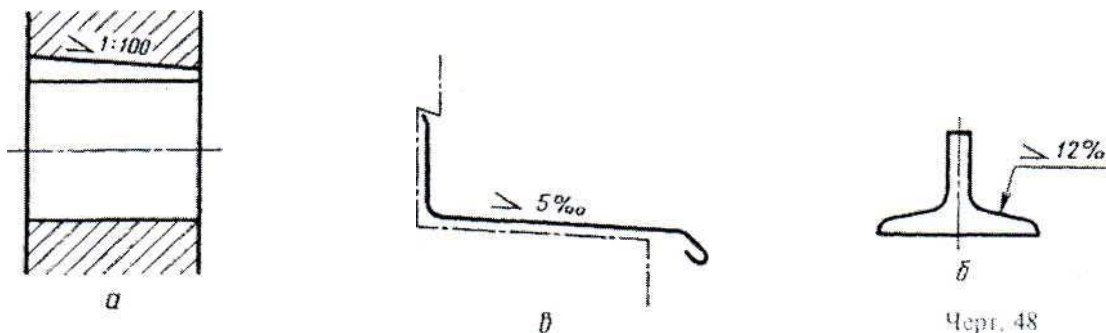


Черт. 47

Знак конуса и конусность в виде соотношения следует наносить над осевой линией или на полке линии-выноски.

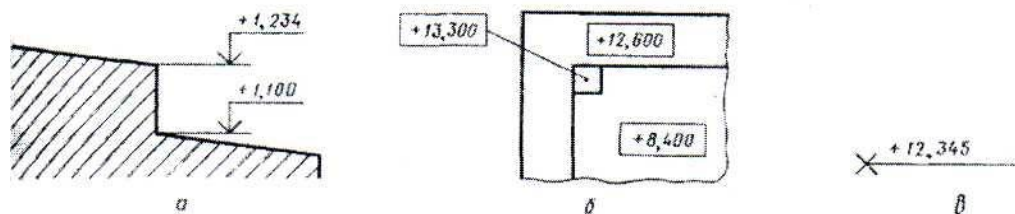
Уклон поверхности следует указывать непосредственно у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения (черт. 48а), в процентах (черт. 48б) или в промилле (черт. 48в).

Перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак «>», острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона



Черт. 48

2.42. Отметки уровней (высоты, глубины) конструкции или ее элемента от какого-либо отсчетного уровня, принимаемого за «нулевой» на виде и разрезе, помещают на выносных линиях (или на линиях контура) и обозначают знаком « $\nabla$ », выполненным сплошными тонкими линиями, длина штрихов 2—4 мм под углом  $45^\circ$  к выносной линии или линии контура (черт. 49а), на виде сверху их следует наносить в рамке непосредственно на изображении или на линии-выноске (черт. 49б), или как показано на черт. 49в.

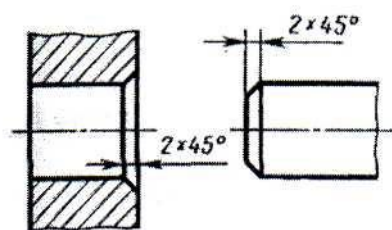


Черт. 49

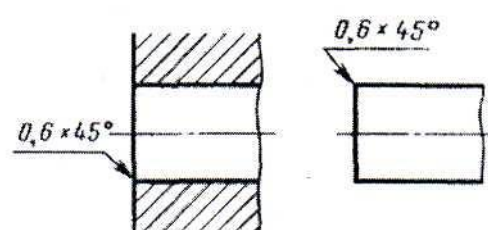
Отметки уровней указывают в метрах с точностью до третьего десятичного знака, без обозначения единицы измерения.

2.43. Размеры фасок под углом  $45^\circ$  наносят, как показано на черт. 50.

Допускается указывать размеры не изображенной на чертеже фаски под углом  $45^\circ$ , размер которой в масштабе чертежа 1 мм и менее, на полке линии-выноски, проведенной от грани (черт. 50а).

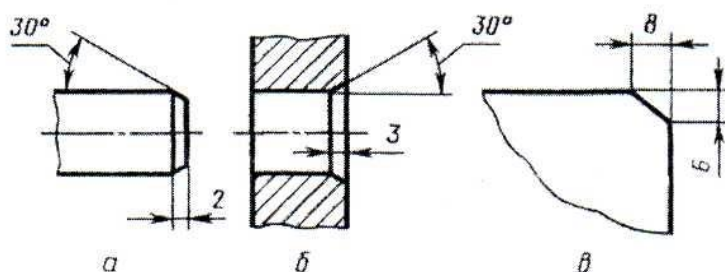


Черт. 50



Черт. 50а

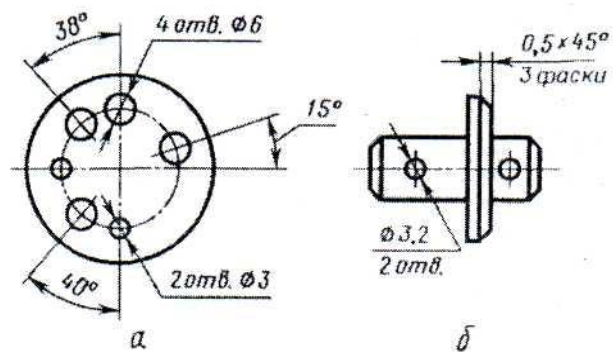
Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам — линейными угловыми размерами (черт. 51 а и б) или двумя линейными размерами (черт. 51 в).



Черт. 51

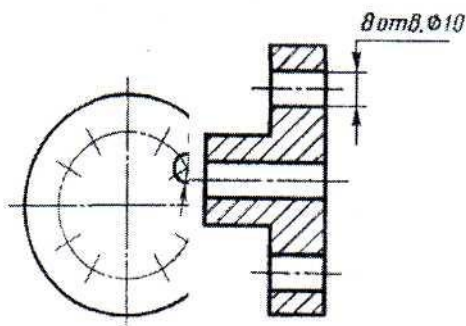
2.44. Размеры нескольких одинаковых элементов изделия, как правило, наносят один раз с указанием на полке линии-выноски количества этих элементов (черт. 52а). Допускается указывать количество элементов, как показано на черт. 52б.





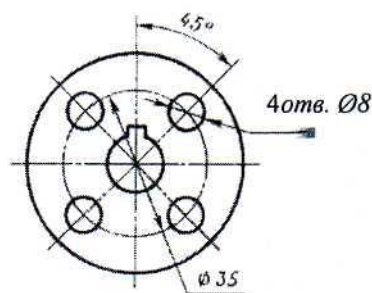
Черт. 52

2.45. При нанесении размеров элементов, равномерно расположенных по окружности изделия (например, отверстий), вместо угловых размеров, определяющих взаимное расположение элементов, указывают только их количество (черт. 53—55).



Черт. 53

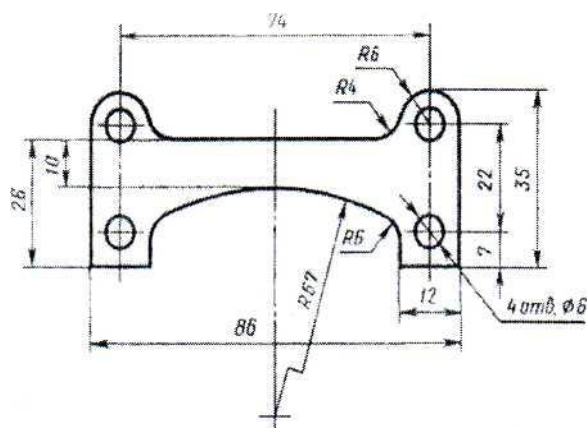
Черт. 54



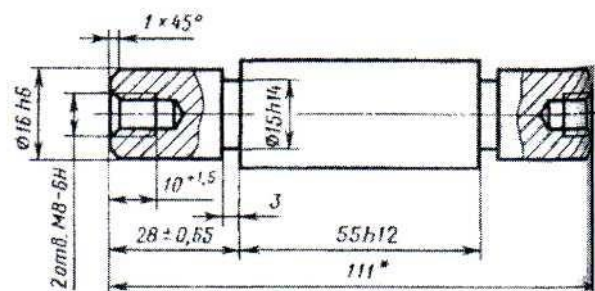
Черт. 55

2.46. Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий) наносят один раз без указания их количества, группируя, как правило, в одном месте все размеры (черт. 56 и 57).

Количество одинаковых отверстий всегда указывают полностью, а их размеры - только один раз.



Черт. 56

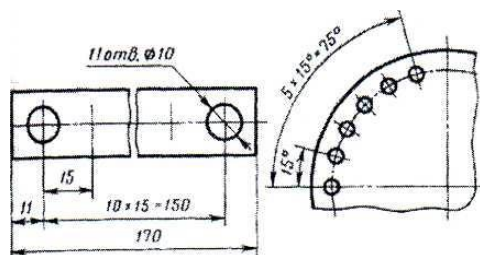


\* Размеры для справок.

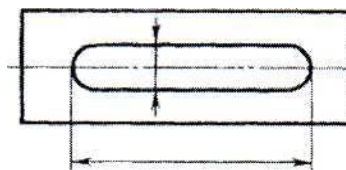
Черт. 57

2.47. При нанесении размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами изделия (например, отверстиями), рекомендуется вместо размерных цепей наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения количества промежутков между элементами на размер промежутка (черт. 58).

2.47а. Допускается не наносить на чертеже размеры радиуса дуги окружности сопрягающихся параллельных линий (черт. 58<я)

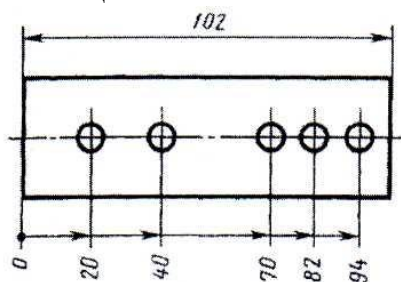


Черт. 58

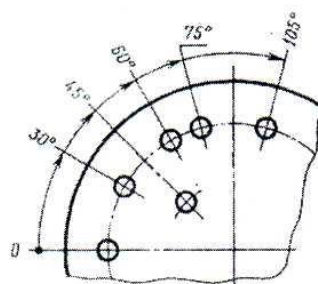


Черт. 58а

2.48. При большом количестве размеров, нанесенных от общей базы, допускается наносить линейные и угловые размеры, как показано на черт. 59 и 60, при этом проводят общую размерную линию от отметки «О» и размерные числа наносят в направлении выносных линий у их концов.

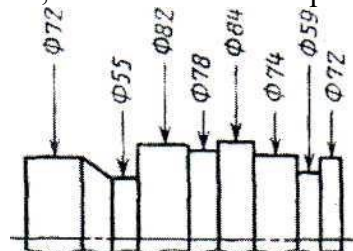


Черт. 59



Черт. 60

2.48а. Размеры диаметров цилиндрического изделия сложной конфигурации допускается наносить, как показано на черт. 60а.

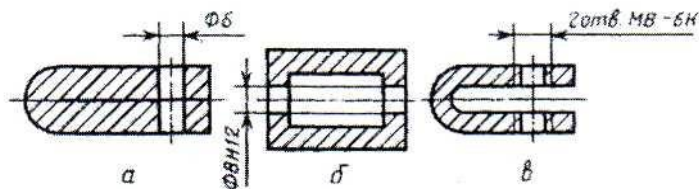


Черт. 60а

2.49. При большом количестве однотипных элементов изделия, неравномерно расположенных на поверхности, допускается указывать их размеры в сводной таблице, при этом применяется координатный способ нанесения отверстий с обозначением их арабскими цифрами (черт. 61) или обозначение однотипных элементов прописными буквами (черт. 61 а).

2.50. Одинаковые элементы, расположенные в разных частях изделия (например, отверстия) рассматривают как один элемент, если между ними нет промежутка (черт. 62а) или если эти элементы соединены тонкими сплошными линиями (черт. 62б).

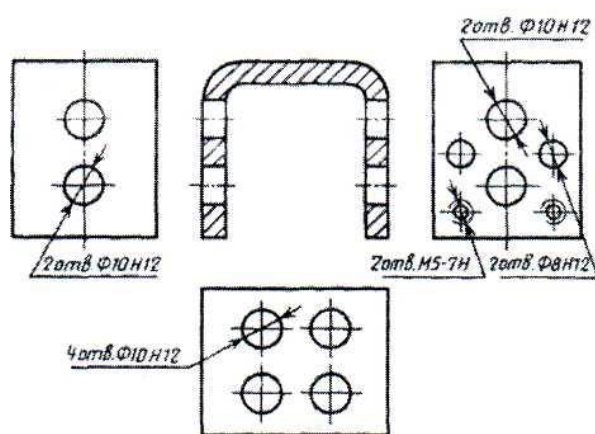
При отсутствии этих условий указывают полное количество элементов (черт. 62е).



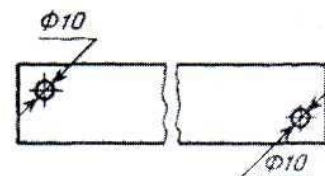
Черт. 62

2.51. Если одинаковые элементы изделия (например, отверстия) расположены на разных поверхностях и показаны на разных изображениях, то количество этих элементов записывают отдельно для каждой поверхности (черт. 63).

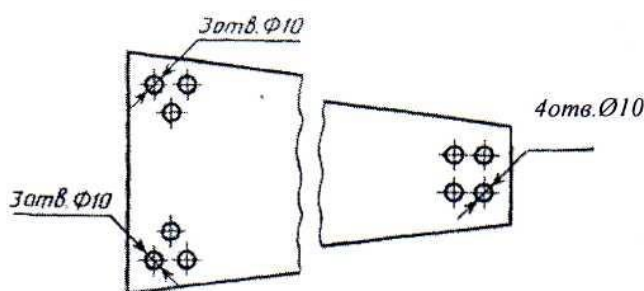
Допускается повторять размеры одинаковых элементов изделия или их групп (в том числе отверстий), лежащих на одной поверхности, только в том случае, когда они значительно удалены друг от друга и не увязаны между собой размерами (черт. 64 и 65).



Черт. 63



Черт. 64

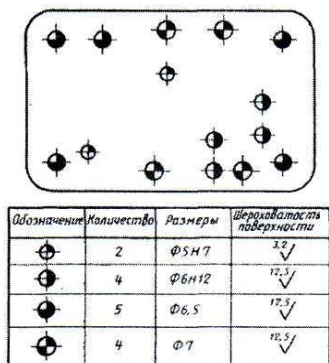


Черт. 65

2.52. Если на чертеже показано несколько групп близких по размерам отверстий, то рекомендуется отмечать одинаковые отверстия одним из условных знаков, приведенных на черт. 66. Допускается применять и другие условные знаки.

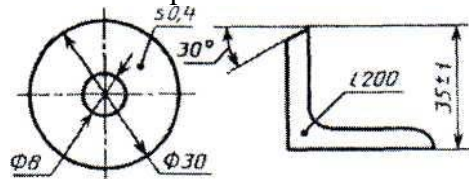
Отверстия обозначают условными знаками на том изображении, на котором указаны размеры, определяющие положение этих отверстий. На строительных чертежах допускается одинаковые группы отверстий обводить сплошной тонкой линией с поясняющей надписью.

2.53. При обозначении одинаковых отверстий условными знаками количество отверстий и их размеры допускается указывать в таблице (черт. 67).



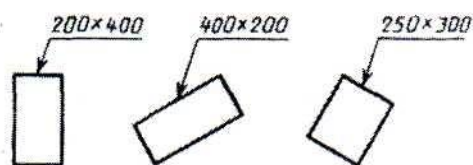
Черт. 67

2.54. При изображении детали в одной проекции размер ее толщины или длины наносят, как показано на черт. 68.



Черт. 68

2.55. Размеры детали или отверстия прямоугольного сечения могут быть указаны на полке линии-выноски размерами сторон через знак умножения. При этом на первом месте должен быть указан размер той стороны прямоугольника, от которой проводится линия-выноска (черт. 68а).



Черт. 68а

## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Тема: «ГОСТ 2.305-68 Изображения – разрезы, сечения»

### Цель работы:

- познакомиться с содержанием ГОСТ 2.305-68;
- научиться выполнять разрезы.

### Задачи работы:

- 1) Выполнить простой фронтальный разрез детали.
- 2) Выполнить сложный ломаный разрез детали.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

### Описание (ход) работы:

Разрезы разделяются, в зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций, на:

горизонтальные - секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез А-А, черт. 13, разрез Б-Б, черт. 15). В строительных чертежах горизонтальным разрезам могут присваиваться другие названия, например, «план»;



вертикальные - секущая плоскость перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекции (например, разрез на месте главного

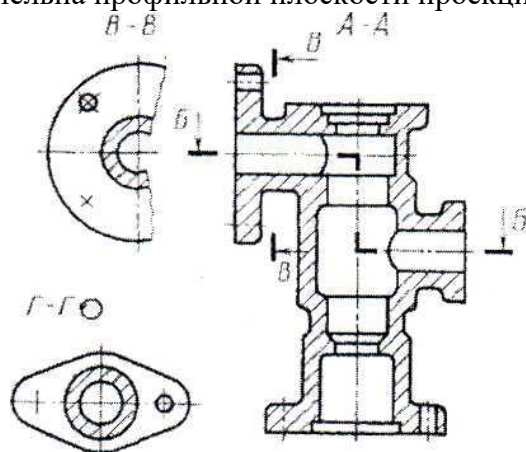
вида, черт. 13; разрезы А-А, В-В, Г-Г, черт. 15);

наклонные - секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого, (например разрез В-В, черт. 8).

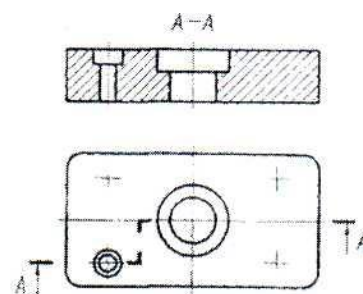
В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на: простые - при одной секущей плоскости (например, черт. 4, 5) сложные - при нескольких секущих плоскостях (например разрез А-А, черт. 8, разрез Б-Б, черт. 15)

Вертикальный разрез называется фронтальным, если секущая плоскость, параллельная фронтальной плоскости проекций (например,

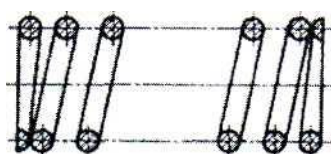
разрез, черт. 5; разрез А-А, черт. 16), и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (например, разрез Б-Б, черт. 13)



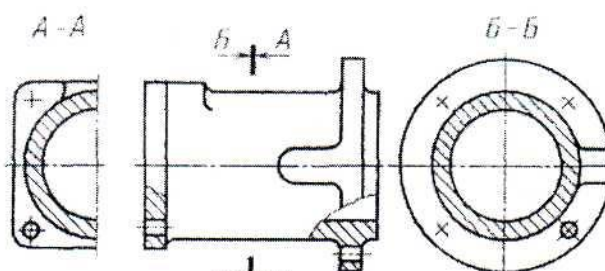
Черт. 15



Черт. 16



Черт. 17



Черт. 18

Сложные разрезы бывают ступенчатыми, если секущие плоскости параллельны (например, ступенчатый горизонтальный разрез Б— Б, черт. 15; ступенчатый фронтальный разрез А-А, черт. 16), и ломаными, если секущие плоскости пересекаются (например, разрезы А-А, черт. 8 и 15).

Разрезы называются продольными, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (черт. 17), и поперечными, если секущие плоскости направлены перпендикулярно к длине или высоте предмета (например, разрезы А - А и Б - Б, черт. 18).

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения должна применяться разомкнутая линия. При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. На начальном и конечном

штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда (черт. 8 - 10, 13, 15); стрелки должны наноситься на расстоянии 2-3 мм от конца штриха.

Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения. В случаях, подобных указанному на черт. 18, стрелки, указывающие направление взгляда, наносятся на одной линии.

У начала и конца линии сечения, а при необходимости и у мест пересечения секущих плоскостей ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Буквы наносят около стрелок, указывающих направление взгляда, и в местах пересечения со стороны внешнего угла.

Разрез должен быть отмечен надписью по типу «А—А» (всегда двумя буквами через тире).

В строительных чертежах у линии сечения взамен букв допускается применять цифры, а также надписывать название разреза (плана) с присвоенным ему буквенным цифровым или другим обозначением.

Когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов не отмечают положение секущей плоскости, и разрез надписью не сопровождают (например, разрез на месте главного вида, черт. 13).

Фронтальным и профильным разрезам, как правило, придают положение, соответствующее принятому для данного предмета на главном изображении чертежа (черт. 12).

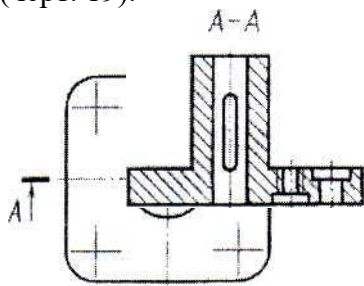
Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (черт. 13).

Вертикальный разрез, когда секущая плоскость не параллельна фронтальной или профильной плоскости проекций, а также наклонный разрез должны строиться и располагаться в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения.

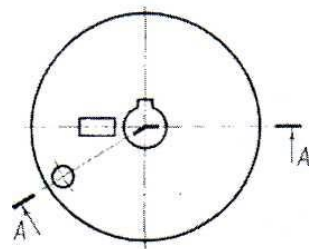


Допускается располагать такие разрезы в любом месте чертежа (разрез В-В, черт.8), а также с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В последнем случае к надписи должно быть добавлено условное графическое обозначение (Разрез Г - Г. черт.15)

При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может несовпадать с направлением взгляда (черт. 19).

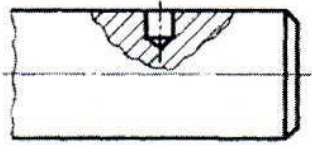


Черт. 19

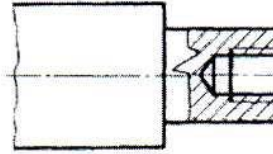


Черт. 20

Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида (разрезы А - А черт. 8, 15). При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные на ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, с которой производится совмещение (черт. 20).



Черт. 21

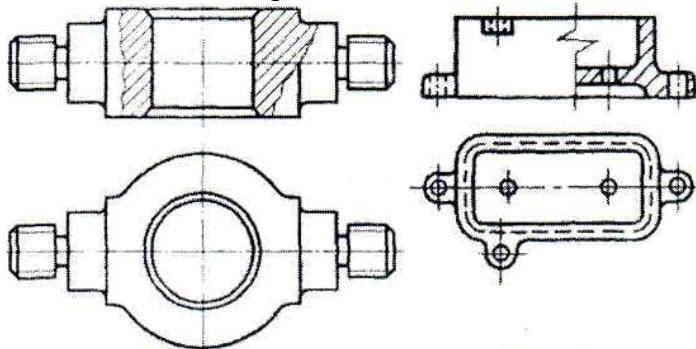


Черт. 22

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченно месте, называется местным.

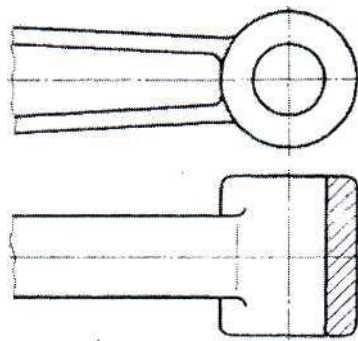
Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (черт. 21) или сплошной тонкой линией с изломом (черт. 22). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другим линиями изображения.

Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией или сплошной тонкой линией с изломом (черт. 23, 24, 25). Если при этом соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметрично фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (черт. 26). Допускается также разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией (черт. 27), совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет собой тело вращения.

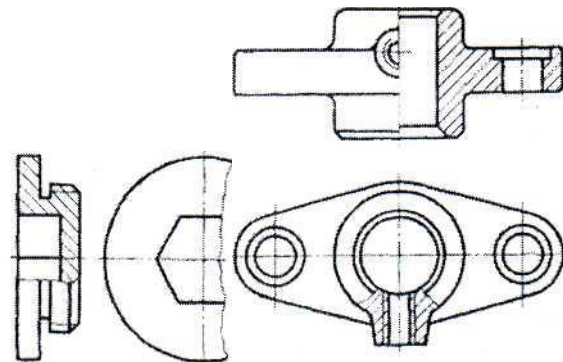


Черт. 23

Черт. 24



Черт. 27



Черт. 25

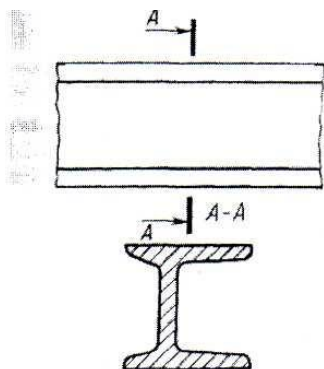
Черт. 26

Допускается соединять четверть вида и четверти трех разрезов: четверть вида, четверть одного разреза и половину другого и т. п. при условии, что каждое из этих изображений в отдельности симметрично.

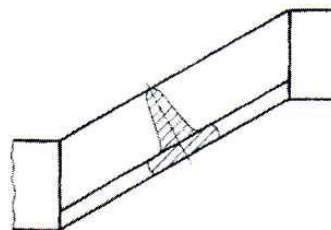
Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на:

- вынесенные (черт. 6, 28);
- наложенные (черт. 29).

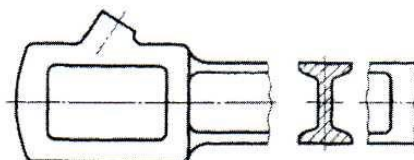
Вынесенные сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрезе между частями одного и того же вида (черт. 30).



Черт. 28



Черт. 29



Черт. 30

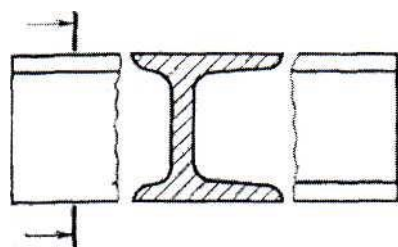
Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения - сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (черт. 13, 28, 29).

Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения (черт. 6, 29) указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

В случаях, подобных указанному на черт. 30, при симметричной фигуре сечения линию сечения не проводят.

Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита (в строительных чертежах — прописными или строчными буквами русского алфавита или цифрами). Сечение сопровождают надписью по типу «А—А» (черт. 28). В строительных чертежах допускается надписывать название сечения.

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (черт. 31) или наложенных (черт. 32), линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.



Черт. 31

В строительных чертежах при симметричных сечениях применяют разомкнутую линию с обозначением ее, но без стрелок, указывающих направление взгляда.

Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (черт. 28). Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением условного графического обозначения.

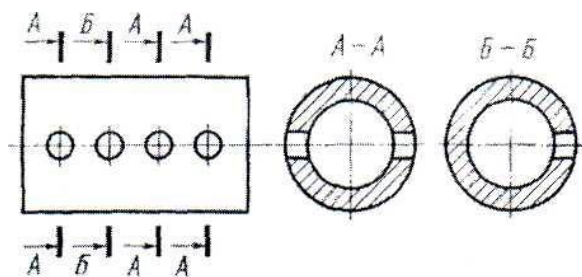
Для нескольких одинаковых сечений, относящихся к одному предмету, линию сечения обозначают одной буквой и вычерчивают одно сечение (черт. 33, 34).

Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами (черт. 35), то условное графическое обозначение не наносят.

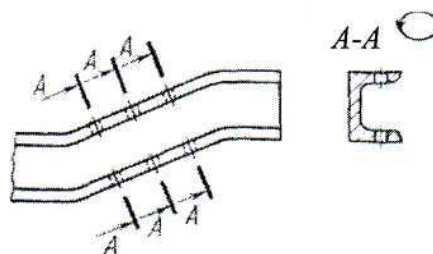
Когда расположение одинаковых сечений точно определено изображением или размерами, допускается наносить одну линию сечения, а над изображением сечения указывает количество сечений.

Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (черт. 36).

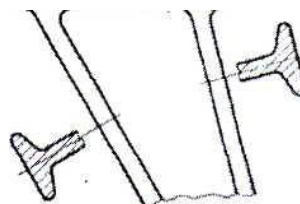
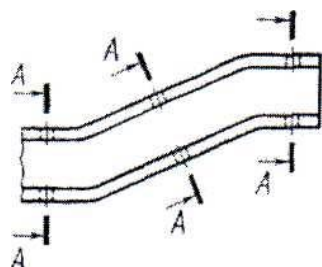




Черт. 33

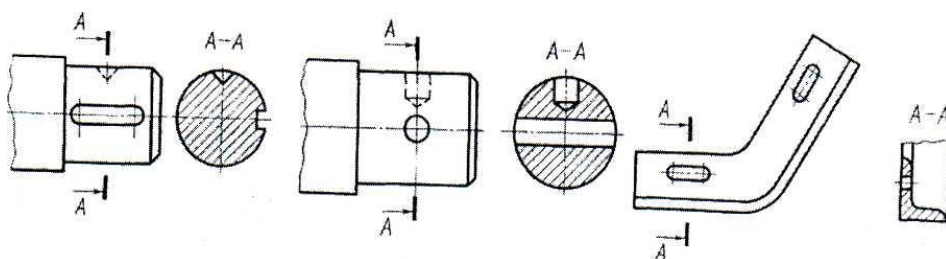


Черт. 34



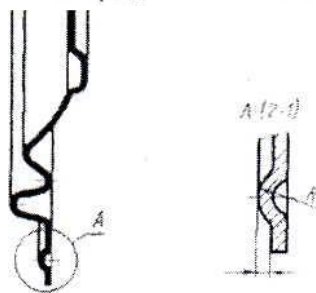
Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (черт. 37).

Если сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы (черт. 38).



Черт. 37

Черт. 38



Черт. 39

### 3. Выносные элементы

Выносной элемент - дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического или других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных. Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент - разрезом). При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией - окружностью, овалом и т.п. с обозначением выносного элемента прописной буквой или сочетанием прописной буквы с арабской цифрой на полке линии-

выноски. Над изображением выносного элемента указывают обозначение и масштаб, в котором он выполнен (черт. 39). В строительных чертежах выносной элемент на изображении допускается также отмечать фигурной или квадратной скобкой или графически не отмечать. У изображения, откуда элемент выносится, и у выносного элемента допускается также наносить присвоенное выносному элементу буквенное или цифровое (арабскими цифрами) обозначение и название. Выносной элемент располагают возможно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

## СЕМИНАРКОЕ ЗАНЯТИЕ

Тема: «ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды»

Цель работы:

- познакомиться с содержанием ГОСТ 2.305-68;
- научиться выполнять основные виды детали.

Задачи работы:

- 1) Выполнить основные виды детали.

Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

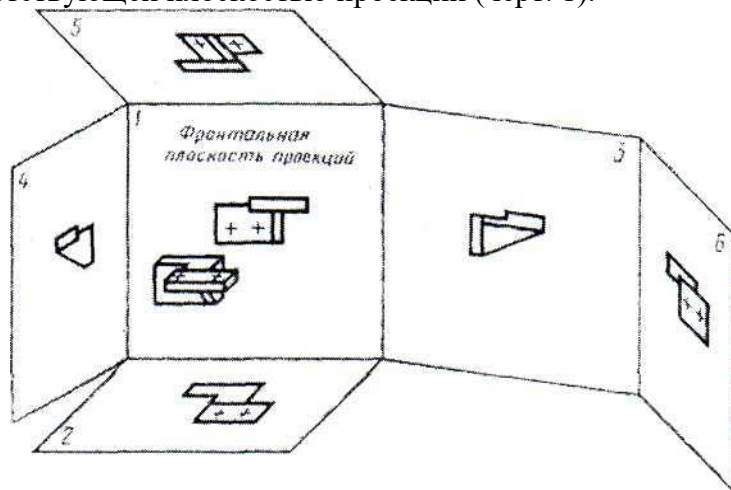
1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

Описание (ход) работы:

ГОСТ 2.305-68 устанавливает правила изображения предметов (изделий, сооружений и составных элементов) на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

### 1. Общие сведения о изображениях.

Изображения предметов должны выполняться по методу прямоугольного проецирования. При этом предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций (черт. 1).

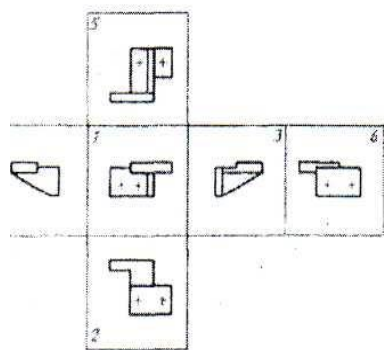


Черт. 1

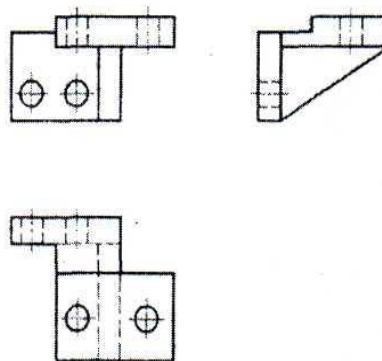
За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани совмещают с плоскостью, как показано на черт. 2. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4.

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимается на чертеже в качестве главного. Предмет располагают относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета.

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы, сечения.



Черт. 2



Черт. 3

**Вид** - изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий (черт. 3).

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

## 2. Виды.

Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекции (основные виды, черт. 2):

- 1 - вид спереди (главный вид);
- 2 - вид сверху;
- 3 - вид слева;
- 4 - вид справа;
- 5 - вид снизу;
- 6 - вид сзади.

В строительных чертежах в необходимых случаях соответствующим видам могут присваиваться другие названия, например «фасад».

Названия видов на чертежах надписывать не следует, за исключением случая, предусмотренного в п. 2.2. В строительных чертежах допускается надписывать название вида с присвоением ему буквенного, цифрового или другого обозначения.

Если виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением (видом или разрезом, изображенным на фронтальной плоскости проекции) то направление проектирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву (черт. 8).

Чертежи оформляют так же, если перечисленные виды отделены от главного изображения другими изображениями или расположены не на одном листе с ним.

Когда отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, название вида надписывают.

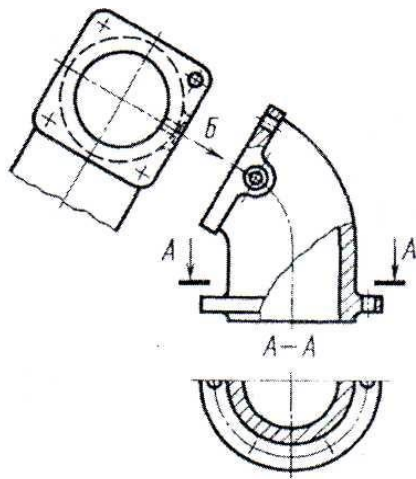
В строительных чертежах допускается направление взгляда указывать двумя стрелками (аналогично указанию положения секущих плоскостей в разрезах).

В строительных чертежах независимо от взаимного расположения видов допускается надписывать название и обозначение вида без указания направления взгляда стрелкой, если направление взгляда определяется названием или обозначением вида.

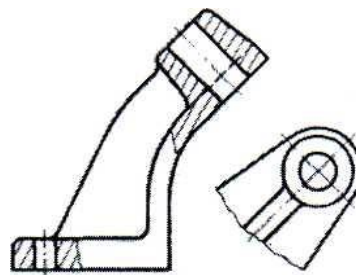
Если какую-либо часть предмета невозможно показать на перечисленных в п. 2.1 видах без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций (черт. 9—11).

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой (черт. 9, 10), у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка Б, черт. 9, 10)

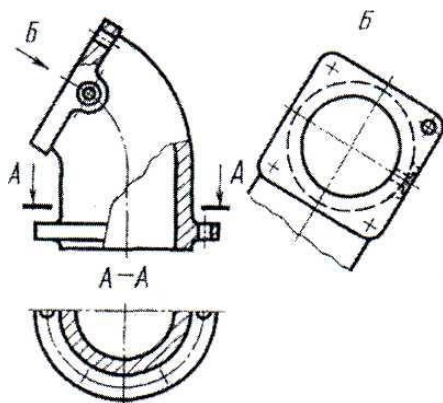




Черт. 10



Черт. 11



Черт. 9

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (черт. 11).

Дополнительные виды располагают, как показано на черт. 9-11. Расположение дополнительных видов по черт. 9 и 11 предпочтительнее.

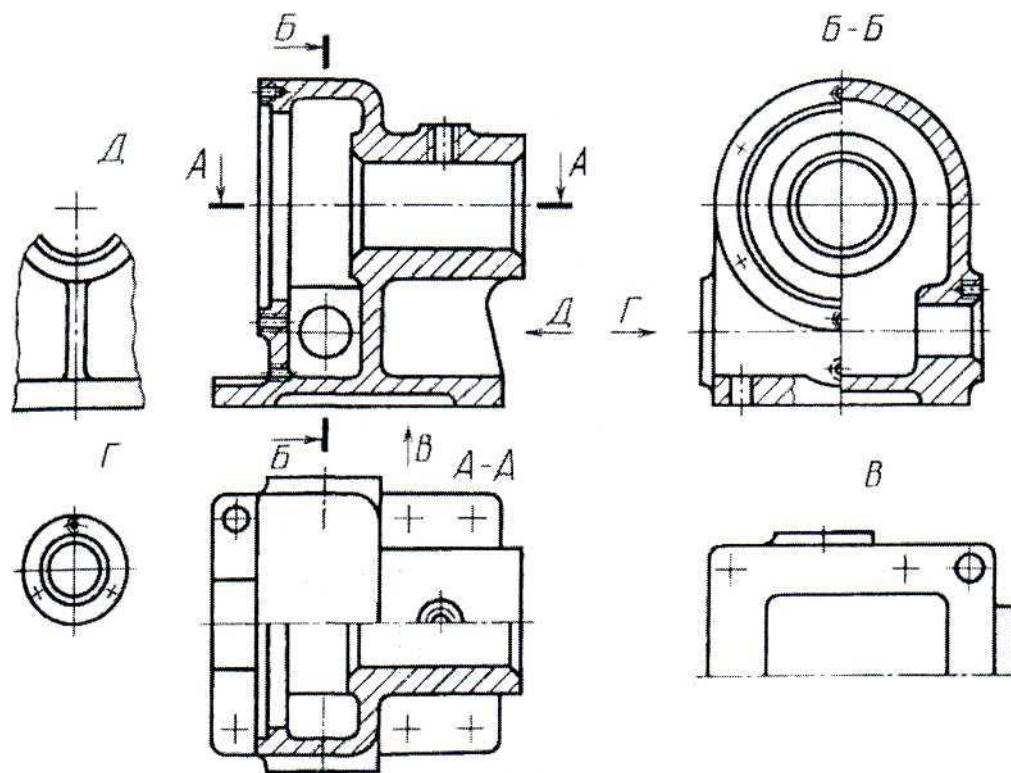
Дополнительный вид допускается повертывать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением  $\angle 0$ . При необходимости указывают угол поворота (черт. 12).

Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один вид. Если при этом связанные с дополнительным видом части предмета расположены под различными углами, то к обозначению вида условное графическое обозначение не добавляют.

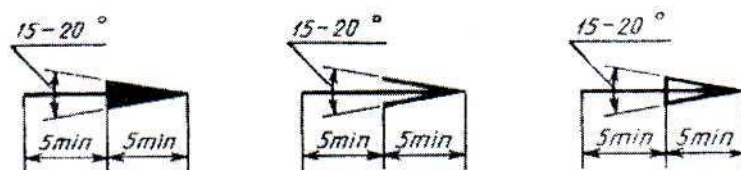
Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется местным видом (вид Г, черт. 8; вид Д черт. 13).

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере (вид Д черт. 13), или не ограничен (вид Г, черт. 13). Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать приведенным на черт. 14. 2.6, 2.7.



Черт. 13



Черт. 14

## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Тема: «ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции»

### Цель работы:

- освоить основные понятия аксонометрического проецирования;
- освоить принцип образования диметрической проекции;
- освоить общие приемы изображения предметов в диметрии.

### Задачи работы:

- 1) Познакомиться с ГОСТ 2.317-69;

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Стол чертежный.

### Описание (ход) работы:

#### 1.1. Изометрическая проекция

1.1.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 1.

1.1.2. Коэффициент искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$  равен 0,82.

Изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , т. е. приняв коэффициент искажения равным 1.

1.1.3. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (черт. 2).

Если изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна 1,22, а малая ось - 0,71 диаметра окружности.

Если изометрическую проекцию выполняют с искажением по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна диаметру окружности, а малая ось - 0,58 диаметра окружности.

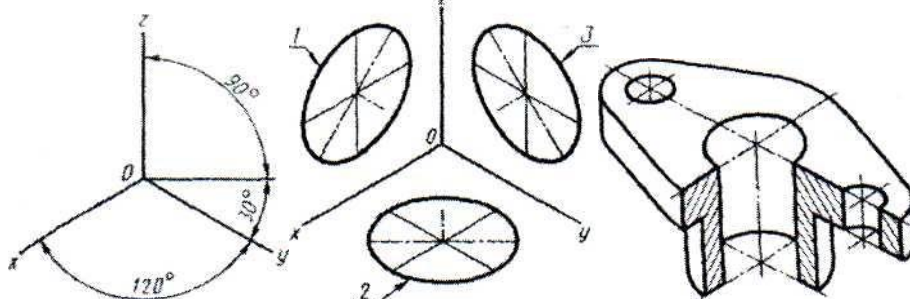
1.1.4. Пример изометрической проекции детали приведен на черт. 3.

1.2. Диметрическая проекция

1.2.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 4.

1.2.2. Коэффициент искажения по оси  $y$  равен 0,47, а по осям  $x$  и  $z$  - 0,94.

Диметрическую проекцию, как правило, выполняют без искажения по осям  $x$  и  $z$  и с коэффициентом искажения 0,5 по оси  $y$ .



1 - эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $y$ );

2 - эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $z$ );

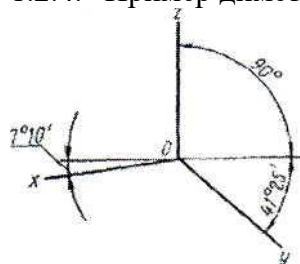
3 — эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $x$ ).

1.2.3. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (черт. 5).

Если диметрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$  и  $z$ , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна 1,06 диаметра окружности, а малая ось эллипса 1 - 0,95, эллипсов 2 и 3 - 0,35 диаметра окружности.

Если диметрическую проекцию выполняют с искажением по осям  $x$  и  $z$ , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна диаметру окружности, а малая ось эллипса 1 - 0,9, эллипсов 2 и 3 - 0,33 диаметра окружности.

1.2.4. Пример диметрической проекции детали приведен на черт. 6.



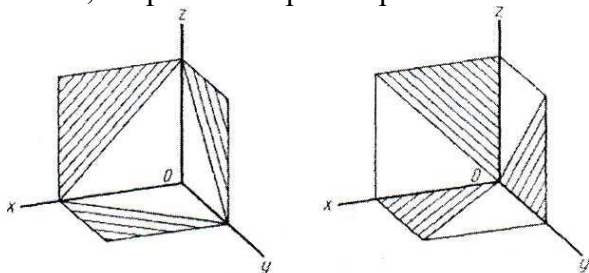
Черт. 5

1 - эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $y$ ); 2 - эллипс (большая ось расположена

под углом  $90^\circ$  к оси  $z$ ); 3 - эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к

### 3. Условности и нанесение размеров

3.1. Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (черт. 16).

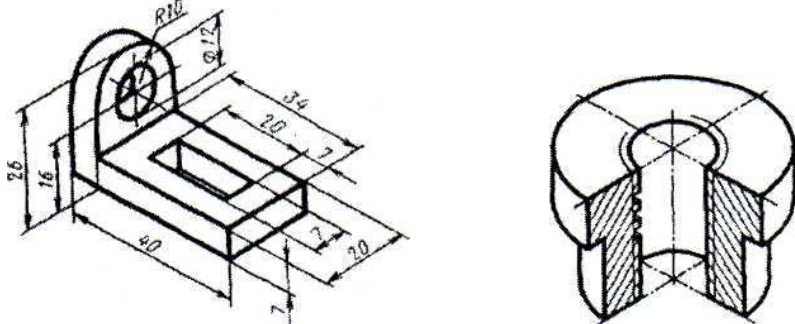


Черт. 16

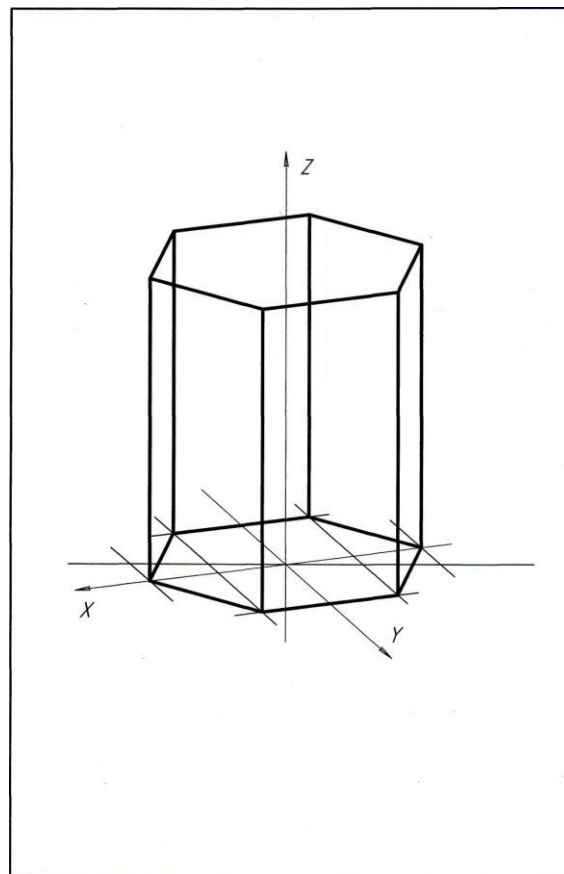
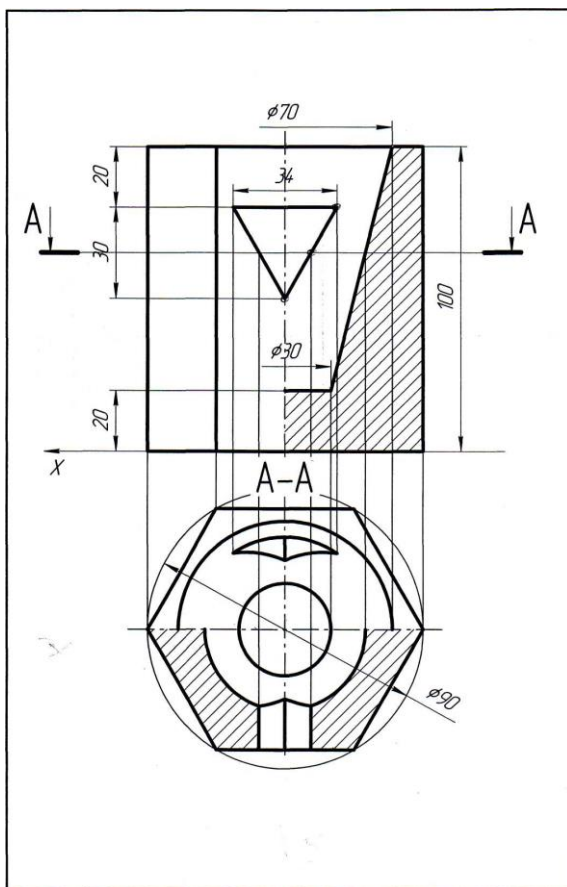
3.2. При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии - параллельно измеряемому отрезку (черт. 17).

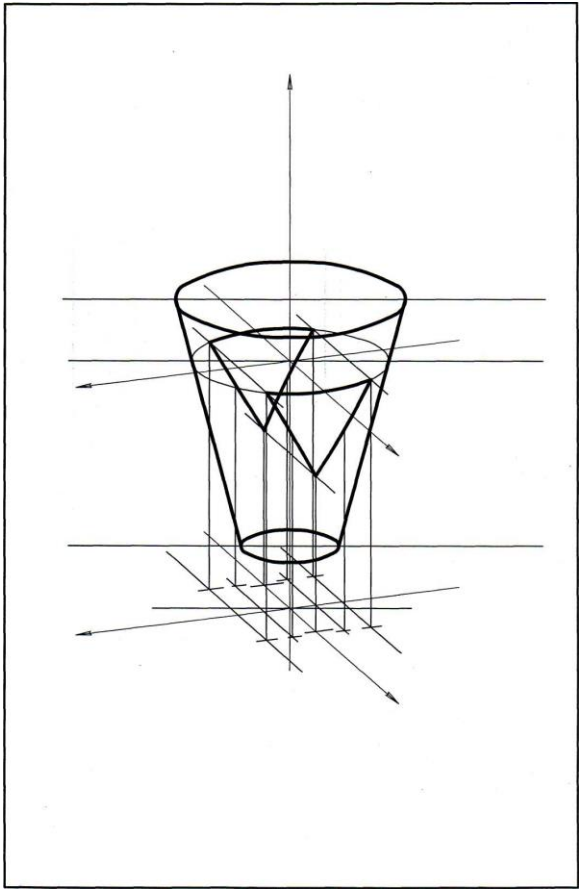
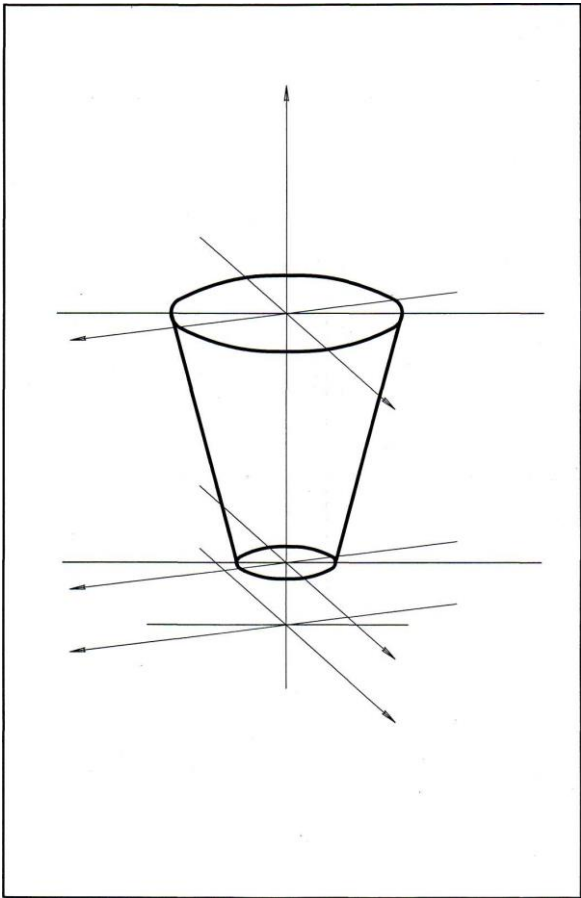
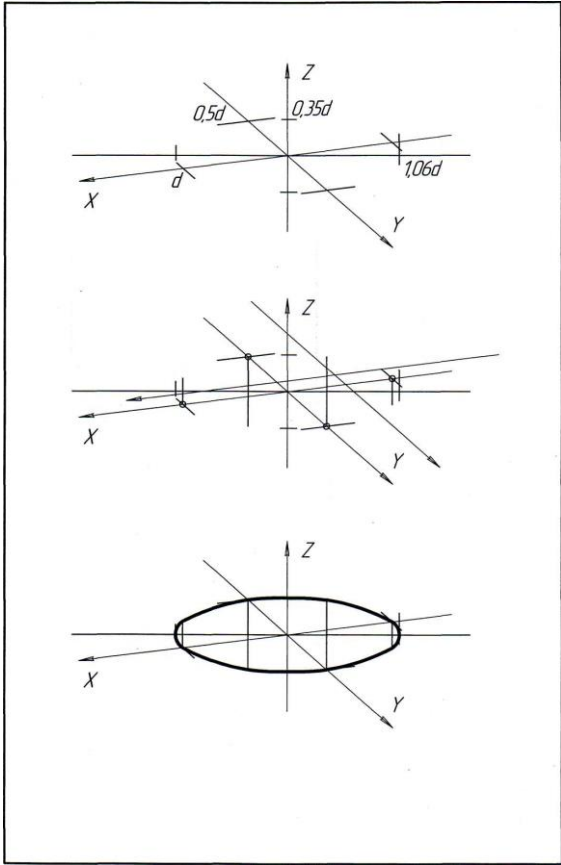
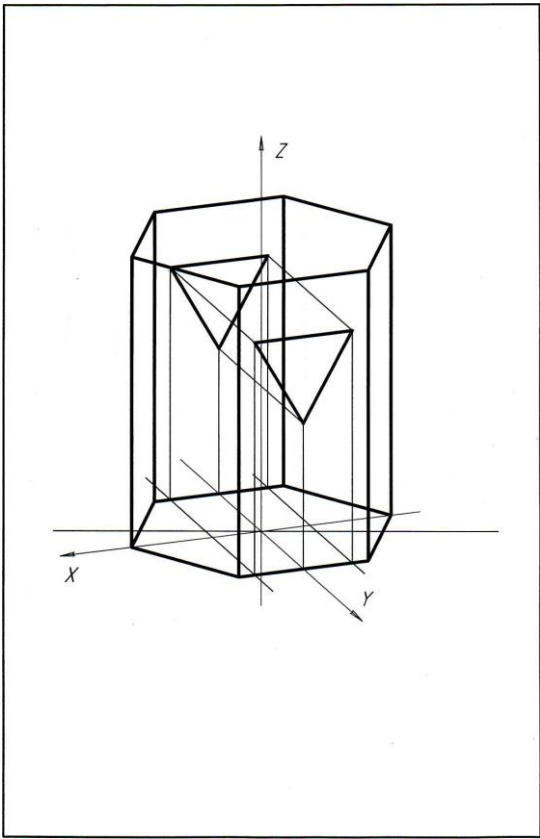
3.3. В аксонометрических проекциях спицы маховиков и шкивов, ребра жесткости и подобные элементы штрихуют (см. черт. 6).

При выполнении в аксонометрических проекциях зубчатых колес, реек, червяков и подобных элементов допускается применять условности по ГОСТ 2.402 - 68. В аксонометрических проекциях резьбу изображают по ГОСТ 2.311 - 68. Допускается изображать профиль резьбы полностью или частично, как показано на черт. 18.

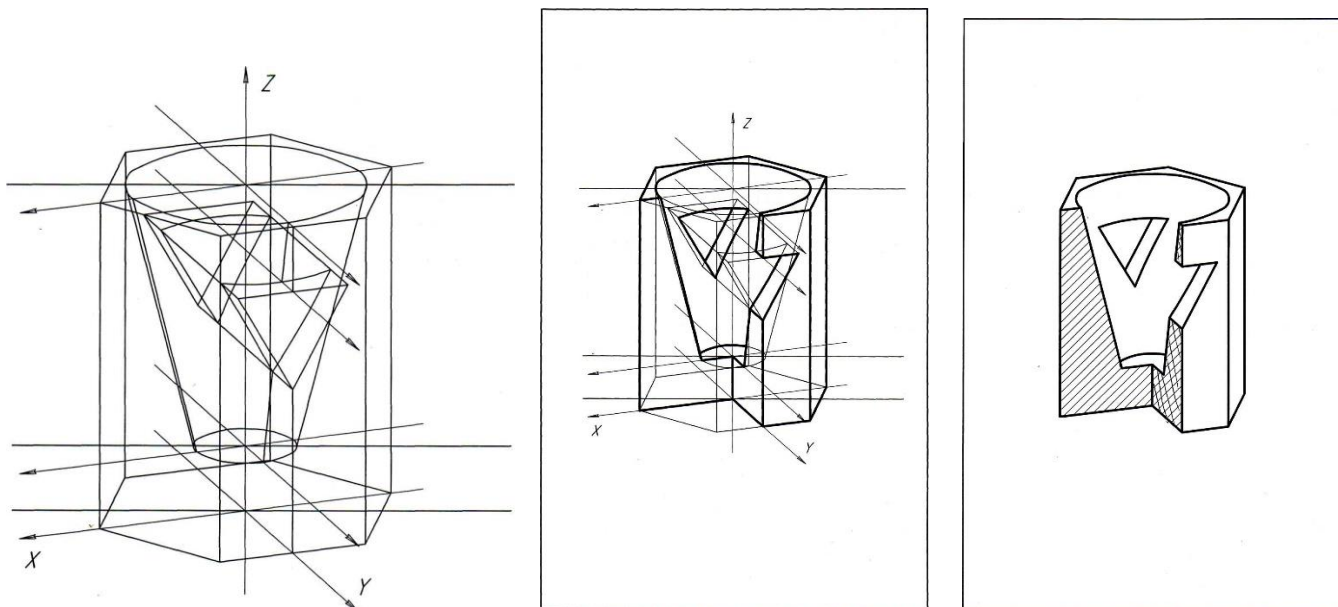


Выполнить диметрическую проекцию детали с вырезом одной четверти.









## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**Тема: «Изучение сопряжений, лекальные кривые»**

**Цель работы:**

- научиться строить сопряжения геометрических элементов (прямых, окружностей, плоских кривых).

**Задачи работы:**

- 1) Построить сопряжение двух прямых по заданному радиусу;
- 2) Построить сопряжение прямой и окружности по заданному радиусу;
- 3) Построить сопряжение двух окружностей по заданному радиусу;

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

**Описание (ход) работы:**

Сопряжение есть плавный переход одной линии в другую, выполненный при помощи промежуточной линии. Чаще всего промежуточной линией служит дуга окружности. Переход окружности в прямую только тогда будет плавным, когда данная прямая будет касательной к окружности.

В общем случае существует три основных типа построения сопряжений:

- сопряжение двух прямых линий;
- сопряжение прямой линии с окружностью;
- сопряжение двух окружностей.

Сопряжение двух прямых линий

Для построения сопряжения двух пересекающихся прямых  $I_1$  и  $I_2$  необходимо на расстоянии заданного радиуса  $R$  провести две вспомогательные прямые, соответственно параллельные заданным  $I_1$  и  $I_2$  (рис. 1). Точка пересечения этих прямых является центром  $O$  радиуса сопряжения  $R$ . Из полученного центра опускаем перпендикуляры на заданные прямые - получаем точки сопряжений  $A$  и  $B$ . Из центра  $O$  величиной заданного радиуса  $R$  проводим дугу пределах между найденными точками  $A$  и  $B$ .

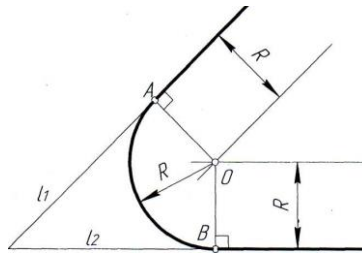


Рис.1 Сопряжение прямой линии с окружностью

Для построения сопряжения прямой линии / с дугой радиусом  $R_j$  проведенной из центра  $O_j$  (рис. 2), требуется провести вспомогательную прямую, параллельную прямой / на расстоянии заданного радиуса сопряжения  $R$ , а из центра  $O_j$  проводим вспомогательную дугу радиусом  $R+R_j$ . В точке пересечения этих вспомогательных линий получаем центр сопряжения  $O$ . Из этого центра опускаем перпендикуляр на прямую / - получаем точку сопряжения на прямой —  $A$ . Соединяем центры  $O$  и  $O_j$ , и на пересечении вспомогательной прямой с дугой радиусом  $R_j$  получаем точку сопряжения  $B$ . Из центра  $O$  между найденными точками  $A$  и  $B$  радиусом  $R$  проводим дугу сопряжения.

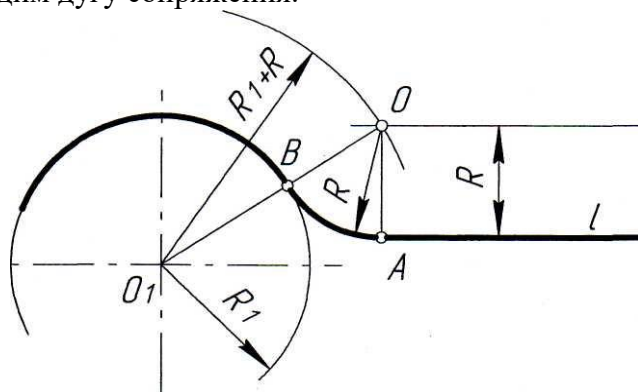
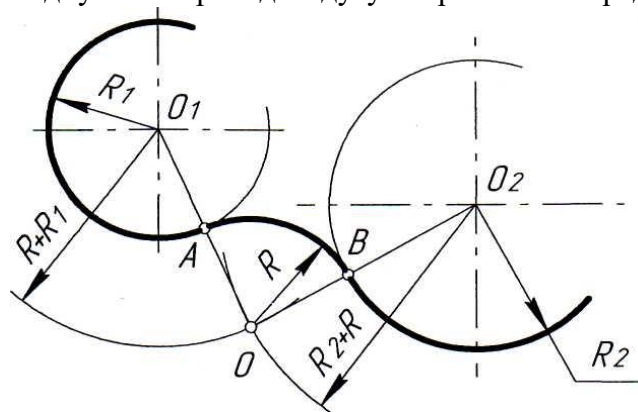


Рис.2 Сопряжение двух окружностей

Для построения сопряжения двух дуг: дуги  $R_j$  из центра  $O_j$  и дуги  $R_2$  из центра  $O_2$  (рис.3), требуется провести две вспомогательные окружности. Первую из центра  $O_1$  радиусом  $R_j+R$ , вторую из центра  $O_2$  радиусом  $R_2+R$ . Точка пересечения двух вспомогательных дуг определяет центр сопряжения - точку  $O$ . Для определения точек сопряжения  $A$  и  $B$  соединяем центр сопряжения  $O$  с центрами заданных дуг  $O_j$  и  $O_2$ . Радиусом  $R$  проводим дугу сопряжения в пределах точек  $AB$ .



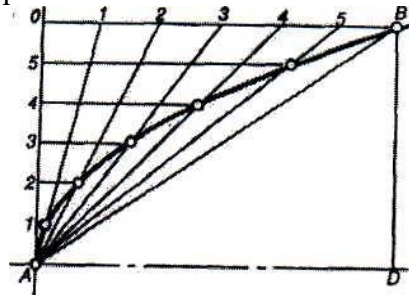
Эллипс (рис. 5) — замкнутая плоская кривая, для которой сумма расстояний от любой ее точки до двух заданных в той же плоскости (фокусов эллипса) есть величина постоянная, равная большей оси эллипса. Отрезок  $AB$  — большая ось эллипса, отрезок  $CD$  — малая ось. Если из точек  $C$  или  $D$  провести дугу радиусом  $R = AB/2$ , то на большой оси эллипса будут отмечены его

фокусы (точки  $F$ , и  $F_j$ ).

Построение эллипса по двум его осям. На заданных осях эллипса (большой  $AB$  и малой  $CD$ ) строят как на диаметрах две concentric окружности. Одну из них делят на 8 ... 12



равных или неравных частей и через точку деления и центр  $O$  проводят радиусы до их пересечения с большой окружностью. Через точки 1, 2 ... деления большой окружности проводят прямые, параллельные малой оси  $CD$ , а через точки Г, 2\... деления малой окружности — прямые, параллельные большой оси  $AB$ . Точки пересечения соответствующих прямых принадлежат искомому эллипсу. Полученную совокупность точек, включая точки на большой и малой осях, последовательно соединяют от руки плавной кривой, которую затем обводят по лекалу. Есть и другие способы построения эллипса.



Парабола (рис. 6) — плоская кривая, каждая точка которой расположена на одинаковом расстоянии от заданной прямой (директрисы) и точки (фокуса), расположенной в той же плоскости.

На рис. 6 рассмотрен один из способов построения параболы по заданной вершине, оси и одной из точек параболы. Из точек  $A$  и  $B$  проведены взаимно перпендикулярные прямые до пересечения в точке  $C$ .

Отрезки  $AO$  и  $BO$  разделены на одинаковое число равных частей. Из вершины  $A$  проведены лучи в точки деления на отрезке  $BC$ , а из точек деления на отрезке  $AO$  — прямые, параллельные оси параболы.

В пересечении соответствующих прямых отмечены точки одной ветви параболы. Точки другой ветви параболы симметричны относительно ее оси. Другие способы построения указаны в литературе.

Циклоида (рис. 7) — плоская кривая, принадлежащая окружности,

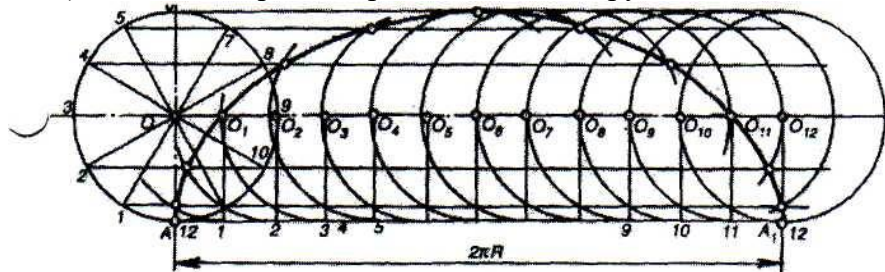
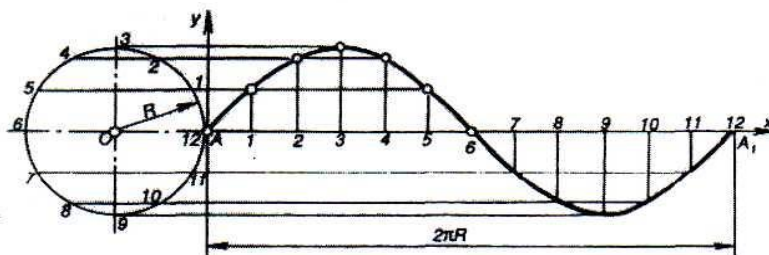


Рис. 7

перекатываемой<sup>1</sup> без проскальзывания по прямой линии. Для построения циклоиды | от начальной точки  $A$  окружности проводят

направляющую прямую, ограничив ее длину отрезком  $AA_1$ , равным длине заданной окружности ( $2\pi R$ ). Делят отрезок  $AA_1$  и окружность на одинаковое число равных частей ( $n = 12$ ). Через точки деления окружности 1, 2, ... проводят ряд параллельно направляющей прямой  $AA_1$ . Через точки деления прямой — перпендикуляры, которые при пересечении с осевой линией, продолженной из центра начальной окружности, обозначают ряд последовательно расположенных центров  $O_1, O_2, \dots$  перекатываемой окружности. Описывая из этих центров дуги радиусом  $R$ , последовательно отмечают точки их пересечения с соответствующими прямыми, параллельными  $AA_1$  и, как точки, принадлежащие циклоиде Синусоиду (рис. 8) строят по заданному диаметру начальной окружности. Выбирают начало координат, совпадающим с точкой  $A$  на окружности заданного радиуса  $R$ , и на продолжении оси  $OA$  откладывают отрезок  $AA_1$ ,  $-2\pi R$  (равный длине окружности). Делят окружность и отрезок  $AA_1$  на одинаковое число равных частей и пронумеровывают точки деления. Через точки деления окружности проводят ряд прямых, параллельных  $AA_1$ ; ю точек деления прямой  $AA_1$  — ряд прямых, перпендикулярных  $AA_1$ . На пересечении этих вспомогательных прямых, имеющих одноименные номера, отмечают точки синусоиды.



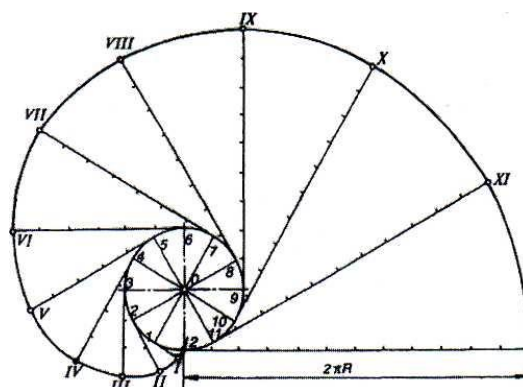
Вид синусоиды имеют многие кривые, изображающие гармонические колебательные процессы или являющиеся проекциями винтовых линий. Для их построения выполнение условия  $AA_j - 2\pi R$  не является обязательным, но принцип деления исходной окружности и прямой  $AA_j$  сохраняют.

Эвольвента (рис. 9) — траектория, описываемая каркой точки прямойлинии, Рис.9

перекатываемой по окружности без скольжения (развертка круга). В технике по эвольвенте выполняют профиль зубьев зубчатых колес. Для построения эвольвенты исходную окружность с центром  $O$  делят на произ-

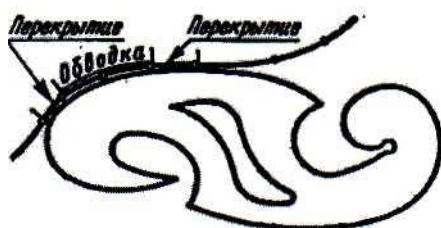
вольное число равных частей ( $n = 12$ ). В точках деления 1, 2, ..., 12 проводят касательные к окружности, направленные в одну сторону. Касательную, проведенную из последней точки деления, ограничивают отрезком, равным длине окружности ( $2\pi R$ ), и делят равных частей.

На всех касательных откладывают от начальной точки, определенной числу на первой — одному делению, на второй — двум и т. д., — соединяют их



отрезком, равным длине этого отрезка на то же число. Последовательно отмечая на соответствующие деления длины окружности: делению, на второй — двумя и плавной кривой линией.

Построение гиперболы, эпициклоиды, гипоциклоиды, спирали Архимеда и т. д. см. в рекомендуемой литературе.



При обводке кривых по лекалу (рис. 10) его следует подбирать не менее чем для трех точек того или иного участка, а обводить участок между двумя точками.

Рис. 10

Выше рассмотрены различные случаи сопряжения прямых: двух прямых, прямой с дугой и двух дуг. Рассмотрим сопряжение прямой с некоторыми лекальными кривыми.

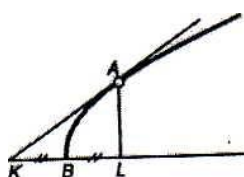


Рис. 12

Построение касательной к параболе в заданной точке  $A$  показано на (рис. 12). Ее проводят из точки  $K$ , положение которой определено соотношением  $KB - BL$

## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Тема: «ГОСТ 2.311-68 Изображение резьбы»

### Цель работы:

- познакомиться с содержанием ГОСТ 2.311-68.

### Задачи работы:

- 1) Рассмотреть классификацию резьб;
- 2) Познакомиться с правилами изображения и обозначения резьбы.

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

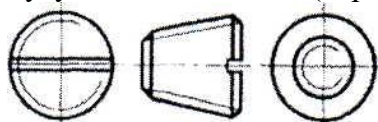
1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.

### Описание (ход) работы:

Резьбу изображают:

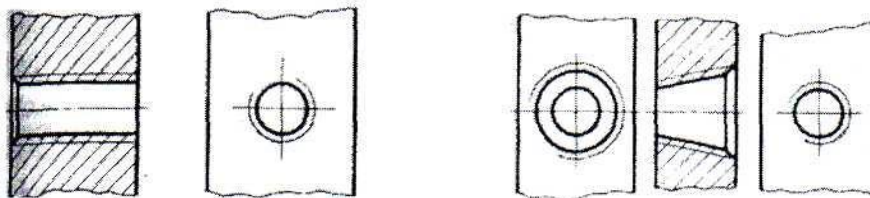
а) на стержне - сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями - по внутреннему диаметру.

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте (черт. 1, 2)

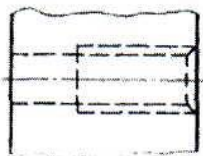


б) в отверстии - сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями - по наружному диаметру.

На разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте (черт. 3, 4)



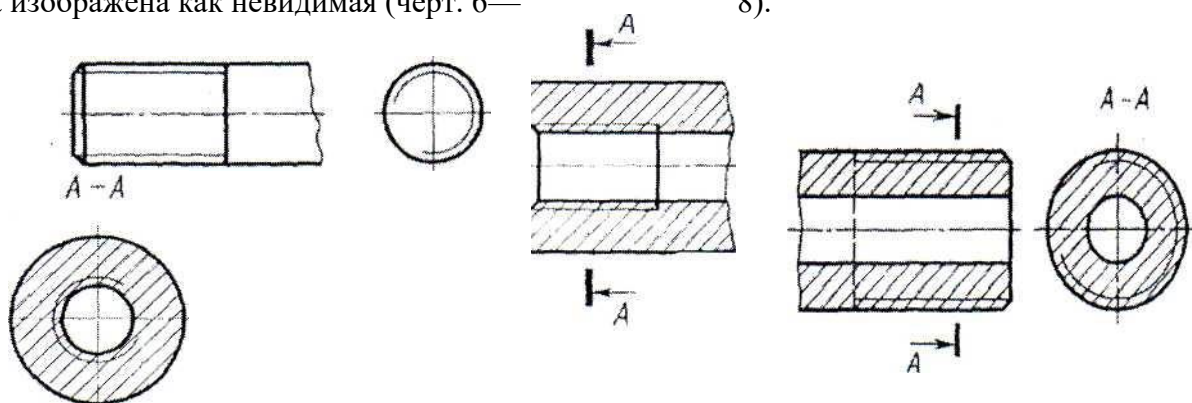
Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.



Черт. 5

Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми линиями одной толщины по наружному и по внутреннему диаметру (черт. 5).

Линию, определяющую границу резьбы, наносят на стержне и в отверстии с резьбой в конце полного профиля резьбы (до начала сбега). Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая (черт. 6—8).



Черт. 6

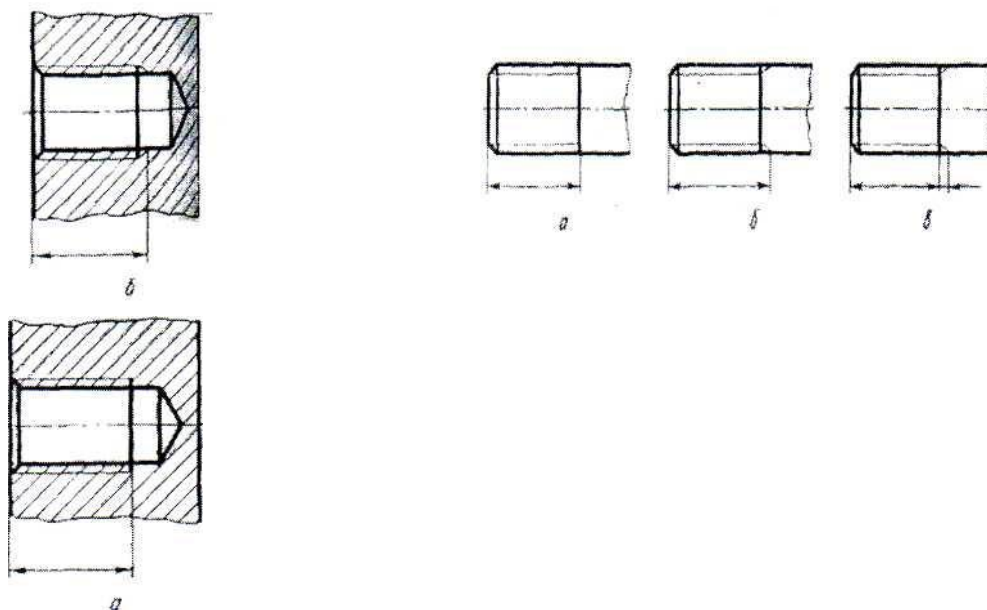
Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержнях и до линии внутреннего диаметра в отверстиях, т.е. в обоих случаях до сплошной основной линии (см. черт. 3, 4, 7, 8).

Размер длины резьбы с полным профилем (без сбега) на стержне и в отверстии указывают, как показано на черт. 9а и 10.

Размер длины резьбы (со сбегом) указывают, как показано на черт. 9б и 10б.

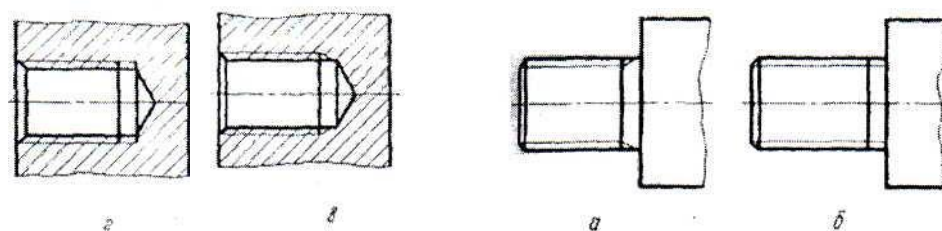
При необходимости указания величины сбега на стержне размеры наносят, как показано на черт. 9в.

Сбег резьбы изображают сплошной тонкой прямой линией, как показано на черт. 9, в и 10.



Черт. 10

Недорез резьбы, выполненной до упора, изображают, как показано на черт. 11а и в. Допускается изображать недорез резьбы, как показано на черт. 11б и г.



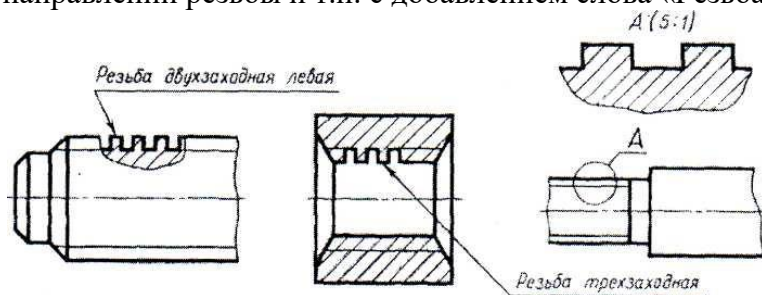


Основную плоскость конической резьбы на стержне, при необходимости, указывают тонкой сплошной линией, как показано на черт. 12.

На чертежах, по которым резьбу не выполняют, конец глухого резьбового отверстия допускается изображать, как показано на черт. 13 и 14, даже при наличии разности между глубиной отверстия под резьбу и длиной резьбы

Фаски на стержне с резьбой и в отверстиях с резьбой, не имеющие специального конструктивного назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную к оси стержня или отверстия, не изображают (черт. 15-17). Сплошная тонкая линия изображения резьбы на стержне должна пересекать линию границы фаски (см. черт. 15).

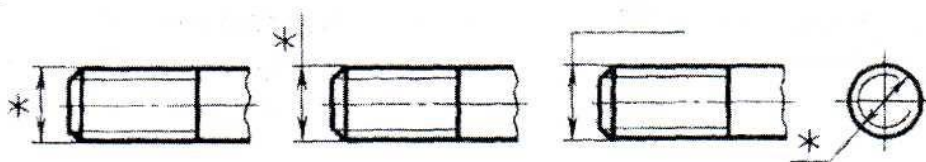
Резьбу с нестандартным профилем показывают одним из способов, изображенных на черт. 18, со всеми необходимыми размерами и предельными отклонениями. Кроме размеров и предельных отклонений резьбы, на чертеже указывают дополнительные данные о числе заходов, о левом направлении резьбы и т.п. с добавлением слова «Резьба».



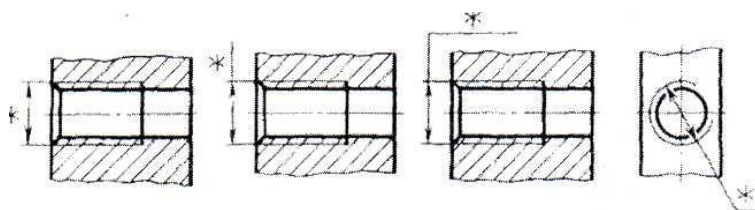
Черт. 18

На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскости, параллельной его оси, в отверстии показывают только часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (черт. 19, 20).

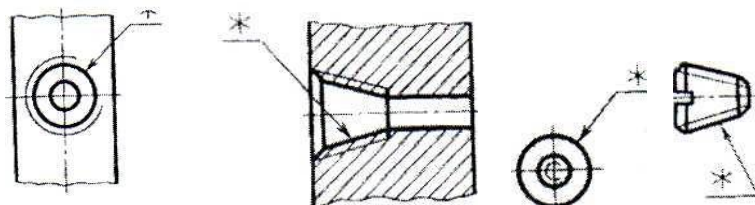
Обозначения резьб указывают по соответствующим стандартам на размеры и предельные отклонения резьб и относят их для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, к наружному диаметру, как показано на черт. 21, 22.



Черт. 21



Черт. 22



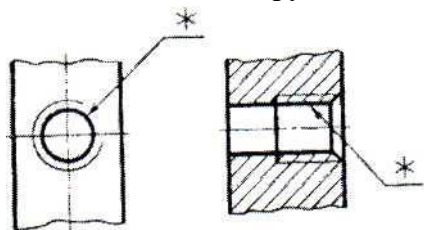
Обозначения конических резьб и трубной цилиндрической резьбы наносят, как показано на черт. 23.

Специальную резьбу со стандартным профилем обозначают сокращенно Сп и условным обозначением резьбы. Детали машин и приборов соединяют крепежными деталями. Кроме того, применяются резьбовые соединения деталей, на одной из которых нарезана наружная, а на другой - внутренняя резьба. Такие соединения, называемые разъемными, можно разобрать без повреждения деталей.

Стандартные крепежные детали можно разделить на две группы:

- 1) резьбовые крепежные детали (болты, винты, шпильки, гайки);
- 2) крепежные детали без резьбы – шайбы (обыкновенные, пружинные, стопорные) и шплинты.

В зависимости от требований, предъявляемых к соединению, оно может выполняться или только деталями I группы, или этими же деталями совместно с деталями II группы.



Черт. 23

## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Тема: «Изучение резьбовых соединений – болтовое.»

Цель работы:

- научиться выполнять расчет и подбор болтового соединения.

Задачи работы:

- 1) Познакомиться с составом болтового соединения;
- 2) Рассчитать и подобрать болтовое соединение.

Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

Описание (ход) работы:

Составными элементами болтового соединения являются; болт, шайба, гайка и скрепляемые детали.

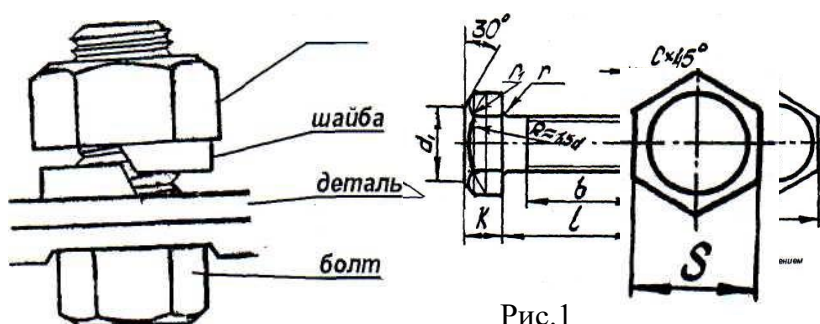


Рис.1

Болт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется головка, на другом - участок с резьбой (длина нарезанного участка  $B$ , так называемого стяжного конца). Для увеличения прочности болта в месте, перехода от стержня к головке выполняют округления радиуса (галтель). Под термином "длина болта" подразумевается только



длина стержня размер. Во избежание "забоя" резьбы и для облегчения навинчивания гайки конец стержня с резьбой обычно обтачивают на конус (снимают фаску.)

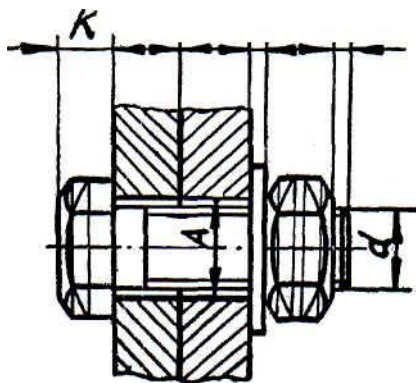


Рис.2

Каждому диаметру, болта  $d$  соответствуют определенные размеры его головки. При одном и том же диаметре резьбы болта  $d$  болт может изготавливаться различной длины  $l$ , которая стандартизована. Длина резьбовой части болта  $B$  также стандартизована и устанавливается в зависимости от его диаметра  $d$  и длины.

На рис. 2 представлен чертеж болта и показаны необходимые построения, выполняемые в учебном процессе.

Гайки навинчивают на резьбовой конец болта или шпильки. При завинчивании гайки соединяемые детали зажимаются между гайкой и головкой болта. По форме гайки могут быть шестигранными, квадратными и круглыми. Гайки изготавливаются нормальной, повышенной и грубой точности. Наиболее употребительны шестигранные гайки нормальной точности по ГОСТ 5915-70 в двух исполнениях: с двумя и одной наружными фасками. Чертеж гайки выполняется по размерам, взятым из соответствующего ГОСТа. Изображение шестигранной гайки отроится, как и головка болта (рис. 3).

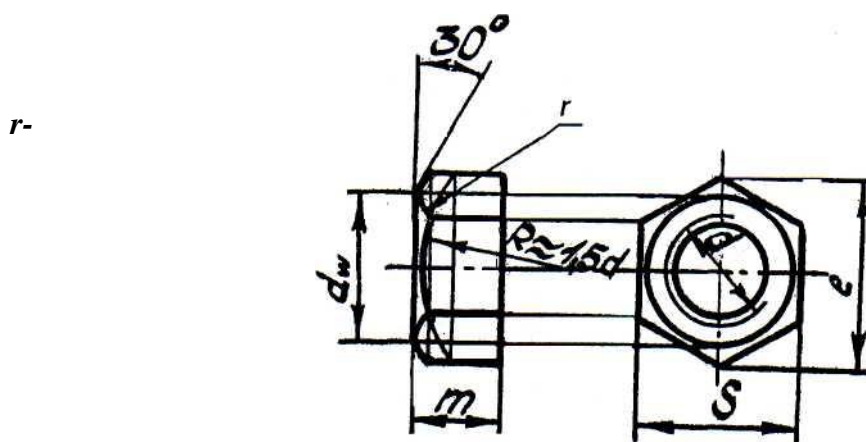
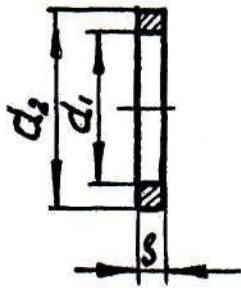


Рис.3

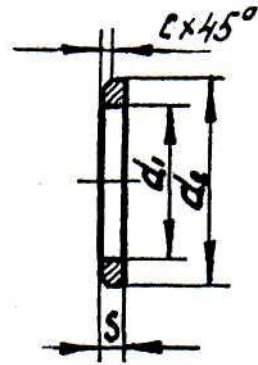
Шайбы применяются при следующих условиях:

- если отверстие под болты или шпильку некруглое (овальное, прямоугольное), когда мала опорная поверхность у гаек;
- если необходимо предохранить опорную поверхность детали от задиров при затяжке гайки ключом;
- если детали изготовлены из мягкого материала (алюминия, латуни, бронзы, дерева и др.), в этом случае нужна большая опорная поверхность. Под гайкой для предупреждения смятия детали. Размеры стальных плоских шайб для болтов и гаек берут по ГОСТ 11371-78 или СТ СЭВ 28-76 и 281-76. Наиболее часто применяемые шайбы имеют два исполнения: исполнение I - без фаски исполнение 2-е фаской (рис. 4).

$$d_w = (0,9-0,95S)$$



Исполнение 1



Исполнение 2

Рис. 4

Рассмотрим пример вычерчивания болтового соединения в учебном процессе по размерам, взятым из ГОСТов.

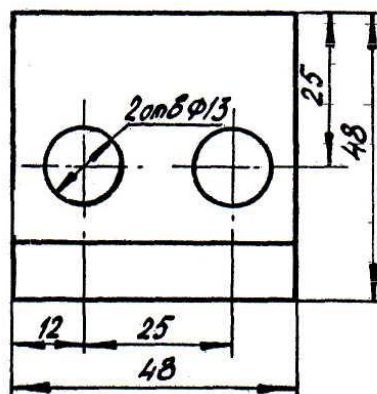
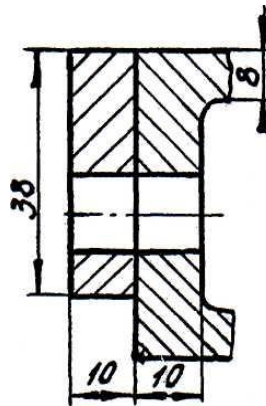


Рис. 5

Требуется соединить болтом две детали, общая толщина, которых равна 20 мм, диаметр отверстия под болт 13 мм.



Так как по условному соотношению диаметр отверстия под болт  $A=I, Id$ , а диаметр  $d$  стандартного болта может быть только четным числом, принимаем номинальный диаметр резьбы болта М12. По табл. 25.2 "Основные размеры болтов с шестигранной головкой (нормальной точности)" по ГОСТ 7798-70 (приложение) принимаем для болта М12 I исполнения: шаг резьбы 1,75 мм

размер "под ключ"  $S=19$  мм

Принимаем основные размеры головки болта М12: высота головки  $K - 8$  мм. Размеры шайбы выбираются в зависимости от номинального диаметра болта по табл. 29.1 "Шайбы обычные: нормальные по ГОСТ 11371-78" (приложение). Для номинального диаметра резьбы М12, класса точности С, исполнения I: внутренний диаметр  $d_j = 13$  мм наружный диаметр  $d_2=24$  мм толщина  $iS=2,5$  мм. Для номинального диаметра резьбы М12: исполнение I, размер "под ключ" 19 мм, диаметр описанной окружности, не менее  $e=20,9$  мм высота  $m=10$  мм. Расчетная длина  $l_{расч.}$  подсчитывается по формул  $l_{расч.} = a+b+S+m+n$ ,

где  $a$  и  $b$  - толщина соединяемых деталей в мм;  $S$  - толщина шайбы в мм;  $m$  - высота гайки в мм.  $n$  - длина выступающего конца болта в мм. ( $n=0,25...0,3d$ ).

Подсчитав расчетную длину болта по таблице "Длина болтов с шестигранной головкой нормальной (класс В) и повышенной (класс А) точности в диапазоне Диаметров 6-48 мм по ГОСТ 7798- 70 и ГОСТ 7805-70 подбирают ближайшее значение. В зависимости от  $d$  и длины по той же таблице определяется длина резьбы на стержне. Таким образом, расчетная длина болта в рассматриваемом примере будет равна  $l_{расч}=20+ 2,5+10 + 3= 35,5$  мм.

По таблице принимаем ближайшее значение = 35 мм и длину резьбы  $d= 30$  мм.

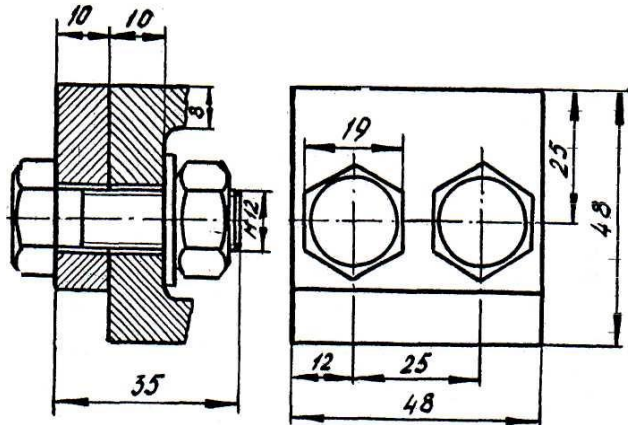


Рис. 6.

На чертеже болтового соединения обязательно указывать следующие размеры: толщина деталей: длина болта, размер резьбы болта, размер "под ключ

## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Тема: «Изучение резьбовых соединений – шпильчное.»

### Цель работы:

- научиться выполнять расчет и подбор шпильчного соединения.

### Задачи работы:

- 1) Познакомиться с составом шпильчного соединения;
- 2) Рассчитать и пообобрать шпильчное соединение.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

### Описание (ход) работы:

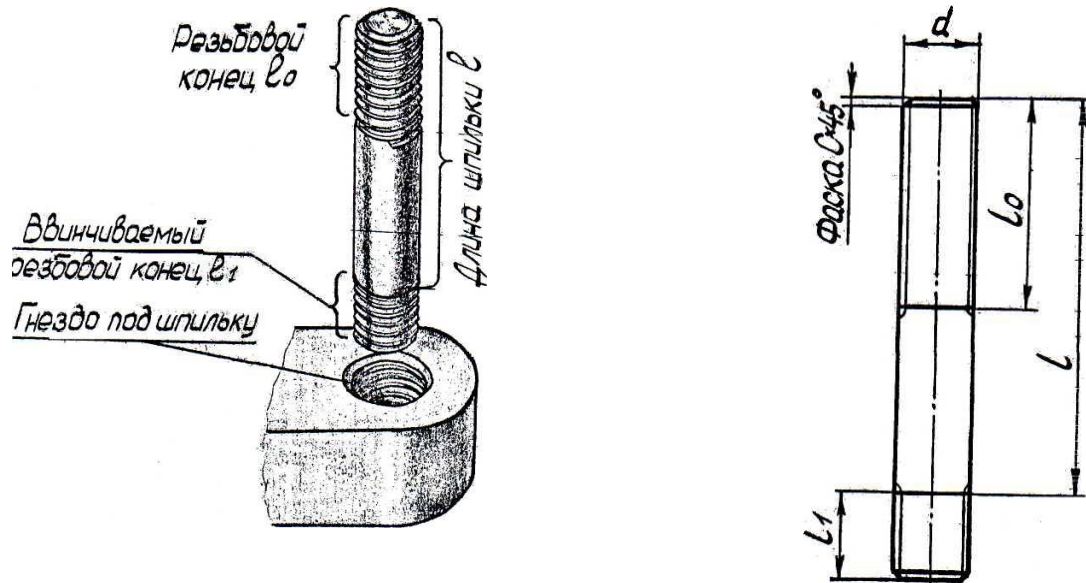
Шпилька представляет собой цилиндрический стержень, концы которого имеют резьбу. Наибольшее распространение получили шпильки, изготавливаемые по ГОСТ 22032-76 (нормальной точности для резьбовых отверстий в стальных, бронзовых и латунных деталях).

Резьбовой конец шпильки  $l_1$  называется ввинчиваемым или посадочным резьбовым концом. Он предназначен для завинчивания в резьбовое отверстие одной из соединяемых, деталей. Длина ввинчиваемого резьбового конца определяется материалом детали, в которую он должен ввинчиваться и может выполняться равной величины:

$l_1=d$  - для стальных, бронзовых и латунных деталей (ГОСТ 22032-76, 22033-78);  $l_1=1,25d$  - для чугунных деталей (ГОСТ 22036-76, 22037-76);  $l_1=2d$  - для деталей из легких сплавов (ГОСТ 22038-76 ГОСТ 22041-76) ( $d$  - наружный диаметр резьбы). Резьбовой конец шпильки  $l_0$  называется просто резьбовым

Рис. 7

концом и предназначен для навинчивания на него гайки при соединении скрепляемых



деталей. Под длиной шпильки понимается длина стержня без ввинчиваемого резьбового конца. Длина резьбового (гаечного) конца может иметь различные значения, определяемые диаметром резьбы  $d_1$  высотой гайки, толщиной шайбы.

Шпильки изготавливаются на концах с одинаковыми диаметрами резьбы и гладкой части посередине нормальной и повышенной точности,

В учебном чертеже рекомендуется выбрать шпильку по ГОСТ 22032-76.

Технологическая последовательность выполнения отверстия с резьбой под шпильку, и порядок сборки шпильчатого соединения следующие: Вначале сверлят отверстие диаметром  $d_j$ . На учебных чертежах принимается равным  $0,85 d$  на глубину  $l_2 - l_j + 6P$  ( $P$  - шаг резьбы). Отверстие заканчивается с конической поверхностью с углом конуса  $120^\circ$ .

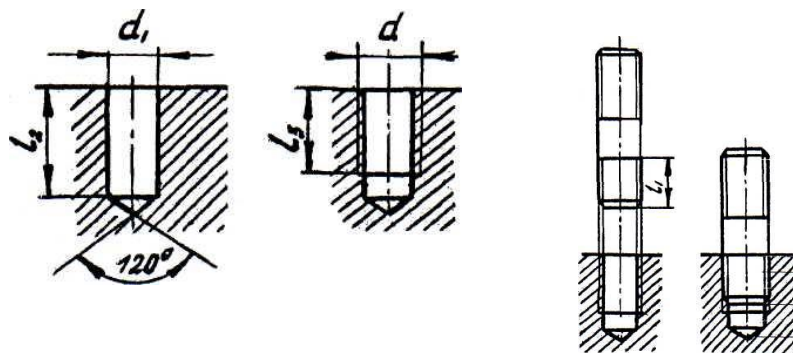


Рис. 8

1. Выбрать для данного размера резьбового отверстия шпильку соответствующего диаметра.
2. Подобрать необходимые для данного шпильчатого соединения шайбу и гайку, определить длину шпильки по ГОСТу.
3. Рассчитать глубину сверленного и нарезанного отверстия под шпильку.

Рассмотрим пример вычерчивания шпильчатого соединения, если известно, что диаметр резьбового отверстия М12. Толщина одной из скрепляемых деталей, в которой имеется сквозное отверстие  $d=13$  мм, равна 19 мм. Условно будем считать, что скрепляемые детали стальные, т.е. длина посадочного конца будет равна диаметру резьбы, или 12мм.

По ГОСТ 22032-76 выбираем шпильку М12 (таблица "Основные размеры шпилек общего применения для резьбовых отверстий ГОСТ 22032-76"). Основные параметры для шпильки данного диаметра:

Шаг резьбы  $P = 1,75$  мм

Диаметр стержня  $d_j = 12$  мм.

Прежде чем определить расчетную длину шпильки, необходимо выбрать для данного соединения соответствующие гайку и шайбу. Гайка выбирается, так же, как и в болтовом соединении по ГОСТ 5915-70. Основные ее размеры находим в таблице, Для гайки М12 исполнения I: Размер "под ключ"  $S=19\text{ мм}$ .

Диаметр описанной окружности  $e = 20,9\text{ мм}$ .

Высота  $t=10\text{ мм}$ .

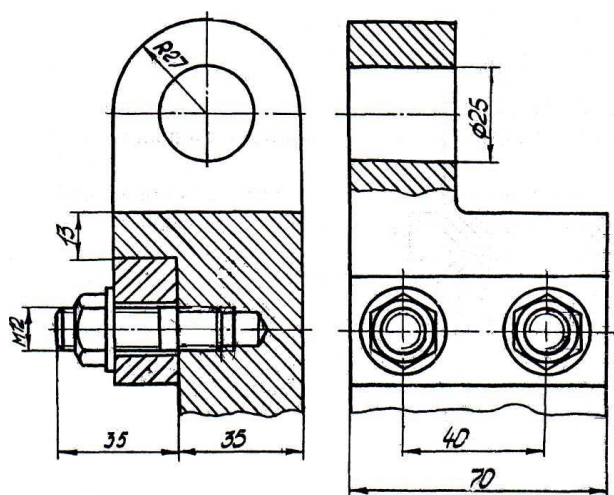
Шайба по ГОСТ 11371-78- табл. 29.1 (приложение).

Для номинального диаметра, резьбы крепежной детали М12: Исполнение 1,  $M=24\text{ мм}$ .  $S=2,5\text{ мм}$ .

Расчетная длина шпильки определяется толщиной детали, высотой гайки, толщиной шайбы и длиной, выступающей над гайкой  $n$  где  $n=0,25...0,3*$ , т.е. для М12  $n=2 \cdot 0,25=3\text{ мм}$ ,  $p_{\text{всч}}=19+2,5+10+3=34,5\text{ мм}$ . Сопоставляя полученную величину с рядом длин, предусмотренный стандартом, по таблице "Длина шпилек общего применения" принимаем стандартное ближайшее значение  $l=35\text{ мм}$ . По той же таблице определяем  $l_0=29\text{ мм}$ . Глубина сверленного отверстия  $l_2$  в данном примере будет равна

$$l_2 = h + 6P = 12 + 6 \cdot 1,75 = 22,5.$$

Глубина нарезки резьбы  $l_3 = h + 2P = 12 + 2 \cdot 1,75 = 15,5$ . Чертеж шпилечного соединения в задании будет иметь окончательный вид.



## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Тема: «Изучение резьбовых соединений – винтовое»

Цель работы:

- научиться выполнять расчет и подбор винтового соединения.

Задачи работы:

- 1) Познакомиться с составом винтового соединения;
- 2) Рассчитать и подобрать винтовое соединение.

Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

Описание (ход) работы:



В винтовом соединении, как и в шпилечном, резьбовая часть винта ввинчивается в резьбовое отверстие детали. Граница резьбы винта должна быть несколько выше линии разъема деталей. Верхние детали в отверстиях резьбы не имеют. Между стенками гладкого отверстия и винтом должен быть зазор. Винты разделяются на: винты с головкой под отвертку и с головкой под ключ. В учебном чертеже требуется вычертить соединения винтами двух типов: винтом с цилиндрической и винтом с конической головкой. На рис 11 приведены чертежи этих винтов. Винты можно вычертить по параметрам, рекомендуемым стандартом или по относительным размерам.

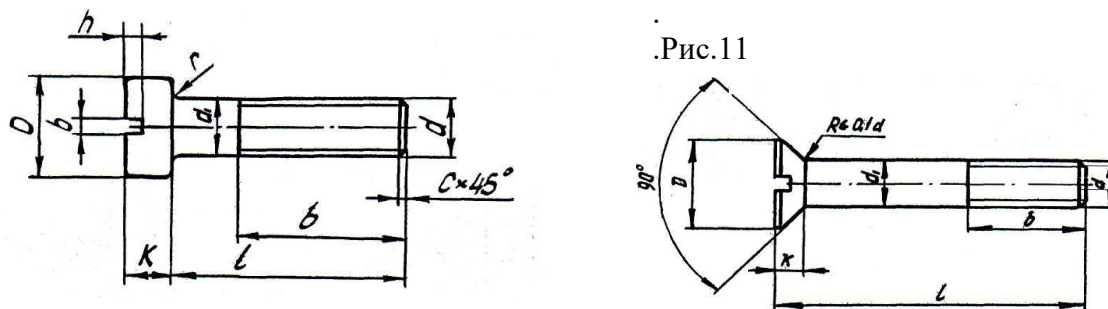


Рис.11

Рассмотрим пример вычерчивания соединения винтом с цилиндрической головкой по стандартным размерам. Исходными данными являются две детали, в одной из которых имеется резьбовое отверстие, в другой - сквозное с цилиндрической зенковкой.

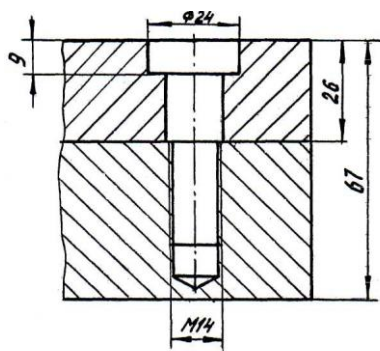


Рис. 12

Требуется: 1. Подобрать соответствующий винт по ГОСТ 1491-80.

2. Определить глубину сверленного и нарезанного отверстия. По ГОСТ 1491-80. Выбираем винт М14 исполнения 2. Основные параметры винта: Шаг резьбы  $P = 2$  мм Диаметр стержня  $d = 14$  мм Диаметр головки  $D = 21$  мм Высота, головки  $h = 8$  мм Размеры шлица выбираем из табл. 27.6. Ширина шлица  $b = 3$  мм Глубина шлица 4 мм. Размерная цепь, определяющая длину винта (стержня) будет состоять из следующих звеньев: длина заворачиваемой части винта + толщина верхней детали без глубины зенкованного отверстия. Винт ввертывается в резьбовое отверстие на величину равную  $1,5 \dots 1d$ , значит, в нашем случае, винт ввернется в деталь на величину от 21 до 28 мм. Примем меньшее значение, т.е. 21 мм. Толщина верхней детали без глубины зенковки будет равна  $26 - 9 = 17$  мм, т.е. расчетная длина винта  $l_{\text{расч.}} = 21 + 17 = 38$  мм. Длина для крепежных винтов выбирается из ряда, мм: 2; (2,5); 3; 3,5; 4; 5; 6; (7); 8; 9; 9; 10; 11; 12; (13); 14; 16; (18); 20; (22); 25; (28); 30; (32); 35; (38); 40; (42); 45; (48); 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; (85); 90; (95); 100; 110; 120 Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется. Округлив полученное значение до ближайшего стандартного, принимаем 40 мм. Определяем длину нарезанной части стержня 34 мм. При выбранной стандартной длине винта должен быть ввернут в деталь с резьбовым отверстием на глубину  $40 - 17 = 23$  мм. Значит, глубина сверленного отверстия будет, как и в шпилечном соединении, равна 23, +  $6Pj =$  т.е.  $23 + 6 \cdot 2 = 35$  мм, глубина нарезанного отверстия:  $23 + 2P = m$ , т.е.  $23 + 2 \cdot 2 = 27$  мм



## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

Тема: «Изучение понятия о инженерной графике»

### Цель работы:

- познакомиться с геометрическим моделированием и графическими редакторами.

### Задачи работы:

- 1) Усвоить принципы геометрического моделирования;
- 2) Построить деталь в программе Компас.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

### Описание (ход) работы:

#### Геометрическое моделирование и графические редакторы

Положение любой точки  $P$  в пространстве (в частности, на плоскости) может быть определено при помощи той или иной системы координат. Числа, определяющие положение точки, называются координатами этой точки. Наиболее употребительные координатные системы - декартовы прямоугольные. Кроме прямоугольных систем координат существуют косоугольные системы. Прямоугольные и косоугольные координатные системы объединяются под названием *декартовых систем координат*. Иногда на плоскости применяют полярные системы координат, а в пространстве - цилиндрические или сферические системы координат. Обобщением всех перечисленных систем координат являются криволинейные системы координат.

#### Криволинейные системы координат

В *двухмерном пространстве* задаются два семейства линий (координатных линий), зависящих каждое от одного параметра, причем через каждую точку проходит только по одной линии каждого семейства. Значения параметров, соответствующие этим кривым, являются криволинейными координатами этой точки. В *трехмерном пространстве* задаются *три* семейства координатных *поверхностей*, таких, что через каждую точку проходит по одной поверхности каждого семейства. Положение точки в такой системе определяется значениями параметров координатных поверхностей, проходящих через эту точку.

#### Декартовы прямоугольные системы координат

Для задания декартовой прямоугольной системы координат нужно выбрать несколько взаимноперпендикулярных прямых, называемых осями. Точка пересечения осей  $O$  называется началом координат. На каждой оси нужно задать положительное направление и выбрать единицу масштаба. Координаты точки  $P$  считаются положительными или отрицательными в зависимости от того, на какую полуось попадает проекция точки  $P$ . Декартовыми прямоугольными координатами точки  $P$  на *плоскости* называются взятые с определенным знаком расстояния (выраженные в единицах масштаба) этой точки до *двух* взаимно перпендикулярных прямых - осей координат или, что то же, проекции радиус-вектора  $\mathbf{r}$  точки  $P$  на *две* взаимно перпендикулярные координатные оси. Когда говорят про двухмерную систему координат, горизонтальную ось называют осью (осью  $Ox$ ), вертикальную ось - осью (осью  $Oy$ ). Положительные направления выбирают на оси  $Ox$  - вправо, на оси  $Oy$  - вверх. Координаты  $x$  и  $y$  называются соответственно абсциссой и ординатой точки. Запись  $P(a,b)$  означает, что точка  $P$  на плоскости имеет абсциссу  $a$  и ординату  $b$ . Декартовыми прямоугольными координатами точки  $P$  в *трехмерном пространстве* называются взятые с определенным знаком расстояния (выраженные в единицах масштаба) этой точки до *трех* взаимно перпендикулярных координатных плоскостей или, что то же, проекции радиус-вектора  $\mathbf{r}$  точки  $P$  на *три* взаимно перпендикулярные координатные оси. В зависимости от взаимного расположения положительных направлений координатных осей возможны и правая координатные системы. Как правило, пользуются правой координатной системой. Положительные направления выбирают: на оси  $Ox$  - на наблюдателя; на оси  $Oy$  - вправо; на оси  $Oz$  - вверх. Координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$  называются соответственно абсциссой, ординатой и

аппликацией. Координатными поверхностями, для которых одна из координат остается постоянной, здесь являются плоскости, параллельные координатным плоскостям, а координатными линиями, вдоль которых меняется только одна координата, - прямые, параллельные координатным осям. Координатные поверхности пересекаются по координатным линиям. Запись  $P(a,b,c)$  означает, что точка  $Q$  имеет абсциссу  $a$ , ординату  $b$  и аппликату  $c$ .

### **Полярные системы координат**

Полярными координатами точки  $P$  называются радиус-вектор  $\rho$  - расстояние от точки  $P$  до заданной точки  $O$  (полюса) и полярный угол  $\varphi$  - угол между прямой  $OP$  и заданной прямой, проходящей через полюс (полярной осью). Полярный угол считается положительным при отсчете от полярной оси против часовой стрелки и отрицательным при отсчете в обратную сторону. Координатные линии в полярных системах - окружности с центром в полюсе и лучи. Формулы для перехода от полярных координат к декартовым:

$$x=\rho*\cos(\varphi), y=\rho*\sin(\varphi)$$

и обратно:

$$\rho=\sqrt{x^2+y^2}, \varphi=\arctg(y/x)=\arcsin(y/\rho)$$

### **Цилиндрические системы координат**

$\rho$  и  $\varphi$  - полярные координаты проекции точки  $P$  на основную плоскость (обычно  $xOy$ ),  $z$  - аппликата - расстояние от точки  $P$  до основной плоскости. Для цилиндрических координат координатными поверхностями являются плоскости, перпендикулярные к оси  $Oz$  ( $z=\text{const}$ ), полуплоскости, ограниченные осью  $z$  ( $\varphi=\text{const}$ ) и цилиндрические поверхности, осью которых является ось  $z$  ( $\rho=\text{const}$ ). Координатные линии - линии пересечения этих поверхностей. Формулы для перехода от цилиндрических координат к декартовым:

$$x=\rho*\cos(\varphi), y=\rho*\sin(\varphi), z=z$$

и обратно:

$$\rho=\sqrt{x^2+y^2}, \varphi=\arctg(y/x)=\arcsin(y/\rho)$$

### **Сферические системы координат**

$r$  - длина радиус-вектора,  $\varphi$  - долгота,  $\theta$  - полярное расстояние. Положительные направления отсчета показаны на рисунке 6. Если давать сферическим координатам значения в следующих пределах:

$$0 \leq r < \infty, -\pi < \varphi \leq \pi, 0 \leq \theta \leq \pi,$$

то получаются однозначно все точки пространства. Координатные поверхности: сферы с центром в начале ( $r=\text{const}$ ), полуплоскости, ограниченные осью  $z$  ( $\varphi=\text{const}$ ), конусы (с вершиной в начале), для которых ось  $z$  является осью ( $\theta=\text{const}$ ). Координатные линии - линии пересечения этих поверхностей. Формулы перехода от сферических координат к декартовым

$$x=r*\sin(\theta)*\cos(\varphi), y=r*\sin(\theta)*\sin(\varphi), z=r*\cos(\theta)$$

и обратно

$$r=\sqrt{x^2+y^2+z^2}, \varphi=\arctg(y/x), \theta=\arctg(\sqrt{x^2+y^2}/z).$$

**Как определить, принадлежит ли точка  $A(x,y)$  отрезку с концевыми точками  $B(x_1,y_1)$  и  $C(x_2,y_2)$ ?**

Точки отрезка  $z$  можно описать уравнением:

$$\rho OB + (1-\rho)OC = z, 0 \leq \rho \leq 1, OB \text{ и } OC - \text{векторы.}$$

Если существует такое  $\rho$ ,  $0 \leq \rho \leq 1$ , что

$$\rho OB + (1-\rho)OC = A,$$

то  $A$  лежит на отрезке, иначе - нет. Равенство расписывается по координатам так:

$$\rho x_1 + (1-\rho)x_2 = x$$

$$\rho y_1 + (1-\rho)y_2 = y$$

Из первого уравнения находим  $\rho$ , подставляем во второе: если получаем равенство

и

$0 \leq \rho \leq 1$ , то  $A$  на отрезке, иначе - нет.

**Проверка принадлежности точки прямой**

Подставляем координаты точки в уравнения прямой и смотрим, являются ли они решением данных уравнений. Да - принадлежит, Нет - не принадлежит.

### **Вычисление расстояния от точки до плоскости**

Пусть  $P_a = (x_a, y_a, z_a)$  точка, расстояние от которой необходимо подсчитать. Плоскость можно задать нормалью  $n = (A, B, C)$  и одной точкой  $P_b = (x_b, y_b, z_b)$ . Произвольная точка  $P = (x, y, z)$  лежит на плоскости тогда и только тогда, когда

$$A x + B y + C z + D = 0$$

Наименьшее расстояние между  $P_a$  и плоскостью будет равно абсолютной величине выражения

$$(A x_a + B y_a + C z_a + D) / \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$$

Знак самого выражения дает расположение точки относительно плоскости: с какой она стороны.

Создание современной конкурентоспособной продукции невозможно без применения систем автоматизированного проектирования (САПР). Наибольшее развитие САПР получили после того, как конструкторы и проектировщики получили для своей работы достаточно мощные персональные компьютеры. Практически все современные САПР имеют в своем составе средства для работы с графической информацией – чертежами, графиками и др. Многие САПР строятся на платформе графических диалоговых пакетов, позволяющих настраивать их на необходимую конструктору предметную область.

Бесспорным мировым лидером среди графических пакетов является разработка фирмы AUTODESK – пакет AutoCAD. Достоинством этого пакета является его открытость для создания прикладных САПР и громадное количество созданных таких приложений в различных областях деятельности человека.

Для отечественной промышленности наибольший интерес представляют системы позволяющие вести проектирование в соответствии с требованиями ЕСКД и обеспечивающие автоматизированное получение комплектов технической документации (спецификации, сборочные чертежи и рабочие чертежи деталей) на разрабатываемые изделия.

За последние несколько лет прогресс в своем развитии получил пакет КОМПАС. Достоинством этого пакета является то, что он полностью соответствует требованиям выполнения конструкторской документации по ГОСТ ЕСКД. Работа в этом пакете практически соответствует приемам и технологиям ручной работы за кульманом. Прикладные библиотеки этого пакета содержат функции автоматической генерации стандартных элементов конструкции, освобождая конструктора от необходимости постоянного обращения к справочной литературе и от рутинного вычерчивания повторяющихся элементов чертежей. При этом высвобождается большое время для действительно творческой работы. Очень важным достоинством пакета КОМПАС является его относительно невысокая стоимость по сравнению со связками AutoCAD + CADMECH или AutoCAD + MechaniCS.

Фирма АСКОН, ведя борьбу за потенциальных пользователей и пропагандируя цивилизованное использование лицензионного программного обеспечения, выпустила в свободное лицензионно-бесплатное использование облегченную версию (демо). Эта версия прекрасно подходит школьникам, учащимся техникумов и ПТУ, а также студентам ВУЗов для самостоятельной работы в домашних условиях. Более сложные работы с использованием профессиональной версии пакета КОМПАС могут выполняться в специализированных компьютерных классах.

Студенты в курсе «Компьютерная графика» изучают работу с графическим пакетом КОМПАС. При этом практические занятия и зачетная работа проводятся в компьютерных классах кафедры «Проектирование механизмов и машин» с использованием профессиональной версии пакета КОМПАС.

При изучении курса «Компьютерная графика» предполагается, что студенты имеют навыки работы на персональном компьютере в рамках курса «Информатика». Обладают минимальными навыками пользования ЭВМ, умеют запускать на исполнение

необходимый пакет или программу, работать с клавиатурой и устройством указания – мышью, открывать и сохранять файлы на диске, а также копировать их на флеш-носители.

## 1. Построение чертежа детали в программе Компас

1. Войдите в справочную систему пакета КОМПАС LT на закладку **Содержание**. Раскройте книгу **Общие сведения о системе** и изучите разделы **Интерфейс системы**, **Управление документами** и **Управление курсором**.

Изучите создание новых фрагментов и листов чертежей, а также способы сохранения их на диске.

2. Раскройте в справочной системе вложенную книгу **Управление изображением в окне** и изучите все разделы этой книги.

Научитесь открывать ранее созданные файлы листов чертежей и фрагментов и освоите на практике методы управления изображением.

3. В справочной системе раскройте книгу **Создание графических документов** и вложенную книгу **Принципы ввода и редактирования объектов**. Изучите все разделы этой книги.

В папке **Tutorial** пакета КОМПАС откройте файл фрагмента 2.01 (рис. 1) и выполните упражнение по использованию страницы **Геометрические построения** инструментальной панели (команды **Ввод прямоугольника**, **Ввод отрезка**, **Ввод окружности**). Сохраните результат под тем же именем в отдельную папку на диске (назовите ее **Решения**, или по своей фамилии).



Рисунок 1 – Файл фрагмента 2-01

4. Откройте файл фрагмента 2.02 (рис. 2) и выполните упражнение. Отрезок p3-p4 строится командой **Перпендикулярный отрезок** из панели расширенных команд построения отрезков. При выполнении построений обращайте внимание на запросы команды, выводимые в строку сообщений. Сохраните результат в папку решений.

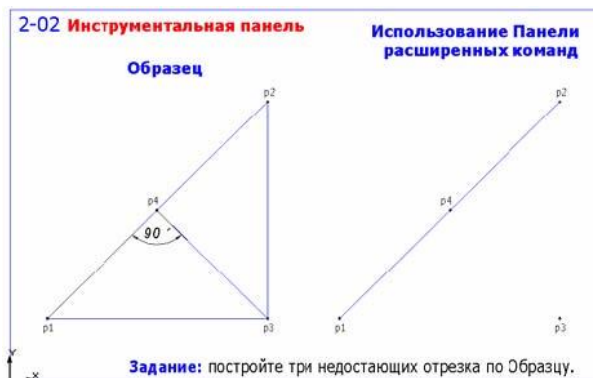


Рисунок – Файл фрагмента 2-02

5. Откройте файл фрагмента 2.03 (рис. 3) и выполните упражнение с использованием режима автоматического создания объектов. Отмените выполненные действия командой **Отменить**. Отключите режим автоматического создания объектов на панели специального управления и повторите построения в режиме ручного создания объектов. Сохраните результат.



Рисунок 3– Файл фрагмента 2-03

6. Откройте файл фрагмента 2.04 (рис. 4) и выполните упражнение, используя различные способы ввода значений в поля строки параметров. Для задания радиуса окружности используйте **Геометрический калькулятор**. (Размеры не проставлять). Сохраните результат.



Рисунок 4– Файл фрагмента 2-04

7. Откройте файл фрагмента 2.05 (рис. 5) и выполните упражнение, используя ввод выражений в поля строки параметров. Сохраните результат.

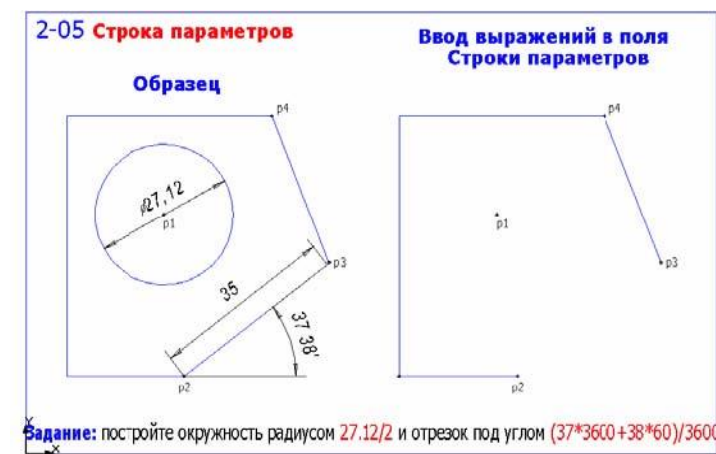


Рисунок 5 – Файл фрагмента 2-05

## СЕМИНАРСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**Тема: «Изучение конструкторской документации»**

### **Цель работы:**

- познакомиться со стадиями разработки проектной документации;
- освоить порядок выполнения эскизов.

### **Задачи работы:**

- 1) Выполнить эскиз детали.

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

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

### **Описание (ход) работы:**

ГОСТ 2.103—68 устанавливает стадии разработки конструкторской документации, которая подразделяется на проектную и рабочую.

*К проектной конструкторской документации* относятся:

*Техническое задание на проектирование* — совместный документ, составленный разработчиком изделия и заказчиком изделия. Документ содержит технические параметры на разрабатываемое изделие, сроки разработки, исполнителей работ, источник финансирования разработки и другие данные.

*Техническое предложение* — совокупность конструкторских документов с литерой «П», которые должны содержать технические и технико-экономические обоснования целесообразности разработки документации изделия на основании анализа технического задания заказчика и различных вариантов возможных решений изделий, сравнительной оценки решений с учетом конструктивных и эксплуатационных особенностей разрабатываемого и существующих изделий и патентные исследования. Техническое предложение после согласования и утверждения в установленном порядке является основанием для разработки эскизного проекта.

*Эскизный проект* — совокупность конструкторских документов с литерой «Э», которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общие представления об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия. Эскизный проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки технического проекта или рабочей конструкторской документации.

*Технический проект* — совокупность конструкторских документов с литерой «Т», которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для разработки рабочей документации.

Проектная конструкторская документация является основой для разработки рабочей конструкторской документации.

*Рабочая конструкторская документация* на опытную партию — совокупность конструкторских документов с литерой «О», предназначенных для изготовления, контроля и испытания на заводе-изготовителе опытной партии изделия. По результатам приемочных испытаний опытной партии осуществляется корректировка конструкторских документов с присвоением литеры «О<sub>1</sub>». Организация серийного производства. Изготовление и испытание установочной серии по документации с литерой «О<sub>1</sub>». По результатам испытания установочной серии осуществляется корректировка документации с присвоением ей литеры «А».

*Технический рисунок* — это наглядное изображение, выполненное по правилам аксонометрических проекций от руки, на глаз. Им пользуются на производстве для иллюстрации чертежей. Часто технический рисунок является первичной формой отображения творческих идей.

В тех случаях, когда трудно выразить мысль словами или текстом, хорошо помогает рисунок.

Инженер и техник должны уметь технически грамотно и быстро выполнять эскизы и рисунки деталей.



Рисунок в центральной проекции (в перспективе) ввиду сложности построения и значительных искажений формы и размеров в машиностроении применяется редко. Такой вид изображения применяют художники при создании картин и архитекторы при создании архитектурно-строительных проектов.

Так как в аксонометрических проекциях нет перспективных искажений, их используют в техническом рисовании.

Обычно технический рисунок детали выполняется в изометрической проекции.

Для приобретения навыков в техническом рисовании необходимо проделать ряд упражнений в проведении линий от руки, делении отрезков и прямых углов на равные части без инструментов.

Наклон линии под  $45^\circ$  получается при делении прямого угла на две равные части, а при делении на три равные части получают прямую под  $30^\circ$  к горизонтали.

При рисовании ряда фигур используют приближенные способы их построения. При изображении квадрата или прямоугольника, лежащего в плоскости  $\pi_1$ , или  $\pi_3$ , проводят аксонометрические оси  $y$  и  $x$  или  $z$  и  $y$ ; на осях откладывают размеры сторон, умноженные на коэффициенты искажения по осям, и через намеченные точки проводят параллельно осям стороны квадрата.

Правильный шестиугольник часто встречается при изображении болтов гаек и других подобных деталей. Рисунок надо начинать также с проведения вертикальной и горизонтальной осей симметрии. На горизонтальной оси симметрии откладывают четыре равных отрезка, а на вертикальной линии — приблизительно три — пять таких же отрезков и намечают на рисунке вершины и стороны шестиугольника.

Проектируя ряд упражнений по рисованию фигур, можно перейти к рисованию плоских геометрических тел.

Изображаться геометрические тела должны в аксонометрических проекциях. Начинается рисование с проведения аксонометрических осей и построения оснований. Из вершин полученных многоугольников параллельно соответствующим аксонометрическим осям проводят параллельные линии — боковые ребра.

Рисование цилиндров в аксонометрических проекциях начинается с проведения аксонометрических осей и построения оснований.

Для построения оснований необходимо овладеть навыками проведения окружностей и овалов от руки. Для изображения окружности предварительно намечают две взаимно перпендикулярные (вертикальную и горизонтальную) оси, через центр под углом  $45^\circ$  к горизонтали проводят еще две взаимно перпендикулярные линии. От центра на осях и линиях откладывают «на глаз» одинаковые отрезки, равные радиусу окружности. Через намеченные точки от руки проводится окружность.

При изображении овалов необходимо учитывать коэффициенты по осям. Если овал изображает окружность в изометрической проекции, расположенную в горизонтальной плоскости, то длина большой оси примерно равна пяти отрезкам, а длина малой — трем отрезкам.

Если овал расположен в профильной плоскости, то ось  $x$  совпадает с малой осью овала, и их проводят под углом  $30^\circ$  к горизонтали, а большую ось — под углом  $90^\circ$  к малой. Откладывая по осям отрезки, намечают контур овала.

Рисунок цилиндра начинают с проведения аксонометрических осей и построения обоих оснований в виде эллипсов. Проводят параллельно соответствующей аксонометрической оси очерковые образующие, касательные к эллипсам.

Рисунок моделей и деталей машин выполняют с натуры, по чертежу или по воображению. При выполнении рисунка в любом случае надо не только внимательно рассмотреть или представить форму модели или детали, но и сравнить соответствие размеров отдельных элементов изображаемого предмета.

Выполняя рисунок детали с натуры (например, кронштейн, рисунок 1, слева), надо не только внимательно рассмотреть форму, но и установить соотношение размеров отдельных элементов детали. Например, изображенный на рисунке 1, в центре кронштейн выполнен без соблюдения пропорций детали. На рисунке 1, справа дан рисунок этой детали с учетом пропорций ее частей.

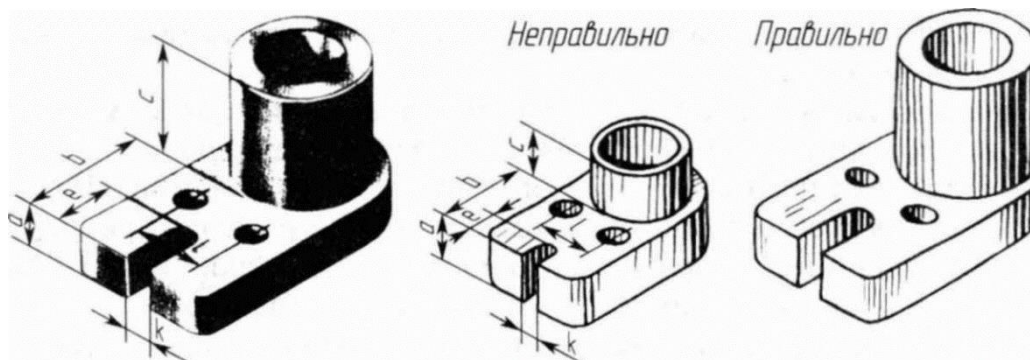


Рисунок 1

Выполнение рисунка модели или детали начинается с построения их габаритных очертаний — «клеток», выполняемых от руки тонкими линиями.

Затем модель и деталь мысленно расчленяют на отдельные геометрические элементы, постепенно вырисовывая все элементы. Технические рисунки предмета получаются более наглядными, если их покрыть штрихами (рисунок 2). При нанесении штрихов считают, что лучи света падают на предмет справа и сверху или слева и сверху.

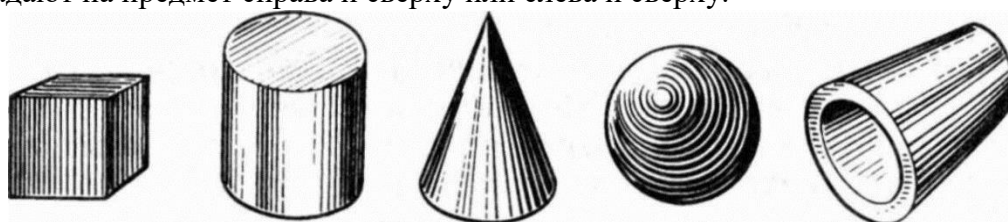


Рисунок 2

Освещенные поверхности штрихуют тонкими линиями на большом расстоянии друг от друга, а теневые — более толстыми линиями, располагая их чаще. Боковые поверхности пирамиды и конуса штрихуют линиями, проходящими через их вершины.

На изображения сферических поверхностей и поверхностей вращения наносят штрихи (части concentric окружностей) разной толщины и с разными промежутками между штрихами.

Эскизом называется наглядное изображение, выполненное от руки, без применения чертежных инструментов, без точного соблюдения масштаба, но с обязательным соблюдением пропорций элементов деталей. Эскиз является временным чертежом и предназначен для разового использования.

Эскиз должен быть оформлен аккуратно с соблюдением проекционных связей и всех правил и условностей, установленных стандартами ЕСКД.

Эскиз может служить документом для изготовления детали или для выполнения ее рабочего чертежа. В связи с этим эскиз детали должен содержать все сведения о ее форме, размерах, шероховатости поверхностей, материале. На эскизе помещают и другие сведения, оформляемые в виде графического или текстового материала (технические требования и т. п.).

Выполнение эскизов (эскизирование) производится на листах любой бумаги стандартного формата.

Процесс эскизирования можно условно разбить на отдельные этапы, которые тесно связаны друг с другом. Пример выполнения эскиза приведен на рисунке 3.

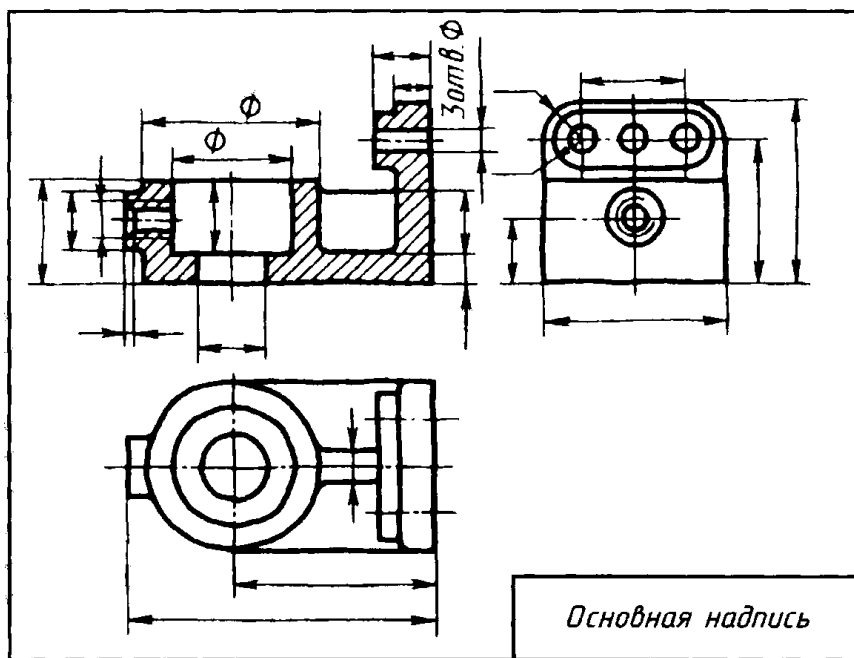


Рисунок 274

### 1 Ознакомление с деталью

При ознакомлении определяется форма детали и ее основных элементов, на которые мысленно можно расчленить деталь и составляется общее представление о материале, обработке и шероховатости отдельных поверхностей, о технологии изготовления детали, о ее покрытиях и т. п.

### 2 Выбор главного вида и других необходимых изображений

Главный вид следует выбирать так, чтобы он давал наиболее полное представление о форме и размерах детали, а также облегчал пользование эскизом при ее изготовлении.

Изображения деталей тел вращения на чертежах располагают так, чтобы на главном виде ось детали была параллельна основной надписи. Такое расположение главного вида облегчит пользование чертежом при изготовлении по нему детали.

По возможности следует ограничить количество линий невидимого контура, которые снижают наглядность изображений. Поэтому следует уделять особое внимание применению разрезов и сечений. Необходимые изображения следует выбирать и выполнять в соответствии с правилами и рекомендациями ГОСТ 2.305—68.

### 3 Выбор формата листа

Формат листа выбирается по ГОСТ 2.301—68 в зависимости от того, какую величину должны иметь изображения, выбранные при выполнении этапа 2. Величина и масштаб изображений должны позволять четко отразить все элементы и нанести необходимые размеры и условные обозначения.

### 4 Подготовка листа

Вначале следует ограничить выбранный лист внешней рамкой и внутри нее провести рамку чертежа заданного формата. Затем наносится контур рамки основной надписи.

### 5 Компоновка изображений на листе

Выбрав глазомерный масштаб изображений, устанавливают на глаз соотношение габаритных размеров детали. После этого на эскизе наносят тонкими линиями прямоугольники с габаритными размерами детали. Прямоугольники располагают так, чтобы расстояния между ними и краями рамки были достаточными для нанесения размерных линий и условных знаков, а также для размещения технических требований.

### 6 Нанесение изображений элементов детали

Внутри полученных прямоугольников наносят тонкими линиями изображения элементов детали. При этом необходимо соблюдать пропорции их размеров и обеспечивать проекционную связь всех изображений, проводя соответствующие осевые и центровые линии.

### 7 Оформление видов, разрезов и сечений

Далее на всех видах уточняют подробности, не учтенные при выполнении этапа 6 (например, округления, фаски), и удаляют вспомогательные линии построения. В соответствии с ГОСТ 2.305—68 оформляют разрезы и сечения, затем наносят графическое обозначение материала (штриховка сечений) по ГОСТ 2.306—68 и производят обводку изображений соответствующими линиями по ГОСТ 2.303—68.

#### *8 Нанесение размерных линий и условных знаков*

Размерные линии и условные знаки, определяющие характер поверхности (диаметр, радиус, квадрат, конусность, уклон, тип резьбы и т. п.), наносят по ГОСТ 2.307—68. Одновременно намечают шероховатость отдельных поверхностей детали и наносят условные знаки, определяющие шероховатость.

#### *9 Нанесение размерных чисел*

При помощи измерительных инструментов определяют размеры элементов и наносят размерные числа на эскизе. Если у детали имеется резьба, то необходимо определить ее параметры и указать на эскизе соответствующее обозначение резьбы.

#### *10 Окончательное оформление эскиза*

При окончательном оформлении заполняется основная надпись. В случае необходимости приводятся сведения о предельных отклонениях размеров, формы и расположения поверхностей; составляются технические требования и выполняются пояснительные надписи. Затем производится окончательная проверка выполненного эскиза и вносятся необходимые уточнения и исправления.