

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.Б.09 Начертательная геометрия и инженерная графика

Направление подготовки 35.03.06. Агроинженерия

Профиль образовательной программы «Электрооборудование и электротехнологии»

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Конспект лекций	4
1.1	Лекция № 1 Методы проецирования	4
1.2	Лекция № 2 Метод Монжа	7
1.3	Лекция № 3 Проецирование прямой линии	9
1.4	Лекция № 4 Проецирование прямой линии	12
1.5	Лекция № 5 Следы прямой линии	14
1.6	Лекция № 6 Плоскость	15
1.7	Лекция № 7 Плоскость	18
1.8	Лекция № 8 Пересечение плоскостей	21
1.9	Лекция № 9 Взаимное положение прямой линии и плоскости	23
1.10	Лекция № 10 Взаимное положение прямой линии и плоскости	24
1.11	Лекция № 11 Способ замены плоскостей проекций	27
1.12	Лекция № 12 Способ вращения	30
1.13	Лекция № 13 Проецирование гранных тел	31
1.14	Лекция № 14 Проецирование гранных тел	33
1.15	Лекция № 15 Проецирование тел вращения	35
1.16	Лекция № 16 Проецирование тел вращения	40
1.17	Лекция № 17 Компьютерное моделирование	44
2.	Методические материалы по выполнению лабораторных работ	48
2.1	Лабораторная работа № ЛР-1 ЕСКД	48
2.2	Лабораторная работа № ЛР-2 Методы проецирования	63
2.3	Лабораторная работа № ЛР-3 Метод Монжа	66
2.4	Лабораторная работа № ЛР-4 Проецирование прямой линии	68
2.5	Лабораторная работа № ЛР-5 Следы прямой линии	70
2.6	Лабораторная работа № ЛР-6 Плоскость	72
2.7	Лабораторная работа № ЛР-7 Плоскость	74
2.8	Лабораторная работа № ЛР-8 Пересечение плоскостей	76
2.9	Лабораторная работа № ЛР-9 Пересечение плоскостей	78
2.10	Лабораторная работа № ЛР-10 Взаимное положение прямой линии и плоскости	80
2.11	Лабораторная работа № ЛР-11 Взаимное положение прямой линии и плоскости	82
2.12	Лабораторная работа № ЛР-12 Способ замены плоскостей проекций	84
2.13	Лабораторная работа № ЛР-13 Способ вращения	86
2.14	Лабораторная работа № ЛР-14 Проецирование гранных тел	88
2.15	Лабораторная работа № ЛР-15 Проецирование гранных тел	91
2.16	Лабораторная работа № ЛР-16 Проецирование тел вращения	94
2.17	Лабораторная работа № ЛР-17 Проецирование тел вращения	97
2.18	Лабораторная работа № ЛР-18 Правила оформления чертежей	100
2.19	Лабораторная работа № ЛР-19 ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды	121
2.20	Лабораторная работа № ЛР-20 ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды	125
2.21	Лабораторная работа № ЛР-21 ГОСТ 2.305-68 Изображения – разрезы	126
2.22	Лабораторная работа № ЛР-22 ГОСТ 2.305-68 Изображения – сечения	131
2.23	Лабораторная работа № ЛР-23 ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции	134
2.24	Лабораторная работа № ЛР-24 ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции	136
2.25	Лабораторная работа № ЛР-25 Сопряжения, лекальные кривые	146
2.26	Лабораторная работа № ЛР-26 Сопряжения, лекальные кривые	148
2.27	Лабораторная работа № ЛР-27 ГОСТ 2.311-68 Изображение резьбы	151
2.28	Лабораторная работа № ЛР-28 Болтовые соединения	156
2.29	Лабораторная работа № ЛР-29 Шпилечные соединения	160
2.30	Лабораторная работа № ЛР-30 Винтовые соединения	163

2.31	Лабораторная работа № ЛР-31	Конструкторская документация.....	165
2.32	Лабораторная работа № ЛР-32	Конструкторская документация.....	170
2.33	Лабораторная работа № ЛР-33	Конструкторская документация.....	173
2.34	Лабораторная работа № ЛР-34	Понятие о компьютерной графике	181

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1.1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Методы проецирования»

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Введение.
2. Методы проецирования.
3. Метод параллельного прямоугольного проецирования.

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.

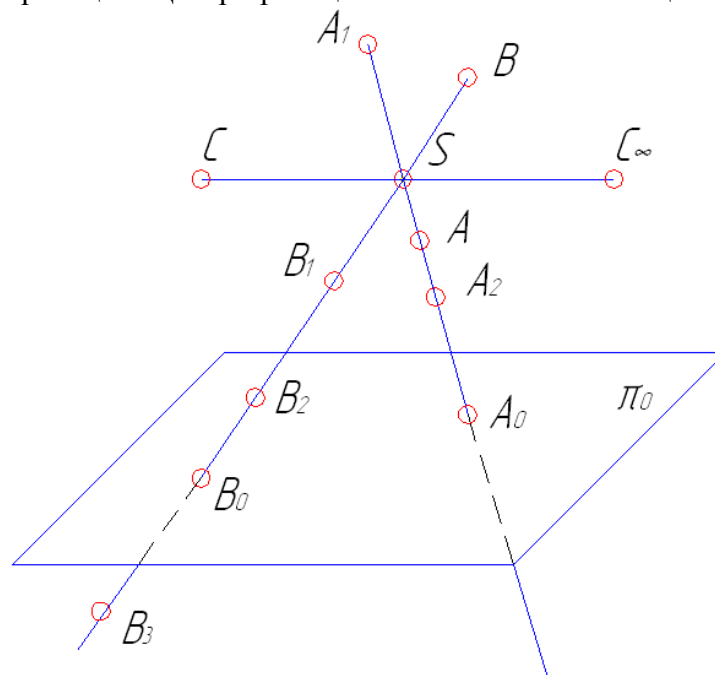
Умения и навыки, приобретенные в процессе изучения начертательной геометрии, используются в последующем при изучении дисциплин, связанных с построением чертежей.

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.



π_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 π_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.

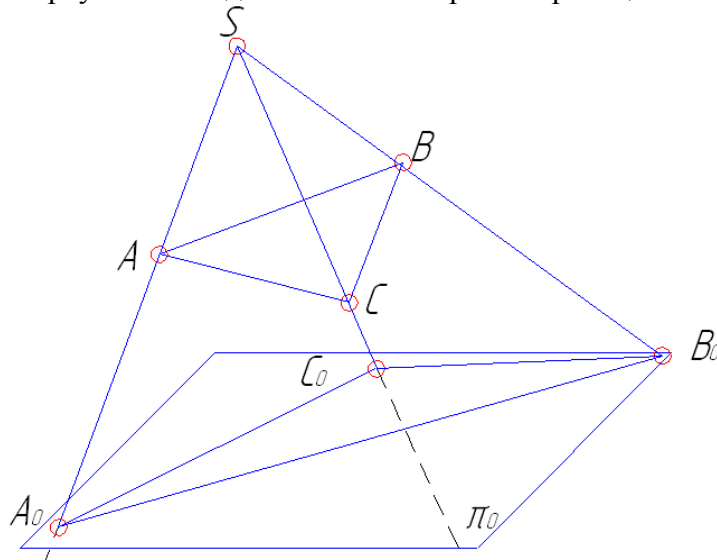
В случае параллельности проецирующего луча плоскости проекций точка C будет иметь центральную проекцию, но удаленную бесконечно далеко.

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.

1.2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Метод Монжа»

1.2.1 Вопросы лекции:

1. Общие сведения.
2. Проецирование точки на две плоскости проекций.
3. Проецирование точки на три плоскости проекций.

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

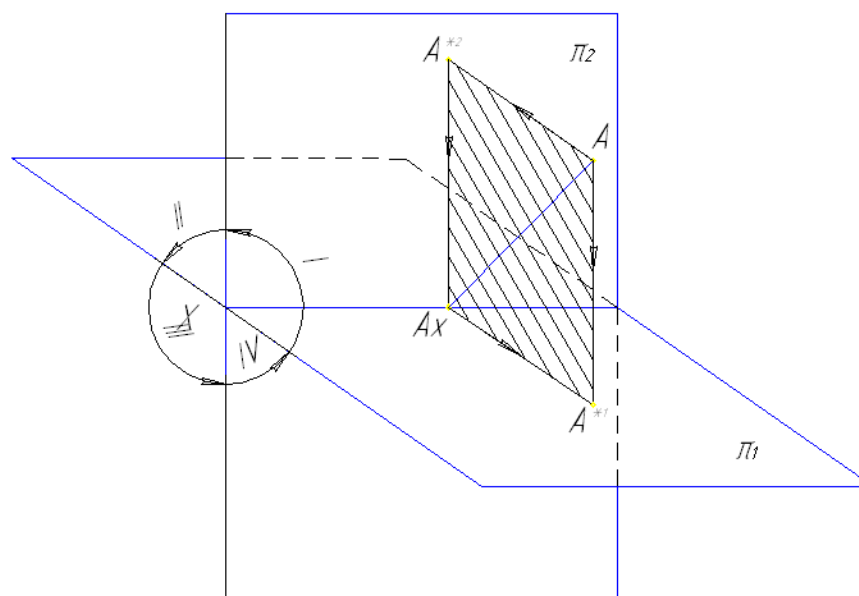
1. Общие сведения

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

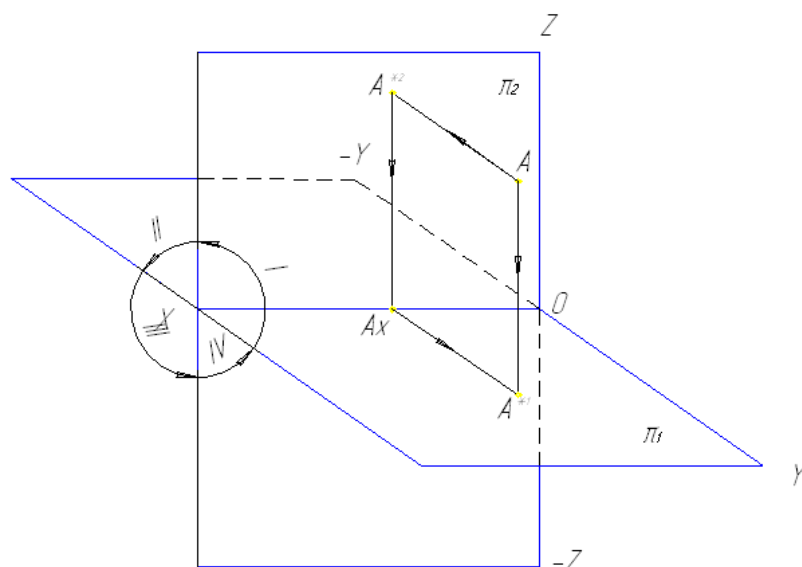
2. Проецирование точки на две плоскости проекций.

Для удобства проецирования в качестве двух плоскостей проекций выбирают две взаимно перпендикулярные плоскости. Одну из них располагают горизонтально (горизонтальная плоскость проекций π_1), другую – вертикально (фронтальная плоскость проекций π_2). Линия пересечения этих плоскостей называется осью проекций и обозначается буквой **X** или комбинацией букв π_2/π_1 .

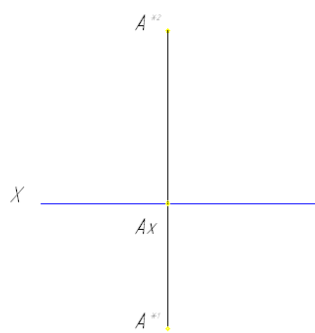
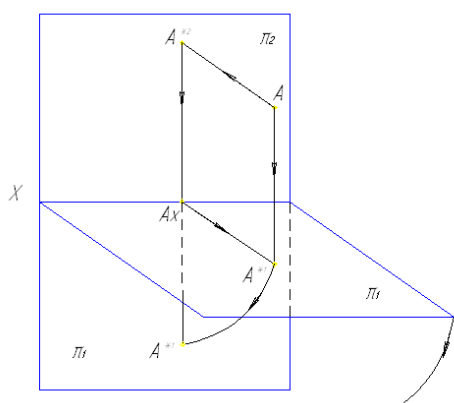


Определим проекции точки A . Для этого из точки A проведем перпендикуляры к плоскостям π_2 и π_1 . В точках пересечения перпендикуляров и плоскостей получим горизонтальную проекцию точки A' и фронтальную проекцию точки A'' . Проецирующие прямые AA' и AA'' определяют плоскость, перпендикулярную к плоскостям проекций и к оси проекций. Эта плоскость в пересечении с плоскостями π_2 и π_1 образует две взаимно перпендикулярные прямые $A'A_x$ и $A''A_x$, которые пересекаются в точке A_x на оси проекций. Следовательно, проекции точки расположены на прямых, перпендикулярных к оси проекций и пересекающих эту ось в одной и той же точке. Отрезки AA' и AA'' определяют расстояние от точки A соответственно до горизонтальной и фронтальной плоскости проекций. Совместив горизонтальную плоскость проекций с фронтальной (повернув ее на угол 90° 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.

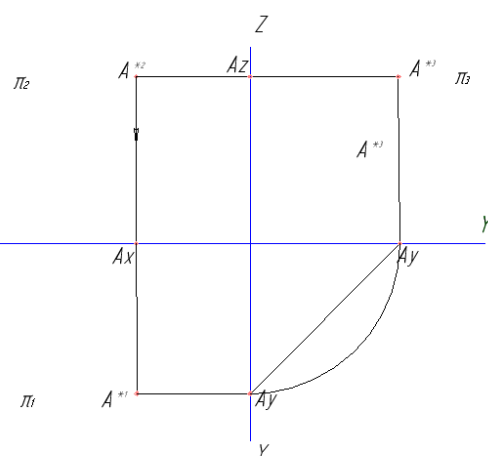
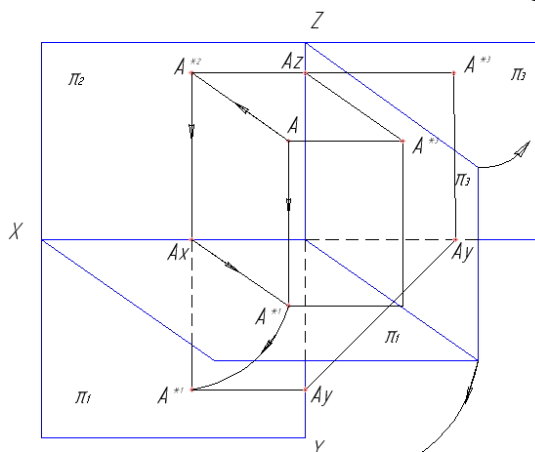


Ч етверть			
I			
II			
III			
IV			

3. 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.

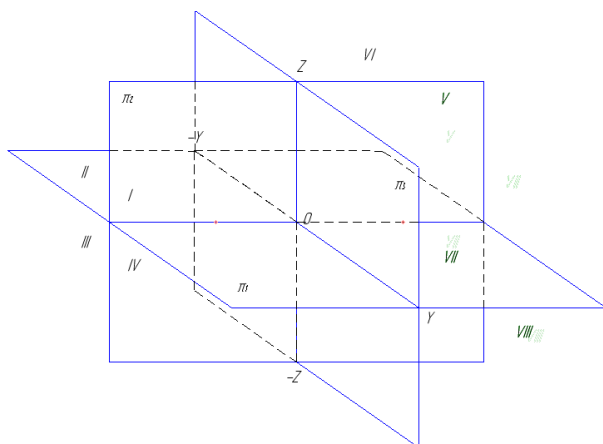
Рассмотрим введение в систему плоскостей $\pi_2\pi_1$ еще одной плоскости проекций π_3 , которую принято называть профильной. Профильная плоскость перпендикулярна плоскостям π_2 и π_1 . Линия пересечения профильной и горизонтальной плоскости образуют ось проекций y , профильной и фронтальной плоскости – ось проекций z . Схема совмещения плоскостей показана на рисунке.



Следует отметить, что горизонтальная и фронтальная проекции точки расположены на одной вертикали, а фронтальная и профильная проекции – на одной горизонтали. Профильная проекция точки стоит по горизонтальной и фронтальной.

Расстояния от точки до плоскостей проекций определяется соответствующими отрезками на чертеже: до горизонтальной плоскости – отрезком $A''Ax$ или $A'''Ay$; до фронтальной плоскости проекций – отрезком $A'Ax$ или $A'''Az$; до профильной плоскости проекций – отрезком $A''Az$ или $A'Ay$.

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



1.3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Проецирование прямой линии»

1.3.1 Вопросы лекции:

1. Прямые общего положения.
2. Прямые частного положения.
3. Особые случаи положения прямых линий в пространстве.

1.3.2 Краткое содержание вопросов:

1. Прямые общего 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**.

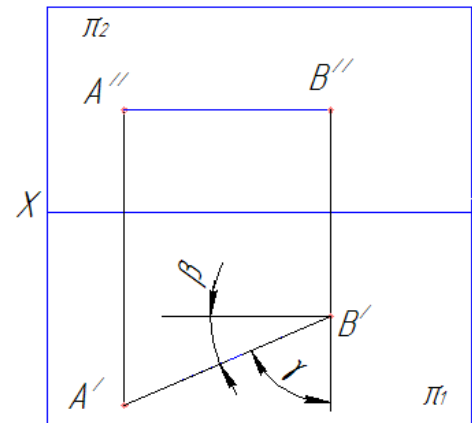
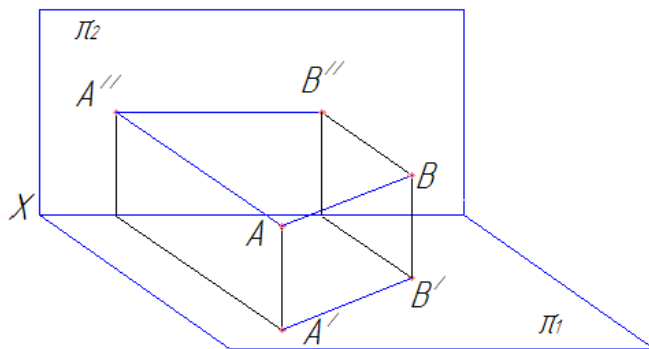
Относительно плоскостей проекций прямая может занимать следующие положения:

- 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.

2. Прямые частного положения.

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

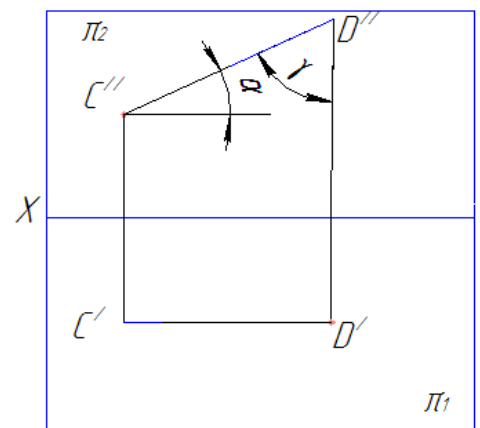
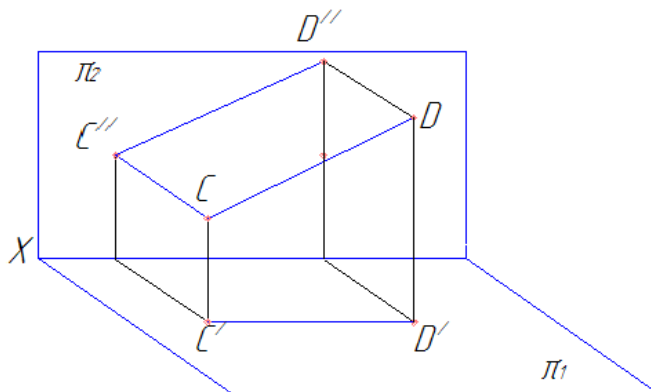
Ее фронтальная $A''B''$ проекция параллельна оси X ; длина горизонтальной проекции



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

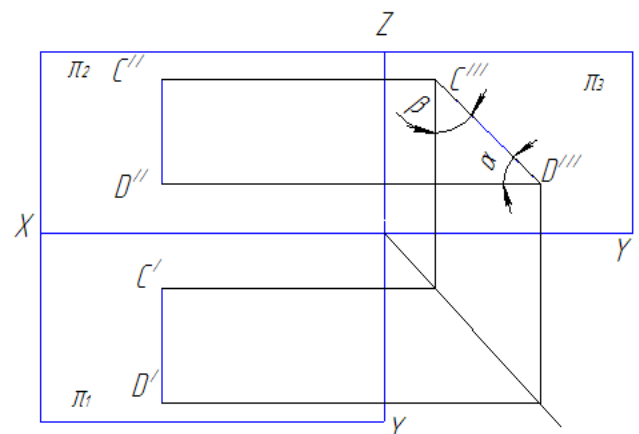
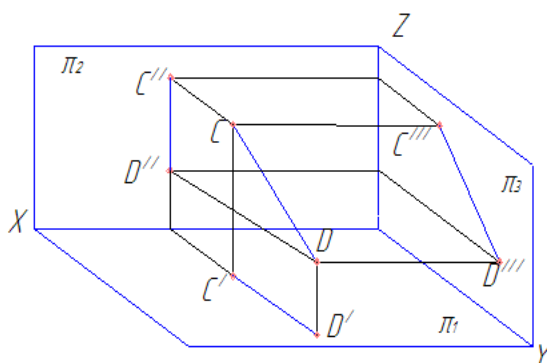
Если прямая параллельна фронтальной плоскости проекций, ее называют фронтальной прямой.

Ее горизонтальная проекция параллельна оси X ; длина фронтальной проекции



отрезка $C''D''$ равна длине самого отрезка CD ; угол наклона α наклона фронтальной проекции к оси X равен углу наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций; угол γ наклона горизонтальной проекции к оси Z равен углу наклона прямой к профильной плоскости проекций

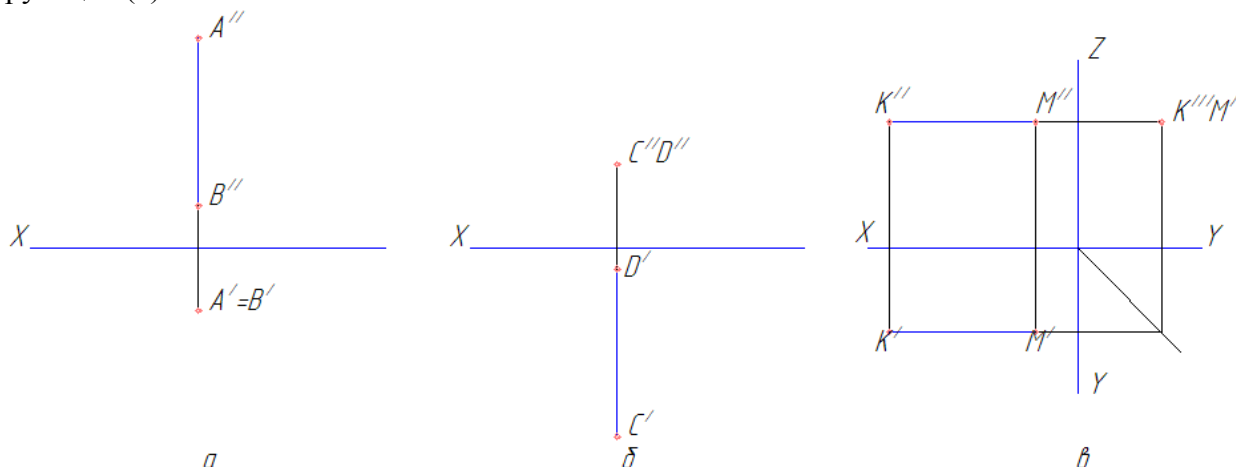
Если прямая параллельна профильной плоскости проекций, ее называют профильной прямой.



Ее горизонтальная и фронтальная проекции параллельны оси Z ; длина профильной проекции отрезка $K'''M'''$ равна длине самого отрезка KM ; углы наклона α и β , образованные профильной проекцией с осями координат Y и Z , равны углам наклона прямой к горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций соответственно.

3. Особые случаи положения прямых линий в пространстве.

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



Фронтальная проекция прямой, параллельной фронтальной и профильной 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.

1.4 Лекция №4 (2 часа).

Тема: «Проецирование прямой линии»

1.4.1 Вопросы лекции:

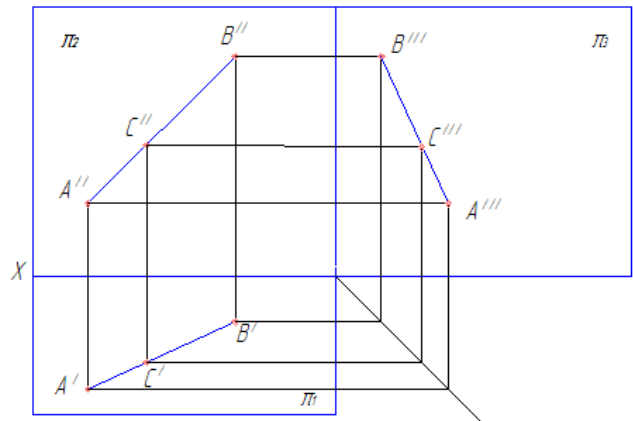
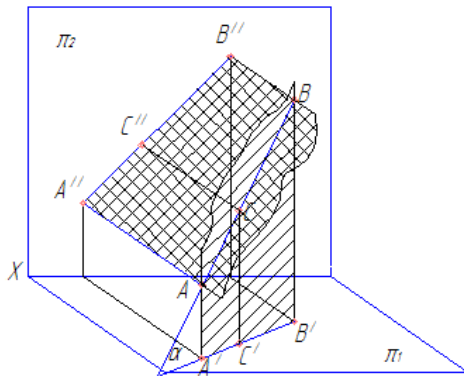
1. Взаимное положение прямой и точки в пространстве.
2. Взаимное положение прямых линий в пространстве.

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. 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 α – угол между прямой и горизонтальной плоскостью проекций;

β – угол между прямой и фронтальной плоскостью проекций;

γ – 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:

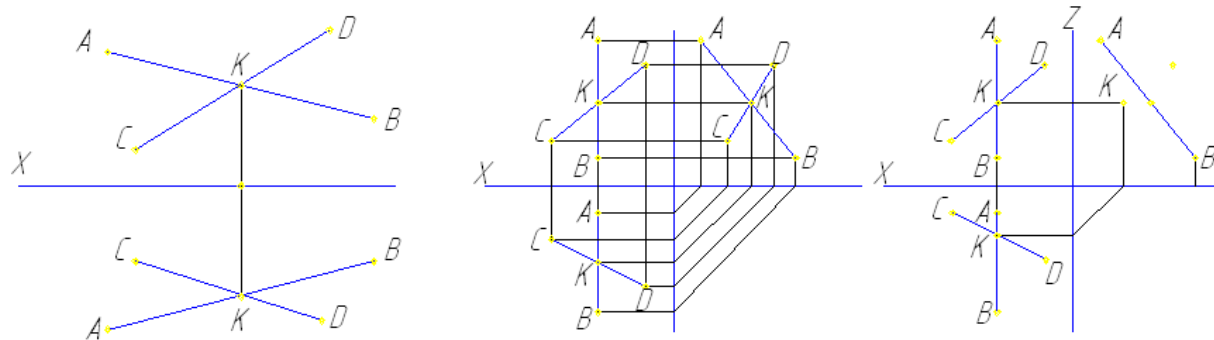
$$AC/CB = A'C'/C'B' = A''C''/C''B''.$$

2. 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:

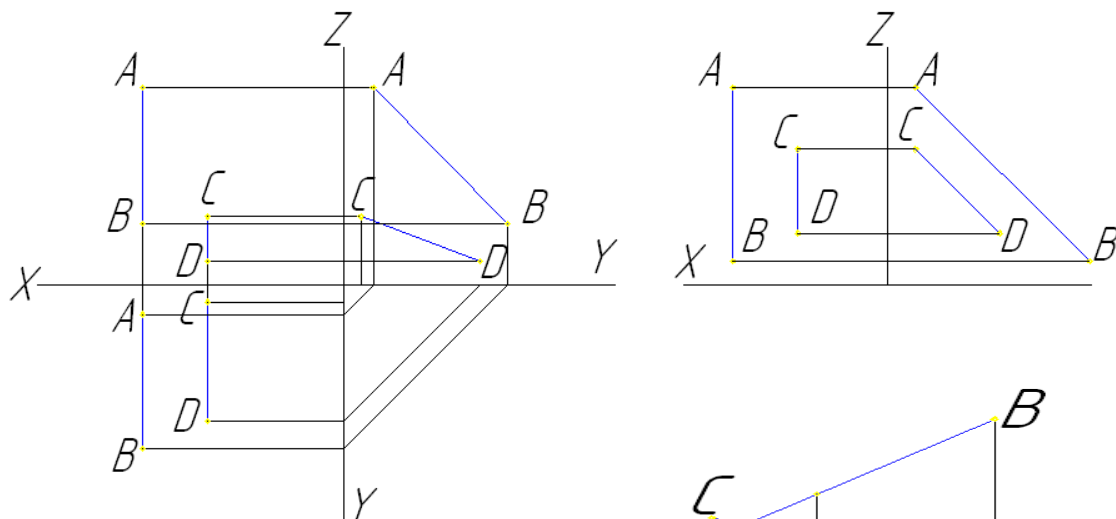
если в пространстве прямые параллельны, то их одноименные проекции параллельны между собой.

Для прямых общего положения условие параллельности следующее:

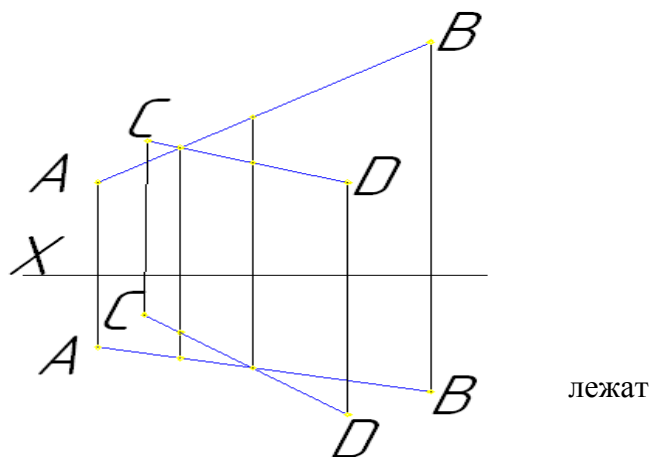
если одноименные проекции прямых общего положения параллельны в системе двух плоскостей проекций, то прямые параллельны.

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.



лежат

1.5 Лекция №5 (2 часа).

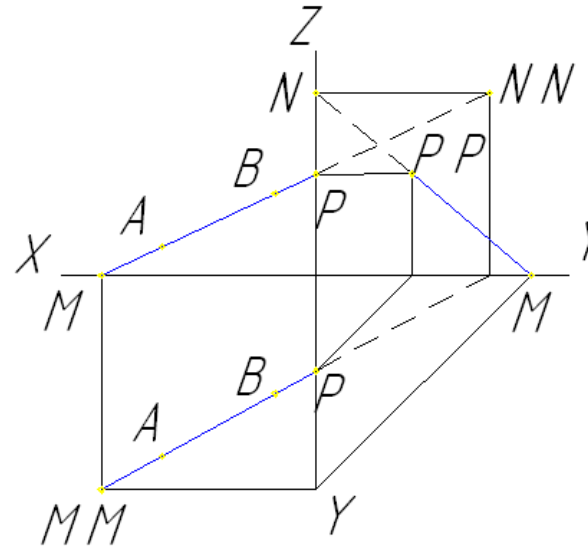
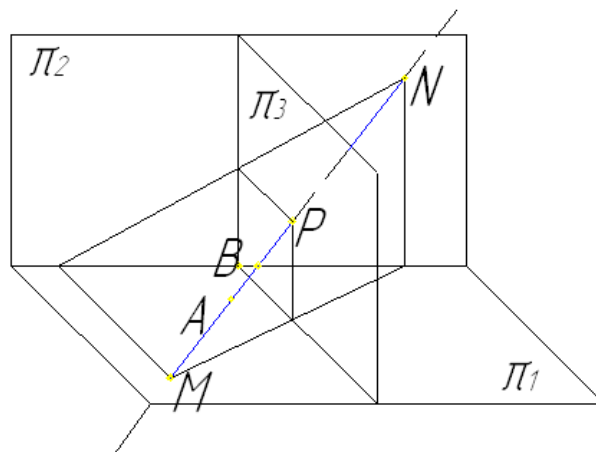
Тема: «Следы прямой линии»

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Следы прямой линии и угол наклона прямой к плоскостям проекций.
2. Натуральная величина отрезка (метод прямоугольного треугольника).

1.5.2 Краткое содержание вопросов:

1. Следы прямой линии и угол наклона прямой к плоскостям проекций.



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

Точка M называется горизонтальным следом прямой;

Точка N называется фронтальным следом прямой;

Точка P называется профильным следом прямой.

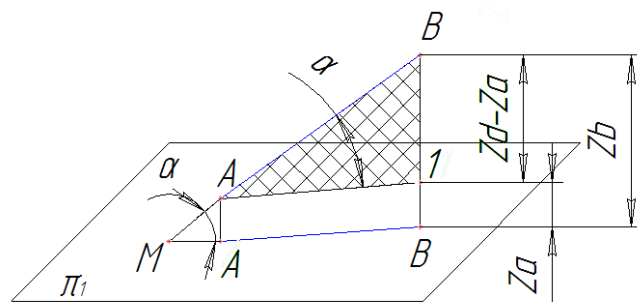
Чтобы найти горизонтальный след прямой необходимо продолжить фронтальную проекцию прямой до пересечения с осью X (M'' - фронтальная проекция горизонтального следа), через точку M'' провести перпендикуляр к оси X до пересечения с продолжением горизонтальной проекции прямой (M' - горизонтальная проекция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

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

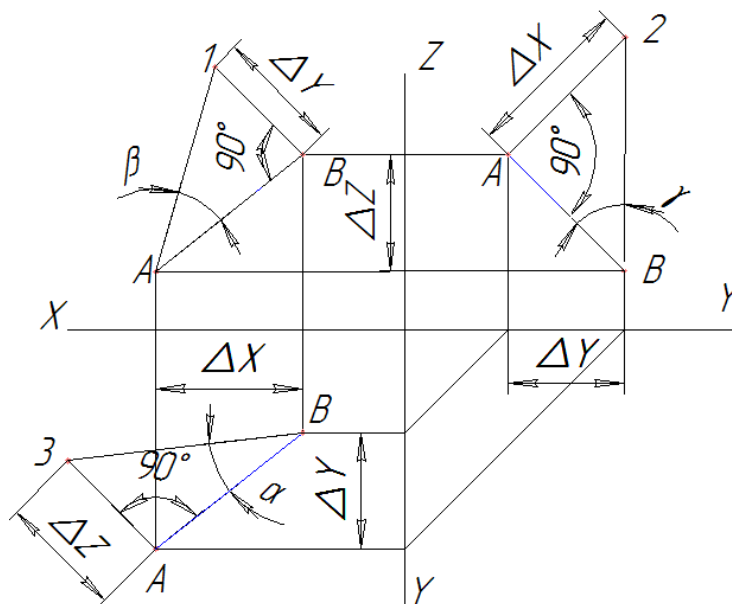
Если прямая параллельна плоскости, то она не имеет следа с этой плоскостью. Кроме того, по проекциям и следам прямой можно определить октанты, через которые она проходит.

2. 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 π_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 – α ; между гипотенузой и фронтальной проекцией – β ; между гипотенузой и профильной проекцией – γ .

1.6 Лекция №6 (2 часа).

Тема: «Плоскость»

1.6.1 Вопросы лекции:

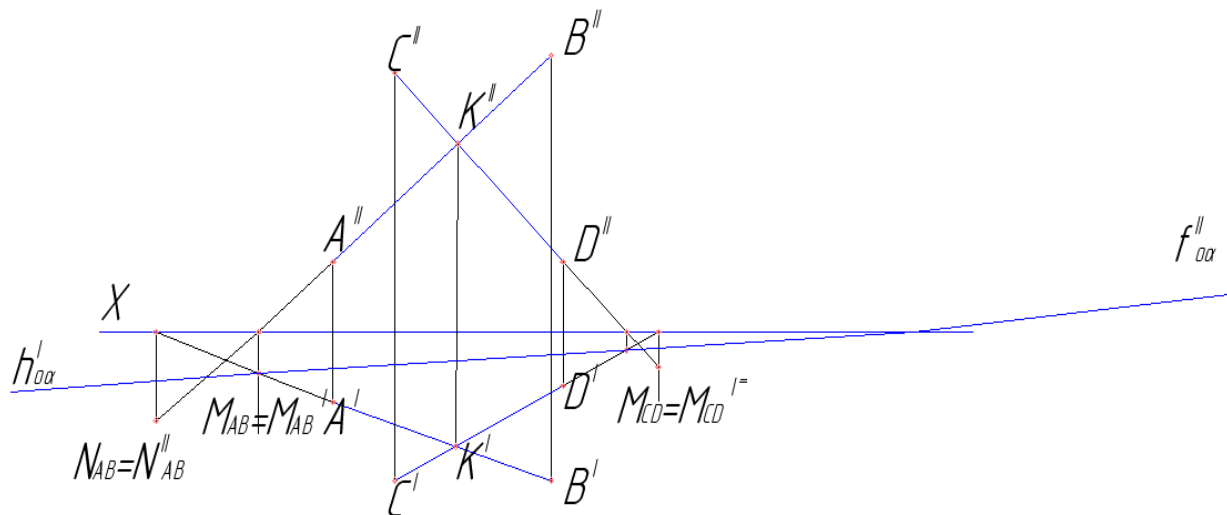
1. Способы задания плоскости на эюре.
2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций:
 - плоскость общего положения;
 - плоскости частного положения.

1.6.2 Краткое содержание вопросов:

1. Способы задания плоскости на эюре.

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

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



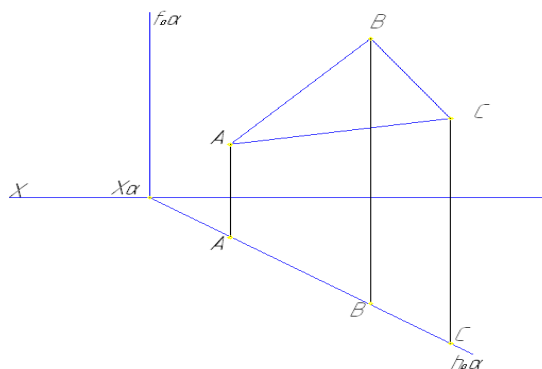
где $f''_{\alpha\alpha}$ – фронтальный след плоскости;
 $h'_{\alpha\alpha}$ – горизонтальный след плоскости.

2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций.

Относительно плоскостей проекций плоскость может занимать следующие положения:

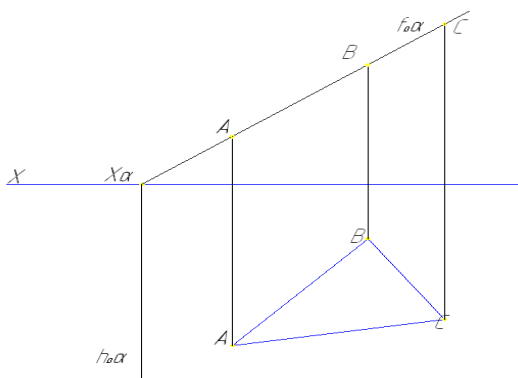
- не перпендикулярна плоскостям проекций (плоскость общего положения);
- перпендикулярна одной плоскости проекций (плоскость частного положения);
- перпендикулярна двум плоскостям проекций (плоскость частного положения).

Плоскость α перпендикулярна одной плоскости проекций:



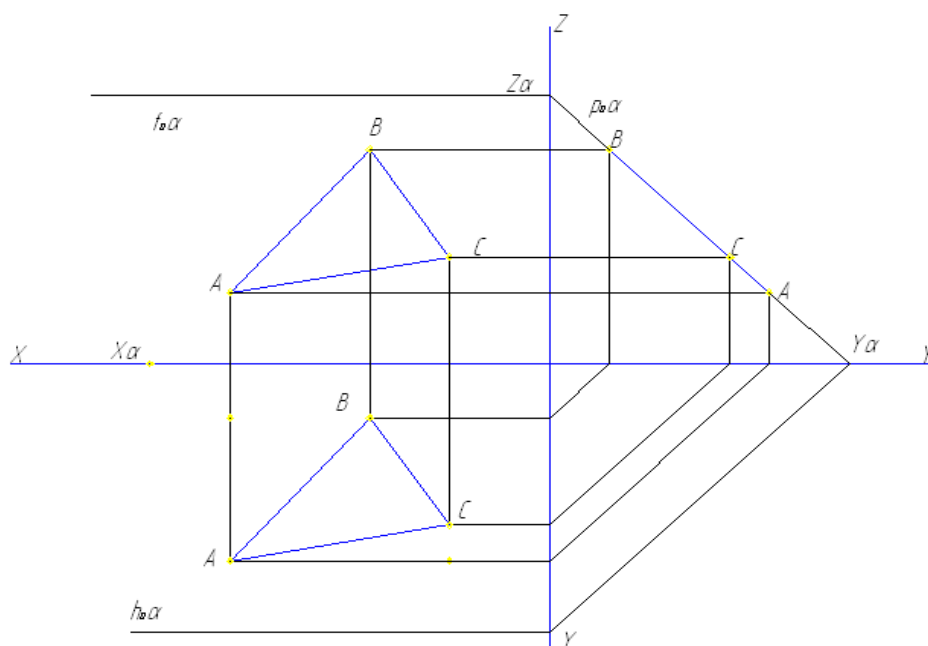
Плоскость задана треугольником **ABC** и перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций. Такую плоскость называют горизонтально-проецирующей. Угол между горизонтальным следом и осью **X** является углом между плоскостью α и фронтальной плоскостью проекций.

Плоскость α , перпендикулярную фронтальной плоскости проекций называют фронтально-



Угол между фронтальным следом и осью **X** является углом между плоскостью α и горизонтальной плоскостью проекций.

Плоскость α , перпендикулярную профильной плоскости проекций называют профилно-проецирующей:

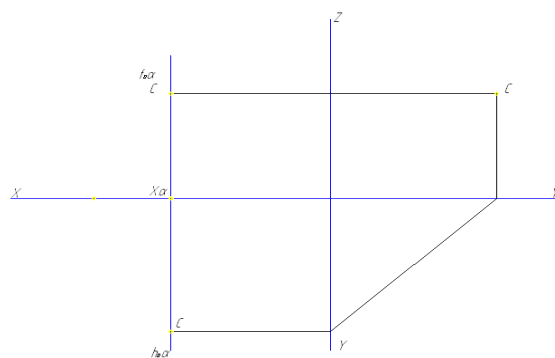


где $p_{\alpha\alpha}$ – профильный след плоскости.

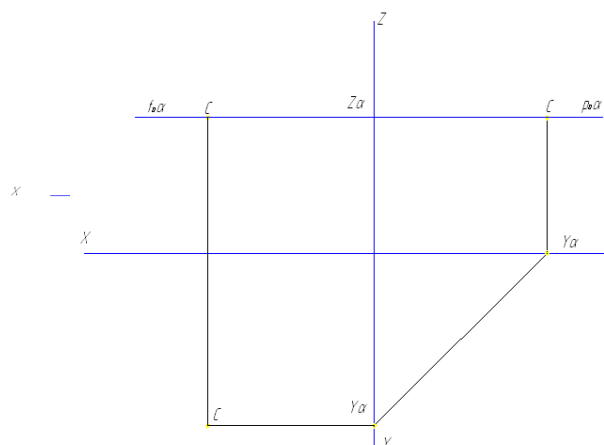
Угол между профильным следом и осью Z является углом между плоскостью α и фронтальной плоскостью проекций. Угол между профильным следом и осью Y является углом между плоскостью α и горизонтальной плоскостью проекций.

Если плоскость перпендикулярна двум плоскостям проекций, то она параллельна третьей плоскости проекций. Здесь также возможны три случая частного положения:

- плоскость α перпендикулярна горизонтальной и фронтальной плоскости проекций (параллельная профильной плоскости) – профильная плоскость:



- плоскость α перпендикулярна горизонтальной и профильной плоскости проекций (параллельная фронтальной плоскости) – фронтальная плоскость:



- плоскость α перпендикулярна фронтальной и профильной плоскости проекций (параллельная горизонтальной плоскости) – горизонтальная плоскость:

1.7 Лекция №7 (2 часа).

Тема: «Плоскость»

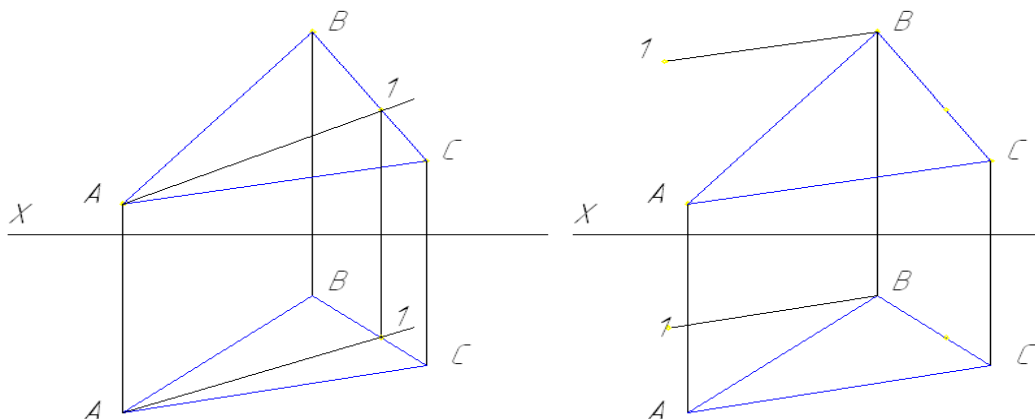
1.7.1 Вопросы лекции:

1. Точка и прямая в плоскостях.
2. Главные линии плоскости.

1.7.2 Краткое содержание вопросов:

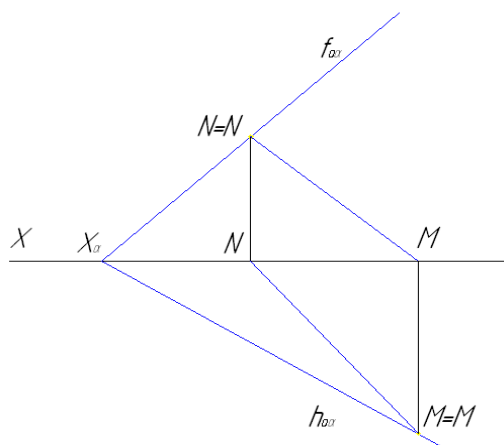
1. Точка и прямая в плоскостях.

Что значит: прямая принадлежит плоскости? Это значит, что прямая проходит через две точки, лежащие в плоскости или через одну точку параллельно прямой, лежащей в этой плоскости. То есть, если взять плоскость, заданную треугольником ABC , отметить на стороне BC точку 1 и провести через точки 1 и A прямую линию, то прямая $A1$ будет принадлежать плоскости ABC . Или, если через точку B провести прямую параллельную стороне AC , то прямая $B1$ будет принадлежать плоскости ABC .



Для случая задания плоскости следами можно сказать следующее:

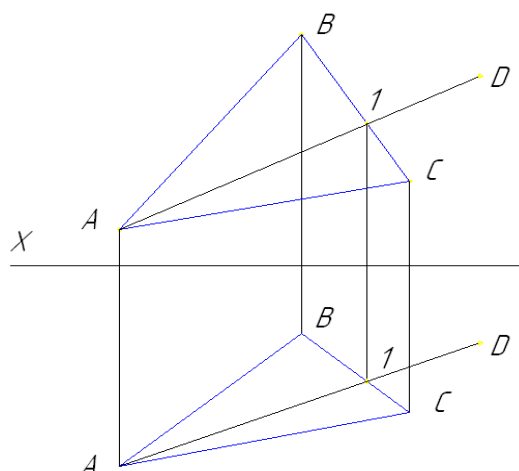
- если прямая принадлежит плоскости, то следы этой прямой принадлежат одноименным следам плоскости (см. рисунок): прямая MN принадлежит плоскости α .



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:

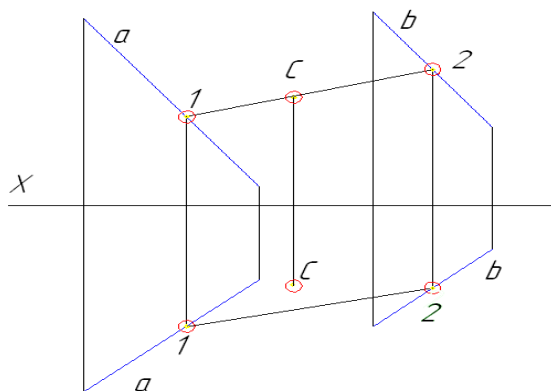
- 1) провести вспомогательную прямую **D''A''**;
- 2) найти ее горизонтальную проекцию **D'A'**;
- 3) на горизонтальной проекции прямой построить горизонтальную проекцию точки **D'**.



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.



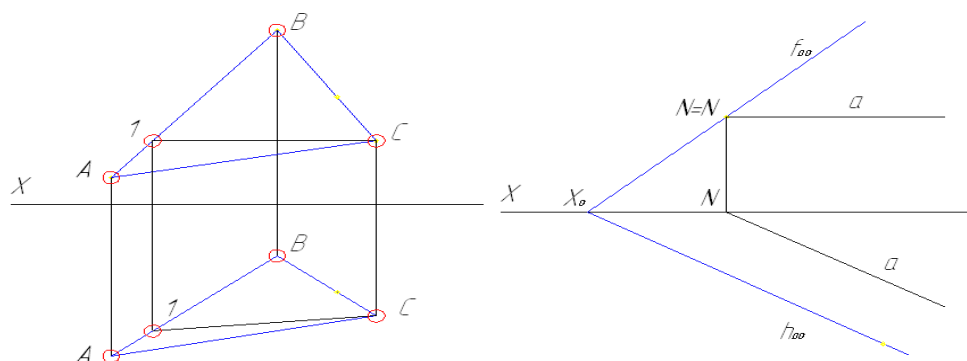
2. Главные линии плоскости.

К прямым особого положения (главным линиям плоскости) относят:

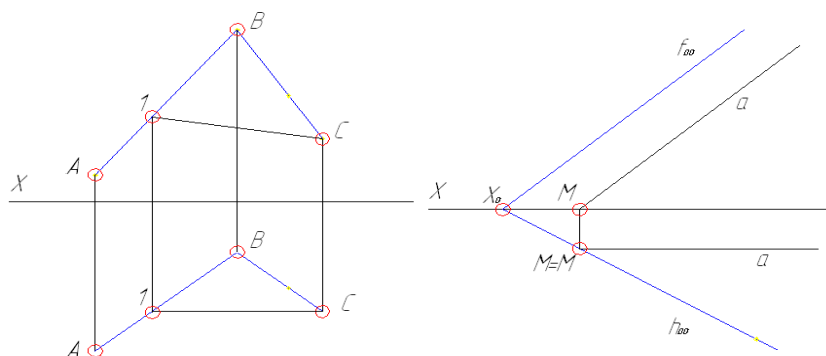
- линии уровня (горизонтالي, фронтали, профильные прямые);
- линии наибольшего наклона к плоскостям проекций (линии наибольшего ската).

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

тремя точками. Если плоскость задана следами, то горизонтальная проекция горизонтали параллельно горизонтальному следу плоскости, а фронтальная проекция параллельна оси X .



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



Линиями наибольшего наклона плоскости к плоскостям π_1 π_2 π_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 π_1 , во втором – к π_2 , в третьем – к π_3 .

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

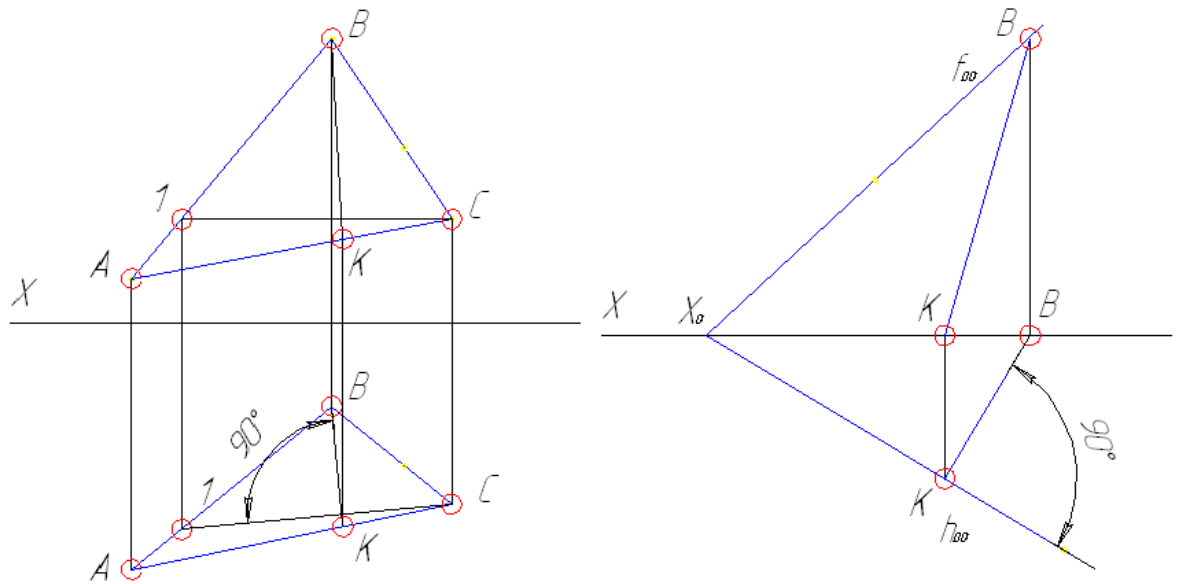
- при задании плоскости тремя точками

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



1.8 Лекция №8 (2 часа).

Тема: «Пересечение плоскостей»

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Взаимное положение плоскостей.
2. Параллельность плоскостей.
3. Пересечение плоскостей общего и частного положений.

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Взаимное положение плоскостей.

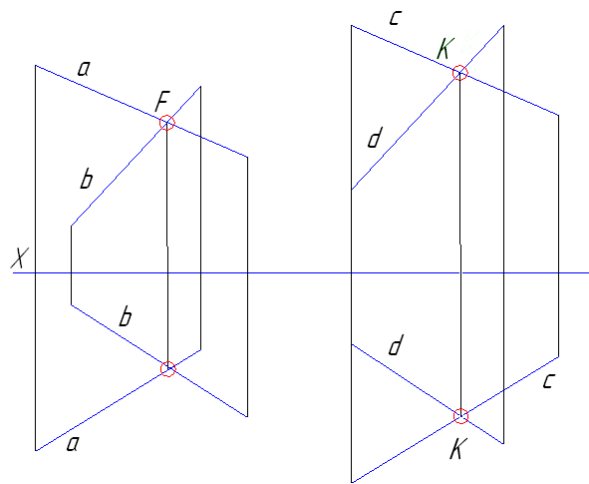
Две плоскости в пространстве могут быть параллельными и пересекающимися.

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.

2. 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.

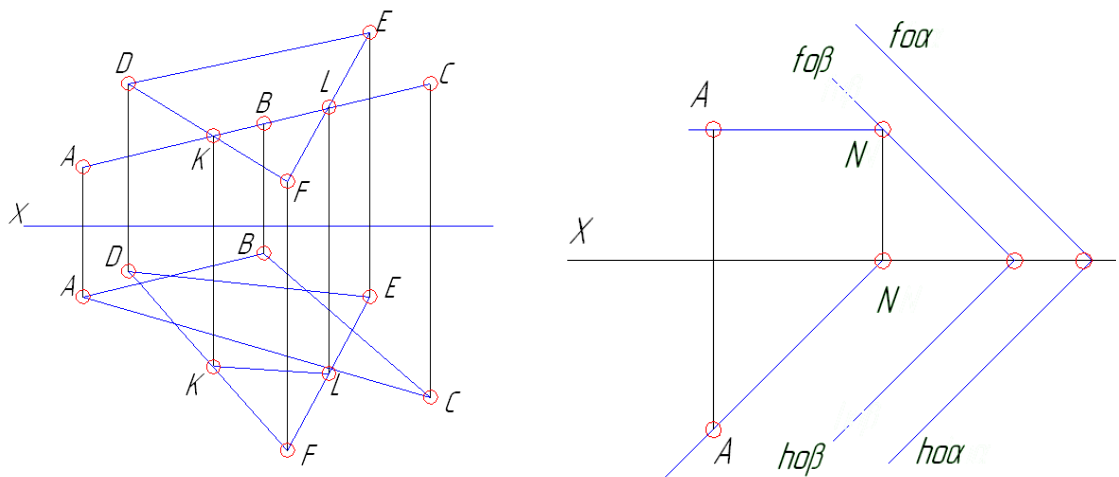


При задании плоскостей следами условие их параллельности звучит следующим образом: если два пересекающихся между собой следа одной плоскости параллельны одноименным с ними следам другой плоскости, то плоскости параллельны между собой.

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.

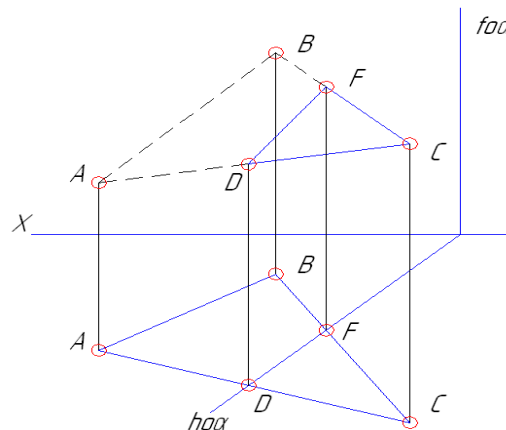
3. Пересечение плоскостей общего и частного положений.

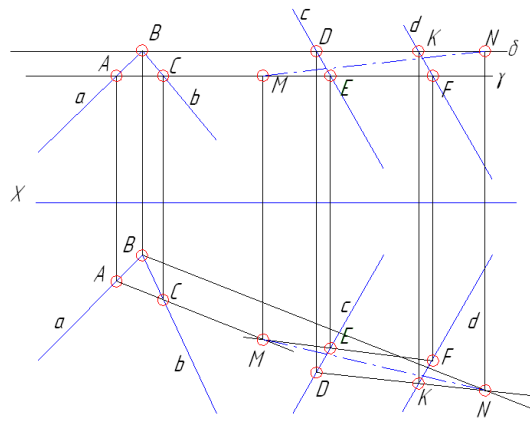
Пусть даны две плоскости, заданные треугольником:



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

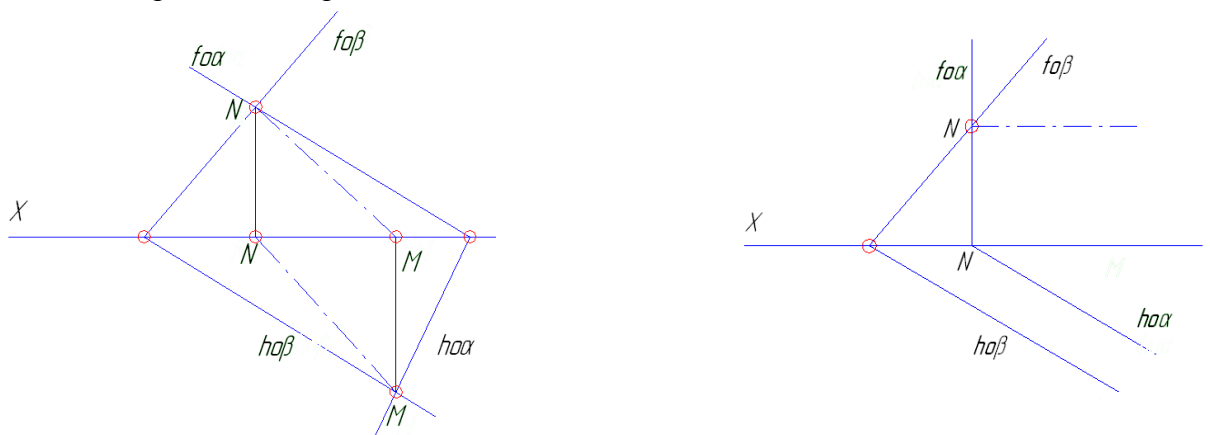
Аналогичные построения проводят и при пересечении плоскости общего положения горизонтально-проецирующей плоскостью:





Для определения линии пересечения двух плоскостей общего положения необходимо вводить дополнительные плоскости частного положения. Пусть заданы плоскости общего положения α и β : плоскость α – двумя пересекающимися прямыми a и b ; плоскость β – двумя параллельными прямыми c и d . Введем две вспомогательные плоскости частного положения (например горизонтальные γ и δ). Определим горизонтальные проекции точек пересечения плоскостей δ и γ с плоскостями α и β (A', B', C' и D', E', K', F'). Прямые AC и EF являются линиями пересечения плоскостей α , β и γ . Поэтому точка пересечения этих прямых M будет принадлежать одновременно трем плоскостям α , β и γ , а следовательно являться общей точкой плоскостей α , β . Прямые BD и DK являются линиями пересечения плоскостей α , β и δ . Поэтому точка пересечения этих прямых N будет принадлежать одновременно трем плоскостям α , β и δ , а следовательно являться общей точкой плоскостей α , β . Таким образом получили две точки, принадлежащие одновременно плоскостям α и β . 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. 9 Лекция №9 (2 часа).

Тема: «Взаимное положение прямой линии и плоскости»

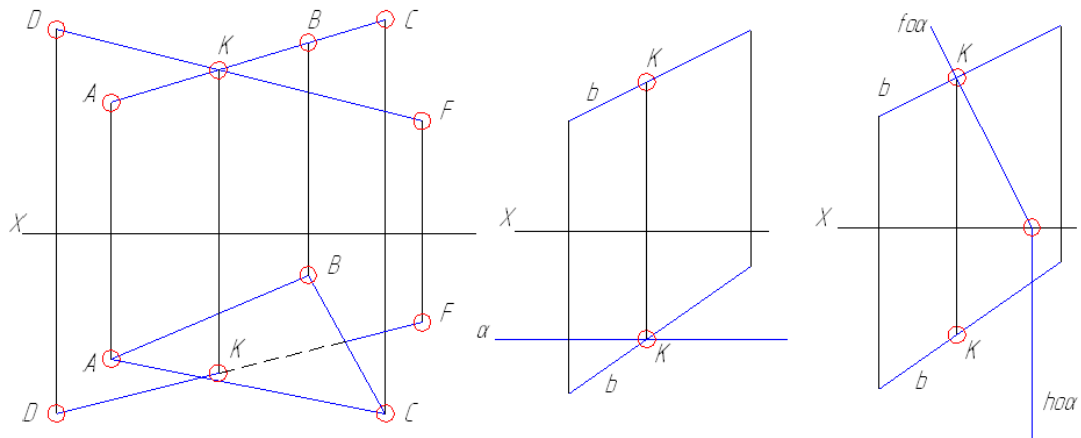
1.9.1 Вопросы лекции:

1. Пересечение прямой линии с плоскостями частного положения.
2. Пересечение прямой линии с плоскостью общего положения.

1.9.2 Краткое содержание вопросов:

1. Пересечение прямой линии с плоскостями частного положения.

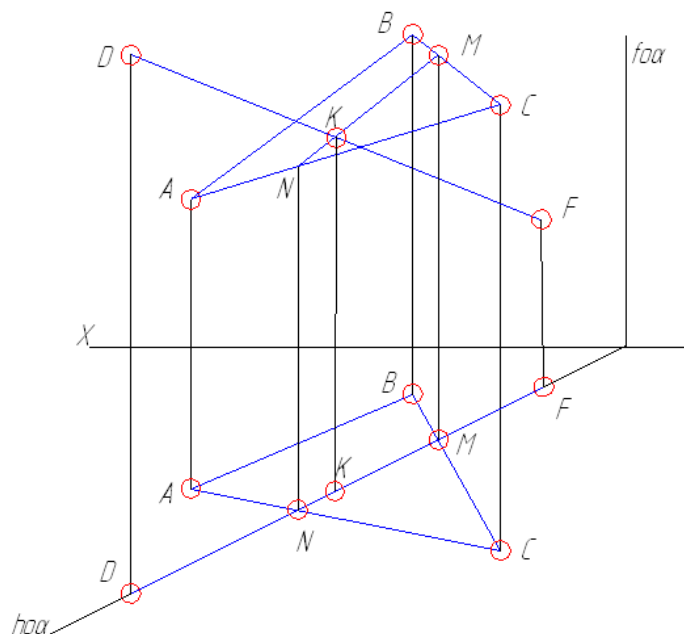
Как известно, любая плоскость частного положения является проецирующей. Это значит, что все точки, лежащие в плоскости проецируются на ее соответствующую проекцию плоскости (прямую линию). То же относится и к точке пересечения прямой с плоскостью:



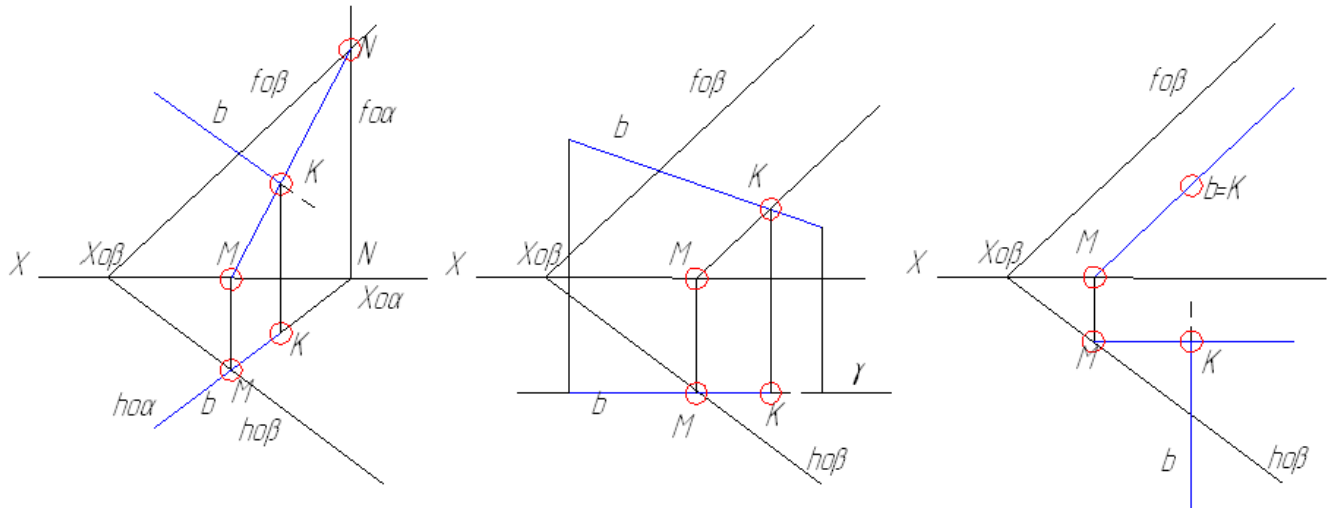
2. Пересечение прямой линии с плоскостью общего положения.

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:



1. 10 Лекция №10 (2 часа).

Тема: «Взаимное положение прямой линии и плоскости»

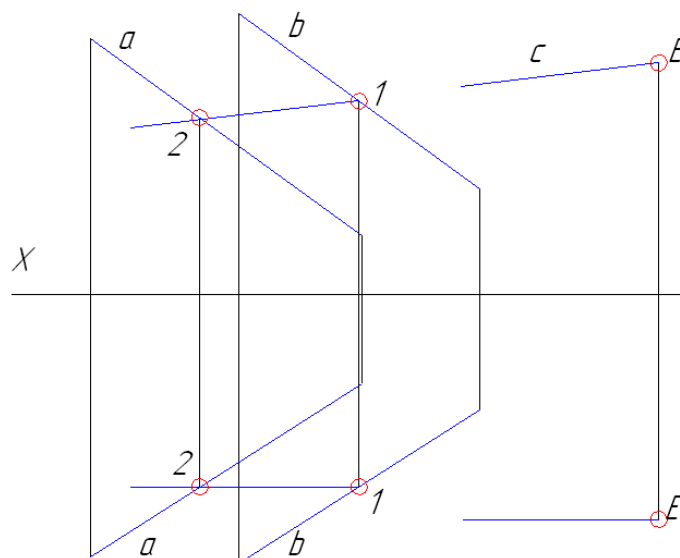
1.10.1 Вопросы лекции:

1. Параллельность прямой и плоскости.
2. Перпендикулярность прямой и плоскости.

1.10.2 Краткое содержание вопросов:

1 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.



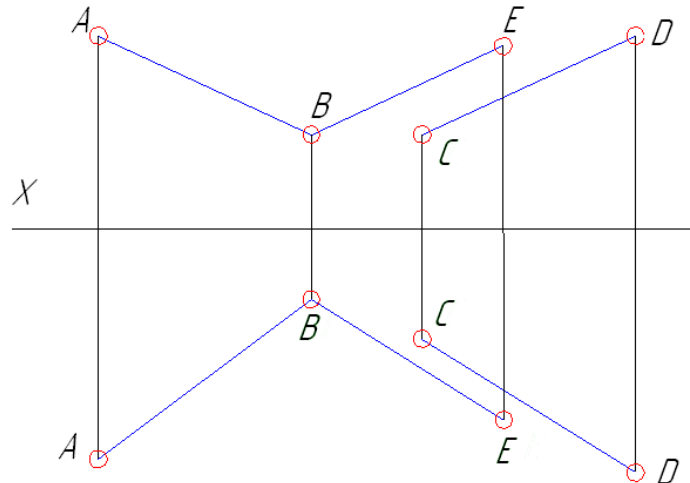
1) если стоит условие, что прямая должна проходить через точку **Е**, то проекции точки должны принадлежать одноименным проекциям прямой (условие принадлежности точки прямой).

2) прямая параллельная фронтальной плоскости проекций – фронтальная прямая, а следовательно ее горизонтальная проекция параллельная оси **X**.

3) фронтальная проекция прямой c должна быть параллельна фронтальной проекции прямой 12 , лежащей в заданной плоскости.

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

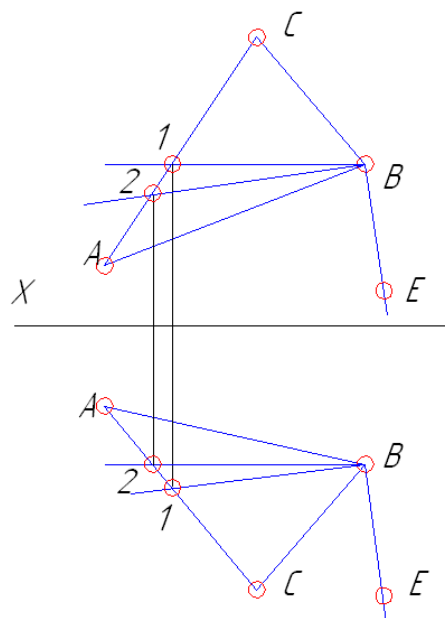
то есть прямая AB должна принадлежать плоскости α . Как известно, плоскость можно задать двумя пересекающимися прямыми, поэтому через точку B можно провести прямую BE , параллельную CD . Получим плоскость параллельную прямой CD и проходящую через прямую AB .



2 Перпендикулярность прямой и плоскости.

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

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



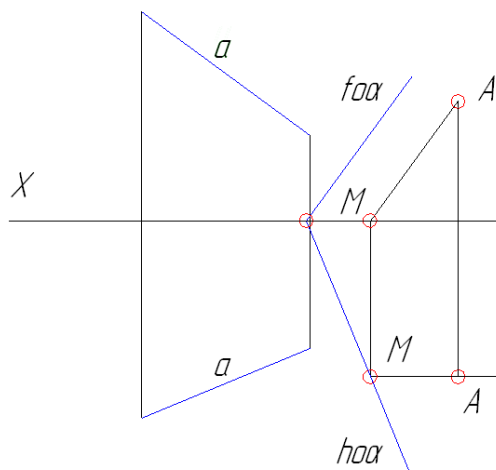
Если плоскость задана следами необходимо:

- 1) провести проекции прямой перпендикулярно одноименным следам плоскости;
- 2) найти точку пересечения прямой с плоскостью (вести 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 перпендикулярный данной прямой (след плоскости должен быть перпендикулярен одноименной проекции прямой).

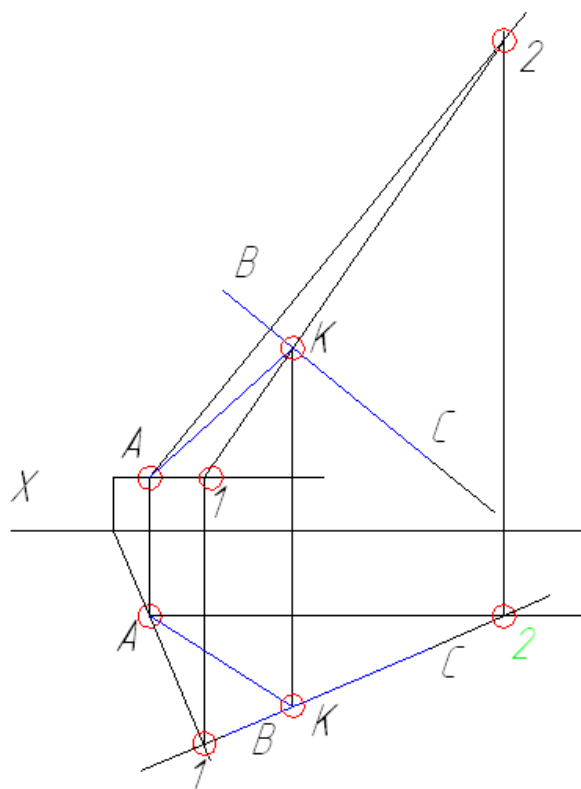


Чтобы найти перпендикуляр от некоторой точки **A** к прямой **BC** необходимо:

- 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. 11 Лекция №11 (2 часа).

Тема: «Способ замены плоскостей проекций»

1.11.1 Вопросы лекции:

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

1.11.2 Краткое содержание вопросов:

1. Позиционные и метрические задачи.

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

В процессе изучения решаются два типа задач:

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

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

2. Общая характеристика способов преобразования комплексного чертежа.

В случаях частного положения прямых линий и плоскостей относительно плоскостей проекций значительно упрощается решение многих задач начертательной геометрии и черчения. Например, в случае частного положения прямой линии легко без дополнительных построений определить натуральную величину отрезка этой прямой линии или угол наклона прямой к плоскостям проекций и т.д. При частном положении плоскости относительно плоскостей проекций легко построить следы этой плоскости, определить наклон ее к плоскостям проекций и т.п.

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

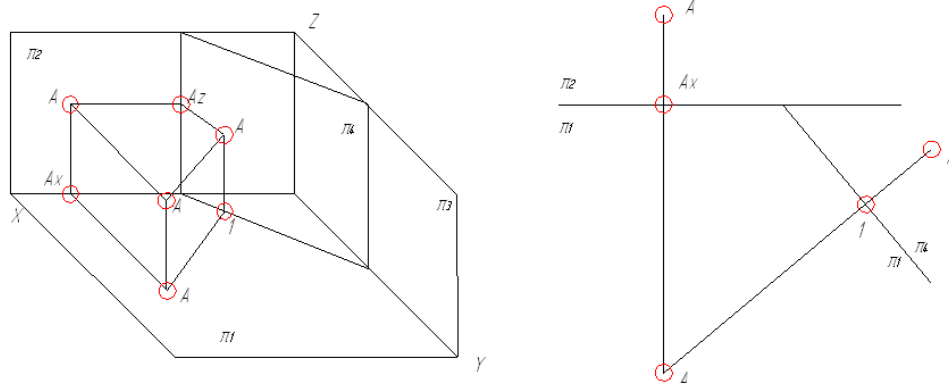
- 1) не изменяя положения точки, прямой или плоскости в пространстве заменяют заданную систему плоскостей проекций на новую, таким образом, чтобы прямая или

плоскость в этой новой системе оказались в частном положении (способ перемены плоскостей проекций);

2) изменяя положение точки, прямой или плоскости в пространстве добиваются их частного положения относительно данной системы плоскостей проекций (способ вращения (совмещения)).

3. Способ замены плоскостей проекций.

Пространственное положение точки, прямой или плоскости остается неизменным, в систему плоскостей π_1, π_2 вводятся дополнительные плоскости, которые перпендикулярны или π_1 , или π_2 , или перпендикулярны между собой. Эти дополнительные плоскости проекций принимаются за новые плоскости проекций.



Пусть имеем точку **A** в системе плоскостей π_1, π_2 . Введем плоскость π_4 , которая перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций и определим проекцию точки **A** на эту плоскость: прямая AA^{IV} перпендикулярна плоскости π_4 , $A^{IV}1 = A^{II}Ax$. Теперь определим положение точки **A** на эюре.

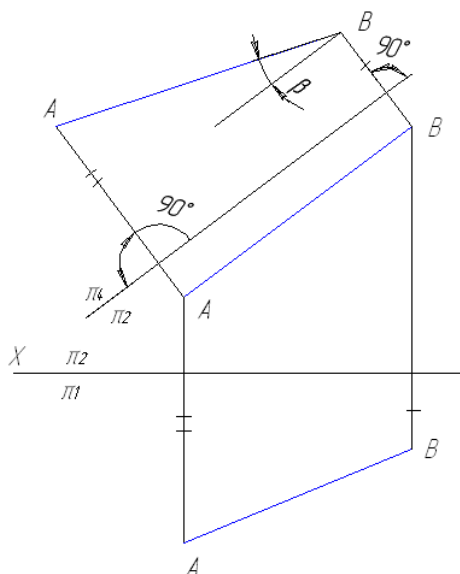
В рассмотренном случае мы ввели дополнительную плоскость один раз. В зависимости от задачи, перемену плоскостей проекций можно производить несколько раз.

В курсе начертательной геометрии выделяют четыре основные задачи преобразования:

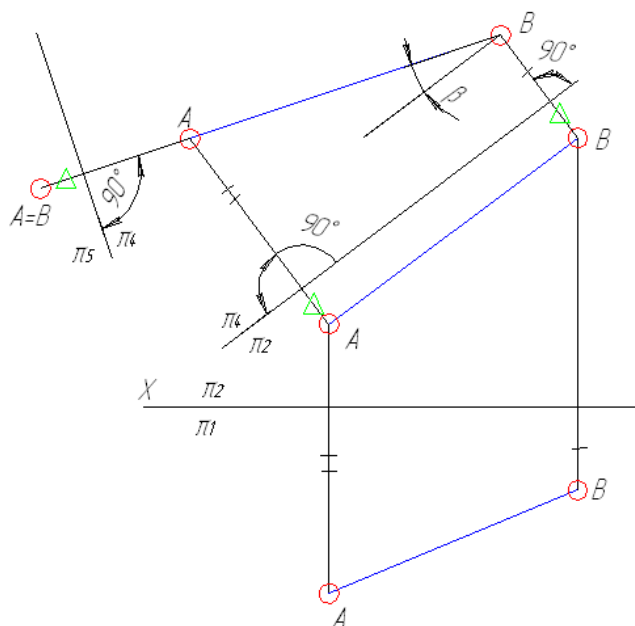
- 1) определение натуральной величины отрезка прямой общего положения;
- 2) приведение отрезка прямой общего положения в проецирующее положение;
- 3) приведение плоской фигуры общего положения в проецирующее положение;
- 4) определение натуральной величины плоской фигуры.

Рассмотрим решение первой задачи. Пусть необходимо определить натуральную величину прямой общего положения **AB**. Введем параллельно прямой **AB** фронтально-проецирующую плоскость π_4 , и определим проекцию отрезка **AB** на эту плоскость. Так как прямая **AB** относительно π_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.



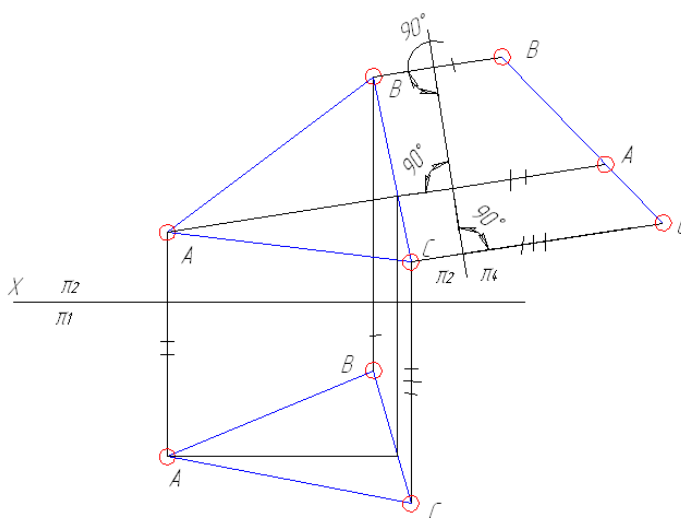
Рассмотрим решение второй задачи. Необходимо прямую **AB** сделать проецирующей, то есть перпендикулярной некоторой плоскости. Для этого проведем плоскость π_5 , которая будет перпендикулярна плоскости π_4 и прямой $A^{IV}B^{IV}$. Тогда отрезок **AB** спроецируется на плоскость π_5 в точку, то есть проекции A^V и B^V совпадут.



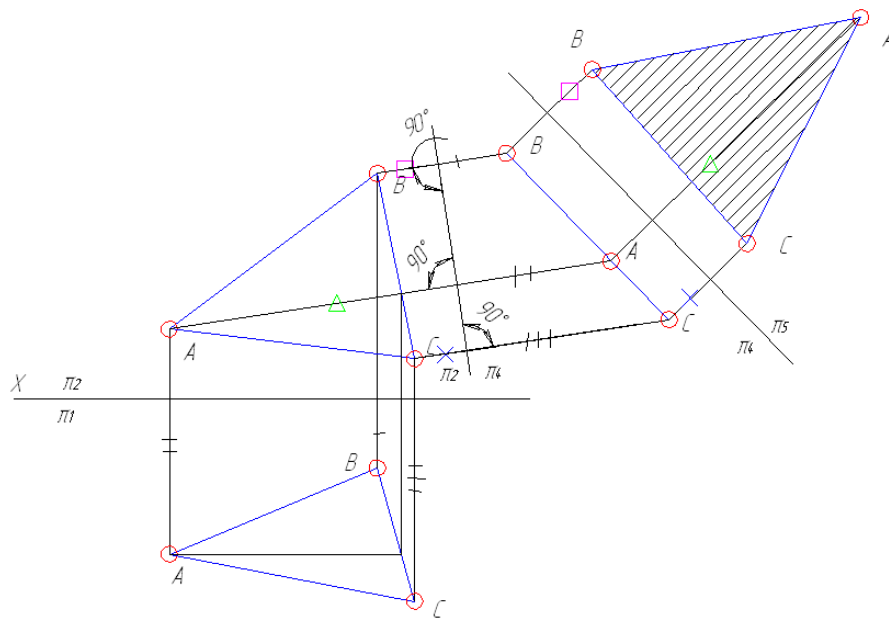
Таким образом, для проецирования отрезка в точку необходимо вводить две дополнительные плоскости проекций: одна параллельная прямой, другая перпендикулярная отрезку.

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. 12 Лекция №12 (2 часа).

Тема: «Способ вращения»

1.12.1 Вопросы лекции:

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

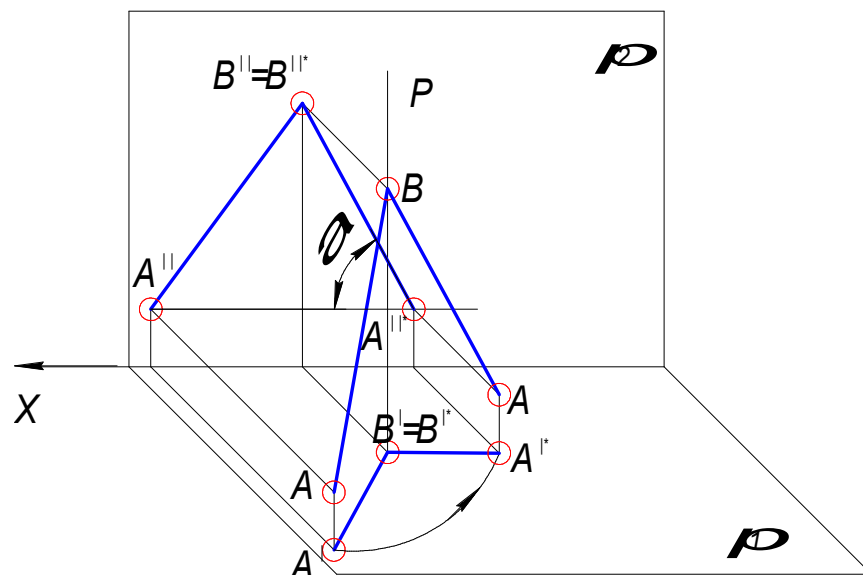
1.12.2 Краткое содержание вопросов:

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.

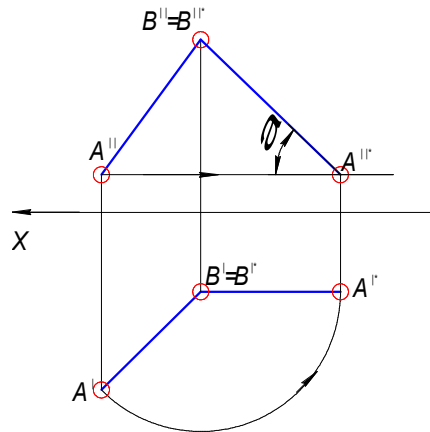
Пусть необходимо определить натуральную величину отрезка прямой общего положения АВ.



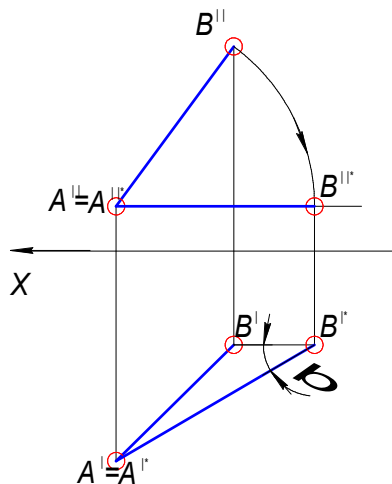
Как известно, определить натуральную величину определить просто, если отрезок является отрезком прямой частного положения. Для приведения прямой общего положения в частное положение воспользуемся методом вращения.

Проведем ось вращения (**PB**) через точку **B**, перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций. Будем вращать точку **A** отрезка относительно оси вращения против хода часовой стрелки по радиусу вращения $A'B'$ до положения, при котором отрезок **AB** будет параллелен фронтальной плоскости проекций (горизонтальная проекция отрезка $A'B'$ параллельна оси **X**). Построим фронтальную проекцию отрезка, которая и будет являться натуральной величиной отрезка **AB**, так как после вращения прямая параллельна π_2 и проецируется на эту плоскость без искажений. Причем не искажается и угол наклона к плоскости π_1 .

Теперь изобразим построения на эюре.



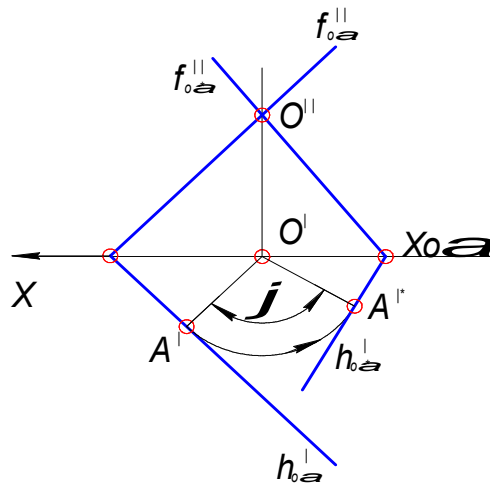
Аналогичные построения проводят и при вращении вокруг оси, перпендикулярной фронтальной плоскости проекций.



Таким образом, $A'B'$ - натуральная величина отрезка **AB**, β – угол наклона прямой к плоскости π_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 ϕ плоскость α относительно оси, лежащей в плоскости π_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 ϕ 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 α** и точку O'' можно провести фронтальный след плоскости.

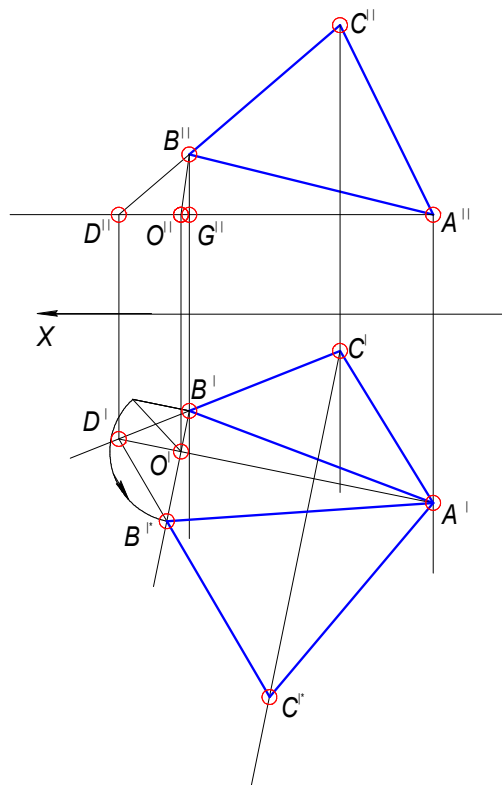


2. Способ вращения вокруг главных линий плоскости.

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 плоскости проекций. Если рассматривать вращение треугольника вокруг горизонтали, то вершины треугольника описывают окружности в плоскостях, перпендикулярных горизонтали.

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

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



1. 13 Лекция №13 (2 часа).

Тема: «Проецирование гранных тел»

1.13.1 Вопросы лекции:

1. Поверхности.
2. Сечение призмы плоскостями общего и частного положения.

1.13.2 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.

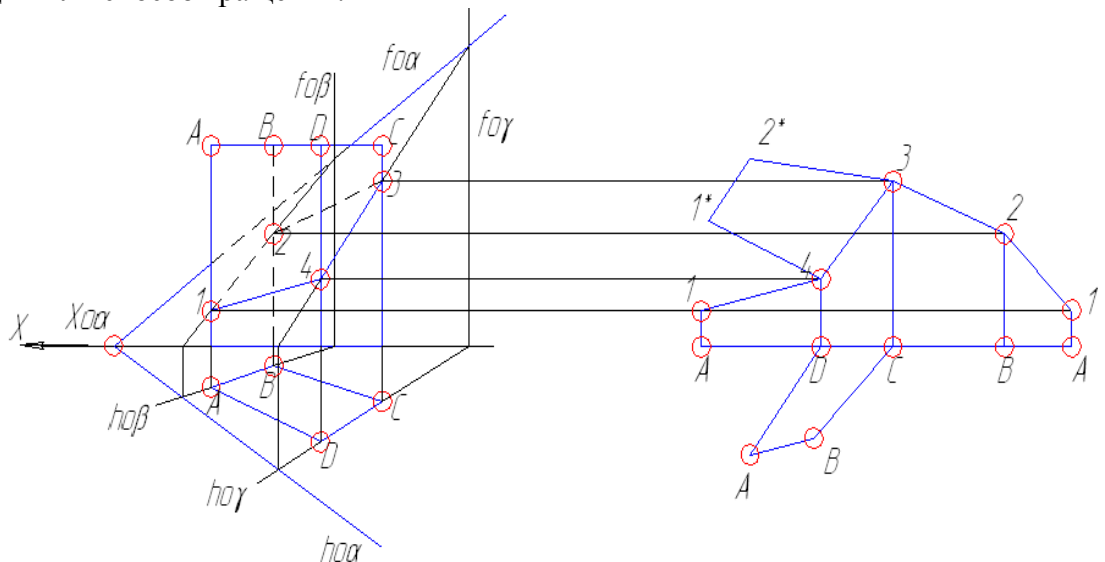
Цилиндрической называется поверхность, у которой прямолинейная образующая перемещается параллельно самой себе по криволинейной направляющей.

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 β и γ) 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.

1. 14 Лекция №14 (2 часа).

Тема: «Проецирование гранных тел»

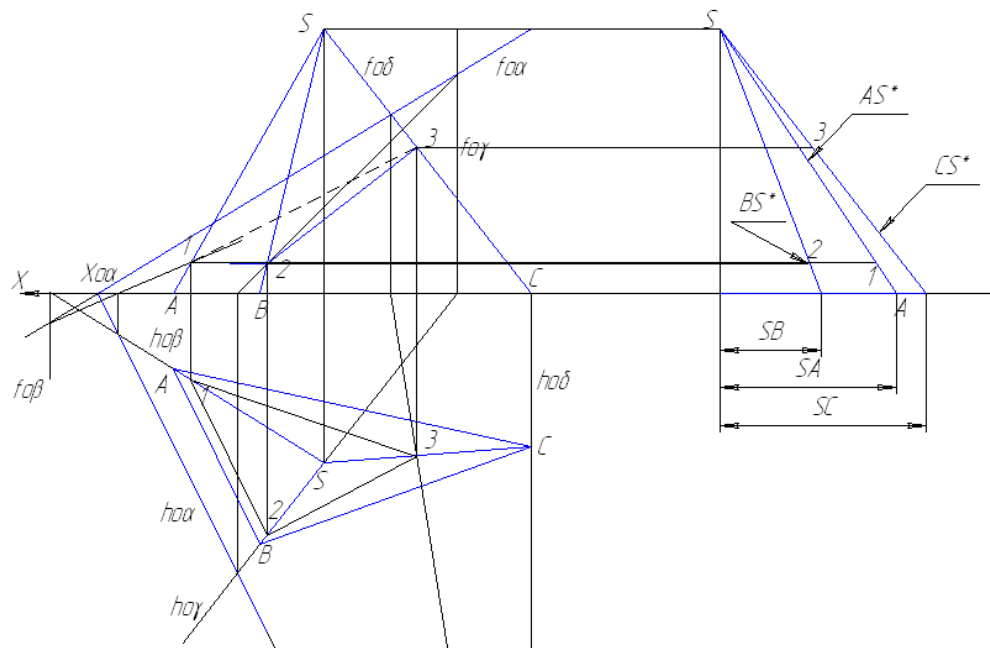
1.14.1 Вопросы лекции:

1. Сечение пирамиды плоскостями общего и частного положения.
2. Общие приемы разворачивания гранных поверхностей.

1.14.2 Краткое содержание вопросов:

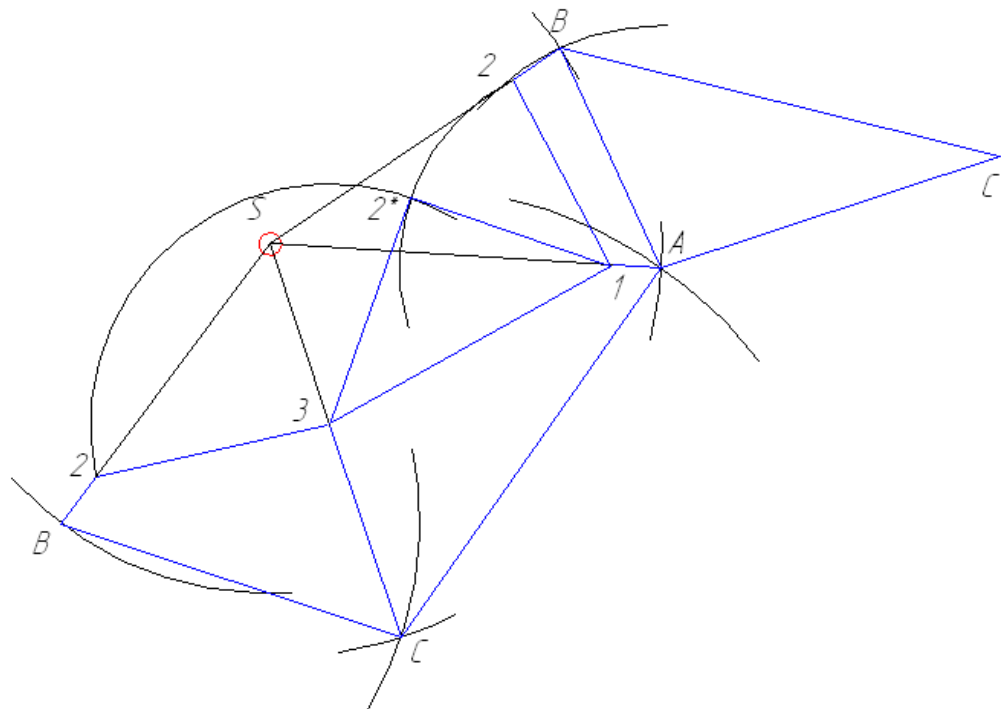
1. Сечение пирамиды плоскостями общего и частного положения.

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.

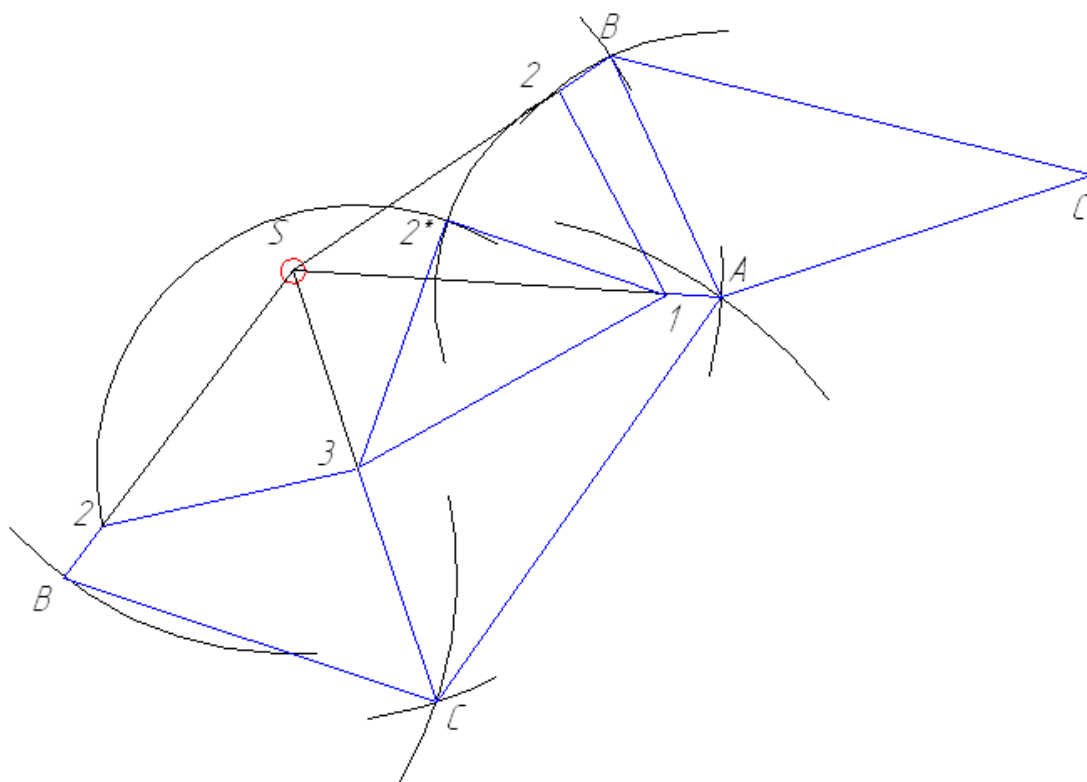
Чтобы построить развертку оставшейся части пирамиды необходимо определить натуральные величины ребер методом прямоугольного треугольника или вращением. Натуральную величину сечения определить можно также вращением вокруг главных линий.



2. 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. 15 Лекция №15 (2 часа).

Тема: «Проецирование тел вращения»

1.15.1 Вопросы лекции:

1. Кривые линии.
2. Поверхности вращения.
3. Линейчатые поверхности.
4. Винтовые поверхности.

1.15.2 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. **Циркульной** 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** ($[O_1] = [OA]$) и на отрезке **AC** дугой радиуса **C1** фиксируем точку **2**. Через середину отрезка **A2** (точка **3**) проводим перпендикуляр и находим центры **O₁** малой окружности радиуса **r** и **O₂** большой окружности радиуса **R**. Точку сопряжения (точку **4**) находим на пересечении малой окружности с отрезком **O₂O₁**. Центры **O₃** и **O₄** симметричны центрам **O₁** и **O₂** соответственно.

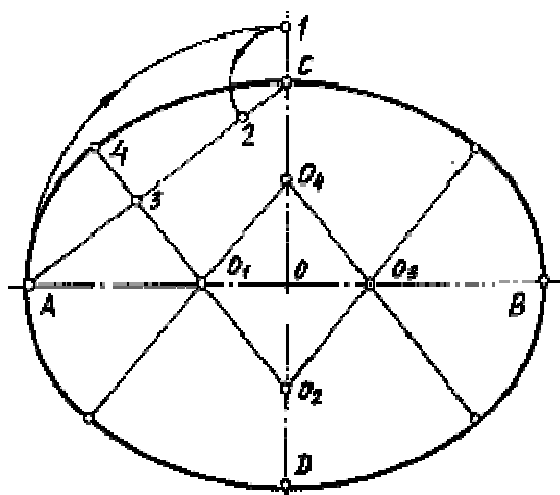


Рис. 1

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. Незакономерные 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.

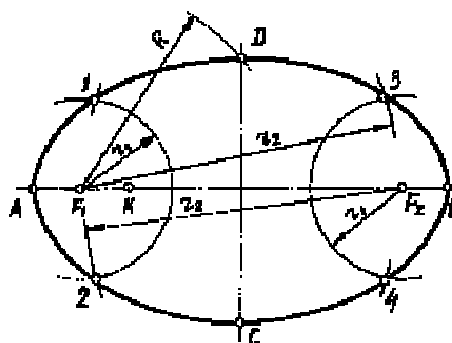


Рис. 2

Один из вариантов построения эллипса по большой оси **AB** и двум фокусам **F₁** и **F₂** приведен на рис.2. На большой оси эллипса откладываем произвольный отрезок **AK**, но больший отрезка **AF₁**. Радиусом **r₁ = AK** проводим окружности с центрами **F₁** и **F₂**. Затем радиусом **r₂ = BK** проводим окружности, также с центрами **F₁** и **F₂**. 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 $R = OA$.

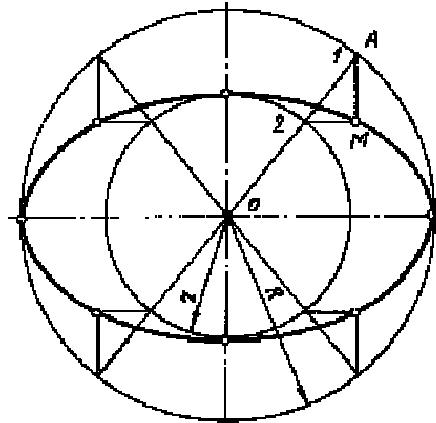


Рис. 3

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.

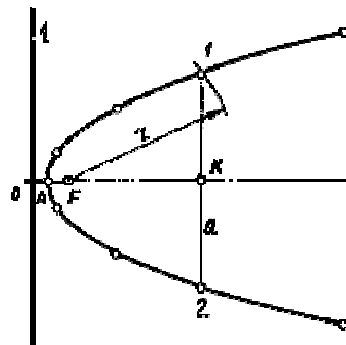


Рис. 4

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 OK , который должен быть больше OA . Через точку K проводим прямую a , перпендикулярную оси параболы. Из фокуса радиусом $r = OK$ строим окружность. Точки 1 и 2 пересечения окружности и прямой a 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.

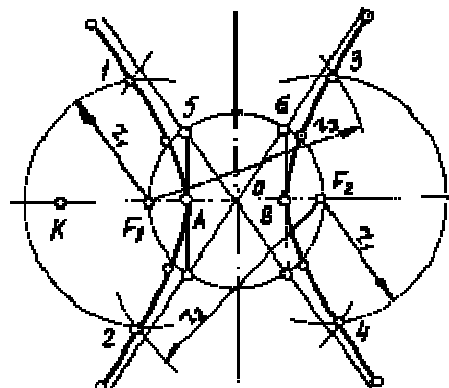


Рис. 5

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

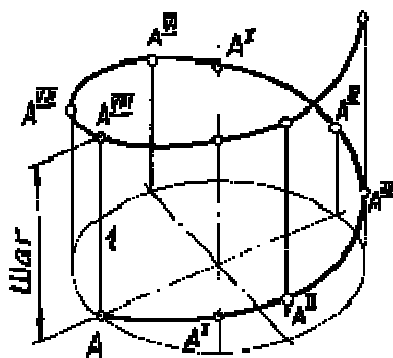


Рис. 6

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^I и A^{VIII} , лежащими на одной прямой - шагом винтовой линии.

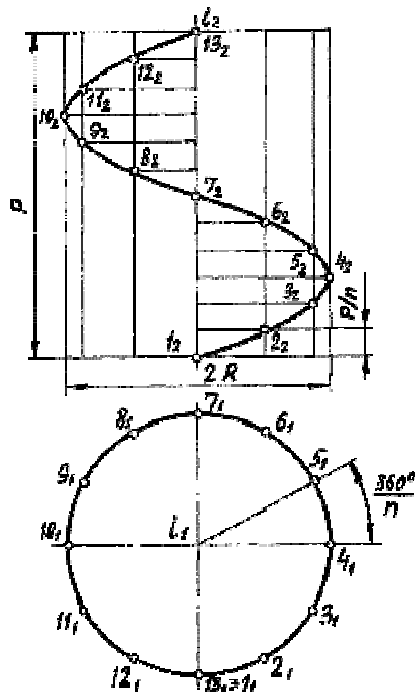


Рис. 7

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_1 . 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.

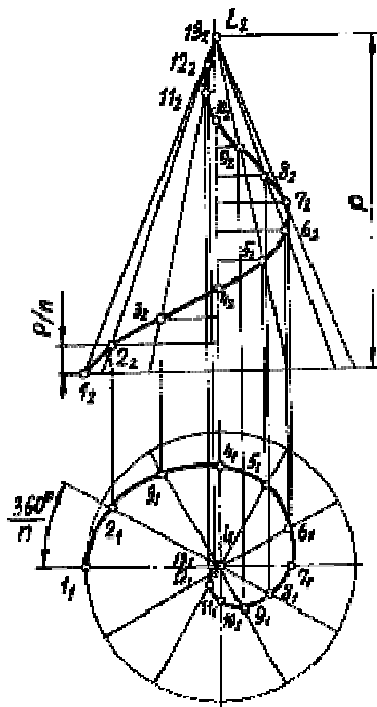


Рис. 8.

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.

1. 16 Лекция №16 (2 часа).

Тема: «Проецирование тел вращения»

1.16.1 Вопросы лекции:

1. Сечение тел вращения плоскостями.
2. Построение разверток поверхностей вращения.
3. Касательные линии и плоскости к поверхности.

1.16.2 Краткое содержание вопросов:

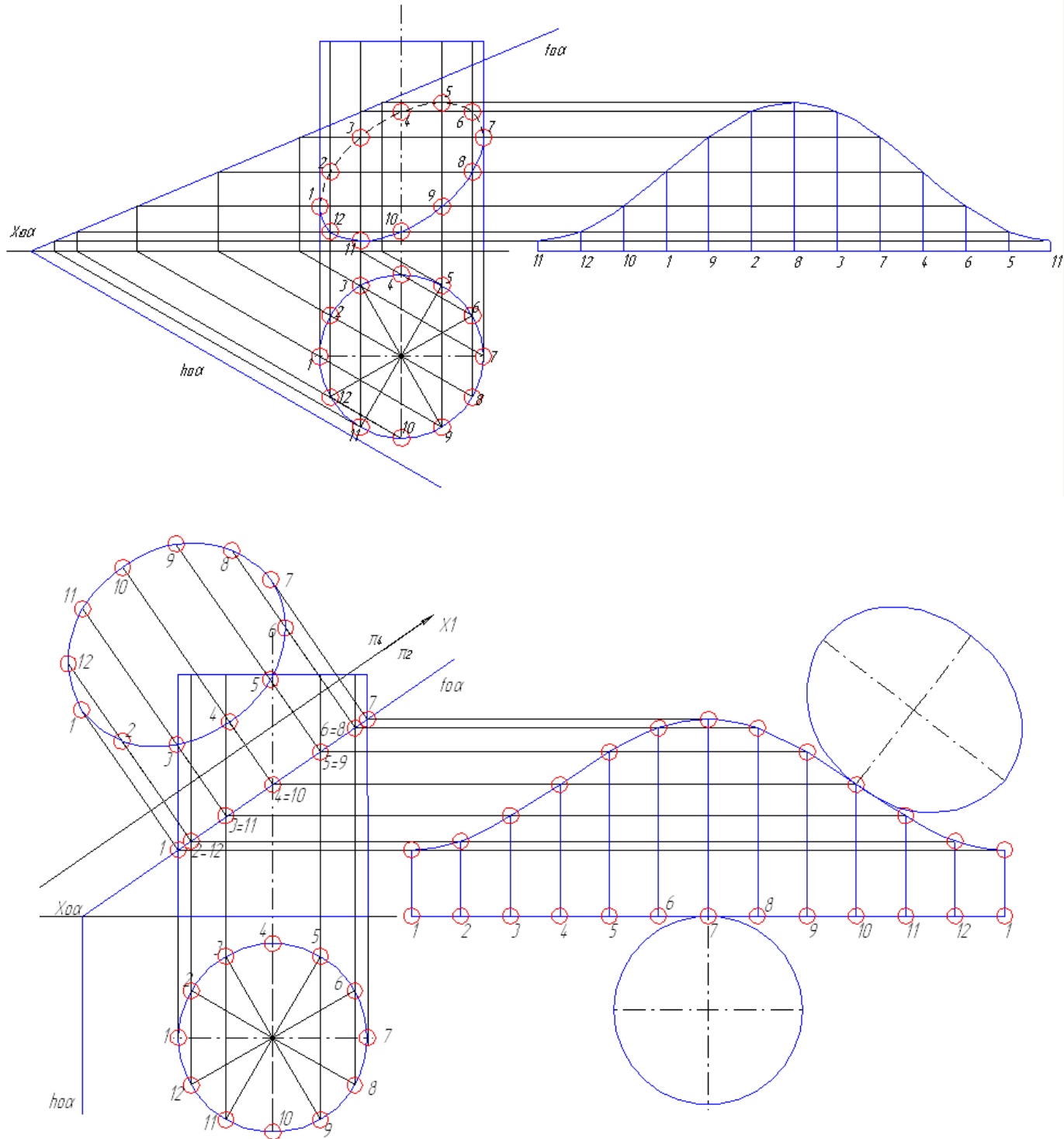
1. Сечение тел вращения плоскостями.

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).

2. 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).

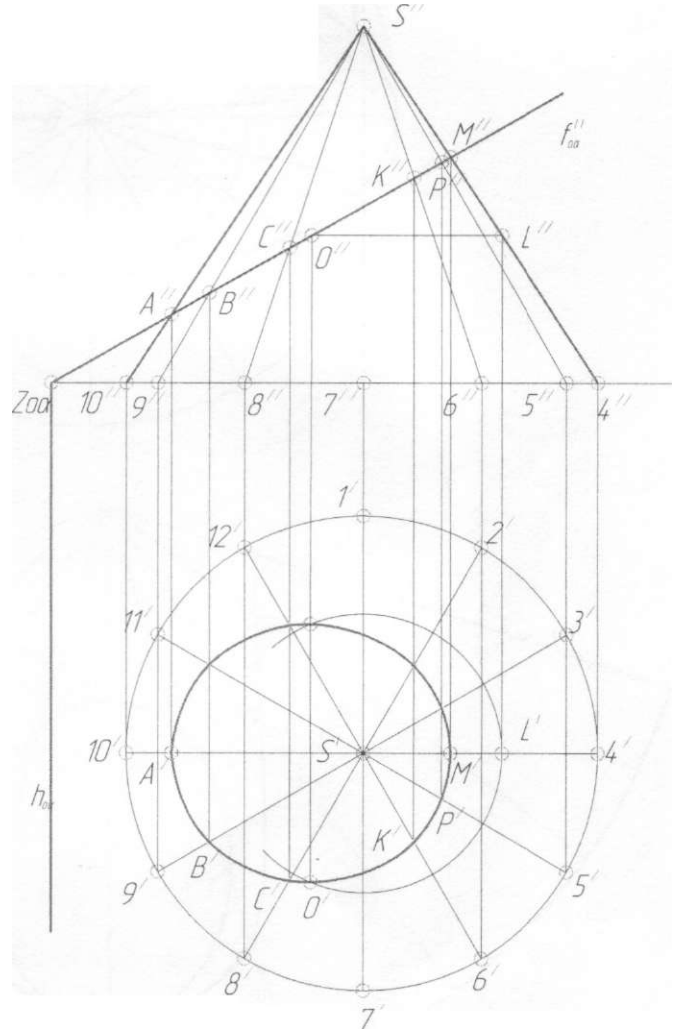
Так как плоскость не параллельна образующим конуса и не проходит через его вершину, получаем в сечении эллипс. Для построения линии пересечения конуса плоскостью проводят несколько равноудаленных у основания образующих $S'1'$, $S'2' \dots S'12'$.

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

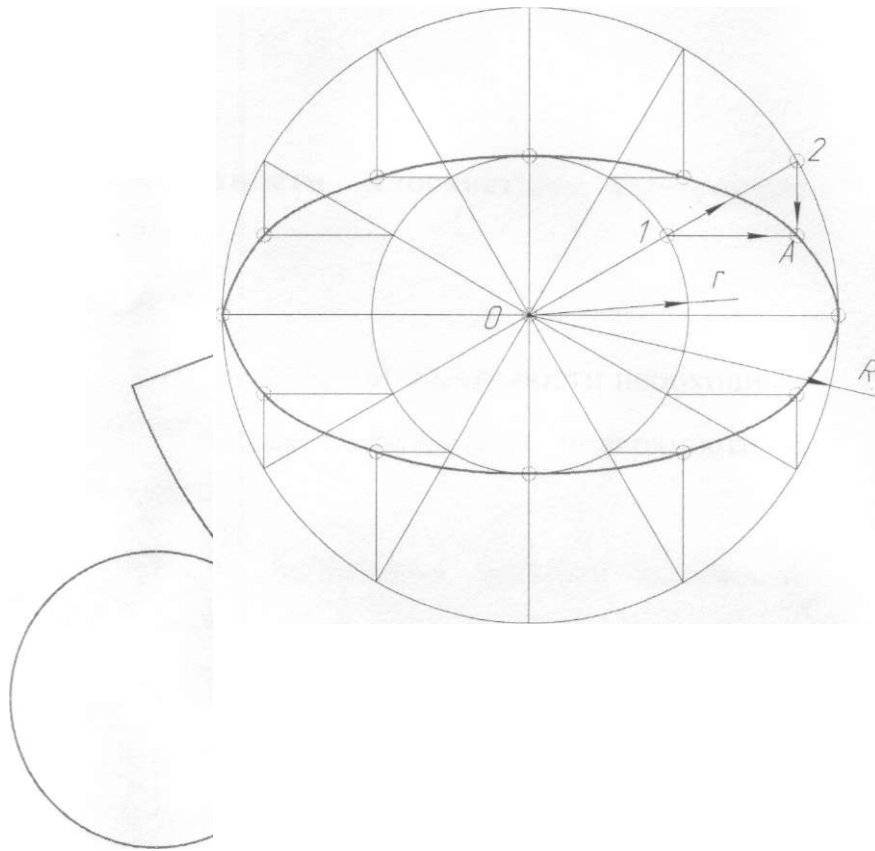
Затем определяют фронтальные и горизонтальные проекции точек пересечения образующих с плоскостью α (А, В, С, Р, М). Проекция А"М" является фронтальной проекцией сечения, а длина этой проекции равна большей оси эллипса. Поэтому середина А"М" точка О будет являться фронтальной проекцией малой оси эллипса. 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, достроим 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.



3. 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 α .

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. 17 Лекция №17 (2 часа).

Тема: «Компьютерное моделирование»

1.17.1 Вопросы лекции:

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

1.17.2 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.

Понятие о геометрической модели проектируемого объекта. 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, оболочки 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 обходиться 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.

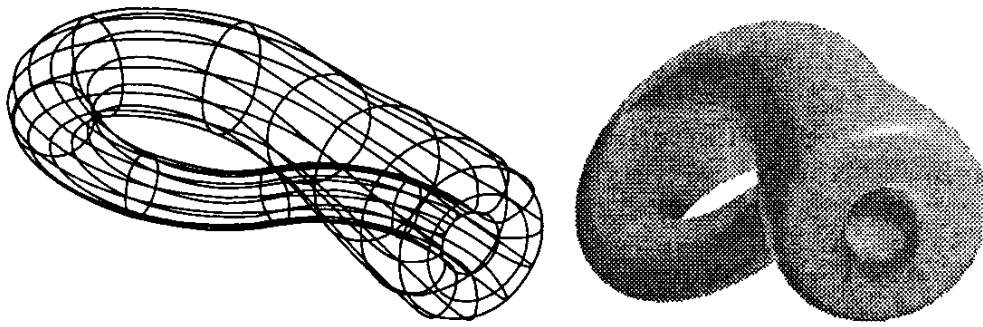


Рис. 4.1 – Бутылка Клейна – односторонняя замкнутая оболочка. Если бутылку Клейна разрезать плоскостью ее симметрии, то получим две незамкнутые самопересекающиеся оболочки, из которых путем деформирования можно получить два листа Мебиуса. Кроме связности оболочки характеризуются еще и направленностью. 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, операция 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

Начертательная геометрия (1 семестр)

2.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: «ЕСКД»

2.1.1 Цель работы:

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

2.1.2 Задачи работы:

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

2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.

2.1.4 Описание (ход) работы:

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

ФОРМАТЫ ГОСТ 2.301-68* Взамен ГОСТ 3450 60

5) 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.

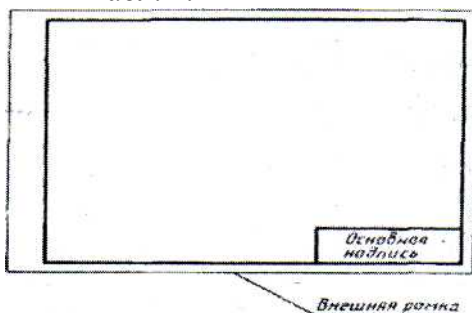
2. Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией) оригиналов, подлинников, дубликатов, копий (черт. 1).

3. Формат с размерами сторон 1189 x 841 мм, площадь которого равна 1 м², 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



ч

ерт.

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	1189х168	—	—	—	—
3	1189х2523	841х1783	594х1261	420х891	297х630
4	—	841х2378	594х1682	420х1189	297х841
5	—	—	594х2102	420х1486	297х1051
6	—	—	—	420х1783	297х1261
7	—	—	—	420х2080	297х1471
8	—	—	—	—	297х1682
9	—	—	—	—	297х1892

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

Таблица 3

мм

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

МАСШТАБЫ ГОСТ 2.302-68*

6) 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.

7) 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).




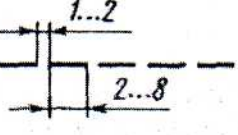
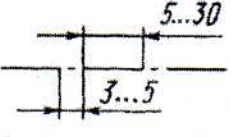
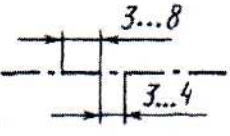
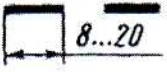
8) Для сложных разрезов и сечений допускается концы разомкнутой линии соединить штрих – пунктирной тонкой линией.


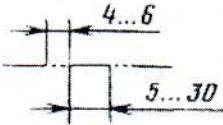
4. В строительных чертежах в разрезах видимые линии контуров, не попадающие в плоскость сечения, допускается выполнять сплошной тонкой линией (черт. 9).

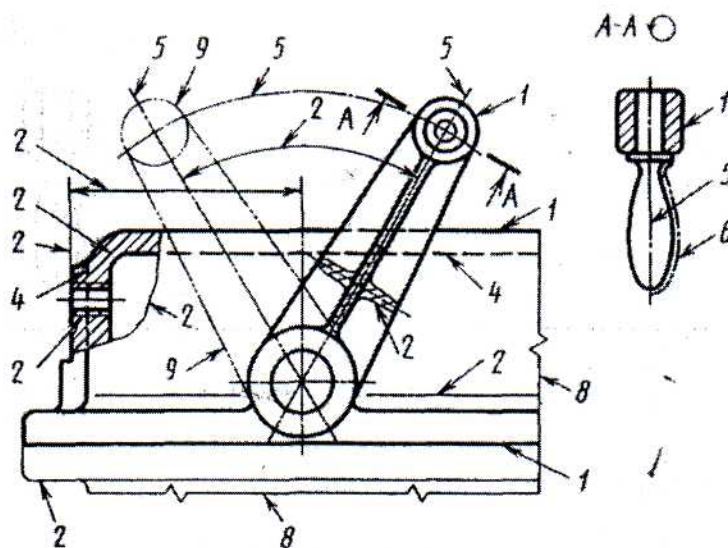
5. Толщина сплошной основной линии s должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

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

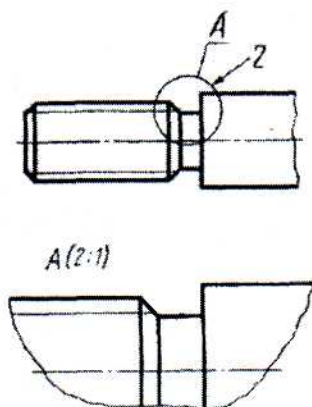
Таблица 1

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 $1\frac{1}{2}s$	

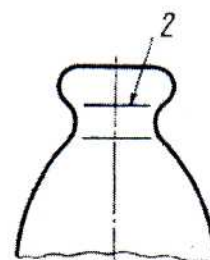
Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
8. Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках. Линии для изображения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



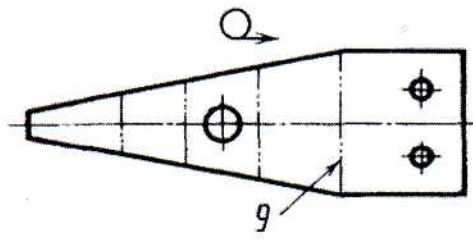
Черт. 1



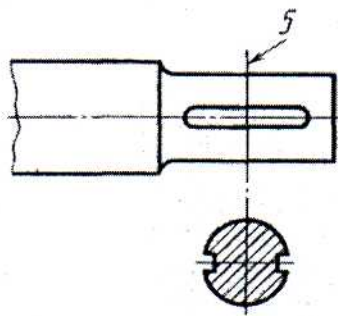
Черт. 2



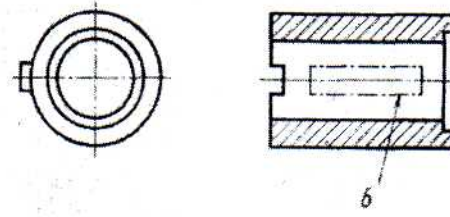
Черт. 3



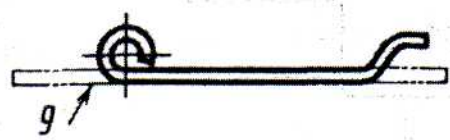
Черт. 4



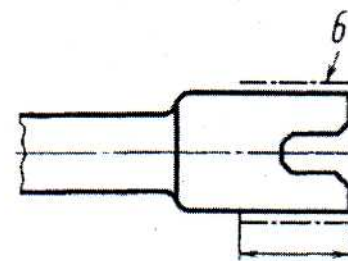
Черт. 5



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.

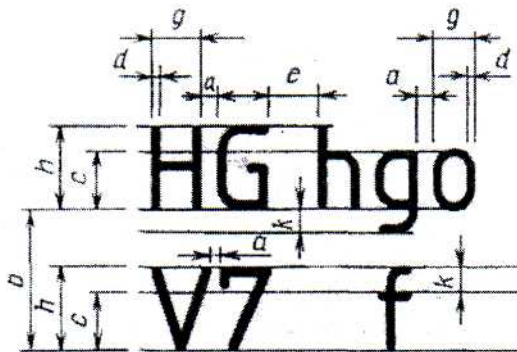
Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 851-78 – СТ СЭВ 855-78, СТ СЭВ 6306-88.

1. Термины и определения

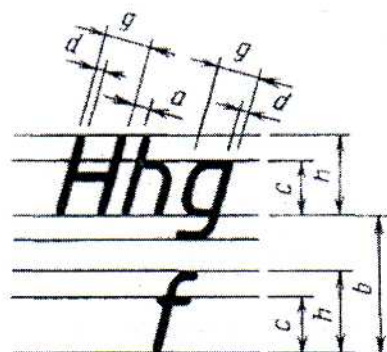
1.1. **Размер шрифта** h – величина, определенная высотой прописных букв в миллиметрах.

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

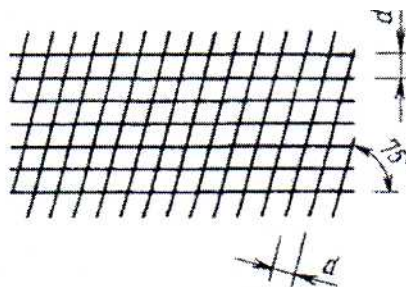
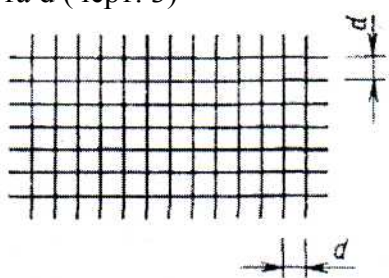


Черт. 2

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

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

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



2. Типы и размеры шрифта

2.1. Устанавливаются следующие типы шрифта:

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

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

тип Б без наклона ($d = 1/10h$) с параметрами, приведенными в табл. 2;

тип Б с наклоном около 75° ($d = 1/10h$) 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
	c	$(10/14)h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
высота строчных букв										
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.

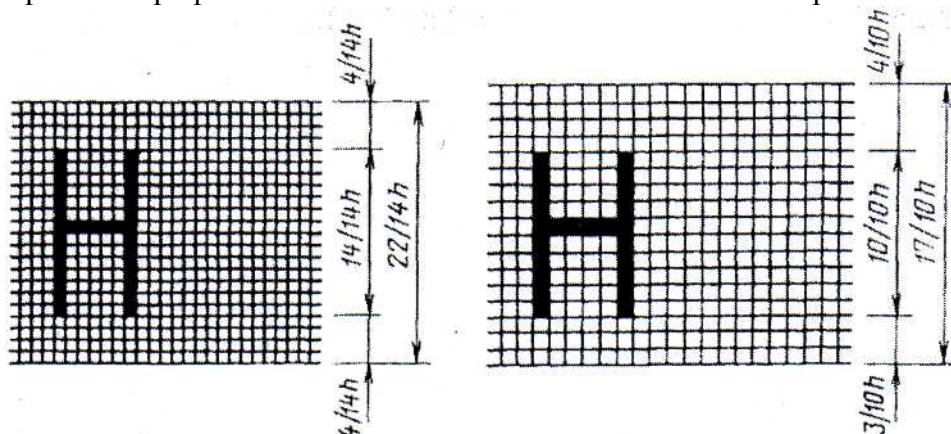
9) Минимальным расстоянием между словами e , разделенными знаком ■■■и, ^препинания, является, расстояние между знаком препинания и следующим за ним словом.

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

Примечание.

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

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



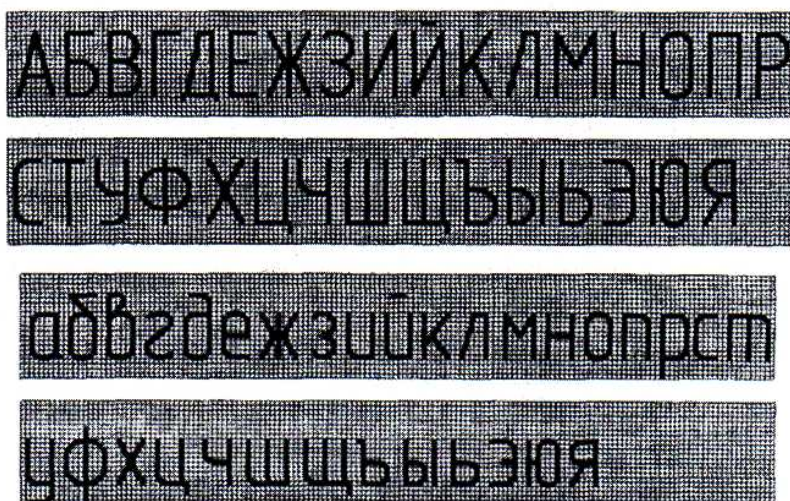
3. Русский алфавит (кириллица)

3.1 Шрифт типа А приведен на черт. 5



Черт. 5

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



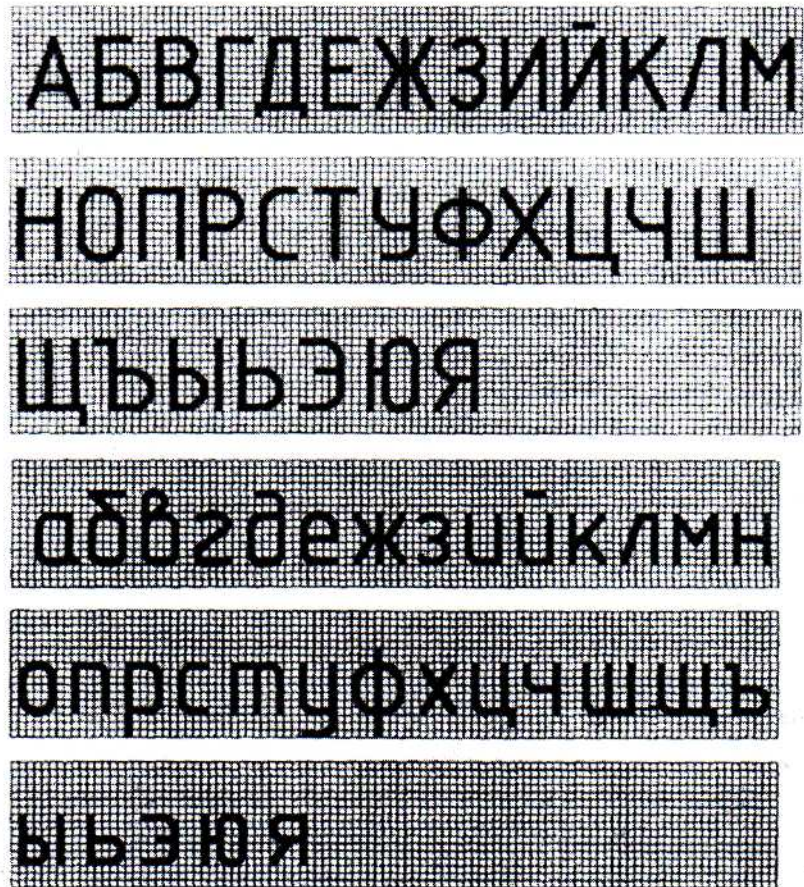
Черт. 6

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



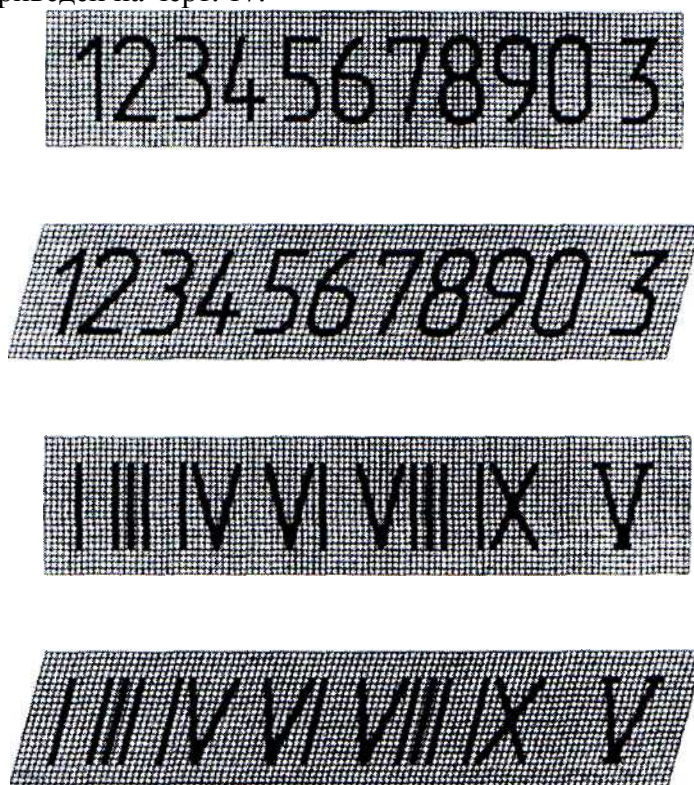
Черт. 7

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



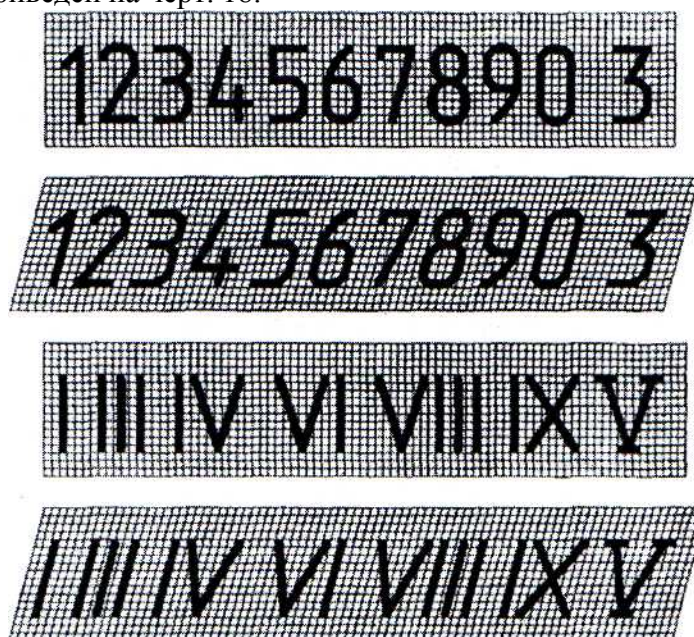
Черт. 8

6.1. Шрифт типа А приведен на черт. 17.



Черт. Щ

6.2. Шрифт типа Б приведен на черт. 18.



Черт. !8

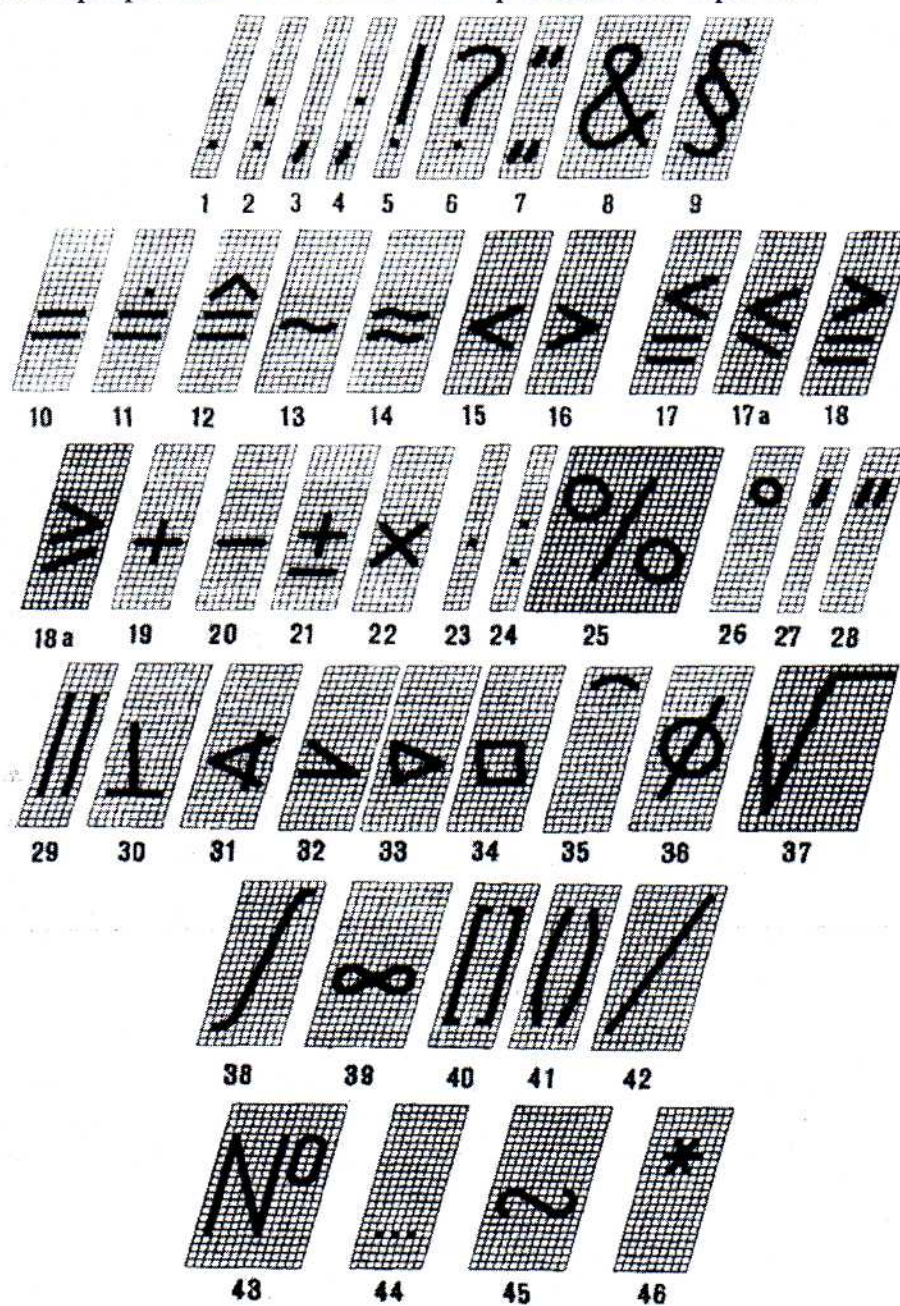
Примечания:

1. Римские цифры L, C, D, M следует выполнять по правилам латинского алфавита.

2. Римские цифры допускается ограничивать горизонтальными линиями.

7. Знаки

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



Черт. 19

2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).

Тема: «Методы проецирования»

2.2.1 Цель работы:

- познакомиться с методами проецирования и их свойствами.

2.2.2 Задачи работы:

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

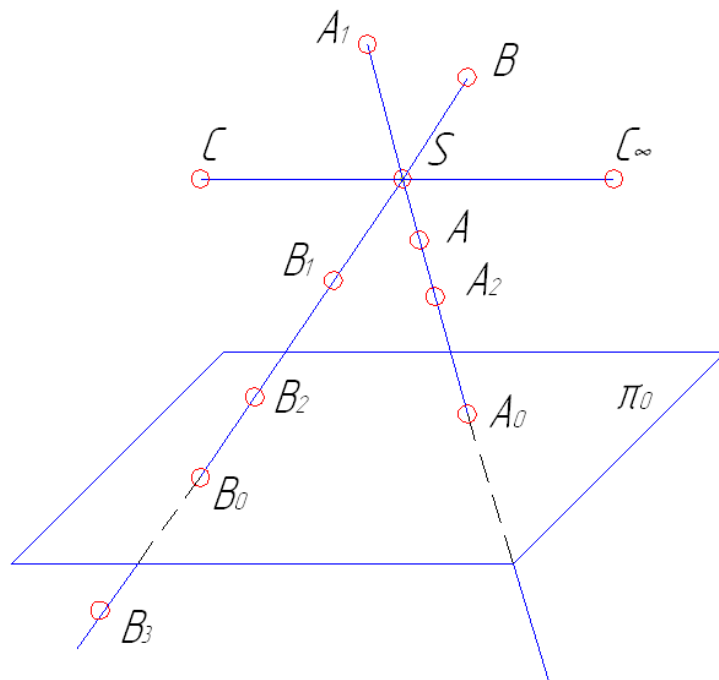
2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.2.4 Описание (ход) работы:

Центральное проецирование.

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



π_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 π_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.

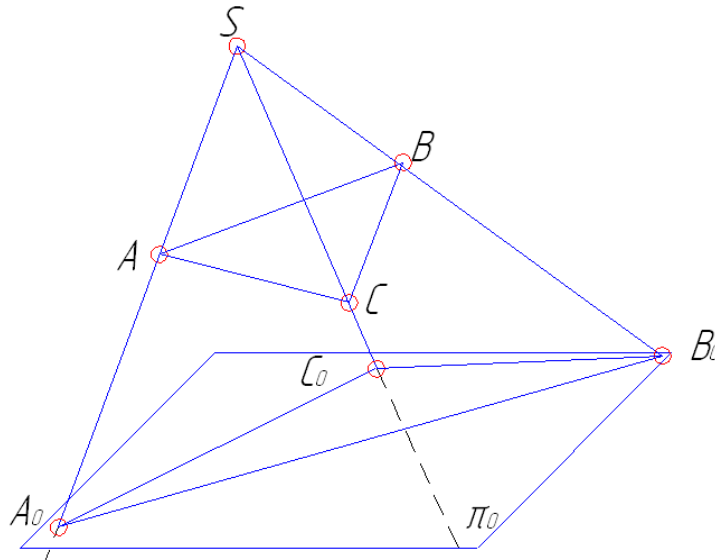
В случае параллельности проецирующего луча плоскости проекций точка C будет иметь центральную проекцию, но удаленную бесконечно далеко.

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:

2. 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:

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

13. Каждая параллельная проекция точки может быть проекцией множества точек;
14. Каждая параллельная проекция линии может быть проекцией множества линий;
15. Для проецирования прямой необходимо и достаточно иметь проекции двух ее точек;
16. Если точка принадлежит прямой, то проекции точки принадлежит проекции этой прямой;
17. Если прямая параллельна проецирующей прямой, то проекцией этой прямой является точка;
18. Отрезок прямой линии, параллельной плоскости проекций проецируется на эту плоскость в натуральную величину.

Прямоугольное проецирование. Метод Монжа.

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

Кроме свойств параллельных косоугольных проекций ортогональные проекции имеют следующее свойство:

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

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

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

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

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

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

2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).

Тема: «Метод Монжа»

2.3.1 Цель работы:

- овладеть навыками ортогонального проецирования точки на три плоскости проекций;
- научиться определять положение точки в пространстве по ее проекциям.

2.3.2 Задачи работы:

- 1) Построить на эюре Монжа горизонтальные, фронтальные и профильные проекции точек **A, B, C** согласно варианта.
- 2) На кабинетной проекции по проекциям точек найти их положение в пространстве.
- 3) Оформить чертеж по всем правилам оформления, предусмотренным ЕСКД (единой системой конструкторской документации).

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:

- построить проекции точек **A, B, C** на три плоскости проекций по методу ортогонального проецирования;
- изменить знаки при координатах точек таким образом, чтобы точки находились последовательно в 1, 2, 3...8 октантах.

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 (**A, B, C**);
 - проекций точек на координатных осях – буквами **A_x, A_y, A_z** 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

2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

Тема: «Проецирование прямой линии»

2.4.1 Цель работы:

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

2.4.2 Задачи работы:

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

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 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.

2.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).

Тема: «Следы прямой линии»

2.5.1 Цель работы:

- овладеть навыками определения следов прямой линии по ее проекциям;
- определение четвертей, через которые проходит прямая.

2.5.2 Задачи работы:

- 1) Определить на эпюре Монжа горизонтальные, фронтальные и профильные следы прямой линии.
- 2) Определить октанты, через которые проходит прямая.
- 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 отрезков прямых линий – сплошная основная;
 - натуральных величин отрезков – 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;
 - углов наклона прямой к горизонтальной, фронтальной и профильной плоскостям проекций – соответственно α , β и γ ;
 - 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

2.6 Лабораторная работа №6 (2 часа).

Тема: «Плоскость»

2.6.1 Цель работы:

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

2.6.2 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).

2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.6.4 Описание (ход) работы:

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'_{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

2.7 Лабораторная работа №7 (2 часа).

Тема: «Плоскость»

2.7.1 Цель работы:

- освоить способ построения следов плоскости с помощью главных линий плоскости.

2.7.2 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, используя главные линии плоскости.
- 3) Оформить чертеж по всем правилам оформления, предусмотренным ЕСКД (единой системой конструкторской документации).

2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.7.4 Описание (ход) работы:

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'_{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

2.8 Лабораторная работа №8 (2 часа).

Тема: «Пересечение плоскостей»

2.8.1 Цель работы:

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

2.8.2 Задачи работы:

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

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

2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.8.4 Описание (ход) работы:

Правила оформления:

1) Тип линий

- проекций прямых линий – сплошная основная;
- следов плоскости – сплошная основная цветным карандашом;
- осей координат, продолжений проекций, главных линий плоскости – сплошная

тонкая толщиной $\frac{s}{2}$;

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

2) Размер шрифта на чертеже:

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

3) Обозначения на чертеже:

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (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 – α , β , γ ;

- 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

2.9 Лабораторная работа №9 (2 часа).

Тема: «Пересечение плоскостей»

2.9.1 Цель работы:

- научиться определять линии пересечения плоскостей общего положения.

2.9.2 Задачи работы:

- 1) Определить линию пересечения двух плоскостей с использованием вспомогательных плоскостей частного положения;
- 2) Определить линию пересечения двух плоскостей по точкам пересечения прямой с плоскостью.

2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.9.4 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 – α , β , γ ;
- 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

2.10 Лабораторная работа №10 (2 часа).

Тема: «Взаимное положение прямой линии и плоскости»

2.10.1 Цель работы:

- научиться определять взаимное положение прямой и плоскости.

2.10.2 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.

2.10.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.10.4 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 М, N, Р;

- горизонтального, фронтального и профильного следа плоскости – соответственно $h'_{\text{оABC}}$, $f'_{\text{оABC}}$, $p'_{\text{оABC}}$;

- других плоскостей – α , β , γ ;

- точек схода следов по осям X, Y и Z соответственно $X_{\text{оABC}}$, $Y_{\text{оABC}}$ и $Z_{\text{оABC}}$;

- главных линий плоскости строчными буквами латинского алфавита (a, b).

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

Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1	A	65	10	20	11	A	65	20	55	21	A	65	0	15
	B	10	20	0		B	20	5	5		B	40	55	0
	C	0	60	60		C	0	50	25		C	0	20	40
	D	35	70	5		D	60	15	10		D	55	50	60
2	A	70	0	60	12	A	75	5	15	22	A	60	30	65
	B	45	50	10		B	35	55	65		B	45	60	10
	C	0	20	10		C	0	25	0		C	5	20	10
	D	20	50	55		D	65	55	0		D	75	10	15
3	A	70	60	45	13	A	80	0	40	23	A	75	0	25
	B	40	0	55		B	0	20	70		B	30	50	5
	C	0	45	10		C	30	45	0		C	10	20	60
	D	65	15	0		D	70	55	65		D	60	55	55
4	A	65	20	0	14	A	70	10	20	24	A	80	10	20
	B	40	5	55		B	50	45	50		B	45	70	0
	C	0	50	5		C	0	25	10		C	0	40	45
	D	70	65	55		D	60	55	0		D	10	15	0
5	A	60	60	10	15	A	65	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	15	55		B	10	0	20		B	25	5	5
	C	0	5	25		C	0	60	60		C	0	25	50
	D	10	45	55		D	35	5	70		D	60	10	55
6	A	60	65	20	16	A	70	20	0	26	A	75	25	5
	B	45	20	80		B	45	10	50		B	35	65	55
	C	5	10	10		C	0	10	20		C	0	0	25
	D	70	20	10		D	20	55	50		D	65	0	55
7	A	65	15	0	17	A	70	45	60	27	A	80	40	0
	B	40	0	55		B	40	55	0		B	0	70	20
	C	0	40	20		C	0	10	45		C	30	0	45
	D	55	60	50		D	65	0	15		D	70	65	55
8	A	60	65	30	18	A	65	0	20	28	A	65	10	20
	B	45	10	60		B	40	55	55		B	45	70	40
	C	5	10	20		C	0	5	50		C	10	45	0
	D	75	15	10		D	70	55	65		D	70	65	55
9	A	75	25	0	19	A	60	10	60	29	A	70	0	60
	B	30	5	50		B	45	55	15		B	40	5	20
	C	10	60	20		C	0	25	5		C	0	60	5
	D	60	55	55		D	10	55	45		D	45	50	5
10	A	80	20	10	20	A	60	20	65	30	A	65	60	45
	B	45	0	70		B	45	50	20		B	10	20	0
	C	0	45	40		C	5	10	10		C	0	20	10
	D	10	0	15		D	70	10	20		D	65	15	0

2.11 Лабораторная работа №11 (2 часа).

Тема: «Взаимное положение прямой линии и плоскости»

2.11.1 Цель работы:

- научиться определять взаимное положение прямой и плоскости.

2.11.2 Задачи работы:

- 1) Через точку D провести прямую, перпендикулярную плоскости треугольника ABC;
- 2) Определить расстояние от точки D до плоскости треугольника ABC.

2.11.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.11.4 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 $h'_{\text{оABC}}$, $f'_{\text{оABC}}$, $p'''_{\text{оABC}}$;
- других плоскостей – α , β , γ ;
- точек схода следов по осям X, Y и Z соответственно $X_{\text{оABC}}$, $Y_{\text{оABC}}$ и $Z_{\text{оABC}}$;
- главных линий плоскости строчными буквами латинского алфавита (a, b).

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

Варианты заданий:

№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1	A	65	10	20	11	A	65	20	55	21	A	65	0	15
	B	10	20	0		B	20	5	5		B	40	55	0
	C	0	60	60		C	0	50	25		C	0	20	40
	D	35	70	5		D	60	15	10		D	55	50	60
2	A	70	0	60	12	A	75	5	15	22	A	60	30	65
	B	45	50	10		B	35	55	65		B	45	60	10
	C	0	20	10		C	0	25	0		C	5	20	10
	D	20	50	55		D	65	55	0		D	75	10	15
3	A	70	60	45	13	A	80	0	40	23	A	75	0	25
	B	40	0	55		B	0	20	70		B	30	50	5
	C	0	45	10		C	30	45	0		C	10	20	60
	D	65	15	0		D	70	55	65		D	60	55	55
4	A	65	20	0	14	A	70	10	20	24	A	80	10	20
	B	40	5	55		B	50	45	50		B	45	70	0
	C	0	50	5		C	0	25	10		C	0	40	45
	D	70	65	55		D	60	55	0		D	10	15	0
5	A	60	60	10	15	A	65	20	10	25	A	65	55	20
	B	45	15	55		B	10	0	20		B	25	5	5
	C	0	5	25		C	0	60	60		C	0	25	50
	D	10	45	55		D	35	5	70		D	60	10	55
6	A	60	65	20	16	A	70	20	0	26	A	75	25	5
	B	45	20	80		B	45	10	50		B	35	65	55
	C	5	10	10		C	0	10	20		C	0	0	25
	D	70	20	10		D	20	55	50		D	65	0	55
7	A	65	15	0	17	A	70	45	60	27	A	80	40	0
	B	40	0	55		B	40	55	0		B	0	70	20
	C	0	40	20		C	0	10	45		C	30	0	45
	D	55	60	50		D	65	0	15		D	70	65	55
8	A	60	65	30	18	A	65	0	20	28	A	65	10	20
	B	45	10	60		B	40	55	55		B	45	70	40
	C	5	10	20		C	0	5	50		C	10	45	0
	D	75	15	10		D	70	55	65		D	70	65	55
9	A	75	25	0	19	A	60	10	60	29	A	70	0	60
	B	30	5	50		B	45	55	15		B	40	5	20
	C	10	60	20		C	0	25	5		C	0	60	5
	D	60	55	55		D	10	55	45		D	45	50	5
10	A	80	20	10	20	A	60	20	65	30	A	65	60	45
	B	45	0	70		B	45	50	20		B	10	20	0
	C	0	45	40		C	5	10	10		C	0	20	10
	D	10	0	15		D	70	10	20		D	65	15	0

2.12 Лабораторная работа №12 (2 часа).

Тема: «Способ замены плоскостей проекций»

2.12.1 Цель работы:

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

2.12.2 Задачи работы:

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

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 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 – π_4 , π_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

2.13 Лабораторная работа №13 (2 часа).

Тема: «Способ вращения»

2.13.1 Цель работы:

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

2.13.2 Задачи работы:

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

2.13.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.13.4 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 – π_4 , π_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

2.14 Лабораторная работа №14 (2 часа).

Тема: «Проецирование гранных тел»

2.14.1 Цель работы:

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

2.14.2 Задачи работы:

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

2.14.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.14.4 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 – α (точки схода следов – $X_{\alpha\alpha}$, $Y_{\alpha\alpha}$, $Z_{\alpha\alpha}$);
- новых плоскостей проекций – π_4 , π_5 .

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

Варианты заданий:

№ варианта	Точк и	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
	Xoα	100	0	0		Xoα	105	0	0		Xoα	90	0	0
	Zoα	0	0	75		Zoα	0	0	80		Zoα	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
	Xoα	130	0	0		Xoα	125	0	0		Xoα	135	0	0
	Yoα	0	90	0		Yoα	0	95	0		Yoα	0	70	0
	Zoα	0	0	60		Zoα	0	0	80		Zoα	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
	Xoα	80	0	0		Xoα	65	0	0		Xoα	70	0	0
	Zoα	0	0	35		Zoα	0	0	45		Zoα	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
	Xoα	115	0	0		Xoα	130	0	0		Xoα	90	0	0
	Yoα	0	60	0		Yoα	0	90	0		Yoα	0	50	0
	Zoα	0	0	70		Zoα	0	0	110		Zoα	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
	Xoα	85	0	0		Xoα	90	0	0		Xoα	75	0	0
	Yoα	0	60	0		Yoα	0	55	0		Yoα	0	75	0
	h	60				h	70				h	90		
6 пирамида	A	90	45	0	16 пирамид а	A	85	20	0	26 пирамид а	A	10	45	0
	B	30	75	0		B	60	60	0		B	70	35	0
	C	0	30	0		C	0	20	0		C	35	80	0
	S	50	50	75		S	40	35	75		S	55	55	80
	Xoα	100	0	0		Xoα	95	0	0		Xoα	80	0	0
	Zoα	0	0	60		Zoα	0	0	45		Zoα	0	0	80
7 пирамида	A	75	30	0	17 пирамид а	A	80	25	0	27 пирамид а	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	S	40	55	85		S	60	45	70		S	15	35	70
	Xoα	95	0	0		Xoα	100	0	0		Xoα	70	0	0

	Zoα	0	0	70		Zoα	0	0	50		Zoα	0	0	55
8 пирамида	A	5	70	0	18 пирамид а	A	10	10	0	28 пирамид а	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	S	40	20	80		S	25	60	85		S	30	40	90
	Xoα	90	0	0		Xoα	11 0	0	0		Xoα	95	0	0
	Zoα	0	0	75		Zoα	0	0	70		Zoα	0	0	65
9 пирамида	A	0	0	0	19 пирамид а	A	15	0	55	29 пирамид а	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	S	65	85	20		S	30	75	40		S	55	65	15
	Xoα	90	0	0		Xoα	65	0	0		Xoα	75	0	0
	Yoα	0	85	0		Yoα	0	60	0		Yoα	0	90	0
10 пирамида	A	10	0	10	20 пирамид а	A	85	0	70	30 пирамид а	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	S	45	50	35		S	70	70	60		S	40	80	50
	Xoα	120	0	0		Xoα	10 0	0	0		Xoα	95	0	0
	Yoα	0	90	0		Yoα	0	55	0		Yoα	0	70	0

2.15 Лабораторная работа №15 (2 часа).

Тема: «Проецирование гранных тел»

2.15.1 Цель работы:

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

2.15.2 Задачи работы:

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

2.15.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.15.4 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 – α (точки схода следов – $X_{\alpha\alpha}$, $Y_{\alpha\alpha}$, $Z_{\alpha\alpha}$);
 - новых плоскостей проекций – π_4 , π_5 .
- 4) Координаты точек согласно варианта задания в виде таблицы изобразить в правом верхнем углу поля чертежа.

Варианты заданий:

№ варианта	Точк и	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
	Xoα	100	0	0		Xoα	105	0	0		Xoα	90	0	0
	Zoα	0	0	75		Zoα	0	0	80		Zoα	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
	Xoα	130	0	0		Xoα	125	0	0		Xoα	135	0	0
	Yoα	0	90	0		Yoα	0	95	0		Yoα	0	70	0
	Zoα	0	0	60		Zoα	0	0	80		Zoα	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
	Xoα	80	0	0		Xoα	65	0	0		Xoα	70	0	0
	Zoα	0	0	35		Zoα	0	0	45		Zoα	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
	Xoα	115	0	0		Xoα	130	0	0		Xoα	90	0	0
	Yoα	0	60	0		Yoα	0	90	0		Yoα	0	50	0
	Zoα	0	0	70		Zoα	0	0	110		Zoα	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
	Xoα	85	0	0		Xoα	90	0	0		Xoα	75	0	0
	Yoα	0	60	0		Yoα	0	55	0		Yoα	0	75	0
	h	60				h	70				h	90		
6 пирамида	A	90	45	0	16 пирамид а	A	85	20	0	26 пирамид а	A	10	45	0
	B	30	75	0		B	60	60	0		B	70	35	0
	C	0	30	0		C	0	20	0		C	35	80	0
	S	50	50	75		S	40	35	75		S	55	55	80
	Xoα	100	0	0		Xoα	95	0	0		Xoα	80	0	0
	Zoα	0	0	60		Zoα	0	0	45		Zoα	0	0	80
7 пирамида	A	75	30	0	17 пирамид а	A	80	25	0	27 пирамид а	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	S	40	55	85		S	60	45	70		S	15	35	70
	Xoα	95	0	0		Xoα	100	0	0		Xoα	70	0	0

	Zoα	0	0	70		Zoα	0	0	50		Zoα	0	0	55
8 пирамида	A	5	70	0	18 пирамид а	A	10	10	0	28 пирамид а	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	S	40	20	80		S	25	60	85		S	30	40	90
	Xoα	90	0	0		Xoα	11 0	0	0		Xoα	95	0	0
	Zoα	0	0	75		Zoα	0	0	70		Zoα	0	0	65
9 пирамида	A	0	0	0	19 пирамид а	A	15	0	55	29 пирамид а	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	S	65	85	20		S	30	75	40		S	55	65	15
	Xoα	90	0	0		Xoα	65	0	0		Xoα	75	0	0
	Yoα	0	85	0		Yoα	0	60	0		Yoα	0	90	0
10 пирамида	A	10	0	10	20 пирамид а	A	85	0	70	30 пирамид а	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	S	45	50	35		S	70	70	60		S	40	80	50
	Xoα	120	0	0		Xoα	10 0	0	0		Xoα	95	0	0
	Yoα	0	90	0		Yoα	0	55	0		Yoα	0	70	0

2.16 Лабораторная работа №16 (2 часа).

Тема: «Проецирование тел вращения»

2.16.1 Цель работы:

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

2.16.2 Задачи работы:

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

2.16.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.16.4 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 – α (точки схода следов – $X_{\alpha\alpha}$, $Y_{\alpha\alpha}$, $Z_{\alpha\alpha}$);
- новых плоскостей проекций – π_4 , π_5 .

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

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		
	Xoα	100	0	0		Xoα	10 5	0	0		Xoα	90	0	0
	Zoα	0	0	75		Zoα	0	0	80		Zoα	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		
	Xoα	130	0	0		Xoα	12 5	0	0		Xoα	13 5	0	0
	Yoα	0	90	0		Yoα	0	95	0		Yoα	0	70	0
	Zoα	0	0	60		Zoα	0	0	80		Zoα	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		
	Xoα	80	0	0		Xoα	65	0	0		Xoα	70	0	0
	Zoα	0	0	35		Zoα	0	0	45		Zoα	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		
	Xoα	115	0	0		Xoα	13 0	0	0		Xoα	90	0	0
	Yoα	0	60	0		Yoα	0	90	0		Yoα	0	50	0
	Zoα	0	0	70		Zoα	0	0	11 0		Zoα	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		
	Xoα	85	0	0		Xoα	90	0	0		Xoα	75	0	0
	Yoα	0	60	0		Yoα	0	55	0		Yoα	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		
	Xoα	100	0	0		Xoα	95	0	0		Xoα	80	0	0
	Zoα	0	0	60		Zoα	0	0	45		Zoα	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		
	Xoα	95	0	0		Xoα	10 0	0	0		Xoα	70	0	0
	Zoα	0	0	70		Zoα	0	0	50		Zoα	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		
	Xoα	90	0	0		Xoα	11 0	0	0		Xoα	95	0	0
	Zoα	0	0	75		Zoα	0	0	70		Zoα	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		

	Χοα	90	0	0		Χοα	65	0	0		Χοα	75	0	0
	Υοα	0	85	0		Υοα	0	60	0		Υοα	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		
	Χοα	120	0	0		Χοα	100	0	0		Χοα	95	0	0
	Υοα	0	90	0		Υοα	0	55	0		Υοα	0	70	0

2.17 Лабораторная работа №17 (2 часа).

Тема: «Проецирование тел вращения»

2.17.1 Цель работы:

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

2.17.2 Задачи работы:

1) Определить проекции и натуральный вид фигуры сечения тела вращения плоскостью;

2) На развертке тела вращения построить линию пересечения.

2.17.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.17.4 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 – α (точки схода следов – X_{α} , Y_{α} , Z_{α});
- новых плоскостей проекций – π_4 , π_5 .

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

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		
	Xoα	100	0	0		Xoα	10 5	0	0		Xoα	90	0	0
	Zoα	0	0	75		Zoα	0	0	80		Zoα	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		
	Xoα	130	0	0		Xoα	12 5	0	0		Xoα	13 5	0	0
	Yoα	0	90	0		Yoα	0	95	0		Yoα	0	70	0
	Zoα	0	0	60		Zoα	0	0	80		Zoα	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		
	Xoα	80	0	0		Xoα	65	0	0		Xoα	70	0	0
	Zoα	0	0	35		Zoα	0	0	45		Zoα	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		
	Xoα	115	0	0		Xoα	13 0	0	0		Xoα	90	0	0
	Yoα	0	60	0		Yoα	0	90	0		Yoα	0	50	0
	Zoα	0	0	70		Zoα	0	0	11 0		Zoα	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		
	Xoα	85	0	0		Xoα	90	0	0		Xoα	75	0	0
	Yoα	0	60	0		Yoα	0	55	0		Yoα	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		
	Xoα	100	0	0		Xoα	95	0	0		Xoα	80	0	0
	Zoα	0	0	60		Zoα	0	0	45		Zoα	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		
	Xoα	95	0	0		Xoα	10 0	0	0		Xoα	70	0	0
	Zoα	0	0	70		Zoα	0	0	50		Zoα	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		
	Xoα	90	0	0		Xoα	11 0	0	0		Xoα	95	0	0
	Zoα	0	0	75		Zoα	0	0	70		Zoα	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		

	Χοα	90	0	0		Χοα	65	0	0		Χοα	75	0	0
	Υοα	0	85	0		Υοα	0	60	0		Υοα	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		
	Χοα	120	0	0		Χοα	100	0	0		Χοα	95	0	0
	Υοα	0	90	0		Υοα	0	55	0		Υοα	0	70	0

Инженерная графика (2 семестр)

2.18 Лабораторная работа №18 (2 часа).

Тема: «Правила оформления чертежей»

2.18.1 Цель работы:

- познакомиться с содержанием ЕСКД в области правил оформления чертежей.

2.18.2 Задачи работы:

1) Усвоить правила оформления чертежей.

2.18.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.

2.18.4 Описание (ход) работы:

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

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

1. Основные требования

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

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

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

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

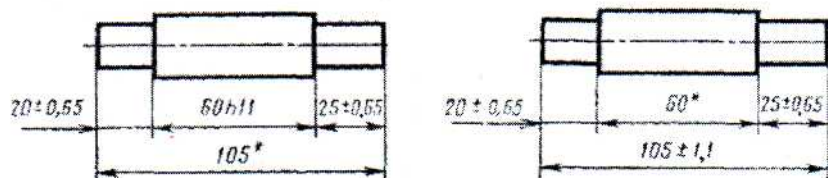
1.3. Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, называются справочными.

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

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

1.5. К справочным относят следующие размеры:

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

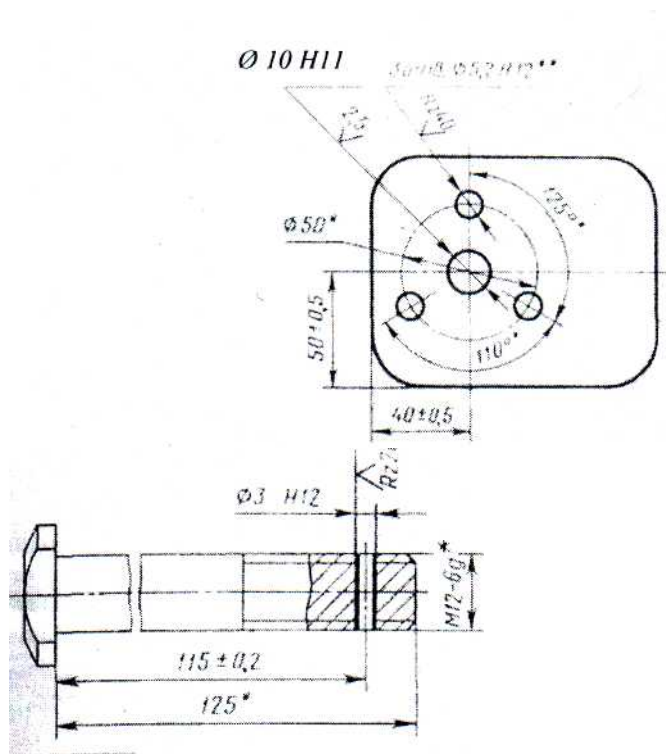


черт. 1

* Размеры для справок.

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

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



* Размеры для
справок Черт. 2

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

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

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

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

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

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

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

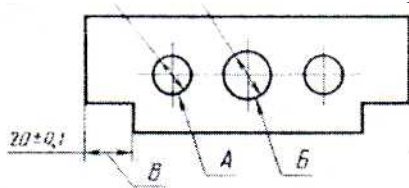
Габаритными называются размеры, определяющие предельные внешние (или внутренние) очертания изделия.

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

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

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

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



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

Разность размеров В с обеих более 0,1 мм.

Черт. 4

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

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

На строительных чертежах размеры допускается повторять.

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

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

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

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

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

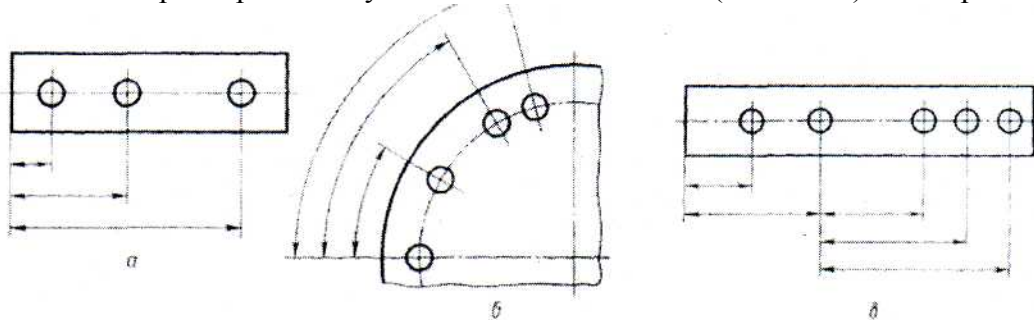
1.11. Для размерных чисел применять простые дроби не допускается, за исключением размеров в дюймах.

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

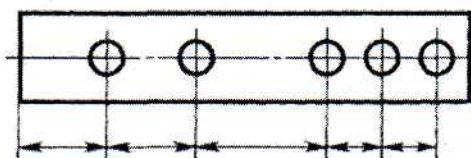
1.13. При расположении элементов предмета (отверстий, пазов, зубьев и т.п.) на одной оси или на одной окружности размеры, определяющие их взаимное расположение, наносят следующими способами:

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

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



Черт. 5

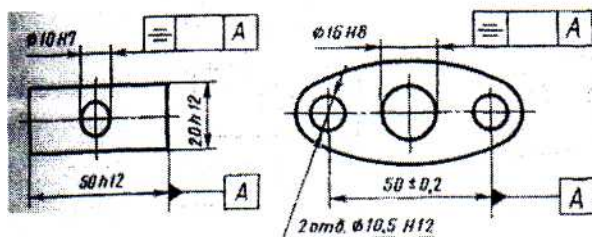


Черт. 6

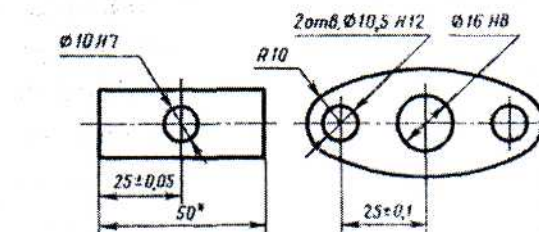
1.14. Размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный (см. черт. 1).

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

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



Черт. 7



* Размеры для справок.

Черт. 8

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

а) для размеров, определяющих зоны различной шероховатости одной и той же поверхности, зоны термообработки, покрытия, отделки, накатки, насечки, а также диаметры накатанных и насеченных поверхностей. В этих случаях непосредственно у таких размеров наносят знак;

б) для размеров деталей изделий единичного производства, задаваемых с припуском на пригонку.

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

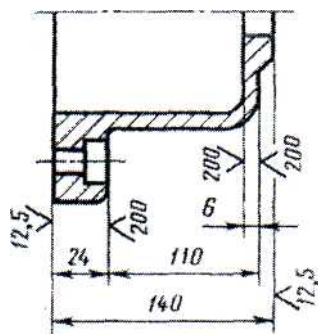
«* Размеры с припуском на пригонку по дет. ...»,

«* Размеры с припуском на пригонку по черт. ...»,

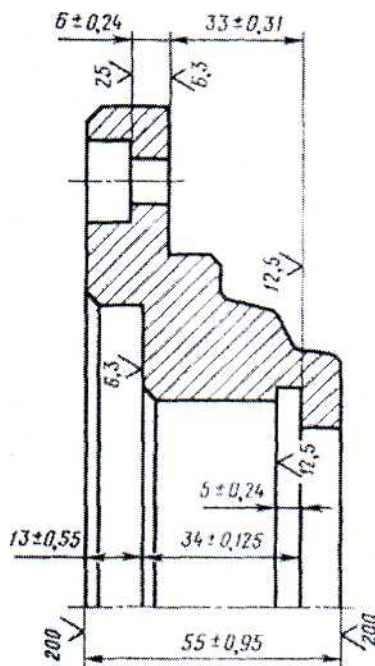
«* Размеры с припуском на пригонку по сопрягаемой детали».

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

1.16. При выполнении рабочих чертежей деталей, изготовляемых отливкой, штамповкой, ковкой или прокаткой с последующей механической обработкой части поверхности детали, указывают не более одного размера по каждому координатному направлению, связывающего механически обрабатываемые поверхности с поверхностями, не подвергаемыми механической обработке (черт. 9 и 10).

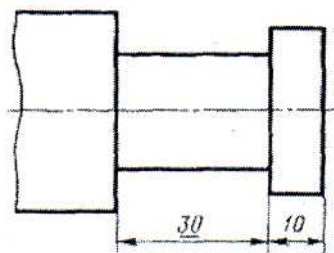


Черт. 9



Черт. 10

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



Черт. 10а

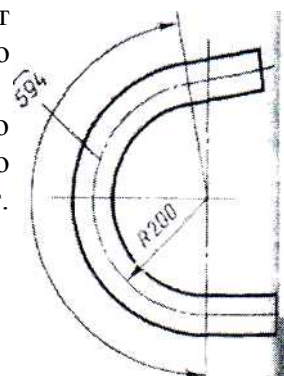
2. Нанесение размеров

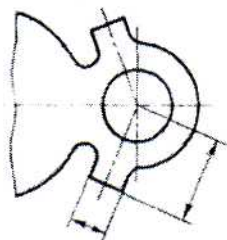
2.1. Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями.

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

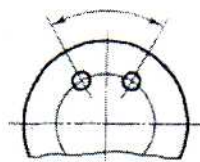
2.3. При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии - радиально (черт. 12).

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





Черт. 11



Черт. 12



Черт. 13

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

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

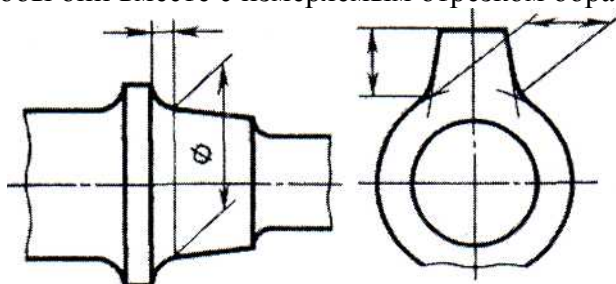
2.5. Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, упирающимися в соответствующие линии, кроме случаев, приведенных в пп. 2.16, 2.17, 2.20 и 2.21, и при нанесении линии радиуса, ограниченной стрелкой со стороны определяемой дуги или округления.



Черт. 14а

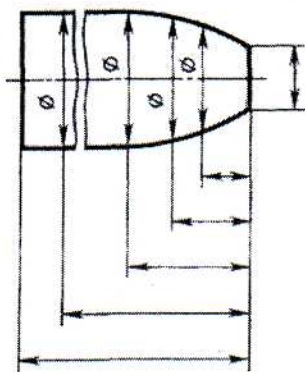
На строительных чертежах взамен стрелок допускается применять засечки на пересечении размерных и выносных линий, при этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии к 1...3 мм.

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

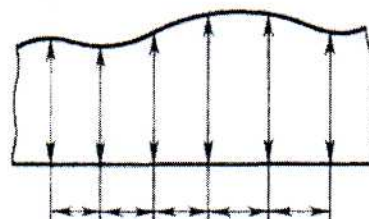


Черт. 15

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



Черт. 16



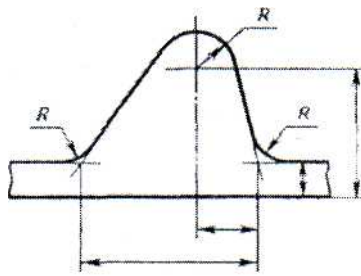
Черт. 17

2.8. Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения.

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

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

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

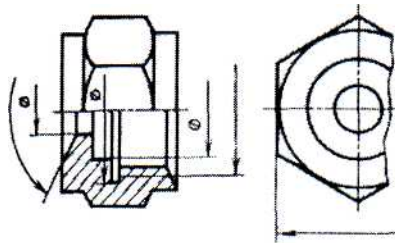


Черт. 18

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

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

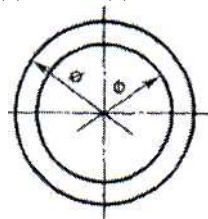
2.14. Размеры контура криволинейного профиля наносят, как показано на черт. 16 и 17.



Черт. 19

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

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



Черт. 20

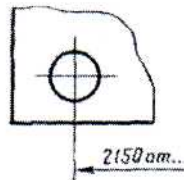
На строительных чертежах в подобных случаях все размеры допускается указывать только до оси симметрии, а размерные линии на пересечении с осью симметрии ограничивать крестиком из засечек.

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

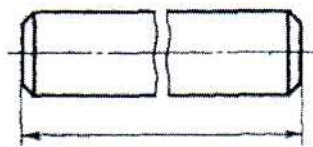
а) при указании размера диаметра окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично; при этом обрыв размерной линии делают дальше центра окружности (черт. 20);

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

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

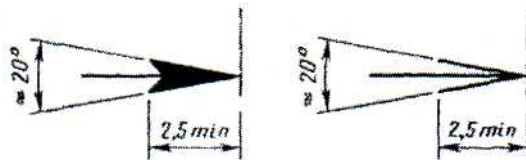


Черт. 21



Черт. 22

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

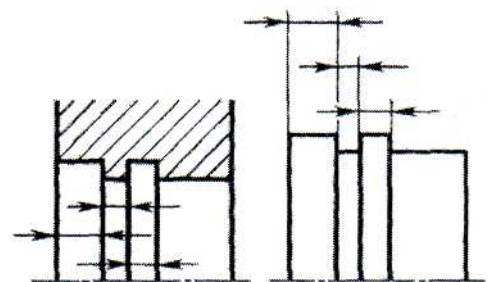


Черт. 23

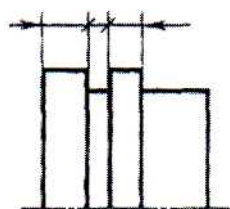
2.20. Если длина размерной линии недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии (или соответственно за контурные, осевые, центровые и т.д.) и стрелки наносят, как показано на черт. 24.

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

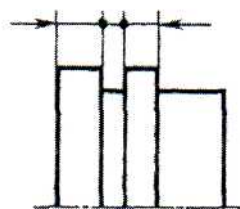
2.22. При недостатке места для стрелки из-за близко расположенной контурной или выносной линии последние допускается прерывать (черт. 24 и 27).



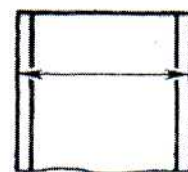
Черт. 24



Черт. 25

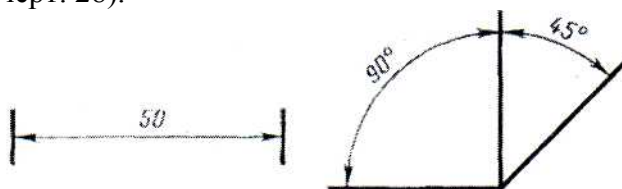


Черт. 26



Черт. 27

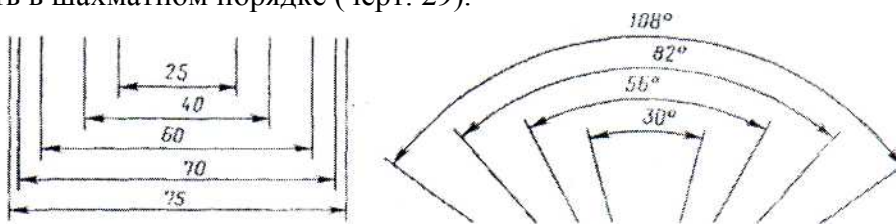
2.23. Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине (черт. 28).



Черт. 28

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

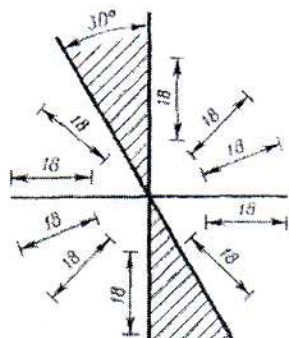
2.25. При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (черт. 29).



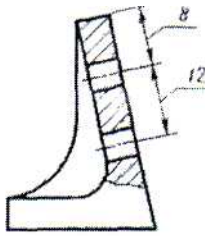
Черт. 29

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

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



Черт. 30

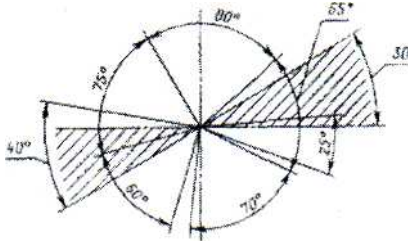


Черт. 31

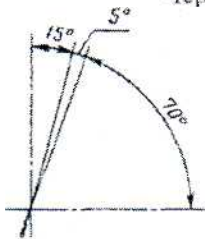
2.27. Угловые размеры наносят так, как показано на черт. 32. В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерными линиями со стороны их выпуклости; в зоне, расположенной ниже горизонтальной осевой линии, - со стороны вогнутости размерных линий. В заштрихованной зоне наносить размерные числа не рекомендуется. В этом случае размерные числа указывают на горизонтально нанесенных полках.

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

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



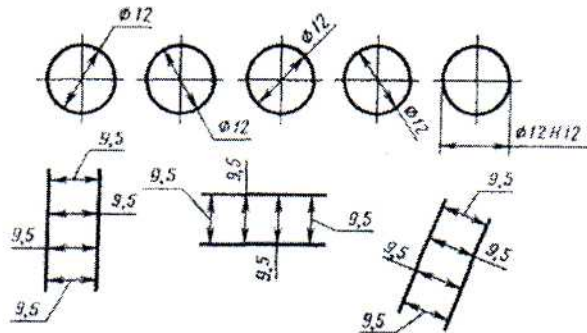
Черт. 32



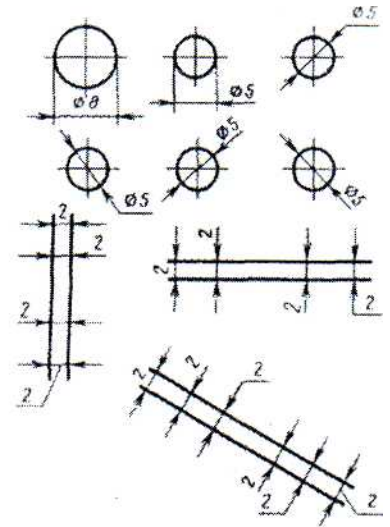
Черт. 33

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

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



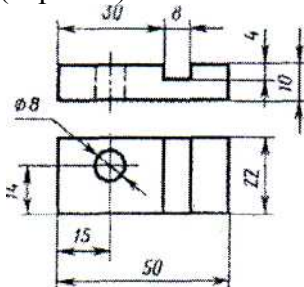
Черт. 34



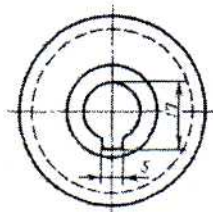
Черт. 35

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

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



Черт.38



Черт. 36



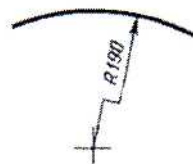
Черт. 37

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

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

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

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



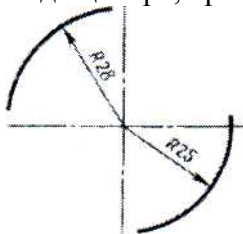
Черт. 39



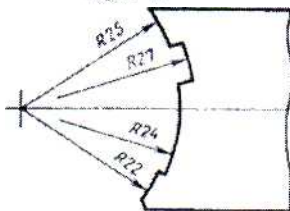
Черт. 40

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

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



Черт. 41

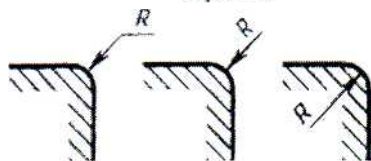


Черт. 41а

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



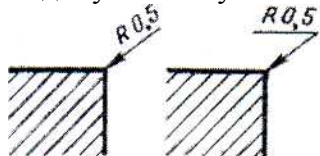
Черт. 43



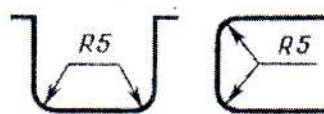
Черт. 42

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

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

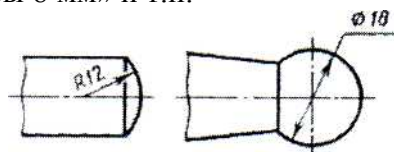


Черт. 43а



Черт. 43б

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

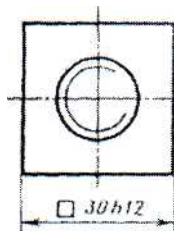


Черт. 44

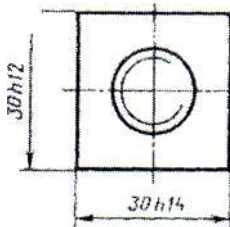
2.37. При указании размера диаметра (во всех случаях) перед размерным числом наносят знак «Ø».

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

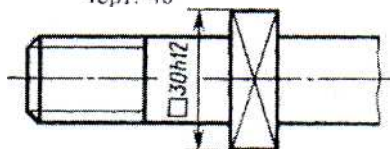
Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел на чертеже. 2.39. Размеры квадрата наносят, как показано на черт. 45, 46 и 46а.



Черт. 46а



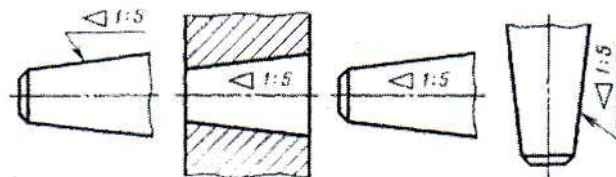
Черт. 46



Черт. 45

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

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

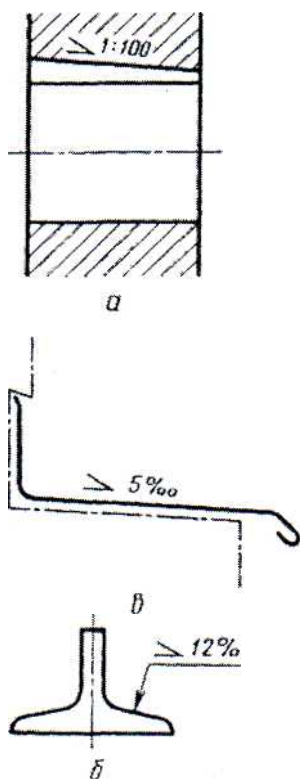


Черт. 47

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

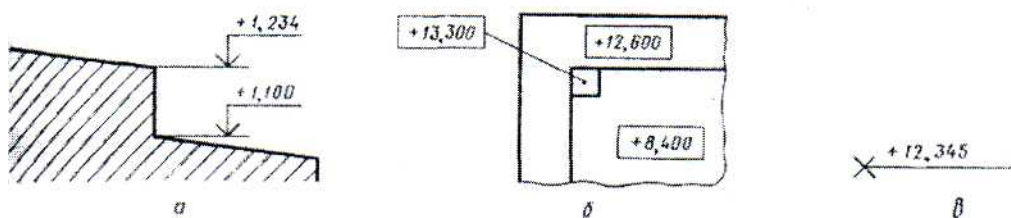
Уклон поверхности следует указывать непосредственно у изображения поверхности уклона или на полке линии-выноски в виде соотношения (черт. 48а), в процентах (черт. 48б) или в промилле (черт. 48в).

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



Черт. 48

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

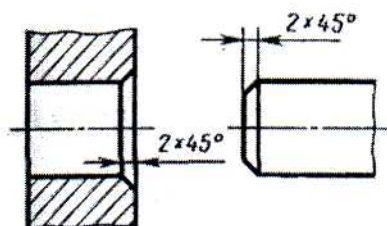


Черт. 49

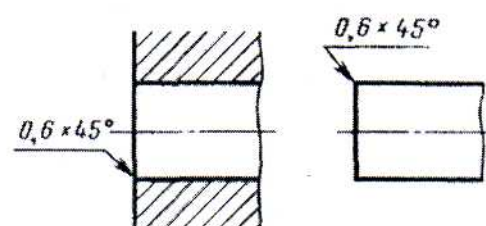
Отметки уровней указывают в метрах с точностью до третьего десятичного знака, без обозначения единицы измерения.

2.43. Размеры фасок под углом 45° наносят, как показано на черт. 50.

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

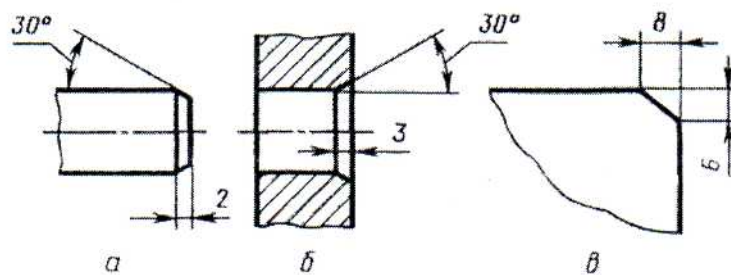


Черт. 50



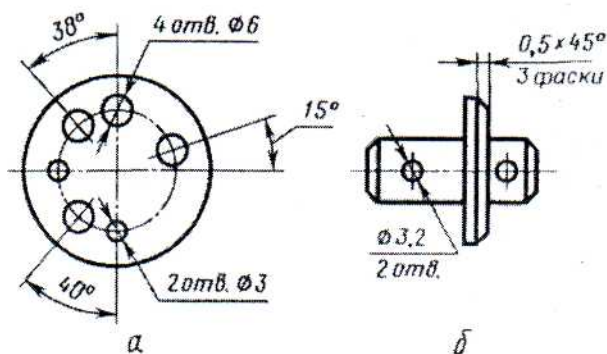
Черт. 50а

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



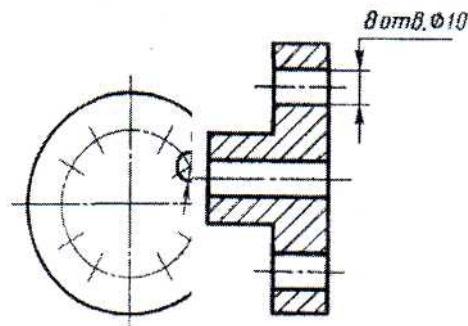
Черт. 51

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



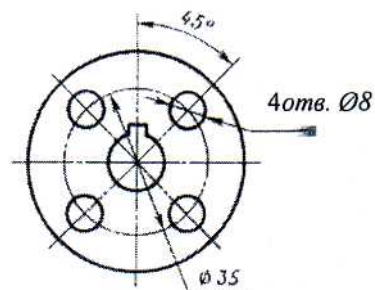
Черт. 52

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



Черт. 53

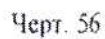
Черт. 54



Черт. 55

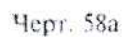
2.46. Размеры двух симметрично расположенных элементов изделия (кроме отверстий) наносят один раз без указания их количества, группируя, как правило, в одном месте все размеры (черт. 56 и 57).

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

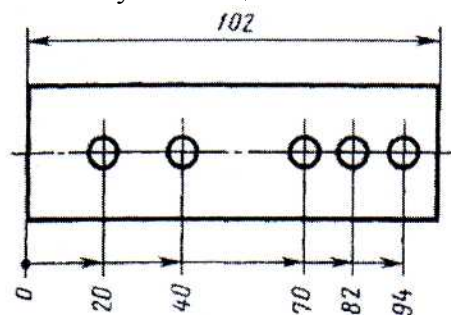


Черт. 57

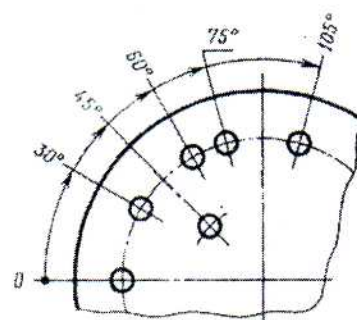
2.47а. Допускается не наносить на чертеже размеры радиуса дуги окружности сопрягающихся параллельных линий (черт. 58<я).



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

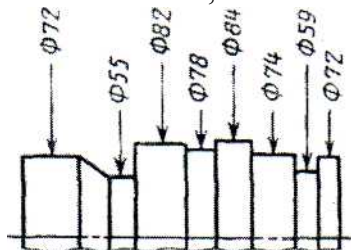


Черт. 59



Черт. 60

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

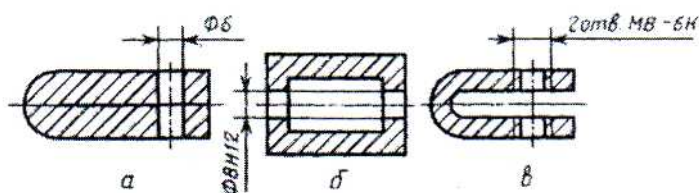


Черт. 60a

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

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

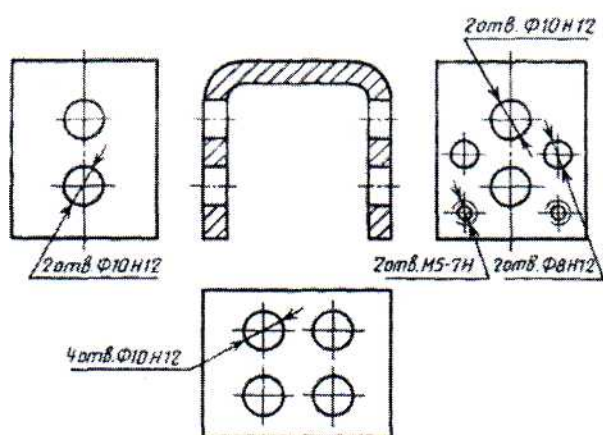
При отсутствии этих условий указывают полное количество элементов (черт. 62е).



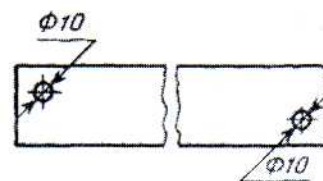
Черт. 62

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

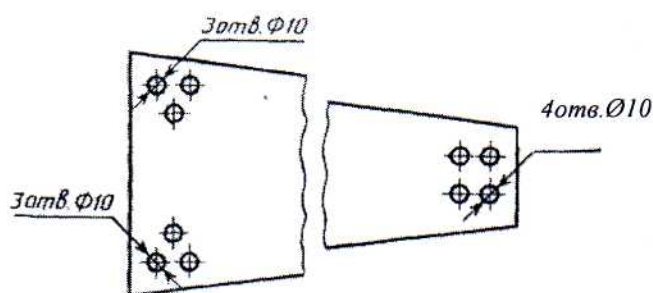
Допускается повторять размеры одинаковых элементов изделия или их групп (в том числе отверстий), лежащих на одной поверхности, только в том случае, когда они значительно удалены друг от друга и не увязаны между собой размерами (черт. 64 и 65).



Черт. 63



Черт. 64

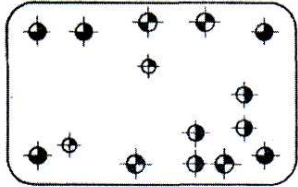


Черт. 65

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

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

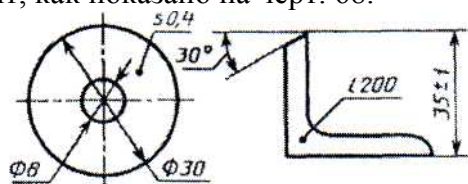
2.53. При обозначении одинаковых отверстий условными знаками количество отверстий и их размеры допускается указывать в таблице (черт. 67).



Обозначение	Количество	Размеры	Шероховатость поверхности
	2	$\Phi 5H7$	$\sqrt{3,2}$
	4	$\Phi 6H12$	$\sqrt{12,5}$
	5	$\Phi 6,5$	$\sqrt{12,5}$
	4	$\Phi 7$	$\sqrt{10,5}$

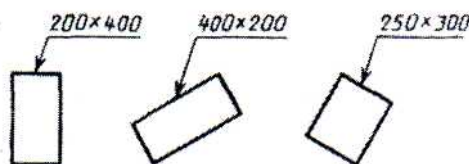
Черт. 67

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



Черт. 68

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



Черт. 68а

2.19 Лабораторная работа №19 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды»

2.19.1 Цель работы:

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

2.19.2 Задачи работы:

- 1) Выполнить основные виды детали.

2.19.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

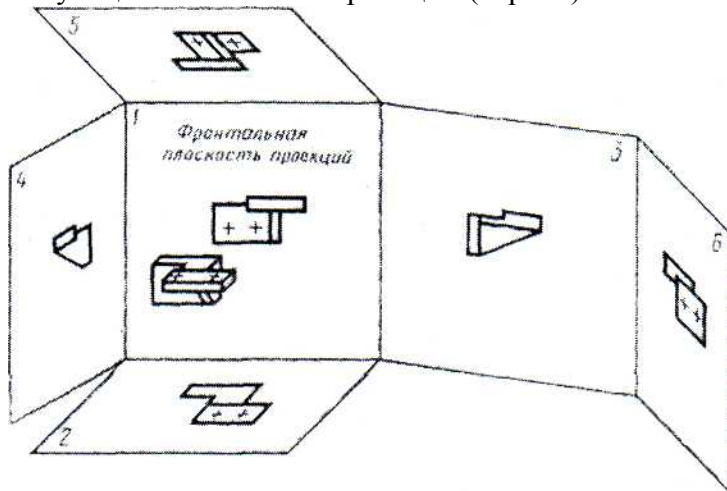
1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

2.19.4 Описание (ход) работы:

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

1. Общие сведения о изображениях.

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

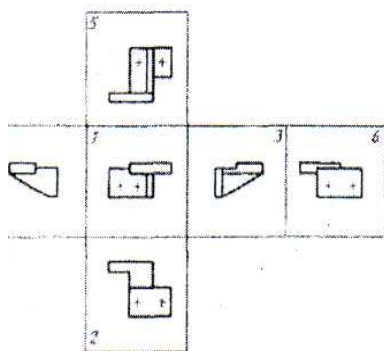


Черт. 1

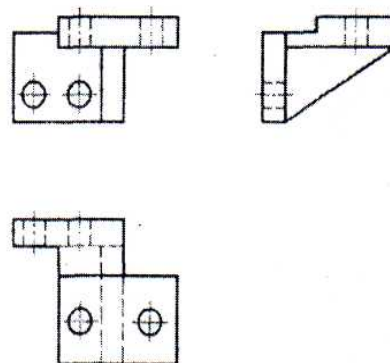
За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба; грани совмещают с плоскостью, как показано на черт. 2. Грань 6 допускается располагать рядом с гранью 4.

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

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



Черт. 2



Черт. 3

Вид - изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать

необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий (черт. 3).

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

2. Виды.

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

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

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

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

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

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

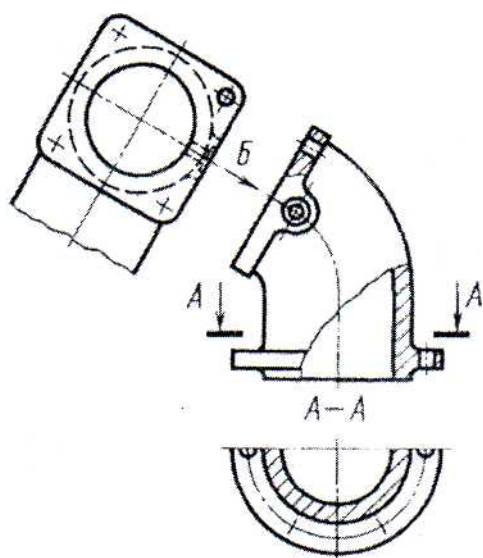
Когда отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, название вида надписывают.

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

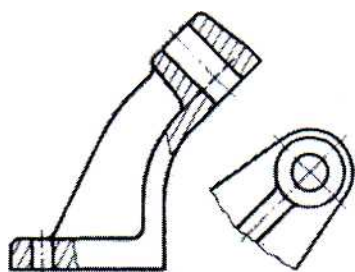
В строительных чертежах независимо от взаимного расположения видов допускается надписывать название и обозначение вида без указания направления взгляда стрелкой, если направление взгляда определяется названием или обозначением вида.

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

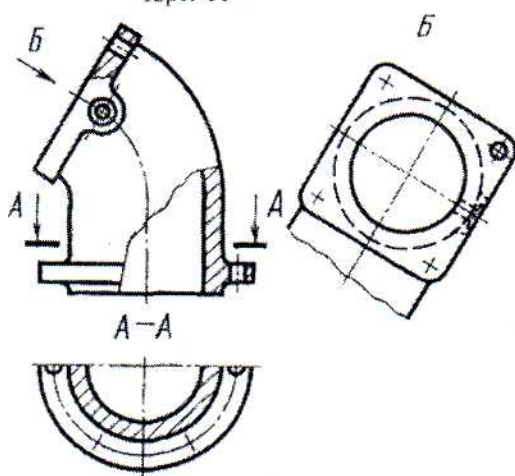
Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой (черт. 9, 10), у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка Б, черт. 9, 10).



Черт. 10



Черт. 11



Черт. 9

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

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

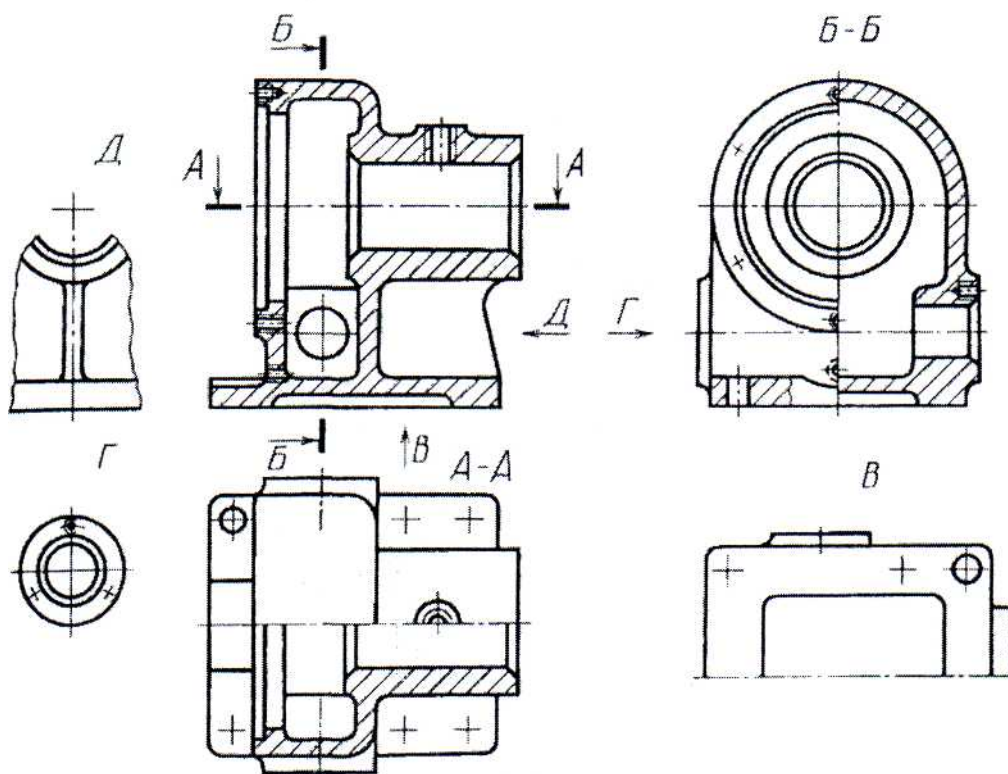
Дополнительный вид допускается поворачивать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении, при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением $\angle 0$. При необходимости указывают угол поворота (черт. 12).

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

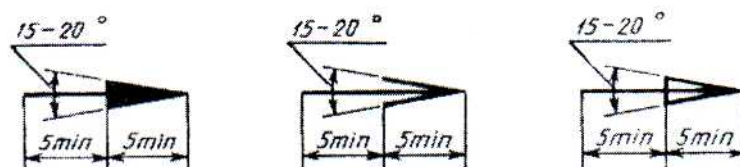
Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется местным видом (вид Г, черт. 8; вид Д черт. 13).

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

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



Черт. 13



Черт. 14

2.20 Лабораторная работа №20 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.305-68 Изображения – виды»

2.20.1 Цель работы:

- научиться выполнять дополнительные и местные виды детали.

2.20.2 Задачи работы:

1) Выполнить дополнительные и местные виды детали.

2.20.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.20.4 Описание (ход) работы:

- выполнить дополнительный вид детали;
- выполнить местный вид детали.

2.21 Лабораторная работа №21 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.305-68 Изображения – разрезы»

2.21.1 Цель работы:

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

2.21.2 Задачи работы:

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

2.21.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.21.4 Описание (ход) работы:

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

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

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

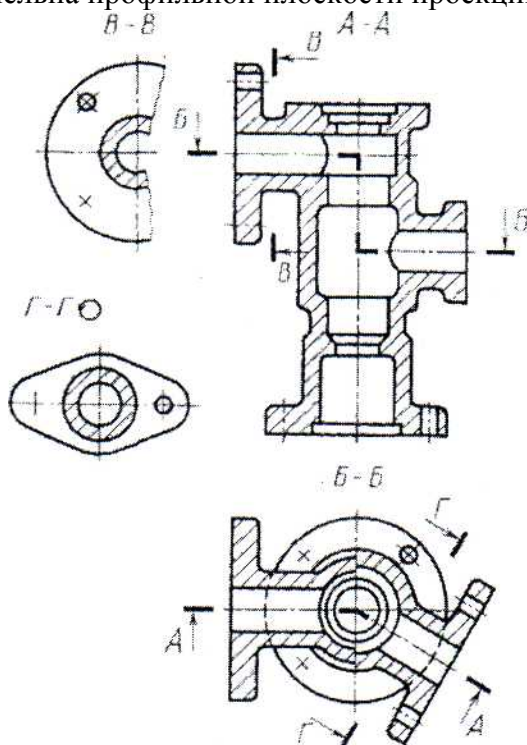
вида, черт. 13; разрезы А-А, В-В, Г-Г, черт. 15);

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

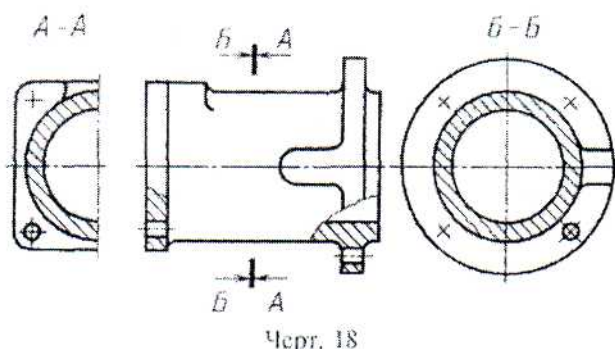
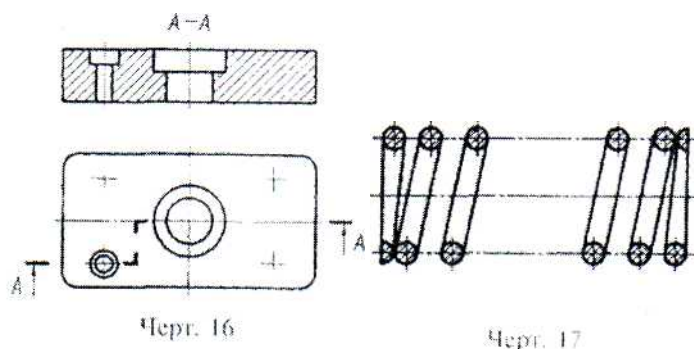
В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на: простые - при одной секущей плоскости (например, черт. 4, 5) сложные - при нескольких секущих плоскостях (например разрез А-А, черт. 8, разрез Б-Б, черт. 15)

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

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



Черт. 15



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

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

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

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

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

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

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

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

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

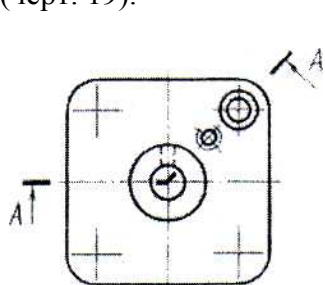
Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (черт. 13).

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

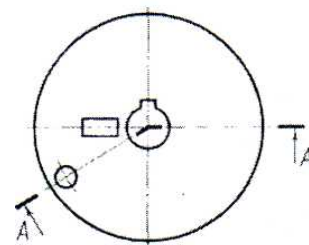
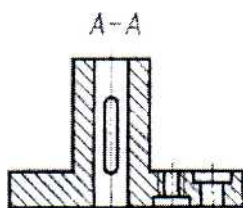


Допускается располагать такие разрезы в любом месте чертежа (разрез В-В, черт. 8), а также с поворотом до положения, соответствующего принятому для данного предмета на главном изображении. В последнем случае к надписи должно быть добавлено условное графическое обозначение (Разрез Г - Г. черт. 15).

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

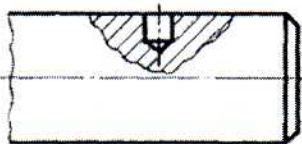


Черт. 19

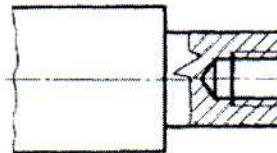


Черт. 20

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



Черт. 21

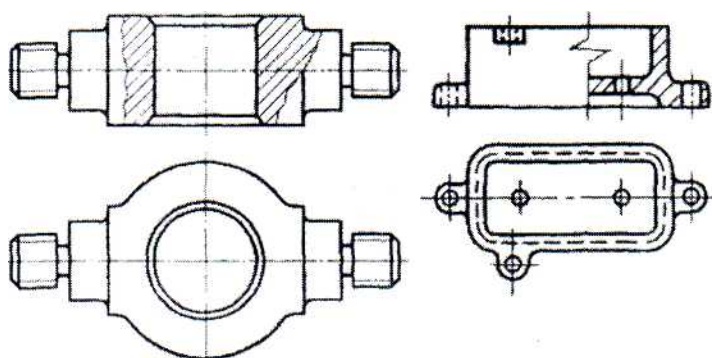


Черт. 22

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

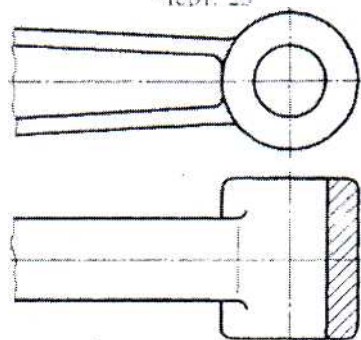
Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (черт. 21) или сплошной тонкой линией с изломом (черт. 22). Эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения.

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

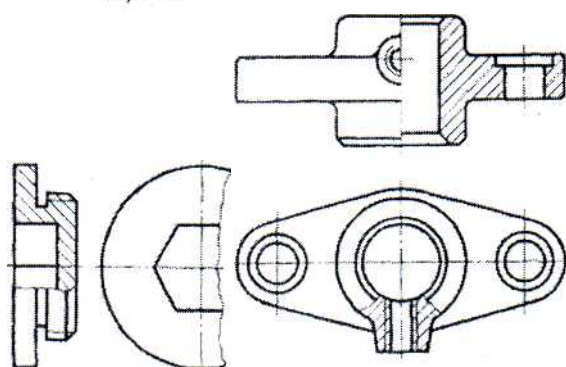


Черт. 23

Черт. 24



Черт. 27



Черт. 25

Черт. 26

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

2.22 Лабораторная работа №22 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.305-68 Изображения – сечения»

2.22.1 Цель работы:

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

2.22.2 Задачи работы:

- 1) Выполнить наложенное сечение детали.
- 2) Выполнить вынесенное сечение детали.

2.22.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

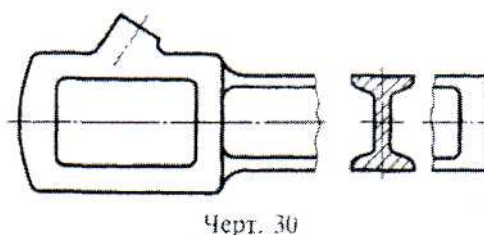
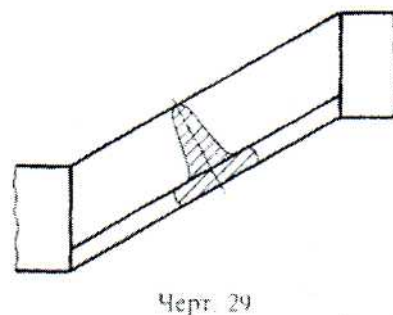
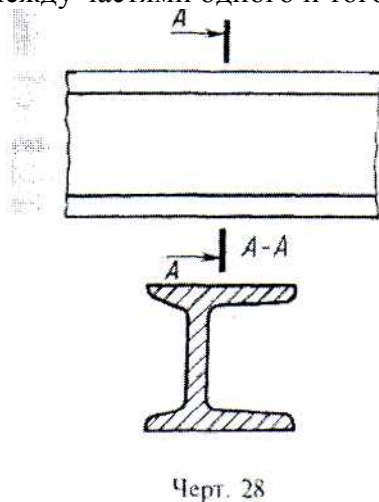
1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

2.22.4 Описание (ход) работы:

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).



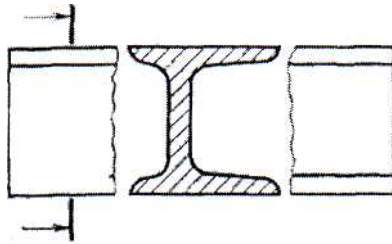
Контур вынесенного сечения, а также сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями, а контур наложенного сечения - сплошными тонкими линиями, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (черт. 13, 28, 29).

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.

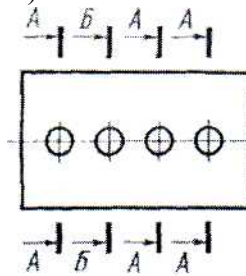
Сечение по построению и расположению должно соответствовать направлению, указанному стрелками (черт. 28). Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа, а также с поворотом с добавлением условного графического обозначения.

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

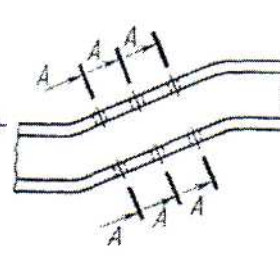
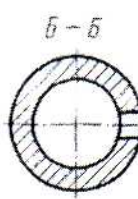
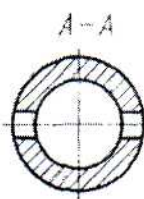
Если при этом секущие плоскости направлены под различными углами (черт. 35), то условное графическое обозначение не наносят.

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

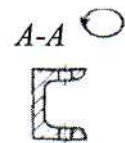
Секущие плоскости выбирают так, чтобы получить нормальные поперечные сечения (черт. 36).

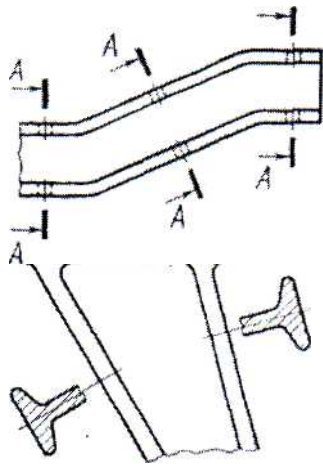


Черт. 33



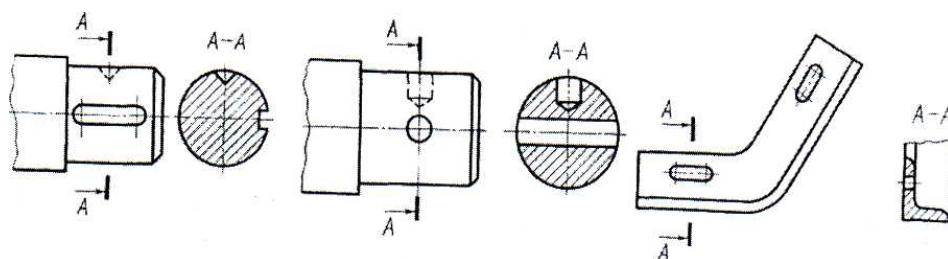
Черт. 34





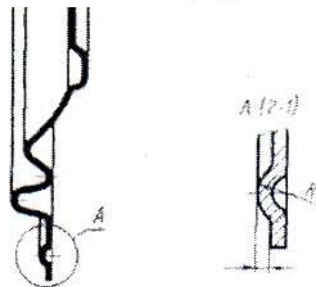
Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (черт. 37).

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.

2.23 Лабораторная работа №23 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции»

2.23.1 Цель работы:

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

2.23.2 Задачи работы:

- 1) Познакомиться с ГОСТ 2.317-69;

2.23.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.23.4 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.

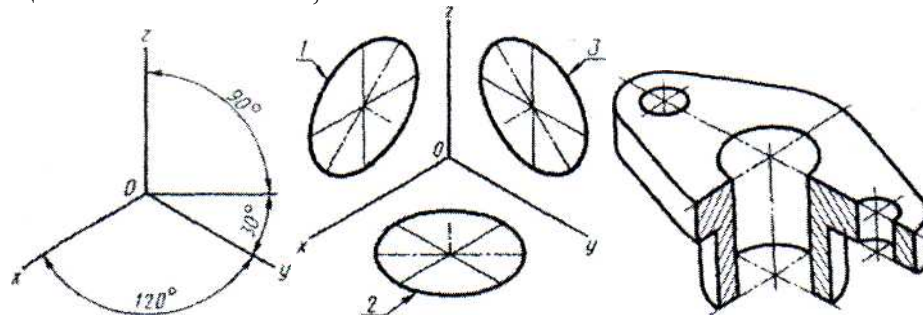
1.1.4. Пример изометрической проекции детали приведен на черт. 3.

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° к оси y);

2 - эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси z);

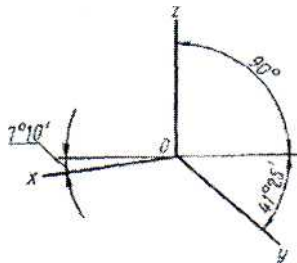
3 — эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси x).

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 y , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна диаметру окружности, а малая ось эллипса 1 - 0,9, эллипсов 2 и 3 - 0,33 диаметра окружности.

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



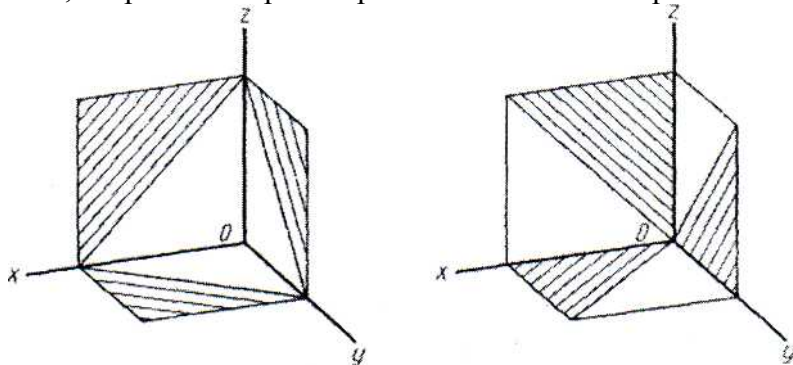
Черт. 5

1 - эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси y); 2 - эллипс (большая ось расположена

под углом 90° к оси Z); 3 - эллипс (большая ось расположена под углом 90° 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).

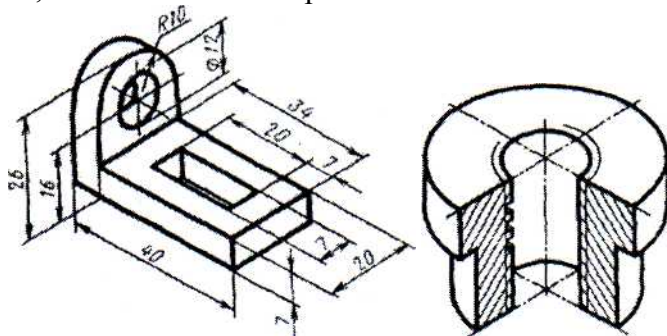


Черт. 16

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.



2.24 Лабораторная работа №24 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.317-69 Аксонометрические проекции»

2.24.1 Цель работы:

- научиться выполнять аксонометрические проекции деталей.

2.24.2 Задачи работы:

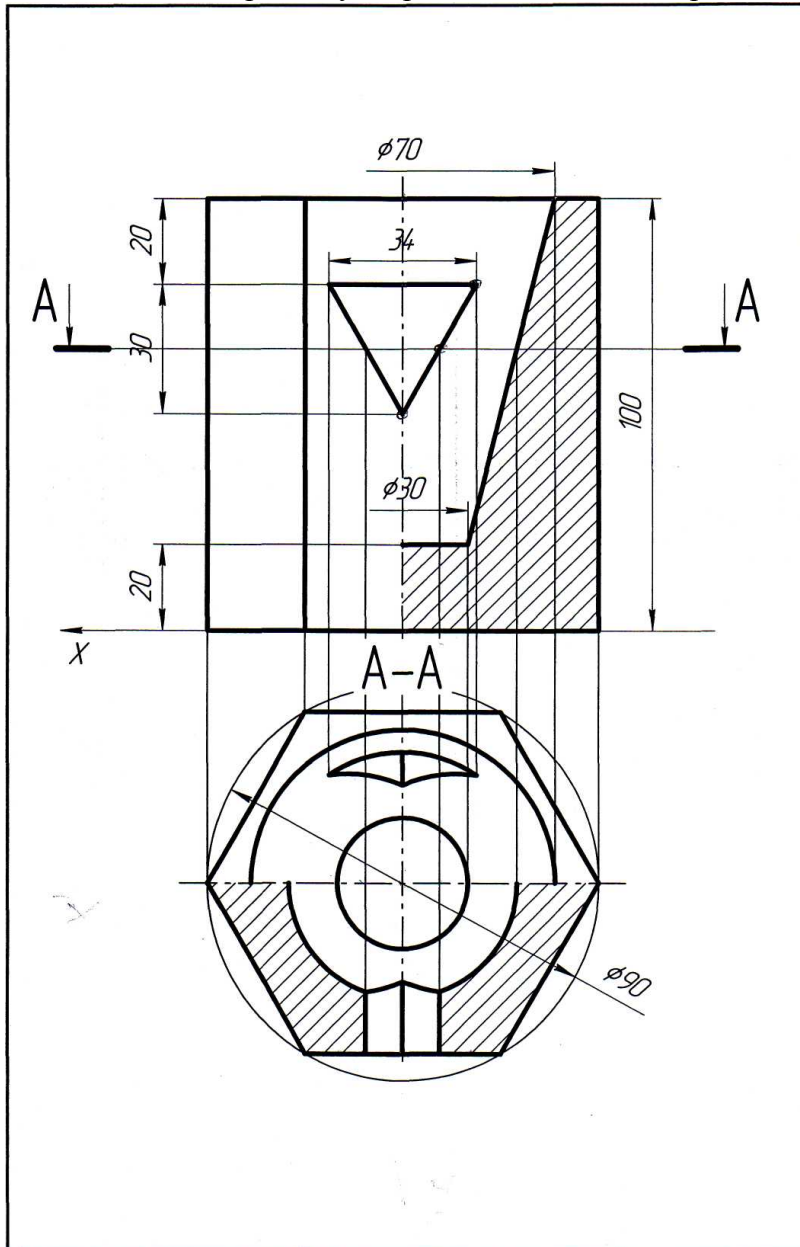
1) Выполнить диметрическую проекцию детали.

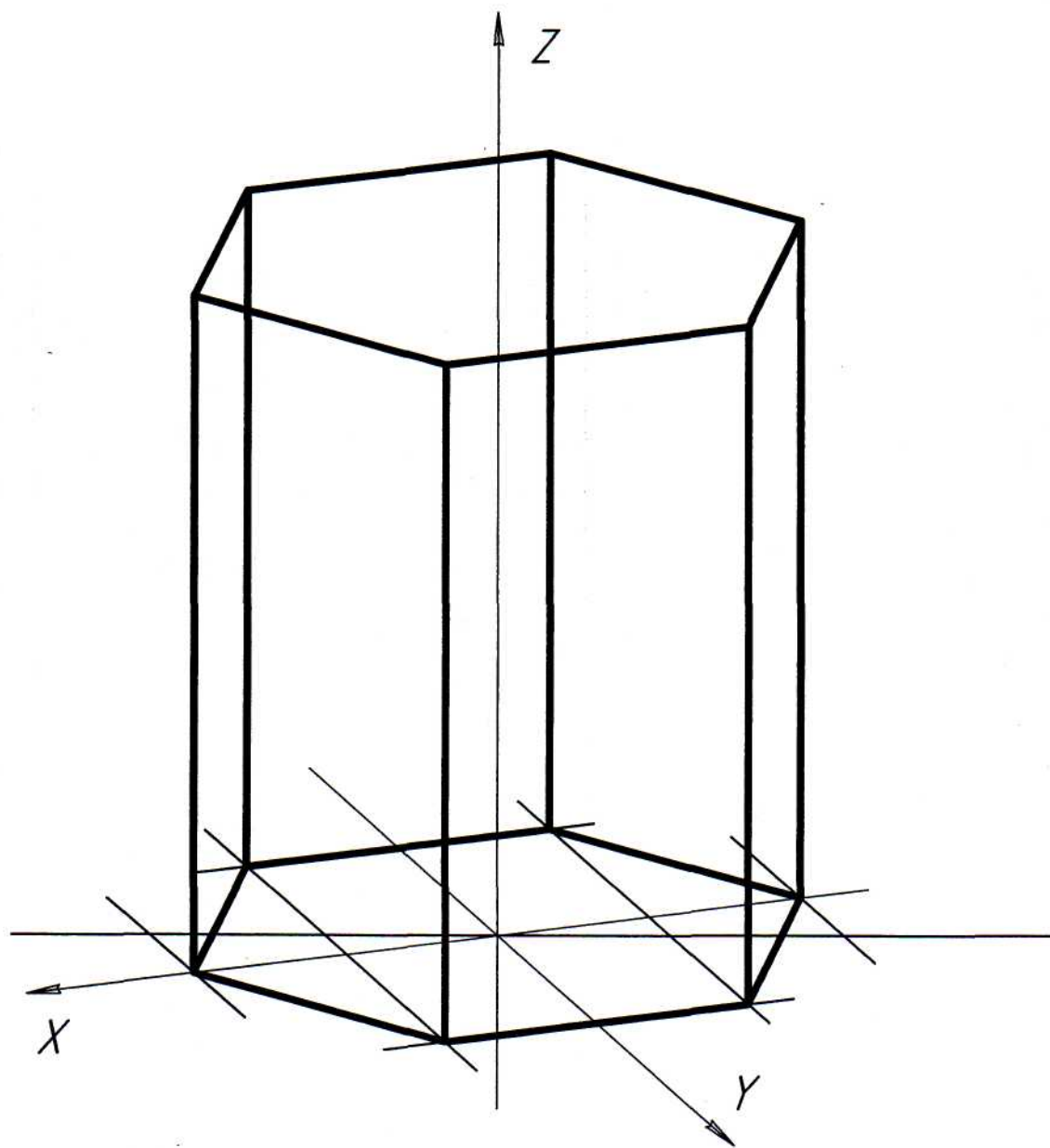
2.24.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

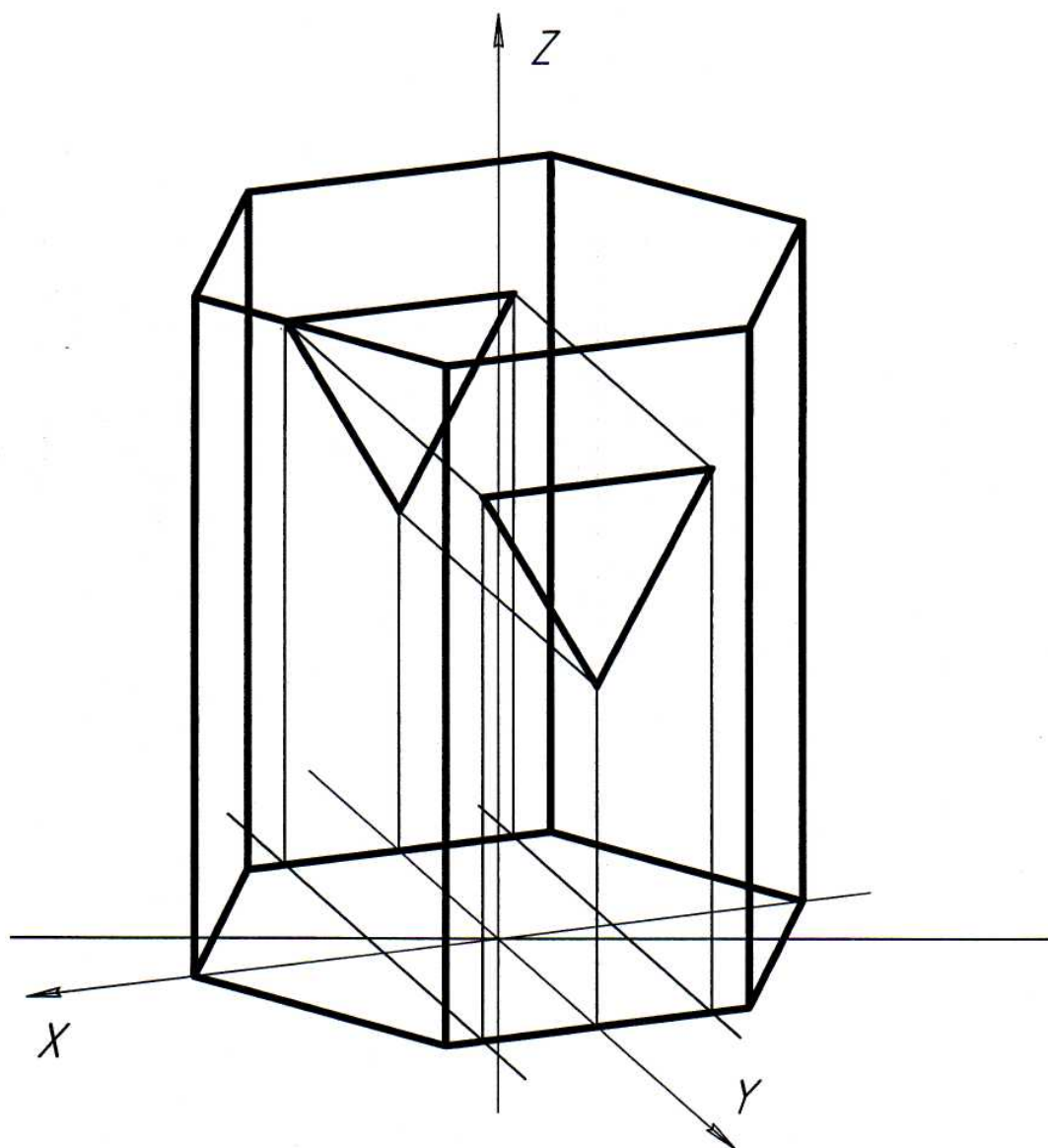
1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

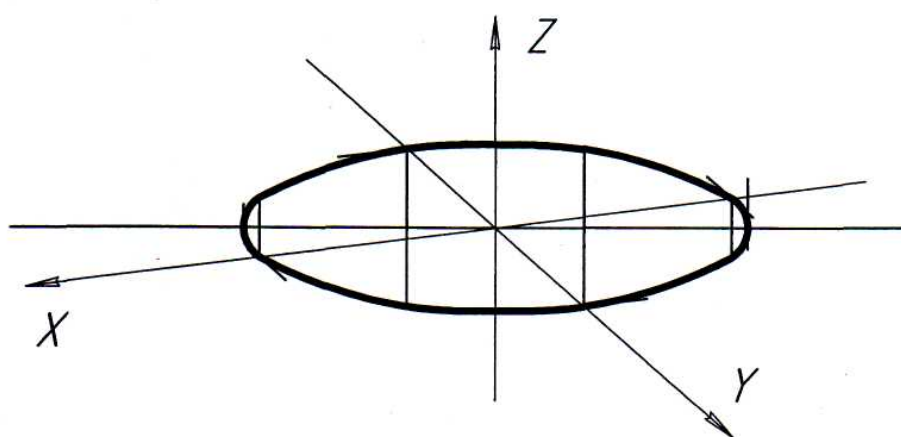
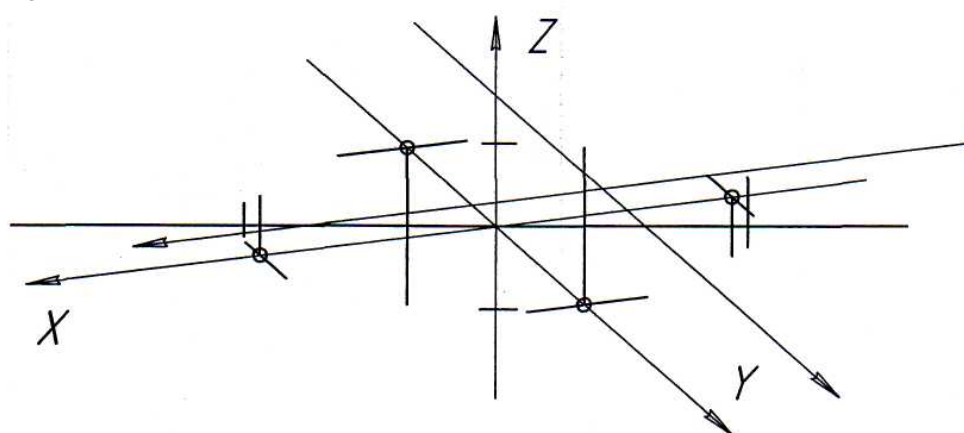
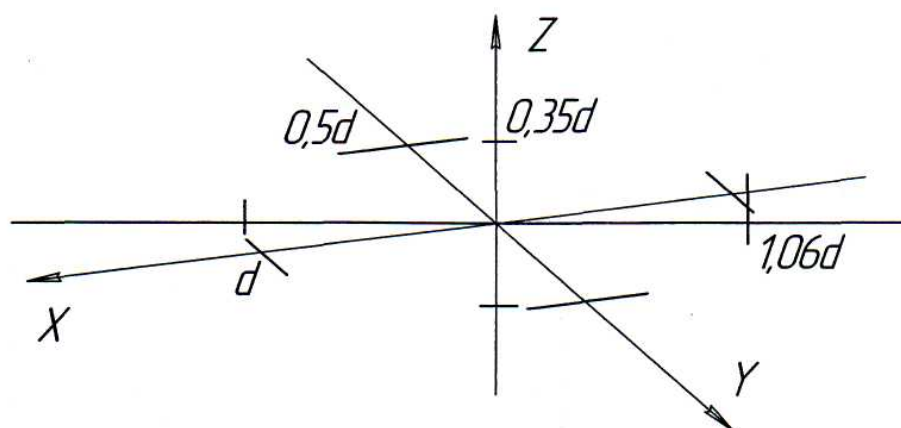
2.24.4 Описание (ход) работы:

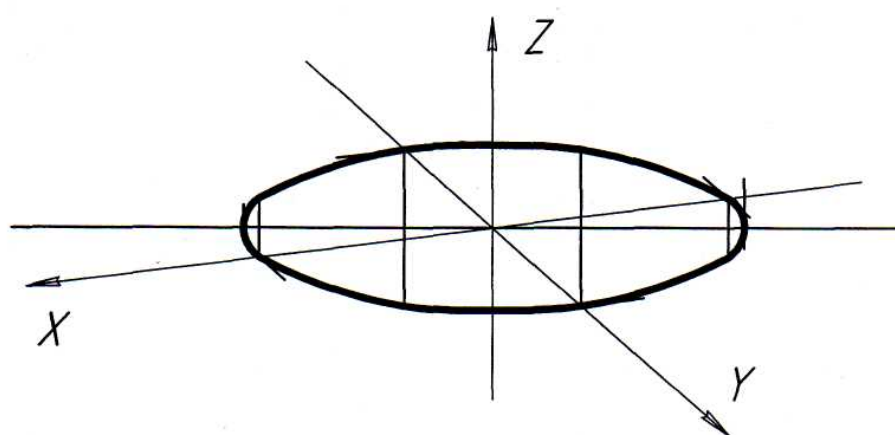
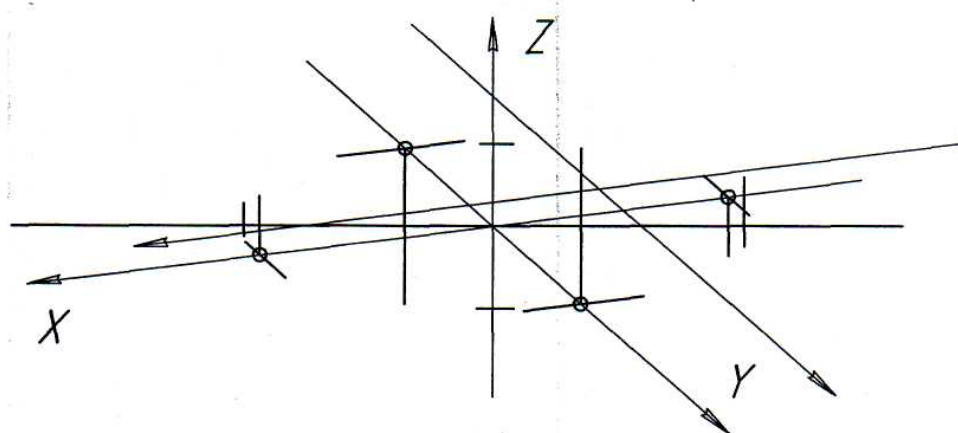
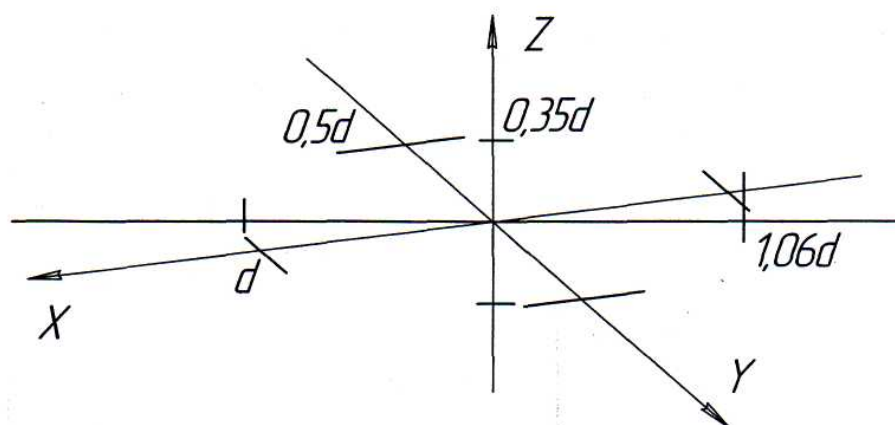
Выполнить диметрическую проекцию детали с вырезом одной четверти.

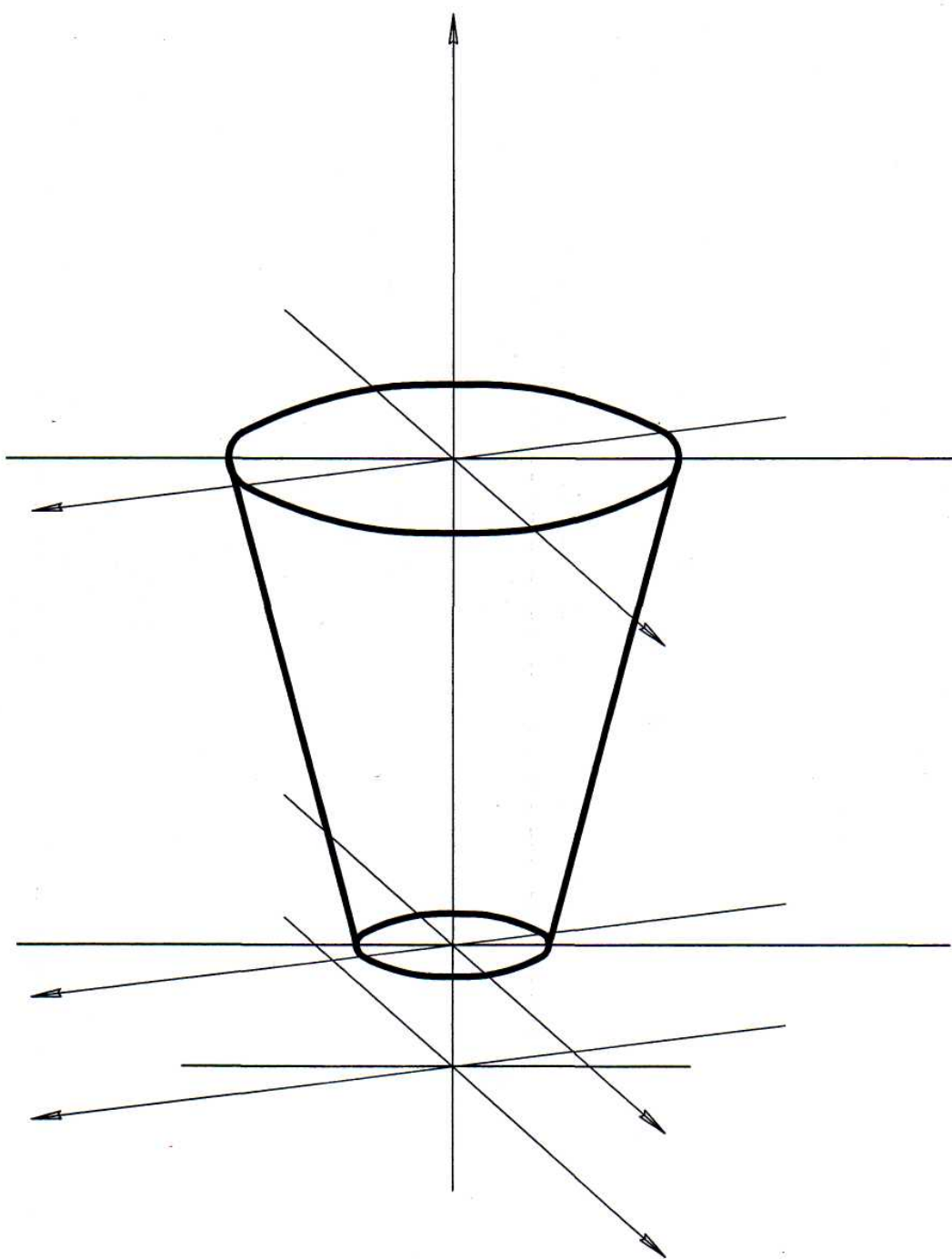


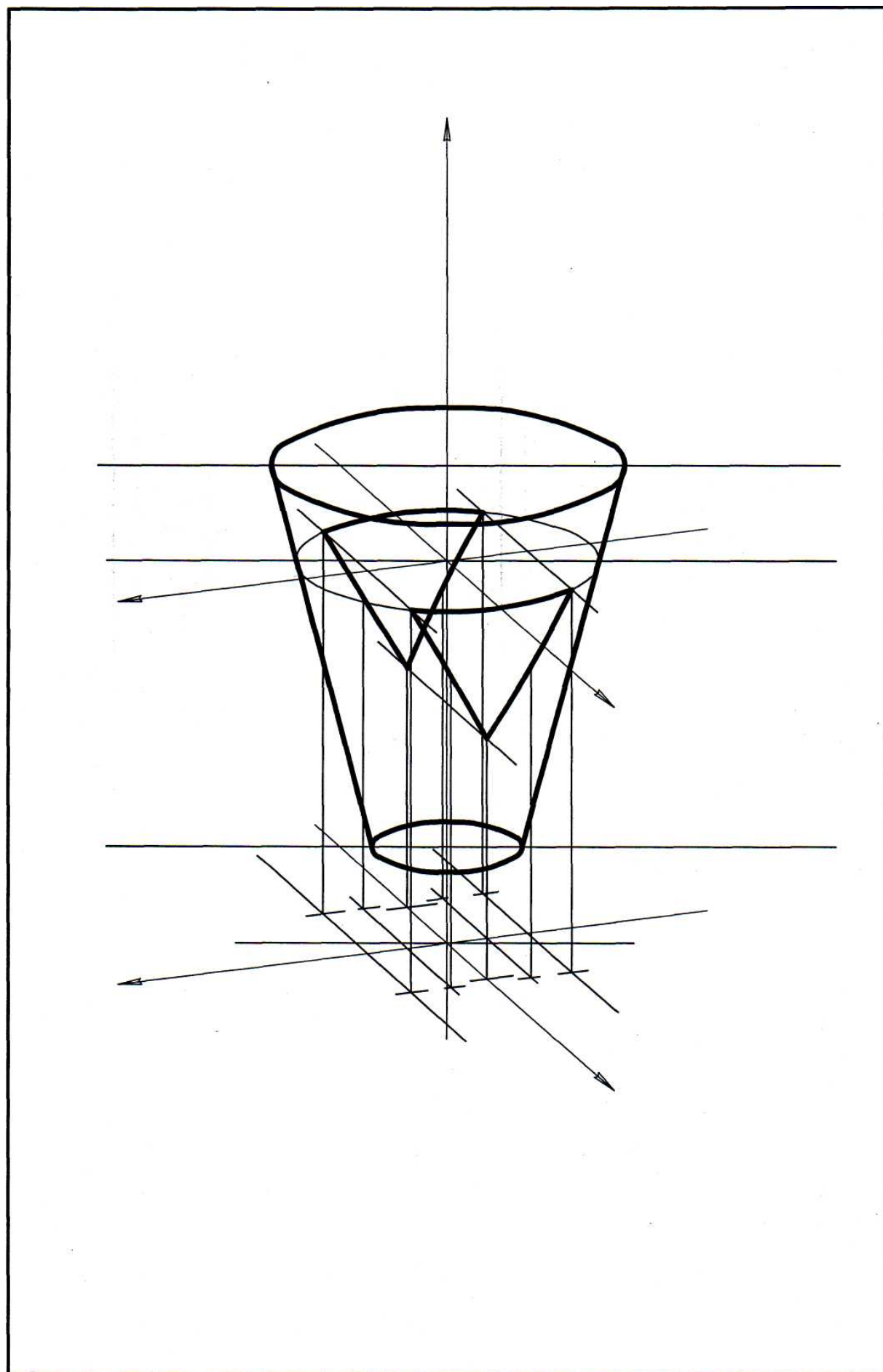


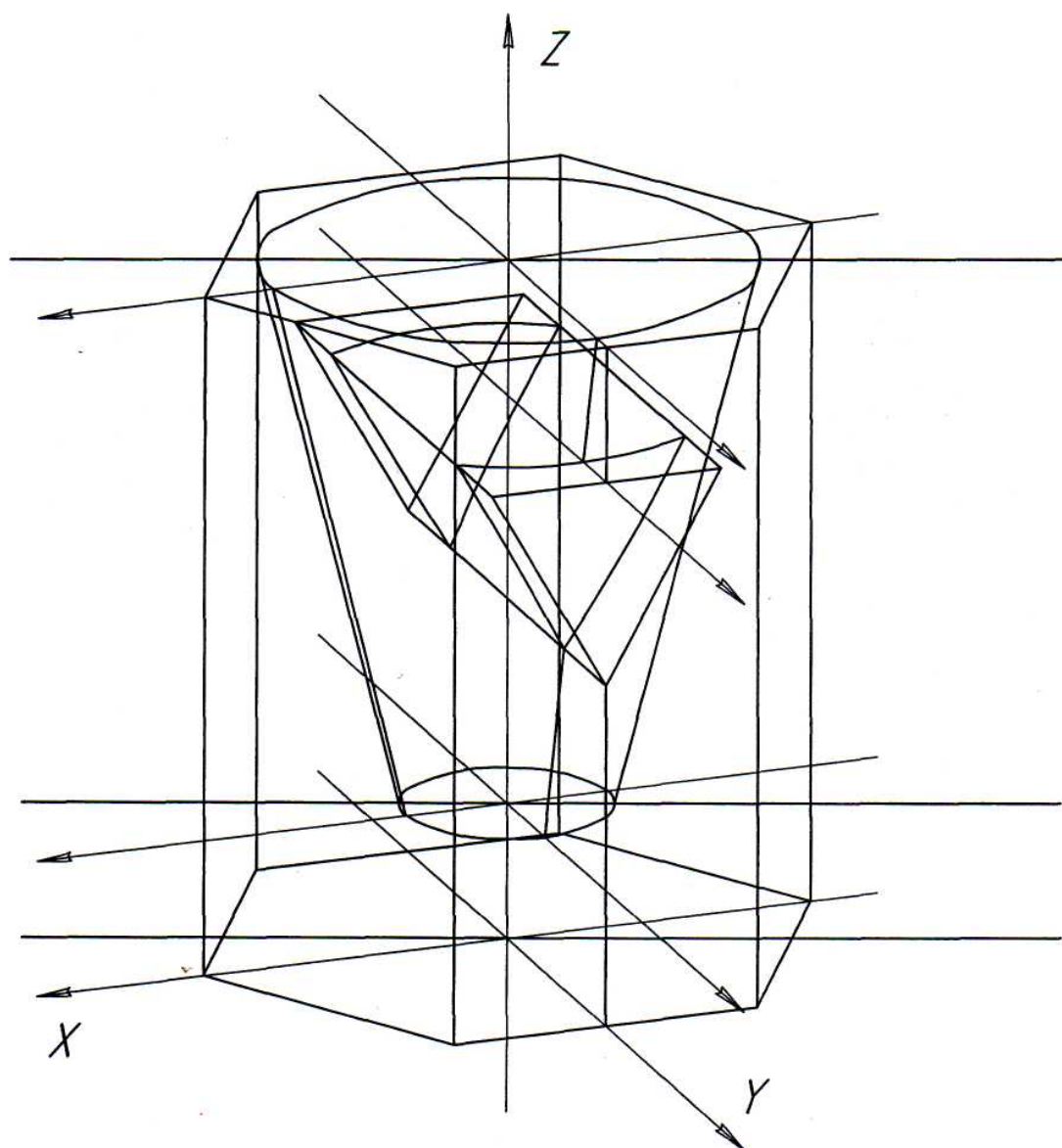


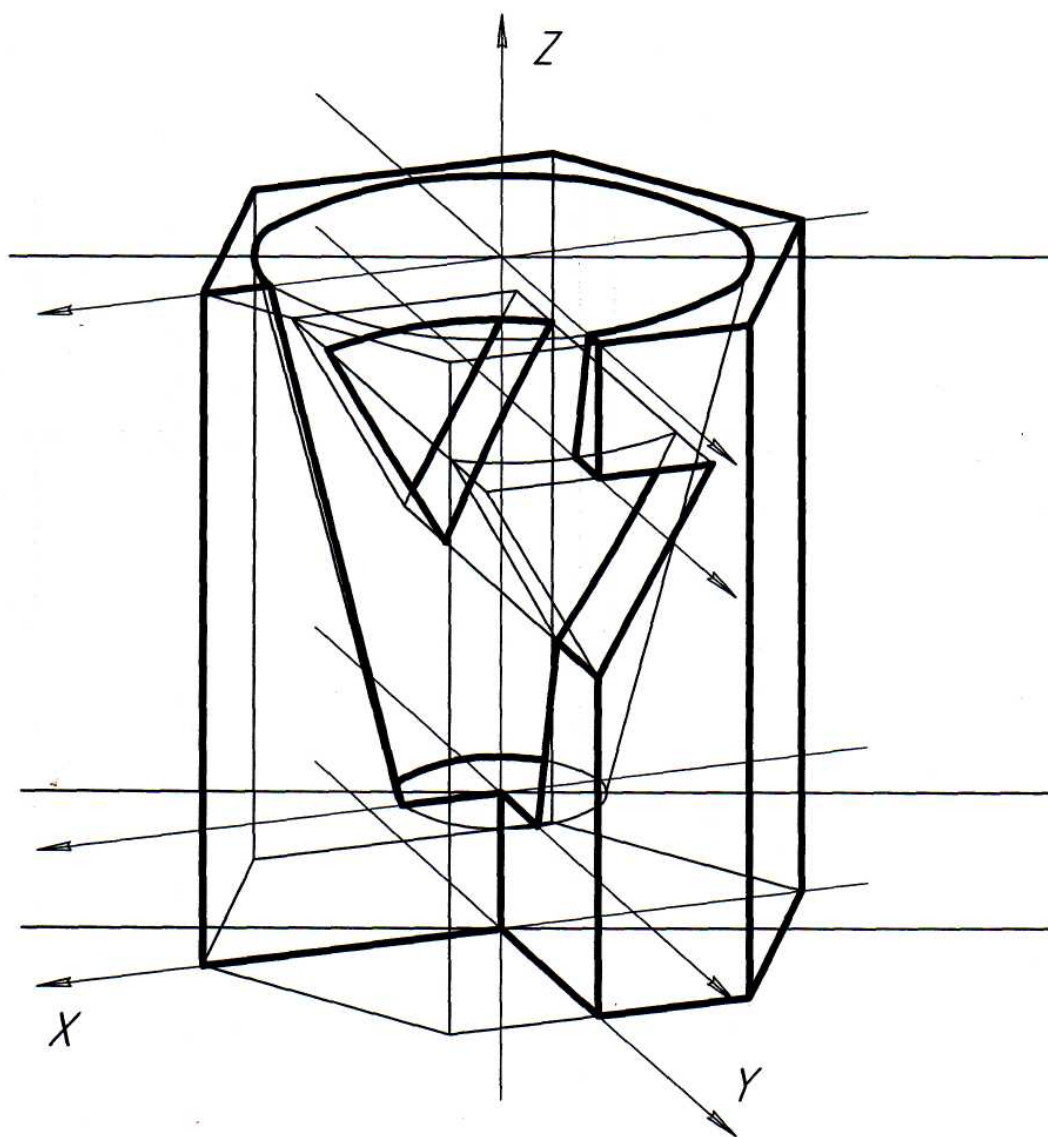


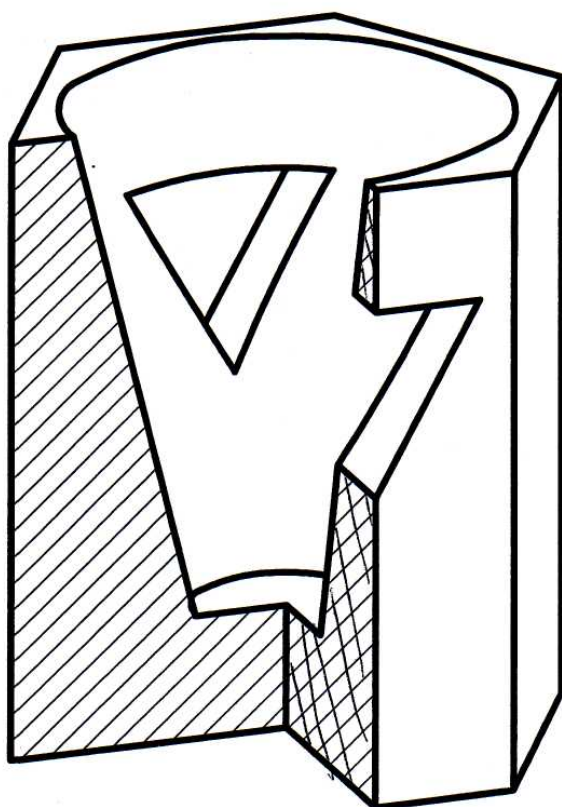












2.25 Лабораторная работа №25 (2 часа).

Тема: «Сопряжения, лекальные кривые»

2.25.1 Цель работы:

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

2.25.2 Задачи работы:

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

2.25.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.25.4 Описание (ход) работы:

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

В общем случае существует три основных типа построения сопряжений:

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

Сопряжение двух прямых линий

Для построения сопряжения двух пересекающихся прямых 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 .

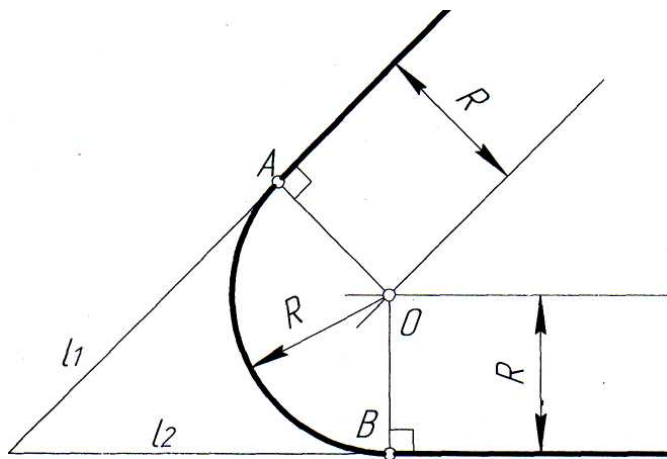


Рис.1 Сопряжение прямой линии с окружностью

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 $R+R_j$. 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.

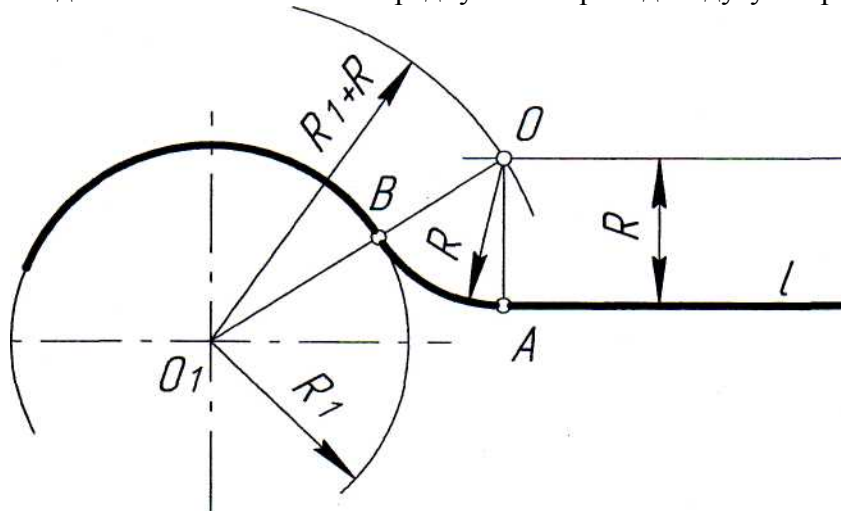
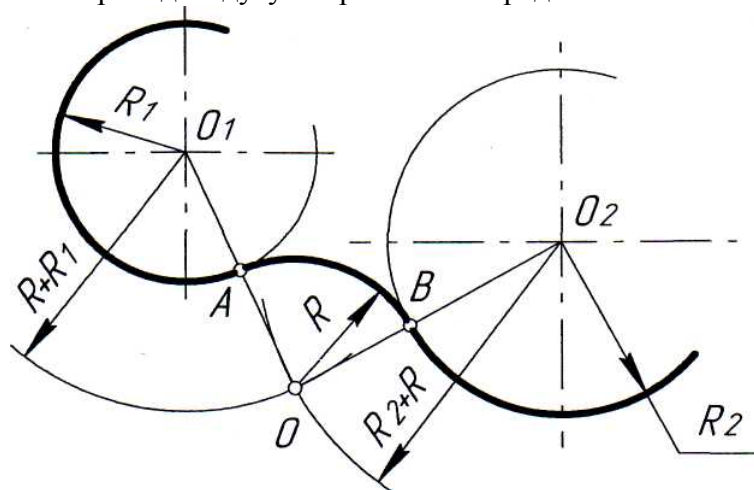


Рис.2 Сопряжение двух окружностей

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_1 радиусом R_j+R , вторую из центра O_2 радиусом R_2+R . Точка пересечения двух вспомогательных дуг определяет центр сопряжения - точку O . Для определения точек сопряжения A и B соединяем центр сопряжения O с центрами заданных дуг O_j и O_2 . Радиусом R проводим дугу сопряжения в пределах точек AB .



2.26 Лабораторная работа №26 (2 часа).

Тема: «Сопряжения, лекальные кривые»

2.26.1 Цель работы:

- научиться строить плоские кривые геометрическими способами.

2.26.2 Задачи работы:

- 1) Построить эллипс;
- 2) Построить параболу;
- 3) Построить циклоиду.

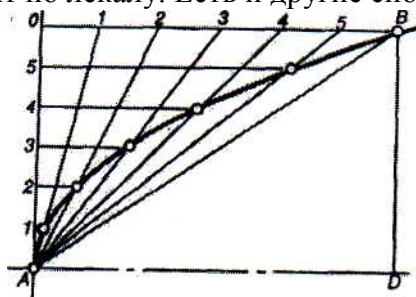
2.26.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.26.4 Описание (ход) работы:

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 F_j).

Построение эллипса по двум его осям. На заданных осях эллипса (большой AB и малой CD) строят как на диаметрах две concentric окружности. Одну из них делят на 8 ... 12 равных или неравных частей и через точку деления и центр O проводят радиусы до их пересечения с большой окружностью. Через точки 1, 2 ... деления большой окружности проводят прямые, параллельные малой оси CD , а через точки 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.



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

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

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

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

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

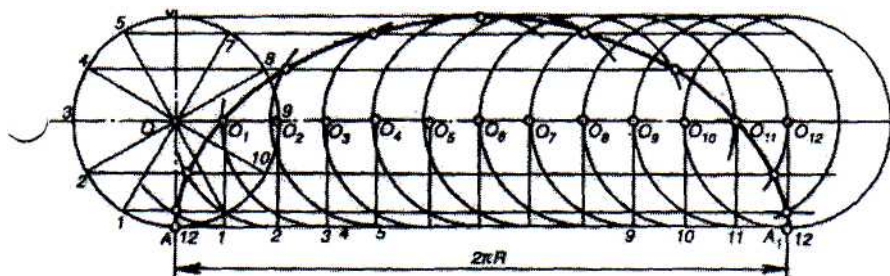
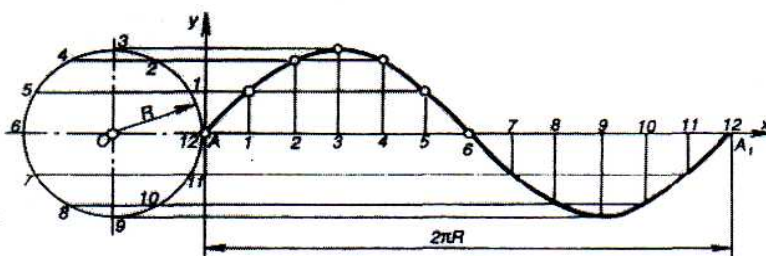


Рис. 7

перекатываемой ¹ без проскальзывания по прямой линии. Для построения циклоиды | от начальной точки А окружности проводят

направляющую прямую, ограничив ее длину отрезком АА, равным длине заданной окружности ($2\pi R$). Делят отрезок АА, и окружность на одинаковое число равных частей ($n=12$). Через точки деления окружности, 1, 2, ... проводят ряд параллельно направляющей прямой АА. 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 АА, как точки, принадлежащие циклоиде.

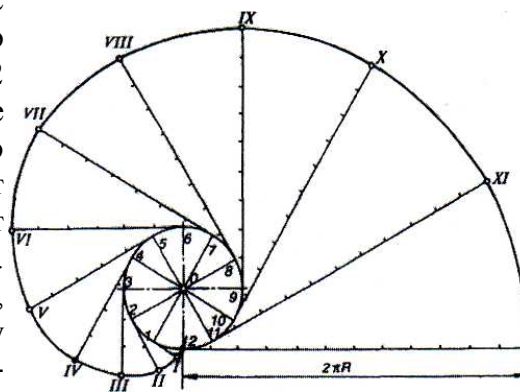
Синусоиду (рис. 8) строят по заданному диаметру начальной окружности. Выбирают начало координат, совпадающим с точкой А на окружности заданного радиуса R , и на продолжении оси ОА откладывают отрезок АА₁, $-2\pi R$ (равный длине окружности). Делят окружность и отрезок АА₁ на одинаковое число равных частей и пронумеровывают точки деления. Через точки деления окружности проводят ряд прямых, параллельных АА₁;ю точек деления прямой АА₁ — ряд прямых, перпендикулярных АА₁. На пересечении этих вспомогательных прямых, имеющих одноименные номера, отмечают точки синусоиды.



Вид синусоиды имеют многие кривые, изображающие гармонические колебательные процессы или являющиеся проекциями винтовых линий. Для их построения выполнение условия АА₁ ; $-2\pi R$ не является обязательным, но принцип деления исходной окружности и прямой АА₁ сохраняют.

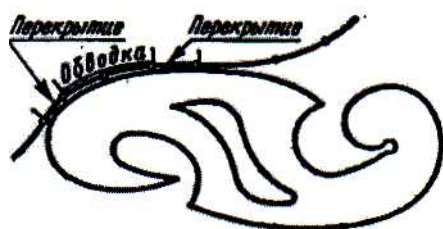
Эвольвента (рис. 9) траектория, описываемая каждой точкой прямой линии, Рис.9

перекатываемой по окружности без скольжения (развертка круга). В технике по эвольвенте выполняют профиль зубьев зубчатых колес. Для построения эвольвенты исходную окружность с произвольное число точек деления 1,2,... 12 окружности, направленные Касательную, проведенную деления, ограничивают окружности ($2nR$), и делят равных частей. на всех касательных точки, определенному числу окружности: на первой - — двумя и т. д., — кривой линией.



центром O делят на равных частей ($n = 12$). В прфодят касательные к в одну сторону. из последней точки отрезком, равным длине этот отрезок на то же число. Последовательно отменяя соответствующие делений длины одному делению, на второй соединяют их плавной

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



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

Рис. 10

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

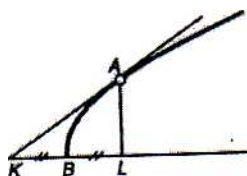


Рис. 12

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

2.27 Лабораторная работа №27 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.311-68 Изображение резьбы»

2.27.1 Цель работы:

- познакомиться с содержанием ГОСТ 2.311-68.

2.27.2 Задачи работы:

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

2.27.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

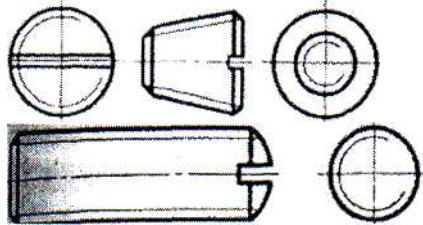
1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.

2.27.4 Описание (ход) работы:

Резьбу изображают:

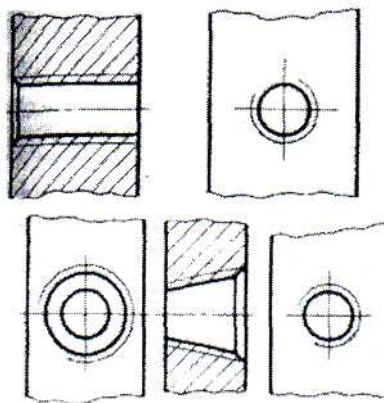
а) на стержне - сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями - по внутреннему диаметру.

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

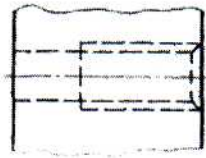


б) в отверстии - сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями - по наружному диаметру.

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



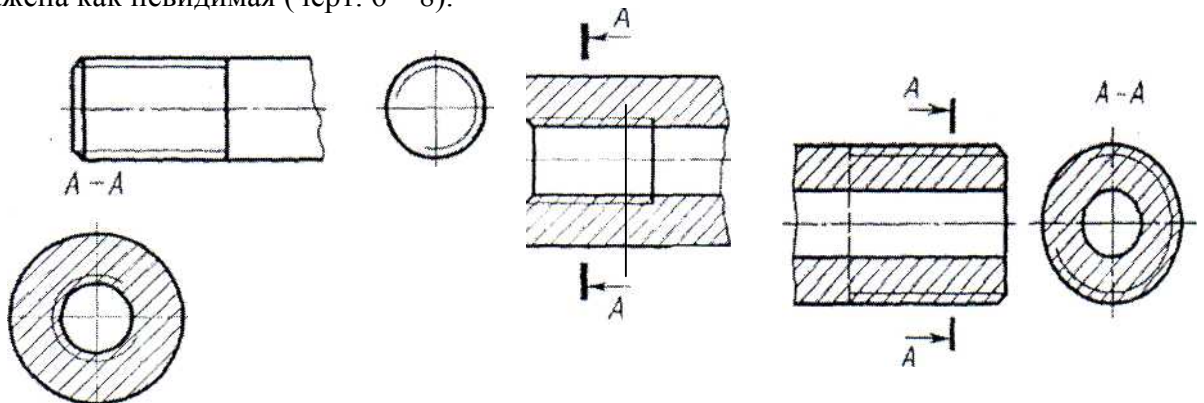
Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более величины шага резьбы.



Черт. 5

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

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



Черт. 6

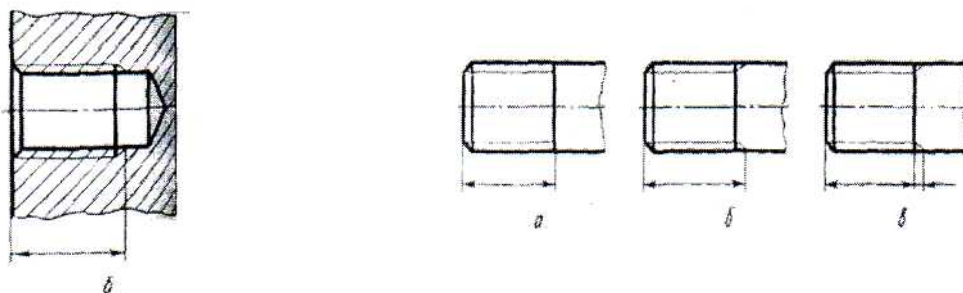
Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержнях и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т.е. в обоих случаях до сплошной основной линии (см. черт. 3, 4, 7, 8).

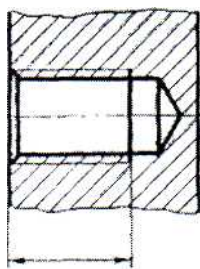
Размер длины резьбы с полным профилем (без сбега) на стержне и в отверстии указывают, как показано на черт. 9а и 10.

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

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

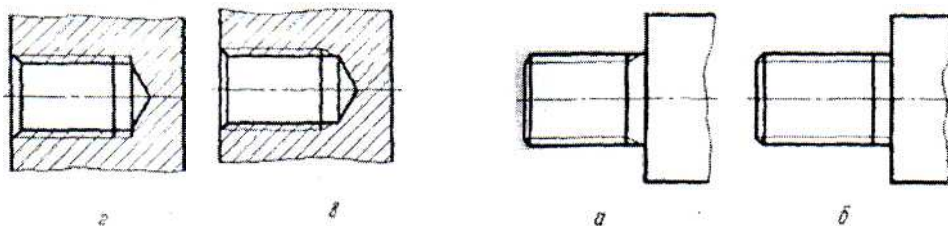
Сбег резьбы изображают сплошной тонкой прямой линией, как показано на черт. 9, в и 10.





Черт. 10

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



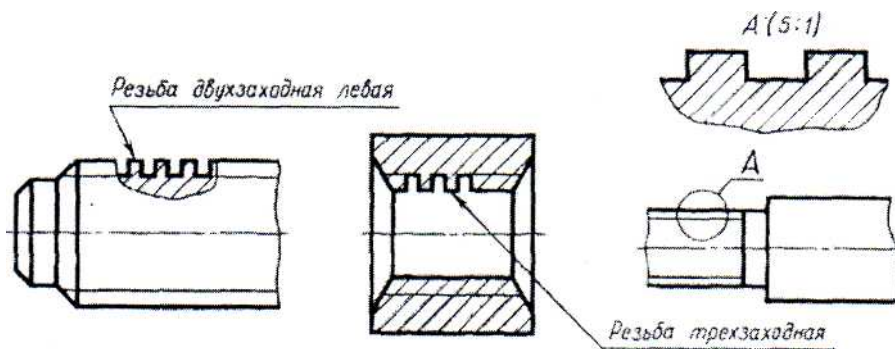
Черт. 11

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.

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

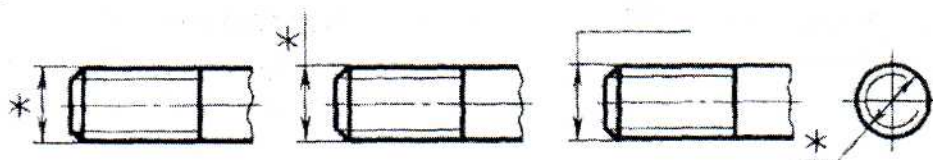
Резьбу с нестандартным профилем показывают одним из способов, изображенных на черт. 18, со всеми необходимыми размерами и предельными отклонениями. Кроме размеров и предельных отклонений резьбы, на чертеже указывают дополнительные данные о числе заходов, о левом направлении резьбы и т.п. с добавлением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



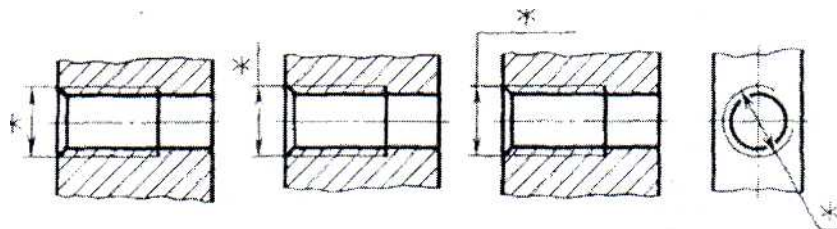
Черт. \%

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

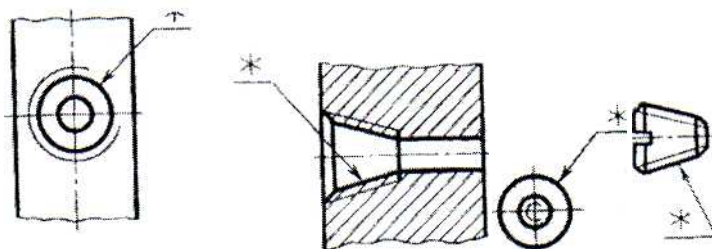
Обозначения резьб указывают по соответствующим стандартам на размеры и предельные отклонения резьб и относят их для всех резьб, кроме конических и трубной цилиндрической, к наружному диаметру, как показано на черт. 21, 22.



Черт. 21



Черт. 22



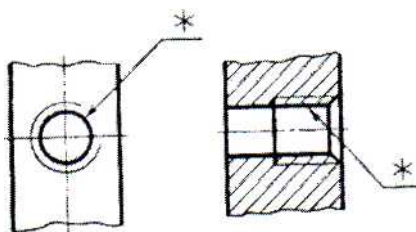
Обозначения конических резьб и трубной цилиндрической резьбы наносят, как показано на черт. 23.

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

Стандартные крепежные детали можно разделить на две группы:

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

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



Черт. 23

2.28 Лабораторная работа №28 (2 часа).

Тема: «Болтовые соединения»

2.28.1 Цель работы:

- научиться выполнять расчет и подбор болтового соединения.

2.28.2 Задачи работы:

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

2.28.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.28.4 Описание (ход) работы:

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

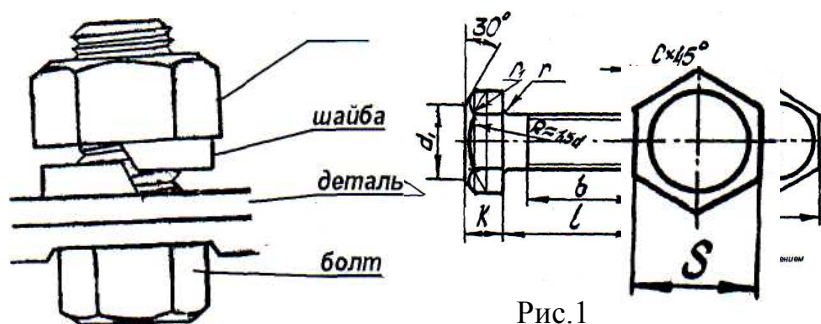


Рис.1

Болт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого имеется головка, на другом - участок с резьбой (длина нарезанного участка 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.)

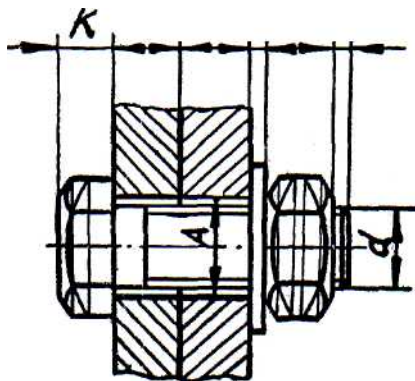


Рис.2

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 оторится, как и головка болта (рис. 3).

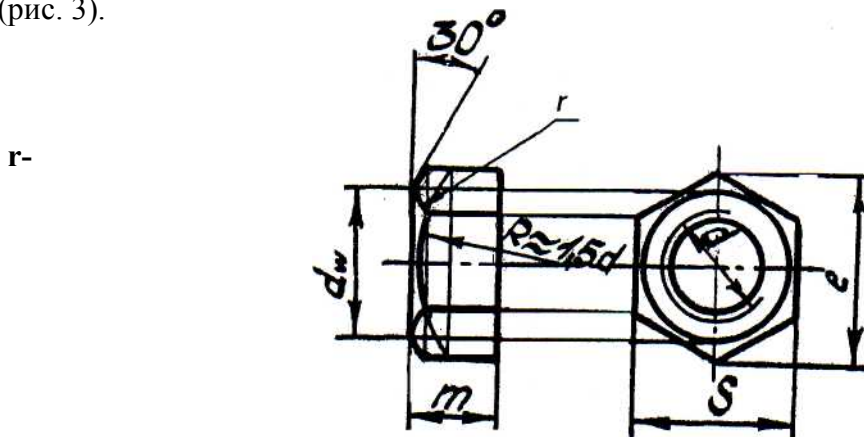


Рис.3

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).



Исполнение 1

Исполнение 2

Рис. 4

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

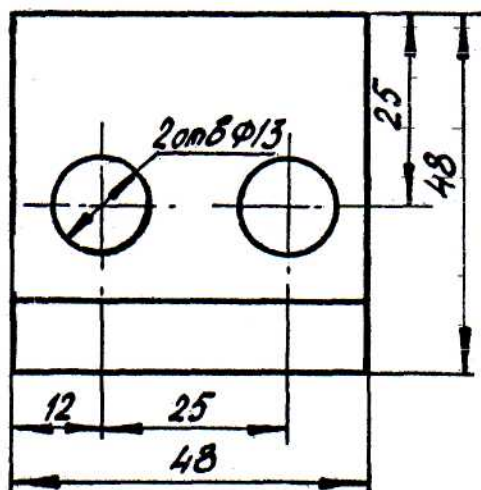
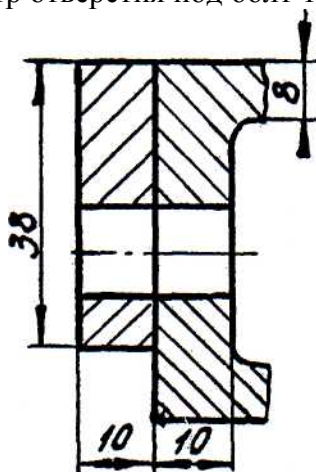


Рис. 5

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



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

размер "под ключ" $S=19$ мм

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

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

Подсчитав расчетную длину болта по таблице "Длина болтов с шестигранной головкой нормальной (класс В) и повышенной (класс А) точности в диапазоне Диаметров 6-48 мм по ГОСТ 7798- 70 и ГОСТ 7805-70 подбирают ближайшее значение. В зависимости от d и длины по той же таблице определяется длина резьбы на стержне.

Таким образом, расчетная длина болта в рассматриваемом примере будет равна $l_{расч}=20+2,5+10+3=35,5$ мм.

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

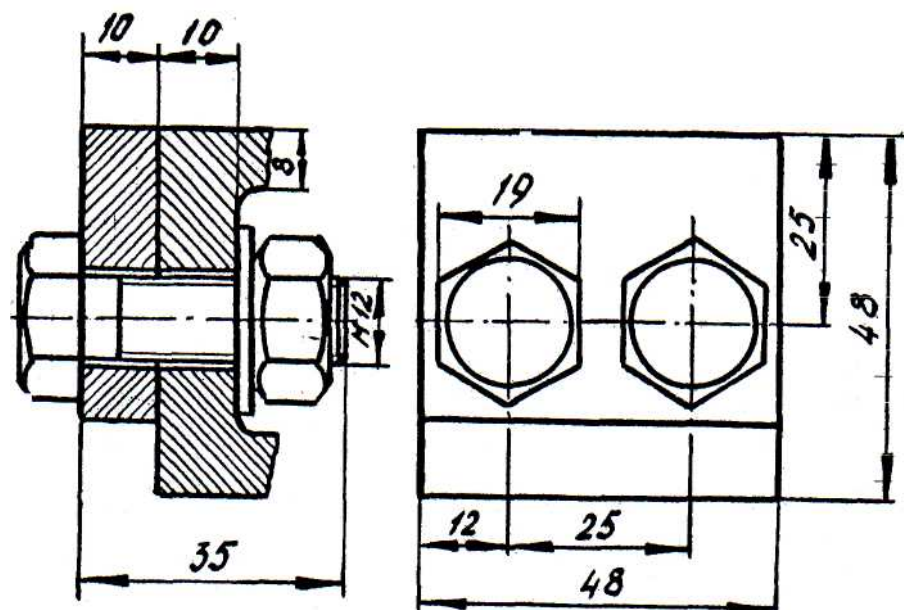


Рис. 6.

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

2.29 Лабораторная работа №29 (2 часа).

Тема: «Шпилечные соединения»

2.29.1 Цель работы:

- научиться выполнять расчет и подбор шпилечного соединения.

2.29.2 Задачи работы:

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

2.29.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.29.4 Описание (ход) работы:

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

Резьбовой конец шпильки l_0 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:

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

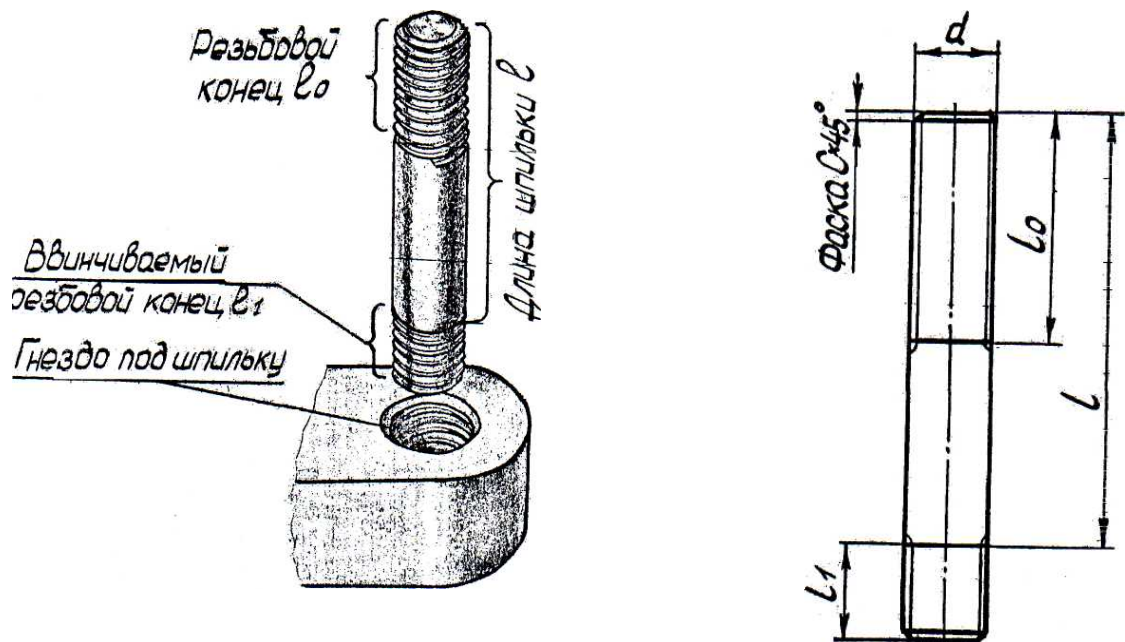


Рис. 7

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_0 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° .

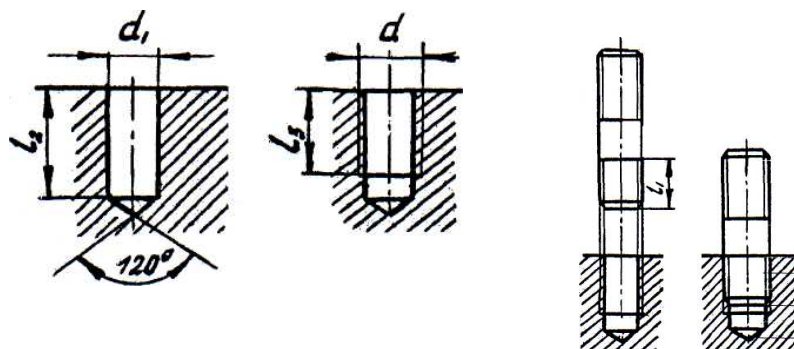


Рис. 8

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 M12. Толщина одной из скрепляемых деталей, в которой имеется сквозное отверстие $d=13$ мм, равна 19 мм. Условно будем считать, что скрепляемые детали стальные, т.е. длина посадочного конца будет равна диаметру резьбы, или 12мм.

По ГОСТ 22032-76 выбираем шпильку M12 (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 M12 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).

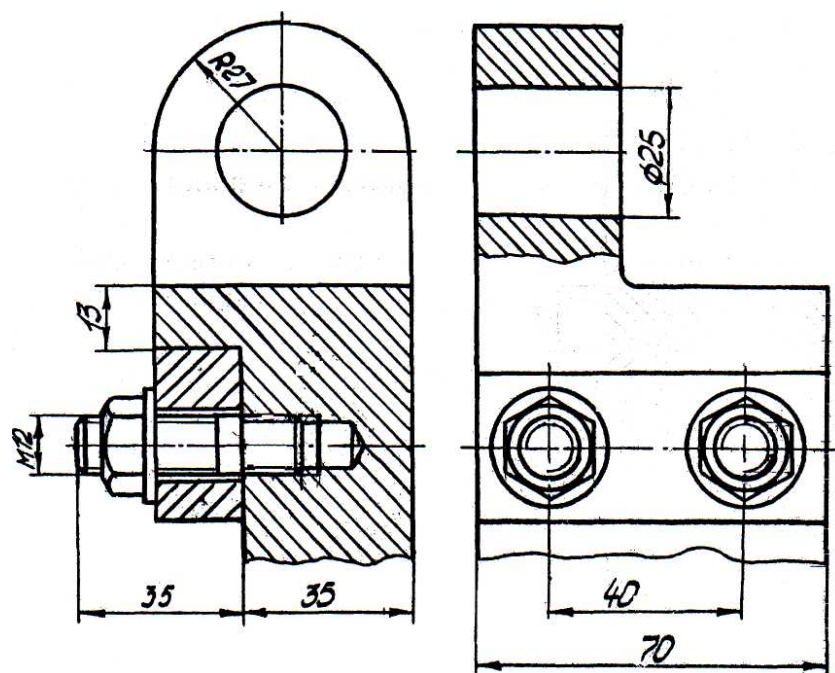
Для номинального диаметра, резьбы крепежной детали M12: Исполнение 1, M^{24} мм. $S=2,5$ мм.

Расчетная длина шпильки определяется толщиной детали, высотой гайки, толщиной шайбы и длиной, выступающей над гайкой где $y=0,25...0,3^*/$, т.е. для M12 $p=2$ $0,25=3$ мм, $p_{всч}=19+2,5+y+10+3=34,5$ 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



2.30 Лабораторная работа №30 (2 часа).

Тема: «Винтовые соединения»

2.30.1 Цель работы:

- научиться выполнять расчет и подбор винтового соединения.

2.30.2 Задачи работы:

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

2.30.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.30.4 Описание (ход) работы:

В винтовом соединении, как и в шпилечном, резьбовая часть винта ввинчивается в резьбовое отверстие детали. Граница резьбы винта должна быть несколько выше линии 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.

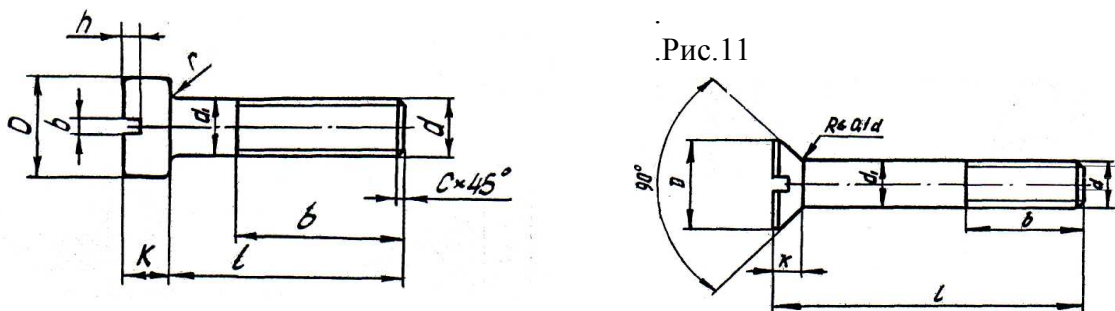


Рис.11

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.

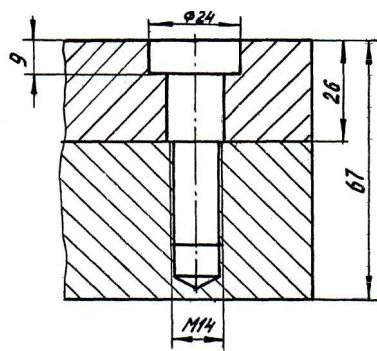


Рис. 12

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 $1,5 \cdot d$, 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 $l_{\text{дасч.}} = 21 + 17 = 38$ 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 $23 + 6P_j =$ т.е. $23 + 6 \cdot 2 = 35$ мм, глубина нарезанного отверстия: $23 + 2P_2 =$ т.е. $23 + 2 \cdot 2 = 27$ мм.

2.31 Лабораторная работа №31 (2 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 подразделяется на проектную и рабочую.

К проектной конструкторской документации относятся:

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

Техническое предложение — совокупность конструкторских документов с 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 «О₁». Организация серийного производства. Изготовление и испытание установочной серии по документации с литературой «О₁». 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° получается при делении прямого угла на две равные части, а при делении на три равные части получают прямую под 30° к горизонтали.

При рисовании ряда фигур используют приближенные способы их построения. При изображении квадрата или прямоугольника, лежащего в плоскости π_1 , или π_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° 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° к горизонтали, а большую ось — под углом 90° к малой. Откладывая по осям отрезки, намечают контур овала.

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

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

Выполняя рисунок детали с натуры (например, кронштейн, рисунок 1, слева), надо не только внимательно рассмотреть форму, но и установить соотношение размеров отдельных элементов детали. Например, изображенный на рисунке 1, в центре кронштейн выполнен без

соблюдения пропорций детали. На рисунке 1, справа дан рисунок этой детали с учетом пропорций ее частей.

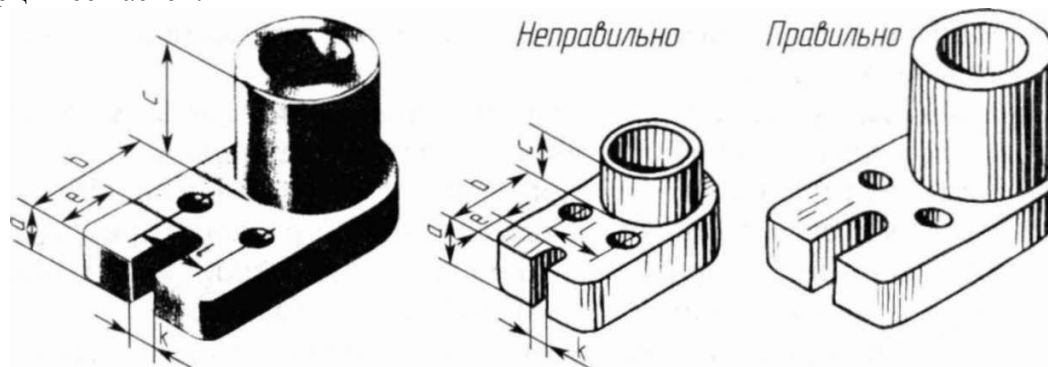


Рисунок 1

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

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

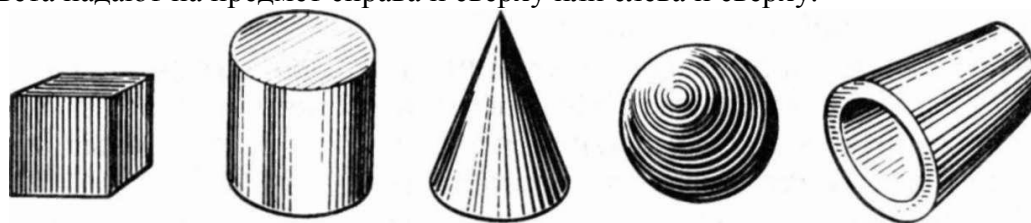


Рисунок 2

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

На изображения сферических поверхностей и поверхностей вращения наносят штрихи (части concentрических 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.

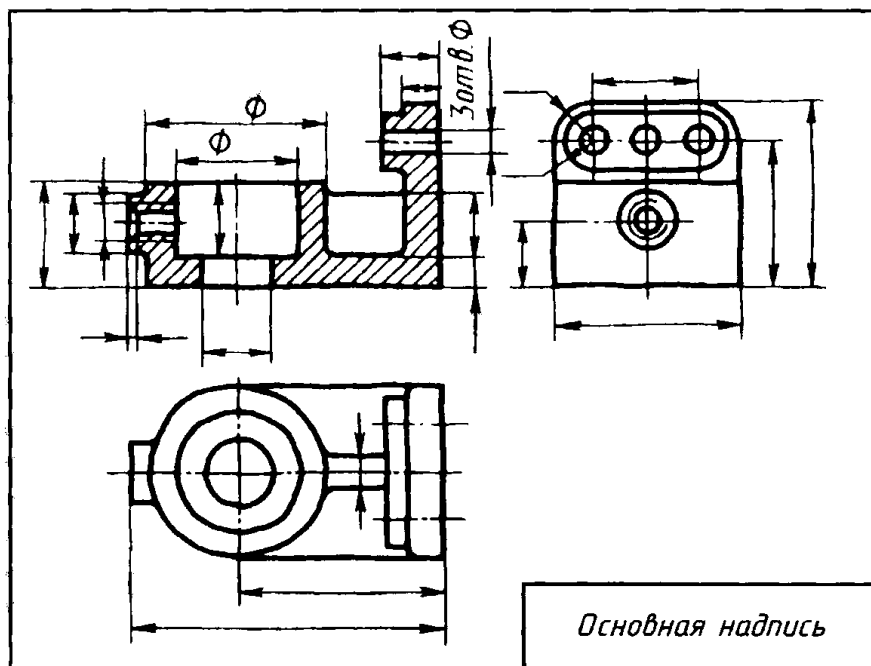


Рисунок 274

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 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, 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.

2.32 Лабораторная работа №32 (2 часа).

Тема: «Конструкторская документация»

2.32.1 Цель работы:

- научиться выполнять рабочий чертеж детали.

2.32.2 Задачи работы:

1) Выполнить рабочий чертеж детали.

2.32.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.32.4 Описание (ход) работы:

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 2.113-75).

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 изделия

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.

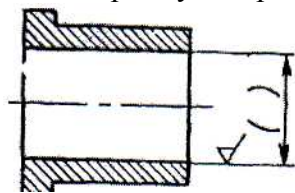
При симметричном расположении надписи относительно контура детали размеры, определяющие расположение надписи, не указывают. Вместо них в технических требованиях записывают предельные отклонения расположения (рис.6).

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-четырёх 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).



Размеры в скобках-после сборки

Рис. 8. Нанесение размеров детали, обрабатываемой после сборки

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.

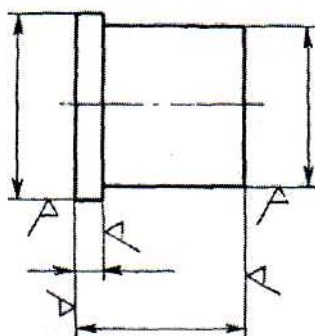


Рис. 7. Простановка размеров и шероховатости поверхности детали

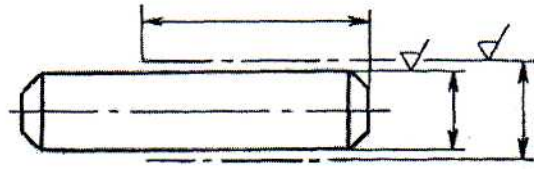
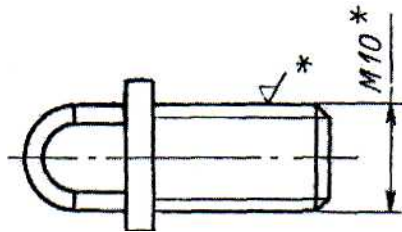


Рис. 9. Нанесение размеров до и после покрытия

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.

2.33 Лабораторная работа №33 (2 часа).

Тема: «Конструкторская документация»

2.33.1 Цель работы:

- познакомиться с правилами выполнения сборочного чертежа.

2.33.2 Задачи работы:

- 1) Усвоить требования, предъявляемые к сборочному чертежу;
- 2) Познакомиться с правилами составления спецификации.

2.33.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.

2.33.4 Описание (ход) работы:

1. 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.

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).

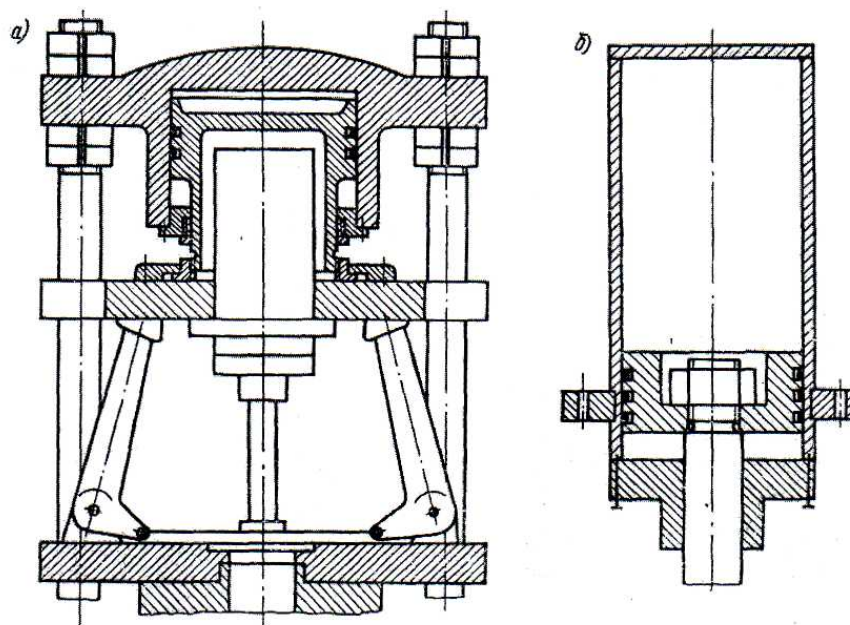


Рис.11. Чертеж сборочной единицы с упрощенным изображением составной части

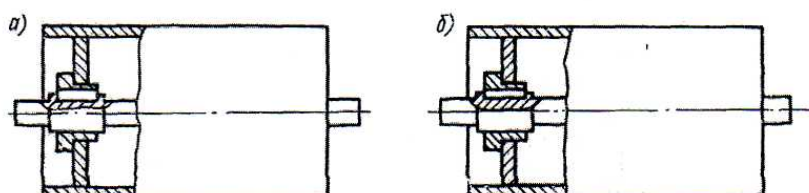


Рис.12. Упрощенное изображение типовых и покупных составных частей изделия

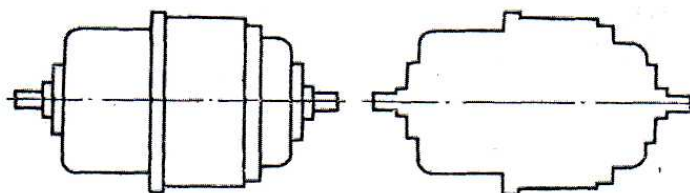


Рис.13. Варианты штриховки неразъемных соединений

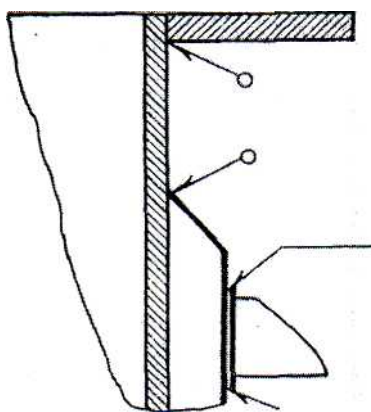


Рис.14. Штриховка неразъемных соединений, если детали выполнены из материалов, резко отличающихся по толщине

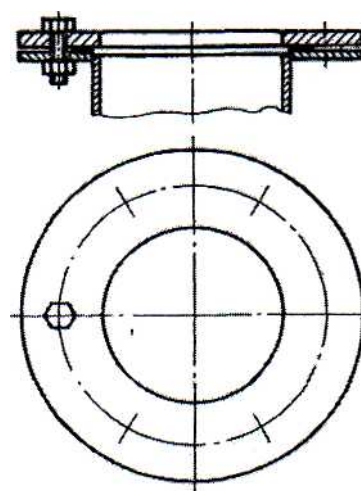


Рис.15. Условное изображение крепежных деталей; в однотипных соединениях

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 пружинной, 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.

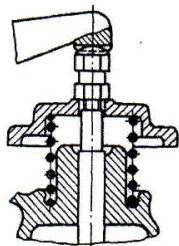


Рис. 16. Условность в изображении изделия, расположенного за винтовой пружиной

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 (пересекающий 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 поющий 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. 22

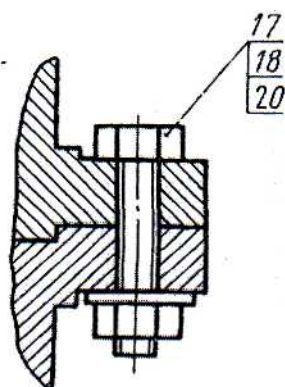


Рис.17. Обозначение крепежных деталей, относящихся к одному месту крепления

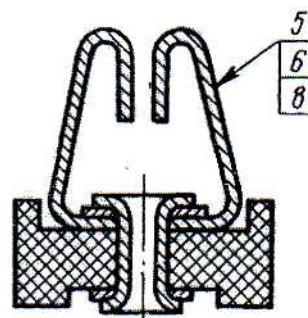


Рис. 18. Обозначение группы взаимосвязанных деталей при невозможности подвести линию-выноску к каждой из них

2. 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 проставляют 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 x 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.

ГОСТ 2.102—68 устанавливает виды и комплектность конструкторских документов на изделия всех отраслей промышленности. К конструкторским документам (именуемым в дальнейшем словом «документы») относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Документы подразделяются на виды:

Чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля.

Сборочный чертеж (СБ) — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля (здесь и далее в этой главе в скобках дан буквенно-цифровой код документа).

Чертеж общего вида (ВО) — документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

Габаритный чертеж (ГЧ) — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами.

Электромонтажный чертеж (МЭ) — документ, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа изделия.

Монтажный чертеж (МЧ) — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения.

Схема — документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними. Буквенно-цифровой код схемы определяет ГОСТ 2.701—84.

Спецификация — документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта. Пояснительная записка (ПЗ) — документ, содержащий описание устройства и принцип действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений.

Технические условия (ТУ) — документ, содержащий требования (совокупность всех показателей, норм, правил и положений) к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах.

Эксплуатационные документы — документы, предназначенные для использования при эксплуатации, обслуживании и ремонте изделия в процессе эксплуатации. Код эксплуатационных документов определяет ГОСТ 2.601-95.

Документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на **проектные** (техническое предложение, эскизный проект, технический проект) и **рабочие** (рабочая документация).

При определении комплектности конструкторских документов на изделие следует различать:

- основной конструкторский документ;
- основной комплект конструкторских документов;
- полный комплект конструкторских документов.

Основной конструкторский документ изделия в отдельности или в совокупности с другими записанными в нем конструкторскими документами полностью и однозначно определяют данное изделие и его состав.

За основные конструкторские документы принимают:

- для деталей — **чертеж детали**;
- для сборочных единиц, комплексов и комплектов — **спецификацию**.

Изделие, примененное по конструкторским документам, выполненным в соответствии со стандартами ЕСКД, записывают в документы других изделий, в которых оно применено, за обозначением своего основного конструкторского документа. Считается, что такое изделие применено по своему основному конструкторскому документу.

Основной комплект конструкторских документов изделия объединяет документы, относящиеся ко всему изделию, например: сборочный чертеж, принципиальная электрическая схема, технические условия, эксплуатационные документы.

Полный комплект конструкторских документов изделия составляют из следующих документов:

- основного комплекта конструкторских документов на данное изделие;
- основных комплектов конструкторских документов на все составные части данного изделия, примененные по своим основным конструкторским документам.

Номенклатура конструкторских документов, разрабатываемых на изделия в зависимости от стадий разработки, определена ГОСТ 2.102—68, согласовывается с заказчиком изделия и записывается в техническое задание на разрабатываемое изделие.

2.34 Лабораторная работа №34 (2 часа).

Тема: «Понятие о компьютерной графике»

2.34.1 Цель работы:

- познакомиться с геометрическим моделированием и графическими редакторами.

2.34.2 Задачи работы:

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

2.34.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.34.4 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 двумерном 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 двумерную систему координат, горизонтальную ось называют осью (осью Ox), вертикальную ось - осью (осью Oy). Положительные направления выбирают на оси Ox - вправо, на оси Oy - вверх. Координаты x и y называются соответственно абсциссой и ординатой точки. Запись $P(a,b)$ означает, что точка P на плоскости имеет абсциссу a и ординату b . Декартовыми прямоугольными координатами точки P в трехмерном пространстве называются взятые с определенным знаком расстояния (выраженные в единицах масштаба) этой точки до трех взаимно перпендикулярных координатных плоскостей или, что то же, проекции радиус-вектора \mathbf{r} точки P на три взаимно перпендикулярные координатные оси. В зависимости от взаимного расположения положительных направлений координатных осей возможны и

правая координатные системы. Как правило, пользуются правой координатной системой. Положительные направления выбирают: на оси Ox - на наблюдателя; на оси Oy - вправо; на оси Oz - вверх. Координаты x, y, z называются соответственно абсциссой, ординатой и 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 ρ - расстояние от точки P до заданной точки O (полюса) и полярный угол φ - 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:

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

и обратно:

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

Цилиндрические системы координат

ρ и φ - 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:

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

и обратно:

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

Сферические системы координат

r - длина радиус-вектора, φ - долгота, θ - 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

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

и обратно

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

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

Точки отрезка z можно описать уравнением:

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

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

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

то A лежит на отрезке, иначе - нет. Равенство расписывается по координатам 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 $n = (A, B, C)$ 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 обращайте внимание на запросы команды, выводимые в строку сообщений. Сохраните результат в папку решений.



Рисунок – Файл фрагмента 2-02

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



Рисунок 3– Файл фрагмента 2-03

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



Рисунок 4– Файл фрагмента 2-04

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



Рисунок 5 – Файл фрагмента 2-05