

**Лекция 1.** Метод проекций. Центральные и параллельные проекции. Комплексный чертёж в прямоугольных проекциях (метод Монжа). Прямоугольные проекции и координаты точки.

**Инженерная графика**

Начертательная геометрия	Черчение
	— геометрическое черчение
	— проекционное черчение
	— машиностроительное черчение

В курсе *начертательной геометрии* изучаются способы изображения пространственных форм на плоскости.

Задачи дисциплины

1. Уметь отображать на плоском чертеже любой пространственный объект.
2. Уметь читать чертёж – восстанавливать объект в пространстве по его изображениям.

Требования, предъявляемые к чертежу

1. Обратимость чертежа – возможность однозначного соответствия чертежа изображаемому объекту.
2. Наглядность и простота построений изображения.
3. Возможность измерения элементов по чертежу изображаемых объектов.

Изображение, удовлетворяющее этим требованиям, может быть получено на основе метода проецирования.

Слово «проекция» — латинское, от глагола *projecere*, что в переводе означает «бросать вперед».

Следовательно, проекция — это изображение предмета, «отброшенное» на плоскость при помощи лучей. Спроецировать предмет на плоскость — это значит построить его изображение на плоскости. (Бытовой пример: тень от руки на стене.)

Центральное проецирование

Пусть заданы в пространстве точка  $S$  — *центр проецирования* и плоскость  $\Pi_1$  — *плоскость проекций* (рис.1). Плоскость  $\Pi_1$  и точка  $S$  составляют *аппарат центрального проецирования*. Чтобы спроецировать заданный треугольник, нужно из центра проекций  $S$  через вершины треугольника провести проецирующие лучи до пересечения с плоскостью проекций  $\Pi_1$ . Треугольник  $A_1B_1C_1$  — *центральной проекцией треугольника ABC*.

Параллельное проецирование

Как и в предыдущем случае, выбирают *плоскость проекций*  $\Pi_1$  но вместо центра проекций  $S$  задают *направление проецирования*  $s$ , т. е. считают, что точка  $S$  — центр проекций — расположена в бесконечности и поэтому проецирующие лучи параллельны между собой (рис.2). Плоскость  $\Pi_1$  и направление  $s$  составляют *аппарат параллельного проецирования*. Треугольник  $A_1B_1C_1$ , образованный пересечением лучей  $AA_1$ ,  $BB_1$ ,  $CC_1$  с плоскостью  $\Pi_1$  и будет параллельной проекцией треугольника  $ABC$ .

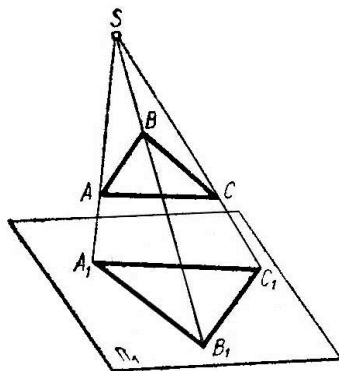


Рис.1

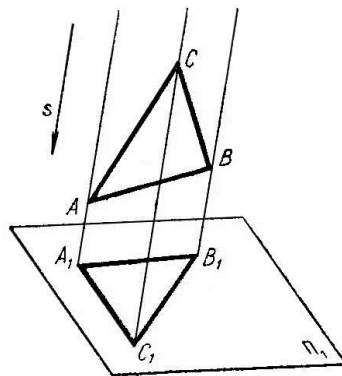


Рис.2

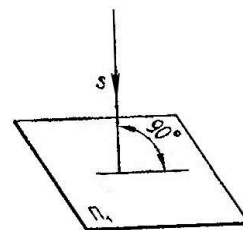


Рис.3

Параллельные проекции разделяются на прямоугольные и косоугольные.

Если проецирующие лучи перпендикулярны к плоскости проекций (рис. 3) то способ проецирования называется *прямоугольным*, а полученные при этом проекции — *прямоугольными*, или *ортогональными*.

Если же угол наклона лучей не равен  $90^\circ$ , то подобная параллельная проекция называется *косоугольной*. В черчении используют, главным образом, прямоугольные проекции.

Французский ученый и инженер Гаспар Монж, используя накопленный в разных странах опыт проекционной грамоты, разработал в конце XVIII в. стройную научную дисциплину о прямоугольных проекциях. Вскоре эта дисциплина заняла подобающее ей место в системе подготовки инженеров и техников.

#### Проецирование точки на три плоскости проекций

Одна прямоугольная проекция точки не определяет ее положения в пространстве. Из рис. 4 видно, что проекции  $A_1$  отвечает бесчисленное множество точек ( $A'$ ,  $A''$ ), лежащих на проецирующем луче, идущем из  $A_1$  перпендикулярно к плоскости проекций  $\Pi_1$ .

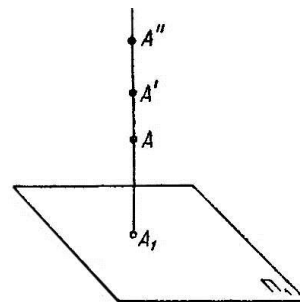


Рис.4

Совокупность двух прямоугольных проекций на две взаимно перпендикулярные плоскости позволяет однозначно определить форму и положение предмета в пространстве. Однако в черчении при построении изображений чаще используют три плоскости проекций, и потому рассмотрим законы проецирования на три плоскости проекций.

Пусть заданы три взаимно перпендикулярные плоскости проекций, образующие прямой трехгранный угол (рис. 5):  $\Pi_1$  — *горизонтальная*,  $\Pi_2$  — *фронтальная* и  $\Pi_3$  — *профильная плоскости проекций*; линии  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$  взаимного пересечения плоскостей проекций называются *осями проекций*, а точка  $O$  — *началом осей проекций*.

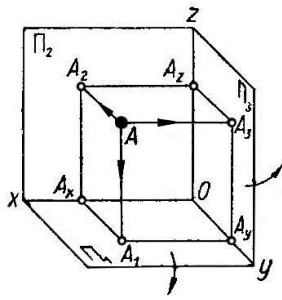


Рис.5

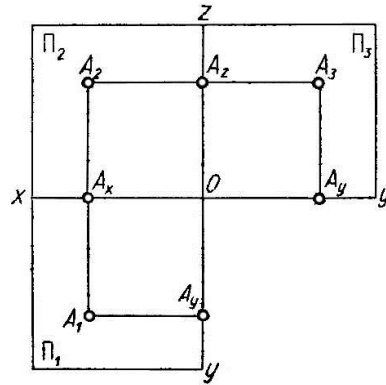


Рис.6

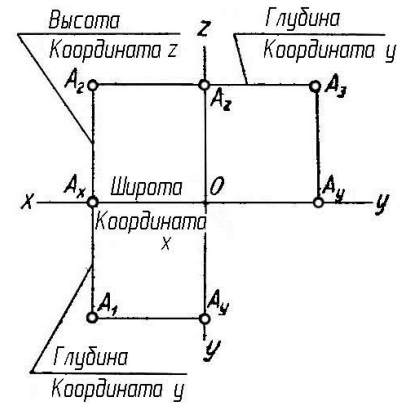


Рис.7

Плоскость в пространстве неограниченна и, если продолжать каждую из этих трех плоскостей, то пространство разбивается на 4 части (четверти) или на 8 октантов. Мы будем работать с той частью пространства, где точки имеют положительные координаты  $(x, y, z)$ .

Координатами  $X, Y, Z$  точки называются числа, выражающие ее расстояния до трех взаимно перпендикулярных плоскостей проекций.

Координата  $X$  определяет расстояние точки до профильной плоскости, координата  $Y$  – до фронтальной плоскости, координата  $Z$  – до горизонтальной плоскости проекций (рис. 5, 7).

В пространстве трехгранного угла задана точка  $A$  и требуется построить ее проекции на плоскости  $\Pi_1, \Pi_2$  и  $\Pi_3$ .

(Далее рассматривается способ построения проекций точки  $A$  на трех взаимно перпендикулярных плоскостях проекций с использованием прямоугольного проецирования, рис.5.)

#### Комплексный чертеж точки

В начертательной геометрии принято от пространственного изображения точки и ее проекций переходить к плоскому, или комплексному, чертежу (чертежу Монжа) (рис. 6, 7). Сохраняя неподвижной фронтальную плоскость проекций  $\Pi_2$ , горизонтальную плоскость  $\Pi_1$  поворачивают вокруг оси  $Ox$  вниз на  $90^\circ$ , а профильную — вокруг оси  $Oz$  вправо на  $90^\circ$  до их совмещения с фронтальной плоскостью проекций.

(Далее рассматривается способ построения проекций точки  $A$  на комплексном чертеже с переносом координат точки  $A$  с пространственного чертежа, рис.6.)

**Лекция 2.** Прямая линия. Задание и изображение на чертеже. Принадлежность точки прямой. Взаимное расположение двух прямых линий. Определение видимости

Далее, по сложности построений проекций на чертеже после точки следует **прямая**. Две точки полностью определяют положение прямой в пространстве.

**Задача.** Построить три проекции отрезка прямой  $AB$ , если известны координаты точек  $A$  и  $B$ :  $A(40, 10, 50)$ ,  $B(20, 30, 20)$ . Построить проекции точки  $C$ , принадлежащей отрезку прямой  $AB$  и имеющей координату  $z_C=35$ .

(Смоделировать прямую в пространстве по построенным проекциям).

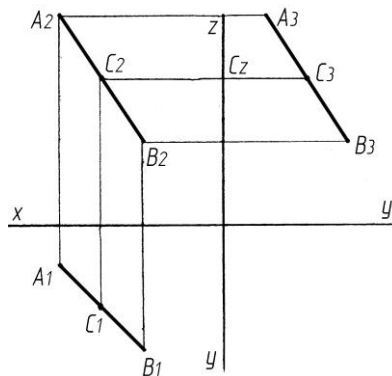


Рис. 8

Для того, чтобы построить проекции точки С необходимо воспользоваться условием принадлежности точки прямой: точка принадлежит прямой, если ее проекции принадлежат соответствующим одноименным проекциям прямой (рис. 8).

Чтобы строить и читать чертежи, нужно уметь анализировать положения прямой. По своему положению в пространстве прямые разделяются на прямые частного и прямые общего положения (табл. 1).

Прямые общего положения наклонены ко всем трем плоскостям проекций под различными углами.

Прямые частного положения могут быть проецирующими и прямыми уровня.

Таблица 1

Прямая уровня (параллельна одной из плоскостей проекций)		
Горизонтальная прямая уровня (горизонталь) $\parallel \Pi_1$	Фронтальная прямая уровня (фронталь) $\parallel \Pi_2$	Профильная прямая уровня $\parallel \Pi_3$
Свойства проекций прямых уровня		
① $A_1B_1$ – натуральная величина прямой AB, так как $AB \parallel \Pi_1$ ② $\beta = AB \wedge \Pi_2$ $\gamma = AB \wedge \Pi_3$	① $C_2D_2$ – натуральная величина прямой CD, так как $CD \parallel \Pi_2$ ② $\alpha = CD \wedge \Pi_1$ $\gamma = CD \wedge \Pi_3$	① $M_3N_3$ – натуральная величина прямой MN, так как $MN \parallel \Pi_3$ ② $\alpha = MN \wedge \Pi_1$ $\beta = MN \wedge \Pi_2$
Проецирующая прямая (перпендикулярна одной и параллельна двум другим плоскостям проекций)		
Горизонтально-проецирующая прямая ( $\perp \Pi_1, \parallel \Pi_2, \parallel \Pi_3$ )	Фронтально-проецирующая прямая ( $\perp \Pi_2, \parallel \Pi_1, \parallel \Pi_3$ )	Профильно-проецирующая прямая ( $\perp \Pi_3, \parallel \Pi_1, \parallel \Pi_2$ )
Свойства проекций проецирующих прямых		
① $A_1B_1$ – в виде точки, так как $AB \perp \Pi_1$ ② $A_2B_2; A_3B_3$ – натуральная величина AB	① $C_2D_2$ – в виде точки, так как $CD \perp \Pi_2$ ② $C_1D_1; C_3D_3$ – натуральная величина CD	① $M_3N_3$ – в виде точки, так как $MN \perp \Pi_3$ ② $M_1N_1; M_2N_2$ – натуральная величина MN

Прямыми уровня называются прямые, параллельные одной из плоскостей проекций. Например, прямая  $AB$  (табл.1), параллельная горизонтальной плоскости проекций  $\Pi_1$  называется *горизонтальной прямой*, или, сокращенно, *горизонталью*.

Свойства проекций прямых уровня

1. Прямая уровня на одну из плоскостей проекций (к которой она параллельна) проецируется в натуральную величину, а на две другие — в виде отрезков уменьшенной величины, занимающих на чертеже вертикальное или горизонтальное положение.

2. По чертежу можно определить величину углов наклона прямой к плоскостям проекций.

Проецирующими называются прямые, перпендикулярные к одной из плоскостей проекций, т. е. параллельные двум другим плоскостям.

Например, прямая  $CD$  (табл.1), перпендикулярная к плоскости проекций  $\Pi_2$ , называется *фронтально проецирующей прямой*.

Проекция проецирующей прямой в виде точки обладает собирательным свойством: фронтальные проекции всех точек, принадлежащих прямой будут совпадать с фронтальной проекцией самой прямой.

Свойство проекций проецирующей прямой

1. На одной из плоскостей проекций (к которой прямая перпендикулярна) проецирующая прямая изображается в виде точки. Эта проекция обладает *собирательным свойством*.

2. На две другие плоскости прямая проецируется в виде отрезков, занимающих горизонтальное или вертикальное положение, величина которых равна натуральной величине прямой.

Взаимное положение прямых (табл 2)

Две прямые в пространстве могут пересекаться, быть параллельными и скрещиваться.

Табл. 2

Параллельные	$a \parallel b$	не имеют общих точек, лежат в одной плоскости
Пересекающиеся	$c \cap d$	имеют одну общую точку, лежат в одной плоскости
Скрещивающиеся	$m - k$	не имеют общих точек, лежат в параллельных плоскостях

Параллельные прямые. Если прямые в пространстве параллельны, то их одноименные проекции на любую плоскость также взаимно параллельны (рис.9а, б, в).

Пересекающиеся прямые. Если две прямые в пространстве пересекаются, то их одноименные проекции на чертеже также пересекаются в точках, лежащих на общей линии связи (рис.10а, б, в).

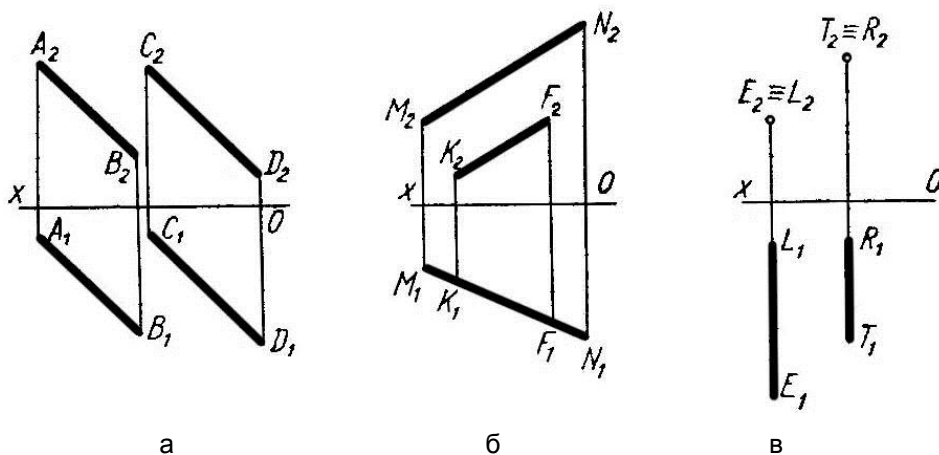


Рис.9

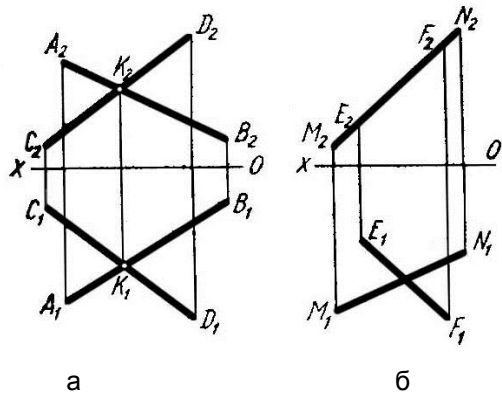


Рис.10

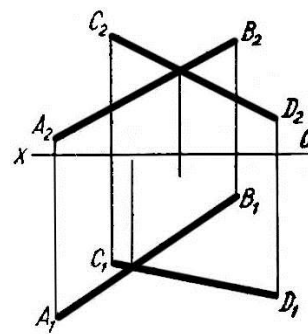


Рис.11

Скрещивающиеся прямые. Точки пересечения одноименных проекций скрещивающихся прямых не находятся на одной линии связи (рис.11).

Определение видимости

Видимость геометрических фигур на плоскостях проекций определяется для придания наглядности изображениям фигур на чертеже в прямоугольных проекциях. При определении видимости геометрических фигур определяют видимость конкурирующих точек этих фигур.

Конкурирующими называются точки, принадлежащие одной проецирующей прямой, поэтому на одну из плоскостей проекций они проецируются в одну точку. Например, на рис. 12 точки  $A$  и  $B$  – конкурирующие, так как они принадлежат горизонтально-проецирующей прямой  $p$ .

При определении видимости конкурирующих точек направление взгляда принимается совпадающим с направлением проецирования. (На рис. 12 направление взгляда показано стрелкой.)

Условие видимости на плоскости проекций  $\Pi_1$ : из двух точек горизонтально-проецирующей прямой  $AB$  видимой считается та, которая находится дальше от плоскости  $\Pi_1$  (ближе к наблюдателю). На чертеже фронтальная проекция такой точки расположена дальше от оси  $X$  (точка  $A$  на рис. 12).

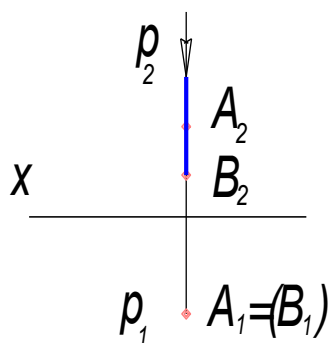


Рис.28

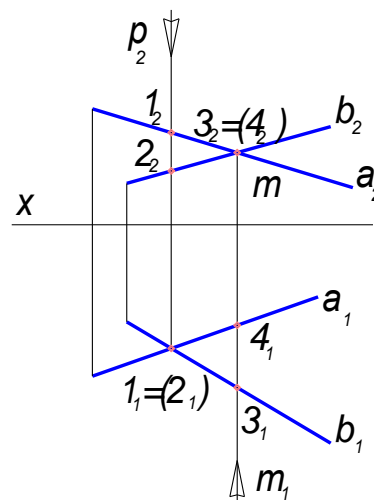


Рис.29

Для определения видимости любых геометрических фигур конкурирующие точки выбираются на скрещивающихся линиях фигур так, чтобы одна из точек принадлежала одной геометрической фигуре, вторая – другой геометрической фигуре.

Рассмотрим это на примере скрещивающихся прямых  $a$  и  $b$  на рис. 13.

На горизонтально-проецирующем луче  $p$  выбраны конкурирующие точки 1 и 2 так, что точка 1 принадлежит прямой  $a$ , а точка 2 – прямой  $b$ .

Исходя из условия видимости на плоскости  $\Pi_1$ , видимой будет точка 1, так как она расположена дальше от плоскости  $\Pi_1$ , то есть ближе к наблюдателю.

На фронтально-проецирующем луче  $m$  выбраны конкурирующие точки 3 и 4 так, что точка 3 принадлежит прямой  $b$ , а точка 4 – прямой  $a$ .

Видимой на плоскости  $\Pi_2$  будет точка 3, так как она расположена дальше от плоскости  $\Pi_2$ , то есть ближе к наблюдателю.

На чертежах обозначения невидимых точек заключаются в круглые скобки, например, точки 2 и 4 на рис. 13.

Определив видимость конкурирующих точек, можно сделать вывод об относительном расположении прямых. В нашем примере прямая  $a$  расположена над прямой  $b$ , так как точка 1 прямой  $a$  расположена выше точки 2 прямой  $b$ , а прямая  $b$  расположена перед прямой  $a$ , так как точка 3 прямой  $b$  расположена ближе к наблюдателю, чем точка 4 прямой  $a$ .

### **Лекция 3. Плоскость. Способы задания плоскости на чертеже. Принадлежность точки и прямой плоскости**

#### Плоскость

На комплексном чертеже плоскость может быть задана проекциями геометрических элементов, определяющих ее положение в пространстве, а именно:

- а) тремя точками, не лежащими на одной прямой (рис.14а);
- б) прямой и точкой, лежащей вне этой прямой (рис.14б);
- в) двумя пересекающимися прямыми (рис.14в);
- г) двумя параллельными прямыми (рис.14г);
- д) треугольником или любой плоской фигурой (рис.14д).

От одного способа задания плоскости легко перейти к другому. Так, например, чтобы перейти от задания плоскости прямой и точкой к заданию ее треугольником, нужно соединить точку с концами отрезка прямой.

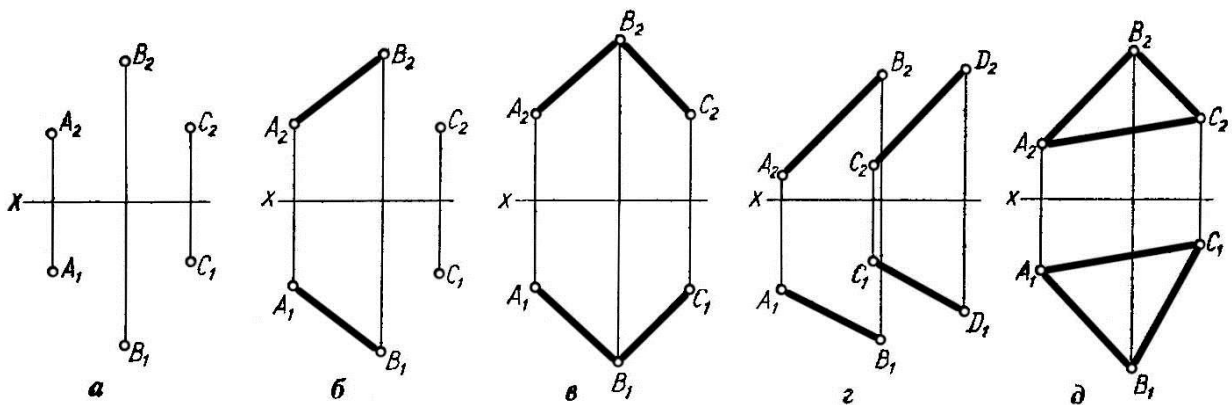


Рис.14

**Задача.** Построить недостающие проекции точки  $D$ , принадлежащей плоскости  $\beta$  ( $\Delta ABC$ ). Точки  $A(45; 25; 10)$ ,  $B(25; 35; 30)$ ,  $C(10; 0; 20)$ . Для точки  $D$  задана фронтальная проекция. Задачу решить на трех плоскостях проекций (рис. 15).

Для решения задачи необходимо знать условие принадлежности точки плоскости: точка принадлежит плоскости, если она принадлежит какой-либо прямой, принадлежащей данной плоскости.

И условие принадлежности прямой плоскости: прямая принадлежит плоскости, если проходит через две точки, принадлежащие данной плоскости.

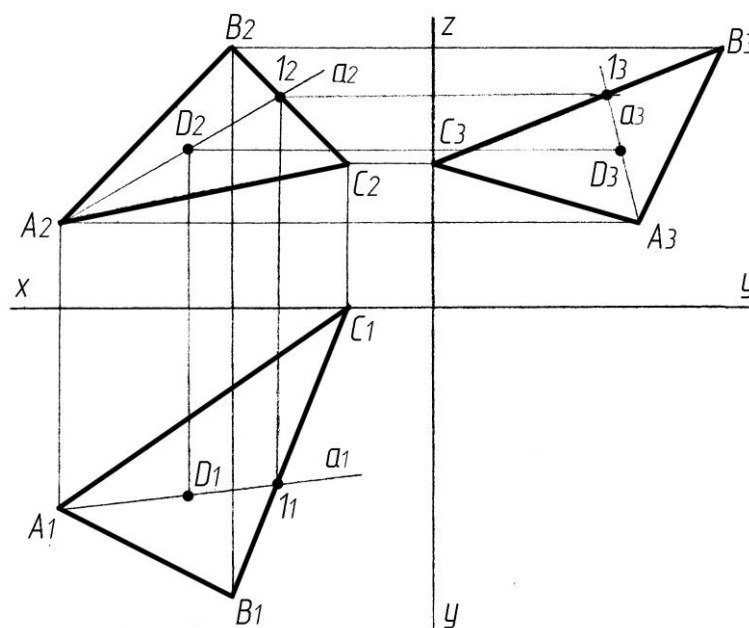


Рис.15

Среди прямых, лежащих в плоскости, есть особые, определенно расположенные, которые имеют большое значение при решении задач. Эти прямые называются главными линиями плоскости:

- горизонталь;
- фронталь;
- линия наибольшего наклона (уклона) плоскости к плоскости проекций. (Это прямые плоскости, перпендикулярные к прямым уровня этой плоскости. Например: линия заданной плоскости, перпендикулярная к горизонтали плоскости, образует наибольший угол с горизонтальной плоскостью проекций.)

Здесь возникает необходимость уточнить свойства проекций прямого угла на плоскость.

Прямой угол проецируется на плоскость проекций в натуральную величину, когда одна из его сторон параллельна этой плоскости проекций, а другая ей не перпендикулярна. (Теорема о проецировании прямого угла)

Чтобы научиться читать чертежи и строить изображения сложных технических деталей, нужно уметь анализировать плоскости с точки зрения расположения их в пространстве. По положению в пространстве различают плоскости общего и частного положения.

Плоскости частного положения разделяются на плоскости уровня и проецирующие.

Проецирующей называется плоскость, перпендикулярная к одной из плоскостей проекций. (табл.3).



Плоскость проецирующая (перпендикулярна к одной из плоскостей проекций)		
Горизонтально-проецирующая плоскость ( $\perp \Pi_1$ )	Фронтально-проецирующая плоскость ( $\perp \Pi_2$ )	Профильно-проецирующая плоскость ( $\perp \Pi_3$ )
Свойства проекций проецирующих плоскостей		
① $\theta_1$ – в виде прямой, так как $\theta \perp \Pi_1$ ② $\beta = \theta \wedge \Pi_2$ $\gamma = \theta \wedge \Pi_3$	① $\varphi_2$ – в виде прямой, так как $\varphi \perp \Pi_2$ ② $\alpha = \varphi \wedge \Pi_1$ $\gamma = \varphi \wedge \Pi_3$	① $\delta_3$ – в виде прямой, так как $\delta \perp \Pi_3$ ② $\beta = \delta \wedge \Pi_2$ $\alpha = \delta \wedge \Pi_1$
Плоскость уровня (параллельна одной из плоскостей проекций и перпендикулярна к двум другим)		
Горизонтальная плоскость уровня ( $\parallel \Pi_1, \perp \Pi_2, \perp \Pi_3$ )	Фронтальная плоскость уровня ( $\parallel \Pi_2, \perp \Pi_1, \perp \Pi_3$ )	Профильная плоскость уровня ( $\parallel \Pi_3, \perp \Pi_1, \perp \Pi_2$ )
Свойства проекций плоскостей уровня		
$A_1B_1C_1D_1$ – натуральная величина фигуры ABCD, так как $\theta \parallel \Pi_1$	$A_2B_2C_2$ – натуральная величина фигуры ABC, так как $\varphi \parallel \Pi_2$	$A_3B_3C_3D_3$ – натуральная величина фигуры ABCD, так как $\delta \parallel \Pi_3$

**Лекция 4. Поверхность. Образование, очерк поверхностей. Основные типы поверхностей**

**Поверхность** рассматривается как непрерывная совокупность последовательных положений какой-либо линии, перемещающейся в пространстве.

Характер формы этой кривой дает поверхность того или иного типа.

Линию, перемещающуюся в пространстве и образующую при этом поверхность называют **образующей a**.

Линию, пересечение с которой является обязательным условием движения образующей при образовании поверхности называют **направляющей b** (рис. 16).

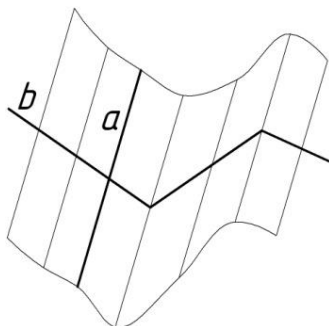


Рис. 16

На чертеже поверхность может быть задана или с помощью **определителя** (т.е. с помощью минимального количества некоторых геометрических элементов, ее однозначно определяющих, например, образующей и направляющей) или же **очерком**.

При проецировании поверхности параллельными линиями образуется проецирующий цилиндр, соприкасающийся с поверхностью по какой-то линии. Эта линия ABCDEF называется **контурной**, а ее проекция на плоскость A'B'C'D'E'F' - **очерком** поверхности на этой плоскости (рис.17).

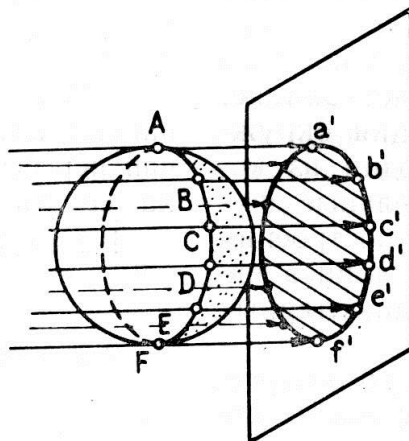


Рис.17

Очевидно, что точка, хотя бы одна проекция которой лежит за пределами очерка поверхности, этой поверхности не принадлежит.

**В основу классификации** поверхностей в НГ принимается:

- а) форма образующей;
- б) закон образования поверхности.

Будем использовать первый принцип классификации, по этому принципу поверхности делят на 2 класса:

- а) линейчатые (образующая – прямая линия);
- б) кривые (все остальные).

Линейчатые поверхности делят на *развертывающиеся*, если они могут точно развертываться на плоскость (без складок и разрывов), и *неразвертывающиеся*, которые могут быть развернуты только условно. Фигура, полученная совмещением поверхности с плоскостью, называется *разверткой поверхности*.

К линейчатым развертывающимся поверхностям относятся торсовые поверхности с одной направляющей (торс, коническая и цилиндрическая поверхности) и их частные виды – пирамидальная и призматическая. Все эти поверхности характеризуются наличием ребра возврата, то есть пространственной кривой, касательно к которой располагается образующая во всех положениях своего перемещения.

Торс – поверхность, образованная в результате непрерывного движения прямолинейной образующей  $a$ , во всех своих положениях касающейся пространственной кривой  $S$  (ребро возврата) и пересекающей неподвижную кривую – направляющую  $m$  (рис. 18).

Коническая поверхность является частным видом поверхности торса, у которой ребро возврата  $S$  собственная точка (рис. 19).

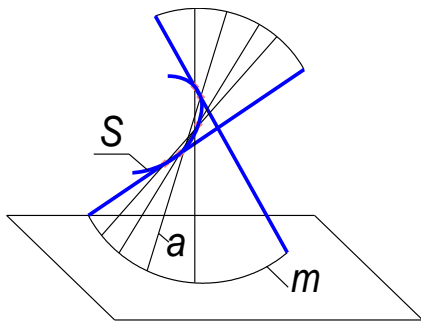


Рис.18

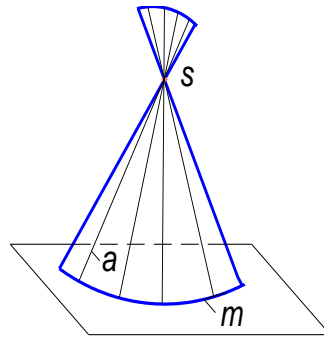


Рис.19

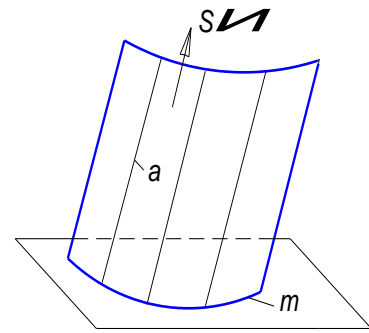


Рис.20

Пирамидальная поверхность является частным видом конической, у которой направляющая – ломаная линия (рис. 21).

Цилиндрическая поверхность является частным видом конической поверхности, у которой ребро возврата – точка S, удалена в бесконечность (рис. 20).

Призматическая поверхность – частный вид цилиндрической, направляющая которой – пространственная ломаная линия (рис. 22).

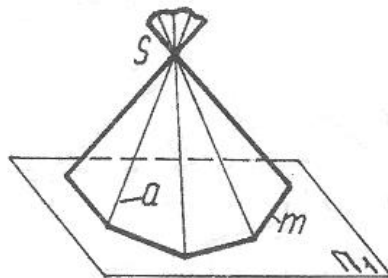


Рис.21

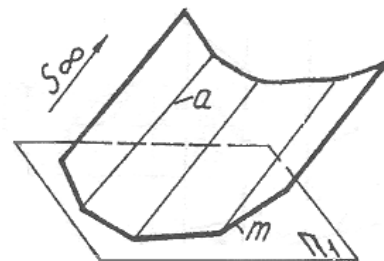


Рис.22

### Условие принадлежности точки поверхности

Точка принадлежит поверхности, если она принадлежит какой-либо линии, принадлежащей этой поверхности. Этими линиями могут являться направляющая и образующая.

### Условие принадлежности линии поверхности

Линия принадлежит поверхности, если она проходит через точки, принадлежащей этой поверхности (если прямая – нужны две точки, кривая – множество точек и т.п.).

Анализируя форму того или иного предмета, определяют какие простые геометрические тела (отсеки той или иной поверхности) образуют его наружный (внутренний) контур. Важно уметь строить на чертеже проекции точки и линии, принадлежащие тому или иному геометрическому телу (чаще это делают при помощи вспомогательной образующей или направляющей).

### Геометрическое тело – Призма

*Призмой* называется многогранник, образованный пересечением призматической поверхности двумя параллельными плоскостями.

Призма называется *прямой*, если боковые ребра ее перпендикулярны к основанию, и *наклонной*, если это условие не выполняется (рис. 23). Прямая призма может к одной из плоскостей проекций занимать *проецирующее положение*, и ее проекция на этой плоскости будет обладать *собирательным свойством*.

(Далее на примере рассматривается способ построения проекций точки и линии, принадлежащих призме, в двух прямоугольных проекциях, рис. 24. Само геометрическое тело демонстрируется при помощи наглядной модели.)

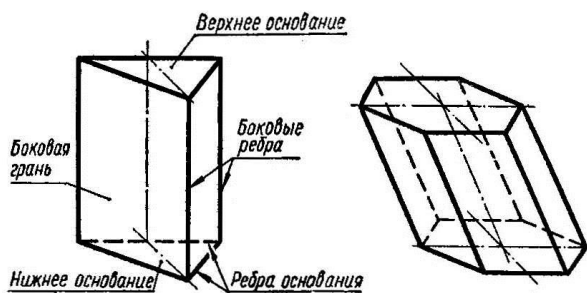


Рис. 23

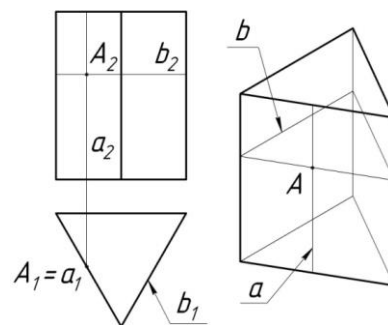


Рис. 24

### Геометрическое тело – Пирамида

Пересекая пирамидальную поверхность плоскостью, получают пирамиду. Пирамида - многогранник, одна грань которого (основание) – многоугольник, а боковые грани – треугольники с общей точкой – вершиной пирамиды.

Пирамида называется *правильной*, если ее основанием является правильный многоугольник и ось проходит через центр основания. Боковые грани правильной пирамиды – равнобедренные треугольники (рис. 25).

(Далее на примере рассматривается способ построения проекций точки и линии, принадлежащих пирамиде, в двух прямоугольных проекциях, рис. 26. Само геометрическое тело демонстрируется при помощи наглядной модели.)

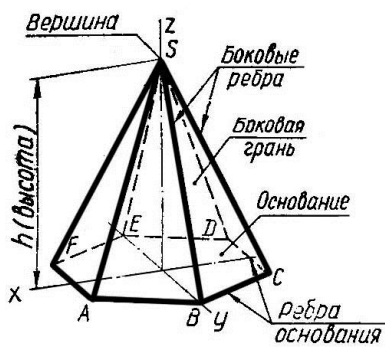


Рис. 25

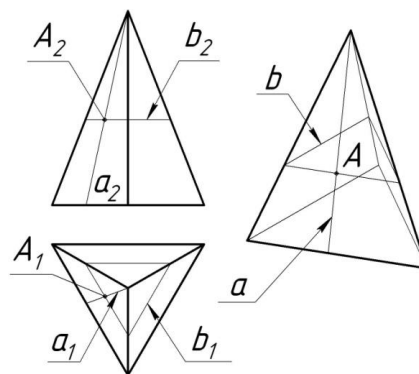


Рис. 26

## Лекция 5. Поверхности вращения

Они образуются вращением кривой линии (на рис.27 линия *ABCDE*) вокруг прямой, которая называется *осью вращения* (на рис.27 ось *l*).

Линии сечения поверхности плоскостями, перпендикулярными оси вращения называются *параллелями*: наибольшая – *экватором*, наименьшая – *горлом* (рис.27).

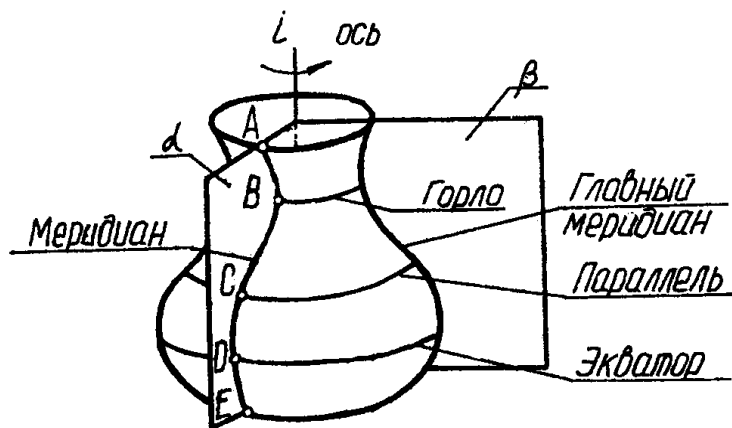


Рис. 27

Линии сечения поверхности плоскостями, проходящими через ось вращения, называются *меридианами*. Меридиан в плоскости, параллельной  $\Pi_2$  называется *главным*.

Для построения проекций точек, принадлежащих поверхности вращения, обычно используют параллели.

(Далее рассматривается пример построения проекций точки и линии, принадлежащих поверхности вращения с рис. 27 – строятся две ее прямоугольные проекции)

#### Частные виды поверхностей вращения

СФЕРА образуется вращением окружности вокруг своего диаметра (рис. 28).

ЦИЛИНДР образуется вращением прямой образующей  $a$  вокруг оси  $l$  (рис. 29).

КОНУС образуется вращением прямой образующей  $a$ , пересекающей ось  $l$  вокруг этой оси  $l$  (рис. 30).

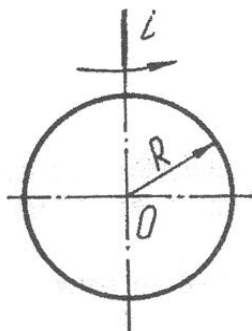


Рис.28

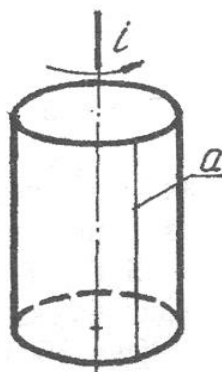


Рис.29

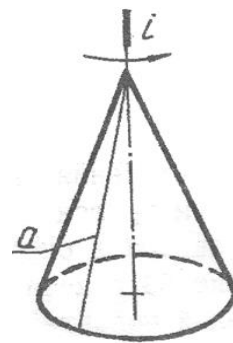


Рис.30

При вращении кривых второго порядка: эллипса, параболы, гиперболы образуются поверхности вращения второго порядка: эллипсоид, параболоид, гиперболоид.

#### Геометрическое тело - Цилиндр

Если прямоугольник  $ABCD$  вращать вокруг одной из его сторон, например  $CD$ , то противоположная сторона  $AB$  опишет цилиндрическую поверхность, а малые стороны прямоугольника  $AD$  и  $BC$  опишут две плоскости, имеющие форму кругов (рис.31).

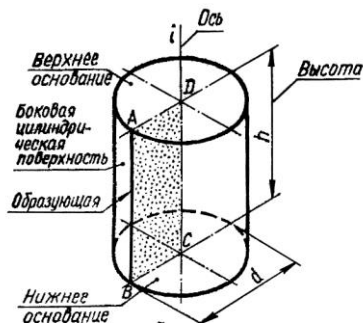


Рис.31

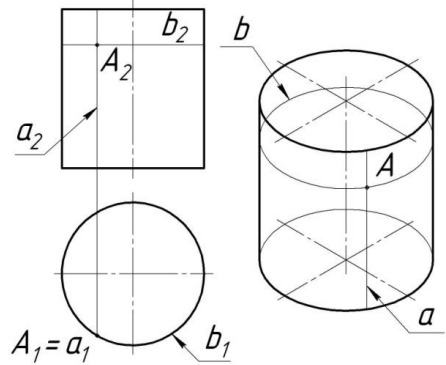


Рис.32

Прямая  $i$  — ось цилиндра, а отрезок  $AB$  — его образующая. Расстояние между плоскостями оснований цилиндров называется *высотой*. Цилиндры разделяются на *прямые* и *наклонные*. *Прямым* называется цилиндр, у которого образующие перпендикулярны к основанию.

(Далее рассматривается пример построения проекций точки и линии, принадлежащих цилиндру, в двух прямоугольных проекциях, рис.32. Само геометрическое тело демонстрируется при помощи наглядной модели.)

### Геометрическое тело - Конус

Возьмем прямоугольный треугольник  $ASO$  и будем вращать его вокруг катета  $SO$ . Любая точка гипотенузы  $AS$  опишет окружность, плоскость которой перпендикулярна к катету  $SO$ . Вся гипотенуза опишет кривую поверхность, которая называется *конической поверхностью*. Второй катет  $OA$  опишет часть плоскости в форме круга (рис.33).

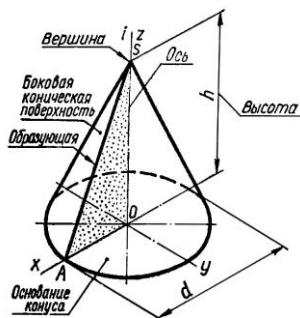


Рис. 33

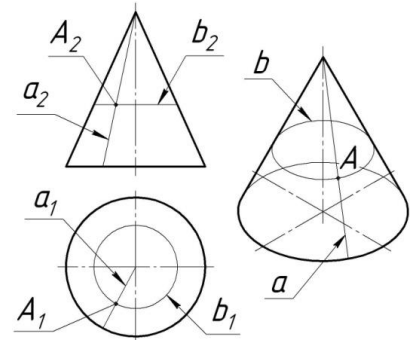
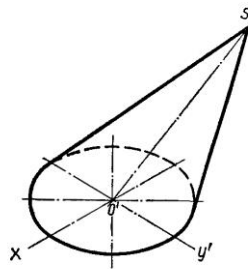


Рис. 34

Прямая  $SO$  — ось конуса, точка  $S$  — его *вершина*, а  $SA$  — *образующая* конуса. Перпендикуляр, опущенный из вершины конуса на плоскость его основания, называется *высотой*.

(Далее рассматривается пример построения точки и линии, принадлежащих конусу, в двух прямоугольных проекциях, рис.34. Само геометрическое тело демонстрируется при помощи наглядной модели.)

### Геометрическое тело - Шар

Если полуокружность  $AKB$  вращать вокруг диаметра  $AB$ , то дуга  $AKB$  опишет сферическую поверхность. Прямая  $i$  — ось вращения, дуга  $AKB$  — образующая поверхности. Все точки сферической

поверхности одинаково удалены от одной точки — центра шара  $O$ . Произвольная прямая, проходящая через центр шара, является осью симметрии поверхности (рис. 35).

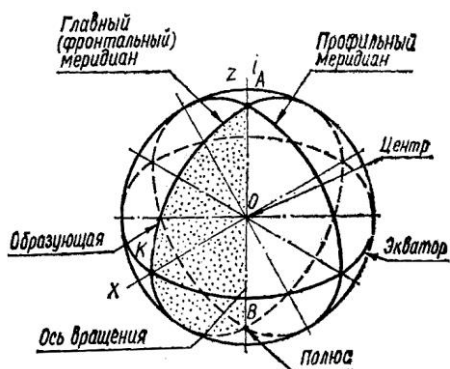


Рис. 35

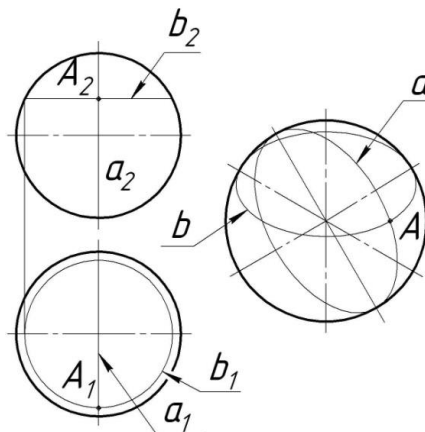


Рис. 36

(Далее рассматривается пример построения проекций точки и линии, принадлежащих шару, в двух прямоугольных проекциях, рис.36)

### Геометрическое тело - Тор

Тором называется поверхность, образованная вращением окружности вокруг оси, лежащей в плоскости окружности, но не проходящей через ее центр.

Рассмотрим один из возможных случаев образования тора: ось  $i$  размещена вне окружности, т. е. не пересекает ее (рис. 37). При вращении образуется поверхность, называемая круговым кольцом. Поверхность кольца напоминает спасательный круг или автомобильную камеру.

(Далее рассматривается пример построения проекций точки и линии, принадлежащих тору, в двух прямоугольных проекциях, рис.37)

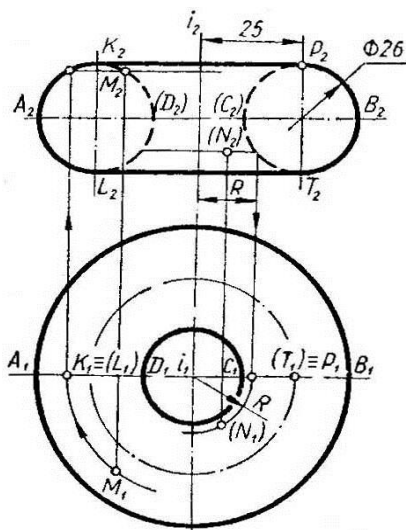


Рис.37

## **Лекция 6. Пересечение поверхности общего вида проецирующей плоскостью. Сечения гранных поверхностей. Цилиндрические сечения. Конические сечения**

При пересечении поверхности плоскостью получается плоская фигура, которая называется сечением.

Плоское сечение кривой поверхности в общем случае представляет собой плоскую кривую, которая в частном случае может вырождаться в одну или две прямые.

Решение задачи следует начинать с АНАЛИЗА заданных геометрических образов (поверхности и плоскости) и определения вида искомой плоской кривой (окружность, гипербола, эллипс и т.д.).

Кривая линия может быть построена или по принадлежащим ей точкам, или по известным параметрам, например, радиус окружности, большая и малая оси эллипса и т.д.

Построение проекций линии сечения следует начинать с определения опорных точек, то есть точек, определяющих границы, характер и видимость кривой по отношению к плоскостям проекций.

К числу опорных точек относятся:

- 1) высшая и низшая – точки наиболее и наименее удаленные от той или иной плоскости проекций;
- 2) видимости – точки, разделяющие кривую на видимый и невидимый участки (они расположены на очерковых линиях поверхности);
- 3) наибольшей и наименьшей ширины кривой;
- 4) характерные точки кривой. К ним относятся точки перегиба, излома и другие точки.

После определения опорных точек находят промежуточные точки. Число их должно быть достаточным для построения проекций сечения.

При пересечении частных видов поверхностей вращения плоскостью получают заранее известные кривые (окружность, парабола, гипербола и др.), которые могут быть построены по основным параметрам, определяющим эту кривую (например, радиус окружности, большая и малая оси эллипса и др.).

### Сечения цилиндра

В пересечении прямого кругового цилиндра плоскостью могут быть образованы такие фигуры:

- а) прямоугольник, если плоскость сечения параллельна оси цилиндра (рис.38а);
- б) окружность, если плоскость перпендикулярна к оси (рис.38б);
- в) эллипс, если плоскость наклонена к оси (рис.38в). Эллипс получается полным, если плоскость пересекает все образующие цилиндра, и усеченным, если плоскость пересекает одно или оба основания цилиндра.

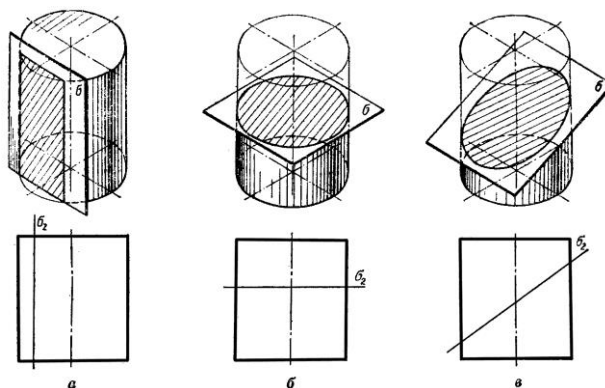


Рис.38



### Сечение конуса

В зависимости от направления секущей плоскости в сечении конуса могут быть получены такие фигуры (рис.):

- а) *окружность*, если секущая плоскость параллельна основанию конуса (рис.39а);
- б) *треугольник*, если плоскость проходит через вершину конуса (рис.39б);
- в) *полный или усеченный эллипс*, если секущая плоскость наклонена к оси под углом, большим угла наклона образующей к оси (рис.39в). Усеченный эллипс получается тогда, когда плоскость пересекает основание конуса;
- г) *парабола*, если секущая плоскость параллельна образующей конуса, т. е. наклонена к оси конуса под углом, равным углу наклона образующей к оси, и не проходит через вершину (рис.39 г);
- д) *гипербола*, если секущая плоскость параллельна двум образующим конуса, т. е. если плоскость наклонена к оси под углом, меньшим угла наклона образующей к оси, и не проходит через вершину, или параллельна оси (рис.39д).

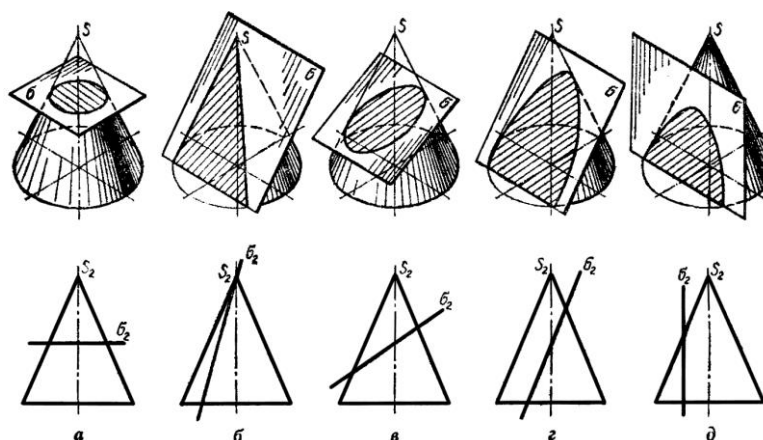


Рис.39

### **Лекция 7. Преобразование чертежа. Определение натуральных величин геометрических фигур заменой плоскостей проекции**

Во многих задачах черчения приходится определять натуральную величину фигуры или отдельных ее элементов. Известно, что если фигура размещена параллельна какой-либо плоскости проекций, то на эту плоскость она проецируется в истинную величину и можно по проекции определить площадь фигуры, длину ее сторон, углы между ребрами, углы наклона прямых к плоскостям проекций и др. Возникает необходимость в создании таких приемов, которые позволили бы переводить фигуры из общего по отношению к плоскостям проекций положения в частные. С этой целью в черчении используют различные способы преобразования чертежа, один из которых замена плоскостей проекций.

Сущность способа заключается в том, что положение точек, линий, плоских фигур и поверхностей в пространстве остается неизменным, а система плоскостей проекций  $\Pi_2/\Pi_1$  заменяется на новую систему двух взаимно перпендикулярных плоскостей  $\Pi_1/\Pi_4$  или  $\Pi_4/\Pi_2$ .

Вновь вводимая плоскость проекций выбирается так, чтобы по отношению к ней геометрическая фигура заняла частное положение (уровня или проецирующее).

На рис.40 показано построение проекции  $A_4$  точки A в новой системе плоскостей  $\Pi_1/\Pi_4$ .

Произведено следующее преобразование чертежа:

- взамен плоскости  $\Pi_2$  введена новая вертикальная плоскость проекции  $\Pi_4 \perp \Pi_1$ , которая пересекается с  $\Pi_1$  по оси  $X_{14}$ ;

- на плоскость  $\Pi_4$  построена прямоугольная проекция  $A_4$  точки  $A$ , при этом координата  $Z_A$  сохраняет свою величину;

- для получения эюра плоскость  $\Pi_4$  вращением вокруг оси  $X_{14}$  совмещается с  $\Pi_1$ . Совместится с  $\Pi_1$  и новая фронтальная проекция  $A_4$  точки  $A$ , которая окажется на общем перпендикуляре к новой оси  $X_{14}$  с горизонтальной проекцией  $A_1$  точки  $A$ , оставшейся без изменения.

На рис.41 показано построение новой вертикальной проекции  $A_4$  точки  $A$  на эюре.

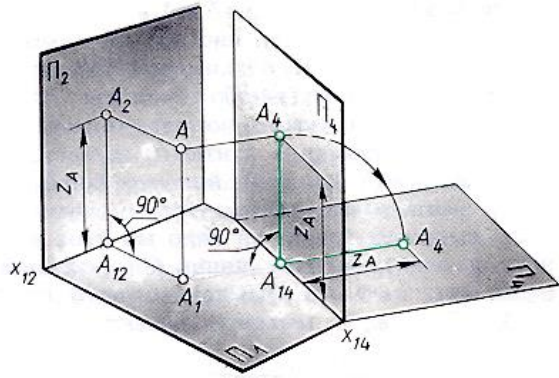


Рис.40

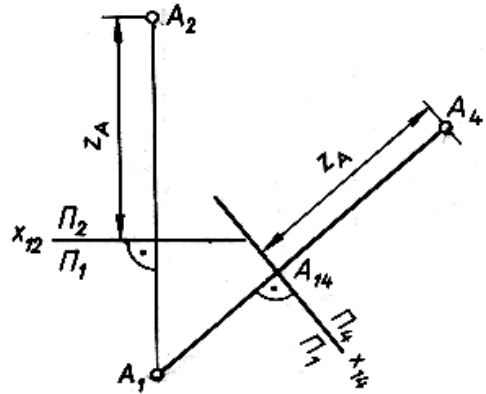


Рис.41

Все метрические и позиционные задачи, решаемые способом замены плоскостей проекций, можно свести к одной из четырёх типовых задач.

**ЗАДАЧА 1.** Преобразовать прямую общего положения в прямую уровня. (Определение натуральной величины отрезка прямой.)

При определении натуральной величины отрезка прямой  $a$ , занимающей общее положение в системе  $\Pi_2/\Pi_1$ , следует заменить одну из плоскостей проекций на новую  $\Pi_4$ , чтобы по отношению к ней прямая  $a$  стала линией уровня ( $\Pi_4 \parallel a$ ), рис.42.

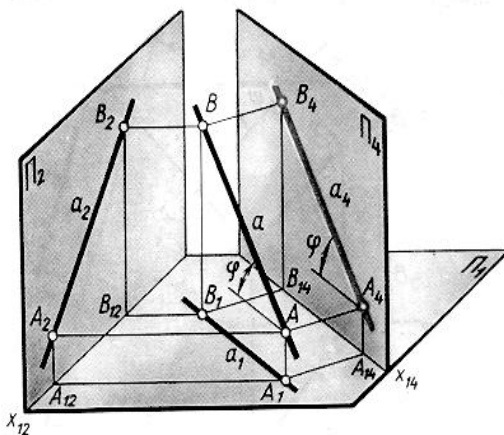


Рис.42

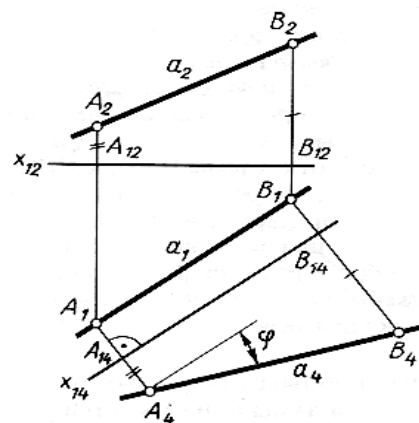


Рис.43

На наглядном чертеже рис.42 показан выбор новой плоскости проекций  $\Pi_4$ , по отношению к которой прямая  $AB$  расположена параллельно и построение новой проекции  $A_4 B_4$  отрезка этой прямой.

Построение выполняется в следующем порядке (рис.43):

- проводим ось  $X_{14} \parallel A_1 B_1$  ;
- через точки  $A_1$  и  $B_1$  проводим линии связи к новой оси  $X_{14}$ :  $A_1 A_{14} \perp X_{14}$ ;  $B_1 B_{14} \perp X_{14}$  ;
- от оси  $X_{14}$  откладываем координаты  $Z$  точек  $A$  и  $B_1$  , замеренные на плоскости  $\Pi_2$ :  $A_{14} A_4 = Z_A$ ;  $B_{14} B_4 = Z_B$  ;
- полученный отрезок  $A_4 B_4$  - натуральная величина отрезка  $AB$ ;
- угол  $\varphi$  между направлением оси  $X_{14}$  и  $A_4 B_4$  натуральная величина угла между  $AB$  и плоскостью  $\Pi_1$ .

### ЗАДАЧА 2. Преобразовать прямую общего положения в проецирующую.

Для решения этой задачи необходимо последовательно выполнить две замены плоскостей проекций, так как в системе  $\Pi_1/\Pi_2$  плоскость, перпендикулярная  $AB$  не будет перпендикулярна ни к  $\Pi_1$  ни к  $\Pi_2$  (рис.44).

При первой замене плоскость  $\Pi_2$  заменена на  $\Pi_4 \perp \Pi_1$  ; и  $\Pi_4 \parallel AB$ , т.е. решена задача 1 - прямая общего положения преобразована в прямую уровня.

При второй замене новую плоскость  $\Pi_5$  вводят взамен  $\Pi_1$  , при чем и  $\Pi_5 \perp \Pi_4$  и  $\Pi_5 \perp AB$ .

На эюре ось  $X_{45} \perp A_4 B_4$  ; и расстояния от заменяемой оси  $X_{14}$  переносятся на плоскость  $\Pi_5$  от оси  $X_{45}$ :  $A_{14} A_1 = A_{45} A_5$  ;  $B_{14} B_1 = B_{45} B_5$  . На плоскости  $\Pi_5$  прямая  $AB$  изображаются в виде точки ( $A_5 = B_5$ ), т.к. равны отрезки  $A_{14} A_1 = B_{14} B_1$ .

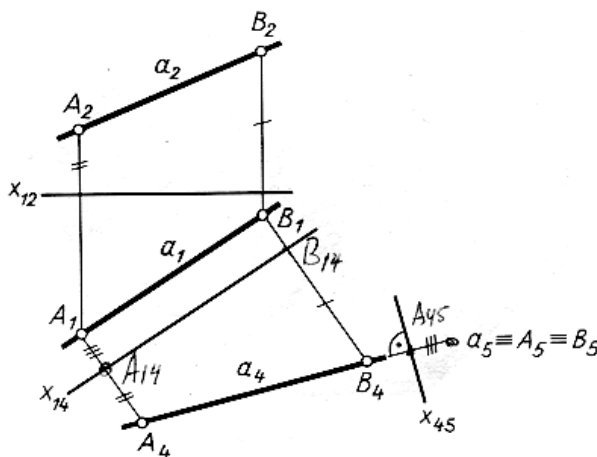


Рис.44

### ЗАДАЧА 3. Преобразовать плоскость общего положения в проецирующую.

Для того чтобы плоскость  $\alpha$ , занимающая общее положение в системе  $\Pi_2/\Pi_1$ , заняла проецирующее положение необходимо новую плоскость  $\Pi_4$  выбрать перпендикулярно плоскости  $\alpha$  и перпендикулярно оставляемой плоскости проекций, ( $\Pi_4 \perp \alpha$ ;  $\Pi_4 \perp \Pi_1$ ) а значит, новая плоскость  $\Pi_4$  должна быть перпендикулярна линии пересечения плоскостей  $\Pi_4$  и  $\alpha$  , т.е. горизонтали  $h$  плоскости  $\alpha$ . Поэтому, план решения задачи следующий:

1. В плоскости, заданной треугольником  $ABC$  проводим произвольную горизонталь (например,  $AM$ ).

2. Плоскость  $\Pi_4$  проводим перпендикулярно этой горизонтали ( $\Pi_4 \perp AM$ ).

3. На новой плоскости  $\Pi_4$  строим проекции трех точек плоскости  $L$ .

Решение задачи на эюре: (Рис.45)

1. Проводим  $A_2 M_2 \parallel X_{12}$ -фронтальную проекцию горизонтали  $h$  плоскости  $\alpha$ .

2. Строим  $A_1M_1$  – из условия принадлежности точек  $A$  и  $M$  плоскости  $\alpha$ .
3. На любом расстоянии от горизонтальной проекции  $A_1B_1C_1$  треугольника проводим ось  $X_{14} \perp A_1M_1$ .
4. Из точек  $A_1, B_1, C_1$  проводим линии связи перпендикулярные оси  $X_{14}$  (например  $A_1A_4 \perp X_{14}$ ).
5. От оси  $X_{14}$  на этих линиях связи в плоскости  $\Pi_4$  откладываем отрезки, равные координатам  $Z$  точек  $A, B$ , и  $C$  (Рис.45).

6. Соединяем полученные точки  $A_4B_4C_4$ :

При точном построении эти точки расположатся на одной прямой, т.к. плоскость  $\alpha$  заняла проецирующее положение относительно плоскости  $\Pi_4$ .

Угол  $\varphi$  между проекцией  $A_4B_4C_4$  плоскости  $\alpha$  и осью  $X_{14}$  – это угол наклона плоскости  $\alpha$  к горизонтальной плоскости проекций  $\Pi_1$ .

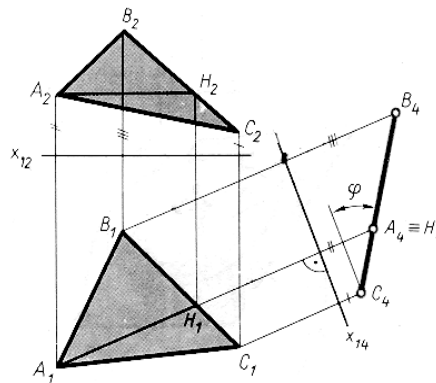


Рис.45

**ЗАДАЧА 4.** Преобразовать плоскость общего положения в плоскость уровня. (Определение натуральной величины плоской фигуры).

Для решения этой задачи требуется последовательно провести две замены плоскостей проекций, т.к. невозможно в системе плоскостей  $\Pi_2/\Pi_1$  подобрать плоскость, которая была бы одновременно параллельна заданной плоскости общего положения и перпендикулярна плоскости проекций. На рис. показано построение натуральной величины  $\Delta ABC$ .

План решения.

1. Выполняем первую замену: плоскость  $\Pi_2$  заменяем плоскостью  $\Pi_4 \perp \Pi_1$  и  $\Pi_4 \perp \alpha$  ( $\Delta ABC$ ), т.е. решаем задачу 3 (преобразование плоскости общего положения в проецирующую, рис.45)
2. Вторая замена: плоскость  $\Pi_1$  заменяем на  $\Pi_5$ , причем  $\Pi_5 \perp \Pi_4$  и  $\Pi_5 \parallel \alpha$  ( $\Delta ABC$ ).
3. На плоскости  $\Pi_5$  строим проекции точек  $A, B, C$ .

Решение (рис.46).

1. Проводим  $A_2M_2 \parallel X_{12}$  - фронтальную проекцию горизонтали плоскости  $\alpha$ .
2. Строим  $A_1M_1$  - их условия принадлежности точек  $A$  и  $M$  плоскости  $L$ .
3. На любом расстоянии от горизонтальной проекции  $A_1B_1C_1$  треугольника проводим ось  $X_{14} \perp A_1M_1$ .
4. Из точек  $A_1, B_1, C_1$  проводим линии связи перпендикулярные оси  $X_{14}$  (например  $A_1A_4 \perp X_{14}$ ).
5. От оси  $X_{14}$  на этих линиях связи в плоскости  $\Pi_4$  откладываем отрезки, равные координатам  $Z$  точек  $A, B$ , и  $C$ .
6. Соединяем полученные точки  $A_4B_4C_4$ :

При точном построении эти точки расположатся на одной прямой, т.к. плоскость  $\alpha$  заняла проецирующее положение относительно плоскости  $\Pi_4$ .

7. Проводим ось  $X_{45} \parallel B_4 C_4$

8. Из точек  $A_4, B_4, C_4$  проводим линии связи перпендикулярные оси  $X_{45}$

( $A_4 A_5 \perp X_{45}$ ;  $B_4 B_5 \perp X_{45}$ ;  $C_4 C_5 \perp X_{45}$ ).

9. От оси  $X_{45}$  в плоскости  $\Pi_5$  откладываем отрезки равные расстояниям горизонтальных проекций  $A_1, B_1$  и  $C_1$  точек  $A, B, C$  до заменяемой оси  $X_{14}$ .

10. Соединяем полученные точки. Треугольник  $A_5 B_5 C_5$  - натуральная величина  $\Delta ABC$ .

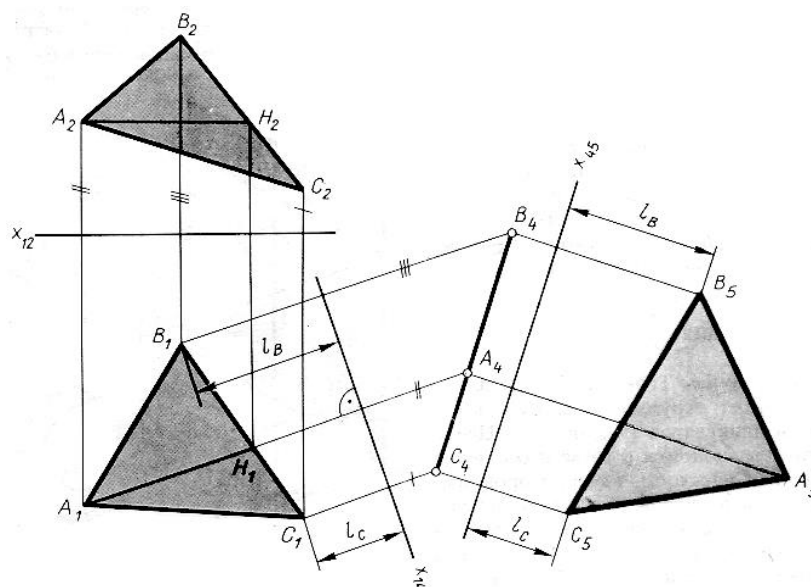


Рис. 46

## **Лекция 8. Взаимное пересечение поверхностей. Способ вспомогательных секущих плоскостей. Соосные поверхности. Теорема Монжа.**

Детали машиностроительных конструкций представляют собой сочетания сравнительно простых геометрических форм. Возникает необходимость строить на чертежах линии пересечения этих поверхностей между собой.

*Общая линия двух поверхностей называется линией их пересечения.*

Для определения точек, принадлежащих линии пересечения поверхностей, используют способ вспомогательных секущих поверхностей (способ посредников), сущность которого заключается в следующем:

- а) заданные поверхности пересекают третьей, вспомогательной поверхностью-посредником;
- б) определяют линии пересечения посредника с каждой из заданных поверхностей в отдельности;
- в) находят общие точки пересечения полученных линий, которые и принадлежат искомой линии пересечения поверхностей.

В качестве вспомогательных поверхностей чаще всего употребляют плоскости частного (рис.47) или общего положения и сферы. При выборе посредника следует исходить из того, чтобы он в пересечении с заданными поверхностями образовывал графически простые линии — прямые или окружности! Для решения каждой задачи приходится применять несколько поверхностей-посредников.

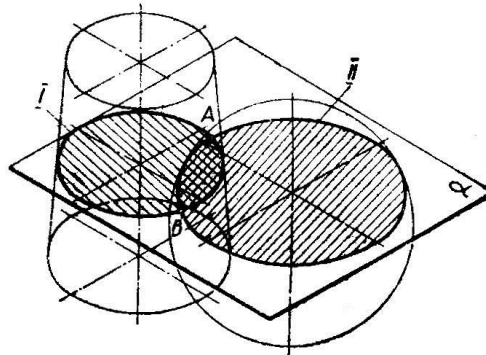


Рис.47

На рис. 47 показан принцип построения точек линии пересечения усеченного конуса и сферы. Вспомогательная горизонтальная плоскость  $\alpha$  пересекает обе поверхности по окружностям, взаимное пересечение которых дает точки  $A$  и  $B$ , принадлежащие линии пересечения. Проведя несколько подобных вспомогательных плоскостей, определяют необходимое число точек для построения кривой пересечения.

У линии пересечения двух поверхностей различают *точки опорные* и *случайные*. В первую очередь определяют опорные точки, т. е. высшую и низшую, крайние правую и левую, точки видимости и др. Определение этих точек позволяет видеть, в каких пределах расположены проекции линии пересечения и где между ними есть смысл определять случайные точки для более точного построения линии пересечения поверхностей. Проекция линии пересечения всегда располагается в пределах площади наложения, т. е. общей площади одноименных проекций пересекающихся поверхностей.

Решая задачу на построение линии пересечения поверхностей, необходимо установить какое положение относительно плоскостей проекций занимает каждая поверхность и к какой задаче сводится данная задача.

Обе пересекающиеся поверхности проецирующие.

Из всех рассмотренных ранее поверхностей, только цилиндр вращения и прямая призма могут быть проецирующими, так как все образующие цилиндра (и призмы) параллельны между собой и могут занимать проецирующее положение по отношению к плоскостям проекций.

На рис. 80 показано построение трех проекций линии пересечения цилиндра вращения и четырехгранной призмы.

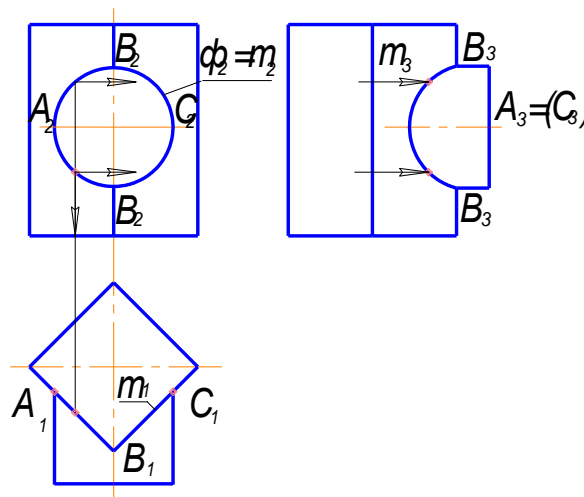


Рис.48

**Анализируя** заданные геометрические фигуры, устанавливаем, что поверхность цилиндра – фронтально-проецирующая, то есть фронтальный очерк  $\Phi_2$  цилиндра – окружность, она обладает собирательным свойством: все точки и линии, расположенные на поверхности цилиндра, проецируются на эту окружность. Поверхность четырехгранной призмы – горизонтально-проецирующая, то есть горизонтальная проекция призмы – прямоугольник, который обладает собирательным свойством. Таким образом, устанавливаем, что линия пересечения цилиндра и призмы на фронтальной и горизонтальной проекциях находится без дополнительных построений: горизонтальная проекция  $m_1 = A_1V_1C_1$  линии совпадает с частью очерка  $\Phi_1'$  призмы в пределах очерка цилиндра; фронтальная проекция  $m_2 = A_2B_2C_2B_2'$  линии совпадает с фронтальным очерком  $\Phi_2$  цилиндра. Профильная проекция  $m_3 = B_3A_3B_3$  линии пересечения строится из условия принадлежности точек этой линии заданным поверхностям (с помощью линий связи).

Одна поверхность проецирующая, вторая – общего положения.

На рис. 49 показано построение линии пересечения поверхностей цилиндра и конуса.

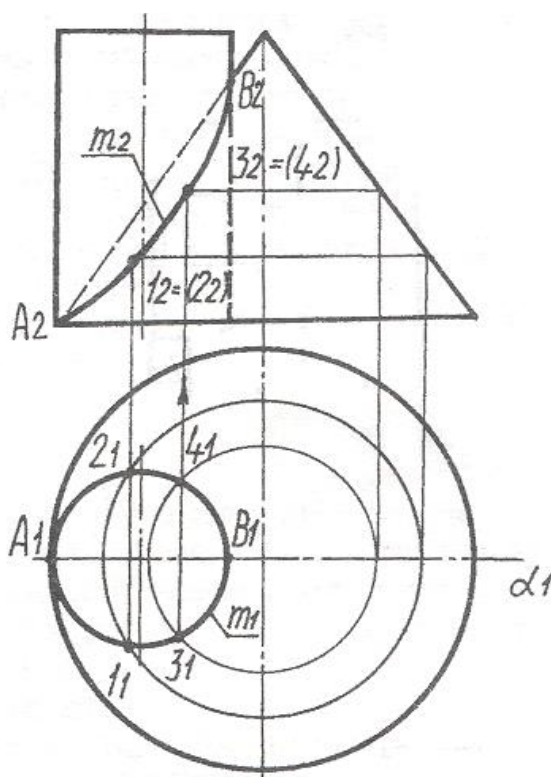


Рис. 49

**Анализируя** условие задачи, устанавливаем:

конус – поверхность общего вида;

поверхность цилиндра – горизонтально-проецирующая, поэтому горизонтальная проекция цилиндра – окружность, обладающая собирательным свойством: на эту окружность проецируются все точки и линии, принадлежащие поверхности цилиндра, в том числе и линия пересечения.

Таким образом, горизонтальная проекция  $m_1$  линии пересечения известна, она совпадает с окружностью – горизонтальной проекцией цилиндра.

Фронтальная проекция  $m_2$  строится по точкам из условия принадлежности линии пересечения к поверхности конуса (с помощью вспомогательных окружностей конуса). Высшая точка  $B$  и низшая  $A$  лежат в плоскости общей симметрии  $\alpha \parallel \Pi_2$ . Эти же точки будут являться точками видимости линии пересечения на фронтальной плоскости.

### Обе поверхности общего положения

В качестве плоскостей – посредников используют плоскости частного положения: проецирующие или уровня. На рис.50 показано нахождение общих точек пересекающихся поверхностей сферы и конуса с помощью вспомогательной плоскости горизонтального уровня.

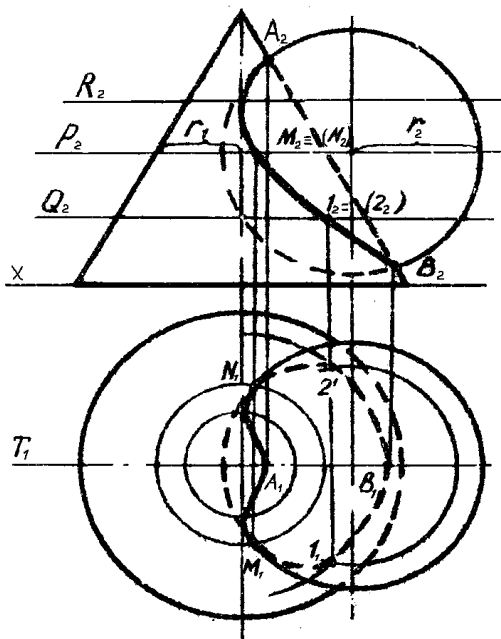


Рис.50

Анализируя условие задачи, устанавливаем, что ни одна из заданных поверхностей не занимает проецирующее положение, поэтому необходимо применять алгоритмы нахождения точек линии пересечения двух поверхностей общего вида.

В качестве посредников целесообразнее применять секущие плоскости.

1. Определяем положение общей плоскости симметрии ( $\parallel P_2$ ) заданных поверхностей, относительно которой линия пересечения будет симметричной.

2. Находим **ОПОРНЫЕ** точки:

А и В – ВЫСШАЯ и НИЗШАЯ точки кривой. Они принадлежат плоскости общей симметрии и могут быть найдены с помощью этой секущей плоскости:

М и N- точки ВИДИМОСТИ на  $\Pi_1$ . Они принадлежат плоскости  $P$ , проходящей через экватор сферы и определяющей границу видимости сферы на  $\Pi_1$  (вся поверхность конуса видима на  $\Pi_1$ ) и находятся с помощью этой плоскости:

1) проводится вспомогательная секущая плоскость  $P \parallel \Pi_1$ ;

2) строятся:

- линия сечения конуса плоскостью  $P$  – окружность радиуса  $r_1$ ;

- линия сечения сферы плоскостью  $P$  – окружность экватора радиуса  $r_2$ ;

3) точки  $M$  и  $N$  получаются в пересечении окружностей радиусов  $r_1$  и  $r_2$ . Для точек  $M$  и  $N$  сначала определяются горизонтальные проекции  $M_1$  и  $N_1$  в пересечении горизонтальных проекций окружностей радиусов  $r_1$  и  $r_2$ .

3. Строим **ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ** точки с помощью плоскостей горизонтального уровня, параллельных плоскости  $P$ , аналогично построению точек  $M$  и  $N$ . Каждая секущая плоскость ( $Q, R$  и др.) пересекает поверхности конуса и сферы по окружностям, которые проецируются без искажения на



$\Pi_1$ . Радиусы этих окружностей определяются на фронтальной проекции аналогично радиусам  $r_1$  и  $r_2$ . Построение проекций промежуточных точек показано на примере точек 1 и 2.

4. Соединяем точки с учетом их ВИДИМОСТИ на плоскостях  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ . Фронтальные проекции видимых и невидимых на  $\Pi_2$  точек линии пересечения поверхностей совпадают, так как линия пересечения симметрична относительно *плоскости общей симметрии*. На чертеже фронтальная проекция линии изображается видимой. На горизонтальной плоскости проекций точки, расположенные выше плоскости  $P$  (граница видимости на  $\Pi_1$ ), являются видимыми. Этот участок линии ( $M_1 A_1 N_1$ ) изображается видимым и далее переходит в видимую окружность горизонтального очерка сферы.

Для придания чертежу большей наглядности следует определить видимость очерков поверхностей на плоскостях проекций.

#### Пересечение соосных поверхностей

СООСНЫМИ называются поверхности вращения, имеющие общую ось.

*Свойство* соосных поверхностей вращения: две любые соосные поверхности вращения пересекаются по окружностям, проходящим через точки пересечения меридианов поверхностей (рис.51).

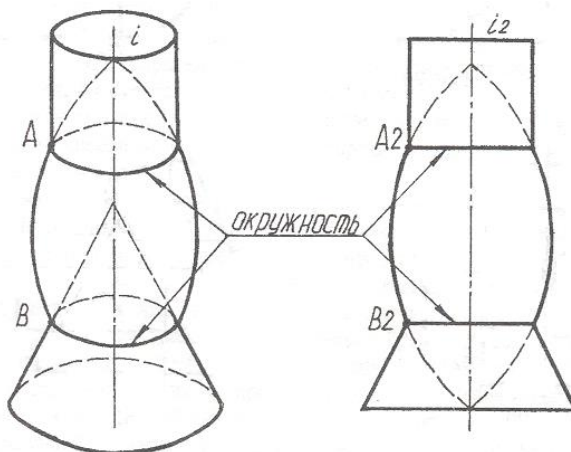


Рис.51

В том случае, если одна из поверхностей вращения – сфера, то рассмотренное *свойство* формулируется так: если центр сферы находится на оси какой-нибудь поверхности вращения, то сфера соосна этой поверхности и пересекает ее по окружностям, число которых равно числу точек пересечения (касания) главных меридианов этих поверхностей (рис.52 и 53).

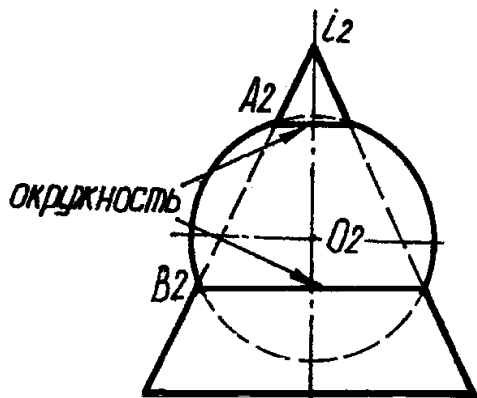


Рис.52

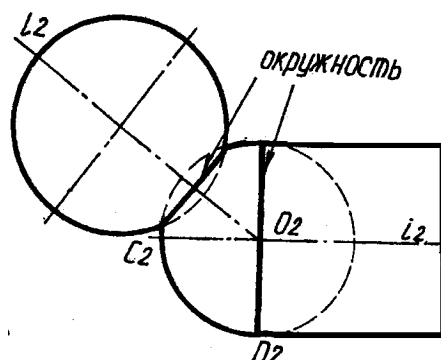


Рис.53

На рис.52 изображены соосные поверхности – сфера и конус, главные меридианы которых пересекаются в двух точках *A* и *B*. Линиями пересечения этих поверхностей будут две окружности, проходящие через точки *A* и *B*.

На рис.53 изображены две соосные сферы, пересекающиеся по окружности, проходящей через точку *C*, и соосная сфера и цилиндр, линией касания которых будет окружность, проходящая через точку *D*.

**ТЕОРЕМА МОНЖА:** если две поверхности второго порядка описаны около третьей или вписаны в нее, то линия их пересечения распадается на две плоские кривые второго порядка. Плоскости этих кривых проходят через прямую, соединяющую точки пересечения линий касания.

Практическое использование теоремы возможно в том случае, когда две поверхности вращения второго порядка могут быть описаны около сферы или вписаны в нее (рис.54).

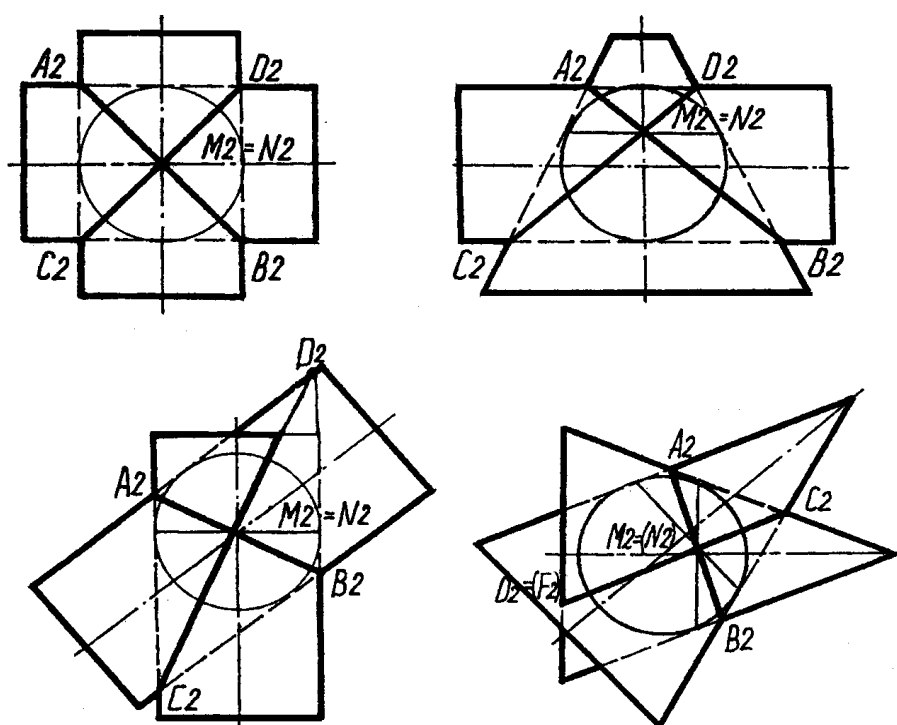


Рис.54

**Лекция 9.** Правила оформления чертежей деталей (ЕСКД). Изображения по ГОСТ 2.305-2008. Виды, разрезы, сечения. Правила выполнения и обозначения. Выносные элементы.

Все изображения на чертежах выполняются в соответствии с ГОСТ 2.305–2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения» по методу прямоугольного проецирования на три взаимно перпендикулярные плоскости проекций: горизонтальную, фронтальную и профильную.

**Видом** называется изображение видимой части поверхности предмета, обращенной к наблюдателю.

*Виды подразделяются на основные, дополнительные и местные.*

*Основных видов* шесть, они получаются проецированием предмета на шесть граней куба. Грани куба совмещаются с плоскостями проекций.

Предполагается, что предмет находится между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. Изображение, содержащее наиболее полную информацию о форме и размерах предмета, принимают в качестве главного и строят на фронтальной плоскости. Этот вид называют видом спереди. Остальные виды располагают так, как показано на схеме (рис. 55).

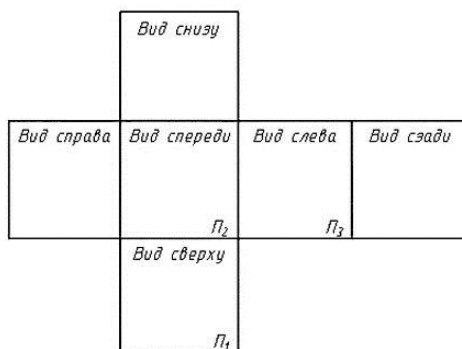


Рис.55

При таком расположении основные виды не обозначают. Если какой-либо из основных видов смещен относительно главного, направление проецирования должно быть показано стрелкой, а вид обозначен прописной буквой русского алфавита, размер шрифта в два раза больше шрифта размерных чисел (рис. 56).

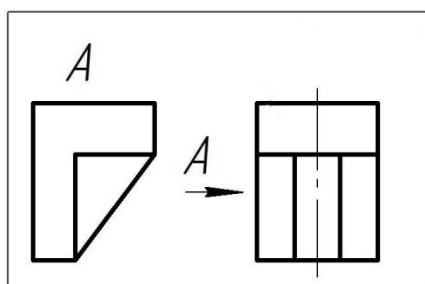



Рис.56

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на основных видах без искажения формы и размеров, то применяют **дополнительные** виды, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций.

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой, а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным изображением (рис.57б).

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (57а).

Дополнительный вид допускается поворачивать, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением  (рис.57в).

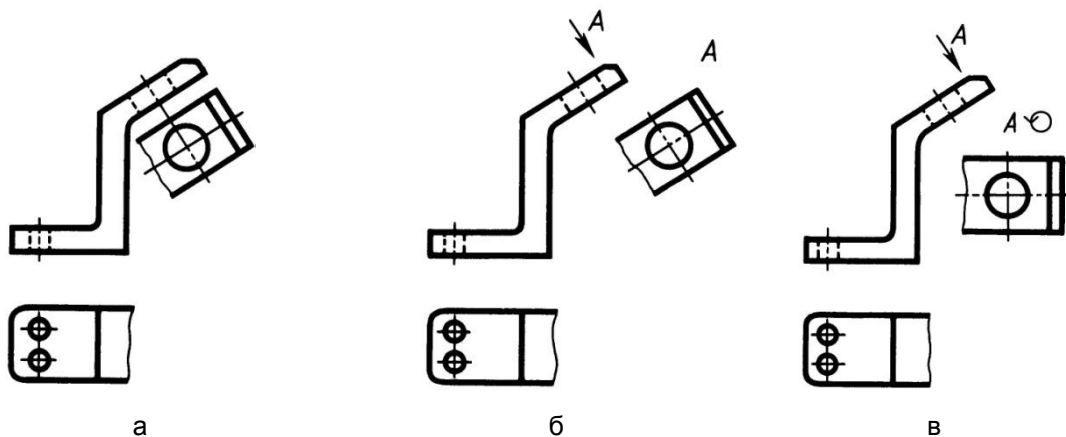


Рис.57

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется **местным** видом.

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, или не ограничен. Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду (рис. 58а, б).

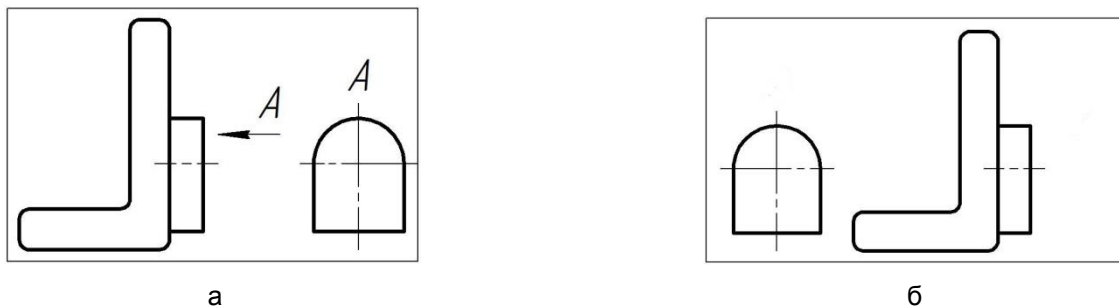


Рис. 58

**Разрезом** называют изображение предмета, мысленного рассеченного одной или несколькими плоскостями. Причем удаляют ту часть предмета, которая находится между наблюдателем и секущей плоскостью.

В разрезе изображается, что попадает в секущую плоскость и то, что видно за ней.

#### Классификация разрезов

1. В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы делят на:

- горизонтальные (секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций);
- вертикальные (секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций).

**Вертикальный** разрез называется фронтальным, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, и профильным – профильной плоскости проекций;

- наклонные (секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого угла).

2. В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы делят на:

- простые (одна секущая плоскость);

- сложные (несколько секущих плоскостей). Сложный разрез называется **ступенчатым**, если образующие его секущие плоскости параллельны между собой. **Ломаные** разрезы образуют пересекающиеся секущие плоскости.

3. В зависимости от полноты исполнения разреза:

- полные;
- местные.

4. Применительно к протяженным деталям, разрезы могут быть:

- продольные (секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета);
- поперечные (секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета).

#### Обозначение простого разреза

Положение секущей плоскости на чертеже указывают разомкнутой линией, начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур изображения (рис.59, 60). Перпендикулярно этим штрихам наносят стрелки, указывающие направление взгляда. Около стрелок с внешней стороны концов штрихов разомкнутой линии наносят прописную букву русского алфавита. Размер шрифта букв должен быть в 2 раза больше размера цифр размерных чисел. Буквы всегда вертикально.

Разрез сопровождается надписью, которая состоит из соответствующих букв, обозначающих положение секущей плоскости и написанных через тире: А – А.

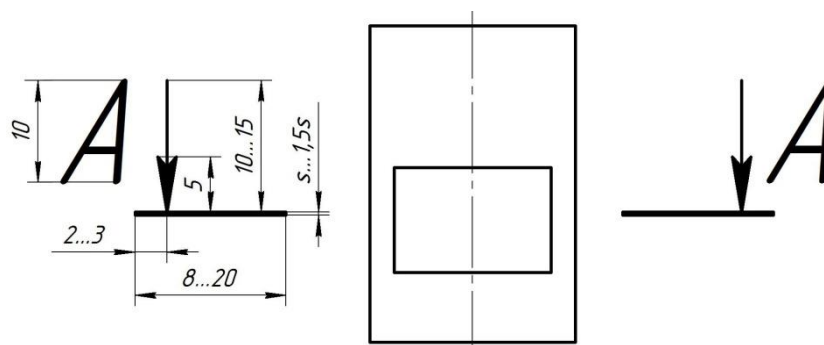


Рис.59

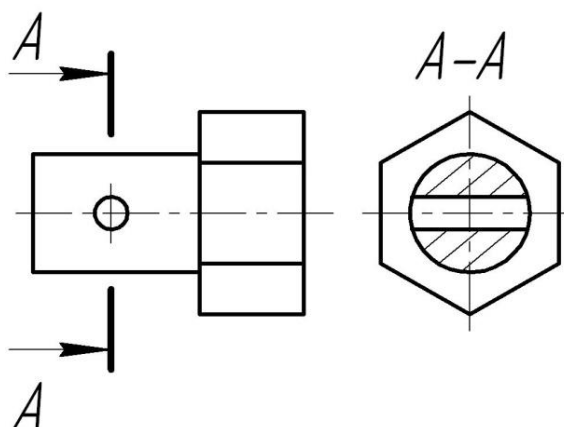


Рис.60

Простые разрезы **не обозначаются**, если выполняются 3 условия одновременно:

- секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом;

- соответствующие изображения расположены в непосредственной проекционной связи;
- не разделены какими-либо другими изображениями.

Также не обозначаются местные разрезы.

#### Обозначение сложного разреза

В отличие от простого, при обозначении сложного разреза (рис.61) штрихи разомкнутой линии наносят также в местах перехода от одной секущей плоскости к другой (при этом они тоже не должны пересекать контур изображения).

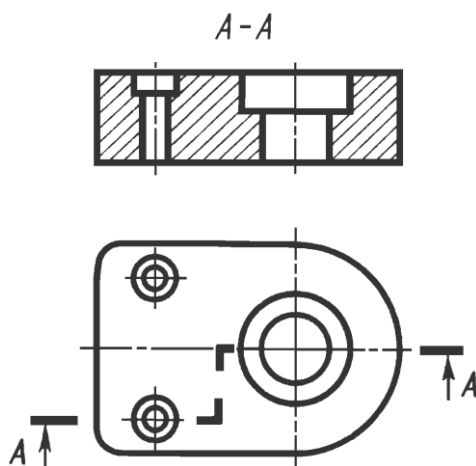


Рис. 61

**Местные** разрезы – разрезы, предназначенные для выявления конструктивных особенностей предмета в отдельном, ограниченном месте.

Местный разрез выделяют на виде сплошной волнистой тонкой линией, которая не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения (рис.62).

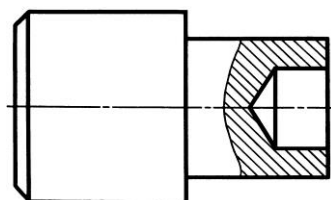


Рис.62

#### Размещение разрезов на чертеже

- разрез выполнять на месте соответствующего вида, например: фронтальный разрез – на месте вида спереди (главного вида); горизонтальный – на месте вида сверху; профильный – на месте вида слева;
- разрез выполнять на свободном месте чертежа;
- совмещать часть разреза с частью соответствующего вида.

**Сечением** называют изображение предмета, мысленного рассеченного одной или несколькими плоскостями. Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на: вынесенные и наложенные.

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями (рис. 63), а контур наложенного сечения - сплошными тонкими

линиями (рис.64), причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

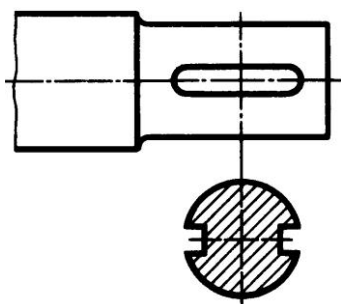


Рис.63

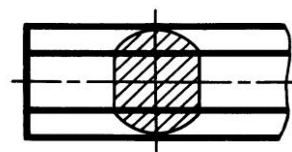


Рис.64

Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят (рис. 63, 64).

Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Сечение сопровождают надписью по типу "А-А" (рис.65).

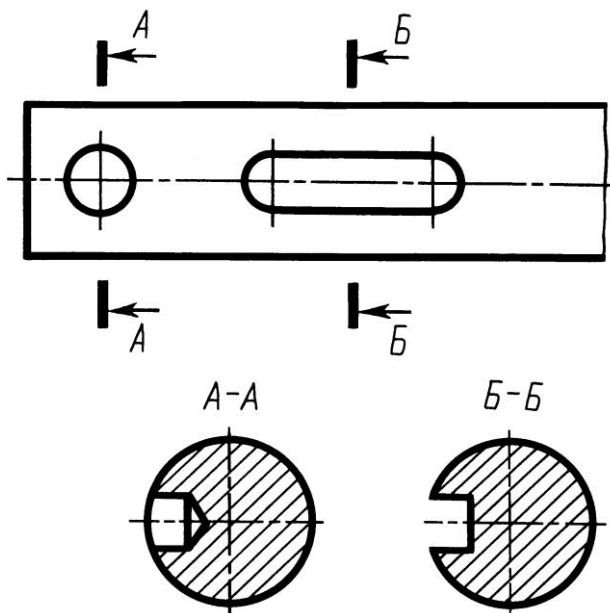


Рис. 65

Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения.

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис.65).

Если сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы.

**Выносной элемент** - дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных (рис.66).

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).

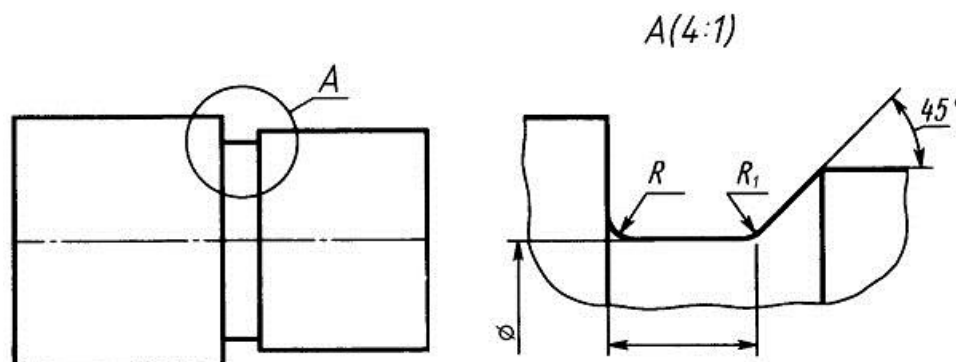


Рис.66

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.

Выносной элемент располагают возможно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

### **Лекция 10. Виды изделий (ГОСТ 2.101-68). Виды конструкторских документов (ГОСТ 2.102-2013). Стадии разработки КД (ГОСТ 2.103-2013)**

**И з д е л и е м** называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

ГОСТ 2.101–68 устанавливает следующие **в и д ы** **и з д е л и й**:

- детали;
- сборочные единицы;
- комплексы;
- комплекты.

Изделия, в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей, подразделяются на следующие:

- неспецифицированные (детали) – не имеющие составных частей;
- специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты) – состоящие из двух и более составных частей.

**Д е т а л ь** – это изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например: валик из одного куска металла; литой корпус; пластина из биметаллического листа; печатная плата и т. п.

**С б о р о ч н а я** **е д и н и ц а** – это изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой и т. п.), например: автомобиль, станок, телефонный аппарат, редуктор.



**Комплекс** – это два или более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например: поточная линия станков, автоматическая телефонная станция.

**Комплект** – это два или более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющие набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструмента.

#### Виды конструкторских документов

ГОСТ 2.102–2013 устанавливает виды и комплектность конструкторских документов (КД) на изделия.

К конструкторским документам относятся графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Конструкторские документы, разрабатываемые на **деталь**:

- **чертеж детали** – это документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля;
- **электронная модель детали** – это документ, содержащий электронную геометрическую модель детали и требования к ее изготовлению и контролю;
- **эскиз детали** – это чертеж детали, выполненный от руки без применения чертежных инструментов в произвольном масштабе.

Документы, разрабатываемые на **специфицируемое изделие**:

- **сборочный чертеж** – это документ, содержащий изображения изделия и другие данные, необходимые для его сборки и контроля (шифр сборочного чертежа – **СБ**);
- **чертеж общего вида** – это документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия (шифр – **ВО**);
- **спецификация** – это документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта;
- **электронная структура изделия** – документ, содержащий в электронной форме состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и иерархические отношения (связи) между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения.

За **основные конструкторские документы**, которым не присваивается шифр, принимаются для деталей – чертеж детали и (или) электронная модель детали для сборочных единиц, комплексов и комплектов – спецификация и (или) электронная структура изделия.

ГОСТ 2.103-2013 устанавливает стадии разработки конструкторской документации изделий всех отраслей промышленности и этапы выполнения работ на каждой стадии разработки:

- **техническое предложение** (Подбор материалов, анализ технического задания. Патентный поиск. Выявление вариантов возможных решений и их сравнительная оценка по показателям качества. Техничко-экономическое обоснование);

- эскизный проект (Разработка принципиальных конструктивных решений. Макетирование. Обоснование выбора оптимального варианта изделия. Подтверждение и уточнение предъявляемых к изделию требований. Принятие окончательных решений по принципу действия, основным параметрам и показателям качества);
- технический проект (Выявление технических решений, необходимых для полного представления о конструкции разрабатываемого изделия. Выполнение необходимых расчетов, принципиальных схем, схем соединений и др. Разработка, изготовление и испытание макетов. Выявление номенклатуры покупных изделий);
- рабочая конструкторская документация (Разработка КД для изготовления опытного образца (опытной партии). Изготовление и предварительные испытания опытного образца (партии). Приемочные испытания опытного образца (партии)).

**Лекция 11. Виды соединений. Конструктивные элементы деталей. Резьба. Классификация резьб. Основные параметры, обозначение. Условное изображение на чертежах по ГОСТ 2.311-68.**

Как получается сборочная единица? Детали соединяются между собой различными способами.

Соединения деталей, входящих в состав сборочной единицы, подразделяют на следующие группы:

- разъемные (возможна многократная сборка и разборка без повреждения формы и размеров соединяемых деталей);
- неразъемные (невозможна разборка без повреждения формы и размеров соединяемых деталей или без повреждения соединительного шва – сварного, паяного и т. п.).

Самый распространенный способ соединения деталей – использование резьбы. Студент должен уметь изображать резьбу на чертеже.

Поверхность резьбы образуется плоским контуром при его винтовом движении по цилиндрической или конической поверхности.

Классификация резьб:

1. По назначению:

- *крепежная* применяется для неподвижного соединения деталей (метрическая, трубная,...);
- *ходовая* служит для передачи движений и усилий (трапецеидальная, упорная, прямоугольная).

2. По виду поверхности, на которой нарезана резьба:

- *цилиндрическая* (наружная и внутренняя);
- *коническая* (наружная и внутренняя).

3. По направлению винтовой поверхности:

- *правая* (образована контуром, вращающимся по часовой стрелке и перемещающимся вдоль оси в направлении от наблюдателя);
- *левая* (образована контуром, вращающимся против часовой стрелки и перемещающимся вдоль оси от наблюдателя).

4. По числу заходов (выступов и канавок):

- *однозаходная*;
- *многозаходная*.

5. По форме профиля:

- *треугольная* (крепёжные резьбы);
- *трапецеидальная* (ходовые резьбы);
- *прямоугольная* (ходовая резьба);
- *полукруглая* (крепёжная резьба).

#### Основные параметры резьбы

Номинальные размеры основных параметров резьбы являются одинаковыми как для наружной (на стержне), так и для внутренней (в отверстии) резьбы (рис.67).

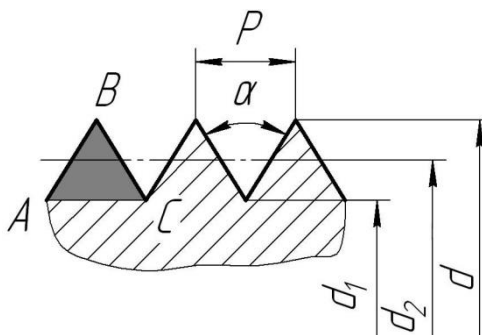


Рис.67

1. **Наружный номинальный диаметр резьбы  $d$  ( $D$ )** – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы (наибольший из диаметров резьбы).

2. **Внутренний диаметр  $d_1$  ( $D_1$ )** – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг впадин наружной резьбы или вершин внутренней резьбы.

3. **Профиль резьбы** – контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ее ось (например, на рис. 67 треугольник  $ABC$ ).

4. **Угол профиля  $\alpha$**  – угол между боковыми сторонами профиля.

5. **Шаг резьбы  $P$**  – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

6. **Ход резьбы  $Ph$**  (для многозаходной резьбы) расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля одной и той же винтовой поверхности.

Для однозаходной резьбы ход равен шагу ( $Ph = P$ ), а для многозаходной – произведению шага на число заходов ( $Ph = n \cdot P$ ). Ход резьбы определяет осевое перемещение винта (гайки) за один оборот.

#### Основные типы стандартных резьб

*Метрическая цилиндрическая резьба* (ГОСТ 24705–2004), рис.68

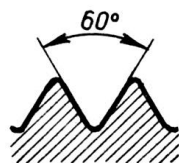


Рис.68

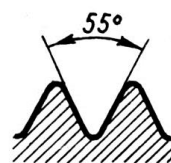


Рис.69

Метрическая резьба может быть выполнена с крупным или мелким шагом. Крупный шаг в обозначении резьбы может быть опущен.

Условное обозначение метрической резьбы:

- с крупным шагом  $M d$  (например,  $M 20$ );
- с мелким шагом –  $M d \times P$  (например,  $M 20 \times 1$ ).

*Трубная цилиндрическая резьба* (ГОСТ 6357–81), рис. 69

Условное обозначение резьбы состоит из буквы  $G$ , определяющей тип резьбы, и цифр, определяющих величину «условного прохода», выраженную в дюймах (1 дюйм  $\approx$  25мм). Диаметр условного прохода  $D_y$  – это диаметр отверстия в трубе, на которой нарезана данная резьба.

Примеры условного обозначения трубной цилиндрической резьбы:  $G 1$ ,  $G \frac{1}{2}$ . Все параметры трубной резьбы рассчитываются в зависимости от диаметра условного прохода  $D_y$ .

*Тrapeцеидальная резьба* (ГОСТ 24737–81, ГОСТ 24739–81), рис. 70

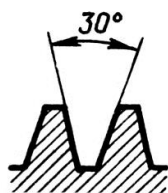


Рис.70

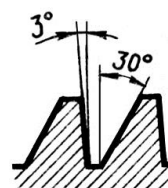


Рис.71

Условное обозначение трапецеидальной резьбы:

- однозаходной  $Tr d \times P$ , (например,  $Tr 40 \times 4$ );
- многозаходной –  $Tr d \times Ph (P)$  (например,  $Tr 40 \times 12 (P4)$ ).

*Упорная резьба* (ГОСТ 10177–82), рис.71

Условное обозначение упорной резьбы:

- однозаходной  $S d \times P$  (например,  $S 60 \times 6$ );
- многозаходной –  $S d \times Ph (P)$  (например,  $S 60 \times 12 (P4)$ ).

#### Изображение и обозначение резьбы на чертежах

Резьбы всех профилей и назначений изображаются на чертежах условно по ГОСТ 2.311–68.

**На стержне** резьба изображается толстыми сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру (рис.72).

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $\frac{3}{4}$  окружности, разомкнутую в любом месте. Тонкие линии изображения внутреннего диаметра проводятся на расстоянии не менее 1 мм от толстых сплошных линий, примерно посередине фаски. Окружность конической фаски не изображается.

Резьба **в отверстии** изображается толстыми сплошными основными линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими линиями – по наружному диаметру (рис.73).

На изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $\frac{3}{4}$  окружности, разомкнутую в любом месте. Окружность фаски не изображается.

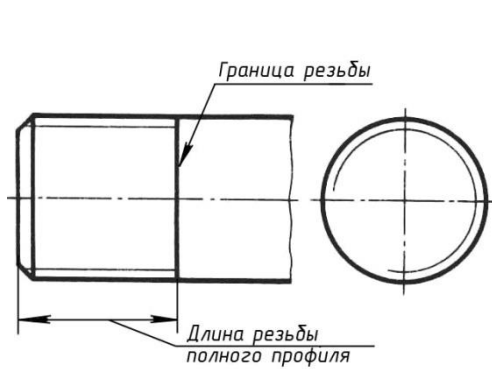


Рис.72

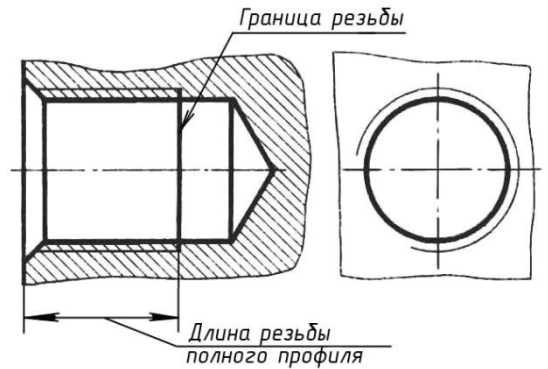


Рис.73

При выполнении изображения резьбового соединения двух деталей необходимо соблюдать следующие правила (рис. 74):

- приоритетной в изображении является деталь с наружной резьбой (вычерчивается полностью, закрывая резьбу в отверстии);
- штриховка соединяемых деталей выполняется в противоположные стороны или с разным расстоянием между линиями штриховки.

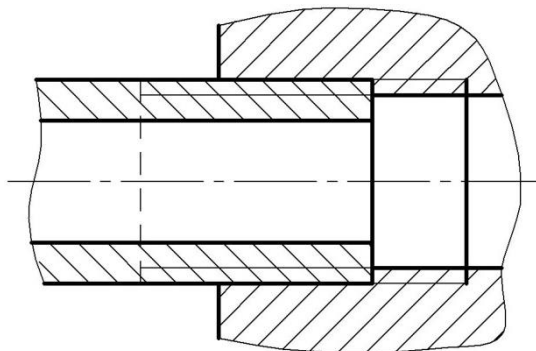


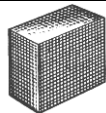


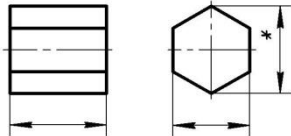
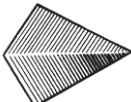
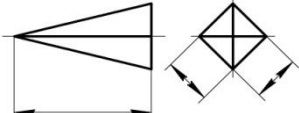


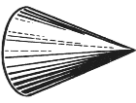
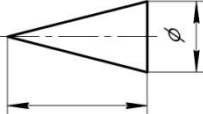

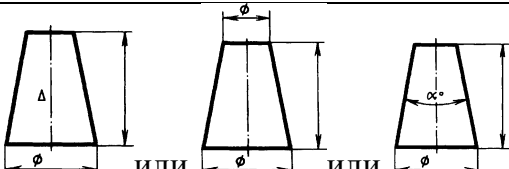



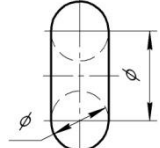
Рис. 74

## **Лекция 12. Рабочий чертеж и эскиз детали. Элементы геометрии деталей**

При выполнении эскиза (чертежа) детали первоначальным этапом является мысленное разбиение наружного (внутреннего) контура детали на простые геометрические тела: цилиндр, конус, шар, тор, призма, пирамида и т. д. Эти геометрические элементы могут быть срезаны плоскостями, пересекаться друг с другом.

Грамотное разбиение детали на простые геометрические формы позволит выбрать оптимальное количество изображений и главное изображение на чертеже (эскизе).

Наименьшее количество изображений для основных геометрических форм, главное изображение (предпочтительное изображение формы на чертеже) и количество размеров, необходимых для описания геометрической формы, приведены в табл. 4.

Призма		
Призма		
Пирамида		
Цилиндр		
Конус		
Усеченный конус		
Сфера		
Тор		

*Элементом детали* называется часть детали, имеющая определенное назначение.

Многие детали в своей конструкции имеют однородные элементы. Правила вычерчивания и размеривания этих элементов однотипны и зависят от геометрических форм, их образующих, а также режущего инструмента, используемого для обработки этих элементов. Рассмотрим некоторые из них.

**Буртик** - кольцевое утолщение вала или оси, выполняемое для упора в него насаживаемых деталей (рис.75).

**Лыска** - плоский срез на поверхности вращения для предотвращения проворачивания детали при сборке или для обеспечения перемещения, поворота детали (рис.76,77).

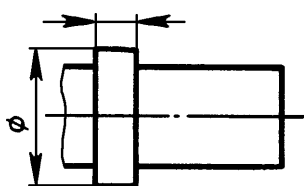


Рис.75

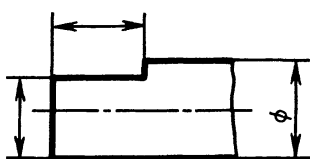


Рис.76

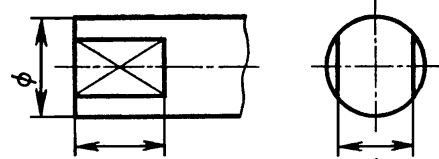


Рис.77

**Паз** - прорезь в виде канавки на головках винтов для отверток (рис.78).

**Отверстие продолговатое** - для размещения стержней крепежных деталей в корпусах и плитах, имеющих установочное перемещение (рис.79).

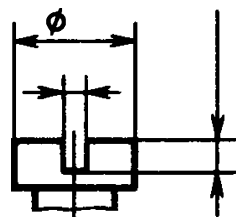


Рис.78

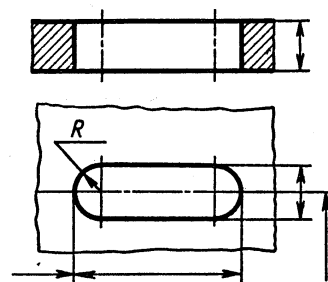


Рис.79

**Фаска** - скошенный край у торцов стержней или отверстий для притупления острых кромок и облегчения надевания или навинчивания (рис.80).

**Зенковка** - углубление конической формы под потайную головку винта, шурупа (рис.81).

**Цековка** - углубление цилиндрической формы для размещения головки винта (рис.82).

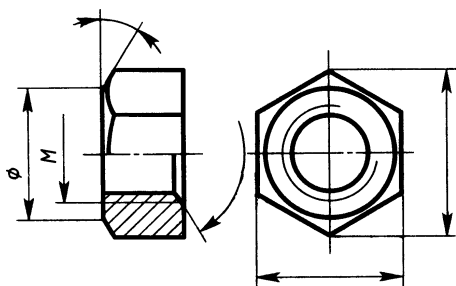


Рис.80

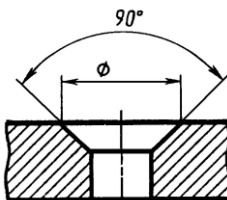


Рис.81

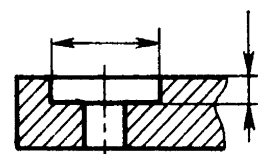


Рис.82

**Отверстие глухое** - для запрессовки штифтов, цилиндрических стержней, под концы установочных винтов (рис.83).

**Ребро жесткости** - тонкостенный элемент для увеличения жесткости конструкции (рис.84).

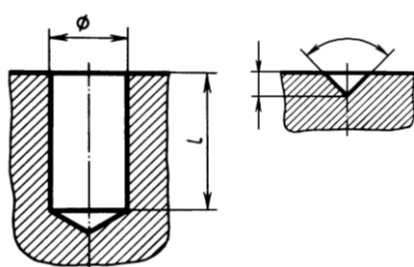


Рис.83

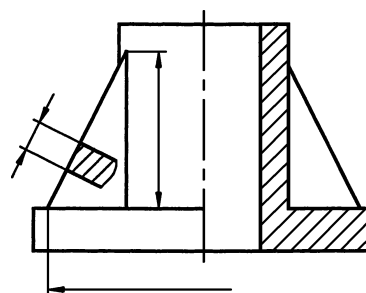


Рис.84

### **Лекция 13. Порядок выполнения чертежа (эскиза) детали**

Эскизные конструкторские документы широко применяют при решении вопросов организации производства, изобретательства, в конструкторской деятельности. Поэтому эскиз должен уметь выполнять инженер любой специальности.

Эскизы деталей, как правило, выполняются в следующих случаях:

- при разработке конструкции новой детали;
- при составлении рабочего чертежа имеющейся детали;

– при выполнении чертежа с использованием средств компьютерной графики (применение графических редакторов);

– для изготовления детали по самому эскизу в опытном производстве, при ремонте и в других случаях.

Эскизы выполняются от руки без применения чертежных инструментов, в глазомерном масштабе, сохраняя приблизительную пропорциональность между элементами детали и соблюдая все требования стандартов ЕСКД.

#### Порядок выполнения эскиза детали

##### I этап. Аналитический

1. Осмотр детали.

1.1. Выяснить наименование детали.

1.2. Определить материал, из которого изготовлена деталь.

1.3. Выявить и определить наружные и внутренние формы детали и способ их изготовления (обработки).

1.4. Выявить и определить конструктивные и технологические элементы детали, соотнести со стандартными элементами

2. Выбор количества изображений. Изображений должно быть минимальное количество, но достаточное для определения форм и размеров детали (как наружных, так и внутренних).

3. Выбор главного изображения. Главное изображение должно нести максимальную информацию о формах (наружных и внутренних) и размерах детали.

##### II этап. Практический.

1. Выбор формата чертежа (ГОСТ 2.301–68).

2. Оформление формата: рамка чертежа, основная надпись (форма 1, ГОСТ 2.104–2006).

3. Компоновка чертежа – равномерное расположение на поле чертежа изображений в глазомерном масштабе. Изображения должны занимать 70...75 % рабочего поля чертежа.

4. Выполнение осевых и центровых линий (ГОСТ 2.303–68).

5. Выполнение изображений детали (ГОСТ 2.305–2008).

5.1. Очертить наружные формы детали с соблюдением пропорций, т. е. выполнить виды.

5.2. Очертить внутренние формы детали с соблюдением пропорций, т. е. выполнить разрезы, сечения.

5.3. Оформить изображения конструктивных (стандартных), технологических и типовых элементов детали (фаски, проточки, недорезы, пазы и т. п.).

5.4. Увеличить мелкие элементы детали, недостаточно четко читающиеся на изображениях, т. е. оформить выносные элементы.

6. Нанесение размеров на чертеже (ГОСТ 2.307–2011).

6.1. Назначить размеры: выполнить выносные и размерные линии.

6.2. Выполнить обмер и проставить размерные числа.

7. Выполнение текстовых надписей на чертеже (ГОСТ 2.316–2008).

8. Заполнение основной надписи (ГОСТ 2.104–2006).

9. Проверка чертежа (по всем пунктам, перечисленным выше).

10. Обводка чертежа.



(Далее на примере простой детали рассматривается пример выполнения эскиза)

Качество каждого производственного чертежа оценивается по тому, насколько он соответствует требованиям производства. Основные требования к рабочим чертежам деталей изложены в ГОСТ 2.109–73. Назначение чертежа детали как производственного документа, по которому детали изготавливают, налагает на конструктора большую ответственность. От того как составлен и оформлен чертеж, во многом зависит быстрота и безошибочность его чтения.

Общие требования производства к чертежу детали, например точеной, литой, гнутой, листовой и т. д., заключается в следующем:

– на чертеже деталь должна быть изображена в минимальном, но достаточном для уяснения формы количестве изображений (видов, разрезов, сечений), с применением только таких условных изображений, которые установлены стандартами;

– на чертеже должны быть нанесены геометрически полно и технологически правильно все необходимые размеры;

– на чертеже должны содержаться необходимые технические требования, отражающие особенности детали: материал, термообработку, предельные отклонения размеров, геометрической формы и расположения поверхностей.

Таким образом, первое основное требование относится к **форме** детали, второе связано с **простановкой и нанесением** размеров, третье относится к **техническим требованиям**.

(Далее рассматриваются различия в порядке выполнения рабочего чертежа детали и эскиза детали.)

#### Порядок выполнения чертежа детали

I э т а п. А н а л и т и ч е с к и й (обдумывание содержания чертежа)

1. Анализ исходных данных (осмотр готовой детали или чтение чертежа общего вида).

1.1. Выяснить наименование детали и материал, из которого она изготовлена.

1.2. Определить способ изготовления детали (литье, штамповка, обработка заготовки резанием и т. д.).

1.3. Выявить и определить наружные и внутренние формы детали и способ их изготовления (обработки).

1.4. Выявить и определить конструктивные и технологические элементы детали, соотнести со стандартными элементами.

2. Выбор количества изображений.

3. Выбор главного изображения.

II э т а п. П р а к т и ч е с к и й (выполнение чертежа)

1. Выбор формата чертежа (ГОСТ 2.301–68).

2. Оформление формата: рамка чертежа, основная надпись (форма 1, ГОСТ 2.104–2006).

3. Компонка чертежа – равномерное расположение на поле чертежа изображений в соответствии с выбранным масштабом (ГОСТ 2.302–68).

4. Выполнение осевых и центровых линий (ГОСТ 2.303–68).

5. Выполнение изображений детали (ГОСТ 2.305–2008).
  - 5.1. Очертить наружные формы детали по размерам в соответствии с выбранным масштабом, т. е. выполнить виды.
  - 5.2. Очертить внутренние формы детали по размерам в соответствии с выбранным масштабом, т. е. выполнить разрезы, сечения.
  - 5.3. Оформить изображения конструктивных (стандартных), технологических и типовых элементов детали (фаски, проточки, недорезы, пазы и т. п.).
  - 5.4. Увеличить мелкие элементы детали, недостаточно четко читающиеся на изображениях, т. е. оформить выносные элементы.
6. Нанесение размеров на чертеже (ГОСТ 2.307–2011).
  - 6.1. Назначить размеры – выполнить выносные и размерные линии.
  - 6.2. Проставить размерные числа.
7. Выполнение текстовых надписей на чертеже (ГОСТ 2.316–2008).
8. Заполнение основной надписи (ГОСТ 2.104–2006).
9. Проверка чертежа (по всем пунктам, перечисленным выше).
10. Обводка чертежа.

#### **Лекция 14. Стандартные элементы деталей**

Формы многих деталей имеют общие элементы (например, фаски, конусы, шпоночные пазы, канавки и т. д.). Подобные элементы имеют стандартные формы и размеры. Для них также характерны стандартные изображения и нанесение размеров. Многие из этих элементов на рабочих чертежах деталей изображаются упрощенно или условно.

**Ф а с к и** часто используются в различных конструктивных элементах для упрощения последующего монтажа и уменьшения опасности ранения острыми кромками деталей. Угол скоса фаски выбирается исходя из конструктивных целей, но зачастую устанавливается равным  $45^\circ$  к базовому элементу детали (рис. 85).

Фаски служат для обеспечения упрощения сборки деталей в момент входа стержня в соответствующее отверстие (гнездо).

Нанесение на чертеж размеров фасок, выполненных под углом  $45^\circ$ , показано на рис. 85; фасок, выполненных под углом, отличным от  $45^\circ$ , показано на рис. 86.

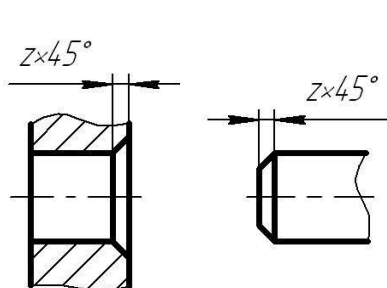


Рис. 85

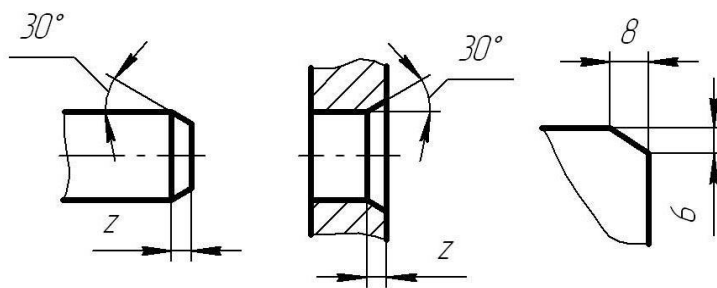


Рис. 86

**З а к р у г л е н и я** внутренних или внешних углов деталей осуществляются для защиты от механических повреждений путем более равномерного распределения напряжений на них (рис. 87).

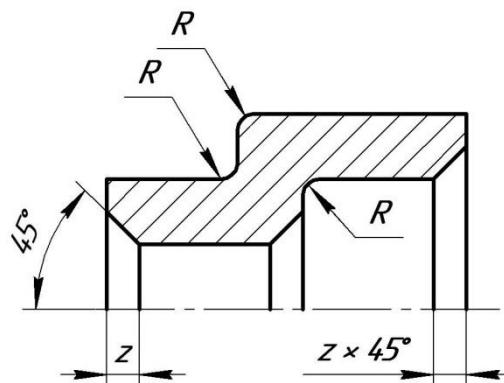


Рис. 87

Конические поверхности на деталях применяются для обеспечения герметичного соединения и заданного взаимного расположения деталей (соосности отверстия и стержня). ГОСТ 8593–81 устанавливает рекомендуемые величины конусности.

Конусность  $K$  определяется как отношение разности диаметров  $D$  и  $d$  двух поперечных сечений конуса (рис. 88) к расстоянию между ними:

$$K = \frac{D - d}{l}$$

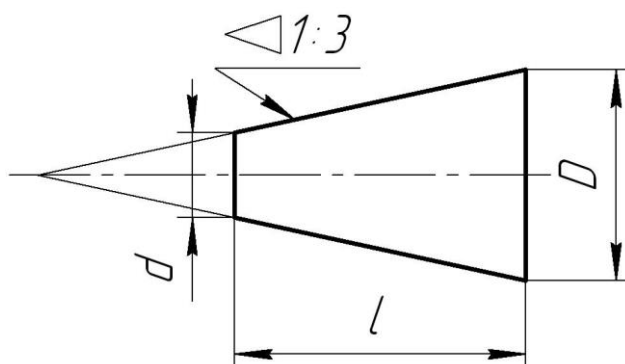


Рис. 88

На чертеж перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят знак « $\triangleleft$ », острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса (рис. 88, 89).

Знак конуса и конусность в виде соотношения следует наносить над осевой линией или на полке линии-выноски (полка должна быть параллельна оси).

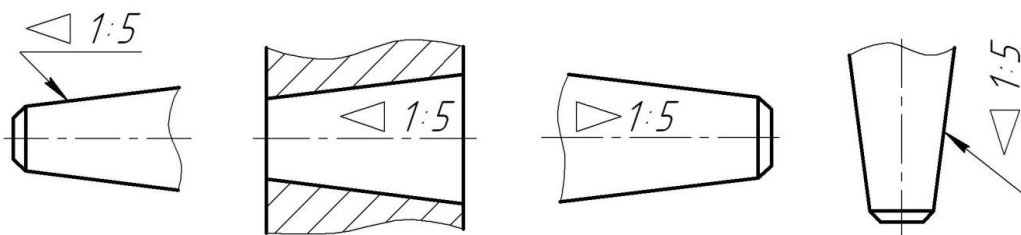


Рис. 89

К а н а в к и (проточки) выполняются на цилиндрических или конических поверхностях деталей для выхода режущего инструмента (резца, шлифовального круга и др.) или для установки колец различного назначения.

Форма и размеры канавок регламентированы ГОСТ 8820–69. Определяющим размером служит диаметр вала или отверстия. В зависимости от диаметра вала или отверстия определяются ширина и диаметр канавки и величины радиусов скруглений. Форма и размеры проточек и фасок под резьбу регламентированы ГОСТ 10549–80 и ГОСТ 27148–86. Определяющим размером служит шаг резьбы.

Упрощенное изображение канавок на видах и разрезах дополняется выносным элементом в увеличенном масштабе (рис. 90).

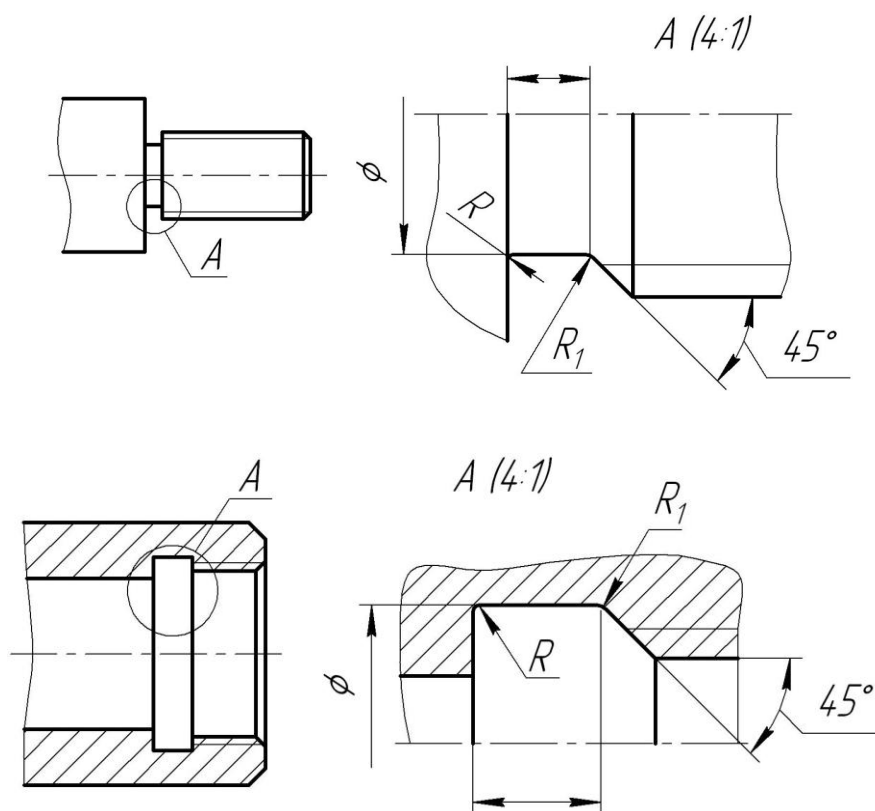
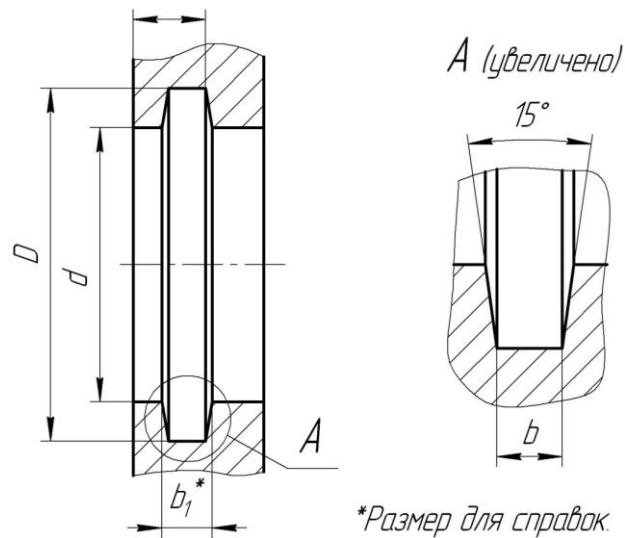


Рис. 90

### **Лекция 15. Стандартные элементы деталей**

К а н а в к и под уплотнительные кольца (рис.91) используются для установки войлочных или фетровых колец, уплотняющих место выхода вращающейся детали (например, место выхода вала из корпуса редуктора).



\*Размер для справок.

Рис. 91

Р и ф л е н и я выполняются на поверхностях деталей либо для направления при напрессовывании (рифление прямое, рис. 92а), либо для того, чтобы деталь не проскальзывала в руках при вращении (рифление сетчатое, рис. 92б).

Условное изображение и обозначение рифления на чертежах выполняется в соответствии с ГОСТ 21474–75 (рис. 92в).

Риски изображаются примерно на 1/3 диаметра поверхности по всей длине рифления. Обозначение рифления выполняется в две строки и состоит из наименования типа рифления, цифры, указывающей величину интервала между рисками, и номера стандарта.

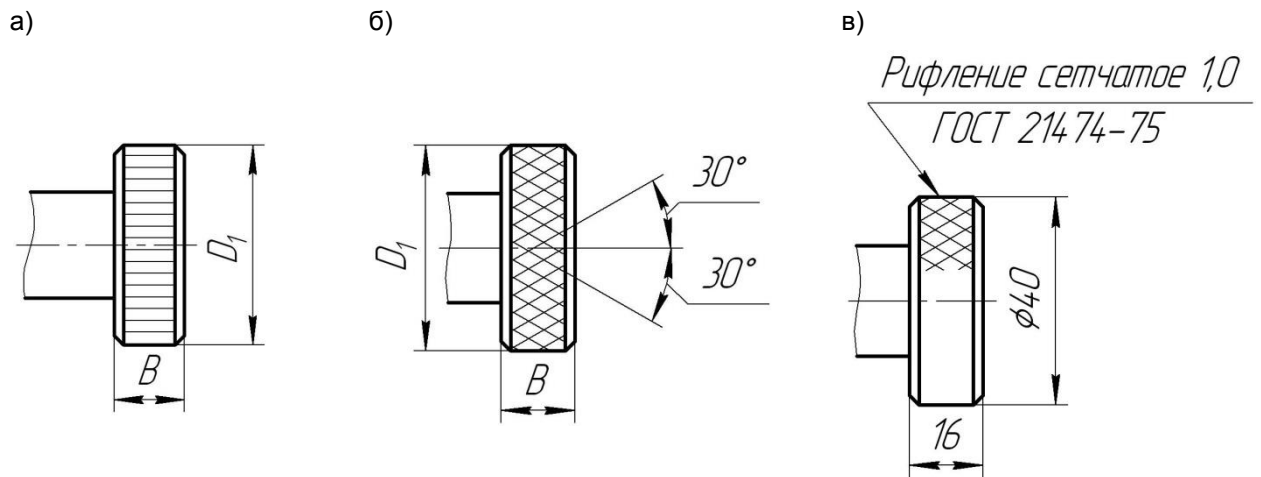


Рис. 92

Ш п о н о ч н ы е п а з ы выполняют всегда в двух сопряженных деталях – вале и втулке. В пазы устанавливают шпонку, передающую крутящий момент от вала к втулке или наоборот.

Формы и размеры шпоночных пазов установлены следующими стандартами:

- ГОСТ 23360–78 для пазов под призматические шпонки (рис. 93);
- ГОСТ 24071–97 для пазов под сегментные шпонки (рис. 94);

– ГОСТ 24068–80 для пазов под клиновые шпонки (рис. 95).

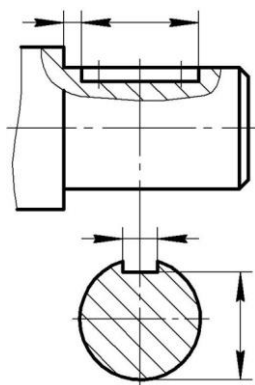


Рис.92

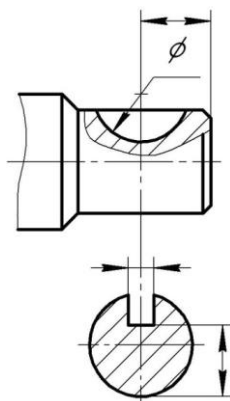


Рис.94

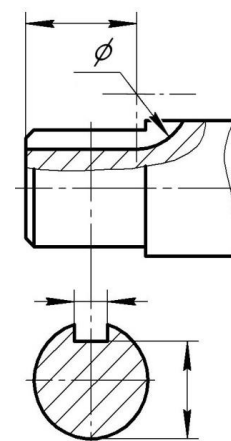


Рис.95

При обработке на токарном станке вал устанавливают в центрах. Для удобства центрирования на обоих торцах вала выполняются центровые отверстия различных типов и размеров.

Если в окончательно изготовленном изделии должны быть центровые отверстия, выполняемые по ГОСТ 14034–74, то их отмечают на чертеже знаком « $\sphericalangle$ » с указанием обозначения по ГОСТ 14034–74 на полке линии-выноски. Пример условного обозначения центрального отверстия типа А (с одним конусом) с величиной диаметра цилиндрического отверстия 3,5 мм показан на рис. 96.

В тех случаях, когда центровые отверстия не имеют функционального назначения, их можно не изображать на чертеже.

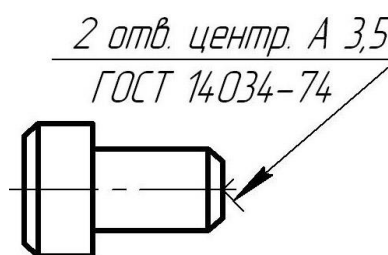


Рис. 96

## **Лекция 16. Конструкторская документация на сборочную единицу**

Основной конструкторский документ на сборочную единицу - с п е ц и ф и к а ц и я

С п е ц и ф и к а ц и я – это текстовый документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса и комплекта и необходимый для их изготовления и комплектования конструкторских документов. Спецификация составляется на отдельных листах формата А4 на каждое изделие. По ГОСТ 2.104–2006 определяется форма основной надписи (форма 2 и 2а для первого и последующих листов соответственно).

ГОСТ 2.106–96 устанавливает форму и порядок заполнения спецификаций на изделия всех отраслей промышленности.

В спецификацию вносятся составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям.

Спецификации в общем случае состоят из разделов, которые располагают в следующей последовательности:

- документация;
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы;
- комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Наименование каждого раздела указывается в виде заголовка в графе «*Наименование*» и подчеркивается (рис. 97).

	<i>Наименование</i>	
	<i>Документация</i>	
	<i>Пояснительная записка</i>	
	<i>Схема деления</i>	
	<i>структурная</i>	
	<i>Сборочный чертеж</i>	

Рис. 97

В раздел «**Документация**» вносятся документы, составляющие основной комплект конструкторских документов специфицируемого изделия, кроме его спецификации.

В разделы «**Комплексы**», «**Сборочные единицы**» и «**Детали**» вносятся комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись указанных изделий производится в порядке возрастания цифр кодового обозначения изделий в соответствии с классификатором ЕСКД.

В разделе «**Стандартные изделия**» записываются изделия, примененные по:

- государственным стандартам;
- отраслевым стандартам;
- республиканским стандартам;
- стандартам предприятий.

В пределах каждой категории стандартов запись производится по однородным группам, в пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименований изделий, в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов, а в пределах каждого обозначения стандарта – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В раздел **«Материалы»** вносятся все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие.

**Графы спецификации** заполняются следующим образом:

а) в графе *«Формат»* указываются форматы документов, обозначения которых записываются в графе *«Обозначение»*;

– для документов, записанных в разделы *«Стандартные изделия»*, *«Прочие изделия»* и *«Материалы»*, графа не заполняется;

– для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе указывается «БЧ»;

б) в графе *«Поз.»* указываются порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие, в последовательности записи их в спецификации;

в) в графе *«Обозначение»* указываются:

– в разделе *«Документация»* – обозначения записываемых документов;

– в разделах *«Комплексы»*, *«Сборочные единицы»*, *«Детали»* и *«Комплекты»* – обозначения основных конструкторских документов на записываемые в эти разделы изделия;

– в разделах *«Стандартные изделия»*, *«Прочие изделия»* и *«Материалы»* графа не заполняется;

г) в графе *«Наименование»* указываются:

– в разделе *«Документация»* – только наименования документов, например, *«Сборочный чертеж»*, *«Схема деления структурная»*;

– в разделах спецификации *«Комплексы»*, *«Сборочные единицы»*, *«Детали»*, *«Комплекты»* – наименования изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий;

– для деталей, на которые не выпущены чертежи, указываются наименование и материал, а также размеры, необходимые для их изготовления;

– в разделе *«Стандартные изделия»* – наименования и обозначения изделий в соответствии со стандартами на эти изделия;

– в разделе *«Материалы»* – обозначения материалов, установленные в стандартах на эти материалы;

д) в графе *«Кол.»* указываются:

– для составных частей изделия, записываемых в спецификацию, - количество их на одно специфицируемое изделие;

– в разделе *«Материалы»* – общее количество материалов на одно специфицируемое изделие с указанием единиц измерения;

– в разделе *«Документация»* графа не заполняется.

**После каждого раздела** спецификации следует оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей.

## **Лекция 17. Сборочный чертеж**

Правила выполнения сборочных чертежей (СБ) определяет ГОСТ 2.109–73.

**Сборочный чертеж** должен содержать:

– изображения сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу и обеспечивающих возможность осуществления



сборки и контроля сборочной единицы; изделие на сборочном чертеже должно быть изображено в рабочем положении;

- указания о характере сопряжения и методах его осуществления, а также указания о способе выполнения неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- основные характеристики изделия;
- размеры и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу;
- габаритные размеры изделия;
- установочные и присоединительные размеры, а также необходимые справочные размеры.

**На сборочном чертеже допускается изображать:**

- перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами;
- пограничные (соседние) изделия («обстановку») и размеры, определяющие их взаимное расположение;

**Сборочные чертежи допускается выполнять с упрощениями.** На сборочных чертежах допускается **не показывать:**

- фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплетки и другие мелкие элементы;
- зазоры между стержнем и отверстием;
- крышки, щиты, кожухи, перегородки и т.п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. Над изображением выполняется соответствующая надпись: «Крышка поз.3 не показана»;
- надписи на табличках, фирменных планках, шкалах;
- изделия, изготовленные из прозрачного материала, изображаются как непрозрачные;
- пружины изображаются не полностью, по 2-3 витка с каждого конца; изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображенной лишь сечениями витков, изображаются до зоны, условно закрывающей эти изделия и определяемой осевыми линиями сечений витков;
- допускается изображать одно из нескольких одинаковых отверстий, пазов и других элементов, если они расположены равномерно; для всех остальных указывается только их расположение;
- на разрезах изображаются нерассеченными составные части изделий, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи;
- сварное, паяное, клеёное и тому подобное изделие из однородного материала в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуется как монолитное тело (в одну сторону), при этом границы между деталями сварного изделия изображаются сплошными основными линиями.

**На учебных сборочных чертежах не рекомендуется использовать допустимые упрощения!**

**В продольных разрезах показываются нерассеченными:**

- стандартные крепежные детали (болты, винты, шпильки, гайки, шайбы, штифты, шпонки, шарики и др.);
- такие детали, как непустотелые валы, шпиндели, шатуны, рукоятки и т. п.;
- ребра жесткости, спицы маховиков, зубья шестерен и червяков.

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруются в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации. Номера позиций указываются на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей, на тех изображениях, на которых соответствующие составные части проецируются как видимые, как правило, на основных видах и заменяющих их разрезах.

Номера позиций располагаются параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируются в колонку или строчку по возможности на одной линии.

Размер шрифта номеров позиций должен быть на один – два размера больше, чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже.

### **Последовательность выполнения сборочного чертежа**

1. Проверяют правильность выполнения эскизов всех нестандартных деталей, входящих в состав сборочной единицы.

2. Выбирают необходимое и достаточное количество изображений, с тем, чтобы на сборочном чертеже была полностью раскрыта внешняя и внутренняя форма изделия.

3. В зависимости от сложности изделия и его габаритных размеров устанавливают масштаб чертежа (ГОСТ 2.302-68) и выбирают формат бумаги (ГОСТ 2.301-68). Выполняют рамку чертежа и резервируют место под основную надпись.

4. Производят компоновку листа: намечают габаритные прямоугольники для размещения изображений и проводят оси симметрии.

5. Наносят контуры основной (корпусной) детали изделия. Вычерчивание рекомендуется вести одновременно на всех принятых основных изображениях изделия.

6. Вычерчивают остальные детали, причем в той последовательности, в которой собирают изделие.

7. Проверяют выполненные изображения, наносят необходимые размеры.

8. Наносят номера позиций в соответствии со спецификацией изделия.

9. Над основной надписью указывают технические требования, заполняют основную надпись.

10. Производят обводку чертежа.

## **Лекция 18. Чтение и детализирование чертежа общего вида**

### Чертеж общего вида

Чертеж общего вида должен содержать изображение изделий с их видами, разрезами, сечениями, а также текстовую часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия, а также данные о составе изделия.

### **Последовательность чтения чертежа общего вида**

1. Прочитать основную надпись, технические требования и описание сборочной единицы, установив ее назначение.

2. По спецификации определить состав изделия: наличие или отсутствие в нем сборочных единиц, деталей, стандартных изделий и др.

3. Прочитать все изображения, определить их наименование, назначение, взаимосвязь в соответствии с ГОСТ 2.305-2008. Указать все условности и упрощения на выполненных изображениях (по ГОСТ 2.109-68).

4. Установив рабочее положение изделия, разобрать принцип его действия. Определить перемещающиеся части, указав величины перемещений.

5. Найти каждую деталь на изображениях сборочной единицы, определив способы соединения деталей.

6. Определить порядок сборки-разборки изделия.

7. Мысленно разделить каждую деталь на составляющие элементы (определить геометрическую форму), установив функции каждого элемента. Определить главное изображение каждой детали и количество изображений, необходимое для выполнения на чертеже детали.

8. Установить назначение размеров, нанесенных на чертеже.

#### Деталирование чертежа общего вида

*Деталирование* – это выполнение чертежей отдельных деталей по чертежу общего вида.

#### **Порядок деталирования**

1. В зависимости от объема и сложности чертежей, студенты выбирают форматы и масштабы изображений, производят компоновку листа.

2. Поняв конструкцию заданной детали, выбрав главное ее изображение и необходимое количество изображений, вычерчивают эти изображения в выбранном масштабе.

По возможности масштаб чертежа детали рекомендуется брать таким же, как и масштаб чертежа общего вида. В этом случае удобнее строить изображения и наносить размеры детали. Следует помнить, что главное изображение детали не всегда соответствует ее положению на главном виде сборочной единицы, а определяется конструкцией этой детали. На чертежах деталей не допускаются упрощения, применяемые на чертежах сборочных единиц.

3. Нанести выносные и размерные линии для всех групп размеров: а) определяющих геометрическую форму элементов детали; б) расположение элементов детали относительно "баз"; в) габаритных размеров.

4. Нанести действительные размеры детали, измерив их по чертежу сборочной единицы, учитывая масштабы изображений.

5. Указать в основной надписи наименование и материал детали, заполнить необходимые графы основной надписи.

(Далее по предлагаемому чертежу или плакату осуществить чтение чертежа общего вида и рассмотреть пример выполнения рабочего чертежа одной из деталей изделия.)