

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

Кафедра «Проектирование и управление в технических системах»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Начертательная геометрия

Направление подготовки (специальность) 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль образовательной программы «Системы и средства автоматизации технологических процессов»

Форма обучения: очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций.....	4
1.1 Лекция № 1 Методы проецирования. Метод Монжа	4
1.2 Лекция № 2 Проецирование прямой линии. Следы прямой линии	10
1.3 Лекция № 3 Плоскость. Пересечение плоскостей	16
1.4 Лекция № 4 Взаимное положение прямой линии и плоскости	25
1.5 Лекция № 5 Способ замены плоскостей проекций	29
1.6 Лекция № 6 Способ вращения	32
1.7 Лекция № 7 Проецирование гранных тел	35
1.8 Лекция № 8 Проецирование тел вращения	38
1.9 Лекция № 9 Компьютерное моделирование	46
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ.....	50
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 ЕСКД	50
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Методы проецирования	65
2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Метод Монжа.....	68
2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Метод Монжа.....	70
2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 Проецирование прямой линии.....	72
2.6 Лабораторная работа № ЛР-6 Проецирование прямой линии.....	74
2.7 Лабораторная работа № ЛР-7 Следы прямой линии.....	76
2.8 Лабораторная работа № ЛР-8 Плоскость.....	78
2.9 Лабораторная работа № ЛР-9 Плоскость.....	80
2.10 Лабораторная работа № ЛР-10 Пересечение плоскостей.....	82
2.11 Лабораторная работа № ЛР-11 Пересечение плоскостей.....	84
2.12 Лабораторная работа № ЛР-12 Взаимное положение прямой линии и плоскости.....	86
2.13 Лабораторная работа № ЛР-13 Взаимное положение прямой линии и плоскости.....	88
2.14 Лабораторная работа № ЛР-14 Способ замены плоскостей проекций....	90
2.15 Лабораторная работа № ЛР-15 Способ вращения.....	92
2.16 Лабораторная работа № ЛР-16 Проецирование гранных тел.....	94
2.17 Лабораторная работа № ЛР-17 Проецирование гранных тел.....	97
2.18 Лабораторная работа № ЛР-18 Способ замены плоскостей проекций ...	100
2.19 Лабораторная работа № ЛР-19 Способ вращения	102
2.20 Лабораторная работа № ЛР-20 Способ вращения	104

2.21	Лабораторная работа № ЛР-21 Способ совмещения	106
2.22	Лабораторная работа № ЛР-22 Способ совмещения	108
2.23	Лабораторная работа № ЛР-23 Проецирование тел вращения	111
2.24	Лабораторная работа № ЛР-24 Проецирование тел вращения	114
2.25	Лабораторная работа № ЛР-25 Пересечение гранных тел	117
2.26	Лабораторная работа № ЛР-26 Пересечение гранных тел	119
2.27	Лабораторная работа № ЛР-27 Пересечение тел вращения	120
2.28	Лабораторная работа № ЛР-28 Пересечение тел вращения	122
2.29	Лабораторная работа № ЛР-29 Пересечение тел вращения	123
2.30	Лабораторная работа № ЛР-30 ГОСТ 2.317-69 Диметрическое проецирование	124
2.31	Лабораторная работа № ЛР-31 ГОСТ 2.317-69 Диметрическое проецирование	126
2.32	Лабораторная работа № ЛР-32 ГОСТ 2.317-69 Диметрическое проецирование	132
2.33	Лабораторная работа № ЛР-33 Изометрическое проецирование	136
2.34	Лабораторная работа № ЛР-34 Изометрическое проецирование	136
2.35	Лабораторная работа № ЛР-35 Понятие о компьютерной графике	137

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция №1 (2 часа).

Тема: «Методы проецирования. Метод Монжа»

1.1.1 Вопросы лекции:

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

1.1.2 Краткое содержание вопросов:

1 Введение.

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

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

В процессе изучения решаются два типа задач:

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

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

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

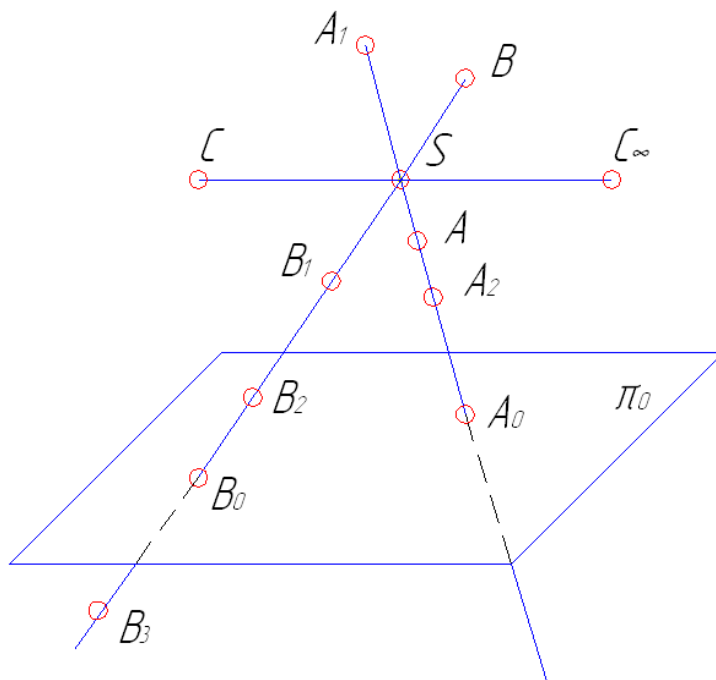
Умения и навыки, приобретенные в процессе изучения начертательной геометрии, используются в последующем при изучении дисциплин, связанных с построением чертежей.

2 Методы проецирования.

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

Центральное проецирование.

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



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.

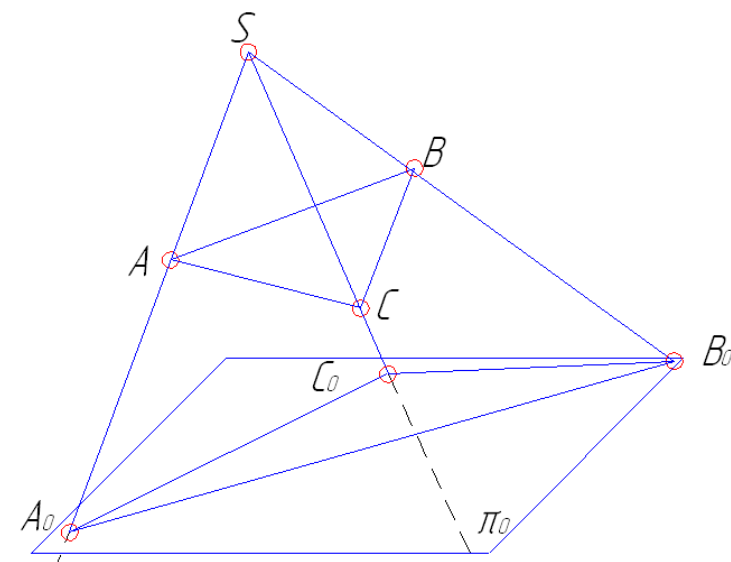
В случае параллельности проецирующего луча плоскости проекций точка C будет иметь центральную проекцию, но удаленную бесконечно далеко.

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 проектирующей прямой, проведенной параллельно заданному направлению, с плоскостью проекций.

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

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

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

8. Если прямая параллельна проецирующей прямой, то проекцией этой прямой является точка;
9. Отрезок прямой линии, параллельной плоскости проекций проецируется на эту плоскость в натуральную величину.

3 Метод параллельного прямоугольного проецирования.

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

Кроме свойств параллельных косоугольных проекций ортогональные проекции имеют следующее свойство:

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

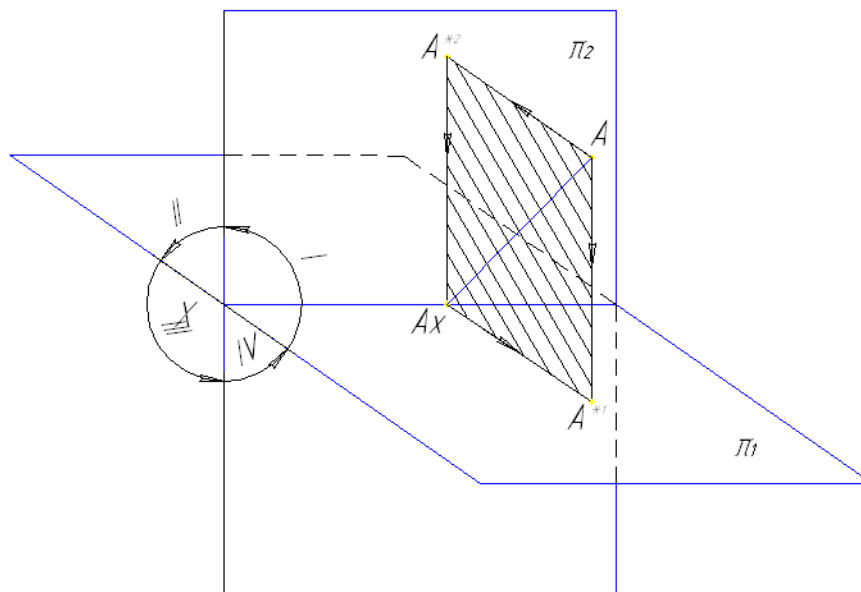
4 Общие сведения

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

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

5 Проецирование точки на две плоскости проекций.

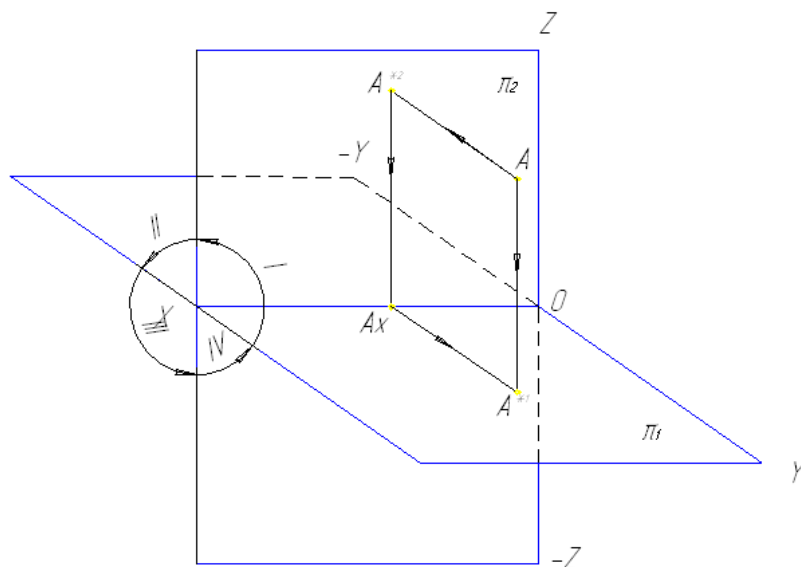
Для удобства проецирования в качестве двух плоскостей проекций выбирают две взаимно перпендикулярные плоскости. Одну из них располагают горизонтально (*горизонтальная плоскость проекций π_1*), другую – вертикально (*фронтальная плоскость проекций π_2*). Линия пересечения этих плоскостей называется *осью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



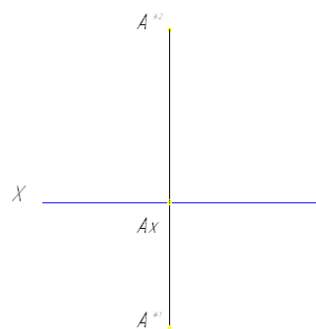
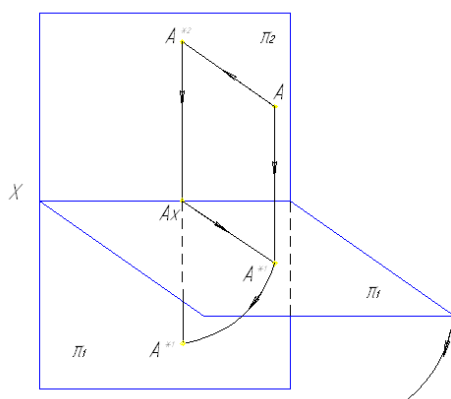
Пересекаясь, плоскости проекций образуют *четыре двугранных угла или четыре четверти: I, II, III, IV.*

Определим проекции точки A . Для этого из точки A проведем перпендикуляры к плоскостям 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.



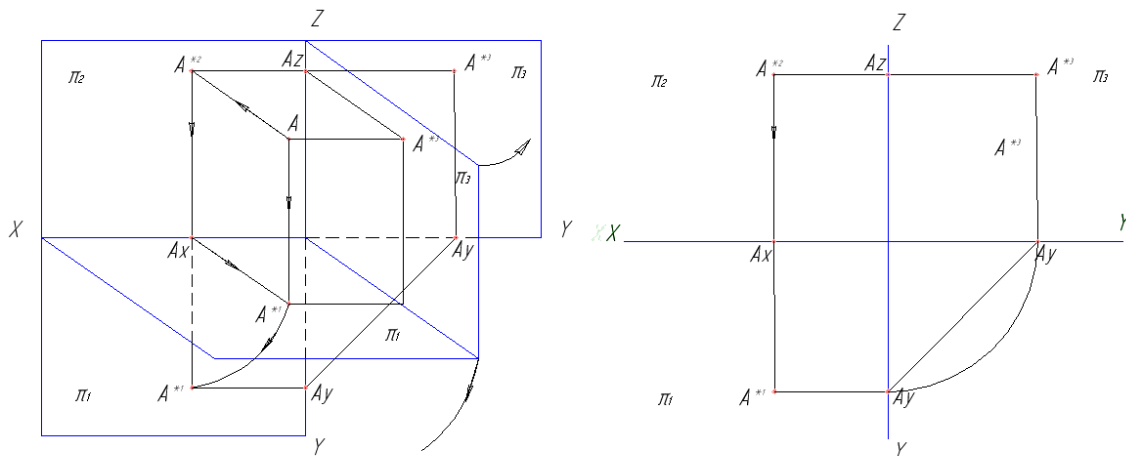
Четверть	X	Y	Z
I	\pm	+	+
II	\pm	-	+
III	\pm	-	-
IV	\pm	+	-

6 Проецирование точки на три плоскости проекций.

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

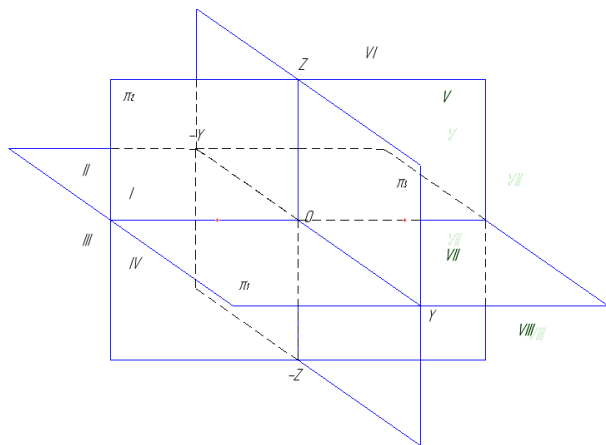
Рассмотрим введение в систему плоскостей $\pi_2\pi_1$ еще одной плоскости проекций π_3 , которую принято называть *профильной*. Профильная плоскость перпендикулярна плоскостям π_2 и π_1 . Линия пересечения профильной и горизонтальной плоскости

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 на 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. 2 Лекция №2 (2 часа).

Тема: «Проецирование прямой линии. Следы прямой линии»

1.2.1 Вопросы лекции:

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

1.2.2 Краткое содержание вопросов:

1. Прямые общего и частного положения.

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

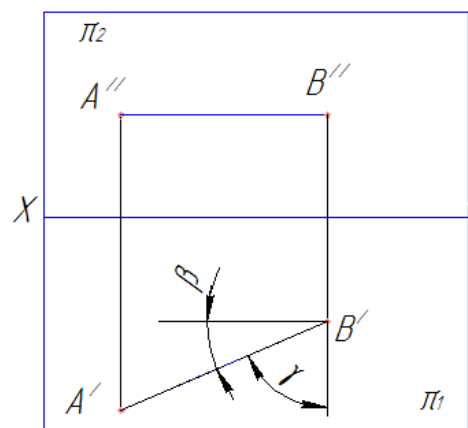
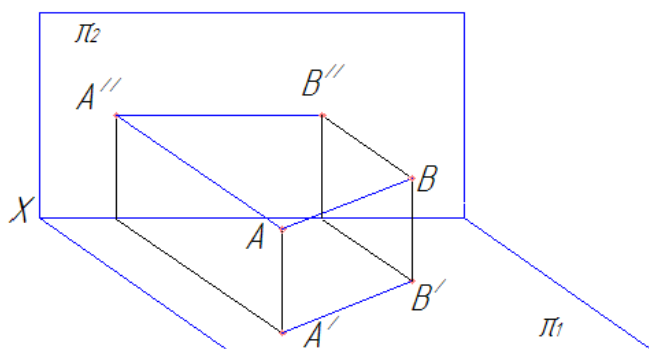
Соединив соответствующие проекции прямой линией, получим горизонтальную и фронтальную проекции прямой **AB**.

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

Относительно плоскостей проекций прямая может занимать следующие положения:

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

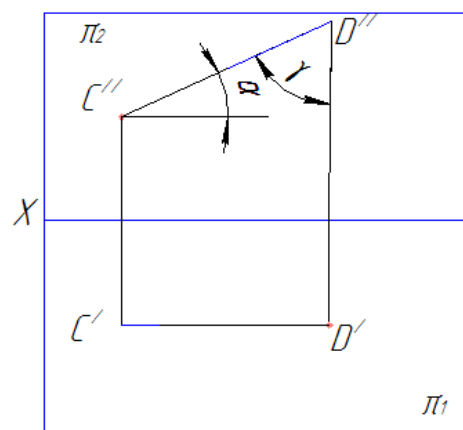
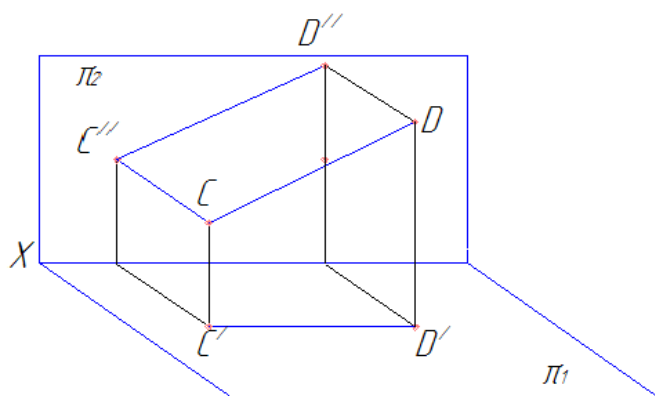
Если прямая параллельна горизонтальной плоскости проекций, ее называют *горизонтальной прямой*.



Ее фронтальная $A''B''$ проекция параллельна оси **X**; длина горизонтальной проекции отрезка $A'B'$ равна длине самого отрезка **AB** (*натуральная величина*); угол 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 параллельная фронтальной плоскости проекций, ее называют *фронтальной прямой*.

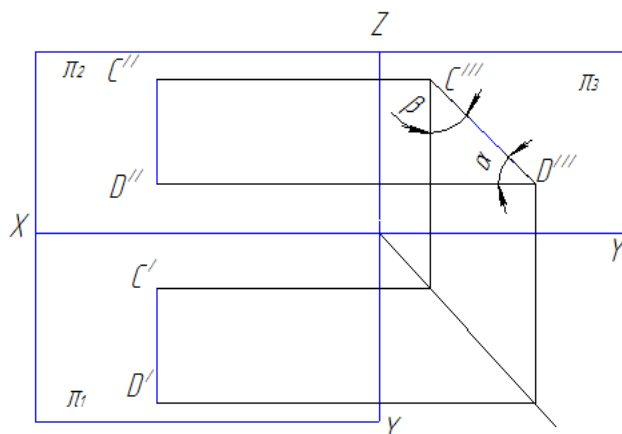
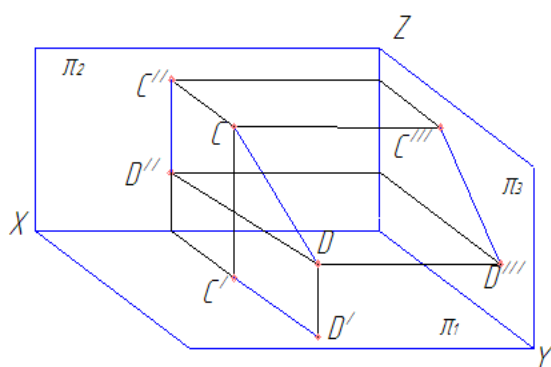
Ее горизонтальная проекция параллельна оси **X**; длина фронтальной проекции отрезка



$C''D''$ 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

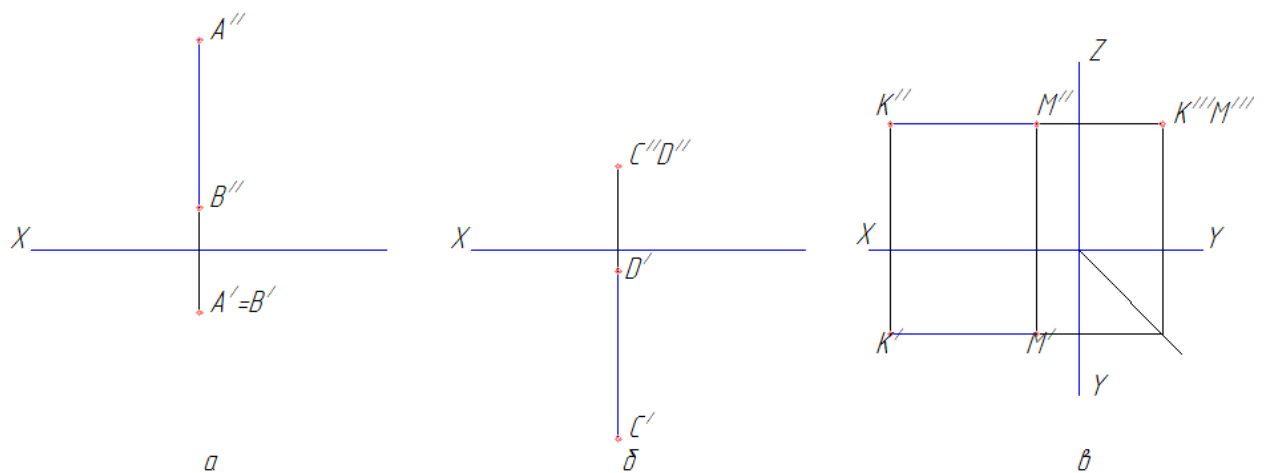
Если прямая параллельная профильной плоскости проекций, ее называют *профильной прямой*.

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



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

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



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

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

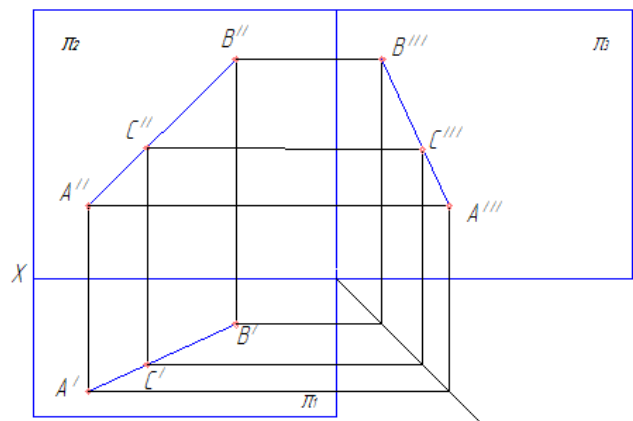
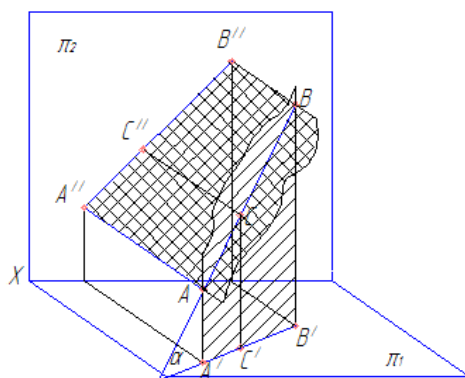
Горизонтальная и фронтальная проекция прямой, *параллельной фронтальной и горизонтальной плоскостям*, параллельны оси **X** (рис. в). Профильные проекции всех точек прямой совпадают.

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

2 Взаимное положение прямой и точки в пространстве.

Определим длину проекций отрезка прямой:

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



где 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:

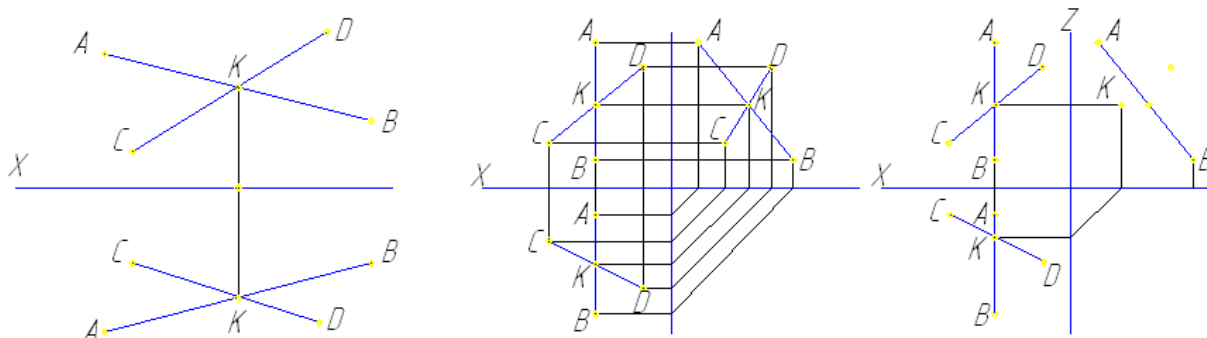
$$AC/CB = A^I C^I / C^I B^I = A^{II} C^{II} / C^{II} B^{II}.$$

3 Взаимное положение прямых линий в пространстве.

Прямые в пространстве могут быть *пересекающимися*, *параллельными* и *скрещивающимися*.

- пересекающиеся прямые:

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



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

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

- параллельные прямые:

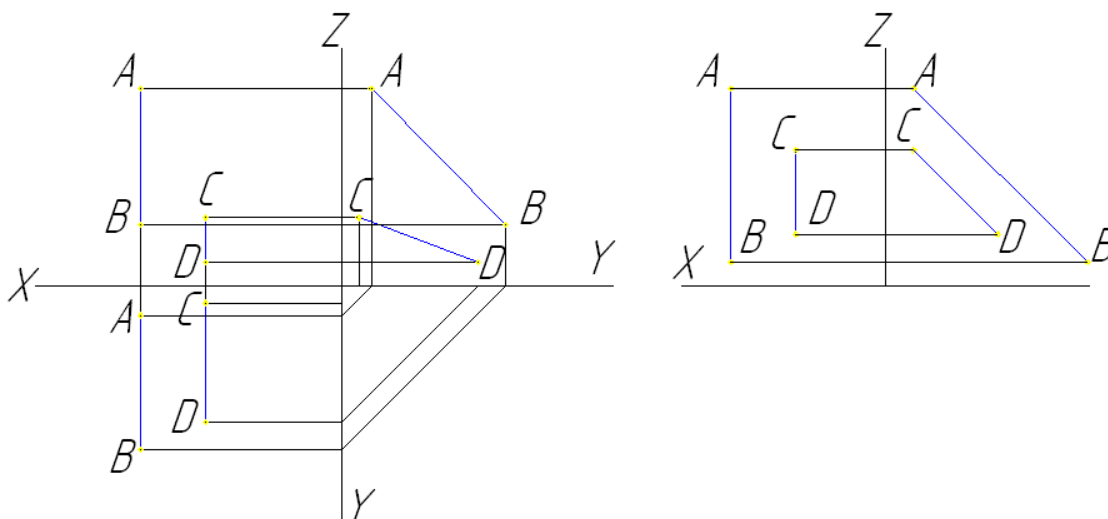
если в пространстве прямые параллельны, то их одноименные проекции параллельны между собой.

Для прямых общего положения условие параллельности следующее:

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

Для прямых частного положения:

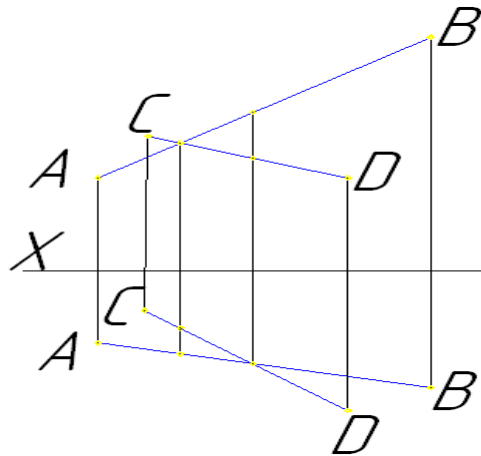
если одноименные проекции прямых параллельны одной из осей проекций, то прямые параллельны при условии параллельности одноименных проекций на той плоскости проекций, которой параллельны прямые.



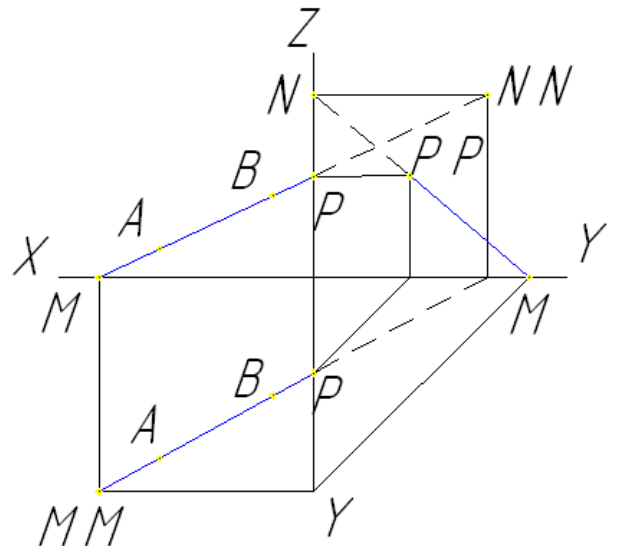
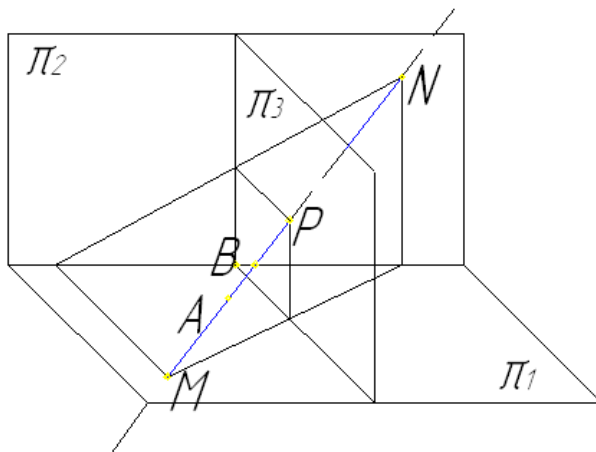
- скрещивающиеся прямые:

скрещивающиеся прямые – прямые, не имеющие общих точек.

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



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



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

Точка **М** называется горизонтальным следом прямой;

Точка **Н** называется фронтальным следом прямой;

Точка **Р** называется профильным следом прямой.

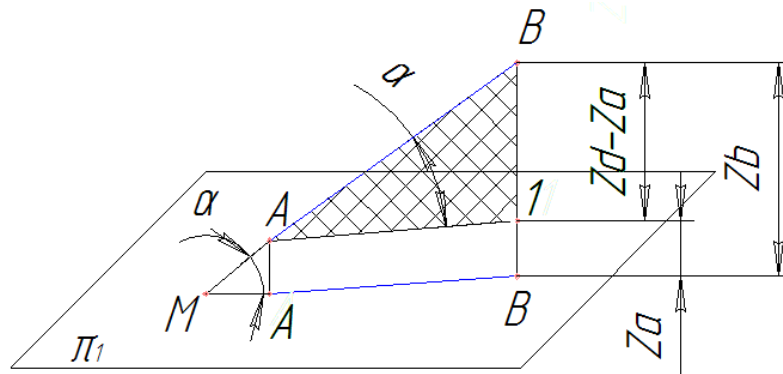
Чтобы найти горизонтальный след прямой необходимо продолжить фронтальную проекцию прямой до пересечения с осью **X** (**М'** - фронтальная проекция горизонтального следа), через точку **М'** провести перпендикуляр к оси **X** до пересечения с продолжением горизонтальной проекции прямой (**М'** - горизонтальная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

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

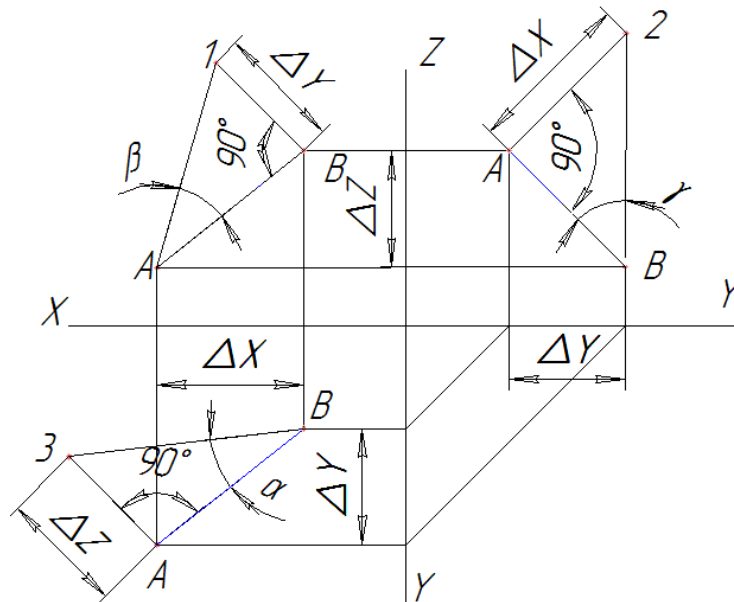
Если прямая параллельна плоскости, то она не имеет следа с этой плоскостью. Кроме того, по проекциям и следам прямой можно определить октанты, через которые она проходит.

5 Натуральная величина отрезка (метод прямоугольного треугольника).

Рассмотрим рисунок:



Натуральная величина (истинный размер) отрезка **AB** прямой общего положения является гипотенузой прямоугольного треугольника **AB1**. Катет **A1** параллелен горизонтальной плоскости и равен по длине горизонтальной проекции **A'B'**. Величина второго катета **B1** равна разности расстояний точек **A** и **B** до плоскости 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. 3 Лекция №3 (2 часа).

Тема: «Плоскость. Пересечение плоскостей»

1.3.1 Вопросы лекции:

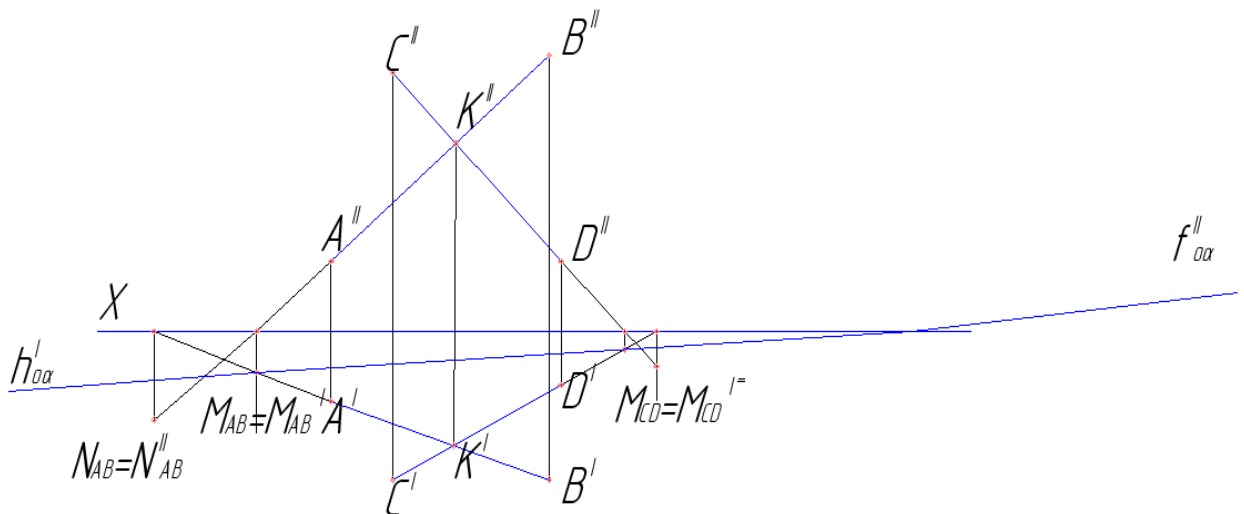
1. Способы задания плоскости на эюре.
2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций:
3. Точка и прямая в плоскостях.
4. Главные линии плоскости.
5. Взаимное положение плоскостей.

1.3.2 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;

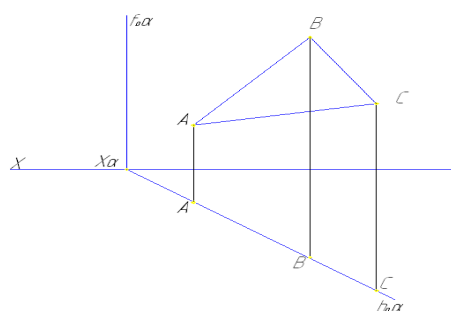
$f'_{\alpha\alpha}$ – горизонтальный след плоскости.

2. Положение плоскости относительно плоскостей проекций.

Относительно плоскостей проекций плоскость может занимать следующие положения:

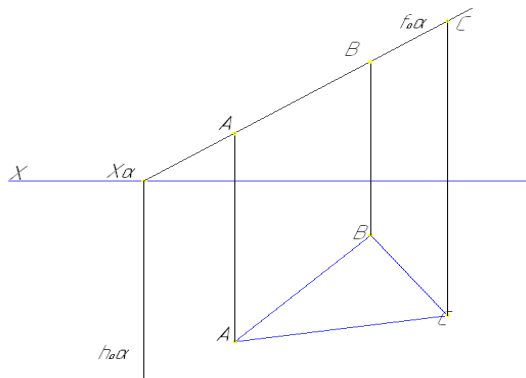
- не перпендикулярна плоскостям проекций (плоскость общего положения);
- перпендикулярна одной плоскости проекций (плоскость частного положения);
- перпендикулярна двум плоскостям проекций (плоскость частного положения).

Плоскость α перпендикулярна одной плоскости проекций:



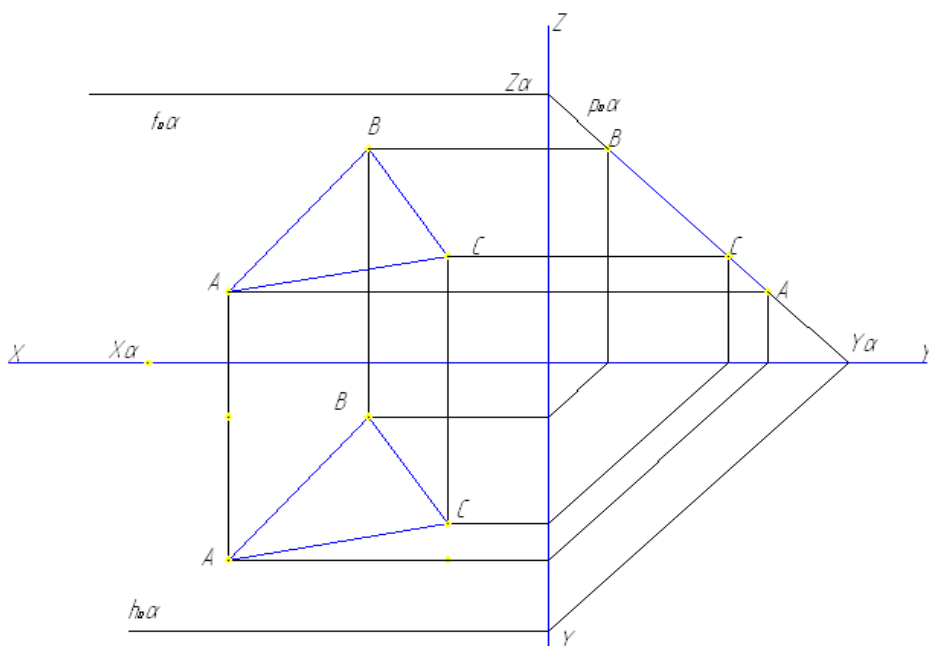
Плоскость задана треугольником ABC и перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций. Такую плоскость называют *горизонтально-проецирующей*. Угол между горизонтальным следом и осью X является углом между плоскостью α и фронтальной плоскостью проекций.

Плоскость α , перпендикулярную фронтальной плоскости проекций называют *фронтально-проецирующей*:



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

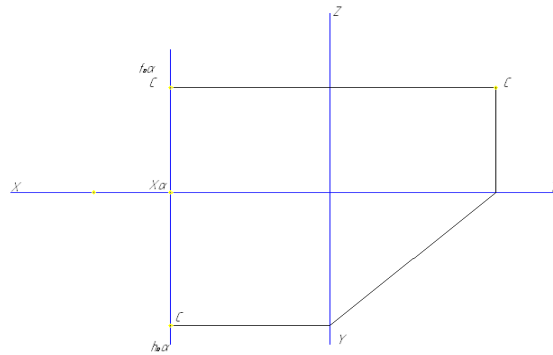
Плоскость α , перпендикулярную профильной плоскости проекций называют *профильно-проецирующей*:



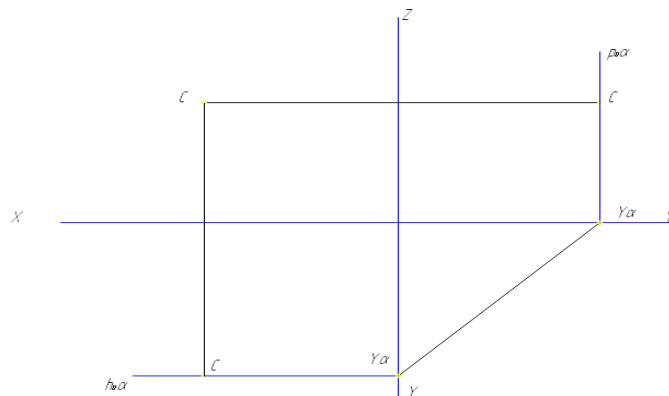
где p_{α} – профильный след плоскости.

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.

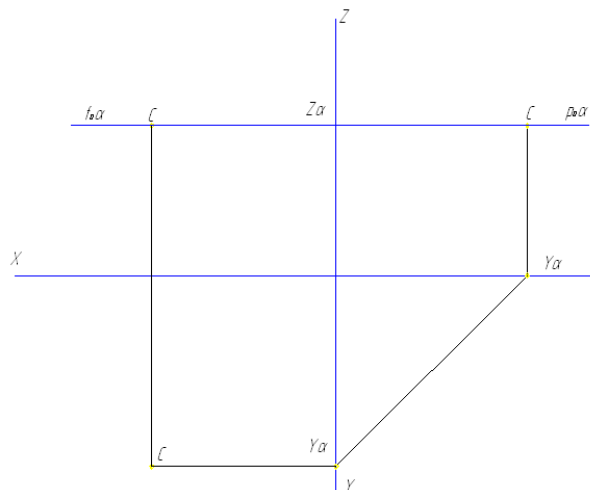
Если плоскость перпендикулярна двум плоскостям проекций, то она параллельна третьей плоскости проекций. Здесь также возможны три случая частного положения:
- плоскость α перпендикулярна горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций (параллельная профильной плоскости) – *профильная плоскость*:



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

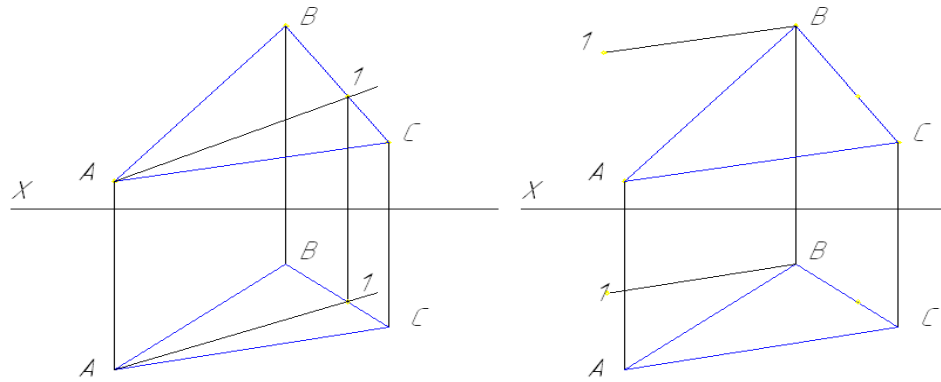


- плоскость α перпендикулярна фронтальной и профильной плоскости проекций (параллельная горизонтальной плоскости) – *горизонтальная плоскость*:



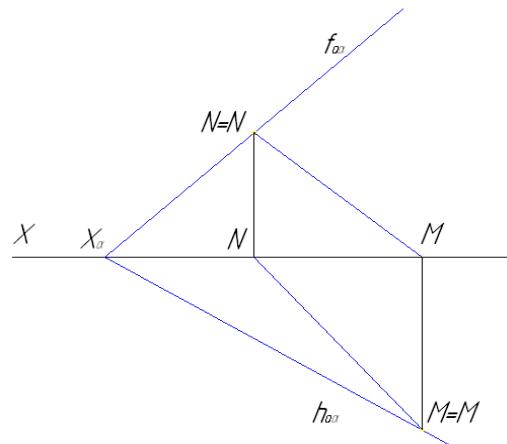
3 Точка и прямая в плоскостях.

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



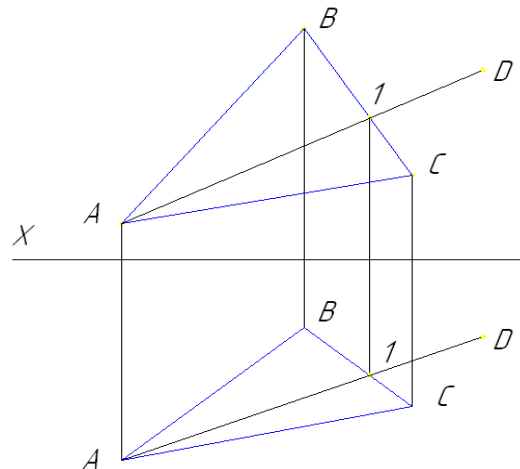
Для случая задания плоскости следами можно сказать следующее:

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

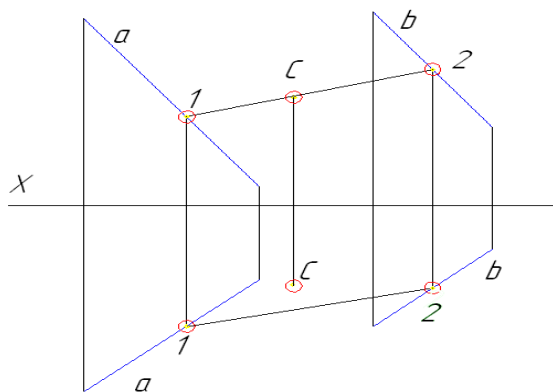
- 1) провести вспомогательную прямую $D''A''$;
- 2) найти ее горизонтальную проекцию $D'A'$;
- 3) на горизонтальной проекции прямой построить горизонтальную проекцию точки D' .



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.

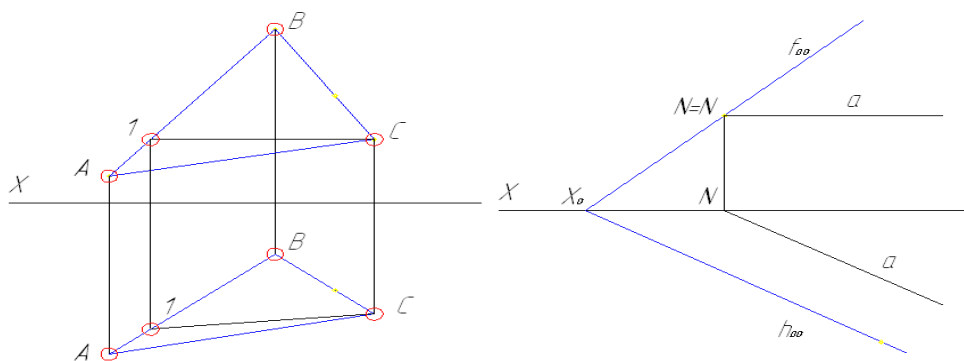


4 Главные линии плоскости.

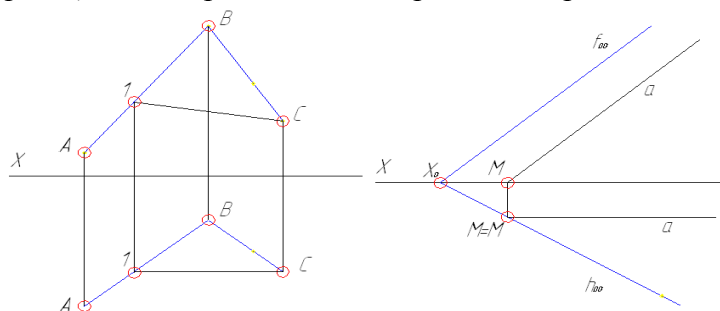
К прямым особого положения (главным линиям плоскости) относят:

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

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



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



Линиями наибольшего наклона плоскости к плоскостям 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 .

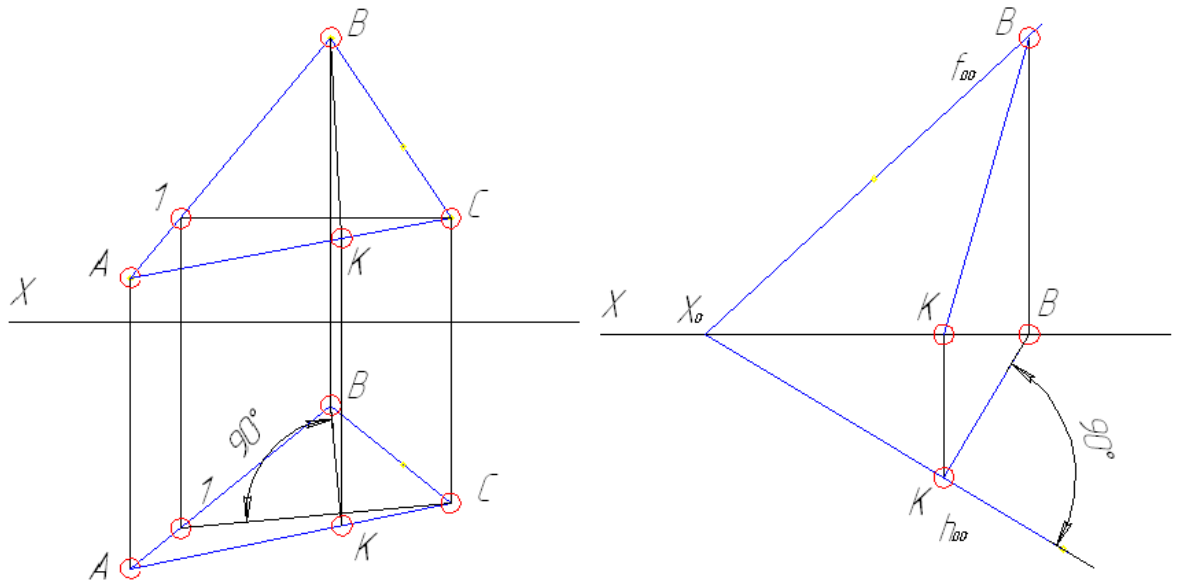
Чтобы построить линию ската плоскости к горизонтальной плоскости проекций, необходимо:

- при задании плоскости тремя точками

- 1) построить горизонталь CI ;
- 2) на горизонтальной проекции треугольника провести прямую, лежащую в заданной плоскости, перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали $B'K'$;
- 3) определить фронтальную проекцию линии ската.

- при задании плоскости следами:

- 1) провести горизонтальную проекцию линии ската перпендикулярно горизонтальному следу плоскости;
- 2) определить фронтальную проекцию линии ската.



5. Взаимное положение плоскостей.

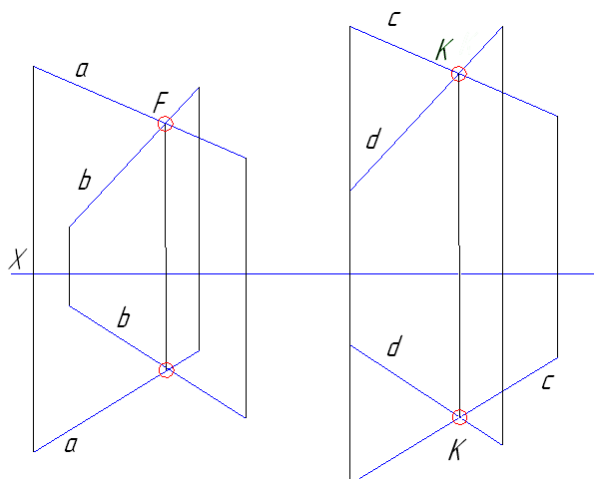
Две плоскости в пространстве могут быть параллельными и пересекающимися.

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

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

5.1 Параллельность плоскостей.

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

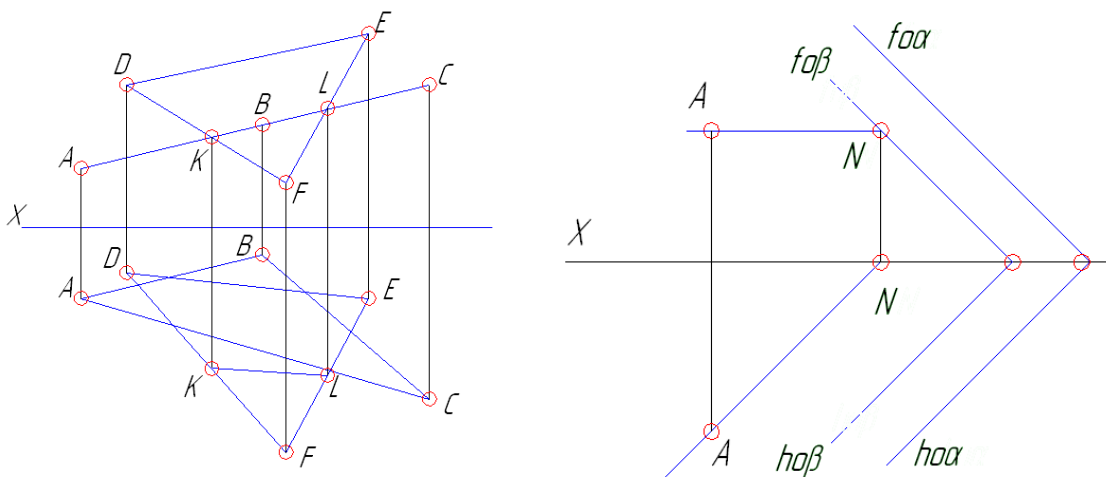


При задании плоскостей следами условие их параллельности звучит следующим образом: если два пересекающихся между собой следа одной плоскости параллельны одноименным с ними следам другой плоскости, то плоскости параллельны между собой.

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

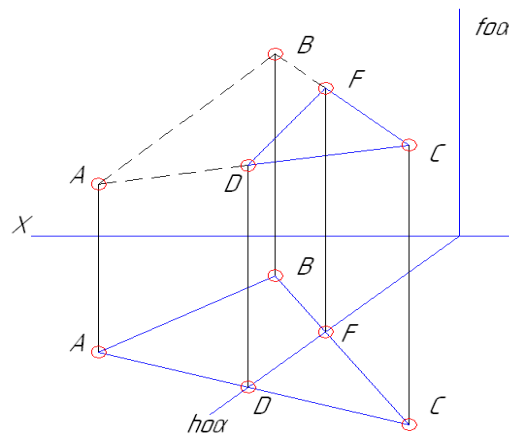
5.2 Пересечение плоскостей общего и частного положений.

Пусть даны две плоскости, заданные треугольником:

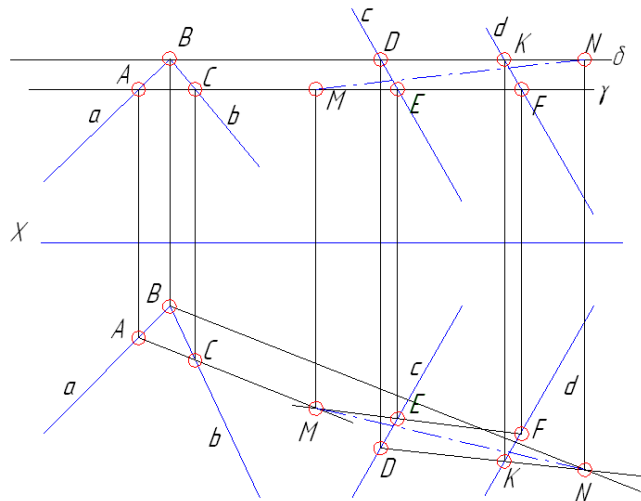


плоскость **DEF** – плоскость общего положения; плоскость **ABC** – фронтально-проецирующая плоскость. Так как плоскость **ABC** проецирующая, то линия пересечения плоскостей проецируется на фронтальную проекцию плоскости **ABC** (отрезок **K''L''**). Точка **K** и **L** принадлежит обеим плоскостям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

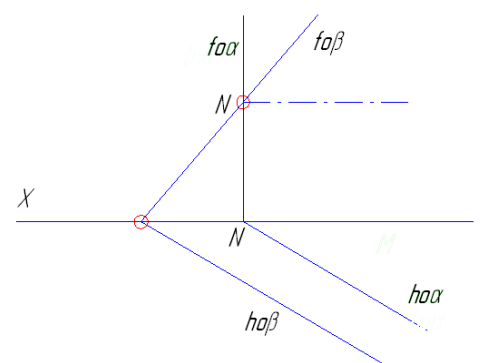
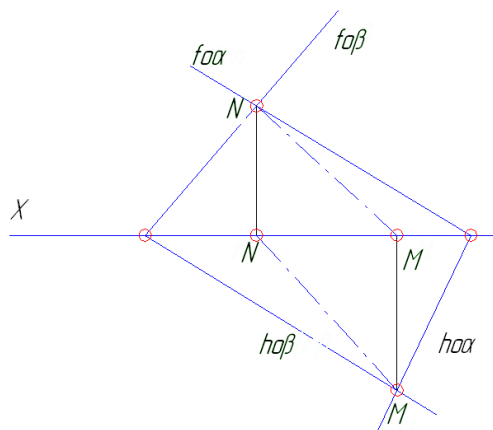
Аналогичные построения проводят и при пересечении плоскости общего положения горизонтально-проецирующей плоскостью:



Для определения линии пересечения двух плоскостей общего положения необходимо вводить дополнительные плоскости частного положения. Пусть заданы плоскости общего положения 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 EK 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. 4 Лекция №4 (2 часа).

Тема: «Взаимное положение прямой линии и плоскости»

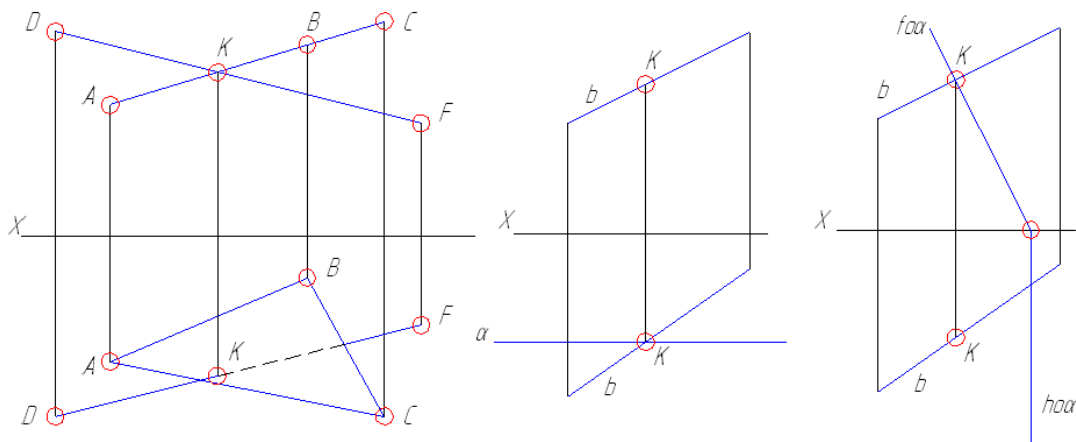
1.4.1 Вопросы лекции:

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

1.4.2 Краткое содержание вопросов:

1. Пересечение прямой линии с плоскостями частного положения.

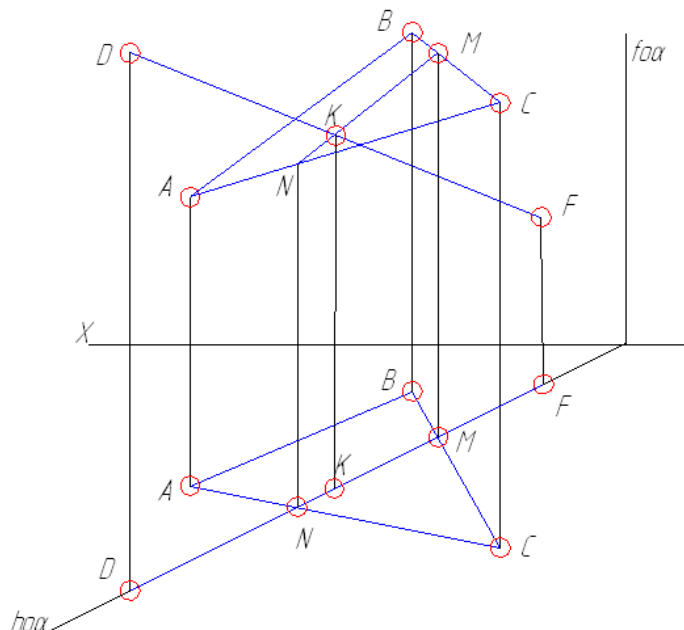
Как известно, любая плоскость частного положения является проецирующей. Это значит, что все точки, лежащие в плоскости проецируются на ее соответствующую проекцию плоскости (прямую линию). То же относится и к точке пересечения прямой с плоскостью:



2. Пересечение прямой линии с плоскостью общего положения.

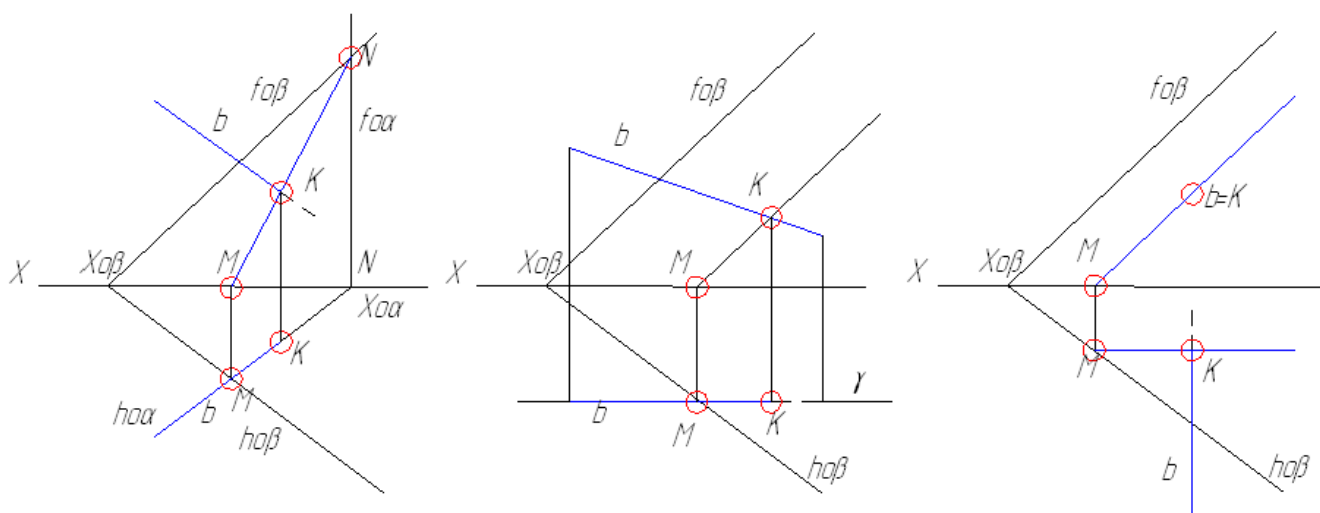
Для определения точки пересечения прямой с плоскостью общего положения необходимо:

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



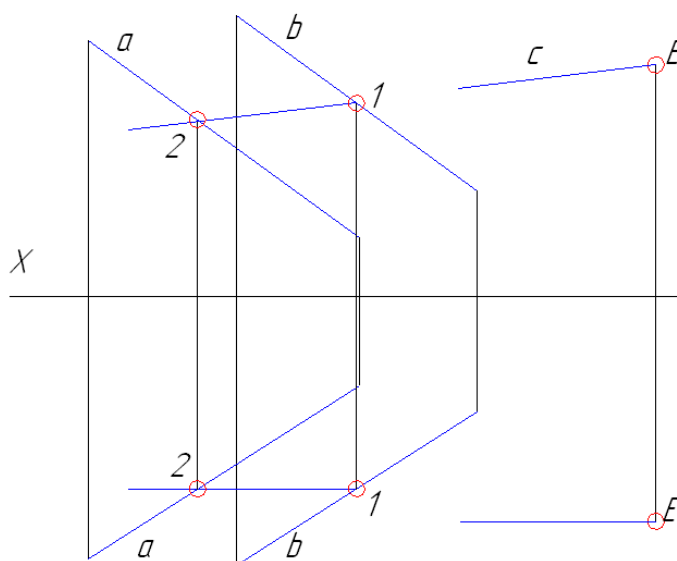
При задании

плоскости следами:



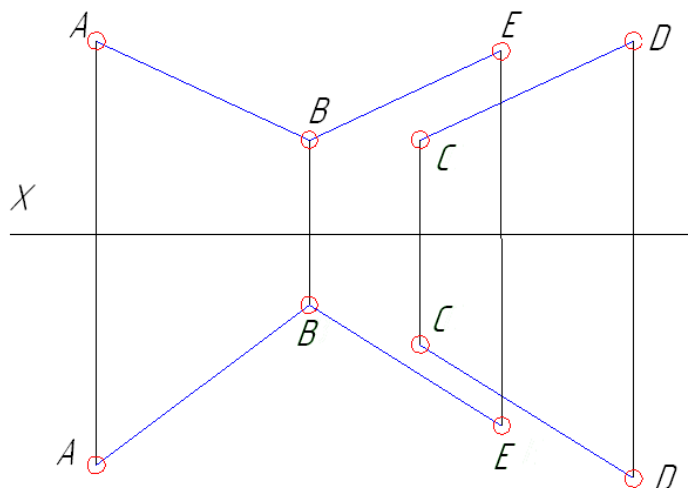
3 Параллельность прямой и плоскости.

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



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

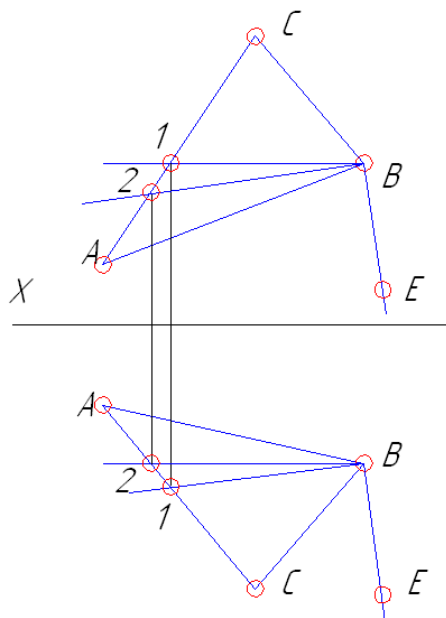
Если стоит задача в определении параллельности некоторой плоскости какой-либо прямой, то также необходимы дополнительные условия. Например, необходимо через прямую **АВ** провести плоскость **α**, параллельную прямой **CD**, то есть прямая **АВ** должна принадлежать плоскости **α**. Как известно, плоскость можно задать двумя пересекающимися прямыми, поэтому через точку **В** можно провести прямую **ВЕ**, параллельную **CD**. Получим плоскость параллельную прямой **CD** и проходящую через прямую **АВ**.



4 Перпендикулярность прямой и плоскости.

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

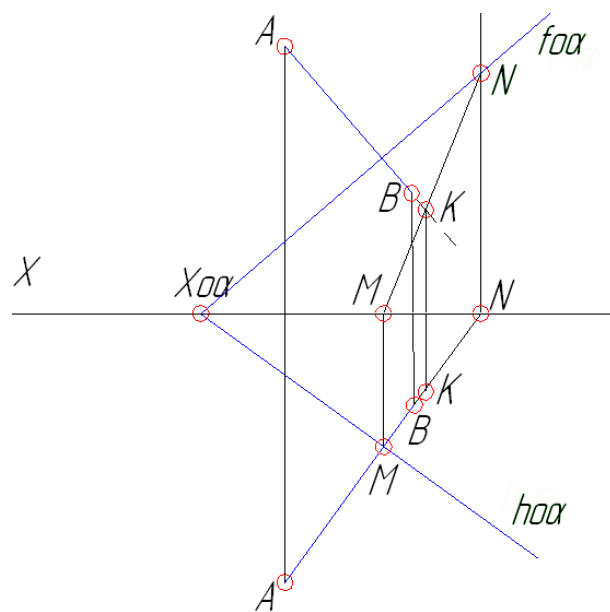
Если плоскость задана следами, условие перпендикулярности прямой к плоскости звучит следующим образом: если прямая перпендикулярна к плоскости, то ее горизонтальная проекция перпендикулярна горизонтальному следу плоскости, а фронтальная проекция перпендикулярна фронтальному следу плоскости. Пусть необходимо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



Если плоскость задана следами необходимо:

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

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



1.5 Лекция №5 (2 часа).

Тема: «Способ замены плоскостей проекций»

1.5.1 Вопросы лекции:

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

1.5.2 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 эллипсе 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.

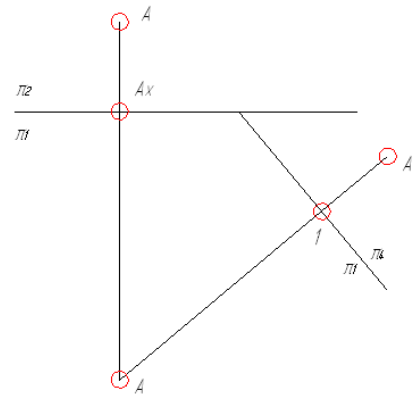
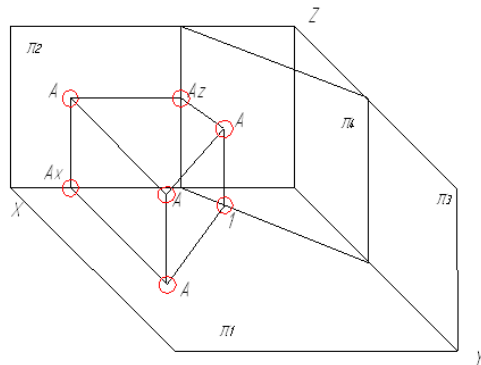
В случаях частного положения прямых линий и плоскостей относительно плоскостей проекций значительно упрощается решение многих задач начертательной геометрии и черчения. Например, в случае частного положения прямой линии легко без дополнительных построений определить натуральную величину отрезка этой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

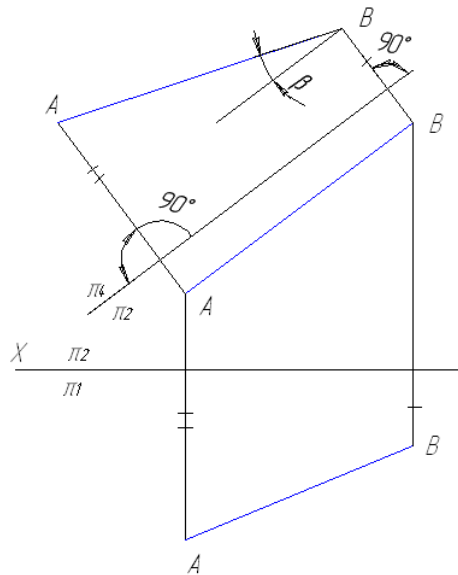
эту плоскость: прямая AA^{IV} перпендикулярна плоскости π_4 , $A^{IV}I = A''Ax$. Теперь определим положение точки **A** на эюре.

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

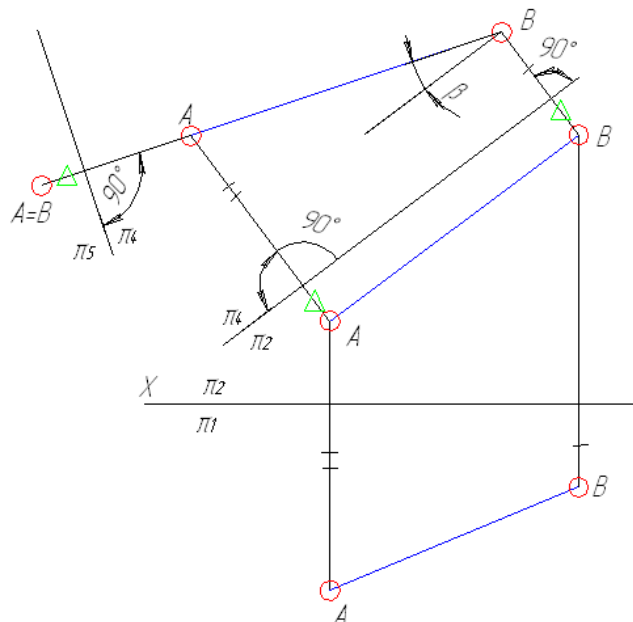
В курсе начертательной геометрии выделяют четыре основные задачи преобразования:

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

Рассмотрим решение первой задачи. Пусть необходимо определить натуральную величину прямой общего положения **AB**. Введем параллельно прямой **AB** фронтально-проецирующую плоскость 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.



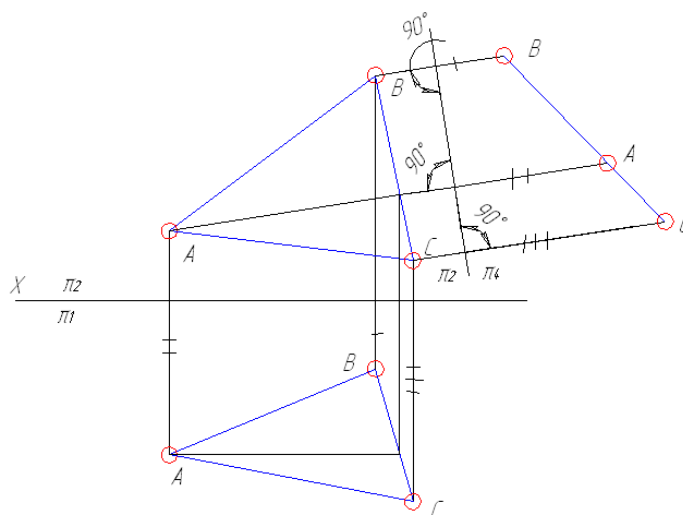
Рассмотрим решение второй задачи. Необходимо прямую **AB** сделать проецирующей, то есть перпендикулярной некоторой плоскости. Для этого проведем плоскость π_5 , которая будет перпендикулярна плоскости π_4 и прямой $A^{IV}B^{IV}$. Тогда отрезок **AB** спроецируется на плоскость π_5 в точку, то есть проекции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



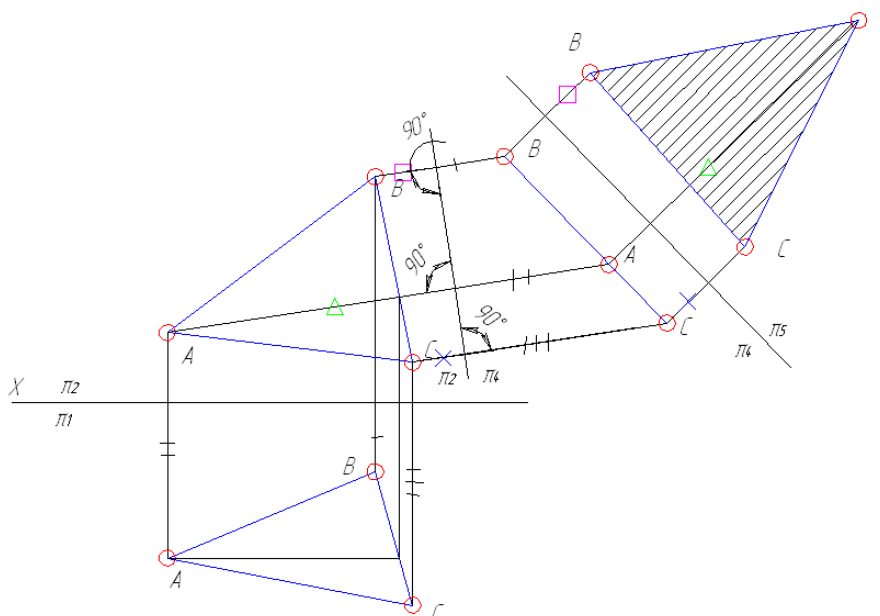
Таким образом, для проецирования отрезка в точку необходимо вводить две дополнительные плоскости проекций: одна параллельная прямой, другая- перпендикулярная отрезку.

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. 6 Лекция №6 (2 часа).

Тема: «Способ вращения»

1.6.1 Вопросы лекции:

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

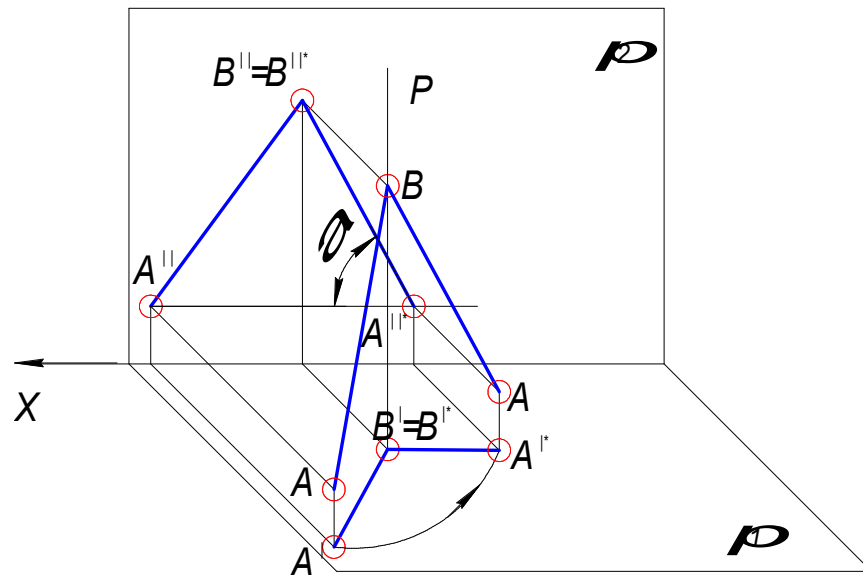
1.6.2 Краткое содержание вопросов:

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.

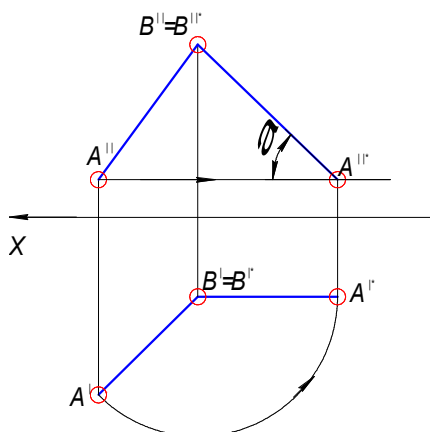
Пусть необходимо определить натуральную величину отрезка прямой общего положения **AB**.



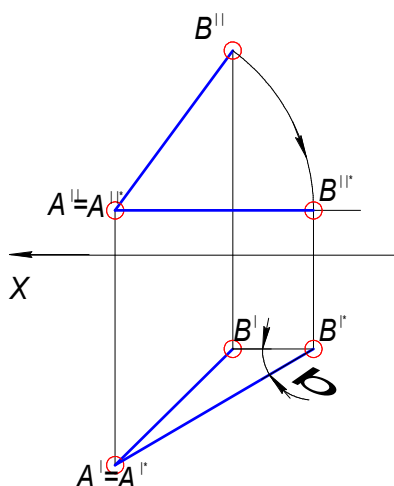
Как известно, определить натуральную величину определить просто, если отрезок является отрезком прямой частного положения. Для приведения прямой общего положения в частное положение воспользуемся методом вращения.

Проведем ось вращения (**PВ**) через точку **В**, перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций. Будем вращать точку **А** отрезка относительно оси вращения против хода часовой стрелки по радиусу вращения **А'В'** до положения, при котором отрезок **AB** будет параллелен фронтальной плоскости проекций (горизонтальная проекция отрезка **А'В'** 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.



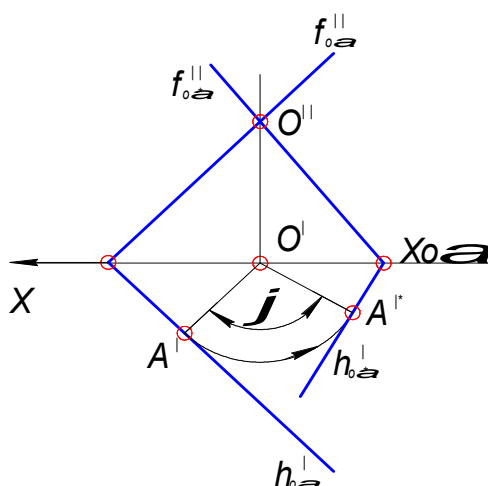
Аналогичные построения проводят и при вращении вокруг оси, перпендикулярной фронтальной плоскости проекций.



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.

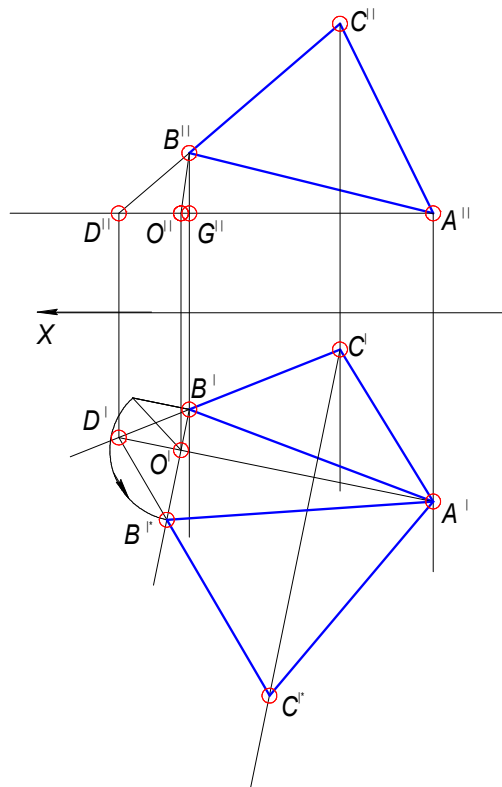
Допустим, необходимо повернуть на угол ϕ плоскость α относительно оси, лежащей в плоскости π_2 и перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций. Для этого через горизонтальную проекцию оси (O') проведем перпендикуляр к горизонтальному следу плоскости (A'). Повернем точку A' на угол ϕ против часовой 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 $X_{O\alpha}$ и точку O'' можно провести фронтальный след плоскости.



2. Способ вращения вокруг главных линий плоскости.

Точку, прямую или плоскость можно вращать и вокруг оси, параллельной плоскости проекций. Рассмотрим задачу: необходимо определить натуральный размер треугольника ABC . Вращение можно вести вокруг линии уровня плоскости треугольника. Задача состоит в том, чтобы треугольник стал параллелен одной из 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.



1.7 Лекция №7 (2 часа).

Тема: «Проецирование гранных тел»

1.7.1 Вопросы лекции:

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

1.7.2 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.

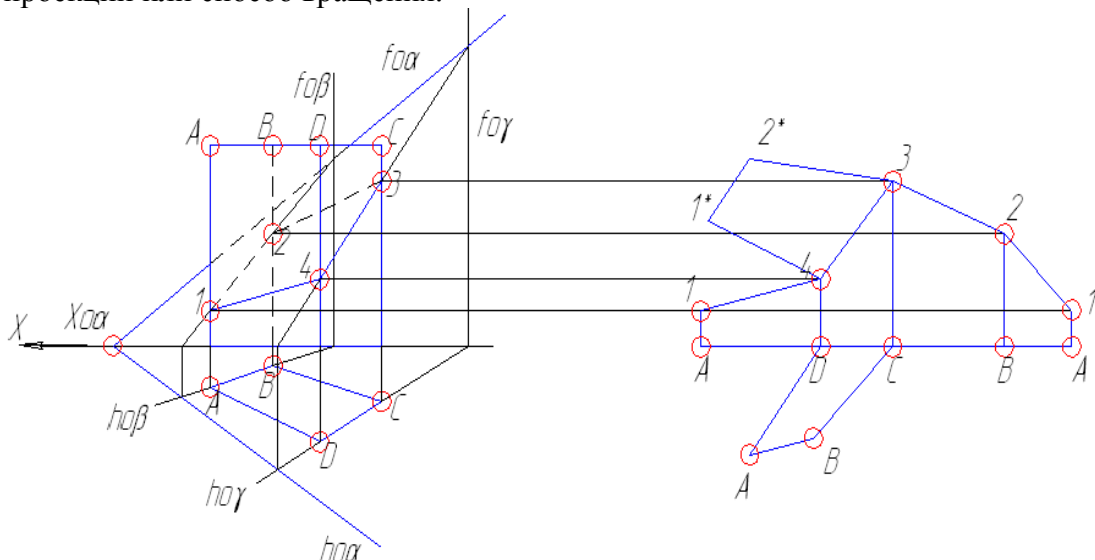
Цилиндрической называется поверхность, у которой прямолинейная образующая перемещается параллельно самой себе по криволинейной направляющей.

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.



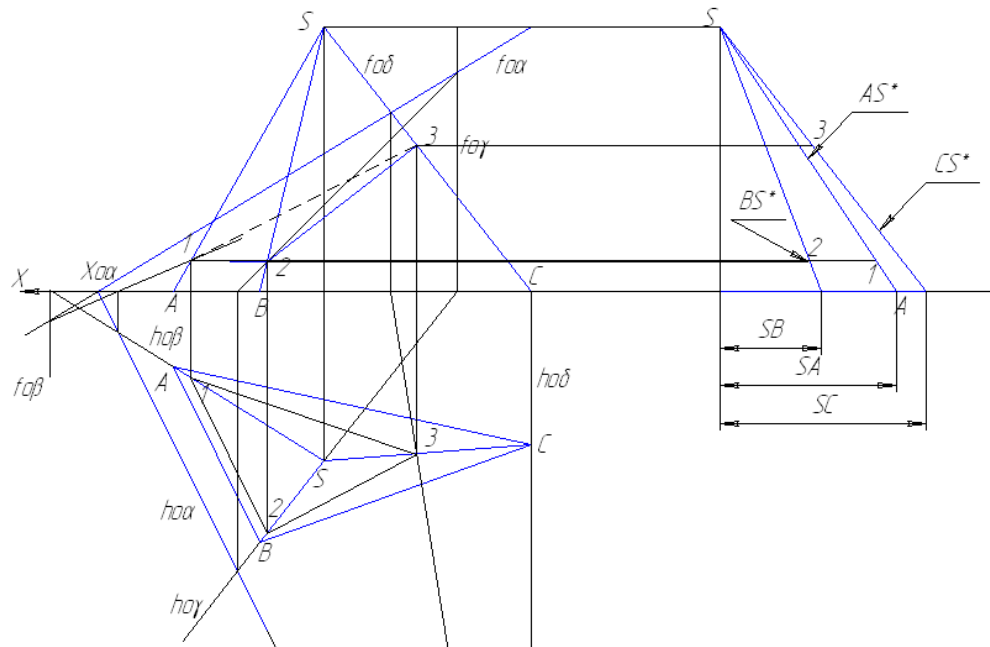
Рассмотрим случай пересечения прямой четырехгранной призмы плоскостью общего положения.

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.

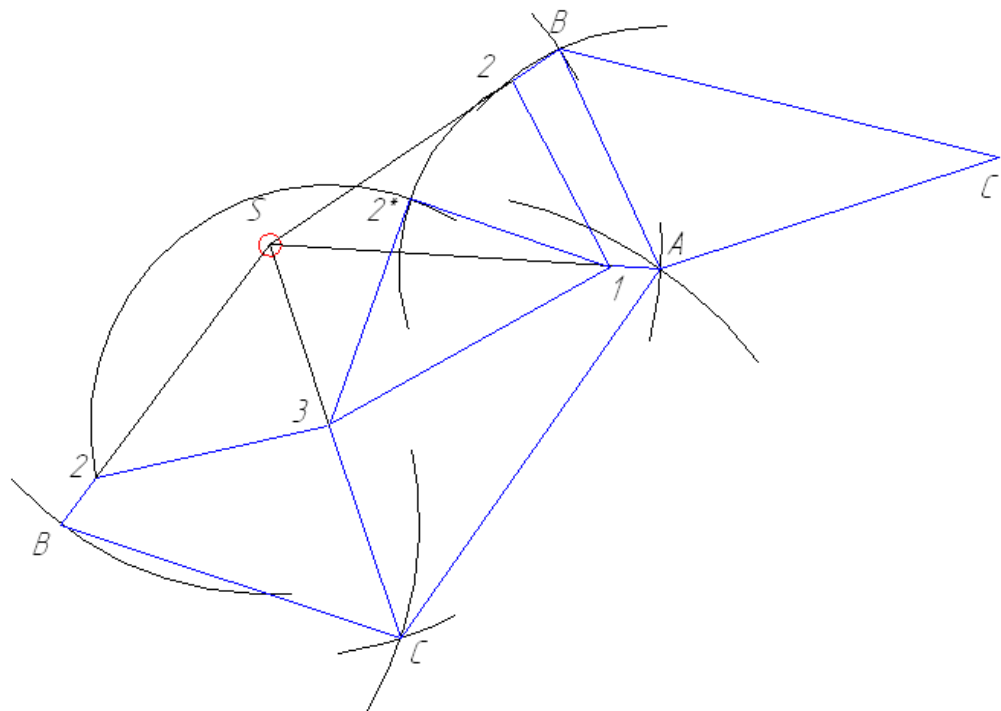
3. Сечение пирамиды плоскостями общего и частного положения.

При пересечении пирамиды плоскостью общего положения необходимо определить точки пересечения ребер пирамиды с плоскостью. Соединив последовательно эти точки получим сечение пирамиды плоскостью. Методом конкурирующих точек определим видимые и



невидимые линии сечения.

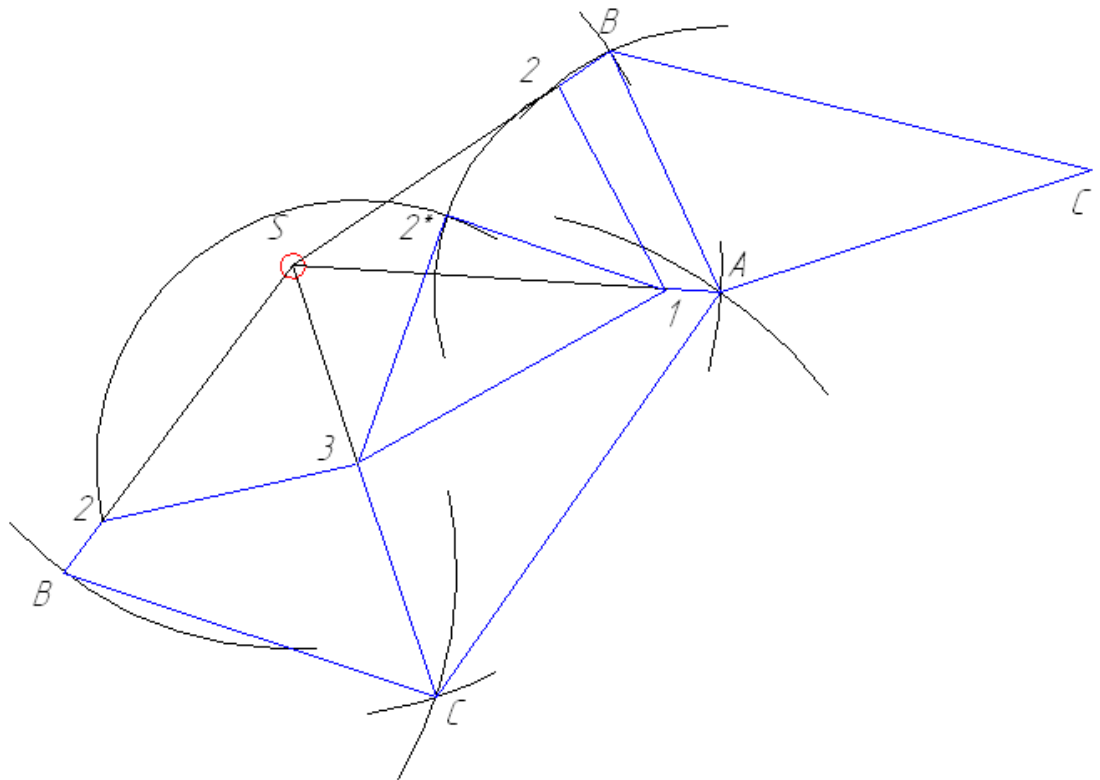
Чтобы построить развертку оставшейся части пирамиды необходимо определить натуральные величины ребер методом прямоугольного треугольника или вращением. Натуральную величину сечения определить можно также вращением вокруг главных линий.



4. Общие приемы разворачивания гранных поверхностей.

Выполним развертку оставшейся части призмы. Так как основание призмы параллельно горизонтальной плоскости проекций, то горизонтальная проекция основания и

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.



1.8 Лекция №8 (2 часа).

Тема: «Проецирование тел вращения»

1.8.1 Вопросы лекции:

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

1.8.2 Краткое содержание вопросов:

1. Кривые линии.

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

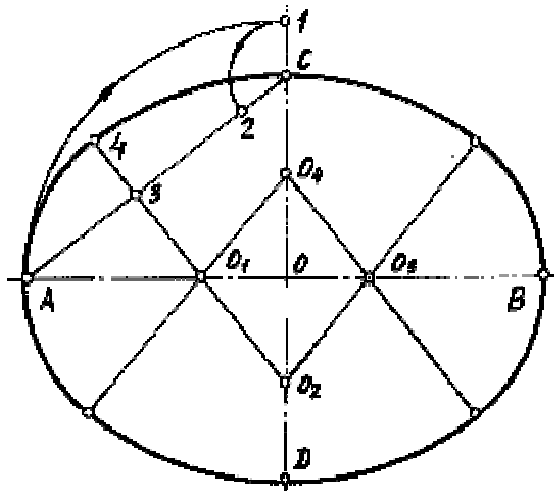
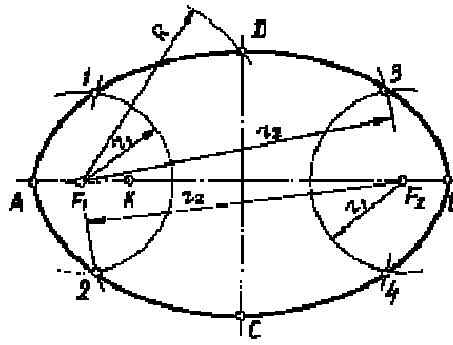
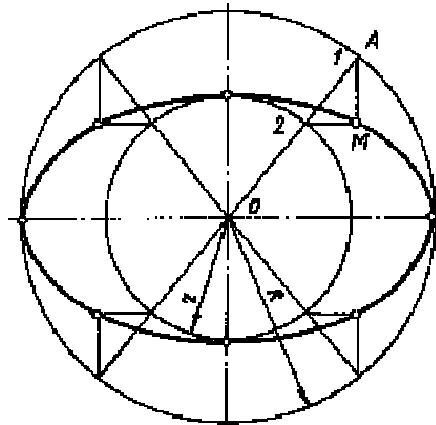


Рис. 1

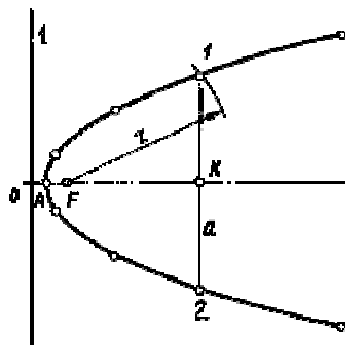
Лекальной называют кривую, которую нельзя построить с помощью циркуля. Ее строят по точкам с помощью специального инструмента, называемого лекалом. К лекальным кривым относятся эллипс, парабола, гипербола, спираль Архимеда и др. Лекальные кривые можно разделить на закономерные и не закономерные. Закономерными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



Один из вариантов построения эллипса по большой оси **AB** и двум фокусам **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**.



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 пересечениях отмечаем точку M эллипса. Остальные точки строим аналогично.



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.

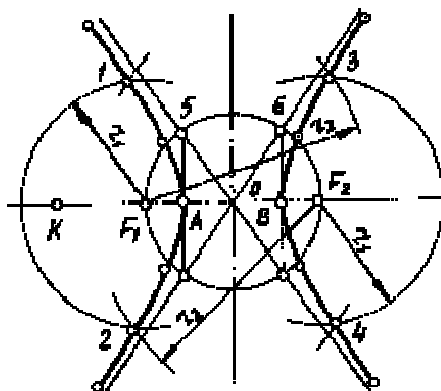


Рис. 5

Гиперболу по величине действительной оси и двум фокусам строим в следующей последовательности (рис.5). На оси гиперболы откладываем произвольный отрезок **АК**. 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 **О** и точки **5** и **6**. Точки **5** и **6** находим на пересечении прямых, проведенных через вершины гиперболы перпендикулярно к оси, и окружности с центром **О**, проведенной через фокусы.

2 Поверхности вращения.

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

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

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

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

3 Линейчатые поверхности.

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

параллельны данной плоскости, и так далее. Поверхности, образующие которых параллельны одной и той же плоскости, называются *коноидами*.

4 Винтовые поверхности.

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

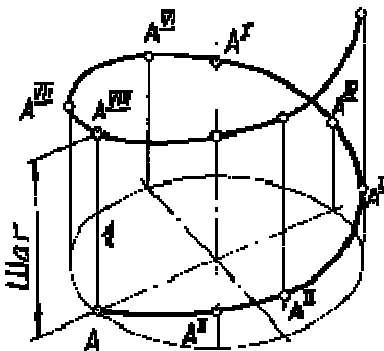


Рис. 6

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

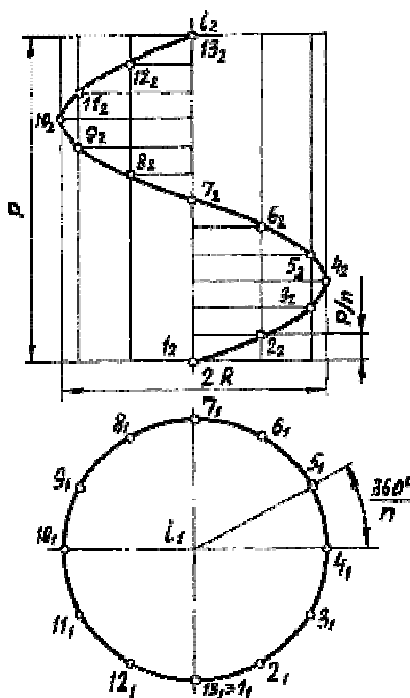


Рис. 7

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.

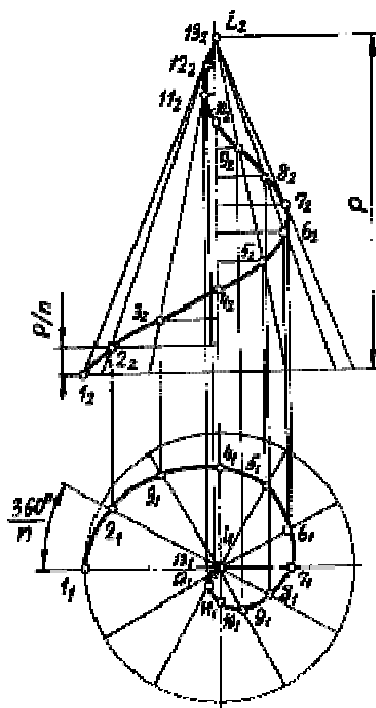


Рис. 8.

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.

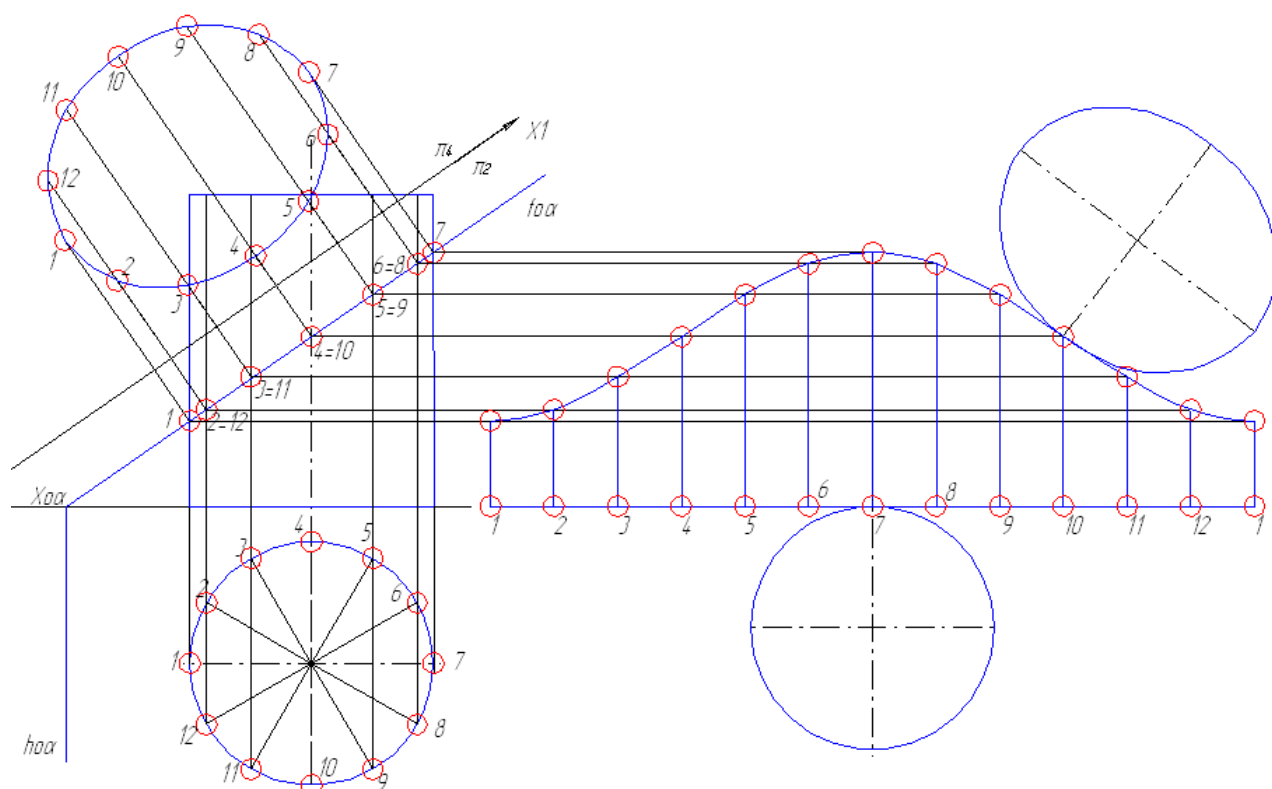
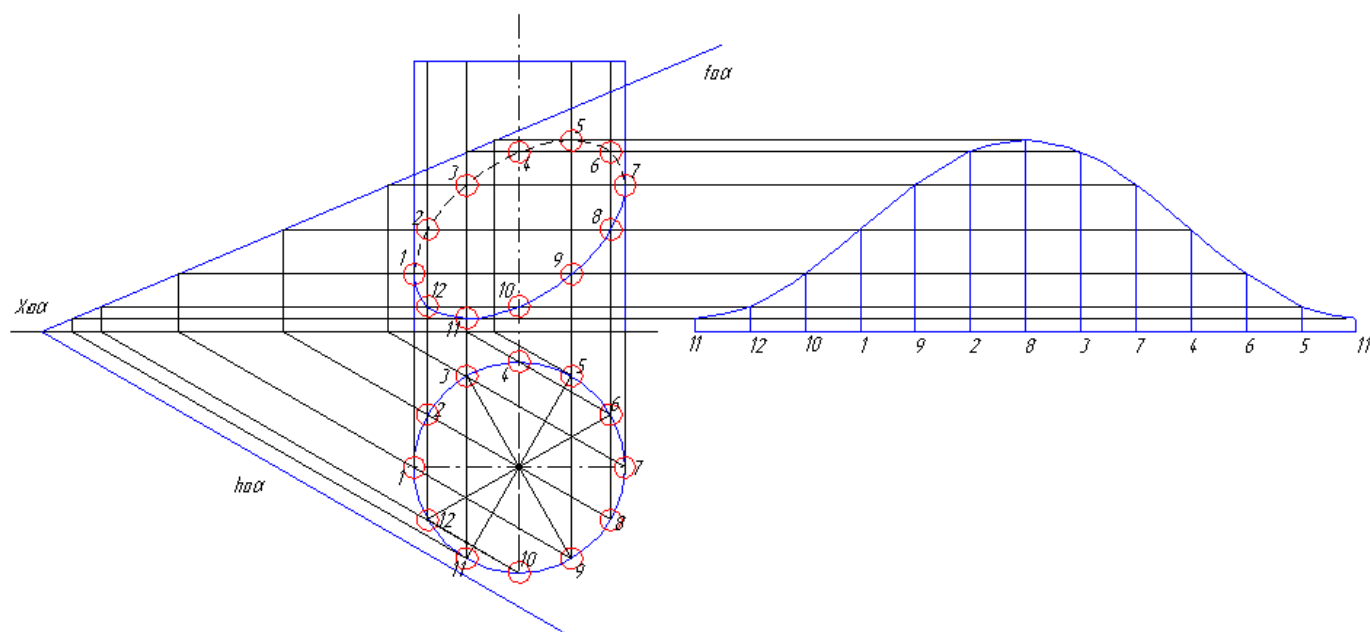
5. Сечение тел вращения плоскостями.

Линию пересечения поверхности плоскостью можно определять двумя путями:

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

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

6. Построение разверток поверхностей вращения.



Чтобы изобразить развертку оставшейся (нижней) части цилиндра проведем горизонтальную прямую, длина которой равна длине дуги окружности основания цилиндра. Разделим ее на то же число частей, что и основание цилиндра. Из

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

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

Возможны следующие варианты формы сечения конической поверхности плоскостью:

- 1) точка (если плоскость проходит через вершину конической поверхности);
- 2) прямая (если плоскость является касательной к конической поверхности);

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

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

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

Затем определяют фронтальные и горизонтальные проекции точек пересечения образующих с

плоскостью α (A, B, C, P, M).

Проекция A''M'' является фронтальной проекцией сечения, а длина этой

проекции равна большей оси эллипса. Поэтому середина A''M'' точка O' будет

являться фронтальной проекцией малой оси эллипса. Для определения

горизонтальной проекции малой оси эллипса из

вершины конуса S' необходимо

провести дугу окружности радиуса

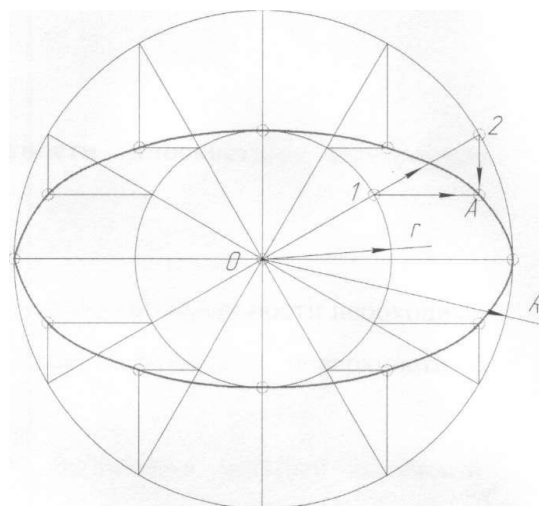
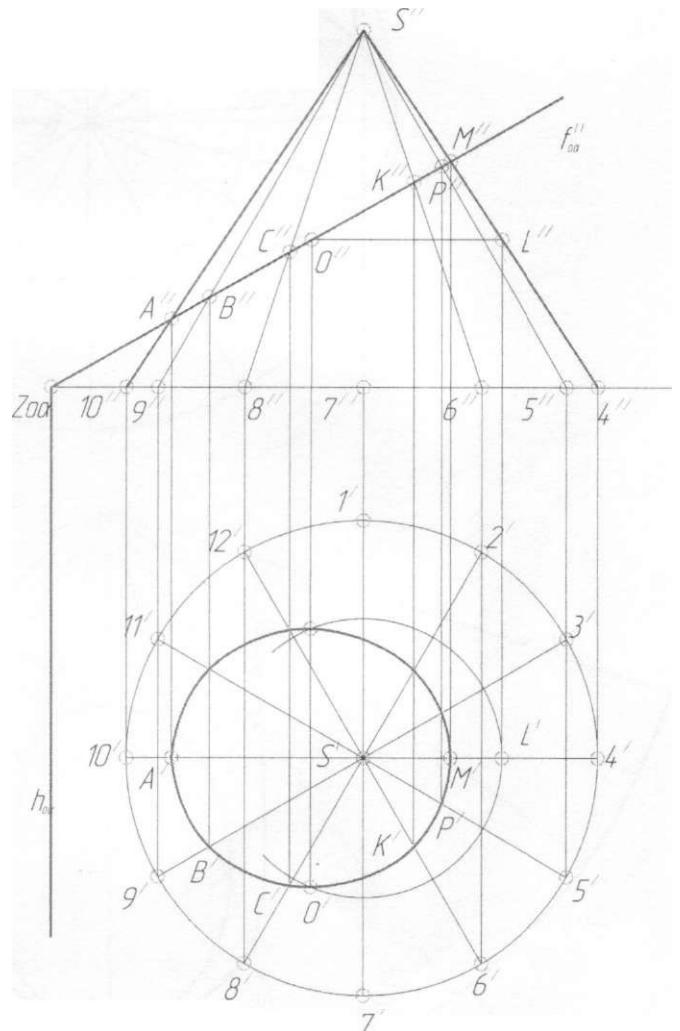
O''L''. Точка пересечения этой дуги с линией проекционной связи

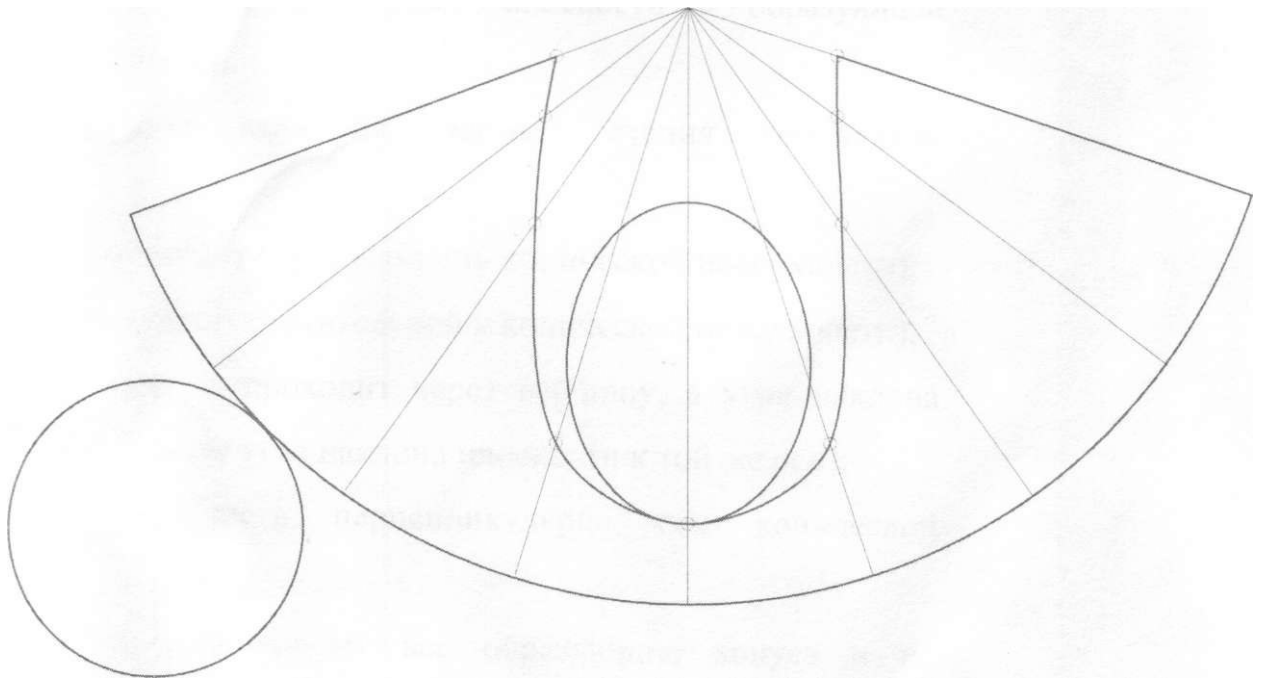
определит точку O'. Так как эллипс - фигура симметричная относительно осей, построим ее горизонтальную проекцию.

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

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

Развертка конуса





7. Касательные линии и плоскости к поверхности.

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

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

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

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

1.9 Лекция №9 (2 часа).

Тема: «Компьютерное моделирование»

1.9.1 Вопросы лекции:

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

1.9.2 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.

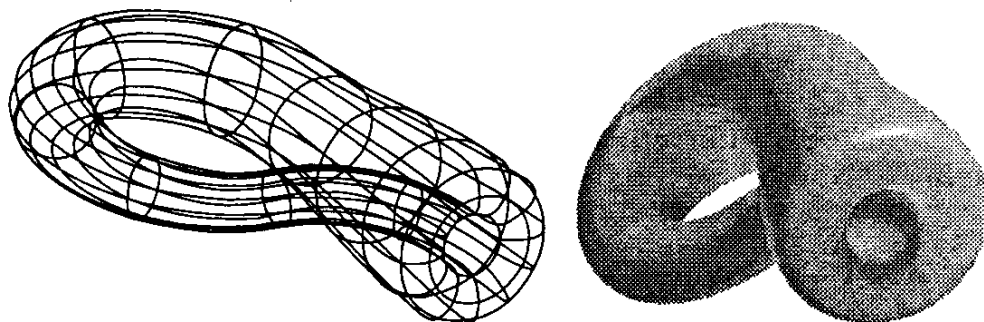


Рис. 4.1 – Бутылка Клейна – односторонняя замкнутая оболочка.

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.

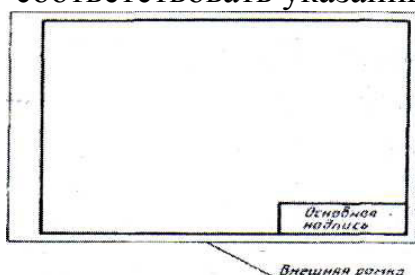
Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1181 – 78, СТ СЭВ 6306 - 88.

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



Черт.

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

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

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

Таблица 2

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

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

Таблица 3

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.




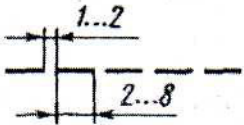
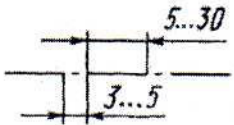
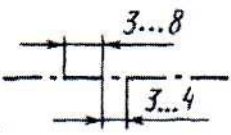
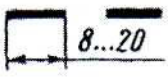
4. В строительных чертежах в разрезах видимые линии контуров, не попадающие в плоскость сечения, допускается выполнять сплошной тонкой линией (черт. 9).


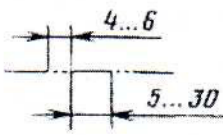
5. Толщина сплошной основной линии s должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа.

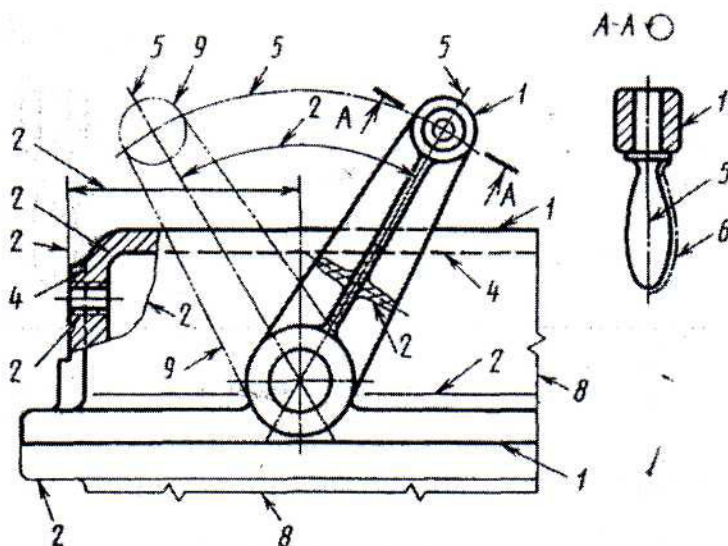
Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на данном чертеже, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

(Измененная редакция, Изм. № 1).

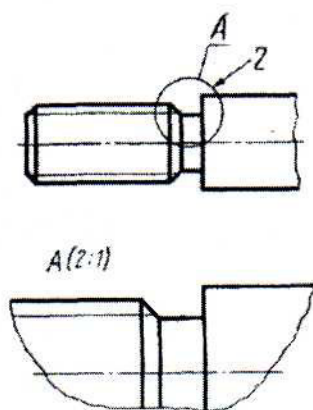
Таблица 1

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 («обста- новка») Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода вообра- жаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
3. Сплошная волнистая			Линии невидимого контура Линии перехода невидимые
4. Штриховая			Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
5. Штрихпунктирная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии, обозначающие по- верхности, подлежащие термо- обработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция») Линии сечений
6. Штрихпунктирная утолщенная		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{2}{3}s$	
7. Разомкнутая		От s до $1\frac{1}{2}s$	

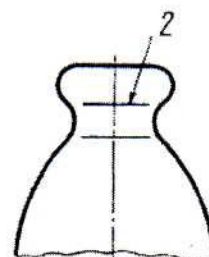
Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
8. Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках. Линии для изображения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



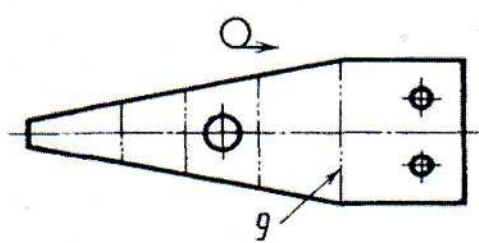
Черт. 1



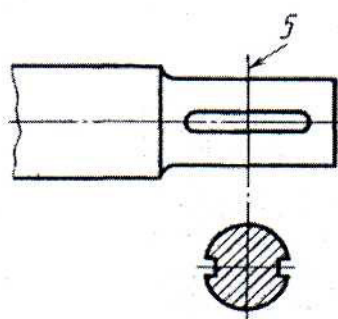
Черт. 2



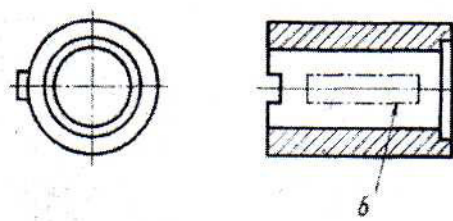
Черт. 3



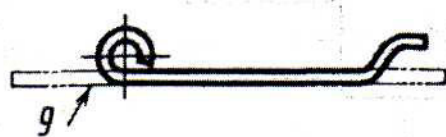
Черт. 4



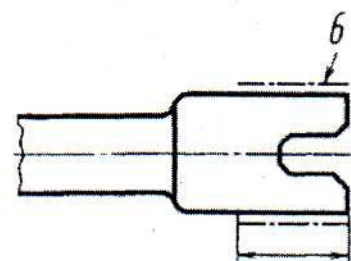
Черт. 5



Черт. 6



Черт. 7



Черт. 8

ШРИФТЫ ЧЕРТЕЖНЫЕ ГОСТ 2.304-81

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

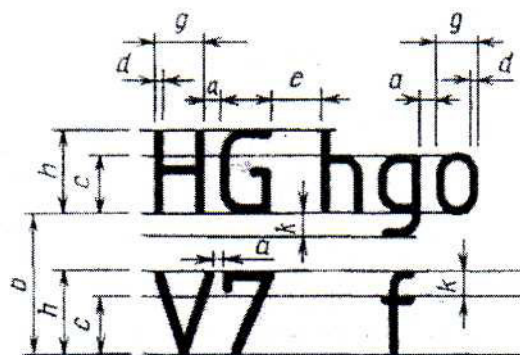
Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 851-78 – СТ СЭВ 855-78, СТ СЭВ 6306-88.

1. Термины и определения

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

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

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



Черт. 1

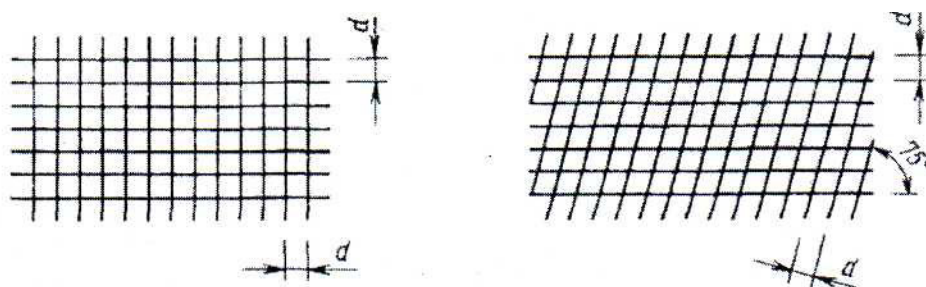


Черт. 2

1.3 **Ширина буквы g** – наибольшая ширина буквы, измеренная в соответствии с черт. 1 и 2, определяется по отношению к размеру шрифта h , например, $g = 6/10 h$, 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 ($d = \sqrt{4}h$) с параметрами, приведенными в табл. 1;
тип А с наклоном около 75° ($d = \sqrt{4}h$) с параметрами, приведенными в табл. 1;
тип Б без наклона ($d = l \wedge Oh$) с параметрами, приведенными в табл. 2;
тип Б с наклоном около 75° ($d = l \wedge Oh$) с параметрами, приведенными в табл. 2.

Таблица 1

Шрифт типа А ($d = h/14$)

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

Таблица 2

Шрифт типа Б ($d=h/10$)

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

Примечания:

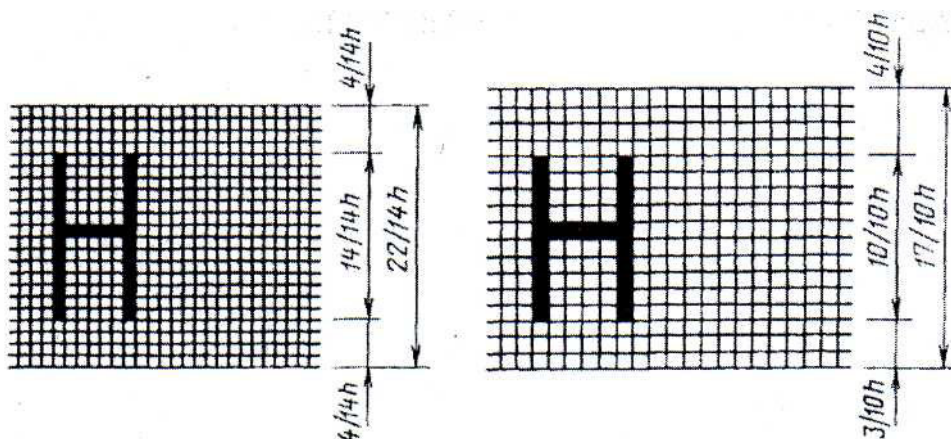
1. Расстояние a между буквами, соседние линии которых не параллельны между собой (например, ГА, АТ), может быть уменьшено наполовину, т.е. на толщину d линии шрифта.
- 9) Минимальным расстоянием между словами e , разделенными знаком ■•■и; ^препинания, является, расстояние между знаком препинания и следующим за ним словом.

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

Примечание.

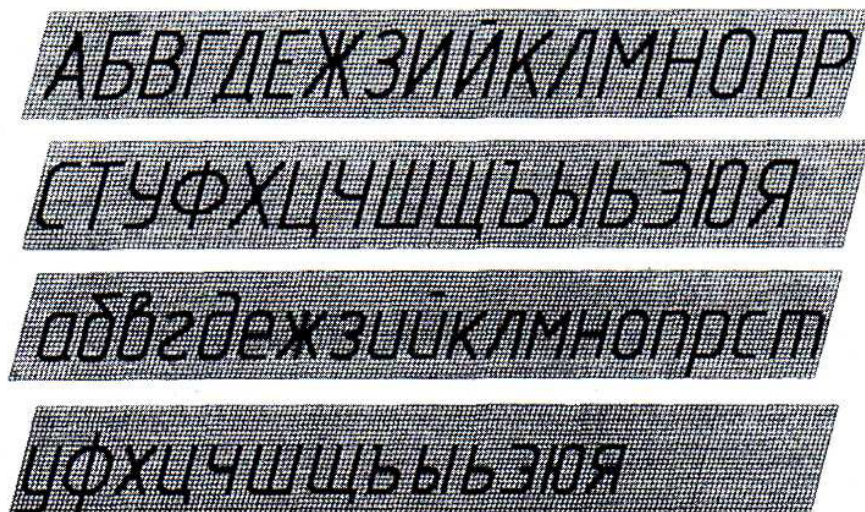
Применение шрифта размером: 1,8 не рекомендуется и допускается только для типа Б.

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



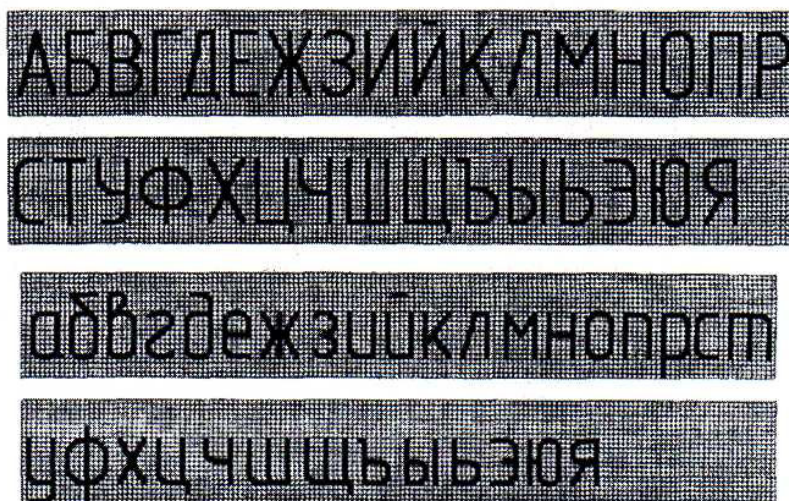
3. Русский алфавит (кириллица)

3.1 Шрифт типа А приведен на черт. 5



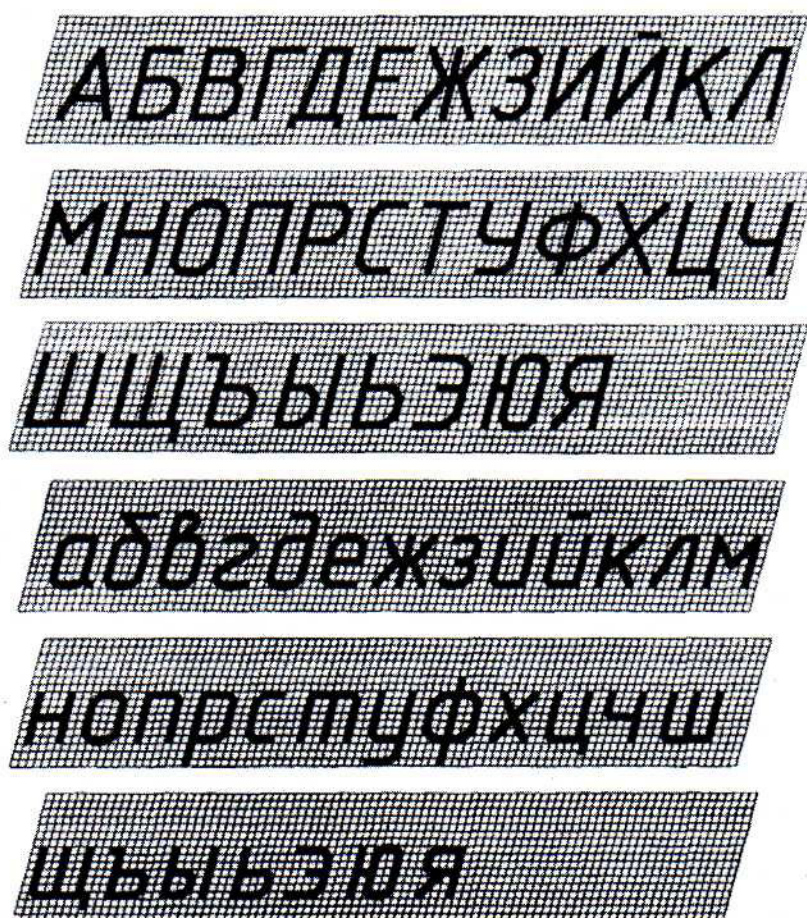
Черт. 5

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



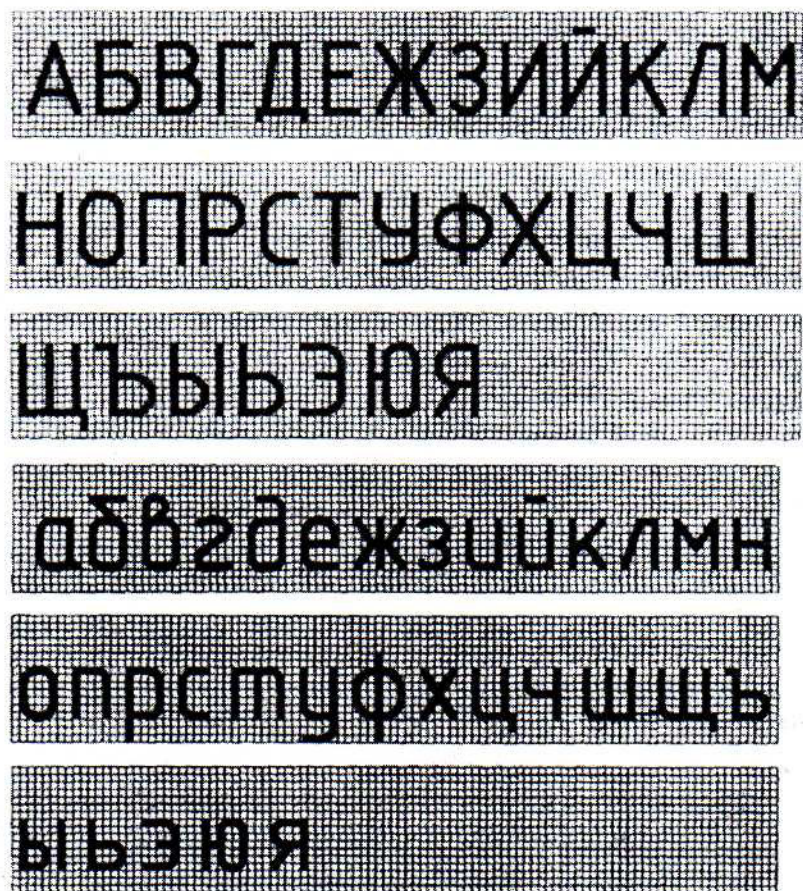
Черт. 6

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



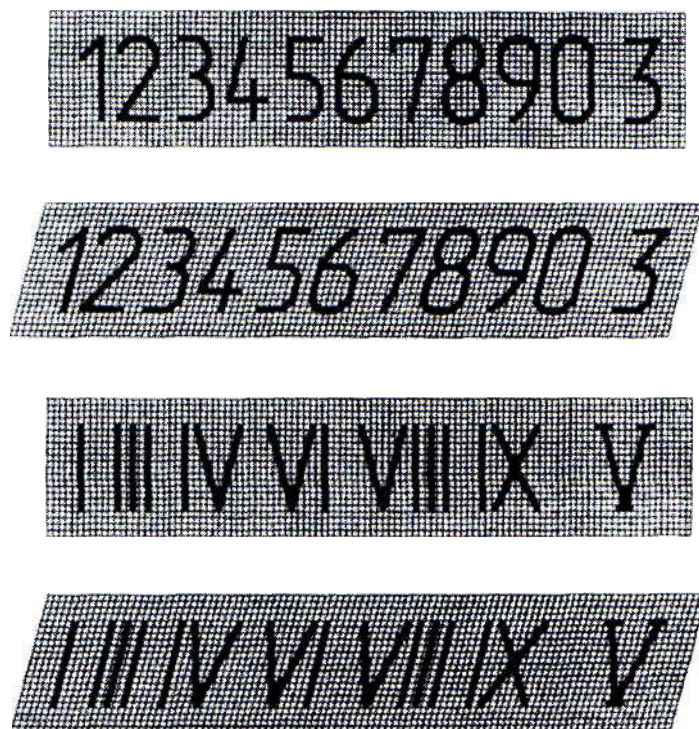
Черт. 7

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



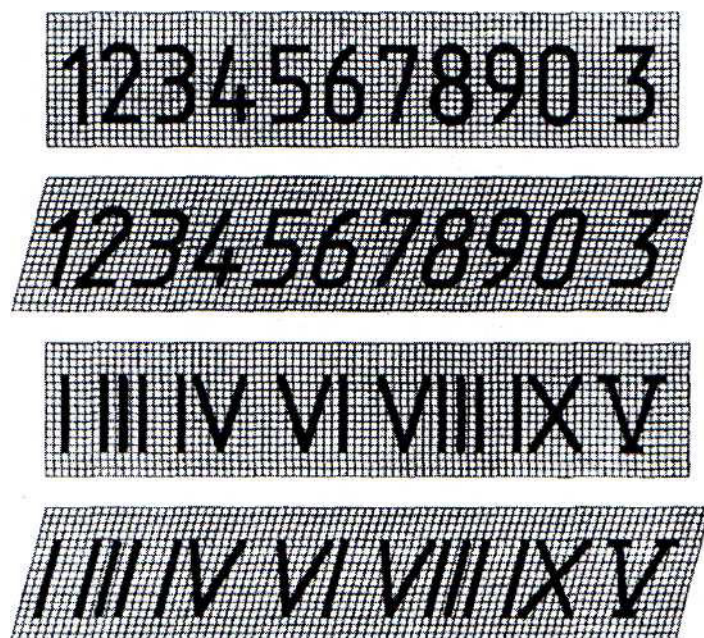
Черт. 8

6.1. Шрифт типа А приведен на черт. 17.



Черт. 17

6.2. Шрифт типа Б приведен на черт. 18.



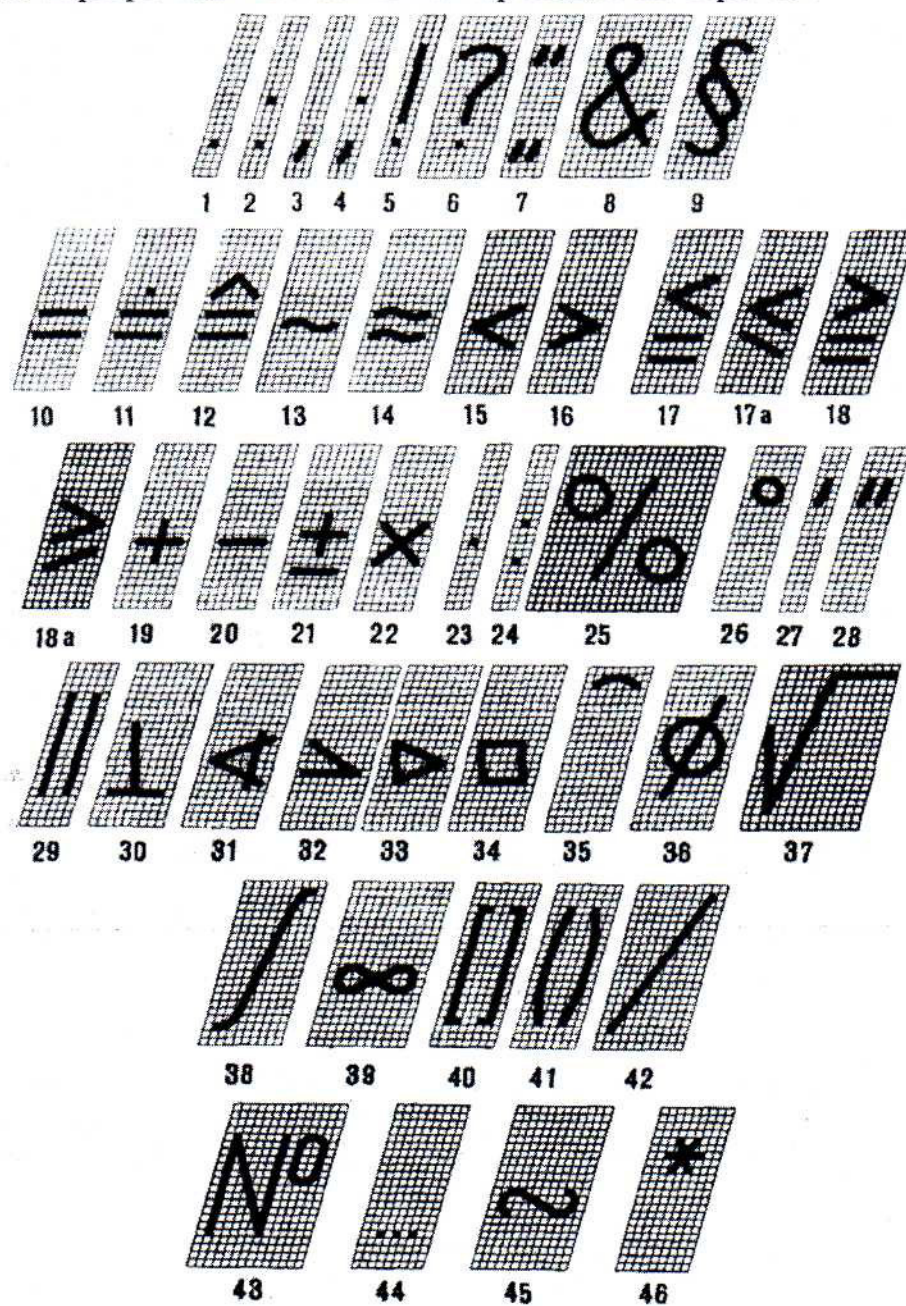
Черт. 18

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.

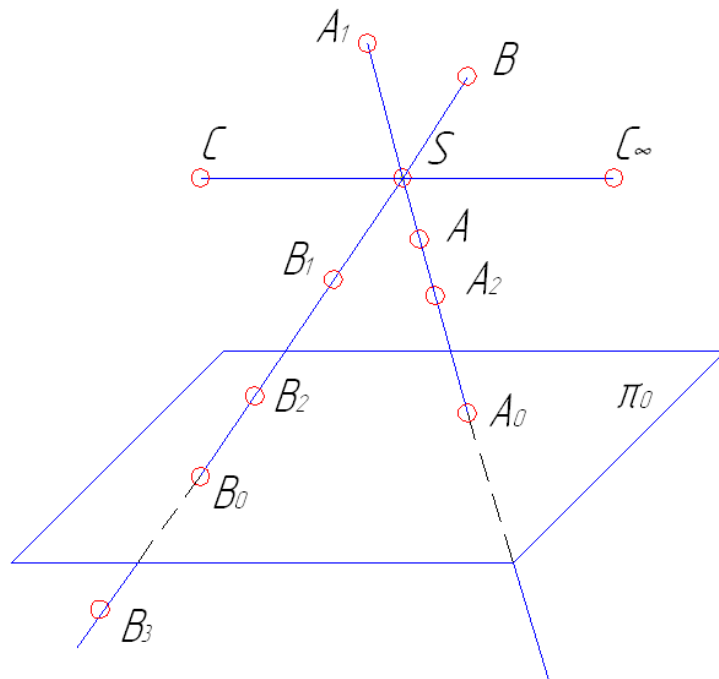
2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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 A₀ – точка пересечения прямой AS с плоскостью π_0 . Таким же образом построены центральные проекции A₁, A₂, B, B₁, B₂, B₃. Они получаются при пересечении проецирующих прямых (проецирующих лучей) с плоскостью проекций.

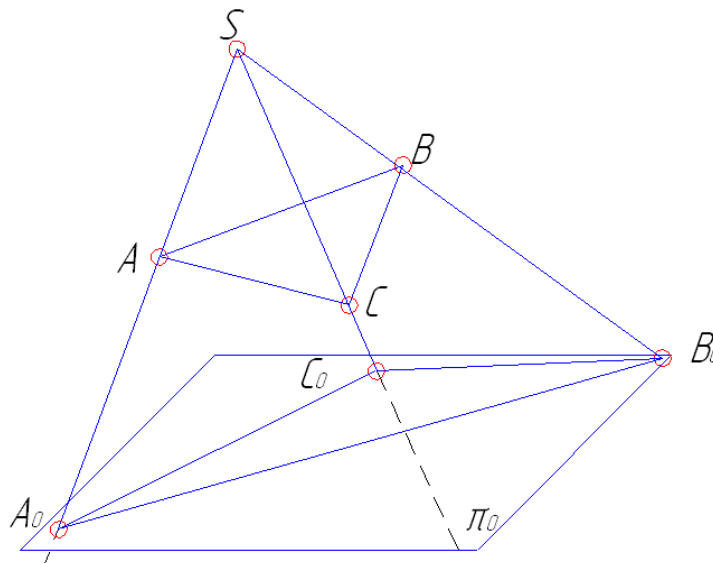
В случае параллельности проецирующего луча плоскости проекций точка C будет иметь центральную проекцию, но удаленную бесконечно далеко.

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: «Метод Монжа»

2.4.1 Цель работы:

овладеть навыками ортогонального проецирования точки на три плоскости проекций;

- научиться определять положение точки в пространстве по ее проекциям.

2.4.2 Задачи работы:

1) Построить на эпюре 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).

2.4.3 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:

- 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

3.

2.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).

Тема: «Проецирование прямой линии»

2.5.1 Цель работы:

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

2.5.2 Задачи работы:

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

2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.5.4 Описание (ход) работы:

Правила оформления:

1) Тип линий

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

2) Размер шрифта на чертеже:

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

3) Обозначения на чертеже:

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

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

Варианты заданий:

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

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

2.6 Лабораторная работа №6 (2 часа).

Тема: «Проецирование прямой линии»

2.6.1 Цель работы:

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

2.6.2 Задачи работы:

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

2.6.3 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 – 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.

2.7 Лабораторная работа №7 (2 часа).

Тема: «Следы прямой линии»

2.7.1 Цель работы:

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

2.7.2 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).

2.7.3 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 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 (A, B, C);
- горизонтального, фронтального и профильного следа прямой линии –соответственно M, N, P;
- 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

2.8 Лабораторная работа №8 (2 часа).

Тема: «Плоскость»

2.8.1 Цель работы:

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

2.8.2 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).

2.8.3 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 – сплошная тонкая толщиной $\frac{s}{2}$;
- линий связи – сплошная тонкая толщиной $\frac{s}{3} \dots \frac{s}{5}$.

2) Размер шрифта на чертеже:

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

3) Обозначения на чертеже:

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

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

Варианты заданий:

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

2.9 Лабораторная работа №9 (2 часа).

Тема: «Плоскость»

2.9.1 Цель работы:

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

2.9.2 Задачи работы:

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

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 – 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

2.10 Лабораторная работа №10 (2 часа).

Тема: «Пересечение плоскостей»

2.10.1 Цель работы:

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

2.10.2 Задачи работы:

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

2.10.3 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 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

2.11 Лабораторная работа №11 (2 часа).

Тема: «Пересечение плоскостей»

2.11.1 Цель работы:

- научиться определять линии пересечения плоскостей общего положения.

2.11.2 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.

2.11.3 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'_{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

2.12 Лабораторная работа №12 (2 часа).

Тема: «Взаимное положение прямой линии и плоскости»

2.12.1 Цель работы:

- научиться определять взаимное положение прямой и плоскости.

2.12.2 Задачи работы:

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

2.12.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.12.4 Описание (ход) работы:

Правила оформления:

1) Тип линий

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

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

2) Размер шрифта на чертеже:

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

3) Обозначения на чертеже:

- точек – полыми кружками диаметром 2...4 мм и прописными буквами латинского алфавита (A, B, C);
- горизонтального, фронтального и профильного следа прямой линии –соответственно M, N, P;
- горизонтального, фронтального и профильного следа плоскости – соответственно $h'_{\text{оABC}}$, $f'_{\text{оABC}}$, $p'''_{\text{оABC}}$;
- 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

2.13 Лабораторная работа №13 (2 часа).

Тема: «Взаимное положение прямой линии и плоскости»

2.13.1 Цель работы:

- научиться определять взаимное положение прямой и плоскости.

2.13.2 Задачи работы:

1) Через точку D провести прямую, перпендикулярную плоскости треугольника ABC;

2) Определить расстояние от точки D до плоскости треугольника ABC.

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 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

2.14 Лабораторная работа №14 (2 часа).

Тема: «Способ замены плоскостей проекций»

2.14.1 Цель работы:

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

2.14.2 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.

2.14.3 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;
- 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

2.15 Лабораторная работа №15 (2 часа).

Тема: «Способ вращения»

2.15.1 Цель работы:

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

2.15.2 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.

2.15.3 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;
- 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

2.16 Лабораторная работа №16 (2 часа).

Тема: «Проецирование гранных тел»

2.16.1 Цель работы:

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

2.16.2 Задачи работы:

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

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	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1 призма	A	75	40	0	11 призма	A	80	40	0	21 призма	A	10	45	0
	B	40	75	0		B	45	70	0		B	70	35	0
	C	15	30	0		C	15	35	0		C	35	80	0
	X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	105	0	0		X _{оа}	90	0	0
	Z _{оа}	0	0	75		Z _{оа}	0	0	80		Z _{оа}	0	0	40
	h	75				h	60				h	75		
2 призма	A	75	30	0	12 призма	A	80	25	0	22 призма	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	X _{оа}	130	0	0		X _{оа}	125	0	0		X _{оа}	135	0	0
	Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	95	0		Y _{оа}	0	70	0
	Z _{оа}	0	0	60		Z _{оа}	0	0	80		Z _{оа}	0	0	60
	h	75				h	60				h	75		
3 призма	A	5	70	0	13 призма	A	10	10	0	23 призма	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	X _{оа}	80	0	0		X _{оа}	65	0	0		X _{оа}	70	0	0
	Z _{оа}	0	0	35		Z _{оа}	0	0	45		Z _{оа}	0	0	85
	h	65				h	45				h	85		
4 призма	A	0	0	0	14 призма	A	15	0	55	24 призма	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	X _{оа}	115	0	0		X _{оа}	130	0	0		X _{оа}	90	0	0
	Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	50	0
	Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	110		Z _{оа}	0	0	95
	h	60				h	90				h	55		
5 призма	A	10	0	10	15 призма	A	85	0	70	25 призма	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	X _{оа}	85	0	0		X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	75	0	0
	Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	55	0		Y _{оа}	0	75	0
	h	60				h	70				h	90		
6 пирамида	A	90	45	0	16 пирамида	A	85	20	0	26 пирамида	A	10	45	0
	B	30	75	0		B	60	60	0		B	70	35	0
	C	0	30	0		C	0	20	0		C	35	80	0
	S	50	50	75		S	40	35	75		S	55	55	80
	X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	95	0	0		X _{оа}	80	0	0
	Z _{оа}	0	0	60		Z _{оа}	0	0	45		Z _{оа}	0	0	80
7 пирамида	A	75	30	0	17 пирамида	A	80	25	0	27 пирамида	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	S	40	55	85		S	60	45	70		S	15	35	70
	X _{оа}	95	0	0		X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	70	0	0
	Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	50		Z _{оа}	0	0	55

8 пирамида	A	5	70	0	8 пирамида	A	10	10	0	28 пирамида	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	S	40	20	80		S	25	60	85		S	30	40	90
	X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	110	0	0		X _{оа}	95	0	0
	Z _{оа}	0	0	75		Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	65
9 пирамида	A	0	0	0	9 пирамида	A	15	0	55	29 пирамида	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	S	65	85	20		S	30	75	40		S	55	65	15
	X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	65	0	0		X _{оа}	75	0	0
	Y _{оа}	0	85	0		Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	90	0
10 пирамида	A	10	0	10	20 пирамида	A	85	0	70	30 пирамида	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	S	45	50	35		S	70	70	60		S	40	80	50
	X _{оа}	120	0	0		X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	95	0	0
	Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	55	0		Y _{оа}	0	70	0

2.17 Лабораторная работа №17 (2 часа).

Тема: «Проецирование гранных тел»

2.17.1 Цель работы:

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

2.17.2 Задачи работы:

- 1) Определить проекции и натуральный вид фигуры сечения гранного тела плоскостью;
- 2) На развертке гранного тела 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 – $X_{\alpha\alpha}$, $Y_{\alpha\alpha}$, $Z_{\alpha\alpha}$);
- 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	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1 призма	A	75	40	0	11 призма	A	80	40	0	21 призма	A	10	45	0
	B	40	75	0		B	45	70	0		B	70	35	0
	C	15	30	0		C	15	35	0		C	35	80	0
	X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	105	0	0		X _{оа}	90	0	0
	Z _{оа}	0	0	75		Z _{оа}	0	0	80		Z _{оа}	0	0	40
	h	75				h	60				h	75		
2 призма	A	75	30	0	12 призма	A	80	25	0	22 призма	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	X _{оа}	130	0	0		X _{оа}	125	0	0		X _{оа}	135	0	0
	Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	95	0		Y _{оа}	0	70	0
	Z _{оа}	0	0	60		Z _{оа}	0	0	80		Z _{оа}	0	0	60
	h	75				h	60				h	75		
3 призма	A	5	70	0	13 призма	A	10	10	0	23 призма	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	X _{оа}	80	0	0		X _{оа}	65	0	0		X _{оа}	70	0	0
	Z _{оа}	0	0	35		Z _{оа}	0	0	45		Z _{оа}	0	0	85
	h	65				h	45				h	85		
4 призма	A	0	0	0	14 призма	A	15	0	55	24 призма	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	X _{оа}	115	0	0		X _{оа}	130	0	0		X _{оа}	90	0	0
	Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	50	0
	Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	110		Z _{оа}	0	0	95
	h	60				h	90				h	55		
5 призма	A	10	0	10	15 призма	A	85	0	70	25 призма	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	X _{оа}	85	0	0		X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	75	0	0
	Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	55	0		Y _{оа}	0	75	0
	h	60				h	70				h	90		
6 пирамида	A	90	45	0	16 пирамида	A	85	20	0	26 пирамида	A	10	45	0
	B	30	75	0		B	60	60	0		B	70	35	0
	C	0	30	0		C	0	20	0		C	35	80	0
	S	50	50	75		S	40	35	75		S	55	55	80
	X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	95	0	0		X _{оа}	80	0	0
	Z _{оа}	0	0	60		Z _{оа}	0	0	45		Z _{оа}	0	0	80
7 пирамида	A	75	30	0	17 пирамида	A	80	25	0	27 пирамида	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	S	40	55	85		S	60	45	70		S	15	35	70
	X _{оа}	95	0	0		X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	70	0	0
	Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	50		Z _{оа}	0	0	55
8 пирамида	A	5	70	0	18 пирамида	A	10	10	0	28	A	50	5	0

	B	35	10	0		B	40	15	0	пирамида	B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	S	40	20	80		S	25	60	85		S	30	40	90
	X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	110	0	0		X _{оа}	95	0	0
	Z _{оа}	0	0	75		Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	65
9 пирамида	A	0	0	0	19 пирамида	A	15	0	55	29 пирамида	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	S	65	85	20		S	30	75	40		S	55	65	15
	X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	65	0	0		X _{оа}	75	0	0
	Y _{оа}	0	85	0		Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	90	0
10 пирамида	A	10	0	10	20 пирамида	A	85	0	70	30 пирамида	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	S	45	50	35		S	70	70	60		S	40	80	50
	X _{оа}	120	0	0		X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	95	0	0
	Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	55	0		Y _{оа}	0	70	0

2.18 Лабораторная работа №18 (2 часа).

Тема: «Способ замены плоскостей проекций»

2.18.1 Цель работы:

- овладеть методикой решения задач преобразования способом замены плоскостей проекций.

2.18.2 Задачи работы:

- 1) Определить расстояние между прямыми AS и BC;
- 2) Определить величину двугранного ребра при ребре АВ.

2.18.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.18.4 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

2.19 Лабораторная работа №19 (2 часа).

Тема: «Способ вращения»

2.19.1 Цель работы:

- овладеть методикой решения задач преобразования способом вращения.

2.19.2 Задачи работы:

- 1) Определить расстояние между прямыми AS и BC;
- 2) Определить величину двугранного ребра при ребре АВ.

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:

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

2.20 Лабораторная работа №20 (2 часа).

Тема: «Способ вращения»

2.20.1 Цель работы:

- овладеть методикой решения задач преобразования способом вращения.

2.20.2 Задачи работы:

- 1) Определить площади граней пирамиды ABCS.

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:

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

2.21 Лабораторная работа №21 (2 часа).

Тема: «Способ совмещения»

2.21.1 Цель работы:

- овладеть методикой решения задач преобразования способом совмещения.

2.21.2 Задачи работы:

1) Определить площади граней пирамиды ABCS.

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:

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

2.22 Лабораторная работа №22 (2 часа).

Тема: «Способ совмещения»

2.22.1 Цель работы:

- овладеть навыками определения натурального вида фигуры сечения тела плоскостью, используя способ совмещения.

2.22.2 Задачи работы:

1) Определить проекции и натуральный вид фигуры сечения тела плоскостью.

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:

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 – полными 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	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты			№ варианта	Точки	Координаты		
		X	Y	Z			X	Y	Z			X	Y	Z
1 призма	A	75	40	0	11 призма	A	80	40	0	21 призма	A	10	45	0
	B	40	75	0		B	45	70	0		B	70	35	0
	C	15	30	0		C	15	35	0		C	35	80	0
	X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	105	0	0		X _{оа}	90	0	0
	Z _{оа}	0	0	75		Z _{оа}	0	0	80		Z _{оа}	0	0	40
	h	75				h	60				h	75		
2 призма	A	75	30	0	12 призма	A	80	25	0	22 призма	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	X _{оа}	130	0	0		X _{оа}	125	0	0		X _{оа}	135	0	0
	Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	95	0		Y _{оа}	0	70	0
	Z _{оа}	0	0	60		Z _{оа}	0	0	80		Z _{оа}	0	0	60
	h	75				h	60				h	75		
3 призма	A	5	70	0	13 призма	A	10	10	0	23 призма	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	X _{оа}	80	0	0		X _{оа}	65	0	0		X _{оа}	70	0	0
	Z _{оа}	0	0	35		Z _{оа}	0	0	45		Z _{оа}	0	0	85
	h	65				h	45				h	85		
4 призма	A	0	0	0	14 призма	A	15	0	55	24 призма	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	X _{оа}	115	0	0		X _{оа}	130	0	0		X _{оа}	90	0	0
	Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	50	0
	Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	110		Z _{оа}	0	0	95
	h	60				h	90				h	55		
5 призма	A	10	0	10	15 призма	A	85	0	70	25 призма	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	X _{оа}	85	0	0		X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	75	0	0
	Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	55	0		Y _{оа}	0	75	0
	h	60				h	70				h	90		
6 пирамида	A	90	45	0	16 пирамида	A	85	20	0	26 пирамида	A	10	45	0
	B	30	75	0		B	60	60	0		B	70	35	0
	C	0	30	0		C	0	20	0		C	35	80	0
	S	50	50	75		S	40	35	75		S	55	55	80
	X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	95	0	0		X _{оа}	80	0	0
	Z _{оа}	0	0	60		Z _{оа}	0	0	45		Z _{оа}	0	0	80
7 пирамида	A	75	30	0	17 пирамида	A	80	25	0	27 пирамида	A	10	45	0
	B	40	55	0		B	45	50	0		B	70	15	0
	C	15	15	0		C	10	5	0		C	45	45	0
	S	40	55	85		S	60	45	70		S	15	35	70
	X _{оа}	95	0	0		X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	70	0	0
	Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	50		Z _{оа}	0	0	55

8 пирамида	A	5	70	0	8 пирамида	A	10	10	0	28 пирамида	A	50	5	0
	B	35	10	0		B	40	15	0		B	0	85	0
	C	65	40	0		C	55	75	0		C	70	0	0
	S	40	20	80		S	25	60	85		S	30	40	90
	X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	110	0	0		X _{оа}	95	0	0
	Z _{оа}	0	0	75		Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	65
9 пирамида	A	0	0	0	9 пирамида	A	15	0	55	29 пирамида	A	55	0	15
	B	85	0	5		B	45	0	10		B	20	0	65
	C	40	0	40		C	65	0	45		C	10	0	20
	S	65	85	20		S	30	75	40		S	55	65	15
	X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	65	0	0		X _{оа}	75	0	0
	Y _{оа}	0	85	0		Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	90	0
10 пирамида	A	10	0	10	20 пирамида	A	85	0	70	30 пирамида	A	75	0	35
	B	30	0	50		B	45	0	50		B	0	0	20
	C	65	0	25		C	30	0	10		C	25	0	65
	S	45	50	35		S	70	70	60		S	40	80	50
	X _{оа}	120	0	0		X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	95	0	0
	Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	55	0		Y _{оа}	0	70	0

2.23 Лабораторная работа №23 (2 часа).

Тема: «Проецирование тел вращения»

2.23.1 Цель работы:

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

2.23.2 Задачи работы:

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

2.23.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.23.4 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		
	X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	105	0	0		X _{оа}	90	0	0
	Z _{оа}	0	0	75		Z _{оа}	0	0	80		Z _{оа}	0	0	40
2 цилиндр	A	75	55	0	12 цилиндр	A	80	25	0	22 цилиндр	A	10	45	0
	B	75	55	50		B	80	25	55		B	10	45	40
	R	15				R	25				R	45		
	X _{оа}	130	0	0		X _{оа}	125	0	0		X _{оа}	135	0	0
	Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	95	0		Y _{оа}	0	70	0
	Z _{оа}	0	0	60		Z _{оа}	0	0	80		Z _{оа}	0	0	60
3 цилиндр	A	35	70	0	13 цилиндр	A	40	15	0	23 цилиндр	A	50	85	0
	B	35	70	70		B	40	15	85		B	50	85	85
	R	40				R	35				R	45		
	X _{оа}	80	0	0		X _{оа}	65	0	0		X _{оа}	70	0	0
	Z _{оа}	0	0	35		Z _{оа}	0	0	45		Z _{оа}	0	0	85
4 цилиндр	A	85	0	0	14 цилиндр	A	45	0	0	24 цилиндр	A	55	0	0
	B	85	0	65		B	45	0	60		B	55	0	65
	R	40				R	45				R	20		
	X _{оа}	115	0	0		X _{оа}	130	0	0		X _{оа}	90	0	0
	Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	50	0
	Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	110		Z _{оа}	0	0	95
5 цилиндр	A	30	0	0	15 цилиндр	A	85	0	0	25 цилиндр	A	75	0	0
	B	30	0	50		B	85	0	50		B	75	0	70
	R	25				R	30				R	25		
	X _{оа}	85	0	0		X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	75	0	0
	Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	55	0		Y _{оа}	0	75	0
6 конус	A	90	45	50	16 конус	A	85	60	55	26 конус	A	70	45	80
	B	90	45	0		B	85	60	0		B	70	45	0
	R	30				R	20				R	35		
	X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	95	0	0		X _{оа}	80	0	0
	Z _{оа}	0	0	60		Z _{оа}	0	0	45		Z _{оа}	0	0	80
7 конус	A	40	55	60	17 конус	A	80	25	70	27 конус	A	10	45	45
	B	40	55	0		B	80	25	0		B	10	45	0
	R	15				R	25				R	45		
	X _{оа}	95	0	0		X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	70	0	0
	Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	50		Z _{оа}	0	0	55
8 конус	A	35	70	70	18 конус	A	40	15	60	28 конус	A	50	85	50
	B	35	70	0		B	40	15	0		B	50	85	0
	R	40				R	20				R	35		
	X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	110	0	0		X _{оа}	95	0	0
	Z _{оа}	0	0	75		Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	65
9 конус	A	85	0	50	19 конус	A	45	0	55	29 конус	A	55	0	0
	B	85	0	0		B	45	0	0		B	55	0	65
	R	40				R	45				R	20		
	X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	65	0	0		X _{оа}	75	0	0
	Y _{оа}	0	85	0		Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	90	0

10 конус	A	30	0	90	20 конус	A	85	0	70	30 конус	A	75	0	55
	B	30	0	0		B	85	0	0		B	75	0	0
	R	25				R	30				C	25		
	X _{оа}	120	0	0		X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	95	0	0
	Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	55	0		Y _{оа}	0	70	0

2.24 Лабораторная работа №24 (2 часа).

Тема: «Проецирование тел вращения»

2.24.1 Цель работы:

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

2.24.2 Задачи работы:

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

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:

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		
	X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	105	0	0		X _{оа}	90	0	0
	Z _{оа}	0	0	75		Z _{оа}	0	0	80		Z _{оа}	0	0	40
2 цилиндр	A	75	55	0	12 цилиндр	A	80	25	0	22 цилиндр	A	10	45	0
	B	75	55	50		B	80	25	55		B	10	45	40
	R	15				R	25				R	45		
	X _{оа}	130	0	0		X _{оа}	125	0	0		X _{оа}	135	0	0
	Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	95	0		Y _{оа}	0	70	0
	Z _{оа}	0	0	60		Z _{оа}	0	0	80		Z _{оа}	0	0	60
3 цилиндр	A	35	70	0	13 цилиндр	A	40	15	0	23 цилиндр	A	50	85	0
	B	35	70	70		B	40	15	85		B	50	85	85
	R	40				R	35				R	45		
	X _{оа}	80	0	0		X _{оа}	65	0	0		X _{оа}	70	0	0
	Z _{оа}	0	0	35		Z _{оа}	0	0	45		Z _{оа}	0	0	85
4 цилиндр	A	85	0	0	14 цилиндр	A	45	0	0	24 цилиндр	A	55	0	0
	B	85	0	65		B	45	0	60		B	55	0	65
	R	40				R	45				R	20		
	X _{оа}	115	0	0		X _{оа}	130	0	0		X _{оа}	90	0	0
	Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	50	0
	Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	110		Z _{оа}	0	0	95
5 цилиндр	A	30	0	0	15 цилиндр	A	85	0	0	25 цилиндр	A	75	0	0
	B	30	0	50		B	85	0	50		B	75	0	70
	R	25				R	30				R	25		
	X _{оа}	85	0	0		X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	75	0	0
	Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	55	0		Y _{оа}	0	75	0
6 конус	A	90	45	50	16 конус	A	85	60	55	26 конус	A	70	45	80
	B	90	45	0		B	85	60	0		B	70	45	0
	R	30				R	20				R	35		
	X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	95	0	0		X _{оа}	80	0	0
	Z _{оа}	0	0	60		Z _{оа}	0	0	45		Z _{оа}	0	0	80
7 конус	A	40	55	60	17 конус	A	80	25	70	27 конус	A	10	45	45
	B	40	55	0		B	80	25	0		B	10	45	0
	R	15				R	25				R	45		
	X _{оа}	95	0	0		X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	70	0	0
	Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	50		Z _{оа}	0	0	55
8 конус	A	35	70	70	18 конус	A	40	15	60	28 конус	A	50	85	50
	B	35	70	0		B	40	15	0		B	50	85	0
	R	40				R	20				R	35		
	X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	110	0	0		X _{оа}	95	0	0
	Z _{оа}	0	0	75		Z _{оа}	0	0	70		Z _{оа}	0	0	65
9 конус	A	85	0	50	19 конус	A	45	0	55	29 конус	A	55	0	0
	B	85	0	0		B	45	0	0		B	55	0	65
	R	40				R	45				R	20		
	X _{оа}	90	0	0		X _{оа}	65	0	0		X _{оа}	75	0	0
	Y _{оа}	0	85	0		Y _{оа}	0	60	0		Y _{оа}	0	90	0

10 конус	A	30	0	90	20 конус	A	85	0	70	30 конус	A	75	0	55
	B	30	0	0		B	85	0	0		B	75	0	0
	R	25				R	30				C	25		
	X _{оа}	120	0	0		X _{оа}	100	0	0		X _{оа}	95	0	0
	Y _{оа}	0	90	0		Y _{оа}	0	55	0		Y _{оа}	0	70	0

2.25 Лабораторная работа №25 (2 часа).

Тема: «Пересечение гранных тел»

2.25.1 Цель работы:

- овладеть навыками определения проекций, линий пересечения пересекающихся между собой гранных тел.

2.25.2 Задачи работы:

1) Определить проекции и линию пересечения гранных тел (призмы и пирамиды).

2.25.3 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:

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

Вар. п.	X _A	Y _A	Z _A	X _B	Y _B	Z _B	X _C	Y _C	Z _C	X _D	Y _D	Z _D	X _E	Y _E	Z _E	X _K	Y _K	Z _K	X _U	Y _U	Z _U	X _G	Y _G	Z _G	h
1	140	75	20	120	15	95	85	100	60	0	50	60	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
2	0	70	20	20	10	95	55	95	60	140	45	60	40	50	0	65	20	0	125	20	0	85	95	0	85
3	0	80	20	20	20	95	55	110	60	140	55	60	40	50	0	65	20	0	125	20	0	85	95	0	85
4	0	65	20	20	5	95	55	95	60	140	40	60	40	50	0	65	20	0	125	20	0	85	95	0	85
5	0	75	20	20	15	95	55	100	60	140	50	60	40	50	0	65	20	0	125	20	0	85	95	0	85
6	0	80	20	20	20	95	55	110	60	140	50	60	40	50	0	65	20	0	125	20	0	85	95	0	85
7	0	85	20	20	25	95	55	115	60	140	60	60	40	50	0	65	20	0	125	20	0	85	95	0	85
8	0	90	15	20	30	95	55	120	60	140	65	60	40	50	0	65	20	0	125	20	0	85	95	0	85
9	0	85	15	15	30	100	55	120	60	140	60	60	40	50	0	65	20	0	125	20	0	85	95	0	85
10	140	70	15	120	10	95	85	95	60	0	45	60	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
11	140	80	15	120	20	95	85	110	60	0	55	60	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
12	140	70	15	120	5	95	85	95	60	0	45	60	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
13	140	80	15	120	20	95	85	110	60	0	55	60	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
14	140	85	15	120	25	95	85	115	60	0	60	60	130	50	0	70	20	0	15	20	0	55	95	0	85
15	140	90	15	120	30	95	85	120	60	0	65	60	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
16	135	75	10	115	15	95	80	100	60	0	50	60	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
17	145	75	10	125	15	95	90	100	60	0	50	60	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
18	145	95	10	125	35	95	85	120	60	0	70	80	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
19	145	70	10	120	10	100	90	95	60	0	70	65	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
20	145	65	10	120	20	90	85	100	60	0	70	65	100	50	0	75	20	0	15	20	0	55	95	0	85
21	120	15	70	140	75	20	85	100	60	0	50	60	105	55	0	80	15	0	20	20	0	50	95	0	85
22	120	15	70	140	75	20	85	100	65	0	50	65	105	55	0	80	15	0	20	20	0	50	95	0	85
23	125	20	70	140	75	20	85	100	65	0	55	65	100	50	0	75	20	0	20	20	0	55	95	0	85
24	140	70	15	120	15	100	85	95	70	0	50	65	100	50	0	75	20	0	20	20	0	60	90	0	85
25	140	65	15	115	20	95	80	90	60	0	50	60	100	45	0	75	15	0	20	25	0	60	95	0	85
26	135	65	20	120	20	95	85	90	60	0	55	65	100	50	0	70	15	0	20	25	0	65	95	0	85
27	135	60	20	115	20	100	85	90	60	0	50	60	100	45	0	70	20	0	20	20	0	60	90	0	85
28	130	70	10	120	15	90	75	95	65	0	55	55	105	45	0	70	20	0	20	20	0	65	95	0	85
29	125	75	10	120	15	85	80	90	60	0	50	60	100	45	0	70	20	0	20	20	0	60	95	0	85
30	135	70	15	125	10	95	70	100	70	0	45	50	110	45	0	75	20	0	25	20	0	60	95	0	85

2.26 Лабораторная работа №26 (2 часа).

Тема: «Пересечение гранных тел»

2.26.1 Цель работы:

- овладеть навыками построения разверток пересекающихся между собой гранных тел.

2.26.2 Задачи работы:

1) Построить развертки пересекающихся гранных тел (призмы и пирамиды).

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:

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.

2.27 Лабораторная работа №27 (2 часа).

Тема: «Пересечение тел вращения»

2.27.1 Цель работы:

- овладеть навыками построения проекций и линий пересечения пересекающихся между собой тел вращения.

2.27.2 Задачи работы:

- 1) Построить проекции пересекающихся цилиндра и конуса;
- 2) Определить линию пересечения тел вращения.

2.27.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.27.4 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:

№ П/П	Конус					Цилиндр				
	R (радиус)	H (высота)	О (центр)			R (радиус)	H (высота)	О (центр)		
			X	Y	Z			X	Y	Z
1	30	80	30	30	0	30	80	30	30	0
2	25	80	50	50	0	25	80	50	50	0
3	35	80	35	40	0	35	80	35	40	0
4	40	80	60	60	0	40	80	60	60	0
5	30	80	40	40	0	30	80	40	40	0
6	35	80	50	60	0	35	80	50	60	0
7	30	80	60	40	0	30	80	60	40	0
8	40	80	45	45	0	40	80	45	45	0
9	15	80	50	20	0	15	80	50	20	0
10	55	80	60	30	0	55	80	60	30	0
11	45	80	70	50	0	45	80	70	50	0
12	55	80	70	40	0	55	80	70	40	0
13	40	80	80	60	0	40	80	80	60	0
14	40	80	60	40	0	40	80	60	40	0
15	35	80	70	60	0	35	80	70	60	0
16	30	80	80	40	0	30	80	80	40	0
17	40	80	65	45	0	40	80	65	45	0
18	35	80	70	20	0	35	80	70	20	0
19	55	80	70	60	0	55	80	70	40	0
20	40	80	80	80	0	40	80	80	60	0
21	40	80	60	60	0	40	80	60	40	0
22	35	80	70	80	0	35	80	70	60	0
23	30	80	80	60	0	30	80	80	40	0
24	40	80	65	65	0	40	80	65	45	0
25	35	80	70	40	0	35	80	70	20	0

2.28 Лабораторная работа №28 (2 часа).

Тема: «Пересечение тел вращения»

2.28.1 Цель работы:

- овладеть навыками построения разверток пересекающихся между собой тел вращения.

2.28.2 Задачи работы:

1) Построить развертку цилиндра с указанием линии пересечения, фигуры сечения и основания.

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:

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.

2.29 Лабораторная работа №29 (2 часа).

Тема: «Пересечение тел вращения»

2.29.1 Цель работы:

- овладеть навыками построения разверток пересекающихся между собой тел вращения.

2.29.2 Задачи работы:

1) Построить развертку конуса с указанием линии пересечения, фигуры сечения и основания.

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:

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.

2.30 Лабораторная работа №30 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.317-69 Диметрическое проецирование»

2.30.1 Цель работы:

- освоить основные понятия аксонометрического проецирования;

2.30.2 Задачи работы:

1) Познакомиться с ГОСТ 2.317-69;

2.30.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.30.4 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.

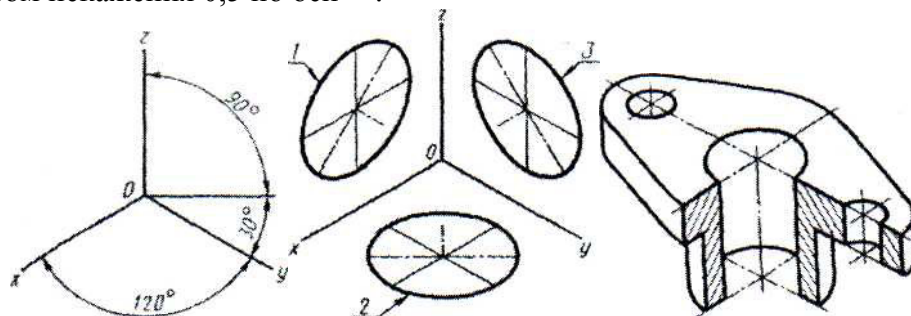
1.1.4. Пример изометрической проекции детали приведен на черт. 3.

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);

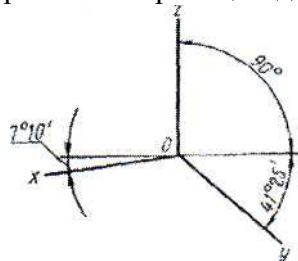
3 — эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси x).

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

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



Ч

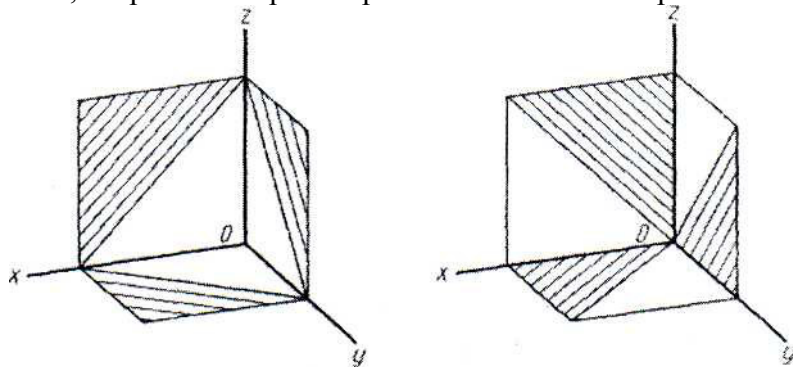
Черт. 5

1 - эллипс (большая ось расположена под углом 90° 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)

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).

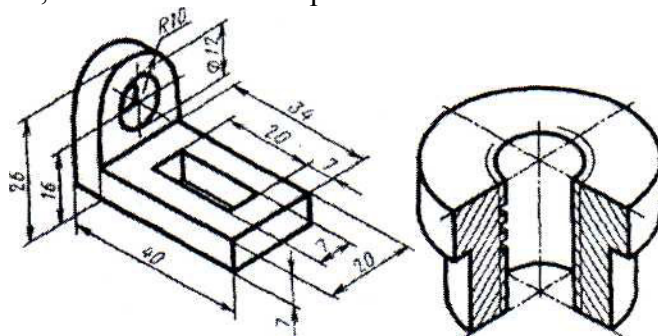


Черт. 16

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.



2.31 Лабораторная работа №31 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.317-69 Диметрическое проецирование»

2.31.1 Цель работы:

- научиться выполнять аксонометрические проекции деталей.

2.31.2 Задачи работы:

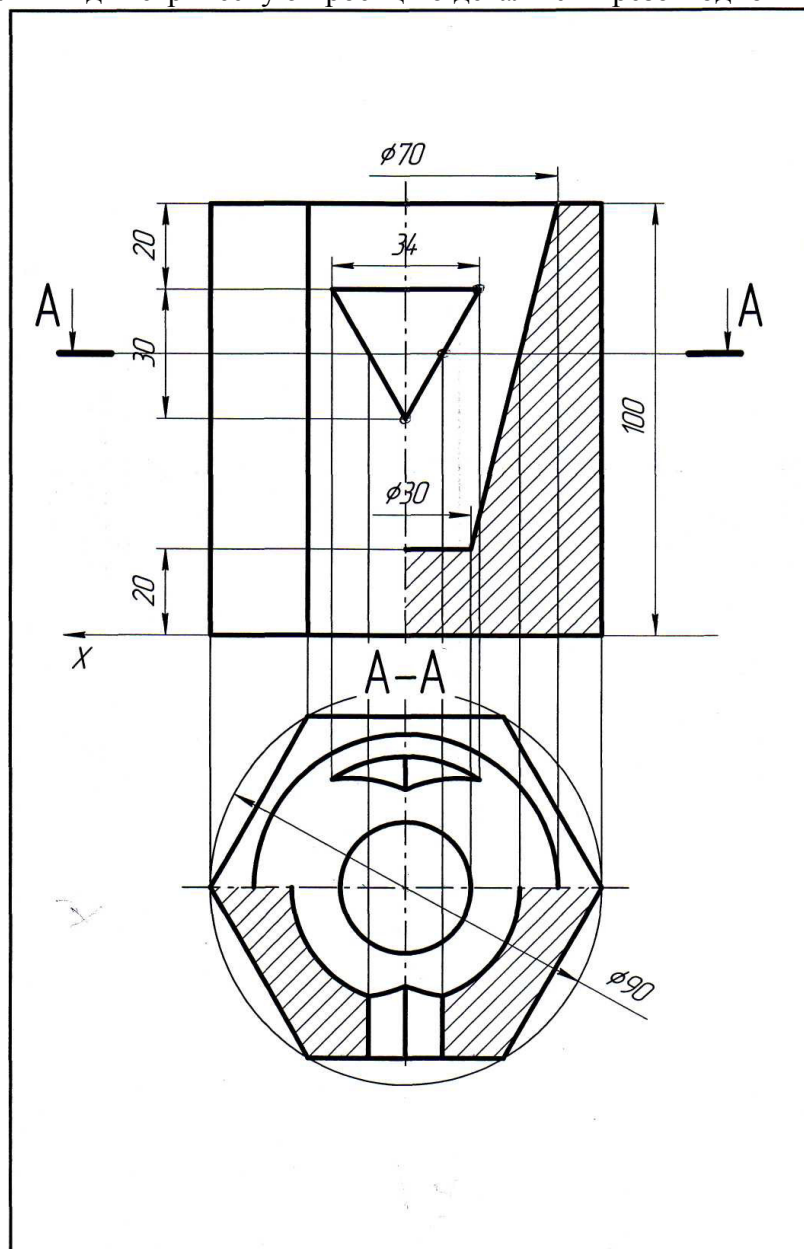
1) Выполнить диметрическую проекцию детали.

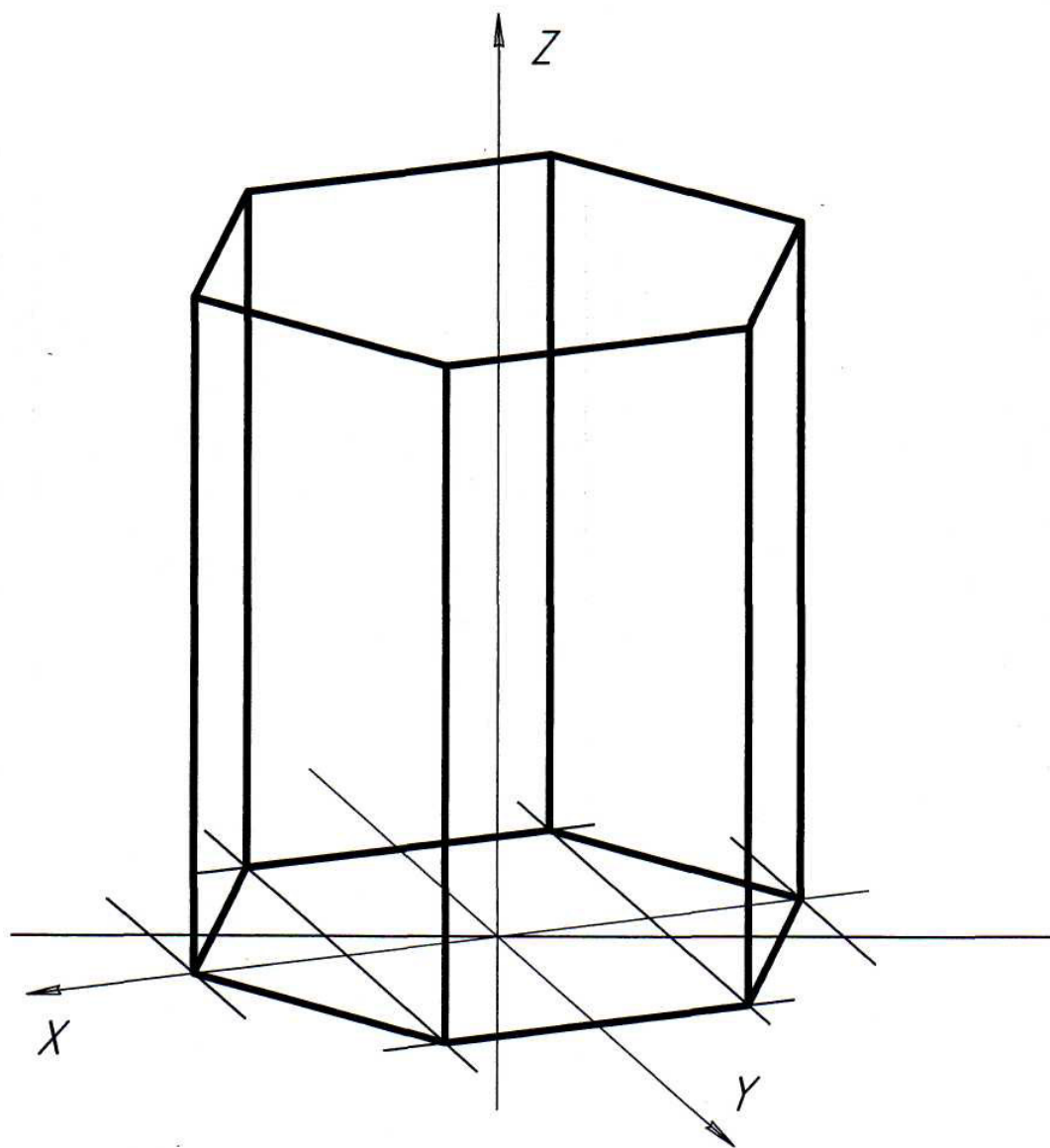
2.31.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

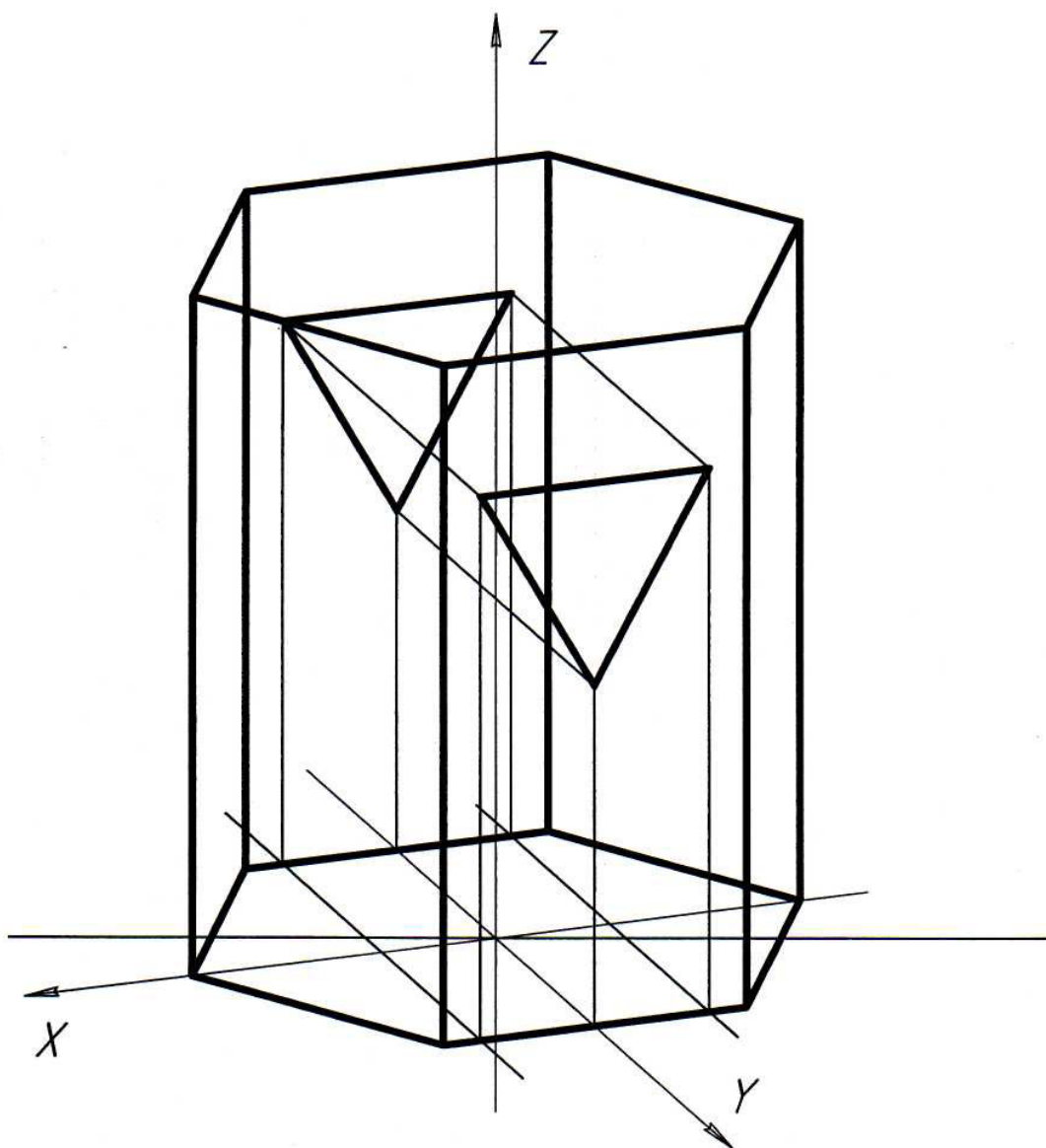
1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

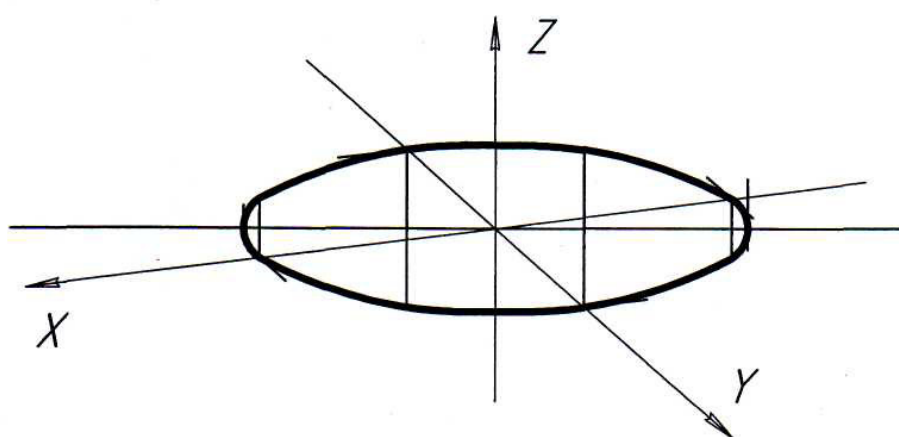
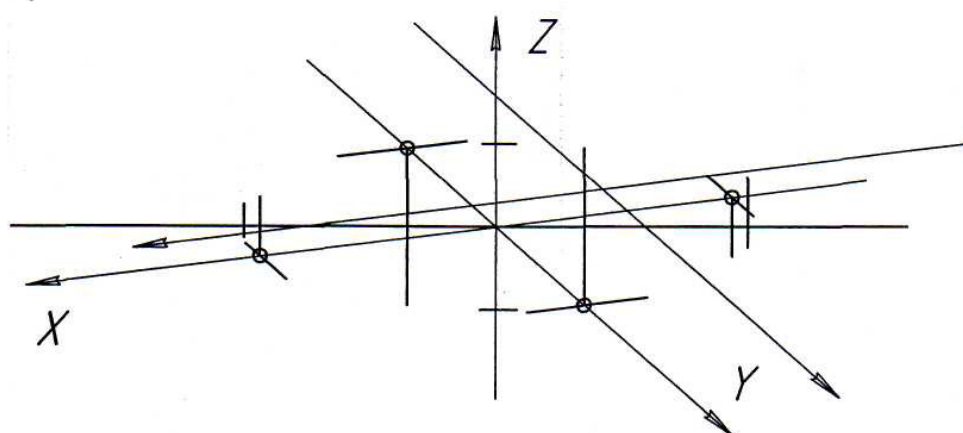
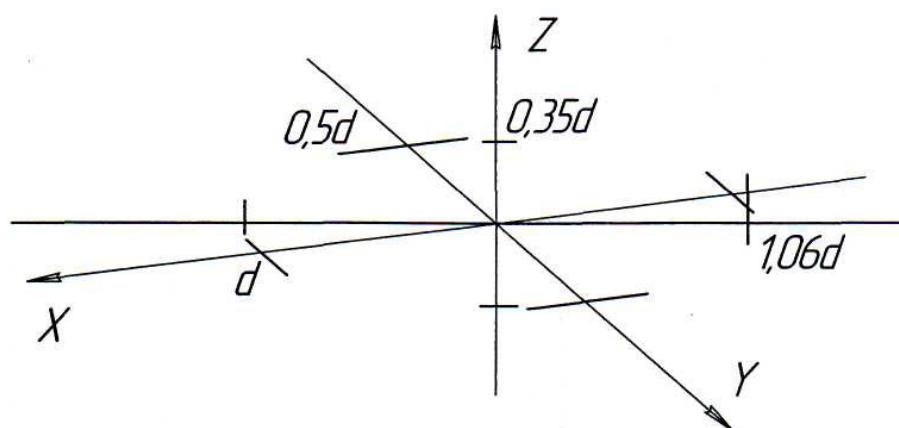
2.31.4 Описание (ход) работы:

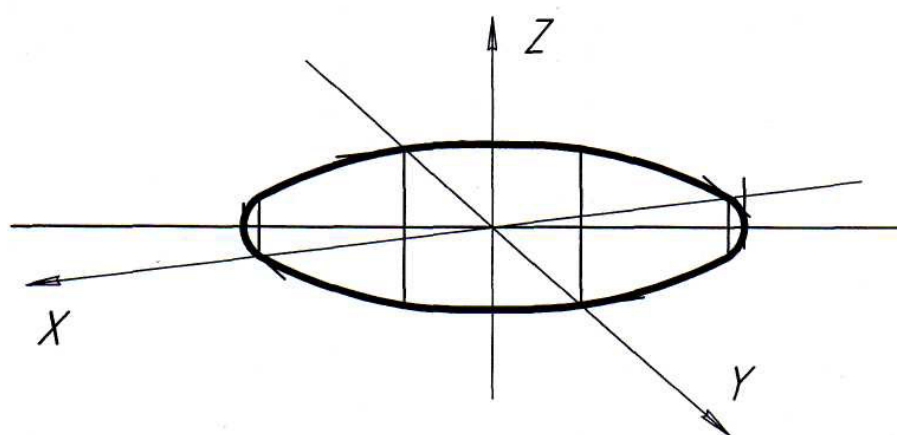
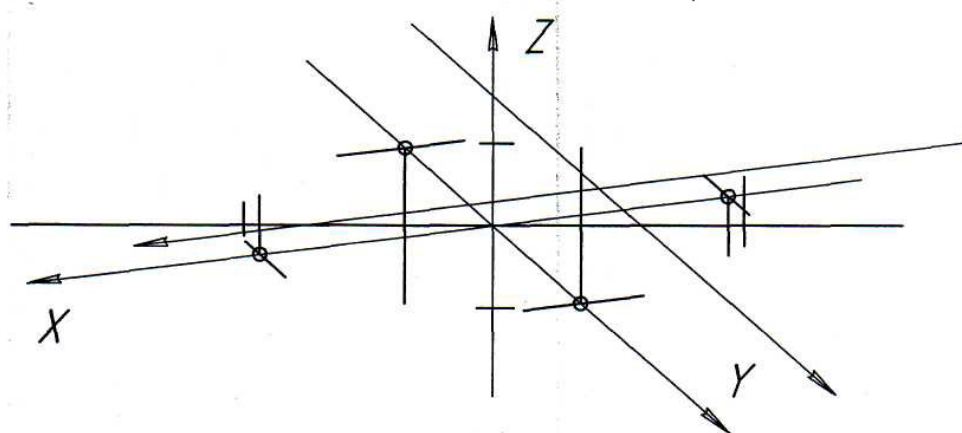
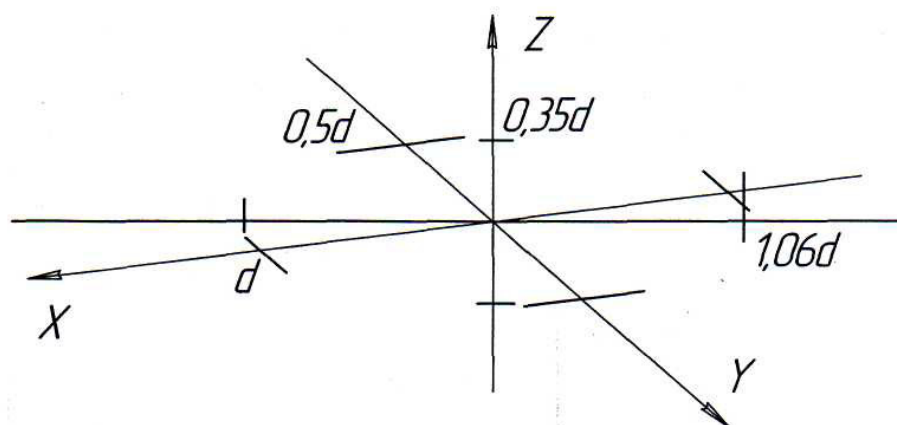
Выполнить диметрическую проекцию детали с вырезом одной четверти.

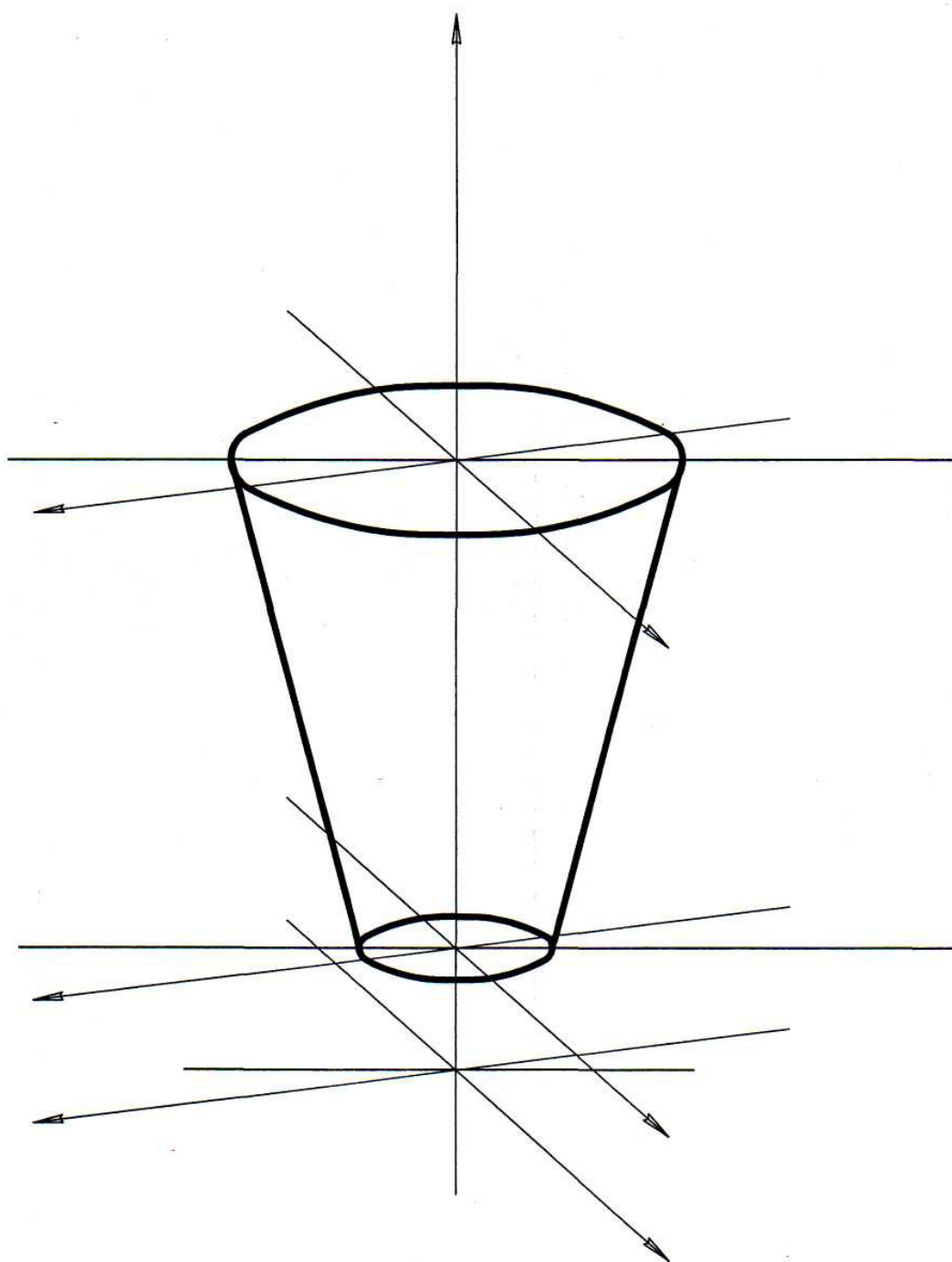












2.32 Лабораторная работа №32 (2 часа).

Тема: «ГОСТ 2.317-69 Диметрическое проецирование»

2.32.1 Цель работы:

- научиться выполнять аксонометрические проекции деталей.

2.32.2 Задачи работы:

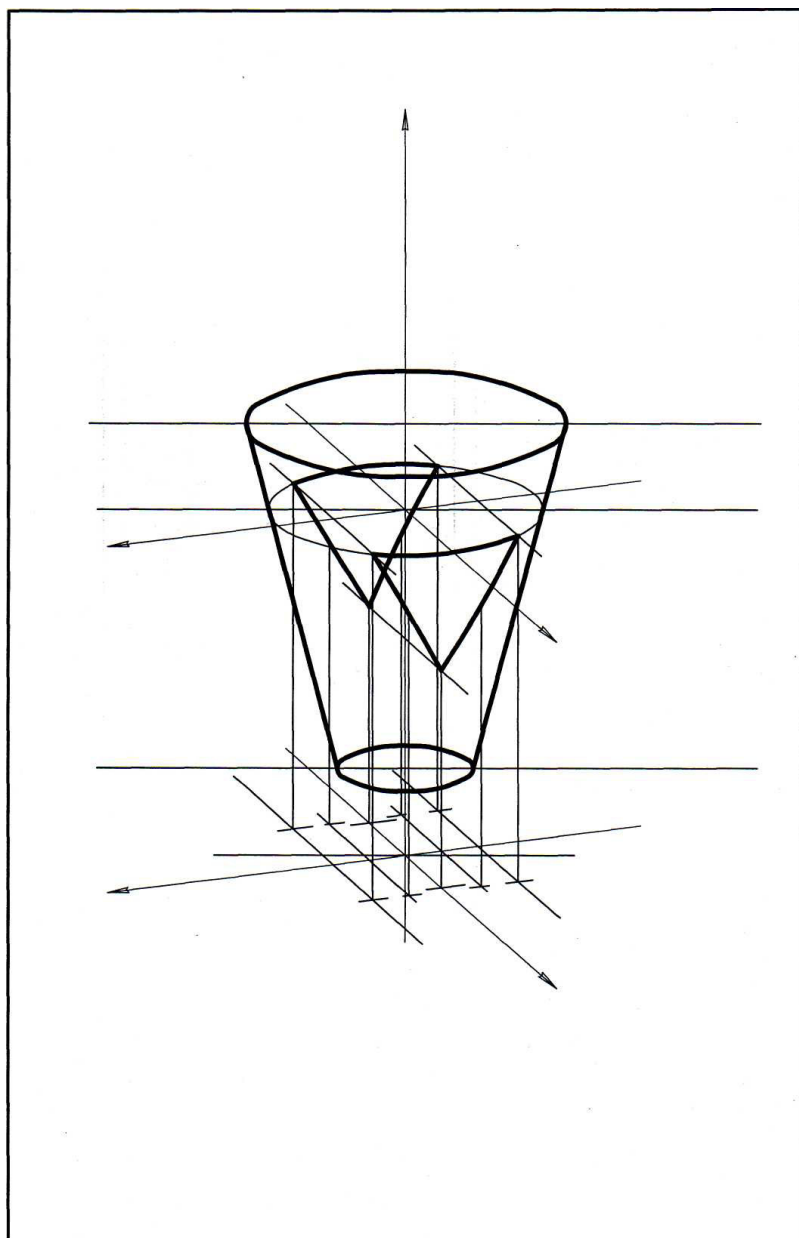
1) Выполнить диметрическую проекцию детали.

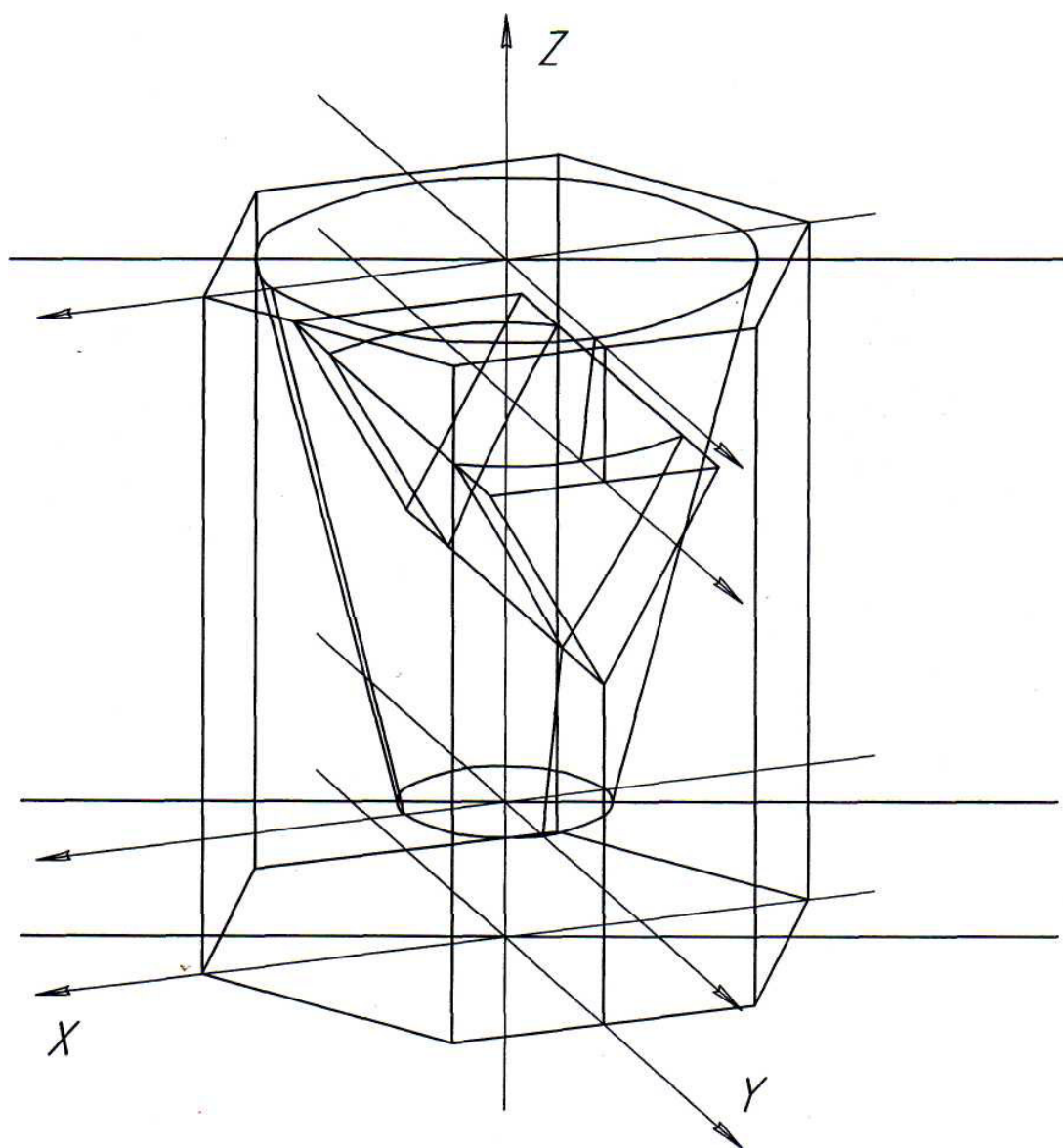
2.32.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

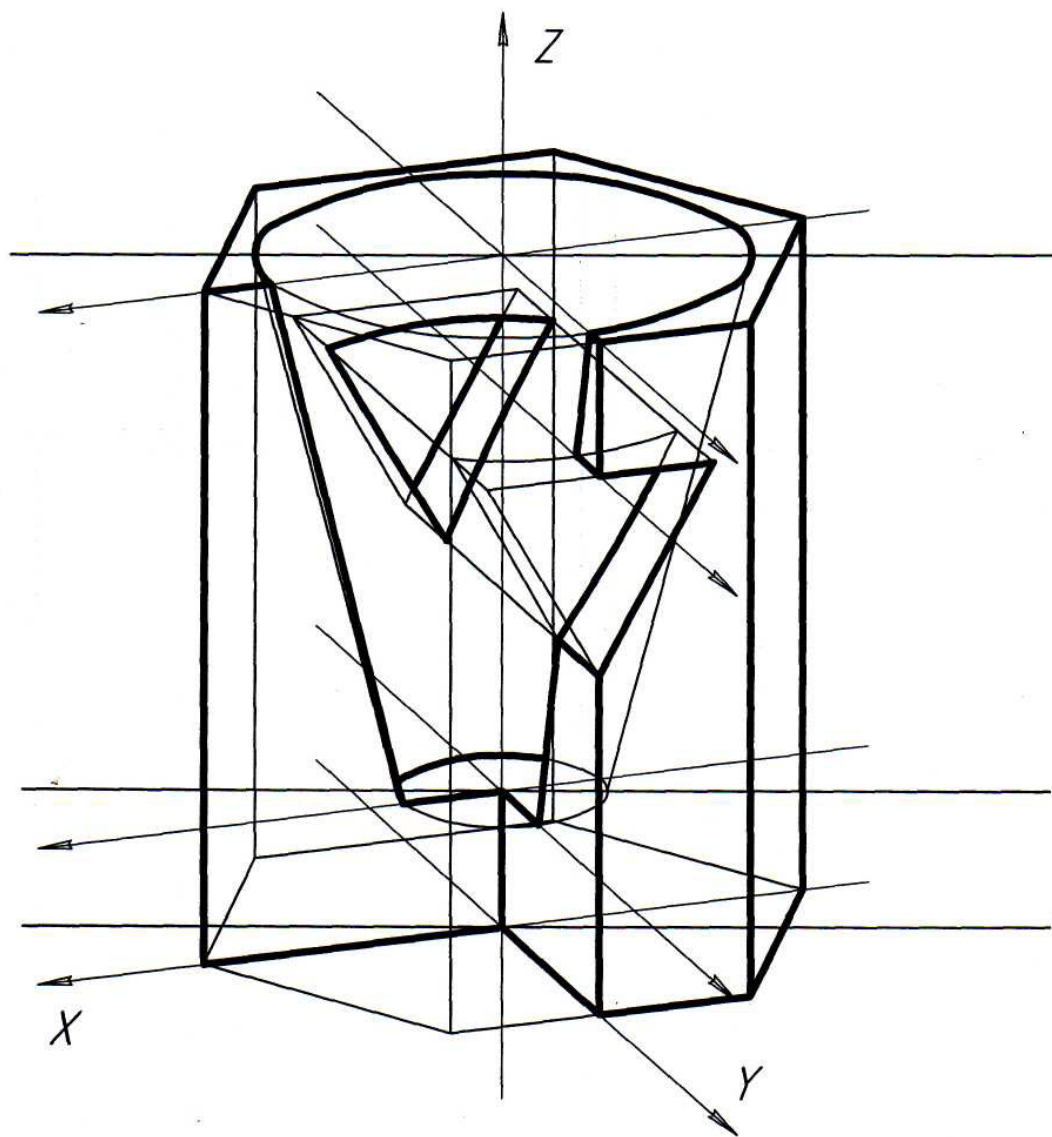
1. Методические указания.
2. Тематические плакаты.
3. Чертежные инструменты.
4. Стол чертежный.

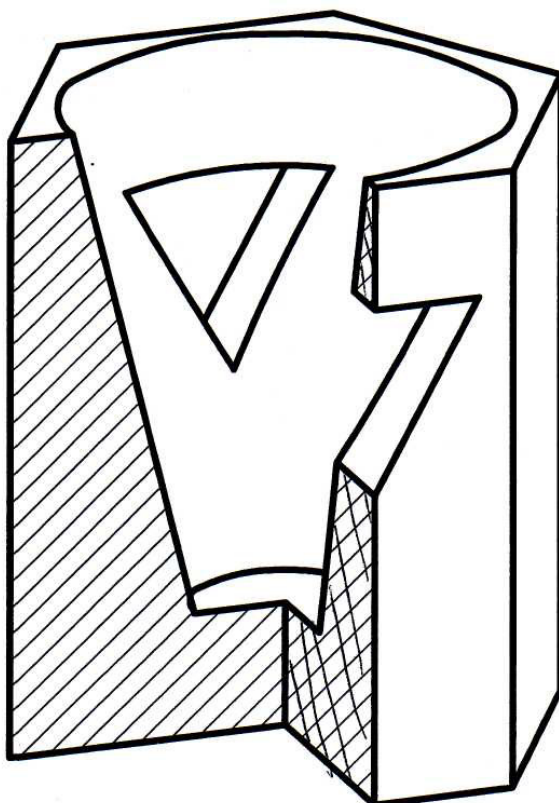
2.32.4 Описание (ход) работы:

Выполнить диметрическую проекцию детали с вырезом одной четверти.









2.33 Лабораторная работа №33 (2 часа), лабораторная работа №34 (2 часа).

Тема: «Изометрическое проецирование»

2.33.1 Цель работы:

- научиться выполнять аксонометрические проекции деталей.

2.33.2 Задачи работы:

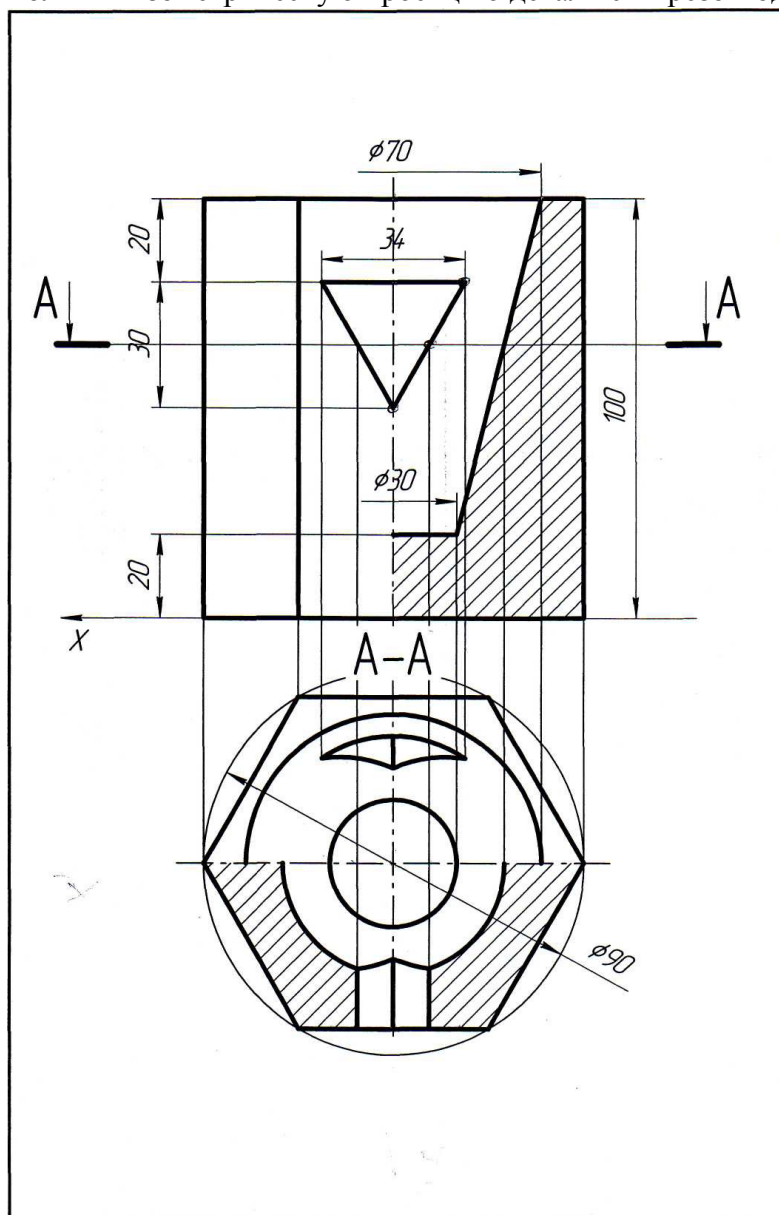
1) Выполнить диметрическую проекцию детали.

2.33.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.33.4 Описание (ход) работы:

Выполнить изометрическую проекцию детали с вырезом одной четверти.



2.36 Лабораторная работа №36 (2 часа).

Тема: «Понятие о компьютерной графике»

2.36.1 Цель работы:

- познакомиться с геометрическим моделированием и графическими редакторами.

2.36.2 Задачи работы:

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

2.36.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

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

2.36.4 Описание (ход) работы:

Геометрическое моделирование и графические редакторы

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

Криволинейные системы координат

В 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 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

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

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:

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

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

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

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

так:

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

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

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

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

Проверка принадлежности точки прямой

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

Вычисление расстояния от точки до плоскости

Пусть $P_a = (x_a, y_a, z_a)$ точка, расстояние от которой необходимо подсчитать.

Плоскость можно задать нормалью $n = (A, B, C)$ 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 изготавливаемые изделия.

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

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

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

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

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

1. Построение чертежа детали в программе Компас

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

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

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

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

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

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



Рисунок 1 – Файл фрагмента 2-01

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

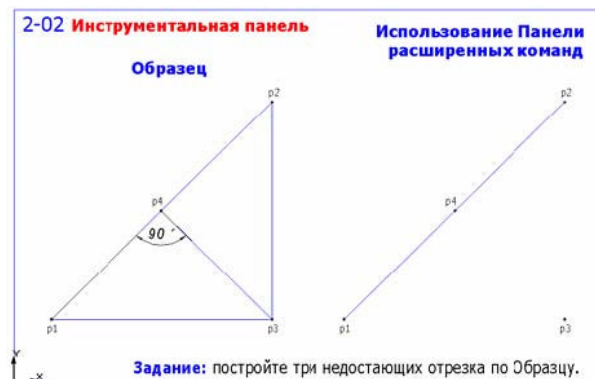


Рисунок – Файл фрагмента 2-02

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



Рисунок 3– Файл фрагмента 2-03

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



Рисунок 4– Файл фрагмента 2-04

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

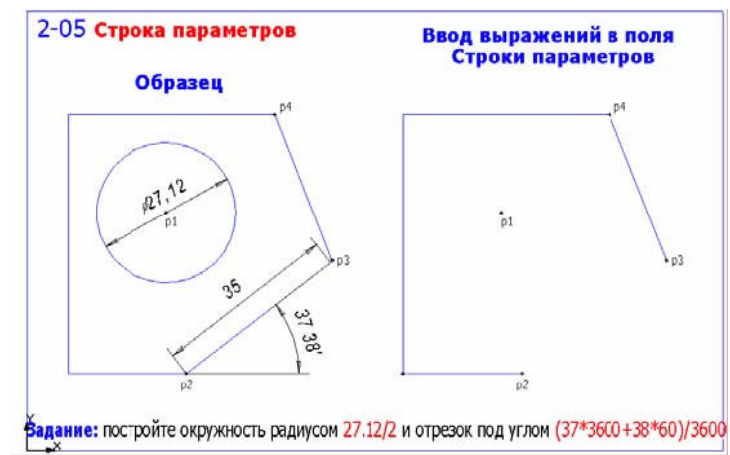


Рисунок 5 – Файл фрагмента 2-05