

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

**НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**  
**сборник учебно-методических материалов**

Направление подготовки 09.03.04 Программная инженерия

Благовещенск, 2021

*Печатается по решению  
редакционно-издательского совета  
факультета дизайна и технологии  
Амурского государственного  
университета*

*Составители: Ковалева Л.А., Гаврилюк Е.А.*

Начертательная геометрия. Инженерная графика: сборник учебно-методических материалов для направлений подготовки 09.03.04 Программная инженерия – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2021. - 61 с.

Рассмотрен:

на заседании кафедры дизайна 25.05.2021, протокол № 9

© Амурский государственный университет, 2021

© Кафедра дизайна, 2021

© Ковалева Л.А., Гаврилюк Е.А. составление

## Содержание

<b>1</b>	<b>КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Метод проекций. Базовые геометрические объекты.</b>	<b>4</b>
1.1.1	Лекция 1. Методы проецирования. Проецирование точки	4
1.1.2	Лекция 2. Проецирование прямой линии. Проецирование плоскости	5 9
<b>1.2</b>	<b>Позиционные и метрические задачи</b>	<b>9</b>
1.2.1	Лекция 2. Принадлежность геометрических образов. Взаимное положение двух прямых. Проецирование прямого угла.	11
1.2.2	Лекция 3. Взаимное положение прямой и плоскости и плоскостей.	15
<b>1.3</b>	<b>Лекция 4. Способы преобразования комплексного чертежа</b>	<b>23</b>
<b>1.4</b>	<b>Поверхности</b>	<b>23</b>
1.4.1	Лекция 5. Многогранники	26
1.4.2	Лекция 6. Пересечение и развертки многогранников	29
1.4.3	Лекция 7. Кривые поверхности. Поверхности вращения	29
<b>1.5</b>	<b>Геометрическое и проекционное черчение</b>	<b>36</b>
1.5.1	Лекция 8. Основные правила нанесения размеров на чертежах. Изображения на чертежах: виды.	36
1.5.2	Лекция 9. Изображения на чертежах: разрезы, сечения. Аксонометрические проекции.	42
<b>2</b>	<b>МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ</b>	<b>50</b>
<b>3</b>	<b>МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ</b>	<b>55</b>
3.1	Цели и порядок организации самостоятельной работы	55
3.2	Методические указания по выполнению расчетно-графических работ	57

## 1 КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ЛЕКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

### 1.1 Метод проекций. Базовые геометрические объекты.

#### *Лекция 1.*

##### *План лекции:*

1. Методы проецирования.
2. Проецирование точки
3. Проецирование прямой линии
4. Проецирование плоскости
5. Аксонометрические проекции.

*Цели и задачи:* организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению теоретическим материалом дисциплины и обеспечение формирования системы знаний по теме лекции.

*Ключевые вопросы:* общие сведения об объеме и содержании дисциплины. Рекомендуемая литература. Метод проецирования; центральное и параллельное проецирование и их свойства; прямоугольное (ортогональное) проецирование. Эпюр Монжа. Комплексный чертеж точки на три плоскости проекций. Реконструкция точки по ее комплексному чертежу. Точка в четвертях и октантах пространства. Частное положение точки. Конкурирующие точки. Аксонометрические проекции точки.

Положение прямой относительно плоскостей проекций (прямые общего и частного положений и их проекции). Следы прямой. Задание плоскости на чертеже различными способами. Положение плоскости относительно плоскостей проекций (плоскости общего положений, проецирующие плоскости, плоскости уровня). Собирательное свойство проецирующих плоскостей.

Положение точки в пространстве определяется ее проекциями на две или три взаимно перпендикулярные плоскости проекции, при этом проекционные лучи направлены перпендикулярно плоскостям проекций (прямоугольное или ортогональное проецирование).

На рисунке 1а представлено наглядное изображение трех взаимно перпендикулярных плоскостей проекций. Линии пересечения этих плоскостей – координатные оси  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Чтобы получить плоский чертеж, повернем плоскость вокруг оси  $X$  до совмещения с плоскостью, а плоскость – вокруг оси  $Z$  до совмещения с плоскостью.

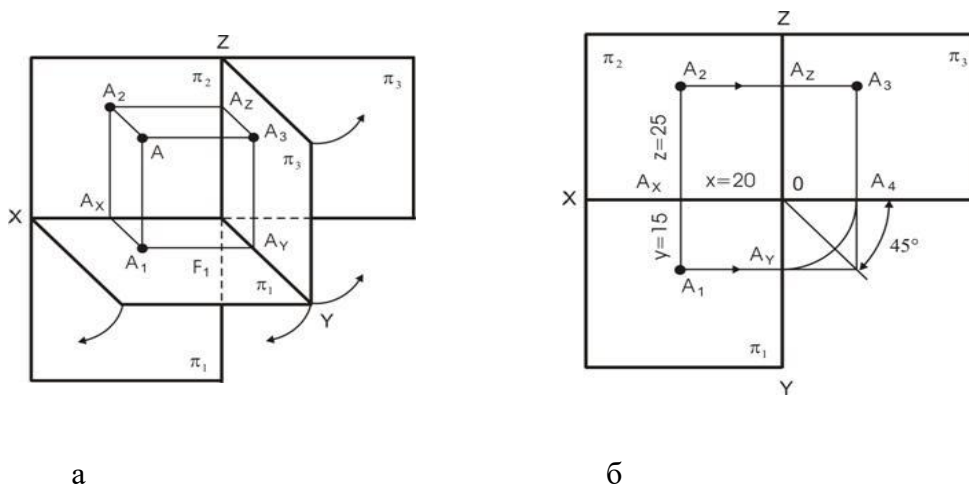


Рис. 1. Наглядное изображение (а) плоскостей проекций и комплексный чертеж точки (б)

На рисунке 1б представлен комплексный чертеж точки. Точка  $A$  задана координатами  $A(20; 15; 25)$ . Первая координата  $X$  (абсцисса), вторая –  $Y$  (ордината), третья –  $Z$  (аппликата). Все размеры приведены в миллиметрах.

Построив проекции двух точек и соединив их, получим чертеж прямой. Отрезок прямой может занимать различное положение в пространстве относительно плоскостей проекций (общее и частное).

Прямая общего положения – это прямая, ни параллельная и ни перпендикулярная, ни одной из плоскостей проекций (Рис. 2). Проекция этого отрезка на чертеже по величине меньше действительной величины прямой.

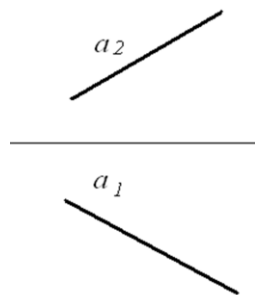


Рис. 2. Прямая общего положения

Прямые частного положения – параллельны или перпендикулярны одной из плоскостей проекций.

Прямая линия, параллельная плоскости проекций, называется прямой уровня. На рисунке 3 представлено наглядное изображение прямых уровня.

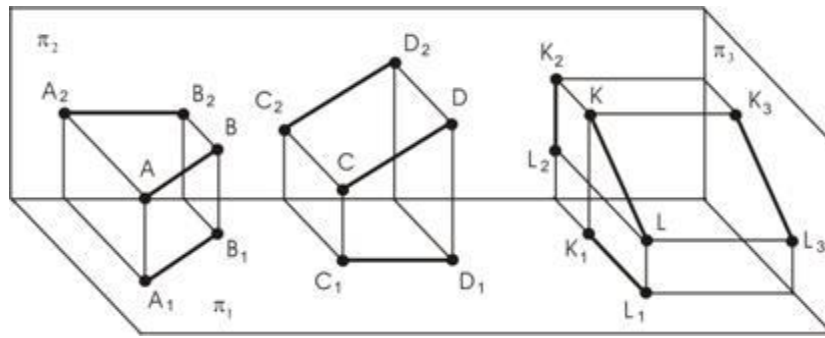


Рис. 3. Линии уровня

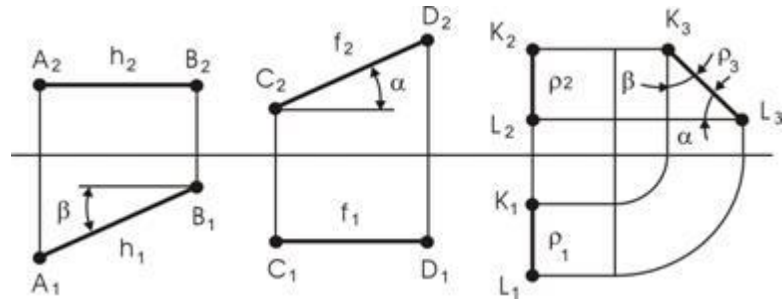


Рис. 4. Чертежи прямых уровня

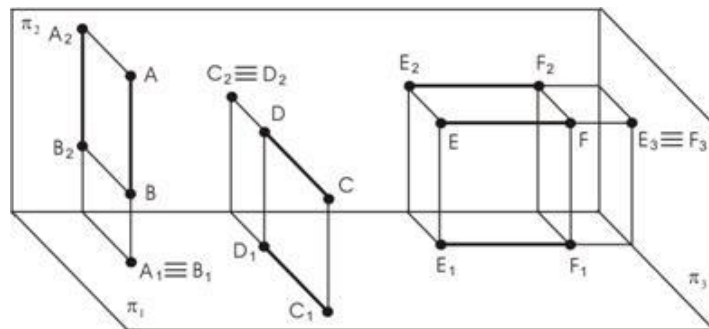


Рис. 5. Проецирующие прямые

На рисунке 4 представлены чертежи этих прямых. Прямая  $AB$  параллельна плоскости  $\pi_1$  (горизонтальная прямая или горизонталь). Горизонтальная проекция  $A_1B_1$  является натуральной величиной этой прямой, а угол  $\beta$  составляет угол наклона прямой  $AB$  к фронтальной плоскости проекций.

Прямая  $CD$  параллельна плоскости  $\pi_2$  (фронтальная прямая или фронталь). Фронтальная проекция  $C_2D_2$  является действительной величиной прямой, а угол  $\alpha$  составляет угол наклона  $CD$  к плоскости  $\Pi_1$ .

Прямая  $KL$  параллельна профильной плоскости проекций  $\Pi_3$  (профильная прямая или профиль), профильная проекция  $K_3L_3$  является натуральной величиной этой прямой. Углы наклона к плоскостям проекций обозначены, как  $\alpha$  и  $\beta$ .

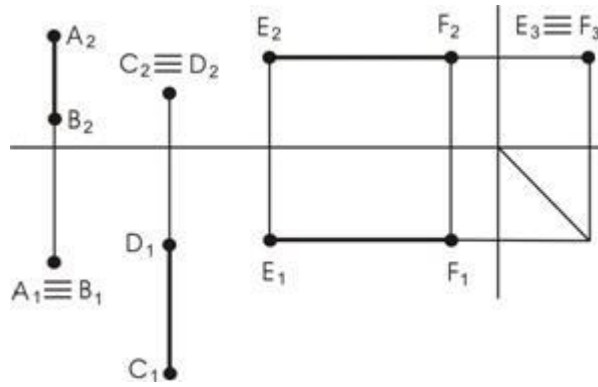


Рис. 6. Чертежи проецирующих прямых

На рисунке 5 представлено наглядное изображение прямых, которые параллельны двум плоскостям проекций и перпендикулярны одной плоскости проекций. На рисунке 6 представлены чертежи этих прямых.

Прямая  $AB$  проецируется на горизонтальную плоскость проекций в виде точки, а на фронтальную плоскость – в натуральную величину.

Такие прямые называются проецирующими относительно той плоскости, где ее изображение проецируется в точку. В данном случае прямая  $AB$  – горизонтально-проецирующая,  $CD$  – фронтально-проецирующая,  $EF$  – профильно-проецирующая.

На чертеже (рис. 7) плоскость может быть задана проекциями:

- а) трех точек не лежащих на одной прямой;
- б) прямой и точкой вне ее;
- в) двух пересекающихся прямых;
- г) двух параллельных прямых;
- д) плоской фигурой;
- е) следами.

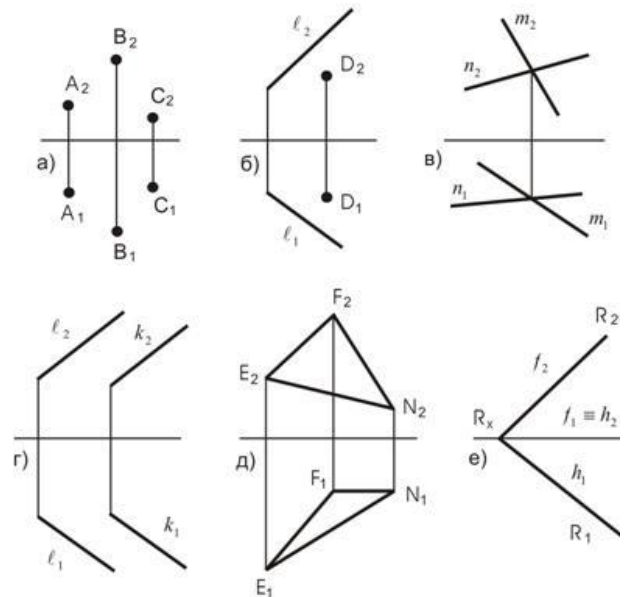


Рис. 7. Изображение плоскости на чертеже

На рисунке 8 представлено наглядное изображение, когда плоскость задана следами. Следы плоскости – это линии ее пересечения с плоскостями проекций, следовательно, следы лежат в плоскостях проекции. Следы плоскости можно обозначать как  $P_1$  и  $P_2$ , или как нулевая фронталь и нулевая горизонталь. Два следа сходятся в одной точке, лежащей на оси, которая называется точкой схода следов.

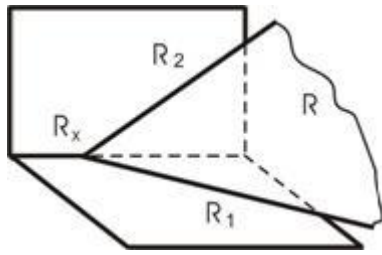


Рис. 8. Следы плоскости

Рассмотренные ранее положения плоскостей – не параллельные и не перпендикулярные ни к одной из плоскостей проекций – называются *плоскостями общего положения*.

Плоскости, перпендикулярные к одной из плоскостей проекций, называются *проецирующими*.

Из чертежа видно, что плоскость, перпендикулярная к плоскости проекций, составляет проекцию в виде прямой линии. Для задания проецирующих плоскостей достаточно выполнить ее одну проекцию.

Проецирующие плоскости обладают собирательным свойством – все, что находится в данной плоскости, совпадает со следом-проекцией.

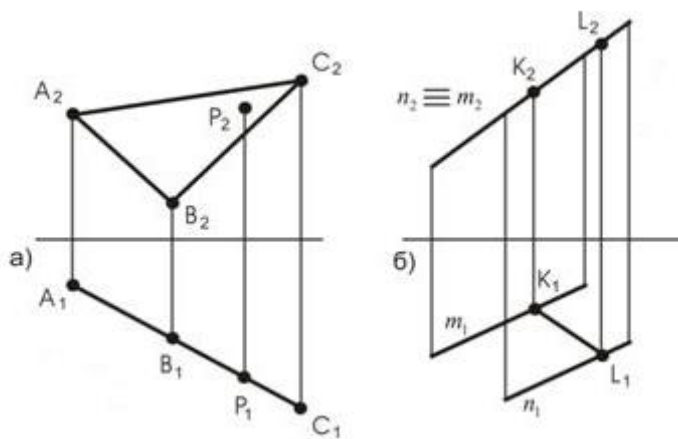


Рис. 9. Проецирующие плоскости

Плоскость, заданная треугольником  $ABC \perp \pi_1$ , и на горизонтальной плоскости проекций изображается в виде прямой линии (рис. 9). Плоскости такого характера называются *горизонтально-проецирующими*.

Плоскость, заданная параллельными прямыми  $m // n \perp$  – фронтально-проецирующая

$\Pi_2$

плоскость. Проекции всех точек и прямых, лежащих в проецирующей плоскости, будут совпадать с вырожденными проекциями проецирующих плоскостей (проекция точки Р ( $P_1$ ), проекция прямой  $KL(K_2L_2)$ ).

Плоскости, параллельные плоскостям проекций, называются *плоскостями уровня*. На рисунке 10а плоскость  $ABCD$ , параллельна плоскости  $\Pi_1$  – горизонтальная плоскость уровня.

Все, что находится в такой плоскости, проецируется на горизонтальную плоскость проекций в натуральную величину (без искажений). На рисунке 10б представлен



треугольник  $EFK$ , который параллелен плоскости  $\Pi_2$ . Следовательно, на плоскости  $\Pi_2$  находится проекция самого треугольника; все, что находится в треугольнике, на плоскость проекций  $\Pi_2$  проецируется без искажения.

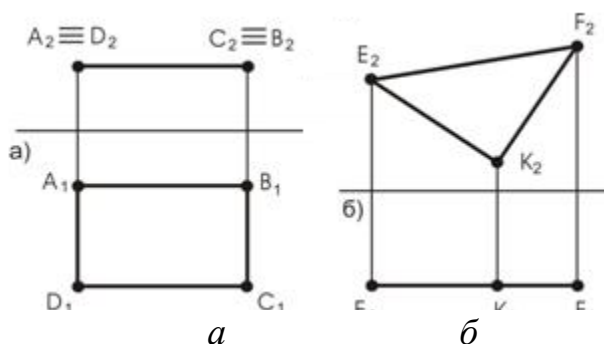


Рис. 10. Плоскости уровня

### Вопросы для самопроверки

1. Какой чертеж называется комплексным?
2. Как называются и обозначаются основные плоскости проекций?
3. Что такое вертикальная и горизонтальная линия связи?
4. Что называют проекцией точки?
5. Что называют координатами точки?
6. Какие точки называются конкурирующими? Как определяется видимость по методу конкурирующих точек?
7. Какую прямую линию называют прямой общего положения?
8. Какие положения прямой линии относительно плоскостей проекций считают «особыми» или «частными»?
9. Назвать способы задания плоскостей.
10. Какие положения может занимать плоскость относительно плоскостей проекций, и как она будет называться в соответствии с этим?

### 1. 2 Позиционные и метрические задачи

**1.2.1 Лекция 2. Принадлежность геометрических образов. Взаимное положение двух прямых. Проецирование прямого угла.**

*План лекции:*

1. Принадлежность точки прямой линии.
2. Принадлежность прямой и точки плоскости.
3. Взаимное положение двух прямых.
4. Проецирование прямого угла.

*Цели и задачи:* организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению теоретическим материалом дисциплины и обеспечение формирования системы знаний по теме лекции.

*Ключевые вопросы:* Точка на прямой. Точка и прямая в плоскости (построение их недостающих проекций). Изображение на чертеже параллельных, пересекающихся и скрещивающихся прямых. Конкурирующие точки на скрещивающихся прямых (правило конкурирующих точек при определении видимости точек). Определение натуральной величины отрезка прямой и угла её наклона к плоскостям проекций по правилу прямоугольного треугольника.

На рисунке 11 представлены чертежи взаимного положения прямых:

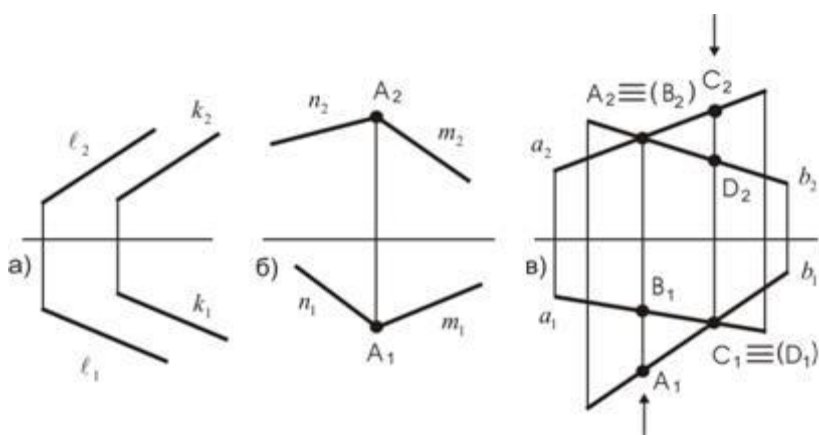


Рис. 11. Взаимное положение прямых в пространстве

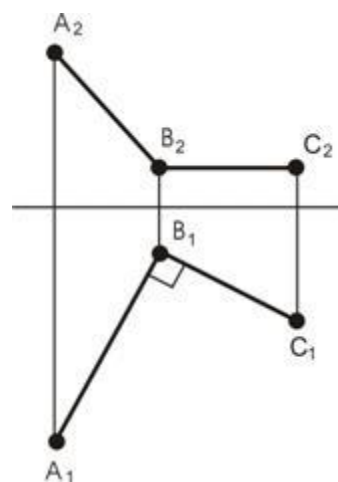


Рис. 12. Чертеж восстановления перпендикуляра в точке В

а) если прямые в пространстве параллельны, то и их одноименные проекции на чертеже также параллельны;

б) если прямые в пространстве пересекаются, то у них есть одна общая точка, на чертеже проекции этой точки будут находиться на одной линии связи;

в) если прямые в пространстве скрещиваются, то у них нет ни одной общей точки. На чертеже имеются проекции точек, которые называются конкурирующими.

Из двух конкурирующих точек будет видимой та, у которой соответствующая координата больше. На рисунке 6 точки  $C$  и  $D$  – горизонтально-конкурирующие ( $C$  – видимая, т.к. координата  $Z$  больше), а точки  $A$  и  $B$  – фронтально-конкурирующие ( $A$  – видимая, т.к. координата  $y$  у нее больше).

Для проецирования прямого угла в натуральную величину достаточно, чтобы одна из его сторон была параллельна плоскости проекций (т.е. чтобы одна из сторон являлась фронталью или горизонталью) (рис. 12).

### 1.2.2 Лекция 3. Взаимное положение прямой и плоскости и плоскостей.

*План лекции:*

1. Взаимное положение прямой и плоскости.
2. Пересечение прямой и плоскости.
3. Пересечение плоскостей.
4. Параллельность прямой и плоскости и плоскостей

*Цели и задачи:* организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению теоретическим материалом дисциплины и обеспечение формирования системы знаний по теме лекции.

*Ключевые вопросы:* Пересечение прямой и плоскости, двух плоскостей в частных случаях, когда один из пересекающихся элементов занимает проецирующее положение, и в общем случае (алгоритмы построения проекций точки пересечения прямой и плоскости и линии пересечения плоскостей общего положения). Параллельность прямой и плоскости, двух плоскостей.

#### Взаимное положение прямой линии и плоскости, двух плоскостей

Прямая и плоскость, а также плоскости между собой могут быть параллельными или пересекаться. Прямая параллельна плоскости, если она параллельна прямой, принадлежащей этой плоскости (рис. 13).

Признаком параллельности двух плоскостей является параллельность двух пересекающихся прямых одной плоскости, соответственно двум пересекающимся прямым второй плоскости (Рис.14).

#### Пересечение прямой и плоскости и плоскостей (частные случаи)

- 1) Пересечение проецирующей прямой с плоскостью общего положения (рис. 15).

Прямая, перпендикулярная плоскости проекций, проецируется на нее в виде точки. Следовательно, с этой точкой совпадает соответствующая проекция точки пересечения заданной прямой с плоскостью. Построение другой проекции точки пересечения выполняется из условия принадлежности точки плоскости (на рис. 15 точка  $K$  принадлежит плоскости  $\alpha$ , так как она принадлежит ее прямой  $l_2$  ( $K_2$  находится как точка пересечения прямой  $l_2$  с прямой  $a_2$ )). Видимость прямой  $a$  определяется по видимости конкурирующих точек.

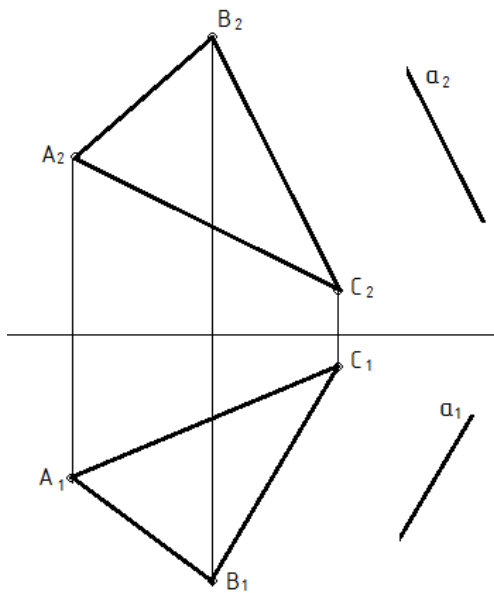


Рис. 13. Прямая  $a$ , параллельная плоскости, заданной плоскостью  $ABC$

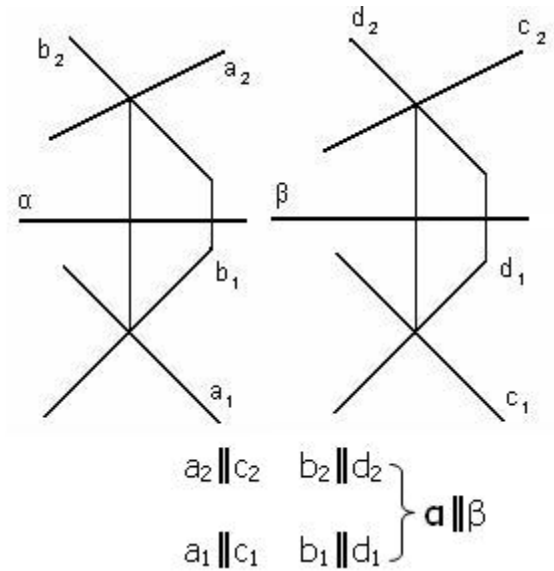


Рис. 14. Параллельность плоскостей

2) Пересечение прямой общего положения с проецирующей плоскостью (рис. 16).

Плоскость, перпендикулярная плоскости проекций, проецируется на нее в виде прямой линии. Следовательно, на этой прямой находится и соответствующая проекция точки пересечения заданной прямой с проецирующей плоскостью.

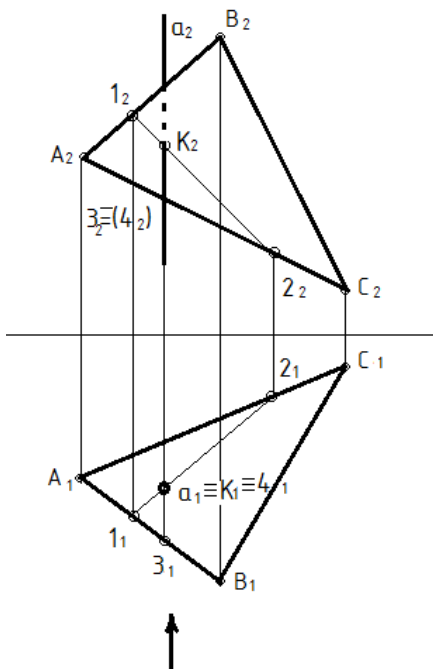


Рис. 15. Пересечение проецирующей прямой с плоскостью общего положения

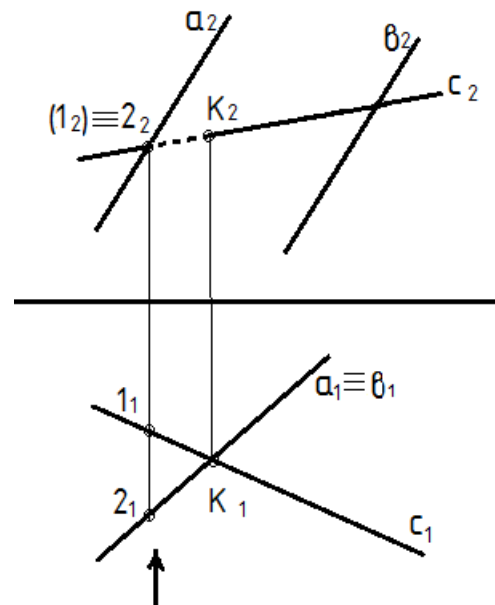


Рис. 16. Пересечение прямой общего положения с проецирующей плоскостью

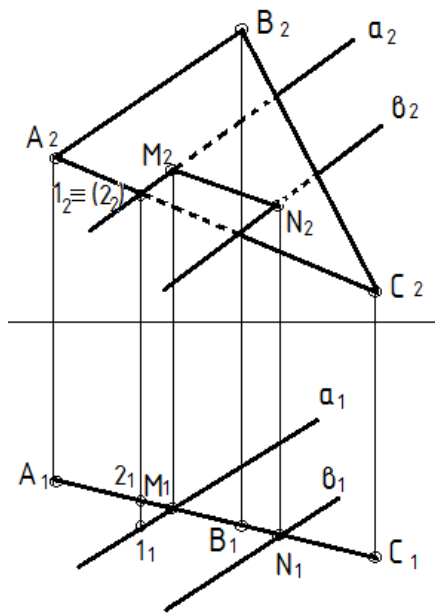


Рис. 17. Пересечение плоскости общего положения с проецирующей плоскостью

Построение другой проекции линии пересечения выполняется из условия принадлежности точки прямой (на рис. 17 точка М принадлежит прямой  $a$ , точка N – прямой  $b$ ). Видимость плоскостей определяется по видимости конкурирующих точек.

#### Пересечение прямой и плоскости и плоскостей (общие случаи)

##### 1) Пересечение прямой общего положения с плоскостью общего положения.

Если прямая и плоскость имеют общее положение (рис.18), то точка их пересечения определяется следующим образом:

а) прямую необходимо заключить во вспомогательную проецирующую плоскость

$(P \perp \Pi_1, P_1 \equiv A_1C_1)$ ;

б) построить линию пересечения заданной и вспомогательной плоскостей

$(P \cap \alpha (a//b) = MN)$ ;

в) найти искомую точку на пересечении полученной линии с заданной прямой ( $MN \cap AC = K$ );

г) определить видимость по конкурирующим точкам (для определения видимости на  $\Pi_1$  взяты точки  $N_1 \equiv 3_1$ , точка 3 – видимая, значит прямая AC, которой она принадлежит, в  $\Pi_1$  будет видимой; для определения видимости в плоскости  $\Pi_2$  взяты точки  $1_2 \equiv 2_2$ , точка 2 – невидимая, значит прямая AC, которой она принадлежит, в  $\Pi_2$  будет невидимой.

##### 2) Пересечение плоскостей общего положения (Рис. 19).

Точки, определяющие линию пересечения двух плоскостей общего положения, находятся с помощью двух вспомогательных плоскостей частного положения.

Построение другой проекции точки пересечения выполняется из условия принадлежности точки прямой (на рис. 16 точка К принадлежит прямой  $c$  ( $K_2$  находится на  $c_2$  по линиям связи)). Видимость прямой  $c$  определяется по видимости конкурирующих точек.

##### 3) Пересечение проецирующей плоскости с плоскостью общего положения (рис. 17).

Плоскость, перпендикулярная плоскости проекций, проецируется на нее в виде прямой линии. Следовательно, на этой прямой находится и линия пересечения заданной плоскости с проецирующей плоскостью.

- а) Для построения точки М использована горизонтально - проецирующая плоскость - посредник Q ( $Q_1$ ), в которую заключена прямая  $a$  плоскости  $\alpha$  ( $a//\theta$ ).
- б) Строим линию пересечения (на чертеже она задана точками 1 и 2) плоскости-посредника Q ( $Q_1$ ) и плоскости ABC.
- в) Находим точку М пересечения прямой 1 - 2 с прямой  $\theta$ . Найдена одна точка М искомой линии пересечения.
- г) Для построения точки N использована горизонтально – проецирующая плоскость P ( $P_1$ ), в которую заключена прямая  $\theta$  плоскости  $\alpha$  ( $a//\theta$ ). Построения аналогичны предыдущим.
- д) Определение видимости на плоскости  $\Pi_1$  выполнено с помощью горизонтально - конкурирующих точек 4 и 5.
- Точка 4 расположена над точкой 5 ( $4_2$  и  $5_2$ ), поэтому на плоскости  $\Pi_1$  плоскости  $\alpha$  ( $a//\theta$ ), расположенная в сторону точки 4, закрывает собой часть треугольника ABC, расположенную от линии пересечения в сторону точки 5. С помощью пары фронтально - конкурирующих точек 6 и 7 определена видимость на плоскости  $\Pi_2$ .

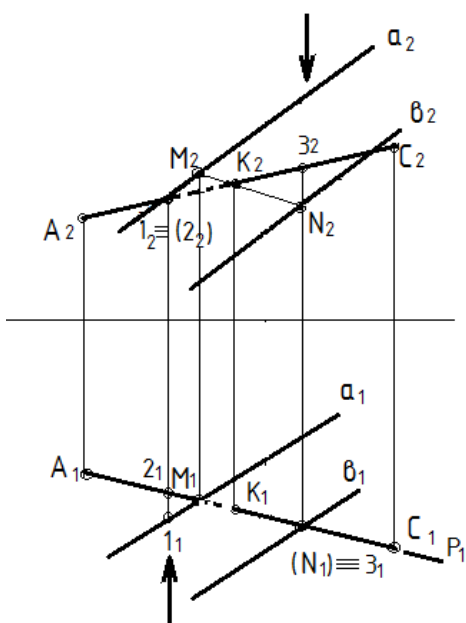


Рис. 18. Пересечение прямой и плоскости общего положения

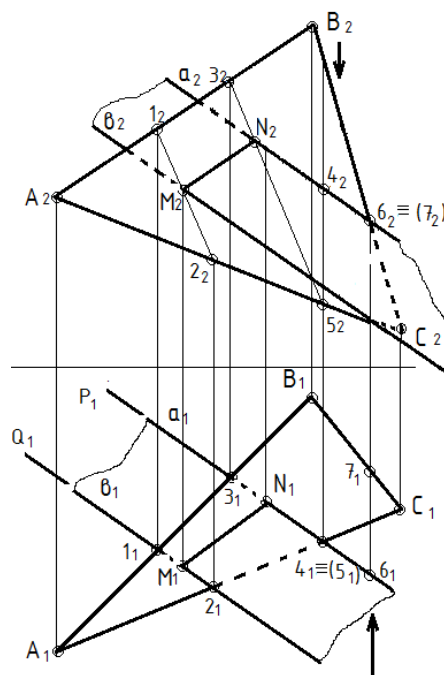


Рис. 19. Пересечение плоскостей общего положения

### Вопросы для самопроверки

1. Как изображаются в системе  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ :
  - а) две параллельные прямые линии;
  - б) две пересекающиеся прямые линии;

- в) две скрещивающиеся прямые линии.
2. При каком условии прямой угол проецируется на плоскости проекций без искажения?
  3. Назовите условие принадлежности прямой линии и точки плоскости.
  4. Какие положения может занимать прямая линия относительно произвольной плоскости?
  5. Назовите условие параллельности прямой линии и плоскости.
  6. Какие этапы построения точки пересечения прямой линии и плоскости?
  7. Какой случай пересечения прямой и плоскости является общим?
  8. Как могут располагаться в пространстве две плоскости относительно друг друга?
  9. Назовите условие параллельности плоскостей.
  10. Как можно по чертежу судить о взаимной параллельности двух плоскостей?

### **1.3 Способы преобразования комплексного чертежа**

#### ***Лекция 4.***

##### *План лекции:*

1. Виды способов преобразованием комплексного чертежа.
2. Преобразование чертежа способом замены плоскостей проекций.
3. Преобразование чертежа способом вращения.
4. Преобразование чертежа способом плоско-параллельного перемещения.

*Цели и задачи:* организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению теоретическим материалом дисциплины и обеспечение формирования системы знаний по теме лекции.

*Ключевые вопросы:* назначение и виды способов преобразования. Четыре основные задачи, решаемые способами преобразования.

В курсе начертательной геометрии под преобразованием комплексного чертежа фигуры обычно понимается его изменение, вызванное перемещением фигуры в пространстве, или введением новых плоскостей проекций, или использованием других видов проецирования. Применяя способы преобразования комплексного чертежа, можно решать многие задачи, связанные с определением натуральной величины отрезков, углов, плоских фигур, а также заданием им нужного положения.

С помощью способов преобразования решают следующие 4 основные задачи:

1. Преобразовать чертеж так, чтобы прямая общего положения оказалась параллельной одной из плоскостей проекций (т.е. стала прямой уровня). При этом преобразовании определяется натуральная величина прямой и угол ее наклона к плоскости проекций.

2. Преобразовать чертеж так, чтобы прямая уровня оказалась перпендикулярной одной из плоскостей проекций (т.е. стала проецирующей прямой)

3. Преобразовать чертеж так, чтобы плоскость общего положения стала проецирующей. При этом преобразовании определяется угол наклона плоскости к плоскости проекций.

4. Преобразовать чертеж так, чтобы проецирующая плоскость заняла положение плоскости уровня. При этом преобразовании определяется натуральная величина плоскости.

#### Метод замены плоскостей проекций

Метод замены плоскостей проекций состоит в том, что вместо одной из плоскостей проекций вводится новая плоскость, перпендикулярная к другой плоскости проекций (рис. 20).

Для получения плоского чертежа точки  $A$  плоскость  $\Pi_4$  вращают вокруг оси  $x_1$  до совмещения с плоскостью  $\Pi_1$ .

Новая фронтальная проекция  $A_1''$  точки  $A$  окажется на общем перпендикуляре к новой оси  $x_1$  с оставшейся без изменения ее проекции  $A'$ .

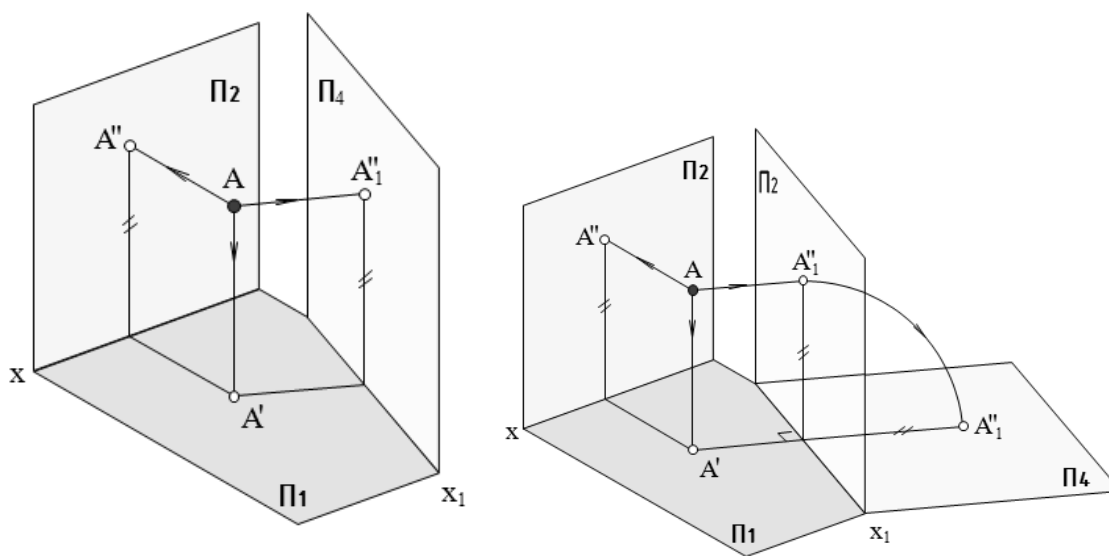


Рис. 20. Способ замены плоскостей проекций

Решение задачи №1 (рис. 21).

Проводим новую ось  $x$  параллельно отрезку  $AB$ . В левой части получили фронтальную прямую уровня и угол наклона прямой к горизонтальной плоскости проекций, а в правой части получили горизонтальную прямую уровня и угол наклона прямой к фронтальной плоскости.

Через незаменяемую проекцию отрезка проводим новые линии проекционной связи перпендикулярно новой оси, затем от новой оси по линии проекционной связи откладываем



отрезки, длина которых равна расстояниям от заменяемой проекции до старой оси, а полученные при этом точки и есть новые проекции.

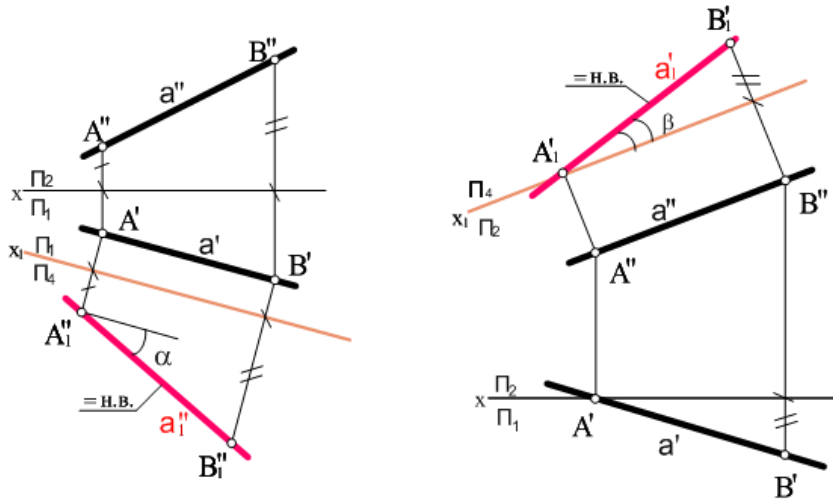


Рис. 21. Алгоритм 1

Решение задачи № 2 (рис. 22)

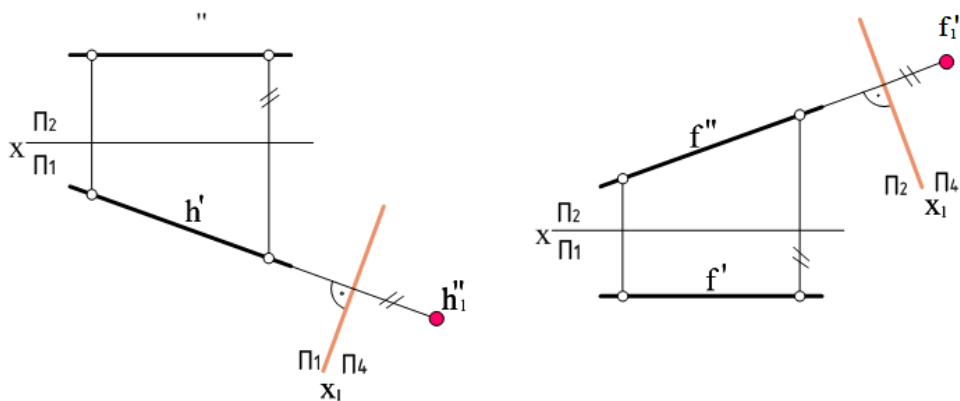


Рис. 22. Алгоритм 2

Проводим новую ось  $x$  перпендикулярно отрезку  $AB$ . В левой части рисунка 22 проводят новую ось перпендикулярно горизонтальной проекции прямой, при этом прямая становится фронтально-проецирующей. В правой части рисунка показано преобразование прямой в горизонтально-проецирующую.

Решение задачи № 3 (рис. 23).

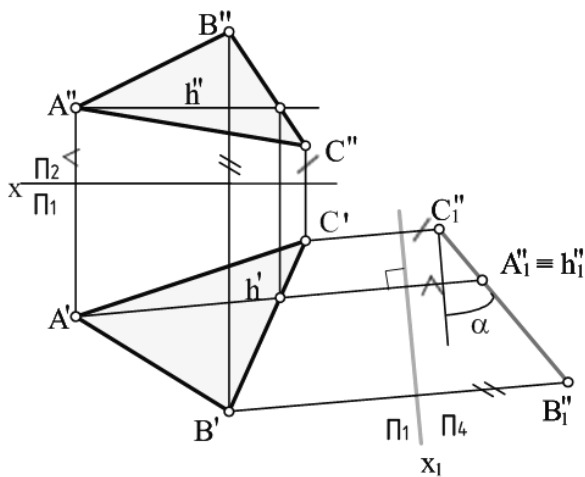


Рис 23. Алгоритм 3

Сначала в плоскости проводят горизонталь или фронталь (если необходимо плоскость преобразовать во фронтально-проецирующую, то проводят горизонталь, а если в горизонтально-проецирующую, то фронталь).

Затем перпендикулярно натуральной величине горизонтали проводят новую ось  $x$ . От нее откладываются расстояния, взятые из заменяемой плоскости. При этом преобразовании плоскость спроецируется в прямую, а угол между этой прямой и новой осью  $x$  является углом наклона плоскости к плоскости проекций (рис. 23).

Решение задачи № 4 (рис. 24).

В этом случае новую ось  $x$  проводят параллельно вырожденной проекции плоскости.

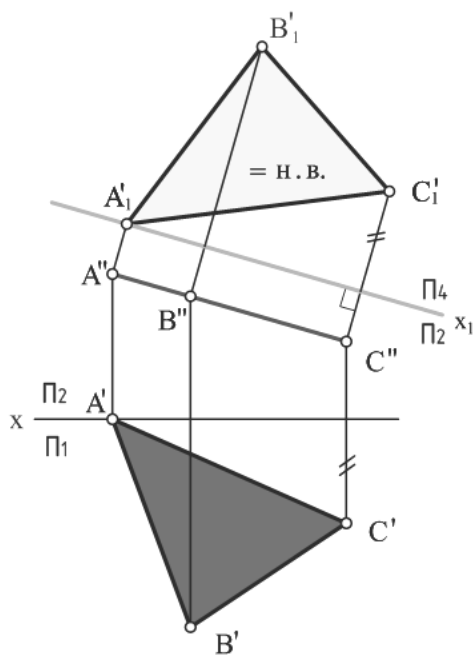


Рис. 24. Алгоритм 4

### Способ вращения

При преобразовании комплексного чертежа возможно изменение положения заданных геометрических элементов относительно плоскостей проекций при неизменном положении основных плоскостей проекций. Это осуществляется путем вращения этих элементов вокруг некоторой оси (проецирующей или уровня) до тех пор, пока эти элементы не займут частное положение в исходной системе плоскостей. Такое преобразование комплексного чертежа носит название *способа вращения* (рис. 25).

В качестве оси вращения в этом случае удобнее всего выбирать проецирующие прямые или прямые уровня, тогда точка будет вращаться в плоскостях, параллельных или перпендикулярных плоскостям проекций.

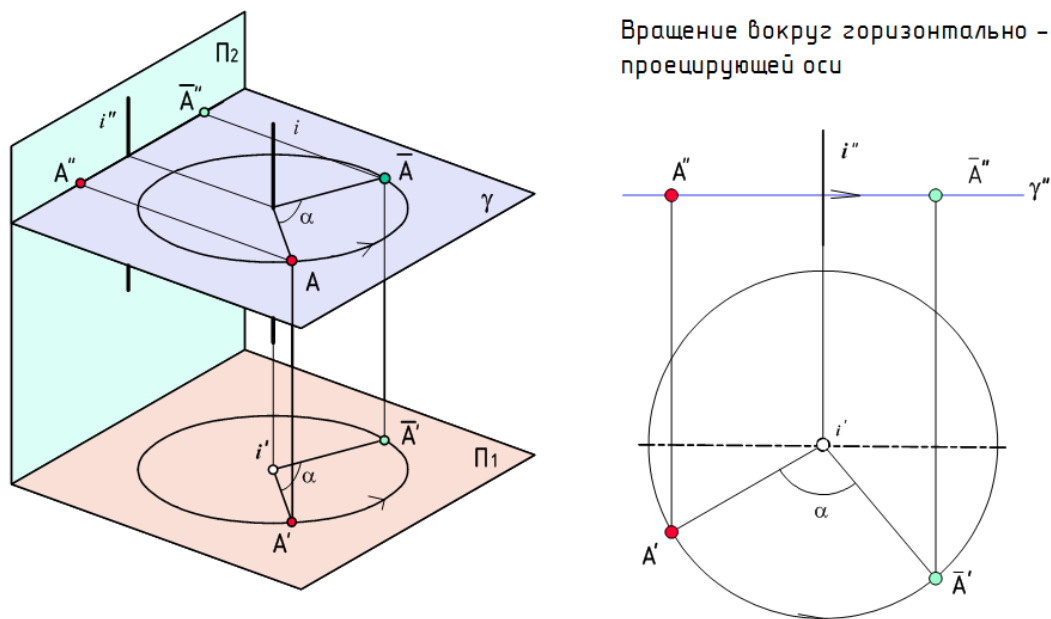


Рис. 25. Способ вращения

### Решение задачи № 1

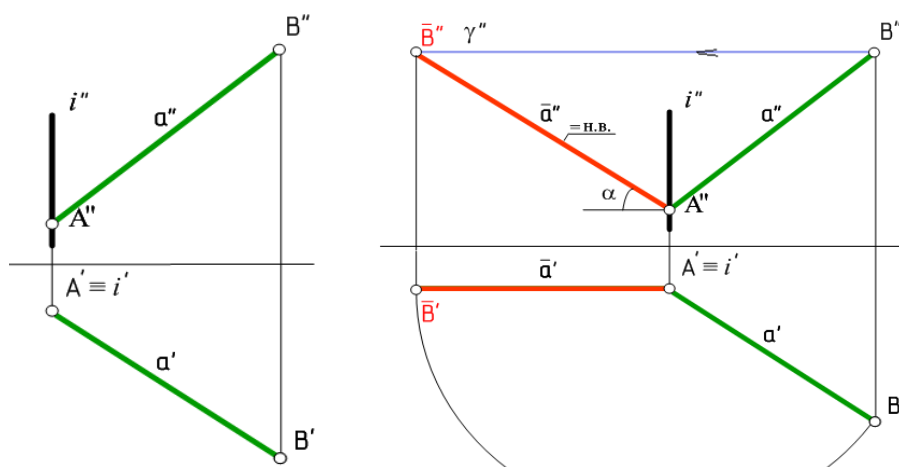


Рис. 26. Алгоритм 1

Выбираем ось вращения в одном из концов отрезка (в точке  $A^1$ ). В этом случае ось является горизонтально-проецирующей, т.е. ее горизонтальная проекция совпадает с точкой  $A^1$  (рис. 26). Поворачиваем вокруг оси проекцию  $B^1$  так, чтобы проекция отрезка  $A^1B^1$  стала параллельна оси  $x$ . При этом точка  $A$  остается неподвижной, точка  $B$  в горизонтальной плоскости перемещается по окружности, а во фронтальной – по прямой, параллельной оси  $x$ .

В данной задаче получили фронтальную прямую уровня, ее натуральную величину и угол наклона прямой к плоскости  $\Pi_1$ . Для нахождения угла наклона к плоскости  $\Pi_2$  необходимо прямую преобразовать в горизонтальную прямую уровня, т.е. ось вращения выбирать фронтально-проецирующую.

### Решение задачи № 2

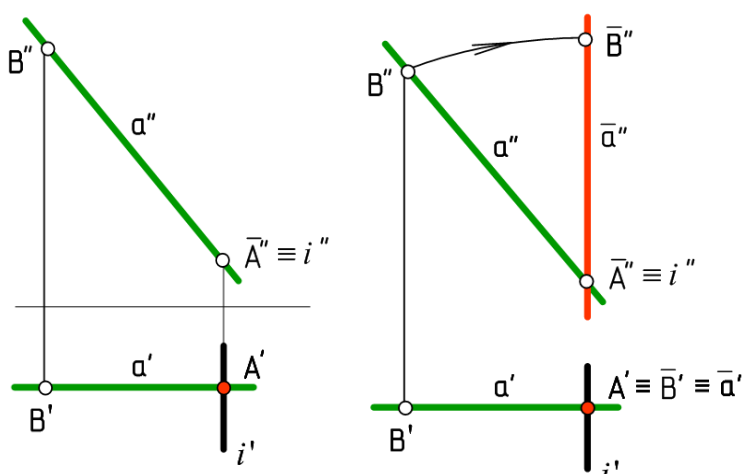


Рис. 27. Алгоритм 2

В данной задаче прямая является фронтальной прямой уровня, т.е. в натуральную величину проецируется на  $\Pi_2$  (рис. 27). Следовательно, ось вращения выбираем фронтально-проецирующей, совпадающей с  $A''$ . Поворачиваем проекцию  $B''$  до тех пор, пока  $A''B''$  не станет перпендикулярна оси  $x$ . При этом  $B'$  переместится по прямой, параллельной оси  $x$ .

В данной задаче прямую преобразовали в горизонтально-проецирующую. Для получения фронтально проецирующей прямой, необходимо, чтобы изначально прямая являлась горизонтальной прямой уровня.

### Решение задачи № 3

Сначала в плоскости проводят горизонталь или фронталь (если необходимо плоскость преобразовать во фронтально-проецирующую, то проводят горизонталь, а если в горизонтально-проецирующую, то фронталь).

В данной задаче проведена горизонталь (рис. 28). Затем выбирают ось вращения в одной из вершин плоскости (в той, из которой проводили горизонталь). Плоскость треугольника перемещается в пространстве до тех пор, пока горизонталь  $h^1$  треугольника не

станет перпендикулярна к фронтальной плоскости проекций  $\Pi_2$ . При этом в  $\Pi_1$  все точки плоскости перемещаются по дуге, а в  $\Pi_2$  по прямым, параллельным оси  $x$ .  
 В данной задаче плоскость преобразовали во фронтально-проецирующую.

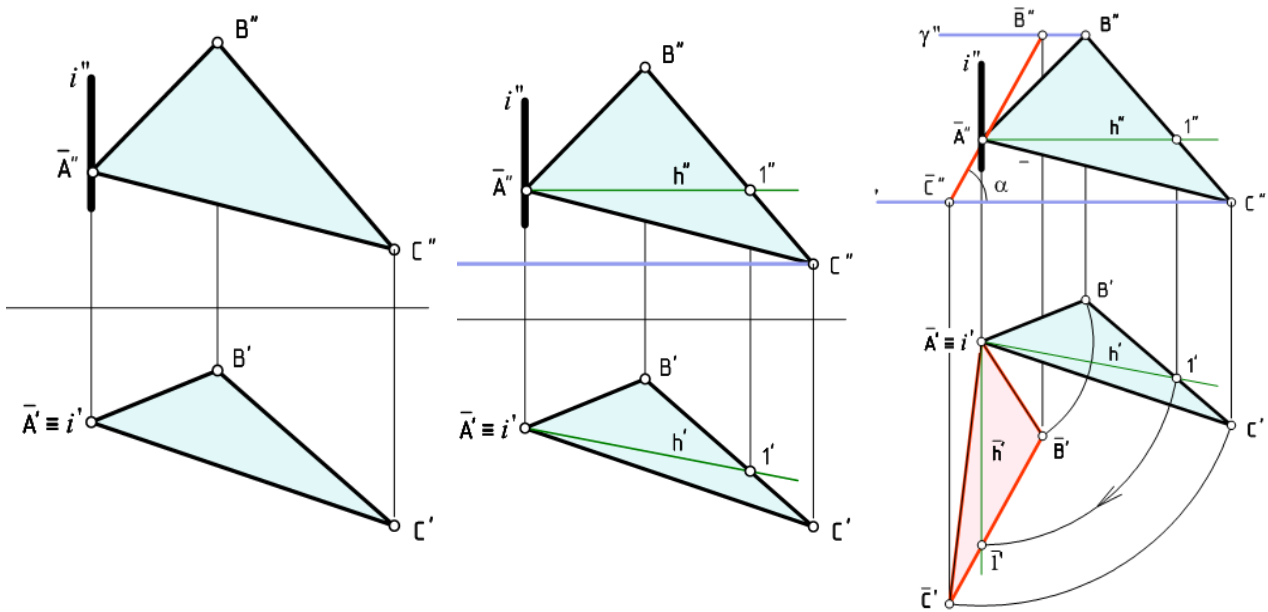


Рис. 28. Алгоритм 3

#### Решение задачи № 4

В данной задаче плоскость занимает фронтально-проецирующее положение. Следовательно ось вращения выбираем перпендикулярную  $\Pi_2$ , т.е. той, плоскости, где фигура имеет вырожденную проекцию, которую поворачивают до тех пор, пока она не будет параллельна одной из плоскостей проекций (рис. 29).

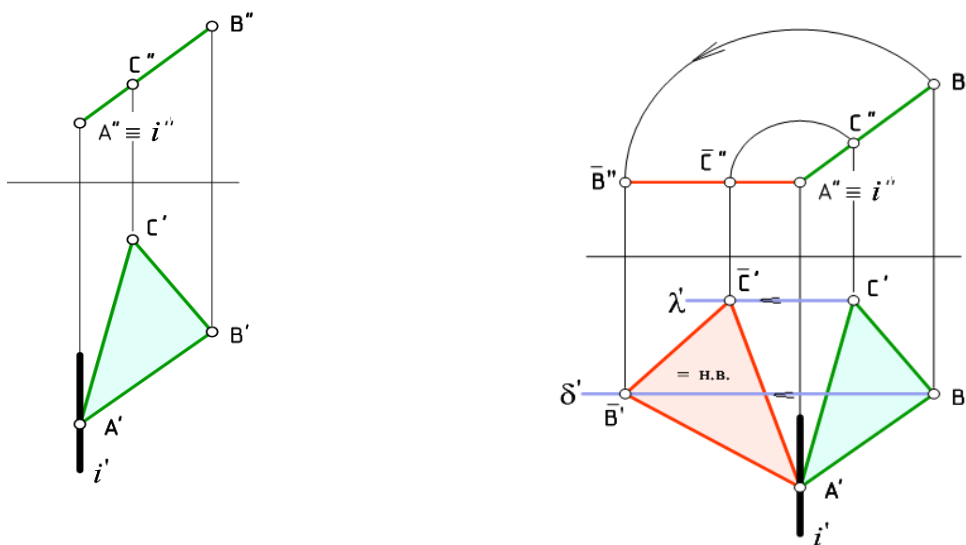


Рис. 29. Алгоритм 4

**Задача.** Определить натуральную величину плоскости общего положения.

**Решение.** Задача решается в 2 этапа (рис. 30). На первом этапе плоскость преобразуют в плоскость проецирующую (алгоритм 3), а на втором этапе проецирующую плоскость преобразуют в плоскость уровня (алгоритм 4).

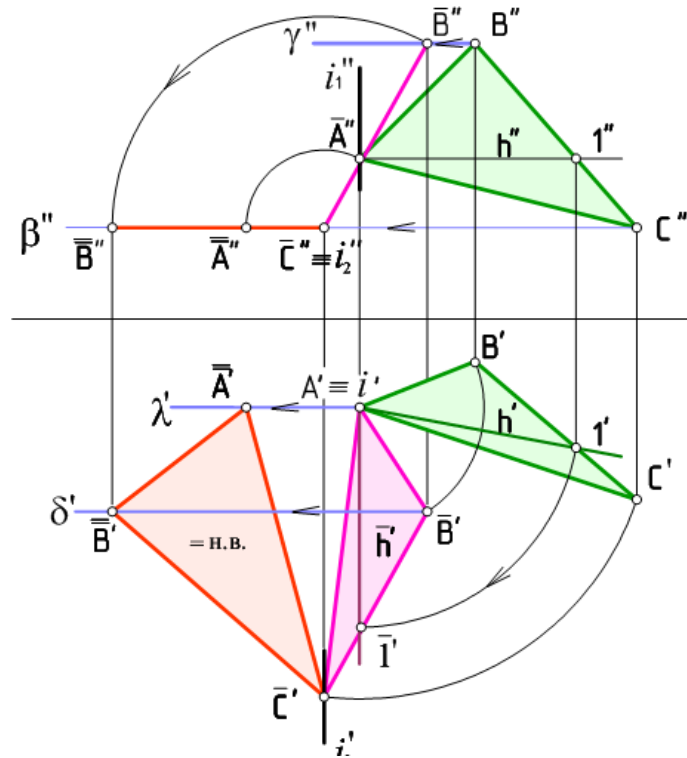


Рис. 30. Определение натуральной величины плоскости общего положения

#### Способ плоскопараллельного перемещения

Способ плоскопараллельного перемещения – это один из способов преобразования комплексного чертежа, который основан на том, что при параллельном переносе геометрического тела относительно плоскости проекций проекция его на эту плоскость не меняет своей формы и размеров, хоть и меняет положение. При этом если точка перемещается в плоскости, параллельной  $\Pi_1$ , то ее фронтальная проекция изображается в виде прямой, параллельной оси  $ox$  ( $\Pi_2/\Pi_1$ ). Если же точка перемещается в плоскости, параллельной  $\Pi_2$ , то ее горизонтальная проекция изображается в виде прямой, параллельной той же оси.

Способ аналогичен способу вращения, но без указания осей вращения. Поэтому рассмотрим лишь 1 алгоритм, т.к. все алгоритмы способа плоскопараллельного перемещения аналогичны способу вращения.

Решение задачи № 1

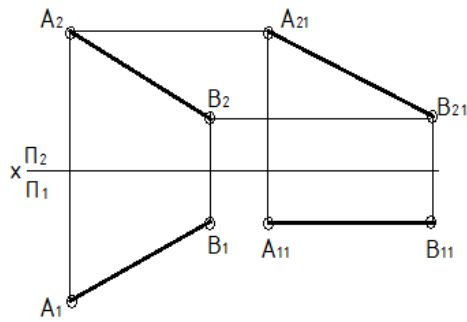


Рис. 31. Алгоритм 1

Решение задачи № 3 и 4

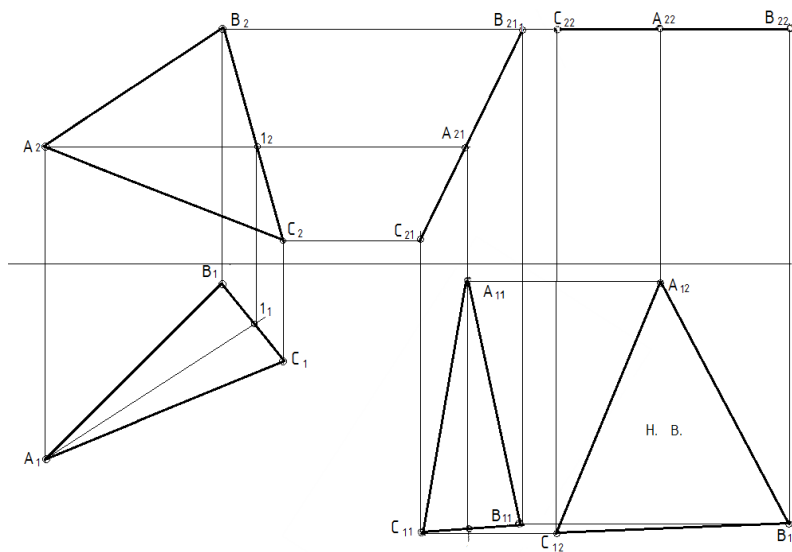


Рис. 32. Определение натуральной величины плоскости общего положения

### Вопросы для самопроверки

1. Какие основные задачи решаются с помощью способов преобразования комплексного чертежа?
2. В чем суть способа замены плоскостей проекций?
3. В чем суть способа вращения?
4. В чем суть способа плоскопараллельного перемещения?
5. Как определить истинную величину прямой общего положения:
6. Какие преобразования нужно осуществить, чтобы определить истинную величину плоской фигуры общего положения?
  - способом замены?
  - способом вращения?
  - способом плоскопараллельного перемещения?

## 1. 4 Поверхности

### 1.4.1 Лекция 5 Многогранники

План лекции:

1. Изображение многогранников на чертеже.
2. Правильные многогранники.
3. Точки и линии на поверхности многогранника.
4. Пересечение многогранника плоскостью и прямой линией.
5. Взаимное пересечение многогранников.

*Цели и задачи:* организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению теоретическим материалом дисциплины и обеспечение формирования системы знаний по теме лекции.

*Ключевые вопросы:* общие сведения о многогранных поверхностях; термины и определения; образование, задание и изображение поверхности на чертеже. Проекция поверхностей (частные случаи). Многогранники, их сечения проецирующими плоскостями. Понятие линии пересечения; общий алгоритм построения линии пересечения. Определение истинной величины сечения. Точки пересечения многогранника и прямой линии.

Многогранником называется тело, ограниченное плоскими многоугольниками – гранями, пересекающимся по прямым, называемым ребрами. Многогранник называется правильным, если его грани являются правильными многоугольниками. Линия, ограничивающая проекцию многогранника, называется очерком.

Построение чертежей призм и пирамид сводится по существу к построению проекций точек (вершин) и отрезков прямых – ребер.

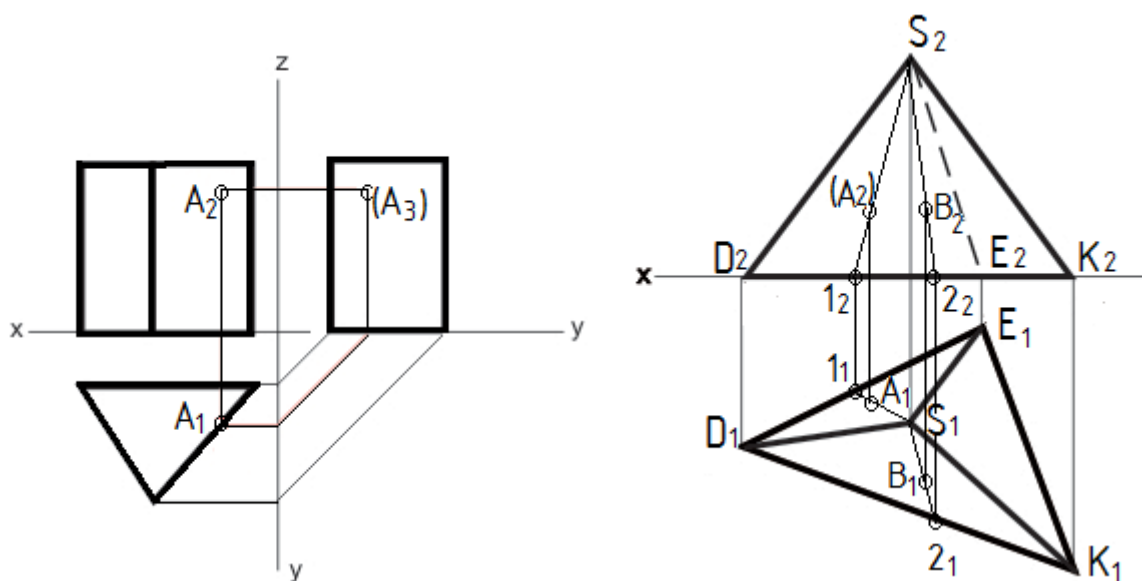


Рис. 33. Принадлежность точки поверхности многогранника



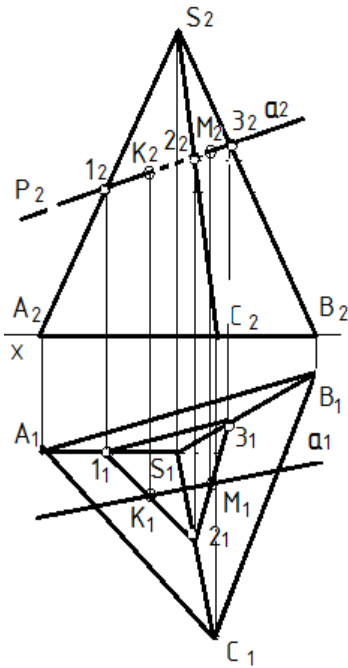


Рис. 34. Пересечение пирамиды с проецирующей плоскостью

ребрам (прямым линиям) и граням (плоскостям).

Линия пересечения плоскости и многогранника – плоский многоугольник, построение которого требует многократного решения задачи о нахождении точки пересечения прямой с плоскостью. Точки, в которых ребра многогранника пересекаются с заданной плоскостью, будут вершинами искомого многоугольника.

Тот же результат можно получить сведением задачи к построению линий пересечения плоскости с гранями тела.

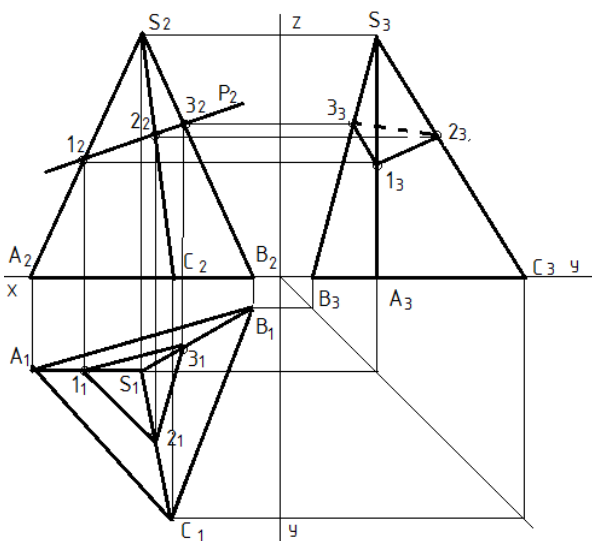


Рис. 35. Пересечение многогранника с прямой линией

Чтобы построить проекции точки, принадлежащей поверхности многогранника, необходимо предварительно провести прямую, принадлежащую многограннику, а затем на проекциях этой прямой строить проекции точки.

Прямая принадлежит поверхности многогранника, если она проходит через две точки, принадлежащие грани многогранника.

На рисунке 33 недостающие проекции точек на поверхности призмы и пирамиды по заданным фронтальным проекциям строятся по принадлежности

На рисунке 34 изображена пирамида, которую пересекает фронтально-проецирующая плоскость  $P$ . Плоскость пересекает ребра  $AS$ ,  $CS$ ,  $BS$  в точках 1, 2, 3. Следовательно, фигурой сечения является треугольник 123. Проекции точек построены с помощью линий связи, исходя из условия принадлежности точек прямой (1 принадлежит прямой  $AS$ , 2 – прямой  $CS$ , 3 – прямой  $BS$ ).

Задача определения точек пересечения прямой линии с многогранником сводится к

нахождению точек пересечения прямой с плоскостями граней (рис. 35):

- 1) Прямую заключают во вспомогательную проецирующую плоскость ( $P \perp P_2, P_2 \equiv a_2$ );
- 2) Находят линию пересечения вспомогательной плоскости с поверхностью многогранника (линия 123);
- 3) Определяют точки входа и выхода прямой там, где полученная ломаная линия пересекает заданную прямую ( $1_1 2_1 3_1 \cap a_1 = K_1 M_1$ );
- 4) Определяют видимость прямой по видимости ребер и граней многогранника (участок КМ прямой  $a$  – невидимый).

#### ***1.4.2 Лекция 6. Пересечение и развертки многогранников.***

*План лекции:*

1. Взаимное пересечение многогранников.
2. Развертки многогранников.

*Цели и задачи:* организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению теоретическим материалом дисциплины и обеспечение формирования системы знаний по теме лекции.

*Ключевые вопросы:* виды линии взаимного пересечения. Способы построения линии пересечения. Определение видимости линии пересечения и поверхностей. Понятие развертки. Способы построения разверток многогранников (нормального сечения, треугольников, раскатки).

Линия пересечения двух многогранников может быть построена двумя способами: а) определением точек пересечения ребер одного многогранника с гранями другого; б) определением отрезков прямых, по которым пересекаются грани многогранников.

Преимущество отдается тому из способов, который дает более простое решение. Иногда эти два способа целесообразно комбинировать.

Если один многогранник частично пересекается другим, то линия их взаимного пересечения представляет собой одну замкнутую пространственную ломаную линию. Такое взаимное пересечение выпуклых многогранников называют неполным прониканием или врезкой.

Если один многогранник полностью пересекается вторым многогранником, то получают две линии их пересечения - линию входа одного многогранника в другой и линию выхода. Такое взаимное пересечение многогранников называют полным прониканием.

На рисунке 36 показаны графические построения при определении на эюре Монжа линии пересечения при полном проницании прямой треугольной призмы и треугольной пирамиды.

Призма своим основанием стоит на горизонтальной плоскости проекций  $\Pi_1$ . Горизонтальные проекции ее вертикальных ребер проецируются в точки. Грани боковой поверхности призмы в горизонтальной их проекции преобразуются в отрезки прямых, т. е. эти грани представляют собой части горизонтально -проецирующих плоскостей.

Линия пересечения двух многогранников определяется по точкам пересечения ребер одного многогранника с гранями другого многогранника.

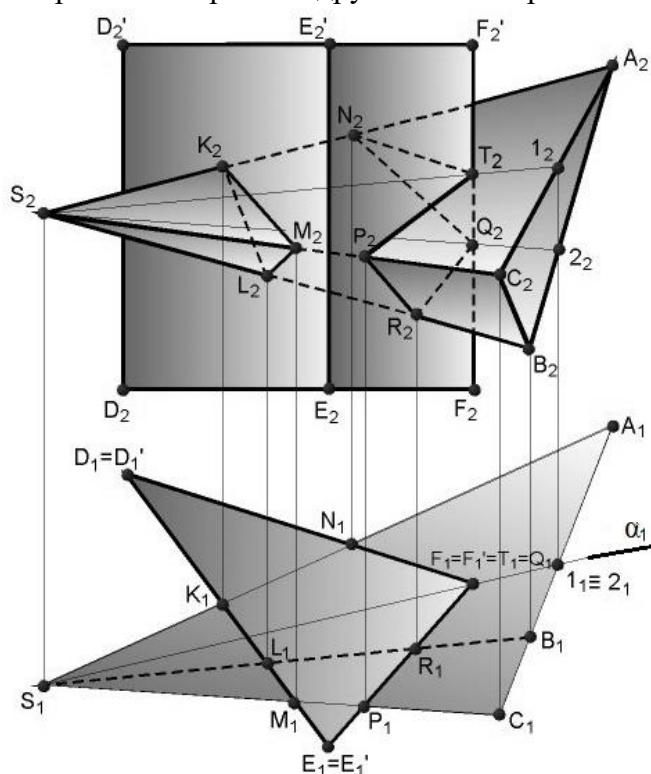


Рис. 36. Пересечение многогранников

Разверткой называется плоская фигура, полученная при совмещении поверхности геометрического тела с одной плоскостью (без наложения граней или иных элементов поверхности друг на друга).

Поверхность называется развертывающейся, если она может быть совмещена с плоскостью без разрывов и складок. Многогранник – развертывающаяся поверхность.

Построение развертки боковой поверхности многогранника осуществляется в два основных этапа:

1) определением истинных размеров всех элементов каждой ее грани. Именно благодаря им можно построить изображение этой поверхности в натуральную величину;

2) последовательное построение каждой грани в натуральную величину исходя из найденных раньше элементов.

Для получения полной развертки призмы необходимо к развертке боковой поверхности пристроить верхнее и нижнее основания (рис. 37).

Для получения полной развертки пирамиды необходимо к развертке боковой поверхности пристроить основание. Боковая развертка строится по методу треугольников, т.е. совмещение всех треугольников, из которых состоят грани, в одну плоскость (рис. 37).

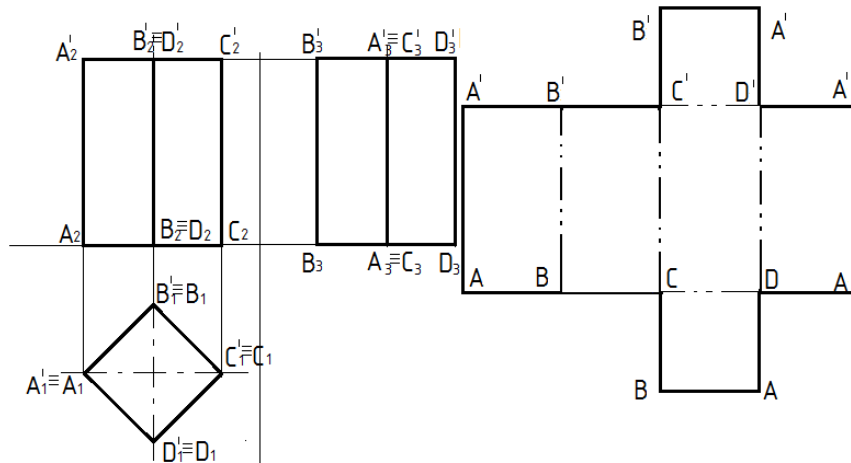


Рис. 37. Построение полной развертки прямой правильной призмы

Построение развертки призмы начинают с развертки ее основания. На произвольно проведенной прямой откладывают последовательно все натуральные величины ребер основания. Затем от каждой полученной вершины основания перпендикулярно полученным

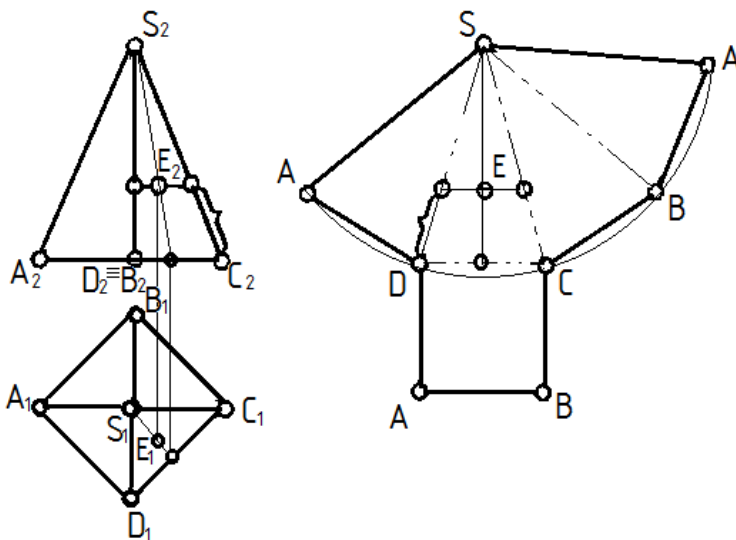


Рис. 38. Построение полной развертки правильной пирамиды

отрезкам (т.к. призма прямая) откладывают натуральные величины боковых ребер. А уже затем пристраивают основания. Если призма усеченная, то длины ребер будут различными, а вместо верхнего основания пристраивают натуральную величину сечения.

Развертку пирамиды (рис. 38) начинают с построения вершины  $S$ . Затем в произвольном направлении откладывают длину первого ребра  $AS$ .

Так как пирамида правильная, то все ее боковые ребра равны между собой, поэтому можно из вершины  $S$  провести дугу радиусом  $AS$ , на которой будут лежать точки  $B, C, D$ . Для их нахождения на дуге от точки  $A$  последовательно откладывают отрезки, равные ребрам основания пирамиды. Затем к любому из полученных отрезков пристраивают основание пирамиды. Если на развертку необходимо нанести точку, лежащую на поверхности пирамиды, то через точку предварительно проводят вспомогательную прямую. На рисунке 38 показано построение точки  $E$ , лежащей на поверхности пирамиды.

### **1.4.3 Лекция 7. Кривые поверхности. Поверхности вращения**

*План лекции:*

1. Классификация кривых поверхностей.
2. Поверхности вращения.
3. Точка и линия на кривой поверхности.
4. Пересечение поверхности плоскостью.
5. Взаимное пересечение кривых поверхностей.
6. Развертки кривых поверхностей.

*Цели и задачи:* организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению теоретическим материалом дисциплины и обеспечение формирования системы знаний по теме лекции.

*Ключевые вопросы:* виды кривых поверхностей. Образование, задание и изображение поверхности на чертеже. Поверхности вращения: образующая и ось вращения поверхности, очерк поверхности; характерные линии на поверхности вращения (параллели, экватор, горло, линии меридиональных сечений). Примеры поверхностей вращения (круговые прямые цилиндр, конус, сфера, тор). Плоские сечения поверхностей вращения (цилиндра, конуса, сферы, кольцевого тора). понятие линии пересечения, общий алгоритм построения линии пересечения. Способ вспомогательных секущих плоскостей уровня. Особые случаи пересечения поверхностей вращения. Способы построения разверток многогранников, цилиндрических, конических и других поверхностей (метод нормального сечения, треугольников, раскатки, аппроксимация поверхности и приближенные развёртки, условные развертки неразвертывающихся поверхностей).

Поверхностью вращения называют поверхность, получающуюся от вращения некоторой образующей линии вокруг неподвижной прямой – оси поверхности. Они могут быть линейчатыми, например конус или цилиндр вращения, однополостный гиперboloид,

тор и нелинейчатыми или криволинейными, например сфера, эллипсоид, параболоид и двухполостный гиперболоид.

Цилиндрическая и коническая поверхности вращения образуются путем вращения прямой линии вокруг оси. Сфера (шар) – поверхность, образованная вращением окружности вокруг своего диаметра. Тор – поверхность, образованная вращением окружности вокруг оси, лежащей в плоскости окружности, не проходящей через центр.

Среди криволинейных поверхностей вращения отметим эллипсоид, параболоид и двухполостный гиперболоид, образующиеся при вращении кривых линий, – эллипса, параболы, гиперболы. Указанные кривые линии располагаются симметрично относительно своей оси, которая является осью вращения. При вращении параболы вокруг своей оси образуется одна поверхность. При вращении же эллипса или гиперболы образуются по две поверхности, так как у этих кривых имеются по две оси.

Линия принадлежит поверхности, если все ее точки принадлежат этой поверхности. Исключение составляет случай, когда линия представлена прямой, а поверхность — плоскостью. В этом случае для принадлежности прямой плоскости достаточно, чтобы хотя бы две точки ее принадлежали этой поверхности.

Точка принадлежит поверхности, если она лежит на линии, расположенной на этой поверхности.

Строить точку на поверхностях вращения удобнее всего с помощью параллелей поверхности (плоскость, параллельная плоскости проекции). На рисунке 39 а через проекцию  $A_2$  проведена параллель, а на плоскости  $\Pi_1$  проводим окружность радиуса  $R$  (параллель на  $\Pi_1$  проецируется в окружность), на которую опускаем линию связи и находим  $A_1$ . Радиус параллели определяется как расстояние от оси до образующей.

Так как точка  $A$  во фронтальной плоскости невидимая, то ее горизонтальная проекция будет лежать на той стороне окружности, которая расположена дальше от наблюдателя. Точку  $B$  находим аналогично, только радиус параллели будет  $R_1$  и точка  $B$  – видимая.

Положение точки на боковой поверхности конуса можно определить и с помощью образующей, проходящей через заданную точку (рис. 39 б). А точка  $C$  лежит на основании конуса, поэтому дополнительных построений не требуется.

При пересечении поверхности с плоскостью в сечении получают плоскую кривую линию.

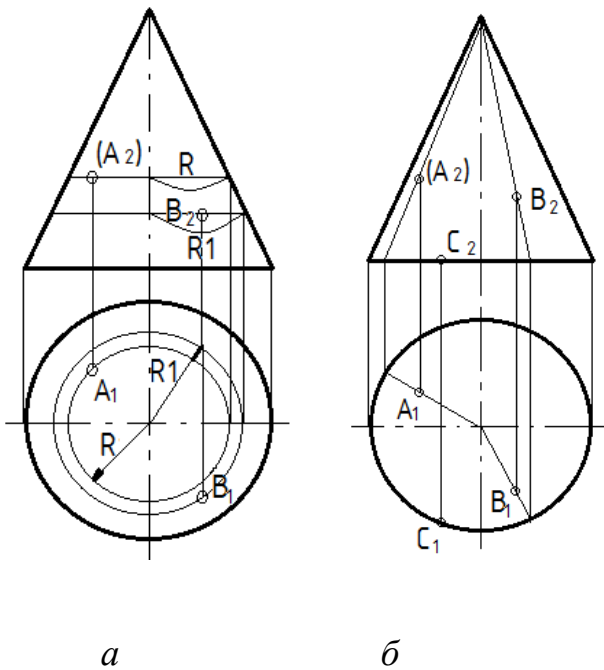


Рис. 39. Точка на поверхности вращения

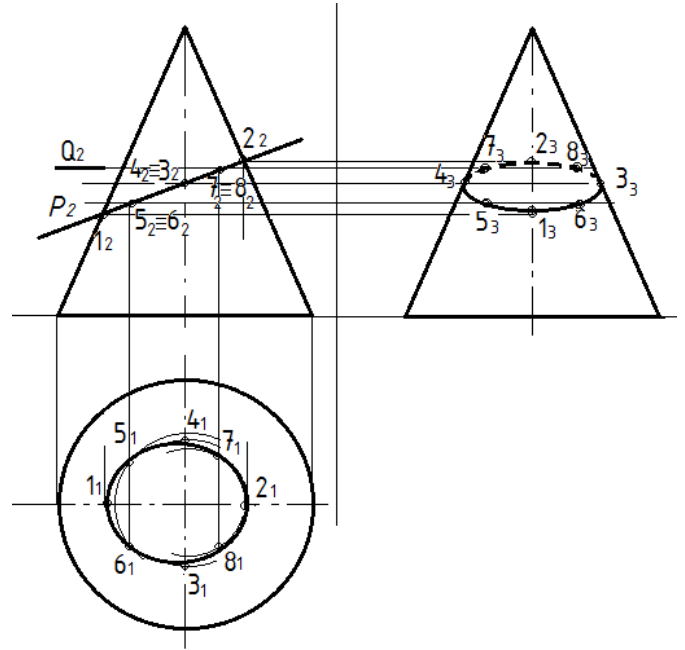


Рис. 40. Пересечение поверхности вращения проецирующей плоскостью

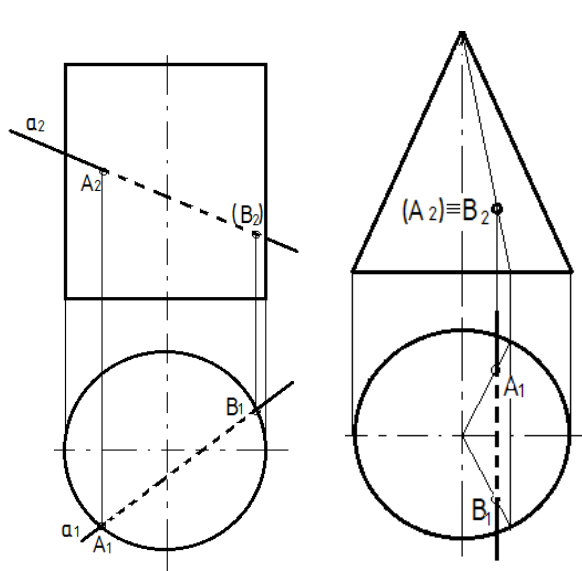
Рассмотрим случай пересечения поверхности плоскостью частного положения (рис. 40), так как в случае наличия секущей плоскости общего положения чертеж всегда можно преобразовать так, чтобы секущая плоскость стала проецирующей.

Линию пересечения строят по отдельным точкам. Сначала выявляют и строят опорные точки (левая и правая – очерковые, высшая и низшая, ближняя и дальняя, а также точки видимости, расположенные на контурных линиях и делящие линию пересечения на видимую и невидимую части). В тех случаях, когда проекция линии пересечения не полностью определяется этими точками, строят дополнительные, промежуточные точки, расположенные между опорными.

Чтобы найти промежуточные точки кривой и точки, не лежащие на очерке, применяют метод проведения вспомогательных плоскостей-посредников, дающих в сечении простые фигуры, например окружности, и на проекциях этих фигур находят промежуточные точки.

#### *Частные случаи пересечения прямой с поверхностью вращения*

В тех частных случаях, когда поверхность тела вращения перпендикулярна одной из плоскостей проекций, применять вспомогательные проецирующие плоскости нецелесообразно, так как одна из проекций точек входа и выхода уже выявлена на чертеже (рис. 41а).



*а* *б*  
 Рис. 41. Частные случаи пересечения прямой с поверхностью вращения

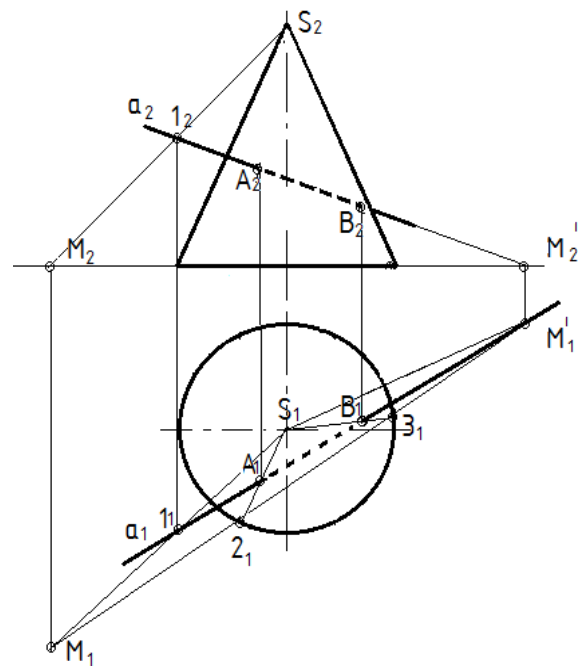


Рис. 42. Общий случай пересечения прямой с телом вращения

В тех частных случаях, когда прямая, пересекающая поверхность тела, перпендикулярна одной из плоскостей проекций, также одна из проекций точек входа и выхода уже выявлена на чертеже, а другую находят с помощью параллели, проведенной через точку или при помощи дополнительной образующей, проведенной через точку (рис. 41 б).

*Общий случай пересечения прямой с поверхностью вращения*

Нахождение точек пересечения прямой общего положения с поверхностью конуса решается при помощи вспомогательной плоскости, проходящей через заданную прямую и вершину конуса.

Для примера возьмем прямой круговой конус и прямую *a* общего положения, пересекающую его коническую поверхность (рис. 42). Для определения точек пересечения достаточно вершину конуса *S* соединить прямой с произвольной точкой 1, находящейся на прямой *a*, найти горизонтальный след этой прямой *M* и данной прямой *N*.

Соединяя проекции следов  $M_1$  и  $M_1'$  прямой, получим точки 2 и 3 вспомогательной плоскости, которая пересечет конус по двум образующим  $S_2$  и  $S_3$ . Пересечение горизонтальной проекции прямой *a* с проекциями образующих дает горизонтальные проекции  $A_1$  и  $B_1$  искомых точек входа и выхода. Затем при помощи линий связи находим их фронтальные проекции.

Развертки поверхностей вращения



По возможности развертываться в плоскость кривые поверхности делятся на развертываемые и условно-развертываемые. К развертываемым поверхностям относят цилиндрические, конические и поверхности с ребром возврата.

Развертки линейчатых развертываемых поверхностей выполняют как *приближенные*. Развертки неразвертываемых поверхностей выполняют *условно*.

Разверткой прямого кругового цилиндра является прямоугольник шириной, равной высоте цилиндра и длиной, равной длине окружности основания  $\pi d$ . Сверху и снизу к прямоугольнику пристраивают верхнее и нижнее основание – окружности диаметром  $d$  (рис. 43).

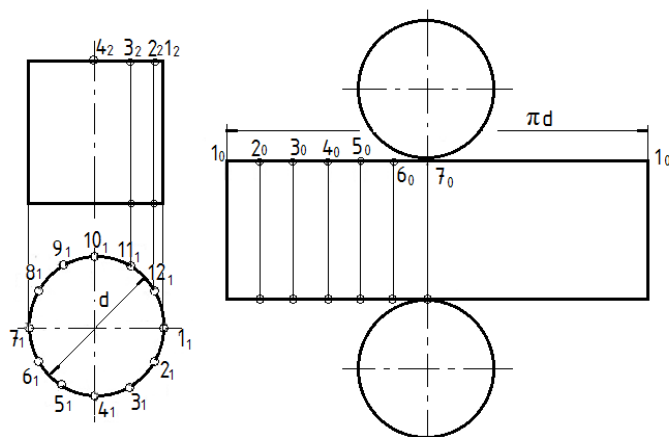


Рис. 43. Развертка цилиндра

Затем проводят прямую, на которой засекают последовательно 12 дуг, хорды которых равны стороне 12-угольников. Таким образом, развертку боковой поверхности прямого кругового цилиндра заменяют с достаточной для практики точностью разверткой правильной 12-угольной призмы, вписанной в данный цилиндр. К боковой развертке пристраивают верхнее и нижнее основание.

Задача на построение развертки конической поверхности решается так же, как в случае построения развертки пирамиды способом треугольника.

Если задана поверхность прямого кругового конуса, то развертка его боковой поверхности представляет собой круговой сектор, радиус которого равен длине образующей конической поверхности  $l=|S12|$ , а центральный угол при вершине  $\varphi=360r/l$ , где  $r$  — радиус окружности основания конуса (рис. 44).

Чтобы избежать вычислений, связанных с определением длины дуги сектора или угла  $\varphi$ , обычно вписывают в основание конуса правильный 12 угольник (на рис. показаны только его вершины 1, 2, 3, 4, ... 12). Затем описывают из произвольной точки  $S_0$  дугу радиуса  $r$ , засекают последовательно 12 дуг, хорды которых равны стороне 12-угольников. Таким образом, развертку боковой поверхности прямого кругового конуса заменяют с

Можно также построить развертку цилиндра способом аппроксимации (приближенная замена отрезков неразвертываемой поверхности отрезками развертываемой поверхности), когда вписывают в основание цилиндра правильный 12 угольник (на рис. показаны только его вершины 1, 2, 3, 4, ... 12).

достаточной для практики точностью разверткой правильной 12-угольной пирамиды, вписанной в данный конус (способ аппроксимации). К боковой развертке пристраивают основание.

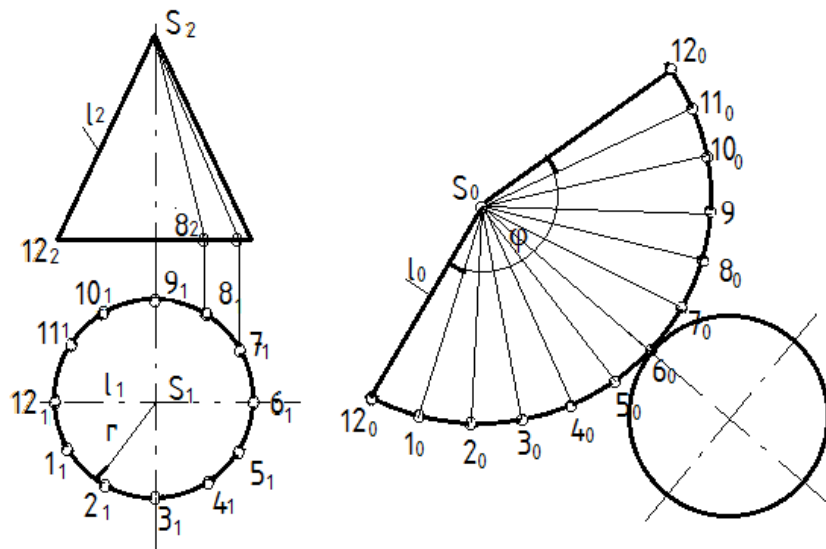


Рис. 44. Развертка конуса

#### Пересечение кривых поверхностей

Линия пересечения двух поверхностей в общем виде представляет собой пространственную кривую, которая может распадаться на две части и более. Строится линия пересечения при помощи вспомогательных плоскостей или кривых поверхностей, которые называются посредниками. Выбор вспомогательной поверхности (посредника) определяется формой и положением пересекающихся поверхностей. В качестве посредников могут использоваться проецирующие плоскости, плоскости уровня, плоскости общего положения, цилиндрические, конические и сферические поверхности. Следует по возможности подбирать такие вспомогательные поверхности, которые в пересечении с данными поверхностями дают простые для построения линии (например, прямые или окружности).

Обычно линию пересечения двух поверхностей строят по отдельным точкам. При этом нужно иметь в виду, что проекция линии пересечения всегда располагается в пределах площади наложения, т.е. общей площади проекций двух пересекающихся поверхностей. Общее правило построения линии пересечения поверхностей заключается в следующем:

- определяют опорные точки в пересечении контурных линий каждой поверхности;
- выбирают вид вспомогательных поверхностей;
- строят линии пересечения вспомогательных поверхностей с заданными поверхностями;
- находят точки пересечения построенных линий и соединяют их между собой.

Способ вспомогательных секущих плоскостей следует применять в том случае, когда оси пересекающихся поверхностей вращения параллельны между собой и занимают относительно плоскостей проекций частное положение. Тогда линии пересечения каждой поверхности вспомогательной плоскостью будут изображаться в виде простых линий – окружностей или прямых. В качестве примера рассмотрим построение линии пересечения прямого кругового цилиндра и конуса (рис. 45).

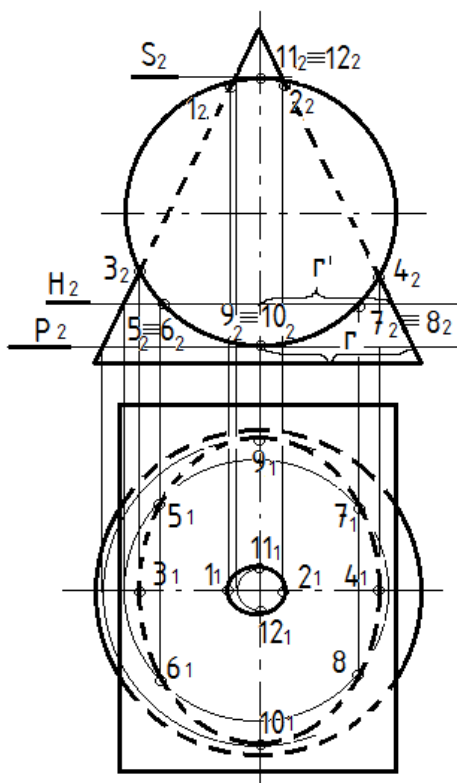


Рис. 45. Пересечение тел вращения

Поскольку цилиндр находится в проецирующем положении относительно фронтальной плоскости проекций, то проекция линии пересечения на плоскость  $\Pi_2$  совпадает с фронтальной проекцией цилиндра. Линия пересечения распадается на две части, так как фронтальная проекция цилиндра накладывается на очерк конуса только частично – верхняя часть и нижняя, а боковые части выходят за пределы конуса.

### Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой сечение многогранника?
2. Как построить линию сечения многогранника плоскостью?
3. В чем состоит алгоритм построения сечения линейчатой поверхности?
4. Какие линии получаются при сечении прямого кругового цилиндра плоскостью?
5. Какие линии получаются при сечении конуса плоскостью?
6. Какие линии получаются при сечении сферы плоскостью и какие могут быть проекции этих линий?
7. Как построить линию пересечения двух многогранников?
8. Какую линию представляет собой линия пересечения двух многогранников?
9. Какую линию представляет собой линия пересечения двух кривых поверхностей?

10. В чем заключается способ посредников при построении точек, общих для двух пересекающихся поверхностей?
11. Какие геометрические объекты могут быть использованы в качестве посредников?
12. Каков алгоритм нахождения точек пересечения прямой с поверхностью?
13. Как определяется видимость точек пересечения прямой с поверхностью геометрических тел различного вида?
14. С каких точек начинают построение линии пересечения тел вращения?
15. Что такое развертка?
16. Что такое многогранник?
17. Какие вы знаете правильные выпуклые многогранники?
18. Что такое кривая поверхность?
19. Что такое тело вращения?
20. Как построить развертку пирамиды?
21. Как построить развертку призмы?
22. Как построить развертку конуса?
23. Как построить развертку цилиндра?

## **1. 5 Геометрическое и проекционное черчение**

### ***1.5.1 Лекция 8 Основные правила нанесения размеров на чертежах. Изображения на чертежах: виды.***

*План лекции:*

1. Основные правила нанесения размеров.
2. Способы простановки размеров.
3. Основные виды.
4. Дополнительные и местные виды. Выносные элементы

*Цели и задачи:* организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению теоретическим материалом дисциплины и обеспечение формирования системы знаний по теме лекции.

*Ключевые вопросы:*

Размерные и выносные линии. Линейные, угловые, диаметральные и радиусные размеры. Размерные знаки на чертежах. Способы расстановки размеров.

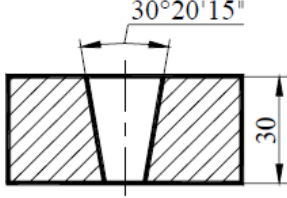
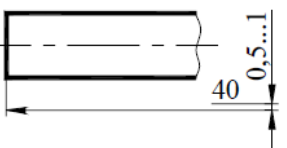
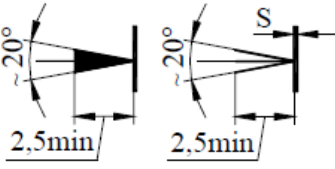
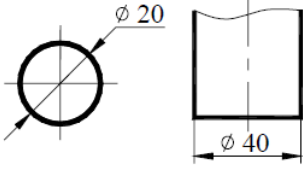

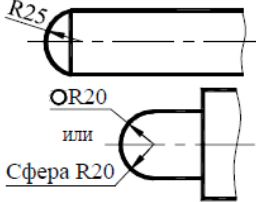
Виды: определение, классификация. Основные виды, их расположение на чертеже. Дополнительные и местные виды, их изображение и обозначение. Выносные элементы. Их изображение, обозначение и применение.

## Основные правила нанесения размеров

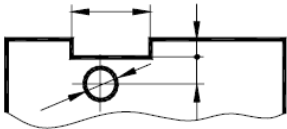
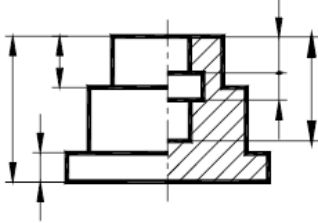
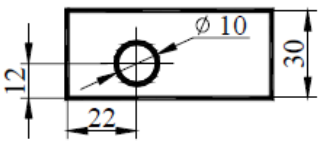
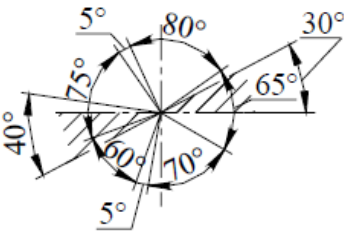
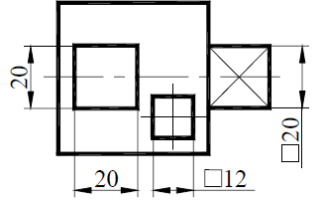
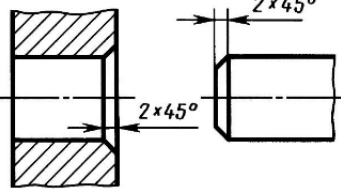
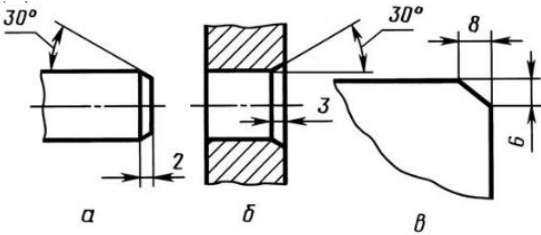
При нанесении размеров руководствуются основными положениями ГОСТ 2.307-68 (табл. 1). На чертеже проставляются размеры истинной величины детали независимо от масштаба, в котором выполнены изображения.

Таблица 1

### Краткие сведения ГОСТ 2.307-68

Графические примеры	Содержание правил
	<p>Размеры указывают размерными числами и размерными линиями.</p> <p>Линейные размеры проставляют в мм без указания размерности.</p> <p>Угловые размеры указывают в градусах, минутах и секундах</p>
	<p>Размерные числа в пределах чертежа пишут шрифтом одного размера (рекомендуется 5 мм).</p> <p>Между цифрами и размерной линией должен быть промежуток 0,5 ... 1 мм</p>
	<p>Размерные линии (прямые или дуги окружностей) ограничивают узкими стрелками, форма и размеры которых должны быть приблизительно одинаковыми на всем чертеже (при <math>S = 0,8 - 1</math> мм длина стрелок 4 ... 5 мм)</p>
	<p>При указании размера диаметра перед размерным числом ставят знак <math>\Phi</math>. Его высота равна высоте размерного числа</p>
	<p>Перед размерным числом, определяющим величину радиуса, ставят прописную букву <b>R</b>. Её высота равна высоте размерного числа</p>
	<p>Перед размерным числом диаметра или радиуса сферы наносят знак <math>\Phi</math> или <b>R</b>. Если сферу трудно отличить от других поверхностей, то выполняют надпись «Сфера <b>R25</b>» или «<math>\Phi</math><b>R25</b>». Диаметр знака сферы равен высоте размерных чисел</p>

Графические примеры	Содержание правил
	<p>Выносные линии, относящиеся к вспомогательным, проводят, как правило, перпендикулярно прямолинейным отрезкам, размеры которых указывают на чертеже.</p> <p>Концы выносных линий, выходящие за стрелки размерных линий, принимают равными 1 ... 5 мм</p> <p>Размерные числа наносят, как правило, над размерной линией возможно ближе к её середине</p>
	<p>Над параллельными или концентричными размерными линиями размерные числа располагают в шахматном порядке; меньшие размеры располагают ближе к контуру изображения</p>
	<p>Размерные линии наносят предпочтительно вне контура изображения и параллельно тем отрезкам, длину которых они указывают</p>
	<p>Расстояние между размерной линией и параллельной ей линией контура должно быть не менее 10 мм, расстояние между параллельными размерными линиями – не менее 7 мм</p>
	<p>В месте нанесения размерного числа осевые и центровые линии, а также линии штриховки прерывают. Если места для стрелки недостаточно из-за близко расположенных линий видимого контура, то эти линии прерывают</p>
	<p>При недостаточной длине размерной линии размерные числа допускается выносить, как показано на примере</p>
	<p>При недостатке места для вычерчивания стрелок их наносят, как показано на примерах; точки могут быть заменены засечками, наносимыми под углом <math>45^\circ</math> к размерным линиям</p>

Графические примеры	Содержание правил
	<p>Следует избегать пересечения размерных линий, а также пересечения размерных и выносных линий</p>
	<p>Размерные линии для наружных и внутренних размеров рекомендуется располагать по разные стороны изображения</p>
	<p>Размерные числа, относящиеся к одному и тому же элементу, необходимо группировать в том месте, где геометрическая форма этого элемента показана наиболее полно</p>
	<p>Угловые размеры наносят, как показано на примере. В зоне выше горизонтальной осевой линии размерные числа наносят над размерной линией; в зоне ниже горизонтальной осевой линии – над размерной линией со стороны вогнутости; в заштрихованной зоне – на полке линии-выноски</p>
	<p>Размеры элементов квадратной формы наносят в соответствии с вариантами, изображёнными на примерах. Высота знака □ равна высоте размерных чисел. Толщина диагональных линий <math>S/3 \dots S/2</math></p>
	<p>Размеры фасок под углом <math>45^0</math> наносят, как показано на рисунке</p>
	<p>Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам линейными и угловыми размерами (рисунок а, б) или линейными размерами (рисунок в).</p>

В машиностроении размеры на чертежах наносят тремя способами: цепным, координатным и комбинированным (рис. 46).

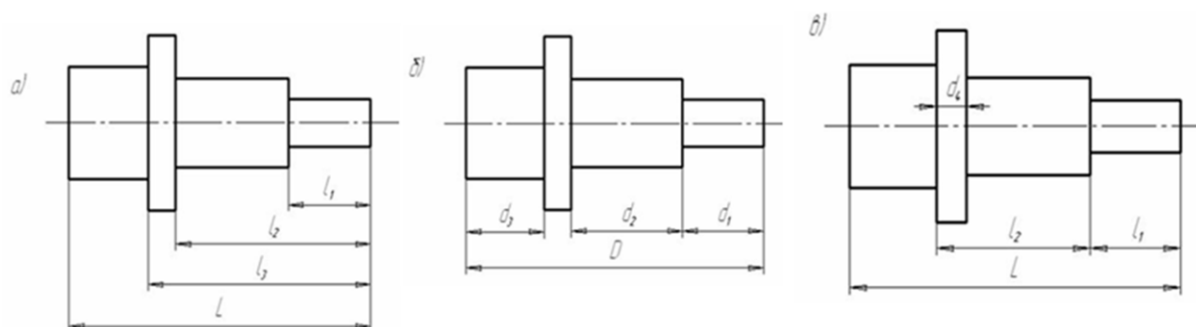


Рис. 46. Способы простановки размеров.

Выбор способа нанесения размеров зависит от способа изготовления детали (отливки, поковки, сварки, обточки и т.п.). Оформляя чертеж, надо показывать размеры между осями отверстий, между плоскостью, принятой за базу, и параллельной ей осью отверстия и т.п.

На рисунке 47 изображен чертеж, на котором расставлены размеры комбинированным способом.

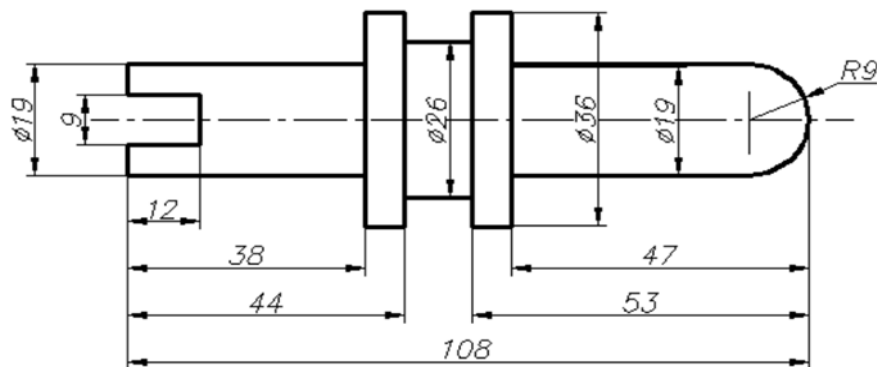


Рис. 47. Контакт.

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

Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий.

Виды разделяются на основные, местные и дополнительные.

**Основные виды** - изображения, получаемые на основных плоскостях проекций - гранях куба (рис. 48): 1 - вид спереди (главный вид); 2 - вид сверху; 3 - вид слева; 4 - вид справа; 5 - вид снизу; 6 - вид сзади.



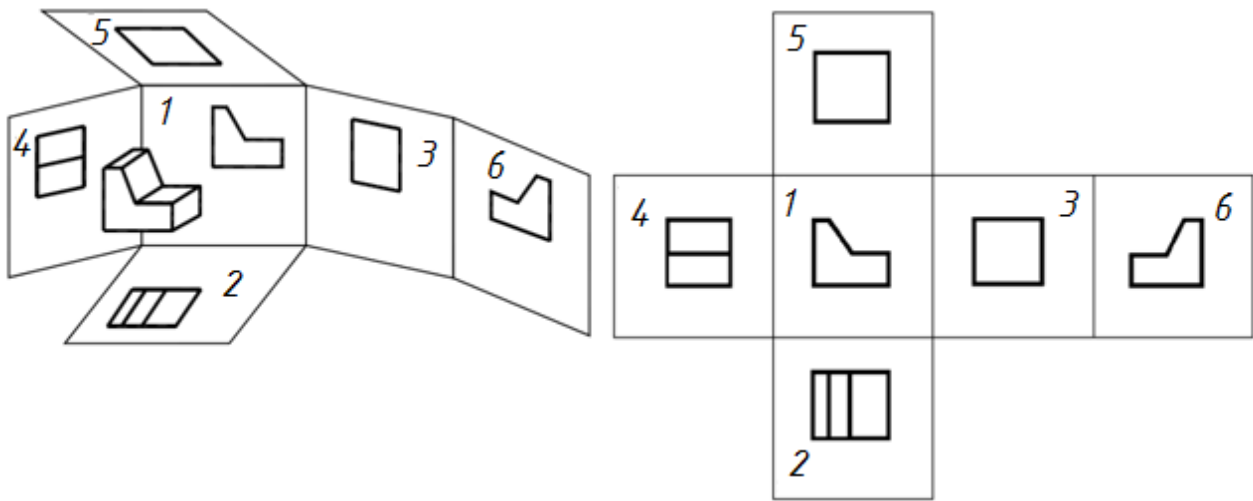


Рис. 48. Основные виды

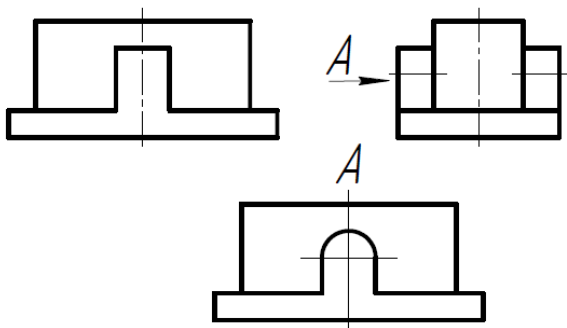


Рис. 49. Обозначение вида не в проекционной связи

Название видов на чертежах не надписываются, если они расположены, как показано на рисунке 48, т.е. в проекционной связи. Если же виды сверху, слева и справа не находятся в проекционной связи с главным изображением, то они отмечаются на чертеже надписью по типу "А" (рис. 49).

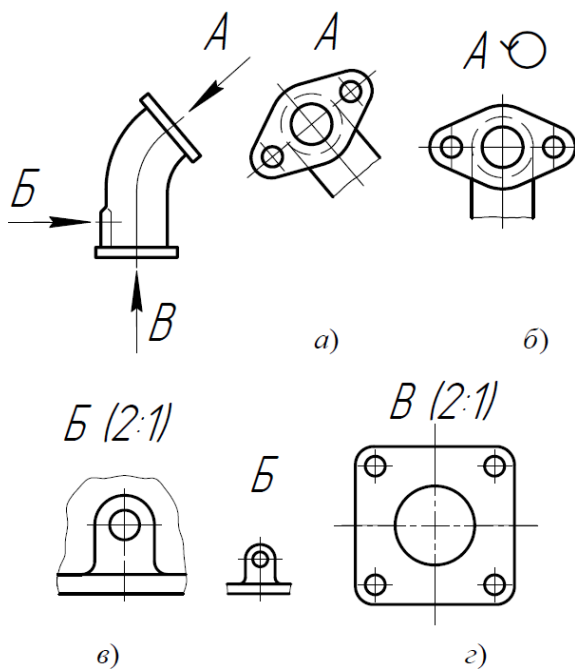


Рис. 50. Местные и дополнительные виды

Направление взгляда указывается стрелкой, обозначаемой прописной буквой русского алфавита. Когда отсутствует изображение, на котором может быть показано направление взгляда, название вида надписывают.

**Местный вид** - изображение отдельного ограниченного места поверхности предмета на одной из основных плоскостей проекций. Местный вид можно располагать на любом свободном месте чертежа, отмечая надписью типа "А", а у связанного с ним изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (рис. 50 в,

г, виды Б и В).

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, или не ограничен (рис. 50).

**Дополнительные виды** - изображения, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций. Дополнительный вид отмечается на чертеже надписью типа "А", а у связанного с дополнительным видом изображения предмета ставится стрелка с соответствующим буквенным обозначением (стрелка А, рис. 50 а), указывающая направление взгляда. Дополнительный вид можно повернуть, сохраняя при этом положение, принятое для данного предмета на главном изображении. При этом к надписи "А" добавляется знак  $\odot$  (повернуто) (рис. 50 б).

Когда дополнительный или местный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и надпись над видом не наносят.

### ***1.5.1 Лекция 9 Изображения на чертежах: разрезы, сечения. Аксонометрические проекции.***

*План лекции:*

1. Разрезы.
2. Сечения.
3. Аксонометрические проекции.

*Цели и задачи:* организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению теоретическим материалом дисциплины и обеспечение формирования системы знаний по теме лекции.

*Ключевые вопросы:*

Понятие разрезов и их назначение. Классификация разрезов. Простые разрезы, их изображение и обозначение на чертеже. Местные разрезы.

Сечения, их отличие от разрезов. Классификация, изображение, обозначение.

Аксонометрические проекции, классификация, коэффициенты искажений.

### **Разрезы**

Для выявления внутренней (невидимой) конфигурации предмета применяют условные изображения - сечения и разрезы.

**Разрезом** называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывают то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 51, 52).

Положение секущей плоскости указываются на чертеже *линией сечения*. Для линии сечения применяется разомкнутая линия (рис. 52).

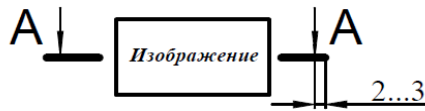


Рис. 51. Обозначение разреза

В зависимости от определенных условий разрезы подразделяют, как показано на рисунке 52.

Вертикальные разрезы называются:

а) фронтальными, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций;

б) профильными, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций.

Сложные разрезы разделяются на:

а) ступенчатые, если секущие плоскости параллельны (ступенчатые горизонтальные, ступенчатые фронтальные);

б) ломаные, если секущие плоскости пересекаются.

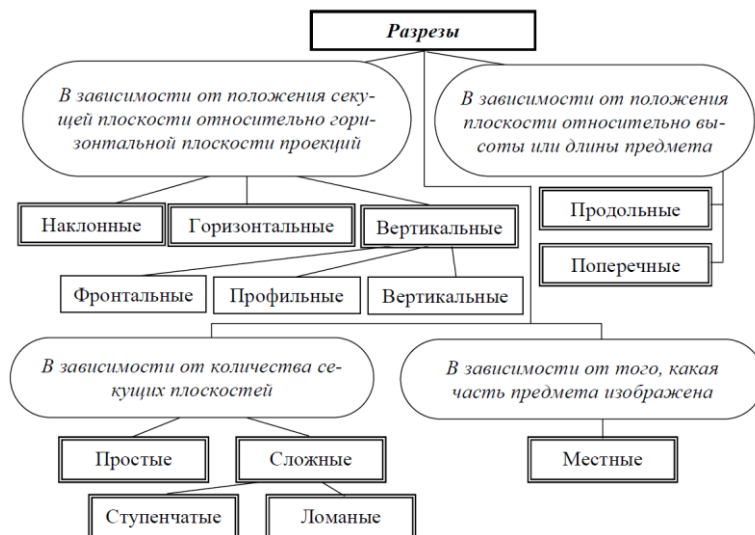


Рис. 52. Классификация разрезов

### Простые разрезы

Простой разрез на чертеже не обозначается, если выполняются одновременно два следующих условия:

1) секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии детали;

2) в проекционной связи на месте основного вида горизонтальный разрез – на месте вида сверху, фронтальный – вида спереди, профильный – вида слева (рис. 53 справа).

Если не выполняется хотя бы одно из этих условий, то разрез обозначается, как показано на рисунке 53 слева.

Наклонный разрез должен строиться и располагаться в соответствии с направлением, указанным стрелками. Такой разрез допускается располагать на любом месте чертежа, с поворотом и добавлением к надписи А-А знака  $\odot$  (рис. 55).

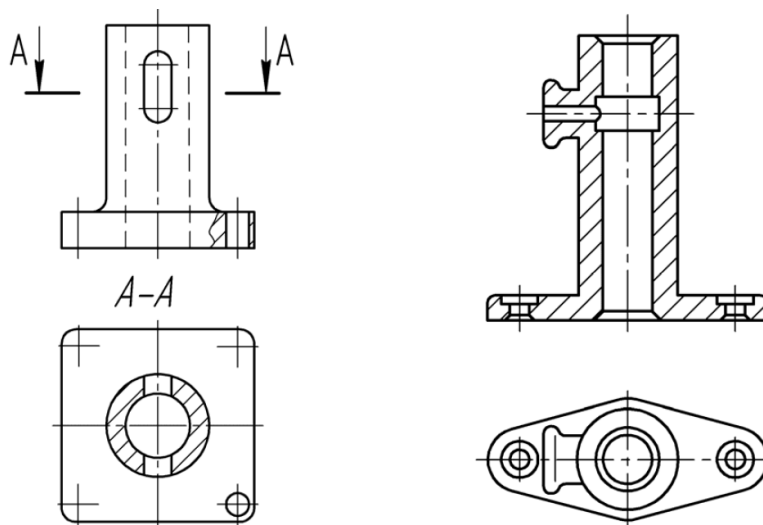


Рис. 53. Изображение разрезов

Разрезы, служащие для выяснения устройства предмета лишь в отдельных, ограниченных местах, называются **местными** (рис. 54). Местные разрезы выделяются на виде сплошными волнистыми линиями.

Если вид и соответствующий ему разрез симметричны относительно одной и той же оси, то симметричные их части рекомендуют соединять в одно изображение. Границей между видом и разрезом в этом случае является ось симметрии (рис. 55а). Если ось симметрии вертикальна, то обычно левее оси показывают вид, а правее - разрез. Если ось симметрии горизонтальна, то обычно вид располагается выше оси, а разрез - ниже.

Нельзя соединять половину вида с половиной разреза, если какая-либо линия изображения совпадает с осевой линией, например, ребро. В этом случае соединяют большую часть вида с меньшей частью разреза (рис. 55б) или большую часть разреза с меньшей частью вида (рис. 55в) с помощью тонкой линии обрыва.

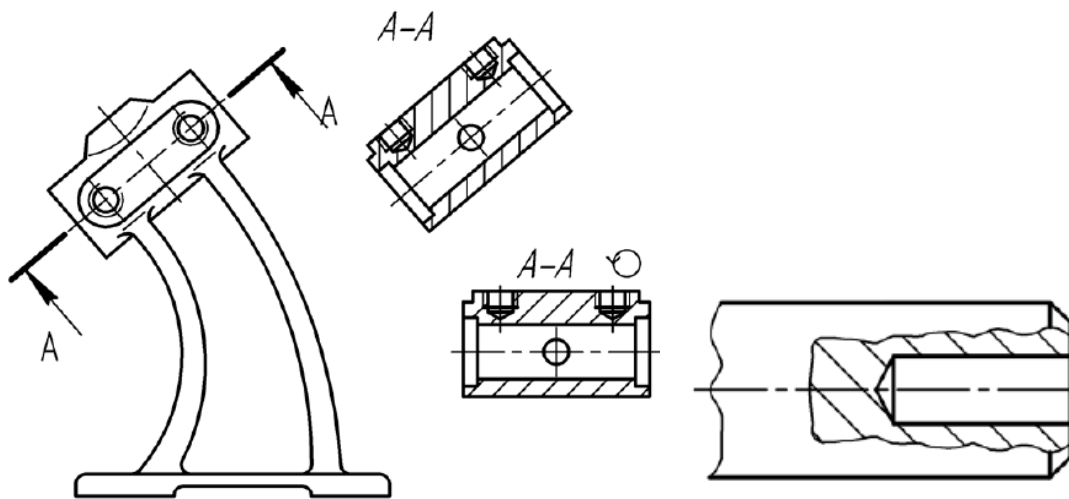


Рис. 53. Наклонный разрез

Рис. 54. Местный разрез

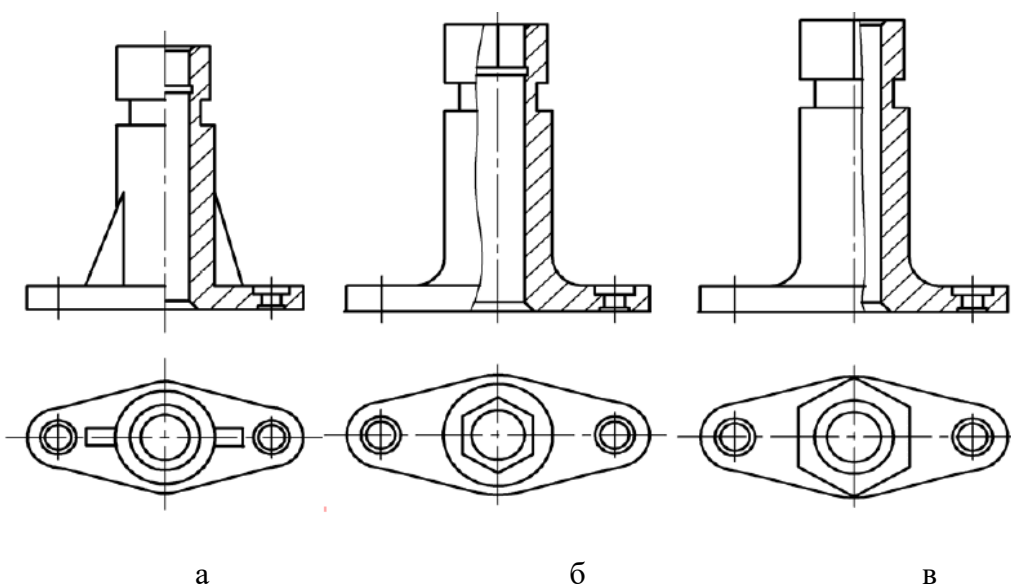


Рис. 55. Совмещение вида с разрезом

### Сложные разрезы

Сложный ступенчатый разрез помещают на месте соответствующего основного вида (рис. 56) или в любом месте чертежа. При ломаных разрезах секущие плоскости условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, при этом направление поворота может не совпадать с направлением взгляда. Если совмещенные плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, то ломаный разрез допускается помещать на месте соответствующего вида (рис. 57). При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, с которой производится совмещение.

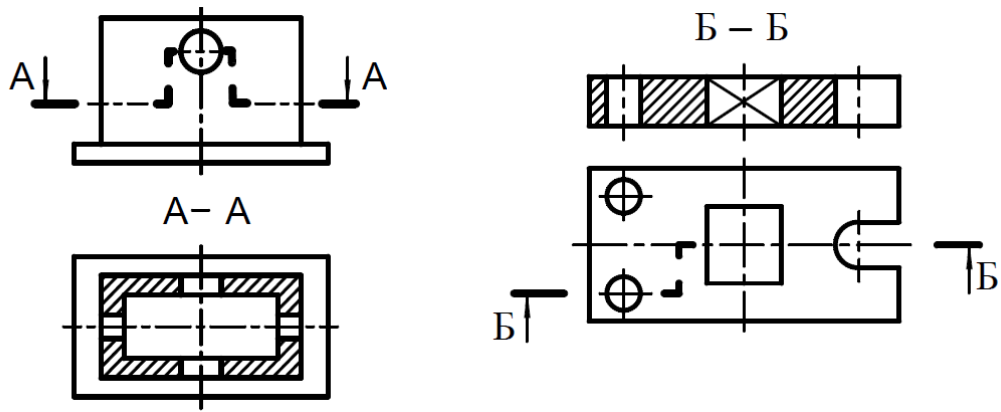


Рис. 56. Ступенчатые разрезы

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

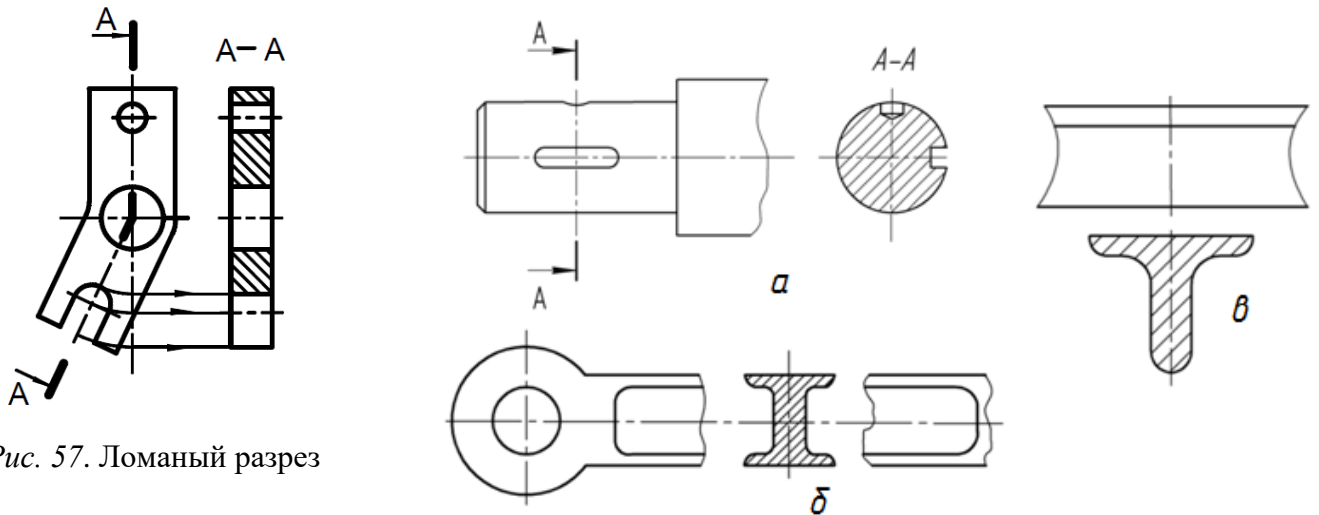


Рис. 57. Ломаный разрез

Рис. 58. Вынесенные сечения

### Сечения

**Сечением** называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

Сечения делятся на:

- 1) вынесенные (рис. 58);
- 2) наложенные (рис. 59).

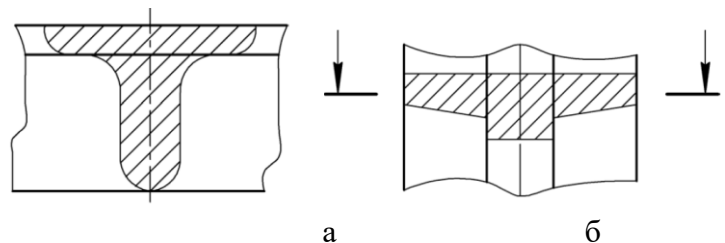
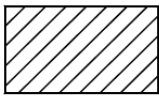
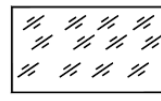
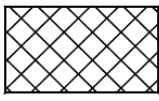
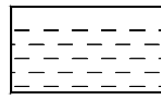


Рис. 59. Наложённые сечения

Графическое обозначение материалов в сечениях в зависимости от вида материалов должно соответствовать приведенным в таблице 3.

## Графические обозначения материалов в сечениях

Обозначение	Материал	Обозначение	Материал
	Металлы и твердые сплавы		Стекло и другие прозрачные материалы
	Неметаллические материалы		Жидкости

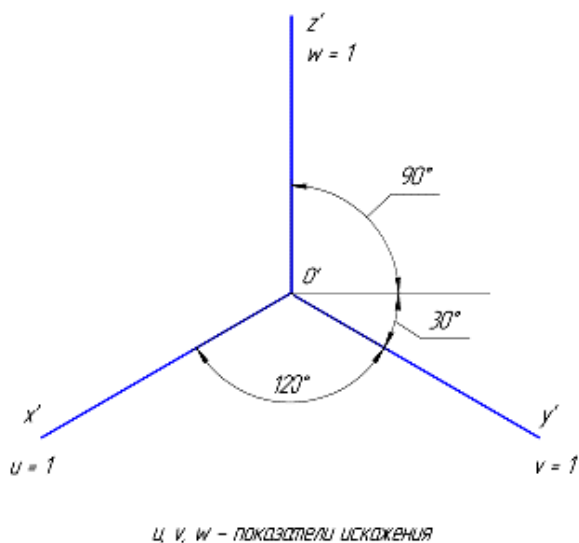
## АксонOMETрические проекции

Для выполнения наглядных изображений ГОСТ 2.317-69 "АксонOMETрические проекции" устанавливает следующие аксонOMETрические проекции, применяемые в чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

## 1. Прямоугольные

- а) изометрическая проекция;
- б) диметрическая проекция.

## Прямоугольная изометрическая проекция



Натуральные коэффициенты искажения по всем трем осям равны

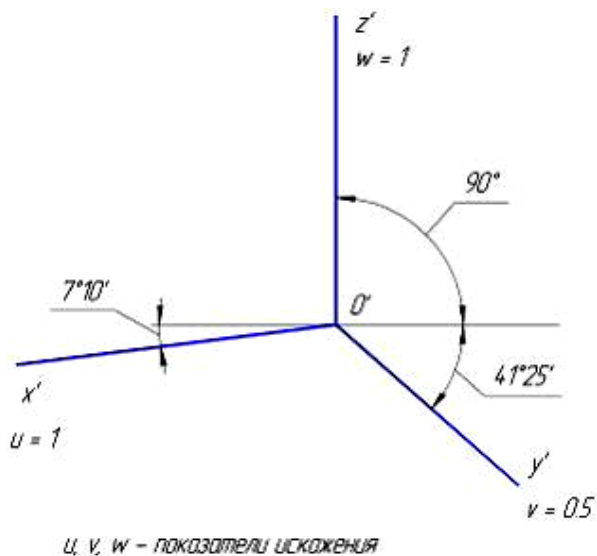
( $u = v = w = 0,82$ ). Приведенные коэффициенты искажения  $u = v = w = 1$ .

По приведённым коэффициентам искажения масштаб чертежа увеличивается в 1,22 раза ( $1:0,82 = 1,22$ ).

Рис. 60. Прямоугольная изометрическая проекция.

## Прямоугольная диметрическая проекция

Действительные коэффициенты искажения для прямоугольной диметрии по осям X и Z равны 0,94 ( $u = v = 0,94$ ), а по оси Y – 0,47 ( $w = 0,47$ ), т. е. размеры, параллельные оси Y, уменьшаются в два раза. Приведенные коэффициенты искажения соответственно равны:  $K = N = 1$ ;  $M = 0,5$ .



## 2. Косоугольные

- а) фронтальная изометрическая проекция;
- б) горизонтальная изометрическая проекция;
- в) фронтальная диметрическая проекция.

Фронтальная изометрическая проекция

Коэффициенты искажения по всем осям равны 1, т.е.  $u = v = w = 1$ .

Рис. 61. Прямоугольная диметрическая проекция.

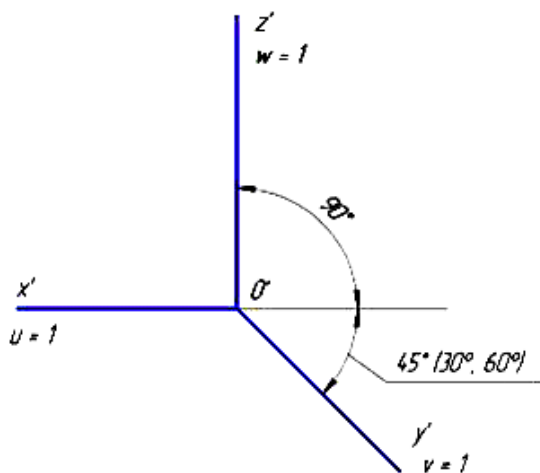


Рис. 62. Фронтальная диметрическая проекция.

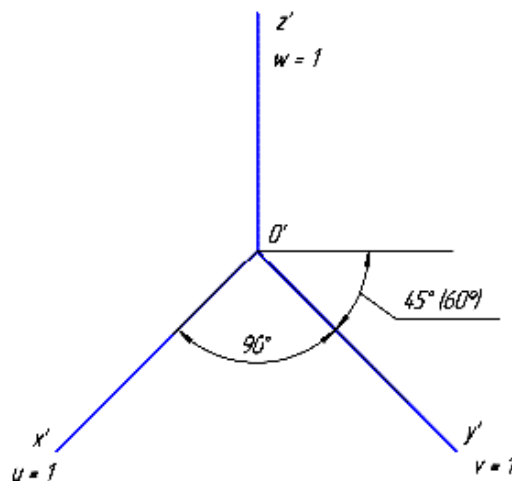


Рис. 63. Горизонтальная изометрическая проекция

Горизонтальная изометрическая проекция

Коэффициенты искажения по аксонометрическим осям равны ( $u = v = w = 1$ ) и являются действительными.

Фронтальная диметрическая проекция

Коэффициенты искажения являются точными и равными  $u = w = 1, v = 0,5$ .

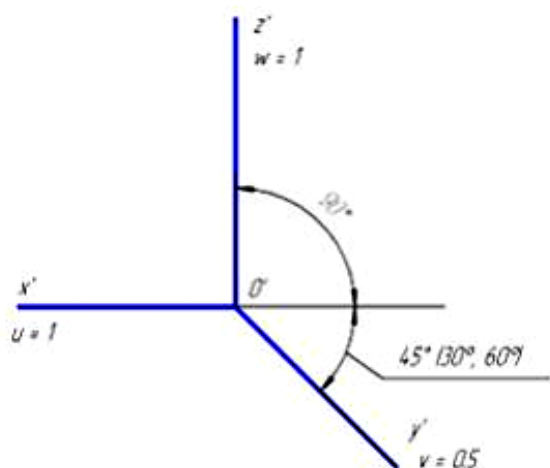


Рис. 64. Фронтальная изометрическая проекция



### Вопросы для самопроверки

1. Как располагают основные виды относительно друг друга? Как они называются?
2. На какой плоскости изображают дополнительный вид, в каких случаях он применяется?
3. Как оформляют на чертеже дополнительный вид?
4. В каких случаях выполняют местный вид?
5. В каком месте чертежа располагают местный вид, как он оформляется?
6. Что такое выносной элемент и где его применяют?
7. Как оформляют выносной элемент?
8. Сколько условных плоскостей участвует при выполнении простого разреза и сколько при выполнении сложного?
9. Что изображают в разрезе детали?
10. Как располагают условные секущие плоскости при ступенчатом и ломаном разрезе?
11. Каким образом на чертеже изображают и обозначают след секущей плоскости, сложный разрез?
12. Чем сечение отличается от разреза?
13. Какие виды сечений применяют в черчении?
14. Как располагают и обозначают сечения?
15. В каких случаях сечение не обозначают?
16. Что такое аксонометрическая проекция?
17. Виды аксонометрических проекций?
18. Как располагаются координатные оси в прямоугольной изометрии?
19. Как располагаются координатные оси в прямоугольной диметрии?
20. Как располагаются координатные оси во фронтальной диметрии?
21. Какие коэффициенты искажения по осям в аксонометрии?
22. Как построить окружность в аксонометрии?
23. Направление штриховки в аксонометрии?

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Лабораторные занятия проводятся в соответствии с тематическим содержанием лекционной части курса с целью закрепления изученного теоретического материала на практике. Во время лабораторных занятий студенты отвечают на вопросы по изучаемой теме, выполняют тесты, самостоятельно выполняют задания, решение которых требует знания разделов курса.

В процессе лабораторных занятий осуществляется углубление теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы. Ежедневно в начале каждого практического занятия проводится опрос (тестирование) по изучаемой теме занятия. В основной части занятия студенты выполняют аудиторские задания под руководством преподавателя.

Выполнение упражнений и решение аудиторских задач выполняется в рабочей тетради-практикуме.

В конце каждой темы практикума изложены вопросы для самопроверки.

Аудиторские задания студенты выполняют под руководством преподавателя в своих тетрадях.

Для работы в аудитории необходимо иметь набор чертежных инструментов (циркуль, карандаш, линейку и т. п.), чтобы обеспечить аккуратность и точность графических построений.

При подготовке к лабораторным занятиям следует пользоваться литературой, указанной в рабочей программе дисциплины.

### **Лабораторное занятие № 1**

#### ***Основные правила выполнения графических работ (2 акад. часа)***

*Цель* - получение навыков оформления чертежей, отработка навыков написания чертежным шрифтом.

*Методические вопросы:*

- Форматы
- масштабы
- шрифты
- типы линий

*План занятия № 1*

1. Опрос.
2. Выполнение аудиторских заданий.

3. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы, выполнение РГР №1 «Титульный лист».

### **Лабораторные занятия № 2-3**

#### ***Метод проекций. Базовые геометрические объекты. (4 acad. часа)***

##### *Лабораторное занятие №2*

*Образование чертежа. Проецирование точки. Проецирование прямой. (2 acad. час)*

Цель - закрепление теоретического материала по свойствам проекций точки, прямой.

*Методические вопросы:*

- построение проекций точек;
- определение взаимного положения точек, их координат и условий видимости на чертеже;
- построение проекций точек, занимающих особое положение;
- построение проекций отрезка прямой общего и частного положения;
- построение следов прямой общего положения;
- проецирование прямого угла.

##### План занятия № 2

1. Опрос по вопросам темы и проверка выполнения домашних упражнений в «Практикуме».
2. Выполнение аудиторных заданий в «Практикуме».
3. Тестирование по теме «Основные правила оформления графических работ».
4. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы.

##### *Лабораторное занятие №3*

##### *Проецирование плоскости (2 acad. час)*

Цель - закрепление теоретического материала по свойствам проекций плоскости.

*Методические вопросы:*

- построение проекций плоскости;
- построение следов плоскости;
- построение главных линий плоскости.

##### План занятия № 3

1. Опрос по вопросам темы и проверка выполнения домашних упражнений в «Практикуме».
2. Выполнение аудиторных заданий в «Практикуме».
3. Тестирование по теме «Точка», «Прямая».

4. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы.

#### **Лабораторное занятие № 4**

##### ***Позиционные и метрические задачи (2акад. часов)***

Цель – изучение свойств проекций геометрических фигур по их проекциям

*Методические вопросы:*

- определение взаимного положение прямых;
- построение точки и прямой, принадлежащих плоскости;
- построение точки пересечения прямой и плоскости;
- построение линии пересечения плоскостей;
- параллельность прямой и плоскости и плоскостей;
- перпендикулярность прямой и плоскости.

##### **План занятия № 4**

1. Опрос по вопросам темы и проверка выполнения домашних упражнений в «Практикуме».
2. Выполнение аудиторных заданий в «Практикуме».
3. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы.
4. Проверка РГР № 1.

#### **Лабораторное занятие № 5**

##### ***Контрольная работа.(2 акад. часа)***

*Тема: проецирование точки, прямой и плоскости, их взаимное положение.*

Цель – проверка усвоения материала по темам «Проецирование точки», «Проецирование прямой», «Проецирование плоскости»

1. Выполнение контрольной работы.
2. Проверка рабочей тетради.
3. Проверка РГР №2 (1 часть)

#### **Лабораторные занятия № 6,7**

##### ***Способы преобразования чертежа. (4 акад. часа)***

Цель – приобретение навыков решения задач с применением способа замены плоскостей проекций, способа вращения вокруг проецирующих прямых и способа плоскопараллельного перемещения.

##### **План занятия**

1. Опрос по вопросам темы и проверка выполнения домашних упражнений в «Практикуме».

2. Выполнение аудиторных заданий в «Практикуме».
3. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы.

### **Лабораторные занятия № 8-11**

#### ***Поверхности. (8 академических часов)***

Цель – приобретение навыков построения проекций многогранных и кривых поверхностей, и решения позиционных и метрических задач

*Методические вопросы:*

- построение точки и прямой на поверхности многогранника и кривой поверхности;
- построение линии пересечения многогранника плоскостью и определение истинной величины сечения;
- построение линии пересечения кривой поверхности плоскостью и определение истинной величины сечения;
- построение точек пересечения многогранника и кривой поверхности прямой линией;
- построение разверток многогранных и кривых поверхностей;
- построение линий взаимного пересечения поверхностей

#### *План занятия № 8 Многогранники. (2 академических часа)*

1. Опрос по вопросам темы и проверка выполнения домашних упражнений в «Практикуме».
2. Выполнение аудиторных заданий в «Практикуме».
3. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы, выполнение РГР № 3 «Пересечение многогранника плоскостью»
4. Проверка РГР № 2 (2 часть)

#### *План занятия № 9 Построение разверток многогранников. (2 академических часа)*

1. Опрос по вопросам темы и проверка выполнения домашних упражнений в «Практикуме».
2. Выполнение аудиторных заданий в «Практикуме».
3. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы.

#### *План занятия № 11 Кривые поверхности. (2 академических часа)*

1. Опрос по вопросам темы и проверка выполнения домашних упражнений в «Практикуме».
2. Выполнение аудиторных заданий в «Практикуме».

3. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы.

4. Проверка РГР № 3

*План занятия № 12 Взаимное пересечение поверхностей. (2 акад. часа)*

1. Опрос по вопросам темы и проверка выполнения домашних упражнений в «Практикуме».

2. Выполнение аудиторных заданий в «Практикуме».

3. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы, выполнение РГР № 4 «Взаимное пересечение поверхностей»

### **Лабораторное занятие №13**

#### ***Геометрическое черчение. (2 акад. часа)***

*Цель* – изучение теоретического материала и приобретение практических навыков по геометрическим построениям и нанесению размеров в соответствии с ГОСТ 2.307-68.

*Материал для изучения:*

- нанесение линейных размеров;
- нанесение размера диаметра поверхностей вращения;
- нанесение размеров радиусов дуг окружностей;
- нанесение угловых размеров;
- основные понятия о базах в машиностроении и нанесение размеров от баз;
- нанесение размеров поверхности вращения, нанесение размеров фасок;
- особенности нанесения размеров отверстий;
- геометрические построения

*План занятия №13*

1. Опрос по вопросам темы и проверка выполнения домашних упражнений в «Практикуме».

2. Выполнение аудиторных заданий в «Практикуме».

3. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы, подготовка к тестированию.

### **Лабораторное занятие № 14-17**

#### ***Проекционное черчение. (8 акад. часа)***

*Цель* - изучение теоретического материала и приобретение практических навыков по проекционному черчению.

*Методические вопросы:*

- основные виды, дополнительные и местные виды;

- выбор главного вида;
- особенности обозначения видов;
- особенности простановки размеров на видах;
- виды разрезов, их назначение, особенности выполнения и обозначения на чертежах;
- виды сечений, их назначение, особенности выполнения и обозначения на чертежах;
- выполнение аксонометрических проекций деталей.

План занятия № 14-16 *Изображения - виды, разрезы, сечения (6 акад. часа)*

1. Опрос по вопросам темы и проверка выполнения домашних упражнений в «Практикуме».
2. Выполнение аудиторных заданий в «Практикуме».
3. Тестирование по теме «Геометрическое черчение».
3. Задание для самостоятельной работы – выполнение заданий для самостоятельной работы в практикуме, ответы на вопросы, выполнение, выполнение РГР № 5 «Проекционное черчение».

План занятия № 17 *Аксонометрические проекции (2 акад. часа)*

1. Выполнение аудиторных заданий по теме.
2. Тестирование по теме «Проекционное черчение».
3. Проверка альбома РГР и практикума с выполненными заданиями.
4. Задание для самостоятельной работы – подготовка к экзамену.

### 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

#### **3.1 Цели и порядок организации самостоятельной работы**

Самостоятельная работа включает изучение теоретических вопросов курса, завершение выполнения аудиторных графических заданий, подготовку к лабораторным занятиям, выполнение индивидуальных РГР, подготовку к текущей и итоговой аттестации (экзамену).

Целью самостоятельной работы является:

- систематизация, закрепление и расширение полученных теоретических знаний и практических умений;
- формирование умений самостоятельно выполнять графические задания;
- развитие познавательных способностей и активности, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления.

Самостоятельная работа требует активной мыслительной деятельности и может привести к желаемым результатам лишь при ее правильной организации. Неумение работать самостоятельно является одной из основных причин низкой успеваемости.

Самостоятельная работа состоит из следующих модулей:

- работа над темами для самостоятельного изучения;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к контрольной работе;
- выполнение индивидуальных РГР;
- подготовка к экзамену.

Рекомендуется следующий порядок организации самостоятельной работы над темами курса и подготовки к лабораторным занятиям:

по разделу «Начертательная геометрия»:

- Ознакомиться с содержанием темы;
- Прочитать материал в учебнике, справочной литературе, относящейся к данной теме;
- Отметить трудные для понимания, неясные места и проконсультироваться у преподавателя;
- Перейти к тщательному изучению материала, усвоить теоретические положения и выводы, при этом нужно записывать основные положения темы (термины, воспроизводить отдельные чертежи из учебника и конспекта лекций);

- Закончив изучение темы, кратко ответить письменно на вопросы и выполнить задания для самостоятельной работы, изложенные в практикуме;

- Приступить к выполнению индивидуальной графической работы.

по разделу «Инженерная графика»:

- Ознакомиться с содержанием темы;
- Прочитать материал в учебнике, справочной литературе, относящейся к данной теме;
- Отметить трудные для понимания, неясные места и проконсультироваться у преподавателя;
- Составить конспект;
- Приступить к выполнению индивидуальной графической работы.

Нельзя переходить к изучению нового материала, не усвоив предыдущего, так как все темы дисциплины взаимосвязаны, и каждая последующая тема зависит от предыдущей.

Рабочей программой дисциплины предусмотрены 2 контрольные работы.

Целью контрольной работы, является проверка усвоения студентами тем «Точка», «Прямая», «Плоскость», «Поверхности». При подготовке к контрольной работе следует повторить учебный материал по темам (конспект лекций и графические задания, выполненные в Практикуме). При необходимости следует повторно выполнить задания, вызывающие трудности.



Домашние графические работы (РГР) выполняются по мере последовательности прохождения курса и выдаются по определенному графику. Задания на домашние графические работы индивидуальные для каждого студента.

При выполнении домашних графических работ необходимо внимательно изучить методические рекомендации по их выполнению.

Для подведения промежуточных результатов текущей успеваемости обучающихся дважды в семестр проводится форма текущего контроля – контрольная точка. Аттестованным считается студент, у которого выполнено на данный период необходимое количество заданий для самостоятельной работы.

По окончании первого семестра студенты сдают экзамен. Подготовка к экзамену состоит в повторении разделов курса в сочетании с многократным решением типовых задач.

#### **4.2 Методические указания по выполнению расчетно-графических работ**

Выполнение и защита РГР - основной вид учебной самостоятельной деятельности студентов по освоению дисциплины. Цель РГР - систематизация, углубление и развитие теоретических знаний, практических графических умений и навыков, полученных в процессе аудиторного и самостоятельного изучения начертательной геометрии.

Расчетно-графические работы выполняются в часы, отведенные на самостоятельную работу студентов. Студенты выполняют расчетно-графические работы в соответствии с индивидуальным вариантом задания.

Графические работы по начертательной геометрии (РГР) представляют собой эпюры (чертежи), которые выполняются по мере прохождения курса и выдаются по утвержденному графику.

Все РГР оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД.

Расчетно-графические работы выполняются на листах чертежной бумаги формата А3 (297x420) или А4 (210x297). Формат А4 нельзя располагать горизонтально, только вертикально! А3 может располагаться и горизонтально и вертикально.

На чертежах проводится рамка поля чертежа. В правом нижнем углу формата вплотную к рамке помещается основная надпись. В основной надписи указывается тема выполненного задания.

Задания должны быть сброшюрованы в альбом и снабжены титульным листом. Чертежи заданий вычерчиваются в заданном масштабе с учетом наиболее рационального размещения в пределах указанного формата.

Построения необходимо выполнять точно и аккуратно с помощью чертежных инструментов.

Характер и толщина линий должны соответствовать требованиям ГОСТ 2.303-68. Все видимые основные линии - сплошные основные  $s = 0,8-1,0$  мм. Осевые линии выполняются штрихпунктирной линией толщиной от  $s/2$  до  $s/3$  (0,4-0,3 мм). Линии построений и ливни связи должны быть сплошными тонкими ( $s/2 \dots s/3$ ). Линии невидимых контуров показывают штриховыми линиями, имея при этом в виду, что заданные плоскости и поверхности непрозрачны.

Все надписи, как и отдельные обозначения, в виде букв и цифр на чертежах должны быть выполнены стандартным шрифтом размером 3,5 или 5 в соответствии с требованиями ГОСТ 2.304-81.

Чертежи должны быть выполнены в масштабе, регламентируемом ГОСТ 2. 302–68.

На рецензирование чертежи необходимо представлять в строгой последовательности и в сроки, установленные графиком выполнения РГР (табл. 1). Рецензирование проводится в часы консультаций при обязательном присутствии студента.

В процессе рецензирования преподаватель кратко характеризует основные достоинства чертежа, отмечает правильно выполненные графические построения, надписи и т. п. Указывает студенту все принципиальные ошибки, нарушения и отступления от правил, норм и стандартов. Указывает на небрежности в графическом оформлении, если они имеют место. Дает рекомендации студенту по совершенствованию графических навыков и умений, изучению недостаточно проработанных вопросов по учебной и справочной литературе. В случае необходимости полной или частичной переделки чертежа или его доработки преподаватель конкретно и четко формулирует все требования, которые должен выполнить студент.

Окончательно выполненный чертеж представляется к защите РГР, где студенту предлагается объяснить методику выполнения изображений, доказать правильность графических построений и их соответствие стандартам ЕСКД, показать умение читать графические изображения. Итоговая оценка проставляется с учетом качества РГР и качества ее защиты.

Если студент не показывает необходимую сумму знаний в процессе защиты, чертеж не принимается, студенту предлагается повысить свои знания путем изучения литературных источников.

Критерии оценки РГР:

«Зачтено» – проставляется при грамотном усвоении программного материала по тематике РГР, владении основной терминологией. Достаточно качественное графическое исполнение и оформление работы при отсутствии или наличии несущественных, легко исправимых недостатков и ошибок второстепенного характера. Грамотное устранение ошибок и погрешностей после замечаний преподавателя.

«Не зачтено» – незнание или непонимание большей или наиболее важной части программного материала. Непоследовательная поверхностная защита РГР. Незнание терминологии. Неправильные ответы на вопросы преподавателя. Низкое качество графического исполнения и оформления чертежа. Наличие на чертеже существенных и грубых ошибок. Исправление чертежа только с помощью преподавателя.

Студенты выполняют следующие расчетно-графические работы:

1. РГР №1 «Титульный лист»;
2. РГР № 2 «Пересечение плоскостей»
3. РГР № 3 «Пересечение многогранника плоскостью»;
4. РГР № 4 «Взаимное пересечение поверхностей»;
5. РГР № 5 «Проекционное черчение»

*Таблица 1*

График выполнения РГР

Задание	Срок выдачи к исполнению	Срок сдачи законченной работы	Форма контроля
1 семестр			
РГР № 1	1 – я неделя	3– я неделя	Зачет
РГР № 2	4 – я неделя	6 – я неделя (1 часть) 7 – я неделя (2 часть)	Зачет
РГР № 3	8 – я неделя	10– я неделя	Зачет
РГР № 4	11 – я неделя	13 – я неделя	Зачет
РГР № 5	14 – я неделя	17 – я неделя	Зачет

Подробные методические указания к выполнению работ, образцы выполнения и варианты заданий к ним изложены в методических разработках:

Методические указания и индивидуальные задания для выполнения графических работ по начертательной геометрии и инженерной графике [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Л. А. Ковалева, Е. А. Гаврилюк ; АмГУ, ФДиТ. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2018. - 159 с. — Режим доступа:

[http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/9534.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9534.pdf)

Также при выполнении самостоятельной работы следует пользоваться литературой, указанной в рабочей программе дисциплины.

Ковалева Людмила Альбертовна, *доцент кафедры дизайна АмГУ*  
Гаврилюк Евгения Андреевна, *доцент кафедры дизайна АмГУ*

Начертательная геометрия. Инженерная графика: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 09.03.04 Программная инженерия – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2021, 61 с.

---

Усл. печ. л. 3,49.