

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Начертательная геометрия и инженерная графика

**Направление подготовки (специальность) 35.03.06 «Агроинженерия»**

**Профиль образовательной программы Технический сервис в АПК**

**Форма обучения заочная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция № 1 Проецирование точки и прямой .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лекция № 2 Плоскость .....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Лекция № 3 Способ замены плоскостей проекций и вращения .....</b>	<b>24</b>
<b>1.4 Лекция № 4 ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды, разрезы, сечения .....</b>	<b>31</b>
<b>1.5 Лекция № 5 ГОСТ 2.311-68 Изображение резьбы .....</b>	<b>36</b>
<b>2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ .....</b>	<b>41</b>
<b>2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Методы проецирования .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Плоскость .....</b>	<b>44</b>
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Пересечение плоскостей .....</b>	<b>46</b>
<b>2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Способ замены плоскостей проекций и вращения .....</b>	<b>48</b>
<b>2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 Проецирование гранных тел и тел вращения .....</b>	<b>50</b>
<b>2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды, разрезы, сечения.....</b>	<b>54</b>
<b>2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 Шпилечные соединения .....</b>	<b>64</b>

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1.1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Проецирование точки и прямой»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Метод параллельного прямоугольного проецирования.
2. Проецирование точки на две и три плоскости проекций.
3. Прямые общего и частного положения.
4. Особые случаи положения прямых линий в пространстве.
5. Взаимное положение прямой и точки в пространстве.
6. Взаимное положение прямых линий в пространстве.
7. Следы прямой линии и угол наклона прямой к плоскостям проекций.
8. Натуральная величина отрезка (метод прямоугольного треугольника).

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1 Метод параллельного прямоугольного проецирования.

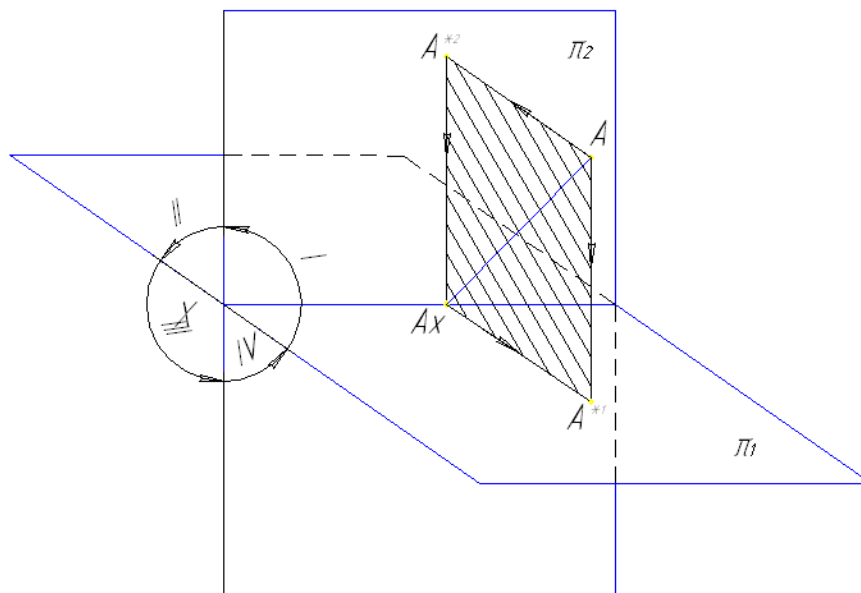
Прямоугольное или ортогональное проецирование является частным случаем параллельного проецирования, при котором проецирующие прямые перпендикулярны плоскости проекций. Соответственно, прямоугольной или ортогональной проекцией точки называют точку пересечения ортогональной проецирующей прямой с плоскостью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

Кроме свойств параллельных косоугольных проекций ортогональные проекции имеют следующее свойство:

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

#### 2 Проецирование точки на две и три плоскости проекций.

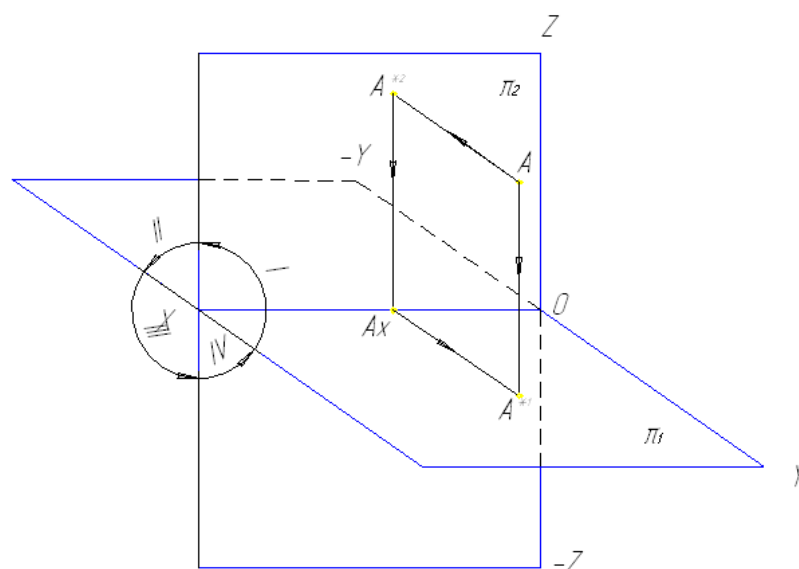
Для удобства проецирования в качестве двух плоскостей проекций выбирают две взаимно перпендикулярные плоскости. Одну из них располагают горизонтально (*горизонтальная плоскость проекций  $\pi_1$* ), другую – вертикально (*фронтальная плоскость проекций  $\pi_2$* ). Линия пересечения этих плоскостей называется *осью проекций* и обозначается буквой **X** или комбинацией букв  $\pi_2/\pi_1$ .



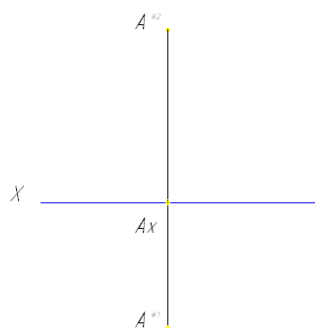
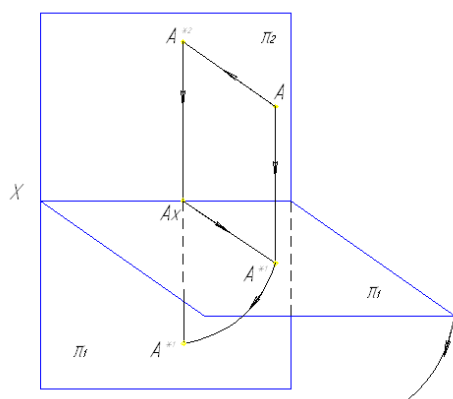
Пересекаясь, плоскости проекций образуют *четыре двугранных угла* или *четыре четверти: I, II, III, IV*.

Определим проекции точки  $A$ . Для этого из точки  $A$  проведем перпендикуляры к плоскостям  $\pi_2$  и  $\pi_1$ . В точках пересечения перпендикуляров и плоскостей получим горизонтальную проекцию точки  $A'$  и фронтальную проекцию точки  $A''$ . Проецирующие прямые  $AA'$  и  $AA''$  определяют плоскость, перпендикулярную к плоскостям проекций и к оси проекций. Эта плоскость в пересечении с плоскостями  $\pi_2$  и  $\pi_1$  образует две взаимно перпендикулярные прямые  $A'A_x$  и  $A''A_x$ , которые пересекаются в точке  $A_x$  на оси проекций. Следовательно, проекции точки расположены на прямых, перпендикулярных к оси проекций и пересекающих эту ось в одной и той же точке. Отрезки  $AA'$  и  $AA''$  определяют расстояние от точки  $A$  соответственно до горизонтальной и фронтальной плоскости проекций. Совместив горизонтальную плоскость проекций с фронтальной (повернув ее на угол  $90^\circ$  вниз вокруг оси проекций), получим чертеж, который носит название «эпюр Монже».

Эпюр обеспечивает точность и удобоизмеримость изображений, хотя и утрачивается пространственная картина расположения форм. Кроме того, две прямоугольные проекции точки вполне определяют ее пространственное положение.



В зависимости от расположения точки в той или иной четверти знаки перед ее координатами будут отличаться.

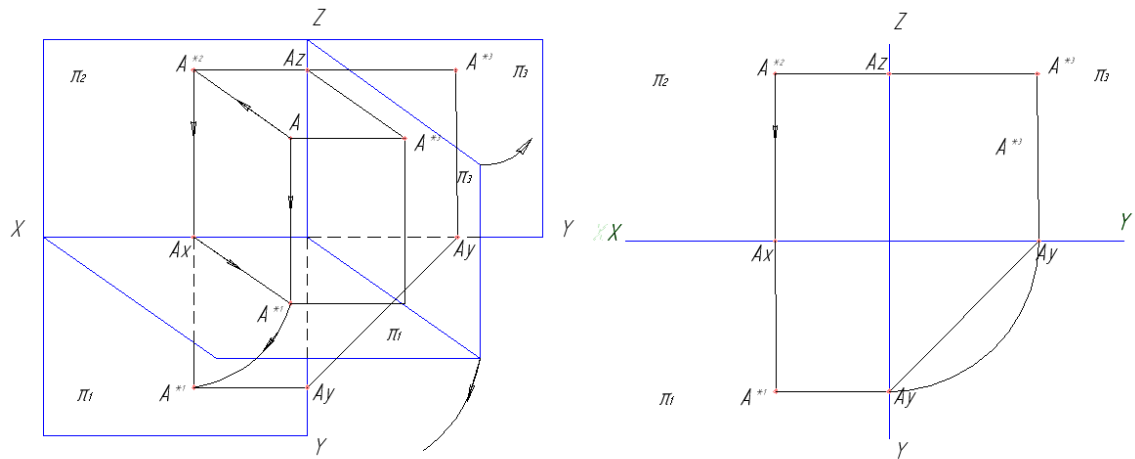


Четверть	X	Y	Z
I	$\pm$	+	+
II	$\pm$	-	+
III	$\pm$	-	-
IV	$\pm$	+	-

Для полного выявления наружных и внутренних форм сложных деталей необходимо три и более изображений. В этих случаях вводят три и более плоскостей.

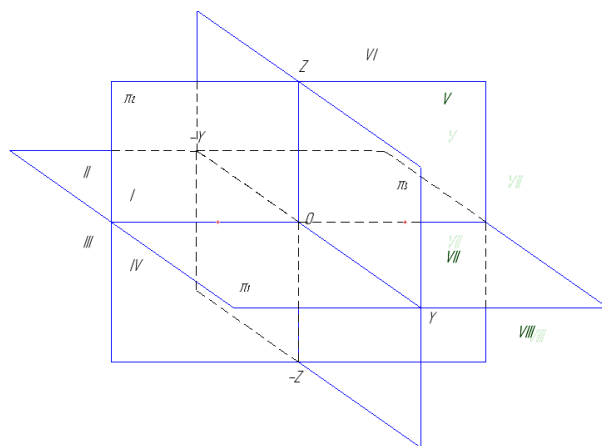
Рассмотрим введение в систему плоскостей  $\pi_2, \pi_1$  еще одной плоскости проекций  $\pi_3$ , которую принято называть *профильной*. Профильная плоскость перпендикулярна плоскостям  $\pi_2$  и  $\pi_1$ . Линия пересечения профильной и горизонтальной плоскости образуют

ось проекций  $y$ , профильной и фронтальной плоскости – ось проекций  $z$ . Схема совмещения плоскостей показана на рисунке.



Следует отметить, что горизонтальная и фронтальная проекции точки расположены на одной вертикали, а фронтальная и профильная проекции – на одной горизонтали. Профильная проекция точки стоит по горизонтальной и фронтальной. Расстояния от точки до плоскостей проекций определяется соответствующими отрезками на чертеже: до горизонтальной плоскости – отрезком  $A''Ax$  или  $A'''Ay$ ; до фронтальной плоскости проекций – отрезком  $A'Ax$  или  $A'''Az$ ; до профильной плоскости проекций – отрезком  $A''Az$  или  $A'Ay$ .

Три взаимно перпендикулярные плоскости проекций пересекаясь образуют восемь трехгранных углов – *восемь октантов*. Нумерация октантов представлена на рисунке.



### 3. Прямые общего и частного положения.

Предположим, что даны точки  $A$  и  $B$  в пространстве, через которые проходит прямая и притом только одна. Найдем проекции этих точек на горизонтальную ( $A'$ ,  $B'$ ) и фронтальную ( $A''$ ,  $B''$ ) плоскости проекций.

Соединив соответствующие проекции прямой линией, получим горизонтальную и фронтальную проекции прямой  $AB$ .

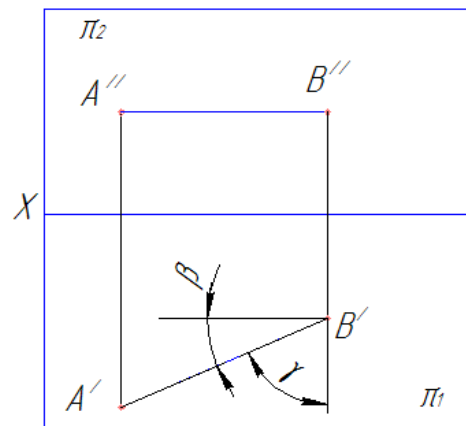
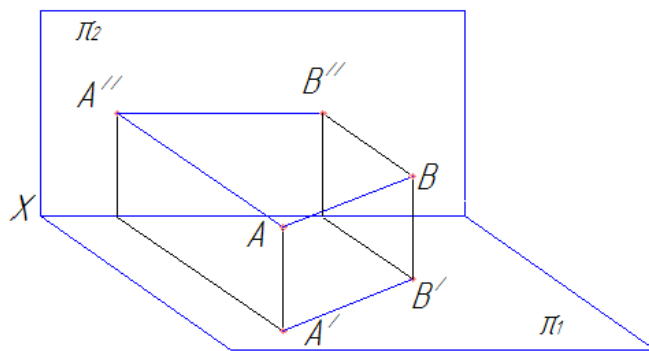
С другой стороны, прямая  $AB$  имеет множество точек, через которые проходит множество проецирующих прямых. Эти прямые образуют проецирующие плоскости, перпендикулярные горизонтальной и фронтальной плоскости. Линией пересечения двух плоскостей является прямая линия, которая и будет проекцией прямой  $AB$ .

Относительно плоскостей проекций прямая может занимать следующие положения:

- 1) *прямая не параллельна ни одной из плоскостей проекций – прямая общего положения;*
- 2) *прямая параллельна одной из плоскостей проекций (прямая может принадлежать этой плоскости) – прямая частного положения;*
- 3) *прямая параллельна двум плоскостям проекций, т. е. перпендикулярна третьей – прямая частного положения.*

Если прямая параллельна горизонтальной плоскости проекций, ее называют *горизонтальной прямой*.

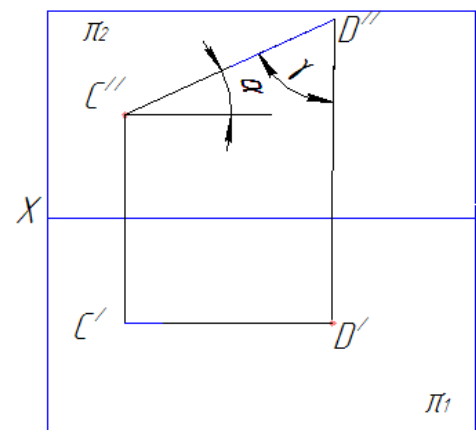
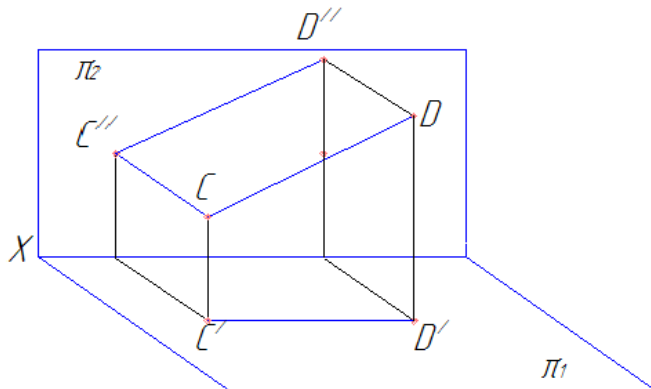
Ее фронтальная  $A''B''$  проекция параллельна оси  $X$ ; длина горизонтальной проекции



отрезка  $A'B'$  равна длине самого отрезка  $AB$  (*натуральная величина*); угол  $\beta$  наклона горизонтальной проекции к оси  $X$  равен углу наклона прямой к фронтальной плоскости проекций; угол  $\gamma$  наклона горизонтальной проекции к оси  $Y$  равен углу наклона прямой к профильной плоскости проекций

Если прямая параллельна фронтальной плоскости проекций, ее называют *фронтальной прямой*.

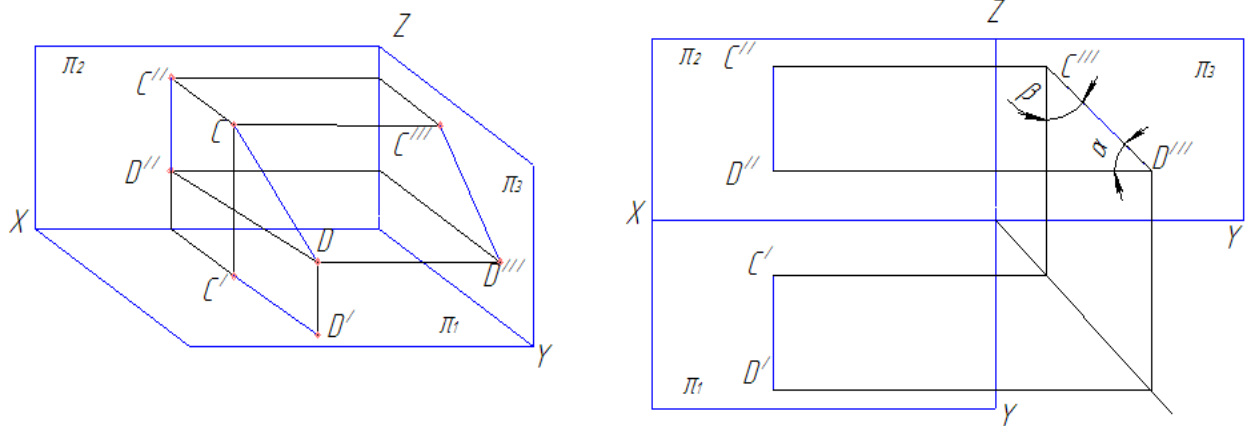
Ее горизонтальная проекция параллельна оси  $X$ ; длина фронтальной проекции отрезка  $C''D''$



равна длине самого отрезка  $CD$ ; угол наклона  $\alpha$  наклона фронтальной проекции к оси  $X$  равен углу наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций; угол  $\gamma$  наклона горизонтальной проекции к оси  $Z$  равен углу наклона прямой к профильной плоскости проекций

Если прямая параллельна профильной плоскости проекций, ее называют *профильной прямой*.

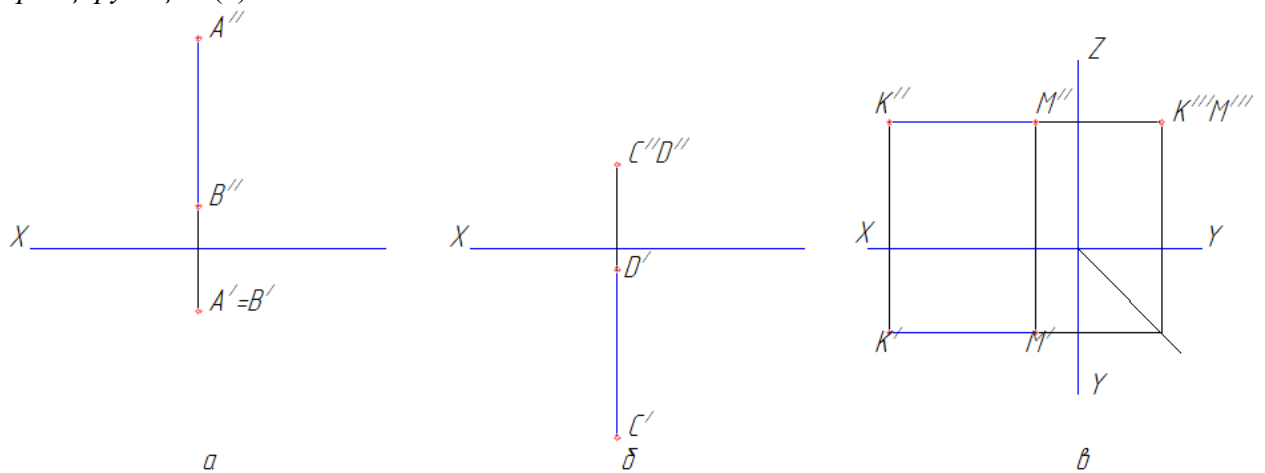
Ее горизонтальная и фронтальная проекции параллельны оси  $Z$ ; длина профильной



проекция отрезка  $K'''M'''$  равна длине самого отрезка  $KM$ ; углы наклона  $\alpha$  и  $\beta$ , образованные профильной проекцией с осями координат  $Y$  и  $Z$ , равны углам наклона прямой к горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций соответственно.

#### 4. Особые случаи положения прямых линий в пространстве.

Прямая, перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций называется *горизонтально-проецирующей* (а); перпендикулярная фронтальной плоскости проекций – *фронтально-проецирующей* (б); профильной плоскости проекций – *профильно-проецирующей* (в).



Фронтальная проекция прямой, *параллельной фронтальной и профильной плоскостям*, перпендикулярна оси  $X$  ( $A''B''$  на рис. а). Горизонтальные проекции всех точек прямой совпадают.

Горизонтальная проекция прямой, *параллельной горизонтальной и профильной плоскостям*, перпендикулярна оси  $X$  ( $C'D'$  на рис. б). Фронтальные проекции всех точек прямой совпадают.

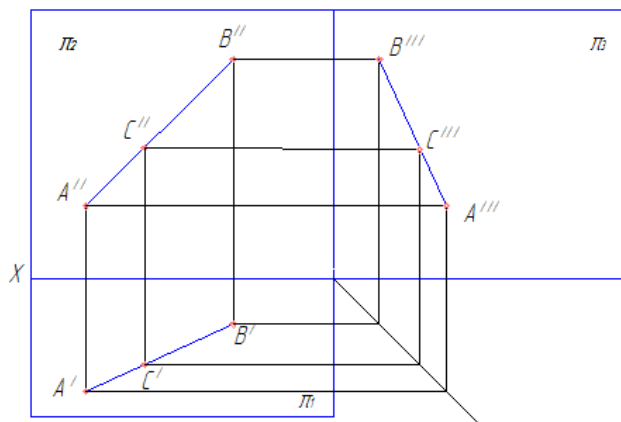
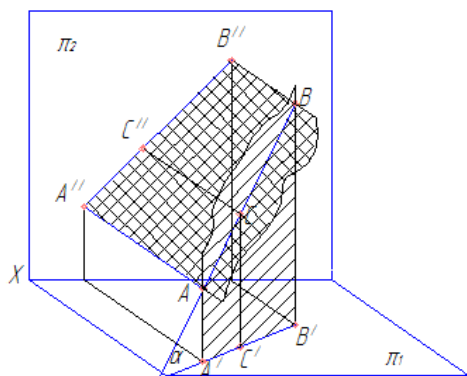
Горизонтальная и фронтальная проекция прямой, *параллельной фронтальной и горизонтальной плоскостям*, параллельны оси  $X$  (рис. в). Профильные проекции всех точек прямой совпадают.

Если две проекции точки принадлежат одноименным с ними проекциям прямой в системе плоскостей  $\pi_1\pi_2$ , то точка принадлежит прямой. Данное утверждение всегда справедливо для всех прямых, кроме профильной.

### 5 Взаимное положение прямой и точки в пространстве.

Определим длину проекций отрезка прямой:

$$|A' B'| = |AB| \cdot \cos \alpha; |A'' B''| = |AB| \cdot \cos \beta; |A''' B'''| = |AB| \cdot \cos \gamma,$$



где  $\alpha$  – угол между прямой и горизонтальной плоскостью проекций;

$\beta$  – угол между прямой и фронтальной плоскостью проекций;

$\gamma$  – угол между прямой и профильной плоскостью проекций.

Из формул видно, что при  $\alpha=0$  отрезок проецируется в натуральную величину; при  $\alpha=90^\circ$  отрезок проецируется в точку. В остальных случаях длина проекции меньше длины самого отрезка.

Если какая-либо точка принадлежит прямой, то ее проекция принадлежит проекции этой прямой. В нашем случае это точка C. Причем, если точка на отрезке делит его длину в данном отношении, то проекция точки делит длину одноименной проекции отрезка в том же отношении:

$$AC/CB = A'C'/C'B' = A''C''/C''B''.$$

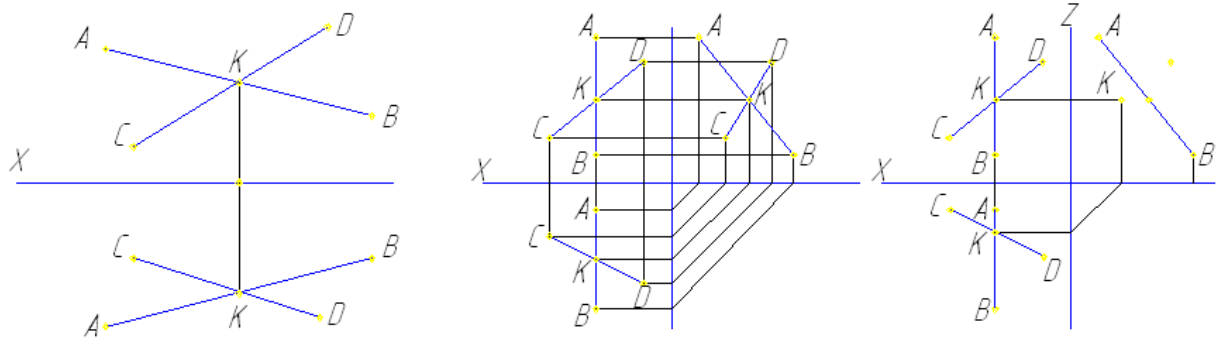
### 6 Взаимное положение прямых линий в пространстве.

Прямые в пространстве могут быть пересекающимися, параллельными и скрещивающимися.

#### - пересекающиеся прямые:

если прямые пересекаются, то они имеют общую точку (точку пересечения), точку, принадлежащую как одной, так и второй прямой. Как известно из материала прошлой лекции, если точка принадлежит прямой, то проекции этой точки принадлежат одноименным проекциям прямой. Следовательно, у пересекающихся прямых проекции их точки пересечения будут являться точками пересечения одноименных проекций. Или: если две прямые пересекаются, то их одноименные проекции пересекаются между собой, а проекции точек пересечения лежат на одной линии связи.





Для прямых, кроме профильных, в системе  $\pi_1\pi_2$ , справедливо и обратное утверждение:

*если в системе  $\pi_1\pi_2$  точки пересечения одноименных проекций прямых, кроме профильных, лежат на одной линии связи, то прямые пересекаются.*

**- параллельные прямые:**

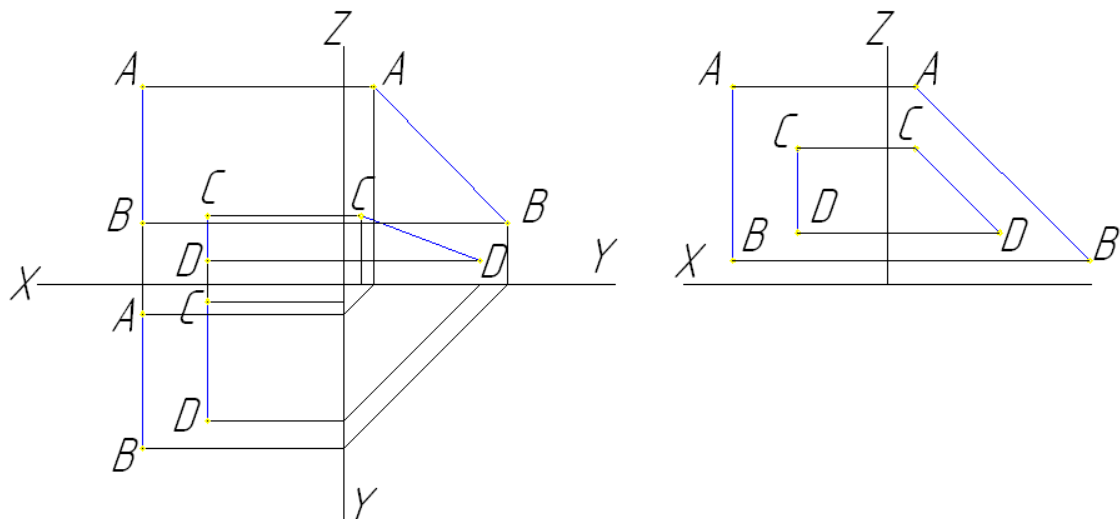
*если в пространстве прямые параллельны, то их одноименные проекции параллельны между собой.*

Для прямых общего положения условие параллельности следующее:

*если одноименные проекции прямых общего положения параллельны в системе двух плоскостей проекций, то прямые параллельны.*

Для прямых частного положения:

*если одноименные проекции прямых параллельны одной из осей проекций, то прямые параллельны при условии параллельности одноименных проекций на той плоскости проекций, которой параллельны прямые.*

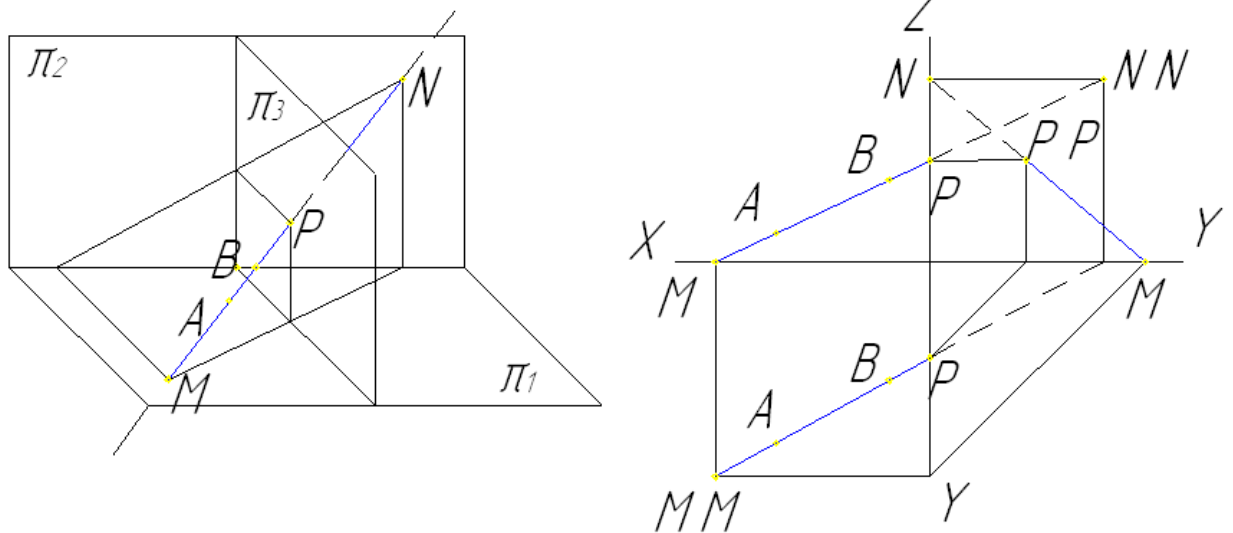


**скрещивающиеся прямые:**

скрещивающиеся прямые – прямые, не имеющие общих точек.

*Точки пересечения одноименных проекций скрещивающихся прямых не лежат на одной линии связи.*

### 7 Следы прямой линии и угол наклона прямой к плоскостям проекций.



На рисунке показана прямая  $AB$ , которая в точках  $M$  и  $N$  и  $P$  пересекает горизонтальную, фронтальную и профильную плоскости проекций:

Точка  $M$  называется горизонтальным следом прямой;

Точка  $N$  называется фронтальным следом прямой;

Точка  $P$  называется профильным следом прямой.

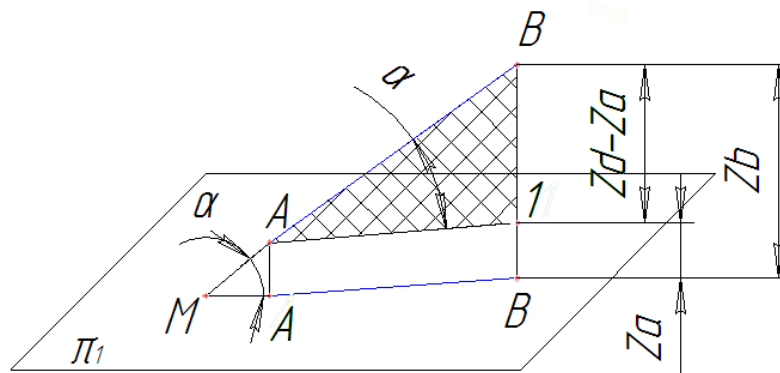
Чтобы найти горизонтальный след прямой необходимо продолжить фронтальную проекцию прямой до пересечения с осью  $X$  ( $M'$  - фронтальная проекция горизонтального следа), через точку  $M'$  провести перпендикуляр к оси  $X$  до пересечения с продолжением горизонтальной проекции прямой ( $M''$  - горизонтальная проекция горизонтального следа, совпадает с самим горизонтальным следом  $M$ ).

Чтобы найти фронтальный след прямой необходимо продолжить горизонтальную проекцию прямой до пересечения с осью  $X$  ( $N'$  - горизонтальная проекция фронтального следа), через точку  $N'$  провести перпендикуляр к оси  $X$  до пересечения с продолжением фронтальной проекции прямой ( $N''$  - фронтальная проекция фронтального следа, совпадает с самим фронтальным следом  $N$ ).

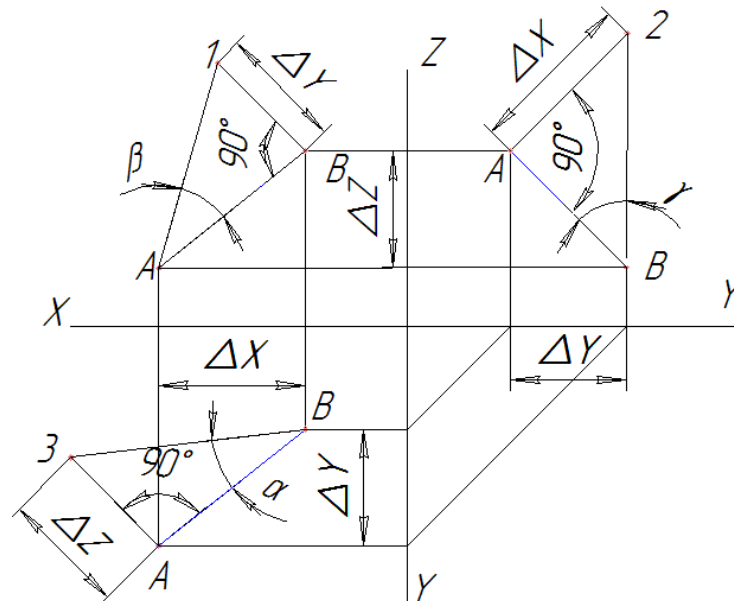
Если прямая параллельна плоскости, то она не имеет следа с этой плоскостью. Кроме того, по проекциям и следам прямой можно определить октанты, через которые она проходит.

### 8 Натуральная величина отрезка (метод прямоугольного треугольника).

Рассмотрим рисунок:



Натуральная величина (истинный размер) отрезка **AB** прямой общего положения является гипотенузой прямоугольного треугольника **AB1**. Катет **A1** параллелен горизонтальной плоскости и равен по длине горизонтальной проекции **A'B'**. Величина второго катета **B1** равна разности расстояний точек **A** и **B** до плоскости  $\pi_1$ . Таким образом можно определить натуральную величину отрезка на эюре.



Для построения натуральной величины отрезка прямой необходимо:

- к горизонтальной проекции отрезка под прямым углом отложить разность аппликат концов отрезка и построить гипотенузу треугольника.
- к фронтальной проекции отрезка под прямым углом отложить разность ординат концов отрезка и построить гипотенузу треугольника.
- к профильной проекции отрезка под прямым углом отложить разность абсцисс концов отрезка и построить гипотенузу треугольника.

При этом угол между гипотенузой и горизонтальной проекцией отрезка –  $\alpha$ ; между гипотенузой и фронтальной проекцией –  $\beta$ ; между гипотенузой и профильной проекцией –  $\gamma$ .

## 1.2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Плоскость»

### 1.2.1 Вопросы лекции:

1. Способы задания плоскости на эюре.
2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций:
  - плоскость общего положения;
  - плоскости частного положения.
3. Точка и прямая в плоскостях.
4. Главные линии плоскости.
5. Взаимное положение плоскостей.
6. Параллельность плоскостей.
7. Пересечение плоскостей общего и частного положений.
8. Пересечение прямой линии с плоскостями частного положения.
9. Пересечение прямой линии с плоскостью общего положения.
10. Параллельность прямой и плоскости.

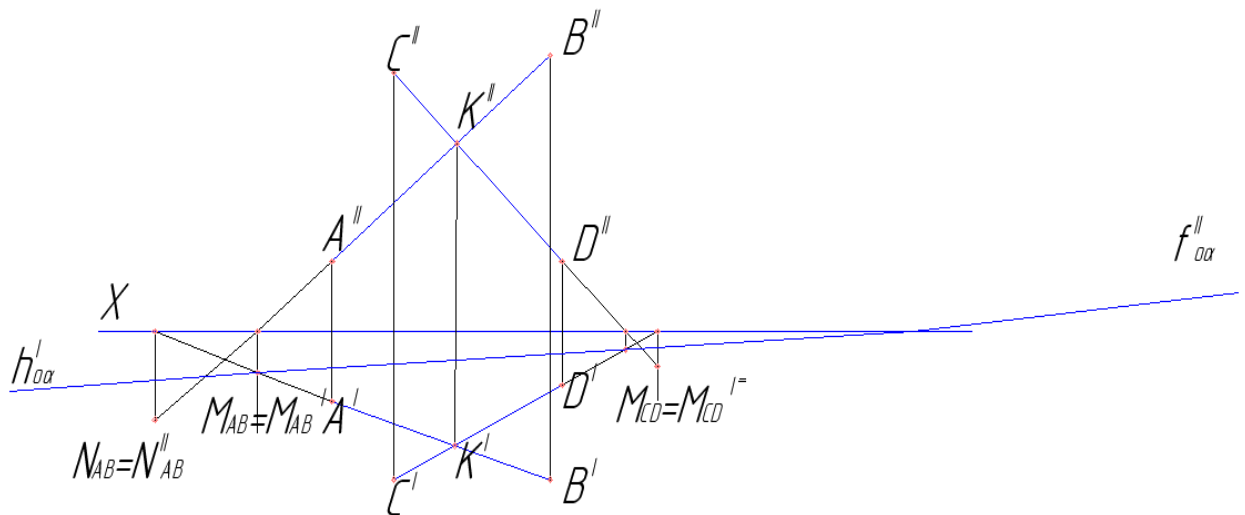
## 11. Перпендикулярность прямой и плоскости.

### 1.2.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Способы задания плоскости на эюре.

На чертеже плоскость может быть задана: проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой; проекциями прямой и точки; проекциями двух пересекающихся прямых, проекциями двух параллельных прямых.

Более наглядно плоскость может быть задана прямыми, по которым она пересекает плоскости проекций. Такие прямые называют следами плоскости. След плоскости – это линия, по которой пересекаются плоскости. Любая прямая, лежащая в плоскости и не параллельная плоскости проекций, пересекает последнюю. Очевидно, что след прямой будет располагаться на следе плоскости. След плоскости – это линия. Для построения прямой линии достаточно иметь две точки, принадлежащие прямой. Поэтому для определения следов плоскости необходимо определить следы двух прямых, лежащих в этой плоскости.



где  $f_{\alpha}^H$  – фронтальный след плоскости;

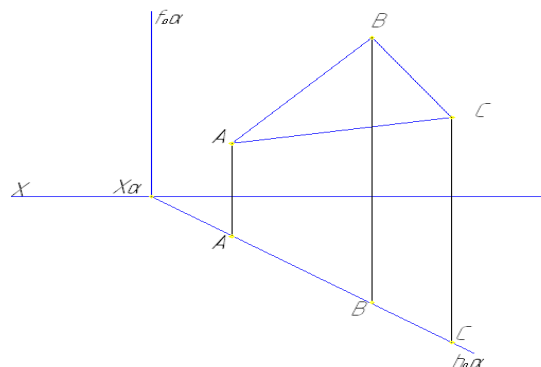
$h_{\alpha}^H$  – горизонтальный след плоскости.

#### 2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций.

Относительно плоскостей проекций плоскость может занимать следующие положения:

- не перпендикулярна плоскостям проекций (плоскость общего положения);
- перпендикулярна одной плоскости проекций (плоскость частного положения);
- перпендикулярна двум плоскостям проекций (плоскость частного положения).

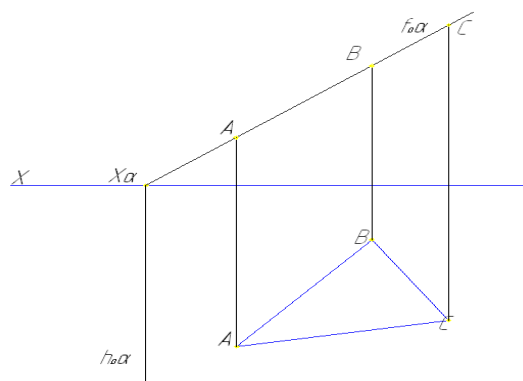
#### Плоскость $\alpha$ перпендикулярна одной плоскости проекций:



Плоскость задана треугольником  $ABC$  и перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций. Такую плоскость называют *горизонтально-проецирующей*. Угол между

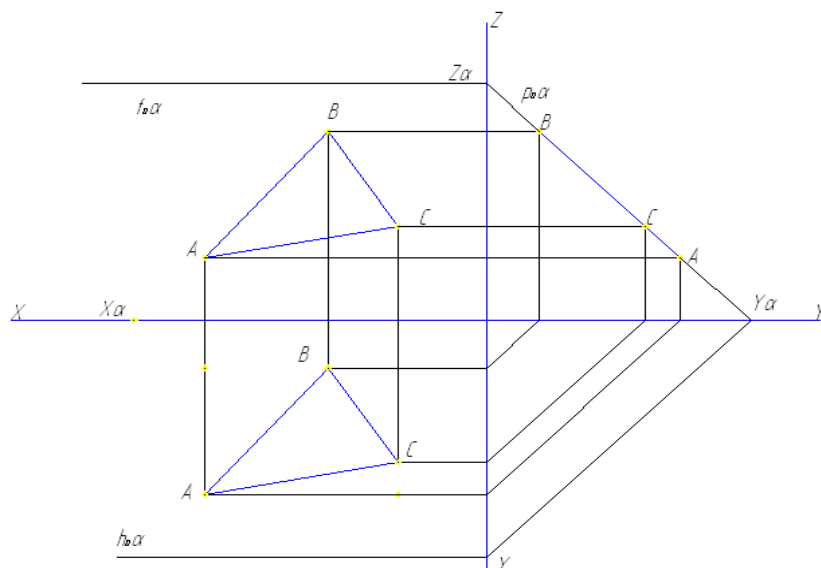
горизонтальным следом и осью  $X$  является углом между плоскостью  $\alpha$  и фронтальной плоскостью проекций.

Плоскость  $\alpha$ , перпендикулярную фронтальной плоскости проекций называют *фронтально-проецирующей*:



Угол между фронтальным следом и осью  $X$  является углом между плоскостью  $\alpha$  и горизонтальной плоскостью проекций.

Плоскость  $\alpha$ , перпендикулярную профильной плоскости проекций называют *профильно-проецирующей*:

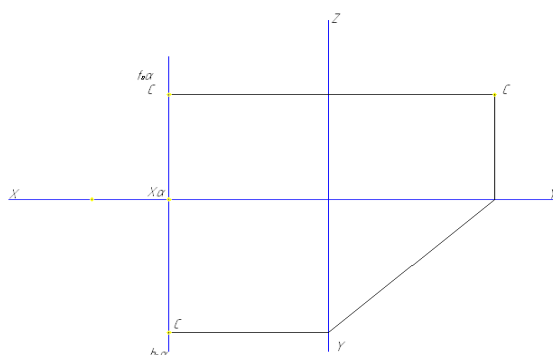


где

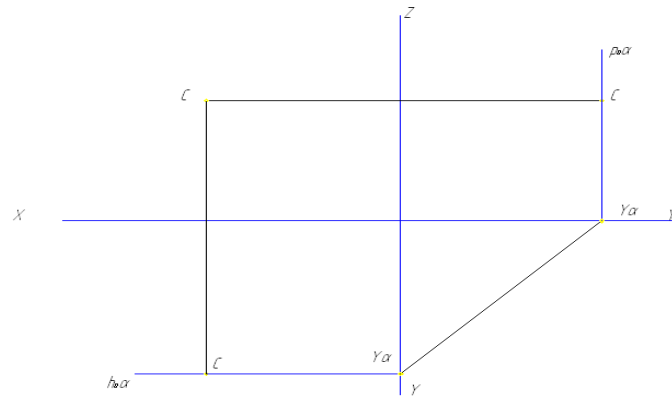
$p_{\alpha\alpha}$  – профильный след плоскости.

Угол между профильным следом и осью  $Z$  является углом между плоскостью  $\alpha$  и фронтальной плоскостью проекций. Угол между профильным следом и осью  $Y$  является углом между плоскостью  $\alpha$  и горизонтальной плоскостью проекций.

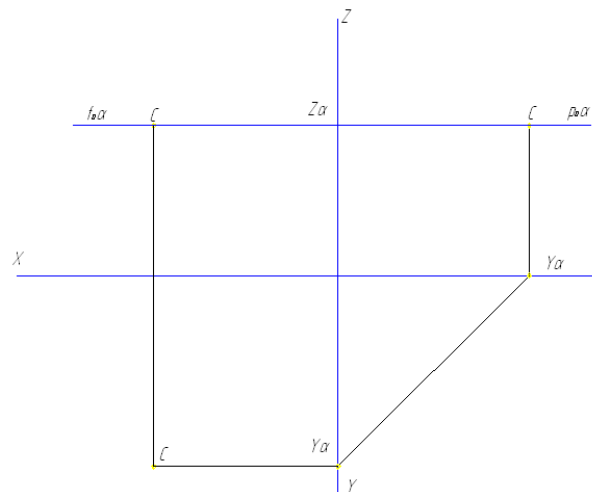
Если плоскость перпендикулярна двум плоскостям проекций, то она параллельна третьей плоскости проекций. Здесь также возможны три случая частного положения:  
- плоскость  $\alpha$  перпендикулярна горизонтальной и фронтальной плоскости проекций (параллельная профильной плоскости) – *профильная плоскость*:



- плоскость  $\alpha$  перпендикулярна горизонтальной и профильной плоскости проекций (параллельная фронтальной плоскости) – *фронтальная плоскость*:

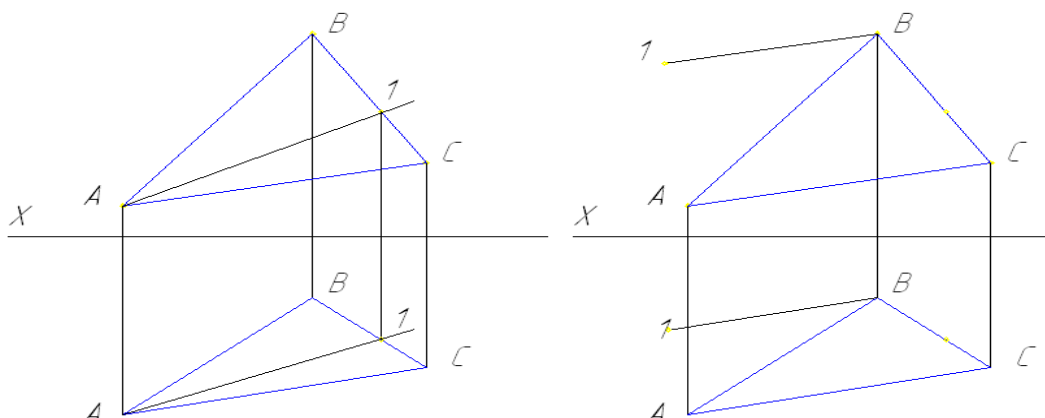


- плоскость  $\alpha$  перпендикулярна фронтальной и профильной плоскости проекций (параллельная горизонтальной плоскости) – *горизонтальная плоскость*:



### 3 Точка и прямая в плоскостях.

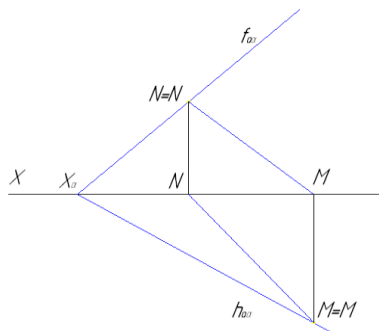
Что значит: прямая принадлежит плоскости? Это значит, что прямая проходит через две точки, лежащие в плоскости или через одну точку параллельно прямой, лежащей в этой плоскости. То есть, если взять плоскость, заданную треугольником  $ABC$ , отметить на стороне  $BC$  точку  $1$  и провести через точки  $1$  и  $A$  прямую линию, то прямая  $A1$  будет принадлежать плоскости  $ABC$ . Или, если через точку  $B$  провести прямую параллельную



стороне  $AC$ , то прямая  $BI$  будет принадлежать плоскости  $ABC$ .

Для случая задания плоскости следами можно сказать следующее:

- если прямая принадлежит плоскости, то следы этой прямой принадлежат одноименным следам плоскости (см. рисунок): прямая  $MN$  принадлежит плоскости  $\alpha$ .



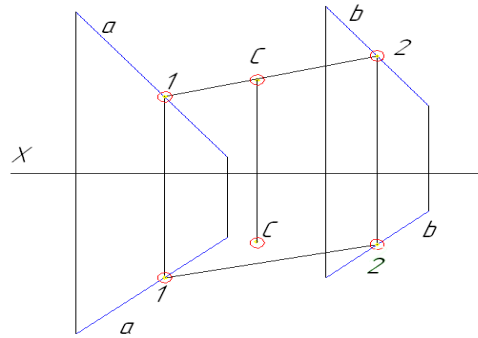
Как известно, если точка принадлежит прямой, то и ее проекции принадлежат одноименным проекциям прямой. Из сказанного следует, что если точка принадлежит плоскости, то проекции этой точки принадлежат одноименным проекциям прямой, лежащей в этой плоскости. Поэтому, чтобы построить точку, лежащую в плоскости необходимо сначала построить прямую, лежащую в этой плоскости, и на прямой взять точку. Например, если требуется найти горизонтальную проекцию точки  $D$ , лежащей в плоскости  $ABC$ , по ее фронтальной проекции  $D''$  необходимо:

- 1) провести вспомогательную прямую  $D''A''$ ;
- 2) найти ее горизонтальную проекцию  $D'A'$ ;
- 3) на горизонтальной проекции прямой построить горизонтальную проекцию точки  $D'$ .

Если необходимо проверить принадлежность точки некоторой плоскости необходимо:

- 1) провести вспомогательную прямую, принадлежащую плоскости, таким образом, чтобы одна из ее проекций проходила через одноименную проекцию точки;
- 2) определить взаимное положение вторых проекций точки и прямой: если вторая проекция точки принадлежит одноименной проекции прямой, то точка лежит в плоскости. В противном случае – нет.

Пусть дана плоскость, заданная двумя параллельными прямыми  $a$  и  $b$ . Проведем через фронтальную проекцию точки  $C$  прямую  $1''2''$  (прямую, принадлежащую плоскости). Построим горизонтальную проекцию прямой  $1'2'$ . Как видно, горизонтальная проекция точки  $C$  не принадлежит горизонтальной проекции прямой. Следовательно, точка  $C$  не принадлежит плоскости.

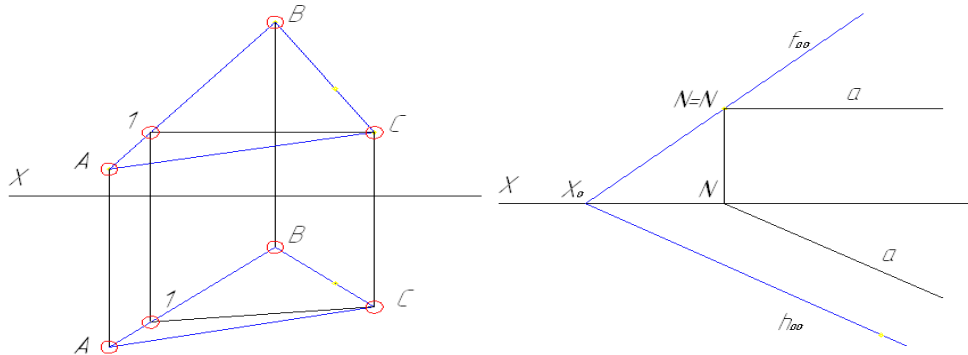


#### 4 Главные линии плоскости.

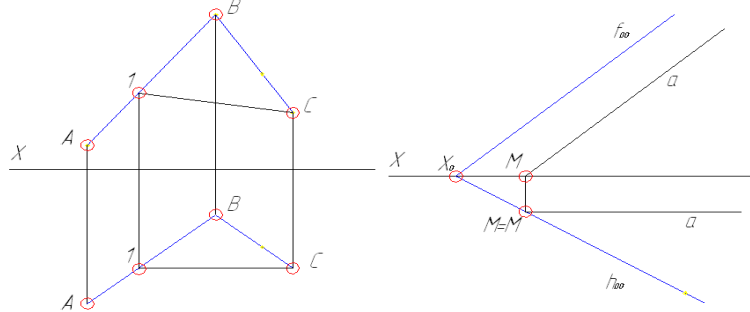
К прямым особого положения (главным линиям плоскости) относят:

- линии уровня (горизонтالي, фронтали, профильные прямые);
- линии наибольшего наклона к плоскостям проекций (линии наибольшего ската).

Горизонталь – прямая линия, лежащая в заданной плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций. Как известно, фронтальная проекция горизонтальной прямой параллельна оси  $X$ . Если плоскость задана тремя точками, необходимо через фронтальную проекцию одной из ее вершин провести фронтальную проекцию прямой параллельно оси  $X$ . Найти горизонтальную проекцию точки пересечения этой прямой со стороной треугольника. Полученная прямая и будет горизонталью плоскости, заданной тремя точками. Если плоскость задана следами, то горизонтальная проекция горизонтали параллельно горизонтальному следу плоскости, а фронтальная проекция параллельна оси  $X$ .



Фронталь – прямая линия, лежащая в заданной плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций. Ее фронтальная проекция параллельна оси  $X$ .



Линиями наибольшего наклона плоскости к плоскостям  $\pi_1$   $\pi_2$   $\pi_3$  называются прямые, лежащие в плоскости и перпендикулярные или к горизонталям плоскости, или к фронталям плоскости, или к профильным прямым плоскости. В первом случае линия наибольшего наклона определяет угол наклона плоскости к  $\pi_1$ , во втором – к  $\pi_2$ , в третьем – к  $\pi_3$ .



Чтобы построить линию ската плоскости к горизонтальной плоскости проекций, необходимо:

**- при задании плоскости тремя точками**

1) построить горизонталь  $С1$ ;

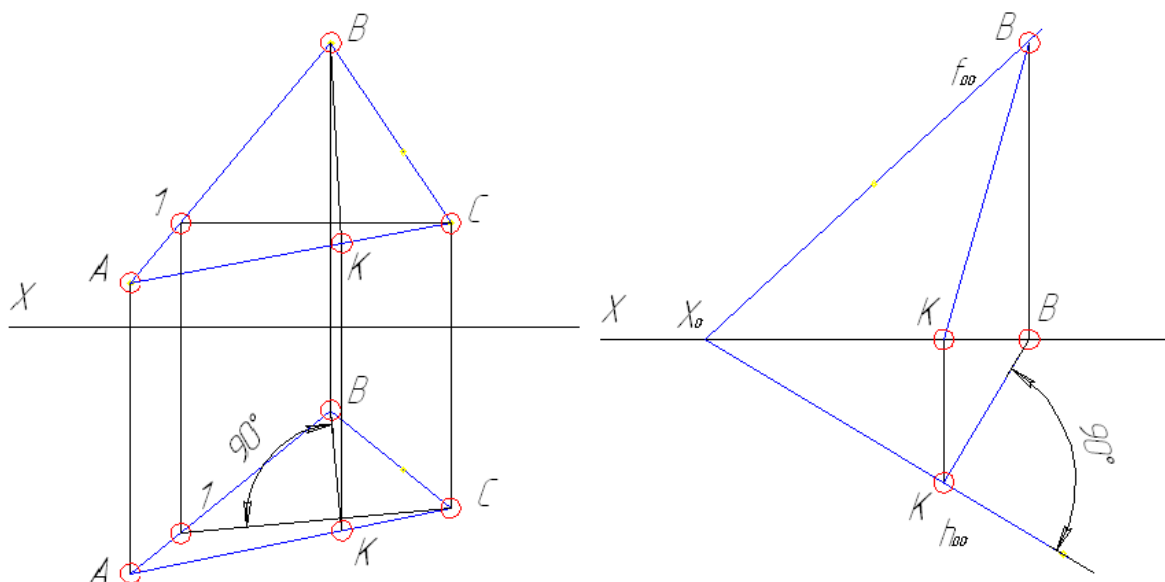
2) на горизонтальной проекции треугольника провести прямую, лежащую в заданной плоскости, перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали  $В'К'$ ;

3) определить фронтальную проекцию линии ската.

**- при задании плоскости следами:**

1) провести горизонтальную проекцию линии ската перпендикулярно горизонтальному следу плоскости;

2) определить фронтальную проекцию линии ската.



## 5. Взаимное положение плоскостей.

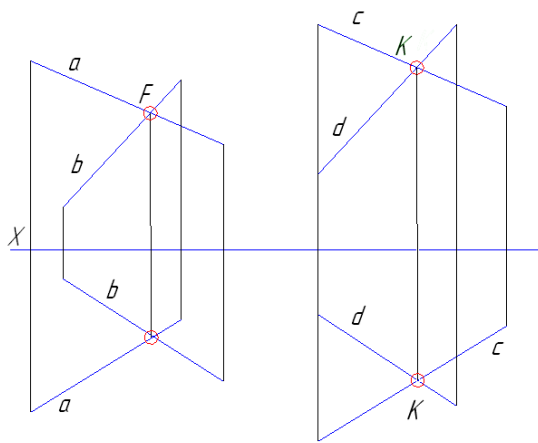
Две плоскости в пространстве могут быть параллельными и пересекающимися.

Если плоскости пересекаются, то линией их пересечения является прямая. Как известно, прямую линию можно построить по двум точкам. Поэтому, для построения линии пересечения двух плоскостей достаточно определить две точки, принадлежащие как одной, так и второй плоскости.

При определении общих точек плоскостей общего положения выполняют некоторые дополнительные построения. Если же хотя бы одна из плоскостей – плоскость частного положения, то задача упрощается. Поэтому рассмотрим сначала случай пересечения плоскостей, одна из которых – проецирующая.

## 6 Параллельность плоскостей.

Если две пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости, то плоскости параллельны. Если необходимо через точку  $F$  провести плоскость параллельную некоторой плоскости, заданной пересекающимися прямыми  $a$  и  $b$ , необходимо через нее провести пересекающиеся прямые  $c$  и  $d$ , параллельные данным.

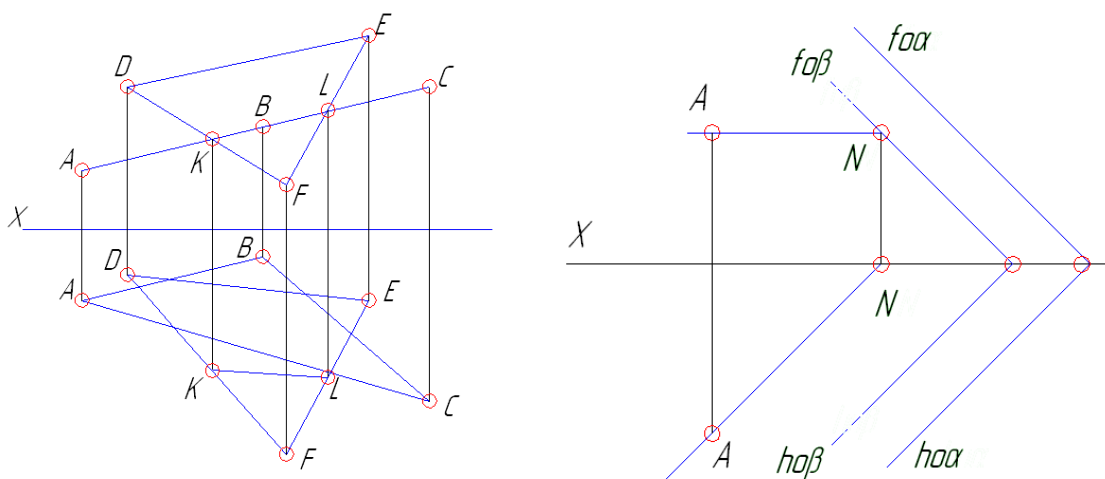


При задании плоскостей следами условие их параллельности звучит следующим образом: если два пересекающихся между собой следа одной плоскости параллельны одноименным с ними следам другой плоскости, то плоскости параллельны между собой.

Допустим необходимо через точку **A** провести плоскость параллельную заданной. В этом случае выдержать два условия: точка **A** принадлежит плоскости; плоскости между собой параллельны. Параллельность плоскостей устанавливается параллельностью одноименных следов. А для осуществления первого условия необходимо через точку **A** провести прямую частного положения (например горизонталь **AN**) параллельно следу плоскости. След этой горизонтали определит фронтальный след плоскости, который проводится параллельно фронтальному следу заданной плоскости. Остается определить горизонтальный след.

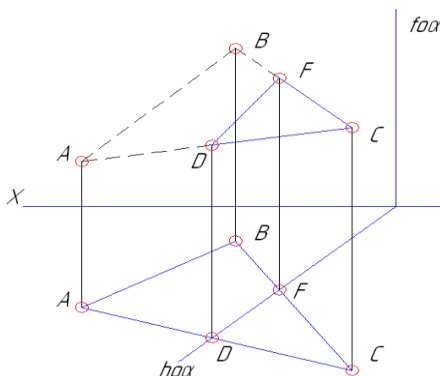
### 7 Пересечение плоскостей общего и частного положений.

Пусть даны две плоскости, заданные треугольником:

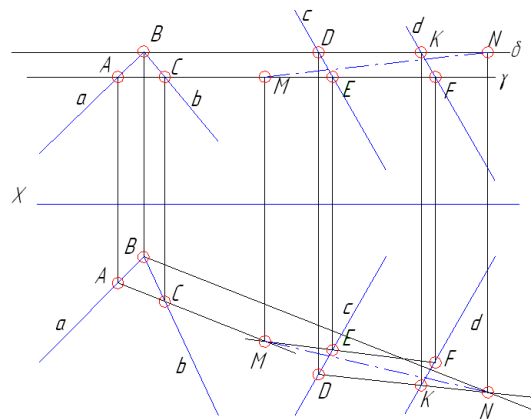


плоскость **DEF** – плоскость общего положения; плоскость **ABC** – фронтально-проецирующая плоскость. Так как плоскость **ABC** проецирующая, то линия пересечения плоскостей проецируется на фронтальную проекцию плоскости **ABC** (отрезок **K''L''**). Точка **K** и **L** принадлежит обеим плоскостям и лежит на прямой **DF**, поэтому проводя линии связи определим горизонтальные проекции линии пересечения плоскостей – **K'L'**.

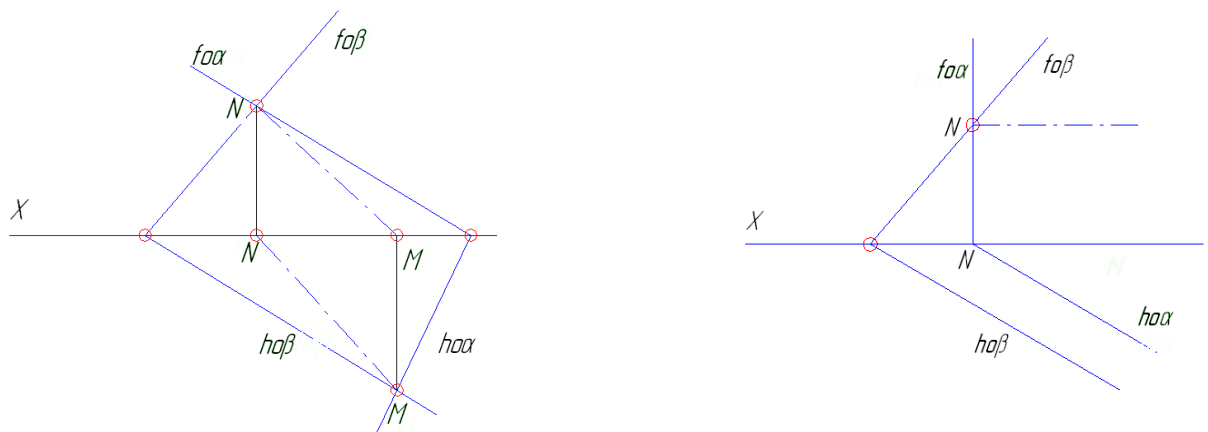
Аналогичные построения проводят и при пересечении плоскости общего положения горизонтально-проецирующей плоскостью:



Для определения линии пересечения двух плоскостей общего положения необходимо вводить дополнительные плоскости частного положения. Пусть заданы плоскости общего положения  $\alpha$  и  $\beta$ : плоскость  $\alpha$  – двумя пересекающимися прямыми  $a$  и  $b$ ; плоскость  $\beta$  – двумя параллельными прямыми  $c$  и  $d$ . Введем две вспомогательные плоскости частного положения (например горизонтальные  $\gamma$  и  $\delta$ ). Определим горизонтальные проекции точек пересечения плоскостей  $\delta$  и  $\gamma$  с плоскостями  $\alpha$  и  $\beta$  ( $A', B', C'$  и  $D', E', K', F'$ ). Прямые  $AC$  и  $EF$  являются линиями пересечения плоскостей  $\alpha, \beta$  и  $\gamma$ . Поэтому точка пересечения этих прямых  $M$  будет принадлежать одновременно трем плоскостям  $\alpha, \beta$  и  $\gamma$ , а следовательно являться общей точкой плоскостей  $\alpha, \beta$ . Прямые  $BD$  и  $EK$  являются линиями пересечения плоскостей  $\alpha, \beta$  и  $\delta$ . Поэтому точка пересечения этих прямых  $N$  будет принадлежать одновременно трем плоскостям  $\alpha, \beta$  и  $\delta$ , а следовательно являться общей точкой плоскостей  $\alpha, \beta$ . Таким образом получили две точки, принадлежащие одновременно плоскостям  $\alpha$  и  $\beta$ . Соединив их получим линию пересечения плоскостей.



Если плоскости заданы следами, то линия пересечения этих плоскостей будет проходить через точки пересечения одноименных следов:

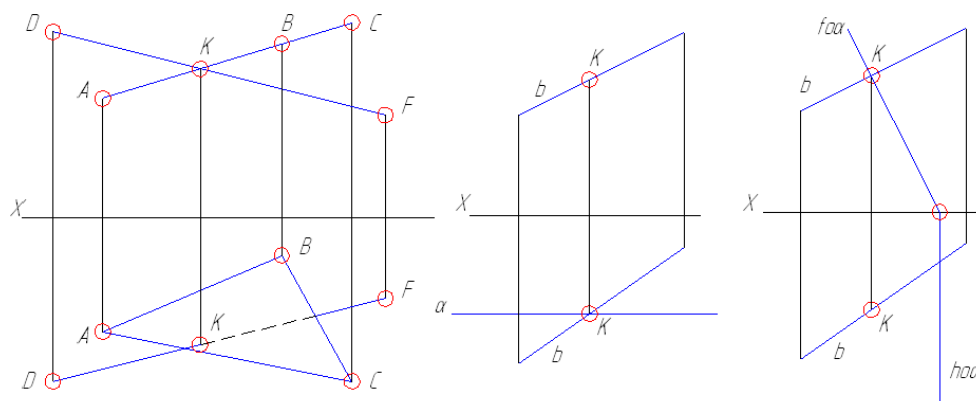


В случае параллельности одноименных следов в одной плоскости достаточно иметь одну точку пересечения следов в другой плоскости.

#### 8. Пересечение прямой линии с плоскостями частного положения.

Как известно, любая плоскость частного положения является проецирующей. Это значит, что все точки, лежащие в плоскости проецируются на ее соответствующую проекцию плоскости (прямую линию). То же относится и к точке пересечения прямой с плоскостью:

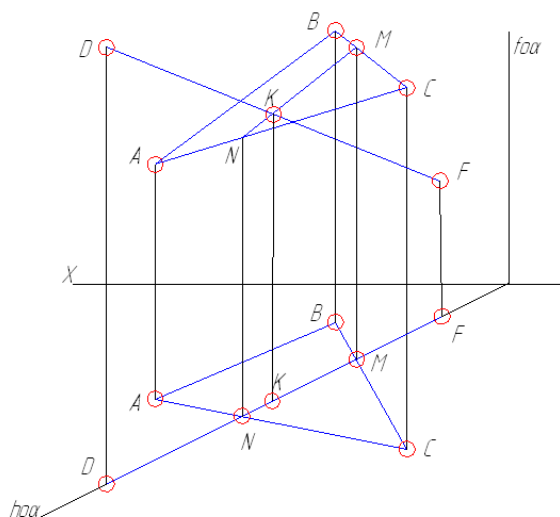
9



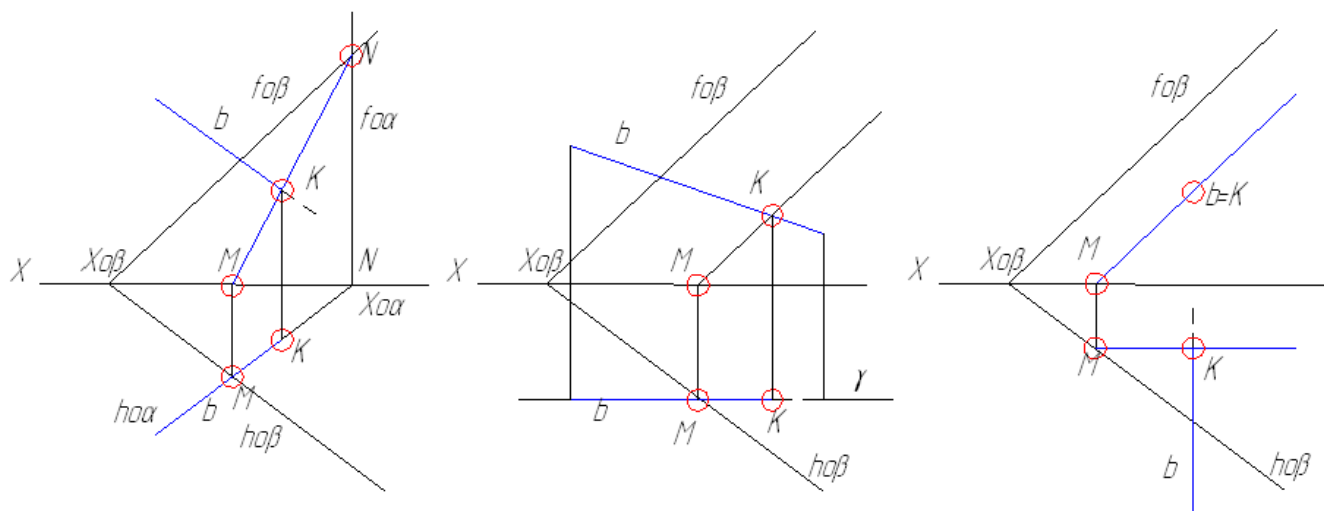
### **Пересечение прямой линии с плоскостью общего положения.**

Для определения точки пересечения прямой с плоскостью общего положения необходимо:

- 1) через данную прямую провести вспомогательную плоскость частного положения таким образом, чтобы один из следов плоскости проходил через одноименную проекцию прямой;
- 2) построить линию пересечения данной и вспомогательной плоскостей;
- 3) на полученной линии определить точку пересечения прямой с плоскостью.

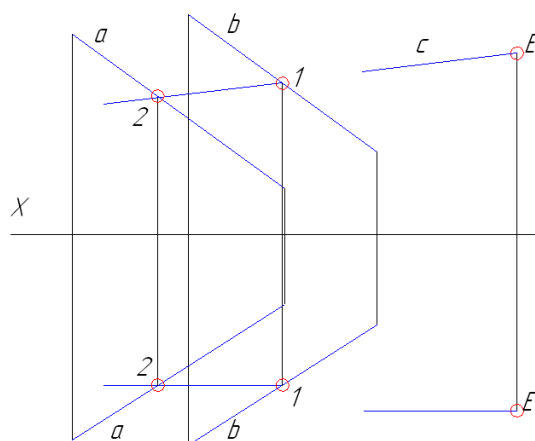


**При задании плоскости следами:**



### 10 Параллельность прямой и плоскости.

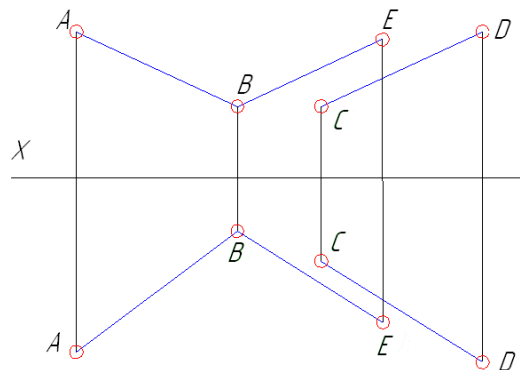
Что значит: прямая параллельна плоскости? Это значит, она параллельна любой прямой, лежащей в этой плоскости. Если возникает необходимость провести через некоторую точку прямую параллельную заданной плоскости, то очевидно, что через эту точку можно провести множество прямых, параллельных плоскости. Поэтому необходимо обговаривать дополнительные условия. Например, необходимо через точку **Е** провести прямую **с**, параллельную плоскости, заданной прямыми **а** и **б** и фронтальной плоскости проекций.



- 1) если стоит условие, что прямая должна проходить через точку **Е**, то проекции точки должны принадлежать одноименным проекциям прямой (условие принадлежности точки прямой).
- 2) прямая параллельная фронтальной плоскости проекций – фронтальная прямая, а следовательно ее горизонтальная проекция параллельна оси **X**.
- 3) фронтальная проекция прямой **с** должна быть параллельна фронтальной проекции прямой **12**, лежащей в заданной плоскости.

Если стоит задача в определении параллельности некоторой плоскости какой-либо прямой, то также необходимы дополнительные условия. Например, необходимо через прямую **АВ** провести плоскость **α**, параллельную прямой **СД**,

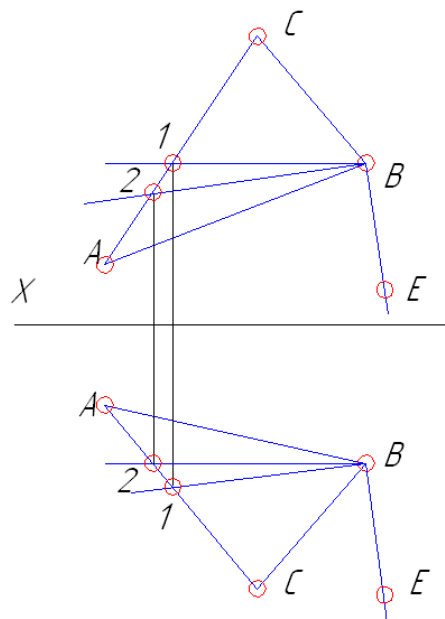
то есть прямая **AB** должна принадлежать плоскости  $\alpha$ . Как известно, плоскость можно задать двумя пересекающимися прямыми, поэтому через точку **B** можно провести прямую **BE**, параллельную **CD**. Получим плоскость параллельную прямой **CD** и проходящую через прямую **AB**.



### 11 Перпендикулярность прямой и плоскости.

Прямая к плоскости будет перпендикулярна, если ее горизонтальная проекция перпендикулярна к горизонтальной проекции горизонтали, фронтальная проекция перпендикулярна фронтальной проекции фронтали, а профильная проекция перпендикулярна профильной проекции профильной прямой.

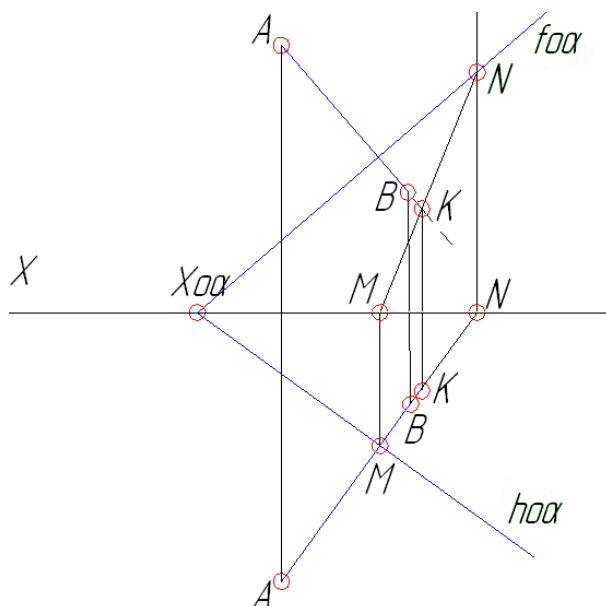
Если плоскость задана следами, условие перпендикулярности прямой к плоскости звучит следующим образом: если прямая перпендикулярна к плоскости, то ее горизонтальная проекция перпендикулярна горизонтальному следу плоскости, а фронтальная проекция перпендикулярна фронтальному следу плоскости. Пусть необходимо в точке **B** провести перпендикуляр к плоскости треугольника **ABC**. Для этого проводим через точку **B** горизонталь **B1** и фронталь **B2**. Проводим прямую **BE** таким образом, чтобы ее горизонтальная проекция была перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали, а фронтальная проекция перпендикулярна фронтальной проекции фронтали. Полученная прямая **BE** перпендикулярна плоскости треугольника **ABC**.



Если плоскость задана следами необходимо:

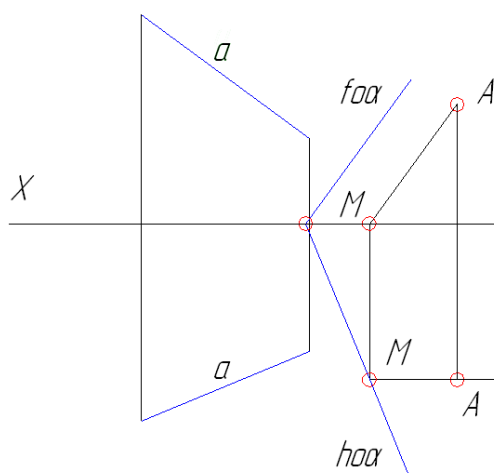
- 1) провести проекции прямой перпендикулярно одноименным следам плоскости;
- 2) найти точку пересечения прямой с плоскостью (ввести через прямую плоскость частного положения).

Однако, вывод о перпендикулярности прямой профильно-проецирующей плоскости можно делать только тогда когда будет рассмотрено взаимное положение профильной проекции прямой и профильного следа плоскости.



В случае, когда необходимо построить плоскость, проходящую через данную точку перпендикулярно прямой необходимо:

- 1) выполнить условие принадлежности точки плоскости, для чего через точку провести прямую частного положения, лежащую в плоскости;
- 2) определить след этой прямой;
- 3) через найденный след провести плоскость перпендикулярную данной прямой (след плоскости должен быть перпендикулярен одноименной проекции прямой).



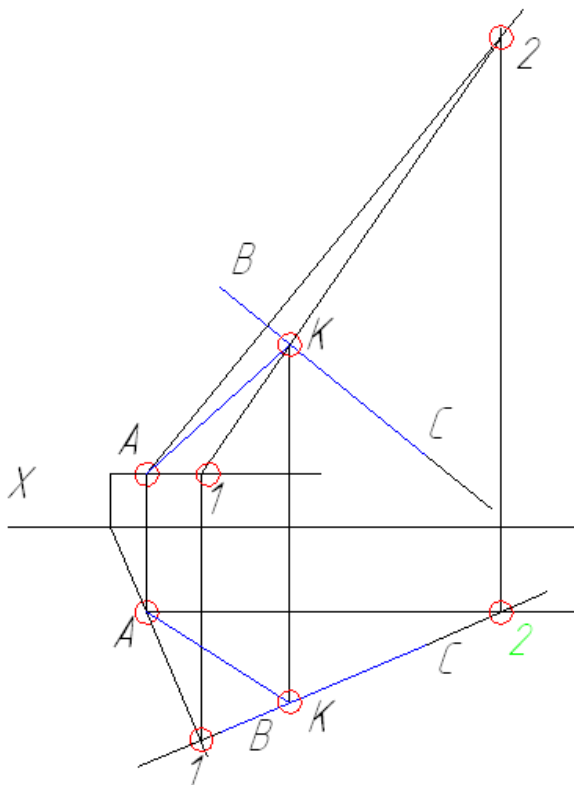
Чтобы найти перпендикуляр от некоторой точки  $A$  к прямой  $BC$  необходимо:

- 1) через точку  $A$  провести плоскость, перпендикулярную прямой  $BC$ ;
- 2) найти точку пересечения  $K$  прямой  $BC$  с этой плоскостью.

Прямая  $AK$  и будет являться перпендикуляром к прямой  $BC$ .

Сначала построим плоскость перпендикулярную прямой  $BC$ , для чего зададим ее двумя пересекающимися прямыми  $A1$  (горизонталь) и  $A2$  (фронталь). Через прямую  $BC$  проведем горизонтально-проецирующую плоскость. Найдем линию пересечения плоскостей

(12). Определим точку **К** пересечения прямой **ВС** с линией 12. Прямая **АК** и будет являться перпендикуляром к прямой **ВС**.



### 1.3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Способ замены плоскостей проекций и вращения»

#### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Позиционные и метрические задачи.
2. Общая характеристика способов преобразования комплексного чертежа.
3. Способ замены плоскостей проекций.
4. Способ вращения вокруг осей перпендикулярных плоскостям проекций.
5. Способ вращения вокруг главных линий плоскости.

#### 1.3.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. Позиционные и метрические задачи.

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

В процессе изучения решаются два типа задач:

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

При решении последних возникают значительные трудности из-за неудобного расположения фигур в пространстве, которые позволяют решить способы преобразования комплексного чертежа.

##### 2. Общая характеристика способов преобразования комплексного чертежа.

В случаях частного положения прямых линий и плоскостей относительно плоскостей проекций значительно упрощается решение многих задач начертательной геометрии и



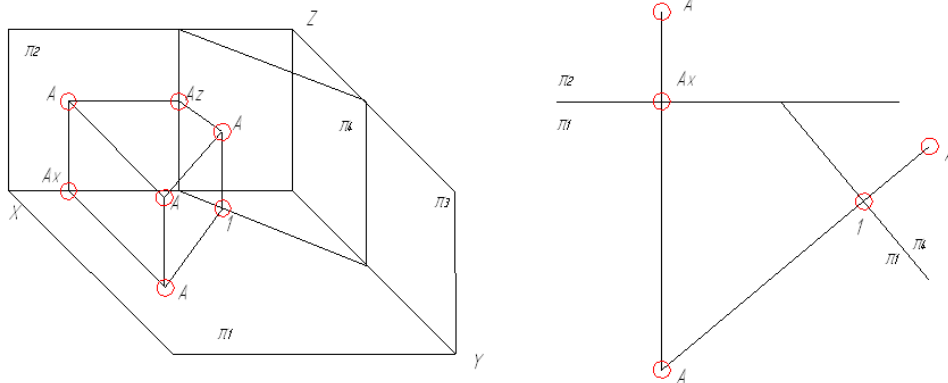
черчения. Например, в случае частного положения прямой линии легко без дополнительных построений определить натуральную величину отрезка этой прямой линии или угол наклона прямой к плоскостям проекций и т.д. При частном положении плоскости относительно плоскостей проекций легко построить следы этой плоскости, определить наклон ее к плоскостям проекций и т.п.

Зная способы преобразования чертежа мы можем любую прямую или плоскость обращать в частное положение. Причем такое преобразование возможно двумя путями:

- 1) не изменяя положения точки, прямой или плоскости в пространстве заменяют заданную систему плоскостей проекций на новую, таким образом, чтобы прямая или плоскость в этой новой системе оказались в частном положении (способ перемены плоскостей проекций);
- 2) изменяя положение точки, прямой или плоскости в пространстве добиваются их частного положения относительно данной системы плоскостей проекций (способ вращения (совмещения)).

### 3. Способ замены плоскостей проекций.

Пространственное положение точки, прямой или плоскости остается неизменным, в систему плоскостей  $\pi_1, \pi_2$  вводятся дополнительные плоскости, которые перпендикулярны или  $\pi_1$ , или  $\pi_2$ , или перпендикулярны между собой. Эти дополнительные плоскости проекций принимаются за новые плоскости проекций.



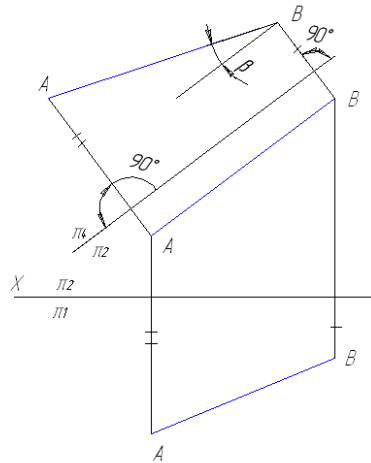
Пусть имеем точку  $A$  в системе плоскостей  $\pi_1, \pi_2$ . Введем плоскость  $\pi_4$ , которая перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций и определим проекцию точки  $A$  на эту плоскость: прямая  $AA^{IV}$  перпендикулярна плоскости  $\pi_4$ ,  $A^{IV}I = A''Ax$ . Теперь определим положение точки  $A$  на эюре.

В рассмотренном случае мы ввели дополнительную плоскость один раз. В зависимости от задачи, перемену плоскостей проекций можно производить несколько раз.

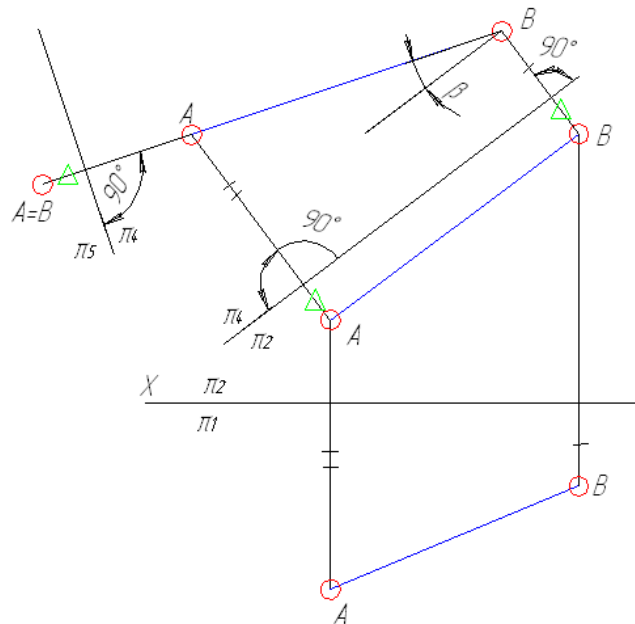
В курсе начертательной геометрии выделяют четыре основные задачи преобразования:

- 1) определение натуральной величины отрезка прямой общего положения;
- 2) приведение отрезка прямой общего положения в проецирующее положение;
- 3) приведение плоской фигуры общего положения в проецирующее положение;
- 4) определение натуральной величины плоской фигуры.

*Рассмотрим решение первой задачи.* Пусть необходимо определить натуральную величину прямой общего положения  $AB$ . Введем параллельно прямой  $AB$  фронтально-проецирующую плоскость  $\pi_4$ , и определим проекцию отрезка  $AB$  на эту плоскость. Так как прямая  $AB$  относительно  $\pi_4$  – прямая частного положения (параллельна плоскости), то на нее отрезок проецируется в натуральную величину. Кроме того можно определить угол наклона прямой  $AB$  к фронтальной плоскости проекций.



Рассмотрим решение второй задачи. Необходимо прямую **AB** сделать проецирующей, то есть перпендикулярной некоторой плоскости. Для этого проведем плоскость  $\pi_5$ , которая будет перпендикулярна плоскости  $\pi_4$  и прямой  $A^{IV}B^{IV}$ . Тогда отрезок **AB** спроецируется на плоскость  $\pi_5$  в точку, то есть проекции  $A^V$  и  $B^V$  совпадут.



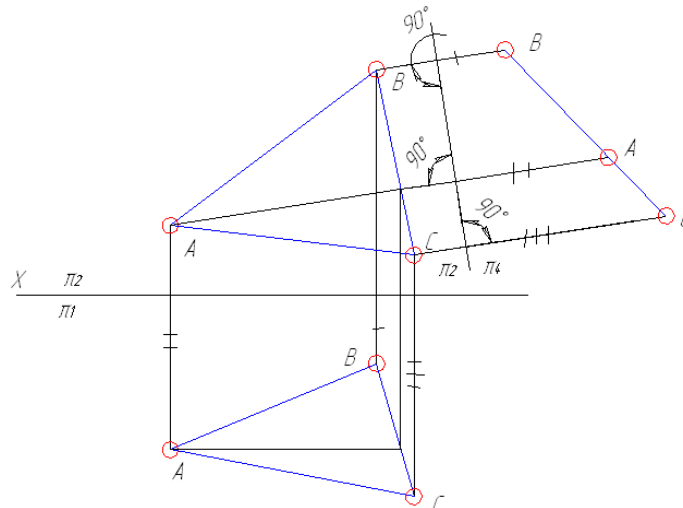
Таким образом, для проецирования отрезка в точку необходимо вводить две дополнительные плоскости проекций: одна параллельная прямой, другая-перпендикулярная отрезку.

При решении третьей задачи можно использовать два пути:

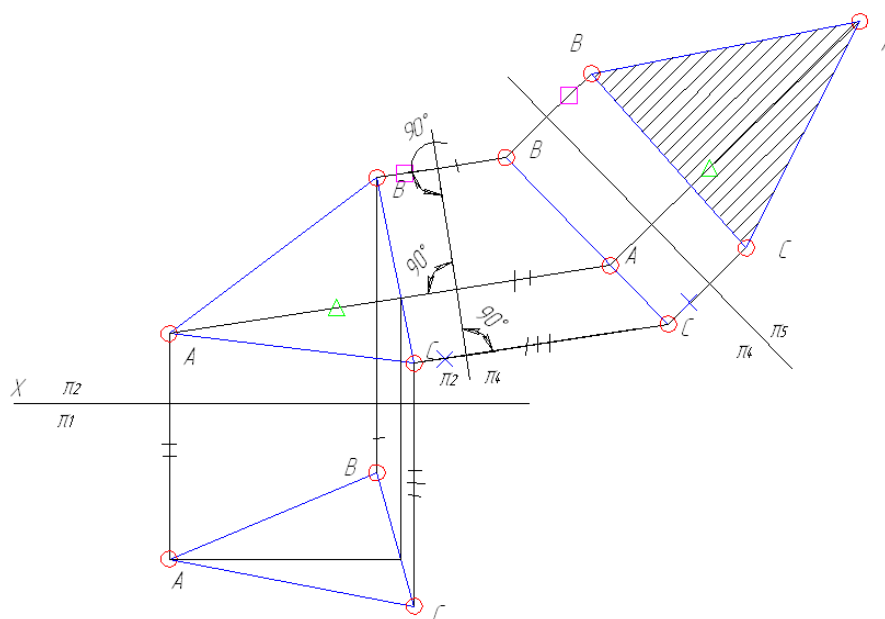
- спроецировать любой отрезок плоской фигуры в проецирующий (сначала сделать его отрезком частного положения, а только затем проецирующим, то есть пришлось бы использовать две новые плоскости проекций);

- ввести в этой плоской фигуре прямую (линию уровня), одну новую плоскость спроецировать точку.

плоской фигуре частного положения а затем используя проецирующую проекций эту линию уровня в



Чтобы определить натуральный размер плоской фигуры, необходимо параллельно плоскости этой фигуры ввести плоскость, на которую фигура и будет проецироваться в натуральную величину.



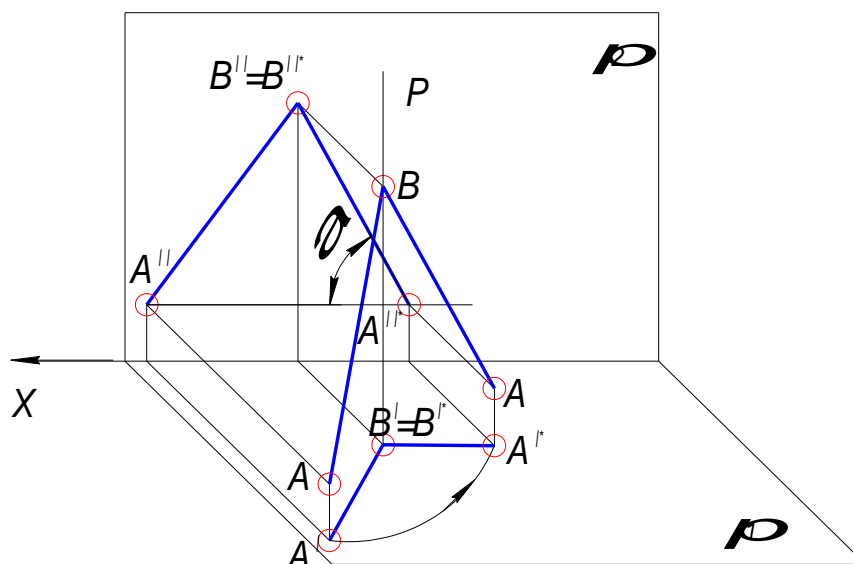
Указанным способом можно определить расстояние между двумя скрещивающимися прямыми, для чего одну из них необходимо сделать проецирующей.

#### **4 Способ вращения вокруг осей перпендикулярных плоскостям проекций.**

При использовании способа вращения необходимо знать:

- 1) ось вращения – прямая, перпендикулярная или параллельная плоскости проекций, относительно которой рассматривается вращение точки, прямой, плоскости или фигуры;
- 2) плоскость вращения – плоскость, в которой перемещается любая точка при вращении. Плоскость вращения всегда перпендикулярна оси вращения;
- 3) центр вращения – точка пересечения оси вращения с плоскостью вращения;
- 4) радиус вращения – радиус окружности вращения любой точки при вращении.

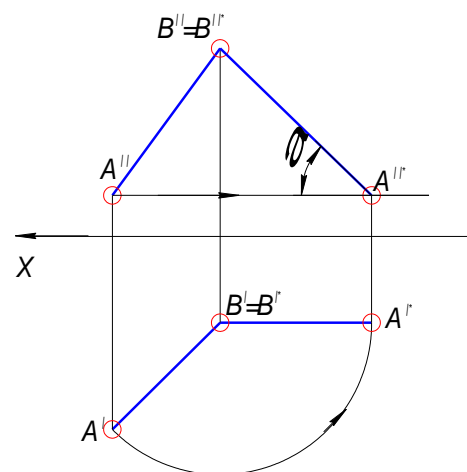
Пусть необходимо определить натуральную величину отрезка прямой общего положения **AB**.



Как известно, определить натуральную величину определить просто, если отрезок является отрезком прямой частного положения. Для приведения прямой общего положения в частное положение воспользуемся методом вращения.

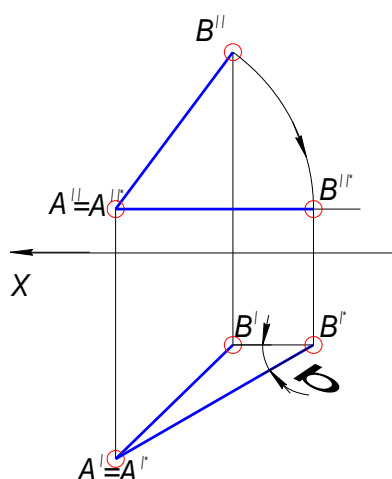
Проведем ось вращения ( $PB$ ) через точку  $B$ , перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций. Будем вращать точку  $A$  отрезка относительно оси вращения против хода часовой стрелки по радиусу вращения  $A'B$  до положения, при котором отрезок  $AB$  будет параллелен фронтальной плоскости проекций (горизонтальная проекция отрезка  $A'B$  параллельна оси  $X$ ). Построим фронтальную проекцию отрезка, которая и будет являться натуральной величиной отрезка  $AB$ , так как после вращения прямая параллельна  $\pi_2$  и проецируется на эту плоскость без искажений. Причем не искажается и угол наклона к плоскости  $\pi_1$ .

Теперь изобразим построения на эюре.



Аналогичные  
при  
оси,

построения проводят и  
вращении вокруг

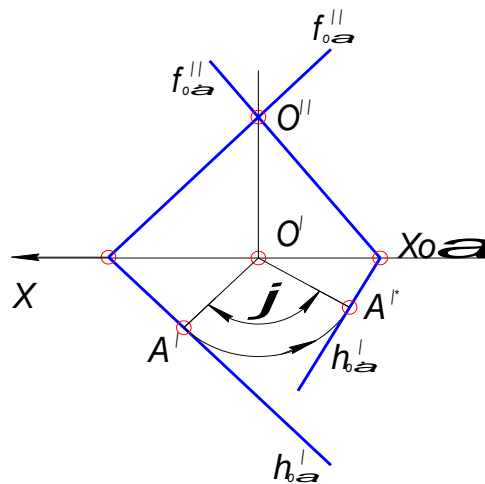


перпендикулярной фронтальной плоскости проекций.

Таким образом,  $A'B'^*$  – натуральная величина отрезка  $AB$ ,  $\beta$  – угол наклона прямой к плоскости  $\pi_2$ .

Ось вращения может и не проходить через точку отрезка. В этом случае обе точки отрезка вращают на одинаковый угол относительно центра вращения.

Допустим, необходимо повернуть на угол  $\phi$  плоскость  $\alpha$  относительно оси, лежащей в плоскости  $\pi_2$  и перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций. Для этого через горизонтальную проекцию оси ( $O'$ ) проведем перпендикуляр к горизонтальному следу плоскости ( $A'$ ). Повернем точку  $A'$  на угол  $\phi$  против часовой стрелки. К отрезку  $A'O'$  перпендикулярно проведем горизонтальный след плоскости после вращения. Так как точка  $O''$  фронтального следа плоскости принадлежит оси вращения, положение этой точки не изменится после вращения. Следовательно, через точку схода следов  $X_{0\alpha}$  и точку  $O''$  можно провести фронтальный след плоскости.

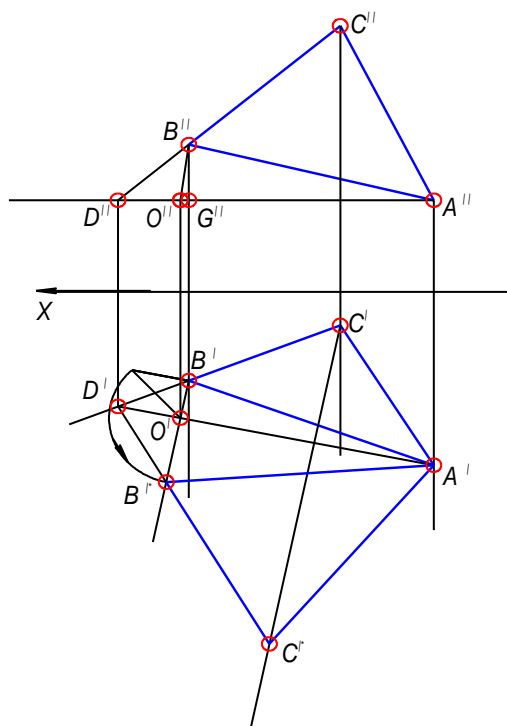


##### 5 Способ вращения вокруг главных линий плоскости.

Точку, прямую или плоскость можно вращать и вокруг оси, параллельной плоскости проекций. Рассмотрим задачу: необходимо определить натуральный размер треугольника  $ABC$ . Вращение можно вести вокруг линии уровня плоскости треугольника. Задача состоит в том, чтобы треугольник стал параллелен одной из плоскости проекций. Если рассматривать вращение треугольника вокруг горизонтали, то вершины треугольника описывают окружности в плоскостях, перпендикулярных горизонтали.

Следовательно, горизонтальные проекции вершин будут располагаться на перпендикулярах к горизонтальной проекции горизонтали. Точка **A** лежит на оси вращения, поэтому ее положение после вращения не изменится. Чтобы определить положение вершины **B** необходимо определить натуральную величину отрезка **BO** методом прямоугольного треугольника. Горизонтальную проекцию точки **C** определим как точку пересечения соответствующих проекций точек **D** и **B** и перпендикуляра к горизонтальной проекции горизонтали, проведенного из точки **C'**.

Аналогично можно определить натуральный размер треугольника вращением вокруг фронтали плоскости треугольника.



#### 1.4 Лекция №4 (2 часа).

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

##### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Виды.
2. Разрезы.
3. Сечения.

##### 1.4.2 Краткое содержание вопросов:

###### 1. Виды.

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

- 1 - вид спереди (главный вид);
- 2 - вид сверху;
- 3 - вид слева;

- 4 - вид справа;
- 5 - вид снизу;
- 6 - вид сзади.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда.

## 2. Разрезы

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения должна применяться разомкнутая линия. При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда (черт. 8 - 10, 13, 15); стрелки должны наноситься на расстоянии 2 - 3 мм от конца штриха.

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

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

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

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

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

Фронтальным и профильным разрезам, как правило, придают положение,





соответствующее принятому для данного предмета на главном изображении чертежа (черт. 12).

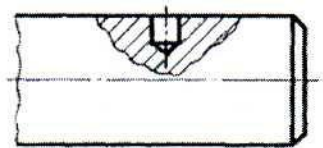
Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (черт. 13).

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

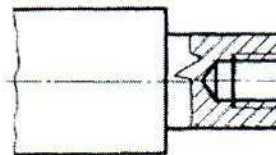
Допускается располагать такие разрезы в любом месте чертежа (разрез В-В, черт. 8), а также с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В последнем случае к надписи должно быть добавлено условное графическое обозначение (Разрез Г - Г, черт. 15).

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

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



Черт. 21



Черт. 22

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

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

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

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

### 3. Сечения.

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на:

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

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

Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения - сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения

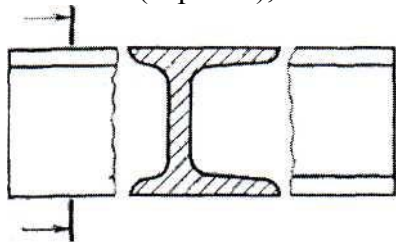
не прерывают (черт. 13, 28, 29).

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

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

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

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



Черт. 31

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

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

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

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

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

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

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

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

## **1.5 Лекция №5 (2 часа).**

### **Тема: «ГОСТ 2.311-68 Изображение резьбы»**

#### **1.5.1 Вопросы лекции:**

1. Основные понятия.
2. Классификация резьбы.
3. Параметры профиля резьбы.
4. Классификация резьбовых соединений.
5. Расчет и подбор болтового соединения.
6. Изображение болтовых соединений.

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

##### **1. Основные понятия.**

Резьбу изображают:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## **2 Классификация резьбы**

**Резьбовое соединение**— это соединение деталей с помощью резьбы, обеспечивающее их относительную неподвижность или перемещение одной детали относительно другой. В резьбовом соединении одна из деталей имеет наружную резьбу, другая — внутреннюю.

**Наружная резьба** — это резьба, образованная на наружной цилиндрической или конической поверхности. В резьбовом соединении наружная резьба является охватываемой поверхностью, а имеющая ее деталь носит название болт (винт и др.).

Образование наружной резьбы, например нарезанием резцом, иллюстрирует рисунок 13.2. Если резец, равномерно перемещающийся вдоль образующей, углубить в равномерно вращающуюся заготовку, то на ее поверхности образуется винтовая поверхность; вид этой поверхности зависит от формы резца. Например, на рисунке 13.2, *а* резьба имеет трапецеидальный профиль, а на рисунке 13.2, *б* — треугольный профиль.

На чертеже деталей наружную резьбу показывают условно: сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по внутреннему.

**Внутренняя резьба** — это резьба, образованная на внутренней цилиндрической или конической поверхности. В резьбовом соединении внутренняя резьба является охватываемой поверхностью.

Стандартная метрическая резьба. Метрическая резьба является основным типом крепежной резьбы треугольного профиля (см. рис. 13.6) с углом профиля  $\alpha=60^\circ$ . Ее используют также в деталях приборов. Размеры элементов метрической резьбы задают в миллиметрах. Для метрической резьбы в ГОСТ 8724—81 установлены следующие значения шага, мм: 0,075; 0,08; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,225; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2 и далее до 6 через 0,5 мм. Для метрической резьбы общего назначения установлены диаметры в диапазоне от 0,25 до 600 мм и шаги в указанном выше интервале. Метрическая резьба диаметров от 1 до 600 мм делится на два типа: с крупным шагом (для диаметров от 1 до 68 мм) и с мелкими шагами (для диаметров от 1 до 600 мм). Каждому диаметру резьбы соответствуют определенные шаги (крупные и мелкие).

Все стандартные диаметры резьб разделены на 1, 2 и 3-й ряды. Каждый из них имеет резьбы с крупным и мелким шагом. Их значения для диаметров от 10 до 64 мм приведены, например, в таблице 6.1 «Справочника по машиностроительному черчению». При этом каждому диаметру резьбы соответствует только один ряд (диаметры резьбы в рядах не повторяются).

Стандарт рекомендует при выборе резьб предпочитать первый ряд второму, второй третьему. Так, например, если по конструктивным соображениям допустимо использование резьб диаметром 14, 15 или 16 мм (см. табл. VII.2), то должна быть использована резьба с диаметром 16 мм.

Трубная цилиндрическая резьба. Эту резьбу используют для соединений в трубопроводах, цилиндрических резьбовых соединениях. Профиль этой резьбы (рис. 13.7) — равнобедренный треугольник с углом  $\alpha=55^\circ$ , вершины и впадины профиля закруглены, а в соединении между вершинами и впадинами наружной и внутренней резьбы отсутствуют зазоры. Трубная резьба разработана в дюймовой системе (1 дюйм = 1" = 25,4 мм) и имеет мелкие шаги. Шаг трубной резьбы задают косвенным способом: указывают число ниток резьбы, укладываемых на 1". Это число ниток стандартизовано в пределах от 28 до 11.

Обозначение размера трубной резьбы имеет особенность, которая заключается в том, что размер резьбы задается не наружным диаметром трубы, на котором нарезается резьба, а величиной внутреннего диаметра трубы. Он называется диаметром трубы «в свету» и определяется как условный проходной размер трубы. Объяснение этой условности состоит в том, что конструктивный расчет трубопроводов ведется по условным проходам трубопроводов, арматуры и соединительных частей.

Например, трубная резьба в 1" нарезается снаружи на трубе, которая имеет внутренний диаметр, равный 1" (25,4 мм); размер же наружного диаметра всегда больше диаметра «в свету» на две толщины стенки трубы. Размеры некоторых трубных цилиндрических резьб, установленные ГОСТ 6357—81, приведены, например, в таблице 6.8 «Справочника по машиностроительному черчению».

Трубная коническая резьба. В соединениях топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин широко применяют коническую трубную резьбу,

обеспечивающую хорошую герметичность соединений без применения специальных уплотнений. Трубные конические резьбы (рис. 13.8) имеют два варианта профиля резьбы (при исходном профиле в форме равнобедренного треугольника):

закругленный профиль с углом профиля  $\alpha = 5^\circ$  (размер этой трубной конической резьбы стандартизован ГОСТ 6211—81);

дюймовый с углом профиля  $\alpha = 60^\circ$  (размеры этой конической дюймовой резьбы установлены ГОСТ 6111—52).

Конусность поверхностей, на которых нарезают резьбу, обычно равна 1:16 (обозначение конусности см. на рис. 13.8 вверху слева). Биссектриса угла профиля перпендикулярна оси резьбы.

Диаметральные размеры конических резьб устанавливают в основной плоскости, которая перпендикулярна к оси и отстоит от торца детали с наружной резьбой на расстоянии, регламентированном стандартами на конические резьбы. В основной плоскости диаметры резьбы равны номинальным диаметрам трубной цилиндрической резьбы.

Резьба трапецеидальная (ГОСТ 24738—81). Профиль резьбы — равнобочная трапеция с углом профиля  $30^\circ$  между боковыми сторонами (рис. 13.9, а). Стандартизована для диаметров от 10 до 640 мм с шагами от 2 до 48 мм. Для каждого диаметра стандарт предусматривает три различных шага.

Резьба упорная (рис. 13.9, б). Стандартизована для диаметров от 10 до 600 мм с шагами от 2 до 24 мм. Для каждого диаметра резьбы предусмотрены три различных шага. Имеет несимметричный профиль и предназначена для ходовых винтов с большой односторонней нагрузкой (тиски, домкраты).

### **3 Параметры профиля резьбы**

Основные параметры резьбы. На рисунке 13.6 изображен профиль резьбы (сопряженных, свинченных внутренней и наружной резьб) и обозначены его основные параметры.

Ось резьбы — прямая, относительно которой происходит винтовое движение плоского контура, образующего резьбу.

Профиль резьбы — контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось. В промышленности, как правило, применяют стандартные профили резьбы, некоторые из которых рассмотрены ниже. Детали с наружной резьбой трапецеидального и треугольного профиля (см. рис. 13.2, а, б).

Боковыми сторонами профиля называют прямолинейные участки профиля, принадлежащие винтовым поверхностям.

Участки профиля, соединяющие боковые стороны выступов или канавок, называют соответственно вершиной или впадиной профиля.

Из числа основных количественных параметров резьбы отметим: угол профиля  $\alpha$  — угол между боковыми сторонами профиля; углы наклона боковых сторон профиля  $P$ ,  $y$  — углы между боковыми сторонами профиля и перпендикуляром к оси резьбы, для резьб с симметричным профилем углы наклона равны половине угла профиля  $\alpha/2$ ; рабочая высота профиля  $h$  — высота соприкосновения сторон профиля наружной и внутренней резьбы в направлении, перпендикулярном к оси резьбы; длина свинчивания — длина соприкосновения винтовых поверхностей наружной и внутренней резьбы в осевом направлении. Параметры, относящиеся только к цилиндрическим резьбам, следующие: высота исходного профиля  $I_f$  — высота остроугольного профиля, полученного путем продолжения боковых сторон профиля до их пересечения (если профиль построен исходя из треугольника); высота профиля  $L_f$  шаг резьбы  $p$  — расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы; ход резьбы  $/$  — расстояние между ближайшими боковыми сторонами профиля, принадлежащими одной и той же винтовой поверхности, в направлении, параллельном оси резьбы; ход резьбы есть величина относительного осевого перемещения винта (гайки)

за один оборот; в однозаходных резьбах ход равен шагу, в многозаходных — произведению числа заходов на шаг, угол подъема резьбы  $\gamma$  — угол, образованный касательной к винтовой линии в точке, лежащей на среднем диаметре резьбы, и плоскостью, перпендикулярной к оси резьбы, угол  $\gamma$  определяется зависимостью:

наружный диаметр резьбы  $d$  — диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или впадин внутренней резьбы; внутренний диаметр  $d_x$  — диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или вершины внутренней резьбы; средний диаметр резьбы  $d_2$  — диаметр воображаемого соосного с резьбой цилиндра, образующие которого пересекают профиль резьбы в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага резьбы.

Конкретные значения таких параметров, как форма профиля, наружный диаметр, шаг, направление винтовой поверхности (правая или левая резьба), число заходов, отражают в условном буквенно-цифровом обозначении резьбы. Соответствующие примеры рассмотрены ниже.

#### **4 Классификация резьбовых соединений**

Стандартные крепежные детали можно разделить на две группы:

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

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

#### **5 Расчет и подбор болтового соединения**

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

Болт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется головка, на другом - участок с резьбой (длина нарезанного участка  $B$ , так называемого стяжного конца). Для увеличения прочности болта в месте, перехода от стержня к головке выполняют округления радиуса (галтель). Под термином "длина болта" подразумевается только длина стержня размер. Во избежание "забоя" резьбы и для облегчения навинчивания гайки конец стержня с резьбой обычно обтачивают на конус (снимают фаску.)

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

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

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

Шайбы применяются при следующих условиях:

- а) если отверстие под болты или шпильку некруглое (овальное, прямоугольное), когда мала опорная поверхность у гаек;
- б) если необходимо предохранить опорную поверхность детали от задиоров при затяжке гайки ключом;

в) если детали изготовлены из мягкого материала (алюминия, латуни, бронзы, дерева и др.), в этом случае нужна большая опорная поверхность. Под гайкой для предупреждения смятия детали. Размеры стальных плоских шайб для болтов и гаек берут по ГОСТ 11371-78 или СТ СЭВ 28-76 и 281-76. Наиболее часто применяемые шайбы имеют два исполнения: исполнение I - без фаски исполнение 2-е фаской (рис. 4).

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

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

Так как по условному соотношению диаметр отверстия под болт  $A=I, Id$ , а диаметр  $d$  стандартного болта может быть только четным числом, принимаем номинальный диаметр резьбы болта M12. По табл. 25.2 "Основные размеры болтов с шестигранной головкой (нормальной точности)" по ГОСТ 7798-70 (приложение) принимаем для болта M12 I исполнения: шаг резьбы 1,75 мм

размер "под ключ"  $S=19$  мм

Принимаем основные размеры головки болта M12: высота головки  $K - 8$  мм. Размеры шайбы выбираются в зависимости от номинального диаметра болта по табл. 29.1 "Шайбы обычные: нормальные по ГОСТ 11371-78" (приложение). Для номинального диаметра резьбы M12, класса точности C, исполнения I: внутренний диаметр  $d_j = 13$  мм наружный диаметр  $d_2=24$  мм толщина  $iS=2,5$  мм. Для номинального диаметра резьбы M12: исполнение I, размер "под ключ 19 мм, диаметр описанной окружности, не менее  $e=20,9$  мм высота  $t=10$  мм. Расчетная длина  $l_{расч}$ , подсчитывается по формул  $l_{расч} = a+b+S+m+n$ ,

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

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

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

### **6 Изображение болтовых соединений**

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

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 (2 часа).**

**Тема: «Методы проецирования»**

#### **2.1.1 Цель работы:**

- познакомиться с методами проецирования и их свойствами.

#### **2.1.2 Задачи работы:**

- 1) Познакомиться с особенностями конического проецирования;
- 2) Познакомиться с особенностями цилиндрического проецирования;
- 3) Познакомиться с особенностями ортогонального проецирования.

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

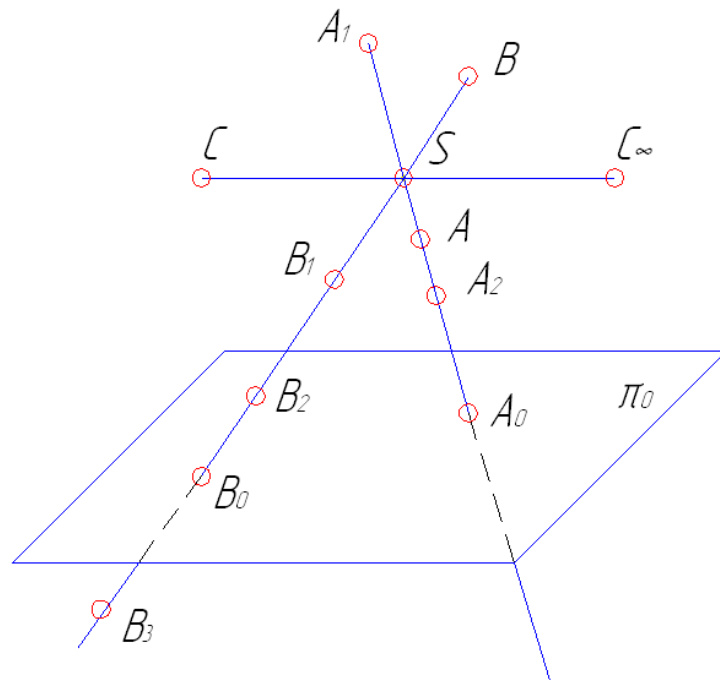


1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Столы чертежные.
4. Чертежные инструменты.

#### 2.1.4 Описание (ход) работы:

##### Центральное проецирование.

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



$\pi_0$  – плоскость проекций;  
 $S$  – центр проекций.

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

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

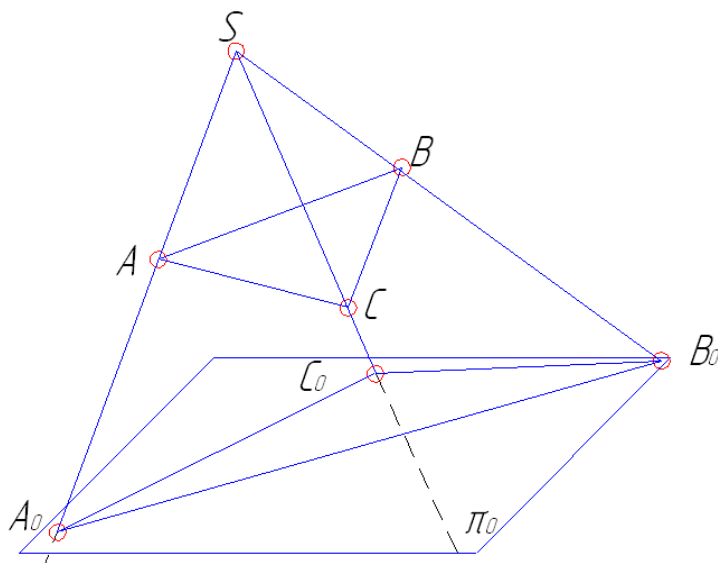
В случае параллельности проецирующего луча плоскости проекций точка  $C$  будет иметь центральную проекцию, но удаленную бесконечно далеко.

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

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

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

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



### Свойства центрального проецирования:

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

### Параллельное проецирование.

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

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

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

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

1. Параллельные проекции взаимно параллельных прямых параллельны, а отношение длин отрезков этих прямых равно отношению их проекций.
2. Для прямой линии проецирующей поверхностью является плоскость;
3. Каждая точка и линия в пространстве имеют единственную свою проекцию;

4. Каждая параллельная проекция точки может быть проекцией множества точек;
5. Каждая параллельная проекция линии может быть проекцией множества линий;
6. Для проецирования прямой необходимо и достаточно иметь проекции двух ее точек;
7. Если точка принадлежит прямой, то проекции точки принадлежит проекции этой прямой;
8. Если прямая параллельна проецирующей прямой, то проекцией этой прямой является точка;
9. Отрезок прямой линии, параллельной плоскости проекций проецируется на эту плоскость в натуральную величину.

### **Прямоугольное проецирование. Метод Монжа.**

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

Кроме свойств параллельных косоугольных проекций ортогональные проекции имеют следующее свойство:

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

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

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

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

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

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

## **2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 (2 часа).**

**Тема: «Плоскость»**

### **2.2.1 Цель работы:**

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

### **2.2.2 Задачи работы:**

- 1) Построить на эюре Монжа плоскость, заданную тремя точками А, В и С;

2) Определить горизонтальный, фронтальный и профильный след плоскости, заданной треугольником.

3) Оформить чертеж по всем правилам оформления, предусмотренным ЕСКД (единой системой конструкторской документации).

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

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

### 2.2.4 Описание (ход) работы:

#### Правила оформления:

##### 1) Тип линий

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

##### 2) Размер шрифта на чертеже:

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

##### 3) Обозначения на чертеже:

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

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

#### Варианты заданий:

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

4	A	65	20	0	19	A	60	10	60
	B	40	5	55		B	45	55	15
	C	0	50	5		C	0	25	5
5	A	60	60	10	20	A	60	20	65
	B	45	15	55		B	45	50	20
	C	0	5	25		C	5	10	10
6	A	60	65	20	21	A	65	0	15
	B	45	20	80		B	40	55	0
	C	5	10	10		C	0	20	40
7	A	65	15	0	22	A	60	30	65
	B	40	0	55		B	45	60	10
	C	0	40	20		C	5	20	10
8	A	60	65	30	23	A	75	0	25
	B	45	10	60		B	30	50	5
	C	5	10	20		C	10	20	60
9	A	75	25	0	24	A	80	10	20
	B	30	5	50		B	45	70	0
	C	10	60	20		C	0	40	45
10	A	80	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	0	70		B	25	5	5
	C	0	45	40		C	0	25	50
11	A	65	20	55	26	A	75	25	5
	B	20	5	5		B	35	65	55
	C	0	50	25		C	0	0	25
12	A	75	5	15	27	A	80	40	0
	B	35	55	65		B	0	70	20
	C	0	25	0		C	30	0	45
13	A	80	0	40	28	A	65	10	20
	B	0	20	70		B	45	70	40
	C	30	45	0		C	10	45	0
14	A	70	10	20	29	A	70	0	60
	B	50	45	50		B	40	5	20
	C	0	25	10		C	0	60	5
15	A	65	20	10	30	A	65	60	45
	B	10	0	20		B	10	20	0
	C	0	60	60		C	0	20	10

### 2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 (2 часа).

Тема: «Пересечение плоскостей»

#### 2.3.1 Цель работы:

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

#### 2.3.2 Задачи работы:

1) Построить плоскость общего положения ABC, используя координаты согласно варианту;

2) Пересечь данную плоскость плоскостями частного положения и определить их линии пересечения.

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

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

### 2.3.4 Описание (ход) работы:

#### Правила оформления:

##### 1) Тип линий

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

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

##### 2) Размер шрифта на чертеже:

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

##### 3) Обозначения на чертеже:

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

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

#### Варианты заданий:

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

	B	40	0	55		B	0	20	70		B	30	50	5
	C	0	45	10		C	30	45	0		C	10	20	60
	D	65	15	0		D	70	55	65		D	60	55	55
4	A	65	20	0	14	A	70	10	20	24	A	80	10	20
	B	40	5	55		B	50	45	50		B	45	70	0
	C	0	50	5		C	0	25	10		C	0	40	45
	D	70	65	55		D	60	55	0		D	10	15	0
5	A	60	60	10	15	A	65	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	15	55		B	10	0	20		B	25	5	5
	C	0	5	25		C	0	60	60		C	0	25	50
	D	10	45	55		D	35	5	70		D	60	10	55
6	A	60	65	20	16	A	70	20	0	26	A	75	25	5
	B	45	20	80		B	45	10	50		B	35	65	55
	C	5	10	10		C	0	10	20		C	0	0	25
	D	70	20	10		D	20	55	50		D	65	0	55
7	A	65	15	0	17	A	70	45	60	27	A	80	40	0
	B	40	0	55		B	40	55	0		B	0	70	20
	C	0	40	20		C	0	10	45		C	30	0	45
	D	55	60	50		D	65	0	15		D	70	65	55
8	A	60	65	30	18	A	65	0	20	28	A	65	10	20
	B	45	10	60		B	40	55	55		B	45	70	40
	C	5	10	20		C	0	5	50		C	10	45	0
	D	75	15	10		D	70	55	65		D	70	65	55
9	A	75	25	0	19	A	60	10	60	29	A	70	0	60
	B	30	5	50		B	45	55	15		B	40	5	20
	C	10	60	20		C	0	25	5		C	0	60	5
	D	60	55	55		D	10	55	45		D	45	50	5
10	A	80	20	10	20	A	60	20	65	30	A	65	60	45
	B	45	0	70		B	45	50	20		B	10	20	0
	C	0	45	40		C	5	10	10		C	0	20	10
	D	10	0	15		D	70	10	20		D	65	15	0

## 2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 (2 часа).

**Тема: «Способ замены плоскостей проекций и вращения»**

### 2.4.1 Цель работы:

- освоить способы замены плоскостей проекций и вращения;
- овладеть методикой решения задач преобразования способами замены плоскостей проекций и вращения.

### 2.4.2 Задачи работы:

- 1) Определить натуральную величину отрезка AS способом замены плоскостей проекций и вращения;
- 2) Перевести прямую АВ в проецирующее положение способом замены плоскостей проекций и вращения;

3) Перевести треугольник ABC в проецирующее положение способом замены плоскостей проекций и вращения;

4) Определить натуральный вид треугольника ABC способом замены плоскостей проекций и вращения.

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

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

### 2.4.4 Описание (ход) работы:

#### Правила оформления:

##### 1) Тип линий

- проекций отрезков прямых линий – сплошная основная;
- натуральной величины расстояния между прямыми AS и BC, проекции двугранного угла – сплошная основная цветным карандашом;
- осей координат, продолжений проекций – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{2}$ ;
- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$ .

##### 2) Размер шрифта на чертеже:

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

##### 3) Обозначения на чертеже:

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

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

#### Варианты заданий:

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



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

## 2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 (2 часа).

**Тема: «Проецирование гранных тел и тел вращения»**

### 2.5.1 Цель работы:

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

### 2.5.2 Задачи работы:

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

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

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

### 2.5.4 Описание (ход) работы:

**Правила оформления:**

1) *Тип линий*

- проекций отрезков прямых линий – сплошная основная;

- натурального размера фигуры сечения, секущей плоскости – сплошная основная цветным карандашом;

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

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

2) Размер шрифта на чертеже:

- буквенных и цифровых обозначений – 7;

- цифровая градуировка осей координат – 5.

3) Обозначения на чертеже:

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (A, B, C);

- секущей плоскости –  $\alpha$  (точки схода следов –  $X_{\alpha}$ ,  $Y_{\alpha}$ ,  $Z_{\alpha}$ );

- новых плоскостей проекций –  $\pi_4$ ,  $\pi_5$ .

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

#### Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1 призма	A	75	40	0	11 призма	A	80	40	0	21 призма	A	10	45	0
	B	40	75	0		B	45	70	0		B	70	35	0
	C	15	30	0		C	15	35	0		C	35	80	0
	X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	105	0	0		X <sub>оα</sub>	90	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	75		Z <sub>оα</sub>	0	0	80		Z <sub>оα</sub>	0	0	40
	h	75				h	60				h	75		
2 призма	A	75	30	0	12 призма	A	80	25	0	22 призма	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	X <sub>оα</sub>	130	0	0		X <sub>оα</sub>	125	0	0		X <sub>оα</sub>	135	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	90	0		Y <sub>оα</sub>	0	95	0		Y <sub>оα</sub>	0	70	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	60		Z <sub>оα</sub>	0	0	80		Z <sub>оα</sub>	0	0	60
	h	75				h	60				h	75		
3 призма	A	5	70	0	13 призма	A	10	10	0	23 призма	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	X <sub>оα</sub>	80	0	0		X <sub>оα</sub>	65	0	0		X <sub>оα</sub>	70	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	35		Z <sub>оα</sub>	0	0	45		Z <sub>оα</sub>	0	0	85
	h	65				h	45				h	85		
4 призма	A	0	0	0	14 призма	A	15	0	55	24 призма	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	X <sub>оα</sub>	115	0	0		X <sub>оα</sub>	130	0	0		X <sub>оα</sub>	90	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	60	0		Y <sub>оα</sub>	0	90	0		Y <sub>оα</sub>	0	50	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</sub>	0	0	110		Z <sub>оα</sub>	0	0	95
	h	60				h	90				h	55		
5 призма	A	10	0	10	15 призма	A	85	0	70	25 призма	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	X <sub>оα</sub>	85	0	0		X <sub>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	75	0	0

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

### Варианты заданий:

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

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

## 2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 (2 часа).

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

### 2.6.1 Цель работы:

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

### 2.6.2 Задачи работы:

- 1) Выполнить основные виды детали.

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

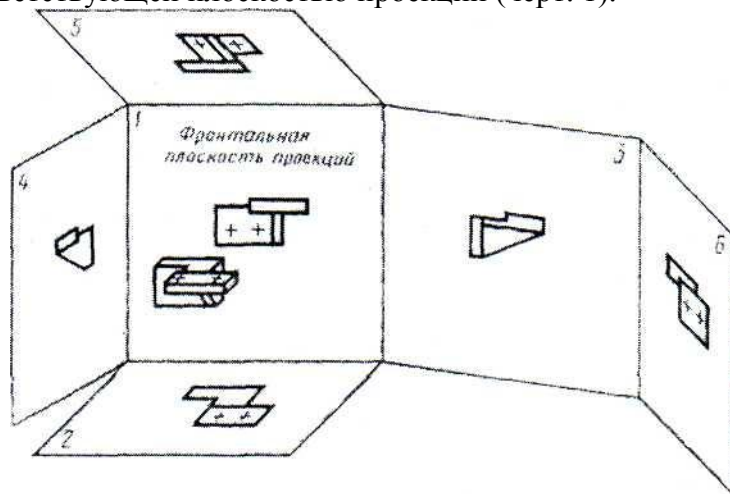
1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

### 2.6.4 Описание (ход) работы:

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

#### 1. Общие сведения о изображениях.

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

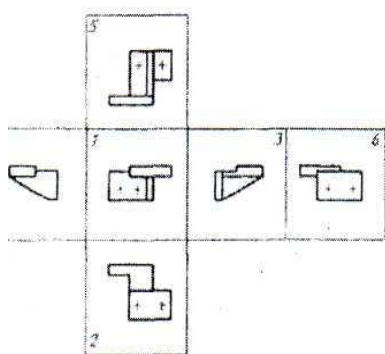


Черт. 1

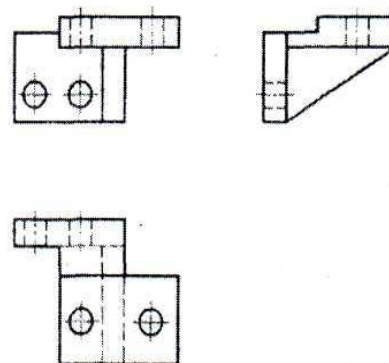
За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани совмещают с плоскостью, как показано на черт. 2. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4.

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

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



Черт. 2



Черт. 3

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

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

## 2. Виды.

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

- 7 - вид спереди (главный вид);
- 8 - вид сверху;
- 9 - вид слева;
- 10- вид справа;
- 11- вид снизу;
- 12- вид сзади.

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

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

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

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

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

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

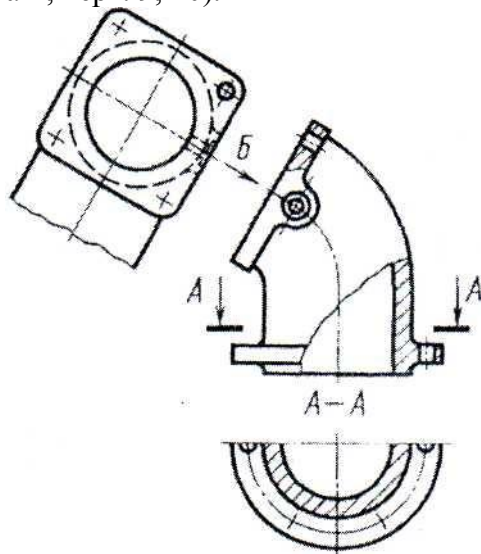
В строительных чертежах независимо от взаимного расположения видов допускается надписывать название и обозначение вида без указания направления взгляда стрелкой, если направление взгляда определяется названием или обозначением вида.

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на перечисленных в п. 2.1 видах без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды,

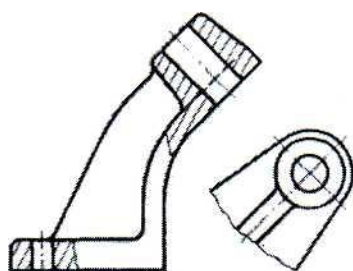
получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций (черт. 9—11).

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

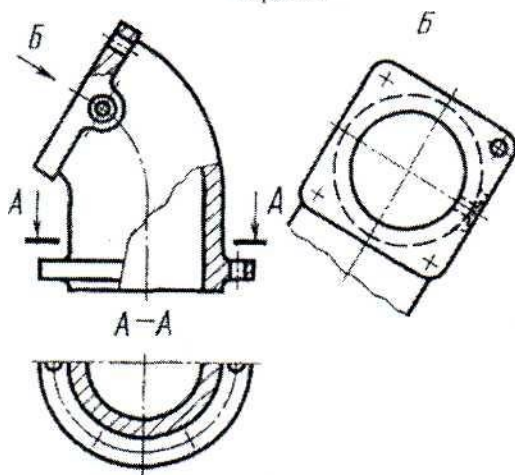
(стрелка Б, черт. 9, 10).



Черт. 10



Черт. 11



Черт. 9

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

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

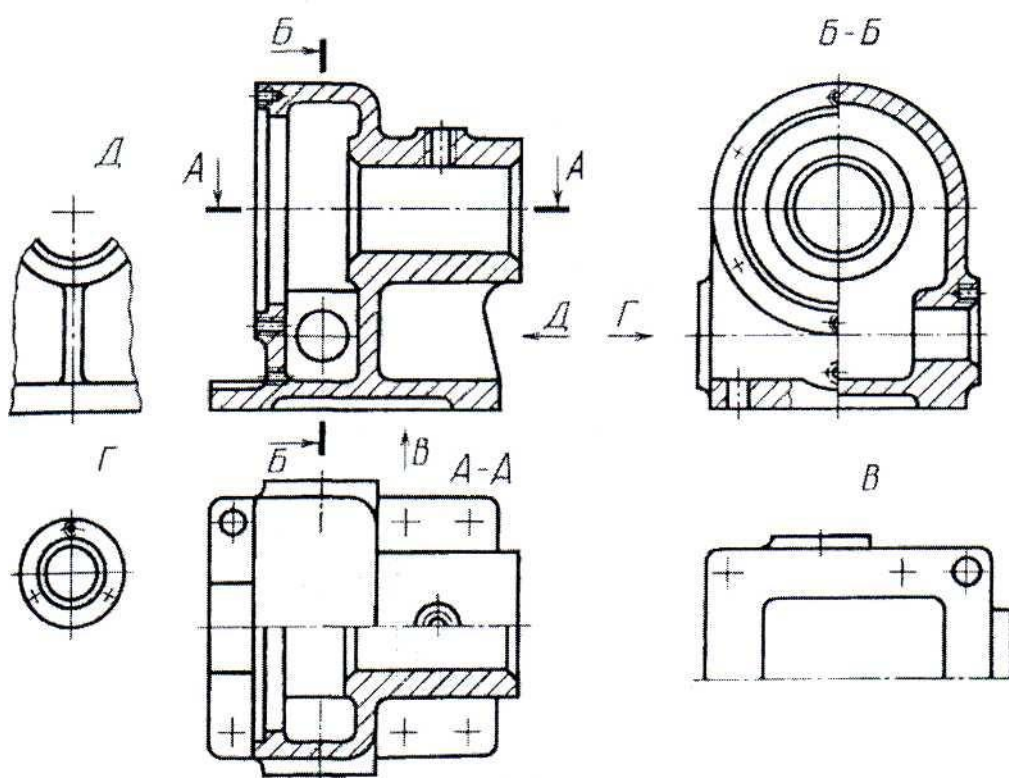
Дополнительный вид допускается поворачивать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением  $\angle 0$ . При необходимости указывают угол поворота (черт. 12).

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

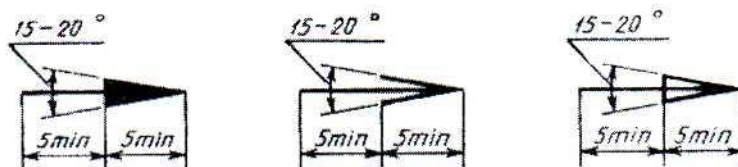
Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется местным видом (вид Г, черт. 8; вид Д черт. 13).

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

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



Черт. 13



Черт. 14



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

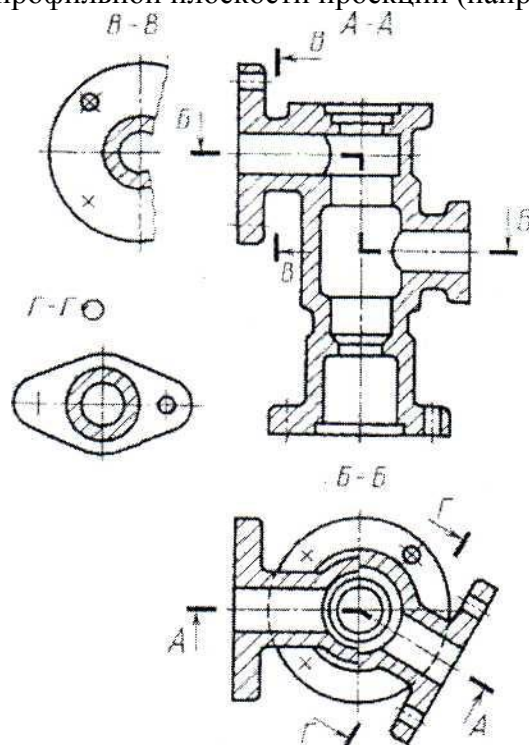
горизонтальные - секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез А-А, черт. 13, разрез В-В, черт. 15). В строительных чертежах горизонтальным разрезам могут присваиваться другие названия, например, «план»;

вертикальные - секущая плоскость перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекции (например, разрез на месте главного вида, черт. 13; разрезы А-А, В-В, Г-Г, черт. 15);

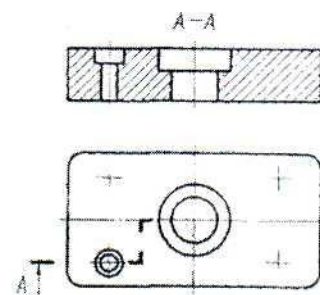
наклонные - секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого, (например разрез В-В, черт. 8).

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

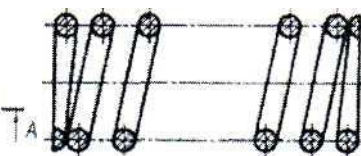
Вертикальный разрез называется фронтальным, если секущая плоскость, параллельная фронтальной плоскости проекций (например, разрез, черт. 5; разрез А-А, черт. 16), и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (например, разрез В-В, черт. 13)



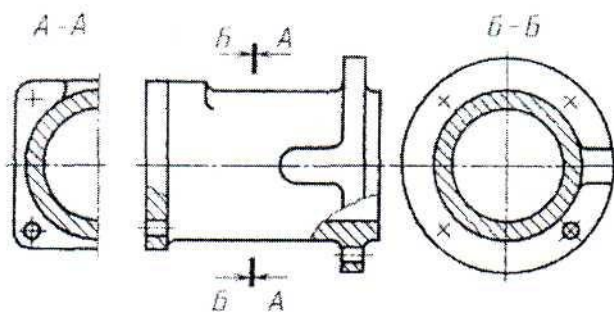
Черт. 15



Черт. 16



Черт. 17



Черт. 18

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

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

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения. Для линии сечения должна применяться разомкнутая линия. При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда (черт. 8 - 10, 13, 15); стрелки должны наноситься на расстоянии 2-3 мм от конца штриха.

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

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

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

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

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

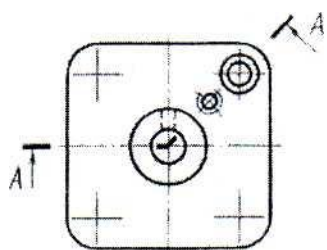
Фронтальным и профильным разрезам, как правило, придают положение, соответствующее принятому для данного предмета на главном изображении чертежа (черт. 12).

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

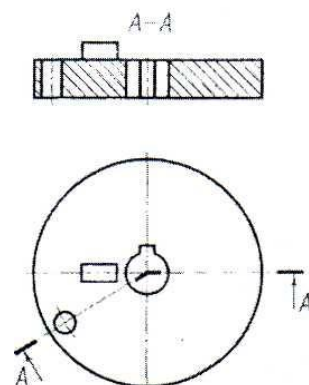
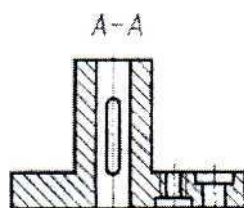
Вертикальный разрез, когда секущая плоскость не параллельна фронтальной или профильной плоскости проекций, а также наклонный разрез должны строиться и располагаться в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения.

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

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

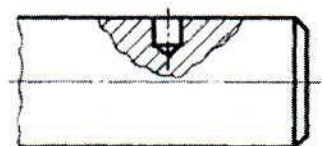


Черт. 19

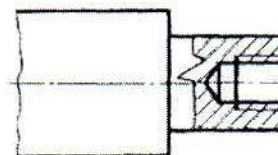


Черт. 20

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



Черт. 21

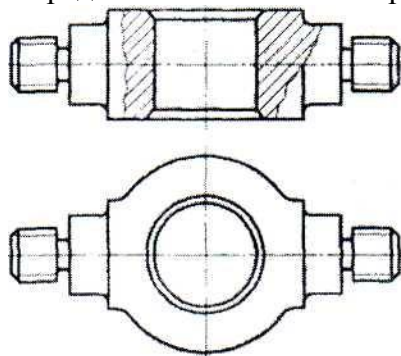


Черт. 22

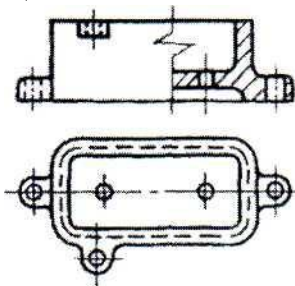
Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченно месте, называется местным.

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

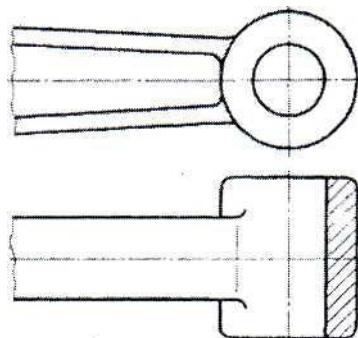
Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией или сплошной тонкой линией с изломом (черт. 23, 24, 25). Если при этом соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметрично фигурой, то разделяющей линией служит ось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



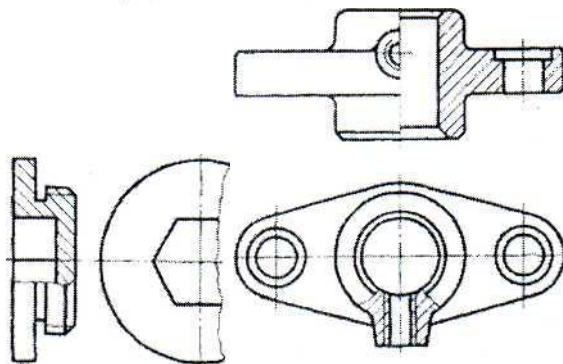
Черт. 23



Черт. 24



Черт. 27



Черт. 25

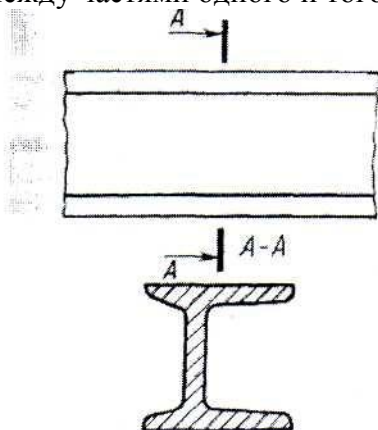
Черт. 26

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

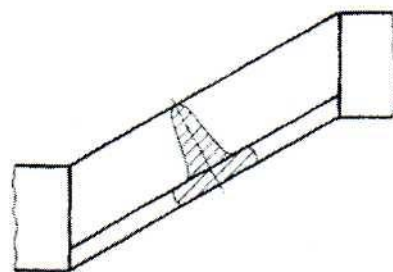
Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на:

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

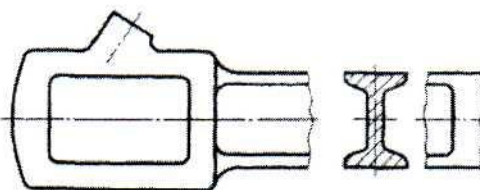
Вынесенные сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрезе между частями одного и того же вида (черт. 30).



Черт. 28



Черт. 29



Черт. 30

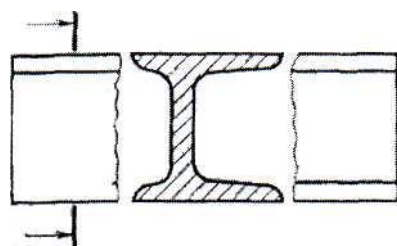
Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения - сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (черт. 13, 28, 29).

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

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

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

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



Черт. 31

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

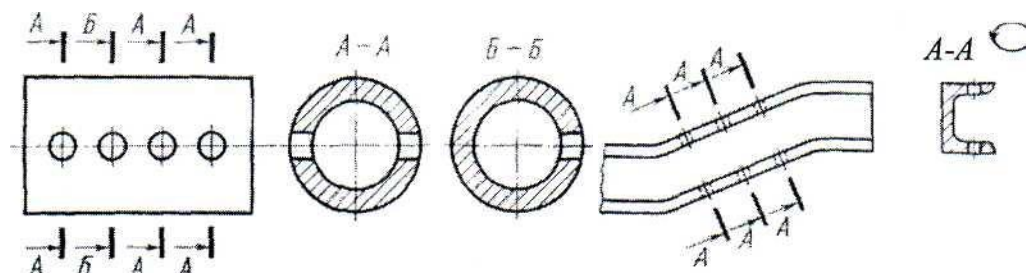
Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (черт. 28). Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением условного графического обозначения.

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

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

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

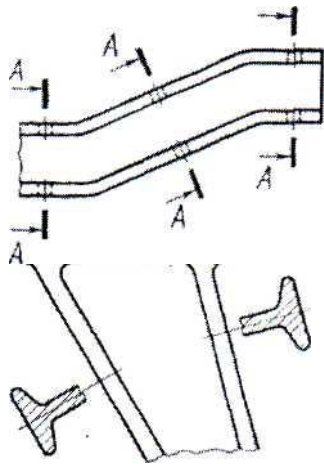
Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (черт. 36).



Черт. 33

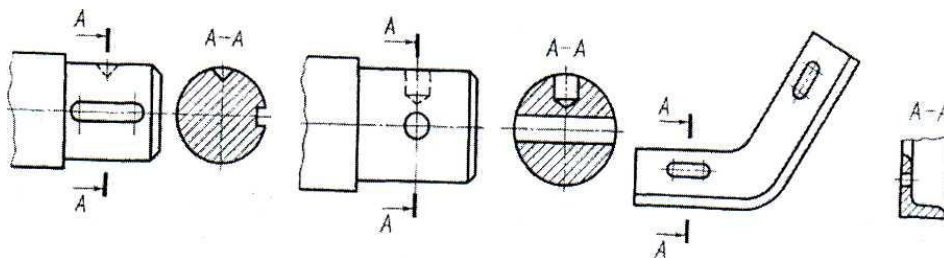
Черт. 34





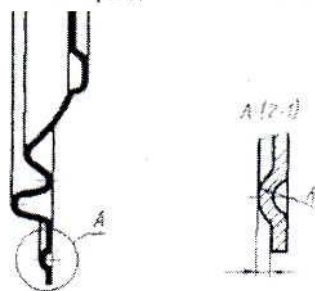
Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (черт. 37).

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



Черт. 37

Черт. 38



Черт. 39

### 3. Выносные элементы

Выносной элемент - дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического или других пояснений в отношении формы, размеров и иных данных. Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию (например, изображение может быть видом, а выносной элемент - разрезом). При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией - окружностью, овалом и т.п. с обозначением выносного элемента прописной буквой или сочетанием прописной буквы с арабской цифрой на полке линии-выноски. Над изображением выносного элемента указывают обозначение и масштаб, в котором он выполнен (черт. 39). В строительных чертежах выносной элемент на изображении допускается также отмечать фигурной или квадратной скобкой или графически не отмечать. У изображения, откуда элемент выносится, и у выносного элемента допускается

также наносить присвоенное выносному элементу буквенное или цифровое (арабскими цифрами) обозначение и название. Выносной элемент располагают возможно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

## **2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 (2 часа).**

**Тема: «Шпилечные соединения»**

### **2.7.1 Цель работы:**

- научиться выполнять расчет и подбор шпилечного соединения.

### **2.7.2 Задачи работы:**

- 1) Познакомиться с составом шпилечного соединения;
- 2) Рассчитать и подобрать шпилечное соединение.

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

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

### **2.7.4 Описание (ход) работы:**

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

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

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

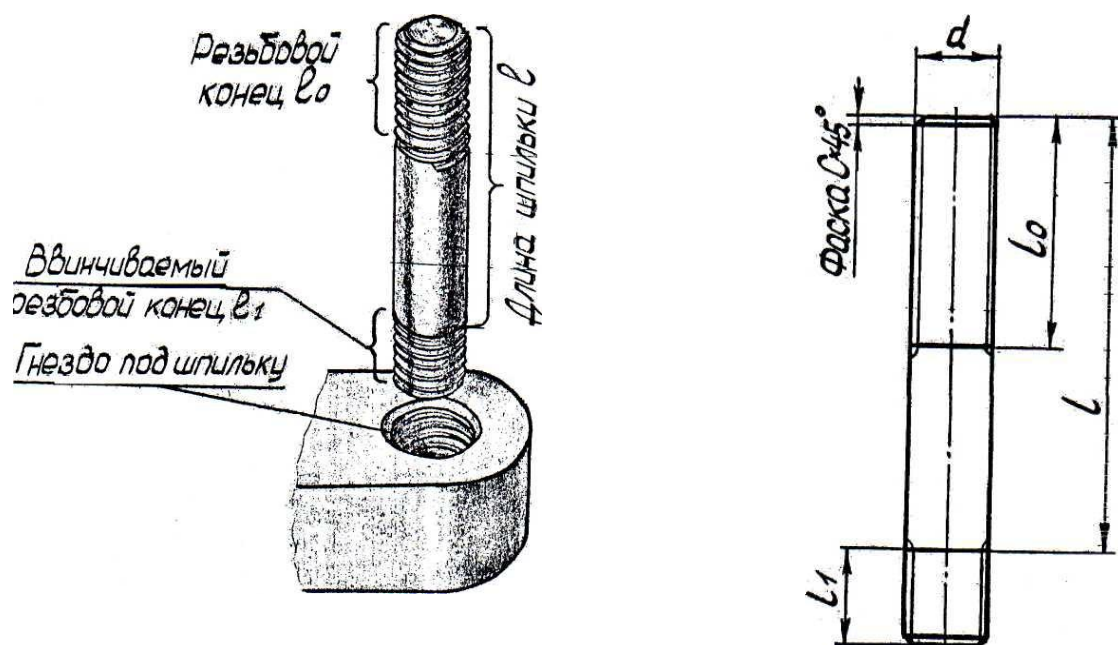


Рис. 7

концом и предназначен для навинчивания на него гайки при соединении скрепляемых деталей. Под длиной шпильки понимается длина стержня без ввинчиваемого резьбового конца. Длина резьбового (гаечного) конца может иметь различные значения, определяемые диаметром резьбы  $d_1$  высотой гайки, толщиной шайбы.

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

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

Технологическая последовательность выполнения отверстия с резьбой под шпильку, и порядок сборки шпильечного соединения следующие: Вначале сверлят отверстие диаметром  $d_1$ . На учебных чертежах принимается равным  $0,85 d$  на глубину  $l_2 - l_1 + 6P$  ( $P$  - шаг резьбы). Отверстие заканчивается с конической поверхностью с углом конуса  $120^\circ$ .

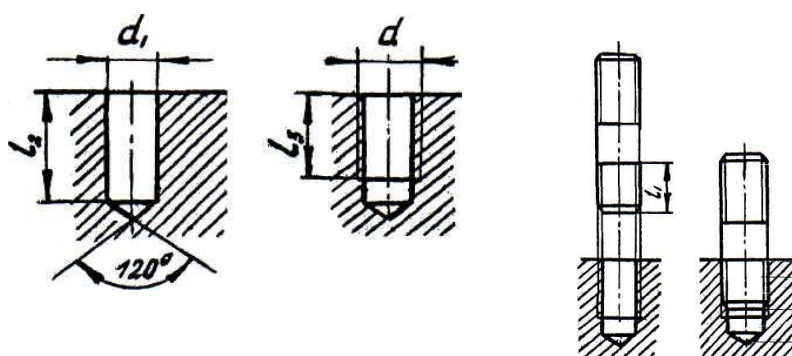


Рис. 8

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

Рассмотрим пример вычерчивания шпильечного соединения, если известно, что диаметр резьбового отверстия M12. Толщина одной из скрепляемых деталей, в которой имеется сквозное отверстие  $d=13$  мм, равна 19 мм. Условно будем считать, что скрепляемые детали стальные, т.е. длина посадочного конца будет равна диаметру резьбы, или 12 мм.



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

Шаг резьбы  $P = 1,75$  мм

Диаметр стержня  $d_j = 12$  мм.

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

Диаметр описанной окружности  $e = 20,9$  мм.

Высота  $t = 10$  мм.

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

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

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

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

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

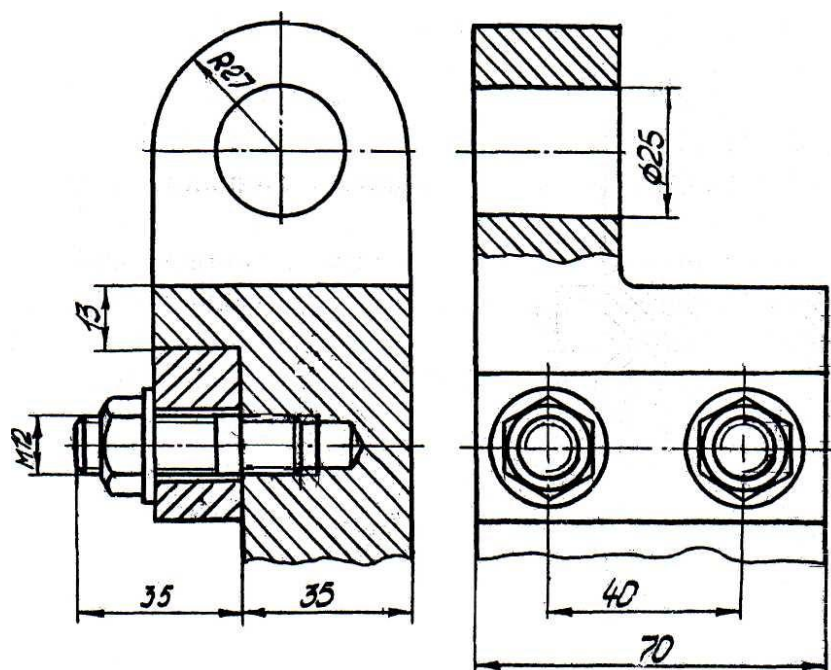


Рис.10