

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Кафедра «Проектирование и управление в технических системах»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.11 «Начертательная геометрия. Инженерная графика»**

Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Профиль образовательной программы «Безопасность жизнедеятельности в  
техносфере»

Форма обучения очная

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций</b>	.....4
<b>1.1 Лекция № 1</b> ГОСТ 2.306-68 Изображения – виды	.....4
<b>1.2 Лекция № 2</b> ГОСТ 2.306-68 Изображения – разрезы, сечения	.....8
<b>1.3 Лекция №3</b> ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции	.....14
<b>1.4 Лекция №4</b> Сопряжения, лекальные кривые	.....25
<b>1.5 Лекция №5</b> ГОСТ 2.311-68 Изображение резьбы	.....35
<b>1.6 Лекция №6</b> Сопряжения, лекальные кривые	.....46
<b>1.7 Лекция №7</b> Конструкторская документация	.....55
<b>1.8 Лекция №8</b> Методы проецирования. Метод Монжа	.....59
<b>1.9 Лекция №9</b> Проецирование прямой линии. Следы прямой линии	.....64
<b>1.10 Лекция №10</b> Плоскость. Пересечение плоскостей	.....69
<b>1.11 Лекция №11</b> Взаимное положение прямой линии и плоскости	.....74
<b>1.12 Лекция №12</b> Способ замены плоскостей проекций	.....79
<b>1.13 Лекция №13</b> Способ вращения	.....81
<b>1.14 Лекция №14</b> Проецирование гранных тел	.....85
<b>1.15 Лекция №15</b> Проецирование тел вращения	.....88
<b>1.16 Лекция №16</b> Компьютерное моделирование	.....95

2. Методические указания по выполнению лабораторных работ .....	98
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 ГОСТ 2.305-68 Изображения-виды.....	98
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 ГОСТ 2.305-68 Изображения-разрезы.....	106
2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции.....	112
2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Сопряжения, лекальные кривые.....	115
2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 ГОСТ 2.311-68 Изображение резьбы.....	123
2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 Болтовые соединения.....	137
2.7 Лабораторная работа № ЛР-7-8 Конструкторская документация.....	141
2.8 Лабораторная работа № ЛР-9 Метод Монжа.....	146
2.9 Лабораторная работа № ЛР-10 Проецирование прямой линии.....	147
2.10 Лабораторная работа № ЛР-11 Плоскость.....	150
2.11 Лабораторная работа № ЛР-12 Пересечение плоскостей.....	151
2.12 Лабораторная работа № ЛР-13 Взаимное положение прямой линии и плоскости.....	154
2.13 Лабораторная работа № ЛР-14 Способ замены плоскостей проекций.....	156
2.14 Лабораторная работа № ЛР-15 Компьютерное моделирование.....	158
2.15 Лабораторная работа № ЛР-16 Проецирование гранных тел.....	163
2.16 Лабораторная работа № ЛР-17 Проецирование тел вращения.....	169

<b>3. Методические указания по проведению семинарских занятий</b>	
.....	174
<b>3.1 Семинарское занятие № С-1 Правила оформления чертежей</b>	
.....	174
<b>3.2 Семинарское занятие № С-2 ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды</b>	
.....	189
<b>3.3 Семинарское занятие № С-3 ГОСТ 2.305-68 Изображения – сечения</b>	
.....	196
<b>3.4 Семинарское занятие № С-4 Аксонометрические проекции</b>	
.....	199
<b>3.5 Семинарское занятие № С-5 Сопряжения, лекальные прямые</b>	
.....	203
<b>3.6 Семинарское занятие № С-6 Шпильные соединения</b>	
.....	211
<b>3.7 Семинарское занятие № С-7 Винтовые соединения</b>	
.....	213
<b>3.8 Семинарское занятие № С-8 Конструкторская документация</b>	
.....	215
<b>3.9 Семинарское занятие № С-9 Понятие о компьютерной графике</b>	
.....	235
<b>3.10 Семинарское занятие № С-10 Методы проецирования</b>	
.....	241
<b>3.11 Семинарское занятие № С-11 Метод Монжа</b>	
.....	244
<b>3.12 Семинарское занятие № С-12 Следы прямой линии</b>	
.....	247
<b>3.13 Семинарское занятие № С-13 Плоскость</b>	
.....	250
<b>3.14 Семинарское занятие № С-14 Пересечение плоскостей</b>	
.....	253
<b>3.15 Семинарское занятие № С-15 Взаимное положение прямой линии и плоскости</b>	
.....	256
<b>3.16 Семинарское занятие № С-16 Способ замены плоскостей проекций</b>	
.....	258



3.17	Семинарское	занятие	№	С-17	Способ
	вращения.....				262
3.18	Семинарское занятие № С-18	Проецирование	гранных тел.....		
					265

## 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

### 1. 1 Лекция №1 (2 часа).

**Тема: «ГОСТ 2.306-68 Изображения – виды»**

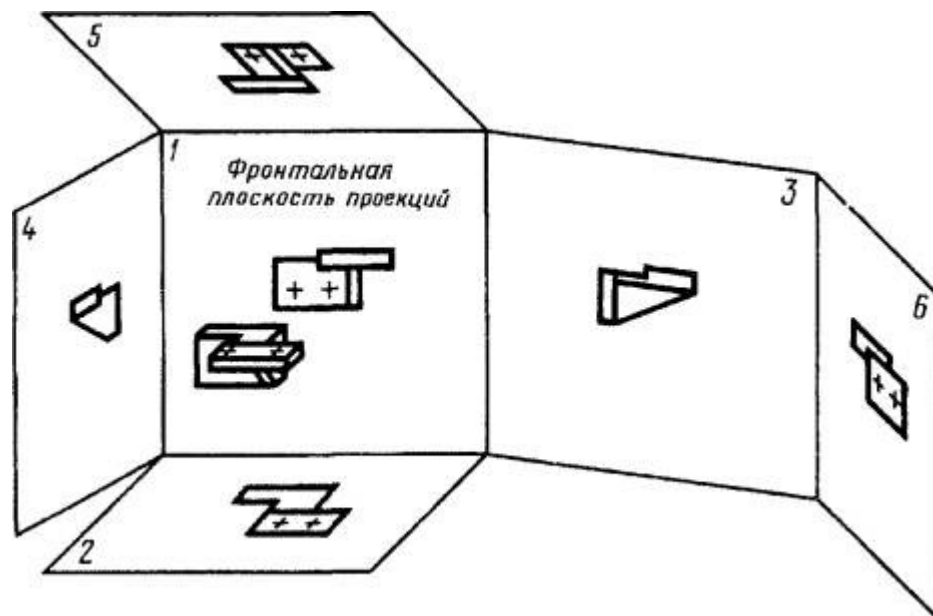
#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Основные положения и определения.
2. Основные виды.
3. Дополнительный вид.
4. Местный вид.

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. Основные положения и определения.

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

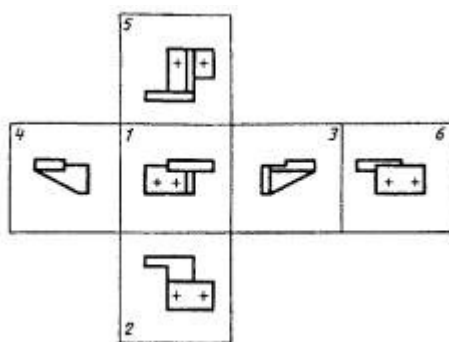


Черт. 1

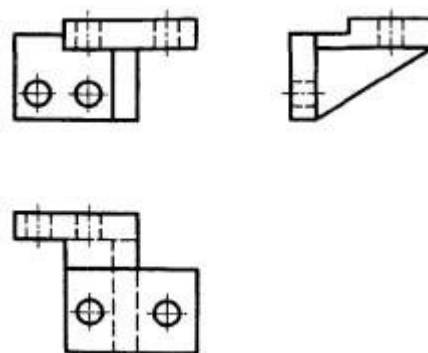
1.2. За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани совмещают с плоскостью, как показано на черт. 2. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4.

1.3. 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.

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

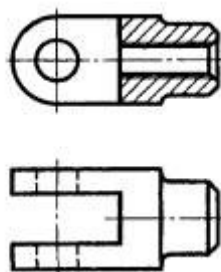


Черт. 2



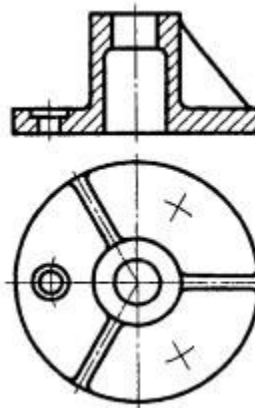
Черт. 3

1.5. 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).



Черт. 4

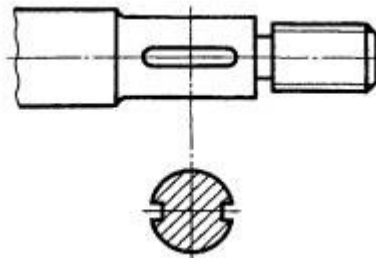
1.6 Разрез - изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (черт. 4). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (черт. 5).



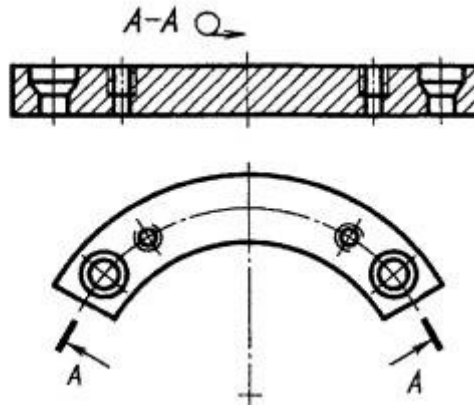
Черт. 5

1.7. Сечение - изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (черт. 6). На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (черт. 7).



Черт. 6



Черт. 7

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

1.8. 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. Основные виды.

*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.

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».

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.

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.

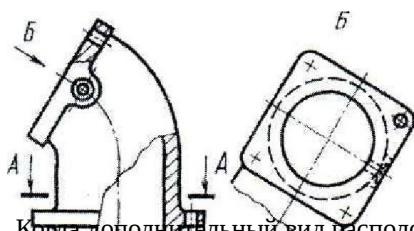
В строительных чертежах допускается направление взгляда указывать двумя стрелками (аналогично указанию положения секущих плоскостей в разрезах).

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.

### 3 Дополнительный вид.

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на перечисленных 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).

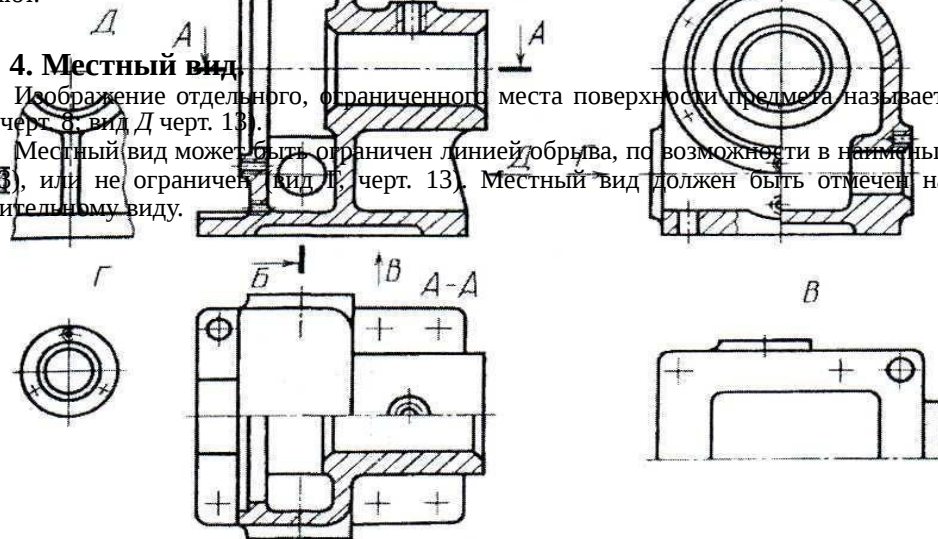


Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (черт. 11).

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

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

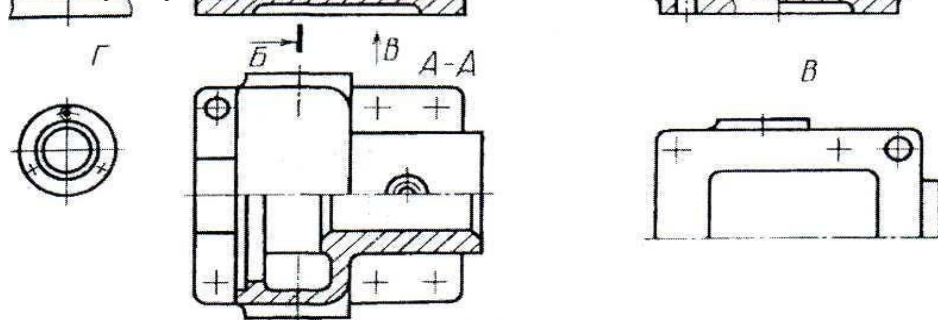
Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один вид. Если при этом связанные с дополнительным видом части предмета расположены под различными углами, то к обозначению вида условное графическое обозначение не добавляют.



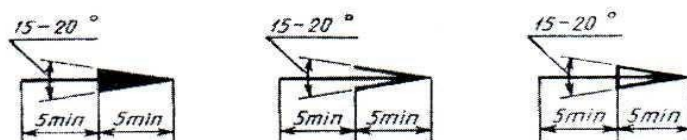
### 4. Местный вид.

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



Черт. 13



Черт. 14

## 1. 1 Лекция №2 (2 часа).

### Тема: «ГОСТ 2.306-68 Изображения – разрезы, сечения»

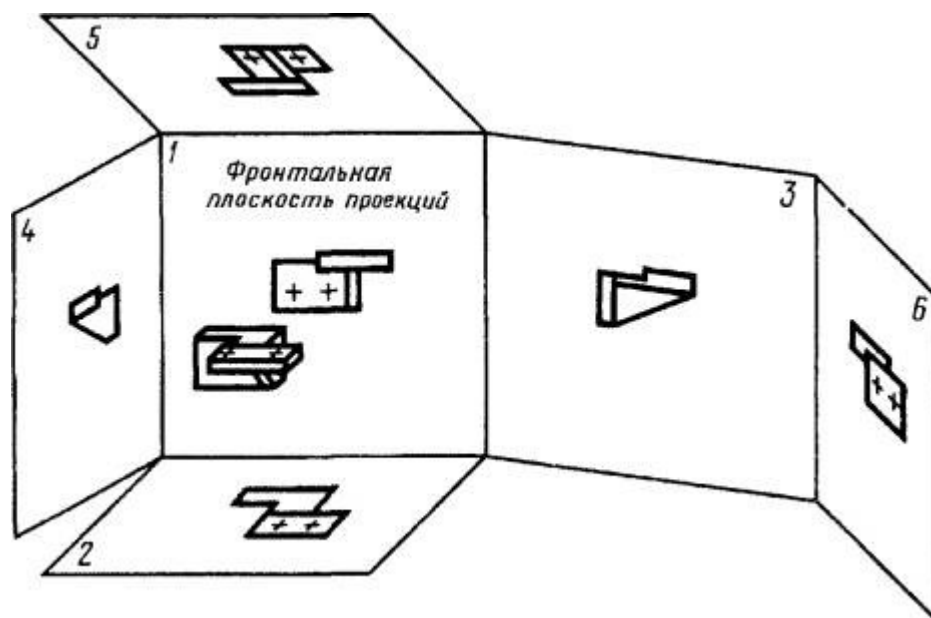
#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Основные положения и определения.
2. Разрезы.
3. Сечения.

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. Основные положения и определения.

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

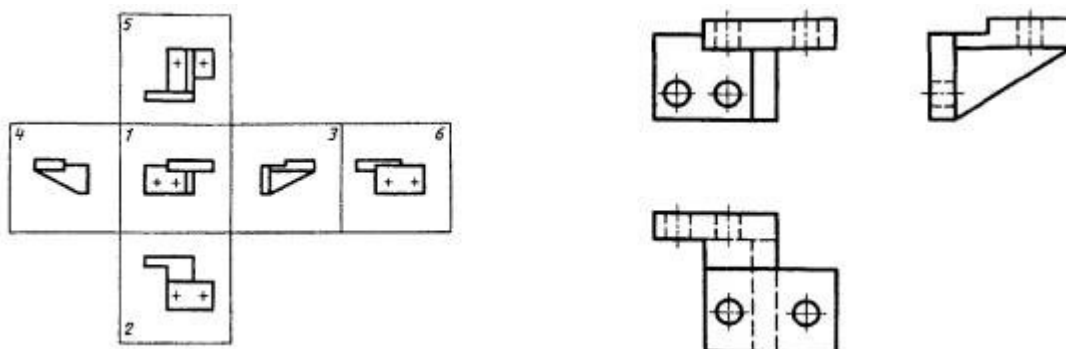


Черт. 1

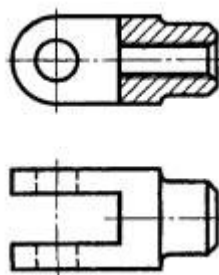
1.2. За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани совмещают с плоскостью, как показано на черт. 2. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4.

1.3 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.

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

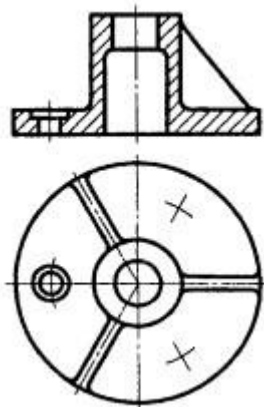


1.5. Вид - изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий (черт. 3).



Черт. 4

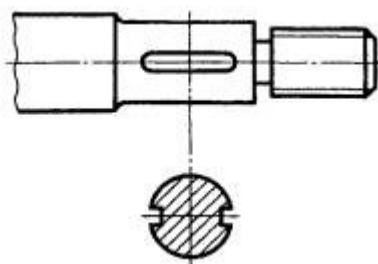
1.6 Разрез - изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (черт. 4). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (черт. 5).



Черт. 5

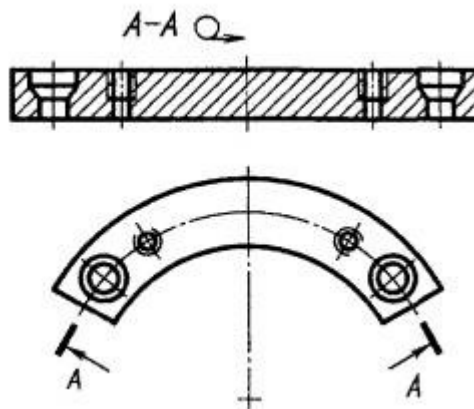
1.7 Сечение - изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (черт. 6). На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (черт. 7).



Черт. 6





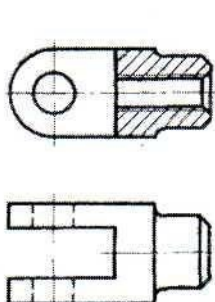
Черт. 7

**(Измененная редакция, Изм. № 2).**

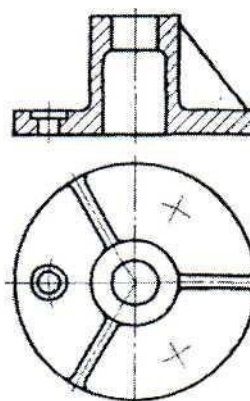
1.8. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

## 2. Разрезы.

*Разрез* - изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (черт. 4). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (черт. 5).

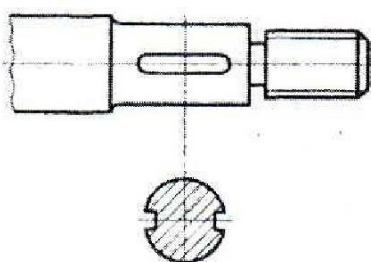


Черт. 4

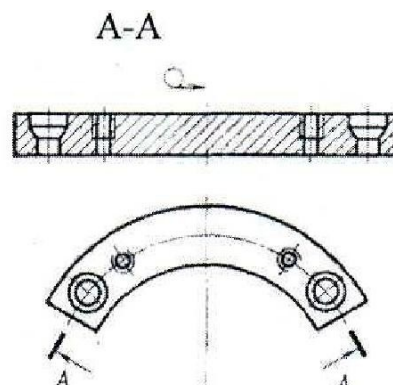


Черт. 5

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (черт. 7).



Черт. 6



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.

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

горизонтальные - секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций. В строительных чертежах горизонтальным разрезам могут присваиваться другие названия, например, «план»;

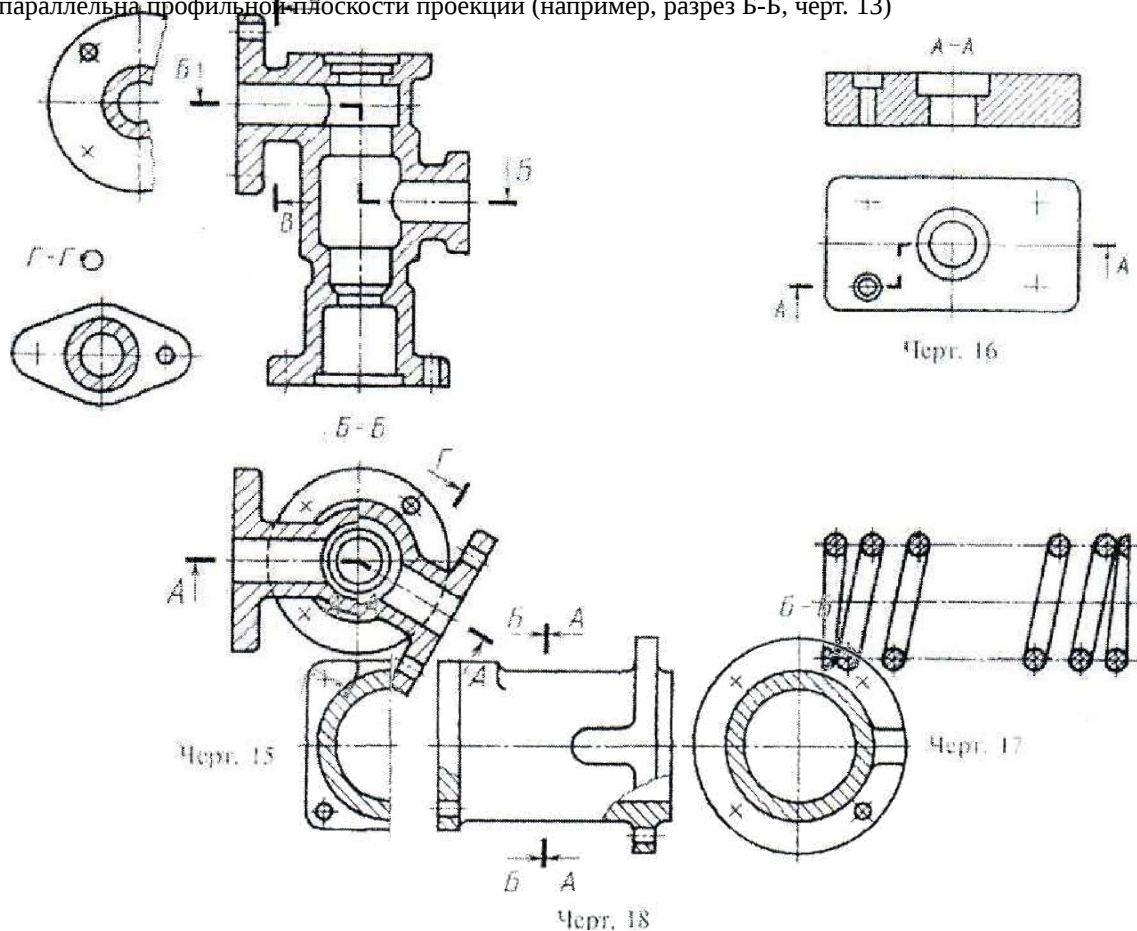
вертикальные - секущая плоскость перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекции;

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

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на: простые - при одной секущей плоскости.

сложные - при нескольких секущих плоскостях.

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).

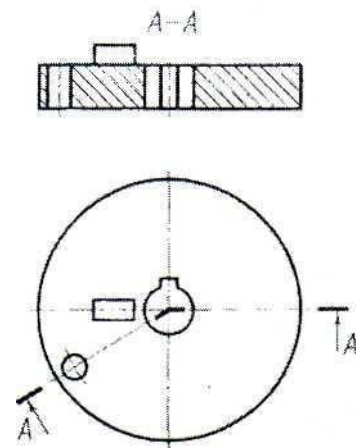
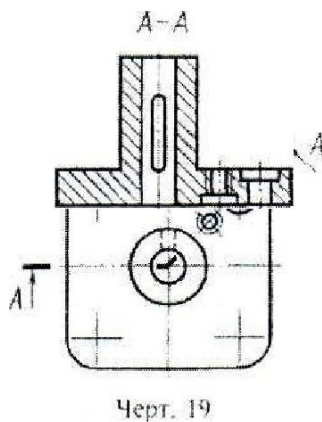
Фронтальным и профильным разрезам, как правило, придают положение, соответствующее принятому для данного предмета на главном изображении чертежа (черт. 12).

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

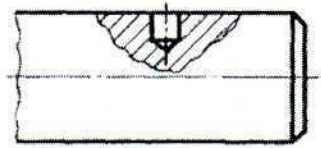
Вертикальный разрез, когда секущая плоскость не параллельна фронтальной или профильной плоскости проекций, а также наклонный разрез должны строиться и располагаться в соответствии с направлением, указанным стрелками на линии сечения.

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).

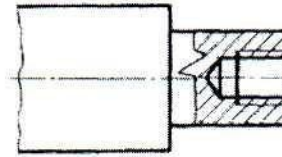
При ломаных разрезах  секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда (черт. 19).



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

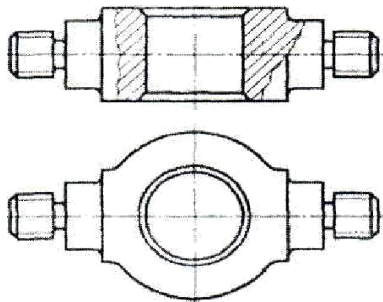


Черт. 22

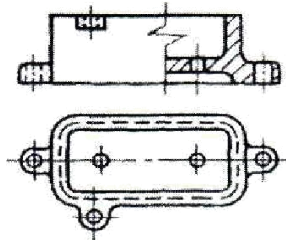
Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченно месте, называется местным.

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

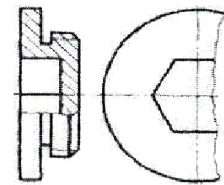
Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией или сплошной тонкой линией с изломом (черт. 23, 24, 25). Если при этом соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметрично фигурой, то разделяющей линией служит ось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



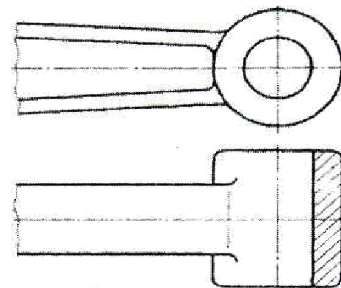
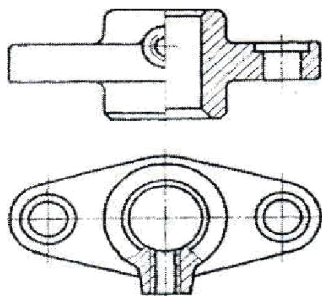
Черт. 23



Черт. 24



Черт. 25



Черт. 27

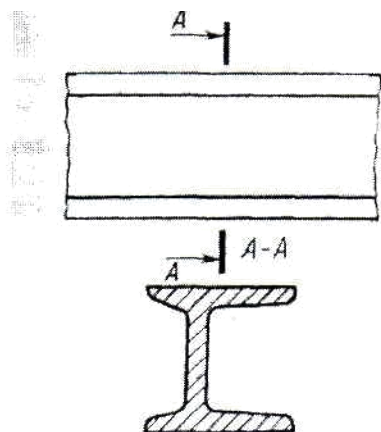
Допускается соединять четверть вида и четверти трех разрезов: четверть вида, четверть одного разреза и половину другого и т. п. при условии, что каждое из этих изображений в отдельности симметрично.

### 3 Сечения.

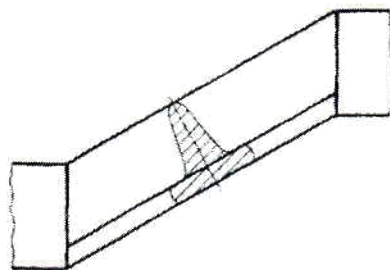
*Сечение* — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости. Сечения, не входящие в состав разреза, разделяют на:

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

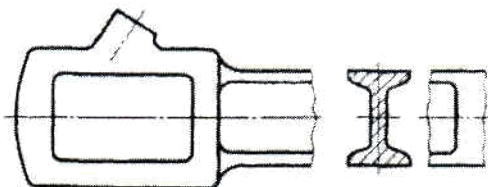
Вынесенные сечения являются предпочтительными и их допускается располагать в разрезе между частями одного и того же вида (черт. 30).



Черт. 28



Черт. 29



Черт. 30

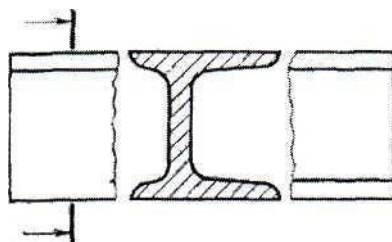
Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения - сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (черт. 13, 28, 29).

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.

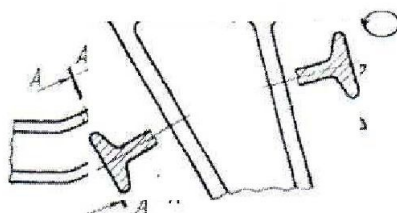
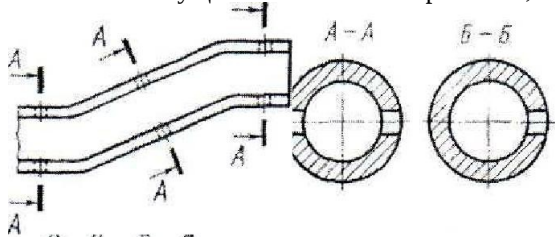
Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (черт. 28). Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением условного графического обозначения.

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.

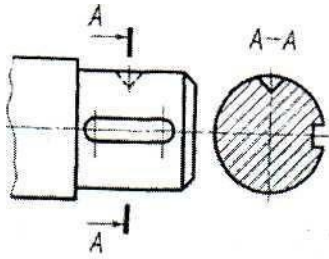
Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (черт. 36).



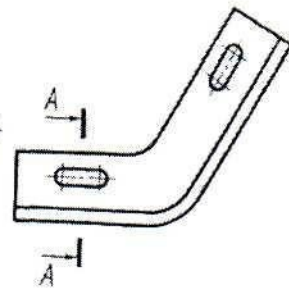
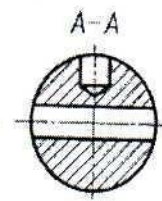
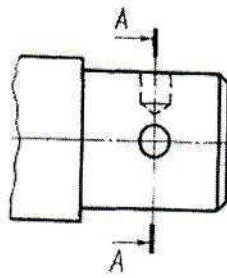
Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (черт. 37).

Черт. 34

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



Черт. 37



Черт. 38

## 1. 1 Лекция №3 (2 часа).

### Тема: «ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции»

#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Прямоугольные проекции.
2. Косоугольные проекции.
3. Условности и нанесение размеров.

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Прямоугольные проекции.

Прямоугольная изометрическая проекция

Коэффициент искажения в прямоугольной изометрии вычисляется по формуле  $k^2 + m^2 + n^2 = 2$ , которая при  $k = m = n$  приобретает вид:  $3k^2 = 2$ ,

откуда  $k = 0,82$ . Как видно, уравнение  $k^2 + m^2 + n^2 = 2$  при  $k = m = n$  имеет только одно решение. А это означает, что существует всего лишь одна прямоугольная изометрия и ей соответствуют коэффициенты  $k = m = n = 0,82$ .

Из теоремы о треугольнике следов говорится, что высоты треугольника следов совпадают с аксонометрическими осями системы, соответствующей данному треугольнику. Следовательно, углы между аксонометрическими осями в прямоугольной изометрической проекции одинаковые и равны  $120^\circ$  (рис. 4. а).

$$k = m = n = 0,82$$

$$k_0 = m_0 = n_0 = 1$$

$$O_1M_1, O_2M_2, O_3M_3 = 0,58R$$

$$O_1M_1, O_2M_2, O_3M_3 = 0,71R$$

$$O_1N_1, O_2N_2, O_3N_3 = R$$

$$O_1N_1, O_2N_2, O_3N_3 = 1,22R$$

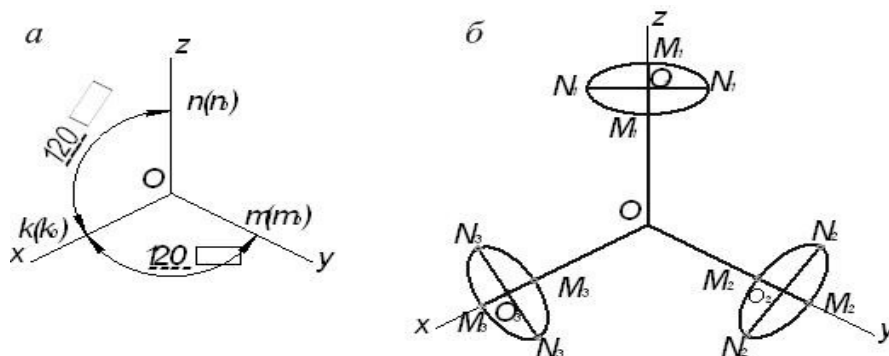


Рис. 4. Прямоугольная изометрическая проекция: а – расположение осей и коэффициент искажения в прямоугольной изометрической проекции; б – окружности в прямоугольной изометрической проекции

Так как треугольник следов в прямоугольной изометрии равносторонний и высоты его пересекаются между собой под углом в  $120^\circ$ , то окружности, лежащие в плоскостях, параллельных координатным плоскостям,  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ , проецируются в виде эллипсов одинакового соотношения больших и малых осей (рис. 4, б). Большая полуось таких эллипсов равна радиусу  $R$  изображаемой окружности, а малая –  $0,58 R$ . В практике построения прямоугольных изометрических проекций допускается применять не дробные действительные коэффициенты искажения  $k = m = n = 0,8$ , а округленные до единицы или, как их принято называть, *приведенные коэффициенты искажения*  $k_0 = m_0 = n_0 = 1$ .

Наглядное изображение, построенное по приведенным коэффициентам, увеличивается в 1,22 раза ( $1:0,82 = 1,22$ ) по сравнению с действительным изображением, соответствующим коэффициентам искажения 0,82.

При таком увеличении большие полуоси эллипсов, показанных на рис. 7, равны  $1,22 R$ , а малые –  $0,71 R$ .

Прямоугольные изометрические проекции с действительными и приведенными коэффициентами искажения рекомендуются государственным стандартом (ГОСТ 2.317-69) для применения в техническом черчении.

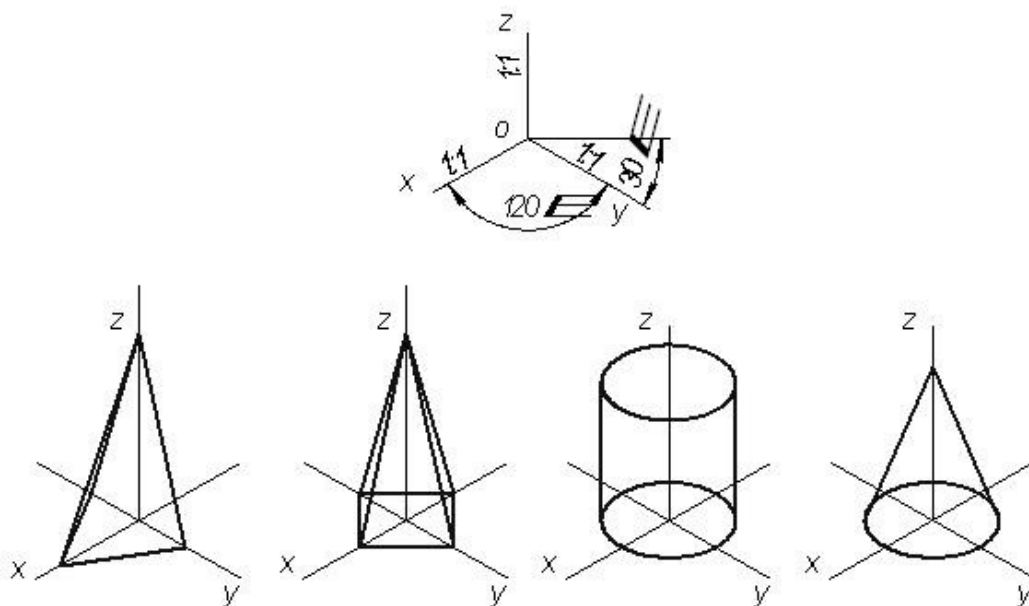


Рис 5. Примеры изометрических проекций геометрических тел

#### Пример построения изображения в прямоугольной изометрии.

**Пример №1** – эллипсы, их большие оси расположены под углом  $90^\circ$  к осям  $y, z, x$  соответственно и равны (при коэффициенте искажения – 1)  $1,22d$ , а малые оси –  $0,71d$ , где  $d$  – диаметр окружности (рис.6, 7, 8).

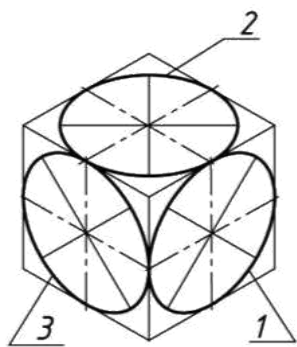


Рис. 6. Изображение окружности в изометрии

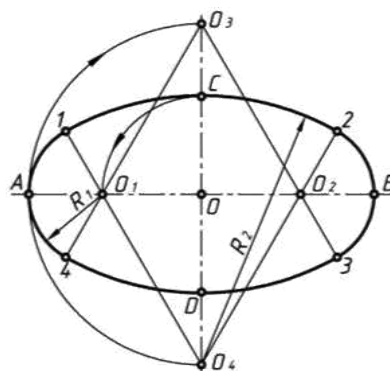


Рис. 7. Построение овала

Построение эллипсов в изометрической проекции окружности можно заменить построением овалов. Следует отметить, что очертание любого циркульного овала не совпадает с очертанием эллипса, имеющего такие же оси, хотя и приближается к нему. Один из способов построения овала приведен на рис. 7.

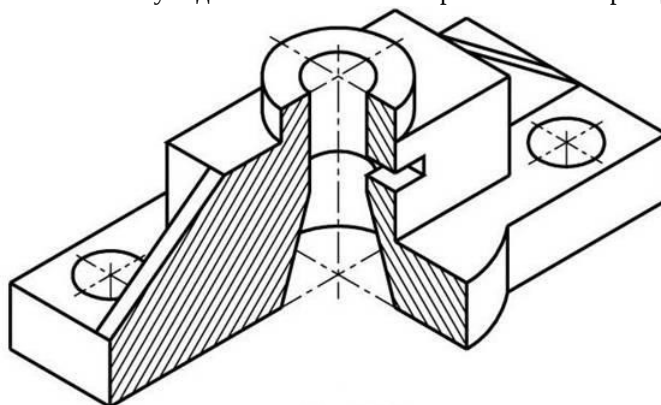


Рис. 8. Изображение детали в прямоугольной изометрии

#### Прямоугольная диметрическая проекция.

Для каждой диметрической проекции исходным условием является равенство двух коэффициентов искажения. Рассмотрим случай, когда  $k = n \neq m$ . Если принять, что в этом случае  $m = dk$  и  $d$  есть некоторое положительное число. Назовем его *показателем диметрии*, то из основного уравнения  $k^2 + m^2 + n^2 = 2$ , которое примет вид  $2k^2 + d^2k^2 = 2$ , можно получить формулы для вычисления коэффициентов искажения по заданному показателю диметрии:

$$k = n = \sqrt{\frac{2}{2+d^2}}, \quad m = d \sqrt{\frac{2}{2+d^2}}.$$

Стандарт (ГОСТ 2.317-69) рекомендует для практического применения прямоугольную диметрическую проекцию с показателем  $d = 0,5$ . Такому значению  $d$  соответствуют коэффициенты искажения  $k = n = 0,94$  и  $m = 0,47$  вычисленные по вышеуказанной формуле.

Углы между аксонометрическими осями, а точнее угол

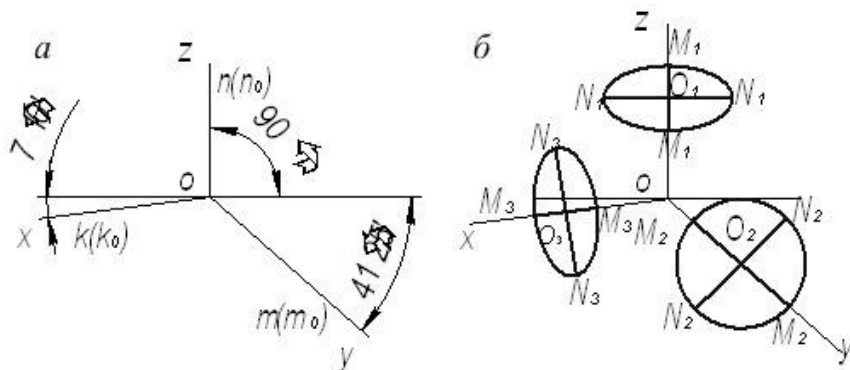
$$\alpha_x = 71^\circ 10' \quad \alpha_y = 41^\circ 25' \quad \text{и}$$

$$\cos \alpha_x = \frac{\sqrt{1-m^2}}{kn} \quad \text{и} \quad \cos \alpha_y = \frac{\sqrt{1-k^2}}{mn}$$

которые вычисляются по формулам

Расположение осей прямоугольной диметрической проекции на рис. 6, а.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскости координат  $\Pi_2$ , изображаются в виде эллипсов, большие полуоси которых равны  $R$ , а малые –  $0,9R$  (рис. 9, б). В практике построения прямоугольных диметрических проекций рекомендуется пользоваться коэффициентами искажения  $k_0 = n_0 = 1$  и  $m_0 = 0,5$ .



$$k = n = 0,94; \quad m = 0,47$$

$$O_1M_1, O_3M_3 = 0,33R$$

$$O_2M_2 = 0,9R$$

$$O_1N_1, O_2N_2, O_3N_3 = R$$

$$k_0 = n_0 = 1; \quad m_0 = 0,5$$

$$O_1M_1, O_3M_3 = 0,35R$$

$$O_2M_2 = 0,95R$$

$$O_1N_1, O_2N_2, O_3N_3 = 1,06R$$

Рис. 9. Прямоугольная диметрическая проекция:  
а – расположение осей и коэффициента искажения прямоугольной диметрической проекции; б – изображения окружностей в прямоугольной диметрической проекции

Изображения, построенные по этим коэффициентам, увеличиваются в 1,06 раз ( $1/0,94 = 1,06$ ). По этой причине большие полуоси всех эллипсов, показанных на рис.

10, б становятся равными  $1,06R$ , а малые –  $0,35R$  (для окружностей, лежащих в плоскостях, параллельных  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$ ) и  $0,95R$  (для окружностей лежащих в плоскостях, параллельных  $\Pi_2$ ).

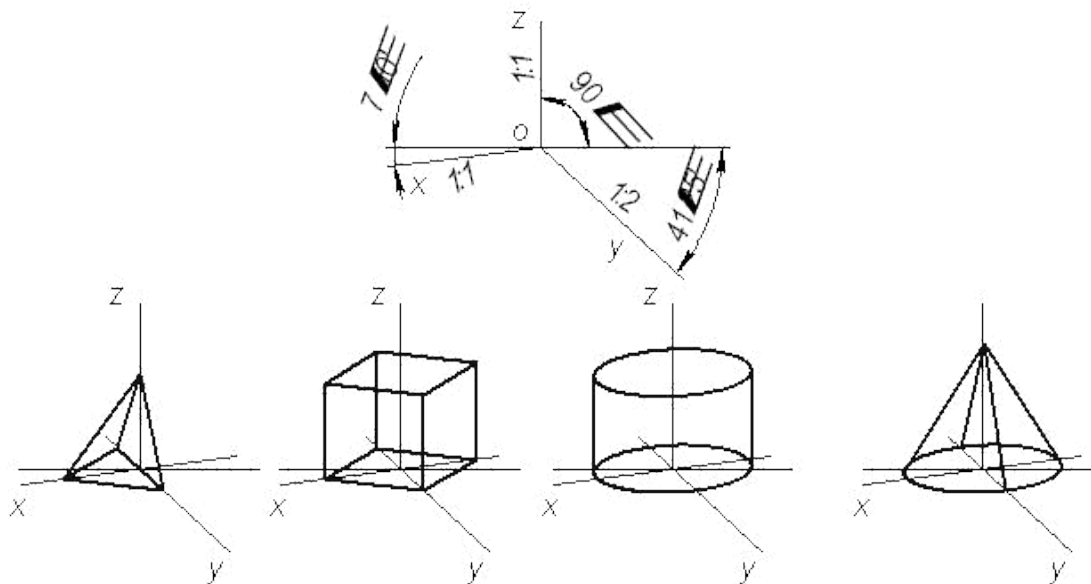


Рис.1 0.Примеры диметрических проекций геометрических тел

**Пример построения изображения в прямоугольной диметрии.**

. *Пример № 1.* Изображение геометрических поверхностей в прямоугольной диметрии рассмотрим на примере построения стандартной прямоугольной диметрии прямого кругового цилиндра. На рис. 11. приведен пример комплексного чертежа полого цилиндра высотой  $H$  с наружным  $d$  и внутренним  $d_1$  диаметрами. Цилиндр расположим в натуральную величину в натуральной системе координат  $Oxyz$ , относительно которой построим диметрическую его проекцию. Как и в случае построения окружностей в изометрии, в диметрии также начнем построение фигуры с эллипсов верхнего и нижнего оснований цилиндра, которые являются изометрическими проекциями окружностей этих оснований. Окружности основания расположены в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, поэтому, пользуясь приведенными ранее правилами, определим, что большие оси эллипсов будут перпендикулярны оси  $Oz$ . Малые оси эллипсов совпадут с направлением оси  $Oz$ . Центры осей эллипсов нижнего и верхнего оснований расположены на расстоянии. Величины осей определяем в зависимости от величины наружного и внутреннего диаметров цилиндров. Построив эллипсы, приведем очерковые линии, касательные к внешним эллипсам.

Для наглядности построим вырез четверти цилиндра, построение которого видно на рис. 11. Направление штриховки выреза выберем в зависимости от материала. Невидимые линии покажем штриховыми линиями. Для наглядности такими же линиями покажем линии вырезанной части цилиндра. Видимые контурные линии выполняют нужной толщиной.



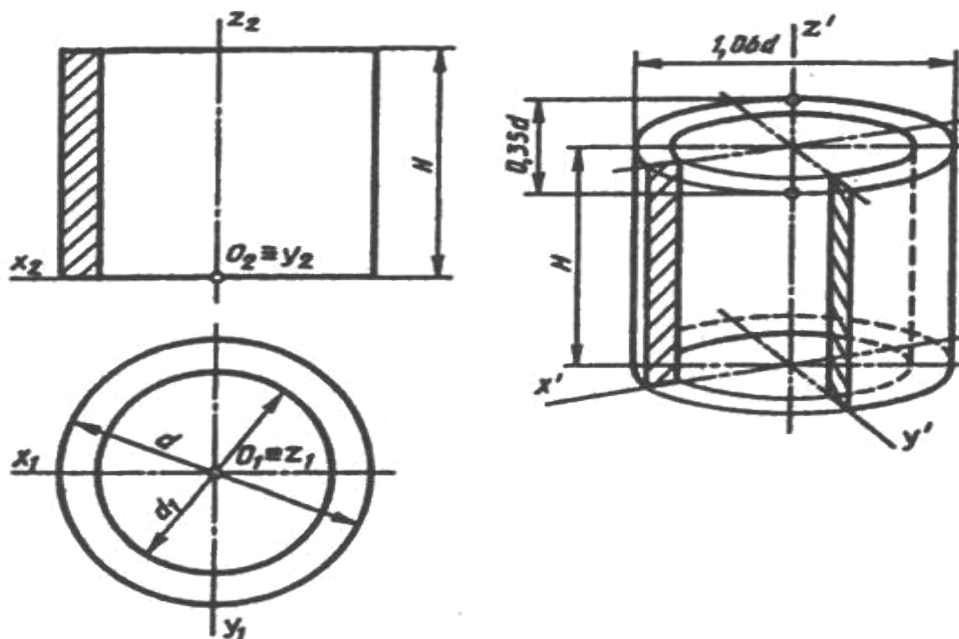


Рис. 11. Построение разреза в диметрии

Пример № 2.1 – эллипс, его большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $y$  и равна (при коэффициенте искажения – 1)  $1,06d$ , а малая ось –  $0,95d$ , где  $d$  – диаметр окружности;

2, 3 – эллипсы, их большие оси расположены под углом  $90^\circ$  к осям  $z$  и  $x$  соответственно и равны  $1,06d$ , а малая ось –  $0,35d$  (при коэффициенте искажения – 1).

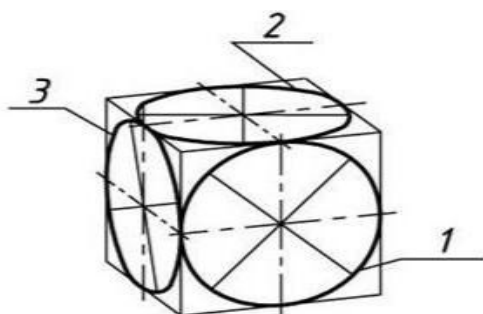


Рис. 12. Изображение  
окружности в прямоугольной  
диметрии

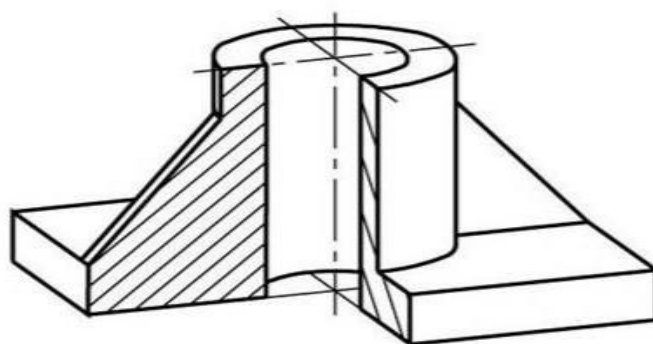


Рис. 9

Рис. 13. Изображение детали в  
прямоугольной диметрии

Штриховка сечений в прямоугольной диметрической проекции и пример изображения детали – на рис.

### Прямоугольная триметрическая проекция

Прямоугольную триметрическую проекцию можно задать тремя аксонометрическими осями или двумя коэффициентами искажения. В первом случае построение наглядных изображений геометрических образов станет практически возможным только после выявления коэффициентов искажения, соответствующих произвольно взятым аксонометрическим осям. Коэффициенты искажения в этом случае определяются способом

реконструкции координатного трехгранника. Во втором случае по формуле  $k^2 + m^2 + n^2 = 2$  вычисляется третий коэффициент искажения и определяется

взаимное расположение аксонометрических осей. Углы между осями можно определить,

например, расчетным путем, воспользовавшись для этого

формулой  $\cos \alpha_x = \frac{\sqrt{1-m^2}}{kn}$  и  $\cos \alpha_y = \frac{\sqrt{1-k^2}}{mn}$ , или путем графических построений

основанных на теореме Вейсбаха.

В проекционном отношении вид прямоугольной аксонометрической проекции зависит исключительно от аппарата аксонометрического проецирования, т. е. от взаимного расположения системы прямоугольных координат  $Oxyz$  и плоскости аксонометрических проекций  $\Pi$  или, иначе говоря, от направления лучей аксонометрического проецирования относительно системы прямоугольных координат. На рис. 14. показан аппарат

аксонометрического проецирования.

Здесь плоскость аксонометрических проекций  $\Pi$  представлена треугольником следов  $XUZ$ , а направление аксонометрического проецирования – лучом  $S^0$ , проходящим через начало осей системы координат  $Oxyz$ . Это главный луч аксонометрического

проецирования. Как видно, главный луч, являясь лучом внешнего проецирования, на плоскости  $\Pi$  изображается точкой  $O$ , представляющей собой начало аксонометрических осей. Горизонтальная внутренняя проекция  $S_1^0$  этого луча перпендикулярна к стороне  $XU$  треугольника следов (существует доказательство, что  $OZ \perp XU$ ), а фронтальная  $S_2^0$  и профильная  $S_3^0$  – к сторонам  $XZ$  и  $YZ$  (по аналогии).

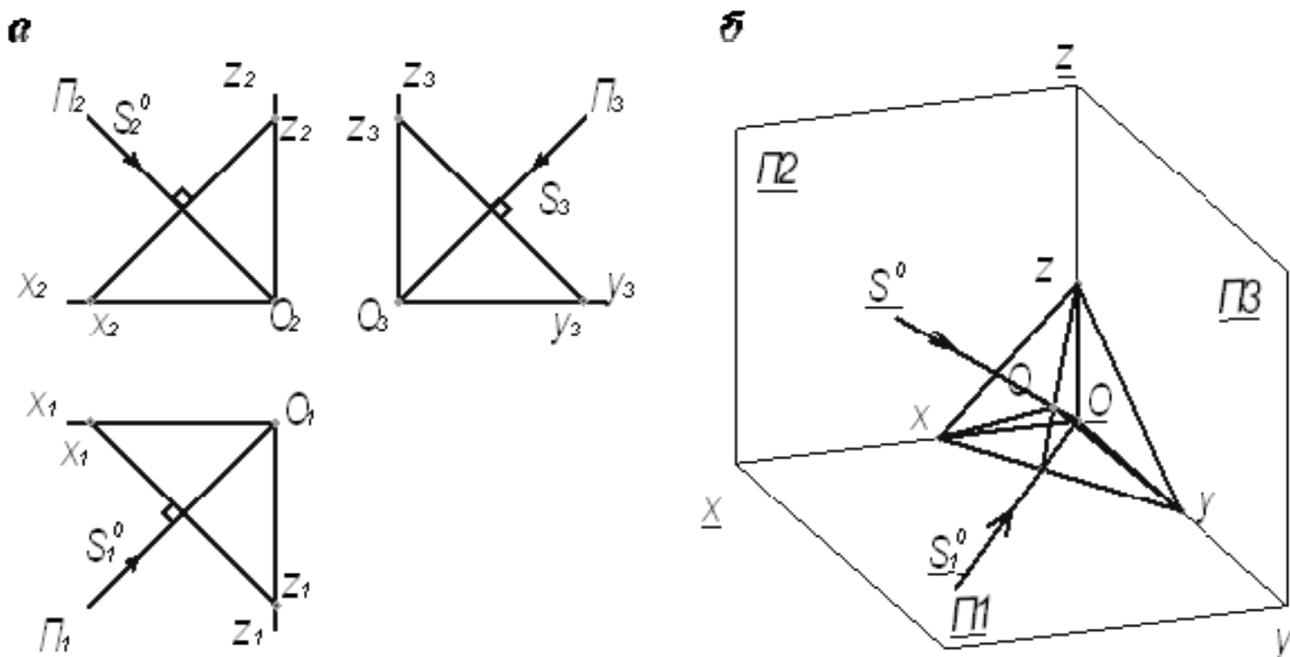


Рис. 14. Аппарат аксонометрического проецирования:

$a$  – в системе плоскостей  $\Pi_1\Pi_2\Pi_3$ ;  $b$  – аппарат аксонометрического проецирования на проекционном чертеже

## 2. Косоугольные проекции

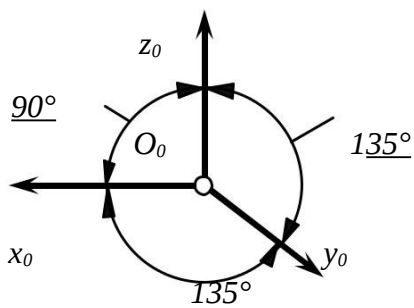


Рис.15. Косоугольная фронтальная изометрия.

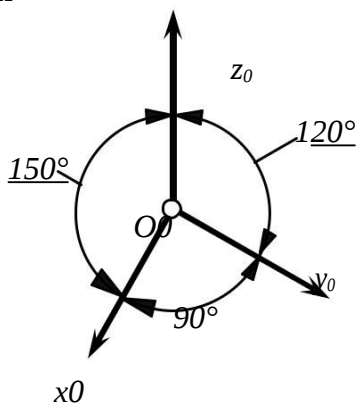


Рис.16 Косоугольная горизонтальная изометрия

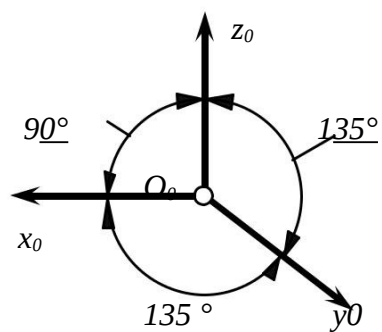


Рис. 17. Косоугольная фронтальная диметрия

### ***Косоугольная фронтальная изометрия.***

Показатели искажения следующие:  $k_x = k_z = 1$ . Допускается применять фронтальные изометрические проекции с углом наклона от оси  $z$  до  $y$   $135^\circ$ , от оси  $удо$   $x135^\circ$  и от оси  $x$  до  $z$   $90^\circ$ . Расположение осей аксонометрической системы координат показано на рис. 15.

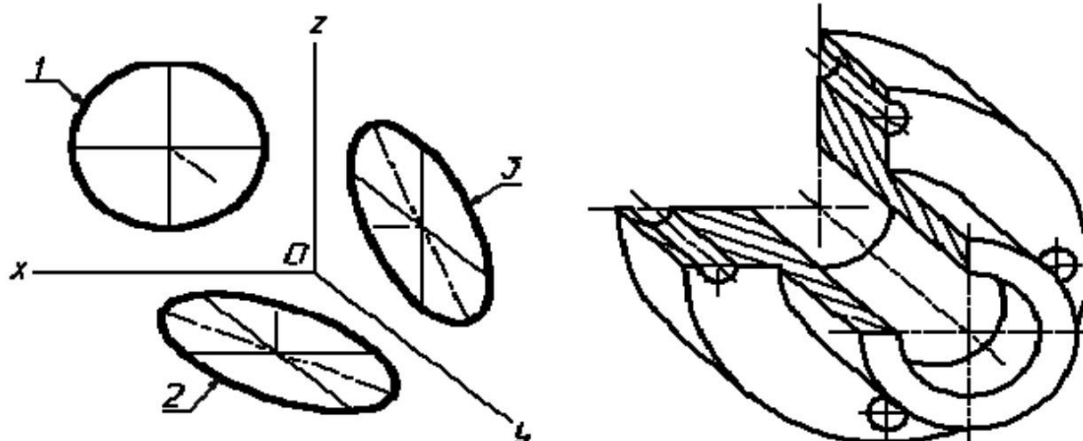


Рис.18. Косоугольная фронтальная диметрия

### ***Косоугольная горизонтальная изометрия (зенитная перспектива).***

Горизонтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Допускается применять горизонтальные изометрические проекции с углом наклона от оси  $z$  до  $y$   $120^\circ$ , от оси  $удо$   $x90^\circ$ , от  $x$  до  $z$   $150^\circ$ . Расположение осей аксонометрической системы координат показано на рис.16.

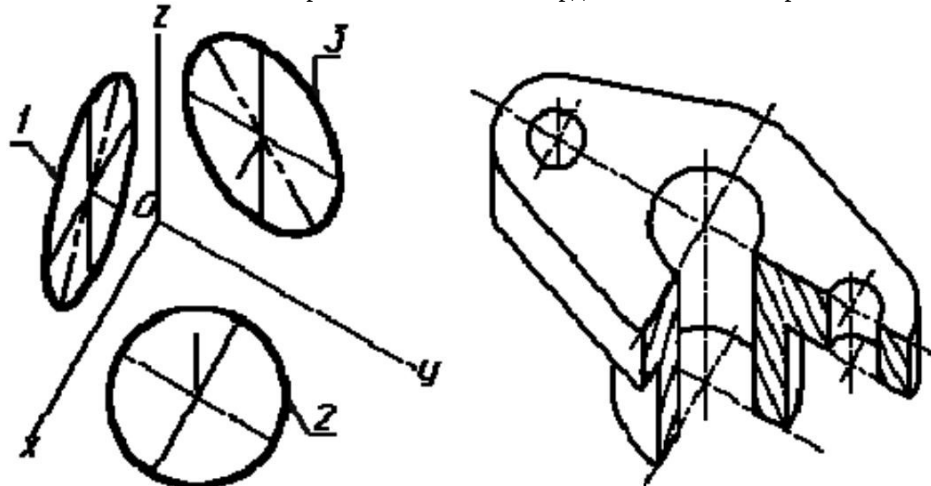


Рис.19. Косоугольная горизонтальная изометрия

### ***Косоугольная фронтальная диметрия.*** Показатели искажения: $k_x$ и $k_z = 1$ , $k_y = 0.5$ .

Допускается применять фронтальную диметрическую проекцию с углом наклона от оси  $z$  до  $y$   $135^\circ$ , от оси  $удо$   $x135^\circ$ , от  $x$  до  $z$   $90^\circ$ . Расположение осей аксонометрической системы координат показано на рис.20.

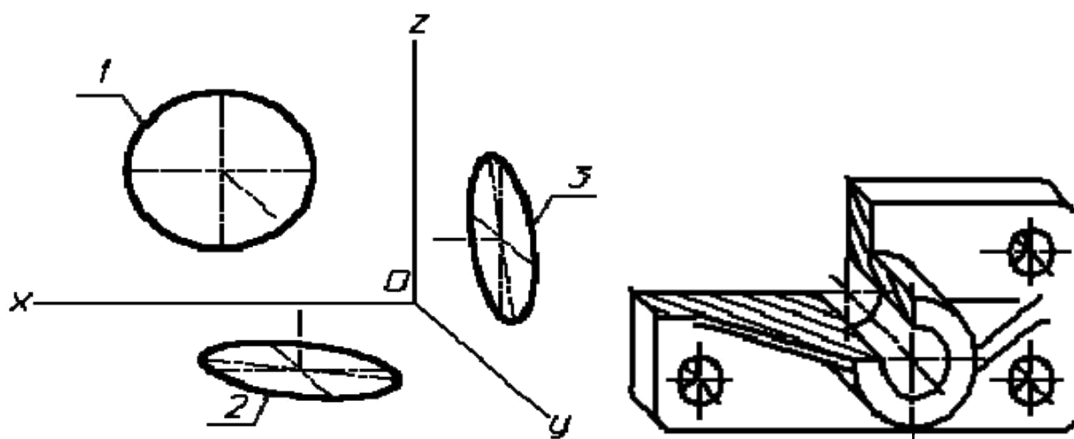
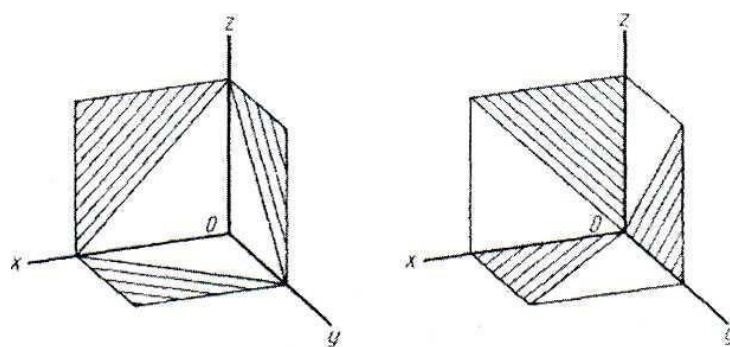


Рис.20. Косоугольная фронтальная диметрия

### 3 Условности и нанесение размеров.

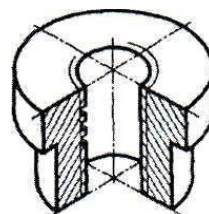
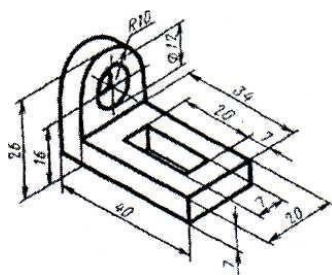
Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (черт. 16).



Черт. 16

При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии - параллельно измеряемому отрезку. В аксонометрических проекциях спицы маховиков и шкивов, ребра жесткости и подобные элементы штрихуют.

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



## 1. 1 Лекция №4 (2 часа).

### Тема: «Сопряжения, лекальные кривые»

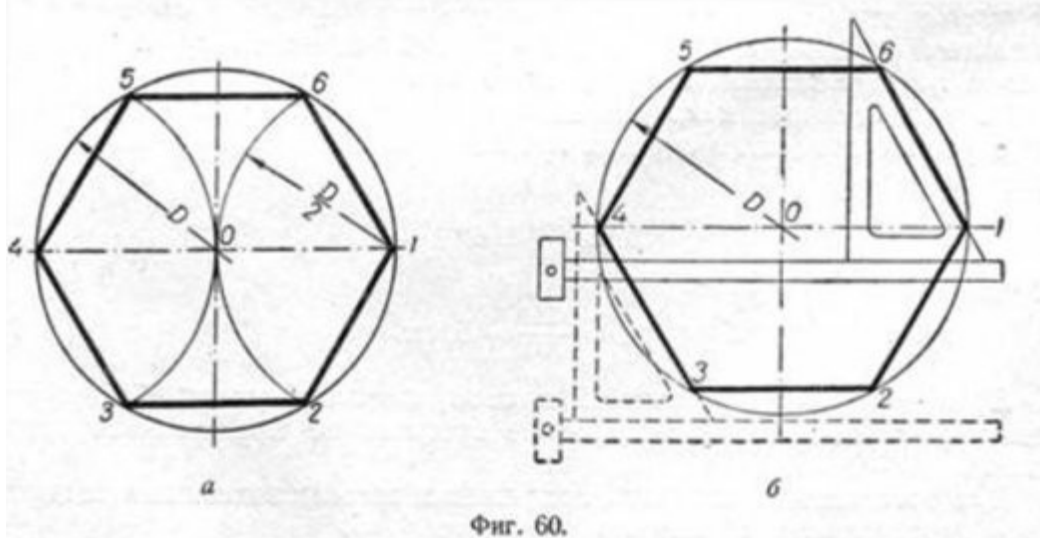
#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Построение правильных вписанных и описанных многоугольников.
2. Сопряжения.
3. Построение касательных.
4. Построение лекальных кривых.

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. Построение правильных вписанных и описанных многоугольников

**Построение вписанного в окружность правильного шестиугольника.** Построение шестиугольника основано на том, что сторона его равна радиусу описанной окружности. Поэтому для построения достаточно разделить окружность на шесть равных частей и соединить найденные точки между собой (фиг. 60, а).

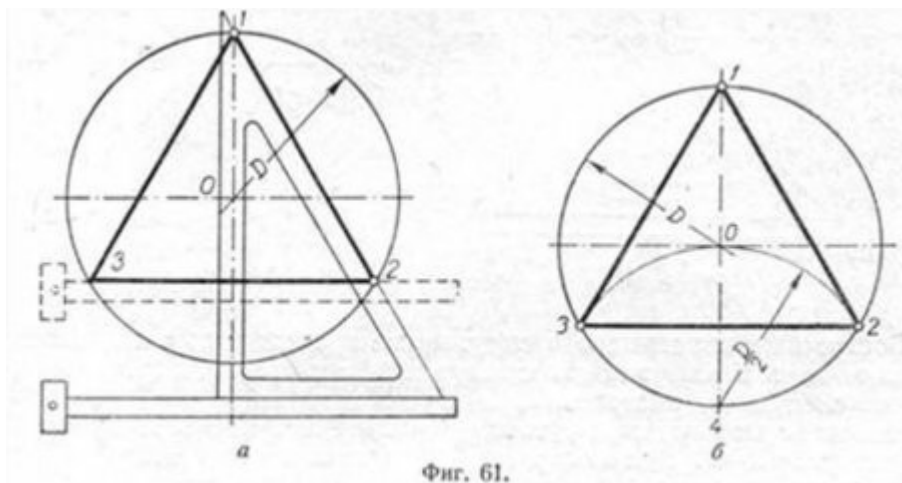


Правильный шестиугольник можно построить, пользуясь рейсшиной и угольником 30X60°. Для выполнения этого построения принимаем горизонтальный диаметр окружности за биссектрису углов 1 и 4 (фиг. 60, б), строим стороны 1—6, 4—3, 4—5 и 7—2, после чего проводим стороны 5—6 и 3—2.

**Построение вписанного в окружность равностороннего треугольника.** Вершины такого треугольника можно построить с помощью циркуля и угольника с углами в 30 и 60° или только одного циркуля.

Рассмотрим два способа построения вписанного в окружность равностороннего треугольника.

**Первый способ** (фиг. 61,а) основан на том, что все три угла треугольника 7, 2, 3 содержат по 60°, а вертикальная прямая, проведённая через точку 7, является одновременно высотой и биссектрисой угла 1. Так как угол 0—1—2 равен 30°, то для нахождения стороны



Фиг. 61.

1—2 достаточно построить по точке 1 и стороне 0—1 угол в  $30^\circ$ . Для этого устанавливаем рейсшину и угольник так, как это показано на фигуре, проводим линию 1—2, которая будет одной из сторон искомого треугольника. Чтобы построить сторону 2—3, устанавливаем рейсшину в положение, показанное штриховыми линиями, и через точку 2 проводим прямую, которая определит третью вершину треугольника.

**Второй способ** основан на том, что, если построить правильный шестиугольник, вписанный в окружность, и затем соединить его вершины через одну, то получится равносторонний треугольник.

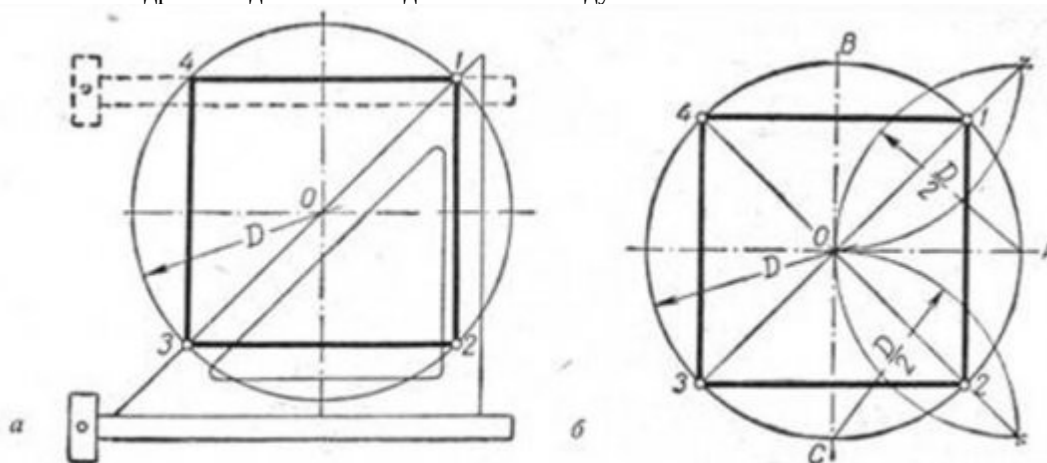
Для построения треугольника (фиг. 61, б) намечаем на диаметре вершину—точку 1 и проводим диаметральную линию 1—4. Далее из точки 4 радиусом, равным  $D/2$ , описываем дугу до пересечения с окружностью в точках 3 и 2. Полученные точки будут двумя другими вершинами искомого треугольника.

**Построение квадрата, вписанного в окружность.** Это построение можно выполнить при помощи угольника и циркуля.

Первый способ основан на том, что диагонали квадрата пересекаются в центре описанного круга и наклонены к его осям под углом  $45^\circ$ . Исходя из этого, устанавливаем рейсшину и угольник с углами  $45^\circ$  так, как это показано на фиг. 62, а, и отмечаем точки 1 и 3. Далее через эти точки проводим при помощи рейсшины горизонтальные стороны квадрата 4—1 и 3—2. Затем с помощью рейсшины по катету угольника проводим вертикальные стороны квадрата 1—2 и 4—3.

Второй способ основан на том, что вершины квадрата делят пополам дуги окружности, заключённые между концами диаметра (фиг. 62, б). Намечаем на концах двух взаимно перпендикулярных диаметров точки А, В и С и из них радиусом  $u$  описываем дуги до взаимного их пересечения.

Далее через точки пересечения дуг проводим вспомогательные прямые, отмеченные на фигуре сплошными линиями. Точки их пересечения с окружностью определяют вершины 1 и 3; 4 и 2. Полученные таким образом вершины искомого квадрата соединяем последовательно между собою.



Фиг. 62.

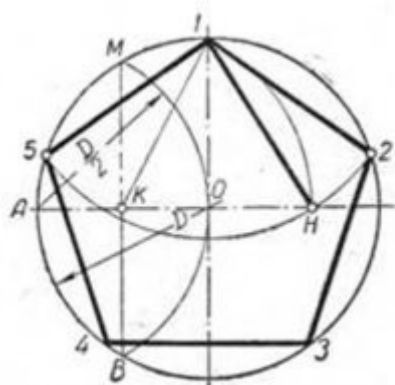
**Построение вписанного в окружность правильного пятиугольника.**

Чтобы вписать в окружность правильный пятиугольник (фиг. 63), производим следующие построения.

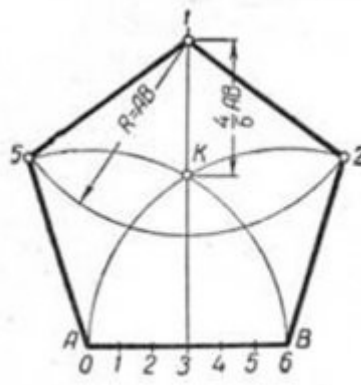
Намечаем на окружности точку 1 и принимаем её за одну из вершин пятиугольника. Делим отрезок АО пополам. Для этого радиусом АО из точки А описываем дугу до пересечения с окружностью в точках М и В. Соединив эти точки прямой, получим точку К, которую соединяем затем с точкой 1. Радиусом, равным отрезку А7, описываем из точки К дугу до пересечения с диаметральную линию АО в точке Н. Соединив



точку 1 с точкой Н, получим сторону пятиугольника. Затем раствором циркуля, равным отрезку 1Н, описав дугу из вершины 1 до пересечения с окружностью, найдём вершины 2 и 5. Сделав тем же раствором циркуля засечки из вершин 2 и 5, получим остальные вершины 3 и 4. Найденные точки последовательно соединяем между собой.



Фиг. 63.



Фиг. 64.

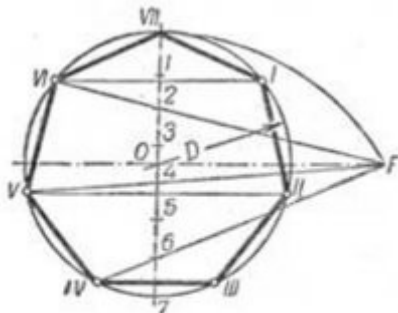
### Построение правильного пятиугольника по данной его стороне.

Для построения правильного пятиугольника по данной его стороне (фиг. 64) делим отрезок АВ на шесть равных частей. Из точек А и В радиусом АВ описываем дуги, пересечение которых даст точку К. Через эту точку и деление 3 на прямой АВ проводим вертикальную прямую.

Далее от точки К на этой прямой откладываем отрезок, равный  $4/6$  АВ.

Получим точку 1—вершину пятиугольника. Затем радиусом, равным АВ, из точки 1 описываем дугу до пересечения с дугами, ранее проведёнными из точек А и В. Точки пересечения дуг определяют вершины пятиугольника 2 и 5. Найденные вершины соединяем последовательно между собой.

### Построение вписанного в окружность правильного семиугольника.



Фиг. 65.

Пусть дана окружность диаметра D; нужно вписать в неё правильный семиугольник (фиг. 65). Делим вертикальный диаметр окружности на семь равных частей. Из точки 7 радиусом, равным диаметру окружности D, описываем дугу до пересечения с продолжением горизонтального диаметра в точке F. Точку F назовём полюсом многоугольника. Приняв точку VII за одну из вершин семиугольника, проводим из полюса F через чётные деления вертикального диаметра лучи, пересечение которых с окружностью определяют вершины VI, V и IV семиугольника. Для получения вершин I — II — III из точек IV, V и VI проводим до пересечения с окружностью горизонтальные прямые. Найденные вершины соединяем последовательно между собой. Семиугольник может быть построен путём проведения лучей из полюса F и через нечётные деления вертикального диаметра.

Приведённый способ годен для построения правильных многоугольников с любым числом сторон.

Деление окружности на любое число равных частей можно производить также, пользуясь данными табл. 2, в которой приведены коэффициенты, дающие возможность определять размеры сторон правильных вписанных многоугольников.

Таблица 2

Длины сторон правильных вписанных многоугольников

Число сторон	Кэффи- циент	Число сторон	Кэффи- циент	Число сторон	Кэффи- циент	Число сторон	Кэффи- циент
3	1,732	14	0,445	25	0,251	36	0,174
4	1,414	15	0,416	26	0,241	37	0,170
5	1,176	16	0,390	27	0,232	38	0,165
6	1,000	17	0,368	28	0,224	39	0,161
7	0,868	18	0,347	29	0,216	40	0,157
8	0,765	19	0,329	30	0,209	45	0,140
9	0,684	20	0,313	31	0,202	60	0,105
10	0,618	21	0,298	32	0,196	72	0,087
11	0,564	22	0,285	33	0,190	90	0,0698
12	0,518	23	0,272	34	0,185	100	0,0628
13	0,479	24	0,261	35	0,179	120	0,0524

В первой колонке этой таблицы указаны числа сторон правильного вписанного многоугольника, а во второй — коэффициенты.

Длина стороны заданного многоугольника получится от умножения радиуса данной окружности на коэффициент, соответствующий числу сторон этого многоугольника.

## 2. Сопряжения.

### Скругление углов.

Сопряжение двух пересекающихся прямых дугой заданного радиуса называют скруглением углов. Его выполняют следующим образом (рис. 32). Параллельно сторонам угла, образованного данными

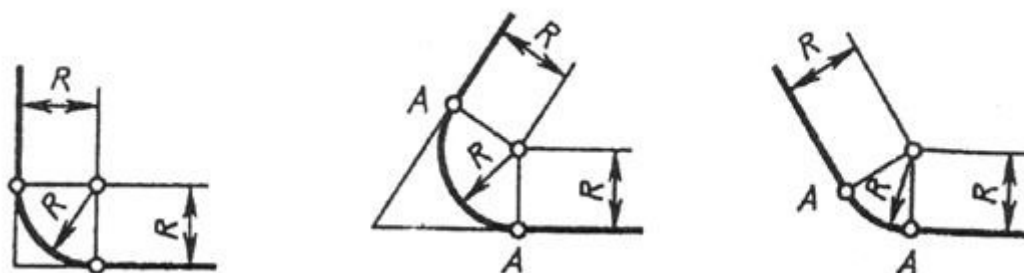


Рис. 32

прямыми, проводят вспомогательные прямые на расстоянии, равном радиусу. Точка пересечения вспомогательных прямых является центром дуги сопряжения.

Из полученного центра  $O$  опускают перпендикуляры к сторонам данного угла и на пересечении их получают точки сопряжения  $A$  и  $B$ . Между этими точками проводят сопрягающую дугу радиусом  $R$  из центра  $O$ .

### Сопряжение дуг окружностей прямой линией.

При построении сопряжения дуг окружностей прямой линией можно рассмотреть две задачи: сопрягаемая прямая имеет внешнее или внутреннее касание. В первой задаче (рис. 33, а) из центра дуги

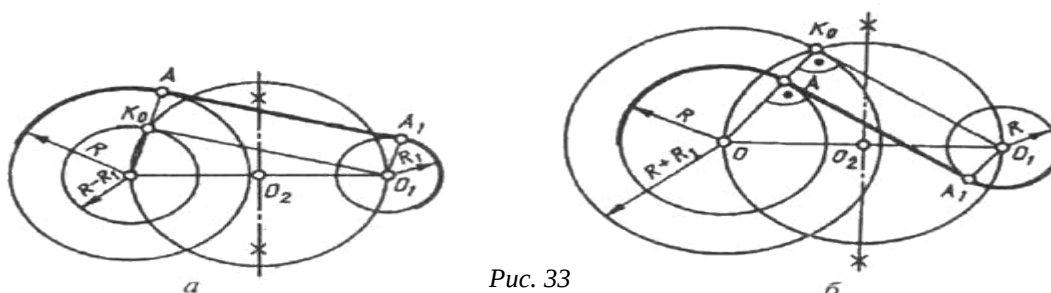


Рис. 33

меньшего радиуса  $R_1$  проводят касательную вспомогательной окружности, проведенной радиусом  $R - R_1$ . Ее точку касания  $K_0$  используют для построения точки сопряжения  $A$  на дуге радиуса  $R$ .

Для получения второй точки сопряжения  $A_1$  на дуге радиуса  $R_1$  проводят вспомогательную линию  $O_1 A_1$  параллельно  $O A$ . Точками  $A$  и  $A_1$  будет ограничен участок внешней касательной прямой.

Задача построения внутренней касательной прямой (рис. 33, б) решается, если вспомогательную окружность построить радиусом, равным  $R + R_1$ ,

#### Сопряжение двух дуг окружностей третьей дугой.

При построении сопряжения двух дуг окружностей третьей дугой заданного радиуса можно рассмотреть три случая: когда сопрягающая дуга радиуса  $R$  касается заданных дуг радиусов  $R_1$  и  $R_2$  с внешней стороны (рис. 34, а); когда она создает внутреннее касание (рис. 34, б); когда сочетаются внутреннее и внешнее касания (рис. 34, в).

Построение центра  $O$  сопрягающей дуги радиуса  $R$  при внешнем касании осуществляется в следующем порядке: из центра  $O_1$  радиусом, равным  $R + R_1$ , проводят вспомогательную дугу, а из центра  $O_2$  радиусом  $R + R_2$ . На пересечении дуг получают центр  $O$  сопрягаемой дуги радиуса  $R$ , а на пересечении радиусом  $R + R_1$  и  $R + R_2$  с дугами окружностей получают точки сопряжения  $A$  и  $A_1$ .

Построение центра  $O$  при внутреннем касании отличается тем, что из центра  $O_1$  проводят вспомогательную окружность радиусом, равным  $R - R_1$ , а из центра  $O_2$  радиусом  $R - R_2$ . При сочетании внутреннего и внешнего касания из центра  $O_1$  проводят вспомогательную окружность радиусом, равным  $R - R_1$ , а из центра  $O_2$  — радиусом, равным  $R + R_2$ .

#### Сопряжение дуги окружности и прямой линии второй дугой.

Здесь может быть рассмотрено два случая: внешнее сопряжение (рис. 35, а) и внутреннее (рис. 35, б). В том и в другом случае при построении сопрягающей дуги радиуса  $R$  центр сопряжения  $O$  лежит на пересечении геометрических мест точек, равно удаленных от прямой и дуги радиуса  $R$  на величину  $R_1$ .

При построении внешнего сопряжения параллельно заданной прямой на расстоянии  $R_1$  в сторону окружности проводят вспомогательную прямую, а из центра  $O$  радиусом, равным  $R + R_1$ , — вспомогательную окружность, и на их пересечении получают точку  $O_1$  — центр сопрягающей окружности. Из этого центра радиусом  $R$  проводят сопрягающую дугу между точками  $A$  и  $A_1$ , построение которых видно из чертежа.

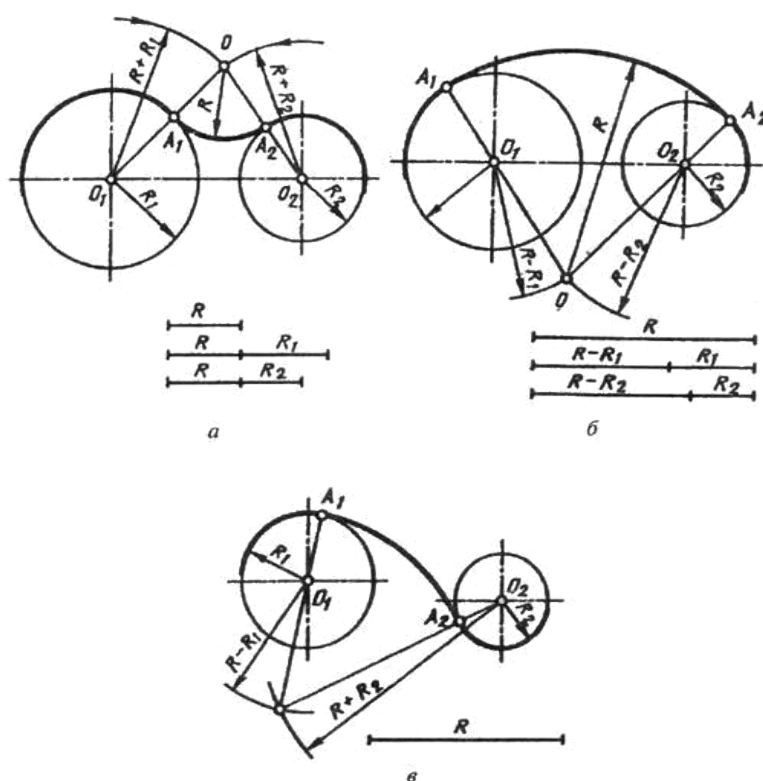


Рис. 34

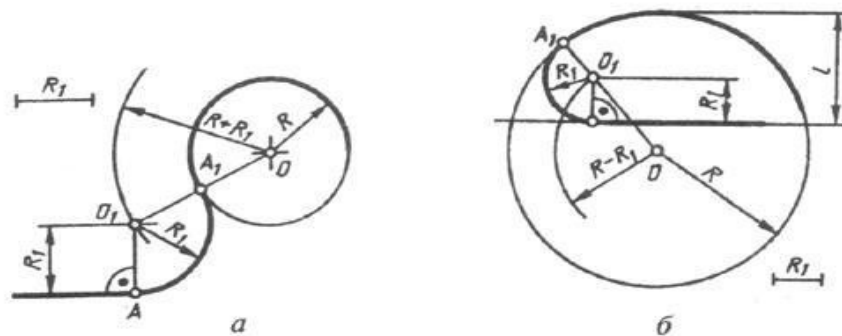


Рис. 35

Построение внутреннего сопряжения отличается тем, что из центра  $O$  проводят вспомогательную дугу радиусом, равным  $R - R_1$ .

### 3 Построение касательных.

Касательной к кривой линии называется прямая, имеющая с плоской или пространственной кривой линией одну общую точку и представляющая собой предельное положение секущей прямой. Общую точку принято называть точкой касания. Из школьного курса геометрии известно, что касательная к окружности перпендикулярна его радиусу, проведенному из точки касания (рис. 23).

Рассмотрим случай, когда через заданную точку  $O_1$  требуется провести касательную к данной окружности, имеющую центр в точке  $O_2$  (рис. 24). Соединим точку  $O_1$  с центром окружности  $O_2$ . Находим середину  $C$  отрезка  $O_1O_2$ . Из точки  $C$ , как из центра, проведем вспомогательную окружность радиусом  $CO_1 = CO_2$ . В точке пересечения вспомогательной окружности с заданной получим точку касания  $A$ . Соединим точку  $O_1$  с точкой  $A$ .

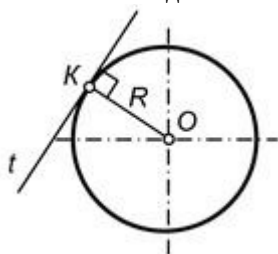


Рис. 23

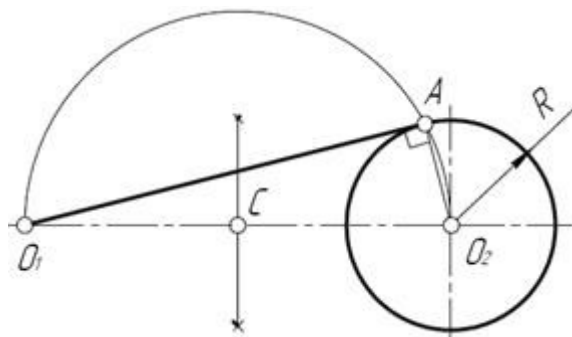


Рис. 24

Построим общую касательную  $AB$  к двум заданным окружностям радиусов  $R_1$  и  $R_2$  (рис. 25). Находим середину  $C$  отрезка  $O_1O_2$ . Из точки  $C$ , как из центра, радиусом  $CO_1 = CO_2$  проведем вспомогательную окружность. Из центра большей окружности  $O_2$  проведем вторую вспомогательную окружность

радиусом  $R_2 - R_1$ . Пересечение двух вспомогательных окружностей определяет точку  $K$ , через которую проходит радиус  $O_2K$ , идущий в точку касания  $B$ . Для построения второй точки касания  $A$  проведем  $O_1A$  параллельно  $O_2B$ . Соединим точки  $A$  и  $B$  отрезком прямой линии.

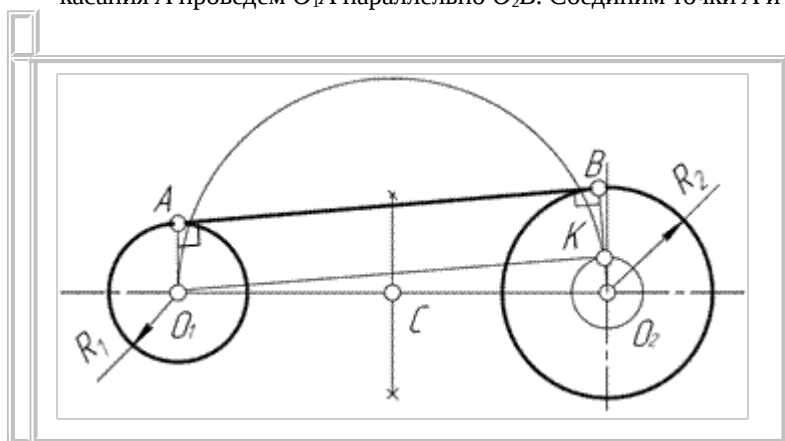


Рис. 25

#### 4. Построение лекальных кривых.

Построение лекальных кривых осуществляют следующим образом:

Сначала определяют точки принадлежащие кривой а затем соединяют их с помощью лекала. К лекальным кривым относят так называемые конические сечения парабола, гипербола, эллипс, получаемые в результате сечения кругового конуса плоскостью, эвольвента, синусоида и другие

##### Содержание статьи:

1. Построение эллипса.
2. Фокус эллипса
3. Построение параболы
4. Построение гиперболы.
5. Построение синусоиды.
6. Вычерчивание лекальных кривых.

Эллипс это коническое сечение которое относится к так называемым лекальным кривым. Эллипс, гипербола и парабола получаются в результате сечения кругового конуса плоскостью, синусоида, эвольвента и другие кривые.

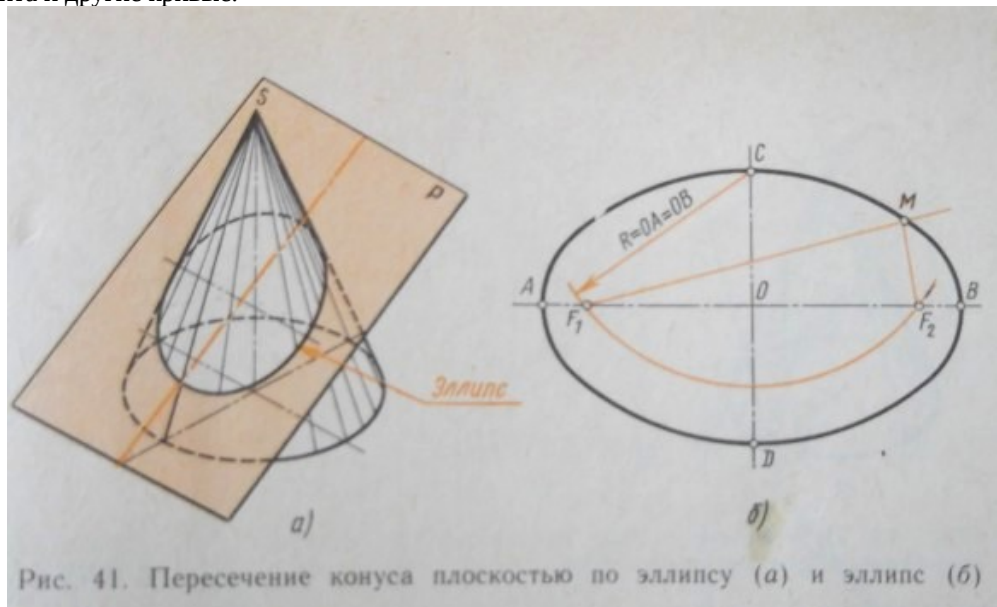


Рис. 41. Пересечение конуса плоскостью по эллипсу (а) и эллипс (б)

Рисунок 41. Пересечение конуса плоскостью по эллипсу-(а) и эллипс-(б).

Для того чтобы построить лекальные кривые(парабола,эллипс,гипербола),определяют точки которые принадлежат кривой а затем все точки соединяются с помощью лекала. В случае когда рассекают поверхность кругового конуса плоскостью наклонной -Р,таким образом чтобы наклонная плоскость

пересекла все образующие кругового конуса, то в самой плоскости сечения образуется эллипс. (Смотри рисунок 41, а).

Эллипс это плоская замкнутая кривая, у которой сумма расстояний каждой из ее точек-М до двух заданных точек F1 и F2,-является постоянной величиной. Эта постоянная величина равняется большей оси эллипса  $MF_1 + MF_2 = AB$ . малая ось эллипса CD а также большая ось AB являются взаимно перпендикулярны и одна ось делит другую пополам.



Рисунок 42. Построение эллипса по осям

Таким образом оси делят кривую эллипса на четыре попарно симметричных равных частях. Если из концов малой оси CD, как из центров описать дугу окружности радиусом, равным половине большой оси эллипса  $R = OA = OB$ , то она пересечет ее в точках F1 и F2, которые называются фокусами.

На рисунке 42 приводится пример построения эллипса по его осям. На заданных осях AB и CD, как на диаметрах строим две концентрические окружности с центром в точке O. Делим на произвольное число частей большую окружность и соединяем полученные точки прямыми с центром O.

Из точек пересечения 1; 2; 3; 4; со вспомогательными окружностями проводим отрезки горизонтальных и вертикальных прямых до их взаимного пересечения в точках E, F, K, M, которые принадлежат эллипсу. Далее с помощью лекала соединяются построенные точки плавной кривой и получают в результате эллипс.

### Построение лекальных кривых, парабола

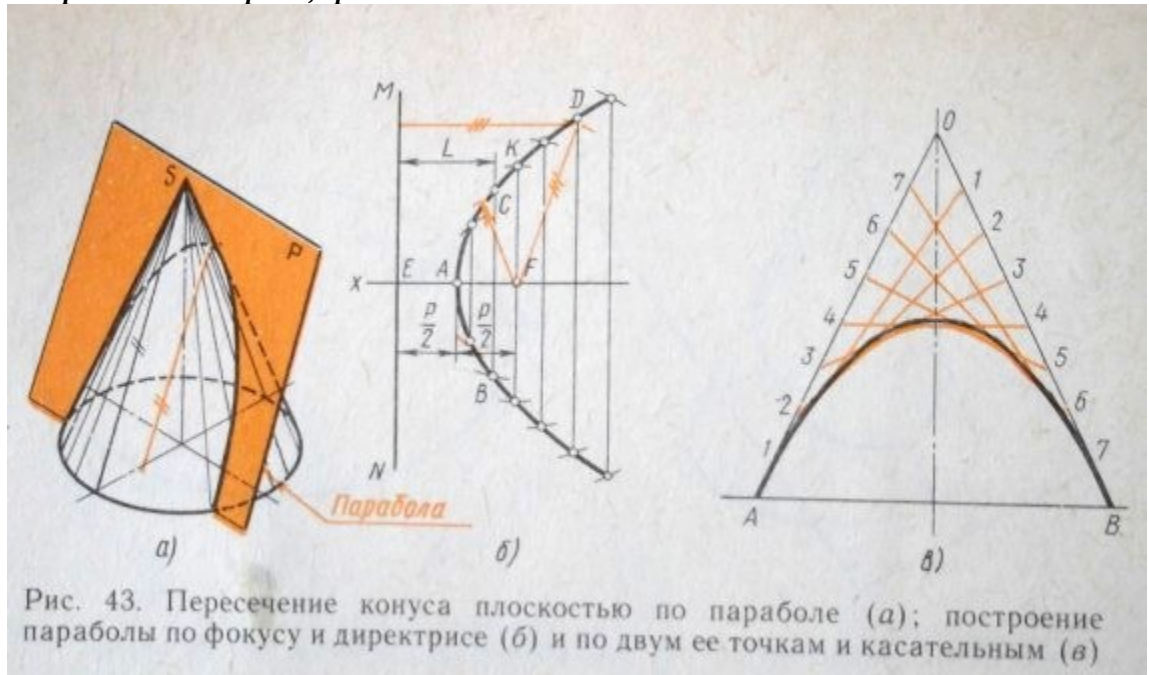


Рис. 43. Пересечение конуса плоскостью по параболе (а); построение параболы по фокусу и директрисе (б) и по двум ее точкам и касательным (в)

Рисунок 43. Пересечение конуса плоскостью по параболе. Построение параболы по фокусу и директрисе.

Если рассечь наклонной плоскостью Р круговой конус, параллельной одной из его образующих, то в плоскости сечения образуется парабола. (смотри рисунок 43 а). Парабола это незамкнутая плоская кривая линия. Каждая точка параболы расположена от данной прямой -MN, и от фокуса -F на одинаковом расстоянии.

Прямая MN является направляющей и расположена перпендикулярно оси параболы. Между направляющей -MN и фокусом -F, прямо посередине расположена вершина параболы А. Для того чтобы построить параболу по фокусу и заданной направляющей, через точку фокуса -F, проведем ось параболы -X, перпендикулярно направляющей -MN.

Разделим пополам отрезок -EF и получим вершину параболы -А. От вершины параболы на произвольном расстоянии проведем прямые перпендикулярно оси параболы. Из точки -F радиусом который равен расстоянию -L, от соответствующей прямой до направляющей, например СВ, делаем на это прямой засечки. В данном случае точки С и В.

Таким образом построив несколько пар симметричных точек, проведем с помощью лекала через них плавную кривую. На рисунке (43 в) приводится пример построения параболы касательной к двум прямым ОА и ОВ в точках А и В. Отрезки ОА и ОВ делят на одинаковое число равных частей (например делят на восемь). После этого нумеруются полученные точки деления и соединяются прямыми 1-1; 2-2; 3-3 (смотри рисунок 43, в) и так далее. Эти прямые к параболической кривой являются касательными. В образованный прямыми контур далее вписывают плавную касательную кривую -параболу.

#### Построение гиперболы

Если рассечь прямой и обратный конусы плоскостью, параллельной двум его образующим или в частном случае параллельно оси, то в плоскости сечения получится гипербола, состоящая из двух симметричных ветвей (смотри рисунок 45, а).



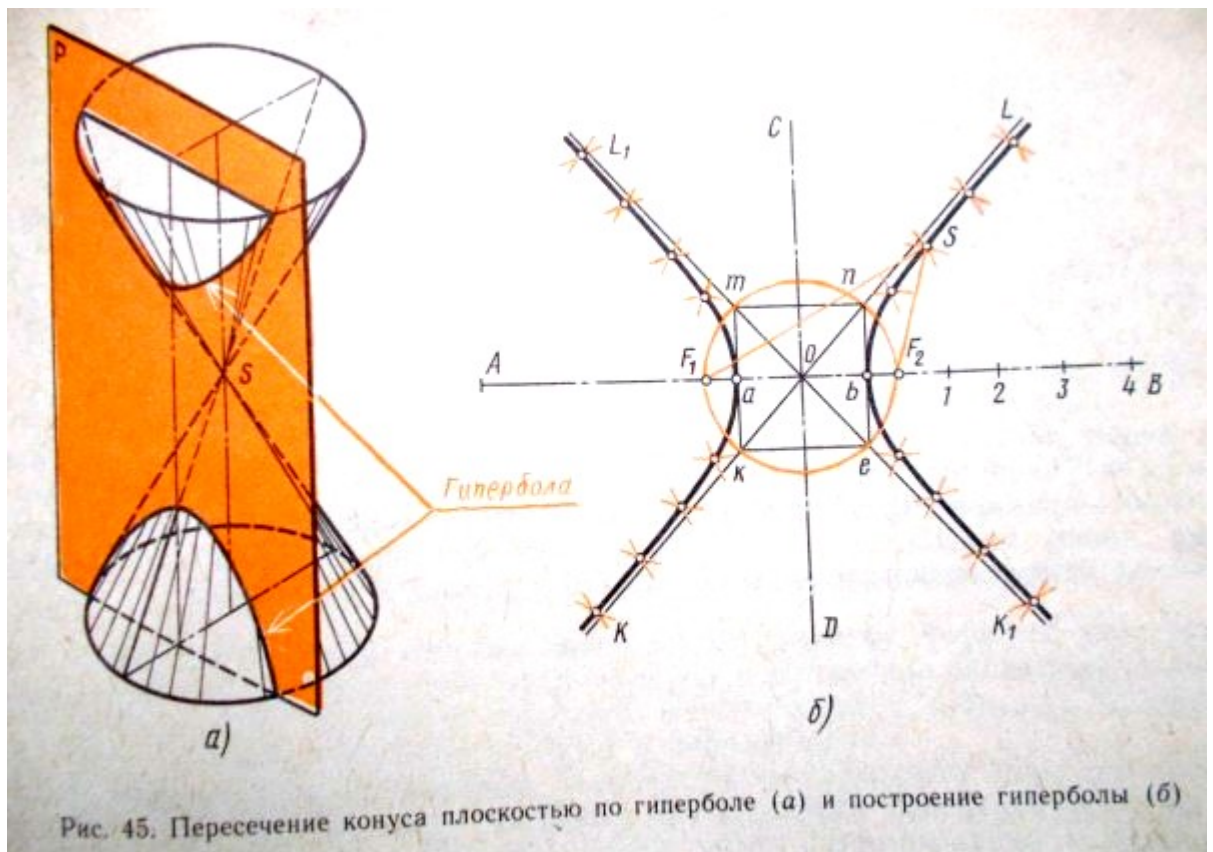


Рис. 45. Пересечение конуса плоскостью по гиперболе (а) и построение гиперболы (б)

Рисунок 45. Пересечение конуса плоскостью по гиперболе (а) и построение гиперболы (б).

Гиперболой (рисунок 45,б) называют плоскую кривую у которой разность расстояний от каждой ее точки до двух данных точек  $F_1$  и  $F_2$ , называемых фокусами, есть величина постоянная и равная расстоянию между ее вершинами  $a$  и  $b$ , например  $SF_1 - SF_2 = ab$ . У гиперболы две оси симметрии -действительная  $AB$  и мнимая  $CD$ .

Две прямые  $KL$  и  $K_1L_1$ , проходящие через центр  $O$  гиперболы и касающиеся ее ветвей в бесконечности, называются асимптотами. Гиперболу можно построить по заданным вершинам  $a$  и  $b$  и фокусам  $F_1$  и  $F_2$ . Вершины гиперболы определяем, вписывая прямоугольник в окружность построенном на фокусном расстоянии (отрезке  $F_1$  и  $F_2$ ), как на диаметре.

На действительной оси  $AB$  справа от фокуса  $F_2$  намечаем произвольные  $1, 2, 3, 4, \dots$  Из фокусов  $F_1$  и  $F_2$  проводим дуги окружностей сначала радиусом  $a-1$ , затем  $b-1$  до взаимного пересечения по обе стороны от действительной оси гиперболы. Далее выполним взаимное пересечение следующей пары дуг радиусами  $a-2$  и  $b-2$  ( точка  $S$ ) и так далее.

Полученные точки пересечения дуг принадлежат правой ветви гиперболы. Точки левой ветви будут симметричны построенным точкам относительно мнимой оси  $CD$ .

#### Синусоида

Синусоидой называется проекция траектории точки,движущейся по цилиндрической винтовой линии, на плоскость, параллельную оси цилиндра. Движение точки складывается из равномерно -вращательного движения (вокруг оси цилиндра) и равномерно-поступательного ( параллельно от цилиндра).





Рисунок 46. Построение синусоиды

Синусоида представляет собой плоская кривая, которая показывает изменение тригонометрической функции синуса в зависимости от изменения величины угла. для построения синусоиды ( рисунок 46) через центр  $O$  окружности диаметра  $D$  проведем прямую  $OX$  и на ней отложим отрезок  $O1 A$ , равный длине окружности  $\pi D$ . Этот отрезок и окружность делим на одинаковое число равных частей. Из полученных и занумерованных точек проведем взаимно перпендикулярные прямые. Полученные точки пересечения этих прямых соединим с помощью лекала плавной кривой.

#### Вычерчивание лекальных кривых

Лекальные кривые строят по точкам. Соединяют эти точки с помощью лекал, предварительно от руки прорисовывая кривую по точкам. принцип соединения отдельных точек кривой заключается в следующем:

Выбираем ту часть дуги лекала, которая лучше всего совпадает с наибольшим количеством точек очерчиваемой кривой. Далее проведем не всю дугу кривой, совпадающую с лекалом, а лишь среднюю часть ее. После этого подберем другую часть лекала, но так, чтобы эта часть касалась примерно одной трети проведенной кривой и не менее двух последующих точек кривой, и так далее. Таким образом обеспечивается плавный переход между отдельными дугами кривой.

## 1. 1 Лекция №5 (2 часа).

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

#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Основные понятия.
2. Классификация резьбы.
3. Параметры профиля резьбы.
4. Классификация резьбовых соединений.

#### 1.1.2 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 сбега, а на видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте (рис. 1, 2)

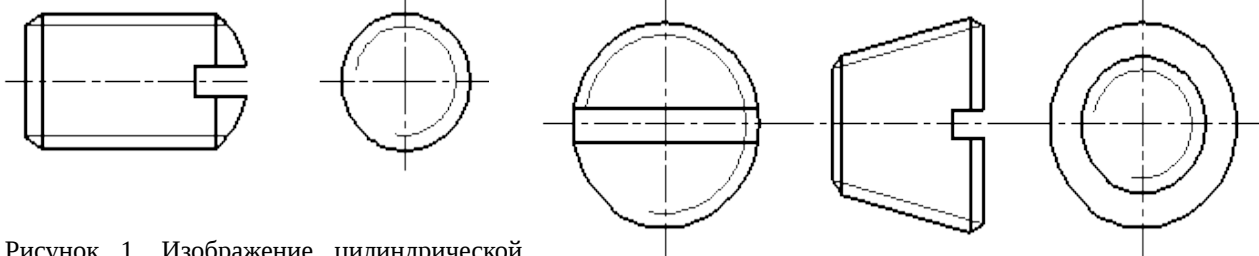


Рисунок 1. Изображение цилиндрической резьбы на стержне

Рисунок 2. Изображение резьбы на стержне

Изображение конической резьбы

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 сбега, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную  $3/4$  окружности, разомкнутую в любом месте (рис. 3, 4)

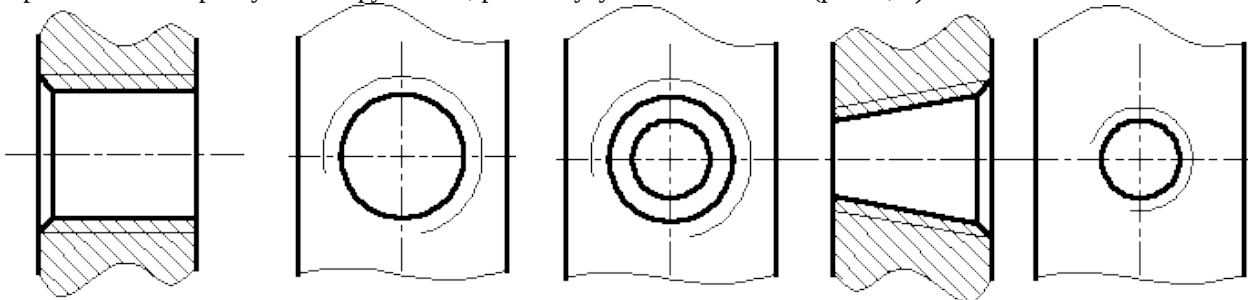


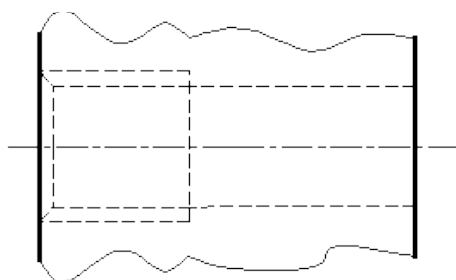
Рисунок 3. Изображение цилиндрической резьбы в отверстии

Рисунок 4. Изображение резьбы в отверстии

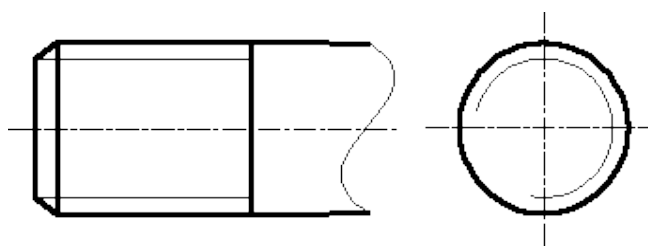
Изображение конической резьбы

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 (рис. 5).



5. Изображение невидимой резьбы



Рисунок

Рисунок 6. Изображение границы цилиндрической резьбы на стержне

Линию, определяющую границу резьбы, наносят на стержне и в отверстии с резьбой в конце полного профиля резьбы (до начала сбега). Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают сплошной основной или штриховой линией, если резьба изображены как невидимая (рис. 6, 7, 8).

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

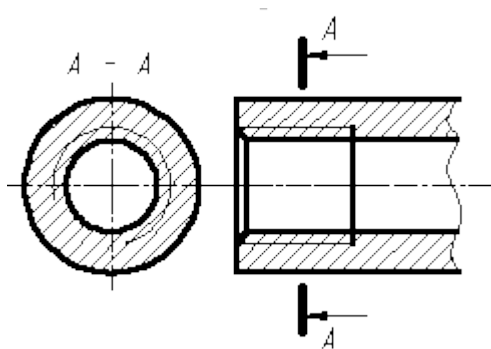


Рисунок 7. Пример изображения резьбы в отверстии на разрезе

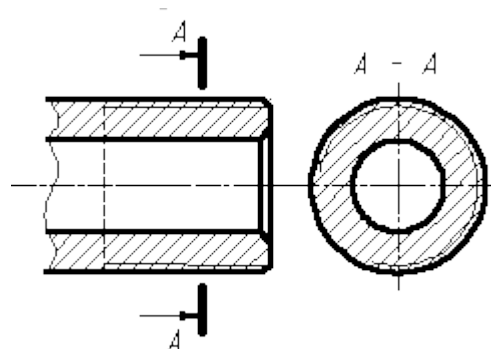
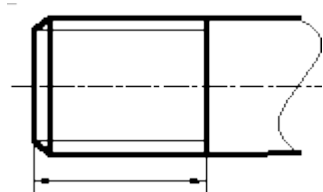


Рисунок 8. Пример изображения резьбы на стержне на разрезе

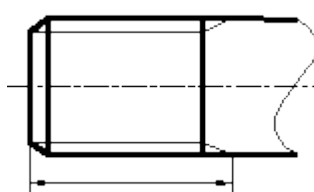
Размер длины резьбы с полным профилем (без сбега) на стержне и в отверстии указывают, как показано на рис. [9а](#) и [10а](#).

Размер длины резьбы (со сбегом) указывают, как показано на рис. [9б](#) и [10б](#).

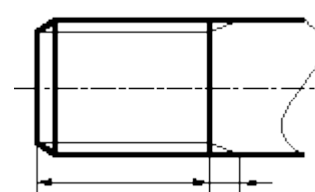
При необходимости указания величины сбега на стержне размеры наносят, как показано на рис. [9в](#).



а) без сбега



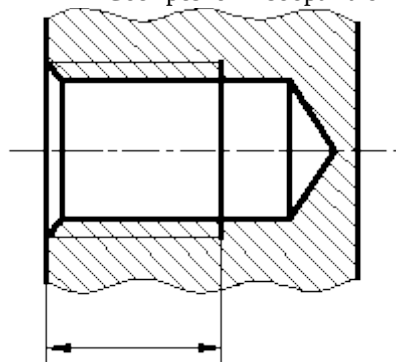
б) со сбегом



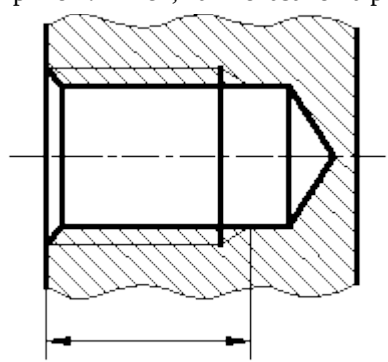
в) с указанием величины сбега

Рисунок 9. Указание размера длины резьбы на стержне

Сбег резьбы изображают сплошной тонкой прямой линией, как показано на рис. [9б](#), [9в](#), и [10б](#).



а) без сбега



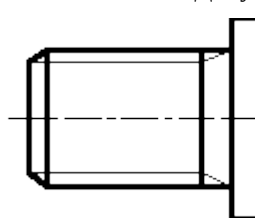
б) со сбегом

Рисунок 10. Указание размера длины резьбы в отверстии

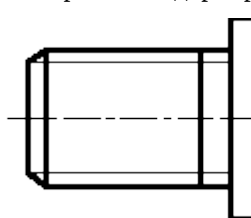
Недорез резьбы, выполненной до упора,

Недорез резьбы, выполненной до упора, изображают как показано на рис. [11а](#) и [11в](#).

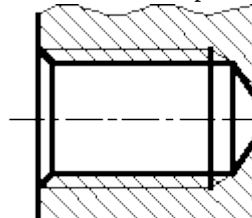
Допускается изображать недорез резьбы, как показано на рис. [11б](#) и [11г](#).



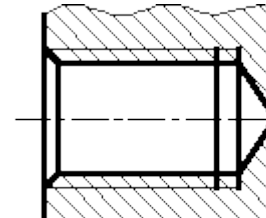
а)



б)



в)



г)

Рисунок 11. Примеры изображения недореза резьбы

Основную плоскость конической резьбы на стержне, при необходимости, указывают тонкой сплошной линией, как показано на рис. [12](#).

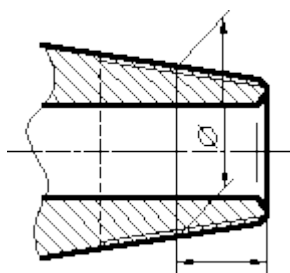


Рисунок 12. Указание основной плоскости конической резьбы на стержне

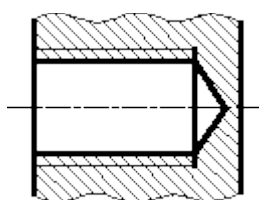


Рисунок 13. Пример изображения глухого резьбового отверстия на чертеже по которому она не выполняется

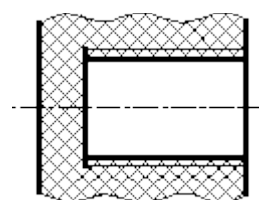


Рисунок 14. Пример изображения глухого резьбового отверстия на чертеже по которому она не выполняется

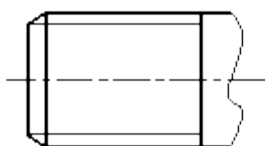
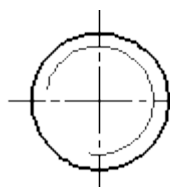


Рисунок 15. Изображение фаски на стержне с резьбой



На чертежах, по которым резьбу не выполняют, конец глухого резьбового отверстия допускается изображать, как показано на рис. 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 оси стержня или отверстия, не изображают (рис. 15, 16, 17).

Сплошная тонкая линия изображения резьбы на стержне должна пересекать линию границы фаски (см. рис. 15).

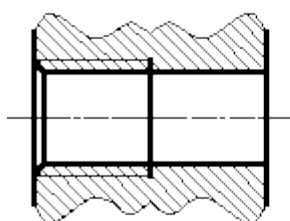


Рисунок 16. Изображение фаски в отверстии с цилиндрической резьбой

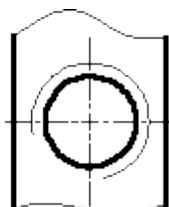
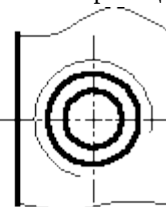
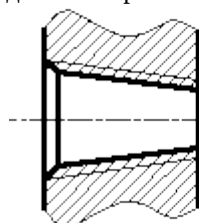


Рисунок 17. Изображение фаски в отверстии с конической резьбой



Резьбу с нестандартным профилем показывают одним из способов, изображенных на рис. 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".

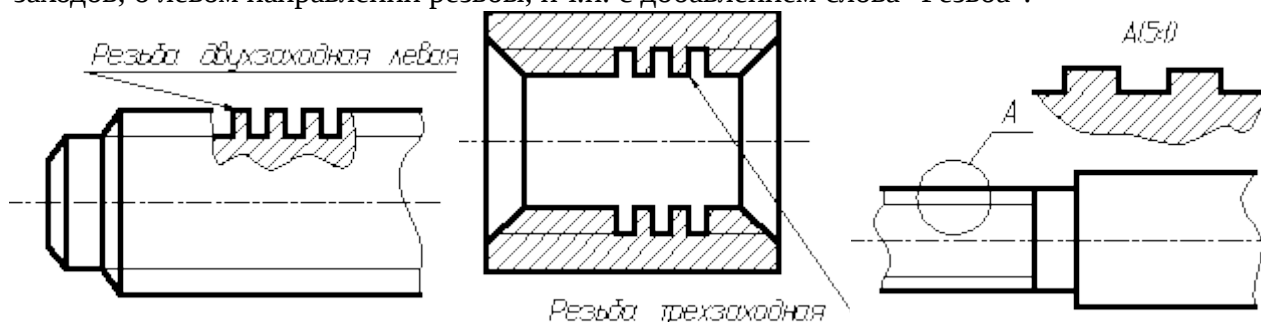


Рисунок 18. Пример изображения резьбы с нестандартным профилем

На разрезах резьбового соединения в изображениях на плоскости параллельной к его оси, в отверстии показывается только часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 19, 20).

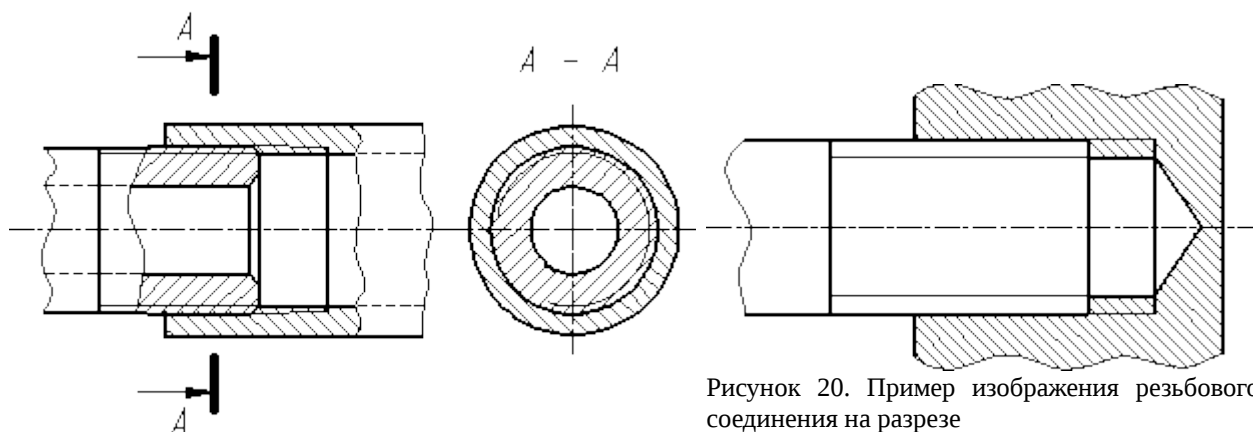


Рисунок 19. Пример изображения резьбового соединения на разрезе

Рисунок 20. Пример изображения резьбового соединения на разрезе

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

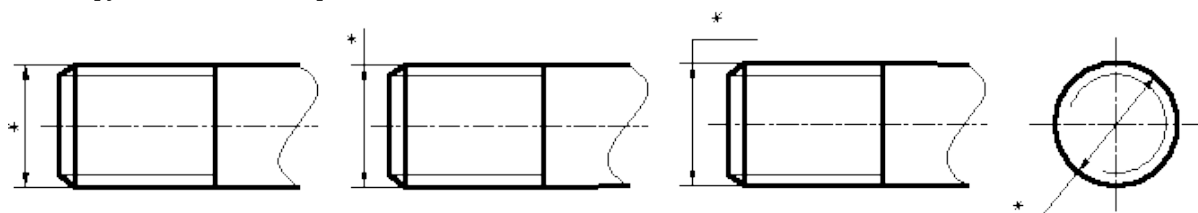


Рисунок 21. Примеры обозначения резьбы на стержне

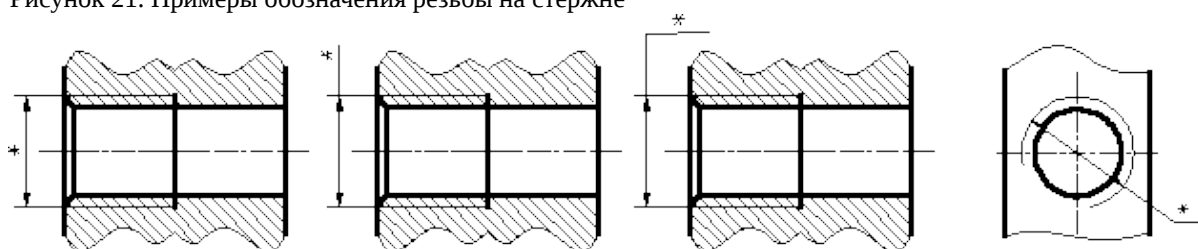


Рисунок 22. Примеры обозначения резьбы в отверстии

Обозначение конической и трубной цилиндрической резьбы наносят, как показано на рис. 23.

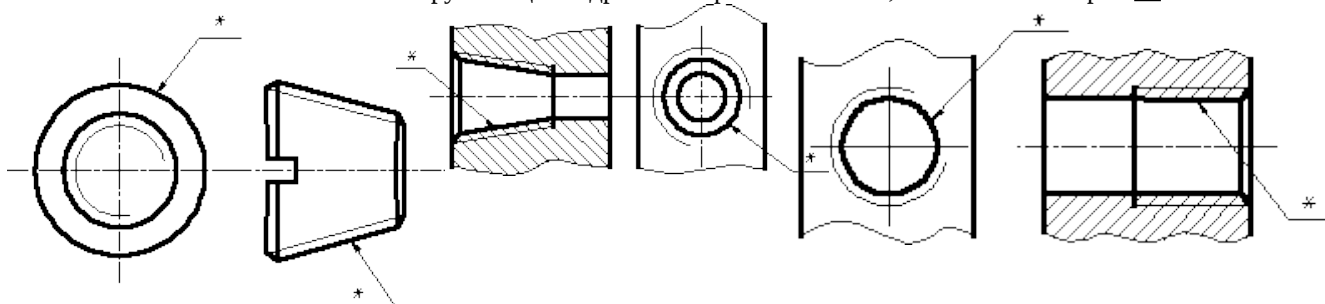


Рисунок 23. Пример обозначения конической и трубной цилиндрической резьб

**Примечание.** Знаком (\*) отмечены места нанесения обозначения резьбы.

Специальную резьбу со стандартным профилем обозначают сокращенно Сп и условным обозначением резьбы.

## 2. Классификация резьбы

По назначению резьбы делятся на **крепежные** (в неподвижном соединении) и **ходовые** или **кинематические** (в подвижном соединении). Часто крепежные резьбы несут в себе вторую функцию — уплотнения резьбового соединения, обеспечения его герметичности.

В зависимости от формы поверхности, по которой нарезается резьба, она может быть **цилиндрической** или **конической**.

В зависимости от расположения поверхности резьба может быть **наружной** (нарезанная на стержне) или **внутренней** (нарезанная в отверстии).

В зависимости от формы профиля различают резьбу **треугольную, трапециевидную, прямоугольную, круглую, специальную**.

Треугольная резьба подразделяется на **метрическую, трубную, коническую** дюймовую, трапециевидная резьба — на **трапецидальную, упорную, упорную усиленную**.

По величине шага различают резьбу крупную, мелкую и специальную.

По числу заходов резьбы делятся на **однозаходные** и **многозаходные**.

По направлению винтовой линии различают резьбу **правую** (нитка резьбы нарезается по часовой стрелке) и **левую** (нитка резьбы нарезается против часовой стрелки).

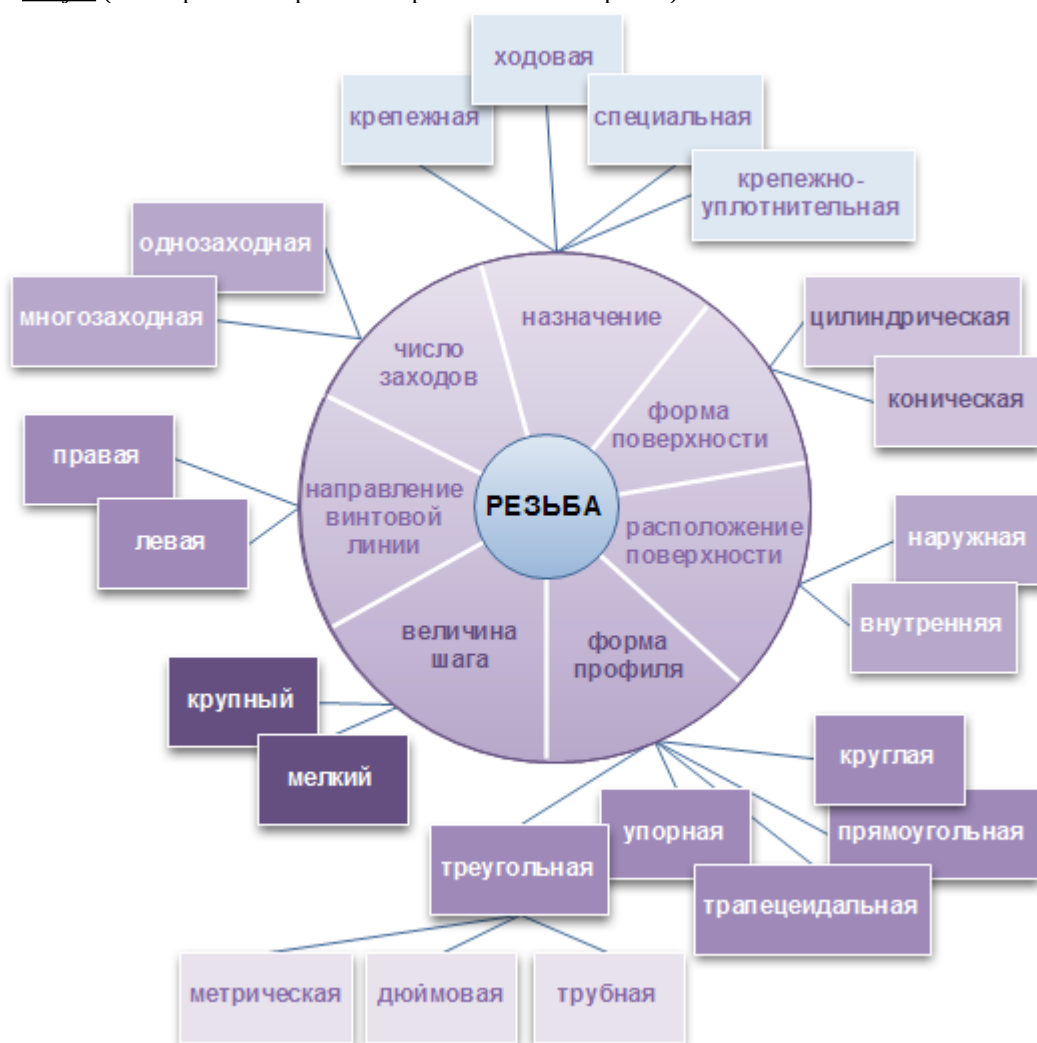


Рисунок 5.1 — Классификация резьб

### 3 Параметры профиля резьбы.

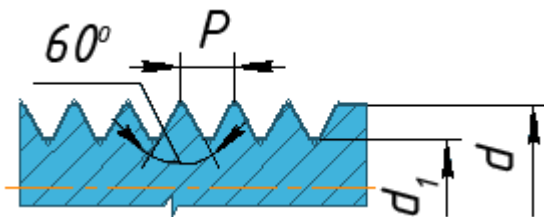
#### Профили резьбы

Резьба образуется при винтовом движении некоторой плоской фигуры, задающей так называемый профиль резьбы, расположенной в одной плоскости с осью поверхности вращения (осью резьбы).

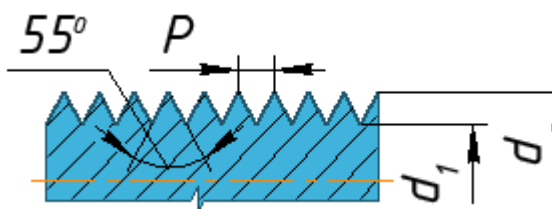
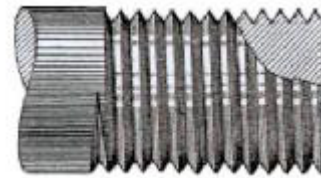
Профили резьбы характеризуются следующими особенностями:

- **метрическая резьба** имеет профиль в виде равностороннего треугольника с углом при вершине  $60^\circ$  (Рисунок 5.2). Метрическая резьба бывает цилиндрической и конической;

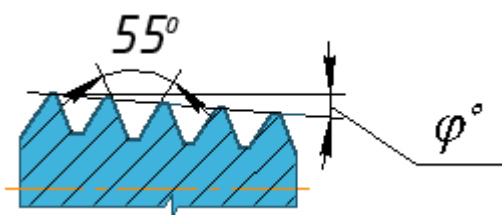
- **трубная резьба** имеет профиль в виде равнобедренного треугольника с углом при вершине  $55^\circ$  (Рисунок 5.2). Трубная резьба также может быть цилиндрической и конической;
  - **коническая дюймовая резьба** имеет профиль в виде равностороннего треугольника (Рисунок 5.2);
  - **круглая резьба** имеет профиль в виде полуокружности;
  - **трапецидальная резьба** имеет профиль в виде равнобочной трапеции с углом  $30^\circ$  между боковыми сторонами (Рисунок 5.2);
  - **упорная резьба** имеет профиль не равнобочной трапеции с углом наклона рабочей стороны  $3^\circ$  и нерабочей –  $30^\circ$  (Рисунок 5.2);
  - **прямоугольная резьба** имеет профиль в виде прямоугольника (Рисунок 5.2).
- Резьба не стандартизована.



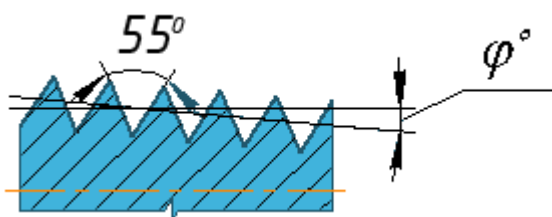
Резьба метрическая (треугольная)



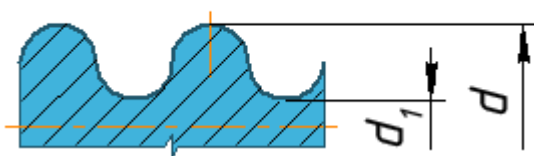
Резьба трубная цилиндрическая



Резьба трубная коническая



Резьба дюймовая коническая



Резьба круглая





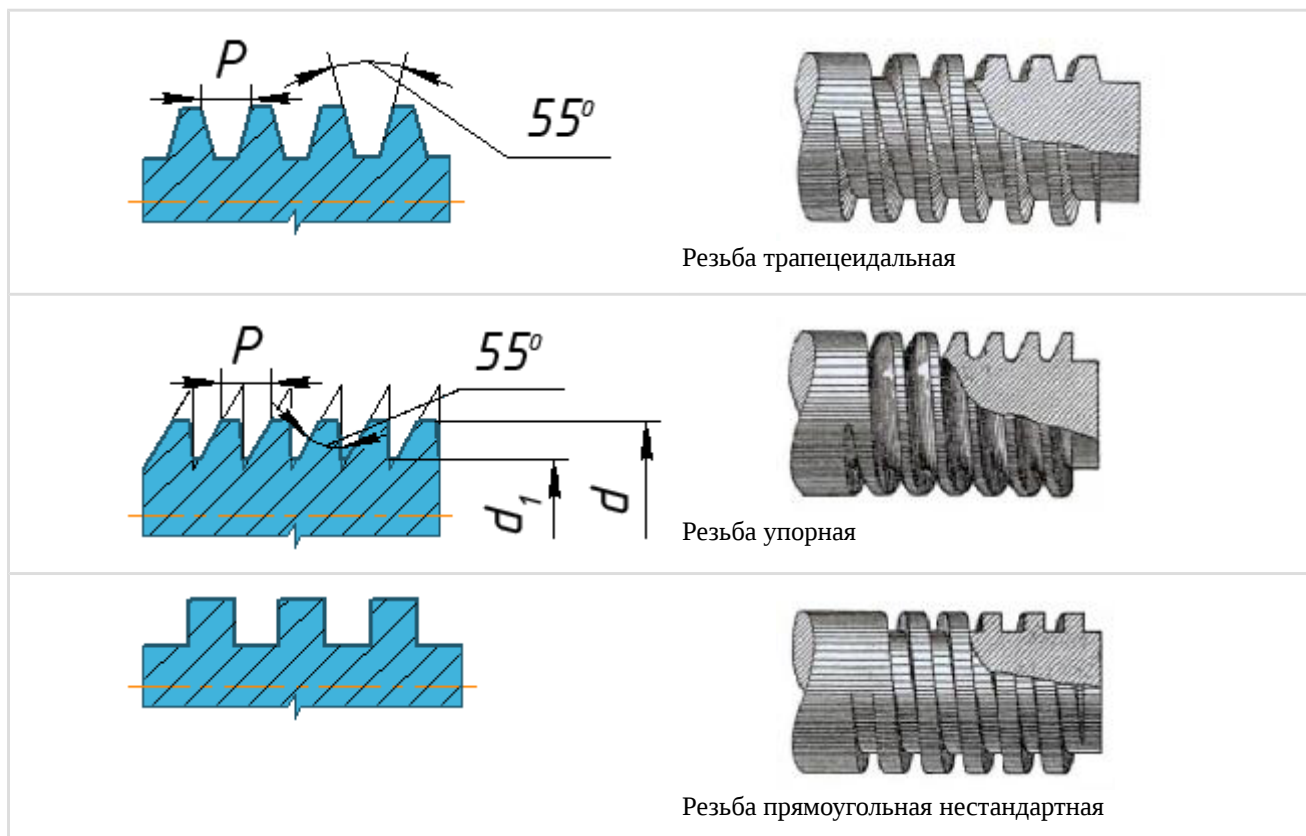


Рисунок 5.2 — Типы и параметры резьб

#### **Параметры резьбы**

**Диаметр резьбы** ( $d$ ) — диаметр поверхности, на которой будет образована резьба.

**Шаг резьбы** ( $P$ ) — расстояние по линии, параллельной оси резьбы между средними точками ближайших одноименных боковых сторон профиля резьбы, лежащими в одной осевой плоскости по одну сторону от оси вращения (ГОСТ 11708-82).

**Ход резьбы** — относительное осевое перемещение детали с резьбой за один оборот, равное произведению  $nP$ , где  $n$  — число заходов резьбы. У однозаходной резьбы ход равен шагу.

Резьбу, образованную движением одного профиля, называют **однозаходной**, образованную движением двух, трех и более одинаковых профилей, называют **многозаходной** (двух-, трехзаходной и т.д.).

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

Соединение деталей с помощью резьбы является одним из старейших и наиболее распространенных видов разъемного соединения. Легко и просто обеспечивает сборку и разборку. Резьбовое соединение образуют две детали. У одной из них на наружной, а у другой на внутренней поверхности выполнены расположенные по винтовой поверхности выступы — соответственно наружная и внутренняя резьбы.

Резьбы формируют на цилиндрических или конических поверхностях. Наибольшее распространение имеют цилиндрические резьбы.

Резьбы классифицируют по различным признакам:

**По направлению винтовой линии:** правая, левая.

**По форме профиля:** треугольная, трапецидальная, прямоугольная, круглая, упорная, метрическая, дюймовая.

**По расположению на детали:** внешняя, внутренняя.

**По характеру поверхности:** цилиндрическая, коническая.

**По назначению:** крепежная, крепежно-уплотняющая, ходовая (для передачи движения), специальная (в т. ч.: часовая, на пластмассовых деталях, окулярная, круглая для объективов микроскопов, круглая для светотехники).

**По числу заходов:** однозаходная, многозаходная.

#### **Характеристика основных видов резьбы**

##### **Метрическая резьба**

Метрическая резьба (рис. 1, а) является основным типом крепежной резьбы. Профиль резьбы установлен ГОСТ 9150-81 и представляет собой равносторонний треугольник с углом



профиля  $\alpha$

$= 60^\circ$ .

Профиль резьбы на стержне отличается от профиля резьбы в отверстии величиной притупления его вершин и впадин.

Основными параметрами метрической резьбы являются: номинальный диаметр –  $d(D)$  и шаг резьбы –  $P$ , устанавливаемые ГОСТ 8724–81 в миллиметрах.

Метрические резьбы бывают с крупным и мелким шагом. По ГОСТ 8724–81 каждому номинальному размеру резьбы с крупным шагом соответствует несколько мелких шагов.

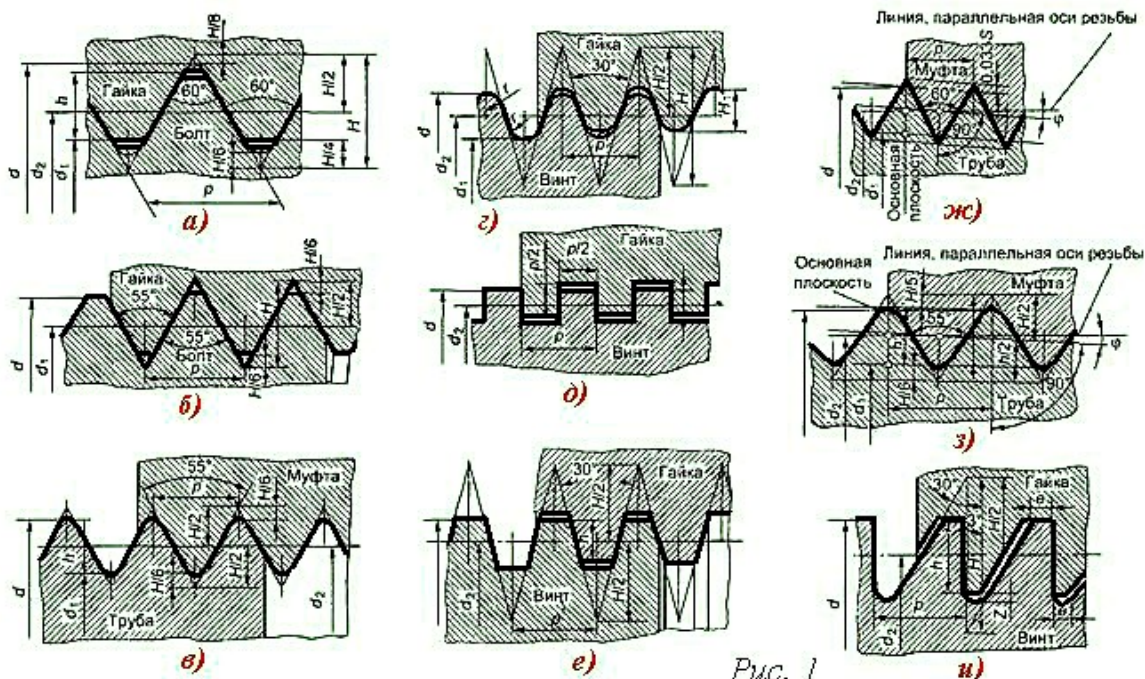


Рис. 1

Резьбы с мелким шагом применяются в тонкостенных соединениях для увеличения их герметичности, для осуществления регулировки в приборах точной механики и оптики, с целью увеличения сопротивления деталей самоотвинчиванию.

В случае, если диаметры и шаги резьб не могут удовлетворить функциональным и конструктивным требованиям, введен СТ СЭВ 183–75 «Резьба метрическая для приборостроения». Если одному диаметру соответствует несколько значений шагов, то в первую очередь применяются большие шаги. Диаметры и шаги резьб, указанные в скобках, по возможности не применяются.

В случае применения конической метрической резьбы (рис. 1, ж) с конусностью 1:16 профиль резьбы, диаметры, шаги и основные размеры установлены ГОСТ 25229–82. При соединении наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической по ГОСТ 9150–81 должно обеспечиваться ввинчивание наружной конической резьбы на глубину не менее  $0,8d$ .

#### Дюймовая резьба

Дюймовая резьба (рис. 1, б) относится к крепежной резьбе. В настоящее время не существует стандарт, регламентирующий основные размеры дюймовой резьбы. Ранее существовавший ОСТ НКТП 1260 отменен, и применение дюймовой резьбы в новых разработках не допускается.

В СНГ ее применяют только для резьбовых деталей старых, а также импортных машин (Китай, США и др.).

Дюймовая резьба характеризуется тем, что имеет треугольный профиль с углом  $\alpha = 55^\circ$ , а диаметр измеряется в дюймах, шаг – числом ниток резьбы на длине в 1". Эта резьба была стандартизована для наружных диаметров  $d = 3/16'' - 4''$  и числом ниток на 1" от 28 до 3.

При обозначении дюймовой резьбы наружный диаметр указывают в дюймах.

#### Трубная цилиндрическая резьба

Трубную цилиндрическую резьбу (рис. 1, в) используют как крепежно-уплотняющую. В соответствии с ГОСТ 6367–81 трубная цилиндрическая резьба имеет профиль дюймовой резьбы, т.е. равнобедренный треугольник с углом  $\alpha$  при вершине, равным  $55^\circ$ .

Для лучшего уплотнения резьбу выполняют с закругленным треугольным профилем без зазоров по выступам и впадинам. Условное обозначение резьбы дается по внутреннему диаметру (в дюймах) трубы, на которой она нарезана.

Резьба стандартизована для диаметров от  $1/16''$  до  $6''$  при числе шагов  $z$  от 28 до 11.

Номинальный размер резьбы условно отнесен к внутреннему диаметру трубы (*к величине условного прохода*). Так, резьба с номинальным диаметром 1 мм имеет диаметр условного прохода 25 мм, а наружный диаметр 33,249 мм.

Трубную резьбу применяют для соединения труб, а также тонкостенных деталей цилиндрической формы. Такого рода профиль ( $\alpha = 55^\circ$ ) рекомендуют при повышенных требованиях к плотности (*непроницаемости*) трубных соединений.

Применяют трубную резьбу при соединении цилиндрической резьбы муфты с конической резьбой труб, так как в этом случае отпадает необходимость в различных уплотнениях.

#### **Трубная коническая резьба**

Трубную коническую резьбу (рис. 1, з) используют как крепежно-уплотняющую. Параметры и размеры трубной конической резьбы определены ГОСТ 6211–81, в соответствии с которым профиль резьбы соответствует профилю дюймовой резьбы. Резьба стандартизована для диаметров от 1/16" до 6" (в основной плоскости размеры резьбы соответствуют размерам трубной цилиндрической резьбы).

Нарезаются резьбы на конусе с углом конусности  $\phi/2 = 1^\circ 47' 24''$  (как и для метрической конической резьбы), что соответствует конусности 1:16.

Конические резьбы обеспечивают герметичность соединения резьбовых деталей без специальных уплотнений.

Применение конической резьбы позволяет резко уменьшить время (*угол относительного поворота винта и гайки*) завинчивания и отвинчивания, что часто имеет решающее значение для быстроразборных соединений.

Применяется резьба для резьбовых соединений топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводов машин и станков. Для возможности свертывания конических резьб с цилиндрическими, биссектриса угла профиля конусной резьбы по ГОСТ должна быть перпендикулярна оси.

#### **Прямоугольная резьба**

Прямоугольная резьба (рис. 1, д) относится к резьбам для передачи движений под нагрузкой. Она имеет прямоугольный или квадратный профиль, диаметр и шаг прямоугольной резьбы измеряют в миллиметрах.

Прямоугольная резьба не стандартизована и применяется сравнительно редко, так как наряду с преимуществами, заключающимися в более высоком коэффициенте полезного действия, чем у трапецидальной резьбы, она менее прочна и сложнее в производстве. Ее заменяют трапецидальной – более удобной в изготовлении.

Применяется при изготовлении винтов, домкратов и ходовых винтов.

#### **Трапецидальная резьба**

Трапецидальную резьбу (рис. 1, е) широко применяют в передачах винт-гайка. Она имеет симметричный трапецидальный профиль с углом профиля  $\alpha = 30^\circ$ .

Для червяков червячных передач угол профиля  $\alpha = 40^\circ$ .

Основные размеры диаметров и шагов трапецидальной однозаходной резьбы для диаметров от 10 до 640 мм устанавливают ГОСТ 9481–81. По сравнению с прямоугольной трапецидальная резьба при одних и тех же габаритах имеет большую прочность, более технологична в изготовлении.

Трапецидальная резьба применяется для преобразования вращательного движения в поступательное при значительных нагрузках и может быть одно- и многозаходной (ГОСТ 24738–81 и 24739–81), а также правой и левой.

Трапецидальная резьба при использовании гайки, разъемной по осевой плоскости (*например, у ходовых винтов станков*), позволяет выбирать зазоры путем радиального сближения половин гайки при ее изнашивании.

#### **Упорная резьба**

Упорную резьбу (рис. 1, и) применяют в нажимных винтах с большой односторонней осевой нагрузкой.

Упорная резьба, стандартизованная ГОСТ 24737–81, имеет профиль неравнобокой трапеции, одна из сторон которой наклонена к вертикали под углом  $3^\circ$ , т.е. рабочая сторона профиля, а другая – под углом  $30^\circ$ .

Форма профиля и значение диаметров шагов для упорной однозаходной резьбы устанавливает ГОСТ 10177–82. Резьба стандартизована для диаметров от 10 до 600 мм с шагом от 2 до 24 мм и применяется при больших односторонних усилиях, действующих в осевом направлении.

Закругление (см. размер *e*, рис. 1, и) повышает прочность винта.

Условное обозначение упорной резьбы для наружного диаметра 80 мм и шага 16 мм – S 80×16, т.е. аналогично обозначению трапецидальной резьбы.

#### **Круглая резьба**

Круглая резьба (рис. 1, г) стандартизована. Профиль круглой резьбы образован дугами, связанными между собой участками прямой линии. Угол между сторонами профиля  $\alpha = 30^\circ$ .

Резьба применяется ограниченно: для водопроводной арматуры, в отдельных случаях для крюков подъемных кранов, а также в условиях воздействия агрессивной среды.

### Многозаходная резьба

У однозаходной резьбы (рис. 2, а) шаг и ход резьбы одинаковые, при этом за один оборот винта гайка перемещается на величину шага. Если перемещение гайки за один оборот должно быть большим, то ход, а следовательно, и шаг однозаходного винта должны быть большими.

Чем больше шаг, тем глубже получается резьба (*высота резьбы зависит от шага*) и тем меньше будет внутренний диаметр винта. Винт с малым внутренним диаметром недостаточно прочен и не может передавать больших усилий.

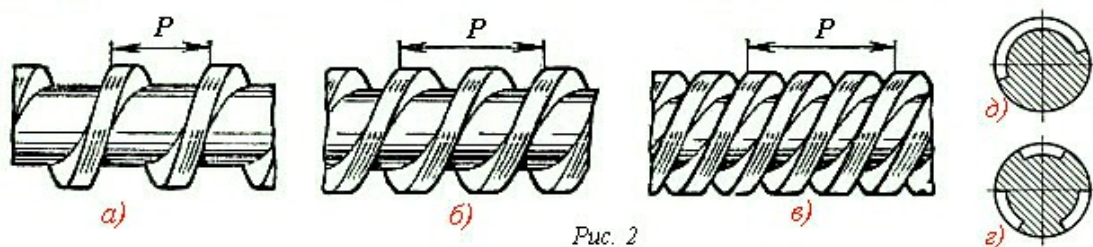


Рис. 2

Для усиления прочности винта, одновременно с увеличением хода, применяют многозаходную резьбу. В этом случае шаг, высота резьбы и ее внутренний диаметр соответствуют однозаходной, а ход резьбы во столько раз больше шага, сколько имеется заходов, например, у двухзаходной резьбы (рис. 2, б) ход вдвое больше ее шага, у трехзаходной (рис. 2, в) - втрое больше и т. д.

Пример удобства многозаходной резьбы – крышки на банках с консервированными овощами или соками. Легкий поворот руки на небольшой угол - и банка открыта. Следует, также, отметить, что на цилиндрах большого диаметра попасть в заход однозаходной резьбы очень сложно, и в этом случае проблему можно уменьшить при помощи многозаходной резьбы.

Чтобы проще было понять, что такое многозаходная резьба и для чего она нужна, следует вспомнить о таких параметрах резьбы, как ее **шаг** и **ход**. Шаг резьбы ( $P$ ) - это расстояние между соседними одноименными точками профиля в направлении, параллельном оси резьбы той же винтовой поверхности. Ход резьбы ( $P_h$ ) - расстояние, на которое переместится вдоль оси винт при одном полном его обороте в неподвижной гайке, т. е. шаг одной и той же винтовой линии резьбы.

Очевидно, что если резьба однозаходная, то ее шаг и ход равны между собой, поскольку за один оборот винта его стержень переместится вдоль оси на величину шага.

При конструировании каких-либо узлов или механизмов иногда возникает необходимость в увеличении хода винта. При однозаходной резьбе этого можно достичь увеличением ее шага, но здесь предел творчеству ограничивается внутренним диаметром резьбы, поскольку приходится увеличивать глубину нарезания. А с уменьшением диаметра уменьшается и прочность стержня винта (болта, шпильки).

Можно увеличить угол подъема резьбы, но при этом теряются многие ценные качества резьбового соединения. К тому же угол подъема резьбы увеличивать можно лишь в определенных пределах, иначе завернуть винт в гайку будет невозможно.

В таких случаях лучшее решение проблемы - многозаходная резьба, ход которой (по сравнению с однозаходной резьбой) кратен числу заходов, т. е. ход многозаходной резьбы равен произведению числа заходов на шаг резьбы. При этом диаметр резьбы и стержня болта не уменьшается.

Чтобы нагляднее понять принцип изготовления многозаходной резьбы, представьте, что на стержне винта резьба нарезается одновременно несколькими резцами, закрепленными в суппорте в один ряд вдоль оси винта. Каждый резец прорезает отдельную канавку, не соединяющуюся с соседними. Очевидно, что шаг винтовой линии, нарезаемой каждым резцом должен быть таким, чтобы он не пересекал винтовую линию соседнего резца, т. е. увеличенным. В результате получим многозаходную резьбу, количество ходов которой зависит от количества резцов.

Визуально многозаходную резьбу можно определить, если посмотреть на торец винта (болта, шпильки, гайки). В этом случае хорошо видно, сколько ниток резьбы берет свое начало с торца. У однозаходной резьбы (рис. 2, д) на торце винта или гайки виден только один конец витка, а у многозаходной (рис. 2, е) – два, три и больше. Если продвигаться по спирали вдоль какого-нибудь витка многозаходной резьбы острым кончиком иглы или другого предмета, то вы никогда не попадете в канавку соседнего витка. Технологически многозаходные резьбы существенно сложнее и, соответственно, дороже.

## 1. 1 Лекция №6 (2 часа).

### Тема: «Сопряжения, лекальные кривые»

#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Болтовое соединение.
2. Шпильчное соединение.
3. Винтовое соединение.

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. Болтовое соединение

**Болт** представляет собой резьбовой стержень с головкой различной формы (Рисунок 5.17). Размеры и форма головки позволяют использовать ее для завинчивания болта при помощи стандартного гаечного ключа. На головке болта выполняется коническая фаска, сглаживающая острые края головки. Существует значительное количество типов болтов. Наиболее распространены болты с шестигранной головкой нормальной точности, размеры которых определяет ГОСТ 7798-80, предусматривающий изготовление болтов в четырех исполнениях.

На Рисунке 5.17 дано изображение болта 1 исполнения.

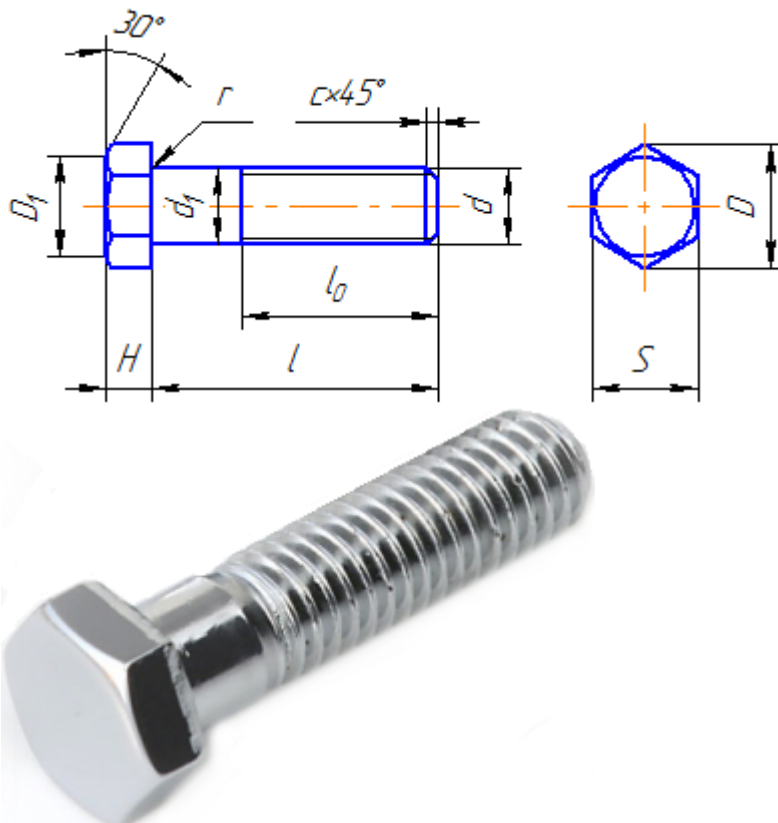


Рисунок 5.17 — Изображение болта

**Обозначение:** Болт  $M12 \times 1,25 - 6g \times 60.58$  ГОСТ 7798-80 — болт исполнения 1 (исполнение 1 не указывают) с наружным диаметром резьбы 12 мм, с шагом 1,25 мм, длиной 60 мм, классом прочности 5.8, без покрытия.

Таблица 5.5 — Болты с шестигранной головкой по ГОСТ 7798–70, мм

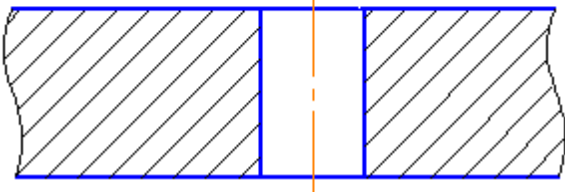
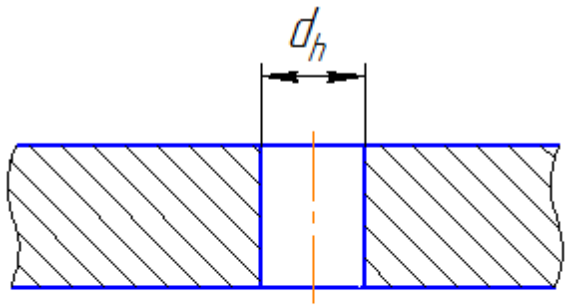
Диаметр резьбы $d$	Шаг резьбы $P$		Диаметр стержня $d_1$	Размер «под ключ» $S$	Высота $H$	Диаметр описанной окружности $D$ , не менее	Радиус головки $r$		Длина резьбы $l_0$
	крупный	мелкий					не менее	не более	
10	1.5	1.25	10	17	7.0	18.7	0.4	1.1	26
12	1.75	1.25	12	19	8.0	20.9	0.6	1.6	30
(14)	2	1.5	14	22	9.0	24.3	0.6	1.6	34
16	2	1.5	16	24	10.0	26.5	0.6	1.6	38
(18)	2.5	1.5	18	27	12.0	29.9	0.6	1.6	42
20	2.5	1.5	20	30	13.0	33.3	0.8	2.2	46
(22)	2.5	1.5	22	32	14.0	35.0	0.8	2.2	50
24	3	2	24	36	15.0	39.6	0.8	2.2	54
27	3	2	27	41	17.0	45.2	0.8	2.7	60

1. Стандартную длину  $l$  болта выбирают из ряда, мм: (28), 30, (32), 35, (38), 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, (85), 90, (95), 100, (105), 110 и т. д.
2. Длины болтов, заключенных в скобки, применять не рекомендуется.

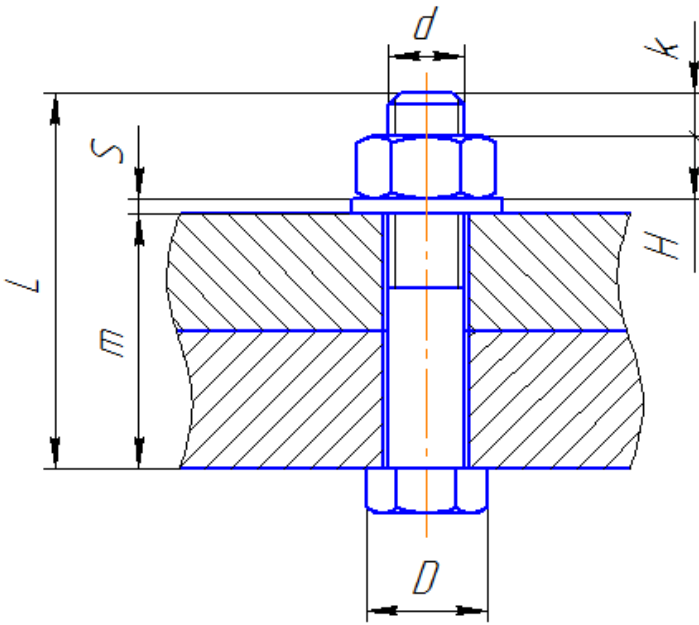
Болтовое соединение применяют для скрепления двух и более деталей. В болтовое соединение входят соединяемые детали, стандартные изделия — болт, гайка, шайба, (Рисунок 5.24).

В соединяемых деталях выполняют гладкие сквозные отверстия, диаметр которых больше диаметра резьбы стандартного изделия — болта ( $d_h$ ), (Рисунок 5.24,а; 5.25). Величину ( $d_h$ ) выбирают в зависимости от требуемой точности сборки по ГОСТ 11284-75\* (см. Таблицу 5.15). Если зазор на чертеже (при его изображении) получается меньшим 1 мм, то его можно увеличить.

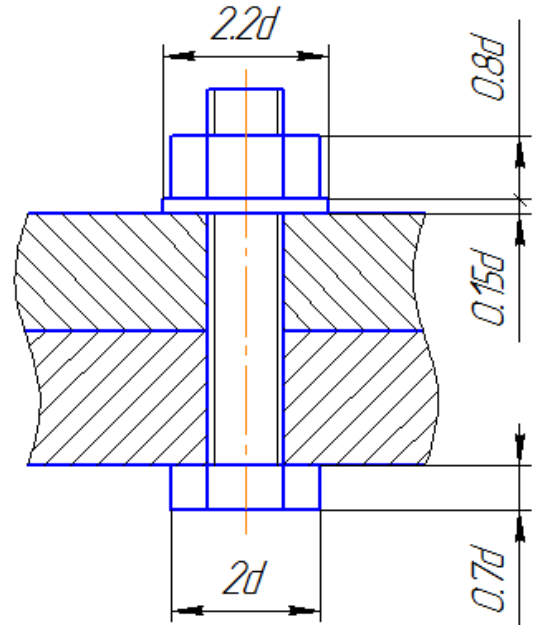
Последовательность сборки: располагают отверстия под крепеж в деталях соосно, вставляют стержень болта, одевают шайбу и накручивают гайку.



a

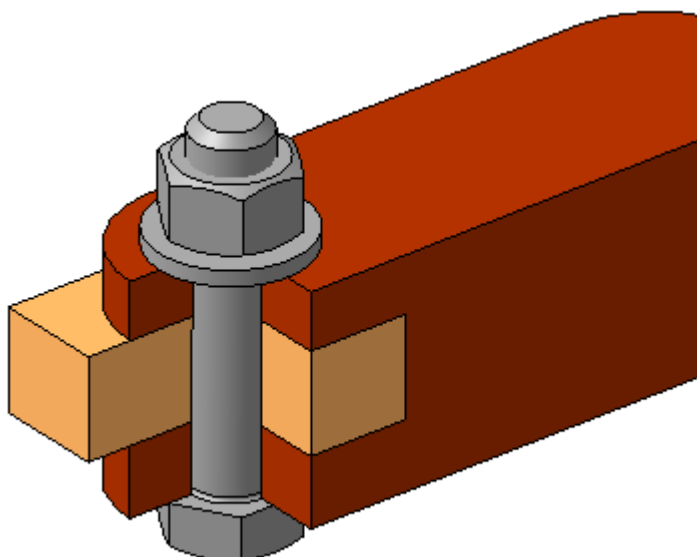


6



B





г

Рисунок 5.24 Болтовое соединение: а — отверстия в соединяемых деталях, б — конструктивное изображение, в — упрощенное изображение, г — модель

Основными размерами болтового соединения являются номинальный диаметр резьбы и длина болта (Таблица 5.5). Все размеры крепежных деталей берутся из соответствующих стандартов.

Таблица 5.15 — Отверстия сквозные под крепежные детали по ГОСТ 11284–75, мм

Диаметры стержней крепежных деталей d	Диаметры сквозных отверстий d <sub>н</sub>			Диаметры стержней крепежных деталей d	Диаметры сквозных отверстий d <sub>н</sub>		
	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд		1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
2,5	2,7	2,9	3,1	16,0	17,0	18,0	19,0
3,0	3,2	3,4	3,6	18,0	19,0	20,0	21,0
4,0	4,3	4,5	4,8	20,0	21,0	22,0	24,0
5,0	5,3	5,5	5,8	22,0	23,0	24,0	26,0
6,0	6,4	6,6	7,0	24,0	25,0	26,0	28,0
7,0	7,4	7,6	8,0	27,0	28,0	30,0	32,0
8,0	8,4	9,0	10,0	30,0	31,0	33,0	35,0
10,0	10,5	11,0	12,0	33,0	34,0	36,0	38,0
12,0	13,0	14,0	15,0	36,0	37,0	39,0	42,0
14,0	15,0	16,0	17,0	39,0	40,0	42,0	45,0

На упрощенном изображении болтового соединения не показывают фаски, зазоры между стержнем болта и отверстием, резьба наносится на всей длине стержня.

Все размеры стандартных изделий рассчитываются по условно-упрощенным размерам, выраженным через отношение к диаметру резьбы —  $d$  (Рисунок 5.24, в).

Длина болта определяется по формуле:

$$L = m + S + H + k,$$

где  $L$  — длина болта;  $m$  — толщина соединяемых деталей;  $S$  — толщина шайбы;  $H$  — высота гайки;  $k = (0,25 \dots 0,5)d$  — запас резьбы болта (Рисунок 5.24, б)

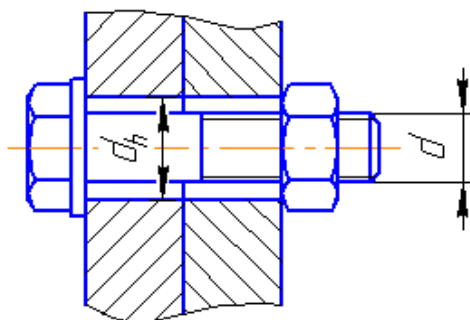


Рисунок 5.25 Конструктивный зазор между стержнем болта и отверстием в деталях

## 2. Шпильчное соединение.

**Шпилька** — цилиндрический стержень, с обеих сторон которого нарезана резьба (Рисунок 5.20).

Резьбовой конец шпильки  $l_{\text{вв}}$  называется ввинчиваемым или посадочным резьбовым концом. Он предназначен для завинчивания в резьбовое отверстие одной из соединяемых деталей. Длина  $l_{\text{вв}}$  определяется материалом детали:

$$l_{\text{вв}} = (0,8 \dots 1)d \text{ — для стальных и латунных деталей;}$$

$$l_{\text{вв}} = (1,2 \dots 1,6)d \text{ — для чугуновых;}$$

$$l_{\text{вв}} = (2 \dots 2,5)d \text{ — для легких сплавов (алюминий...).$$

$$l_{\text{вв}} = 2,5d \text{ — для деталей из полимерных материалов.}$$

Резьбовой конец шпильки  $l_2$  предназначен для навинчивания на него гайки при соединении скрепляемых деталей. Под длиной шпильки  $L$  понимается длина стержня без ввинчиваемого резьбового конца. Длина гаечного конца  $l_2$  может иметь различные значения, определяемые диаметром резьбы  $d$  и высотой гайки.

Номер стандарта определяет длину ввинчиваемого конца.

**Обозначение:** Шпилька 2М10х1,25-6gх200.58 ГОСТ 22040-76, где 2 — исполнение, 10 — наружный диаметр метрической резьбы, 1,25 — шаг мелкий в мм, 6g — поле допуска, 200 — длина в мм, 5.8 — класс прочности, шпилька с ввинчиваемым концом длиной  $2,5d$ .

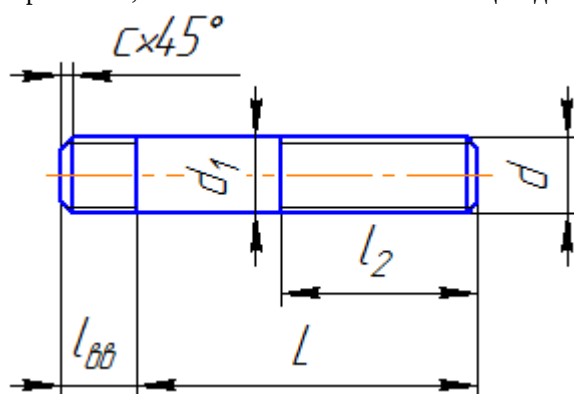






Рисунок 5.20 — Изображение шпильки

Таблица 5.10 — Определение длины ввинчиваемого конца шпильки

Длина ввинчиваемого конца $l_{вв}$	ГОСТ		Материал, в который ввинчиваются шпильки
	Шпильки нормальной точности В	Шпильки повышенной точности А	
$d$	22032-76	22033-76	Сталь, бронза, латунь и т.п.
$1,25d$	22034-76	22035-76	Ковкий и серый чугун (допускается сталь, бронза)
$1,6d$	22036-76	22037-76	Ковкий и серый чугун (допускается сталь, бронза)
$2d$	22038-76	22039-76	Легкие сплавы (допускается сталь)
$2,5d$	22040-76	22041-76	Легкие сплавы (допускается сталь)
$l_{вв} = l_2$	22042-76	22043-76	Без ограничения

Таблица 5.11 — Основные размеры шпилек нормальной точности в мм

$d$ Шаг $P$		$l_{вв}=d$ (ГОСТ 22032-76)	$l_{вв}=1,25d$ (ГОСТ 22034-76)	$l_{вв}=1,6d$ (ГОСТ 22036-76)	$l_{вв}=2d$ (ГОСТ 22038-76)	$l_{вв}=2,5d$ (ГОСТ 22040-76)	$l_2$
Крупный	Мелкий						
1 1,5	1,25	10	12	16	20	25	26
0							
1 1,75	1,25	12	15	20	24	30	30
2							
16 2	1,5	16	20	25	32	40	38

Таблица 5.11 — Основные размеры шпилек нормальной точности в мм

20	2,5	1,5	20	25	32	40	50	46
24	3	2	24	30	38	48	60	54
30	3,5	2	30	38	48	60	75	66
36	4	3	36	45	56	72	88	78

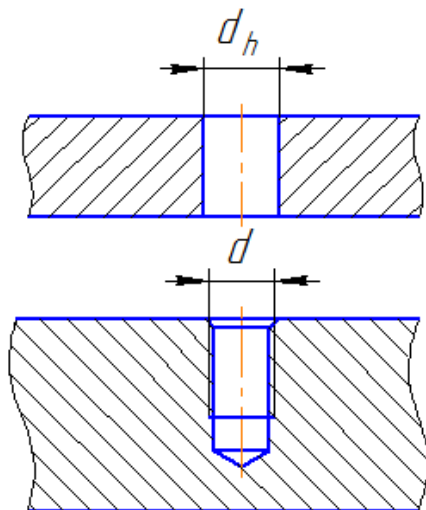
Шпильчатое соединение применяют для скрепления двух и более деталей, когда по конструктивным соображениям применение болтового соединения невозможно. В шпильчатое соединение входят присоединяемые детали и корпус, стандартные изделия — шпилька, гайка, шайба (Рисунок 5.26, а, б).

В присоединяемой детали выполняют сквозное гладкое отверстие, диаметром  $d_h$  (см. [Таблицу 5.15](#)), как и в случае болтового соединения.

Гнездо под шпильку в корпусной детали сначала высверливают (диаметр сверления зависит от номинального диаметра резьбы, ее шага и требуемой точности изготовления, [Таблица 5.2](#)), затем делают фаску, после чего нарезают резьбу ([Рисунок 5.4](#)). Глубина сверления зависит от глубины ввинчивания шпильки ( $l_{вв}$ ), запаса резьбы полного профиля в гнезде и недореза, зависящего от шага:  $l_2 = l_{вв} + 4P$ . Глубина нарезания резьбы  $l_3 = l_{вв} + 2P$ , где  $P$  — шаг резьбы. Размеры глубины сверления и нарезания резьбы указывают на чертеже корпусной детали. Под длиной шпильки понимают длину ее стержня без ввинчиваемого конца —  $L$ .

Глубина ввинчивания зависит от материала корпусной детали — чем мягче материал, тем больше глубина ввинчивания ([Таблица 5.10](#)).

**Последовательность сборки:** ввинчивают шпильку ввинчиваемым концом в корпус до заклинивания (по сбеги резьбы), одевают на стержень шпильки присоединяемую деталь, одевают шайбу, накручивают гайку.



а

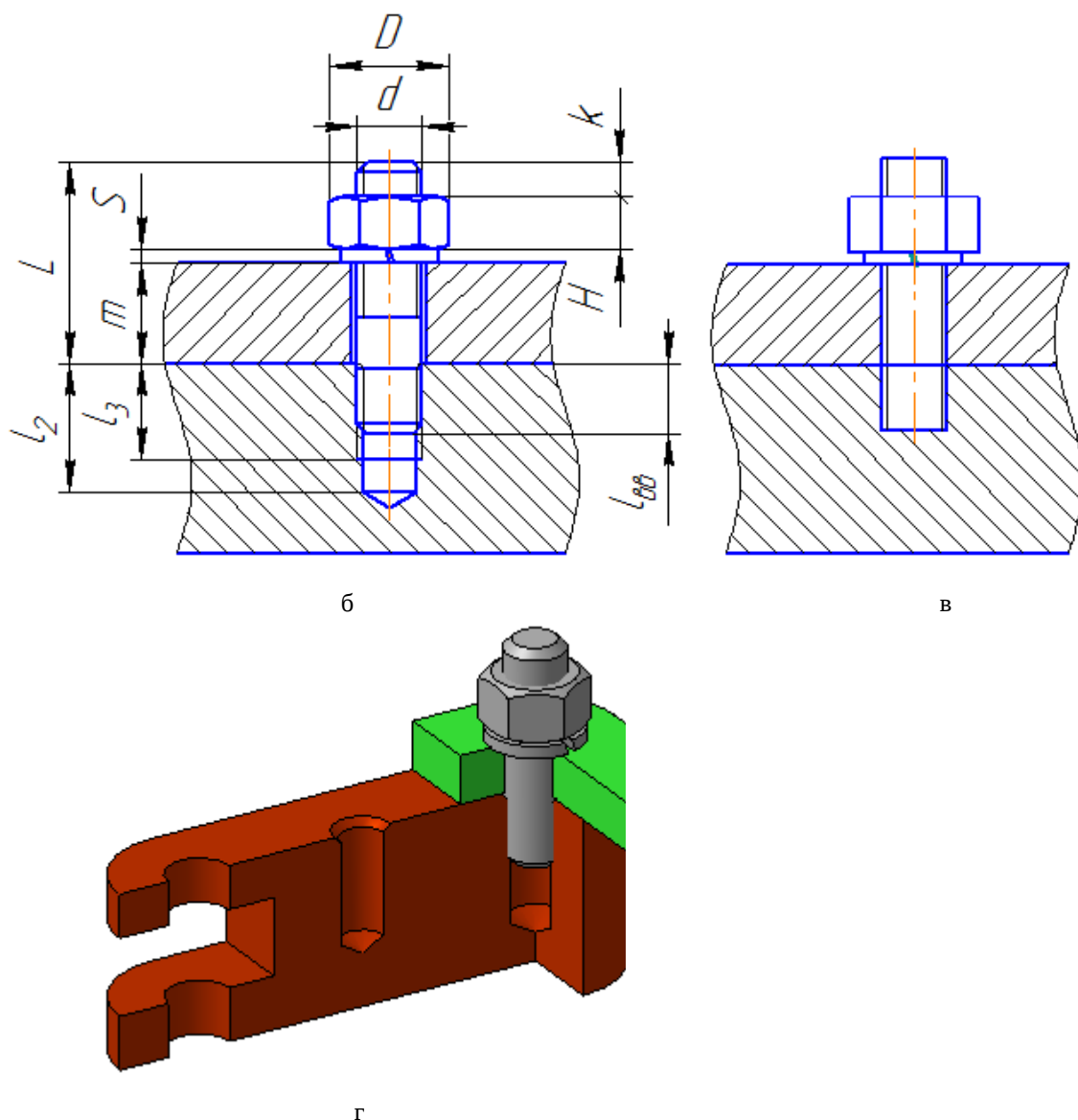


Рисунок 5.26 — Шпилечное соединение: а — отверстия в соединяемых деталях; б — конструктивное изображение; в — упрощенное изображение; г — модель

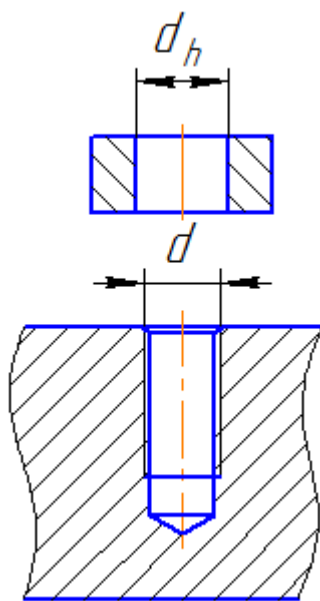
### 3 Винтовое соединение.

В винтовое соединение входят присоединяемые детали и корпус, стандартные изделия — винт, иногда шайба (Рисунок 5.27, б, в, г).

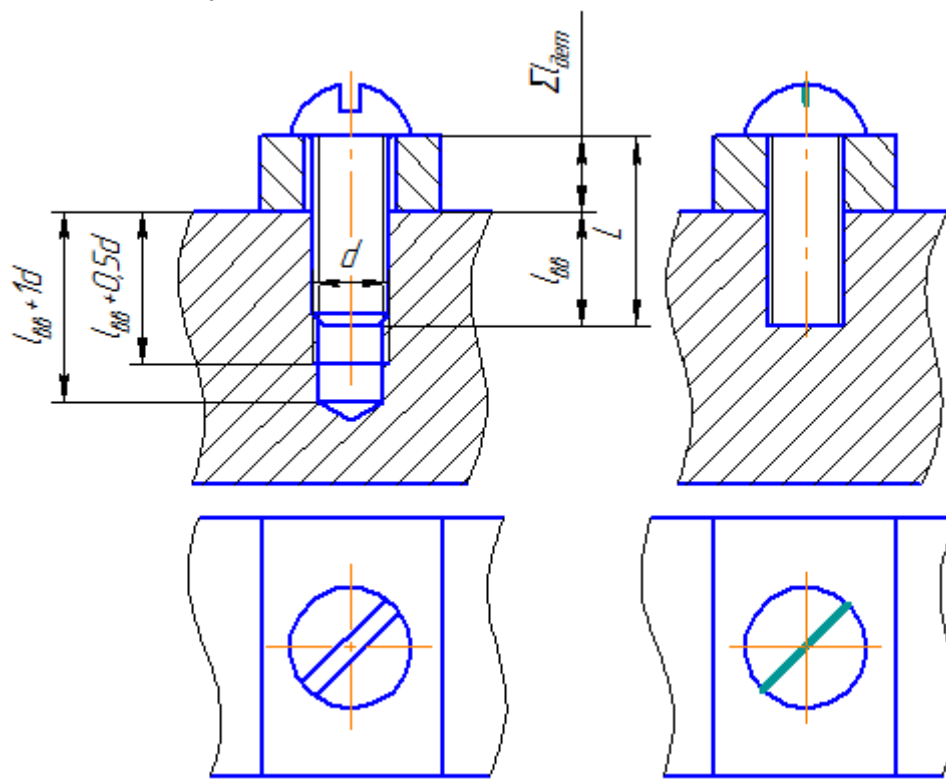
В присоединяемой детали выполняют гладкое сквозное отверстие, [Таблица 5.15](#).

Гнездо под винт в корпусной детали сначала высверливают (диаметр сверления зависит от номинального диаметра резьбы, ее шага и требуемой точности изготовления, [Таблица 5.2](#)), затем делают фаску, после чего нарезают резьбу ([Рисунок 5.4](#)). Глубина сверления зависит от глубины ввинчивания винта ( $l_{ог}$ ), запаса резьбы полного профиля в гнезде и недореза, зависящего от шага:  $l_2 = l_{ог} + 4P$  (или  $l_{ог} + 1d$ ). Глубина нарезания резьбы  $l_3 = l_{ог} + 2,7P$ , где  $P$  — шаг резьбы (или  $l_{ог} + 0,5d$ ).

Последовательность сборки: располагают отверстия под крепеж в деталях соосно, вставляют стержень винта через отверстие присоединяемой детали, ввинчивают винт в корпусную деталь.

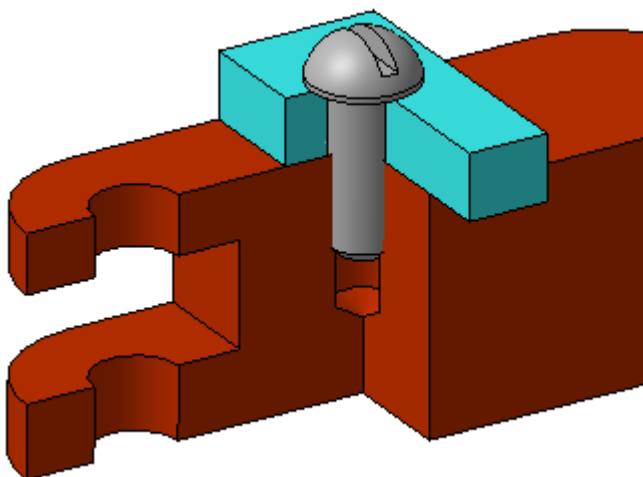


a



6

B



г

Рисунок 5.27 — Винтовое соединение: а — отверстия в соединяемых деталях; б — конструктивное изображение; в — упрощенное изображение; г — модель

## 1. 1 Лекция №7 (4 часа).

**Тема: «Конструкторская документация»**

### 1.1.1 Вопросы лекции:

- 1 Основные понятия
- 2 Классификация резьбы
- 3 Параметры профиля резьбы
- 4 Болтовое соединение
- 5 Шпилечное соединение
- 6 Винтовое соединение

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Основные понятия

**Изделием** называют любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

ГОСТ 2.101-88\* устанавливает следующие виды изделия:

- Детали;
- Сборочные единицы;
- Комплексы;
- Комплекты.

При изучении курса «Инженерной графики» к рассмотрению предлагаются два вида изделий: детали и сборочные единицы.

**Деталь** – изделие, изготавливаемое из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций.

Например: втулка, литой корпус, резиновая манжета (неармированная), отрезок кабеля или провода заданной длины. К деталям относятся так же изделия, подвергнутые покрытиям (защитным или декоративным), или изготовленные с применением местной сварки, пайки, склейки сшивки. К примеру: корпус, покрытый эмалью; стальной винт, подвергнутый хромированию; коробка, склеенная из одного листа картона, и т.п.

**Сборочная единица** – изделие, состоящее из двух и более составных частей, соединённых между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, пайкой, клёпкой, развальцовкой, склеиванием и т.д.).

Например: станок, редуктор, сварной корпус и т.д.

**Комплексы** — два и более специфицируемых изделия не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например, автоматическая телефонная станция, зенитный комплекс и т.п.

**Комплекты** — два и более специфицированных изделия, не соединённых на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например, комплект запасных частей, комплект инструментов и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры и т.п.

Производство любого изделия начинается с разработки конструкторской документации. На основании технического задания проектная организация разрабатывает **эскизный проект**, содержащий необходимые чертежи будущего изделия, расчётно-пояснительную записку, проводит анализ новизны изделия с учётом технических возможностей предприятия и экономической целесообразности его осуществления.

Эскизный проект служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации. Полный комплект конструкторской документации определяет состав изделия, его устройство, взаимодействие составных частей, конструкцию и материал всех входящих в него деталей и другие данные, необходимые для сборки, изготовления и контроля изделия в целом.

**Сборочный чертёж** – документ, содержащий изображение сборочной единицы и данные, необходимые для её сборки и контроля.

**Чертёж общего вида** – документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и принцип работы изделия.

**Спецификация** – документ, определяющий состав сборочной единицы.

Чертёж общего вида имеет номер сборочной единицы и код СБ.

Например: код сборочной единицы (Рисунок 9.1) ТМ.0004ХХ.100 СБ тот же номер, но без кода, имеет спецификация (Рисунок 9.2) этой сборочной единицы. Каждое изделие, входящее в сборочную единицу, имеет свой номер позиции, указанный на чертеже общего вида. По номеру позиции на чертеже можно найти в спецификации наименование, обозначение данной детали, а также количество. Кроме того, в примечании может быть указан материал, из которого деталь изготовлена.

## 2. Классификация резьбы.

Основные понятия и параметры резьб устанавливает ГОСТ 11708-82 «Резьба. Термины и определения». Резьба – это винтовая поверхность, образованная при перемещении плоского контура, задающего профиль резьбы, по боковой поверхности цилиндра или конуса. Цилиндрическая резьба – резьба, образованная на боковой поверхности цилиндра. Коническая резьба – резьба, образованная на боковой поверхности конуса. Наружная резьба – резьба, образованная на наружной поверхности цилиндра или конуса. Внутренняя резьба – резьба, образованная на внутренней цилиндрической или конической поверхности (резьба в отверстии). Однозаходная резьба – резьба, образованная перемещением одного плоского контура, задающего профиль резьбы. На поверхности детали нарезается одна винтовая канавка. Многозаходная резьба – резьба, образованная движением двух и более одинаковых контуров, задающих профиль резьбы. На поверхности детали нарезают одновременно несколько винтовых канавок. По направлению винтовой линии резьба может быть левой и правой. Правая резьба – резьба, у которой плоский контур, задающий профиль резьбы, вращаясь по часовой стрелке, удаляется вдоль оси резьбы от наблюдателя. Левая резьба – резьба, у которой плоский контур, задающий профиль резьбы, вращаясь против часовой стрелки, удаляется вдоль оси резьбы от наблюдателя.

## 3 Параметры профиля резьбы.

Ось резьбы – ось, относительно которой образована винтовая поверхность резьбы. Профиль резьбы – это контур сечения резьбы плоскостью, проходящей через ось резьбы. Номинальный диаметр резьбы  $d$  – диаметр, характеризующий размер резьбы и используемый при её обозначении (рис. 1). Шаг резьбы  $P$  – расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между ближайшими одноимёнными точками профиля резьбы (см. рис. 1).

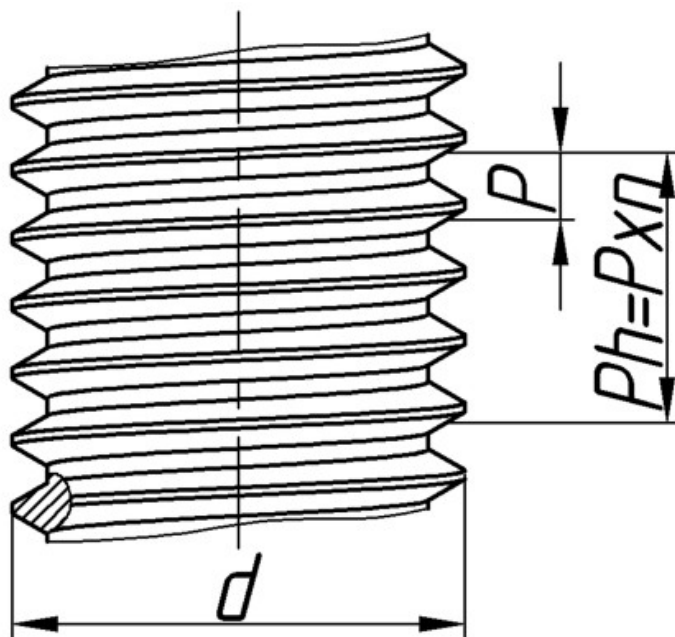


Рис. 1. Шаг и ход резьбы

Ход резьбы  $P_h$  – расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между ближайшими точками резьбы при перемещении исходной точки по винтовой линии на угол  $360^\circ$

$$P_h = P \times n,$$

где  $P$  – шаг резьбы,

$n$  – количество заходов.

Для однозаходных резьб ход резьбы равен шагу резьбы.

#### 4. Болтовое соединение

Детали машин и приборов соединяют крепежными деталями. Кроме того, того применяются резьбовые соединения деталей, на одной из которых нарезана наружная резьба, а на другой – внутренняя. Такие соединения, называемые разъемными, можно разобрать без повреждения деталей. Чертежи разъемных соединений выполняют с применением рекомендуемых стандартами упрощений и условностей.

Соединение винтом упрощенное. ГОСТ 2.315–68

На винтовом соединении граница резьбы на стержне винта должна находиться внутри гладкого отверстия, запас резьбы, не использованный при ввинчивании, равен примерно трем шагам резьбы ( $3P$ ). Если диаметр головки винта меньше 12 мм, то шлиц рекомендуется изображать одной утолщенной линией. На виде сверху шлиц в головке показывается повернутым на  $45^\circ$ . На чертеже соединения наносят три размера: диаметр резьбы, длину винта, диаметр отверстия для прохода винта.

Соединение шпилькой упрощенное.

При вычерчивании на сборочных чертежах шпильчатого соединения рекомендуется, как при болтовом соединении, пользоваться условными соотношениями между диаметром резьбы  $d$  и размерами элементов гайки и шайбы.

Соединение болтом упрощенное. ГОСТ 2.315–68

При изображении болтовых соединений размеры болта, гайки и шайбы берутся по соответствующим ГОСТам. На учебных сборочных чертежах, с целью экономии времени, болт, гайку и шайбу рекомендуется вычерчивать не по всем размерам, взятым из ГОСТа, а только по его диаметру и длине стержня. Остальные размеры обычно определяются по условным соотношениям элементов болта и гайки в зависимости от диаметра резьбы. ГОСТ 2.315-68 предусматривает упрощенные и условные изображения крепежных деталей на сборочных чертежах. При упрощенных изображениях (рис.1) резьба показывается по всей длине стержня крепежной резьбовой детали. Фаски, скругления, а также зазоры между стержнем детали и отверстием не изображаются. На видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси резьбы, резьба на стержне изображается одной окружностью, соответствующей наружному диаметру резьбы.

Болт представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом конце. Болты используются (вместе с гайками, шайбами) для скрепления двух или нескольких деталей. Существуют различные типы болтов, отличающиеся друг от друга по форме и размерам головки и стержня, по шагу резьбы, по точности изготовления и по исполнению. При изображении болта на чертеже выполняют два вида по общим правилам и наносят размеры длины  $l$  болта, длины резьбы  $l_0$ , размер под ключ  $S$  и

обозначение резьбы M*d*. Высота *H* головки в длину болта не включается. Гиперболы, образованные пересечением конической фаски головки болта с ее гранями, заменяются другими окружностями.

## 5. Шпильчатое соединение

Шпильчатое соединение изображается в трех проекциях. В данное соединение входят: шпилька, пружинная шайба, гайка, соединяемые детали. Основными исходными данными для построения изображения являются:

- *d* – размер резьбы шпильки;
- *H* – толщина соединяемых деталей, расположенных выше нижней, в которую ввинчивается шпилька;
- *l*1 длина ввинчиваемого конца шпильки, определяемая номером стандарта для шпильки.

Порядок построения изображения может быть следующим:

1. Главный вид:

- изобразить стержень (вертикально) диаметром *d*, шпилька ввинчивается в нижнюю деталь на глубину *l*1;
- показать элементы соединяемых деталей, технологический зазор (между стержнем и верхней деталью) не показывать;
- диаметр шайбы  $d_{ш} = 1,6d$ , высота шайбы  $h_{ш} = 0,2d$ ;
- высота гайки  $h_{г} = 0,8d$ ;
- выход шпильки за гайку  $h_{вых} = (0,2...0,5)d$

2. Вид сверху:

- изобразить окружность диаметром *d* (шпилька);
- изобразить шестиугольник (гайку), вписанный в окружность диаметром  $2d$ ;

3. Вид слева:

- разрез соединяемых деталей не выполняется.

Длина шпильки:

$l = H + t + h_{ш} + h_{г} + h_{вых} = H + 0,2d + 0,8d + (0,2...0,5)d$  – расчетное значение округляется до ближайшего стандартного значения.

## 6. Винтовое соединение

Конструктивное изображение соединения винтом с цилиндрической головкой изображено на рис. 1.4

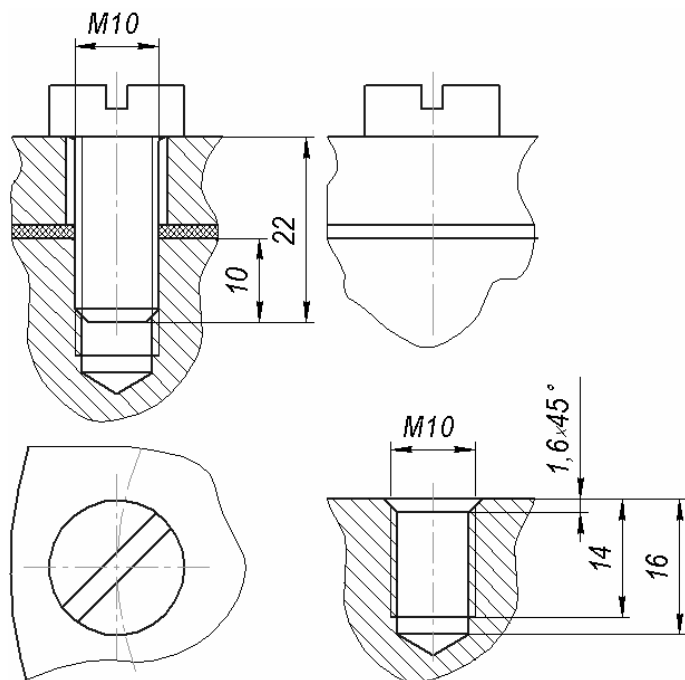


Рис. 1.4. Изображение соединения винтом с цилиндрической головкой (конструктивное)



## 1. 1 Лекция №8 (2 часа).

### Тема: «Методы проецирования. Метод Монжа»

#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Введение.
2. Методы проецирования.
3. Метод параллельного прямоугольного проецирования.
4. Общие сведения.
5. Проецирование точки на две плоскости проекций.
6. Проецирование точки на три плоскости проекций.

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. Введение.

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

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

В процессе изучения решаются два типа задач:

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

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

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

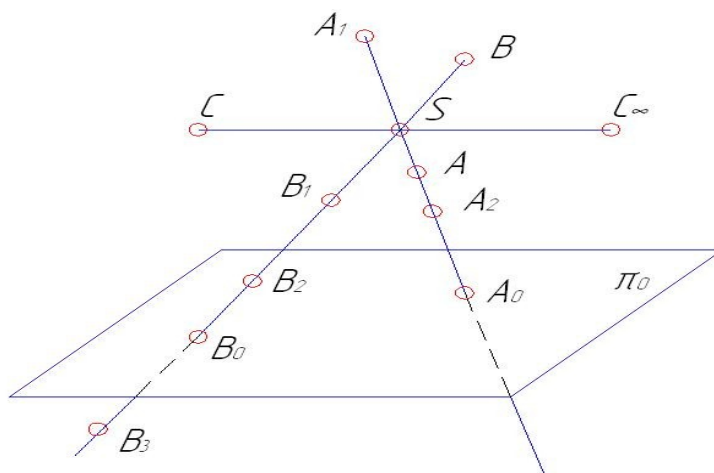
Умения и навыки, приобретенные в процессе изучения начертательной геометрии, используются в последующем при изучении дисциплин, связанных с построением чертежей.

##### 2. Методы проецирования

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

##### Центральное проецирование.

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



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

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

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

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

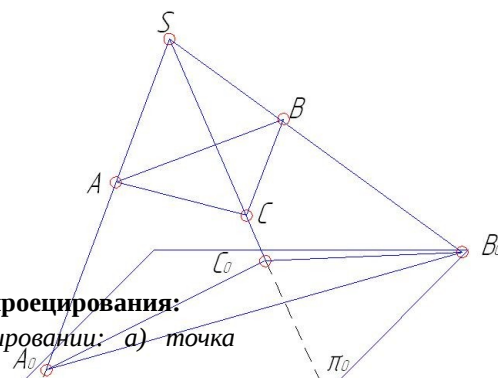
Как видно из рисунка центральные проекции точек лежащих на одной проецирующей прямой совпадают. Поэтому одна центральная проекция точки не позволяет однозначно определить положение точки в пространстве.

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

Так как любая линия или поверхность состоит из множества точек, то центральная проекция этой линии или поверхности может быть построена как множество центральных проекций всех ее точек. При этом

проецирующие прямые образуют проецирующую поверхность или могут оказаться в одной плоскости, которая называется проецирующей.

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



#### Свойства центрального проецирования:

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

#### Параллельное проецирование.

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

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

Параллельная проекция линии получается как совокупность проекций составляющих ее параллельных проекций точек. При этом проецирующие прямые в своей совокупности образуют

цилиндрическую поверхность. Поэтому параллельные проекции фигур называют цилиндрическими.

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

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

### 3 Метод 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*

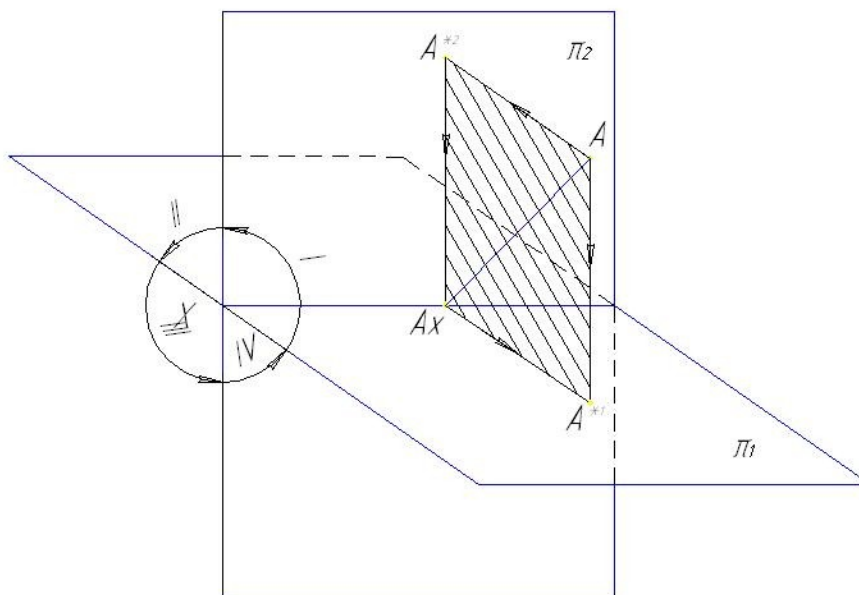
### 4. Общие сведения.

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

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

### 5. Проецирование точки на две плоскости проекций.

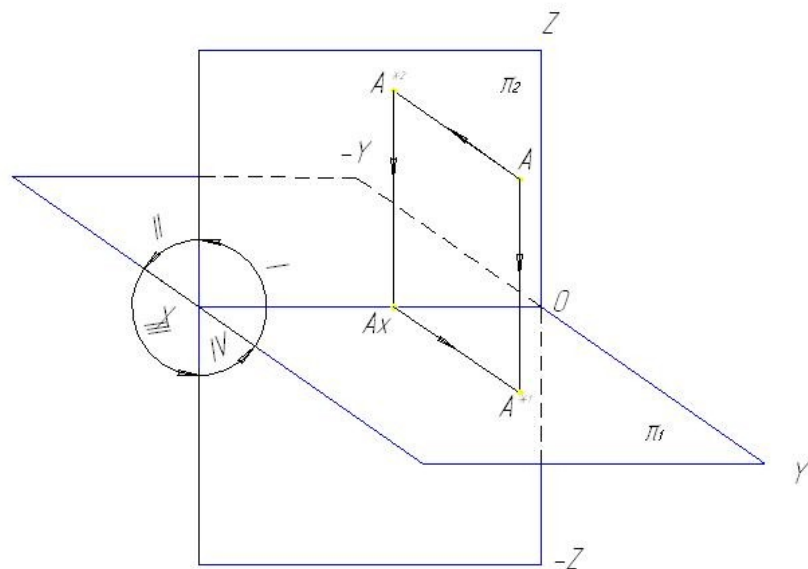
Для удобства проецирования в качестве двух плоскостей проекций выбирают две взаимно перпендикулярные плоскости. Одну из них располагают горизонтально (*горизонтальная плоскость проекций  $\pi_1$* ), другую – вертикально (*фронтальная плоскость проекций  $\pi_2$* ). Линия пересечения этих плоскостей называется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



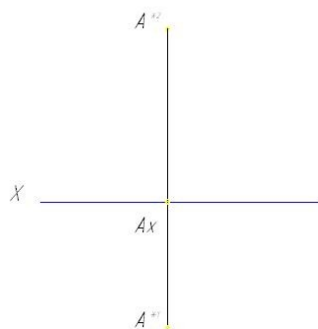
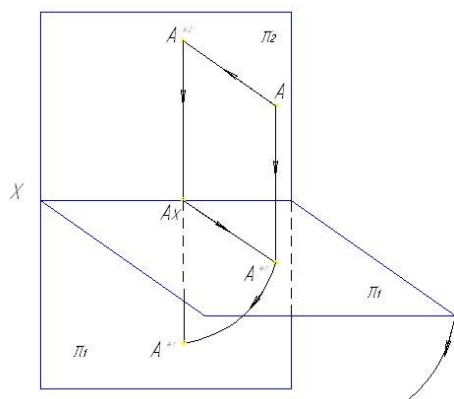
Пересекаясь, плоскости проекций образуют *четыре двугранных угла или четыре четверти: I, II, III, IV.*

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'Ax** и **A''Ax**, которые пересекаются в точке **Ax** 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.

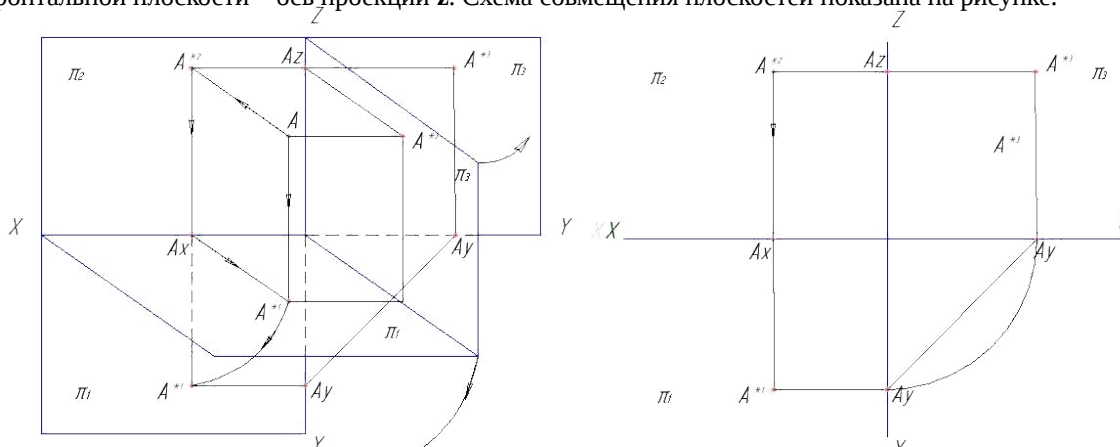


Четверть	X	Y	Z
I	±	+	+
II	±	-	+
III	±	-	-
IV	±	+	-

## 6. Проецирование точки на три плоскости проекций.

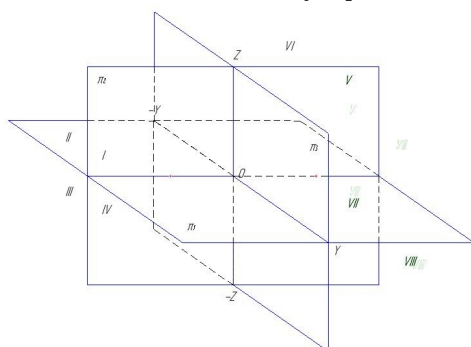
Для полного выявления наружных и внутренних форм сложных деталей необходимо три и более изображений. В этих случаях вводят три и более плоскостей.

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  $A''A_x$  или  $A'''A_y$ ; до фронтальной плоскости проекций – отрезком  $A'A_x$  или  $A'''A_z$ ; до профильной плоскости проекций – отрезком  $A''A_z$  или  $A'A_y$ .

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



## 1. 1 Лекция №9 (2 часа).

### Тема: «Проецирование прямой линии. Следы прямой линии»

#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Прямые общего и частного положения.
2. Взаимное положение прямой и точки в пространстве.
3. Взаимное положение прямых линий в пространстве.
4. Следы прямой линии и угол наклона прямой к плоскостям проекций.
5. Натуральная величина отрезка (метод прямоугольного треугольника).

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. 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.

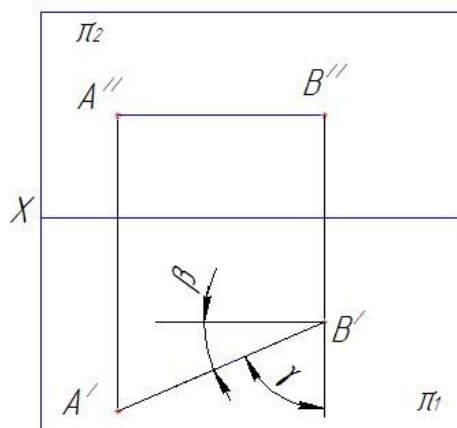
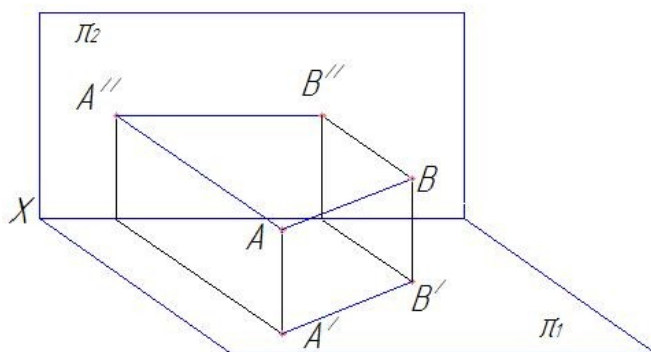
Соединив соответствующие проекции прямой линией, получим горизонтальную и фронтальную проекции прямой **AB**.

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:

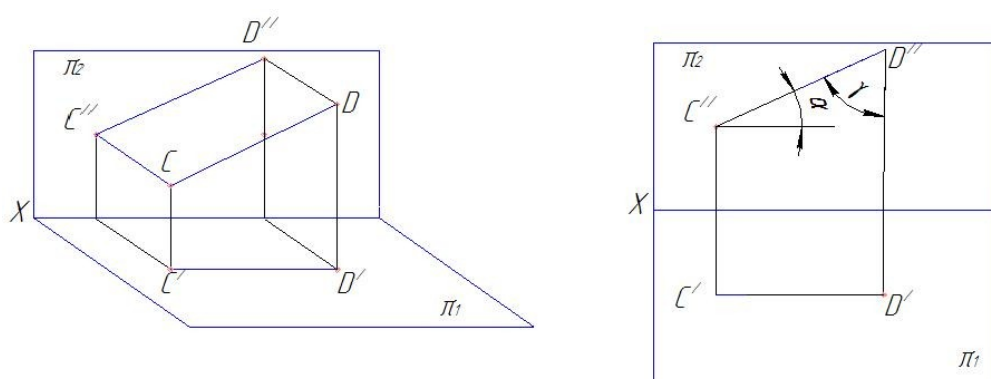
- 1 *прямая не параллельна ни одной из плоскостей проекций – прямая общего положения;*
- 2 *прямая параллельна одной из плоскостей проекций (прямая может принадлежать этой плоскости) – прямая частного положения;*
- 3 *прямая параллельна двум плоскостям проекций, т. е. перпендикулярна третьей – прямая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

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



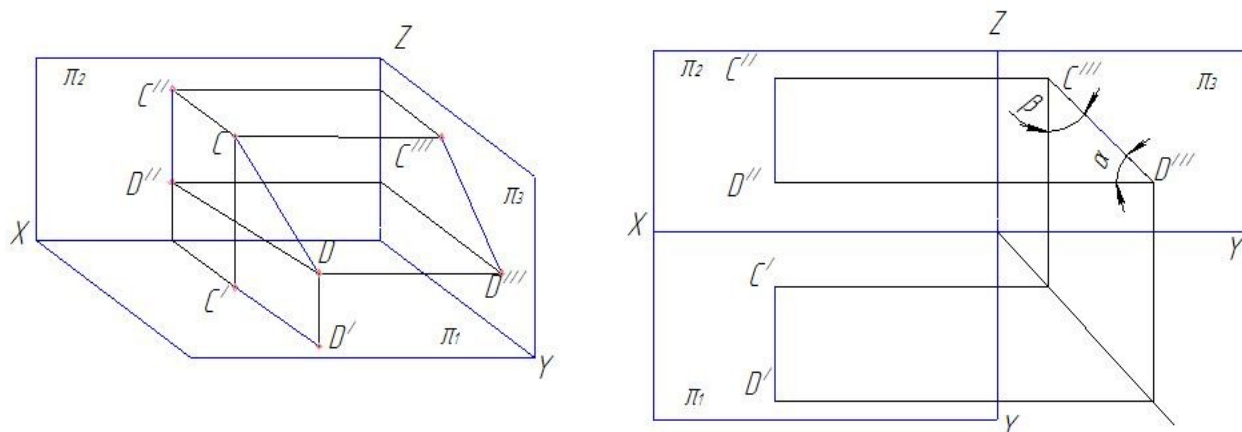
Ее фронтальная **A''B''** проекция параллельна оси **X**; длина горизонтальной проекции отрезка **A'B'** равна длине самого отрезка **AB** (*натуральная величина*); угол  $\beta$  наклона горизонтальной проекции к оси **X** равен углу наклона прямой к фронтальной плоскости проекций; угол  $\gamma$  наклона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

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



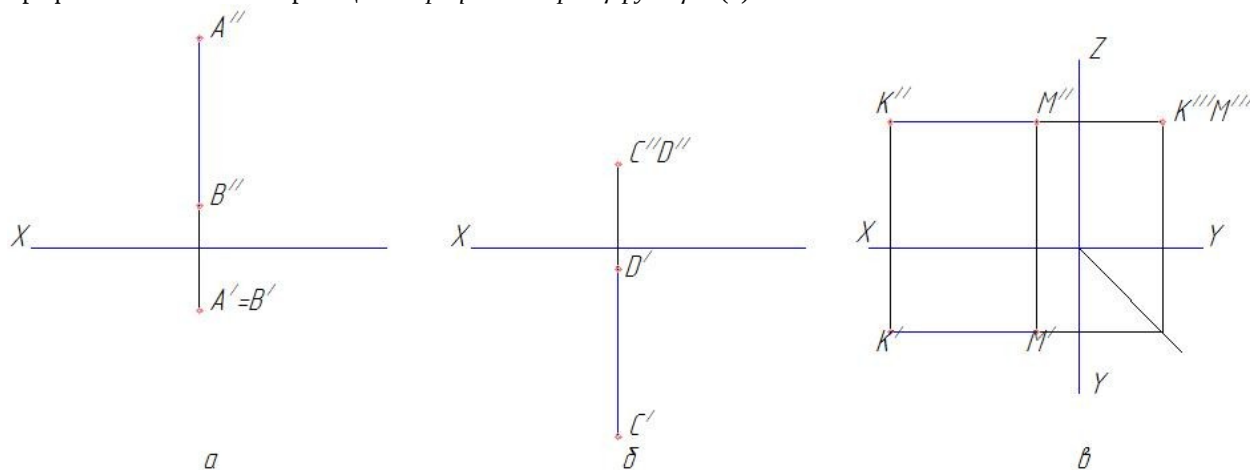
Ее горизонтальная проекция параллельна оси  $X$ ; длина фронтальной проекции отрезка  $C''D''$  равна длине самого отрезка  $CD$ ; угол наклона  $\alpha$  наклона фронтальной проекции к оси  $X$  равен углу наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций; угол  $\gamma$  наклона горизонтальной проекции 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 проекции 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.

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 плоскости*, перпендикулярна оси  $X$  ( $A''B''$  на рис. а). Горизонтальные проекции всех точек прямой совпадают.

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

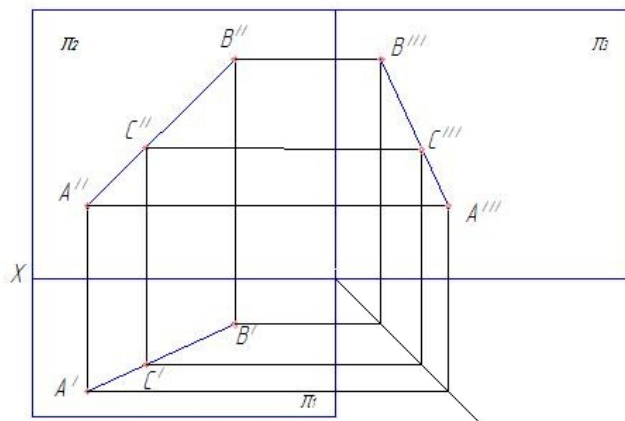
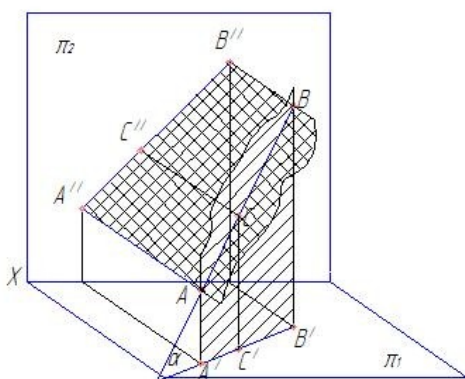
Горизонтальная и фронтальная проекция прямой, *параллельной фронтальной и горизонтальной плоскостям*, параллельны оси  $X$  (рис. в). Профильные проекции всех точек прямой совпадают.

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

## 2. 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:

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

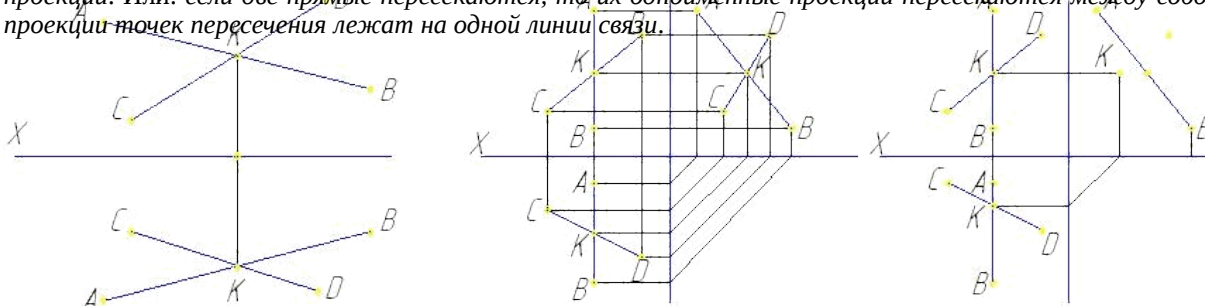
## 3 Взаимное положение прямых линий в пространстве

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:**

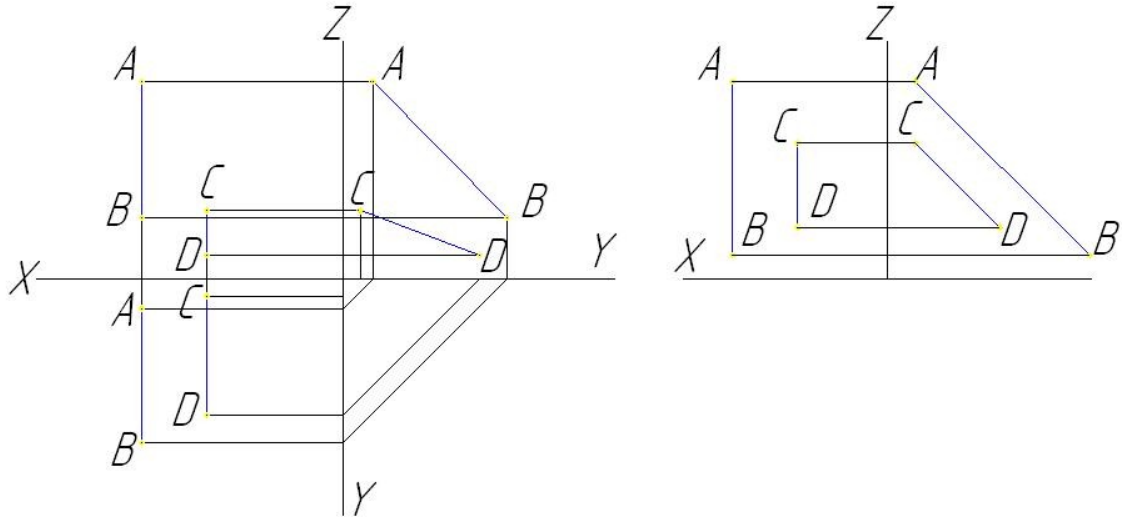
если в пространстве прямые параллельны, то их одноименные проекции параллельны между собой.

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:

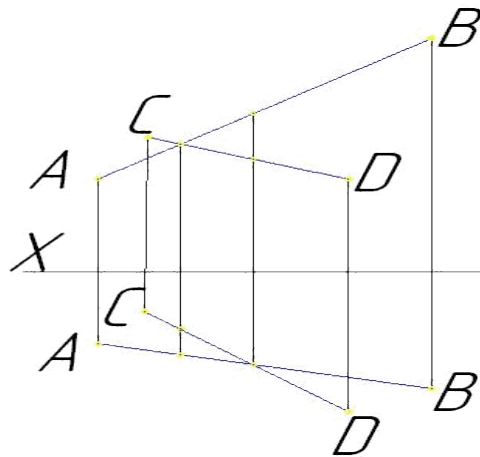
если одноименные проекции прямых параллельны одной из осей проекций, то прямые параллельны при условии параллельности одноименных проекций на той плоскости проекций, которой параллельны прямые.



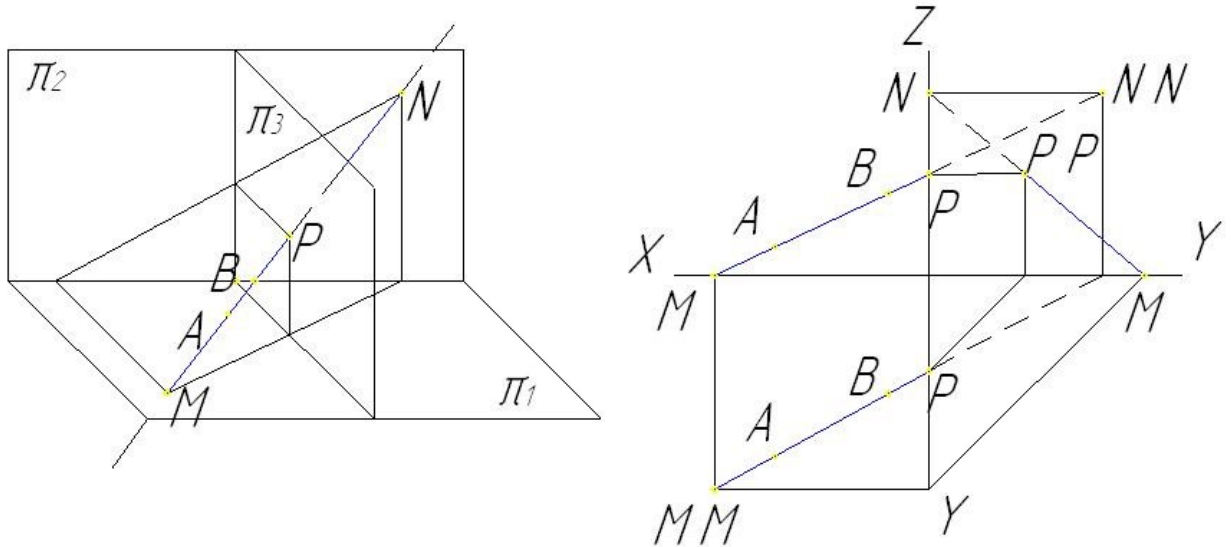
**скрещивающиеся прямые:**

скрещивающиеся прямые – прямые, не имеющие общих точек.

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



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



На рисунке показана прямая **AB**, которая в точках **М** и **Н** и **Р** пересекает горизонтальную, фронтальную и профильную плоскости проекций:

Точка **М** называется горизонтальным следом прямой; Точка **Н** называется фронтальным следом прямой;

Точка **Р** называется профильным следом прямой.

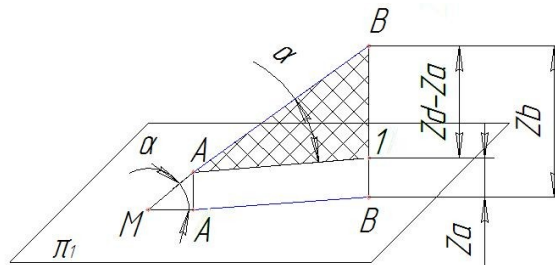
Чтобы найти горизонтальный след прямой необходимо продолжить фронтальную проекцию прямой до пересечения с осью **X** (**М'** - фронтальная проекция горизонтального следа), через точку **М'** провести перпендикуляр к оси **X** до пересечения с продолжением горизонтальной проекции прямой (**М'** - горизонтальная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

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

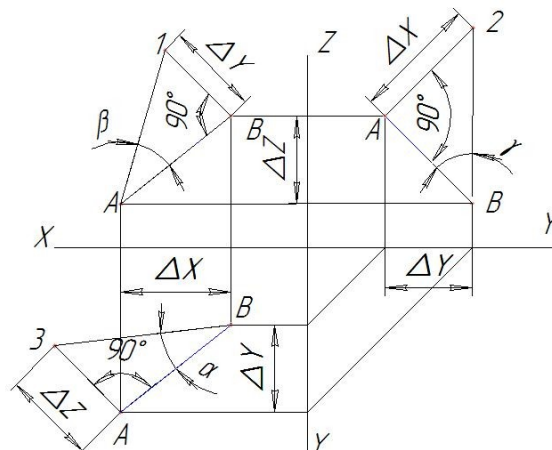
Если прямая параллельна плоскости, то она не имеет следа с этой плоскостью. Кроме того, по проекциям и следам прямой можно определить октанты, через которые она проходит.

#### 5. 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. 1 Лекция №10 (2 часа).

### Тема: «Плоскость. Пересечение плоскостей»

#### 1.1.1 Вопросы лекции:

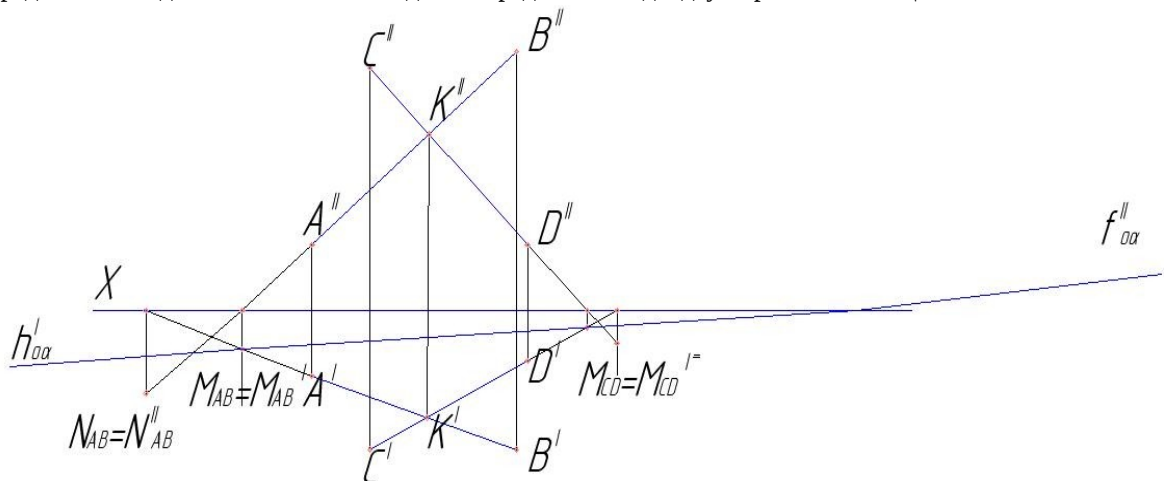
1. Способы задания плоскости на эюре.
2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций.
3. Точка и прямая в плоскостях.
4. Главные линии плоскости.
5. Взаимное положение плоскостей.

**1.1.2 Краткое содержание вопросов:** (тезисно изложить основное содержание рассматриваемых 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.

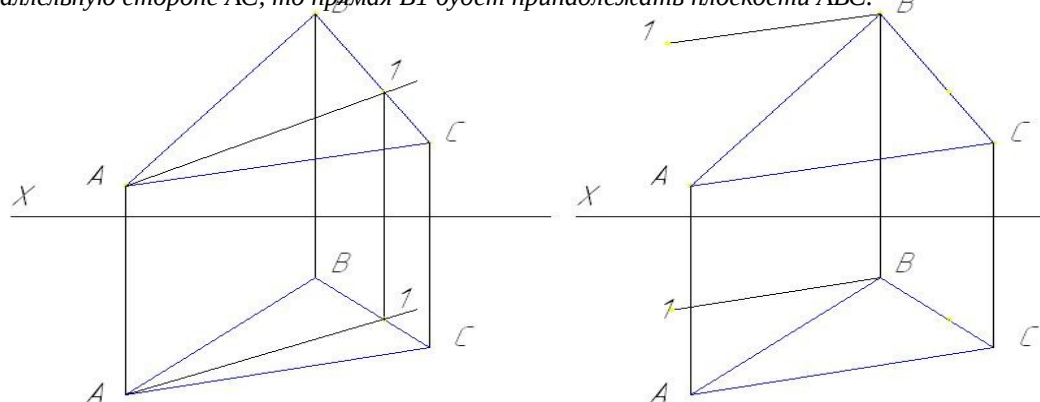
Более наглядно плоскость может быть задана прямыми, по которым она пересекает плоскости проекций. Такие прямые называют следами плоскости. След плоскости – это линия, по которой пересекаются плоскости. Любая прямая, лежащая в плоскости и не параллельная плоскости проекций, пересекает последнюю. Очевидно,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





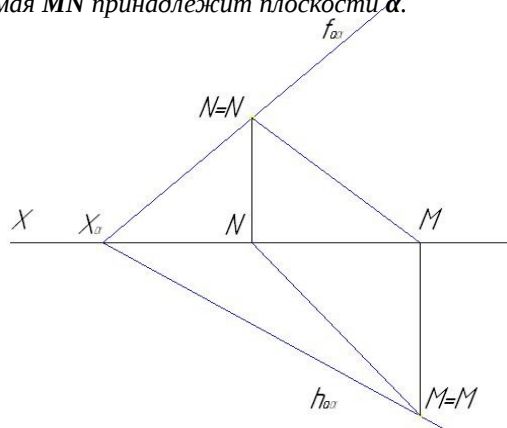
## 2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций.

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  $B1$  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  $\alpha$ .

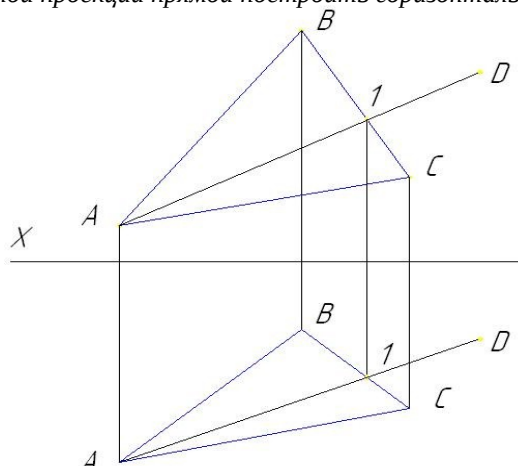


Как известно, если точка принадлежит прямой, то и ее проекции принадлежат одноименным проекциям прямой. Из сказанного следует, что

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:

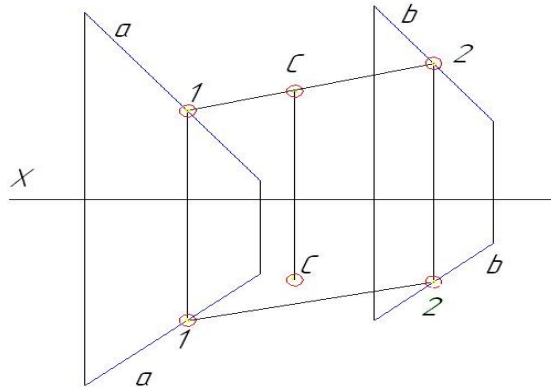
- 1) провести вспомогательную прямую  $D''A''$ ;
- 2) найти ее горизонтальную проекцию  $D'A'$ ;
- 3) на горизонтальной проекции прямой построить горизонтальную проекцию точки  $D'$ .



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.



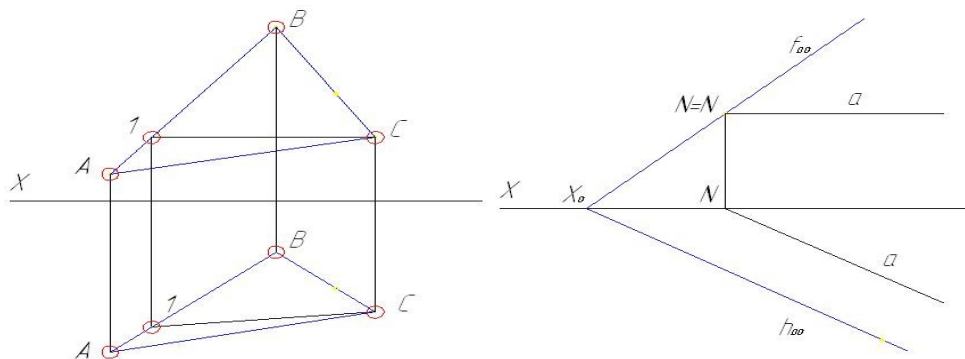
### 3. Точка и прямая в плоскостях.

К прямым особого положения (главным линиям плоскости) относят:

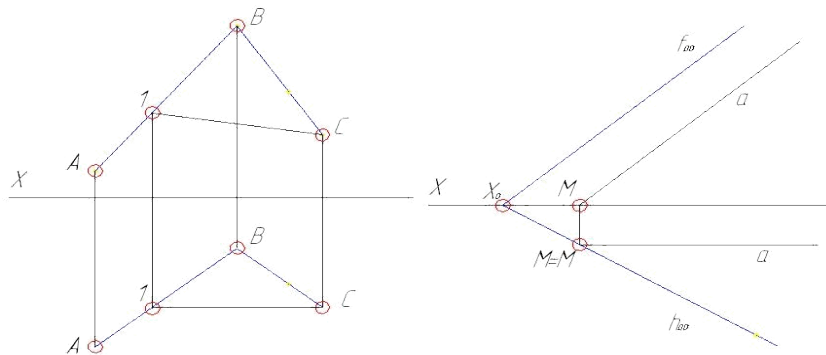
- линии уровня (горизонтали, фронтолы, профильные прямые);
- линии наибольшего наклона к плоскостям проекций (линии наибольшего ската).

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 параллельна горизонтальному следу плоскости, а фронтальная проекция параллельна оси  $X$ .



Фронталь – прямая линия, лежащая в заданной плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций. Ее горизонтальная 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  $\pi_3$ .

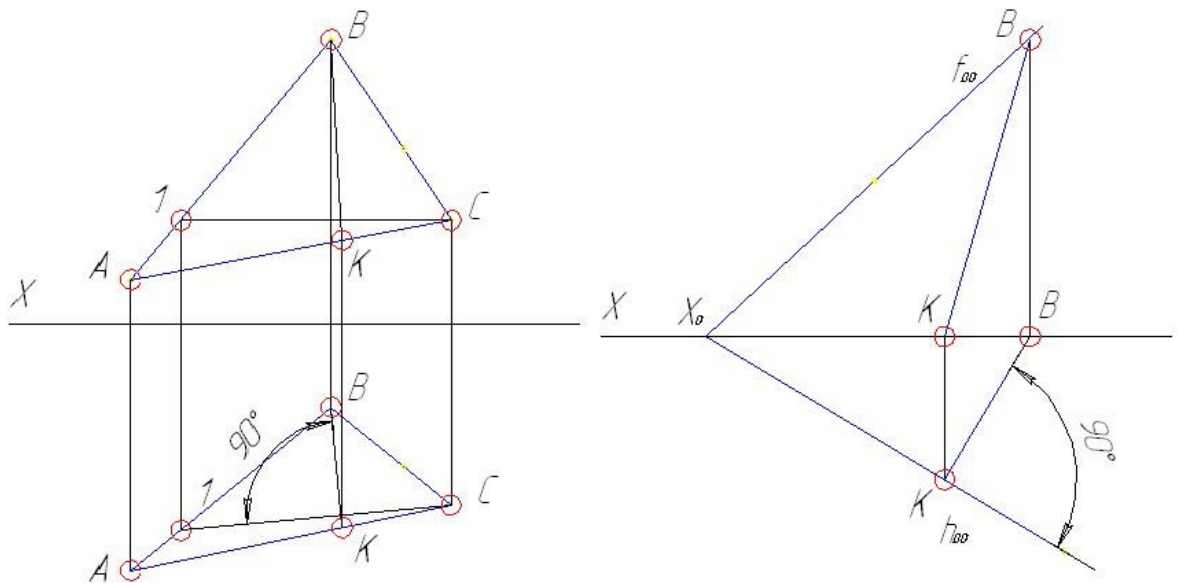
Чтобы построить линию ската плоскости к горизонтальной плоскости проекций, необходимо:

- при задании плоскости тремя точками

- 1) построить горизонталь  $C1$ ;
- 2) на горизонтальной проекции треугольника провести прямую, лежащую в заданной плоскости, перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали  $B'K'$ ;
- 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.

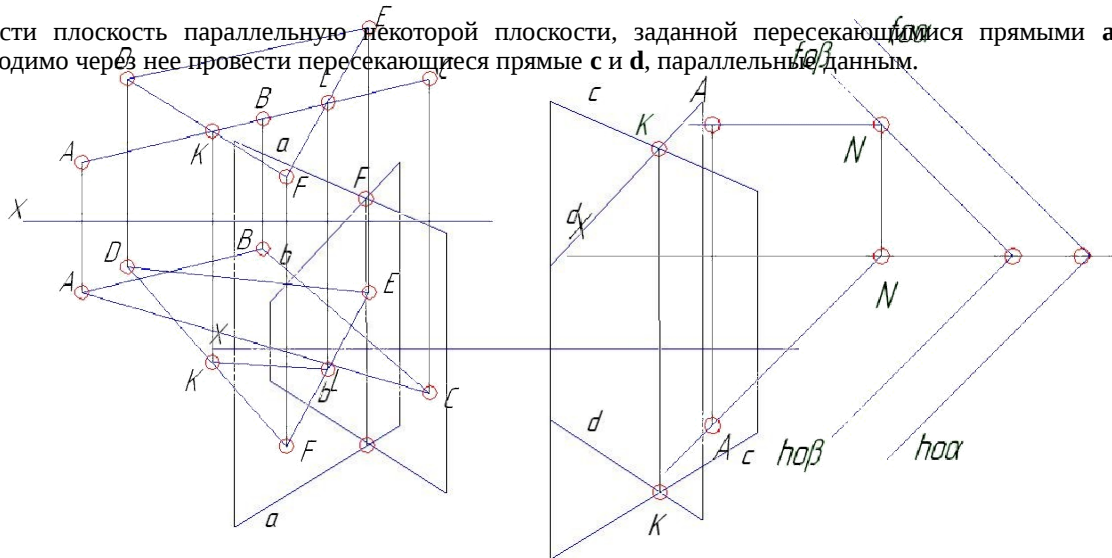
Если плоскости пересекаются, то линией их пересечения является прямая. Как известно, прямую линию можно построить по двум точкам. Поэтому, для построения линии пересечения двух плоскостей достаточно определить две точки, принадлежащие как одной, так и второй плоскости.

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.

### 5.1 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.

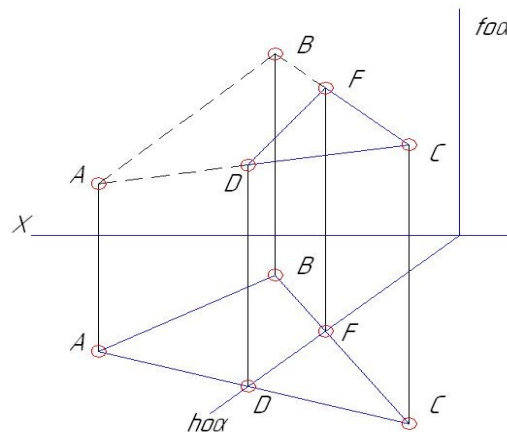
## 5.2 Пересечение плоскостей общего и частного положений.

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 проведя

линии связи определим горизонтальные проекции линии пересечения плоскостей –  $K'L'$ .

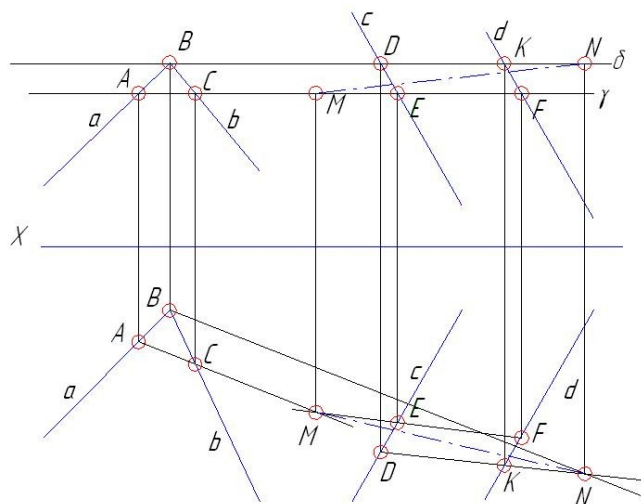
Аналогичные построения проводят и при пересечении плоскости общего положения горизонтально-проецирующей плоскостью:



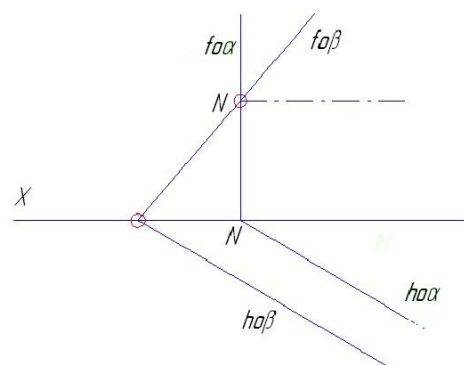
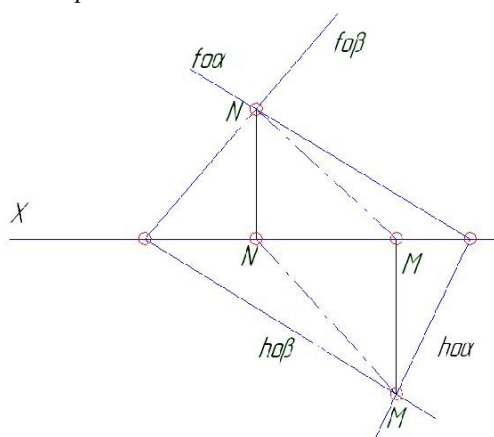
Для определения линии пересечения двух плоскостей общего положения необходимо вводить дополнительные плоскости частного положения. Пусть заданы плоскости общего положения  $\alpha$  и  $\beta$ : плоскость  $\alpha$  – двумя пересекающимися прямыми  $a$  и  $b$ ; плоскость  $\beta$  – двумя параллельными 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  $CK$  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

## 1. 1 Лекция №11 (2 часа).

Тема: «Взаимное положение прямой линии и плоскости»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

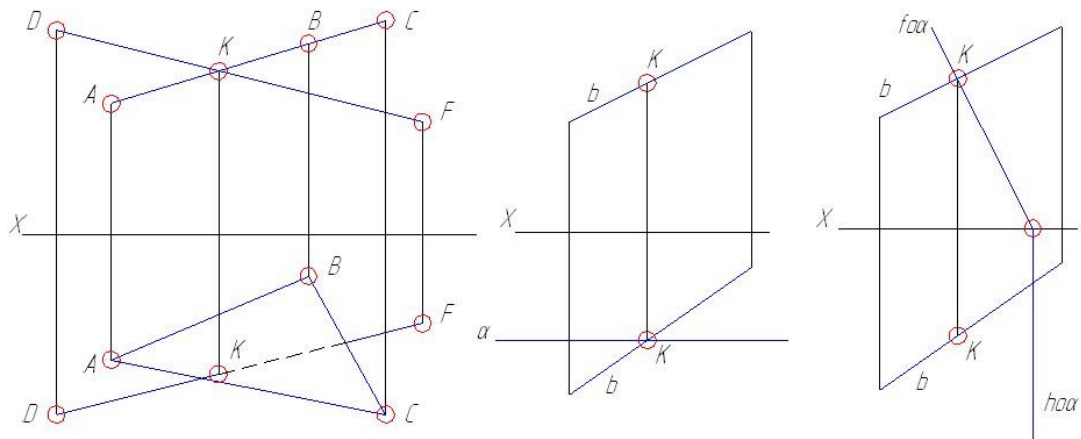
1. Пересечение прямой линии с плоскостями частного положения.
2. Пересечение прямой линии с плоскостью общего положения.
3. Параллельность прямой и плоскости.
4. Перпендикулярность прямой линии и плоскости.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. 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

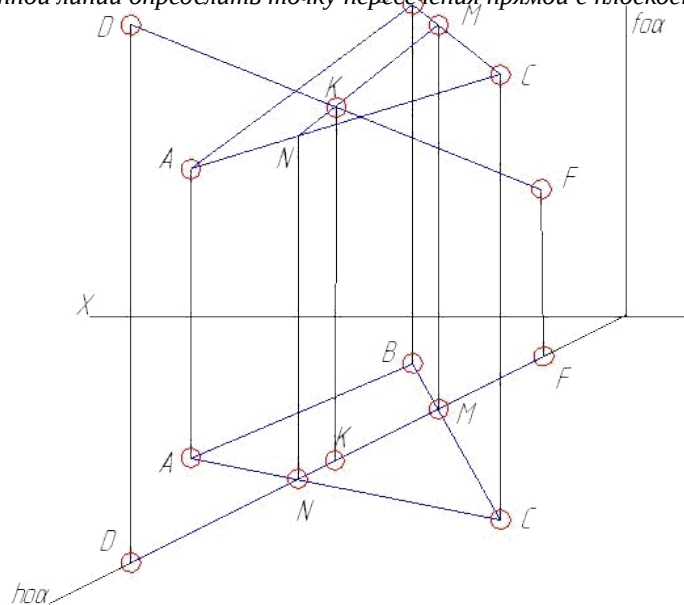
проекцию плоскости (прямую линию). То же относится и к точке пересечения прямой с плоскостью:



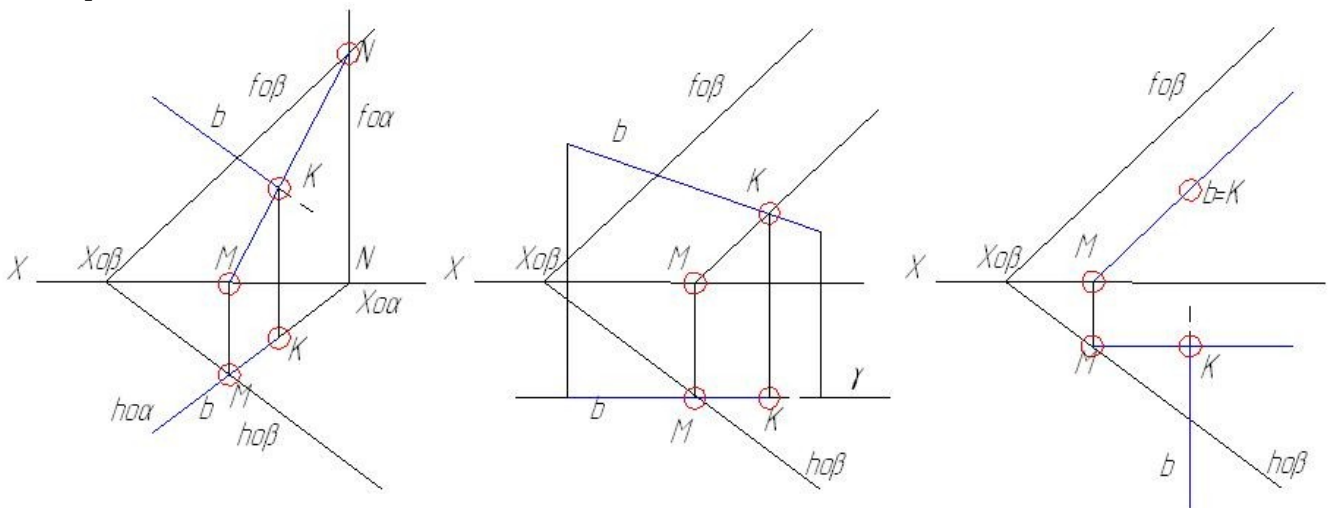
## 2. Пересечение прямой линии с плоскостью общего положения

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.

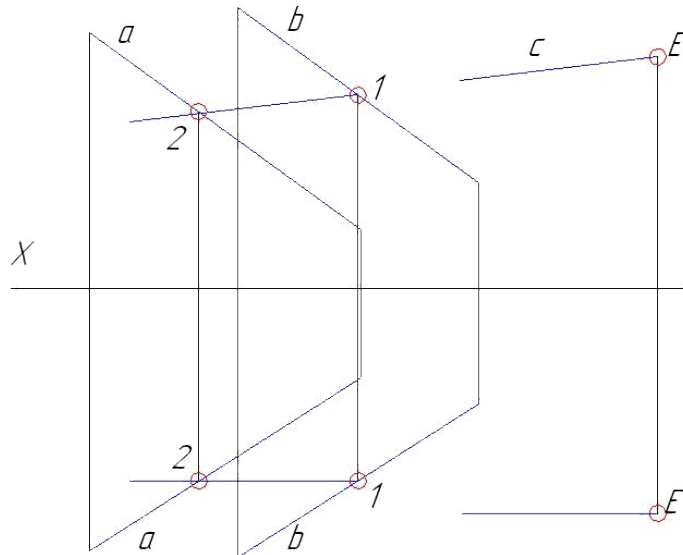


При задании плоскости следами:



### 3 Параллельность прямой и плоскости

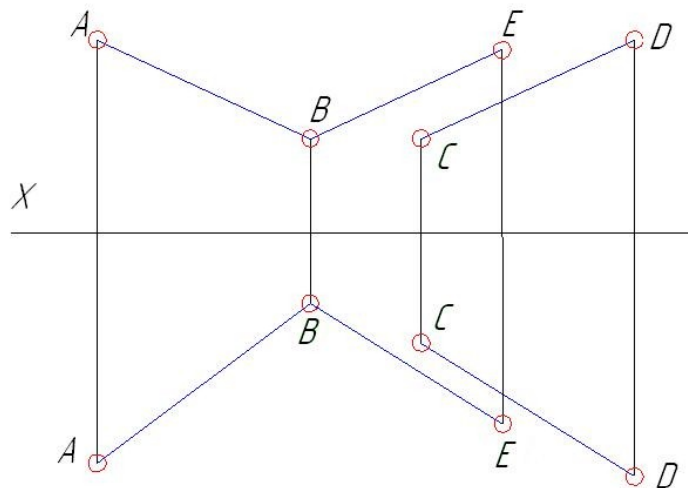
Что значит: прямая параллельна плоскости? Это значит, она параллельна любой прямой, лежащей в этой плоскости. Если возникает необходимость провести через некоторую точку прямую параллельную заданной плоскости, то очевидно, что через эту точку можно провести множество прямых, параллельных плоскости. Поэтому 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 параллельная оси  $X$ .
- 3) фронтальная проекция прямой **с** должна быть параллельная 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  $\alpha$ , параллельную прямой **CD**,

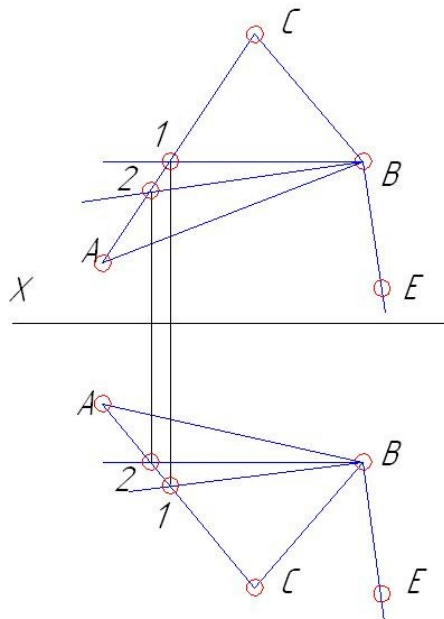
то есть прямая **АВ** должна принадлежать плоскости  $\alpha$ . Как известно, плоскость можно задать двумя пересекающимися прямыми, поэтому через точку **В** можно провести прямую **ВЕ**, параллельную **CD**. Получим плоскость параллельную прямой **CD** и проходящую через прямую **АВ**.



#### 4. 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.

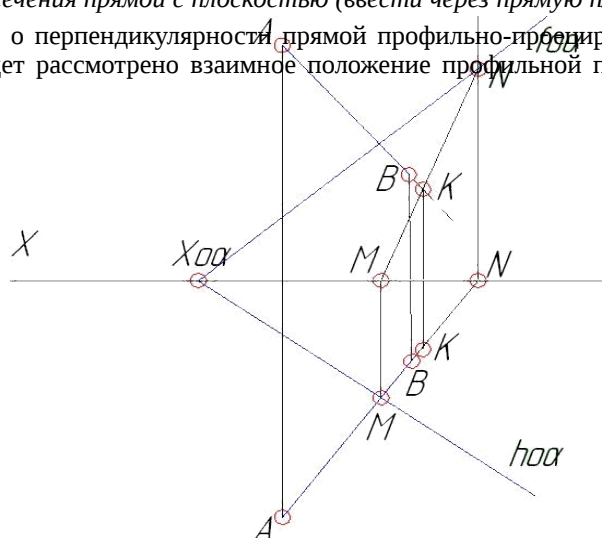
Если плоскость задана следами, условие перпендикулярности прямой к плоскости звучит следующим образом: если прямая перпендикулярна к плоскости, то ее горизонтальная проекция перпендикулярна горизонтальному следу плоскости, а фронтальная проекция перпендикулярна фронтальному следу плоскости. Пусть необходимо в точке **В** провести перпендикуляр к плоскости треугольника **ABC**. Для этого проводим через точку **В** горизонталь **В1** и фронталь **В2**. Проводим прямую **ВЕ** таким образом, чтобы ее горизонтальная проекция была перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали, а фронтальная проекция перпендикулярна фронтальной проекции фронтали. Полученная прямая **ВЕ** перпендикулярна плоскости треугольника **ABC**.



Если плоскость задана следами необходимо:

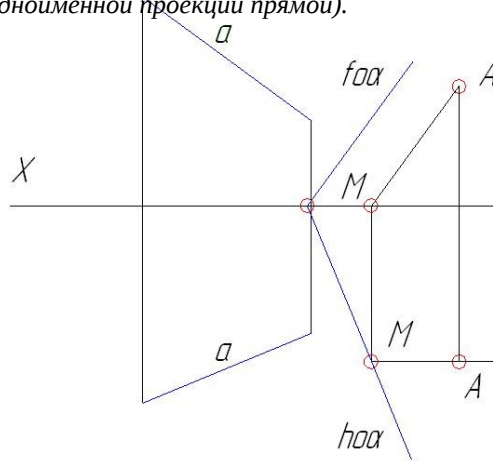
- 1) провести проекции прямой перпендикулярно одноименным следам плоскости;
- 2) найти точку пересечения прямой с плоскостью (ввести через прямую плоскость частного положения).

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).

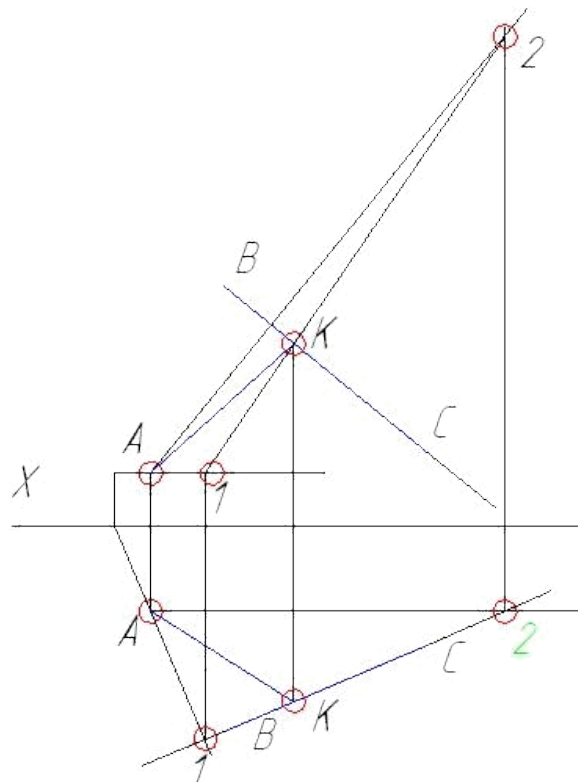


Чтобы найти перпендикуляр от некоторой точки  $A$  к прямой  $BC$  необходимо:

- 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  $K$  пересечения прямой  $BC$  с линией 12. Прямая  $AK$  и будет являться перпендикуляром к прямой  $BC$ .



## 1. 1 Лекция №12 (2 часа).

### Тема: «Способ замены плоскостей проекций»

#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Позиционные и метрические задачи.
2. Общая характеристика способов преобразования комплексного чертежа.
3. Способ замены плоскостей проекций.

#### 1.1.2 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 эюре 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

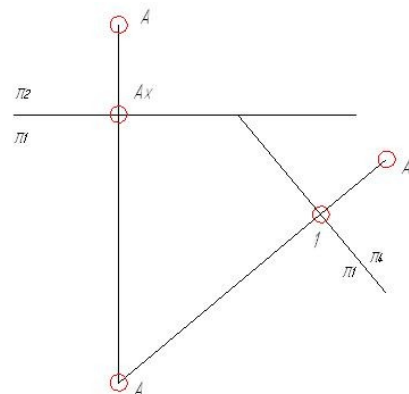
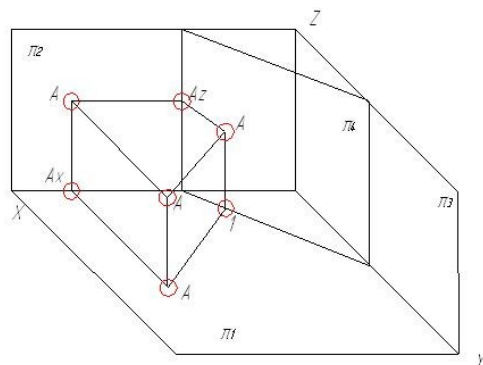
В случаях частного положения прямых линий и плоскостей относительно плоскостей проекций значительно упрощается решение многих задач начертательной геометрии и черчения. Например, в случае частного положения прямой линии легко без дополнительных построений определить натуральную величину отрезка этой 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.



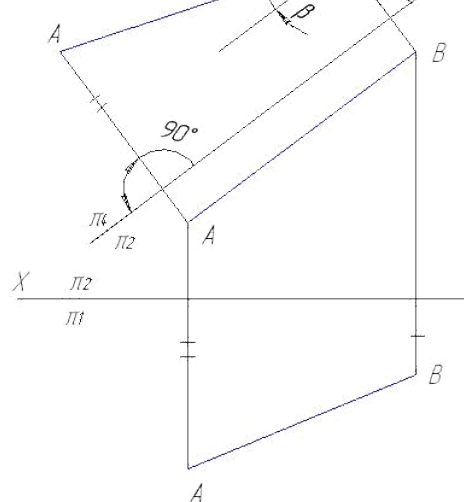
Пусть имеем точку  $A$  в системе плоскостей  $\pi_1, \pi_2$ . Введем плоскость  $\pi_4$ , которая перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций и определим проекцию точки  $A$  на эту плоскость: прямая  $AA^{IV}$  перпендикулярна плоскости  $\pi_4$ ,  $A^{IV}1 = A''Ax$ . Теперь определим положение точки  $A$  на эюре.

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

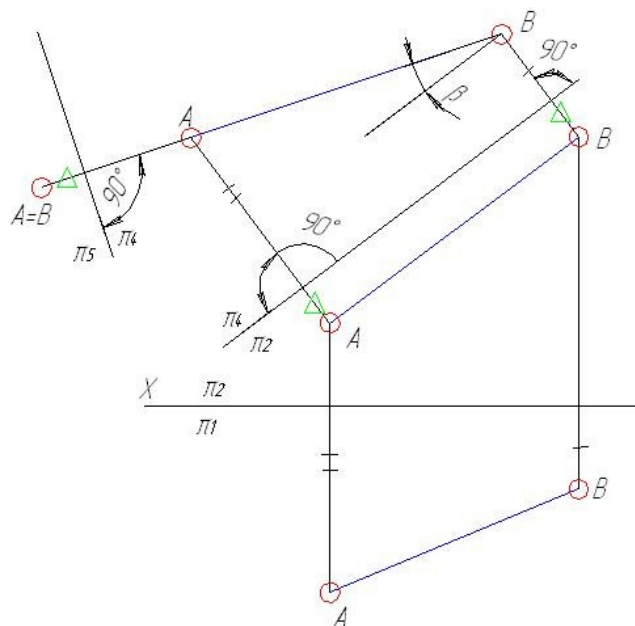
В курсе начертательной геометрии выделяют четыре основные задачи преобразования:

- 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.



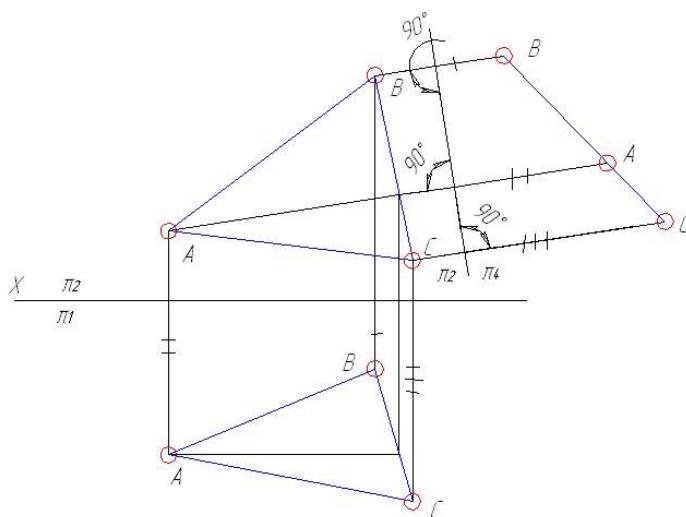
*Рассмотрим решение второй задачи.* Необходимо прямую  $AB$  сделать проецирующей, то есть перпендикулярной некоторой плоскости. Для этого проведем плоскость  $\pi_5$ , которая будет перпендикулярна плоскости  $\pi_4$  и прямой  $A^{IV}B^{IV}$ . Тогда отрезок  $AB$  спроецируется на плоскость  $\pi_5$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



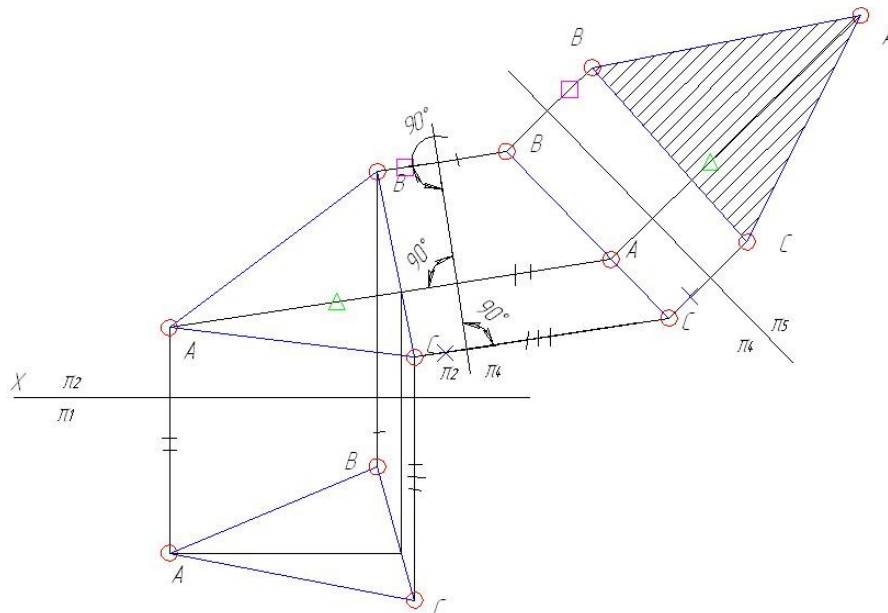
Таким образом, для проецирования отрезка в точку необходимо вводить две дополнительные плоскости проекций: одна параллельная прямой, другая-перпендикулярная отрезку.

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 частного положения (линию уровня), а затем используя одну новую проецирующую плоскость проекций спроецировать эту линию уровня в точку.



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.

## 1. 1 Лекция №13 (2 часа).

Тема: «Способ вращения»

### 1.1.1 Вопросы лекции:



1. Способ вращения вокруг осей перпендикулярных плоскостям проекций.
2. Способ вращения вокруг главных линий плоскости.

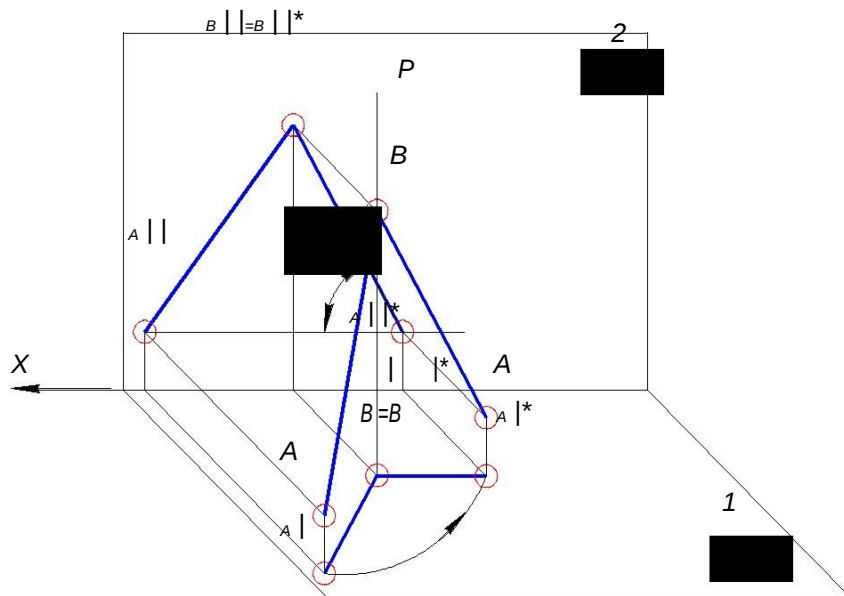
### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. 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 АВ.*

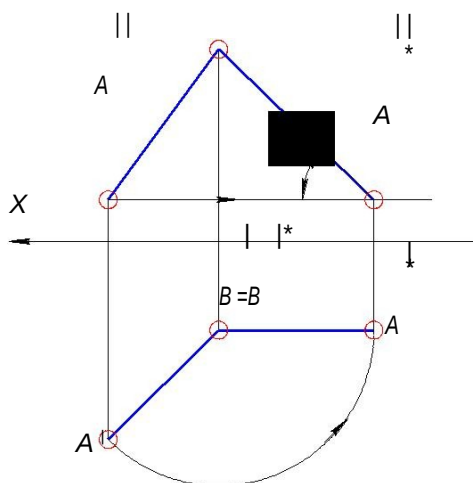


Как известно, определить натуральную величину определить просто, если отрезок является отрезком прямой частного положения. Для приведения прямой общего положения в частное положение воспользуемся методом вращения.

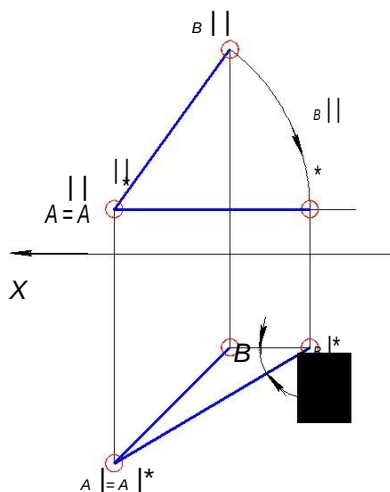
Проведем ось вращения (**PВ**) через точку **В**, перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций. Будем вращать точку **А** отрезка относительно оси вращения против хода часовой стрелки по радиусу вращения **А'В'** до положения, при котором отрезок **АВ** будет параллелен фронтальной плоскости проекций (горизонтальная проекция отрезка **А\*В\*** параллельна оси **X**). Построим фронтальную проекцию отрезка, которая и будет являться натуральной величиной отрезка **АВ**, 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.

$$B \parallel \parallel B \parallel *$$



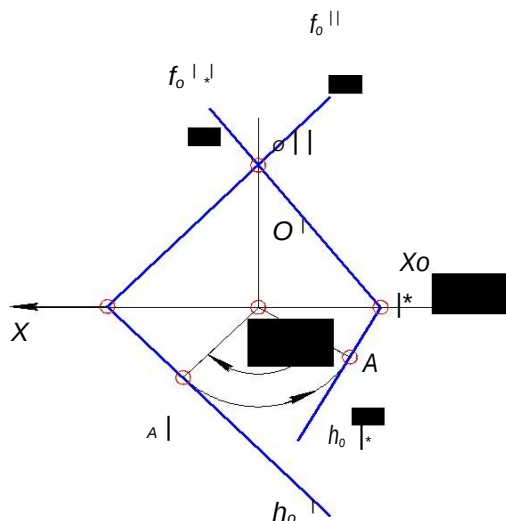
Аналогичные построения проводят и при вращении вокруг оси, перпендикулярной фронтальной плоскости проекций.



Таким образом,  $AB^*$  - 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.

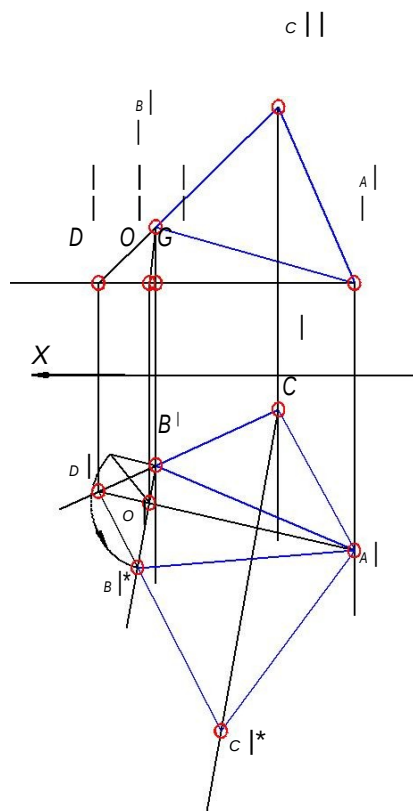
Допустим, необходимо повернуть на угол  $\phi$  плоскость  $\alpha$  относительно оси, лежащей в плоскости  $\pi_2$  и перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций. Для этого через горизонтальную проекцию оси ( $O'$ ) проведем перпендикуляр к горизонтальному следу плоскости ( $A'$ ). Повернем точку  $A'$  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  $Xo\alpha$  и точку  $O''$  можно провести фронтальный след плоскости.



## 2. 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 плоскостей 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 фронтальной плоскости треугольника

## 1. 1 Лекция №14 (2 часа).

Тема: «Проецирование гранных тел»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Поверхности.
2. Сечение призмы плоскостями общего и частного положения.
3. Сечение пирамиды плоскостями общего и частного положения.
4. Общие приемы разворачивания гранных поверхностей.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Поверхности

Призматической называется поверхность, у которой прямолинейная образующая перемещается параллельно самой себе по ломаной направляющей.

Пирамидальной называется поверхность, у которой прямолинейная образующая перемещается по ломаной направляющей, проходя все время через одну и ту же точку.

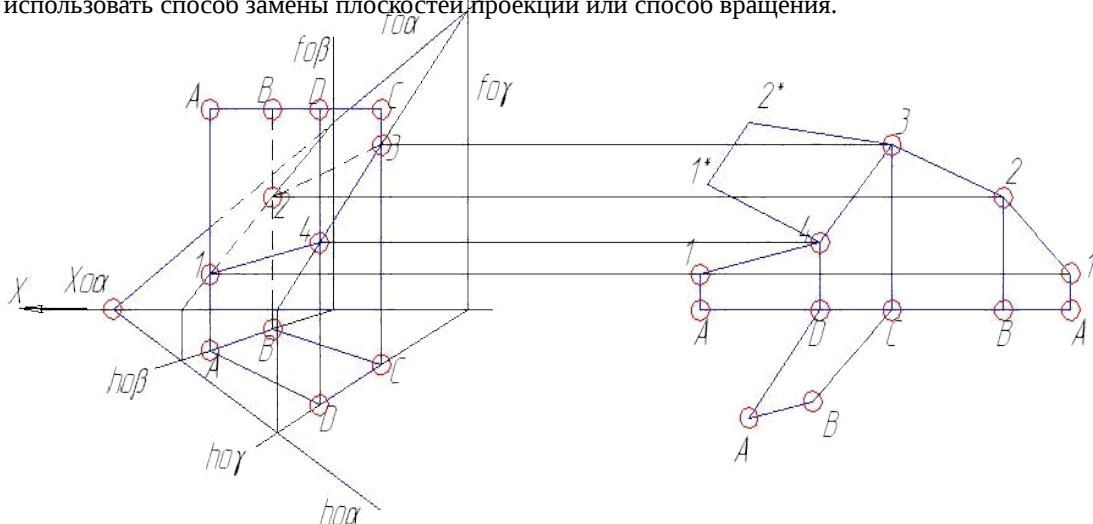
Цилиндрической называется поверхность, у которой прямолинейная образующая перемещается параллельно самой себе по криволинейной направляющей.

Конической называется поверхность, у которой прямолинейная образующая перемещается по криволинейной направляющей, проходя все время через одну и ту же точку.

#### 2. Сечение призмы плоскостями общего и частного положения

При пересечении призмы плоскостью в сечении получается плоская фигура, ограниченная линиями пересечения секущей плоскости с гранями призмы. Для построения этой фигуры требуется определить точки, в которых ребра призмы пересекают секущую плоскость, или найти отрезки прямых, по которым грани призмы пересекаются плоскостью. В первом случае имеем дело с пересечением прямой линии с плоскостью, во втором – с пересечением плоскостей.

Если секущая плоскость – плоскость общего положения, то проекции фигуры, полученной в сечении не являются ее натуральной величиной и для определения натурального размера этой фигуры необходимо использовать способ замены плоскостей проекций или способ вращения.

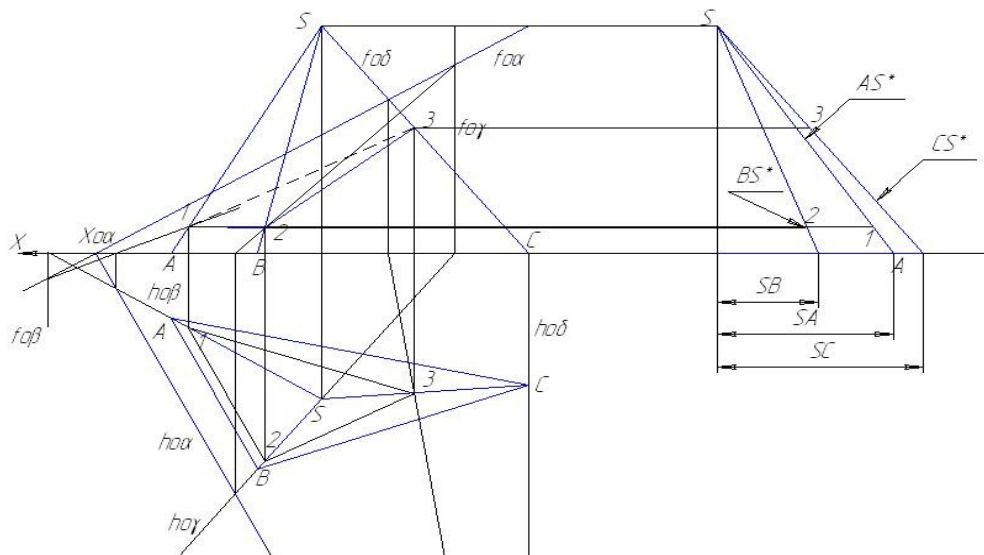


Рассмотрим случай пересечения прямой четырехгранной призмы плоскостью общего положения.

Так как призма прямая (ее грани перпендикулярны основанию), а основание параллельно горизонтальной плоскости проекций (лежит в ней), то горизонтальная проекция сечения будет совпадать с горизонтальной проекцией основания. Чтобы определить отрезки линий пересечения граней призмы с плоскостью зададим плоскости граней следами (плоскости  $\beta$  и  $\gamma$ ) и определим линии пересечения плоскостей граней с секущей плоскостью. Определим фронтальную проекцию сечения ( $1'' 2'' 3'' 4''$ ). Методом конкурирующих точек определим видимые и невидимые линии границ сечения. Способом замены плоскостей проекций или вращением вокруг линий уровня определим натуральный размер сечения призмы плоскостью общего положения.

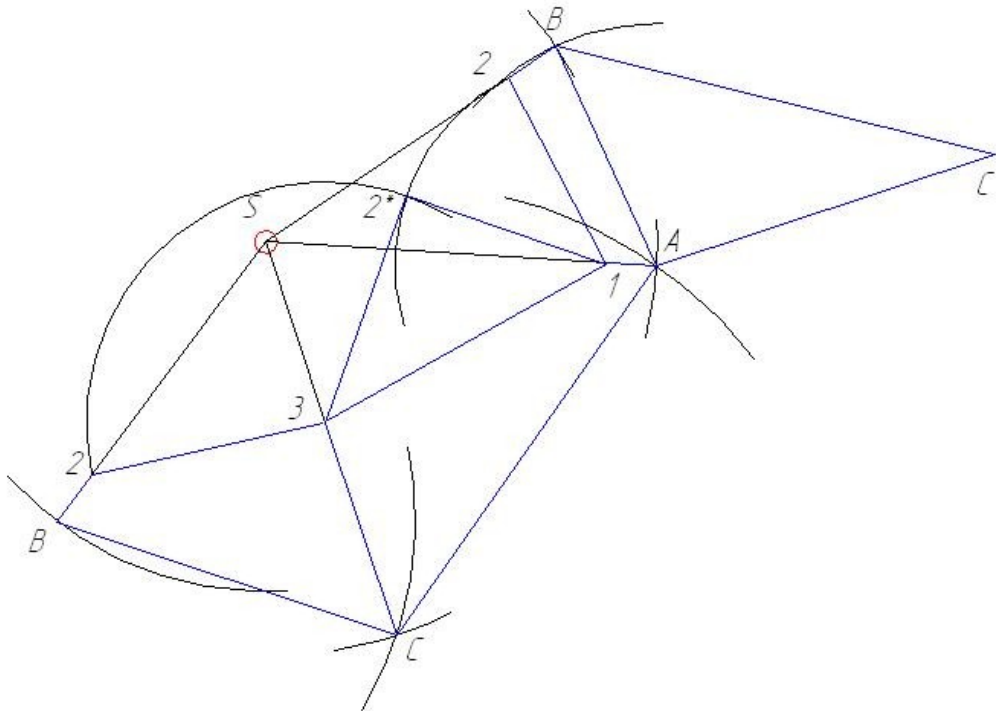
### 3 Сечение пирамиды плоскостями общего и частного положения

При пересечении пирамиды плоскостью общего положения необходимо определить точки пересечения ребер пирамиды с плоскостью. Соединив последовательно эти точки получим сечение пирамиды



плоскостью. Методом конкурирующих точек определим видимые и невидимые линии сечения.

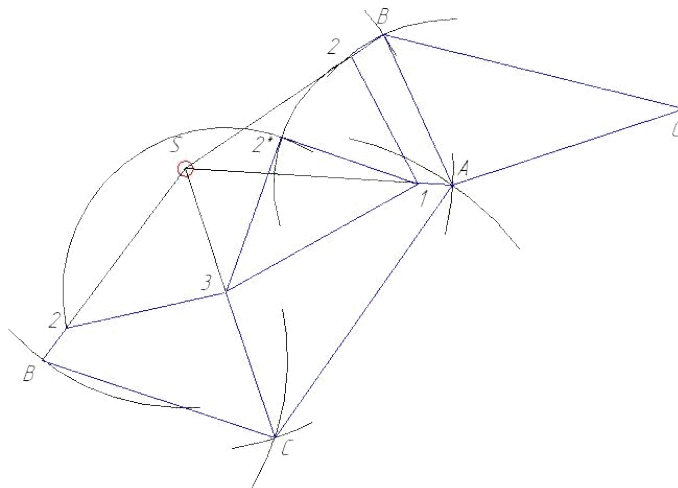
Чтобы построить развертку оставшейся части пирамиды необходимо определить натуральные величины ребер методом прямоугольного треугольника или вращением. Натуральную величину сечения определить можно также вращением вокруг главных линий.



#### 4. Общие приемы разворачивания гранных поверхностей

Выполним развертку оставшейся части призмы. Так как основание призмы параллельно горизонтальной плоскости проекций, то горизонтальная проекция основания и является натуральной величиной. Так как призма прямая, то фронтальные проекции ребер также являются натуральными величинами. Поэтому, чтобы построить развертку призмы проведем горизонтальную линию и от ее произвольной точки отложим в правую сторону последовательно длины ребер основания (длины горизонтальных проекций). Получим развернутое основание призмы **ADCBA**. Затем переносим горизонтальную проекцию на развертку (**ABCD**). После сносим длины фронтальных проекций оставшихся частей ребер призмы (**14321**). После определения натурального размера сечения, изображаем его на развертке.

Чтобы построить развертку оставшейся части пирамиды необходимо определить натуральные величины ребер методом прямоугольного треугольника или вращением. Натуральную величину сечения определить можно также вращением вокруг главных линий.



## 1. 1 Лекция №15 (2 часа).

### Тема: «Проецирование тел вращения»

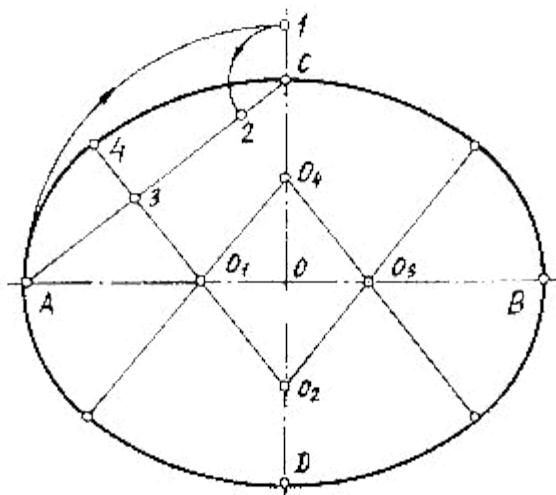
#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Кривые линии.
2. Поверхности вращения.
3. Линейчатые поверхности.
4. Винтовые поверхности.
5. Сечение тел вращения плоскостями.
6. Построение разверток поверхностей вращения.
7. Касательные линии и плоскости к поверхности.

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. Кривые линии.

Кривая линия определяется положением составляющих ее точек. Кривую линию называют плоской, если все точки кривой лежат в одной плоскости, и пространственной, если точки не принадлежат одной плоскости. Все множество плоских кривых можно разделить на циркульные и лекальные. **Циркулярной** называют кривую, которую можно построить с помощью циркуля. К ним относятся окружность, овал, завиток и т.д. Кроме окружности в практике выполнения чертежей встречается четырехцентровый овал, состоящий из дуг четырех окружностей. Рассмотрим построение овала по двум заданным осям **AB** и **CD** (рис.1). На продолжении малой оси отметим точку **1** ( $[O1] = [OA]$ ) и на отрезке **AC** дугой радиуса **C1** фиксируем точку **2**. Через середину отрезка **A2** (точка **3**) проводим перпендикуляр и находим центры **O<sub>1</sub>** малой окружности радиуса **r** и **O<sub>2</sub>** большой окружности радиуса **R**. Точку сопряжения (точку **4**) находим на пересечении малой окружности с отрезком **O<sub>2</sub>O<sub>1</sub>**. Центры **O<sub>3</sub>** и **O<sub>4</sub>** симметричны центрам **O<sub>1</sub>** и **O<sub>2</sub>** соответственно.





**Лекальной** называют кривую, которую нельзя построить с помощью циркуля. Ее строят по точкам с помощью специального инструмента, называемого лекалом. К лекальным кривым относятся эллипс, парабола, гипербола, спираль Архимеда и др. Лекальные кривые можно разделить на закономерные и не закономерные. Закономерными называют кривые, которые можно задать алгебраическим выражением. Незаконмерные кривые нельзя задать алгебраическим выражением. Среди закономерных кривых наибольший интерес для инженерной графики представляют кривые второго порядка: эллипс, парабола и гипербола, с помощью которых образуются поверхности, ограничивающие технические детали. **Эллипс** - кривая второго порядка, сумма расстояний от любой точки которой до двух фиксированных точек, называемых фокусами, есть величина постоянная, равная большой оси эллипса.

Один из вариантов построения эллипса по большой оси **AB** и двум фокусам **F<sub>1</sub>** и **F<sub>2</sub>** приведен на рис.2. На большой оси эллипса откладываем произвольный отрезок **AK**, но больший отрезка **AF<sub>1</sub>**. Радиусом **r<sub>1</sub> = AK** проводим окружности с центрами **F<sub>1</sub>** и **F<sub>2</sub>**. Затем радиусом **r<sub>2</sub> = BK** проводим окружности, также с центрами **F<sub>1</sub>** и **F<sub>2</sub>**. Точки **1, 2, 3, 4** пересечения больших и малых окружностей принадлежат эллипсу, так как они удовлетворяют определению эллипса. Аналогично строим необходимое число точек. Точки, принадлежащие малой оси эллипса, находим с помощью окружности радиуса

**R = OA.**

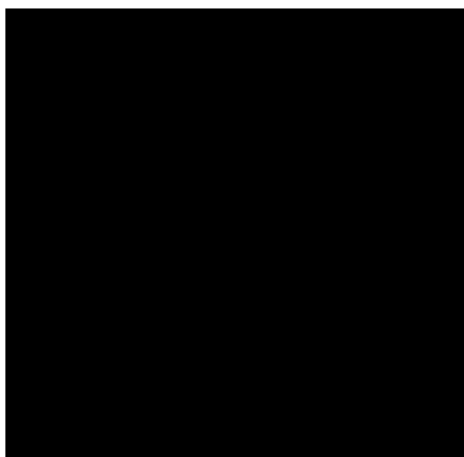


Рис. 3

Другой вариант построения эллипса по двум осям разобран на рис.3. При построении проводим окружности радиусами **r** и **R** из одного центра **O** и произвольную секущую **OA**. Из точек пересечения **1** и **2** проводим прямые, параллельные осям эллипса. На их пересечении отмечаем точку **M** эллипса. Остальные точки строим аналогично.

**Парабола** - кривая второго порядка, расстояние от любой точки которой до фокуса равно расстоянию от этой точки до некоторой фиксированной прямой, называемой директрисой.

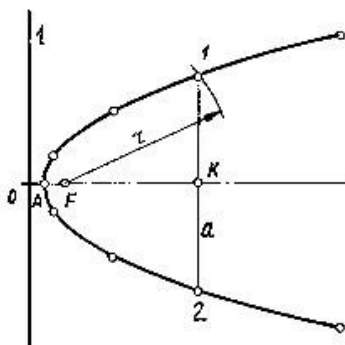


Рис. 4

На рис.4 приведен пример построения параболы по директрисе **1** и фокусу **F**. Вершина параболы (точка **A**) находится на середине отрезка **OF**. Далее от точки **O** вдоль оси параболы откладываем

произвольный отрезок **ОК**, который должен быть больше **ОА**. Через точку **К** проводим прямую **а**, перпендикулярную оси параболы. Из фокуса радиусом  $r = ОК$  строим окружность. Точки **1** и **2** пересечения окружности и прямой **а** принадлежат параболе. Аналогично строим необходимое количество точек. **Гипербола** - кривая второго порядка, разность расстояний от любой точки которой до двух фокусов есть величина постоянная, равная действительной оси гиперболы. Вдоль действительной оси расположены ветви гиперболы.

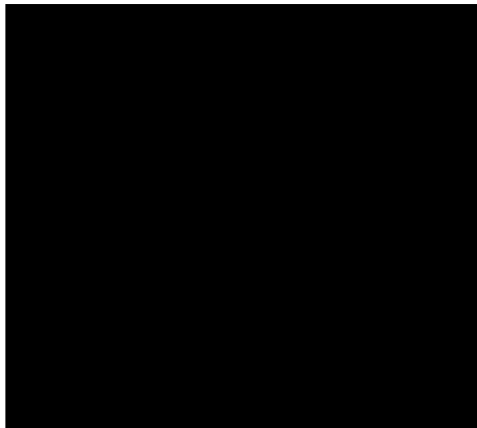


Рис. 5

Гиперболу по величине действительной оси и двум фокусам строим в следующей последовательности (рис.5). На оси гиперболы откладываем произвольный отрезок **АК**. Проводим две окружности с центрами в  $F_1$  и  $F_2$  радиусом  $r_1 = АК$  и две окружности радиусом  $r_2 = ВК$ . Точки **1, 2, 3, 4** пересечения окружностей принадлежат гиперболе. Гипербола - кривая, имеющая асимптоты, которые проходят через точку **О** и точки **5** и **6**. Точки **5** и **6** находим на пересечении прямых, проведенных через вершины гиперболы перпендикулярно к оси, и окружности с центром **О**, проведенной через фокусы.

## 2. Поверхности вращения.

*Поверхностью вращения называют поверхность, образованную от вращения какой-либо образующей линии вокруг неподвижной прямой – оси поверхности.*

*Линия пересечения оси поверхности вращения с перпендикулярной к оси плоскостью (окружность) называют параллелью поверхности. Наибольшая из параллелей называется экватором.*

*Линия пересечения поверхности вращения с плоскостью, проходящей через ось вращения называется меридианом поверхности.*

К поверхностям вращения относят: цилиндр, конус, гиперболоид, параболоид, эллипсоид и др.

## 3. Линейчатые поверхности.

Линейчатыми поверхностями называются поверхности, образуемые движением прямой линии. Например, поверхность прямого круглого цилиндра есть линейчатая, так как она может быть образована движением прямой, которая, оставаясь параллельной одному и тому же направлению, опирается на окружность, лежащую в плоскости, перпендикулярной к этому направлению; ряд последовательных положений такой прямой и представляет собой поверхность круглого прямого цилиндра. Движущаяся прямая называется *образующей*, а окружность, на которую она опирается, *направляющей*. Название образующей присваивается также каждому отдельному положению прямой, движением которой образуется поверхность. Линейчатые поверхности разделяются на два больших класса: *развертывающиеся* и *косые*. К первому классу принадлежат такие поверхности, которые могут быть свернуты из плоскости, а, следовательно, могут быть и развернуты на плоскость; таковы поверхности *цилиндрические*, образующие которых параллельны одному и тому же направлению; поверхности *конические*, образующие которых проходят через одну общую точку, называемую вершиной; *развертывающаяся винтовая поверхность*, образующие которой касательны к винтовой линии, и целый ряд других поверхностей, отличающихся тем свойством, что образующие их касательны к некоторой кривой, называемой *ребром возврата*. *Косые* поверхности такие, которые не могут быть развернуты в плоскость; таковы: *косая винтовая поверхность*, образующие которой перпендикулярны к оси цилиндра и опираются на винтовую линию, начерченную на этом цилиндре; *гиперболоид*, образующие которого опираются на три данные прямые; *гиперболический параболоид*, образующие которого опираются на две данные прямые и параллельны данной плоскости, и так далее. Поверхности, образующие которых параллельны одной и той же плоскости, называются *коноидами*.

#### 4. Винтовые поверхности.

**Пространственные кривые** Среди множества пространственных кривых наибольший интерес для инженерной графики представляют цилиндрическая и коническая винтовые линии. **Цилиндрическая винтовая линия.**

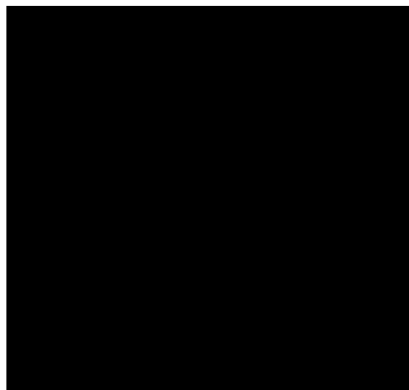


Рис. 6

Пусть точка **A** (рис.6) равномерно движется по прямой **1**, прямая, в свою очередь, равномерно вращается вокруг оси **i**, ей параллельной. При вращении прямая **1** образует цилиндрическую поверхность, а точка **A** опишет пространственную кривую, которую называют цилиндрической винтовой линией или гелисой (геликой). Расстояние от точки **A** до оси **i** называют радиусом винтовой линии, а расстояние между точками **A<sup>I</sup>** и **A<sup>VIII</sup>**, лежащими на одной прямой - шагом винтовой линии.

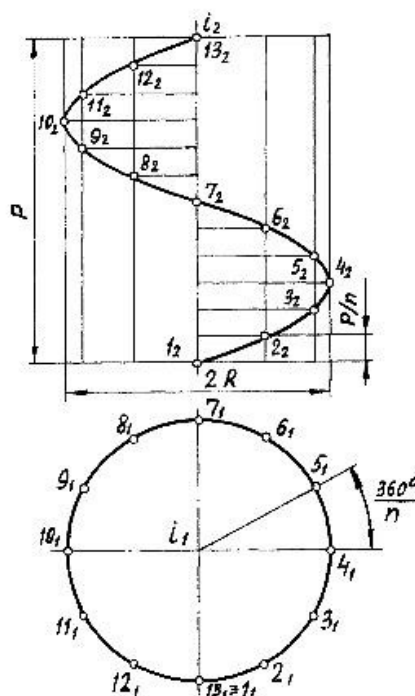


Рис. 7

Построим комплексный чертеж винтовой линии по ее радиусу **R** и шагу **p** (рис.7). Примем ось винтовой линии **i**, расположенной перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций **Π<sub>1</sub>**. Все точки винтовой линии отстоят от оси на одинаковом расстоянии, поэтому горизонтальной проекцией этой линии будет окружность радиуса **R** с центром на оси **L**. Выберем начальную точку винтовой линии - точку **1**. Разделим окружность на 12 равных частей и примем полученные точки за горизонтальные проекции точек, принадлежащих винтовой линии. По условию задачи шаг винтовой линии равен **p**, следовательно, при

переходе точки **1** в положение **2** она поднимется на высоту, равную  $1/12 p$ , при переходе в положение **3** - на высоту  $2/12 p$  и т.д. Поделив шаг на 12 частей, построим фронтальные проекции точек, принадлежащих винтовой линии. Совокупность этих точек даст фронтальную проекцию винтовой линии - синусоиду. Винтовая линия может быть правого или левого хода. Если точка, перемещаясь по винтовой линии вращается по часовой стрелке и удаляется от наблюдателя, винтовая линия - правая. Если вращается против часовой стрелки и удаляется от наблюдателя, винтовая линия - левая. На рис.7 изображена правая винтовая линия. **Коническая винтовая линия** Коническая винтовая линия- пространственная кривая, образованная равномерным движением точки по прямой, которая равномерно вращается вокруг оси и пересекает ее.

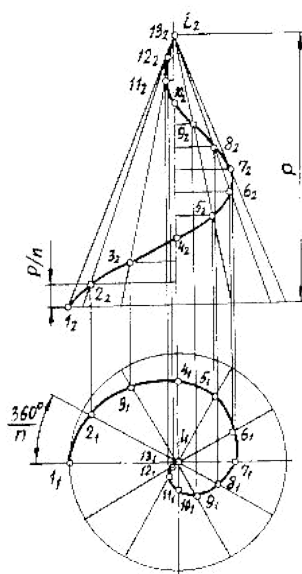


Рис. 8.

Для построения конической винтовой линии (рис.8) изобразим некоторое число положений прямой, равномерно отстоящих друг от друга (в данном случае 12). Положение точки, движущейся вдоль прямой, будем фиксировать так, чтобы движение вдоль прямой было пропорционально угловому перемещению вокруг оси. Горизонтальной проекцией конической винтовой линии будет спираль Архимеда. Фронтальной проекцией - синусоида с затухающей амплитудой. Получили левую винтовую линию.

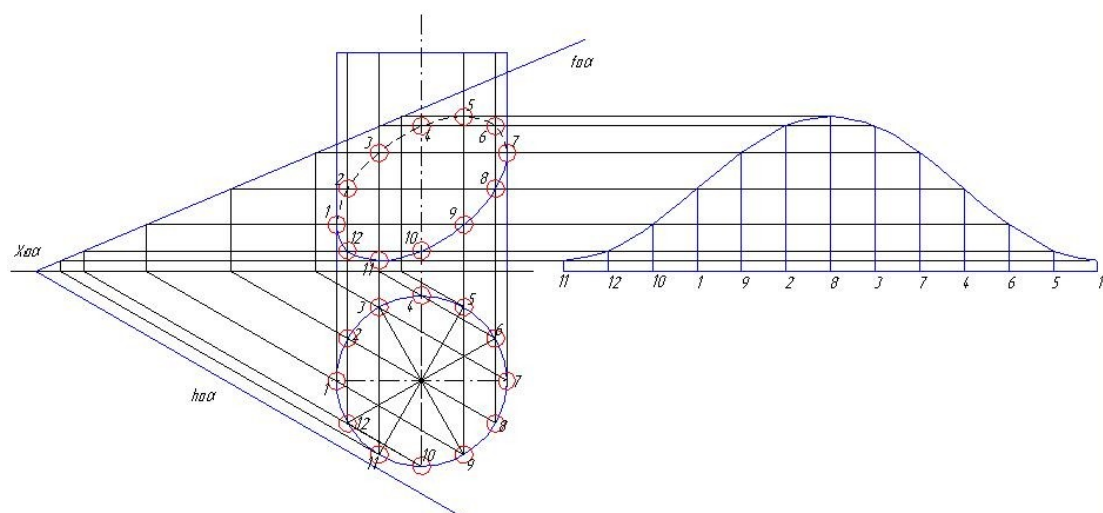
## 5. Сечение тел вращения плоскостями.

Линию пересечения поверхности плоскостью можно определять двумя путями:

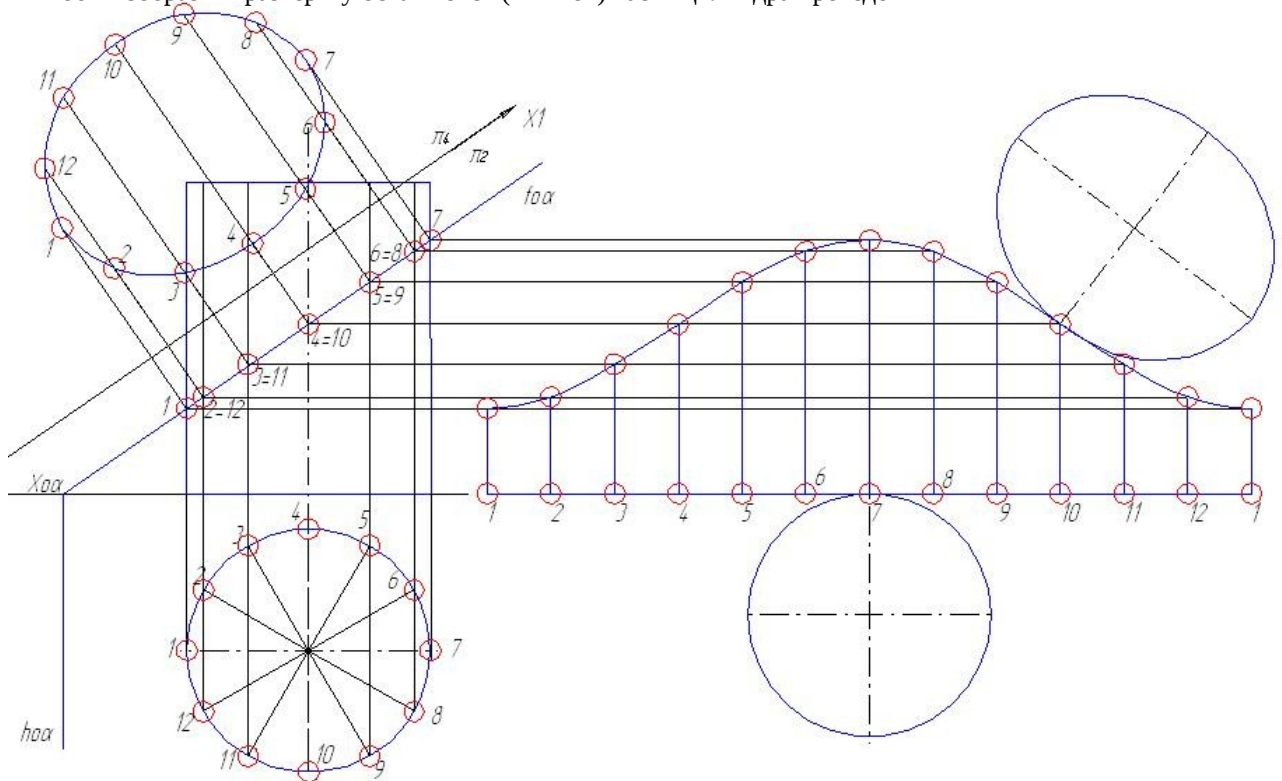
- 1) по точкам пересечения прямых образующих с секущей плоскостью (для линейчатых поверхностей);
- 2) используя вспомогательные плоскости (для линейчатых и нелinearчатых поверхностей).

Рассмотрим сечение прямого круглого цилиндра фронтально-проецирующей плоскостью. Изобразим несколько равноудаленных образующих цилиндра и определим точки их пересечения с плоскостью. Горизонтальные проекции точек пересечения образующих цилиндра с плоскостью будут совпадать с горизонтальными проекциями этих образующих. Определим фронтальные проекции точек. Чтобы определить натуральную величину фигуры сечения можно воспользоваться способом замены плоскостей проекций или способом совмещения (вращения вокруг горизонтального следа плоскости).

## 6. Построение разверток поверхностей вращения.



Чтобы изобразить развертку оставшейся (нижней) части цилиндра проведем



горизонтальную прямую, длина которой равна длине дуги окружности основания цилиндра. Разделим ее на то же число частей, что и основание цилиндра. Из

Для построения кривой линии, получаемой при пересечении конической поверхности плоскостью, необходимо определять точки пересечения образующих конической поверхности с секущей плоскостью.

Вид фигуры сечения зависит от положения секущей плоскости относительно вершины конической поверхности, а также соотношения между величинами углов наклона секущей плоскости и образующей конической поверхности к ее оси.

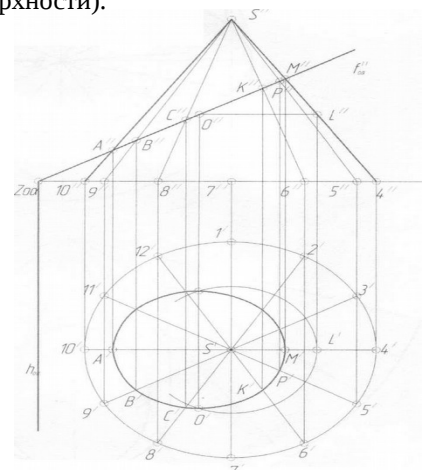
Возможны следующие варианты формы сечения конической поверхности плоскостью:

- 1) точка (если плоскость проходит через вершину конической поверхности);
- 2) прямая (если плоскость является касательной к конической поверхности);
- 3) две прямые (если плоскость проходит через вершину, а угол наклона образующей к оси конуса больше угла наклона плоскости к той же оси);
- 4) окружность (если плоскость перпендикулярна оси конической поверхности);
- 5) эллипс (если плоскость пересекает все образующие конуса и не параллельна ни одной из них);
- 6) парабола (если плоскость параллельна одной образующей, а угол наклона плоскости к оси конуса равен углу наклона образующей к той же оси);
- 7) гипербола (если плоскость параллельна двум образующим, а угол, образованный плоскостью с осью конуса меньше угла между осью и образующей конической поверхности).

Так как плоскость не параллельна образующим конуса и не проходит через его вершину, получаем в сечении эллипс. Для построения линии пересечения конуса плоскостью проводят несколько равноудаленных у основания образующих  $S'1', S'2' \dots S'12'$ .

Определяют их фронтальные проекции  $S''1'', S''2' \dots S''12''$ .

Затем определяют фронтальные и горизонтальные проекции точек пересечения



образующих с плоскостью  $\alpha$  (А, В, С, Р, М). Проекция А"М" является фронтальной проекцией сечения, а длина этой проекции равна большей оси эллипса. Поэтому середина А"М" точка О будет являться фронтальной проекцией

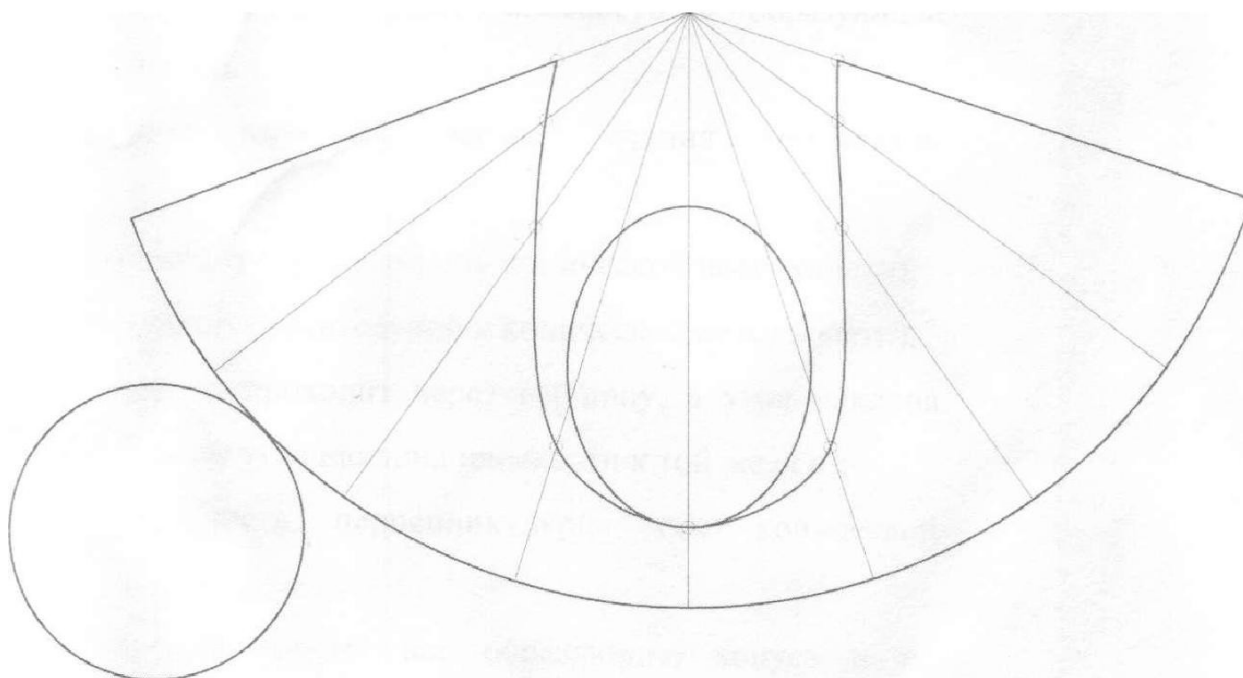
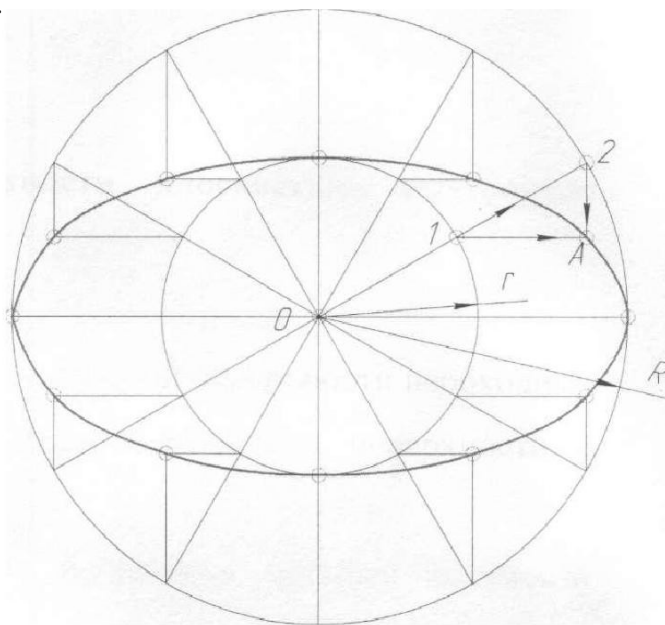
малой оси эллипса. Для определения горизонтальной проекции малой оси эллипса из

вершины конуса  $S'$  необходимо провести дугу окружности радиуса  $O'L$ . Точка пересечения этой дуги с линией проекционной связи определит точку

$O'$ . Так как эллипс - фигура симметричная относительно осей, построим ее горизонтальную проекцию.

Натуральную величину сечения можно определить способами преобразования чертежа, а также построением с использованием большой и малой оси.

Развертка боковой поверхности конуса представляет собой круговой сектор с углом при вершине  $(\varphi = (d/l) \cdot 180^\circ)$ , где  $d$  - диаметр основания конуса;  $l$  - длина образующей конуса. Развертка конуса представлена на рисунке.



## 7. Касательные линии и плоскости к поверхности.

Касательные плоскости играют большую роль в геометрии. В теоретическом плане плоскости, касательные к поверхности, используются в дифференциальной геометрии при изучении свойств поверхности в районе точки касания.

Решение задач, возникающих при проектировании и конструировании поверхностей-оболочек, требует проведения касательных плоскостей и нормалей к поверхности. При построении на проекционном чертеже очерков поверхностей по заданному направлению проецирования, при определении контуров собственных теней также необходимо строить касательные плоскости к поверхности. Построение касательной плоскости к поверхности представляет частный случай пересечения поверхности плоскостью.

Плоскость, касательная к поверхности, имеет общую с этой поверхностью точку, прямую или плоскую кривую линию. Плоскость в одном месте может касаться поверхности, а в другом пересекать эту поверхность. Линия касания может одновременно являться и линией пересечения поверхности плоскостью.

Любая кривая поверхности, проходящая через точку  $A$ , имеет в этой точке касательную прямую, принадлежащую плоскости  $\alpha$ .

Не в каждой точке поверхности можно провести касательную плоскость. В некоторых точках касательная плоскость не может быть определена или не является единственной. Такие точки называются **особыми точками** поверхности, например вершина конической поверхности.

Прямую линию, проходящую через точку касания и перпендикулярную касательной плоскости, называют **нормалью** поверхности в данной точке.

В зависимости от вида поверхности, касательная плоскость может иметь с поверхностью как одну общую точку, так и множество точек. В зависимости от того, с каким случаем касания, мы имеем дело, точки, принадлежащие поверхности подразделяют на эллиптические, параболические и гиперболические:

1. Если касательная плоскость имеет с поверхностью только одну общую точку, то все принадлежащие поверхности линии, проходящие через эту точку, будут расположены по одну сторону от касательной плоскости. Такие точки называются **эллиптическими**.

2. В случае проведения касательной плоскости к торсовой поверхности, образованной непрерывным перемещением касательной прямой к некоторой пространственной кривой линии (частный случай - коническая поверхность), плоскость будет касаться поверхности по прямой линии – образующей. Точки, принадлежащие этой образующей, называются **параболическими**.

### 1. 1 Лекция №16 (2 часа).

**Тема: «Компьютерное моделирование»**

#### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Понятие о вычислительной геометрии.
2. Понятие о геометрическом моделировании

#### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

##### 1. Понятие о вычислительной геометрии

Вычислительная геометрия – это раздел информатики, изучающий алгоритмы решения геометрических задач. Такие задачи встречаются в машинной графике, проектировании интегральных схем, технических устройств и др. Исходными данными такого рода задач могут быть множество точек на плоскости, набор отрезков, многоугольник (заданный например, списком своих вершин в порядке движения по часовой стрелки) и т.п. результатом может быть либо ответ на какой-то вопрос (типа принадлежит ли точка отрезку с концевыми точками, пересекаются ли два отрезка), либо какой-то геометрический объект (например, наименьший выпуклый многоугольник, соединяющий заданные точки, площадь многоугольника, и т.п.). Геометрические задачи в информатике встречаются довольно часто, так как компьютер является очень удобным и быстродействующим средством для их решения, поскольку ручной счёт здесь абсолютно неприменим. Так же часто задачи вычислительной геометрии встречаются на олимпиадах разного уровня, так как они требуют от участника собранности и точности даже в мелких деталях реализации. Малейшая ошибка

в них приводит к тому, что автор программы вынужден тратить множество драгоценного времени на отладку программы и поиск в ней ошибки. Поэтому именно тот, кто успешно справляется с такими задачами в течение короткого времени, достоин наивысшей похвалы, каковой является победа на олимпиаде. В задачах аналитической геометрии используются все стандартные геометрические объекты: точки, отрезки, вектора (а также их скалярное и векторное произведения), прямые, многоугольники (выпуклые и невыпуклые) и т.д.

## 2. Понятие о геометрическом моделировании

**Геометрические объекты.** Геометрическое моделирование изучает методы построения математической модели, описывающей геометрические свойства предметов окружающего мира. Инструментом для геометрического моделирования служат математические методы решения тех или иных задач.

Используемые методы позволяют описать геометрические свойства предметов, создавать их математические модели и исследовать их путем проведения различных расчетов и численных экспериментов, а также, при необходимости, редактировать моделируемые объекты и строить их графические отображения. Для описания геометрических свойств окружающих предметов строят твердые тела. Тело описывается точками, линиями и поверхностями. Все они обладают определенными общими свойствами, поэтому ими можно оперировать как объектами. Точки, линии, поверхности и тела называются геометрическими объектами. Геометрические объекты будут служить основными элементами математической модели геометрии реальных или воображаемых объектов. Будем строить их в трехмерном евклидовом пространстве, считая их неизменными во времени.

**Способы создания геометрических моделей.** Выполнение операций. В

большинстве случаев сложные геометрические объекты появляются как результат некоторой операции над более простыми объектами. Рассмотрим методы выполнения операций. *Операцией* будем называть совокупность действий над одним или несколькими исходными объектами, которая приводит к рождению нового геометрического объекта. Действия, которые изменяют объект, не изменяя его природы, будем называть модификацией или редактированием. Редактирование объекта сводится к изменению значений его данных при неизменной их структуре. Редактирование объектов приводит к изменению этих скаляров и компонент векторов. Редактированием можно масштабировать, зеркально отразить, переместить, повернуть в пространстве геометрический объект или изменить его форму. Преобразования трансформации по матрице, перемещение, поворот в пространстве геометрического объекта сводятся к соответствующим преобразованиям радиус-векторов, лежащих в структуре объекта. К операциям мы будем относить построение проекций точек на кривые и поверхности по нормали к ним, построение проекций точек на поверхности по заданному направлению, построение точек пересечения кривых, построение точек пересечения кривых и поверхностей, построение линий пересечения поверхностей, построение поверхностей скругления и поверхностей фасок, а также решение других задач. Операция пересечения двумерных кривых и операция пересечения поверхностей являются основополагающими, так как они присутствуют в большинстве других операций, выполняемых над геометрическими объектами. Для выполнения операций нужно уметь корректно перемещаться по параметрическим областям кривых и поверхностей в поиске нулевых приближений решения, уметь находить нулевые приближения и уметь находить точное решение, отталкиваясь от некоторого приближения.

**Базовые элементы формы и их точное аналитическое описание.**

**Топологические объекты Оболочки.** Поверхности могут быть замкнутыми по одному или двум параметрическим направлениям или замкнутыми. Незамкнутые поверхности имеют границу. Границей называется линия на поверхности, соответствующая движению ее параметров по границе их области определения. Линию на замкнутой поверхности, по которой она замыкается сама на себя, называют швом. Поверхности могут стыковаться друг с другом по границам. Говорят, что по шву замкнутая линия стыкуется сама с собой. Совокупность стыкующихся по границам поверхностей называют оболочкой. Оболочка может состоять из одной поверхности или нескольких поверхностей. Также как и отдельная поверхность, оболочка может быть замкнутой и незамкнутой. Замкнутая оболочка не имеет границы. Незамкнутая оболочка имеет одну или несколько границ. Будем рассматривать непрерывную связь между точками геометрических объектов. Предположим, что оболочка выполнена из эластичного неразрываемого и несклеиваемого материала. Исследуем свойства этой оболочки, которые сохраняются при всевозможных ее деформациях. Деформацией будем называть изменение формы оболочки путем растяжения, сжатия, сдвига или изгиба ее поверхности, не приводящие к разрывам и не требующие склеивания поверхностей оболочки. Эластичная оболочка в виде куба может быть деформирована в сферу, или эллипсоид, или оболочку в виде тетраэдра, но не может быть деформирована в тороидальную оболочку. Сфера, эллипсоид, оболочка в виде тетраэдра или куба могут быть преобразованы друг в друга путем непрерывных и обратимых отображений. Свойства геометрических объектов, сохраняющиеся при непрерывных и обратимых отображениях одного пространства в другое, изучает топология. С топологической точки зрения сфера, эллипсоид, оболочка в виде тетраэдра или куба эквивалентны. Свойства, характеризующие непрерывность точек некоторой оболочки, являются топологическими свойствами. Топологические свойства геометрических объектов связаны с



фундаментальными математическими понятиями. Топология изучает общий случай оболочек, которые могут самопересекаться, иметь или не иметь границы, уходить в бесконечность. Топология оперирует своими объектами, которые несут информацию о их взаимной связи друг с другом, и устанавливает между ними соотношения. При моделировании окружающих нас объектов мы будем строить оболочки из топологических объектов. Они будут нести и количественную геометрическую информацию, и топологическую информацию. Количественная геометрическая информация топологического объекта содержится в его геометрическом носителе, которым может являться точка, кривая или поверхность.

**Вершины, ребра, циклы, грани.** Рассмотрим оболочки, построенные на основе поверхностей в трехмерном евклидовом пространстве. Для отслеживания связей составляющих оболочку поверхностей дополним поверхности информацией об этих связях и введем топологические объекты. Топологические объекты будут нести одновременно метрическую и топологическую информацию. Одним из топологических объектов является оболочка. При построении оболочки будем использовать такие топологические объекты, как грани, ребра, вершины и циклы. Все топологические объекты имеют общие принципы построения. Гранью будем называть топологический объект, построенный на основе поверхности. Фактически грань представляет собой поверхность плюс информация о том, какая сторона поверхности является наружной стороной грани, и информация об ее положении в оболочке, то есть информация о соседях. Информация о соседних гранях оформляется в виде циклов. Цикл – это топологический объект, который описывает одну из границ грани, и содержит информацию о том, где и как к данной грани примыкают соседние грани. Так как вдоль одного цикла к данной грани могут примыкать несколько соседних граней, то цикл состоит из нескольких участков. Каждый участок цикла опирается на некоторое ребро. Ребром будем называть топологический объект, построенный на основе линии стыковки соседних граней или на основе граничной линии оболочки. Грани стыкуются только по ребрам. Таким образом, каждая грань со всех сторон окружена ребрами. Вершиной будем называть топологический объект, построенный на основе точки, в которой стыкуются ребра. Вершины могут лежать только на краях ребер. Каждое ребро начинается и оканчивается в вершине. Если ребро замкнуто, то оно начинается и оканчивается в одной и той же вершине. Цикл состоит из ребер, образующих замкнутую линию вдоль одной из границ грани. Цикл всегда замкнут и ему приписывается определенное направление. Грань может содержать несколько циклов, причем один из них является внешним, а остальные – внутренними и целиком лежащими внутри внешнего цикла. За положительное направление цикла примем направление движения вдоль цикла, при котором грань всегда находится слева, если смотреть с наружной стороны грани. Таким образом, внешний цикл грани ориентирован против часовой стрелки, а внутренние циклы ориентированы по часовой стрелке, если смотреть с наружной стороны грани. Каждый цикл проходит по одной из границ поверхности.

**Ориентируемость оболочек.** Для многих замкнутых оболочек одну из сторон можно определить как внутреннюю, а другую – как наружную. Для точек оболочек вводится такое топологическое понятие как ориентируемость. Представим, что вокруг всякой точки оболочки проведена окружность достаточно малого радиуса, расположенная на поверхности оболочки. Для каждой окружности определим такое направление обхода, что достаточно близкие точки всегда будут обходить в одном и том же направлении. Если для некоторой оболочки это можно сделать, то такая оболочка называется ориентируемой. Существуют оболочки, для которых нельзя ввести единое направление обхода для окружностей близких точек. Такие оболочки называются неориентируемыми.

**Лист Мебиуса.** Примером неориентируемой оболочки является лист Мебиуса. Лист Мебиуса является односторонней оболочкой. Если оболочка является односторонней, то она неориентируема. Справедливо и утверждение, что если оболочка является двухсторонней, то она ориентируема. Оболочка тогда и только тогда неориентируема, когда на ней можно построить такую замкнутую кривую  $s$ , что при движении вдоль этой кривой достаточно малой ориентируемой окружности она придет в исходную точку ориентированной в противоположном направлении. Если двигаться вдоль кривой  $s$  на односторонней оболочке по одну сторону от этой кривой, то можно оказаться по другую сторону кривой, хотя при движении кривая не пересекалась. Лист Мебиуса является незамкнутой оболочкой. Существуют замкнутые односторонние оболочки.

**Бутылка Клейна.** Примером замкнутой односторонней оболочки является бутылка Клейна, которая показана на рис. 4.1. Бутылка Клейна имеет одну замкнутую линию самопересечения. Она не может служить сосудом. Связность Бутылки Клейна равна трем.

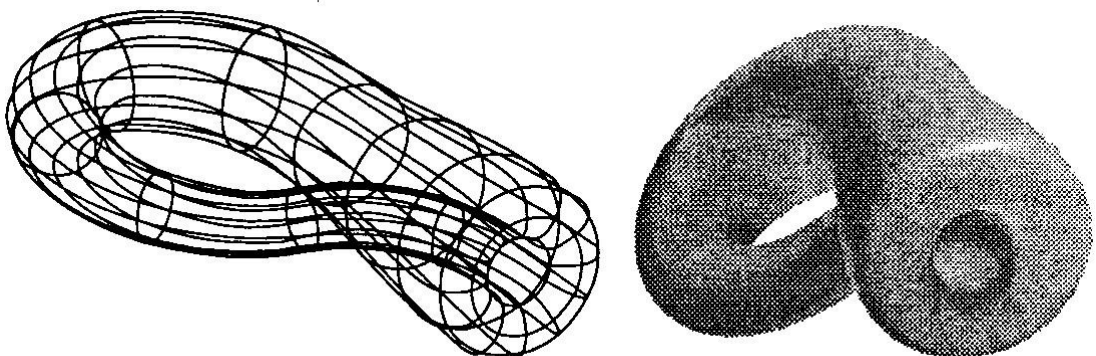


Рис. 4.1 – Бутылка Клейна – односторонняя замкнутая оболочка. Если бутылку Клейна разрезать плоскостью ее симметрии, то получим две незамкнутые самопересекающиеся оболочки, из которых путем деформирования можно получить два листа Мебиуса. Кроме связности оболочки характеризуются еще и направленностью. Тор и бутылка Клейна обладают одинаковой связностью, обе замкнутые оболочки, но тор является ориентируемой оболочкой, а бутылка Клейна – неориентируемой.

**Оболочки для моделирования тел.** Рассмотрим взаимно однозначное и непрерывное отображение одной оболочки в другую. При этом отображении соседние точки остаются соседними. Одним из видов отображения является деформация. При деформации топологический объект как целое непрерывно переходит сам в себя. Движение оболочки в пространстве является частным случаем деформации, тогда как зеркальное отображение оболочки относительно плоскости не является деформацией. При зеркальном отображении изменяется на обратное направление обхода всякой замкнутой кривой на оболочке, тогда как деформация сохраняет направление обхода неизменным.

**Твердотельное и поверхностное моделирование.** В геометрическом моделировании используются термины «поверхностное моделирование» (моделирование поверхностей) и «твердотельное моделирование» (моделирование твердых тел). В обоих случаях результатом моделирования является некоторая оболочка (или несколько оболочек), описывающая поверхность моделируемого объекта. Но процесс моделирования в первом случае отличается от процесса моделирования во втором случае. В поверхностном моделировании сначала создаются и модифицируются требуемым образом поверхности, описывающие отдельные элементы моделируемого объекта. Эти поверхности обрезают по линиям пересечения, сопрягают друг с другом поверхностями скругления или перехода, а также выполняют над ними другие операции. Затем из полученных поверхностей собирают оболочку. В поверхностном моделировании результирующая оболочка не обязательно должна быть замкнутой. В твердотельном моделировании с самого начала работа идет с оболочками тел, а не с отдельными поверхностями. Оболочки полностью описывают поверхности моделируемых объектов, отделяющие их внутренний объем от остальной части пространства. Процесс построения оболочки тела в данном случае аналогичен процессу изготовления моделируемого объекта. Сначала создается оболочка некоторой заготовки простой формы. Далее оболочка заготовки изменяется необходимым образом. Для этого используются булевы операции над телами, операция построения тонкостенного тела из заготовки, опереция скругления ребер, операция построения ребер жесткости и другие операции. С помощью операций оболочке тела придается требуемая форма. Два подхода к моделированию имеют много общего и отличаются технологией создания модели. В обоих случаях выполняются аналогичные действия, но в разной последовательности.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**

### **ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

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

**Тема: «ГОСТ 2.305-68 Изображения-виды»**

##### **2.1.1 Цель работы:**

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

##### **2.1.2 Задачи работы:**

- 1) Выполнить основные виды детали.

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

1. Методические указания.

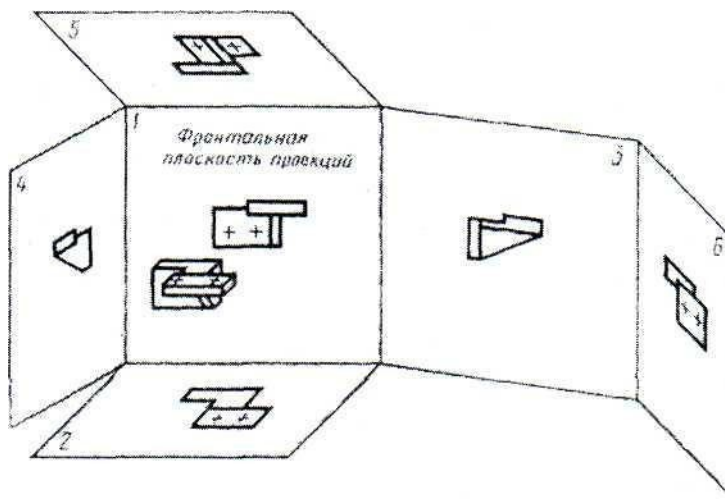
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

#### 2.1.4 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).

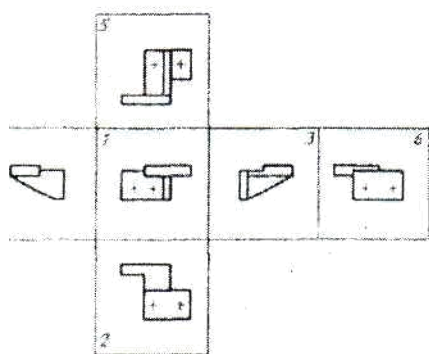


Черт. 1

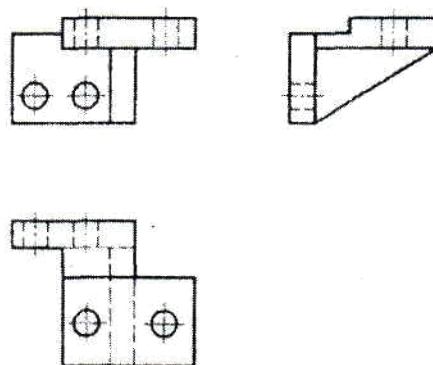
За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани совмещают с плоскостью, как показано на черт. 2. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4.

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.



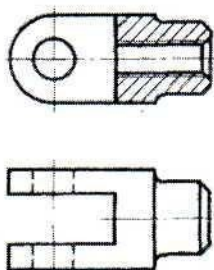
Черт. 2



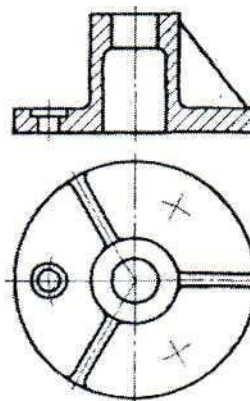
Черт. 3

*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).

*Разрез* - изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (черт. 4). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (черт. 5).



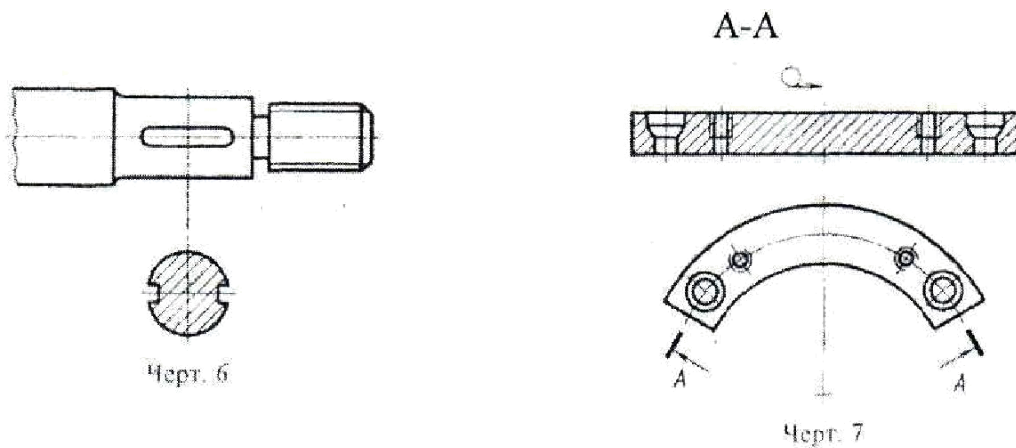
Черт. 4



Черт. 5

*Сечение* — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (черт. 6). На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (черт. 7).



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

## 2. Виды.

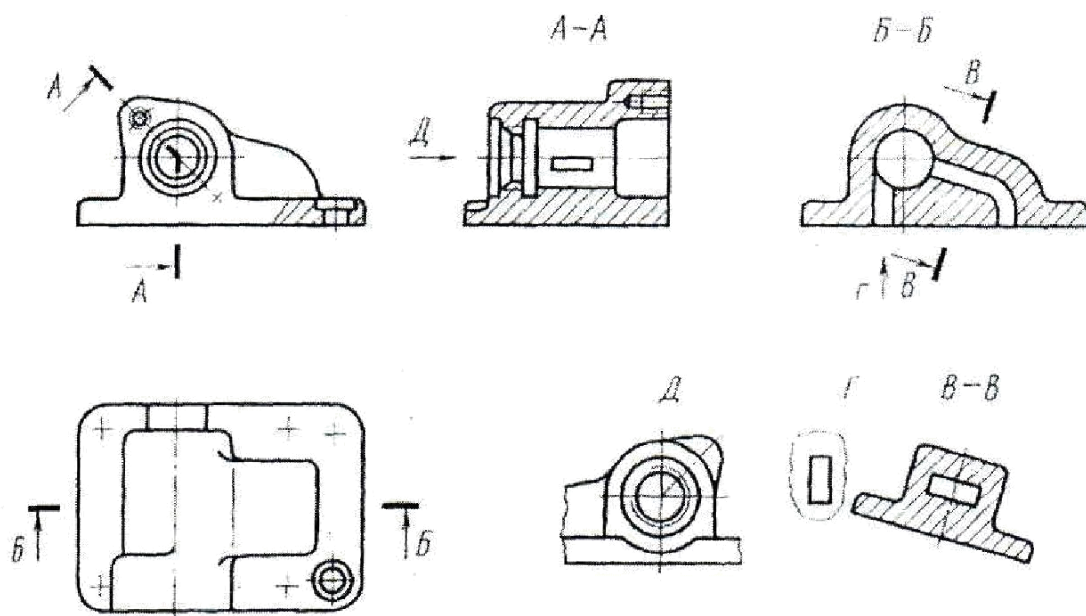
Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекции (основные виды, черт. 2):

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



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.

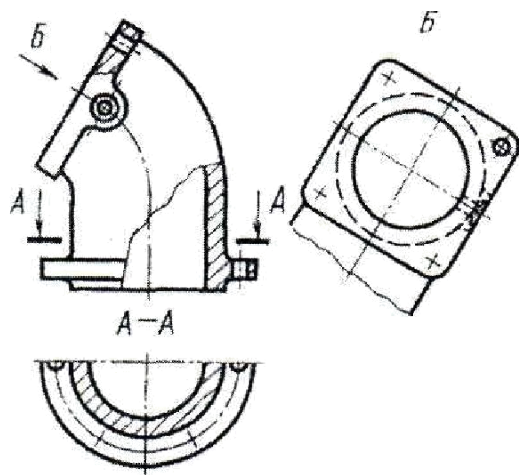
В строительных чертежах допускается направление взгляда указывать двумя стрелками (аналогично указанию положения секущих плоскостей в разрезах).

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.

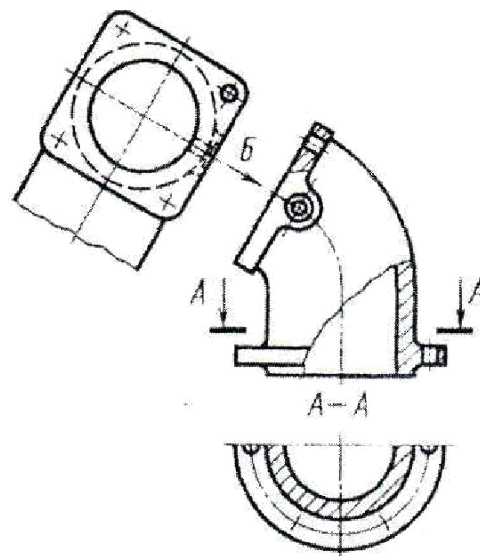
Если какую-либо часть предмета невозможно показать на перечисленных в п. 2.1 видах без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций (черт. 9—11).

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

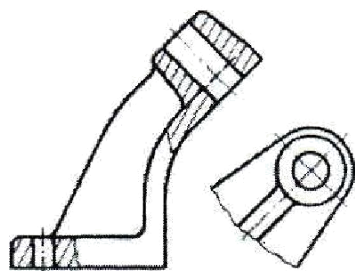
(стрелка Б, черт. 9, 10).



Черт. 9



Черт. 10



Черт. 11

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.

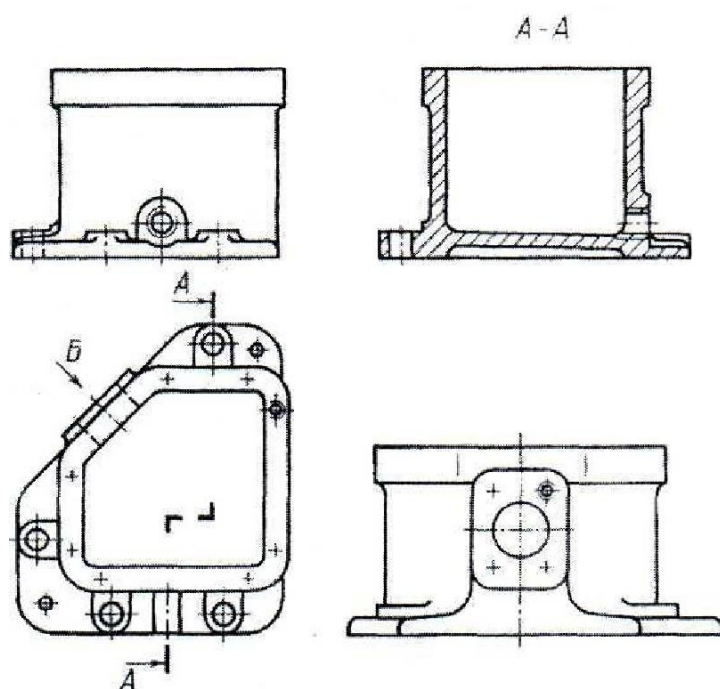
Дополнительный вид допускается поворачивать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением  $\angle 0$ . При необходимости указывают угол поворота (черт. 12).

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).

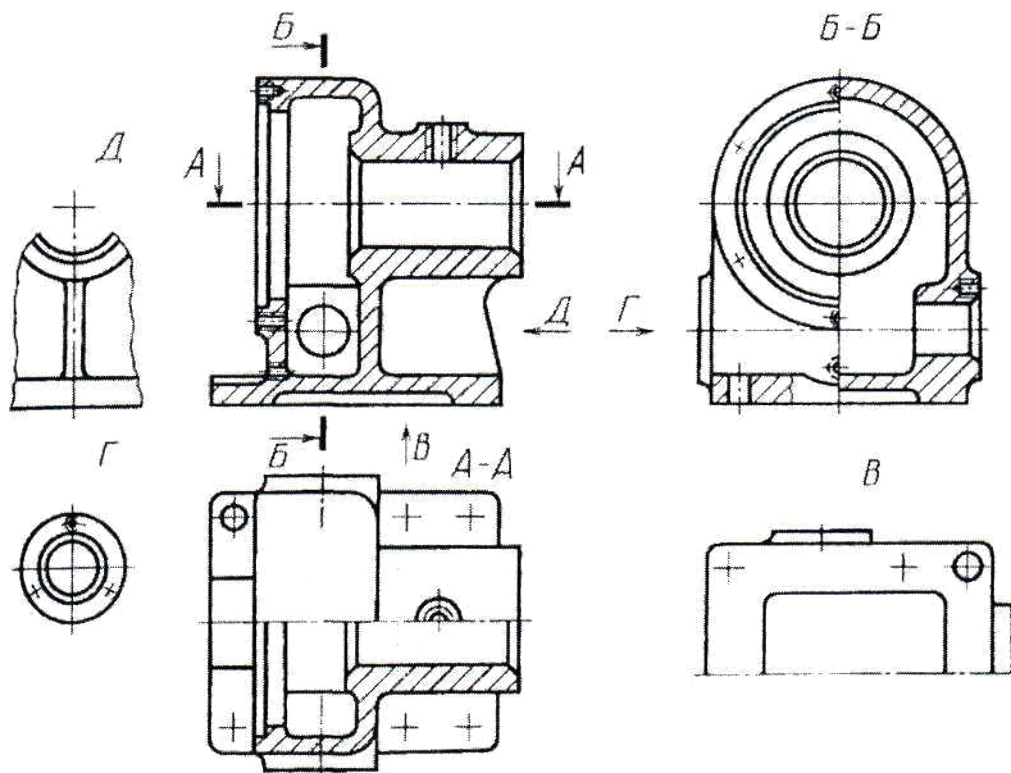
Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере (вид Д черт. 13), или не ограничен (вид Г, черт. 13). Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

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

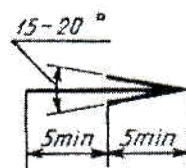
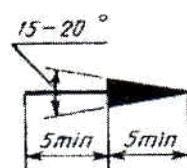


Черт. 12

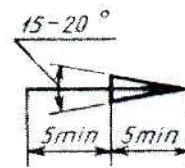




Черт. 13



Черт. 14



## **2.1 Лабораторная работа №2 (2 часа).**

**Тема: «ГОСТ 2.305-68 Изображения-разрезы»**

### **2.1.1 Цель работы:**

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

### **2.1.2 Задачи работы:**

- 1) Выполнить разрезы детали

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

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

### **2.1.4 Описание (ход) работы:**

#### **1. 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

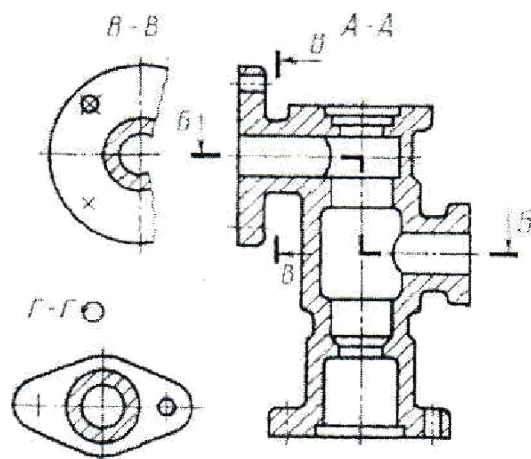
вида, черт. 13; разрезы А-А, В-В, Г-Г, черт. 15);

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

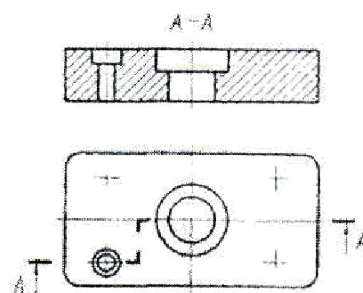
В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на: простые - при одной секущей плоскости (например, черт. 4, 5) сложные - при нескольких секущих плоскостях (например разрез А-А, черт. 8, разрез Б-Б, черт. 15)

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

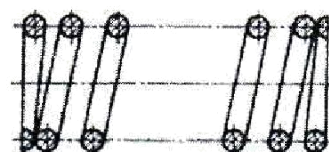
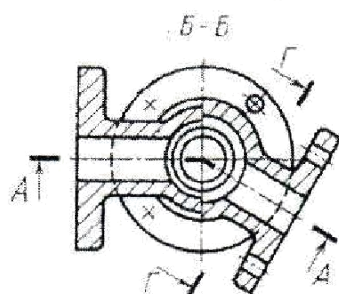
разрез, черт. 5; разрез А-А, черт. 16), и профильным, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (например, разрез Б-Б, черт. 13)



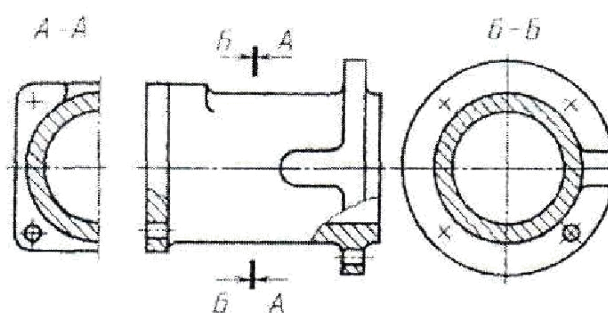
Черт. 15



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).

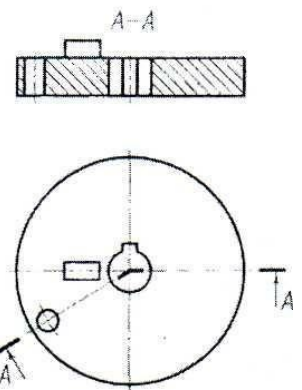
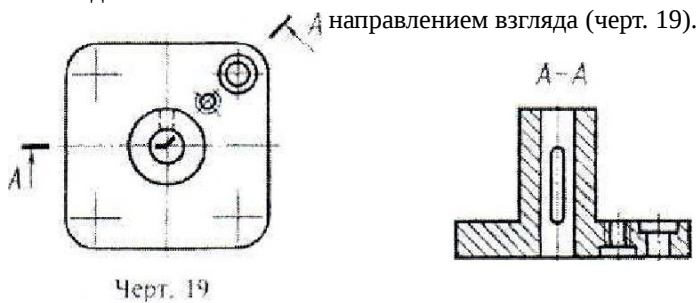
Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (черт. 13).

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)

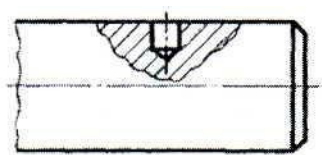


При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может несовпадать с

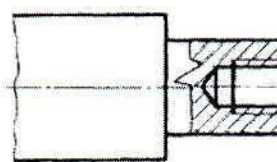


Черт. 20

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



Черт. 21



Черт. 22

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

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

Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией или сплошной тонкой линией с

изломом (черт. 23,

24, 25).

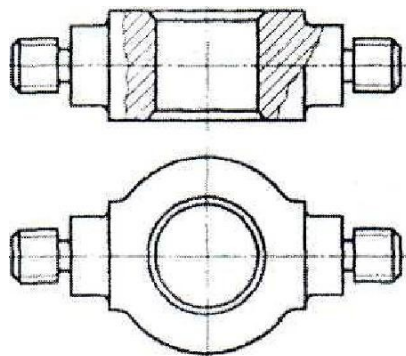
Если при этом соединяются половина вида и

половина разреза,

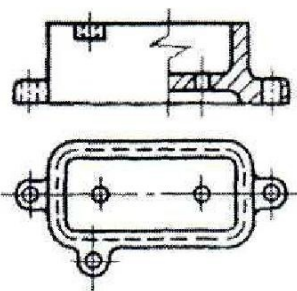
каждый

из которых является симметрично фигурой,

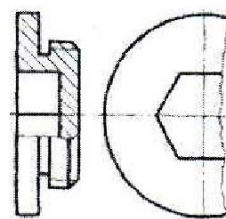
то разделяющей линией служит ось симметрии (черт. 26). Допускается также разделение разреза и вида штрихпунктирной тонкой линией (черт. 27), совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет собой тело вращения.



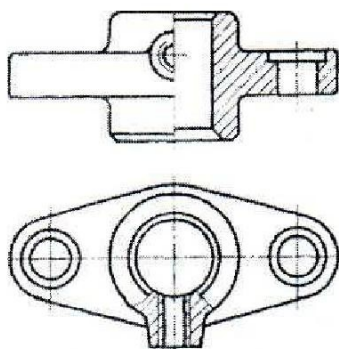
Черт. 23



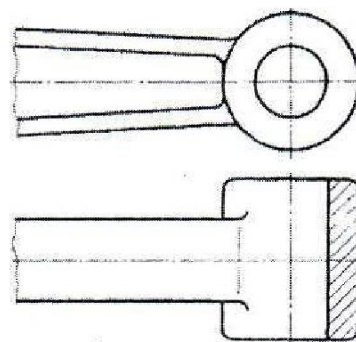
Черт. 24



Черт. 25



Черт. 26



Черт. 27

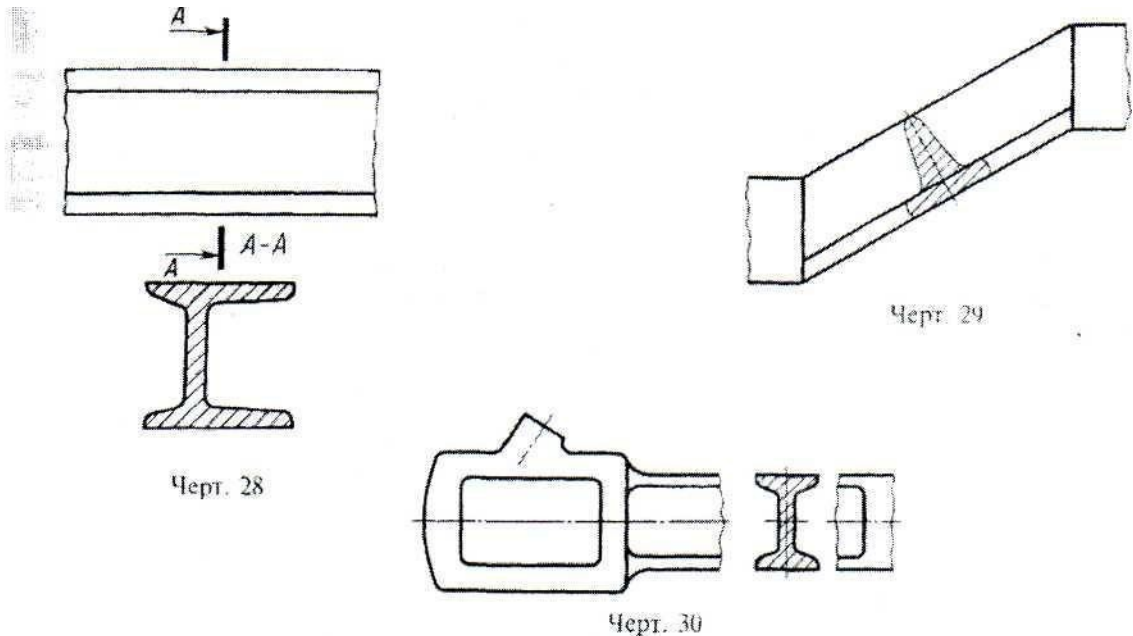
Допускается соединять четверть вида и четверти трех разрезов: четверть вида, четверть одного разреза и половину другого и т. п. при условии, что каждое из этих изображений в отдельности симметрично.

## 2. 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).

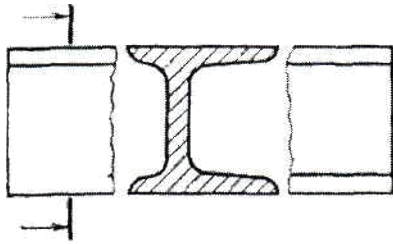
Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения (черт. 6, 29) указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

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.

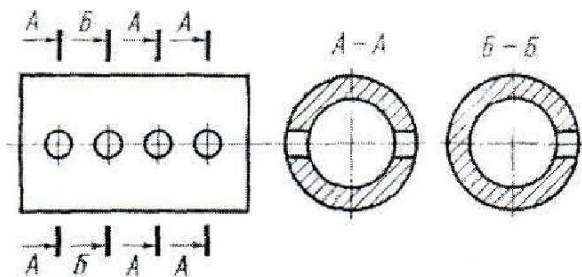
Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (черт. 28). Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением условного графического обозначения.

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

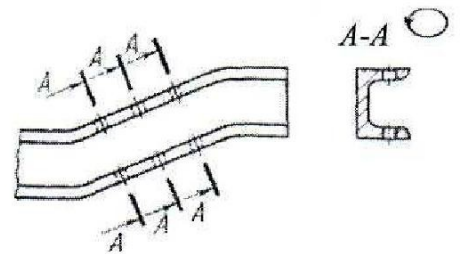
Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами (черт. 35), то условное графическое обозначение не наносят.

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

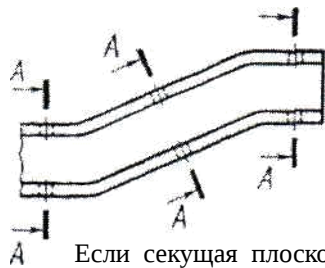
Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (черт. 36).



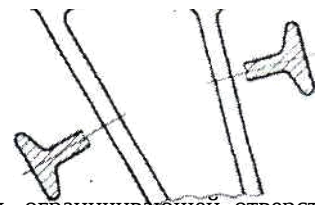
Черт. 33



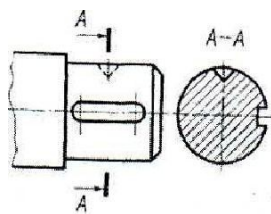
Черт. 34



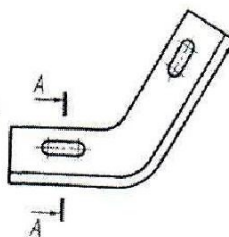
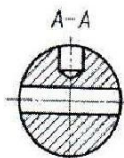
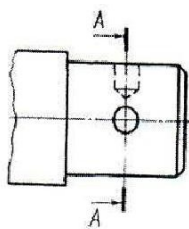
Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (черт. 37).



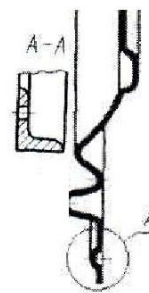
Если сечение получается состоящим из отдельных самостоятельных частей, то следует применять разрезы (черт. 38).



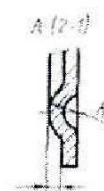
Черт. 37



Черт. 38



Черт. 39



## 2.1 Лабораторная работа №3 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции»

2.1.1 Цель работы: - освоить основные понятия аксонометрического проецирования;

2.1.2 Задачи работы:

1. Познакомиться с ГОСТ 2.317-69;
2. Изучить диметрическую проекцию детали
3. Изучить изометрическую проекцию детали

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.1.4 Описание (ход) работы:

1.1. Изометрическая проекция

1.1.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 1.

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

Изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют



без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , т. е. приняв коэффициент искажения равным 1.

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

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

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

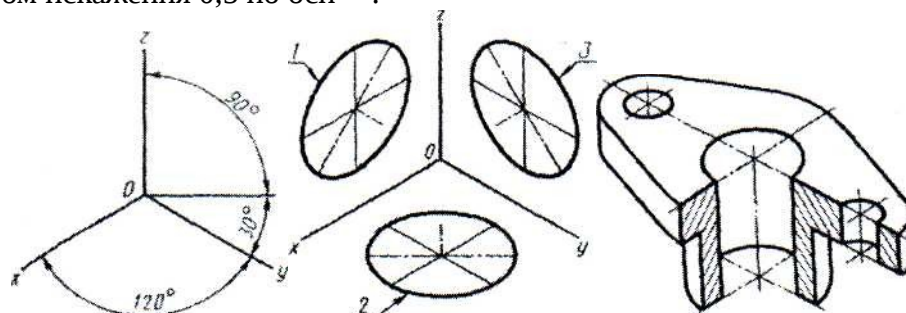
1.1.4. Пример изометрической проекции детали приведен на черт. 3.

1.2. Диметрическая проекция

1.2.1. Положение аксонометрических осей приведено на черт. 4.

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

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





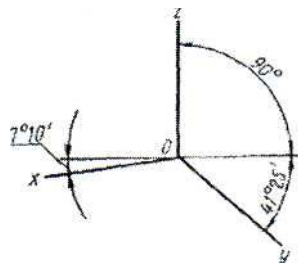
- 1 - эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $y$ );
- 2 - эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $z$ );
- 3 — эллипс (большая ось расположена под углом  $90^\circ$  к оси  $x$ ).

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

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

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

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



Ч

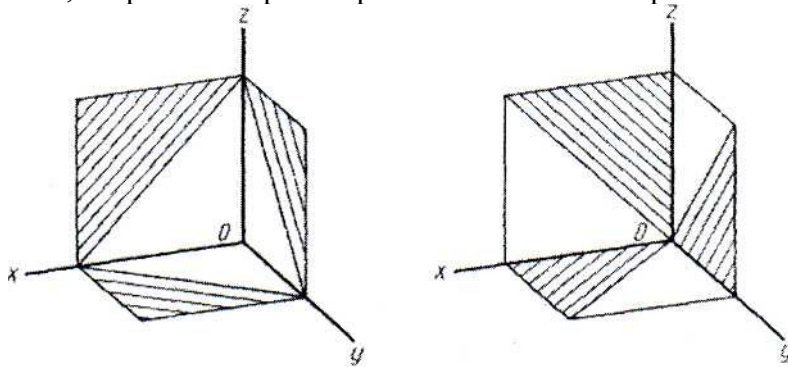
Черт. 5

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

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

### 3. Условности и нанесение размеров

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

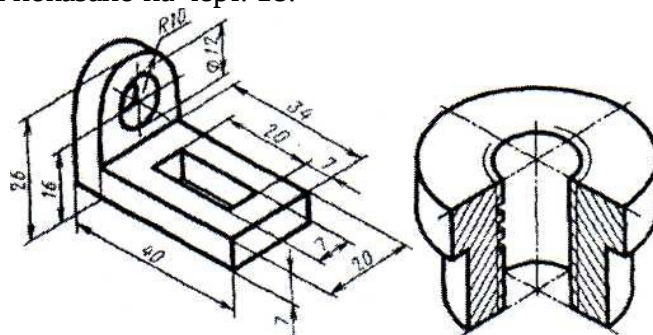


Черт. 16

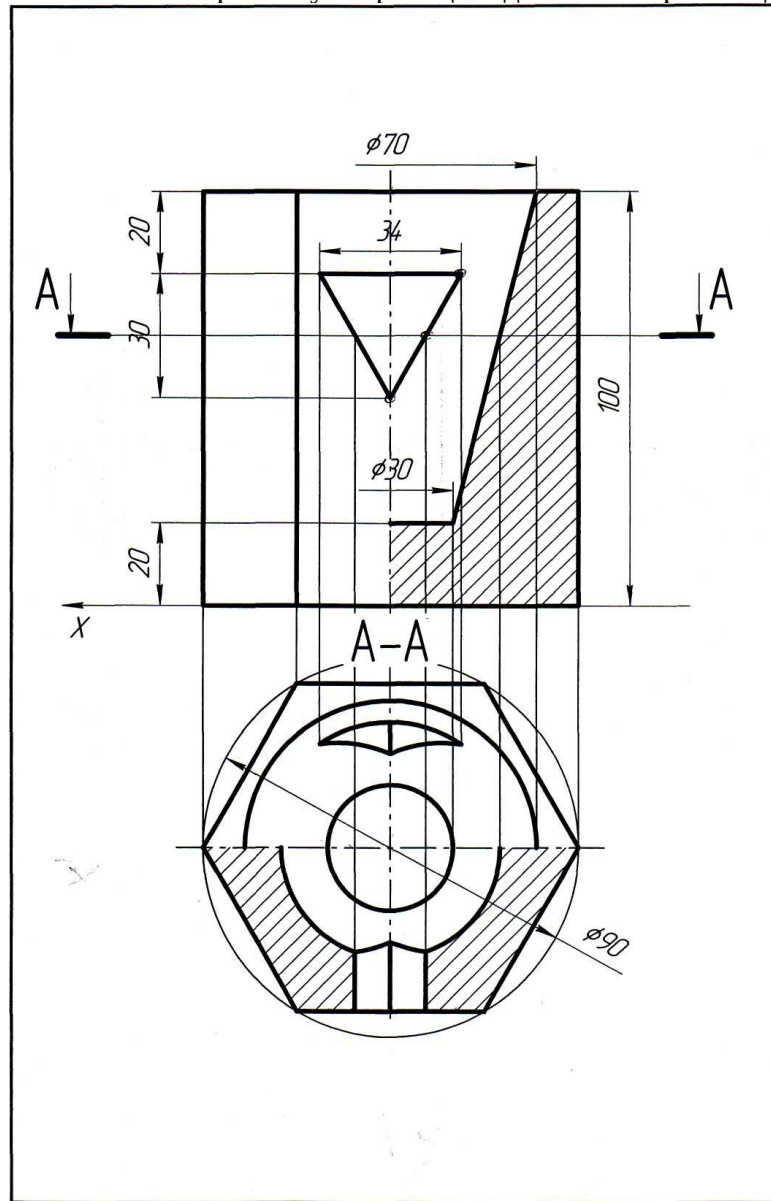
3.2. При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии - параллельно измеряемому отрезку (черт. 17).

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

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



Выполнить изометрическую проекцию детали с вырезом одной четверти.



## 2.1 Лабораторная работа №4 (2 часа).

Тема: «Сопряжения, лекальные кривые»

### 2.1.1 Цель работы:

- научиться выполнять сопряжения, лекальные кривые

### 2.1.2 Задачи работы:

1. Выполнить сопряжения

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

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

## 2.1.4 Описание (ход) работы:

### 1. Сопряжения

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

В общем случае существует три основных типа построения сопряжений:

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

#### Сопряжение двух прямых линий

Для построения сопряжения двух пересекающихся прямых  $l_1$  и  $l_2$  необходимо на расстоянии заданного радиуса  $R$  провести две вспомогательные прямые, соответственно параллельные заданным  $l_1$  и  $l_2$  (рис. 1). Точка пересечения этих прямых является центром  $O$  радиуса сопряжения  $R$ . Из полученного центра опускаем перпендикуляры на заданные прямые - получаем точки сопряжений  $A$  и  $B$ . Из центра  $O$  величиной заданного радиуса  $R$  проводим дугу пределах между найденными точками  $A$  и  $B$ .

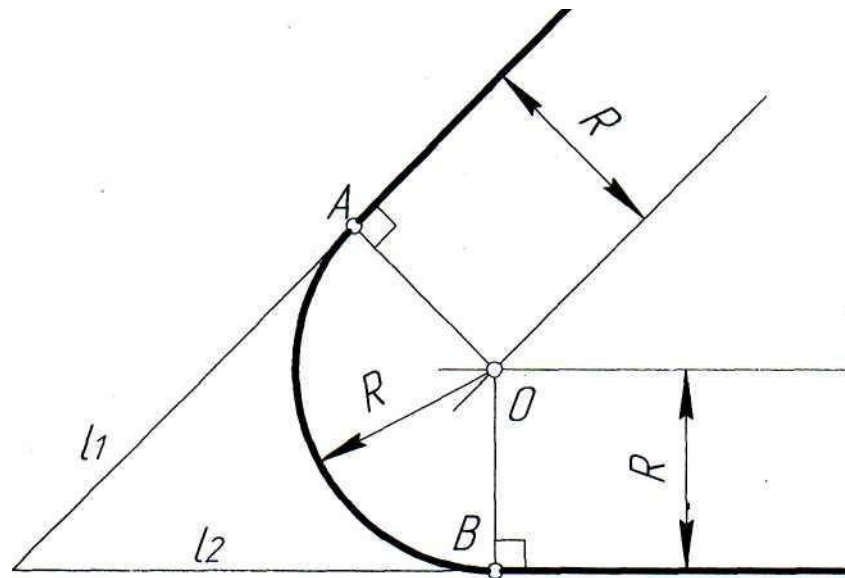




Рис.1 Сопряжение прямой линии с окружностью

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

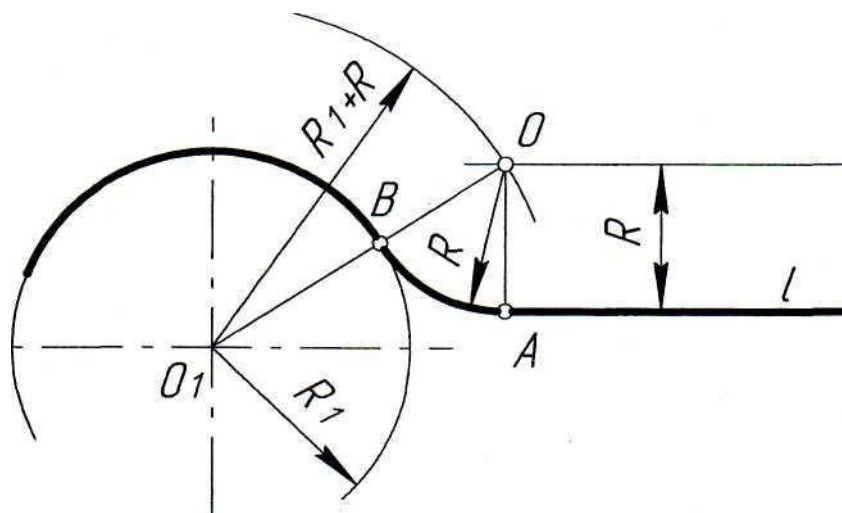


Рис.2 Сопряжение двух окружностей

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

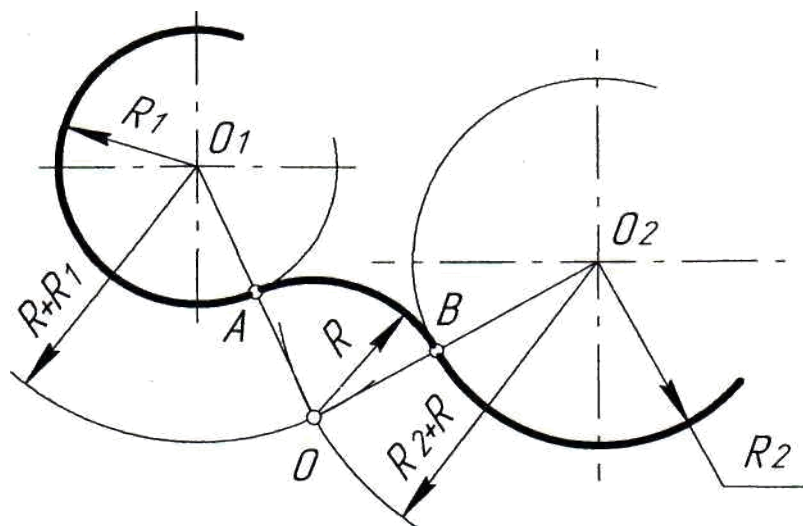


Рис.3

**Указание:** на формате листа А4, в масштабе 1:1 выполните чертеж - по заданию, проставьте размеры, укажите точки сопряжения (как они получены) и центры сопряжений. Образец выполнения задания представлен на рис.4.

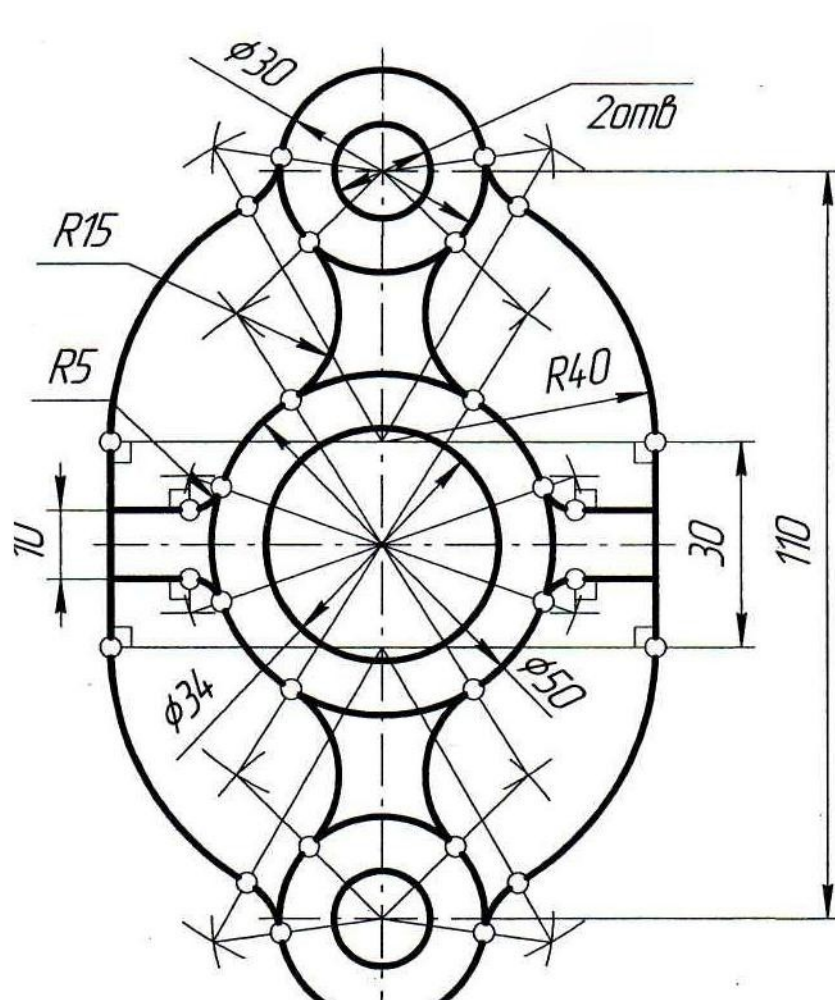
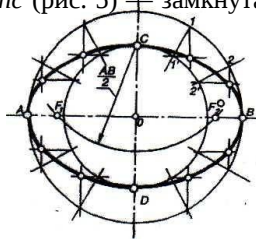


Рис.4

## 2. Лекальные кривые.

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



фокусы (точки  $F$ , и  $Fj$ ).

Рис. 5

*Построение эллипса по двум его осям.* На заданных осях эллипса (большой  $AB$  и малой  $CD$ ) строят как на диаметрах две концентрические окружности. Одну из них делят на 8 ... 12 равных или неравных частей и через точку деления и центр  $O$  проводят радиусы до их пересечения с большой окружностью. Через точки 1, 2 ... деления большой окружности проводят прямые, параллельные малой оси  $CD$ , а через точки 1, 2 ... деления малой окружности — прямые, параллельные большой оси  $AB$ . Точки пересечения соответствующих прямых принадлежат искомому эллипсу. Полученную совокупность точек, включая точки на большой и малой осях, последовательно соединяют от руки плавной кривой, которую затем обводят по лекалу. Есть и другие способы построения эллипса.

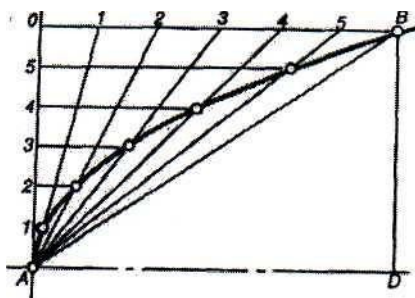


Рис.6

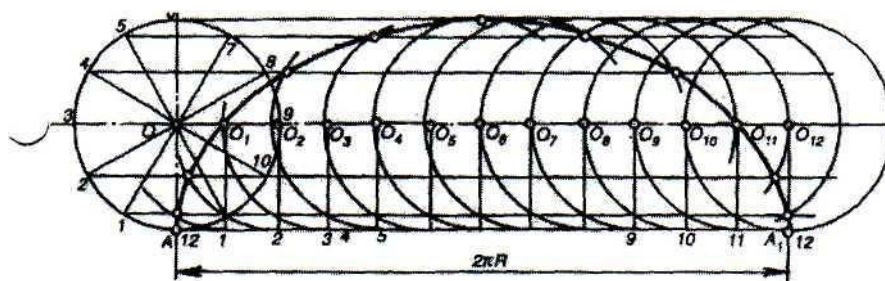
*Парабола* (рис. 6) — плоская кривая, каждая точка которой расположена на одинаковом расстоянии от заданной прямой (директрисы) и точки (фокуса), расположенной в той же плоскости.

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

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

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

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



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

Рис. 7

направляющую  
прямую, ограничив ее длину отрезком  $AA_1$ , равным длине заданной окружности ( $2\pi R$ ). Делят отрезок  $AA_1$  и окружность на одинаковое число равных частей ( $n = 12$ ). Через точки деления окружности 1, 2, ... проводят ряд параллельно направляющей прямой  $AA_1$ . Через точки деления прямой — перпендикуляры, которые при пересечении с осевой линией, продолженной из центра начальной окружности, обозначают ряд последовательно расположенных центров  $O_1, O_2, \dots$  перекатываемой окружности. Описывая из этих центров дуги радиусом  $R$ , последовательно отмечают точки их пересечения с соответствующими прямыми, параллельными  $AA_1$ , как точки, принадлежащие циклоиде.

Синусоиду (рис. 8) строят по заданному диаметру начальной окружности. Выбирают начало координат, совпадающим с точкой  $A$  на окружности заданного радиуса  $R$ , и на продолжении оси  $OA$  откладывают отрезок  $AA_1$ ,  $-2\pi R$  (равный длине окружности). Делят окружность и отрезок  $AA_1$  на одинаковое число равных частей и пронумеровывают точки деления. Через точки деления окружности проводят ряд прямых, параллельных  $AA_1$ ; ю

точек деления прямой  $AA_1$  — ряд прямых, перпендикулярных  $AA_1$ . На пересечении этих вспомогательных прямых, имеющих одноименные номера, отмечают точки синусоиды.

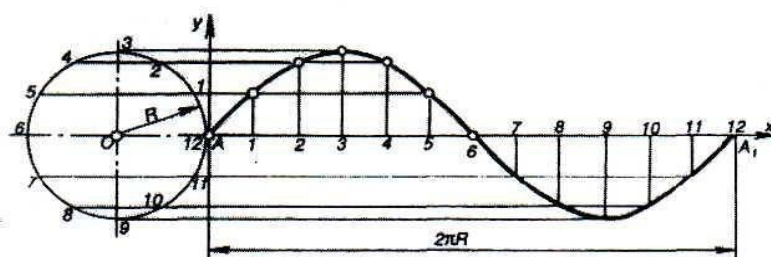


Рис.8

Вид синусоиды имеют многие кривые, изображающие гармонические колебательные процессы или являющиеся проекциями винтовых линий. Для их построения выполнение условия  $AA_1 = -2\pi R$  не является обязательным, но принцип деления исходной окружности и прямой  $AA_1$  сохраняют.

траектория,  
точкой

описываемая

карткой

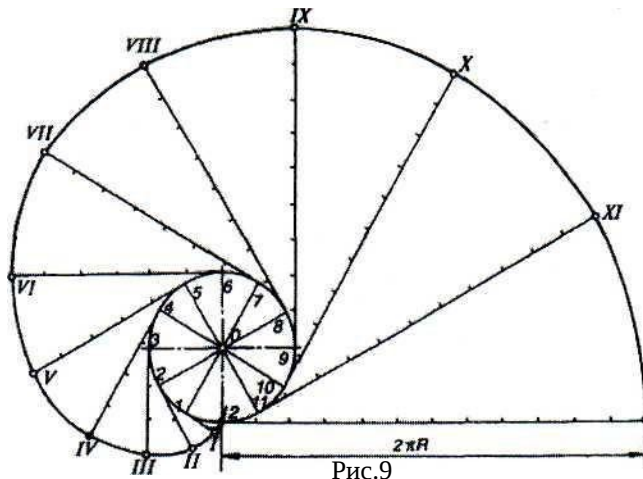


Рис.9

перекатываемой по окружности

без скольжения (развертка круга). В

технике по

эвольвенте

выполняют

профиль зубьев зубчатых колес. Для

построения

эвольвенты

исходную

окружность с центром O делят на произ

вольное число равных частей ( $n =$

12). В точках

деления 1,2,... 12 проводят касательные к окружности,

направленные в одну сторону. Касательную, проведенную из последней точки деления, ограничивают отрезком, равным длине окружности ( $2\pi R$ ), и делят этот отрезок на то же число равных частей. Последовательно отмечая на всех касательных точки, соответствующие определенному числу делений длины окружности: на первой - одному делению, на второй — двумя и т. д., — соединяют их плавной кривой линией.

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



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

Выше

рассмотрены

различные

случаи

Рис. 10

сопряжения прямых: двух прямых, прямой с дугой и

двух дуг. Рассмотрим сопряжение прямой с некоторыми лекальными кривыми.

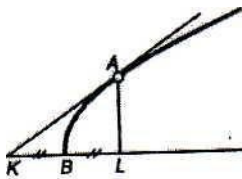


Рис. 12

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

## 2.1 Лабораторная работа №5 (2 часа).

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

#### 2.1.1 Цель работы: - познакомиться с содержанием ГОСТ 2.311-68;

- научиться выполнять резьбу детали.

#### 2.1.2 Задачи работы:

1) Выполнить резьбу детали

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

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

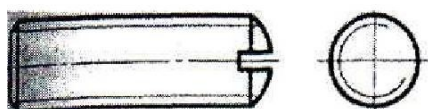
#### 2.1.4 Описание (ход) работы:

##### 1. Общие сведения.

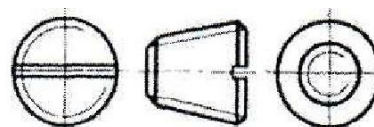
Резьбу изображают:

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

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



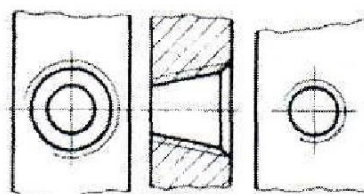
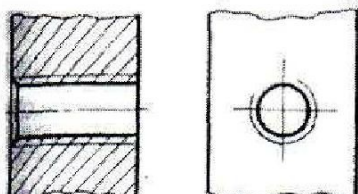
Черт.  
1



Черт.  
2

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

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



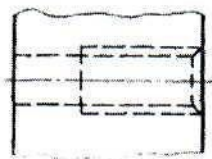
Черт.3

Черт.4



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

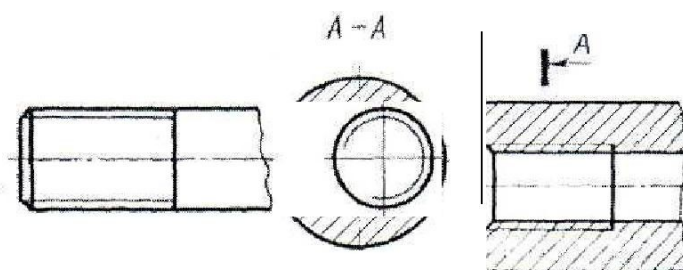
Резьбу, показываемую как невидимую, изображают штриховыми



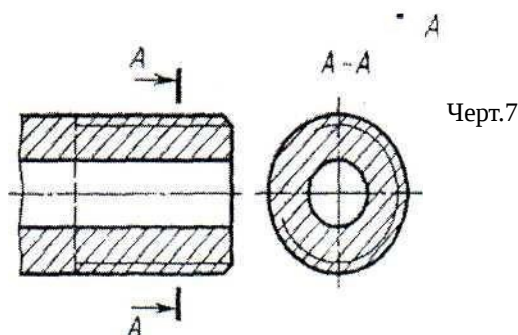
Черт. 5

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).



Черт. 6



Черт. 7

Черт. 8

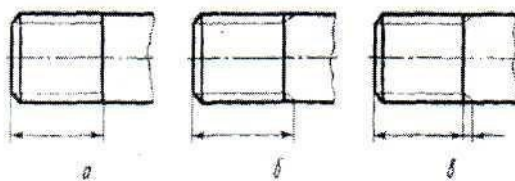
Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержнях и до линии внутреннего диаметра в отверстиях, т.е. в обоих случаях до сплошной основной линии (см. черт. 3, 4, 7, 8).

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

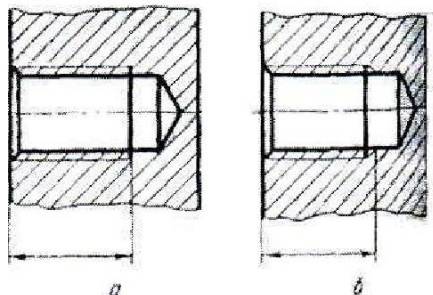
Размер длины резьбы (со сбегом) указывают, как показано на черт. 9б и 10б.

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.

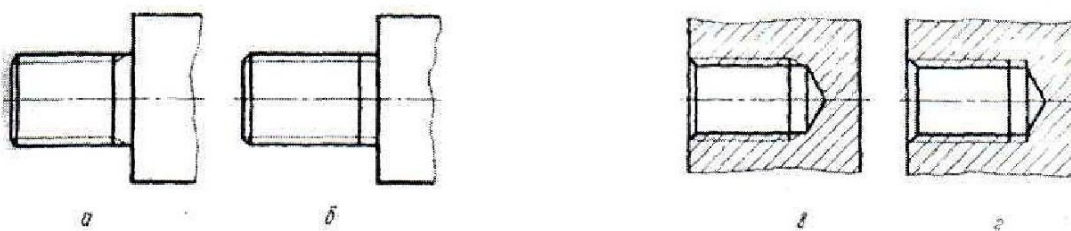


Черт. 9



Черт. 10

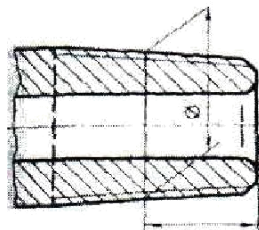
Недорез резьбы, выполненной до упора, изображают, как показано на черт. 11а и в. Допускается изображать недорез резьбы, как показано на черт. 11б и г.



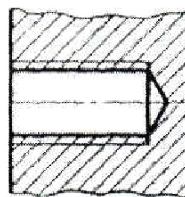
Черт. 11

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.



Черт 13 12

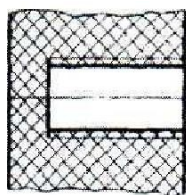


Черт.



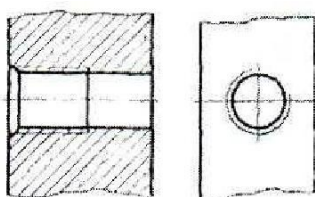
Черт 14

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).



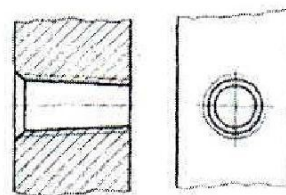
Черт.

15



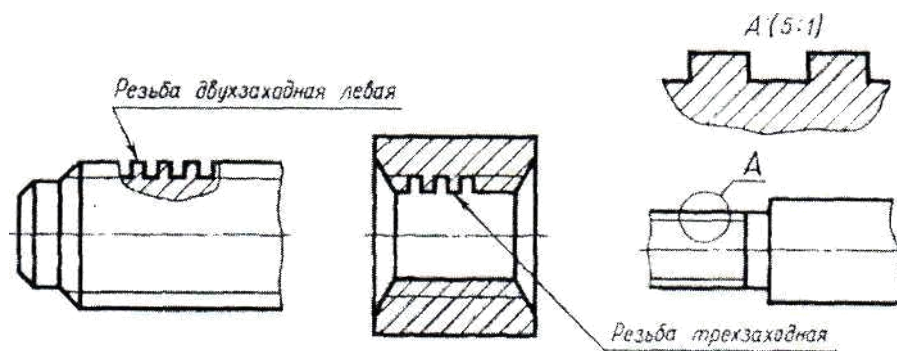
Черт.

16



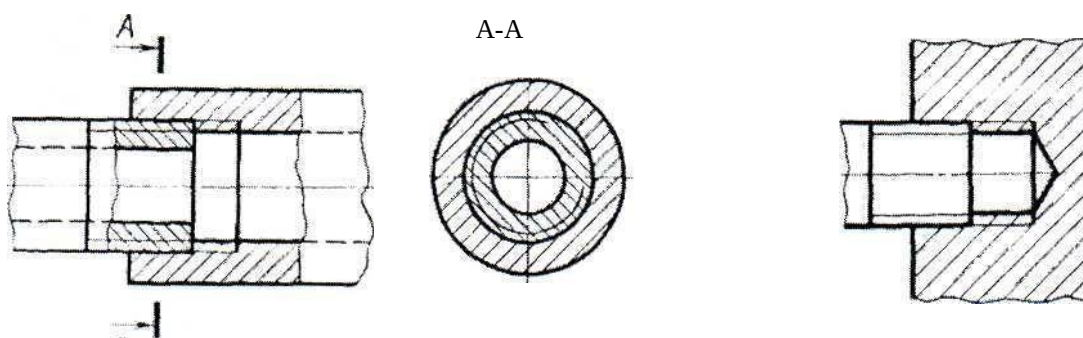
Черт.

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



Черт. 1%

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).



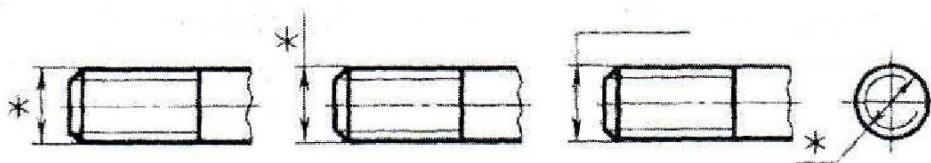
A

Черт.2

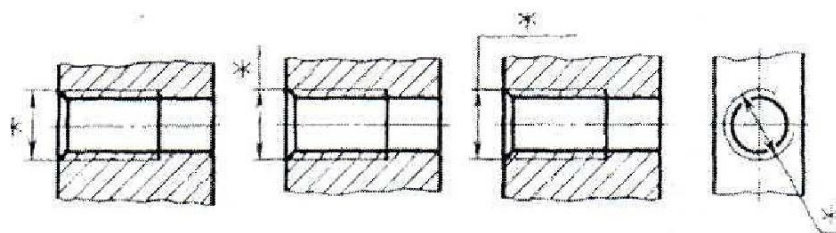
0

Черт. 19

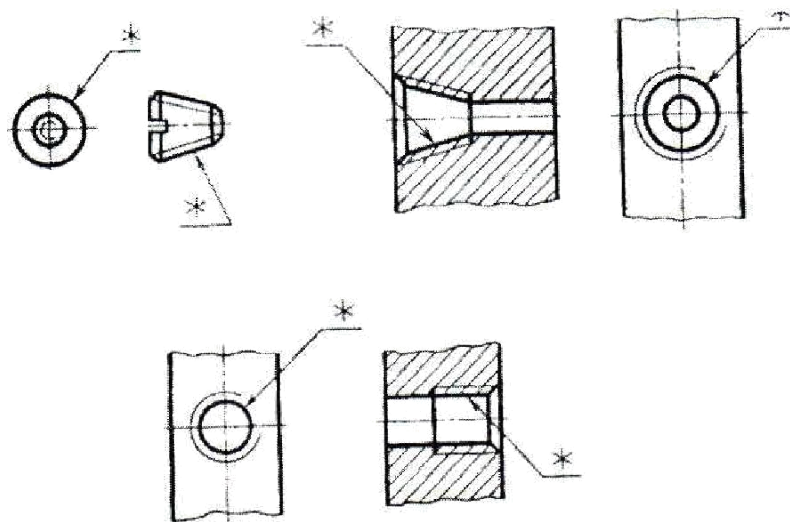
Обозначения резьб указывают по соответствующим стандартам на размеры и предельные отклонения резьб и относят их для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, к наружному диаметру, как показано на черт. 21, 22.



Черт. 21



Черт. 22



Черт. 23

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

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

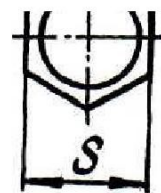
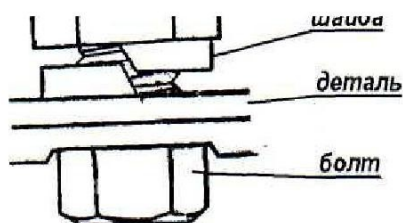
Стандартные крепежные детали можно разделить на две группы:

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

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

## 2. Болтовое соединение.

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



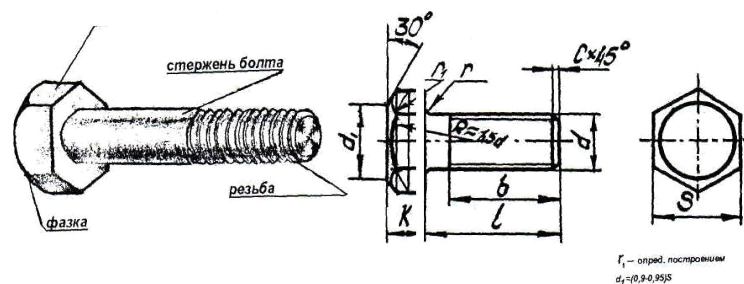


Рис.1

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

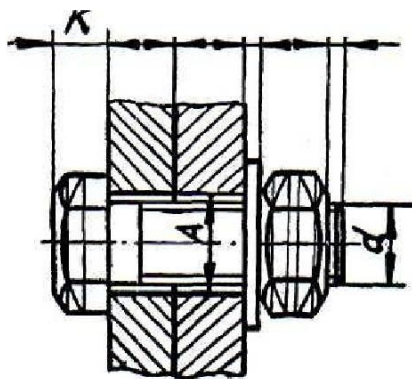


Рис.2

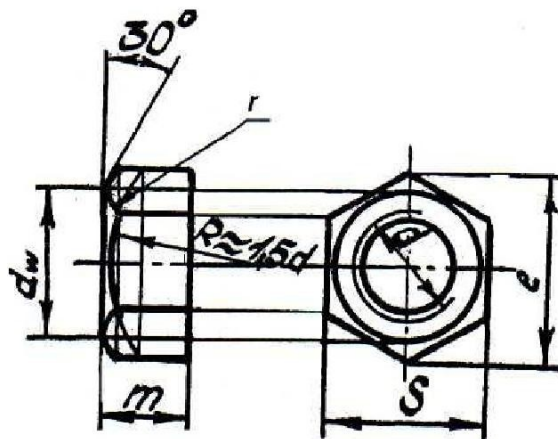
Каждому диаметру, болта  $d$  соответствуют определенные размеры его головки. При одном и том же диаметре резьбы болта  $d$  болт может изготавливаться различной длины  $L$ , которая стандартизована. Длина резьбовой части болта  $L$  также стандартизована и устанавливается в зависимости от его диаметра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

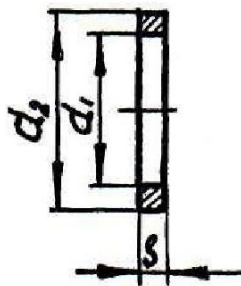


*r-опред. построением*

Рис.3

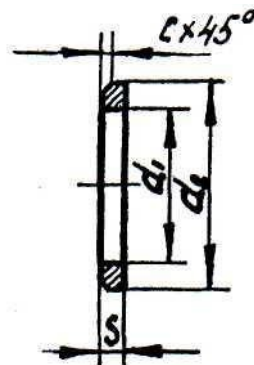
Шайбы применяются при следующих условиях:

- а) если отверстие под болты или шпильку некруглое (овальное, прямоугольное), когда мала опорная поверхность у гаек;
- б) если необходимо предохранить опорную поверхность детали от задиров 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).



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

Исполнение 1



Исполнение 2

Рис. 4

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



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

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

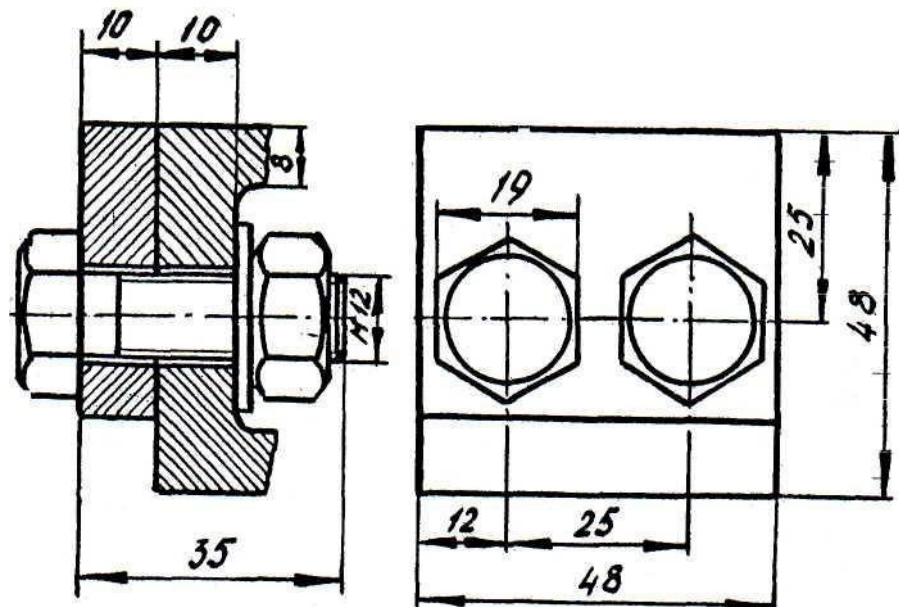


Рис. 6.

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

### 3. Шпильчное соединение.

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 величине:

$l_1=d$  - для стальных, бронзовых и латунных деталей (ГОСТ 22032-76, 22033-78);  $l_1=1,25d$  - для чугуновых 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  $l_2$  называется просто резьбовым

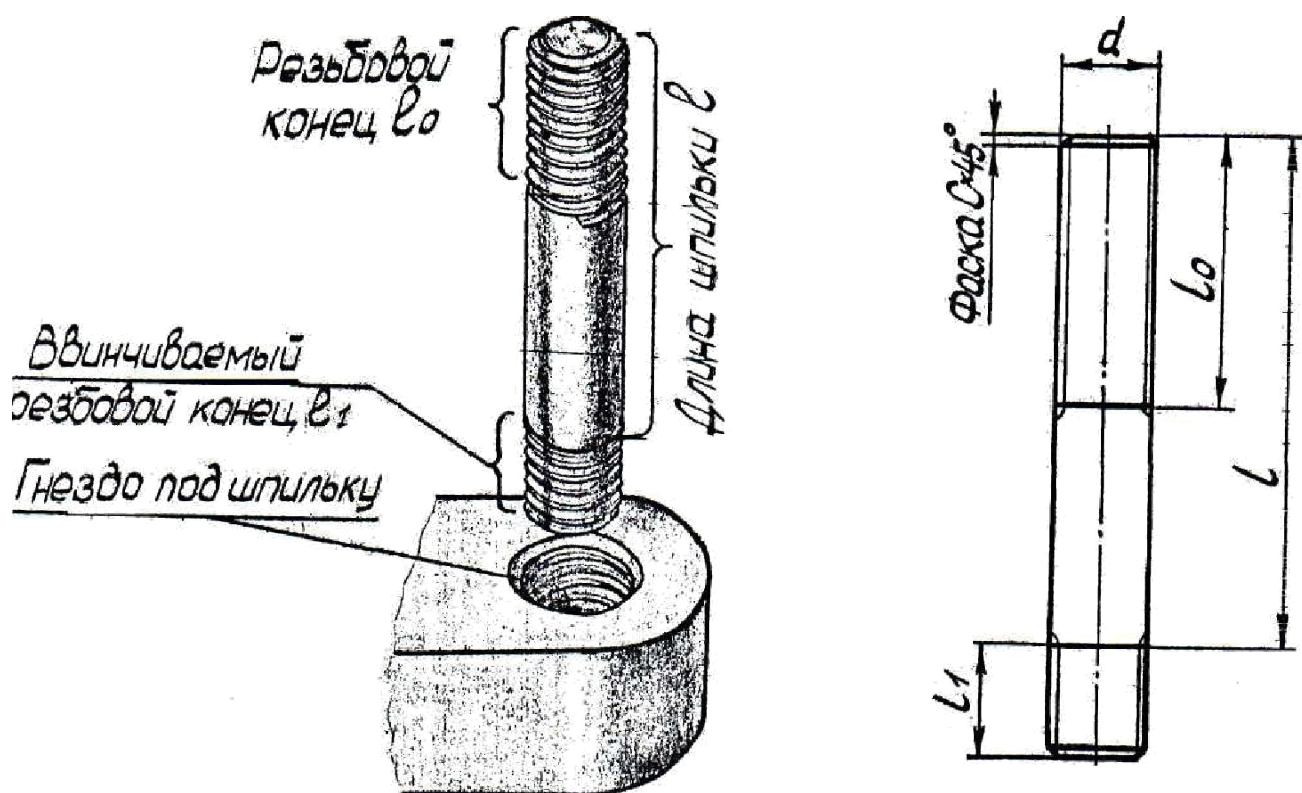
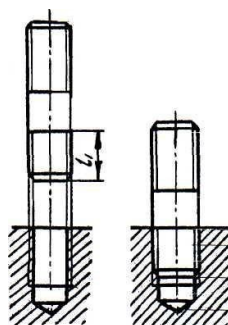


Рис. 7

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  $d_{19}$  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 шпильчного соединения следующие: Вначале сверлят отверстие диаметром  $d_j$ . На учебных чертежах принимается равным  $0,85 d$  на глубину  $l_2 - l_j + 6P$  ( $P$  - шаг резьбы). Отверстие заканчивается с конической поверхностью с углом конуса  $120^\circ$ .



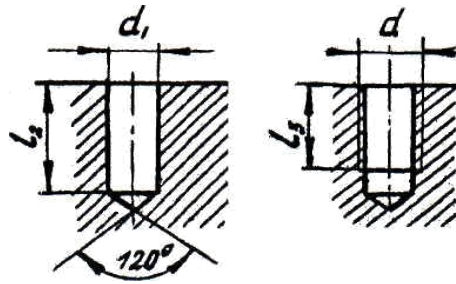


Рис. 8

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

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

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

Шаг резьбы  $P = 1,75$  мм

Диаметр стержня  $d_j = 12$  мм.

Прежде чем определить расчетную длину шпильки, необходимо выбрать для данного соединения соответствующие гайку и шайбу. Гайка выбирается, так же, как и в болтовом соединении по ГОСТ 5915-70. Основные ее размеры находим в таблице, Для гайки М12 исполнения I: Размер "под ключ"  $S=19$ 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  $n=0,25...0,3*$ , т.е. для М12  $n=2 \cdot 0,25=3$ мм,  
 $p_{всч}=19+2,5+10+3=34,5$ 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.

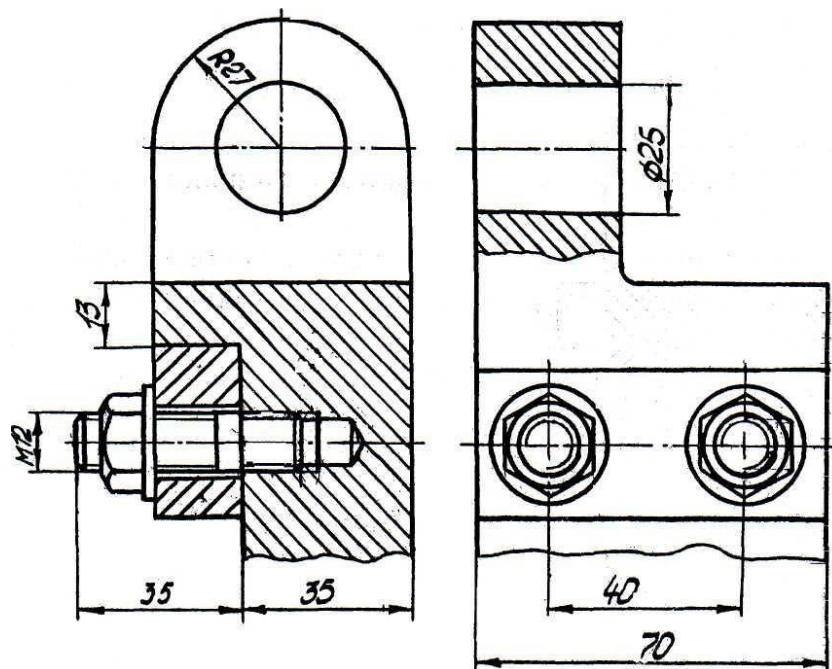


Рис.10

#### 4. Винтовое соединение.

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

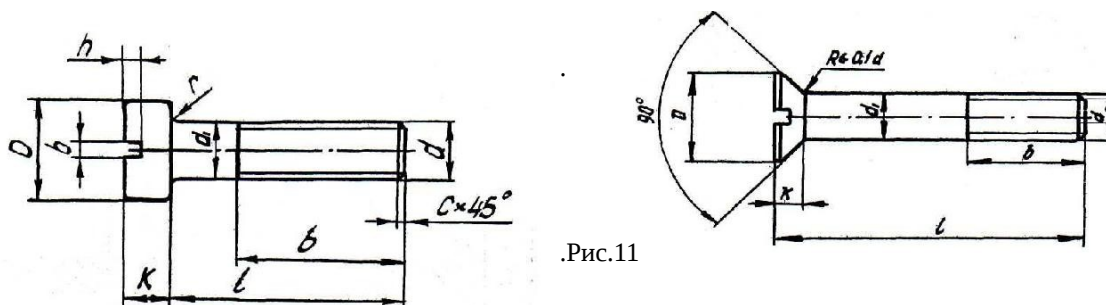
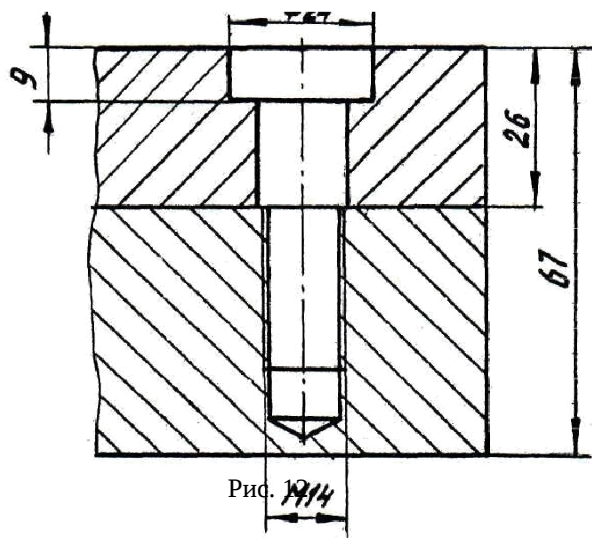


Рис.11

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



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

2. Определить глубину сверленного и нарезанного отверстия. По ГОСТ 1491-80. Выбираем винт М14 исполнения 2. Основные параметры винта: Шаг резьбы  $P = 2$  мм Диаметр стержня  $d = 14$  мм Диаметр головки  $D = 21$  мм Высота, головки  $h = 8$  мм Размеры шлица выбираем из табл. 27.6. Ширина шлица  $b = 3$  мм Глубина шлица 4 мм. Размерная цепь, определяющая длину винта (стержня) будет состоять из следующих звеньев: длина заворачиваемой части винта + толщина верхней детали без глубины зенкованного отверстия. Винт ввертывается в резьбовое отверстие на величину равную  $1,5 \dots 1d$ , значит, в нашем случае, винт ввернется в деталь на величину от 21 до 28 мм. Примем меньшее значение, т.е. 21 мм. Толщина верхней детали без глубины зенковки будет равна  $26 - 9 = 17$  мм, т.е. расчетная длина винта  $l_{расч.} = 21 + 17 = 38$  мм. Длина для крепежных винтов выбирается из ряда, мм: 2;

(2,5); 3; 3,5; 4; 5; 6; (7); 8; 9; 9; 10; 11; 12; (13); 14; 16; (18); 20; (22); 25; (28); 30; (32); 35; (38); 40; (42); 45; (48); 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; (85); 90; (95); 100; 110; 120 Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется. Округлив полученное значение до ближайшего стандартного, принимаем 40 мм. Определяем длину нарезанной части стержня 34 мм. При выбранной стандартной длине винта должен быть ввернут в деталь с резьбовым отверстием на глубину  $40 - 17 = 23$  мм. Значит, глубина сверленного отверстия будет, как и в шпильчатом соединении, равна  $23 + 6P =$  т.е.  $23 + 6 \cdot 2 = 35$  мм, глубина нарезанного отверстия:  $23 + 2P =$  т.е.  $23 + 2 \cdot 2 = 27$  мм.

## 2.1 Лабораторная работа №6 (2 часа).

**Тема: «Болтовые соединения»**

### 2.1.1 Цель работы:

- научиться выполнять болтовое соединение детали

### 2.1.2 Задачи работы:

1) Выполнить болтовое соединение детали

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

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

### 2.1.4 Описание (ход) работы:

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



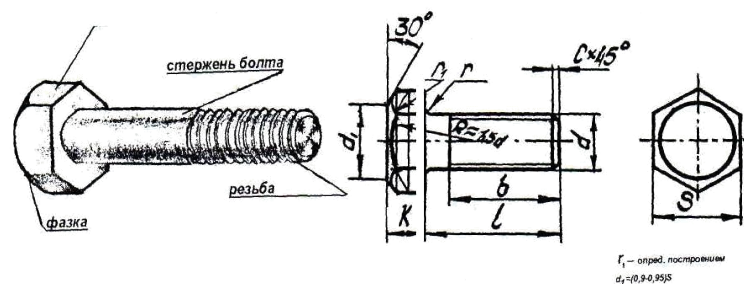


Рис.1

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

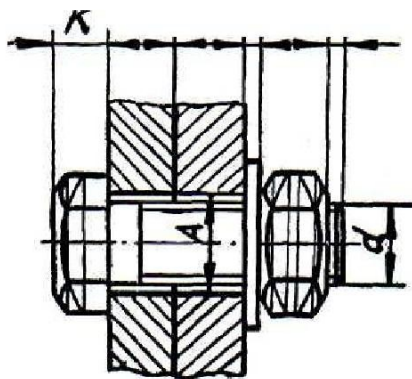


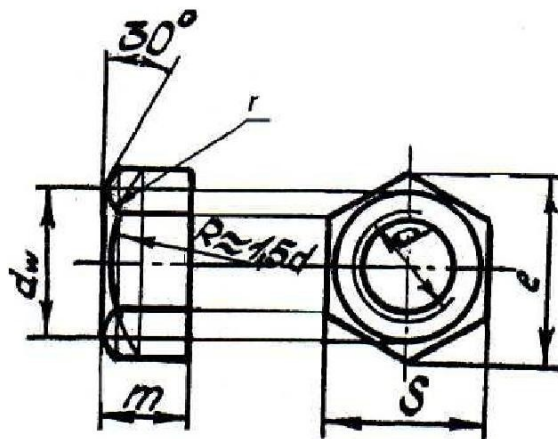
Рис.2

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

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

Гайки навинчивают на резьбовой конец болта или шпильки. При завинчивании гайки соединяемые детали зажимаются между гайкой и головкой болта. По форме гайки могут быть шестигранными, квадратными и круглыми. Гайки изготавливаются нормальной, повышенной и грубой точности. Наиболее употребительны шестигранные гайки нормальной точности по ГОСТ 5915-70 в двух исполнениях: с двумя

и одной наружными фасками. Чертеж гайки выполняется по размерам, взятым из соответствующего ГОСТа. Изображение шестигранной гайки отроится, как и головка болта (рис. 3).

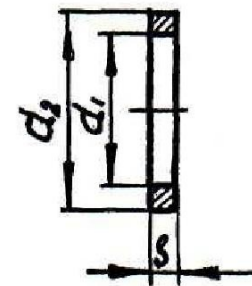


*r-опред. построением*

Рис.3

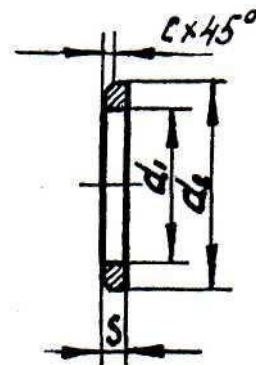
Шайбы применяются при следующих условиях:

- а) если отверстие под болты или шпильку некруглое (овальное, прямоугольное), когда мала опорная поверхность у гаек;
- б) если необходимо предохранить опорную поверхность детали от задиров 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).



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

Исполнение 1



Исполнение 2

Рис. 4

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



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

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

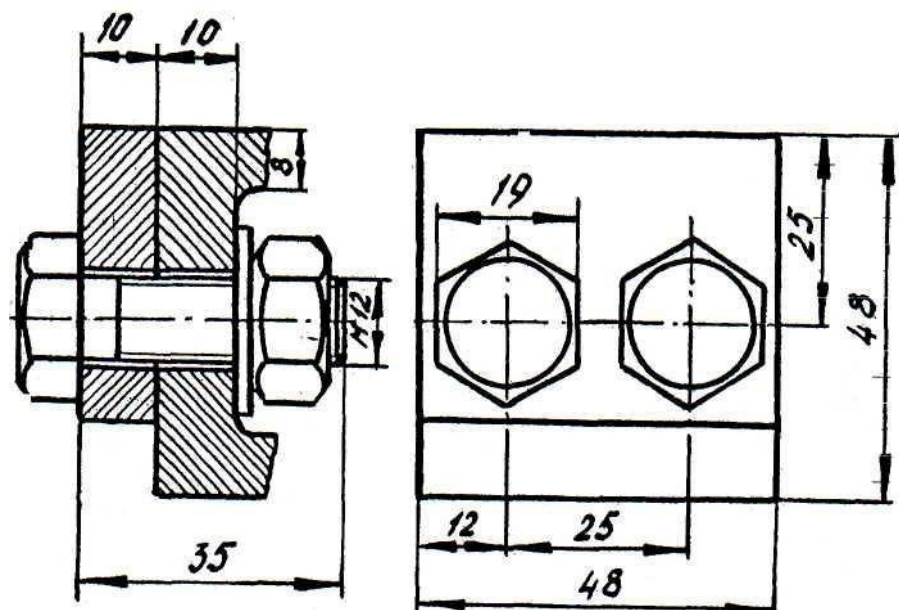


Рис. 6.

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

## 2.1 Лабораторная работа №7-8 (4 часа).

### Тема: «Конструкторская документация»

#### 2.31.1 Цель работы:

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

#### 2.31.2 Задачи работы:

- 1) Выполнить эскиз детали.

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

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

#### 2.31.4 Описание (ход) работы:

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

К проектной конструкторской документации относятся:

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

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

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

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

Проектная конструкторская документация является основой для разработки рабочей конструкторской документации.

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

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

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

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

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

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

Обычно технический рисунок детали выполняется в изометрической проекции.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

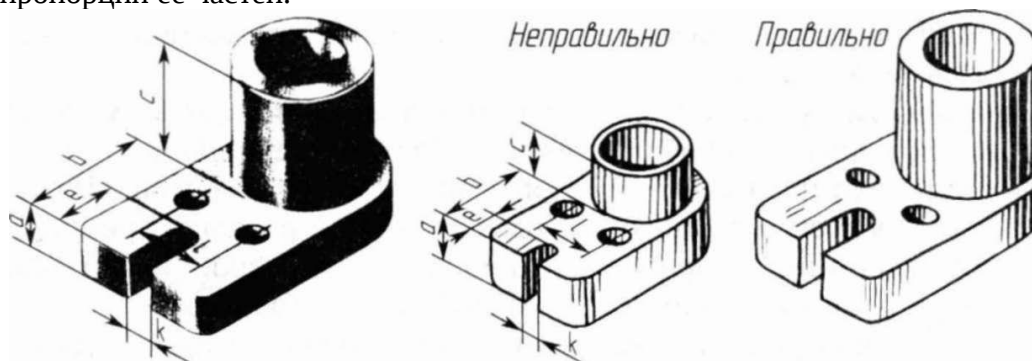


Рисунок 1

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

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

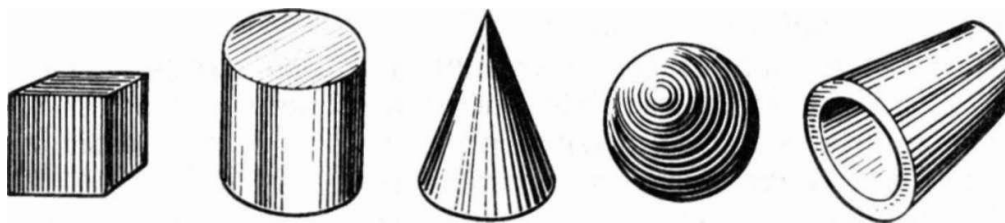


Рисунок 2

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

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

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

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

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

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

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

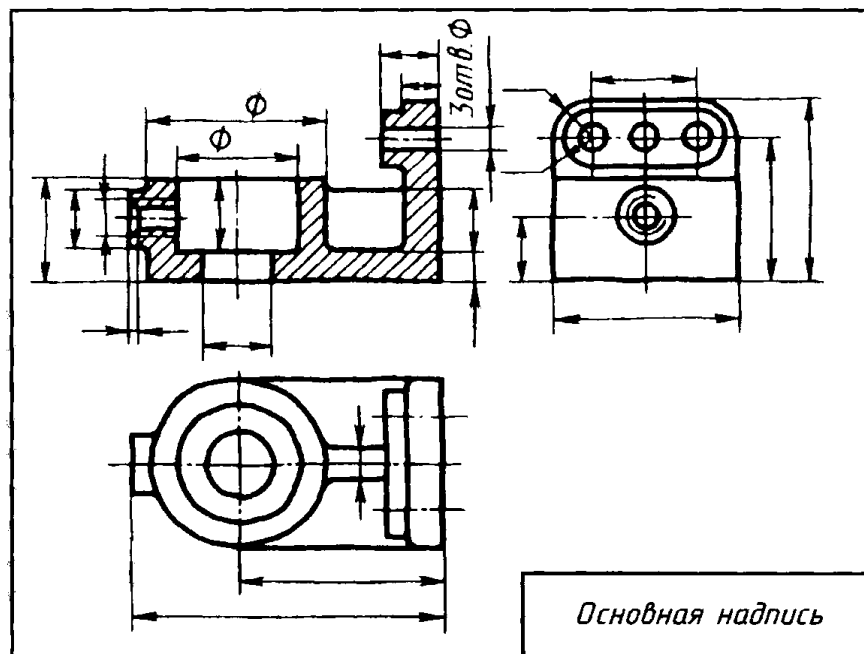


Рисунок 274

### 1 Ознакомление с деталью

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

### 2 Выбор главного вида и других необходимых изображений

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

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

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

### *3 Выбор формата листа*

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

### *4 Подготовка листа*

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

### *5 Компоновка изображений на листе*

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

### *6 Нанесение изображений элементов детали*

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

### *7 Оформление видов, разрезов и сечений*

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

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

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

### *9 Нанесение размерных чисел*

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

### *10 Окончательное оформление эскиза*

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

## **2.1 Лабораторная работа №9 (2 часа).**

### **Тема: «Метод Монжа»**

**2.1.1 Цель работы:** - познакомиться с методом Монжа и его свойствами.

**2.1.2 Задачи работы:**

1. 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:**

**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.

## **2.1 Лабораторная работа №10 (2 часа).**

**Тема: «Проецирование прямой линии»**

### **2.5.1 Цель работы:**

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

### **2.5.2 Задачи работы:**

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

### **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 прямых – сплошная основная;
- осей координат, плоскостей проекций – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{2}$  ;
- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$  .

##### *2) Размер шрифта на чертеже:*

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

##### *3) Обозначения на чертеже:*

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (А, В, С);
- проекций точек на координатных осях – буквами Ах, Ау, Аz и т. д.

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

Варианты заданий:

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

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



## 2.1 Лабораторная работа №11 (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 эпюре Монжа плоскость, заданную тремя точками А, В и С;
- 2) Определить горизонтальный, фронтальный и профильный след плоскости, заданной треугольником.
- 3) Оформить чертеж по всем правилам оформления, предусмотренным ЕСКД (единой системой конструкторской документации).

### 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	А	65	10	20	16	А	70	20	0
	В	10	20	0		В	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

## 2.1 Лабораторная работа №12 (2 часа).

**Тема: «Пересечение плоскостей»**

### 2.1.1 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
3	A	70	60	45	13	A	80	0	40	23	A	75	0	25
	B	40	0	55		B	0	20	70		B	30	50	5
	C	0	45	10		C	30	45	0		C	10	20	60
	D	65	15	0		D	70	55	65		D	60	55	55
4	A	65	20	0	14	A	70	10	20	24	A	80	10	20
	B	40	5	55		B	50	45	50		B	45	70	0
	C	0	50	5		C	0	25	10		C	0	40	45
	D	70	65	55		D	60	55	0		D	10	15	0
5	A	60	60	10	15	A	65	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	15	55		B	10	0	20		B	25	5	5
	C	0	5	25		C	0	60	60		C	0	25	50
	D	10	45	55		D	35	5	70		D	60	10	55
6	A	60	65	20	16	A	70	20	0	26	A	75	25	5
	B	45	20	80		B	45	10	50		B	35	65	55
	C	5	10	10		C	0	10	20		C	0	0	25
	D	70	20	10		D	20	55	50		D	65	0	55
7	A	65	15	0	17	A	70	45	60	27	A	80	40	0
	B	40	0	55		B	40	55	0		B	0	70	20
	C	0	40	20		C	0	10	45		C	30	0	45
	D	55	60	50		D	65	0	15		D	70	65	55
8	A	60	65	30	18	A	65	0	20	28	A	65	10	20
	B	45	10	60		B	40	55	55		B	45	70	40
	C	5	10	20		C	0	5	50		C	10	45	0
	D	75	15	10		D	70	55	65		D	70	65	55
9	A	75	25	0	19	A	60	10	60	29	A	70	0	60
	B	30	5	50		B	45	55	15		B	40	5	20
	C	10	60	20		C	0	25	5		C	0	60	5
	D	60	55	55		D	10	55	45		D	45	50	5
10	A	80	20	10	20	A	60	20	65	30	A	65	60	45
	B	45	0	70		B	45	50	20		B	10	20	0
	C	0	45	40		C	5	10	10		C	0	20	10
	D	10	0	15		D	70	10	20		D	65	15	0

## 2.1 Лабораторная работа №13 (2 часа).

**Тема: «Взаимное положение прямой линии и плоскости»**

### 2.12.1 Цель работы:

- научиться определять взаимное положение прямой и плоскости.

### 2.12.2 Задачи работы:

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

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

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

### 2.12.4 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
3	A	70	60	45	13	A	80	0	40	23	A	75	0	25
	B	40	0	55		B	0	20	70		B	30	50	5
	C	0	45	10		C	30	45	0		C	10	20	60
	D	65	15	0		D	70	55	65		D	60	55	55
4	A	65	20	0	14	A	70	10	20	24	A	80	10	20
	B	40	5	55		B	50	45	50		B	45	70	0
	C	0	50	5		C	0	25	10		C	0	40	45
	D	70	65	55		D	60	55	0		D	10	15	0
5	A	60	60	10	15	A	65	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	15	55		B	10	0	20		B	25	5	5
	C	0	5	25		C	0	60	60		C	0	25	50
	D	10	45	55		D	35	5	70		D	60	10	55
6	A	60	65	20	16	A	70	20	0	26	A	75	25	5
	B	45	20	80		B	45	10	50		B	35	65	55
	C	5	10	10		C	0	10	20		C	0	0	25
	D	70	20	10		D	20	55	50		D	65	0	55
7	A	65	15	0	17	A	70	45	60	27	A	80	40	0
	B	40	0	55		B	40	55	0		B	0	70	20
	C	0	40	20		C	0	10	45		C	30	0	45
	D	55	60	50		D	65	0	15		D	70	65	55
8	A	60	65	30	18	A	65	0	20	28	A	65	10	20
	B	45	10	60		B	40	55	55		B	45	70	40
	C	5	10	20		C	0	5	50		C	10	45	0
	D	75	15	10		D	70	55	65		D	70	65	55
9	A	75	25	0	19	A	60	10	60	29	A	70	0	60
	B	30	5	50		B	45	55	15		B	40	5	20
	C	10	60	20		C	0	25	5		C	0	60	5
	D	60	55	55		D	10	55	45		D	45	50	5
10	A	80	20	10	20	A	60	20	65	30	A	65	60	45
	B	45	0	70		B	45	50	20		B	10	20	0
	C	0	45	40		C	5	10	10		C	0	20	10
	D	10	0	15		D	70	10	20		D	65	15	0

## **2.1 Лабораторная работа №14 (2 часа).**

### **Тема: «Способ замены плоскостей проекций»**

#### **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



## 2.1 Лабораторная работа №15 (2 часа).

Тема: «Компьютерное моделирование»

### 2.36.1 Цель работы:

- познакомиться с геометрическим моделированием и графическими редакторами.

### 2.36.2 Задачи работы:

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

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

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

### 2.36.4 Описание (ход) работы:

#### Геометрическое моделирование и графические редакторы

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

#### Криволинейные системы координат

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

#### Декартовы прямоугольные системы координат

Для задания декартовой прямоугольной системы координат нужно выбрать несколько взаимноперпендикулярных прямых, называемых осями. Точка пересечения осей  $O$  называется началом координат. На каждой оси нужно задать положительное направление и выбрать единицу масштаба. Координаты точки  $P$  считаются положительными или отрицательными в зависимости от того, на какую полуось попадает проекция точки  $P$ . Декартовыми прямоугольными координатами точки  $P$  на *плоскости* называются взятые с определенным знаком расстояния (выраженные в единицах масштаба) этой точки до *двух* взаимно перпендикулярных прямых - осей координат или, что то же, проекции радиус-вектора  $r$  точки  $P$  на *две* взаимно перпендикулярные координатные оси. Когда говорят про двухмерную систему координат, горизонтальную ось называют осью (осью  $Ox$ ), вертикальную

ось - осью (осью Оу). Положительные направления выбирают на оси Ох - вправо, на оси Оу - вверх. Координаты  $x$  и  $y$  называются соответственно абсциссой и ординатой точки. Запись  $P(a,b)$  означает, что точка  $P$  на плоскости имеет абсциссу  $a$  и ординату  $b$ . Декартовыми прямоугольными координатами точки  $P$  в *трехмерном пространстве* называются взятые с определенным знаком расстояния (выраженные в единицах масштаба) этой точки до *трех* взаимно перпендикулярных координатных плоскостей или, что то же, проекции радиус-вектора  $\mathbf{r}$  точки  $P$  на *три* взаимно перпендикулярные координатные оси. В зависимости от взаимного расположения положительных направлений координатных осей возможны и правая координатные системы. Как правило, пользуются правой координатной системой. Положительные направления выбирают: на оси Ох - на наблюдателя; на оси Оу - вправо; на оси Oz - вверх. Координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$  называются соответственно абсциссой, ординатой и аппликатой. Координатными поверхностями, для которых одна из координат остается постоянной, здесь являются плоскости, параллельные координатным плоскостям, а координатными линиями, вдоль которых меняется только одна координата, - прямые, параллельные координатным осям. Координатные поверхности пересекаются по координатным линиям. Запись  $P(a,b,c)$  означает, что точка  $Q$  имеет абсциссу  $a$ , ординату  $b$  и аппликату  $c$ .

### **Полярные системы координат**

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

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

и обратно:

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

### **Цилиндрические системы координат**

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

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

и обратно:

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

### **Сферические системы координат**

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

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

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

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

и обратно

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

**Как определить, принадлежит ли точка A(x,y) отрезку с концевыми точками B(x<sub>1</sub>,y<sub>1</sub>) и C(x<sub>2</sub>,y<sub>2</sub>)?**

Точки отрезка z можно описать уравнением:

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

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

$$pOB+(1-p)OC=A,$$

то A лежит на отрезке, иначе - нет. Равенство расписывается по координатно

так:

$$px_1+(1-p)x_2=x$$

$$py_1+(1-p)y_2=y$$

Из первого уравнения находим p, подставляем во второе: если получаем равенство и

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

**Проверка принадлежности точки прямой**

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

**Вычисление расстояния от точки до плоскости**

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

$$Ax + By + Cz + D = 0$$

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

$$(Ax_a + By_a + Cz_a + D) / \sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$$

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

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

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

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

За последние несколько лет прогресс в своем развитии получил пакет КОМПАС. Достоинством этого пакета является то, что он полностью соответствует требованиям выполнения конструкторской документации по ГОСТ ЕСКД. Работа в этом пакете практически соответствует приемам и технологиям ручной работы за кульманом. Прикладные библиотеки этого пакета содержат функции

автоматической генерации стандартных элементов конструкции, освобождая конструктора от необходимости постоянного обращения к справочной литературе и от рутинного вычерчивания повторяющихся элементов чертежей. При этом высвобождается большое время для действительно творческой работы. Очень важным достоинством пакета КОМПАС является его относительно невысокая стоимость по сравнению со связками AutoCAD + CADMECH или AutoCAD + MechaniCS.

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

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

При изучении курса «Компьютерная графика» предполагается, что студенты имеют навыки работы на персональном компьютере в рамках курса «Информатика». Обладают минимальными навыками пользования ЭВМ, умеют запускать на исполнение необходимый пакет или программу, работать с клавиатурой и устройством указания – мышью, открывать и сохранять файлы на диске, а также копировать их на флеш-носители.

## **1. Построение чертежа детали в программе Компас**

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

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

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

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

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

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

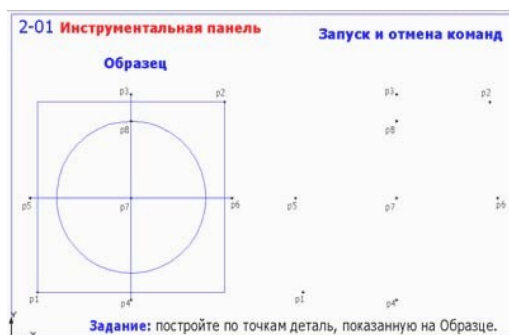


Рисунок 1 – Файл фрагмента 2-01

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



Рисунок – Файл фрагмента 2-02

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



Рисунок 3– Файл фрагмента 2-03

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



Рисунок 4– Файл фрагмента 2-04

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



Рисунок 5 – Файл фрагмента 2-05

#### 2.1.4 Описание (ход) работы:

### 2.1 Лабораторная работа №16 (2 часа).

Тема: «Проецирование грани тел»

#### 2.5.1 Цель работы:

- научиться строить проекции тел на три плоскости проекций;

#### 2.5.2 Задачи работы:

1) Построить проекции тела на три плоскости проекций;

### 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 –  $X_{\alpha\alpha}$ ,  $Y_{\alpha\alpha}$ ,  $Z_{\alpha\alpha}$ );
- 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:

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>оα</sub>	0	60	0		Y <sub>оα</sub>	0	55	0		Y <sub>оα</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>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0		X <sub>оα</sub>	80	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	60		Z <sub>оα</sub>	0	0	45		Z <sub>оα</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>оα</sub>	95	0	0		X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	70	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</sub>	0	0	50		Z <sub>оα</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>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	110	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	75		Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</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>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	65	0	0		X <sub>оα</sub>	75	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	85	0		Y <sub>оα</sub>	0	60	0		Y <sub>оα</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>оα</sub>	120	0	0		X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	90	0		Y <sub>оα</sub>	0	55	0		Y <sub>оα</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>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
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>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
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>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
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>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
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>оα</sub>	85	0	0		X <sub>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	75	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	60	0		Y <sub>оα</sub>	0	55	0		Y <sub>оα</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>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0		X <sub>оα</sub>	80	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	60		Z <sub>оα</sub>	0	0	45		Z <sub>оα</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>оα</sub>	95	0	0		X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	70	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</sub>	0	0	50		Z <sub>оα</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>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	110	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	75		Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</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>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	65	0	0		X <sub>оα</sub>	75	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	85	0		Y <sub>оα</sub>	0	60	0		Y <sub>оα</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>оα</sub>	120	0	0		X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	90	0		Y <sub>оα</sub>	0	55	0		Y <sub>оα</sub>	0	70	0

## **2.1 Лабораторная работа №17 (2 часа).**

### **Тема: «Проецирование тел вращения»**

#### **2.5.1 Цель работы:**

- освоить общие приемы разворачивания поверхностей.

#### **2.5.2 Задачи работы:**

1. 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 (А, В, С);
- секущей плоскости –  $\alpha$  (точки схода следов –  $X_{\alpha\alpha}$ ,  $Y_{\alpha\alpha}$ ,  $Z_{\alpha\alpha}$ );
- 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>оα</sub>	0	60	0		Y <sub>оα</sub>	0	55	0		Y <sub>оα</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>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0		X <sub>оα</sub>	80	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	60		Z <sub>оα</sub>	0	0	45		Z <sub>оα</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>оα</sub>	95	0	0		X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	70	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</sub>	0	0	50		Z <sub>оα</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>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	110	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	75		Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</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>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	65	0	0		X <sub>оα</sub>	75	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	85	0		Y <sub>оα</sub>	0	60	0		Y <sub>оα</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>оα</sub>	120	0	0		X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	90	0		Y <sub>оα</sub>	0	55	0		Y <sub>оα</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>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
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>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
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>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
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>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
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>оα</sub>	85	0	0		X <sub>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	75	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	60	0		Y <sub>оα</sub>	0	55	0		Y <sub>оα</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>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0		X <sub>оα</sub>	80	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	60		Z <sub>оα</sub>	0	0	45		Z <sub>оα</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>оα</sub>	95	0	0		X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	70	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</sub>	0	0	50		Z <sub>оα</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>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	110	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	75		Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</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>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	65	0	0		X <sub>оα</sub>	75	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	85	0		Y <sub>оα</sub>	0	60	0		Y <sub>оα</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>оα</sub>	120	0	0		X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0
	Y <sub>оα</sub>	0	90	0		Y <sub>оα</sub>	0	55	0		Y <sub>оα</sub>	0	70	0



### 3.1 Семинарское занятие №1 (2 часа).

#### Тема: «Правила оформления чертежей»

##### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. ГОСТ 2.301-68 Форматы.
2. ГОСТ 2.302-68 Масштабы.
3. ГОСТ 2.303-68 Линии.
4. ГОСТ 2.204-68 Шрифты чертежные.

##### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

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

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

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

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

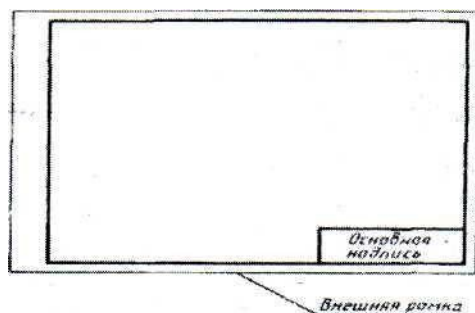
3. Формат с размерами сторон 1189 x 841 мм, площадь которого равна 1 м<sup>2</sup>, и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные.

4. Обозначения и размеры сторон основных форматов должны

соответствовать указанным в табл. 1.

Таблица

1



Черт.

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

При необходимости допускается применять формат А5 с размерами сторон 148х210 мм.

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

Таблица 2

мм

Кратность	Формат				
	А0	А1	А2	А3	А4
2	1189х1682	—	—	—	—
3	1189х2523	841х1783	594х1261	420х891	297х630
4	—	841х2378	594х1682	420х1189	297х841
5	—	—	594х2102	420х1486	297х1051
6	—	—	—	420х1783	297х1261
7	—	—	—	420х2080	297х1471
8	—	—	—	—	297х16S2
9	—	—	—	—	297х1892

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

Таблица 3

мм

Размеры сторон	Предельные отклонения
До 150 Св.	±1,5
	±2,0
150 до 600	±3,0

## МАСШТАБЫ ГОСТ 2.302-68\*

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

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

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

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

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

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

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

(Введен дополнительно, Изм. № 2).

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

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

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

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

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

## Линии ГОСТ 2.303-68\*

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

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

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

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

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

3. Для сложных разрезов и сечений допускается концы разомкнутой линии соединить штрих - пунктирной тонкой линией.

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




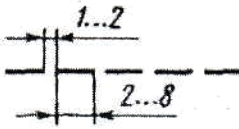
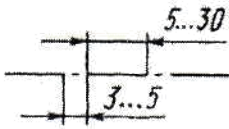
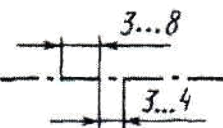

5. Толщина сплошной основной линии  $s$  должна быть в пределах от 0,5



до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

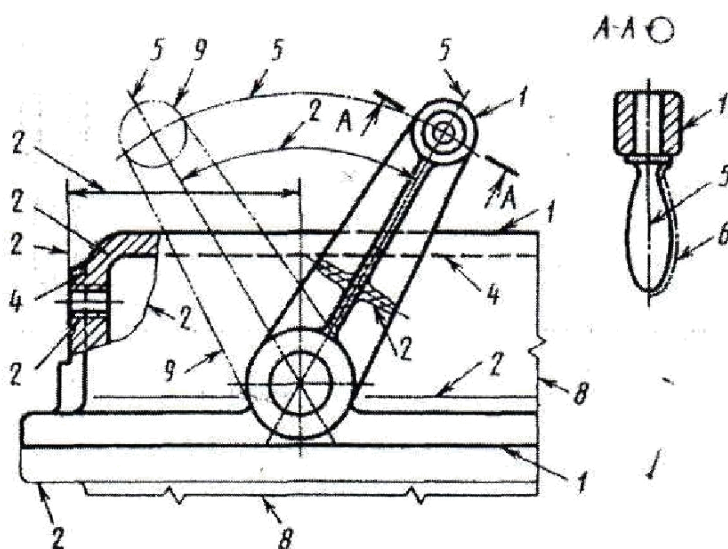
Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

**(Измененная редакция, Изм. № 1).**

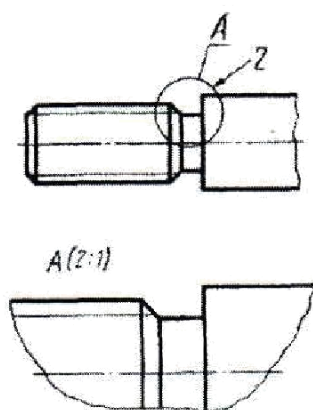
Таблица 1

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

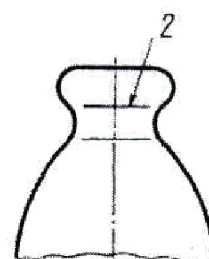
Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
8. Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках. Линии для изображения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



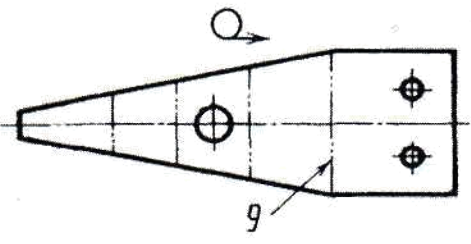
Черт. 1



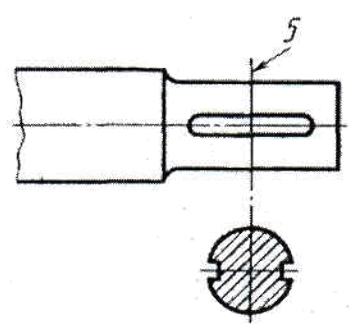
Черт. 2



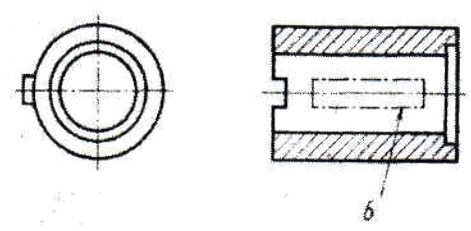
Черт. 3



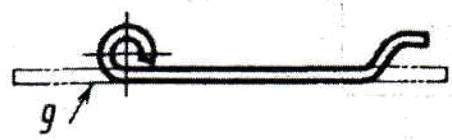
Черт. 4



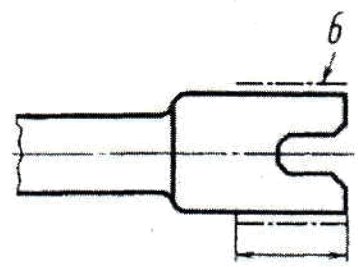
Черт. 5



Черт. 6



Черт. 7



Черт. 8

## ШРИФТЫ ЧЕРТЕЖНЫЕ ГОСТ 2.304-81

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

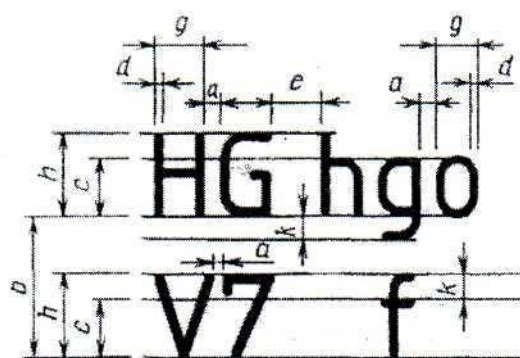
Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 851-78 - СТ СЭВ 855-78, СТ СЭВ 6306-88.

### 1. Термины и определения

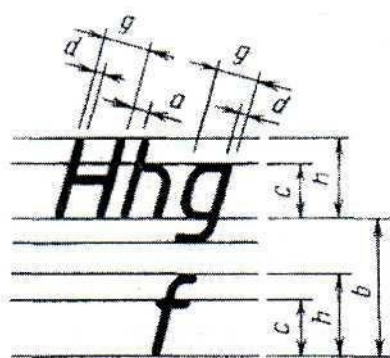
1.1. **Размер шрифта  $h$**  - величина, определенная высотой прописных букв в миллиметрах.

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

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



Черт. 1



Черт. 2

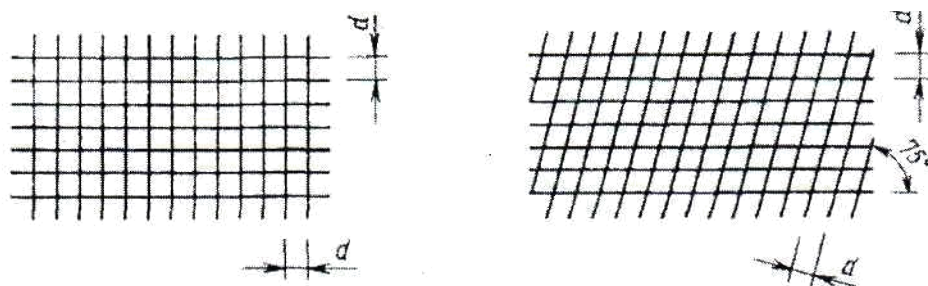
1. **Ширина буквы  $g$**  - наибольшая ширина буквы, измеренная в соответствии с черт. 1 и 2, определяется по отношению к размеру шрифта  $h$ , например,  $g=6/10h$ ; или по отношению к толщине линии шрифта  $d$ , например:  $g=6d$ .

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

1.5. **Вспомогательная сетка** - сетка, образованная вспомогательными линиями,

в которые вписываются буквы. Шаг вспомогательных линий сетки определяется в зависимости от толщины линий шрифта  $d$  (черт. 3)





## 2. Типы и размеры шрифта

2.1. Устанавливаются следующие типы шрифта:

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

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

тип Б без наклона ( $d = l/\angle Oh$ ) с параметрами, приведенными в табл. 2;

тип Б с наклоном около  $75^\circ$  ( $d = l/\angle Oh$ ) с параметрами, приведенными в табл. 2.

Таблица 1

Шрифт типа А ( $d = h/14$ )

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

Таблица 2

Шрифт типа Б ( $d=h/10$ )

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

## Примечания:

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

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

2.2 Устанавливаются следующие размеры шрифта: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7;

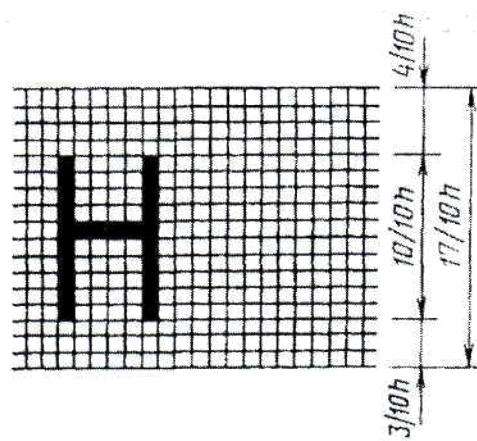
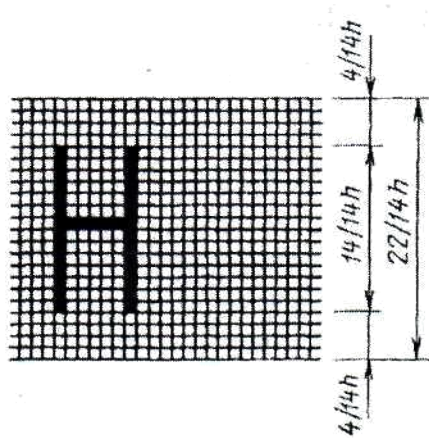
10; 14; 20; 28; 40.

' : . • ^ ... 1

## Примечание.

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

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





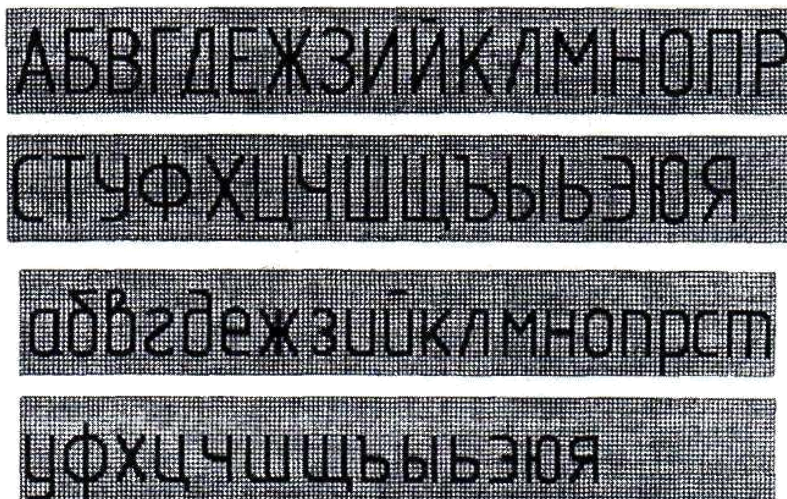
### 3. Русский алфавит (кириллица)

#### 3.1 Шрифт типа А приведен на черт. 5



Черт. 5

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



Черт. 6

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



Черт. 7

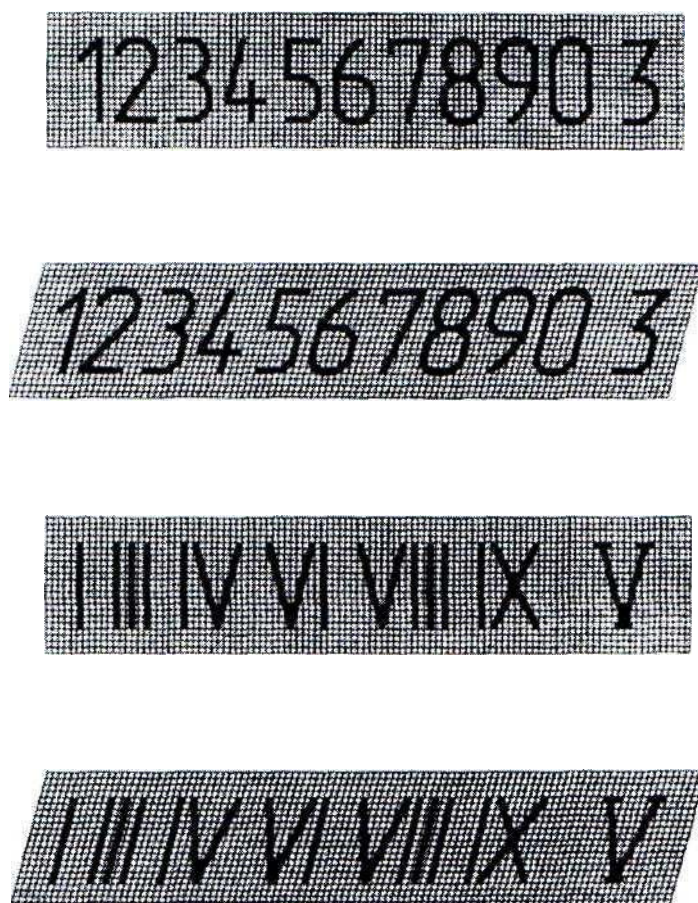


3.4. Шрифт типа Б без наклона приведен на черт. 8.



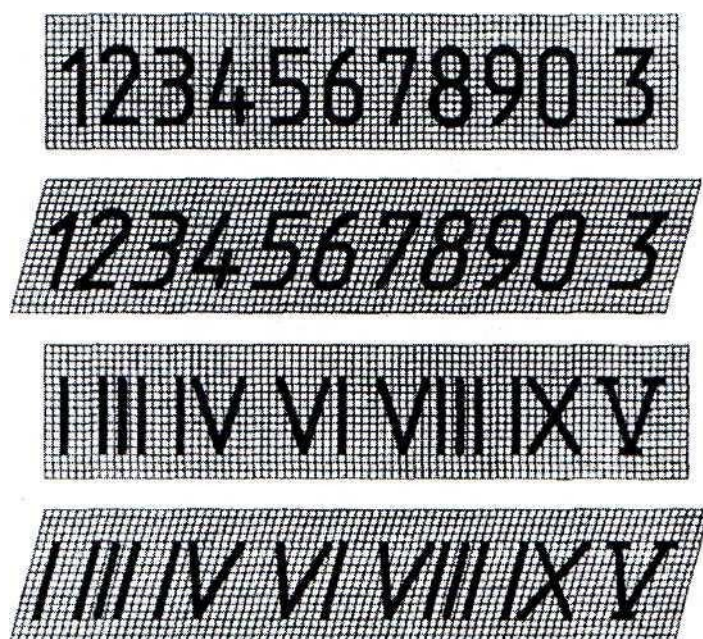
Черт. 8

6.1. Шрифт типа А приведен на черт. 17.



Черт. 17

6.2. Шрифт типа Б приведен на черт. 18.



Черт. !8



*Примечания:*

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

### **3.1 Семинарское занятие №2 ( 2 часа).**

**Тема: «ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды»**

#### **3.1.1 Вопросы к занятию:**

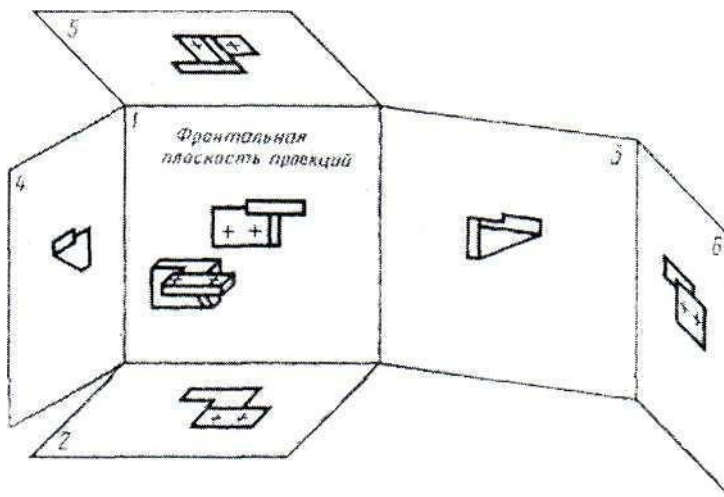
1. Основные положения и определения.
2. Основные виды.

#### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

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).

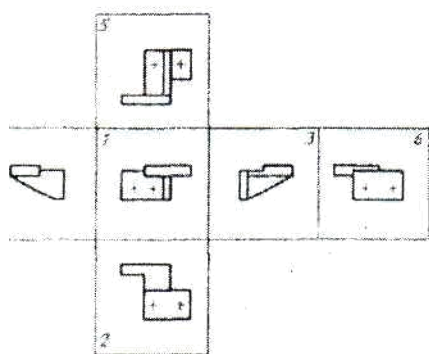


Черт. 1

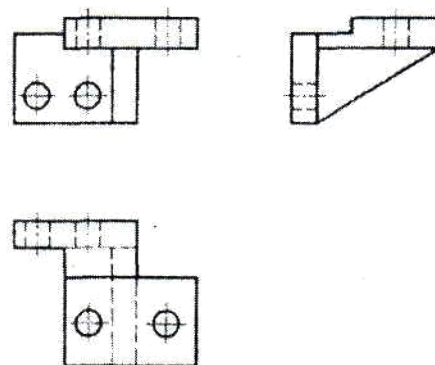
За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани совмещают с плоскостью, как показано на черт. 2. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4.

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.



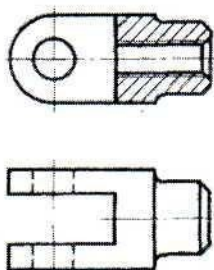
Черт. 2



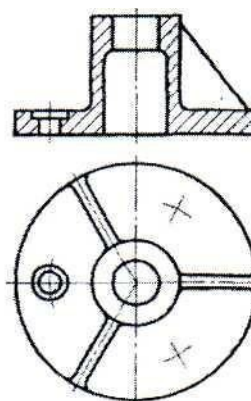
Черт. 3

*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).

*Разрез* - изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (черт. 4). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (черт. 5).



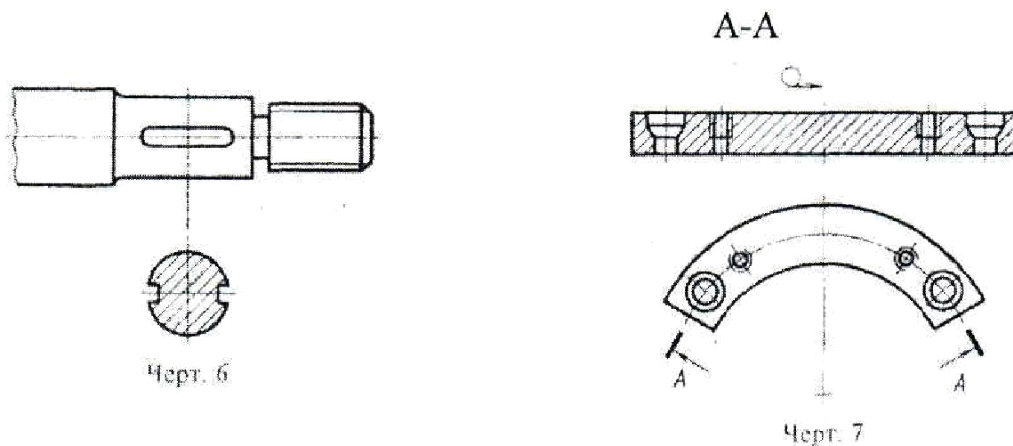
Черт. 4



Черт. 5

*Сечение* — изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (черт. 6). На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Допускается в качестве секущей применять цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость (черт. 7).



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

## 2. Виды.

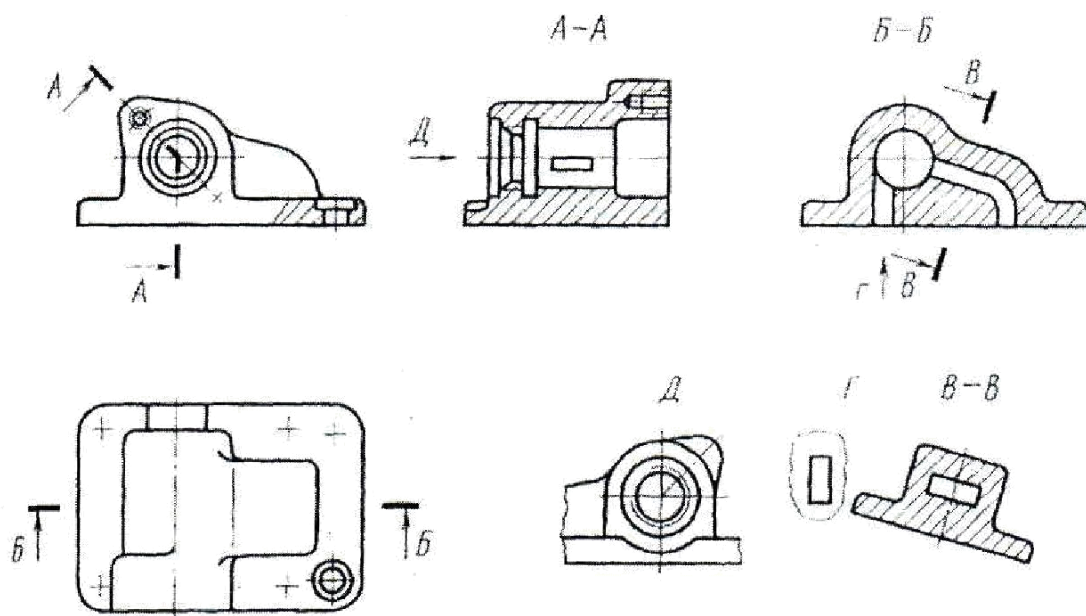
Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекции (основные виды, черт. 2):

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

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

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

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



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.

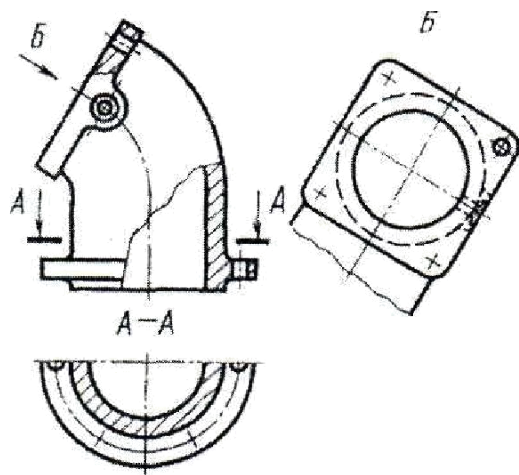
В строительных чертежах допускается направление взгляда указывать двумя стрелками (аналогично указанию положения секущих плоскостей в разрезах).

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.

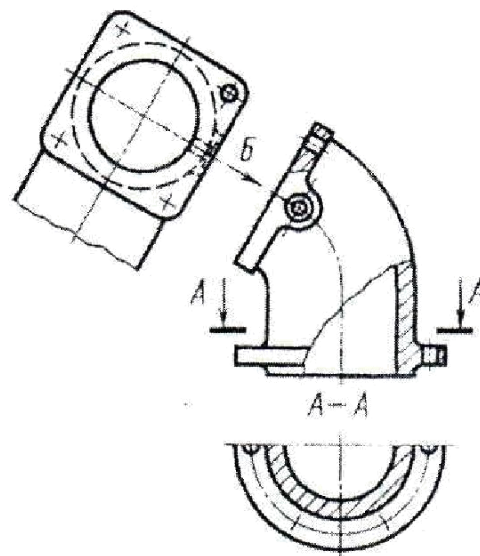
Если какую-либо часть предмета невозможно показать на перечисленных в п. 2.1 видах без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций (черт. 9—11).

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

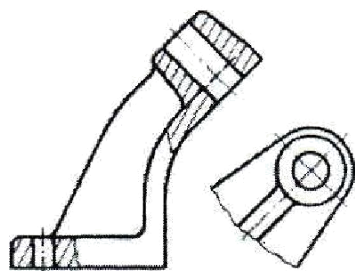
(стрелка Б, черт. 9, 10).



Черт. 9



Черт. 10



Черт. 11

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.

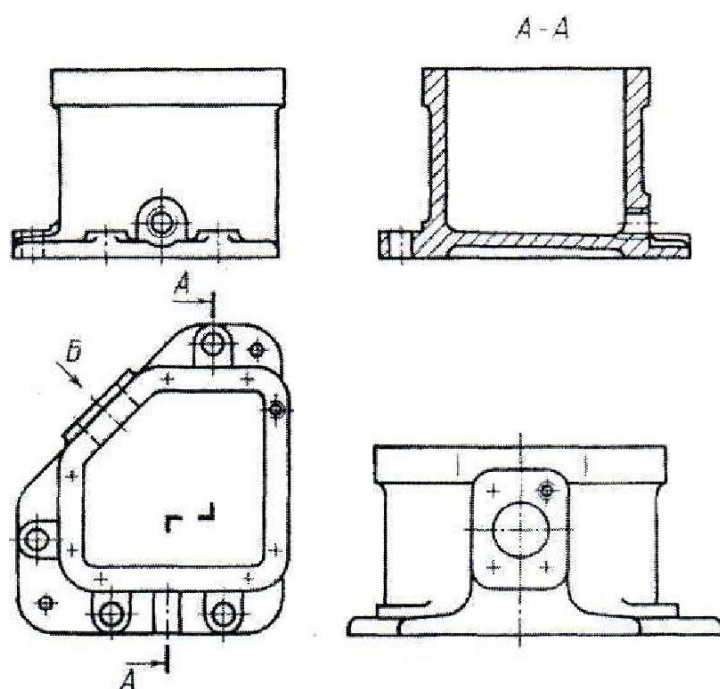
Дополнительный вид допускается поворачивать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением  $\angle 0$ . При необходимости указывают угол поворота (черт. 12).

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.

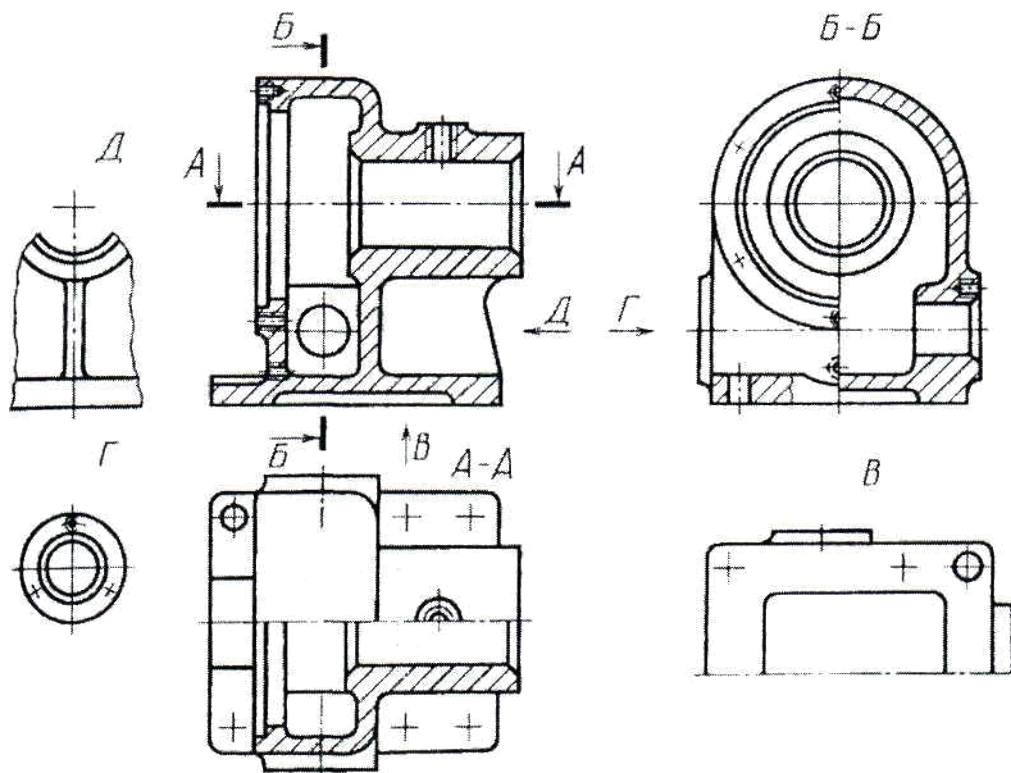
Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется местным видом (вид Г, черт. 8; вид Д черт. 13).

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.

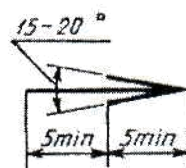
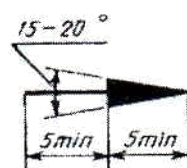
Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать приведенным на черт. 14. 2.6, 2.7.



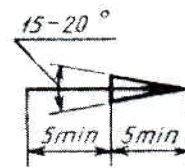
Черт. 12



Черт. 13



Черт. 14





### 3.1 Семинарское занятие №3 ( 2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.305-68 Изображения – сечения»

#### 3.1.1 Вопросы к занятию:

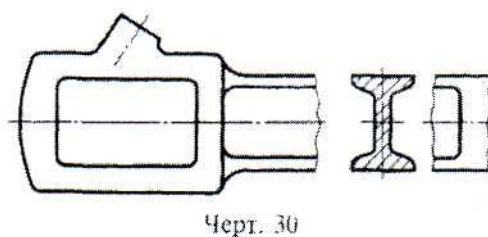
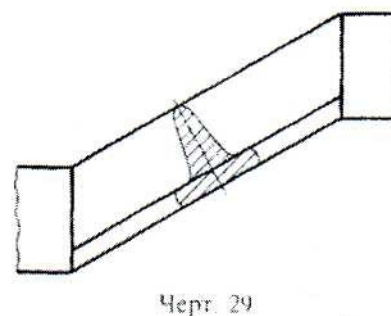
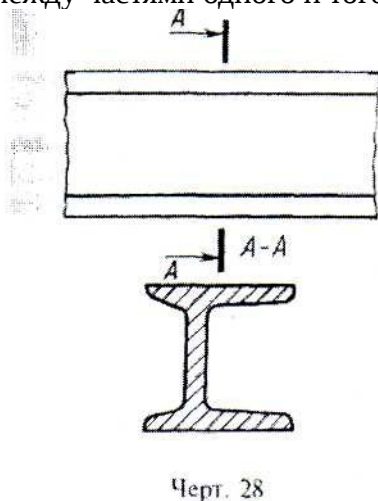
1. Общие сведения о сечениях
2. Классификация сечений
3. Изображение и обозначение сечений

#### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

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).

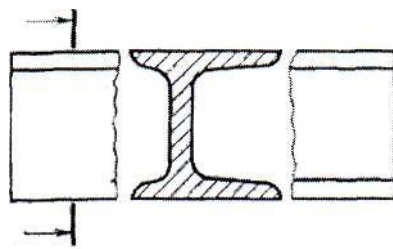
Ось симметрии вынесенного или наложенного сечения (черт. 6, 29) указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят.

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.

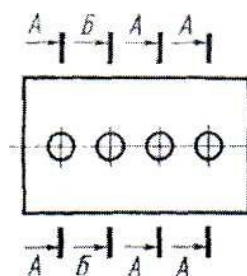
Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (черт. 28). Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением условного графического обозначения.

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

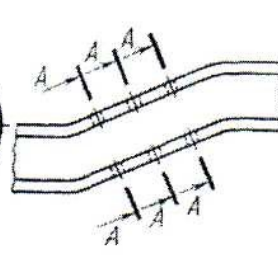
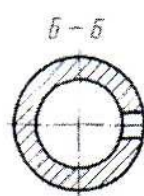
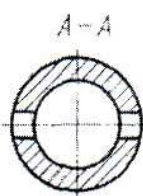
Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами (черт. 35), то условное графическое обозначение не наносят.

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

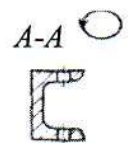
Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (черт. 36).

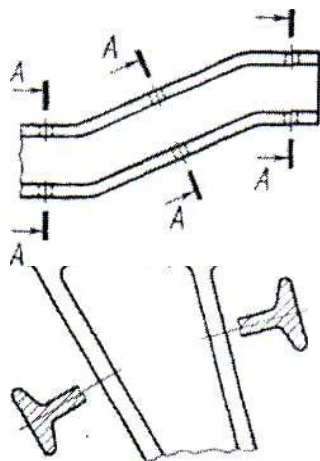


Черт. 33



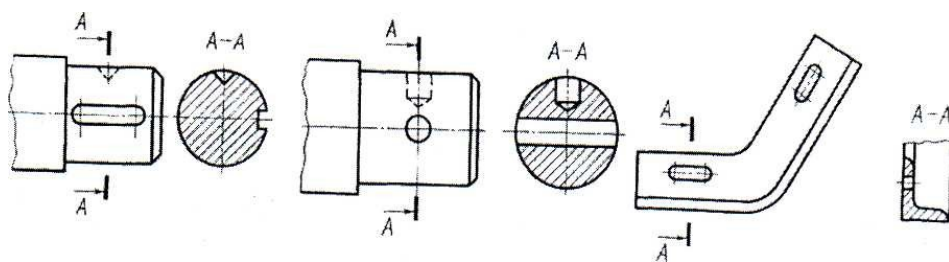
Черт. 34





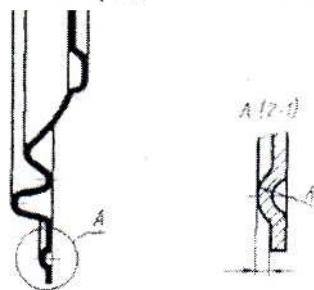
Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (черт. 37).

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.

### 3.1 Семинарское занятие №4 ( 2 часа).

**Тема: «АксонOMETрические проекции»**

#### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Основные понятия.
2. Образование аксонометрической проекции.

#### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

Название **аксонометрическая** происходит от древнегреческих слов **аксон** – ось и **метрио** – измеряю. Метод аксонометрического проецирования состоит в том, что данная фигура вместе с осями прямоугольных координат, к которым она отнесена в пространстве, проецируется на некоторую плоскость проекций, называемую **аксонометрической плоскостью проекций** или **картинной плоскостью**. В зависимости от вида проецирования аксонометрическая проекция называется:

Ø **центральной** – используется центральное проецирование;

Ø **параллельной** – используется параллельное проецирование.

Причем в последнем случае аксонометрическая проекция может быть **косоугольной** (при косоугольном проецировании) и **ортогональной или прямоугольной** (при ортогональном проецировании).

В нашем курсе мы рассмотрим лишь параллельную и ортогональную аксонометрические проекции. На рис.1.6 показана схема проецирования точки **A** на некоторую аксонометрическую плоскость проекций **Π<sub>0</sub>** по направлению проецирования **S**.

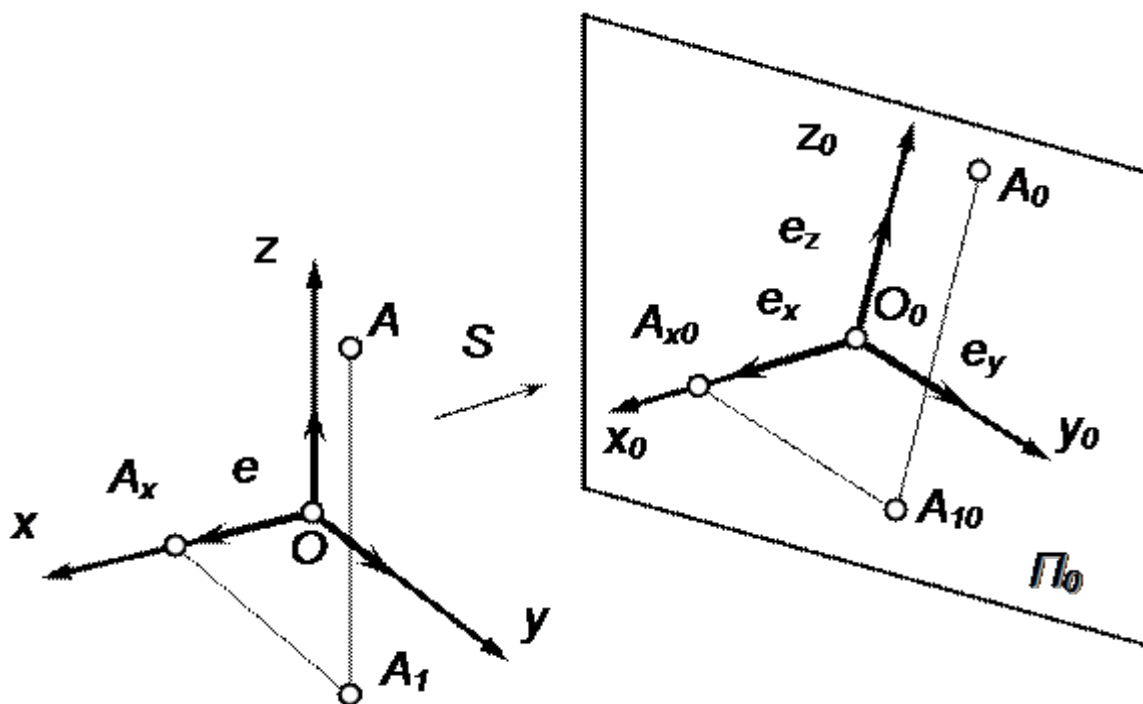


Рис.1.6

Прямые **OX, OY, OZ** являются осями **натуральной системы координат OXYZ**, а прямые **O<sub>0</sub>X<sub>0</sub>, O<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>, O<sub>0</sub>Z<sub>0</sub>** – осями **аксонометрической системы координат O<sub>0</sub>X<sub>0</sub>Y<sub>0</sub>Z<sub>0</sub>**. Отрезок **e** принят за натуральную масштабную единицу, а отрезки **e<sub>x</sub>, e<sub>y</sub>, e<sub>z</sub>** – за аксонометрические масштабные единицы по соответствующим осям координат. Проекция точки **A** на горизонтальную плоскость **XOY** обозначена **A<sub>1</sub>**.

Трёхзвенная пространственная линия  $OA_xA_1A$ , определяющая положение точки  $A$  относительно натуральной системы координат  $OXYZ$ , называется **натуральной координатной ломаной**. Звенья этой ломаной являются отрезками координат:  $OA_x$  - отрезок абсциссы,  $A_xA_1$  - отрезок ординаты,  $A_1A$  - отрезок аппликаты точки  $A$ . Длины отрезков координат точки  $A$ , измеренные установленной натуральной масштабной единицей  $e$ , называются натуральными координатами точки  $A$ :

$$X = \frac{OA_x}{e}; \quad Y = \frac{A_xA_1}{e}; \quad Z = \frac{A_1A}{e}.$$

Точка  $A_0$  - аксонометрическая проекция точки  $A$ . Плоская ломаная  $O_0A_{x0}A_{10}A_0$ , которая называется **аксонометрической координатной ломаной**, является проекцией натуральной координатной ломаной. Так как при параллельном проецировании сохраняется простое отношение трех точек, получим:

$$\frac{OA_x}{e} = \frac{O_0A_{x0}}{e_x} = X = X_0; \quad \frac{A_xA_1}{e} = \frac{A_{x0}A_{10}}{e_y} = Y = Y_0;$$

$$\frac{A_1A}{e} = \frac{A_{10}A_0}{e_z} = Z = Z_0.$$

Мы получили основное свойство аксонометрических проекций: **аксонометрические координаты точек, измеренные аксонометрическими масштабами, численно равны натуральным**. Таким образом, особенность рассматриваемого метода аксонометрии заключается в том, что это есть координатный метод построения наглядного однокартинного чертежа, обладающего свойством обратимости

Для удобства построения аксонометрических чертежей используют **показатели искажения** - отношения аксонометрического масштаба к натуральному масштабу:

$$k = \frac{e_x}{e}; \quad m = \frac{e_y}{e}; \quad n = \frac{e_z}{e}. \quad (1.1)$$

Если все три коэффициента искажения равны между собой, аксонометрическая проекция называется **изометрической**; если равны между собой любые два коэффициента искажения, проекция называется **диметрической**; если все коэффициенты различны - проекция называется **триметрической**. При построении аксонометрических проекций обычно пользуются некоторыми величинами, пропорциональными коэффициентам искажения. Эти величины называются **приведенными коэффициентами искажения**.

Приведем теорему Польке, которая дает ответ на вопрос, как можно выбрать на чертеже аксонометрические оси и аксонометрические масштабы. **Три отрезка произвольной длины, лежащие в одной плоскости и выходящие из одной точки под произвольными углами друг к другу, представляют собой параллельную проекцию трех равных отрезков, отложенных на осях прямоугольной системы координат от ее начала.**

Исходя из этой теоремы, можно взять на плоскости  $\Pi_0$  три проходящие через одну точку несовпадающие прямые, отложить на них три произвольной длины отрезка  $e_x, e_y, e_z$  и утверждать, что данную фигуру можно рассматривать, как параллельную проекцию прямоугольной системы координат  $OXYZ$  с отложенными на ее осях масштабного коэффициента  $e$ . Следовательно, параллельная аксонометрическая проекция в общем случае определяется пятью независимыми параметрами: тремя аксонометрическими масштабами и двумя углами между аксонометрическими осями.

Плоскость аксонометрических проекций, пересекая плоскости натуральной системы координат, образует треугольник, называемый **треугольником следов**. Рассмотрим прямоугольную аксонометрию. Доказано, что в этом случае треугольник следов является остроугольным. При этом отрезок  $OO_0$  перпендикулярен плоскости  $\Pi_0$  (рис.1.7). Отрезки  $O_0X_0, O_0Y_0, O_0Z_0$  (аксонометрические проекции отрезков на осях координат) являются катетами прямоугольных треугольников, а сами отрезки на осях координат - гипотенузами. Отсюда:

$$\frac{O_0X}{OX} = \cos(\varphi); \quad \frac{O_0Y}{OY} = \cos(\delta); \quad \frac{O_0Z}{OZ} = \cos(\gamma).$$

Но эти отношения представляют собой коэффициенты искажения  $k, m, n$ . Следовательно,  $k = \cos(\varphi), m = \cos(\delta), n = \cos(\gamma)$ .

Справедлива следующая теорема: **сумма квадратов показателей искажения в ортогональной аксонометрии равна двум:**

$$k^2 + m^2 + n^2 = 2. \quad (1.2)$$



Поэтому изображение в этом случае увеличивается в 1.22 раза. Треугольник следов в этой проекции равносторонний, а значит углы между аксонометрическими осями координат равны  $120^\circ$  (рис.1.8).

2. **Ортогональная диметрия.** Соотношение показателей искажения принимается  $k = n = 2m$ . Тогда их величина должна быть равна  $k = n \approx 0.94$ ,  $m \approx 0.47$ . Вместо этих значений пользуются приведенными показателями искажения  $k = n = 1$ ,  $m = 0.5$  (изображение увеличивается в 1.06 раза). Расположение осей аксонометрической системы координат показано на рис.1.9.

3. **Косоугольная фронтальная изометрия.** Показатели искажения следующие:  $k = m = n = 1$ . Расположение осей аксонометрической системы координат показано на рис. 1.10.

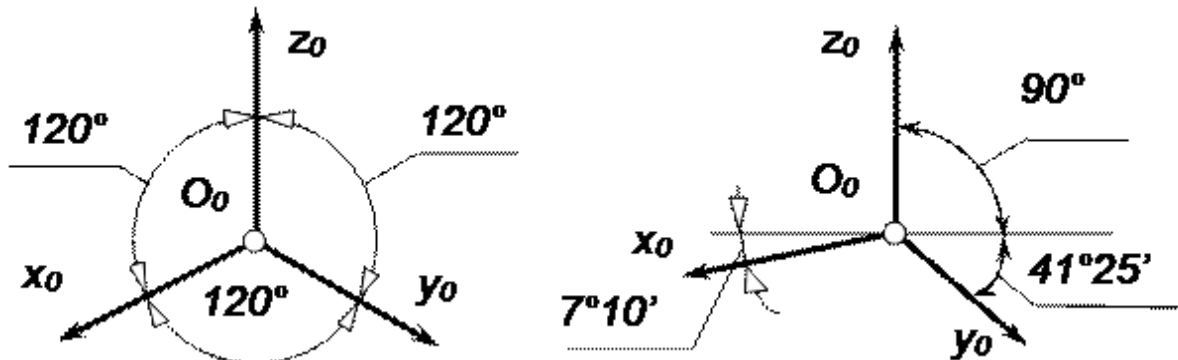


Рис.1.8 Рис.1.9

4. **Косоугольная горизонтальная изометрия.** Показатели искажения следующие:  $k = m = n = 1$ . Расположение осей аксонометрической системы координат показано на рис.1.11.

5. **Косоугольная фронтальная диметрия.** Показатели искажения  $k = n = 1$ ,  $m = 0.5$ . Расположение осей аксонометрической системы координат показано на рис.1.12.

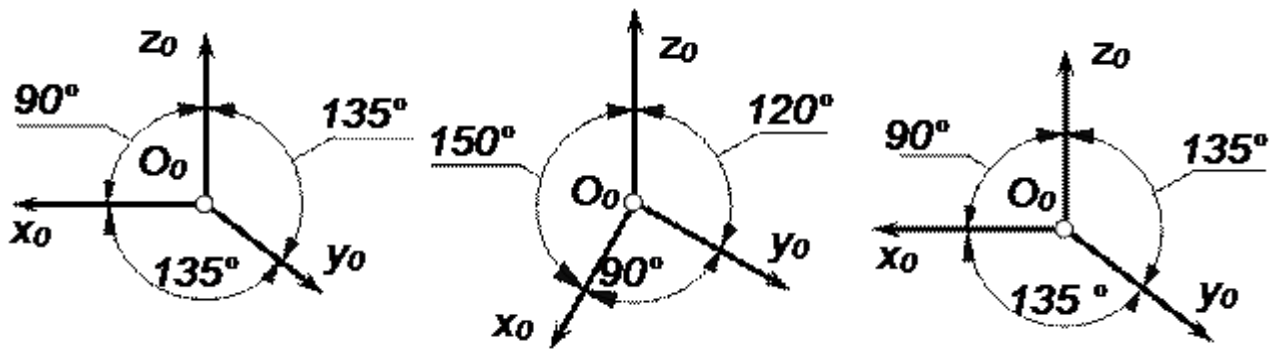


Рис.1.10 Рис.1.11 Рис.1.12

##### 5. Развитие геометрии: Эвклид Р Лобачевский Р Риман

Основные закономерности и свойства пространства, составляющие содержание элементарной геометрии, излагались еще до нашей эры в трудах греческих геометров. Особенно большое значение имели работы Эвклида, жившего в III веке до нашей эры. В своих «Началах» Эвклид изложил элементарную геометрию, которая получила название **эвклидова геометрия**. В основу своей геометрии Эвклид положил систему постулатов, на которых строится эта наука. Постулат означает требование. Эвклид так и пишет: «Нужно потребовать»:

1. Чтобы от каждой точки к каждой точке можно было провести прямую линию.
2. Чтобы ограниченную прямую можно было непрерывно продолжить по прямой.
3. Чтобы из любого центра любым радиусом можно было описать окружность.
4. Чтобы все прямые углы были друг другу равны.
5. Чтобы всякий раз, как прямая, пересекая две прямые, образует с ними внутренние односторонние углы, составляющие вместе меньше двух прямых, эти прямые при неограниченном продолжении пересекались с той стороны, с которой эти углы составляют меньше двух прямых» (рис.1.13).



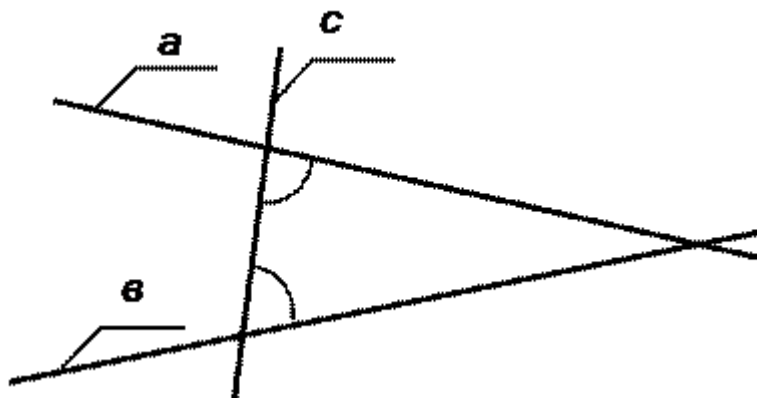


Рис.1.13

Пятый постулат, называемый как постулат о параллельных прямых, гораздо сложнее первых четырех и лишен их наглядности, потому, что речь здесь идет о неограниченном продолжении прямых. Он скорее похож на теорему, которая нуждается в доказательстве. Эвклид отводил пятому постулату особое место среди его аксиом. Изложение материала он разбил на две части. Сначала Эвклид рассматривает теоремы, которые можно доказать, не прибегая к помощи пятого постулата. Эта часть теперь называется **абсолютной геометрией**. Затем сгруппированы все теоремы, которые доказываются только на основе пятого постулата. Эту часть и называют **собственно эвклидовой геометрией**.

Многие математики последующих веков, считая пятый постулат теоремой, пытались его доказать. Однако в течении 2000 лет им этого сделать не удалось. Кроме новых формулировок[1] пятого постулата, других успехов не было. Так продолжалось до 11 февраля 1826 года, когда на заседании Ученого Совета Казанского университета профессор **Николай Иванович Лобачевский** (1792-1856) сообщил о создании им новой геометрии, построенной на отрицании пятого постулата Эвклида.

Свою геометрию Лобачевский назвал **воображаемой** или **пангеометрией**. В противоположность постулату Эвклида, Лобачевский в основу построения теории параллельных линий положил следующую аксиому

### 3.1 Семинарское занятие №5 (2 часа).

**Тема: «Сопряжения, лекальные кривые»**

#### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Сопряжение прямых известным радиусом.
2. Сопряжение прямой и окружности, двух окружностей известным радиусом.
3. Геометрические способы построения плоских кривых:

#### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

##### 1. Сопряжения

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

В общем случае существует три основных типа построения сопряжений:

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

Сопряжение двух прямых линий

Для построения сопряжения двух пересекающихся прямых  $l_1$  и  $l_2$  необходимо на расстоянии заданного радиуса  $R$  провести две вспомогательные прямые, соответственно параллельные заданным  $l_1$  и  $l_2$  (рис. 1). Точка пересечения этих прямых является центром  $O$  радиуса сопряжения  $R$ . Из полученного центра опускаем перпендикуляры на заданные прямые - получаем точки сопряжений  $A$  и  $B$ . Из центра  $O$  величиной заданного радиуса  $R$  проводим дугу в пределах между найденными точками  $A$  и  $B$ .

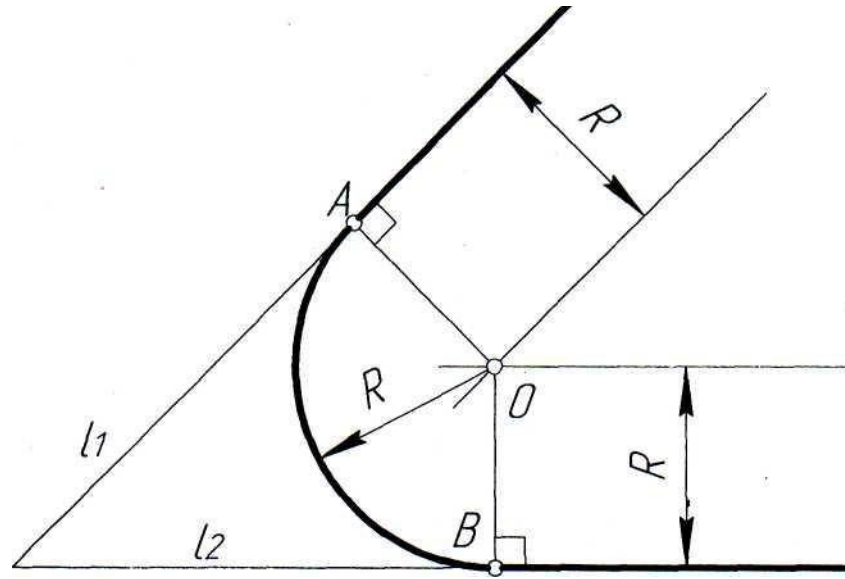




Рис.1 Сопряжение прямой линии с окружностью

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

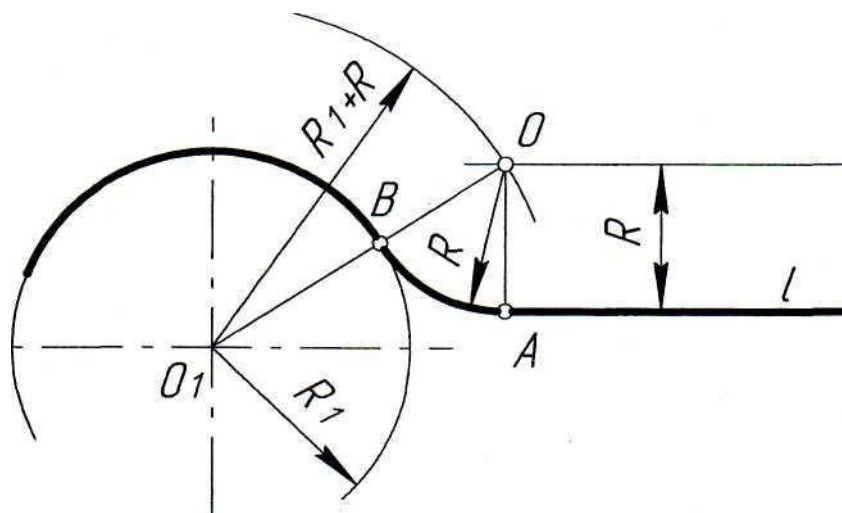


Рис.2 Сопряжение двух окружностей

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

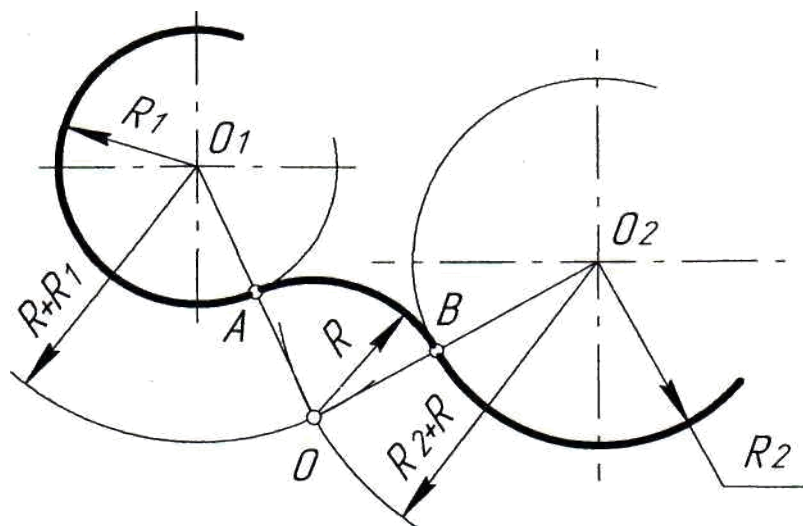


Рис.3

**Указание:** на формате листа А4, в масштабе 1:1 выполните чертеж - по заданию, проставьте размеры, укажите точки сопряжения (как они получены) и центры сопряжений. Образец выполнения задания представлен на рис.4.

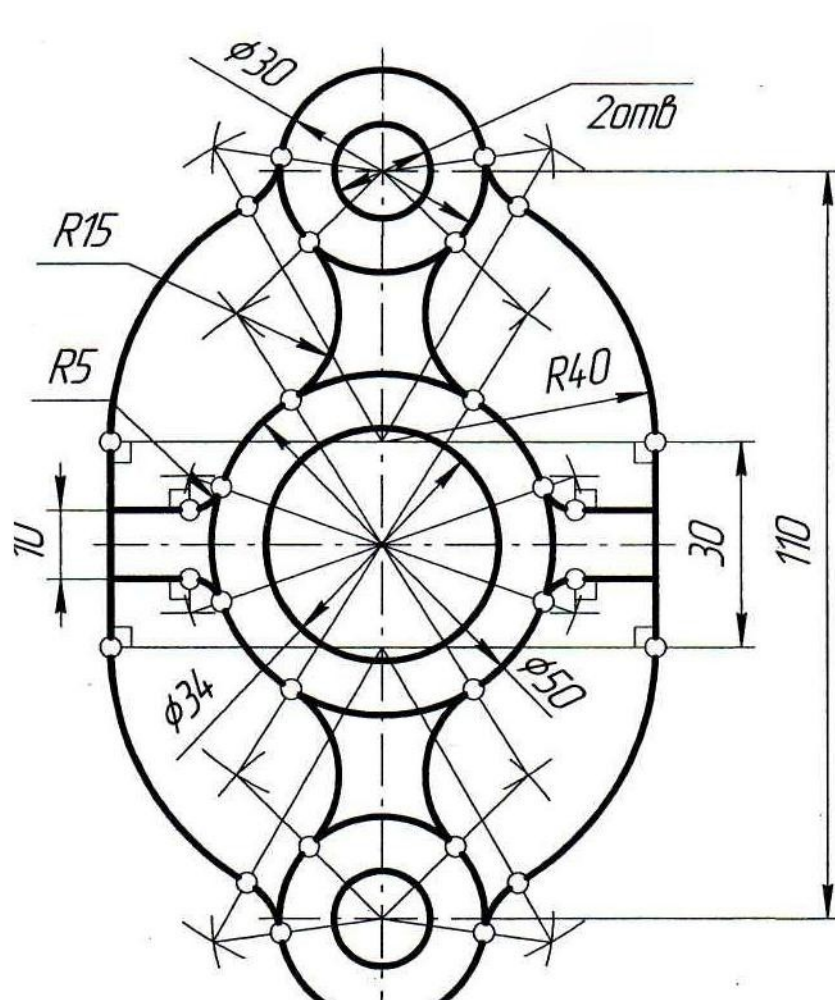
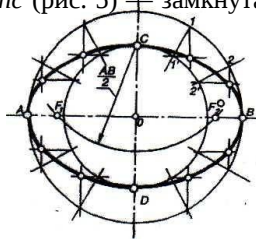


Рис.4

## 2. Лекальные кривые.

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



фокусы (точки  $F$ , и  $Fj$ ).

Рис. 5

*Построение эллипса по двум его осям.* На заданных осях эллипса (большой  $AB$  и малой  $CD$ ) строят как на диаметрах две концентрические окружности. Одну из них делят на 8 ... 12 равных или неравных частей и через точку деления и центр  $O$  проводят радиусы до их пересечения с большой окружностью. Через точки 1, 2 ... деления большой окружности проводят прямые, параллельные малой оси  $CD$ , а через точки 1, 2 ... деления малой окружности — прямые, параллельные большой оси  $AB$ . Точки пересечения соответствующих прямых принадлежат искомому эллипсу. Полученную совокупность точек, включая точки на большой и малой осях, последовательно соединяют от руки плавной кривой, которую затем обводят по лекалу. Есть и другие способы построения эллипса.

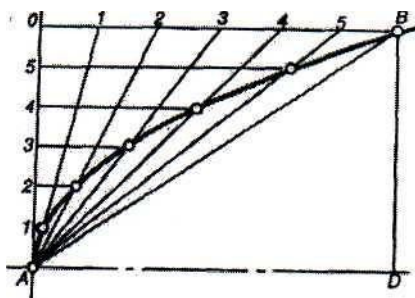


Рис.6

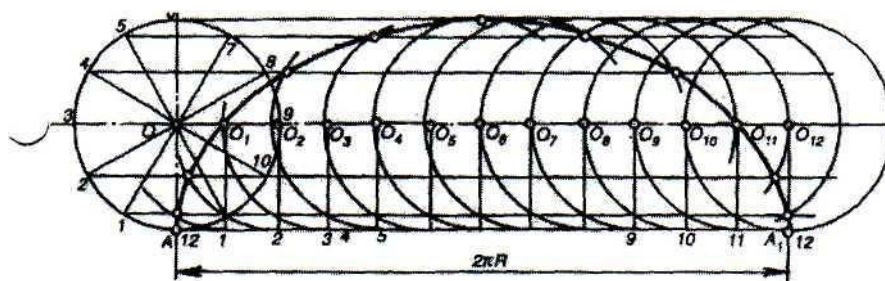
*Парабола* (рис. 6) — плоская кривая, каждая точка которой расположена на одинаковом расстоянии от заданной прямой (директрисы) и точки (фокуса), расположенной в той же плоскости.

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

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

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

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



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

Рис. 7

направляющую  
прямую, ограничив ее длину отрезком AA, равным длине заданной окружности ( $2\pi R$ ). Делят отрезок AA, и  
окружность на одинаковое число равных частей ( $n = 12$ ). Через точки деления окружности 1, 2, ... проводят ряд  
параллельно направляющей прямой AA. Через точки деления прямой — перпендикуляры, которые при  
пересечении с осевой линией, продолженной из центра начальной окружности, обозначают ряд последовательно  
расположенных центров  $O_1, O_2, \dots$  перекатываемой окружности. Описывая из этих центров дуги радиусом  $R$ ,  
последовательно отмечают точки их пересечения с соответствующими прямыми, параллельными AA, как точки,  
принадлежащие циклоиде.

Синусоиду (рис. 8) строят по заданному диаметру начальной окружности. Выбирают начало координат,  
совпадающим с точкой А на окружности заданного радиуса  $R$ , и на продолжении оси  $OA$  откладывают отрезок  
 $AA_1, -2\pi R$  (равный длине окружности). Делят окружность и отрезок  $AA_1$  на одинаковое число равных частей и  
пронумеровывают точки деления. Через точки деления окружности проводят ряд прямых, параллельных AA;  
ю точек деления прямой  $AA_1$

— ряд прямых, перпендикулярных AA. На пересечении этих вспомогательных прямых, имеющих одноименные  
номера, отмечают точки синусоиды.

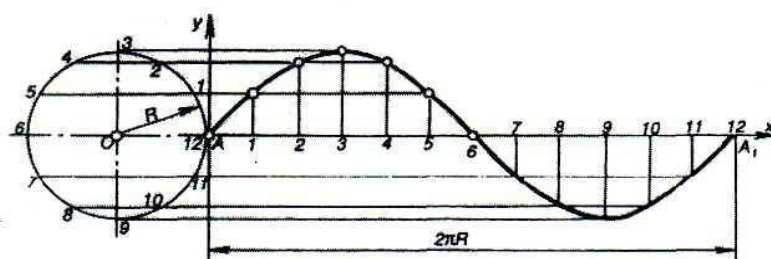


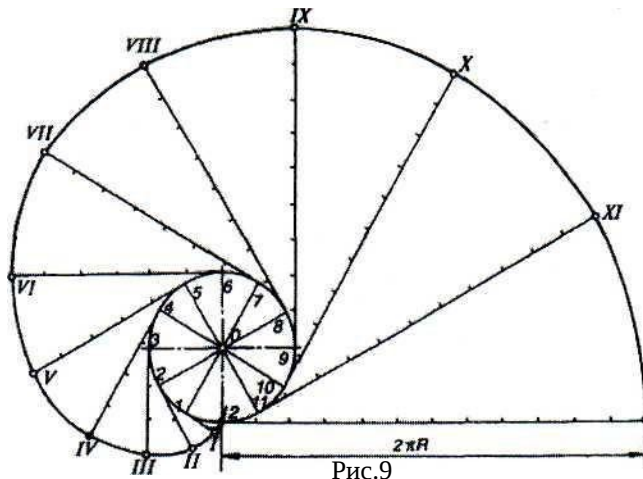
Рис.8

Вид синусоиды имеют многие кривые, изображающие гармонические колебательные процессы или  
являющиеся проекциями винтовых линий. Для их построения выполнение условия  $AA_1 ; - 2\pi R$  не является  
обязательным, но принцип деления исходной окружности и прямой  $AA_1$  сохраняют.

траектория,  
точкой

описываемая

карткой



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

вольное число равных частей ( $n =$

12). В точках

деления 1,2,... 12 проводят касательные к окружности,

направленные в одну сторону. Касательную, проведенную из последней точки деления, ограничивают отрезком, равным длине окружности ( $2\pi R$ ), и делят этот отрезок на то же число равных частей. Последовательно отмечая на всех касательных точки, соответствующие определенному числу делений длины окружности: на первой - одному делению, на второй — двумя и т. д., — соединяют их плавной кривой линией.

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



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

Выше рассмотрены различные случаи

Рис. 10

сопряжения прямых: двух прямых, прямой с дугой и

двух дуг. Рассмотрим сопряжение прямой с некоторыми лекальными кривыми.

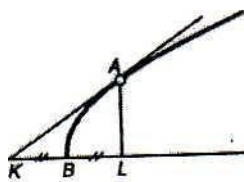


Рис. 12

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



### 3.1 Семинарское занятие №6 ( 2 часа).

#### Тема: «Шпилечные соединения»

##### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Расчет и подбор шпилечного соединения
2. Изображение шпилечных соединений

##### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

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 величине:

$l_1 = d$  - 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

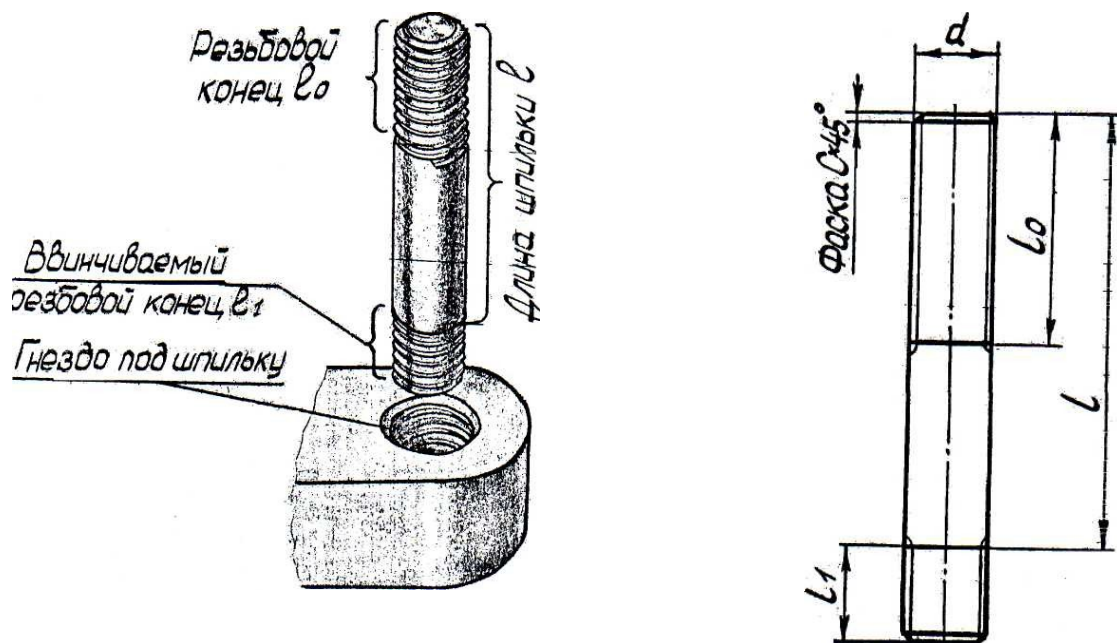


Рис. 7

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 шпилечного соединения следующие: Вначале сверлят отверстие диаметром  $d_j$ . На учебных чертежах принимается равным  $0,85 d$  на глубину  $l_2 - l_j + 6P$  ( $P$  - шаг резьбы). Отверстие заканчивается с конической поверхностью с углом конуса  $120^\circ$ .

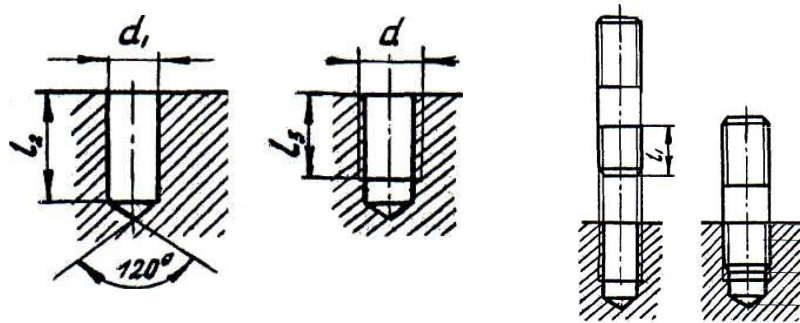


Рис. 8

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

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

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

Шаг резьбы  $P = 1,75$  мм

Диаметр стержня  $d_j = 12$  мм.

Прежде чем определить расчетную длину шпильки, необходимо выбрать для данного соединения соответствующие гайку и шайбу. Гайка выбирается, так же, как и в болтовом соединении по ГОСТ 5915-70. Основные ее размеры находим в таблице, Для гайки М12 исполнения I: Размер "под ключ"  $S=19$ 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, М<sup>24</sup> мм.  $S=2,5$  мм.

Расчетная длина шпильки определяется толщиной детали, высотой гайки, толщиной шайбы и длиной, выступающей над гайкой  $n$  где  $n=0,25...0,3$  т.е. для М12  $n=2$   $0,25=3$ мм,  $p_{всч}=19+2,5+10+3=34,5$ 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.



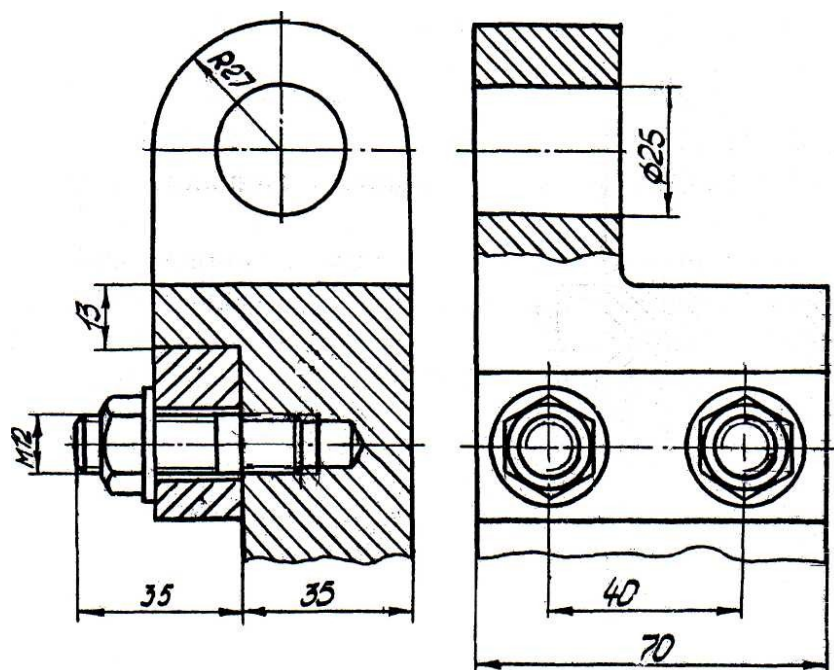


Рис.10

3.1  
Семинарское  
занятие №7  
часа).

Тема: «Винтовое соединение»

### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Расчет и подбор винтового соединения
2. Изображение винтовых соединений

### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

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

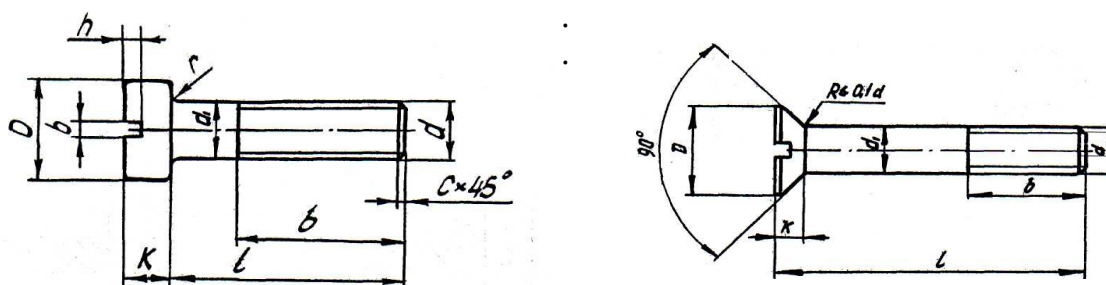


Рис.11

Рассмотрим пример вычерчивания соединения винтом с цилиндрической головкой по стандартным размерам. Исходными данными являются две детали, в

одной из которых имеется резьбовое отверстие, в другой - сквозное с цилиндрической зенковкой.

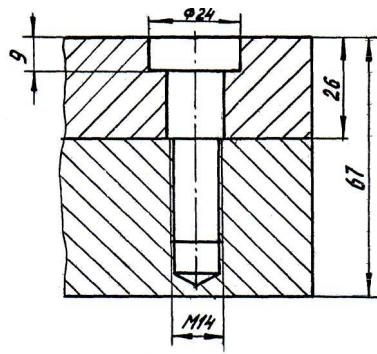


Рис. 12

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

2. Определить глубину сверленного и нарезанного отверстия. По ГОСТ 1491-80.

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

### 3.1 Семинарское занятие №8 ( 2 часа).

Тема: «Конструкторская документация»

#### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Порядок разработки конструкторской документации.

## 2. Технические рисунки и эскизы.

### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

#### 1. Рабочие чертежи.

При разработке рабочих чертежей необходимо учитывать оптимальное применение стандартных и покупных изделий, рациональное ограничение номенклатуры материалов (по маркам и сортаменту) и номенклатуры резьб, шлицев и других конструктивных элементов, необходимую степень взаимозаменяемости изделий и др.

На каждое изделие выполняют отдельный чертеж, за исключением группы изделий, обладающих общими конструктивными признаками, на которую выпускают групповой чертеж (ГОСТ 2 . 1 1 3 - 7 5).

На каждом чертеже помещают основную надпись и дополнительные графы к ней (по ГОСТ 2.104 — 68). При выполнении чертежа на нескольких листах на первом листе выполняют основную надпись по форме 1 (высотой 55 мм), на последующих листах — по форме 2а (высотой 15 мм). Обозначение изделия на всех листах должно быть одинаковым. В графе 5 основной надписи чертежей деталей и сборочных приводят расчетную или фактическую массу изделия в килограммах без указания единицы величины.

На габаритных, монтажных чертежах, на чертежах изделий опытных образцов и индивидуального производства массу допускается не указывать.

Наименование изделия в основной надписи записывают в именительном падеже, в единственном числе, помещая на первое место имя существительное.

На чертежах разрешается давать ссылки на государственные, отраслевые республиканские стандарты и технические условия, а также на технологические инструкции, если только они гарантируют качество изделия. Ссылки на отраслевые стандарты можно приводить только на чертежах изделий вспомогательного производства. Ссылки приводят на весь документ или его раздел (на отдельные пункты ссылки не делают).

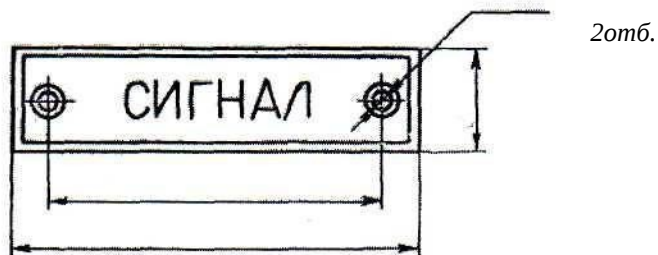


Рис.6. Простановка размеров для нанесения надписи на изделии

Технологические указания на рабочих чертежах помещать не допускается, за исключением тех случаев, когда конструктор указывает, например, какой-либо способ изготовления, считая его единственным, обеспечивающим качество изделия.

Если отверстия под установочные винты, заклепки, штифты должны быть сделаны в собранном изделии без предварительной обработки отверстий меньшего диаметра в деталях, на чертежах деталей отверстия не изображают и никаких указаний в технических требованиях не помещают. Все необходимые данные для обработки таких отверстий помещают на сборочном чертеже.

Если на изделие должны быть нанесены надписи и знаки со стороны плоской поверхности, то их изображают на соответствующем виде полностью, независимо от способа их нанесения. На виде, где надписи и знаки изображаются с искажением, допускается изображать их без искажения. Если надписи и знаки должны быть нанесены на цилиндрическую или коническую поверхность, то на чертеже их приводят в виде развертки.

При симметричном расположении надписи относительно контура детали размеры, определяющие расположение надписи, не указывают. Вместо них в технических требованиях записывают предельные отклонения расположения (рис.6).

На все детали, входящие в состав изделия, разрабатываются рабочие чертежи. Исключения составляют детали, изготавливаемые из фасонного или сортового материала отрезкой под прямым углом, из листового материала отрезкой по периметру прямоугольника или по окружности без последующей обработки; покупные детали, подвергаемые декоративному или антикоррозионному покрытию, не изменяющему характер сопряжения со смежными деталями; детали изделий индивидуального производства, форма и размеры которых (радиус сгиба, длина и т.п.) устанавливаются по месту; простые по конструкции детали изделий с неразъемными соединениями (сварными, паяными, клееными, сбитыми гвоздями и т. п.), для изготовления которых достаточно одного изображения на свободном поле сборочного чертежа или трех-четырех размеров на сборочном чертеже всего изделия. На сборочных чертежах и в спецификации приводят данные, необходимые для изготовления и контроля деталей, на которые не выпускают самостоятельные чертежи.

В основной надписи чертежа детали указывают материал детали в соответствии с обозначением, установленным стандартом на материал. Обозначение должно содержать наименование

материала, марку и номер стандарта или технических условий. Если допускается замена одного вида материала другим, обозначения материалов-заменителей указывают в технических требованиях чертежа или технических условиях на изделия.

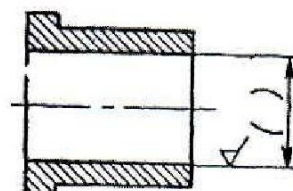
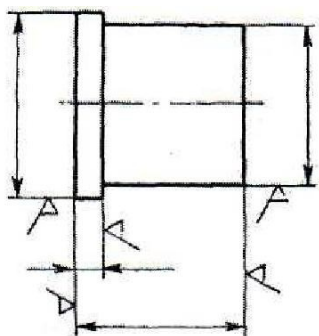
На чертеже детали указывают размеры, предельные отклонения, шероховатость поверхности и другие данные, которым она должна соответствовать перед сборкой (рис.7). Если деталь будет обрабатываться в процессе сборки и изготавливается с припуском, то на изображении наносят размеры, предельные отклонения, шероховатость и т. д., которым она должна соответствовать после сборки. Такие размеры заключают в круглые скобки, о чем делают запись в технических требованиях по типу:

*Размеры в скобках после сборки (рис.8).*

Если деталь подвергается покрытию, на чертеже указывают размеры и шероховатость до покрытия. Если требуется указывать их только после покрытия, то соответствующие размеры и шероховатость поверхности отмечают знаком \* и в технических требованиях делают запись по типу: \* *Размеры и шероховатость поверхности после покрытия*

(рис. 9). Допускается указывать одновременно размеры и шероховатость поверхности до и после покрытия. При этом размерные линии и шероховатость поверхности после покрытия наносят от утолщенных штрихпунктирных линий, указывающих на наличие покрытия (рис. 10).

Кромки и ребра детали при изготовлении должны быть притуплены, никаких указаний на чертеже при этом не делается. Если кромку или ребро требуется скруглить или, наоборот, изготовить острыми, на чертеже помещают соответствующее указание.



Размеры в скобках-после сборки

Рис. 7. Простановка размеров

и шероховатости  
поверхности детали

Рис. 8. Нанесение размеров

детали, обрабатываемой  
после сборки

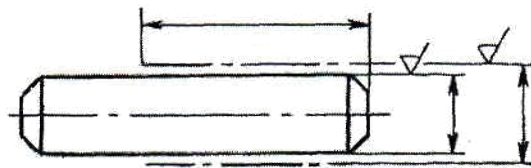
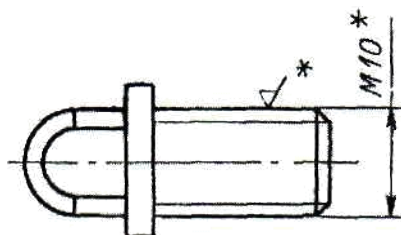


Рис. 9. Нанесение размеров до и после покрытия

Рис. 10. Нанесение размеров детали,

Когда из чертежа детали форму и размеры ее отдельных элементов установить нельзя, на чертеже детали помещают полную или частичную ее развертку. На изображении развертки наносят те размеры, которые невозможно указать на изображении готовой детали. Развертку изображают сплошными линиями, толщина которых равна толщине контурной линии детали. При необходимости на развертке указывают сгибы, проводя их тонкими штрихпунктирными линиями с двумя точками, и на полке линии-выноски делают надпись *Линия сгиба*. Над изображением развертки наносят надпись *Развертка*. Допускается совмещать изображение развертки с видом детали. Надпись *Развертка* не помещают, а развертку изображают тонкими штрихпунктирными линиями с двумя точками.4.

## 2. Эскизы деталей машин.

Эскизом называется наглядное изображение, выполненное от руки, без применения чертежных инструментов, без точного соблюдения масштаба, но с обязательным соблюдением пропорций элементов деталей. Эскиз является временным чертежом и предназначен для разового использования. Эскиз должен быть оформлен аккуратно с соблюдением проекционных связей и всех правил и условностей, установленных стандартами ЕСКД. Эскиз может служить документом для изготовления детали или для выполнения ее рабочего чертежа. В связи с этим эскиз детали должен содержать все сведения о ее форме, размерах, шероховатости поверхностей, материале. На эскизе помещают и другие сведения, оформляемые в виде графического или текстового материала (технические требования и т.п.).

Выполнение эскизов (эскизирование) производится на листах любой бумаги стандартного формата. Процесс эскизирования можно условно разбить на отдельные этапы, которые тесно связаны друг с другом.

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

2. Выбор главного вида и других необходимых изображений. Главный вид следует выбирать так, чтобы он давал наиболее полное представление о форме и размерах детали, а также облегчал пользование эскизом при ее изготовлении. Изображения деталей тел вращения на чертежах располагают так, чтобы на главном виде ось детали была параллельна основной надписи. Такое расположение главного вида облегчит пользование чертежом при изготовлении по нему детали. По возможности следует ограничить количество линий невидимого контура, которые снижают наглядность изображений. По этому следует уделять особое внимание применению разрезов и сечений. Необходимые изображения следует выбирать и выполнять в соответствии с правилами и рекомендациями ГОСТ 2.305—68.

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

4. Подготовка листа. В начале следует ограничить выбранный лист внешней рамкой и внутреннее провести рамку чертежа заданного формата. Затем наносится контур рамки основной надписи.

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

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

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

8. Нанесение размерных линий и условных знаков. Размерные линии и условные знаки, определяющие характер поверхности (диаметр, радиус,



квадрат, конусность, уклон, тип резьбы и т.п.), наносят по ГОСТ 2.307—68. Одновременно намечают шероховатость отдельных поверхностей детали и наносят условные знаки, определяющие шероховатость.

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

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

## Сборочный чертеж.

На стадиях проектирования: *техническое предложение* (ГОСТ 2.118 - 73), эскизный проект (ГОСТ 2.119 - 73) и технический проект (ГОСТ 2.120— 73) разрабатываются чертежи общего вида изделия.

На следующей стадии проектирования — рабочая документация — на основании чертежа общего вида разрабатываются чертежи отдельных деталей, а затем сборочный чертеж со спецификацией, монтажный и габаритный чертежи.

### ЧЕРТЕЖ ОБЩЕГО ВИДА

Чертеж общего вида (ГОСТ 2.118-73 - ГОСТ 2.120-73) -это документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

На чертеже общего вида должны быть:

а) изображены виды, разрезы и сечения изделия, нанесены надписи и текстовая часть, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия;

б) указаны наименования (если возможно, то и обозначения) составных частей изделия, для которых объясняется принцип работы, приводятся технические характеристики, материал, количество, и тех составных частей изделия, с помощью которых описывается принцип работы изделия, поясняются изображения общего вида и состав изделия;

в) приведены необходимые размеры и, если требуется, схема изделия и технические характеристики.

Чертеж выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными ГОСТ 2.109-73 (СТ СЭВ 858-78, СТ СЭВ 1182

— 78) на оформление рабочих чертежей и другими стандартами ЕСКД. Составные части изделия (в том числе заимствованные и покупные) изображают упрощенно (отдельные даже контурными очертаниями), если при этом понятны конструктивное устройство, взаимодействие составных частей и принцип работы изделия. Составные части изделия могут изображаться на одном листе с общим видом или на отдельных последующих листах чертежа общего вида.

Наименования и обозначения составных частей изделия указываются тремя способами:

1) на полках линий-выносок, проведенных от деталей на чертеже

общего вида; 2) в таблице, размещаемой на чертеже общего вида;

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Доп.указан.

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Материал	Доп.указ.

Рис. 1. Варианты головки таблицы перечня составных частей изделия

3) в таблице, выполненной на отдельных листках формата А4 р качестве последующих листов чертежа общего вида.

Таблица в общем случае состоит из граф: «Поз.», «Обозначение», «Кол.», «Дополнительные указания», но может включать графу «Материал», «Наименование» и другие необходимые графы (рис.1).

При наличии таблицы номера позиций составных частей изделия указывают на полках линий-выносок в соответствии с этой таблицей.

Рекомендуется следующая последовательность записи составных частей изделия в таблицу: заимствованные изделия, покупные изделия, вновь разрабатываемые изделия.

Чертеж общего вида оформляется в соответствии с правилами, установленными для рабочих чертежей (расположение номеров позиций, надписи, текст технических требований).

Схема оформления чертежа общего вида приведена на рис. 2.

При выполнении чертежа общего вида соблюдается следующая последовательность.

1. На листе бумаги определенного формата наносится внутренняя рамка и в правом нижнем углу — основная надпись в соответствии с

ГОСТ 2.104 — 68. Длина основной надписи 185 мм.

2. Над основной надписью оставляется место шириной 185 мм (как для основной надписи) для размещения таблицы составных частей изделия и текстовой части в виде технических требований и технической характеристики. Текстовую часть помещают обязательно на первом листе чертежа.

3. На поле чертежа наносятся все необходимые изображения: виды, разрезы, сечения, выносные элементы.

Выносные элементы изображения обозначают римскими цифрами.

Виды, разрезы, сечения, поверхности, размеры и другие элементы чертежа обозначают прописными буквами русского алфавита, кроме букв И, О, Х, Ъ, Ы, Ь. Буквенные обозначения присваивают в алфавитном порядке без повторения и пропусков, независимо от количества листов чертежа. В случае недостатка букв применяют цифровую индексацию (например: А, А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub>; Д - Д, Д<sub>1</sub> - Д<sub>1</sub>, Д<sub>2</sub> - Д<sub>2</sub>). Сначала буквами обозначают изображения (виды, разрезы, сечения), затем другие элементы. Размер шрифта буквенных обозначений должен быть в два раза больше величины цифр размерных чисел, применяемых на этом чертеже.

Масштаб изображения, отличающийся от проставленного в основной надписи, указывают под надписью, относящейся к изображению, например:

Вид А    Б~Б

М 1 : 2'    М5 1



Рис.2. Схема оформления чертежа общего вида

Если чертеж сложный или выполнен на нескольких листах, то в указаниях о дополнительном виде, разрезе и других приводится номер листа, на котором выполнено изображение. Над этим изображением указывается номер листа (рядом с буквенным обозначением), где отмечен этот дополнительный вид или разрез.

4. Разрабатывается таблица составных частей изделия, размещаемая или на чертеже общего вида над основной надписью (при необходимости продолжение таблицы помещают слева от основной надписи), или на отдельных листах формата А4. Ширина таблицы 185 мм.

5. На чертеже наносятся линии-выноски от каждой сборочной единицы или детали (как и на сборочном чертеже). Над полками линий-выносок наносятся номера сборочных единиц и деталей в соответствии с номерами позиций, указанными в таблице составных частей.

6. Цифры, соответствующие номерам позиций, проставляются параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения таким образом, чтобы они располагались по одной горизонтальной или вертикальной линии (насколько это возможно).

7. На чертеже проставляются габаритные, присоединительные, установочные и необходимые конструктивные размеры, причем размерные линии не должны пересекаться между собой и (по возможности) с линиями-выносками.

8. Если необходимо, на чертеже приводится схема изделия.

9. На поле чертежа над таблицей составных частей или основной надписью, если таблица отсутствует, помещается необходимая текстовая часть (технические требования, технические характеристики, которые необходимы для последующей разработки рабочих чертежей) в виде колонки шириной не более 185 мм. При

необходимости текст размещается в одну, две и более колонок (вторая и последующая колонки располагаются слева от основной надписи). Между текстовой частью и таблицей основных частей (или основной надписью) не допускается помещать изображения, другие таблицы и т.п.

Если на чертеже приводятся только технические требования, то заголовок над ними не пишется. Заголовки пишутся (но не подчеркиваются) только в случае, когда на чертеже приводятся и технические требования, и техническая характеристика.

Технические требования записывают пунктами со сквозной нумерацией (каждый из которых начинается с новой строки), группируя их по возможности в следующей последовательности:

а) требования, предъявляемые к материалу, заготовке, термической обработке и к свойствам материала готовой детали

(электрические,, магнитные, диэлектрические, твердость, влажность, гигроскопичность: и т.д.), а также указания о материалах-заменителях;

- б) размеры, предельные отклонения размеров, формы, взаимного расположения, массы и т. п.;
- в) требования к качеству поверхностей, указания об их отделке, покрытии;
- г) размеры зазоров, расположение отдельных элементов конструкции;
- д) требования, предъявляемые к настройке и регулированию изделия;
- е) другие требования к качеству изделий, например бесшумность, виброустойчивость, самоторможение и т. д.;
- ж) условия и методы испытаний;
- з) указания о маркировании и клеймении;
- и) правила транспортирования и хранения;
- к) особые качества эксплуатации;
- л) ссылки на другие документы, содержащие технические требования, распространяющиеся на данное изделие, но не приведенные на чертеже.

В технической характеристике указываются производительность аппарата, частота вращения, мощность электромотора привода и т. п.

10. На свободном поле чертежа справа от изображения или ниже его размещают необходимые таблицы (например, таблицу назначения штуцеров для химических аппаратов). Техническую характеристику также часто оформляют в виде таблицы. Если на чертеже только одна такая таблица (не считая таблицы составных частей изделия), то слово «Таблица» над ней не пишется. Если на чертеже две и более таблицы и на них имеются ссылки в технических требованиях, то над каждой таблицей справа ставят слово «Таблица» с порядковым номером (без знака №).

Все таблицы заполняются сверху вниз. Высота строк таблицы должна быть не менее 8 мм, высота головки 15 мм.

Заголовки граф таблицы начинают с прописных букв и указывают в единственном числе. Диагональное деление головки таблицы не допускается. Графу «№ п/п» в таблицу не включают. Если физические величины, числовые значения которых приведены в графах, имеют различные единицы, то последние следует указывать в заголовке каждой графы; если единицы всех величин одинаковы, принятое условное обозначение единицы физических величин помещают

над таблицей (например, «мм»); если в таблице преобладают параметры, имеющие одни и те же единицы, то сведения о других единицах физических величин дают в заголовках соответствующих граф («Масса, кг»), а над таблицей помещают обозначения преобладающих единиц («Размеры, мм»).

Повторяющийся в графе текст, состоящий из одного слова, допускается заменять кавычками; текст, состоящий из двух и более слов, при первом повторении заменяют словами «То же», а далее — кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Цифры в графах таблиц располагают, как правило, так, чтобы классы чисел во всей графе были точно один под другим. Пример оформления чертежа общего вида при веден на рис. .3, перечень составных частей изделия к нему - на рис.4.

## СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

Сборочный чертеж по ГОСТ 2.109 — 73 (СТ СЭВ 858-78, СТ СЭВ 1182 — 78) должен давать представление о расположении и взаимной связи соединяемых составных частей изделия и обеспечивать возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы.

В соответствии с ГОСТ 2.108 — 68 к сборочному чертежу составляется спецификация, выполняемая на отдельных листах формата А4.

При выполнении сборочного чертежа следует применять упрощения и условности, допускаемые стандартами ЕСКД.

Различные мелкие элементы (фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки и т. п.)\* а также зазоры между стержнем и отверстием на чертеже не показываются.

В разрезах и сечениях смежные детали штрихуются в разные стороны или в одну сторону — со смещением штрихов или с изменением расстояния между ними. На различных изображениях наклон и частота штриховки каждой детали сохраняются одинаковыми. Элементы, толщина которых на чертеже 2 мм и менее, в разрезах и сечениях зачерняются независимо от вида материала, из которого они изготавливаются.

Шарики в разрезах и сечениях всегда изображают нерассеченными. Винты, болты, заклепки, шпильки, штифты, шпонки, шайбы, гайки и другие стандартные крепежные изделия при продольном разрезе показывают нерассеченными. Непустотелые валы, шпиндели, шатуны, рукоятки; и т. п. при продольном разрезе также изображают нерассеченными: (не штрихуют и проводят все линии видимого контура). Для большей наглядности чертежа такие элементы, как спицы, маховики шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п., в разрезе не штрихуют,



если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны, этого элемента.

На разрезе в сборочном чертеже (рис.11,а) составные части изделия, представляющие собой самостоятельные единицы, изображают нерассеченными, если на них оформлены самостоятельные сборочные чертежи (рис.11,б).

Составные части изделия, в том числе заимствованные (ранее разработанные), типовые и покупные, допускается изображать упрощенными, а в разрезе — нерассеченными, вычерчивая только их контурное очертание с упрощением (без мелких выступов, впадин и т. п.), если при этом обеспечено понимание конструктивного устройства разрабатываемого изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия.

Внутри такого контурного изображения допускается проводить линии видимого контура (рис.12).

Изделия, детали которого изготовлены из однородного материала и соединены с помощью сварки, пайки, склейки и других соединений (представляют собой неразъемное соединение), в разрезах и сечениях могут изображаться тремя способами:

- 1) соприкасающиеся детали штрихуются в одну сторону с изображением границ деталей сплошными основными линиями (рис. 13,а);
- 2) соприкасающиеся детали штрихуются в одну сторону без указания границ между ними (как монолитное тело);
- 3) соприкасающиеся детали штрихуются с наклоном штрихов в разные стороны - по общим правилам штриховки смежных деталей (рис. 13,б).

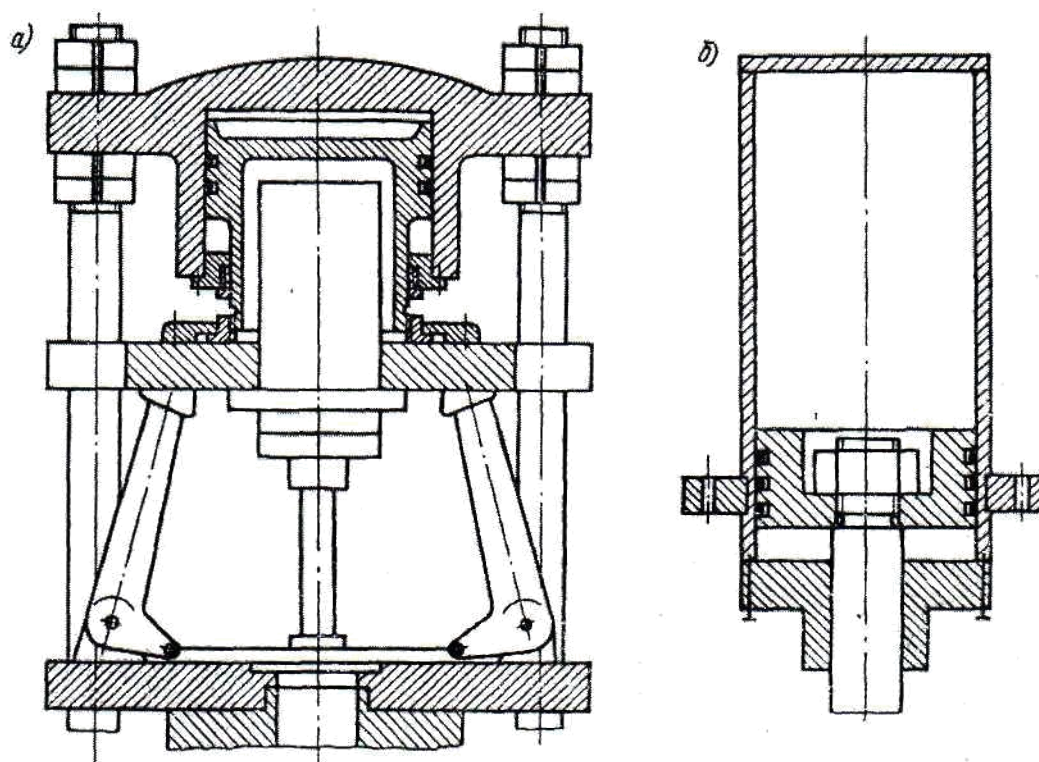


Рис.11. Чертеж сборочной единицы с упрощенным изображением составной части

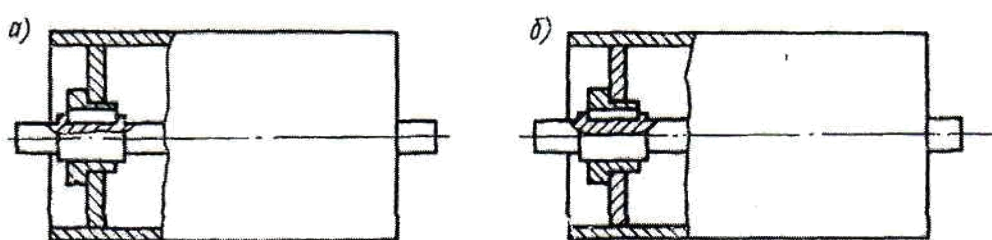


Рис.12. Упрощенное изображение типовых и покупных составных частей изделия

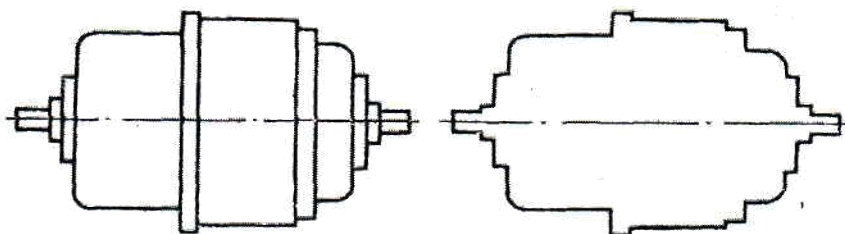


Рис.13. Варианты штриховки неразъемных соединений

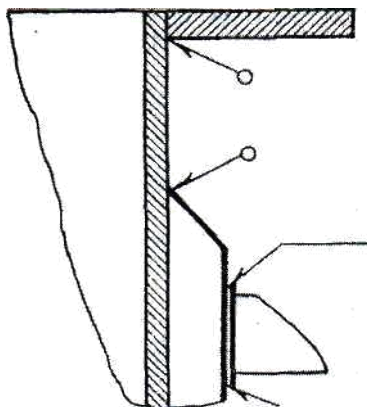


Рис.14. Штриховка неразъемных соединений, если детали выполнены из материалов, резко отличающихся по толщине

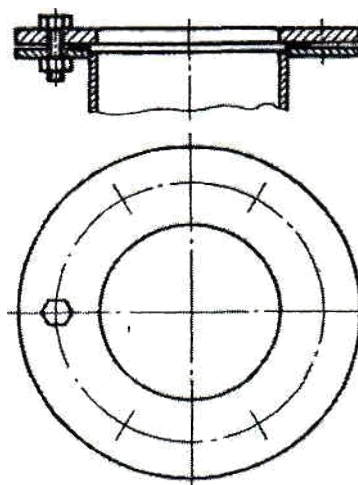


Рис.15. Условное изображение крепежных деталей; в однотипных соединениях

В первых двух случаях место сварного, паяного и других швов дополнительно никак не отмечается. Если попадающие в разрез детали изготовлены из различных материалов или если одна из них на чертеже штрихуется, а другая зачерняется (толщина ее не больше 2 мм), то место сварки отмечается линией-выноской, заканчивающейся односторонней стрелкой (рис. 14).

Обозначения сварки наносятся в соответствии с ГОСТ 2.312 — 72, пайки, склейки и т. п. — в соответствии с ГОСТ 2.313-68.

По ГОСТ 2.315 — 68 крепежные детали изображают упрощенно или условно (если диаметр стержня болта, винта и т. п. на чертеже равен 2 мм и менее). Если на чертеже имеется ряд однотипных соединений, то крепежные детали, входящие в эти соединения, показывают условно или упрощенно в одном-двух местах каждого соединения, а в остальных — центровыми или осевыми линиями (рис. 15).

По ГОСТ 2.401—68 пружины на чертежах изображают с правой навивкой. Витки винтовой цилиндрической или конической пружины на виде изображают прямыми линиями, соединяющими соответствующие участки контуров. В разрезе допускается изображать только сечения витков. Если число витков пружины более четырех, то с каждого конца пружины показывают только один-два витка, не считая опорных. Остальные витки не изображают, а проводят осевые линии через центры сечений витков по всей длине пружины. Если диаметр проволоки или толщина сечения материала на чертеже 2 мм и менее, то пружину изображают сплошной основной линией.

Изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображенной сечениями витков, показывают только до зоны, условно закрывающей эти изделия и определяемой осевыми линиями сечений витков (рис. 16).

Подшипники в осевых разрезах и сечениях допускается изображать упрощенно в соответствии с ГОСТ 2.420-69. Зубчатые или червячные зацепления изображают так, как установлено в ГОСТ 2.402-6. При изображении шлицевых соединений на чертежах пользуются различными условностями по ГОСТ 2.409-74.

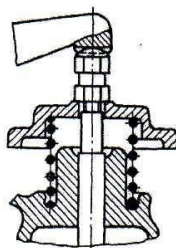


Рис. 16. Условность в изображении изделия, расположенного за винтовой пружиной

## НАНЕСЕНИЕ НОМЕРОВ ПОЗИЦИЙ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ИЗДЕЛИЯ

Номера позиций наносятся в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-73 (СТ СЭВ 858-78, СТ СЭВ 1182 — 78). На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации (на чертеже общего вида — в соответствии с номерами позиций, указанными в таблице перечня составных частей изделия). От каждой составной части проводится линия-выноска, один конец которой (пересекающей линию контура) заканчивается точкой, другой — полкой. Линии-выноски проводятся от видимых проекций составных частей изделия, изображенных на основных видах или заменяющих их разрезах. Линия-выноска и полка проводятся сплошной тонкой линией. Номера сборочных единиц, деталей

и тому подобных элементов наносятся над полками линий-выносок в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации (или в соответствующей таблице), т. е. на чертеже они оказываются расположенными вразбивку. Линии-выноски не должны быть параллельными линиям штриховки, не должны пересекаться между собой

и с размерными линиями. Допускается проводить линии-выноски с одним изломом. Цифры, обозначающие номера позиций, наносятся параллельно основной надписи чертежа на одной вертикальной или горизонтальной прямой шрифтом, размер которого на один-два номера больше, чем у размерных чисел. Номер позиций наносят на чертеже один раз, в случае необходимости допускается указывать его повторно. Допускается общая линия-выноска с вертикальным расположением номеров позиций:

1) для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления (рис. 17), причем если разные составные части крепятся одинаковыми крепежными деталями, то после номера соответствующей позиции допускается проставлять в скобках количество этих крепежных деталей;

2) для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключаяющей различное понимание, и при невозможности подвести линию-выноску к каждой составной части; в этих случаях линию-выноску отводят от закрепляемой составной части (рис. 18);

3) для отдельных составных частей изделия, которые из-за трудности их графического изображения на чертеже не показывают, местонахождение определяется с помощью линии-выноски от видимой составной части изделий, с которой данная составная часть контактирует. В технических требованиях чертежа помещают соответствующее указание типа:

*Жгуты поз. 12 под скобками обернуть прессшпаном поз.*

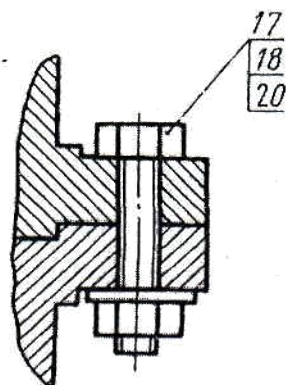


Рис.17. Обозначение крепежных деталей, относящихся к одному месту крепления

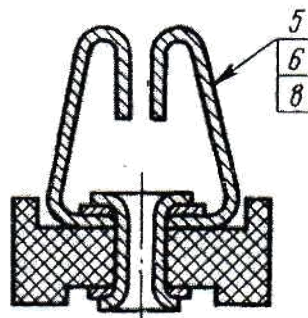


Рис. 18. Обозначение группы взаимосвязанных деталей при невозможности подвести линию-выноску к каждой из них

### Спецификация.

ГОСТ 2.108 — 68 устанавливает форму и порядок заполнения спецификации конструкторских документов на изделия всех отраслей промышленности. *Спецификацией* называется таблица, содержащая перечень всех составных частей, входящих в данное специфицируемое изделие, а также конструкторских документов, относящихся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям. Спецификацию составляют на отдельных листах формата А4 (210 x 297 мм) на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект (рис. 4); на заглавном листе основная надпись выполняется по форме 2, а на последующих — по форме 2а.

Спецификация определяет состав сборочной единицы, комплекса и комплекта и необходима для их изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство указанных изделий. В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также в конструкторские документы. Спецификация состоит из разделов, которые располагают в следующей последовательности: «Документация», «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы», «Комплекты». Наличие тех или иных разделов в таблице спецификации определяется составом специфицируемого изделия. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают тонкой линией (рис. 4). Ниже каждого заголовка должна быть оставлена одна свободная строка, выше — не менее одной свободной строки. Заполнение граф спецификации производится сверху вниз следующим образом.

В графе «Формат» указывают форматы документов, обозначения которых записывают в графе «Обозначение». Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе оставляют звездочку, а в графе «Примечание» перечисляют все форматы. Для документов, записанных в разделы «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы», графу не заполняют. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе указывают БЧ (без чертежа).

В графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится записываемая составная часть (при разбивке поля чертежа на зоны по ГОСТ 2.104—68).

В графе «Поз.» указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих, в специфицируемое изделие, в последовательности записи их в спецификации. Для разделов «Документация» и «Комплекты» графу не заполняют.

В графе «Обозначение» указывают: в разделе «Документация» обозначение записываемых документов по ГОСТ 2.201 — 80, в разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» графу не заполняют.

В графе «Наименование» указывают:

а) в разделе «Документация» для документов, входящих в основной комплект документов специфицируемого изделия и составляемых на данное изделие, только наименование документов, например: «Сборочный чертеж», «Габаритный чертеж», «Технические условия» и т. п.;

б) в разделах «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали», «Комплекты» — наименование изделий в соответствии с основной надписью на основных конструкторских документах этих изделий (для деталей, например: «Корпус крана», «Втулка», «Крышка», «Палец» и т. д.); в наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например «Колесо зубчатое»; в наименование изделий, как правило, не включают сведений о назначении и местоположении изделий; для деталей, на которые не выпущены чертежи, указывают наименование и материал, а также размеры, необходимые для их изготовления;

в) в разделе «Стандартные изделия» — наименование и обозначение изделий в соответствии со стандартами на эти изделия, например «Болт М 12 х 70.58 ГОСТ 7805 — 70»;

г) в разделе «Прочие изделия» — наименование и условные обозначения изделий в соответствии с документами на их поставку с указанием обозначений этих документов;

д) в разделе «Материалы» — обозначения материалов, установленные в стандартах и технических условиях на эти материалы.



Для записи ряда изделий и материалов, отличающихся размерами и другими данными и применяемых по одному и тому же документу (и записываемых в спецификацию за обозначением этого же документа), общую часть наименования этих изделий или материалов с обозначением указанного документа допускается записывать на каждом листе спецификации один раз в виде общего наименования (заголовка).

Под общим наименованием записывают для каждого из указанных изделий и материалов только их параметры и размеры.

В графе «Кол.» указывают: для составных частей изделия, записываемых в спецификацию, — количество их на одно специфицируемое изделие; в разделе «Материалы» — общее количество материалов на одно специфицируемое изделие с указанием единицы величины. Допуск единицы величины записывать в графе «Примечание» в непосредственной близости от графы «Кол.». В разделе «Документация» графу не заполняют.

В графе «Примечание» указывают: дополнительные сведения для планирования и организации производства, а также другие сведения, относящиеся к записанным в спецификацию изделиям, материалам и документам, например для деталей, на которые не выпущены чертежи, массу.

После каждого раздела спецификации необходимо оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей (в зависимости от стадии разработки, объема записей и т. п.). Допускается резервировать и номера позиций, которые проставляют в спецификацию при заполнении резервных строк.

Если сборочную единицу изготавливают наплавкой или заливкой деталей сплавом, резиной и другими материалами и чертят на формате А4 (210 х 297 мм), спецификацию и изображение допускается изображать на одном листе.

Спецификацию к ремонтным чертежам допускается составлять на поле чертежа на каждую сборочную единицу, комплекс или комплект. Основную надпись выполняют по форме 1 (ГОСТ 2.104 — 68). Спецификацию заполняют в том же порядке и по той же форме, что и спецификацию, выполненную на отдельных листах. Сборочному чертежу, совмещенному со спецификацией, шифр не присваивают. Более подробные сведения см. в ГОСТ 2.Ю8-68.

## МОНТАЖНЫЙ ЧЕРТЕЖ

Монтажный чертеж выполняют по правилам, установленным для сборочных чертежей с учетом дополнительных правил, разработанных для монтажных чертежей.

Монтируемое изделие изображается упрощенно, внешними очертаниями, за исключением тех элементов конструкции, которые

необходимы для правильного монтажа и выполняются с необходимыми подробностями. Устройство, к которому крепится изделие (объект, фундамент), изображается упрощенно сплошными тонкими линиями, как «обстановка».

Наименование и обозначение устройства, к которому крепится монтируемое изделие, указывают на полке линии-выноски или Непосредственно на изображении.

На монтажном чертеже указывают присоединительные, установочные и прочие необходимые размеры с предельными отклонениями: Перечень составных частей изделия, необходимых для монтажа, размещается на первом листе чертежа над основной надписью (таблица перечня может быть выполнена по форме 1, ГОСТ 2.108 — 68, за исключением граф «Формат» и «Зона»). В перечень записывают монтируемое изделие, а также сборочные единицы, детали и материалы, необходимые для монтажа.

Вместо перечня допускается указывать обозначения этих составных частей на полках линий-выносок.

### ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ

Габаритный чертеж выполняют с максимальными упрощениями, но так, чтобы были видны крайние положения перемещающихся, выдвигаемых или откидываемых частей, рычагов, кареток, крышек на петлях и т. п. Элементы, незначительно выступающие за основной контур, допускается не показывать. Количество видов должно быть минимальным, но достаточным, чтобы дать представление о внешних очертаниях изделия и его выступающих элементах. Изображения изделия выполняют сплошными основными линиями, а очертания частей, перемещающихся в крайние положения — тонкими штрихпунктирными с двумя точками. На габаритном чертеже допускается изображать тонкими линиями «обстановку» — детали и сборочные единицы, не входящие в состав изделия.

На габаритном чертеже наносят габаритные, установочные и присоединительные размеры, определяющие положение выступающих частей, не указывая, что все эти размеры справочные. Установочные и присоединительные размеры, необходимые для увязки с другими изделиями должны быть с предельными отклонениями. Допускается указывать координаты центра тяжести. На габаритном чертеже можно указывать условия применения, хранения, транспортирования и эксплуатации изделия.

## 3.1 Семинарское занятие №9 ( 2 часа).

**Тема: «Понятие о компьютерной графике»**

### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Графические редакторы
2. Построение чертежа детали в программе Компас.

### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

#### 1. Геометрическое моделирование и графические редакторы

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

## Криволинейные системы координат

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

## Декартовы прямоугольные системы координат

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

## Полярные системы координат

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

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

и обратно:

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

## Цилиндрические системы координат

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

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

и обратно:

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

### Сферические системы координат

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

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

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

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

и обратно

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

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

Точки отрезка  $z$  можно описать уравнением:

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

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

$$p \cdot \vec{OB} + (1-p) \cdot \vec{OC} = \vec{A},$$

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

$$p x_1 + (1-p) x_2 = x$$

$$p y_1 + (1-p) y_2 = y$$

Из первого уравнения находим  $p$ , подставляем во второе: если получаем равенство и

$$0 \leq p \leq 1, \text{ то } A \text{ на отрезке, иначе - нет.}$$

### Проверка принадлежности точки прямой

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

### Вычисление расстояния от точки до плоскости

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

При изучении курса «Компьютерная графика» предполагается, что студенты имеют навыки работы на персональном компьютере в рамках курса «Информатика». Обладают минимальными навыками пользования ЭВМ, умеют запускать на исполнение необходимый пакет или программу, работать с клавиатурой и устройством указания – мышью, открывать и сохранять файлы на диске, а также копировать их на флеш-носители.

## 2. Построение чертежа детали в программе Компас

### 1. Войдите в справочную систему пакета КОМПАС LT на закладку

**Содержание.** Раскройте книгу **Общие сведения о системе** и изучите разделы **Интерфейс системы**,

### Управление документами и Управление курсором.

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

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

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

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

В папке **Tutorial** пакета КОМПАС откройте файл фрагмента 2.01 (рис. 1)

и выполните упражнение по использованию страницы **Геометрические построения** инструментальной панели (команды **Ввод прямоугольника**, **Ввод отрезка**, **Ввод окружности**). Сохраните результат под тем же именем в отдельную папку на диске (назовите ее **Решения**, или по своей фамилии).



Рисунок 1 – Файл фрагмента 2-01

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

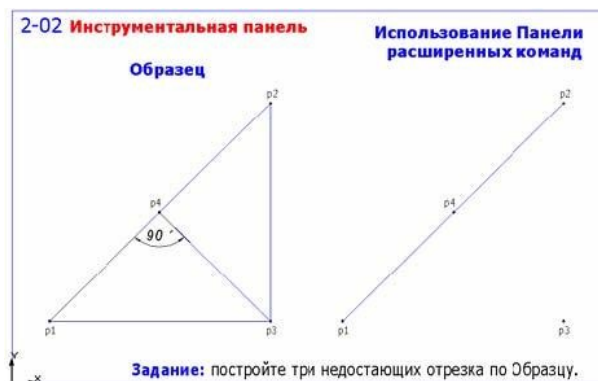


Рисунок – Файл фрагмента 2-02

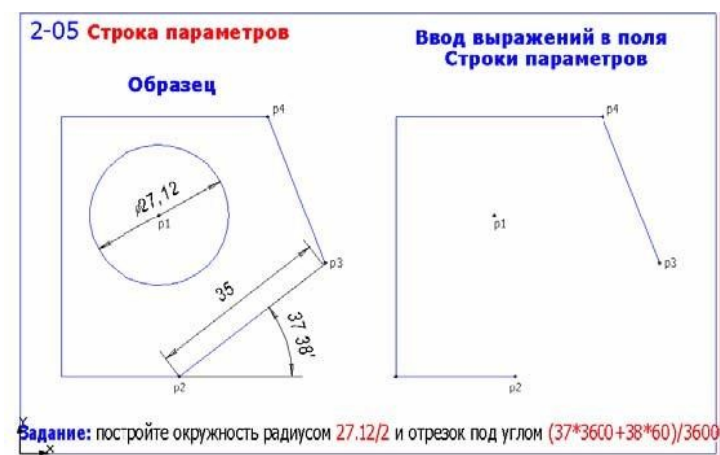
5. Откройте файл фрагмента 2.03 (рис. 3) и выполните упражнение с использованием режима автоматического создания объектов. Отмените выполненные действия командой **Отменить**. Отключите режим автоматического создания объектов на панели специального управления и повторите построения в режиме ручного создания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



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



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



### 3.1 Семинарское занятие №10 ( 2 часа).

#### Тема: «Методы проецирования»

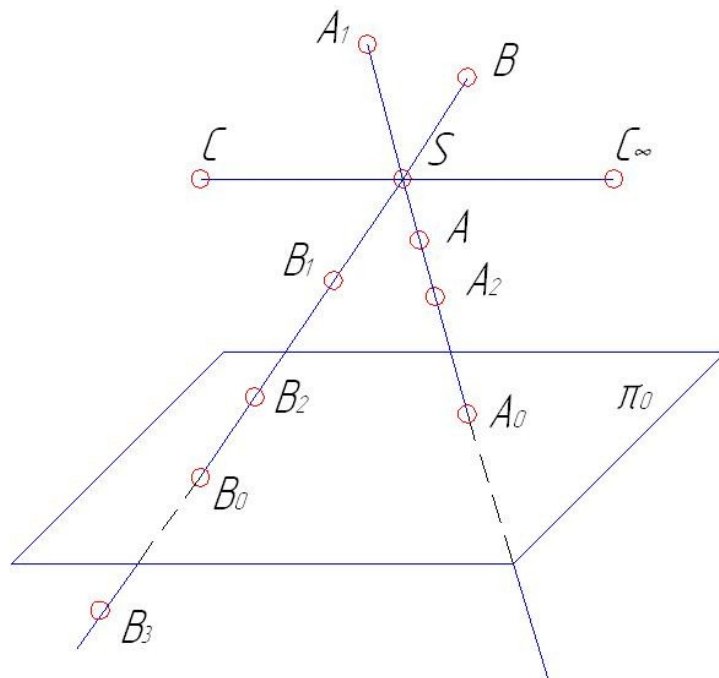
##### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Центральное проецирование.
2. Параллельное прямоугольное проецирование.
3. Параллельное косоугольное проецирование.

##### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

###### 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.

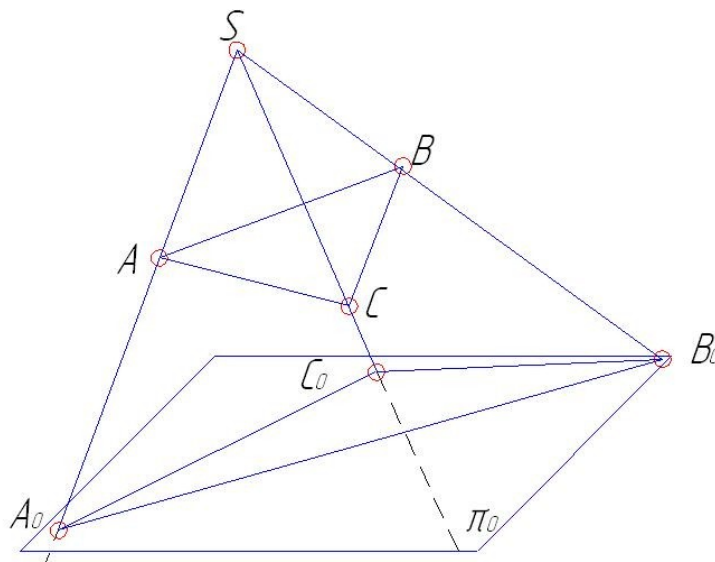
2.1. случае параллельности проецирующего луча плоскости проекций точка  
4 будет иметь центральную проекцию, но удаленную бесконечно далеко.

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

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

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

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



#### Свойства центрального проецирования:

1. При центральном проецировании: а) точка проецируется в точку;

б) прямая, не проходящая через центр проекций, проецируется в прямую (проецирующая прямая - в точку);

в) плоская (двумерная) фигура, не принадлежащая проецирующей плоскости, проецируется в виде двумерной фигуры (фигуры, принадлежащие проецирующей плоскости, проецируются вместе с ней в виде прямой);

г) трехмерная фигура отображается двумерной.

2. Центральные проекции фигур сохраняют взаимную принадлежность и непрерывность.

3. При заданном центре проецирования проекции фигуры на параллельных плоскостях подобны.

### **Параллельное проецирование.**

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

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

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

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

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

## **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.

### **3.1 Семинарское занятие №1 ( 2 часа).**

**Тема: «Метод Монжа»**

#### **3.1.1 Вопросы к занятию:**

1. Проецирование точки на две плоскости проекций
2. Точка в четверти

#### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

**Правила оформления:**

1) *Тип линий*

- проекций треугольника и треугольника в пространстве – сплошная основная;

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

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

2) *Размер шрифта на чертеже:*

- буквенных обозначений – 7;

- цифровая градуировка осей координат – 5.

3) *Обозначения на чертеже:*

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

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

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



Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z
1	A	90	0	65	16	A	65	20	10
	B	50	70	0		B	10	0	20
	C	20	35	35		C	0	60	60
2	A	100	0	0	17	A	70	60	0
	B	60	0	70		B	45	10	50
	C	0	60	20		C	0	10	20
3	A	90	40	50	18	A	70	45	60
	B	60	60	0		B	40	55	0
	C	20	0	50		C	0	10	45
4	A	90	60	0	19	A	65	0	20
	B	30	60	0		B	40	55	5
	C	0	0	70		C	0	5	50
5	A	80	0	80	20	A	60	10	60
	B	80	50	0		B	45	55	15
	C	0	0	80		C	0	25	5
6	A	70	50	40	21	A	60	20	65
	B	0	0	80		B	45	50	20
	C	0	90	0		C	5	10	10
7	A	110	0	20	22	A	65	0	15
	B	30	20	85		B	40	55	0
	C	30	80	20		C	0	20	40
8	A	100	0	0	23	A	60	30	65
	B	60	50	50		B	45	60	10
	C	80	60	0		C	5	20	10
9	A	90	10	80	24	A	75	0	25
	B	90	60	15		B	30	50	5
	C	0	10	45		C	10	20	60
10	A	0	25	80	25	A	80	10	20
	B	0	25	10		B	45	70	0
	C	80	60	0		C	0	40	45
11	A	30	85	30	26	A	65	55	20
	B	30	20	30		B	25	5	5
	C	100	35	0		C	0	25	50
12	A	110	50	15	27	A	75	25	5
	B	30	0	65		B	35	65	55
	C	0	80	15		C	0	0	25
13	A	110	65	25	28	A	80	40	0
	B	70	0	80		B	0	70	20
	C	0	0	0		C	30	0	45
14	A	80	100	60	29	A	75	15	30
	B	0	0	60		B	35	50	60
	C	0	60	60		C	0	20	0
15	A	80	0	75	30	A	75	0	35
	B	80	70	15		B	0	15	65
	C	0	40	0		C	25	40	0

### 3.1 Семинарское занятие №12 ( 2 часа).

#### Тема: «Следы прямой линии»

##### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Следы прямой.
2. Угол наклона прямой к плоскости.
3. Метод прямоугольного треугольника.

##### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

###### Правила оформления:

###### 1) Тип линий

- проекций отрезков прямых линий – сплошная основная;
- натуральных величин отрезков – сплошная основная цветным карандашом; —
- осей координат, продолжений проекций – сплошная тонкая толщиной  $2^s$  ;
- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $3^s \dots 5^s$  . — —

###### 2) Размер шрифта на чертеже: -

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

###### 3) Обозначения на чертеже:

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

1.2. горизонтального, фронтального и профильного следа прямой линии - соответственно М, N, Р;

1.3. углов наклона прямой к горизонтальной, фронтальной и профильной плоскостям проекций – соответственно  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ ;

- натуральной величины отрезка – АВ\*;
- октант пространства – римскими цифрами (I, II, 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		
		X	Y	Z			X	Y	Z
1	A	90	0	65	16	A	65	20	10
	B	50	70	0		B	10	0	20
	C	20	35	35		C	0	60	60
2	A	100	0	0	17	A	70	60	0
	B	60	0	70		B	45	10	50
	C	0	60	20		C	0	10	20
3	A	90	40	50	18	A	70	45	60
	B	60	60	0		B	40	55	0
	C	20	0	50		C	0	10	45
4	A	90	60	0	19	A	65	0	20
	B	30	60	0		B	40	55	5
	C	0	0	70		C	0	5	50
5	A	80	0	80	20	A	60	10	60
	B	80	50	0		B	45	55	15
	C	0	0	80		C	0	25	5
6	A	70	50	40	21	A	60	20	65
	B	0	0	80		B	45	50	20
	C	0	90	0		C	5	10	10
7	A	110	0	20	22	A	65	0	15
	B	30	20	85		B	40	55	0
	C	30	80	20		C	0	20	40
8	A	100	0	0	23	A	60	30	65
	B	60	50	50		B	45	60	10



	C	80	60	0		C	5	20	10
9	A	90	10	80	24	A	75	0	25
	B	90	60	15		B	30	50	5
	C	0	10	45		C	10	20	60
10	A	0	25	80	25	A	80	10	20
	B	0	25	10		B	45	70	0
	C	80	60	0		C	0	40	45
11	A	30	85	30	26	A	65	55	20
	B	30	20	30		B	25	5	5
	C	100	35	0		C	0	25	50
12	A	110	50	15	27	A	75	25	5
	B	30	0	65		B	35	65	55
	C	0	80	15		C	0	0	25
13	A	110	65	25	28	A	80	40	0
	B	70	0	80		B	0	70	20
	C	0	0	0		C	30	0	45
14	A	80	100	60	29	A	75	15	30
	B	0	0	60		B	35	50	60
	C	0	60	60		C	0	20	0
15	A	80	0	75	30	A	75	0	35
	B	80	70	15		B	0	15	65
	C	0	40	0		C	25	40	0

### 3.1 Семинарское занятие №13 ( 2 часа).

#### Тема: «Плоскость»

##### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Плоскость на эюре.
2. Плоскость общего и частного положения.

##### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

###### Правила оформления:

###### 1) Тип линий

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

###### 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  $h'_{oABC}$ ,  $f''_{oABC}$ ,  $p'''_{oABC}$ ;
- точек схода следов по осям X, Y и Z соответственно  $X_{oABC}$ ,  $Y_{oABC}$  и  $Z_{oABC}$ .

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

### 3.1 Семинарское занятие №14 ( 2 часа).

#### Тема: «Пересечение плоскостей»

##### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Параллельность плоскостей.
2. Пересечение плоскостей частного положения.

##### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

###### Задачи работы:

- 1) Определить на эпюре Монжа расстояние от точки  $D$  до плоскости треугольника  $ABC$ ;
- 2) Через точку  $E$ , удаленную от плоскости треугольника  $ABC$  на 35 мм построить плоскость параллельную данной;
- 3) Через точку  $B$  провести плоскость, перпендикулярную стороне треугольника  $AC$ ;
- 4) Оформить чертеж по всем правилам оформления, предусмотренным ЕСКД (единой системой конструкторской документации).

###### 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  $2^s$  ;  
— —
- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $3^s \dots 5^s$  .

###### 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  $h'_{oABC}$ ,  $f''_{oABC}$ ,  $p'''_{oABC}$ ;
- 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
3	A	70	60	45	13	A	80	0	40	23	A	75	0	25
	B	40	0	55		B	0	20	70		B	30	50	5
	C	0	45	10		C	30	45	0		C	10	20	60
	D	65	15	0		D	70	55	65		D	60	55	55
4	A	65	20	0	14	A	70	10	20	24	A	80	10	20
	B	40	5	55		B	50	45	50		B	45	70	0
	C	0	50	5		C	0	25	10		C	0	40	45
	D	70	65	55		D	60	55	0		D	10	15	0
5	A	60	60	10	15	A	65	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	15	55		B	10	0	20		B	25	5	5
	C	0	5	25		C	0	60	60		C	0	25	50

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

## 1.1 Семинарское занятие №15 ( 2 часа).

**Тема: «Взаимное положение прямой линии и плоскости»**

### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Параллельность прямой и плоскости
2. Определение расстояния от точки до плоскости

### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

#### **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 М, N, Р;
- 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
3	A	70	60	45	13	A	80	0	40	23	A	75	0	25
	B	40	0	55		B	0	20	70		B	30	50	5
	C	0	45	10		C	30	45	0		C	10	20	60
	D	65	15	0		D	70	55	65		D	60	55	55
4	A	65	20	0	14	A	70	10	20	24	A	80	10	20
	B	40	5	55		B	50	45	50		B	45	70	0
	C	0	50	5		C	0	25	10		C	0	40	45
	D	70	65	55		D	60	55	0		D	10	15	0
5	A	60	60	10	15	A	65	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	15	55		B	10	0	20		B	25	5	5
	C	0	5	25		C	0	60	60		C	0	25	50
	D	10	45	55		D	35	5	70		D	60	10	55
6	A	60	65	20	16	A	70	20	0	26	A	75	25	5
	B	45	20	80		B	45	10	50		B	35	65	55
	C	5	10	10		C	0	10	20		C	0	0	25
	D	70	20	10		D	20	55	50		D	65	0	55
7	A	65	15	0	17	A	70	45	60	27	A	80	40	0
	B	40	0	55		B	40	55	0		B	0	70	20
	C	0	40	20		C	0	10	45		C	30	0	45
	D	55	60	50		D	65	0	15		D	70	65	55
8	A	60	65	30	18	A	65	0	20	28	A	65	10	20
	B	45	10	60		B	40	55	55		B	45	70	40
	C	5	10	20		C	0	5	50		C	10	45	0
	D	75	15	10		D	70	55	65		D	70	65	55
9	A	75	25	0	19	A	60	10	60	29	A	70	0	60
	B	30	5	50		B	45	55	15		B	40	5	20
	C	10	60	20		C	0	25	5		C	0	60	5
	D	60	55	55		D	10	55	45		D	45	50	5
10	A	80	20	10	20	A	60	20	65	30	A	65	60	45
	B	45	0	70		B	45	50	20		B	10	20	0
	C	0	45	40		C	5	10	10		C	0	20	10
	D	10	0	15		D	70	10	20		D	65	15	0

## 1.1 Семинарское занятие №16 ( 2 часа).

### Тема: «Способ замены плоскостей проекций»

#### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Определение натуральной величины отрезка и углов наклона прямой к плоскости.
2. Перевод прямой общего положения в проецирующее положение.
3. Перевод плоской фигуры общего положения в проецирующее положение.
4. Определение натурального вида плоской фигуры общего положения.

#### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

##### 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  $2^s$  ; — —
- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $3^s \dots 5^s$  .

###### 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

## 1.1 Семинарское занятие №17 ( 2 часа).

### Тема: «Способ вращения»

#### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Определение натуральной величины отрезка и углов наклона прямой к плоскости.
2. Перевод прямой общего положения в проецирующее положение.
3. Перевод плоской фигуры общего положения в проецирующее положение.
4. Определение натурального вида плоской фигуры общего положения.

#### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

##### 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  $2^s$  ; —
- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $3^s \dots 5^s$  . —

###### 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.

Разработал: ст. преподаватель кафедры «Инженерная графика» Сорокин А.А.

### 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

### 3.1 Семинарское занятие №18 ( 2 часа).

#### Тема: «Проецирование гранных тел»

##### 3.1.1 Вопросы к занятию:

1. Сечение призмы плоскостью частного положения.
2. Сечение призмы плоскостью общего положения.
3. Развертка призмы.

##### 3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:

###### 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  $2^s$  ; — —
- линий связи – сплошная тонкая толщиной  $3^s \dots 5^s$  .

###### 2) Размер шрифта на чертеже:

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

###### 3) Обозначения на чертеже:

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (А, В, С);
- секущей плоскости –  $\alpha$  (точки схода следов -  $X_{\alpha\alpha}$ ,  $Y_{\alpha\alpha}$ ,  $Z_{\alpha\alpha}$ );
- 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>оα</sub>	0	60	0		Y <sub>оα</sub>	0	55	0		Y <sub>оα</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>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0		X <sub>оα</sub>	80	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	60		Z <sub>оα</sub>	0	0	45		Z <sub>оα</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>оα</sub>	95	0	0		X <sub>оα</sub>	100	0	0		X <sub>оα</sub>	70	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</sub>	0	0	50		Z <sub>оα</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>оα</sub>	90	0	0		X <sub>оα</sub>	110	0	0		X <sub>оα</sub>	95	0	0
	Z <sub>оα</sub>	0	0	75		Z <sub>оα</sub>	0	0	70		Z <sub>оα</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