

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет Строительный  
Кафедра «Инженерная графика строительного профиля»

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

для специальности 1-27 01 01-04 «Экономика и организация  
производства (коммунальное и водное хозяйство)»

Составители:  
Гиль Е.С., Кульгина О.А.

Рассмотрено и утверждено  
на заседании Совета строительного факультета  
от 30.05.2022 протокол № 9

Минск ♦ БНТУ ♦ 2022

## **Перечень материалов**

1. Теоретический раздел:
  - Раздел 1. Основы начертательной геометрии
  - Раздел 2. Проекционное черчение
  - Раздел 3. Строительное черчение
2. Практический раздел:
  - Требования к оформлению задач
  - Альбом заданий, выполняемых на практических занятиях
  - Вопросы для повторения
3. Раздел контроля знаний:
  - Расчетно-графические индивидуальные задания
  - Текущие контрольные работы
  - Контрольные вопросы по изучаемым дисциплинам
4. Вспомогательный раздел:
  - Список рекомендованной литературы

## **Пояснительная записка**

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Инженерная графика» разработан для преподавателей и студентов, обучающихся. Данная учебная дисциплина входит в модуль естественнонаучных дисциплин учебного плана первой ступени высшего образования по специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства».

Теоретический раздел содержит материалы по основам начертательной геометрии, проекционному и строительному черчению, а также тексты лекций, которые разработаны в соответствии с учебной программой по дисциплине.

Практический раздел включает учебно-методические материалы и рекомендации по выполнению аудиторных заданий, обеспечивающие усвоение и закрепление теоретического материала, формирование базовых умений решения графических задач по курсу лекций и оформления чертежей в соответствии с требованиями ГОСТ ЕСКД и ГОСТ СПДС.

Раздел контроля знаний содержит варианты индивидуальных расчетно-графических работ, методику их выполнения, примеры оформления, вопросы для текущего контроля знаний по разделам дисциплины, вопросы к экзамену. Варианты расчетно-графических работ охватывают все темы изучаемой дисциплины и позволяют давать качественную оценку уровня знаний студентов.

Во вспомогательном разделе размещен список рекомендуемой основной, дополнительной и нормативно-технической литературы.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	4
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	6
Раздел 1. Основы начертательной геометрии .....	6
Раздел 2. Проекционное черчение.....	7
Раздел 3. Строительное черчение.....	8
СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА.....	9
Раздел 1. Основы начертательной геометрии .....	9
Раздел 2. Проекционное черчение.....	110
Раздел 3. Строительное черчение.....	125
ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	159
Расчетно-графические индивидуальные задания .....	159
1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ .....	160
ОСНОВЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ.....	165
2. ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ .....	165
3. ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ .....	177
4. СТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ.....	179
5. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ ПО «ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ» (РГР).....	182
1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЗАДАЧ.....	197
2. АЛЬБОМ ЗАДАНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ .....	198
РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	199
ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ.....	199
Текущие контрольные работы.....	235
Контрольные вопросы по изучаемым темам дисциплины .....	235
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	239
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	240

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Инженерная графика» является фундаментальной дисциплиной в подготовке дипломированного специалиста. Это одна из основных дисциплин общепрофессионального цикла

Проектирование, строительство современных зданий и сооружений связаны с изображениями: чертежами, рисунками, эскизами. Это ставит перед графической дисциплиной ряд важных задач. Разделы курса должны обеспечить будущим специалистам знание общих методов построения и чтения чертежей; решения большого числа разнообразных инженерно-геометрических задач, возникающих в процессе проектирования, конструирования, изготовления и эксплуатации различных технических и других объектов.

Инженерная графика – общетехническая учебная дисциплина, знание которой необходимо для всех инженерных специальностей. Она должна дать обучаемым умения и навыки изложения технических идей с помощью чертежа, а также понимания по чертежу устройства объектов и принципов действия технических изделий.

Основная цель ее изучения – выработка знаний и навыков, необходимых студентам для выполнения и чтения технических чертежей, составления проектной и технической документации производства. Инженерная графика – первая ступень обучения, на которой изучаются основные правила выполнения и оформления проектной документации. Полное овладение чертежом, как средством выражения технической мысли и производственными документами, а также приобретения устойчивых навыков в черчении достигаются в результате усвоения всего комплекса технических дисциплин соответствующего профиля, подкреплённого практикой курсового и дипломного проектирования.

В результате изучения дисциплины студенты должны **знать**:  
методы построения обратимых чертежей пространственных объектов;  
способы задания на чертеже прямых, плоскостей, кривых линий и поверхностей;  
способы преобразования чертежа;  
способы решения на чертежах основных метрических и позиционных задач;  
способы построения аксонометрических проекций;  
аппарат линейной перспективы и способы ее построения;  
правила оформления чертежей (стандарты) и основные условности и упрощения, используемые на технических чертежах;  
правила построения изображений – видов, разрезов и сечений;  
правила выполнения и оформления строительных чертежей (планов, разрезов, фасадов).

**уметь:**

- применять способы построения изображений пространственных фигур на плоскость в прямоугольных проекциях;
- применять способы решения задач пространственных форм при помощи проекционного чертежа;
- выполнять аксонометрические изображения предметов;
- пользоваться государственными стандартами и справочниками;
- применять условные графические изображения и обозначения для строительных чертежей.

**иметь представление:**

о единой системе конструкторской документации и системе проектной документации для строительства;

об общем устройстве зданий и сооружений.

Преподавание дисциплины предусмотрено в течении одного семестра в виде лекций, практических занятий, а также самостоятельной работы с учебной и научно-технической литературой. Практические занятия проводятся в специализированных аудиториях и компьютерных классах. При проведении практических занятий учебная группа делится на две подгруппы и занятия проводятся двумя преподавателями.

Изучение дисциплины "Инженерная графика" основывается на теоретических положениях курса начертательной геометрии, нормативных документах и государственных стандартах систем ЕСКД и СПДС.

Отработка практических навыков производится в форме контрольной работы, которую студенты выполняют, оформляют, регистрируют на кафедре и сдают для проверки и подписи преподавателем.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СДК-4. Уметь работать в команде.

ПК-4. Компоновать общую схему здания и сооружения, конструирования элементов и узлов с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

ПК-9. Разрабатывать техническую документацию на проектируемое здание и сооружение.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Данный раздел электронного учебно-методического комплекса содержит материалы лекционного курса по следующим темам:

### Раздел 1. Основы начертательной геометрии

#### Лекция 1. ВВЕДЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНУЮ ГРАФИКУ. ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ. ПРОЕКЦИИ ПРЯМОЙ

- 1.1. Роль, предмет и основные задачи дисциплины «Инженерная графика»
- 1.2. Метод проекций
- 1.3. Ортогональное параллельное проецирование
- 1.4. Метод Монжа. Комплексный чертеж точки
- 1.5. Прямая. Проекция прямой линии. Точка на прямой. Деление отрезка в данном отношении.
- 1.6. Прямые общего и частного положения.
- 1.7. Взаимное расположение двух прямых.

#### Лекция 2. ПЛОСКОСТЬ

- 2.1. Плоскость. Способы задания плоскости на чертеже
- 2.2. Прямые линии и точки, расположенные в плоскости
- 2.3. Главные линии плоскости
- 2.4. Плоскости общего и частного положения
- 2.5. Параллельность и перпендикулярность прямой и плоскости, двух плоскостей.

#### Лекция 3. ПОВЕРХНОСТИ

- 3.1. Общие сведения
- 3.2. Способы задания поверхности на чертеже
- 3.3. Основные виды поверхностей в строительной практике
- 3.4. Точка и линия на поверхности

#### Лекция 4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ФИГУР

- 4.1. Случаи пересечения фигур
- 4.2. Первый случай пересечения фигур
- 4.3. Второй случай пересечения фигур
- 4.4. Третий случай пересечения. Использование плоскостей-посредников.

#### Лекция 5. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

- 5.1. Общие понятия
- 5.2. Способ замены плоскостей проекций
- 5.3. Основные задачи, решаемые способом замены плоскостей проекций. Метрические задачи.

#### Лекция 6. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

- 6.1. Сущность метода аксонометрических проекций и основные понятия

- 6.2. Стандартные аксонометрические проекции
    - 6.2.1. Прямоугольная изометрия
    - 6.2.2. Прямоугольная диметрия
    - 6.2.3. Косоугольные аксонометрические проекции
  - 6.3. Построение аксонометрических изображений по ортогональным проекциям
    - 6.3.1. Аксонометрия точки
    - 6.3.2. Аксонометрия плоской фигуры
    - 6.3.3. Аксонометрия призматической поверхности
  - 6.4. Решение позиционных задач в аксонометрии
- Лекция 7. ПЕРСПЕКТИВА**
- 7.1. Центральное проецирование
  - 7.2. Аппарат линейной перспективы
  - 7.3. Перспектива прямой
  - 7.5. Построение перспективы точки, принадлежащей предметной плоскости
  - 7.6. Построение перспективы отрезка прямой, принадлежащей предметной плоскости
  - 7.7. Построение перспективы плоской фигуры, принадлежащей предметной плоскости
  - 7.8. Построение перспективы вертикального отрезка с использованием выноса в картину, боковой стенки, радиального способа
  - 7.9. Построение перспективы прямой общего положения
  - 7.10. Способы построения перспективы
  - 7.11. Выбор точки зрения

## **Раздел 2. Проекционное черчение**

### **Лекция 8. ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ГОСТ ЕСКД И ИХ ОФОРМЛЕНИЯ**

- 8.1. Изображения
  - 8.1.1. Виды
  - 8.1.2. Разрезы
- 8.2. Графическое изображение материалов в сечениях
- 8.3. Нанесение размеров
- 8.4. Стандартные аксонометрические проекции
  - 8.4.1. Прямоугольные проекции
  - 8.4.2. Косоугольные проекции
- 8.5 Примеры выполнения изображений

## Раздел 3. Строительное черчение

### Лекция 9. ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ГОСТ СПДС И ИХ ОФОРМЛЕНИЯ

9.1. Общие сведения о строительных чертежах. Система проектной документации для строительства. Стадии проектирования.

9.2. Рабочие чертежи зданий, сооружений, строительных конструкций и изделий. Условности, регламентированные ГОСТ СПДС.

9.3. Комплекты рабочих чертежей марки АР и АС. Правила выполнения планов, разрезов, фасадов. Условности и упрощения, используемые на чертежах марки АР и АС.



# СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

## Раздел 1. Основы начертательной геометрии

### Лекция 1. ВВЕДЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНУЮ ГРАФИКУ

#### 1.1 Роль, предмет и основные задачи дисциплины «Инженерная графика»

Основная цель ее изучения – выработка знаний и навыков, необходимых студентам для выполнения и чтения технических чертежей, составления проектной и технической документации производства. Инженерная графика – первая ступень обучения, на которой изучаются основные правила выполнения и оформления проектной документации. Полное овладение чертежом, как средством выражения технической мысли и производственными документами, а также приобретения устойчивых навыков в черчении достигаются в результате усвоения всего комплекса технических дисциплин соответствующего профиля, подкреплённого практикой курсового и дипломного проектирования.

Дисциплина «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» включает три раздела:

**Раздел 1.** Основы начертательной геометрии;

**Раздел 2.** Проекционное черчение;

**Раздел 3.** Строительное черчение.

В ряду геометрических наук особое место занимает начертательная геометрия – один из разделов геометрии, особенностью которой, является графический метод отображения и исследования геометрических задач и закономерностей с помощью чертежа. В начертательной геометрии именно чертеж является основным средством, с помощью которого изучаются свойства фигур. Исключительное значение чертежа в начертательной геометрии обуславливает ряд требований, предъявленных к нему:

1. обратимость – свойство чертежа (изображения), позволяющее по нему однозначно восстановить действительную форму и размеры предмета, а также его положение в пространстве;
2. наглядность – свойство чертежа, дающее возможность легко составить по нему пространственное представление о предмете;
3. единство условностей, принятых при выполнении изображения: они должны быть такими, чтобы каждый человек мог прочесть чертеж, выполненный другим лицом;
4. геометрическую равноценность оригиналу, т.е. чертеж должен обеспечивать возможность выполнения на изображении тех же геометрических операций, которые выполнимы на самом предмете.
5. точность графических решений.

## 1.2. Метод проекций

Законы перехода от пространственного представления о предмете к его плоскому изображению – чертежу и от чертежа к натуральным формам предмета в пространстве составляют суть метода проекций. Чертежи, построенные с помощью этого метода, называют проекционными.

Метод проекций предполагает наличие плоскости, на которой строится изображение – плоскости проекций, геометрической фигуры, проецирующих лучей.

Для того чтобы получить изображение точки на плоскости проекций необходимо через неё провести проецирующий луч и найти точку пересечения его с плоскостью проекций (рис. 1.1). Это изображение называется проекцией точки.  $A' = l \cap \Pi'$ .

В зависимости от угла между проецирующими лучами и плоскостью проекций параллельные проекции делятся на прямоугольные и косоугольные.

Если направление проецирующего луча изменить, то на той же плоскости  $\Pi'$  можно построить множество проекций одной и той же точки. Очевидно, для того, чтобы одной точке пространства отвечало бы единственное изображение, надо задать определённое направление проецирующего луча.

Если направление проецирования перпендикулярно  $\Pi'$  – прямоугольное, если не перпендикулярно – косоугольное.

Параллельные проекции предмета вместе с осями прямоугольных координат, к которым отнесен предмет, называют аксонометрическими (или параллельной аксонометрией). Аксонометрические изображения являются достаточно наглядным изображением предмета, на них размеры предметов искажаются в меньшей степени, чем в центральных.

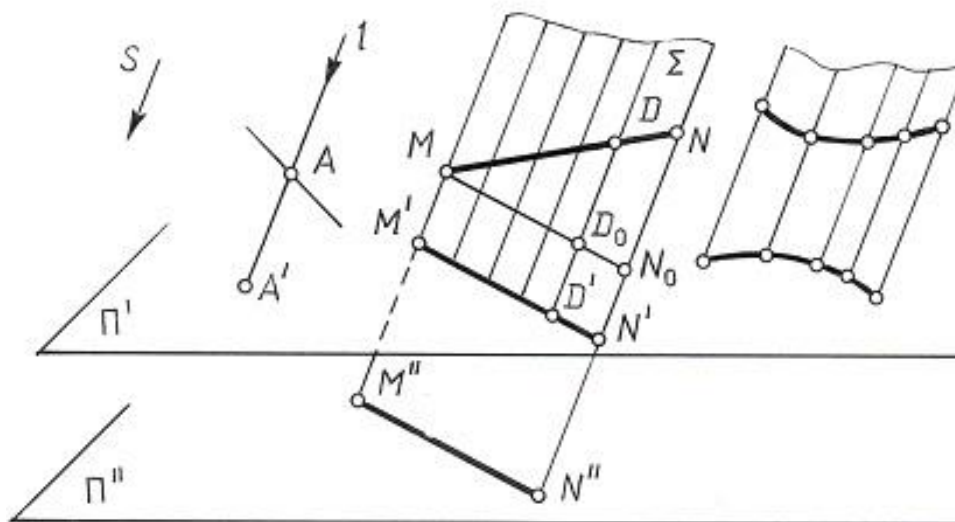


Рис.1.1

Параллельная прямоугольная проекция предмета на плоскость называется ортогональной проекцией, при этом направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций. Ортогональные проекции в свою очередь являются частным случаем параллельных проекций. Эти проекции являются основным методом построения изображений во всех отраслях техники благодаря простоте построений и измерений по ним.

Для определения положения предмета в пространстве, т.е. получения **обратимого** чертежа, в разных видах проекций необходимы дополнительные условия, например, наличие еще одной, а в учебных целях, даже двух дополнительных проекций.

Рассмотрение методов проецирования начнем с ортогонального параллельного проецирования, являющегося основой построения современных технических изображений.

### 1.3. Ортогональное параллельное проецирование.

Для того, чтобы построить параллельную проекцию геометрической фигуры, необходимо через каждую её точку провести проецирующие лучи, параллельные заданному направлению и найти точки пересечения их с плоскостью проекций.

Отметим некоторые основные свойства параллельных проекций.

1. Проекция точки – точка.

2. Проекция прямой в общем случае является прямой (рис.1.1). В частном случае, если направление прямой совпадает с направлением проецирования, проекция прямой – точка.

Множество проецирующих лучей, проходящих через точки прямой, будет представлять собой плоскость, которую называют проецирующей.

Пересечение проецирующей плоскости с плоскостью проекций и есть проекция прямой.

Совокупность проецирующих лучей может представлять собой и проецирующую поверхность – цилиндрическую или призматическую, если направление образующих поверхности совпадает с направлением проецирования.

3. Если точка принадлежит прямой, то и проекция ее принадлежит проекции этой прямой.

4. Отношение отрезков прямой равно отношению проекций этих отрезков. Свойство следует из подобия треугольников  $MN_0$  и  $MDD_0$  (где  $MN_0 // M'N'$ ).

5. Проекции параллельных прямых параллельны, а длины их находятся в том же соотношении, как и длины самих отрезков (рис.1.2.).

Поскольку проецирующие плоскости  $\Sigma$  и  $\Gamma$  параллельны, то и линии пересечения их плоскостью проекций – тоже параллельны, т.е.  $a // b \Rightarrow a' // b'$ .

6. При параллельном перемещении плоскости проекций величина проекции прямой не меняется. На рис.1.1. параллельные плоскости  $\Pi'$  и  $\Pi''$  пересекаются плоскостью  $\Sigma$  по параллельным прямым.

7. Любая фигура, расположенная в плоскости, параллельной плоскости проекций, проецируется на эту плоскость в натуральную величину.

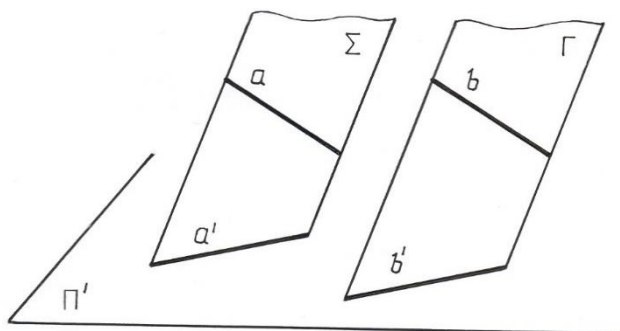


Рис.1.2.

#### 1.4. Метод Монжа. Комплексный чертеж точки

Способ построения обратимого чертежа на основе ортогонального параллельного проецирования был предложен французским ученым Гаспаром Монжем. Для построения проекций геометрической фигуры выбираются две взаимно перпендикулярные плоскости проекций, одна из которых вертикальна, вторая – горизонтальна.

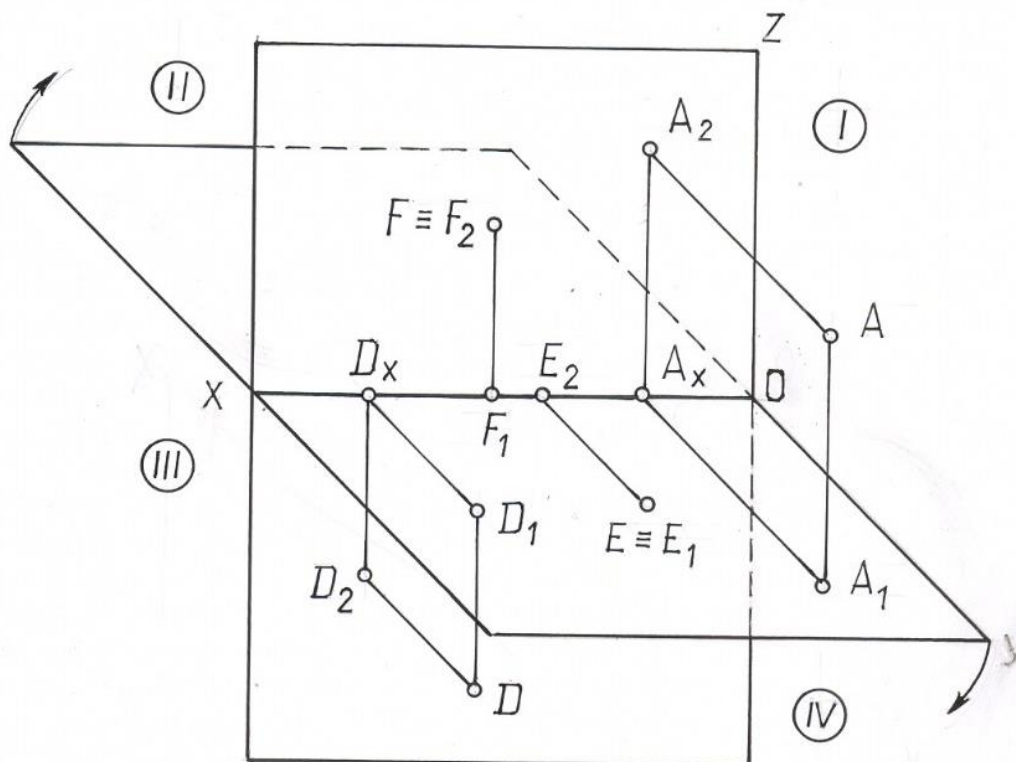


Рис.1.3.

Обозначение этих плоскостей проекций:

$\Pi_1$  – горизонтальная плоскость проекций;

$\Pi_2$  – фронтальная плоскость проекций.

Линия их пересечения  $OX$  называется осью координат (абсцисс).

Эти две плоскости делят все пространство на 4 части или четверти. Порядок отсчета дан на рисунке 1.3. Направление проецирования при этом принимают перпендикулярным соответствующей плоскости проекций.

Спроецируем некоторую точку  $A$  на плоскости  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , получим проекции:  $A_1$  – горизонтальную,  $A_2$  – фронтальную.

Проецирующие прямые  $AA_1$  и  $AA_2$  будут определять проецирующую плоскость, перпендикулярную к  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , а следовательно и к  $OX$ , отсюда  $A_1A_x \perp XO$  и  $A_2A_x \perp XO$ .

Отрезок  $A_1A_x = AA_2$  – показывает расстояние точки до плоскости  $\Pi_2$ , отрезок  $A_2A_x = AA_1$  – до плоскости  $\Pi_1$ .

Если заданы проекции  $A_1$  и  $A_2$  точки, то по ним можно найти единственную точку  $A$  пространства. Для этого из каждой проекции к плоскостям проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  надо восстановить перпендикуляры, которые пересекутся в единственной точке  $A$ . Итак, две проекции вполне определяют положение геометрической фигуры в пространстве, а следовательно, могут заменить эту фигуру.

Для того, чтобы получить плоский чертеж или эюр (от фр. *epure*), совместим плоскость  $\Pi_1$  с плоскостью  $\Pi_2$  вращая  $\Pi_1$  вокруг оси  $XO$  по направлению, указанному на чертеже. В результате совпадения плоскостей проекций получим эюр Монжа, или комплексный чертеж точки, состоящий из двух проекций  $A_1$  и  $A_2$ , которые будут лежать на одной прямой, перпендикулярной оси  $XO$  (рис. 1.4.).

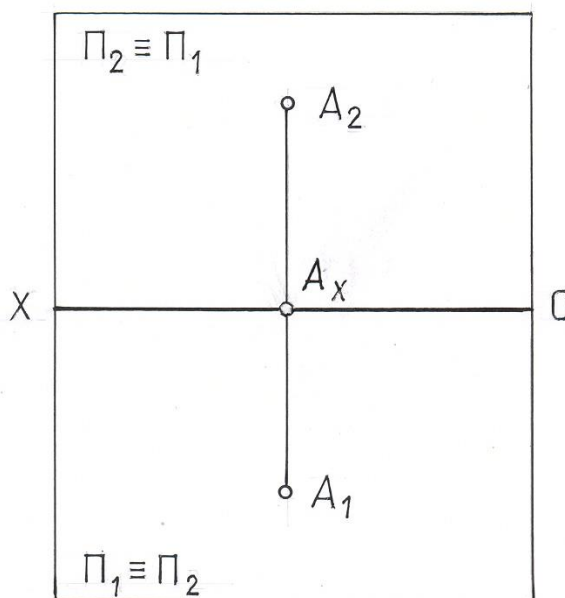


Рис. 1.4.

Таким образом, под методом Монжа понимается параллельное ортогональное проецирование фигуры на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций, одна из которых вертикальна, а вторая горизонтальна, с

последующим поворотом горизонтальной плоскости на  $90^\circ$  до совмещения с вертикальной.

Линия  $A_1A_2$ , соединяющая на чертеже две проекции одной и той же точки, называется линией связи  $A_1A_2 \perp XO$ .

Такой чертеж является обратимым, т.к. повернув плоскость  $\Pi_1$  в обратном направлении и произведя операции обратные проецированию восстановим единственное положение точки  $A$ .

Необходимо отметить, что сама точка-оригинал на чертеже отсутствует. Ортогональное проецирование точки пространства на взаимно перпендикулярные плоскости проекций и последующее совмещение этих плоскостей с одной плоскостью чертежа создает комплексный чертеж, являющийся плоскостной моделью пространства, который обладает всеми свойствами самостоятельного пространства.

В зависимости от положения точки в пространстве эюр ее будет видоизменяться. Так, если точка во второй четверти, то на чертеже проекции ее располагаются выше оси  $XO$  (рис.1.5.). Эюр точки, расположенной в третьей четверти показан на рис. 1.6.; в четвертой – на рис. 1.7.

Если же она принадлежит плоскости  $\Pi_1$  – рис.1.8, или  $\Pi_2$  – рис.1.9, оси  $XO$  – рис.1.10.

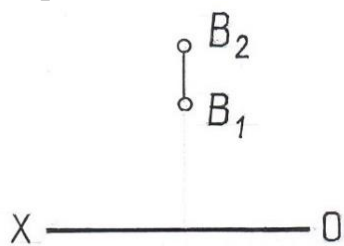


Рис. 1.5

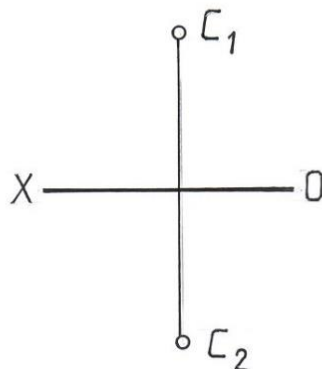


Рис.1.6

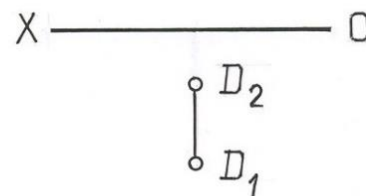


Рис.1.7.

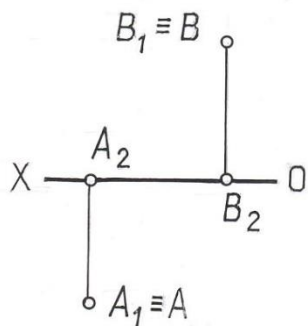


Рис.1.8.

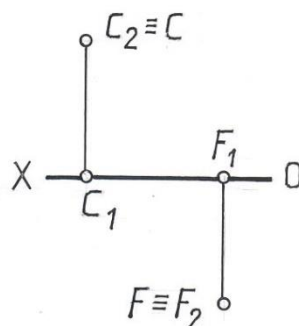


Рис.1.9.

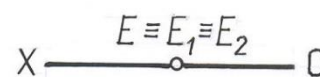


Рис.1.10.

Таким образом, зная, как расположены проекции точки относительно оси  $XO$ , можно по чертежу определить, в какой четверти расположена точка и насколько удалена она от плоскостей проекций.

В некоторых случаях для обеспечения большей наглядности проекций и облегчения понимания формы предмета прибегают к использованию третьей плоскости проекций. Эта плоскость, перпендикулярная к двум имеющимся, называется профильной и обозначается  $\Pi_3$ . Три плоскости проекций делят пространство на восемь трехгранных углов, называемых октантами, порядок нумерации которых приведен на рис. 1.11.

Показанные на этом рисунке координатные оси  $OX$ ,  $OY$  и  $OZ$  имеют положительные направления. Они соответствуют правой или европейской системе расположения проекций. Ось  $OX$  направлена от начала координат влево,  $OY$  – вперед к наблюдателю,  $OZ$  – вверх. Обратные направления координатных осей считают отрицательными.

При построении комплексного чертежа в системе трех плоскостей горизонтальная плоскость проекций совмещается с фронтальной плоскостью проекций так, как указано выше, а профильная плоскость совмещается с фронтальной вращением против часовой стрелки вокруг оси  $Z$  (если смотреть сверху).

Несмотря на то, что точки могут располагаться в разных октантах, для простоты построения чертежей обычно пользуются только первым октантом.

Комплексный чертеж точки, лежащей в 1 октанте, в системе трех проекций показан на рис. 1.12. По нему видно, что по двум любым ортогональным проекциям точки можно построить третью проекцию этой точки.

На комплексном чертеже положение точки в пространстве определяется при помощи отрезков прямых, графически показывающих расстояние от точки до соответствующей плоскости проекций. Длины этих отрезков, измеренные установленной единицей длины, называют координатами точки.

Расстояние от точки до плоскости  $\Pi_1 A_2 A_x = A_3 A_y = Z$  - аппликата. Расстояние от точки до плоскости  $\Pi_2 A_1 A_x = A_3 A_z = Y$  - ордината. Расстояние от точки до плоскости  $\Pi_3 A_2 A_z = A_1 A_y = X$  - абсцисса.

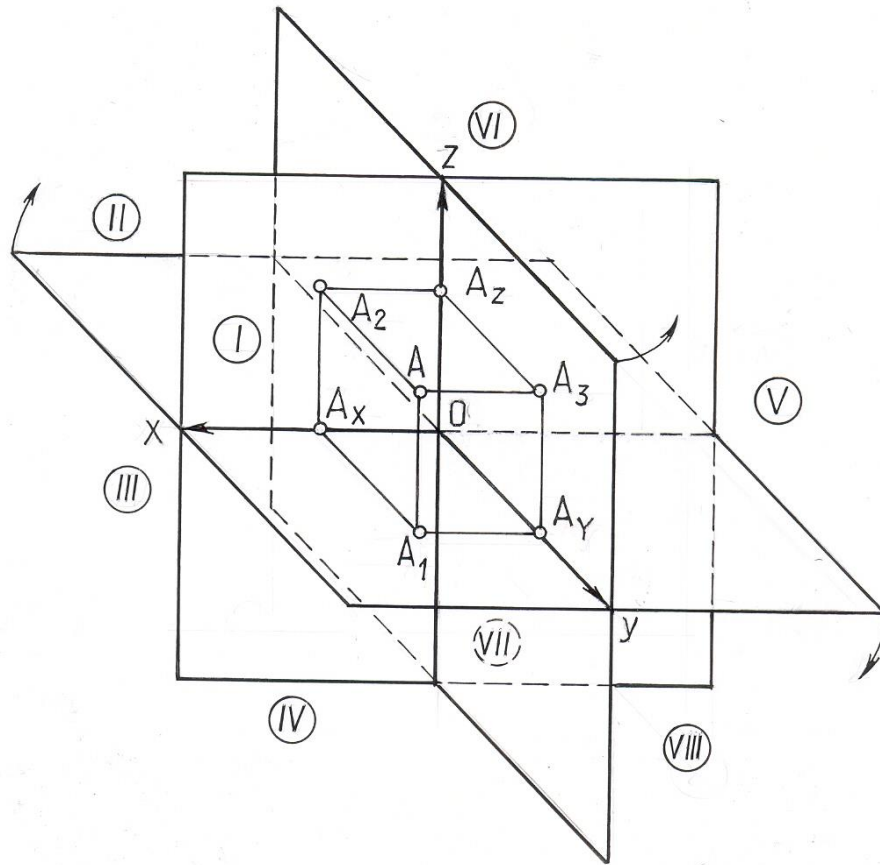


Рис. 1.11

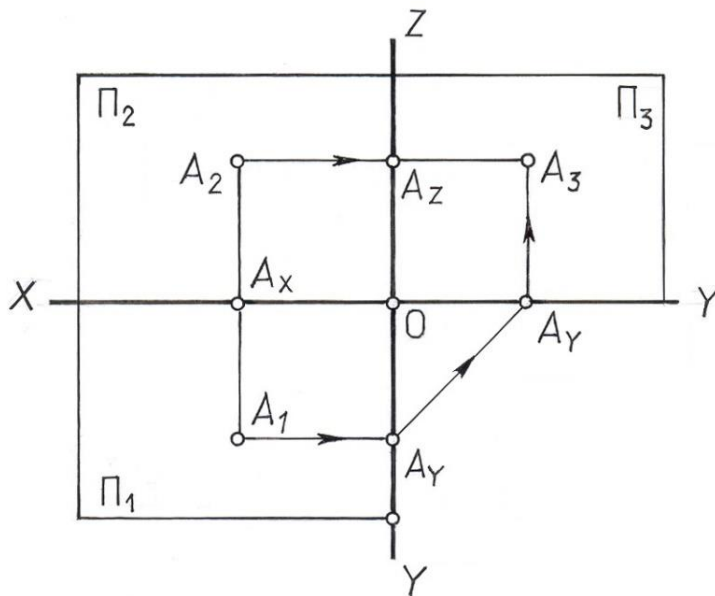


Рис. 1.12

Три координаты точки в совокупности составляют определитель точки, условная запись которого  $A(X, Y, Z)$ . Положение соответствующей проекции точки определяют две координаты:

фронтальную проекцию на плоскости  $\Pi_2$  определяют координаты  $X$  и  $Z$  -  $A_2(X, Z)$ ;



горизонтальную проекцию на плоскости  $\Pi_1$  определяют координаты  $X$  и  $Y - A_1(X, Y)$ ;

профильную проекцию на плоскости  $\Pi_3$  определяют координаты  $Y$  и  $Z - A_3(Y, Z)$ .

Две точки, которые принадлежат одному проецирующему лучу, называют конкурирующими. На рис. 1.13 это точки  $C$  и  $M$ , лежащие на одной горизонтально проецирующей прямой. Они могут использоваться для определения видимости элементов.

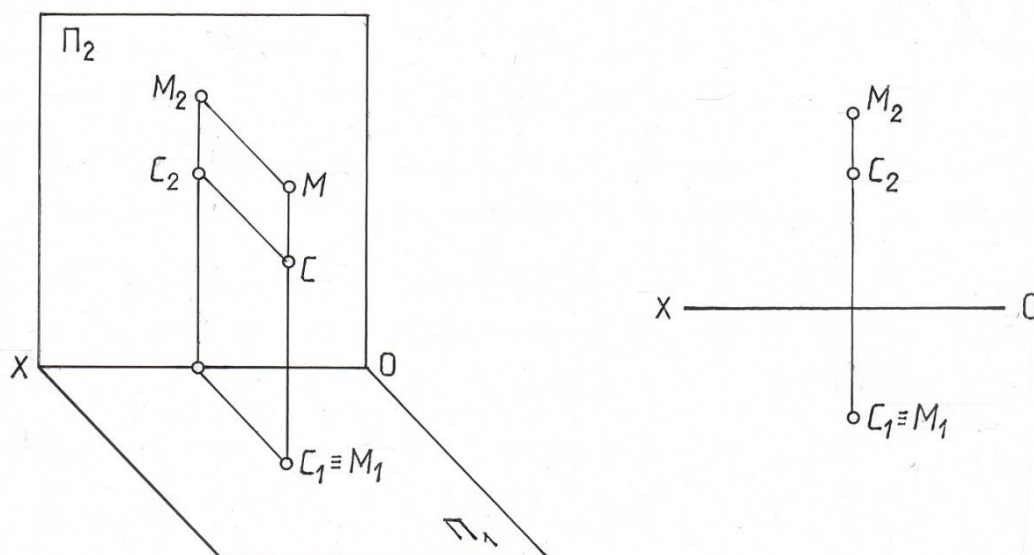


Рис. 1.13

Из двух горизонтально-конкурирующих точек на горизонтальной проекции видима та, которая в пространстве расположена выше.

Это означает, что для того чтобы определить видимость горизонтально конкурирующих точек, необходимо через точку, в которой совпадают их горизонтальные проекции, провести вертикальную линию связи до пересечения с фронтальными проекциями этих точек. Видимой на горизонтальной проекции будет та точка, фронтальная проекция которой будет выше. На рис. 1.13 на виде сверху видимой является точка  $M$ .

Из двух фронтально-конкурирующих точек на фронтальной плоскости проекций будет видна та, которая будет расположена ближе к наблюдателю, стоящему лицом к фронтальной плоскости проекций.

Поэтому, чтобы определить видимость конкурирующих точек на фронтальной проекции, необходимо через точку, в которой совпадают их фронтальные проекции, провести вертикальную линию связи до пересечения с горизонтальными проекциями этих точек. Видимой на фронтальной проекции будет та точка, горизонтальная проекция которой будет удалена дальше от плоскости  $\Pi_2$ .

### 1.5. Прямая. Проекция прямой линии. Точка на прямой. Деление отрезка в данном отношении.

Прямая линия в пространстве определяется двумя точками, а так как проекция прямой – прямая, то на чертеже она может быть задана проекциями двух ее точек (рис. 1.14.).

Очевидно, что пара проекций прямой  $a_1$  и  $a_2$  определяет в пространстве единственную прямую. Действительно, если  $a_1 = \Sigma \cap \Pi_1$  и  $a_2 = \Gamma \cap \Pi_2$ , то  $a = \Sigma \cap \Gamma$  (рис. 1.15.).

Если точка принадлежит прямой, то ее горизонтальная проекция будет принадлежать горизонтальной проекции прямой, а фронтальная проекция – фронтальной проекции прямой (рис.1.15.), т.е.  $A_1 \subset a_1$ ,  $A_2 \subset a_2$  и  $A_1A_2 \perp XO$ . Если же хотя бы одна проекция точки не совпадает с соответствующей проекцией прямой, то данная точка не принадлежит прямой.

На рис. 1.15. точка  $M$  не принадлежит отрезку  $AB$ , т.к. ее фронтальная проекция  $M_2$  не принадлежит фронтальной проекции отрезка  $A_2B_2$ .

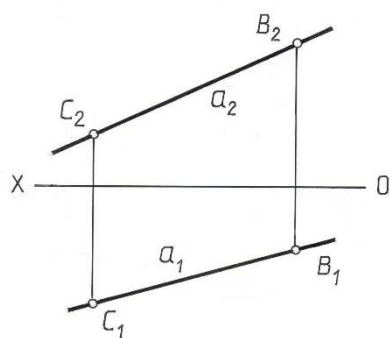


Рис..1.14.

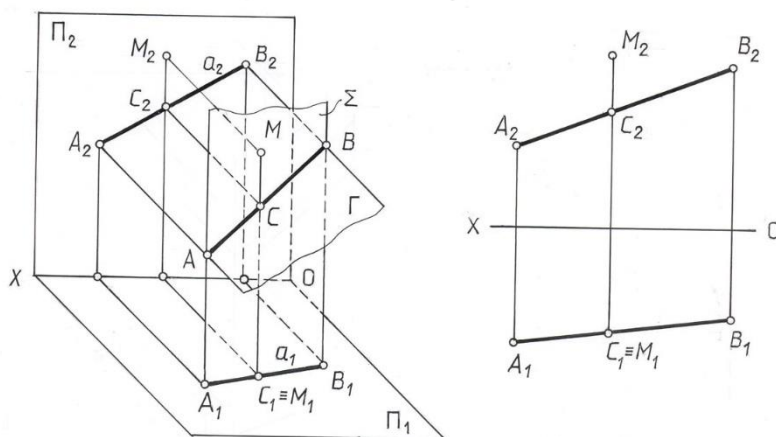


Рис. 1.15.

Точка, лежащая на прямой, делит ее в том же соотношении, в каком проекции точки делят соответствующие проекции прямой. Согласно этому свойству параллельного проецирования  $AC : CB = A_1C_1 : C_1B_1$ , но и  $AC : CB = A_2C_2 : C_2B_2$ , тогда  $A_1C_1 : C_1B_1 = A_2C_2 : C_2B_2$  (рис. 1.16.). Следовательно, для того, чтобы найти на чертеже проекцию точки, которая в пространстве делит отрезок  $AB$  в отношении 1:3, достаточно разделить только одну проекцию.

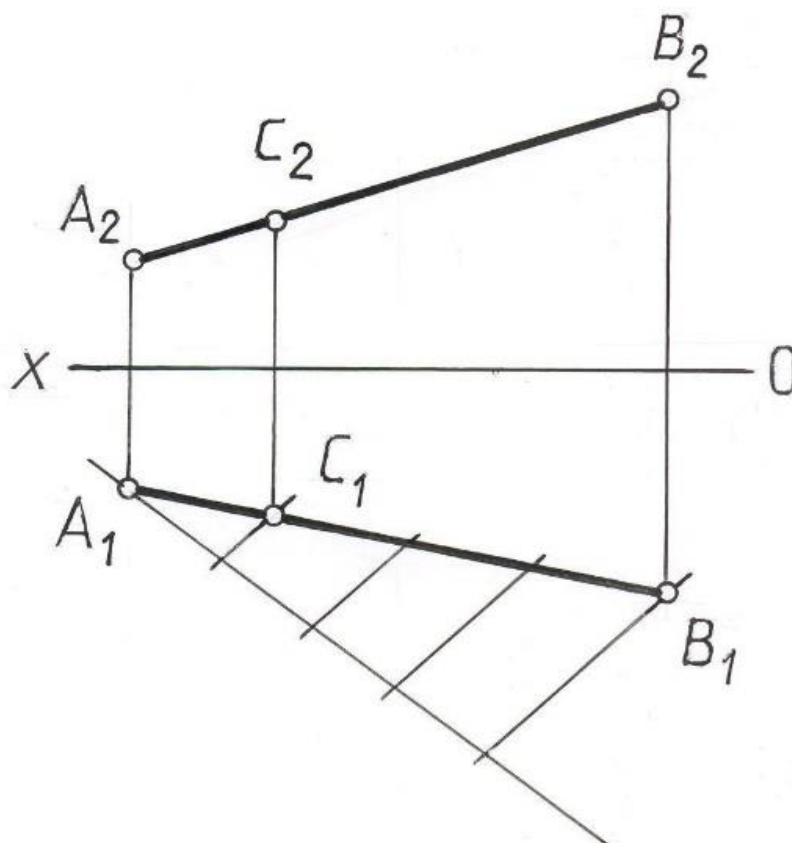


Рис. 1.16.

### 1.6. Прямые общего и частного положения.

В зависимости от положения прямой относительно плоскостей проекций они делятся на прямые общего и частного положения.

Прямые общего положения произвольно наклонены ко всем плоскостям проекций, прямые частного положения – параллельны одной или перпендикулярны одной плоскости проекций.

Прямые, параллельные одной плоскости проекций, называются прямыми уровня. Прямые перпендикулярные одной из плоскостей проекций и, как следствие, параллельные двум другим – проецирующими прямыми.

Чертеж прямой частного положения отличается от чертежа прямой общего положения. На рис. 1.17 показана прямая  $h$ , параллельная горизонтальной плоскости проекций – горизонтальная прямая. Ее определяющим признаком является фронтальная проекция  $h_2$ , расположенная параллельно оси  $X$ , так как координата  $Z_h = \text{const}$ . Таким образом, если прямая  $h \parallel \Pi_1$ , то  $h_2 \parallel OX$ .

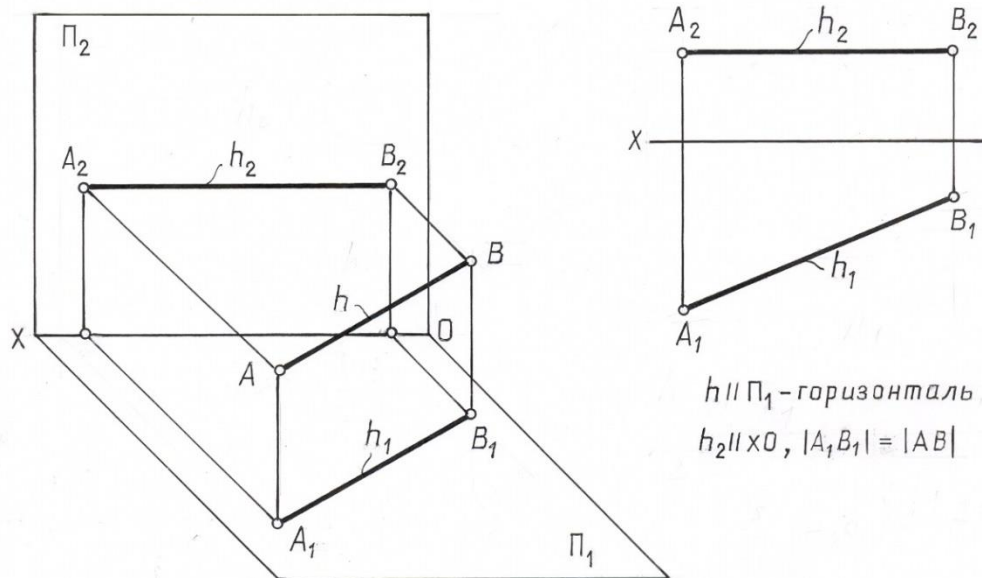


Рис. 1.17.

На рис. 1.18. показана вторая часто встречающаяся линия частного положения – фронтальная прямая, которая параллельна плоскости  $\Pi_2$ . Ее горизонтальная проекция параллельна оси  $OX$ , так как координата  $Y_f = \text{const}$ .

Следовательно, если прямая  $f // \Pi_2$ , то ее горизонтальная проекция  $f_1 // OX$ .

Таким образом, у прямой уровня одна из проекций параллельна оси координат.

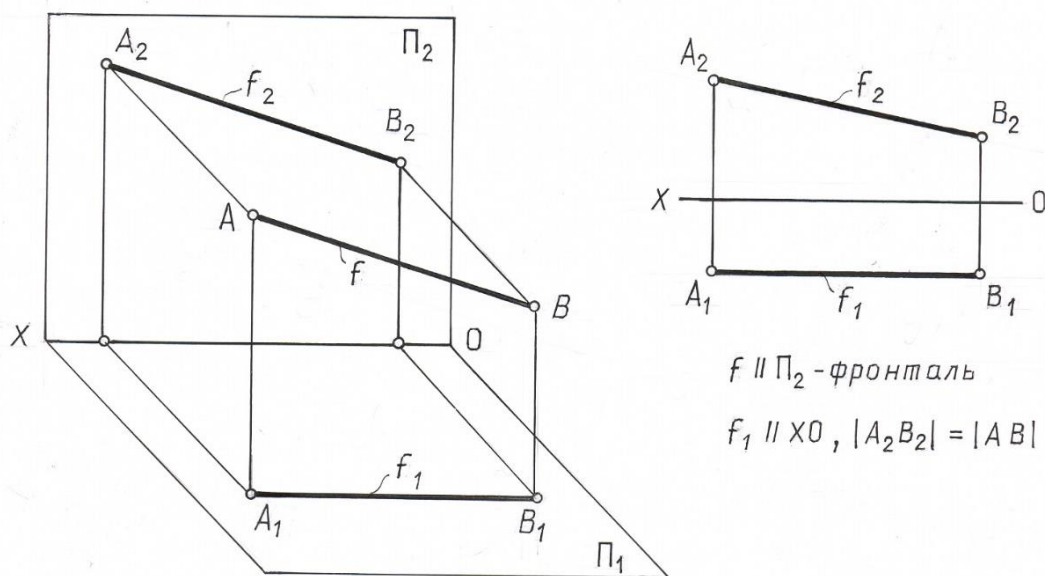


Рис. 1.18.

Проецирующие прямые располагаются перпендикулярно одной из плоскостей проекций и поэтому одна из проекций такой прямой – точка. Такая прямая будет называться проецирующей, например: горизонтально-проецирующая прямая  $n \perp \Pi_1$ , фронтально-проецирующая прямая  $m \perp \Pi_2$ , профильно-проецирующая прямая  $l \perp \Pi_3$ .

В таблице 1.1 приведены названия, наглядные изображения, чертежи и характерные признаки прямых частного положения.

Таблица 1.1

Положение прямой в пространстве	Наглядное изображение	Чертеж	Характерный признак на чертеже
$h // \Pi_1$ - горизонтальная прямая			$A_2B_2 // XO$ $A_1B_1 // AB$ $ A_1B_1  =  AB $
$f // \Pi_2$ - фронтальная прямая			$A_1B_1 // XO$ $A_2B_2 // AB$ $ A_2B_2  =  AB $
$n \perp \Pi_1$ - горизонтально проецирующая прямая			$A_2B_2 \perp XO$ $A_1 \equiv B_1$ $ A_2B_2  =  AB $
$m \perp \Pi_2$ - фронтально проецирующая прямая			$A_1B_1 \perp XO$ $A_2 \equiv B_2$ $ A_1B_1  =  AB $
$l$ - прямая общего положения			$A_1B_1$ - произвольно $A_2B_2$ - произвольно

## 1.7. Взаимное расположение двух прямых

Две прямые в пространстве могут пересекаться, быть параллельными или скрещиваться, т.е. не пересекаться и не быть параллельными.

Судить по эпюру об относительном расположении прямых в каждом отдельном случае можно по следующим признакам:

1. Если прямые параллельны, то одноименные проекции их на любую плоскость также параллельны  $l // m \Rightarrow l_1 // m_1, l_2 // m_2$ . Справедливо и обратное: если на эпюре одноименные проекции двух прямых параллельны, то параллельны и сами прямые в пространстве  $l_1 // m_1 \wedge l_2 // m_2 \Rightarrow l // m$ .

На рис.1.19. дан эпюр параллельных прямых, занимающих в пространстве общее положение относительно плоскостей проекций.

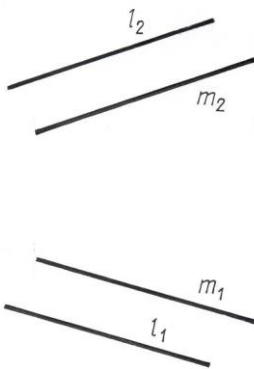


Рис.1.19

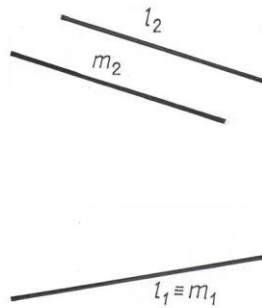


Рис.1.20

На рис.1.20. показан частный случай: прямые лежат в горизонтально-проецирующей плоскости (т. е. в плоскости, перпендикулярной плоскости  $\Pi_1$ ).

Для того, чтобы судить по эпюру о параллельности прямых, достаточно двух проекций каждой прямой. Только в случае профильных прямых могут возникнуть затруднения. Действительно, фронтальные и горизонтальные проекции профильных прямых (рис. 2.9.) всегда параллельны, но отсюда не следует, что и сами прямые параллельны: необходимо ещё, чтобы и профильные проекции их были параллельны. На рис.1.21. отрезки прямых АВ и СД параллельны.

2. Если прямые пересекаются, то точки пересечения их одноименных проекций ( $K_1$  и  $K_2$ ) лежат на одном перпендикуляре к оси  $ox$  (рис.1.22.) Это следует из того, что  $K_1$  и  $K_2$  являются проекциями одной и той же точки  $K$ , общей для обеих прямых.

Если  $l_1 \cap m_1, l_2 \cap m_2$  и  $K_2 K_1 \perp ox$ , то  $l \cap m$ .

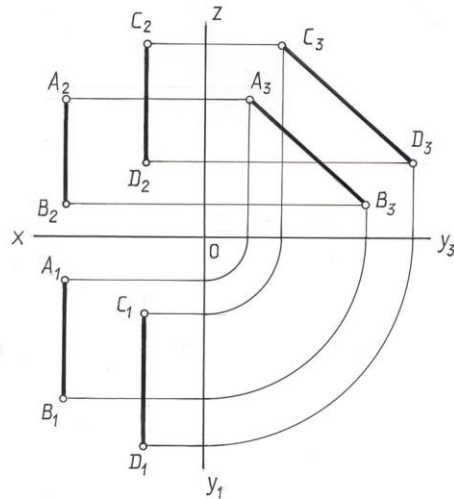


Рис.1.21

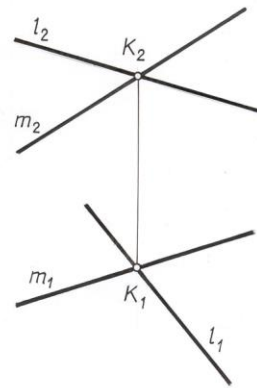


Рис.1.22

В частном случае одна пара одноимённых прямых проекций двух пересекающихся прямых может совпадать. Это значит, что плоскость, которую определяют обе прямые, перпендикулярна к соответствующей плоскости проекций (рис. 1.23.).

Угол, образованный пересекающимися прямыми, проецируется без искажения только тогда, когда его плоскость параллельна плоскости проекций. Прямой же угол проецируется без искажения и тогда, когда только одна его сторона параллельна плоскости проекций, а вторая не перпендикулярна (теорема о проекциях прямого угла).

Как известно, скрещивающиеся прямые не пересекаются и не параллельны. Следовательно, если на эпюре ни один из признаков пересечения или параллельности не выполняется, то мы имеем дело с эпюром скрещивающихся прямых. Так на рис. 1.24. одноимённые проекции прямых  $l$  и  $m$  пересекаются, но не являются точками пересечения прямых в пространстве. Таким образом, прямые  $l$  и  $m$  в пространстве не пересекаются и не параллельны, т.е. прямые  $l$  и  $m$  скрещиваются.

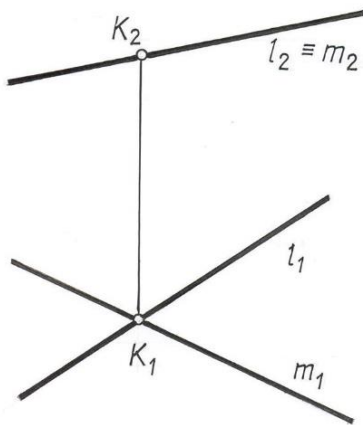


Рис.1.23

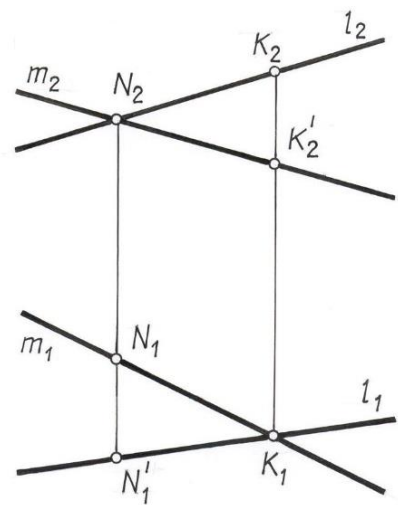


Рис.1.24

Точки  $N_2$  и  $K_1$  являются здесь проекциями разных точек. В точку  $N_2$  проецируются точки  $N$  и  $N'$ , из которых одна принадлежит прямой  $(l_1, l_2)$ , другая - прямой  $m (m_1, m_2)$ , в точку  $K_1$  проецируются точки  $K$  и  $K'$ , тоже находящиеся на разных прямых.

Точки на скрещивающихся прямых  $N$  и  $K$  называются конкурирующими. Они используются для определения видимости элементов.

## Лекция 2. ПЛОСКОСТЬ

### 2.1 Плоскость. Способы задания плоскости на чертеже

Плоскость можно представить, как совокупность последовательных положений непрерывно движущейся прямой линии  $m$ , проходящей через неподвижную точку  $A$  пространства и скользящей по некоторой неподвижной прямой линии  $l$ .

$$\Delta(A, l). m_i \supset A, m \cap l. i=1, 2, 3, \dots$$

Для построения эюра плоскости общего положения используется понятие определителя плоскости.

Определителем называется совокупность условий, необходимых и достаточных для определения геометрической фигуры в пространстве.

Из свойства плоскости известно, что через три точки, не принадлежащие одной прямой, проходит одна и только одна плоскость. В этом случае плоскость определяется определителем  $\Delta(A, B, C)$  (рис.2.1 а).

Как следствие этого свойства:

Через прямую и не принадлежащую ей точку можно провести одну и только одну плоскость. Определитель в этом случае  $\Omega(A, l)$  (рис.2.1 б).

Через две различные параллельные прямые можно провести только одну плоскость. Определитель плоскости будет  $\Gamma(a // b)$  (рис.2.1 в).

3. Через две пересекающиеся прямые можно провести одну и только одну плоскость  $\Sigma(a \cap b)$  (рис.2.1 г).

Поэтому проекции упомянутых сочетаний точек и прямых можно рассматривать как проекции определителей плоскости (рис.2.1).

Каждый из перечисленных способов задания плоскости можно свести к любому из остальных. Так, например, задание тремя точками  $A, B$  и  $C$  (рис.2.1 а) равносильно заданию той же плоскости двумя пересекающимися прямыми (например,  $AB$  и  $BC$ ) или двумя параллельными прямыми. Для чего достаточно через одну из заданных точек провести прямую, параллельную прямой, проходящей через остальные две точки. Во многих случаях практики подобные переходы одного способа задания к другому позволяют упрощать графические построения в процессе решения задач, связанные с плоскостью.



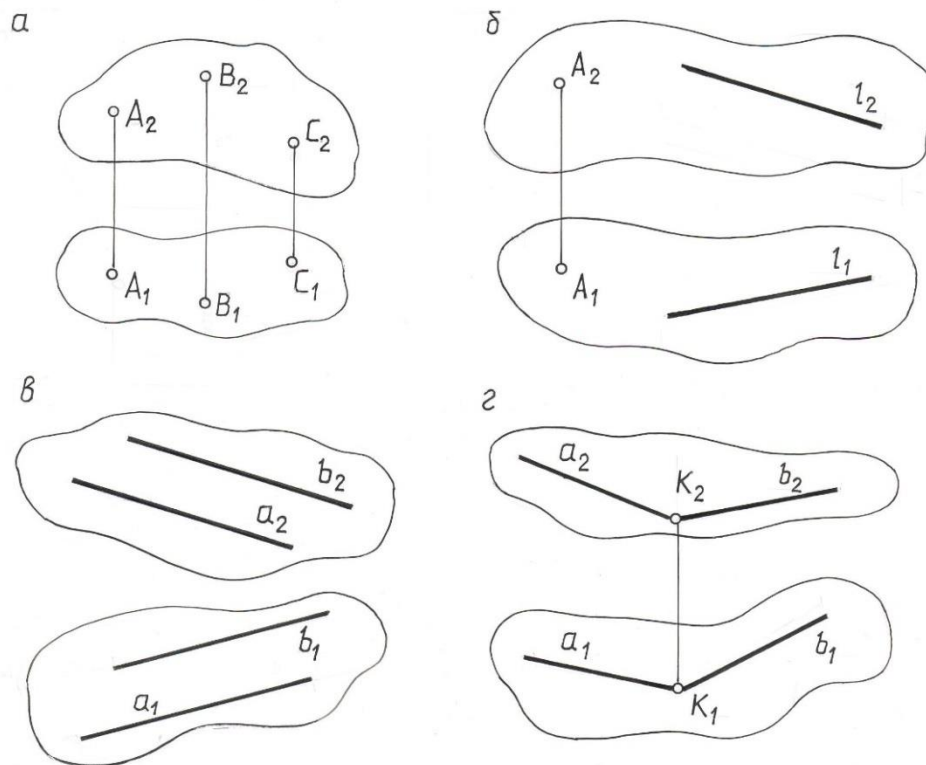


Рис. 2.1.

## 2.2. Прямые линии и точки, расположенные в плоскости

Основными графическими операциями, выполняемыми на плоскости, являются построение принадлежащих ей прямых линий и отдельных точек.

Вопрос о принадлежности прямой данной плоскости решается на основании аксиомы, связанной с понятием принадлежности: прямая, проходящая через две различные точки плоскости, лежит в этой плоскости.

$$A \in \Sigma, B \in \Sigma \Rightarrow (AB) \subset \Sigma.$$

Прямая также лежит в плоскости, если она проходит через точку, лежащую в плоскости и параллельна прямой, находящейся в этой же плоскости.

Задача 1. Достроить недостающую проекцию прямой  $l$ , принадлежащей плоскости  $\Sigma$ , заданной двумя пересекающимися прямыми  $m$  и  $n$  (рис. 2.2).

$$\Sigma (m \cap n), l \subset \Sigma. l_1 = ?.$$

На основании аксиомы о принадлежности точек прямой, на прямых  $m$  и  $n$ , отмечаем точки пересечения заданной фронтальной проекции прямой  $l$ , лежащей в плоскости  $\Sigma$ , с прямыми, задающими эту плоскость ( $l \subset \Sigma$  и  $2 \subset n$ ).

Проводим линии связи из  $l_2$  и  $2_2$  на горизонтальные проекции линий  $m$  и  $n$ , получаем горизонтальные проекции точек  $l_1$  и  $2_1$ , которые и определяют горизонтальную проекцию  $l_1$  искомой прямой  $l$ .

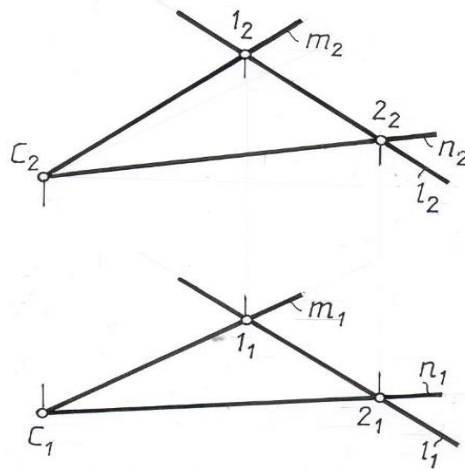


Рис. 2.2.

Задача 2. Достроить фронтальную проекцию прямой  $l$ , лежащей в плоскости  $\Psi$ , заданной двумя пересекающимися прямыми  $m$  и  $n$  (рис. 2.3.).

На проекции прямой  $n_1$  отмечаем проекцию точки  $1_1$  ее пересечения с заданной проекции прямой  $l$ . Достаиваем фронтальную проекцию этой точки  $1_2$ .

Через неё проводим проекцию прямой  $l_2$  параллельно фронтальной проекции прямой  $m_2$ , задающей плоскость.

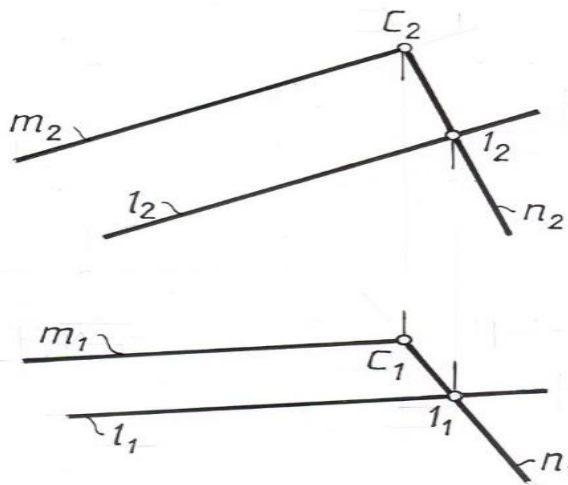


Рис. 2.3.

Условие принадлежности точки плоскости также вытекает из известной аксиомы планиметрии – точка принадлежит плоскости, если она лежит на любой прямой данной плоскости.

Задача 3. Дана горизонтальная проекция точки  $A$ , лежащей в плоскости  $\Omega (m // n)$ . Построить недостающую проекцию точки  $A$  (рис. 2.4).

$\Omega (m // n), A_1. A_2=?$

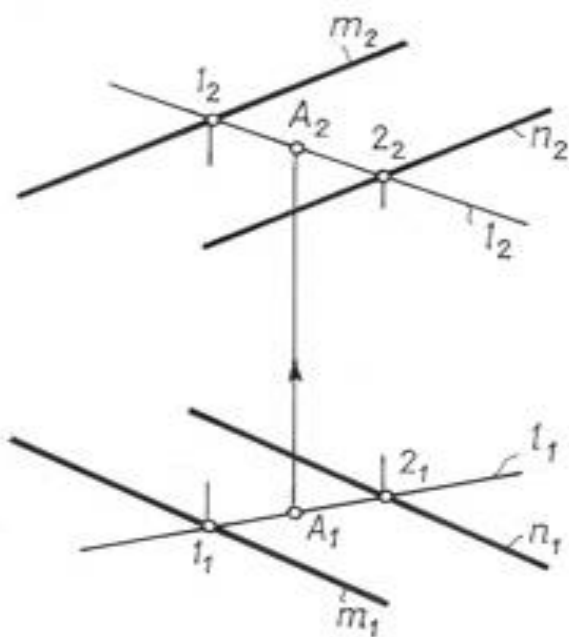


Рис. 2.4.

Через проекцию точки  $A_1$  проводим проекцию произвольной прямой  $l_1$ . Строим её фронтальную проекцию  $l_2$ . С помощью линии связи находим  $A_2$  на  $l_2$ .

Из решения данной задачи следует, что для любой точки плоскости можно на чертеже задать произвольно только одну ее проекцию. Вторая проекция строится с помощью вспомогательной прямой, принадлежащей заданной плоскости.

### 2.3. Главные линии плоскости

На любой плоскости можно провести бесчисленное множество прямых. Среди этих линий особое место занимают прямые уровня:

а) горизонтали плоскости – прямые, принадлежащие заданной плоскости и параллельные горизонтальной плоскости проекций (рис. 2.5). Фронтальная проекция горизонтали плоскости всегда параллельна оси  $OX$ .

б) фронтали плоскости – прямые, расположенные в плоскости и параллельные плоскости  $\Pi_2$  (рис. 2.6). Горизонтальная проекция фронтали плоскости параллельна оси  $OX$ .

в) профильные прямые – прямые, которые находятся в данной плоскости и параллельны плоскости  $\Pi_3$  (рис.2.7).

г) линии наибольшего наклона к плоскостям  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$  - это прямые, расположенные в плоскости и перпендикулярные к горизонтали и фронтали плоскости соответственно. Линии наибольшего наклона к плоскости  $\Pi_1$  называют линиями ската плоскости.

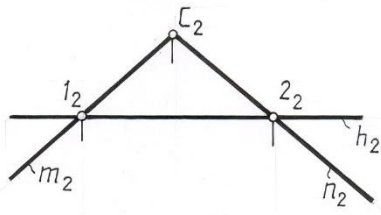


Рис. 2.5.

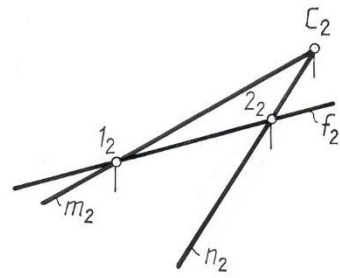


Рис. 2.6.

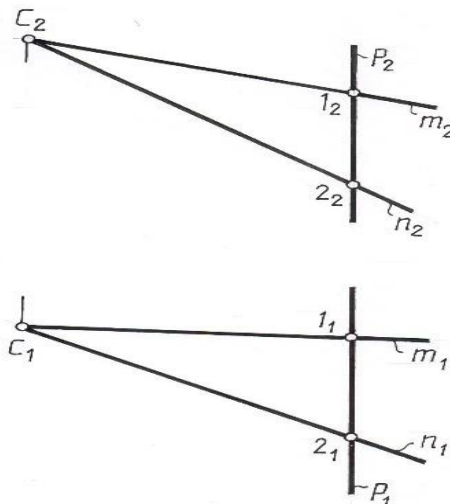
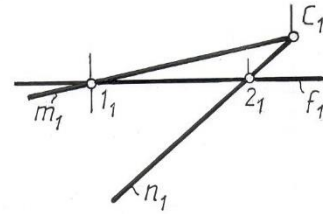
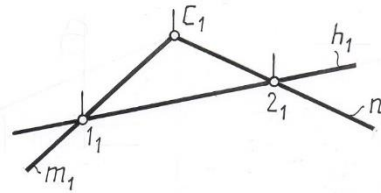


Рис. 2.7.

Перечисленные прямые называют главными линиями плоскости. На любой плоскости можно провести бесчисленное множество главных линий. Все горизонталь плоскости параллельны между собой, все фронтоли плоскости также параллельны друг другу и т. д.

Следует заметить, что следы плоскости также можно отнести к главным линиям. Горизонтальный след – это горизонталь плоскости, фронтальный – фронталь, профильный - профильная линия плоскости.

#### 2.4. Плоскости общего и частного положения

Плоскости в зависимости от положения относительно плоскостей проекций делятся на плоскости общего и частного положения. Плоскости, которые не перпендикулярны ни к одной из плоскостей проекций, носят название плоскостей общего положения.

К плоскостям частного положения относятся плоскости, перпендикулярные одной плоскости проекций (проецирующие плоскости) и параллельные одной плоскости проекций (плоскости уровня).

Проекция такой плоскости вырождается в прямую линию на ту плоскость, к которой она перпендикулярна. На этой прямой лежат проекции всех точек, линий и плоских фигур, принадлежащих данной плоскости.

Плоскость  $\Delta$ , перпендикулярна плоскости  $\Pi_1$  – горизонтально-проецирующая плоскость (рис. 2.8.). Горизонтальная проекция такой плоскости представляет собой прямую линию, которая одновременно является горизонтальным следом  $\Delta_{\Pi_1}$  плоскости.

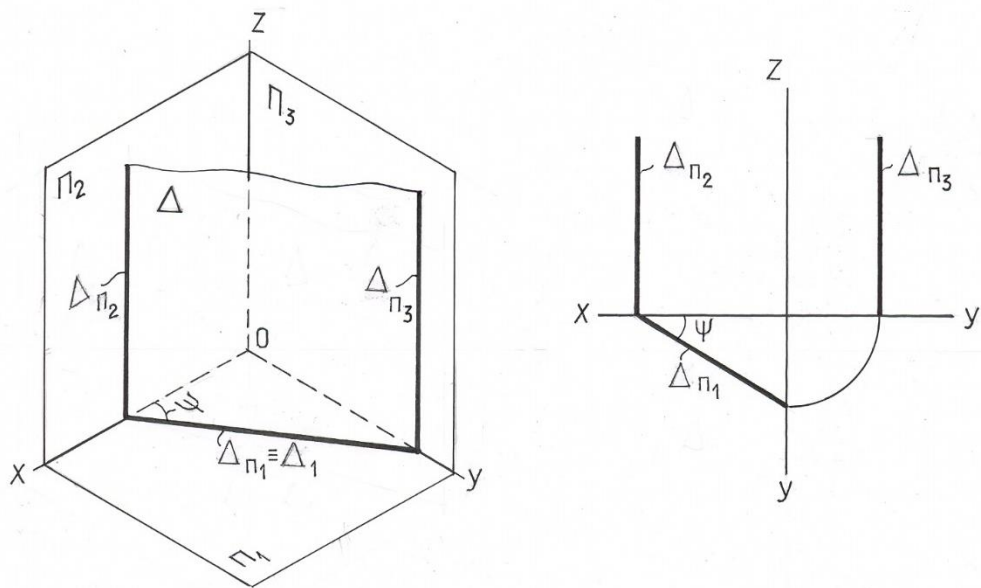


Рис. 2.8.

Горизонтальные проекции всех точек и любых фигур, лежащих в этой плоскости, совпадают с вырожденной горизонтальной проекцией  $\Delta_{\Pi_1}$  плоскости. Угол  $\psi$ , который образуется между плоскостями  $\Delta$  и  $\Pi_2$ , проецируется на  $\Pi_1$  без искажения.

Плоскость  $\Sigma$ , перпендикулярная плоскости  $\Pi_2$  – фронтально-проецирующая плоскость (рис.2.9.). Фронтальная проекция такой плоскости представляет прямую, которая совпадает с фронтальным следом  $\Sigma_{\Pi_2}$  плоскости. Угол  $\varphi$  между плоскостями  $\Sigma$  и  $\Pi_1$  проецируется на  $\Pi_2$  без искажения.

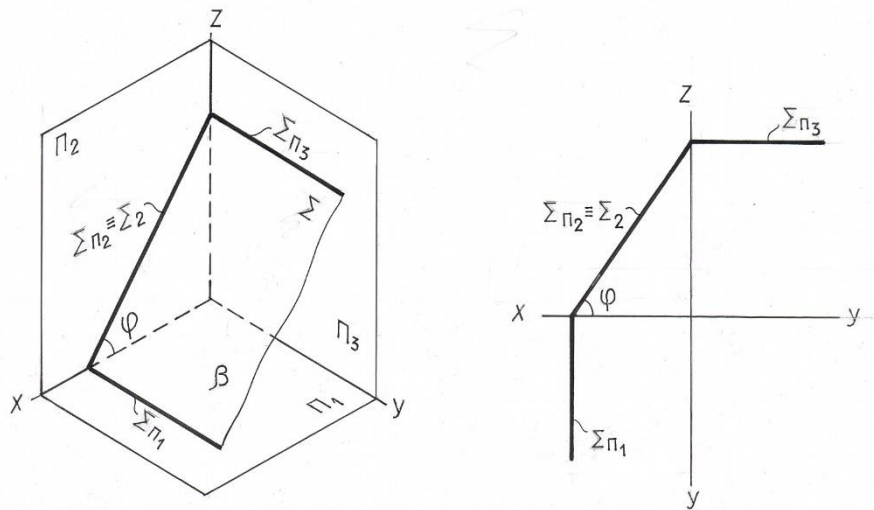


Рис. 2.9.

На рис. 2.10. изображена плоскость  $\Theta$ , перпендикулярная плоскости  $\Pi_3$  – профильно-проецирующая плоскость. Профильная проекция плоскости – прямая линия  $\Theta_3 \equiv \Theta_{\Pi_3}$ . Угол  $\alpha$  между плоскостями  $\Theta$  и  $\Pi_2$  проецируется на плоскость  $\Pi_3$  в натуральную величину.

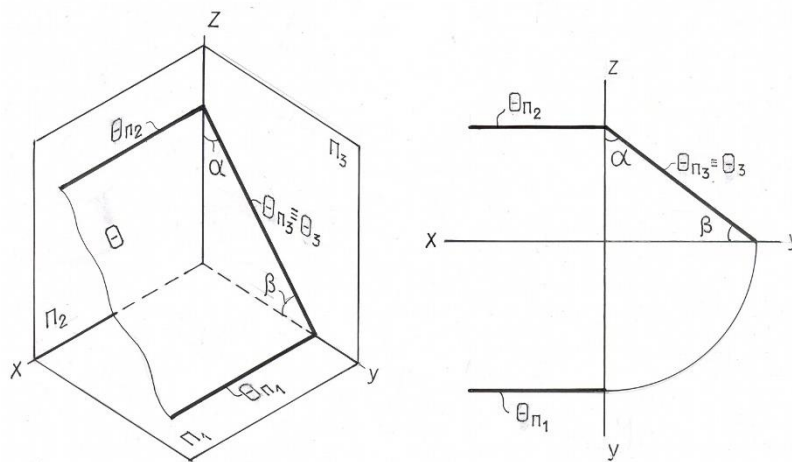


Рис. 2.10.

Плоскости, параллельные одной плоскости проекций и перпендикулярные двум другим плоскостям проекций, называются плоскостями уровня.

Плоскости, параллельные горизонтальной плоскости проекций  $\Pi_1$ , называется горизонтальными плоскостями уровня. На рис. 2.11. такая плоскость, заданная треугольником ABC, перпендикулярна двум плоскостям проекций  $\Pi_2$  и  $\Pi_3$ . Фронтальная и профильная проекции такой плоскости – горизонтальные прямые, совпадающие со своими одноименными следами.

Любая плоская фигура, расположенная в такой плоскости, на горизонтальную плоскость проекций  $\Pi_1$  проецируется без искажения.

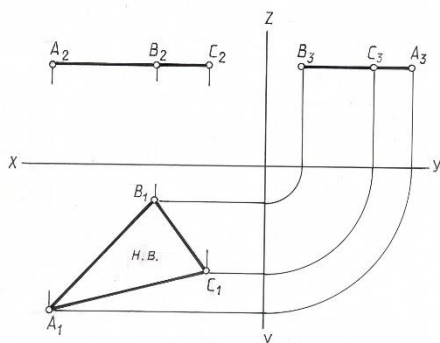


Рис. 2.11.

Плоскости, параллельные фронтальной плоскости проекций  $\Pi_2$ , называется фронтальными плоскостями уровня (рис.2.12.). Такие плоскости перпендикулярны к плоскостям  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$ . Горизонтальная и профильная проекции такой плоскости - прямые линии, совпадающие со своими одноименными следами. Любая фигура, расположенная в такой плоскости, на фронтальную плоскость проекций  $\Pi_2$  проецируется без искажения.

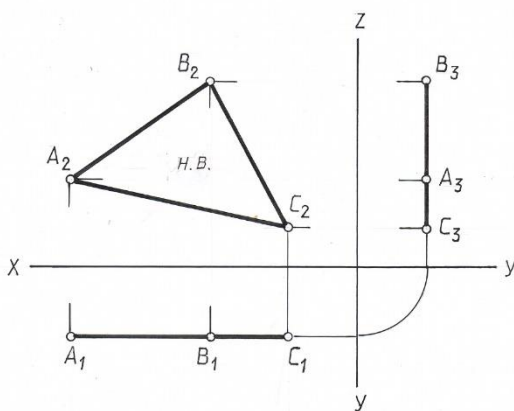


Рис. 2.12.

Плоскости, параллельные профильной плоскости проекции  $\Pi_3$ , называются профильными плоскостями уровня. Их фронтальная и горизонтальная проекции – прямые линии, перпендикулярные оси  $OX$  (рис. 2.13). Любая фигура, расположенная в этой плоскости, проецируется на плоскость  $\Pi_3$  в натуральную величину.

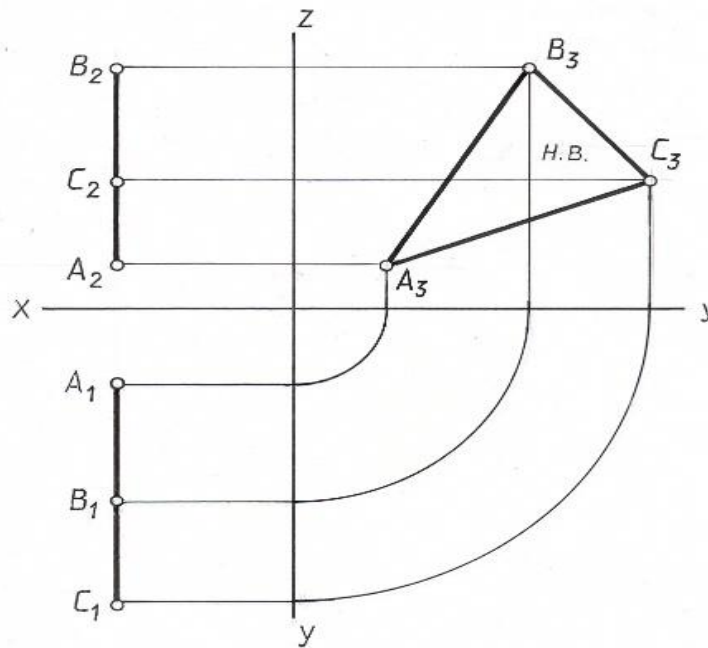


Рис. 2.13.

## 2.5. Параллельность и перпендикулярность прямой и плоскости, двух плоскостей.

Прямая линия и плоскость в пространстве могут быть параллельны (в частном случае совпадая друг с другом), либо пересекаться. Прямая линия, перпендикулярная плоскости, представляет собой частный случай пересекающихся прямой и плоскости.

Две плоскости в пространстве могут быть либо взаимно параллельными (в частном случае совпадая друг с другом), либо пересекающимися. Взаимно перпендикулярные плоскости представляют собой частный случай пересекающихся плоскостей.

Вопросы пересечения двух плоскостей, а также прямой и плоскости под произвольным углом будут рассмотрены далее, здесь же рассмотрим лишь случаи частного взаимного положения этих элементов – перпендикулярность и параллельность прямой и плоскости, а также двух плоскостей.

Из стереометрии известна аксиома: «Если прямая перпендикулярна каждой из двух пересекающихся прямых, лежащих в плоскости, то эта прямая и плоскость взаимно перпендикулярны».

Отсюда следует, что для построения плоскости, перпендикулярной данной прямой  $n(n_1, n_2)$ , достаточно построить две пересекающиеся прямые, перпендикулярные данной прямой. В качестве этих прямых целесообразно использовать прямые уровня, а именно  $h$  и  $f$  (рис. 2. 14).



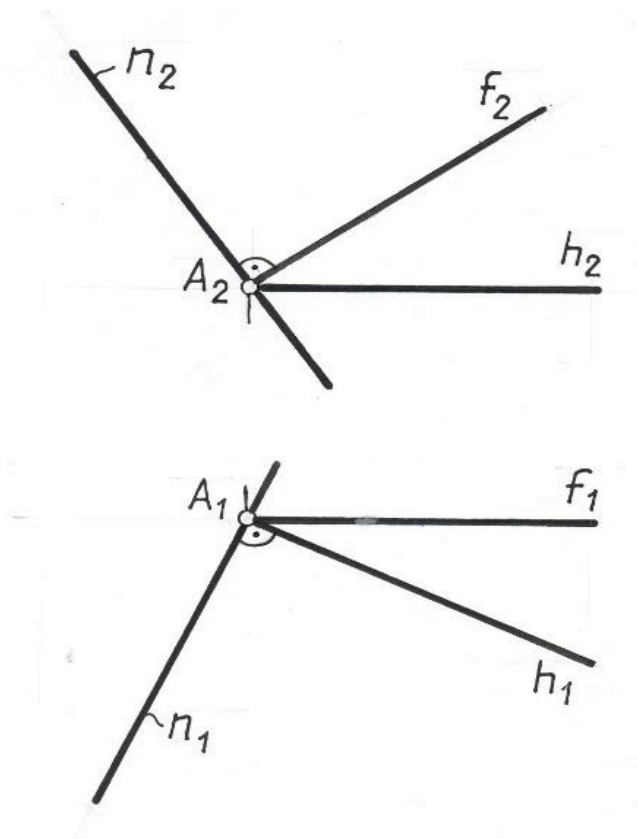


Рис. 2.14.

В этом случае теорема о перпендикуляре к плоскости будет формулироваться так:

Если прямая перпендикулярна к плоскости, то горизонтальная проекция этой прямой перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали плоскости, а фронтальная проекция - фронтальной проекции фронтали той же плоскости.

Если  $h_1 \perp n_1 \wedge f_2 \perp n_2 \rightarrow n \perp \Sigma (h \cap f)$ . Соответственно всегда  $h_2 \parallel ox$  и  $f_1 \parallel ox$ .

Или если  $n \perp \Sigma (h \cap f) \rightarrow n_1 \perp h_1 \wedge n_2 \perp f_2$ .

Задача 4. Опустить перпендикуляр из точки  $A$  на плоскость  $\Delta (ABC)$ .

Строим проекции фронтали и горизонтали плоскости  $h (h_1, h_2) f (f_1, f_2)$ , проходящей через точку  $A$  (рис. 2.15).

Опускаем перпендикуляр  $n$ .  $n_2 \perp f_2$  и  $n_1 \perp h_1$ .

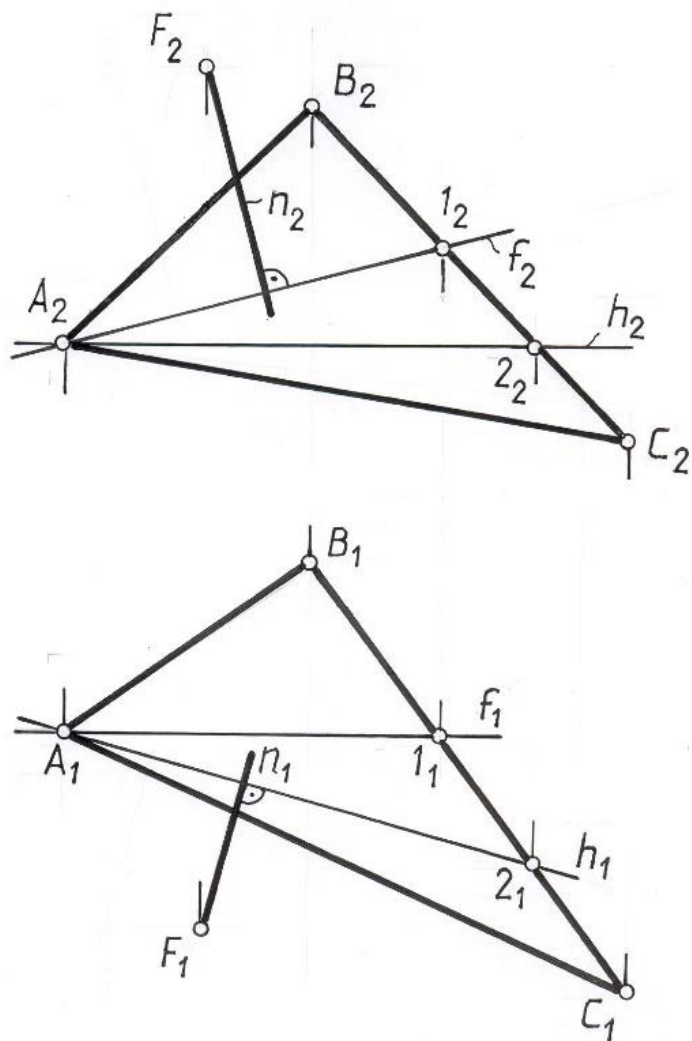


Рис. 2. 15.

Две плоскости взаимно перпендикулярны, если одна из них проходит через перпендикуляр к другой.

Задача 5. Построить плоскость  $\Delta$ , проходящую через точку  $A$  и перпендикулярную к плоскости  $\Sigma$ , заданной двумя пересекающимися прямыми  $(h \cap f)$  (рис. 2.16.).

Поскольку задача имеет множество решений, т.к. через один перпендикуляр можно провести пучок плоскостей, необходимо дополнительное условие, обеспечивающее единственность решения.

Примем, что одна из прямых, задающих плоскость должна быть параллельна прямой  $f$ , задающей плоскость.

Проводим перпендикуляр из точки  $A$  к плоскости  $\Delta$ .

Через точку  $A$  проводим прямую  $m$ , параллельную  $f$ . Эти две прямые  $m$  и  $n$  определяют искомую плоскость  $\Delta$ , перпендикулярную  $\Sigma$ .

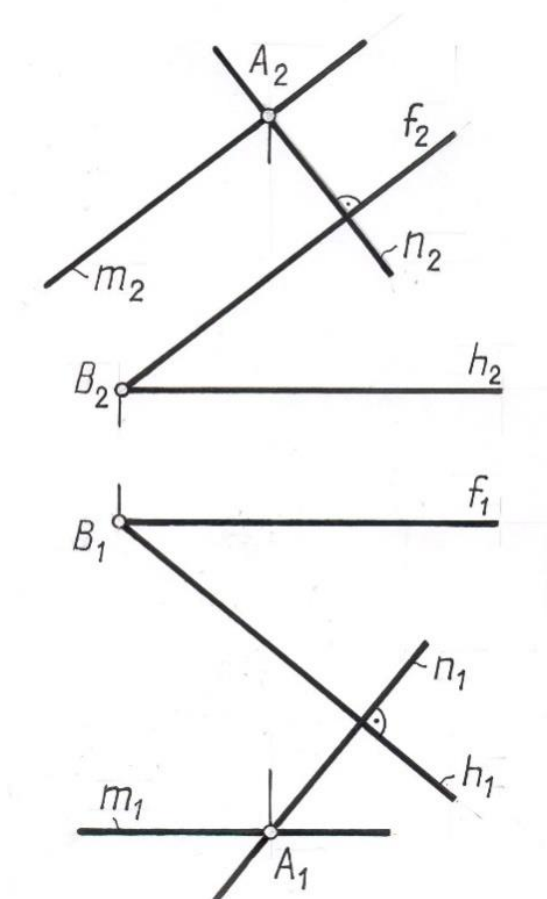


Рис. 2. 16

Признак параллельности прямой и плоскости вытекает из известной аксиомы: «Прямая параллельна плоскости, если она параллельна одной из прямых, лежащих в этой плоскости».

Через данную точку пространства можно провести бесчисленное множество прямых, параллельных данной плоскости, поэтому для единственного решения требуются дополнительные условия.

Задача 6. Через точку М провести прямую  $l \parallel \Sigma (ABC)$  и плоскости проекций  $\Pi_1$  (рис. 2.17).

Прямая, параллельная двум плоскостям одновременно, параллельна линии их пересечения. Линией пересечения плоскости общего положения с горизонтальной плоскостью проекций является горизонталь.

Строим горизонталь, проходящую через вершину С.

Через проекции точки М проводим проекции прямой  $l$  параллельно соответствующим проекциям построенной горизонтали.

$$l_2 // h_2 \text{ и } l_1 // h_1.$$

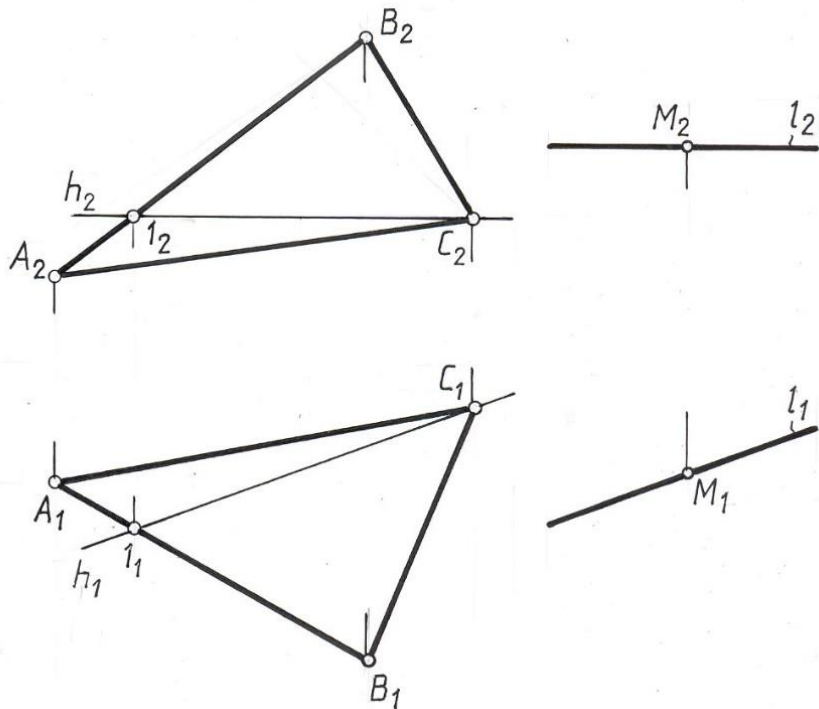


Рис. 2.17

Две плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости.

У параллельных плоскостей одноименные линии уровня взаимно параллельны.

Задачи построения плоскости, параллельной заданной, решается в следующей последовательности:

1. в заданной плоскости строим или выделяем две пересекающиеся прямые.
2. через заданную точку А вне плоскости строим две прямые, параллельные выделенным прямым.

Задача 7. Через точку А провести плоскость  $\Omega$  ( $a \cap b$ ), параллельную плоскости  $\Sigma$  ( $m // n$ ) (рис. 2. 18).

В плоскости  $\Sigma$  строим две проекции произвольной прямой  $l$ . На основании аксиомы о параллельности двух плоскостей через проекции точки А проводим соответствующие проекции двух прямых  $a$  и  $b$ , параллельных прямым  $m$  и  $l$  плоскости  $\Sigma$  соответственно. Эти прямые и задают искомую плоскость  $\Omega$ .

$$\Omega (a \cap b) // \Sigma (m // n).$$

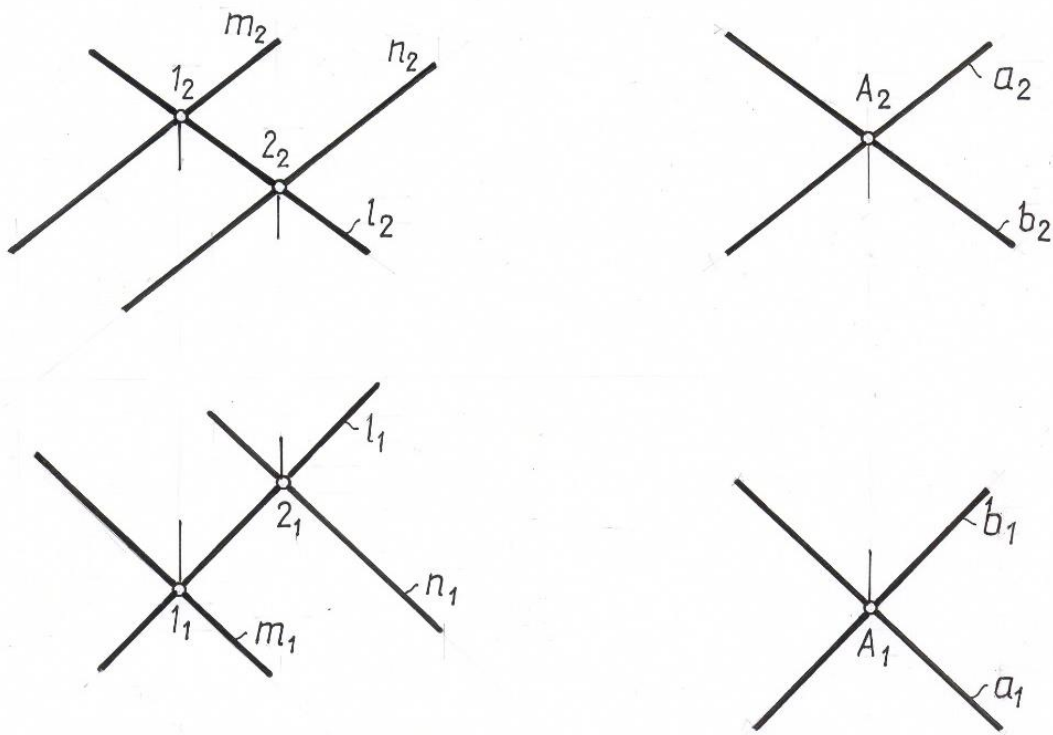


Рис. 2. 18.

Задача 8. Через точку  $A$  провести плоскость  $\Delta$ , параллельную плоскости  $\Sigma$  (рис. 2.19).

Через точку  $A$  проводим горизонталь  $h$  параллельно плоскости  $\Sigma$  ( $h_1 // \Sigma_1$ ).  $N$  – фронтальный след горизонтали этой горизонтали. Поэтому след  $\Delta_2$  пройдет через точку  $N$  параллельно  $\Sigma_2$ , а  $\Delta_1$  через точку  $\Delta_x$  параллельно следу  $\Sigma_1$ .

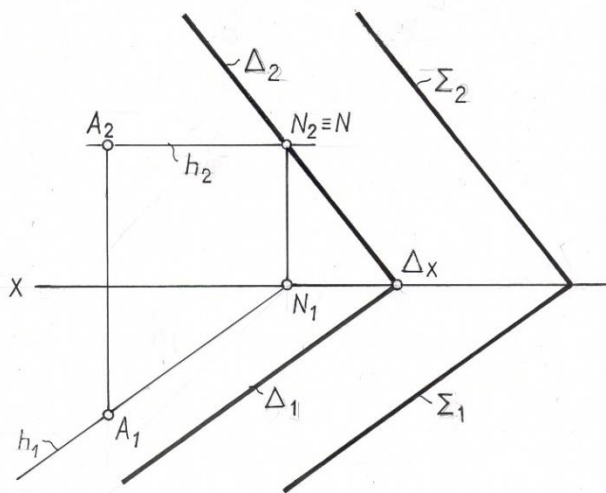


Рис. 2. 19

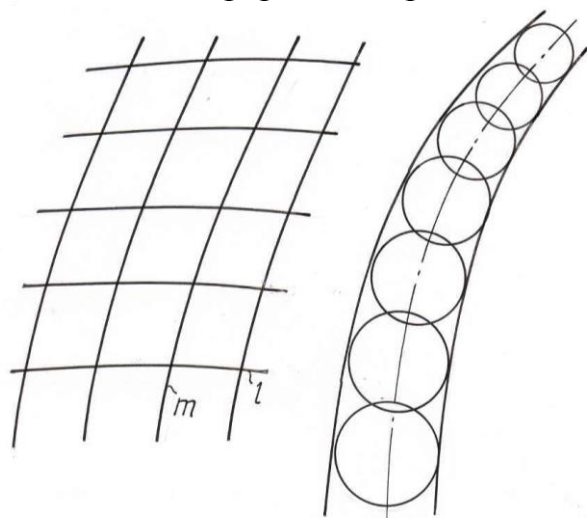
Плоскости взаимно параллельны, если их одноименные следы взаимно параллельны.

## Лекция 3. ПОВЕРХНОСТИ

### 3.1. Общие сведения

В начертательной геометрии рассматривают кинематический способ образования поверхности.

Под поверхностью понимают совокупность последовательных положений непрерывно перемещающейся в пространстве линии.



Перемещающуюся в пространстве линию называют образующей.

Она может быть прямой или кривой, постоянной или непрерывно изменяющейся. Образующей может быть также поверхность (рис. 3. 1). Многообразие поверхностей зависит не только от формы образующей, но и от закона ее перемещения.

Рис. 3. 1

Закон перемещения образующей может быть оговорен словесно (перемещение поступательное, вращательное, винтовое) или же задан графически проекциями неподвижной линии, по которой скользит образующая. Эту линию называют направляющей поверхности. Образующие и направляющие могут меняться местами.

На каждой поверхности можно выделить два множества линий: множество образующих и множество направляющих, при этом должно быть выполнено условие, что линии одного множества между собой не пересекаются, но каждая линия одного множества пересекает все линии другого множества.

Многие поверхности можно рассматривать, как образованные различными приемами, так, например, поверхность цилиндра вращения можно рассматривать как поверхность, образованную вращением вокруг оси прямой или кривой линии, принадлежащей поверхности, или же как поверхность, образованную поступательным перемещением окружности, когда центр окружности перемещается по неподвижной оси цилиндра, а плоскость окружности остается перпендикулярной этой оси.

Из множества вариантов образования поверхности следует выбирать те из них, которые сочетают простую форму образующей с несложной кинематикой ее перемещения, так как такие варианты удобны для изображения данной поверхности на чертеже и решения конкретных задач, связанных с ней.

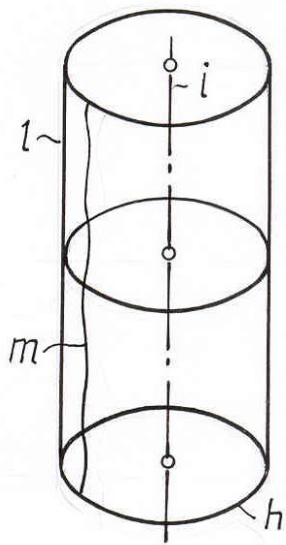
### 3.2. Способы задания поверхности на чертеже

Поверхность считается на чертеже заданной, если относительно каждой точки пространства можно однозначно решить вопрос о ее принадлежности данной поверхности.

Точка принадлежит поверхности в том случае, если она принадлежит некоторой линии данной поверхности. В качестве таких линий выбирают обычно графически простые линии поверхности (прямые или окружности).

В инженерной практике поверхность задают различными способами:

- моделью;



$$\Sigma(l, i)$$

$$\Sigma(m, i)$$

$$\Sigma(h, i)$$

- геометрическим множеством точек, отвечающих определенным условиям;

- уравнением;

- чертежом и т. д.

Рассмотрим способы задания поверхности чертежом.

Поверхность на чертеже может быть задана **определителем, очерком или каркасом**, а также их сочетанием.

Совокупность условий, однозначно определяющих поверхность, т.е., выделяющих ее из всего многообразия поверхностей, называют определителем поверхности.

Определитель поверхности включает образующую и направляющую—это геометрическая часть определителя, а также дополнительные условия, позволяющие реализовать или наиболее полно описать закон перемещения образующей — это алгоритмическая часть определителя.

Очерком поверхности на данной плоскости проекций называют поверхность, образованную лучами, касающимися данной поверхности (рис. 3. 2). Линию касания заданной поверхности с проецирующей поверхностью называют линией контура. Очерк поверхности можно рассматривать также как проекцию линии контура поверхности на данную плоскость проекций.

Линия контура делит поверхность на видимую и невидимую части. Видима на данной плоскости проекций та часть поверхности, которая расположена между глазом наблюдателя и линией контура; та же часть поверхности, которая расположена за линией контура — невидима. Так, в проекции на плоскость  $\Pi_2$  точка  $B$  видима, а точка  $A$  невидима; на плоскость  $\Pi_1$  точка  $A$  видима, точка  $B$  невидима.

Проекцию линии контура на плоскость, перпендикулярную данной плоскости проекций, называют линией видимости. По расположению этой линии на проекциях судят о видимости точек в той или иной проекции.

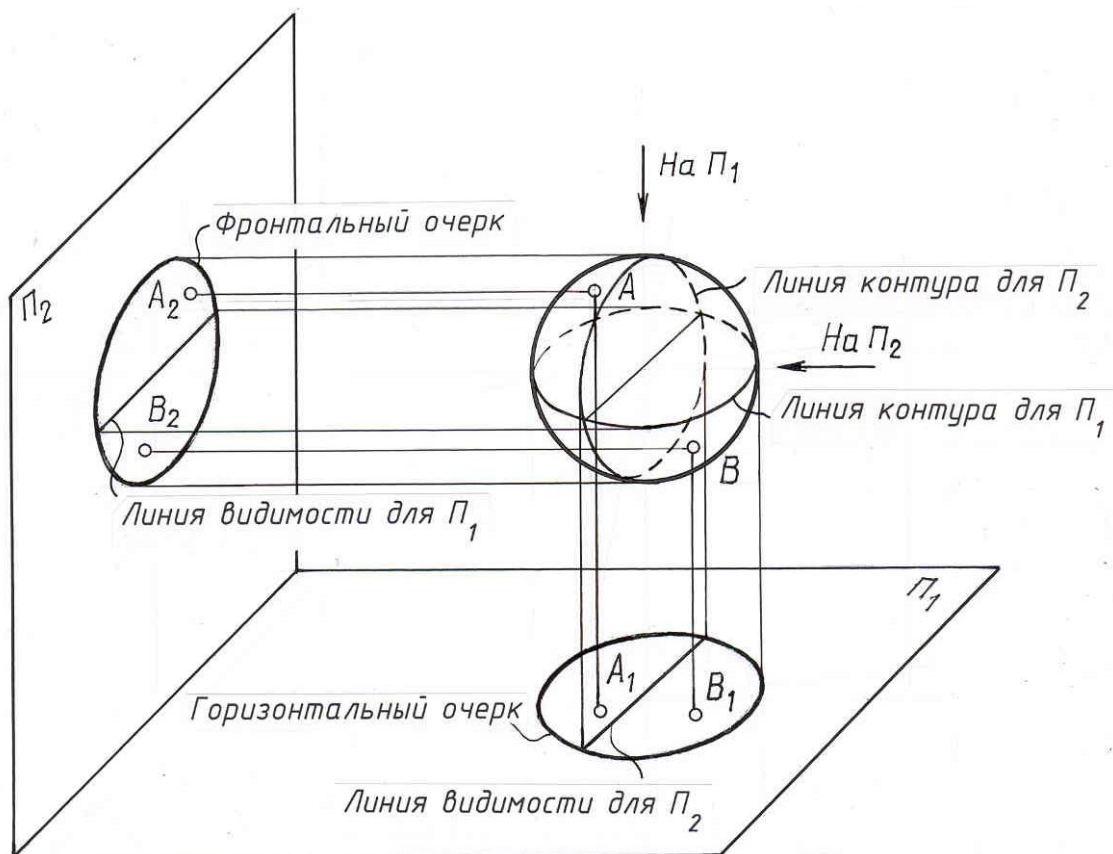


Рис. 3. 2.

В общем случае поверхность может быть задана каркасом.

Каркас поверхности – это совокупность некоторого числа линий ей принадлежащих (рис.3.3).

Каркас может быть непрерывный и дискретный. Под непрерывным каркасом поверхности понимают множество линий, сплошь заполняющее данную поверхность, это по существу кинематический способ задания поверхности на чертеже.

Дискретный каркас поверхности – это совокупность отдельных линий данной поверхности.

Задание поверхности дискретным каркасом не является достаточно полным, так как при этом не определяется однозначно положение точек поверхности, расположенных между отдельными линиями каркаса.

Это значит, что при одном и том же дискретном каркасе можно получить поверхности, несколько отличающиеся друг от друга.

К заданию поверхности дискретным каркасом прибегают в том случае, если образование поверхности не подчинено никакому геометрическому закону.

Примером поверхностей, задаваемых дискретным каркасом, являются поверхности обшивки самолетов, кузова автомобилей, рельеф земной поверхности и т. д.



На чертеже такие поверхности задают обычно проекциями некоторых линий каркаса, которые рассматривают как результат пересечения поверхности плоскостями уровня (рис. 3.4.).

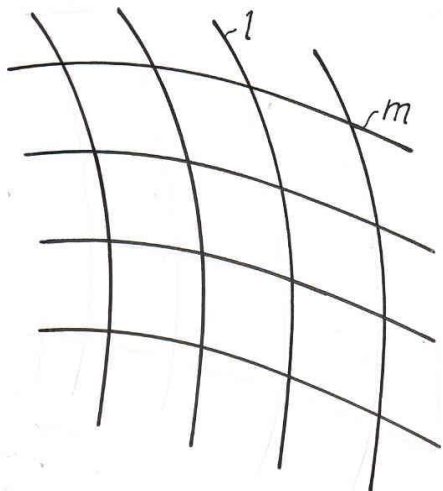


Рис. 3.3.

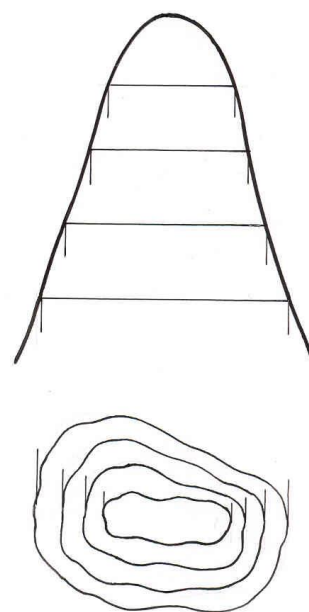


Рис. 3.4.

### 3.3. Основные виды поверхностей в строительной практике

Поверхности по их определенным признакам могут быть разбиты на ряд отдельных классов, причем деление это во многих случаях условное, так как одна и та же поверхность, исходя из того, какой ее признак положен в основу классификации, может быть отнесена одновременно к двум и более классам.

а) По форме образующей поверхности делят на линейчатые и нелинейчатые.

Поверхность, которая может быть образована перемещением прямой линии, называется линейчатой.

Поверхность, для которой образующей может быть только кривая линия, называется нелинейчатой, т. е. криволинейной.

б) По закону движения образующей поверхности делят на: поверхности вращения, поверхности с поступательным перемещением образующей, винтовые поверхности.

в) По признаку развертываемости поверхности делят на развертываемые и неразвертываемые.

Развертываемые поверхности можно без разрывов и складок совместить с плоскостью проекций.

г) По закону образования поверхности делят на закономерные и не закономерные.

Если известен закон образования поверхности, ее называют закономерной; в противном случае поверхность не закономерная.

д) Если поверхность состоит из отсеков плоскостей, ее называют гранной, все остальные поверхности кривые.

Следует отметить, что это не полная классификация поверхностей, так как кроме перечисленных в основу могли быть взяты иные признаки классификации поверхностей.

### 3.4. Точка и линия на поверхности

В общем случае линия на любой поверхности строится по точкам.

Среди множества точек линии выделяют так называемые характерные (опорные) точки. К ним относятся:

а) точки видимости, расположенные на очерковых образующих. Они делят линию на видимую и невидимую части;

в) точки, лежащие на осях симметрии;

б) экстремальные точки, т. е. наиболее близкие или удалённые от плоскости проекций;

г) для многогранников – точки, лежащие на ребрах.

Эти точки подлежат обязательному построению.

Кроме опорных точек в зависимости от вида линии для ее построения может быть использовано любое количество случайных точек.

Ниже показаны приемы построения точек и линий на различных поверхностях.

### 3. 4. 1. Многогранники

Поверхности, ограниченные отсеками плоскостей, называют гранными.

Многогранником называют тело, ограниченное плоскими многоугольниками. Элементами многогранников являются его вершины и ребра. Из многогранников рассмотрим призму и пирамиду. У призмы боковые ребра параллельны друг другу, у пирамиды они пересекаются в одной точке.

**Призма.** Рассмотрим построение проекций линии, принадлежащей боковой поверхности призмы по заданной ее фронтальной проекции (рис. 3.5.). Задачу будем решать в трех проекциях, так как в инженерной практике во многих случаях требуется умение выполнять проекции изделия более чем на двух плоскостях проекций. Данная призма прямая. Ее ребра горизонтально проецирующиеся прямые, значит, боковые грани призмы представляют собой тоже горизонтально проецирующие плоскости.

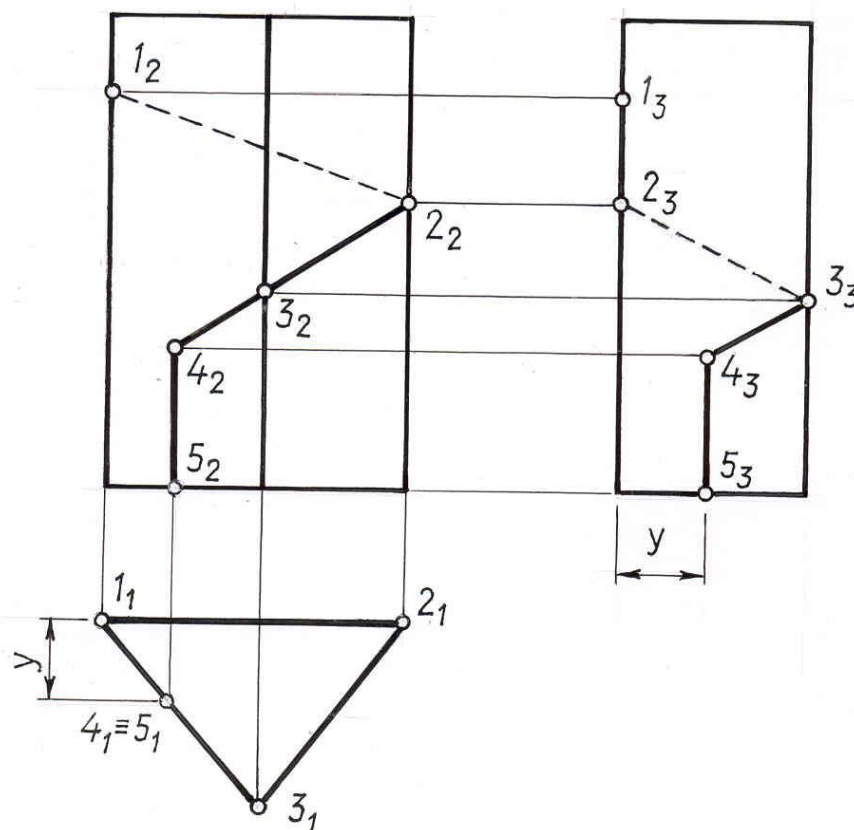


Рис. 3.5

Горизонтальная проекция такой призмы вырождается в треугольник, обладающий собирательным свойством. Это значит, что горизонтальные

проекции всех точек, принадлежащих боковой поверхности призмы располагаются на этом треугольнике – горизонтальном очерке призмы.

Строим профильную проекцию призмы, принимая за базу отсчета измерений в направлении оси  $Y$  заднюю грань призмы. Построение недостающих проекций точек заданной линии начинаем с того, что обозначаем на фронтальной проекции цифрами точки, подлежащие определению в других проекциях. Это будут точки, принадлежащие ребрам призмы (1, 2, 3, 5) и точка излома (4).

Отметив горизонтальные проекции обозначенных точек, строим их профильные проекции, используя для этого измерения в направлении осей  $Y, Z$ .

Соединение полученных точек в профильной проекции производим с учетом видимости в последовательности, определяемой их расположением во фронтальной проекции. Заметим, что отрезками прямых соединяем точки, принадлежащие одной грани и на видимой грани получаем видимые отрезки прямых.

**Пирамида.** Рассмотрим построение линии на поверхности пирамиды по ее фронтальной проекции (рис.3.6.).

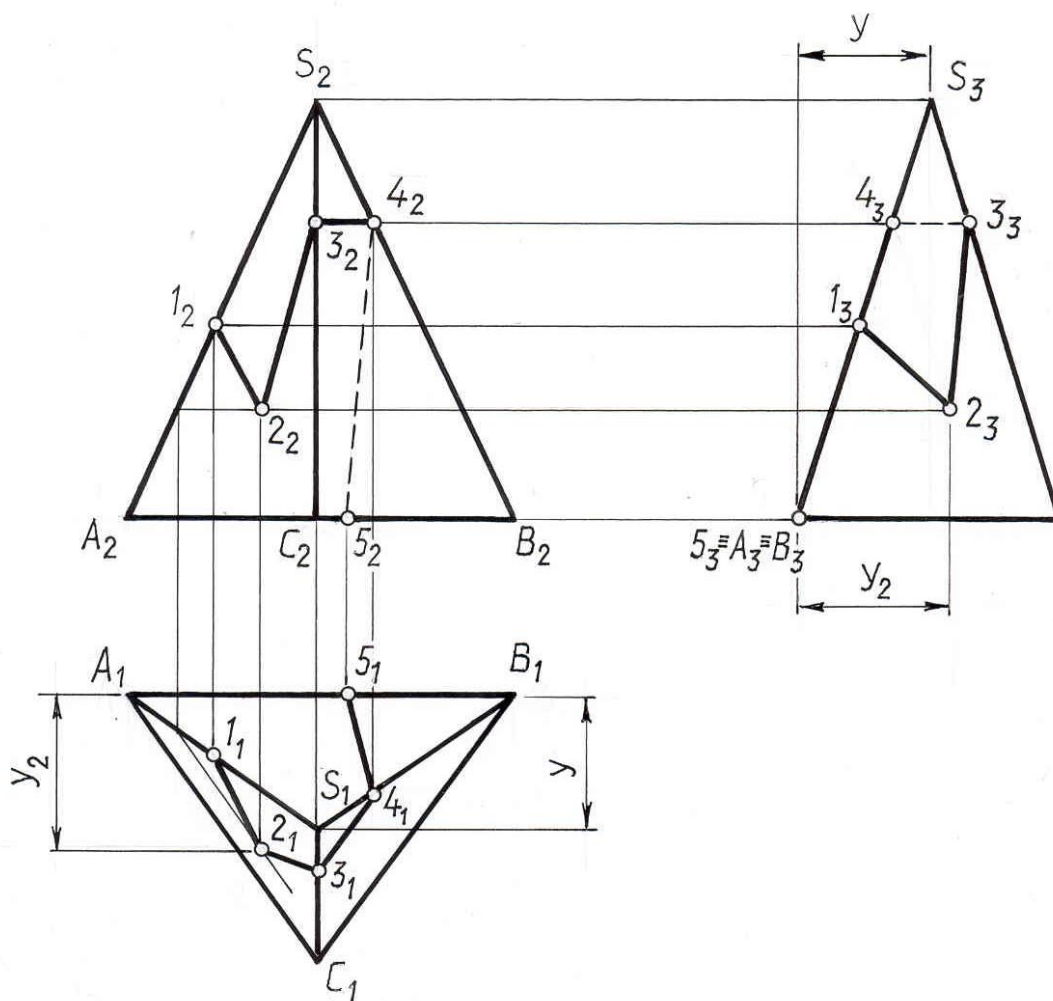


Рис. 3.6

Анализируя проекции пирамиды, видим, что две передние грани ее являются плоскостями общего положения, задняя грань – профильно

проецирующая плоскость, основание – горизонтальная плоскость. Отмечаем на фронтальной проекции точки, подлежащие определению в двух других проекциях. Это будут точки принадлежащие рёбрам пирамиды (1, 3, 4, 5) и точка излома (2). Горизонтальные и профильные проекции отмеченных точек находим исходя из принадлежности их к ребру или грани пирамиды. При этом помним, что точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой плоскости. Так, для определения горизонтальной проекции точки 2 проведена фронтальная проекция вспомогательной прямой, параллельной ребру основания пирамиды, найдена её горизонтальная проекция и на ней отмечена проекция  $2_1$ .

Профильные проекции отмеченных точек строят по двум проекциям (фронтальной и горизонтальной), используя для этого измерения в направлении осей  $z$  и  $y$ . Заметим, что проекции  $4_3, 1_3, 5_3$  располагаются на вырожденной проекции грани  $ASB$ .

### **3. 4. 2. Поверхности вращения**

**Цилиндр.** Тело, ограниченное цилиндрической поверхностью вращения и двумя секущими плоскостями, называют круговым цилиндром.

На рис. 3.7. показан цилиндр вращения, ось которого перпендикулярна плоскости  $P_1$ . Такой цилиндр называют горизонтально проецирующим, так как все его образующие горизонтально проецирующие прямые. Его боковая поверхность в проекции на горизонтальную плоскость вырождается в окружность, обладающую собирательным свойством. Это значит, что горизонтальные проекции всех точек и линии, принадлежащих боковой поверхности цилиндра располагаются на этой окружности.

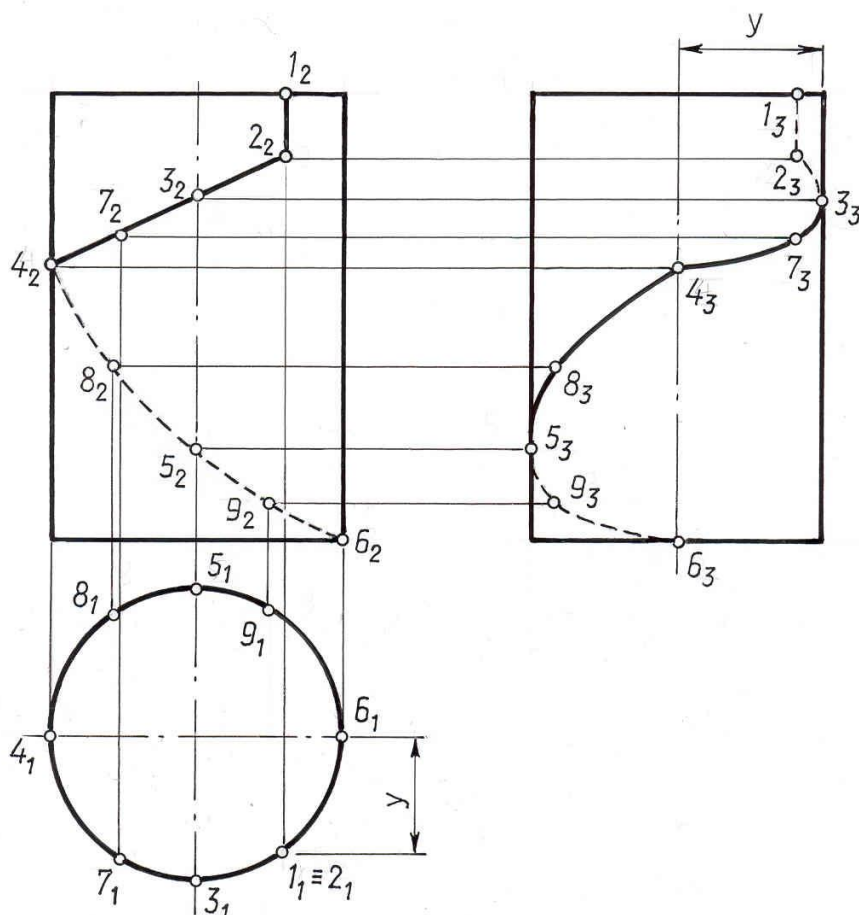


Рис. 3.7

Рассмотрим построение линии на поверхности цилиндра по заданной ее фронтальной проекции (рис. 3.7.). Построение проекций заданной линии начинаем с того, что отмечаем на ней цифрами точки, принадлежащие очерковым образующим и точки излома линии. Эти точки называют характерными. Между ними в случае надобности отмечают так называемые случайные точки, помогающие установить характер линии.

Точка 3 принадлежит передней образующей, 5 – задней, 4 – правой, 6 – левой. Правая и левая образующие в проекции на плоскость  $\Pi_3$  накладываются на ось цилиндра. Точка 2 – точка излома, точки 7, 8, 9 – случайные. Так как данный цилиндр горизонтально проецирующий, то горизонтальные проекции всех отмеченных точек располагаются на вырожденной проекции боковой поверхности цилиндра, т. е. на окружности. Профильные проекции точек строим по двум заданным, при этом за базу отсчета измерений в направлении оси  $y$  принимаем фронтальную плоскость, проходящую через ось поверхности.

При соединении точек в профильной проекции следует учитывать их видимость и характер получаемой линии.

Для определения видимости в профильной проекции делаем анализ расположения точек относительно линии видимости для плоскости  $\Pi_3$ . Точки 1, 2, 9, 6 в профильной проекции невидимы, так как они расположены правее линии видимости для  $\Pi_3$ .

Заметим, что цилиндрическую поверхность вращения можно рассматривать как множество прямых, отстоящих от данной прямой (оси цилиндра) на расстоянии, равном радиусу цилиндра.

**Конус.** Тело, ограниченное конической поверхностью вращения и плоскостью, пересекающей все образующие конуса, называют круговым конусом.

Принадлежность точки поверхности конуса определяются с помощью образующих или параллелей конуса, проходящих через данную точку (рис.3.8 а, б).

Задача:  $\Sigma$  - конус вращения;  $K \in \Sigma$ ;  $D \in \Sigma$ ;

$K_2$  -?,  $K_3$  - ?,  $D_1$  -?,  $D_3$  - ?.

Недостающие проекции точки  $K$  строим с помощью образующей  $S_1$ , проходящей через эту точку, а проекции  $D_1$ ,  $D_3$  с помощью параллели (окружности)  $h$ .

Точка  $K$  видима во фронтальной проекции и невидима в профильной. Точка  $D$  видима во фронтальной и профильной проекции. На горизонтальной проекции обе точки видимы.

При построении линии, принадлежащей поверхности конуса, в первую очередь строят характерные точки, принадлежащие очерковым образующим конуса, затем строят случайные точки данной линии.

Коническую поверхность вращения можно рассматривать как множество прямых, составляющих с данной прямой, осью конуса, определенный угол.

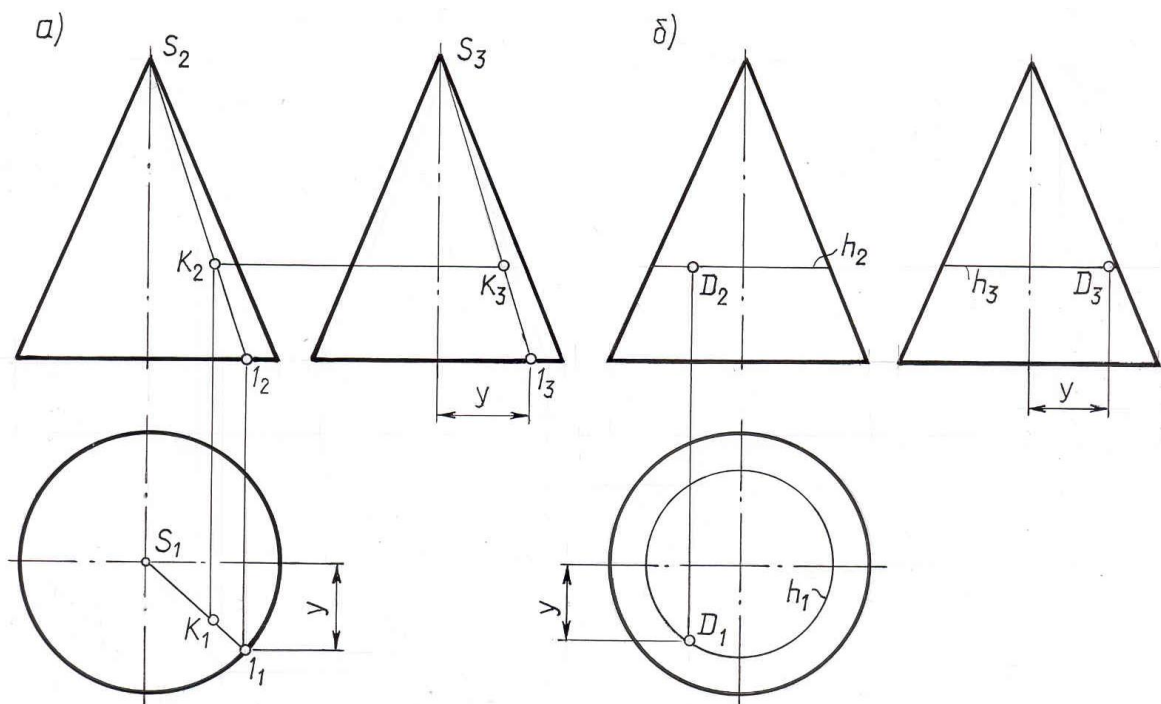


Рис. 3. 8.

**Шар.** При вращении окружности вокруг ее диаметра образуется поверхность вращения, называемая сферой. Часть пространства,

ограниченную сферой, называют шаром. Все три очерка шара одинаковы (рис. 3.16.). Фронтальный очерк шара является фронтальной проекцией главного фронтального меридиана шара, горизонтальной - проекцией экватора шара, профильный – профильной проекцией его профильного меридиана. Если точка принадлежит очерку шара, то проекции точки располагаются на соответствующих проекциях этого очерка (см. точки 1, 2, 3).

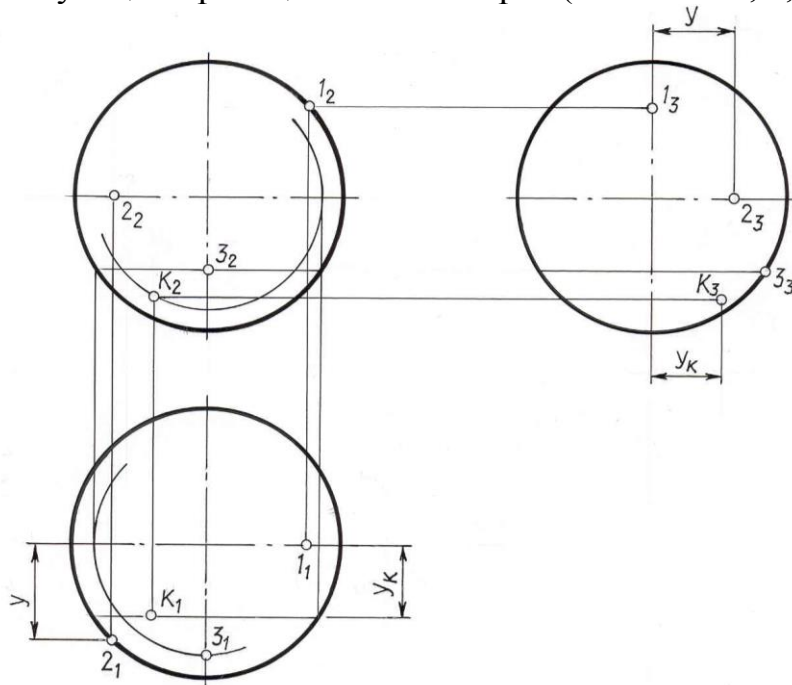


Рис. 3. 9

Видимость точек определяется из анализа расположения их относительно линии видимости соответствующей плоскости проекций. Точка 1 невидима в профильной проекции, точки 3 и К невидима в горизонтальной. Остальные проекции отмеченных точек видимы.

Всякая произвольная точка на поверхности шара может быть построена с помощью параллели шара.

Заметим, что так как у шара за ось вращения может быть принят любой его диаметр, то на поверхности шара можно выделить для построения параллели, параллельные любой из плоскостей проекций  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ .

Если необходимо построить проекции линии, принадлежащей поверхности шара, то строят проекции отдельных точек линии, выделяя в первую очередь характерные точки, т. е. точки, расположенные на очерках шара.



## Лекция 4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ФИГУР

### 4.1. Случаи пересечения фигур

В пересечении двух заданных фигур (прямой, плоскости, поверхности) могут быть получены:

точка или несколько точек, если прямая пересекает плоскость или поверхность;

прямая линия, если пересекаются две плоскости;

плоская кривая или ломаная, если пересекается плоскость и поверхность;

пространственная кривая или ломаная, если пересекаются две поверхности.

Если фигурой пересечения является плоская или пространственная кривая, то построение проекций этой линии проводится по отдельным точкам, которые затем соединяются между собой. Среди множества точек линии обязательному построению подлежат так называемые характерные (опорные) точки. К ним относятся:

а) точки видимости, расположенные на очерковых образующих. Они делят фигуру пересечения на видимую и невидимую части;

в) точки, лежащие на осях симметрии;

б) экстремальные точки, т. е. наиболее близкие или удалённые от плоскости проекций;

г) для многогранников – точки, лежащие на ребрах.

Заметим, если две заданные фигуры имеют общую плоскость симметрии, то искомая фигура пересечения будет иметь ось симметрии, расположенную в плоскости симметрии. Если общая плоскость симметрии проецирующая, то проекция фигуры пересечения симметрична относительно вырожденной проекции - следа плоскости.

Чтобы построить проекции фигуры пересечения, необходимо найти проекции точек фигуры пересечения заданных фигур. Решение задачи на проекционном чертеже значительно упрощается, если заданные фигуры (или одна из них) занимают проецирующее положение.

Все задачи на пересечение фигур можно отнести к одному из трёх возможных случаев:

случай 1 - обе геометрические фигуры занимают проецирующее положение;

случай 2 - одна фигура занимает проецирующее положение, а вторая - общее положение;

случай 3 - обе геометрические фигуры занимают общее положение.

Решение задачи на построение проекций фигуры пересечения необходимо выполнять в последовательности:

провести анализ заданных геометрических фигур - выяснить вид фигуры пересечения, уточнить положение заданных фигур

относительно плоскостей проекций с целью выявления случая пересечения;

построить проекции фигуры пересечения по алгоритму, соответствующему данному случаю пересечения;

установить видимость отдельных частей пересекающихся фигур и фигуры пересечения.

Для каждого из названных ранее случаев расположения заданных фигур относительно плоскостей проекций существует единый общий алгоритм решения, т. е. построения проекций фигуры пересечения.

#### 4.2. Первый случай пересечения фигур

Обе заданные фигуры занимают проецирующее положение.

Если обе геометрические фигуры, заданные на чертеже, занимают проецирующее положение безразлично к одной и той же или различным плоскостям проекций, то две проекции общей фигуры пересечения уже непосредственно заданы на чертеже. Они совпадают с вырожденными проекциями проецирующих фигур.

Проиллюстрируем это на примерах.

Задача 1.

Дано:  $\Gamma (\Gamma_2)$ ;  $a (a_1, a_2)$  (рис. 4.1.)

$\Gamma \cap a - ?$

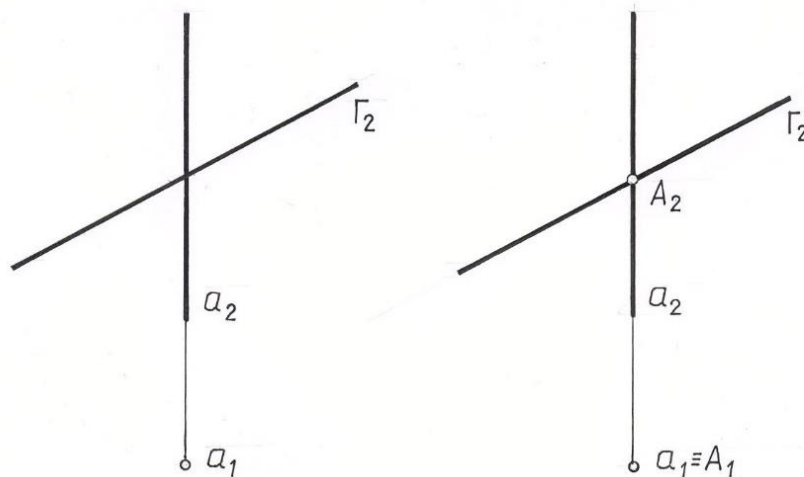


Рис.4.1.

Решение:

1)  $\Gamma \perp \Pi_2$ ;  $a \perp \Pi_1$ ;

$\Gamma \cap a = A$

2)  $A \subset a$ ;  $a \perp \Pi_1 \Rightarrow A_1 \equiv a_1$

3)  $A \subset \Gamma$ ;  $\Gamma \perp \Pi_2 \Rightarrow A_2 \subset \Gamma_2$

$A_2 \subset a_2 \Rightarrow A_2 \equiv \Gamma_2 \cap a_2$

Фигурой пересечения прямой и плоскости является точка А. Фронтальная проекция этой точки находится на пересечении  $a_2$  и  $\Gamma_2$ . Горизонтальная проекция совпадает с вырожденной проекцией  $a_1$ .

Задача 2.

Дано:  $\Gamma (\Gamma_1)$ ;  $\theta (ABC)$ ,  $\Gamma \cap \theta - ?$  (рис. 4.2.)

Решение: 1)  $\Gamma \cap \theta = l$ ;  $\Gamma \perp \Pi_1$

2)  $l \subset \Gamma \Rightarrow l_1 \equiv \Gamma_1$

3)  $l \subset \theta \Rightarrow l_2 \equiv A_2 B_2 C_2 \equiv \theta_2$ .

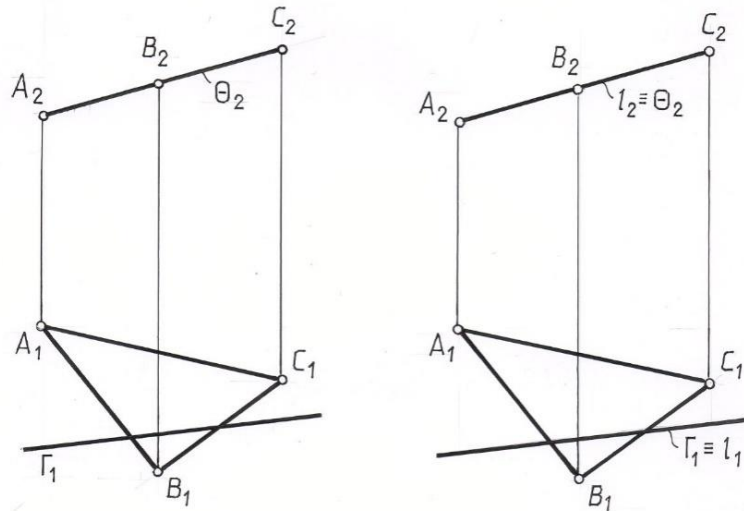


Рис. 4. 2.

Задача 3. Дано:  $\Gamma (\Gamma_2)$ ;  $\Phi$  – призматическая поверхность (рис. 4.3.)  
 $\Gamma \cap \Phi - ?$

Решение:

1)  $\Gamma \perp \Pi_2$ ;  $\Phi \perp \Pi_1$ ;  $\Gamma \cap \theta = l$  – ломаная линия

2)  $l \subset \Gamma \Rightarrow l_2 \equiv \Gamma_2$ ;  $l \subset \Phi \Rightarrow l_1 \equiv \Phi_1$

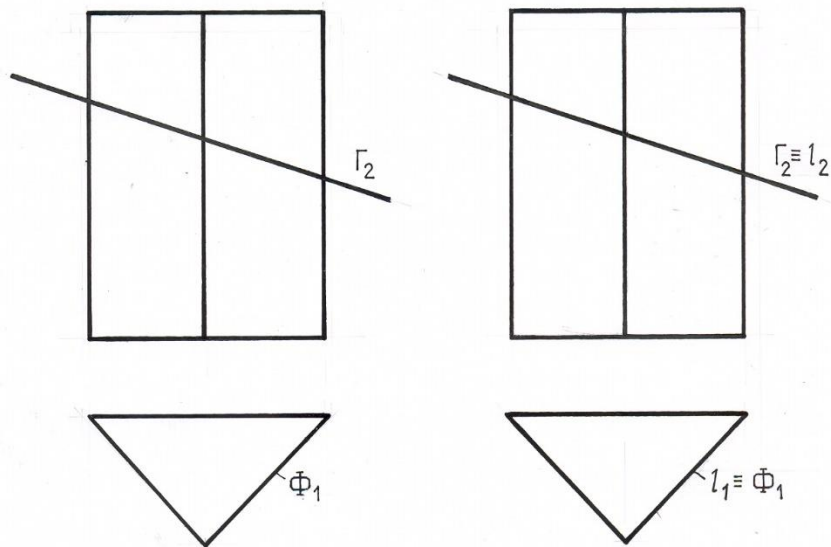


Рис.4.3.

Задача 4.

Дано:  $\Phi, \theta$  – цилиндрические поверхности (рис. 4.4.)

$\Phi \cap \theta$  - ?

Решение:

$$\Phi \perp \Pi_1; \theta \perp \Pi_2$$

Обе заданные поверхности являются проецирующими, т.е. имеет место первый случай пересечения.

Фигурой пересечения двух цилиндров является пространственная кривая линия.

$\Phi \cap \theta = l$  - пространственная кривая.

2) Проекция линии пересечения совпадают с частями вырожденных проекций одной проецирующей фигуры, находящихся внутри контура второй фигуры.

Так, горизонтальная проекция линии пересечения  $l_1$  совпадает с частью вырожденной горизонтальной проекции цилиндра  $\Phi_1$ .

$$l \subset \Phi \Rightarrow l_1 \equiv \Phi_1$$

Фронтальная проекция линии пересечения  $l_2$  совпадает с частью вырожденной фронтальной проекции цилиндра  $\theta_2$

$$l \subset \theta \Rightarrow l_2 \equiv \theta_2$$

3) Профильная проекция построена по отдельным точкам, которые соединены потом плавной кривой. Построение показано для точки 2.

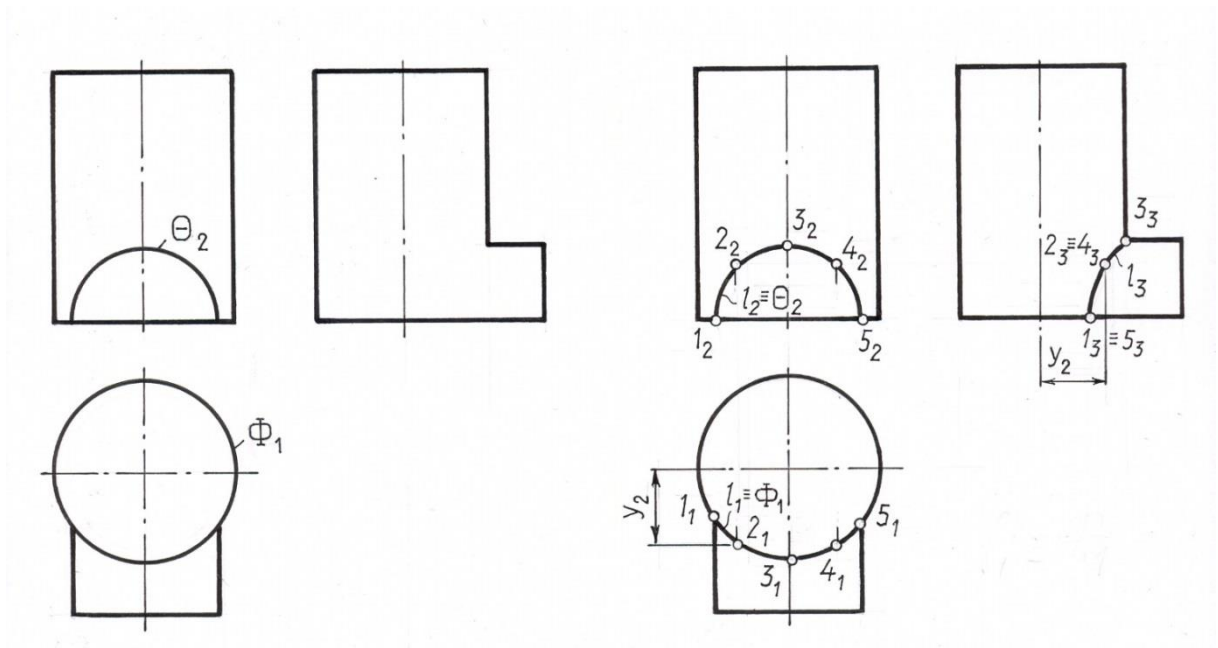


Рис.4. 4.

### 4.3. Второй случай пересечения фигур

Одна из геометрических фигур занимает проецирующее положение, а вторая – общее положение.

Если одна из геометрических фигур занимает проецирующее положение, то одна проекция искомой фигуры пересечения уже непосредственно задана на чертеже.

Она совпадает с вырожденной проекцией (или с ее частью) проецирующей фигуры. Вторая проекция фигуры пересечения строится на основе условия принадлежности ее точек поверхности фигуры общего положения.

Таким образом, задача на пересечение практически сводится к решению более простой – задачи на принадлежность.

Рассмотрим графическое построение на примерах.

#### Задача 5

Дано: 1, Г ( $\Gamma_1$ )(рис. 4.5.)

$1 \cap \Gamma$  -?

Решение:

1)  $\Gamma \perp \Pi_1$ ; 1 – общего положения

$1 \cap \Gamma = T$

2) Так как  $T \subset \Gamma$  и  $\Gamma \perp \Pi_1 \Rightarrow T_1 \subset \Gamma_1$

В тоже время  $T \subset 1 \Rightarrow T_1 \subset 1_1$

Определяем  $T_1 = l_1 \cap \Gamma_1$  – горизонтальная проекция точки пересечения является пересечением горизонтальной проекции прямой и вырожденной проекцией плоскости.

$T_2 \subset l_2$  - фронтальная проекция точки пересечения строится из условия ее принадлежности прямой  $l$ .

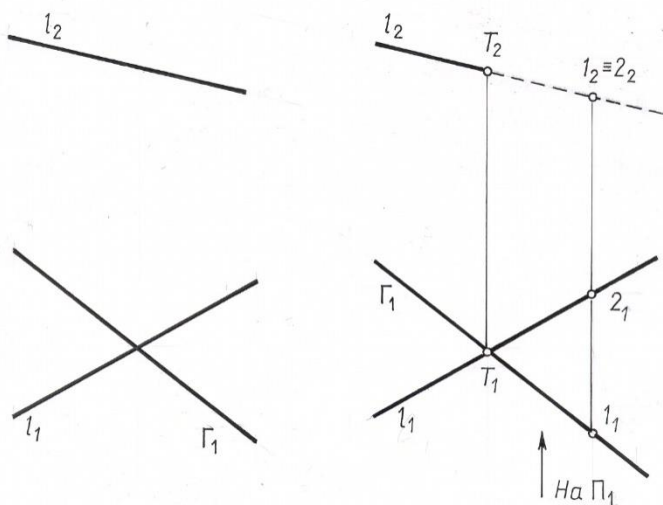


Рис. 4.5.

3. Определяем видимость на плоскости  $\Pi_2$  с помощью фронтально конкурирующих точек 1 и 2.

Отметим, что если среди двух заданных геометрических фигур одна является проецирующей плоскостью, то на эюре часто видимость определяют по представлению, не прибегая к помощи конкурирующих точек.

Задача 6.

Дано:  $l, \Gamma(ABC)$  (рис. 4. 6).

$\Gamma \cap l$  - ?

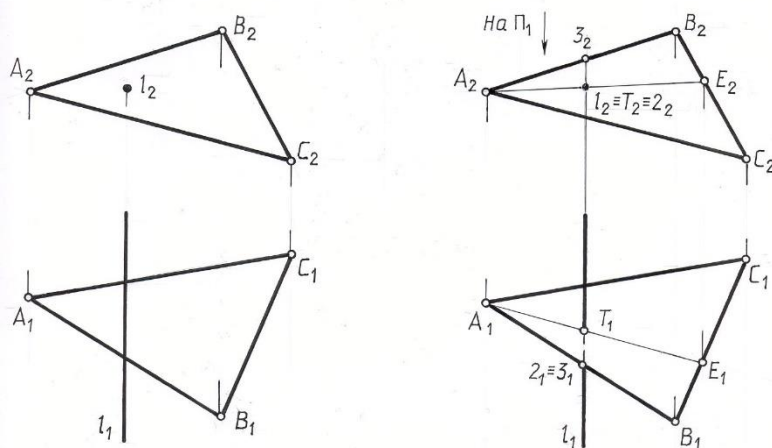


Рис. 4. 6

Решение:

- 1)  $\Gamma \cap l = T_1 \perp \Pi_2$
- 2)  $T \subset l$  и  $l \perp \Pi_2 \Rightarrow T_2 \equiv l_2$

Горизонтальную проекцию искомой точки  $T$  построим на основе принадлежности её плоскости общего положения при помощи вспомогательной прямой плоскости – прямой А-Е.

Видимость прямой  $l$  на плоскости  $\Pi_1$  определим при помощи горизонтально конкурирующих точек 2 и 3.

Задача 7

Дано:  $\Theta$  - коническая поверхность,  $l$  (рис. 4. 7).

$l \cap \Theta$  - ?

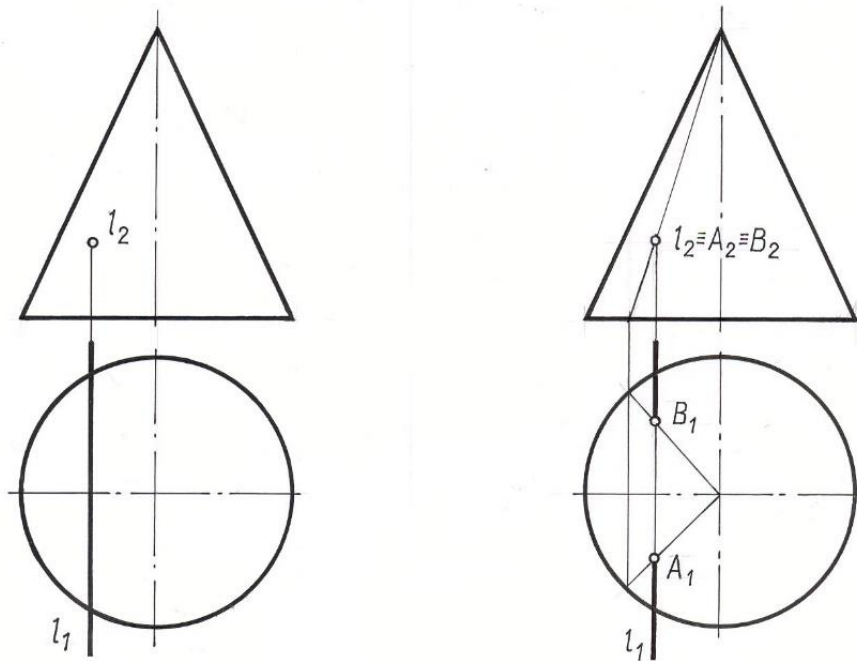


Рис. 4. 7

Решение:

1)  $l \cap \Theta = A, B$

$A, B \in l; l \perp \Pi_2 \Rightarrow A_2, B_2 \equiv l_2$

Горизонтальные проекции точек А и В определяем из условия их принадлежности боковой поверхности конуса с помощью его образующих. Очевидно, что на горизонтальной проекции эти точки видимы. Часть проекции прямой между точками А и В, находящуюся внутри конуса, на чертеже показывают тонкой сплошной линией построения.

Задача 8.

Дано:  $\Sigma (m // n); \Gamma (T_2)$  (рис. 4. 8).

$\Gamma \cap \Sigma$  - ?

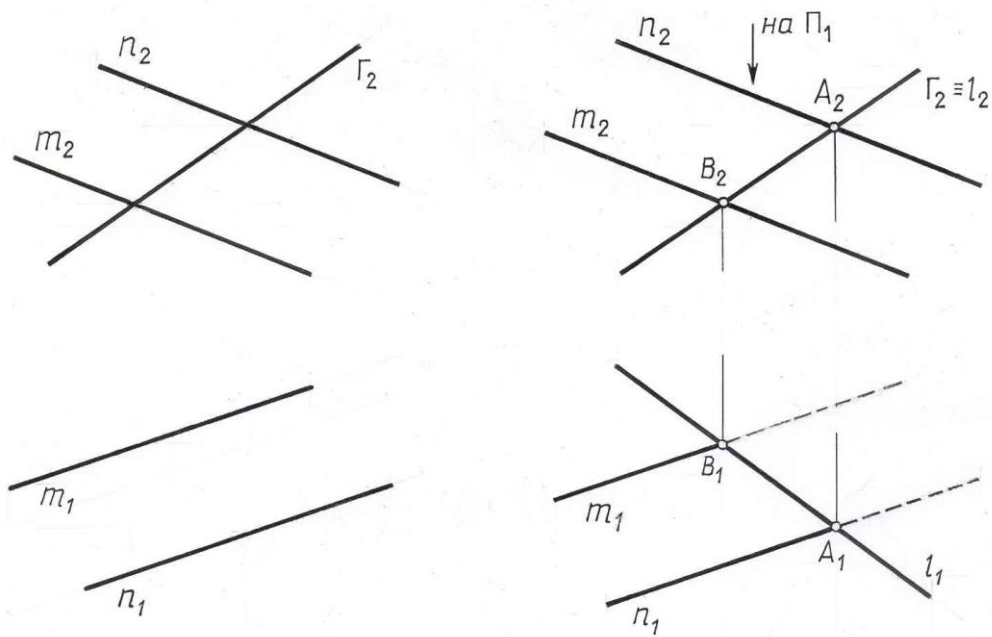


Рис. 4. 8

Решение:

1)  $\Gamma \cap \Sigma = l$ - прямая;

$l \subset \Gamma$ ;  $\Gamma \perp \Pi_2 \Rightarrow l_2 \equiv \Gamma_2$

Горизонтальную проекцию искомой прямой  $l$  построим на основе принадлежности её плоскости общего положения  $\Sigma$  ( $m/n$ ), т.е.

$l \subset \Sigma \Rightarrow l \cap m = B; l \cap n = A.$

$B_1 \cup A_1 = l_1$

Видимость на плоскости  $\Pi_1$  определена по представлению.

Задача 9.

Дано:  $\Theta$  - сфера;  $\Gamma(\Gamma_2)$  (рис. 4. 9).

$\Gamma \cap \Theta$  -?

Решение:

1)  $\Gamma \cap \Theta = l$  – окружность.

2)  $l \subset \Gamma$ ;  $\Gamma \perp \Pi_2 \Rightarrow l_2 \equiv \Gamma_2.$

На плоскость  $\Pi_1$  окружность проецируется в виде эллипса. Горизонтальную и профильную проекции  $l$  строим по отдельным точкам исходя из принадлежности их сферической поверхности.

Сначала строим проекции опорных точек – точки видимости  $A, B, D, M, N, C$  на соответствующих линиях поверхности сферы. Посередине отрезка  $A_2B_2$  на фронтальной проекции отмечена точка  $O_2$  – фронтальная проекция центра окружности – сечения. По линии связи находим горизонтальную проекцию  $O_1$ ,



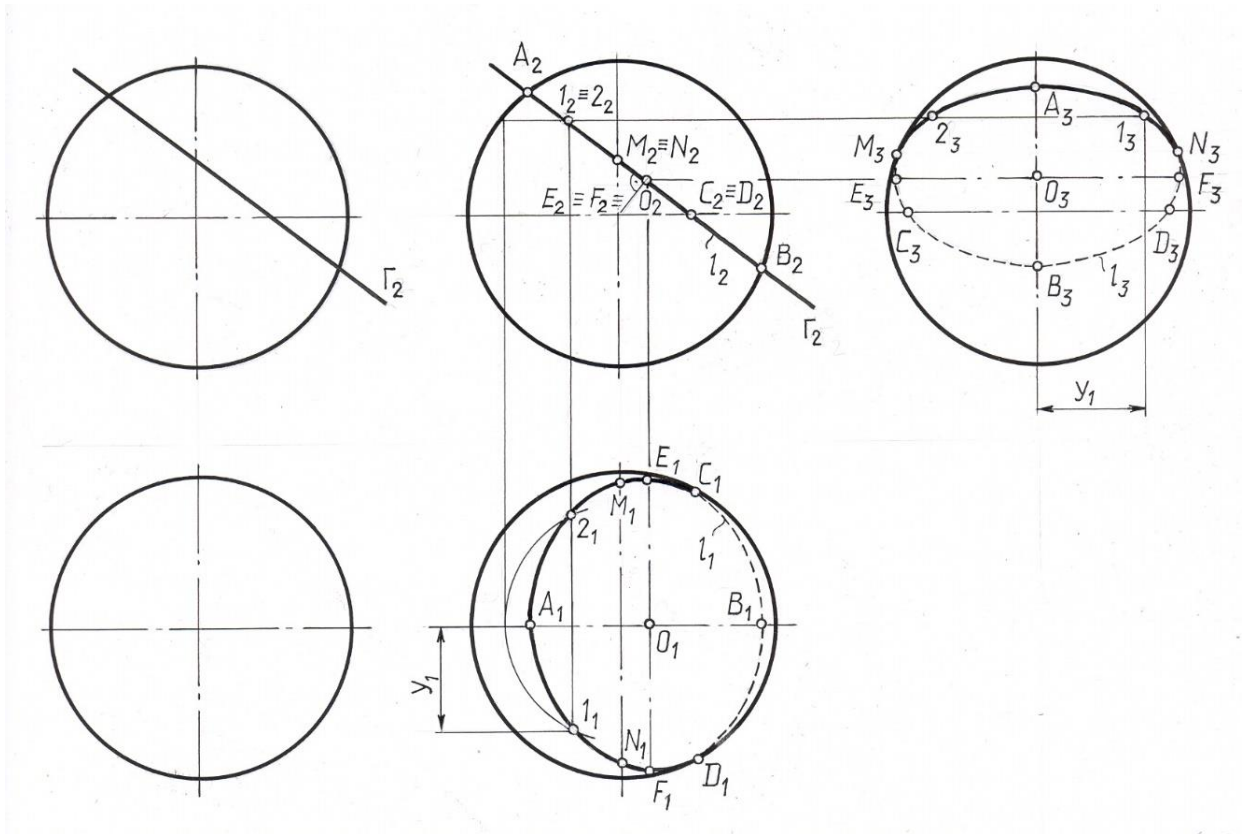


Рис. 4. 9

этого центра. На направлении линии связи  $O_2O_1$  в обе стороны от точки  $O_1$  можно отложить радиус окружности сечения, равный  $O_2A_2$ . Это даёт одну ось эллипса  $E_1F_1$ , вторая ось –  $A_1B_1$ .

Для построения случайных точек используем параллель – окружность поверхности. На чертеже показано построение случайных точек 1, 2.

Видимость найденной линии пересечения меняется от точек  $C, D$  – на  $\Pi_1$  и  $M, N$  – на  $\Pi_3$ .

Задача 10.

Дано:

$\Gamma (m \cap n)$ ;  $\Phi$  – призма (рис. 4. 10).

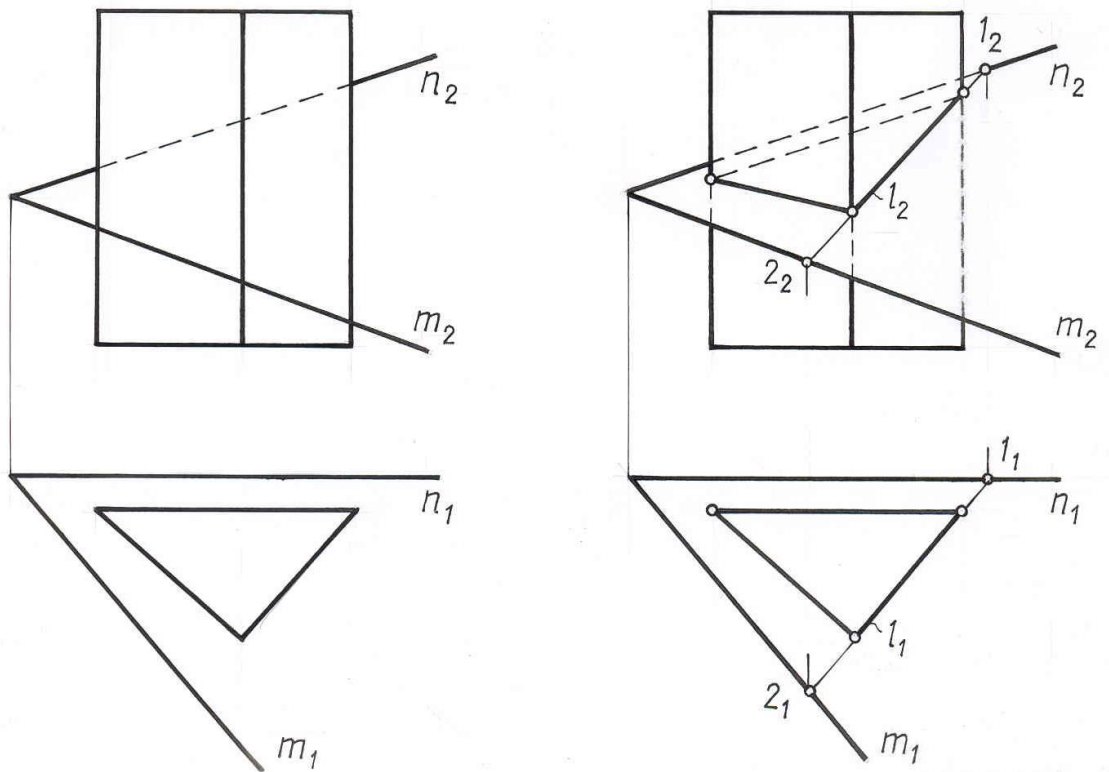


Рис. 4. 10

Решение:

1)  $\Gamma \cap \Phi = l$ - ломаная

$\Phi \perp \Pi_1$

2) Горизонтальная проекция плоской ломаной  $l$  совпадает с горизонтальной проекцией боковой поверхности призмы, т.е.  $l_1 \equiv \Phi_1$ . Фронтальную проекцию этой линии строим на основе принадлежности ее плоскости  $\Gamma$ .

На плоскости  $\Pi_2$ видимы те участки ломаной, которые расположены на видимых гранях призмы.

Задача 11.

Дано:  $\Phi$  – поверхность цилиндра

$\theta$  – поверхность конуса (рис. 4. 11.)

$\Phi \cap \theta$  -?

Решение: 1)  $\Phi \cap \theta = l$ - пространственная кривая

2)  $l \subset \Phi$  и  $\Phi \perp \Pi_2 \Rightarrow l_2 \equiv \Phi_2$ .

Имея фронтальную проекцию искомой кривой, отмечаем опорные точки  $A, B, C, D, M, N, E, F, K, T$  на плоскости  $\Pi_2$ . Горизонтальные и профильные проекции этих точек находим их условия принадлежности их соответствующим образующим или параллелям конуса.

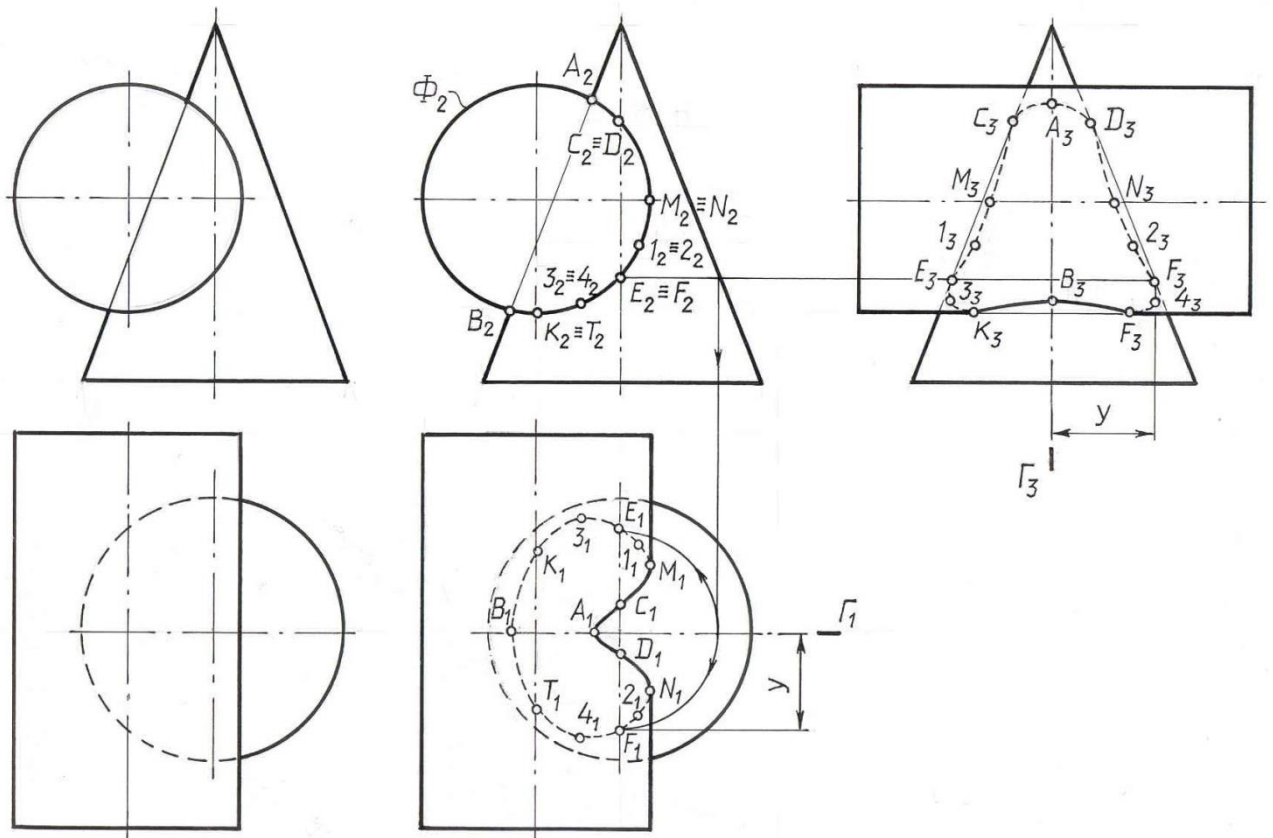


Рис. 4. 11.

Случайные точки 1, 2, 3, 4 построены с помощью параллелей конуса.

Заметим, что заданные фигуры имеют общую плоскость симметрии – фронтальную плоскость  $\Gamma$ . Поэтому горизонтальная и профильная проекция искомой кривой  $l$  симметричны относительно соответствующих проекций плоскости  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_3$ .

При определении видимости отдельных частей кривой  $l$  учитываем, что на проекции та часть линии пересечения видима, которая расположена на видимой части двух заданных пересекающихся фигур.

Таким образом, решение задачи на пересечение геометрических фигур, когда одна из них является проецирующей фигурой, выполняется в такой последовательности:

выделяем из 2-х заданных фигур проецирующую и отмечаем ее вырожденную проекцию;

обозначаем ту проекцию искомой фигуры пересечения ( точки, линии), которая совпадает с вырожденной проекцией проецирующей фигуры. Если совпадение только частичное, то находим границы общей части;

строим вторую проекцию искомых общих точек по условию их принадлежности геометрической фигуре общего положения.

#### 4.4. Третий случай пересечения. Использование плоскостей-посредников.

Обе геометрические фигуры занимают общее положение.

Если две пересекающиеся геометрические фигуры занимают общее (не проецирующее) положение, то основой алгоритма решения такой задачи является использование вспомогательных поверхностей – посредников (чаще всего плоскостей или сфер) с целью выявления общих точек заданных фигур.

Сущность способа вспомогательных сечений плоскостями – посредниками заключается в следующем:

Две заданные фигуры пересекаем некоторой вспомогательной поверхностью –  $\Phi_i$ (рис.4.12.).

Находим пересечение поверхности -посредника с заданными фигурами  
 $\Phi_i \cap \Gamma = m_i$ ;  $\Phi_i \cap \Sigma = n_i$

Определяем точки  $A$  и  $A'$ , общие для заданных фигур и поверхности посредника  $m_i \cap n_i = A, A'$ .

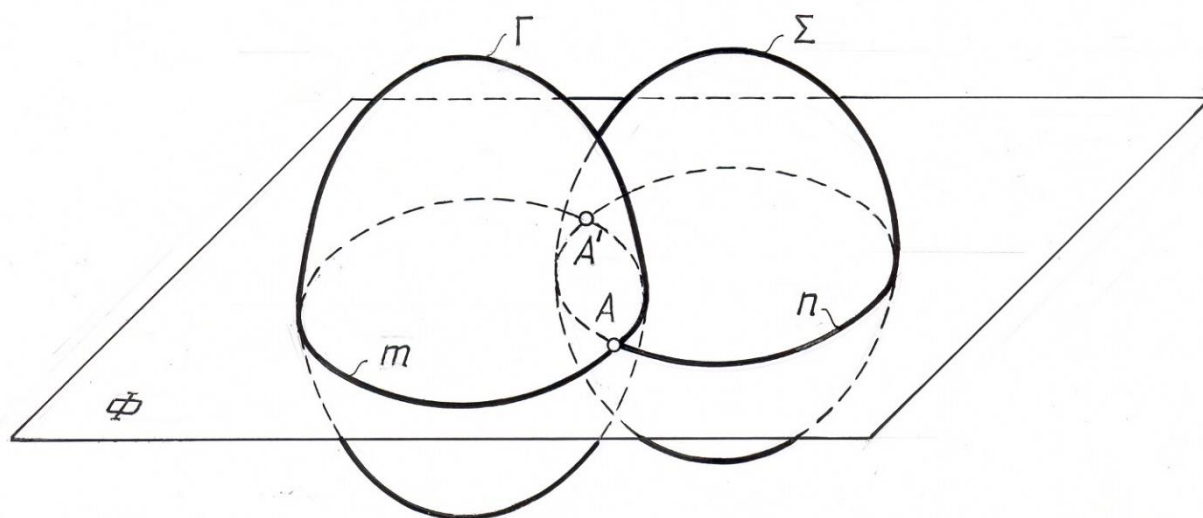


Рис. 4.12

Если для нахождения пересечения заданных фигур необходимо найти множество точек, то, повторяя этот прием несколько раз, определяем достаточное количество точек, необходимых для построения искомой фигуры пересечения.

Посредники выбирают так, чтобы в пересечении с заданными фигурами они давали графически простые линии (прямые или окружности), при этом окружности должны проецироваться без искажения на плоскости проекций.

В зависимости от условия задачи плоскость-посредник может пересекать заданные геометрические фигуры (рис. 4.12.) или же проходить через одну из них (см. рис. 4.13.), если одна из заданных фигур является линией (прямой или кривой).

С помощью указанного алгоритма можно выяснить любое положение прямой относительно заданной плоскости (рис.4.13).

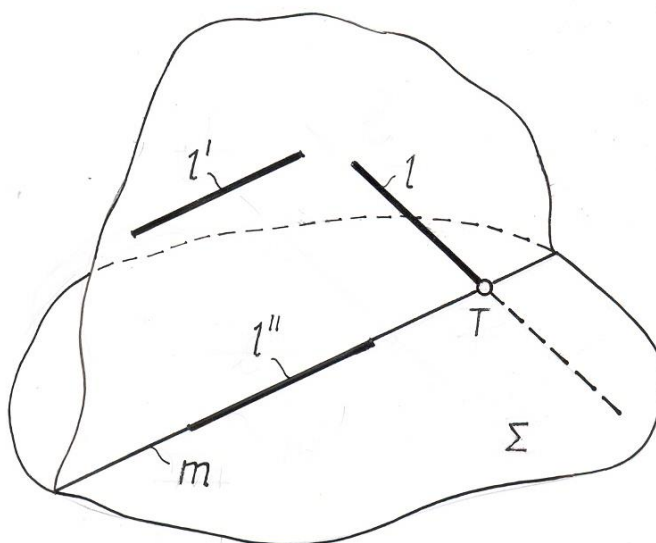


Рис. 4.13

Так, если:

$$m \parallel l' \Rightarrow l' \parallel \Sigma$$

$$m \in \Sigma \Rightarrow l' \subset \Sigma$$

$$m \cap l \Rightarrow l \cap \Sigma = T$$

Рассмотрим графические построения, связанные с нахождением пересечения фигур общего положения, на примерах.

Задача 1.

Дано:  $\Sigma (a \parallel b)$ ;  $l (l_1; l_2)$  (рис. 4.14)

$\Sigma \cap l = ?$

Решение:

1)  $\Sigma, l$  – общего положения

$$\Sigma \cap l = T$$

2) Точку пересечения прямой с плоскостью определяют вышеуказанным способом. В качестве посредника целесообразно выбрать проецирующую плоскость, проходящую через заданную прямую.

Алгоритм решения этой задачи состоит из трех операций.

а)  $\Phi$  (вводим плоскость – посредник  $\Phi$ ;  $\Phi \supset l$ );

б)  $\Phi \cap \Sigma = m$

в)  $m \cap l = T$  ( $T_2 = l_2 \cap m_2$ ;  $T_1 \in l_1$ ).

3) Видимость прямой  $l$  определяется методом конкурирующих точек. Поскольку из двух фронтально конкурирующих точек  $K$  и  $N$ , лежащих на прямых  $l$  и  $b$  соответственно, дальше от плоскости  $\Pi_2$  расположена точка  $K$ , то в этом месте чертёж видимой будет заданная прямая  $l$  до точки пересечения  $T$  (см. рис. 4.14). Далее прямая  $l$  невидима.

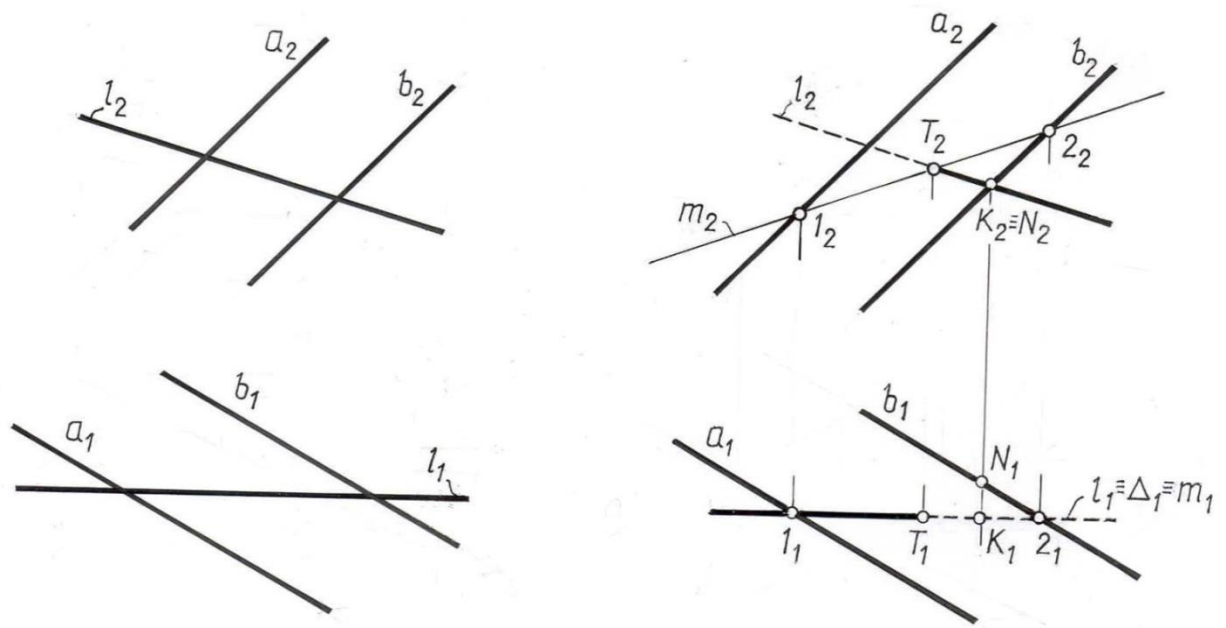


Рис. 4.14.

Задача 2.

Дано:  $\Sigma$  – поверхность вращения;  $l$  (рис.4.15.)

$l \cap \Sigma = ?$

Решение:

1)  $\Sigma$ ,  $l$ -общего положения

$l \cap \Sigma = T, T'$

2) Точки пересечения прямой с поверхностью, “точки входа и выхода”  $T$  и  $T'$  определяются с помощью способа вспомогательных сечений. Прямую  $l$  заключаем в проецирующую плоскость  $\Delta$ . Критерием выбора вспомогательной плоскости является наибольшая простота построения полученной на поверхности кривой сечения.

Алгоритм решения:

а)  $\Delta \supset l$ .  $\Delta \perp \Pi_1 \Rightarrow \Delta_1 \equiv l_1$ ;

б)  $\Delta \cap \Sigma = m$ ;  $m_1 \equiv \Delta_1$ .

$m_2$  строим по точкам, исходя из принадлежности их заданной поверхности  $\Sigma$ .

в)  $m \cap l = T, T'$ ;  $m_2 \cap l_2 = T_2, T_2'$ ;

$T_1 \subset l_1$ ;  $T_1' \subset l_1$ ;

3). При определении видимости отдельных участков прямой исходим из того, что прямая будет видима, если она пересекает поверхность в видимой точке. Участок прямой, заключенный внутри поверхности, изображаем тонкой сплошной линией.

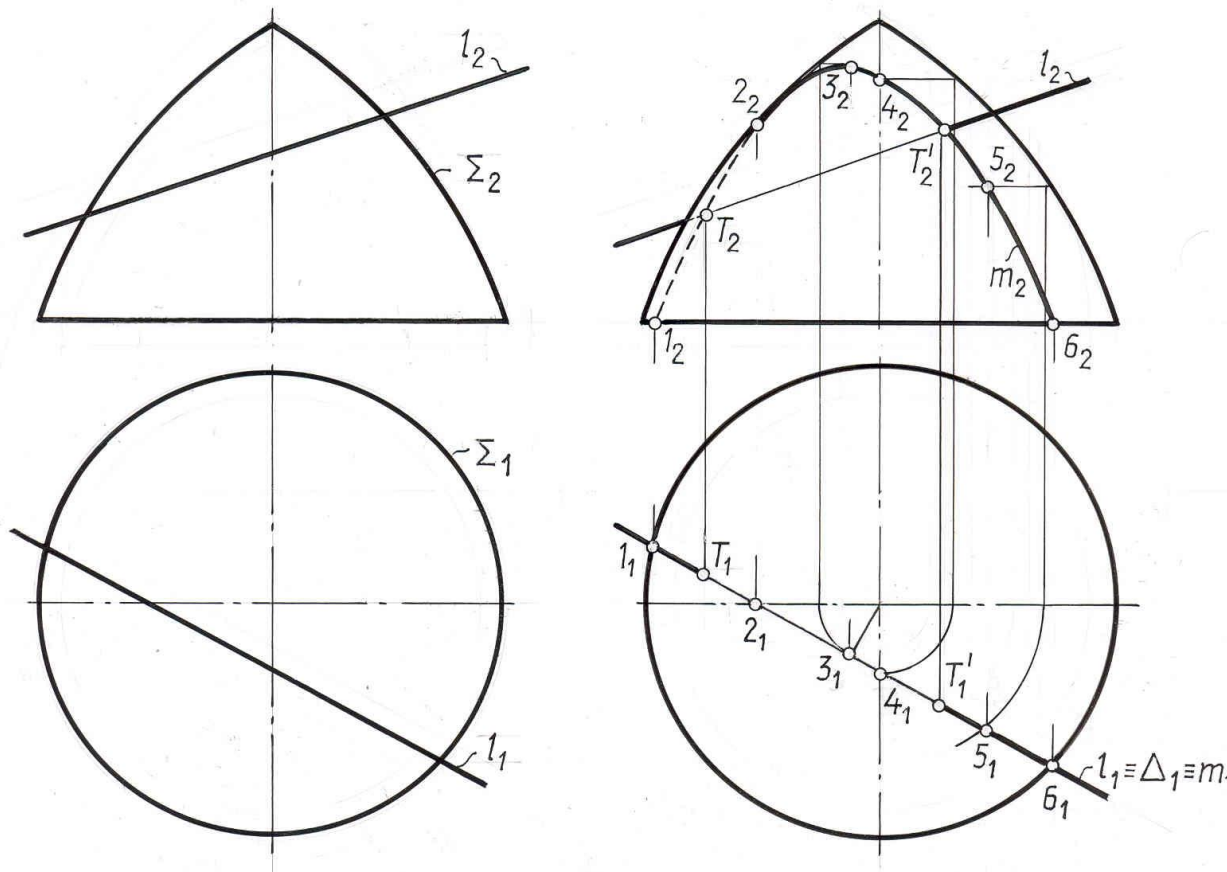


Рис. 4.15.

Из рассмотренных примеров видно, что для построения точек (точки) пересечения прямой с поверхностью (плоскостью) достаточно применить одну вспомогательную проецирующую плоскость – посредник, проходящую через данную прямую.

Пример 4.

Построить пересечение двух плоскостей.

Дано:  $\Phi (ABC)$ ;  $\theta (l \parallel n)$  (рис. 4.16.)

$\Phi \cap \theta$  -?

Решение: 1).  $\Phi \cap \theta = d$  -прямая общего положения.

2). Так как прямую вполне определяют две точки, то для построения прямой пересечения  $d$  достаточно ввести две вспомогательные проецирующие плоскости  $\Sigma$  и  $\Delta$ . Алгоритм решения заключается в следующем:

- а.  $\Sigma \perp \Pi_2$ ;
- б.  $\Sigma \cap \Phi (ABC) = k$
- $\Sigma \cap \theta (l \parallel n) = m$
- в.  $k \cap m = T$ .
- г.  $\Delta \parallel \Sigma \perp \Pi_2$
- д.  $\Delta \cap \Phi (ABC) = a$ ;

$$\Delta \cap \theta ((l \parallel n) = b;$$

$$a \cap b = T'; T \cup T' = d$$

Поскольку в условии задачи плоскости не заданы ограниченными наложенными друг на друга контурами, их взаимная видимость не определяем.

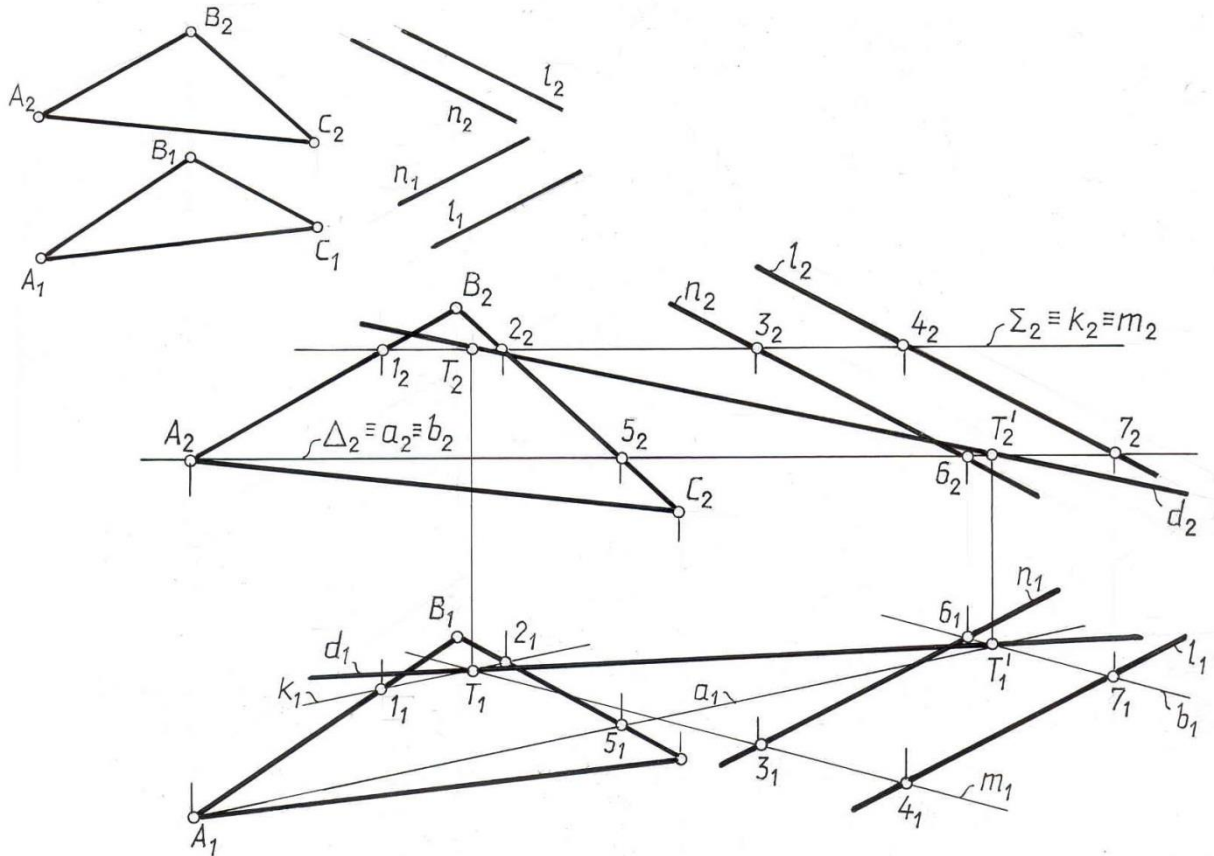


Рис. 4.16

Задача 5.

Найти фигуру сечения пирамиды плоскостью общего положения.

Дано:  $\Sigma (SKMN)$ ;  $\theta (a \parallel b)$  (рис.4.17)

$\Sigma \cap \theta = ?$

Решение: 1)  $\Sigma \cap \theta$  – плоская ломаная линия.

Сечение многогранника – это множество точек, общих для секущей плоскости и граней поверхности.

Невырожденное плоское сечение есть многоугольник, число вершин которого равно числу пересекаемых ребер, а число сторон равно числу пересекаемых граней. Сечение можно найти, построив либо его вершины, как точки пересечения ребер с секущей плоскостью, либо его стороны, как линии пересечения граней с той же плоскостью, или комбинируя первый прием со вторым.



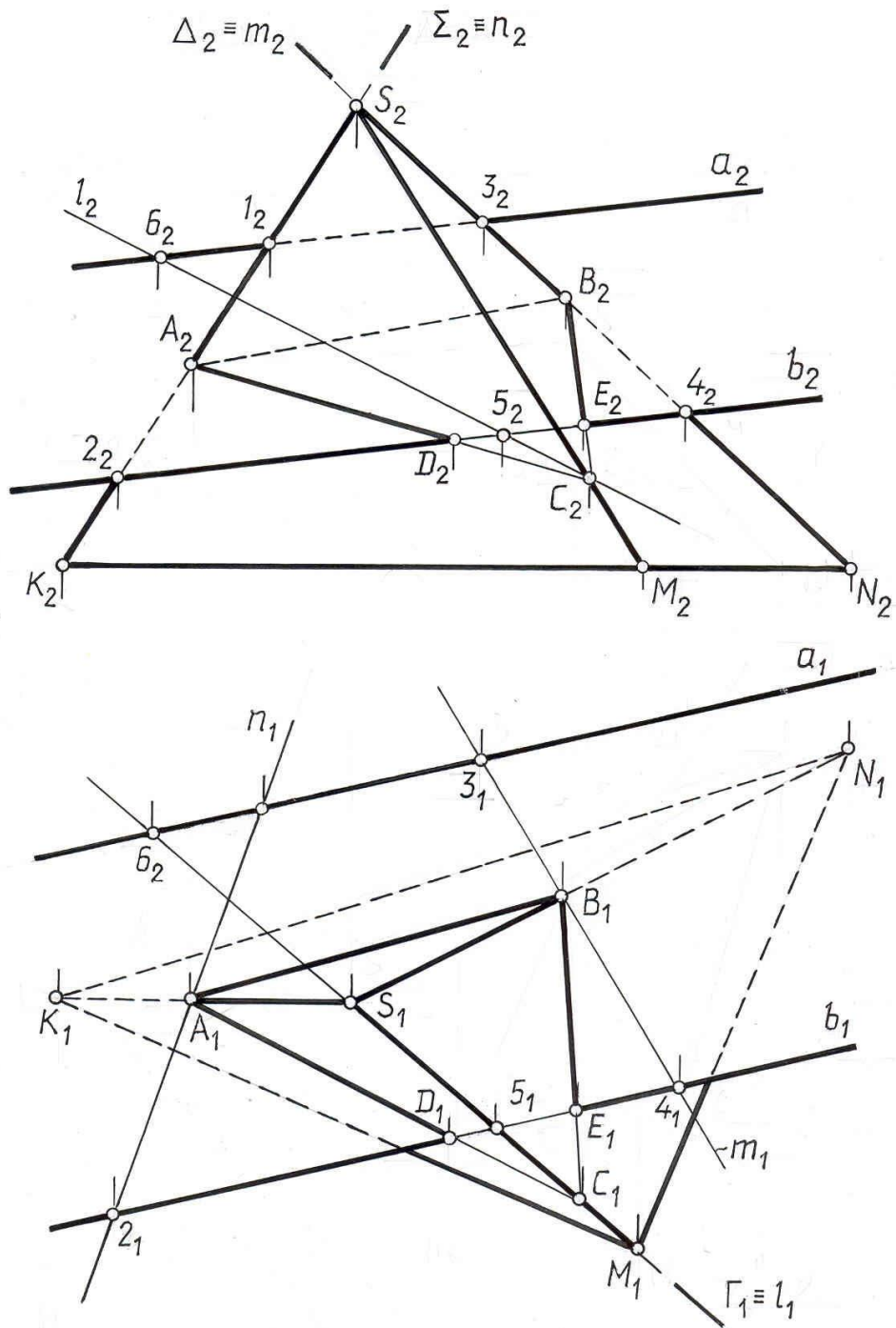


Рис. 4.17

На рис. 4.17. показано решение первым способом. Вспомогательные секущие плоскости посредника проведены через ребра пирамиды. Отсюда алгоритм решения:

1.  $\Delta \supset SK$ ;  $\Delta \perp \Pi_2$
2.  $\Delta \cap \theta = n$ ;  $n_2 \equiv \Delta_2 \equiv S_2K_2$
3.  $n \cap SK = A$ ;  $A_1 = n_1 \cap S_1K_1$ ;  $A_2 \subset S_2K_2$

Остальные вершины искомого сечения определяем путем проведения аналогичных операций.

$$\begin{aligned} \Sigma \perp \Pi_2; \Sigma \supset SN; \\ \Sigma \cap \theta = m; \Sigma_2 \equiv S_2 N_2 \equiv m_2; \\ m \cap SN = B; B_1 = m_1 \cap S_1 N_1; B_2 \subset m_2. \end{aligned}$$

И далее:

$$\begin{aligned} 1. \Gamma \perp \Pi_1; \Gamma \supset SM \\ 2. \Gamma \cap \theta = l; \Gamma_1 \equiv S_1 M_1 \equiv l_1 \\ 3. l \cap SM = C; C_1 = l_1 \cap S_1 M_1; C_2 \subset l_2. \end{aligned}$$

Найденные точки сечения соединяем так, чтобы две из них лежали в одной грани пирамиды. Точка С лежит за пределами секущей плоскости  $\theta$  ( $a \parallel b$ ), поэтому контур сечения ограничиваем точками D и E, между которыми прямая  $b$  пересекает грани пирамиды.

3) При определении видимости контуров найденного сечения следует исходить из условия, что прямая будет видимой, если она лежит в видимой грани пирамиды.

Задача 7. Построить фигуру пересечения двух поверхностей вращения.

Дано:  $\Psi$  – сфера;

$\Omega$  - поверхность вращения (рис. 4.18)

$$\Omega \cap \Psi = ?$$

Решение:

1).  $\Omega \cap \Psi = l$  – пространственная кривая

2). Плоскость симметрии обеих фигур параллельна фронтальной плоскости проекций, поэтому точки  $l_2$  и  $l_7$  пересечения фронтальных образующих фигур будут являться точками линии их пересечения.

3). Промежуточные точки найдем с помощью плоскостей – посредников, параллельных плоскости  $\Pi_1$ .

Для нахождения точки 2 проведем плоскость  $\Gamma \parallel \Pi_1$ .

$\Gamma \cap \Omega$  – окружность радиуса  $R_1$ ;

$\Gamma \cap \Psi$  – окружность радиуса  $R_2$ .

Пересечение этих окружностей дает две точки 2 и 2'.

Точки 3, 4, 5, 6 находятся аналогично с помощью плоскостей – посредников  $\Sigma$ ,  $\Delta$ ,  $\Theta$  и  $\Phi$  соответственно.

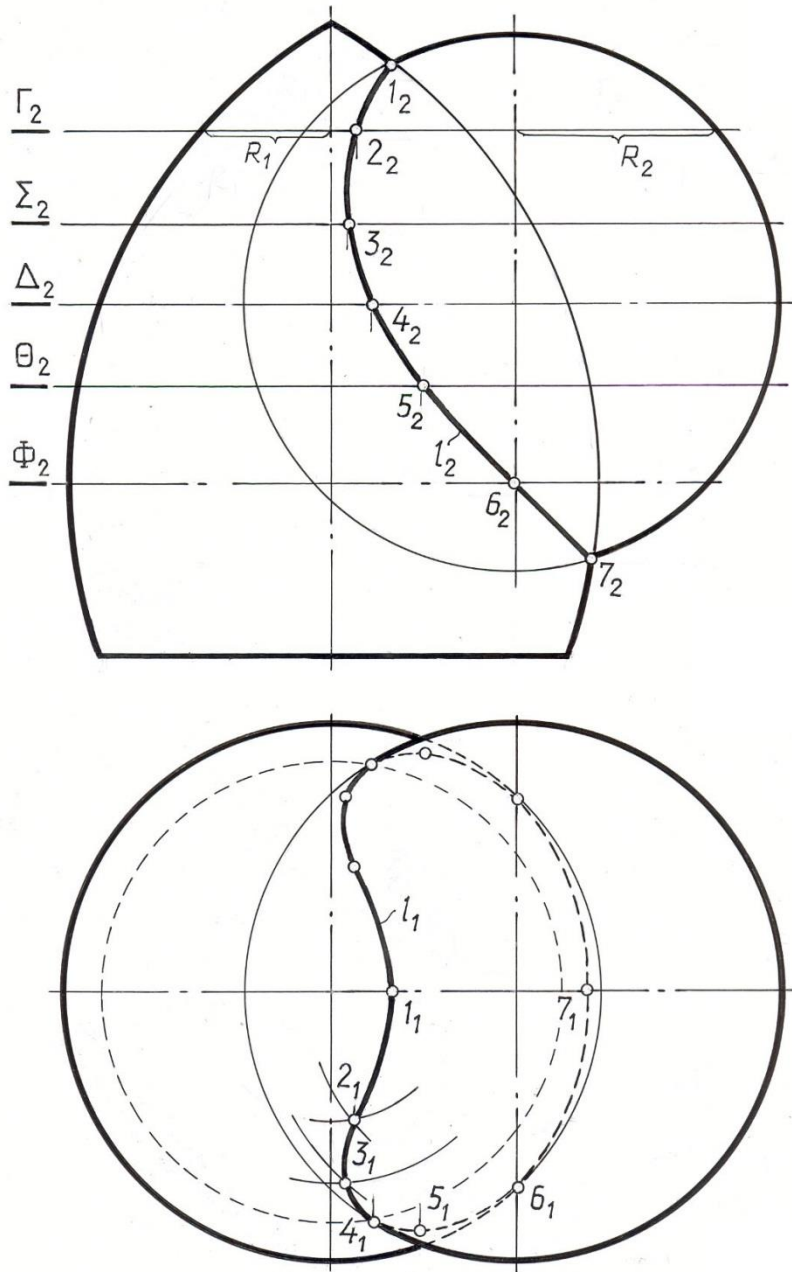


Рис. 4.18.

3). Промежуточные точки найдем с помощью плоскостей – посредников, параллельных плоскости  $\Pi_1$ .

Для нахождения точки 2 проведем плоскость  $\Gamma \perp \Pi_1$ .

$\Gamma \cap \Omega$  – окружность радиуса  $R_1$ ;

$\Gamma \cap \Psi$  – окружность радиуса  $R_2$ .

Пересечение этих окружностей дает две точки 2 и 2'.

Точки 3, 4, 5, 6 находятся аналогично с помощью плоскостей – посредников  $\Sigma$ ,  $\Delta$ ,  $\Theta$  и  $\Phi$  соответственно.

## Лекция 5. СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ К РЕШЕНИЮ МЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

### 5.1. Общие понятия

Решение многих пространственных задач (позиционных и метрических) на эюре часто усложняется из-за того, что заданные геометрические объекты (оригиналы) расположены произвольно относительно плоскостей проекций и, следовательно, проецируются на эти плоскости в искажённом виде. Задание на эюре прямых и плоскостей частного положения значительно упрощает решение задач и делает их выполнимым при помощи простейших графических построений. Например, проекции отрезка, расположенного наклонно ко всем плоскостям проекций, не дают непосредственно его натуральную величину и величину углов наклона его к плоскостям проекций (рис. 5.1,а).

На рис 5.1,б отрезок расположен параллельно фронтальной плоскости проекций, поэтому он проецируется на эту плоскость без искажения, т.е.

$$|A_2B_2| = |AB|$$

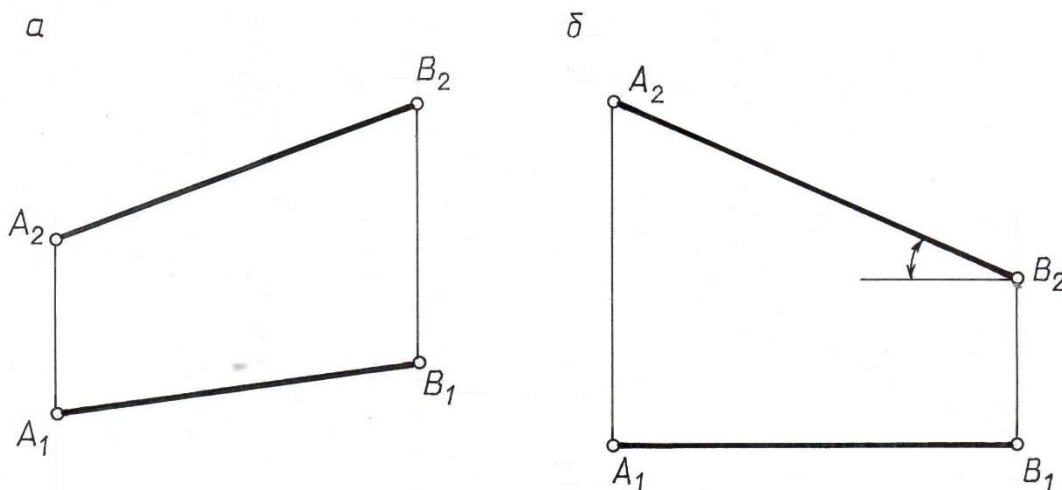


Рис. 5.1

По данному чертежу определяется также и угол наклона прямой  $AB$  к горизонтальной плоскости проекций  $AB \wedge \Pi_1$ . При таком положении отрезка  $AB$  можно считать его проекции удобно расположенными для решения поставленных задач.

Если на эюре изображена плоская фигура общего положения (рис. 5.2.а), то без специальных построений нельзя сказать, какой угол образует она с плоскостью проекций, например, с  $\Pi_1$ . Между тем, если плоскость фронтально проецирующая (рис. 5.2.б), то наклон её фронтальной проекции (фронтальная проекция треугольника) к оси проекций  $X$  непосредственно даёт величину угла, образованного плоскостью треугольника  $ABC$  с плоскостью  $\Pi_1$ .

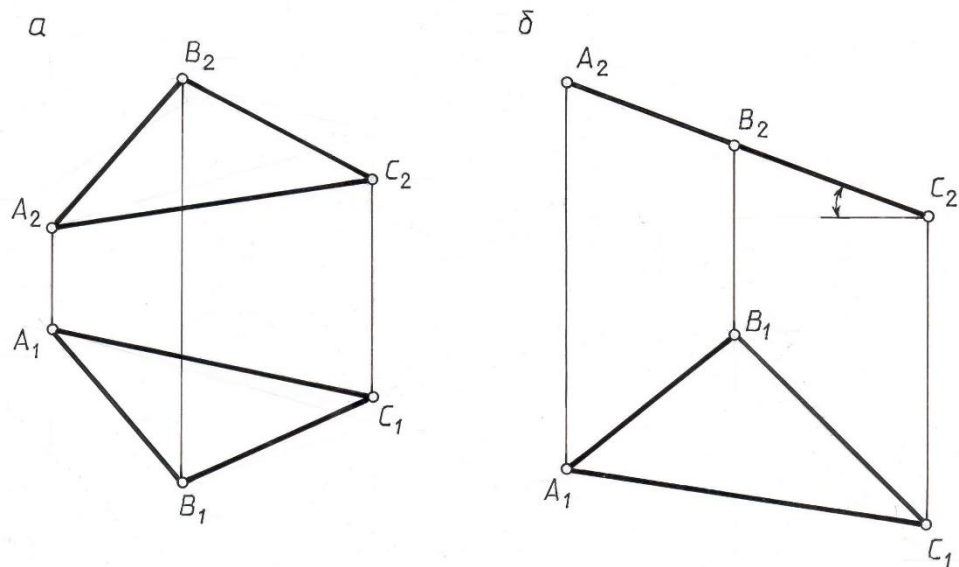


Рис. 5.2

Для построения перпендикуляра из точки  $A(A_1, A_2)$  к горизонтальной прямой  $h(h_1, h_2)$  достаточно провести горизонтальную проекцию прямой  $A_1B_1 \perp h_1$  (рис. 5.3), по линии связи найти точку  $B_2$  и соединить её с точкой  $A_2$ .

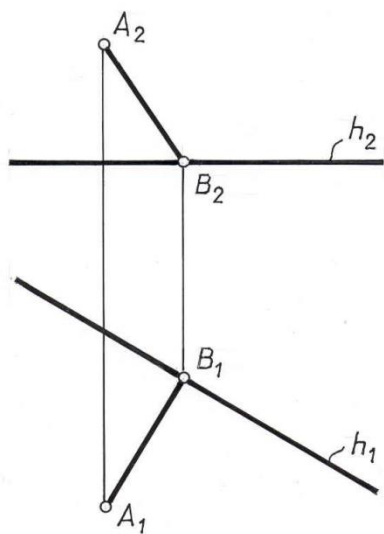


Рис. 5.3

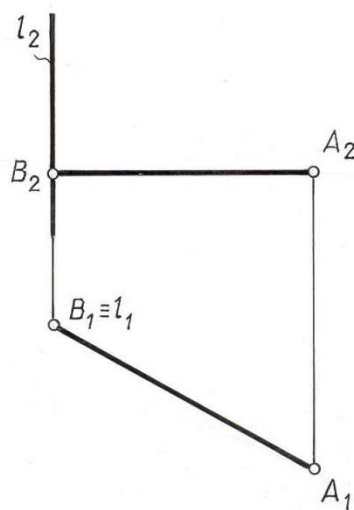


Рис. 5.4

Если прямая  $l(l_1, l_2)$  – горизонтально проецирующая (рис.5.4), то легко не только построить перпендикуляр  $AB$  ( $A_1B_1, A_2B_2$ ) из точки  $A$  к прямой  $l(l_1, l_2)$ , но и определить натуральную величину расстояния  $|AB| = |A_1B_1|$  от точки до прямой.

Возникает вопрос, как же следует поступить в том случае, если заданные фигуры неудобно расположены относительно плоскостей проекций и затрудняют решение какой-либо задачи. В таких случаях прибегают к преобразованию проекций, т. е. замене исходных проекций

изображаемой фигуры новыми (частного положения) с таким расчётом, чтобы последние позволили проще решать поставленную задачу.

В начертательной геометрии применяются в качестве основных следующие способы преобразования проекций:

Способ замены плоскостей проекций.

Способ плоскопараллельного перемещения

Способ вращения.

Основными задачами преобразования комплексного чертежа являются следующие:

Преобразование прямой общего положения в прямую уровня.

Преобразование прямой общего положения в проецирующую прямую.

Преобразование плоскости общего положения в проецирующую плоскость.

Преобразование плоскости общего положения в плоскость уровня.

## 5.2. Способ замены плоскостей проекций

Сущность способа состоит в том, что положение изображаемой фигуры в пространстве остаётся неизменным, а исходная система плоскостей проекций, относительно которой задана фигура, заменяется новой.

При выборе новой плоскости проекций должен быть выполнен основной принцип ортогонального проецирования (метода Монжа) – взаимной перпендикулярности плоскостей проекций, т.е. новую плоскость проекций необходимо обязательно располагать перпендикулярно одной из основных исходных плоскостей проекций.

Пусть задана система плоскостей проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$  (в дальнейшем будем обозначать сокращенно  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ ). Спроецируем какую-либо точку  $A$  на эти плоскости и найдем ее проекции  $A_2$  и  $A_1$  (рис. 5.5).

Предположим, что при решении какой-либо задачи мы нашли целесообразным заменить плоскость  $\Pi_2$  другой фронтальной плоскостью  $\Pi_4$ , перпендикулярной к плоскости  $\Pi_1$ . Линия пересечения плоскостей проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_4$  называется новой осью проекций и обозначается  $X_1$ . Построим ортогональные проекции точки  $A$  в системе  $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ . Так как, плоскость  $\Pi_1$  осталась прежней, то и проекция точки  $A$  на эту плоскость не изменит своего положения.

Для получения новой фронтальной проекции точки на новую плоскость  $\Pi_4$  опускаем перпендикуляр из  $A$  на плоскость  $\Pi_4$ . Основание  $A_4$  этого перпендикуляра определяет искомую фронтальную проекцию точки  $A$ .

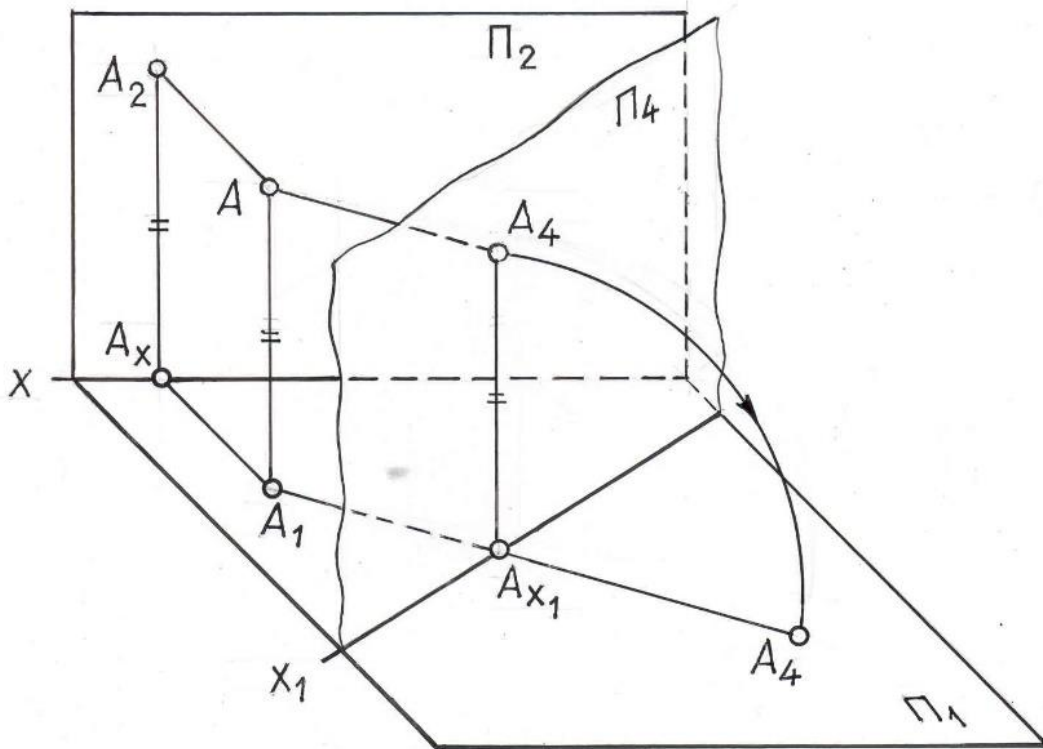


Рис .5.5

Установим, какая связь существует между проекциями  $A(A_1, A_2)$  и  $A(A_1, A_4)$  одной и той же точки в обеих системах.

Горизонтальная проекция у них общая и так как расстояние точки  $A$  от плоскости  $\Pi_1$  не изменилось, то  $\angle AA_1 = \angle A_2A_{x_1} = \angle A_4A_{x_1}$ , т. е. расстояние новой фронтальной проекции до новой оси равно расстоянию заменяемой проекции до предыдущей оси.

Чтобы перейти к эюру, повернём плоскость  $\Pi_4$  вокруг оси  $X_1$  и совместим с плоскостью  $\Pi_1$ . Тогда и новая фронтальная проекция  $A_4$  совместится с плоскостью  $\Pi_1$  и при этом окажется на одном перпендикуляре к оси  $x_1$  с проекцией  $A_1$ .

На рис. 5.6 показаны те построения, которые надо произвести на эюре, Чтобы от проекций  $(A_1, A_2)$  точки  $A$  в системе  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$  перейти к

проекция  $A_1A_4$  той же точки в системе  $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ , необходимо: провести новую

ось проекций  $X_1$ , которая определяет положение горизонтально-проецирующей плоскости  $\Pi_4$ , затем из горизонтальной проекции точки  $A_1$  опустить перпендикуляр на новую ось  $X_1$ . На построенном перпендикуляре отложить (от новой оси) отрезок  $A_xA_4 = A_xA_2$ . Полученная таким образом точка  $A_4$  является проекцией точки  $A$  на плоскость  $\Pi_4$ .

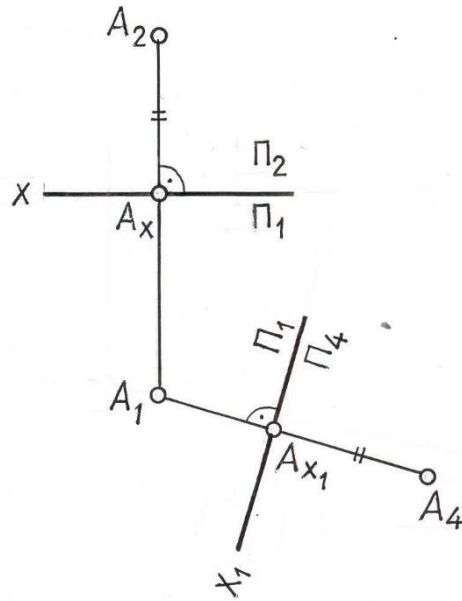


Рис 5.6

Замена горизонтальной плоскости  $\Pi_1$  новой плоскостью  $\Pi_4$  и построение новых проекций точки  $A$  в системе  $\frac{\Pi_2}{\Pi_4}$  осуществляется аналогично рассмотренному случаю, с той лишь разницей, что теперь остается без изменения фронтальная проекция точки, а для нахождения новой горизонтальной проекции  $A_4$  точки  $A$  необходимо из фронтальной проекции точки  $A_2$  опустить перпендикуляр на новую ось  $X_1$  и отложить на нем от точки пересечения с осью  $X_1$  отрезок  $A_4 A_{x_1}$ , равный расстоянию от заменяемой горизонтальной проекции от заменяемой оси  $X$  ( $A_1 A_x$ ) (рис. 5.7).

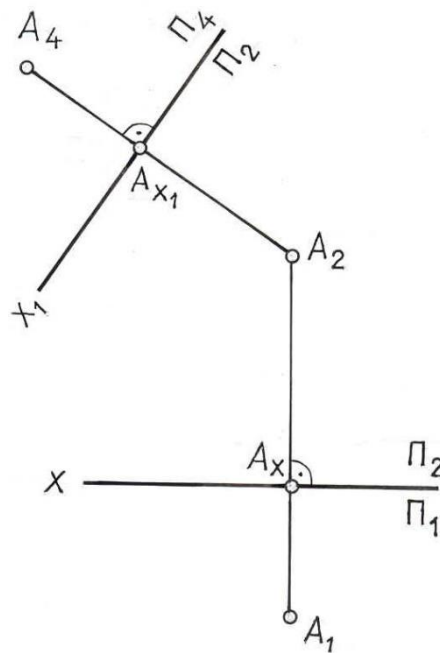


Рис. 5.7



Рассмотренные примеры позволяют установить следующее общее правило: для того, чтобы построить проекцию точки в новой системе плоскостей проекций, необходимо из неизменяемой проекции точки опустить перпендикуляр на новую ось проекций и отложить на нем от новой оси до новой проекции расстояние, равное расстоянию от заменяемой проекции до предыдущей оси.

#### Замена двух плоскостей проекций

Некоторые задачи не могут быть решены заменой только одной плоскости проекций. Так, при определении действительной величины какой-либо геометрической фигуры или для получения более полного (наглядного) ее изображения, замены одной плоскости проекций бывает недостаточно.

На рис.5.8 показан пример замены двух плоскостей проекций. Проекция заданной точки  $A$  на плоскость  $\Pi_4$  построена известным способом (см. рис.5.6). Для построения проекции  $A_5$  на плоскость  $\Pi_5$  из точки  $A_4$  опущен перпендикуляр на новую ось  $X_2$  и на этом перпендикуляре отложен отрезок  $A_2A_5 = A_1A_1$ .

Следует следить за тем, чтобы не происходило накладывания новых проекций на старые и чтобы геометрические фигуры, расположенные в первой четверти пространства, оставались в нем и после замены плоскостей проекций.

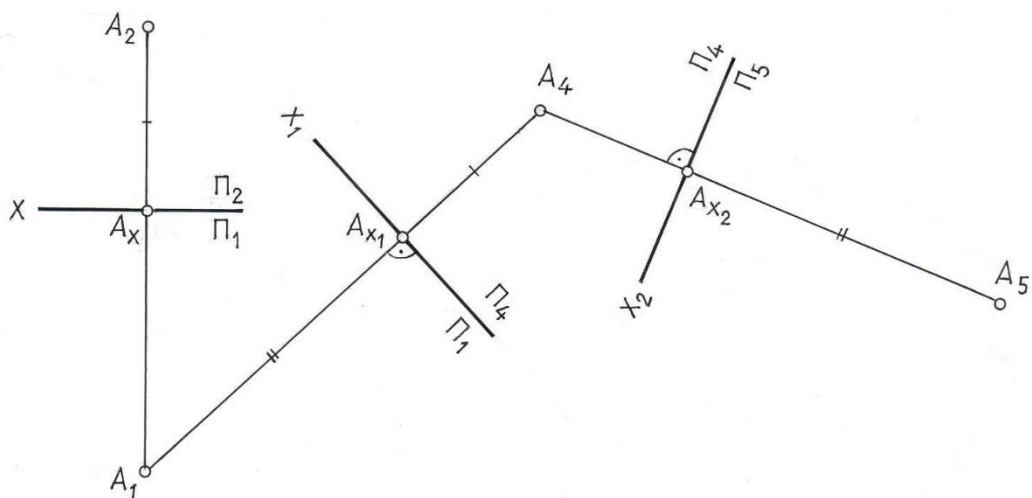


Рис. 5.8

### 5.3. Основные задачи, решаемые способом замены плоскостей проекций

Задача 1. Преобразовать эюр, изображенный на рис. 5.9 так, чтобы прямая общего положения оказалась параллельной одной из плоскостей проекций новой системы.

Для решения задачи необходимо расположить новую плоскость проекций параллельно заданному отрезку ( $\Pi_4 // AB$ ). Тогда на эту плоскость проекций отрезок проецируется без искажения.

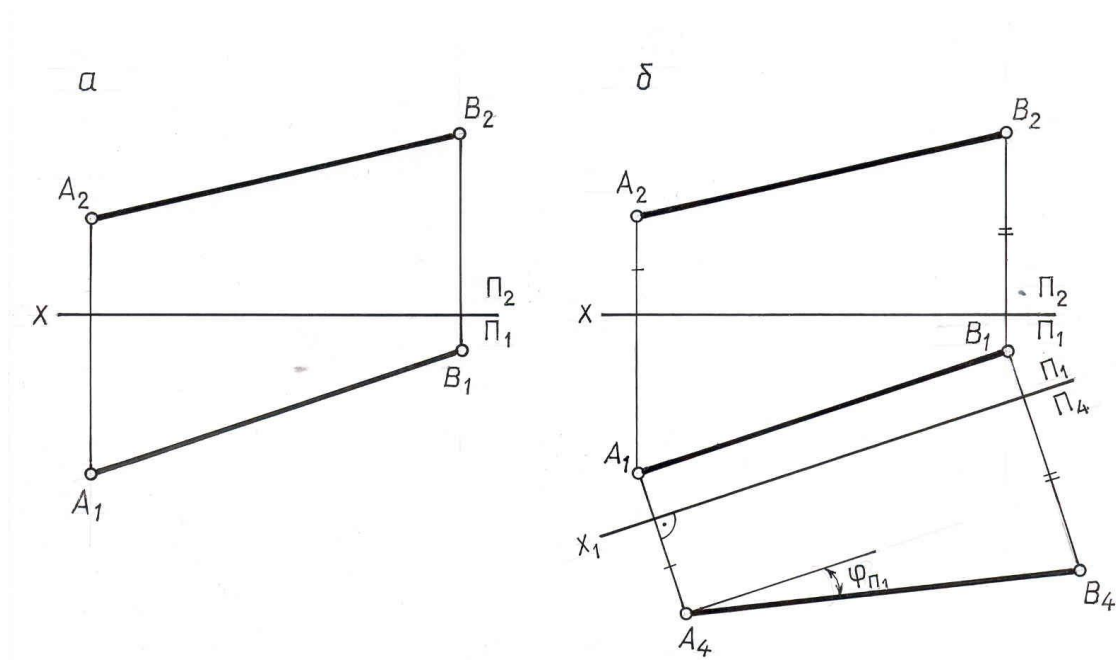


Рис. 5.9

Решение этой задачи показано на рис. 5.9,б. Параллельно  $A_1 B_1$  проведена ось  $X_1$ , и в системе плоскостей проекций  $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$  построена новая фронтальная проекция отрезка  $A_4 B_4$ . Очевидно, что  $|A_4 B_4| = |AB|$  и угол  $\varphi$ , образованный проекцией  $A_4 B_4$  с осью  $X_1$  равен углу наклона прямой  $AB$  к плоскости  $\Pi_1$ .

Задача 2. Преобразовать эюр, изображенный на рис. 5.10 так, чтобы отрезок  $AB$  прямой линии общего положения оказался перпендикулярным одной из плоскостей проекций.

Для решения задачи нужно произвести последовательно две замены плоскостей проекций:

систему  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$  заменяем системой  $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ , расположив плоскость  $\Pi_4$  параллельно  $AB$ ;

от системы  $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$  переходим к  $\frac{\Pi_4}{\Pi_5}$ , расположив плоскость  $\Pi_5$  перпендикулярно прямой  $AB$ . Выполненные построения приведены на рис. 5.10.

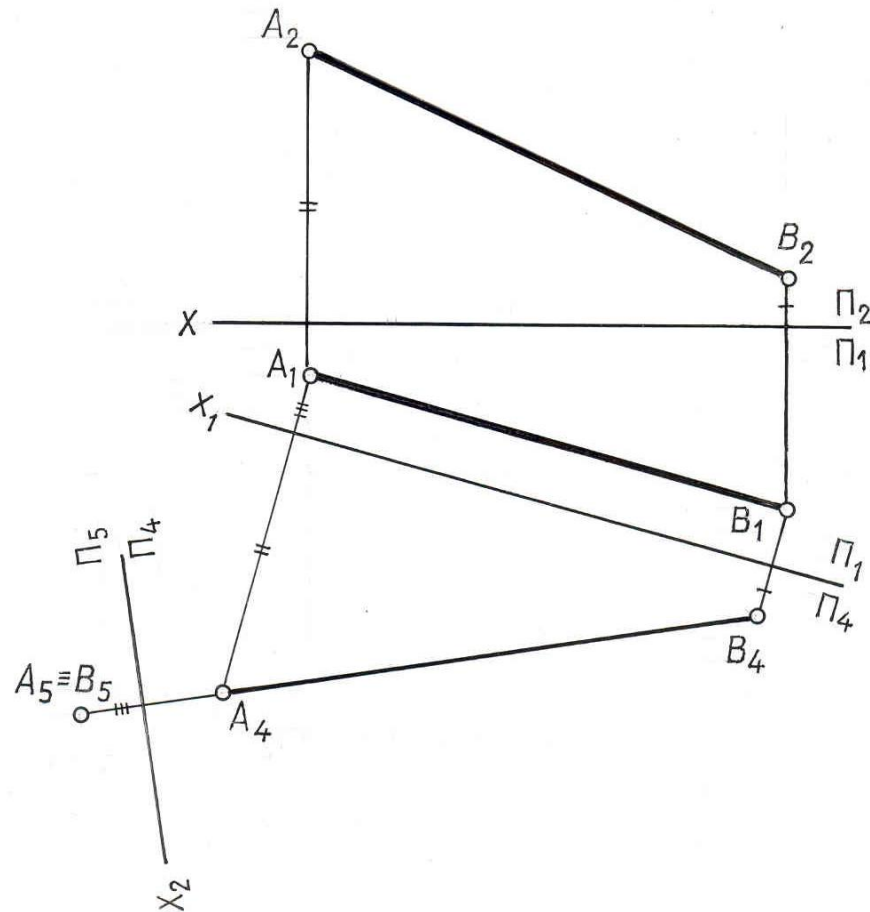


Рис. 5.10

Задача 3. Преобразовать плоскость общего положения в проецирующую.

Для решения данной задачи необходимо ввести новую плоскость проекций так, чтобы она была перпендикулярна заданной плоскости  $\Gamma(ABC)$  и одной из плоскостей проекций, т.е. перпендикулярна линии их пересечения. Линией пересечения плоскости  $\Gamma$  с плоскостью проекций является соответствующий след плоскости  $\Gamma$ . Поэтому новая плоскость проекций должна быть перпендикулярна одному из следов данной плоскости или одной из ее линий уровня, которая параллельна соответствующему следу.

На рис.5.11 показано преобразование плоскости  $\Gamma(ABC)$  в проецирующую. Для этого в плоскости проведена горизонталь  $h(h_2h_1)$  и перпендикулярно к ней, а, следовательно, и ко всей плоскости  $\Gamma$  введена новая плоскость  $\Pi_4$ , для чего ось  $X_1$  новой системы плоскостей проекций  $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$

проведена перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали  $X_1 \perp h_1$ , и в соответствии с известным правилом построена новая проекция  $A_4B_4C_4$  треугольника  $ABC$ , представляющая отрезок прямой линии. После проведенных построений плоскость  $\Gamma(ABC)$  оказалась перпендикулярной плоскости проекций  $\Pi_4$  и с плоскостью  $\Pi_1$  составляет угол  $\alpha$ .

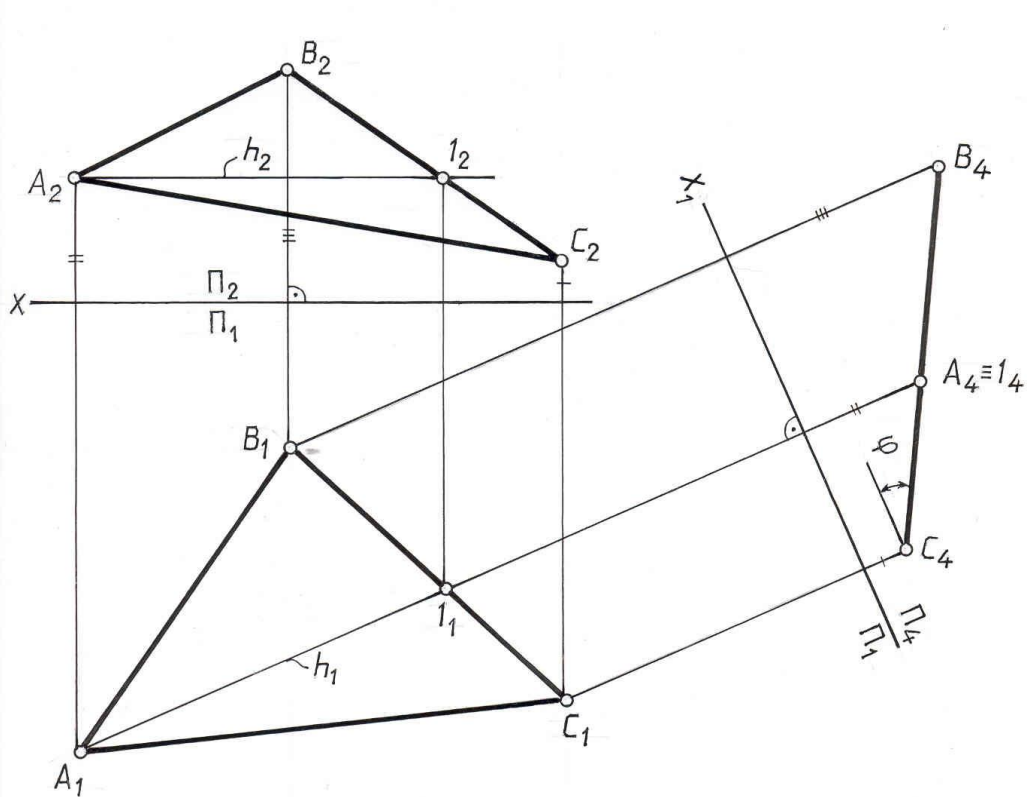


Рис. 5.11

Задача 4. Преобразовать плоскость общего положения  $\Gamma(ABC)$  в плоскость уровня.

Преобразование плоскости общего положения в плоскость уровня производится последовательно двумя заменами плоскостей проекций: сначала плоскость общего положения преобразуется в проецирующую, а затем полученная проецирующая плоскость преобразуется в плоскость уровня.

На рис.5.12 для преобразования плоскости  $\Gamma$  в проецирующую введена новая плоскость проекций  $\Pi_4$ , перпендикулярная плоскости  $\Gamma$ . Ось новой системы плоскостей  $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$  проведена перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали. Полученная проекция  $A_4B_4C_4$  является вырожденной проекцией плоскости  $\Gamma$ , т.к. плоскость  $\Gamma$  является проецирующей по отношению к плоскости  $\Pi_4$ .

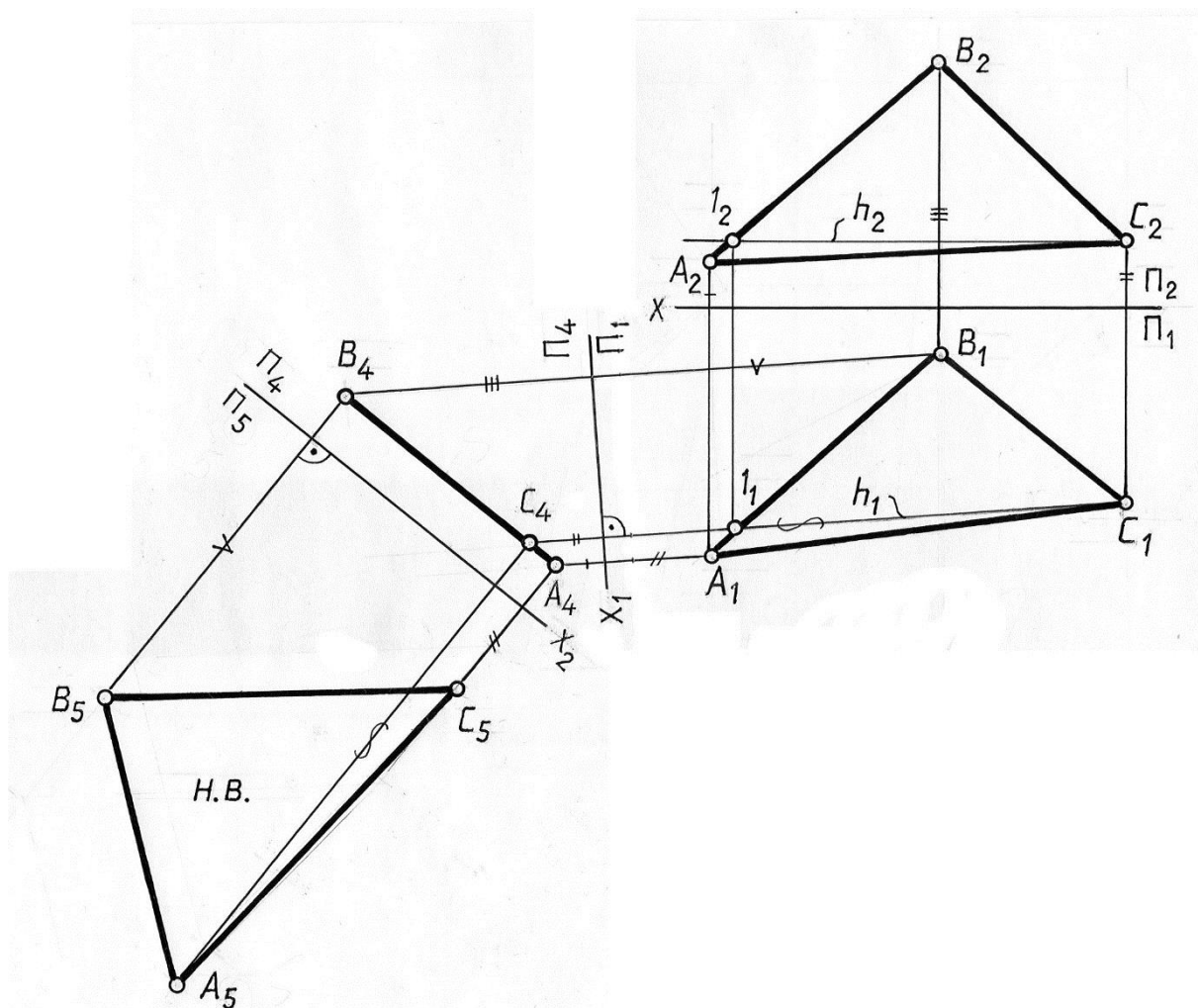


Рис. 5.12

Для преобразования проецирующей плоскости в плоскость уровня введена новая плоскость проекций  $\Pi_5$ , параллельная плоскости  $\Gamma$ . Ось  $X_2$  новой системы плоскостей проекций  $\frac{\Pi_4}{\Pi_5}$  параллельна вырожденной проекции  $A_4B_4C_4$  плоскости  $\Gamma$ . При построении новой проекции  $A_5B_5C_5$  использованы расстояния от заменяемых проекций  $A_1B_1C_1$  до оси  $X_1$ . Так как в новой системе плоскостей проекций  $\frac{\Pi_4}{\Pi_5}$  плоскость  $\Gamma(ABC)$  является параллельной плоскости  $\Pi_5$ , то на эту плоскость проекций она проецируется в натуральную величину.

Рассмотренные четыре основные задачи лежат в основе решения многих других задач способом замены плоскостей проекций. Рассмотрим примеры решения некоторых задач.

Пример 5. Преобразовать плоскость  $\Gamma$  общего положения, заданную следами, в проецирующую (рис. 5.13).

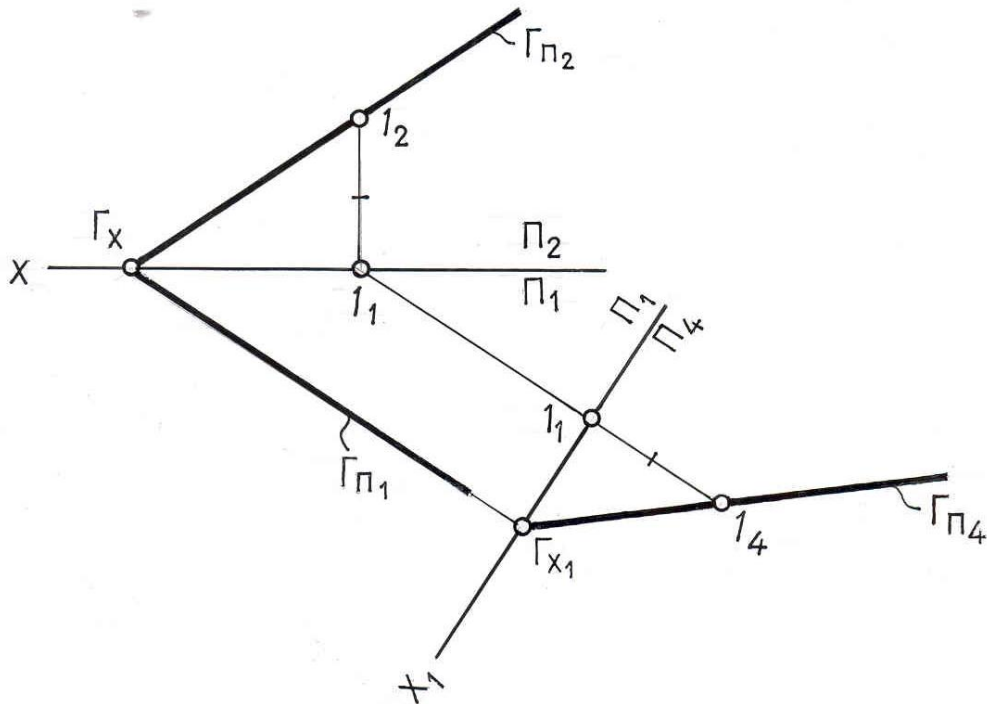


Рис. 5.13

Плоскость  $\Gamma$  преобразуем во фронтально-проецирующую. Известно, что горизонтальный след фронтально-проецирующей плоскости перпендикулярен оси  $X$ , следовательно новую ось  $X_1$  проводим перпендикулярно к  $\Gamma_{\Pi 1}$ . Через точку, в которой  $\Gamma_{\Pi 1} \cap X_1 = \Gamma_{X_1}$  пройдет фронтальный след  $\Gamma_{\Pi 4}$ . Для определения его направления достаточно найти одну точку. В качестве такой точки можно взять произвольную точку  $I \in \Gamma$  и указать ее фронтальную проекцию  $I_4$  на новой плоскости  $\Pi_4$ . Через  $\Gamma_{X_1}$  и  $I_4$  проводим  $\Gamma_{\Pi 4}$ .

Пример 6. Определить расстояние от точки  $T$  до плоскости  $\Sigma$  общего положения, заданной  $\Delta ABC$  (рис. 5.14)

Плоскость  $\Sigma(ABC)$  преобразуем в проецирующую, для чего в плоскости построим горизонталь  $h(h_2h_1)$ . Перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали проведем ось  $X_1$  новой системы плоскостей проекций  $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ . Строим новые проекции точек  $A_4B_4C_4$ , откладывая расстояния от оси  $X_1$ , равные расстояниям от заменяемых проекций  $A_2B_2C_2$  до оси  $X$ .

Плоскость  $\Sigma(ABC)$  оказалась перпендикулярной плоскости проекций  $\Pi_4$  и спроецировалась на эту плоскость в прямую линию. На плоскость  $\Pi_4$  переносим точку  $T(T_4)$  и опускаем перпендикуляр на плоскость  $\Delta(ABC)$ .  $T_4K_4 \perp (A_4B_4C_4)$ , где  $K_4$  – основание перпендикуляра. Расстояние от точки  $T$  до плоскости  $\Delta ABC$  на плоскости  $\Pi_4$  проецируется без искажения.  $|T_4K_4| = |TK|$ . Возвращаем проекции

перпендикуляра на плоскость  $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ , для этого из точки  $T_1$  проводим проекцию перпендикуляра  $T_1K_1$  параллельно оси  $X_1$  и перпендикулярно  $h_1$ . Дальнейшие выполненные построения показаны на рис. 5.14.

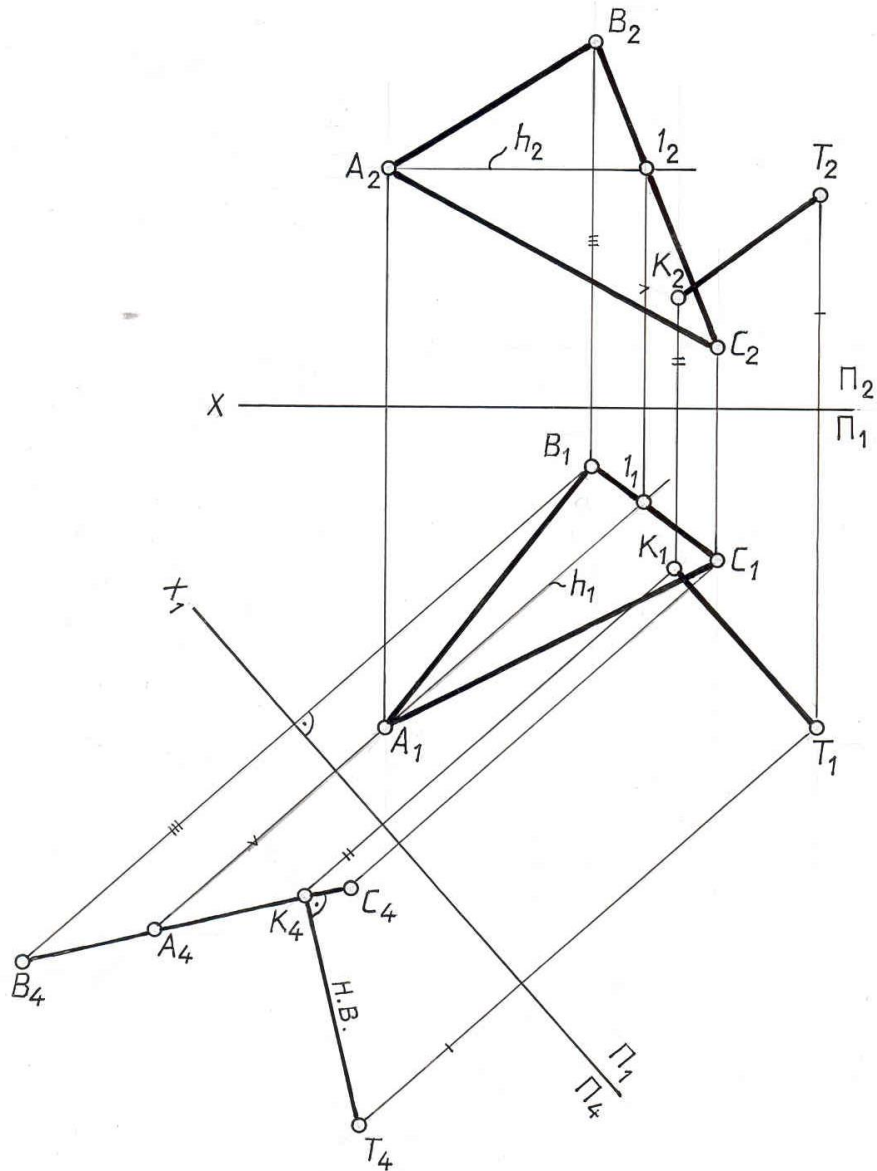


Рис. 5.14

## Лекция 6. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

### 6.1. Сущность метода и основные понятия

**АксонOMETРИЧЕСКАЯ ПРОЕКЦИЯ**, или **аксонометрия** есть параллельная проекция фигуры-оригинала и осей координат пространства, к которым эта фигура отнесена на одну плоскость проекций, называемой **аксонометрической плоскостью проекций ( $\Pi'$ )**.

АксонOMETРИЧЕСКУЮ проекцию получают по методу **параллельного проецирования**, поэтому все свойства параллельного проецирования остаются справедливыми и для аксонометрической проекции. Например, сохраняется параллельность прямых и пропорциональность деления отрезков.

**Достоинством** такой проекции является наглядность. **Недостатком** – проецирование на одну плоскость проекций.

Сущность метода рассмотрим на примере получения аксонометрии точки  $A$ . Выберем в пространстве прямоугольную систему координат **Охузи** точку  $A$ , положение которой относительно осей координат определено:  $X_A=OA_x$ ,  $Y_A=A_xA_1$ ,  $Z_A=A_1A$  (см. рис.13.1). Полученная ломаная  $AA_1A_xO$  – координатная ломаная точки  $A$ . По каждому из направлений натуральной системы координат ( $xуz$ ) отложим отрезки единичной длины  $e_x, e_y, e_z$ .

Спроецируем в направлении  $S$  на плоскость  $\Pi'$  выбранную декартовую систему координат **Охузи** вместе с точкой  $A$  и ее горизонтальной (прямоугольной) проекцией  $A_1$  на координатной плоскости  $xOy$ , а также единичные отрезки  $e_x, e_y, e_z$ .

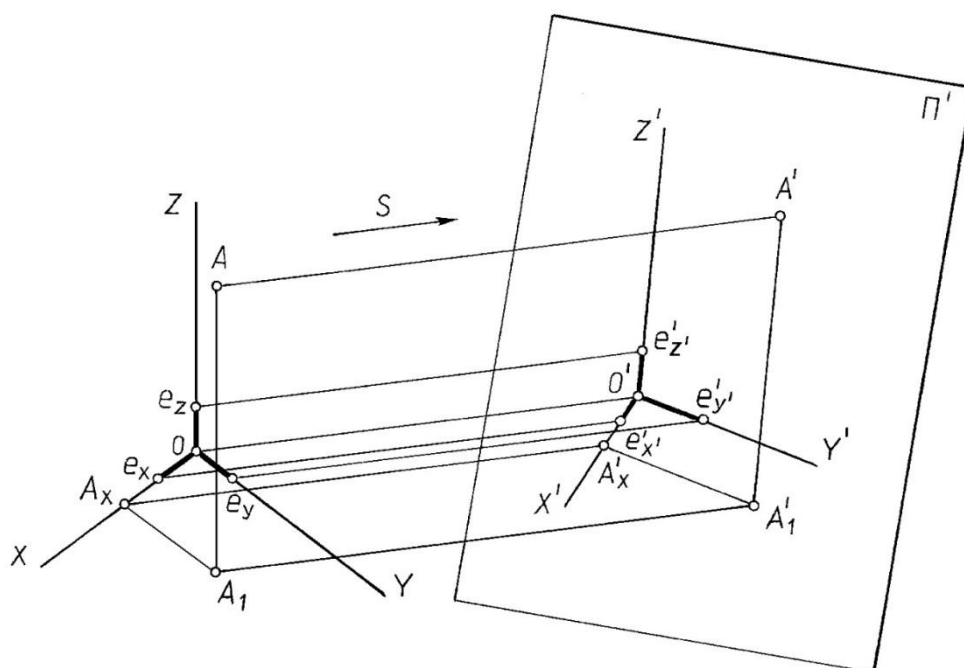


Рис. 6.1



Оси  $O'x'y'z'$ , полученные проецированием координатных осей пространства на **аксонометрическую плоскость проекций  $\Pi'$** , называются **аксонометрическими осями**; проекция  $A'$ , - аксонометрической проекцией точки  $A$ , а  $A_I'$ , - вторичной проекцией точки  $A$ .  $A'A_I'A_x'O'$  - аксонометрическая проекция координатной ломаной точки  $A$ .

Для получения **обратимого чертежа** в том случае, если проецирование ведется на одну плоскость проекций необходимо использовать вторичную проекцию. **Вторичной проекцией** называется аксонометрическое изображение не самой точки, а одной из ее ортогональных проекций (чаще всего горизонтальной). Этот термин хорошо подчеркивает тот факт, что проекция  $A_I'$  получается в результате двух последовательных проецирований. Заметим, что для получения наглядного аксонометрического изображения, направление проецирования  $S$  не должно быть параллельным ни одной из координатных осей  $(x,y,z)$  или координатной плоскости, так как при этом аксонометрическая проекция такой плоскости изобразится прямой линией, и чертеж утратит свою наглядность.

Если плоскость аксонометрических проекций  $\Pi'$  не параллельна ни одной из координатных осей, то, очевидно, что любые отрезки, расположенные в пространстве на осях  $e_x, e_y, e_z$  (или параллельные осям), проецируются на плоскость  $\Pi'$  с некоторым искажением  $e_x', e_y', e_z'$ . Отношение длины аксонометрической проекции отрезка, лежащего на координатной оси или параллельного ей, к истинной длине этого отрезка называется **коэффициентом (показателем) искажения** по соответствующей аксонометрической оси:

$$e_x' / e_x = m, e_y' / e_y = n, e_z' / e_z = k.$$

Числовое выражение коэффициентов искажения показывает, во сколько раз увеличиваются или уменьшаются отрезки по осям на аксонометрических изображениях. В зависимости от соотношения коэффициентов искажения аксонометрические проекции делятся на:

- **изометрические**, если коэффициенты искажения по всем трем осям равны  
 $m = n = k;$
- **диметрические**, если коэффициенты искажения одинаковы лишь по двум осям, например,  
 $m = k \neq n;$
- **триметрические**, если все три показателя искажения разные  
 $m \neq n \neq k.$

В зависимости от угла  $\varphi$  между направлением проецирования  $S$  и аксонометрической плоскостью проекций  $\Pi'$  различают:

- **прямоугольную** аксонометрическую проекцию, если  
 $\varphi = S \wedge \Pi' = 90^\circ$ , и
- **косоугольную** аксонометрическую проекцию, если  $\varphi = S \wedge \Pi' \neq 90^\circ$ .

Между коэффициентами искажения и углом  $\varphi$ , образованным направлением проецирования  $S$  с плоскостью  $\Pi'$ , существует следующая зависимость:

$$m^2+n^2+k^2=2+\operatorname{ctg}^2\varphi. (1)$$

Так в общем случае можно получить множество аксонометрических проекций, отличающихся друг от друга направлением аксонометрических осей и коэффициентами искажения по ним. Это положение сформулировано в 1851 году и доказано **теоремой К. Польке**, которая гласит: три отрезка произвольной длины, лежащие в одной плоскости и, выходящие из одной точки под произвольными углами друг к другу, представляют параллельную проекцию трёх равных отрезков, отложенных на прямоугольных осях координат от начала.

Позже Г.Шварц обобщил теорему К. Польке, которая имеет существенное значение, как для теории аксонометрии, так и для многих её приложений. На основании теоремы Польке системы аксонометрических осей, а также отношение коэффициентов искажения по ним, могут быть заданы совершенно произвольно. При произвольном выборе характеристических данных, определяющих аксонометрическую систему, получается косоугольная триметрическая проекция общего вида.

Однако из многих систем аксонометрических проекций на практике чаще всего пользуются теми, которые рекомендует ГОСТ 2.317-69 «Аксонометрические проекции», а именно: прямоугольной изометрией и диметрией, косоугольной фронтальной и горизонтальной изометрией и фронтальной косоугольной диметрией.

## 6.2. Стандартные аксонометрические проекции

### *Прямоугольная изометрия*

Прямоугольная изометрия – наиболее простой вид прямоугольной аксонометрии, при котором все координатные оси наклонены к аксонометрической плоскости проекций под одинаковыми углами, и, таким образом, имеют одинаковые коэффициенты искажения. Числовое значение коэффициентов искажения легко вычислить. Поскольку  $m = n = k$ , и  $\varphi = 90^\circ$ , то на основании формулы (1), можно записать, что  $3m^2=2$ , и тогда  $m = \sqrt{2/3} = 0,82$ . В этом случае  $0,82$  – **фактические коэффициенты искажения**.

Следовательно, при построении изометрической проекции размеры отрезков, откладываемые по аксонометрическим осям или параллельно им, умножают на  $0,82$ . Такой перерасчёт неудобен, поэтому ГОСТ 2.317-69 рекомендует строить **прямоугольную** изометрию без сокращений размеров по аксонометрическим осям, т. е. пользоваться так называемыми **приведенными** коэффициентами (показателями) **искажения**, равными 1.

При пользовании приведенных коэффициентов искажения аксонометрическое изображение пропорционально увеличивается в **1,22** раза

( $1:0,82 = 1,22$ ), каждый же отрезок, откладываемый по осям  $x',y',z'$  или параллельно им, сохраняет свою величину, что удобно при построении. На рис. 6.2 показано расположение осей изометрической проекции.

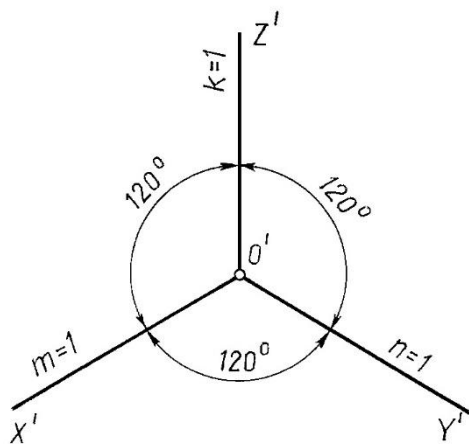


Рис. 6.2

### Прямоугольная диметрия

В прямоугольной диметрии коэффициенты искажения  $m = k$ , а третий  $n$  – не равен им. Для практических целей применяется диметрия, у которой  $m = k$  и  $n = 0,5m$ . При таком соотношении коэффициентов искажений аксонометрические оси расположены под углами, указанными на рис. 6.3. Подставляя в формулу прямоугольной аксонометрии значения  $m = k$  и  $n = 0,5m$ , получим  $m = k = 0,94$ ;  $n = 0,47$ . Однако для практических целей применяются приведенные коэффициенты искажения ( $m = k = 1$  и  $n = 0,5$ ). Изображение, построенное с приведенными коэффициентами искажения, будет увеличено в  $1,06$  раза ( $1:0,94 = 0,5:0,47 = 1,06$ ).

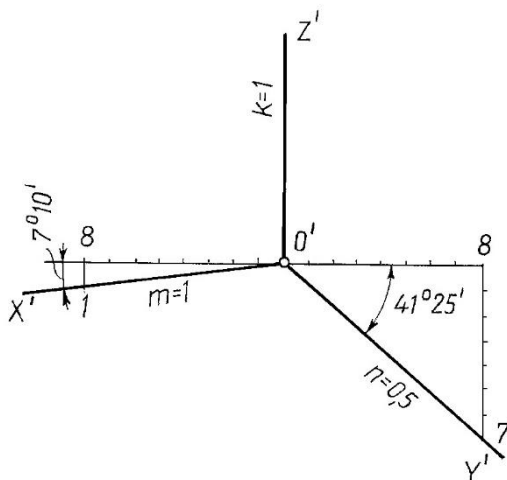


Рис. 6.3

## ***Косоугольные аксонометрические проекции***

Косоугольные аксонометрические проекции характеризуются двумя основными признаками:

плоскость аксонометрических проекций располагается параллельно одной из сторон объекта (параллельно одной из координатных плоскостей); все плоские фигуры, расположенные в этой координатной плоскости или параллельно ей, изображаются без искажения;

проецирование косоугольное (проецирующие лучи составляют с аксонометрической плоскостью проекций острый угол), что даёт возможность спроецировать и две другие стороны объекта, но уже с искажением.

Аксонометрические искажения при косоугольном проецировании оказываются менее наглядными, чем при прямоугольном проецировании. Однако они обладают и важным преимуществом - элементы объекта, параллельные плоскости аксонометрических проекций, проецируются без искажения.

**Фронтальная изометрия и диметрия** (рис. 6.4) применяются, в основном, тогда, когда изображаемый объект имеет большое количество окружностей или других кривых линий, расположенных во фронтальной плоскости. Коэффициенты искажения по аксонометрическим осям  $x'$  и  $z'$  равны  $1$ , а угол между ними составляет  $90^\circ$ . Коэффициент искажения по оси  $y'$  равен  $1$  для изометрии и  $0,5$  для диметрии.

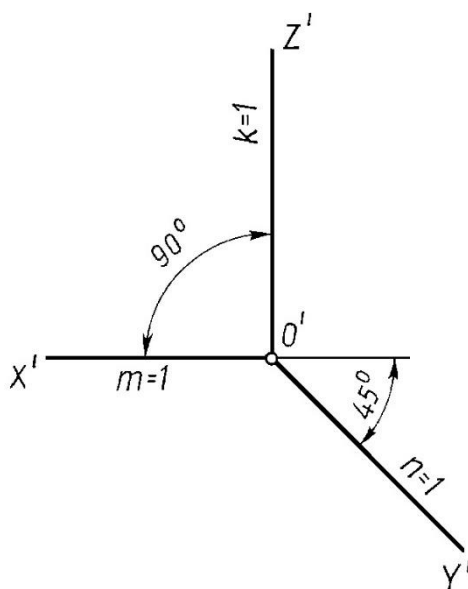


Рис. 6.4

**Горизонтальная изометрия** (рис. 6.5) целесообразна для применения в тех случаях, когда изображаемый объект имеет большое количество окружностей или других кривых линий, расположенных в горизонтальных плоскостях. При построении горизонтальной изометрии плоскость

аксонометрических проекций располагают горизонтально, параллельно координатной плоскости  $xOy$ , и все коэффициенты искажения принимают равными единице.

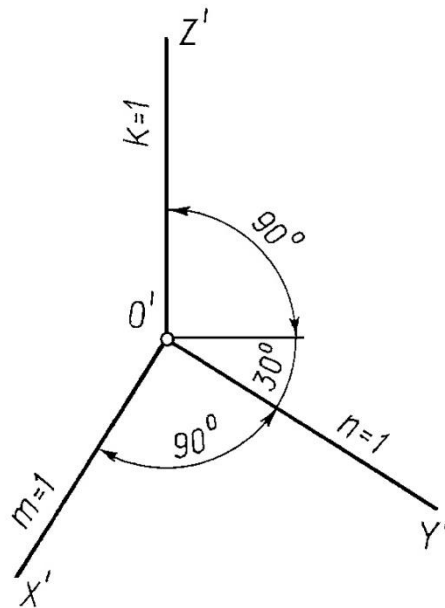


Рис. 6.5

Построение аксонометрических изображений по ортогональным проекциям

Переход от эпюра Монжа (ортогональных проекций) к аксонометрическому изображению рекомендуется выполнять в такой последовательности:

На ортогональном чертеже размечают оси прямоугольной системы координат, к которой относят данный объект. Оси ориентируют так, чтобы они допускали удобное измерение координат точек объекта, совмещая их с осями симметрии объекта или с основными его гранями.

Строят оси выбранной аксонометрической проекции.

Строят вторичную проекцию (чаще всего аксонометрию горизонтальной проекции объекта) по размерам, взятым с ортогональных проекций объекта (с учетом приведенных коэффициентов искажения по осям для выбранной аксонометрии).

Достраивают аксонометрию объекта, построив высоты (апликаты) характерных точек вторичной проекции.

Оформляют чертеж.

Рассмотрим примеры построения аксонометрических изображений некоторых фигур.

### 6.3. Построение аксонометрических изображений по ортогональным проекциям

#### Аксонометрия точки

Пример 1. Построить прямоугольную изометрию и прямоугольную диметрию точки  $A$  (рис. 6.6 а).

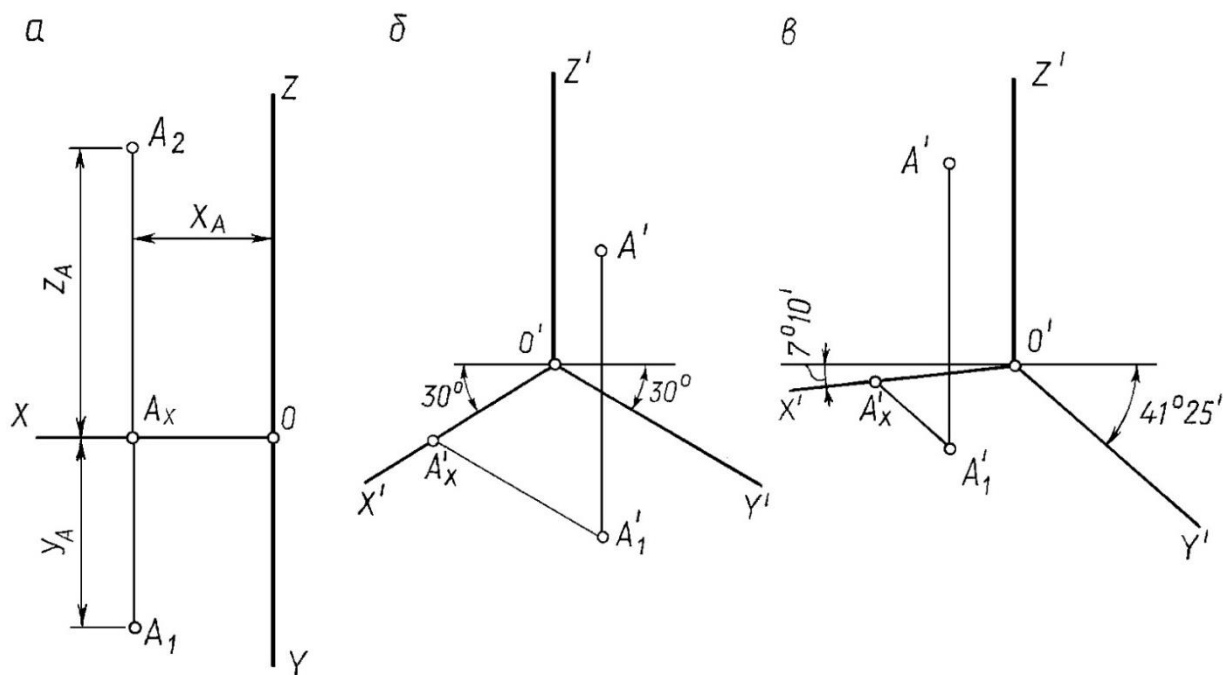


Рис. 6.6

Решение.

1. Задают оси аксонометрических проекций. На рис.6.6.б – оси прямоугольной изометрии, на рис.13.6.в – оси прямоугольной диметрии.

2. От точки  $O'$  на оси  $X'$  откладывают координату  $X_A$ , взятую с ортогонального чертежа, - получают точку  $A'_x: O'A'_x \cong OA_x = X_A$ .

3. Через  $A'_1$  проводят прямую, параллельную оси  $Y'$  и откладывают на ней координату  $Y_A$ , взятую также с ортогонального чертежа. При этом должен быть обязательно учтен коэффициент искажения по оси  $Y$ .

Так, на рис.6.6.б в прямоугольной изометрии по направлению  $Y'$  отложен отрезок, равный  $Y_A$ , а на рис.13.6.в в прямоугольной диметрии отложен отрезок  $0,5Y_A$  (приведенный коэффициент искажения в прямоугольной диметрии по оси  $Y$  равен  $0,5$ ).

$A'_1$ '-вторичная проекции точки  $A$ .

4. Через  $A'_1$  проведена прямая, параллельная оси  $Z$ , и на ней отложен отрезок, равный отрезку  $Z_A. A'_1 A' = A_x A_2 = Z_A$ .

Итак, любую аксонометрическую проекцию точки можно получить, построив в аксонометрии координатную ломаную линию, определяющую положение этой точки в пространстве.

### *Аксонометрия плоской фигуры*

Пример 2. Построить прямоугольную изометрическую проекцию шестиугольника по его ортогональному чертежу (рис. 6.7 а).

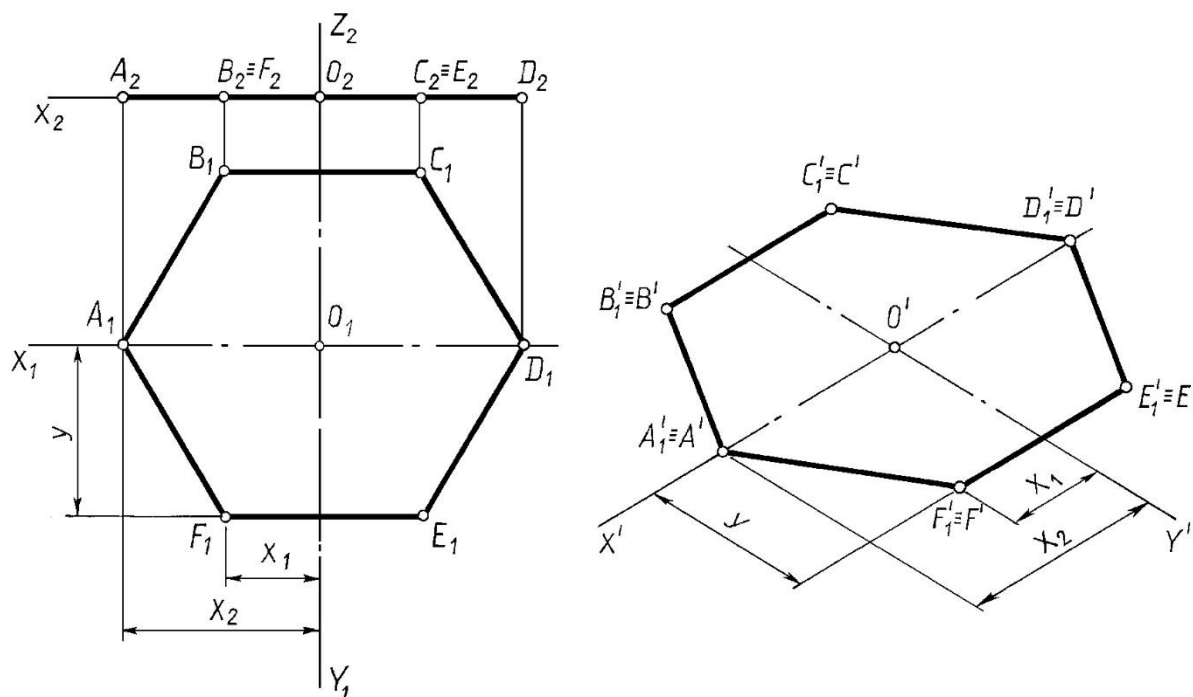


Рис. 6.7

Решение.

За оси координат  $X$  и  $Y$  принимаем оси симметрии шестиугольника.

Строим оси прямоугольной изометрии.

Плоский шестиугольник расположен в плоскости  $XOY$ , поэтому аксонометрия его совпадает со вторичной проекцией. Аксонометрию многоугольника строим по координатам вершин, пользуясь приведенными коэффициентами искажения, равными  $1$ . Выполненные построения ясны из чертежа.

### *Аксонометрия призматической поверхности*

Пример 3. Построить прямоугольную изометрию и диметрию прямой четырехгранной призмы в основании которой квадрат (рис. 6.8.а).

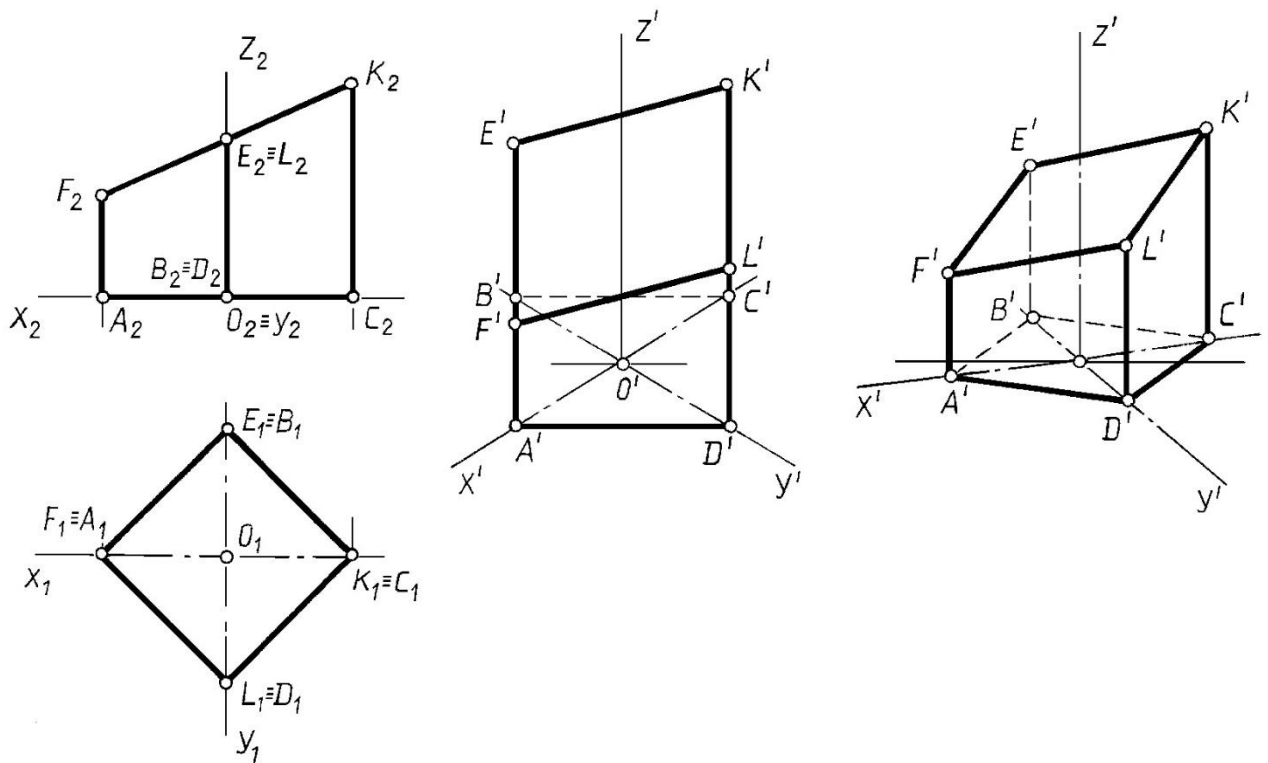


Рис. 6.8

Решение.

Относим призму к натуральной системе координат, задав на ортогональном чертеже начало координат точку  $O$  и оси  $X, Y, Z$ .

Задаем оси прямоугольной изометрии (рис. 6.8.б) и диметрии (рис. 6.8.в).

Строим вторичную проекцию квадрата, пользуясь приведенными коэффициентами искажения для прямоугольной изометрии (рис. 6.8.б) и диметрии (рис. 6.8.в).

Через вторичные проекции вершин проводим прямые, параллельные оси  $Z'$ , и откладываем на них отрезки, равные значению соответствующих вертикальных ребер призмы.

Соединив построенные аксонометрические проекции вершин, получаем аксонометрию заданной призмы.

Анализ рис. 6.8.б) и рис. 6.8.в) позволяет сделать вывод о целесообразности построения прямоугольной диметрии (рис. 6.8.в) такой призмы. Прямоугольная изометрия в данном случае *не является наглядным изображением*.



#### 6.4. Решение позиционных задач в аксонометрии

Алгоритмы решения позиционных задач на аксонометрическом чертеже не отличаются от алгоритмов решения этих задач в ортогональных проекциях на эюре Монжа.

Пример 4. Построить следы прямой  $l$  (рис. 6.9).

Решение. Алгоритм решения задачи такой же, как и на эюре Монжа.

$T$  – фронтальный след прямой  $l$ ,  $K$  – горизонтальный след и  $E$  – профильный след (рис. 6.9).

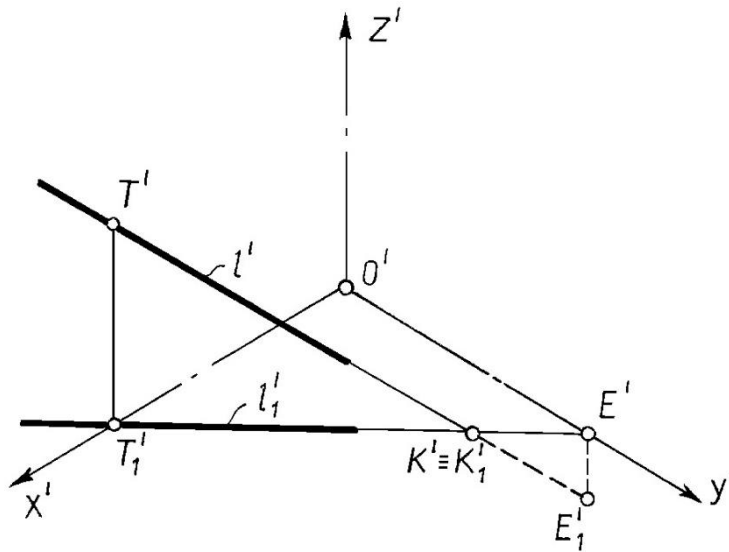


Рис. 6.9

Рассмотрим примеры построения пересечения геометрических фигур в аксонометрии.

Пример 5. Построить пересечение заданной прямой  $l$  и плоскости  $\Gamma(ABC)$  (рис. 6.10).

Решение.

Плоскость  $\Gamma(ABC)$  и прямая  $l$  заданы своими аксонометрическими и вторичными проекциями. Задачу решаем, используя вспомогательную плоскость-посредник.

Заключаем прямую  $l$  во вспомогательную вертикальную плоскость  $\Sigma$ . При этом  $\Sigma_1'$ , совпадающая с  $l_1'$ , представляет собой вторичную проекцию вертикальной плоскости-посредника. Отметим, что вторичная проекция любой фигуры, расположенной в плоскости  $\Sigma$ , совпадает с вторичной проекцией  $\Sigma_1'$ .

Строим пересечение заданной плоскости  $\Gamma(ABC)$  с плоскостью-посредником  $\Sigma$ ; во-первых находим точки пересечения вторичных проекций плоскостей ( $\Sigma_1' \cap A_1'B_1'C_1' = l_1' \cap 2_1'$ ); затем проводим вертикальные линии связи из  $l_1'$  и  $2_1'$  до пересечения с аксонометрическими проекциями

соответствующих сторон заданной плоскости, а именно  $1'$  и  $2'$ . Объединяем точки в прямую  $1'2'$ .

Определяем точку  $T'$  пересечения прямой  $l'$  и плоскости  $ABC'$ , а именно  $l' \cap 1'2' = T'$ . По принадлежности к  $l_1'$ , находим вторичную проекцию точки пересечения  $T_1'$ .

Для определения видимости прямой относительно заданной плоскости воспользуемся конкурирующими точками  $3$  и  $4$ , принадлежащими соответственно заданной прямой и стороне  $BC$  плоскости. Проведя линии связи, определяем вторичные проекции выбранных точек. По положению вторичных проекций определяем видимость заданной прямой относительно плоскости.

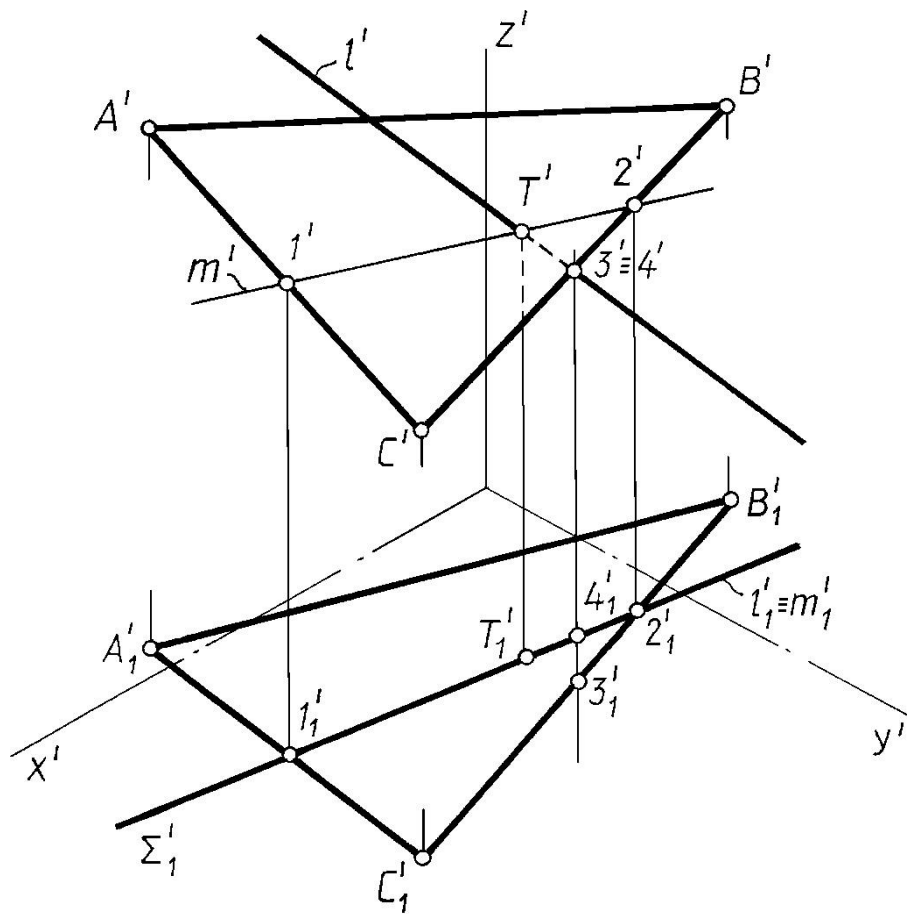


Рис. 6.10

Пример 6. Построить пересечение прямой  $l$  и конической поверхности  $\Delta$  (рис. 6.11).

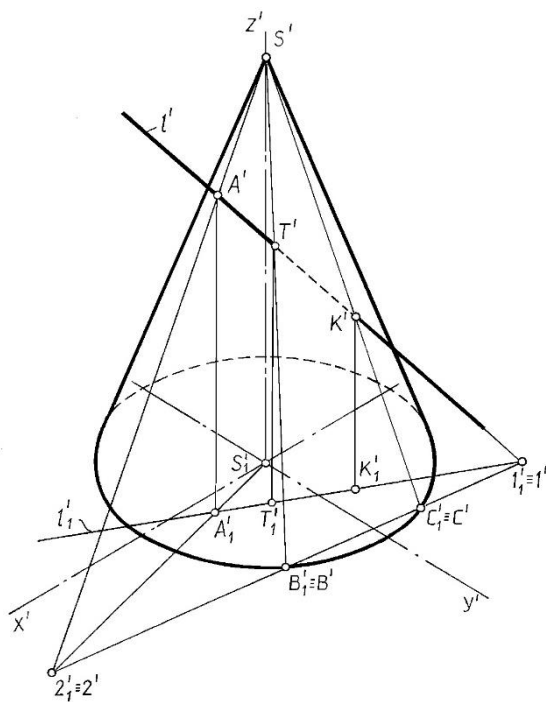


Рис. 6.11

Пример 7. Построить пересечение призмы и плоскости  $\Gamma$  (рис. 6.12).

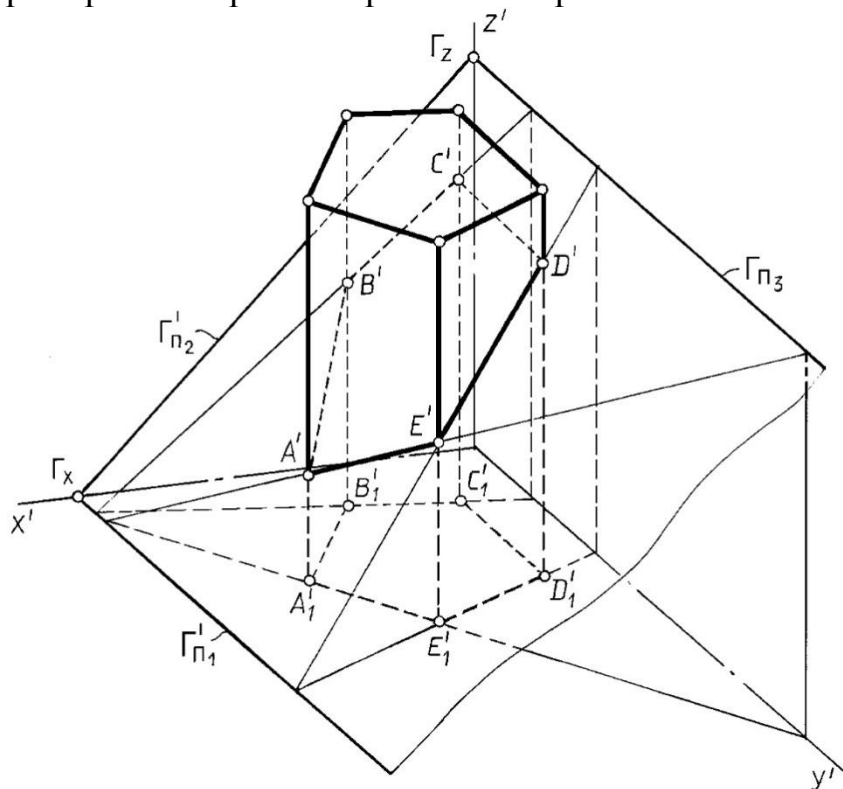


Рис. 6.12

Пример 8. Построить пересечение цилиндра и плоскости  $\Sigma$  (рис. 6.13).

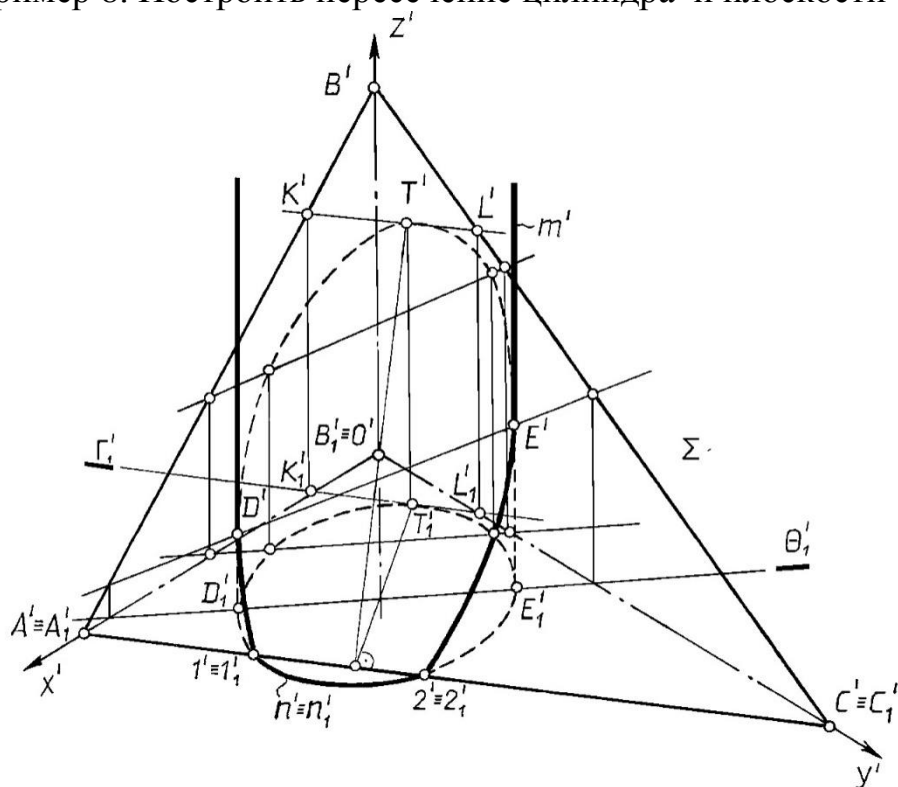


Рис. 6.13

Пример 9. Построить пересечение призмы и цилиндра (рис. 6.14).

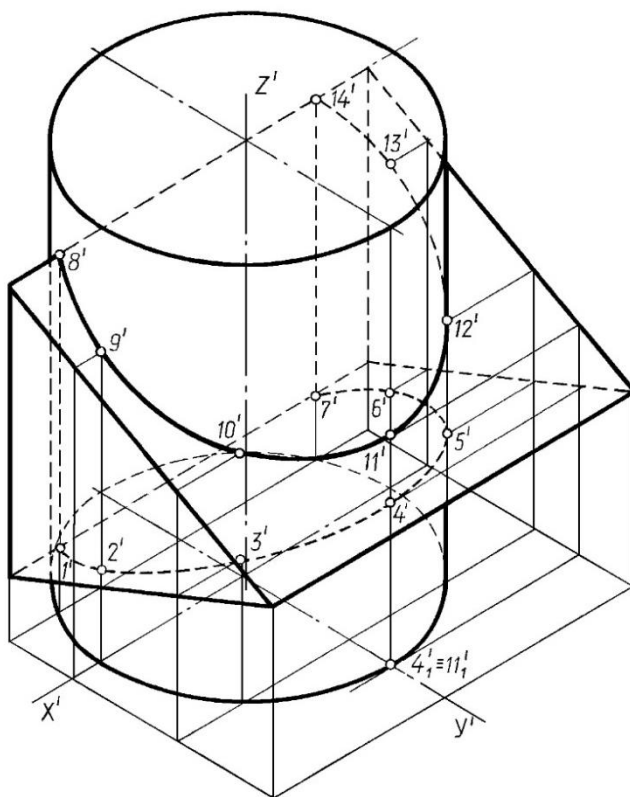


Рис. 6.14

## Лекция 7. ПЕРСПЕКТИВА

### 7.1. Центральное проектирование

Чтобы получить центральную проекцию геометрической фигуры на плоскости проекций  $K$  (рис. 7.1), необходимо:

через точки фигуры провести проецирующие лучи так, чтобы они проходили через центр проекции – точку  $S$ ;

определить точки пересечения проецирующих лучей с плоскостью проекций  $K$ .

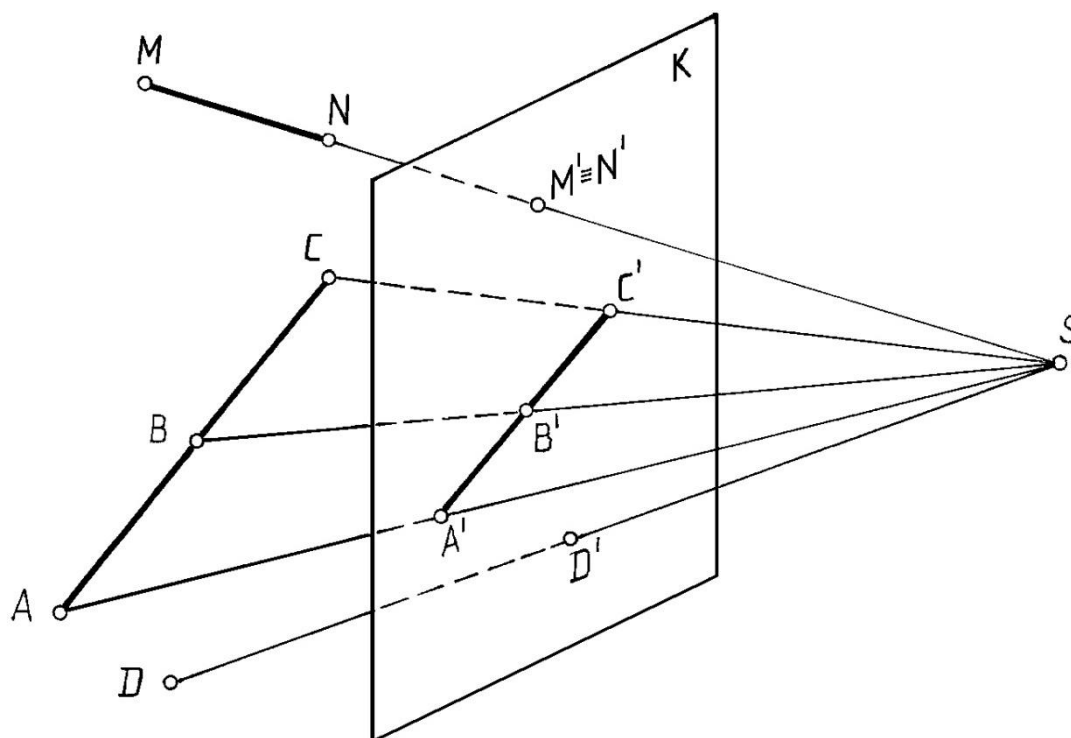


Рис. 7.1

Свойства центрального проецирования (см. рис. 7.1):

Проекция точки есть точка.

Проекция прямой есть прямая или точка.

Если точка принадлежит прямой, то проекция точки принадлежит проекции прямой.

**Перспективой** называется изображение, построенное способом центрального проецирования при определенным образом заданном центре проекций  $S$  и плоскости проекций  $K$  (картине), отвечающее условиям зрительного восприятия. Достоинство перспективы – наглядность; недостатки – проецирование на одну плоскость проекций (получение обратимого чертежа).

Перспектива, построенная на плоскости, называется **линейной**, на цилиндрической поверхности – **панорамной**, на сферической поверхности – **купольной**.

### *Аппарат линейной перспективы*

В архитектуре и строительстве находит применение линейная перспектива.

Аппарат линейной перспективы изображен на рис. 7. 2.

$\Pi_1$  – горизонтальная плоскость, на которой располагается объект проецирования, называется **предметной плоскостью**.

$K$  – плоскость, перпендикулярная предметной плоскости, на которую осуществляется перспективное изображение, называется **картинной плоскостью** или **картиной**,  $K \perp \Pi_1$ .

$S$  – центр проецирования, т. е. точка, в которой располагается глаз наблюдателя, называется **точкой зрения**.

$N$  – плоскость, проходящая через точку зрения параллельно картине, называется **нейтральной плоскостью**,  $N \parallel K$ .

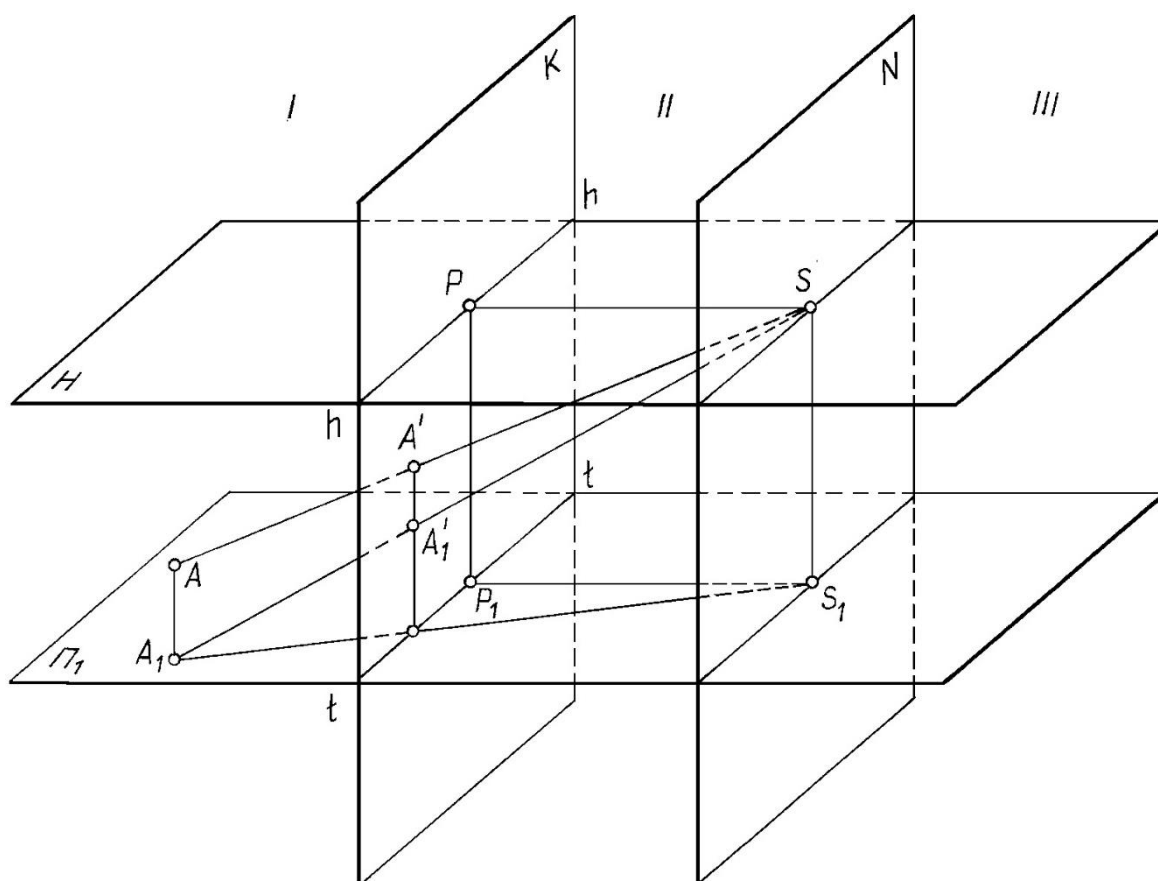


Рис. 7.2.

Картинная и нейтральная плоскости делят всё пространство на три части:

**предметное** пространство I (которое от наблюдателя находится за картиной и в котором располагается проецируемый объект (предмет));

**промежуточное** пространство II (заклочённое между картиной и нейтральной плоскостью);

**мнимое** пространство III (расположенное по другую сторону от нейтральной плоскости).

$H$  – горизонтальная плоскость, проходящая через точку зрения, называется **плоскостью горизонта**,  $H // \Pi_1$ .

$hh = H \cap K$  – линия горизонта.

$tt = \Pi_1 \cap K$  – основание картины (линия Земли).

$hh \perp tt$ .

$SP$  – перпендикуляр, опущенный из точки зрения  $S$  на картинную плоскость  $K$ , называется **главным лучом** ( $SP \perp K$ ).

$P = SP \cap K$  – главная точка картины;

$PP_1$  – главная линия картины,  $PP_1 \perp tt$  и  $PP_1 \perp hh$ .

Ортогональные проекции точек на предметную плоскость  $\Pi_1$ , называется **основаниями** этих точек:

$A_1$  – основание точки  $A$ , расположенной в предметном пространстве;

$P_1$  – основание главной точки картины,

$S_1$  – основание точки зрения или **точка стояния**.

$SS_1$  – расстояние от точки зрения до предметной плоскости, называется **высотой точки зрения** (высотой горизонта)  $/SS_1/ = /PP_1/$ .

$PS$  – расстояние от точки зрения до картины, называется **главным** расстоянием или **дистанционным** расстоянием.

$A' = AS \cap K$  – перспектива точки  $A$ .

$A_1' = A_1S \cap K$  – перспектива основания или **вторичная** проекция точки  $A$ .

Одним из требований, предъявляемых к чертежу, является его **обратимость**. Для получения **обратимого чертежа** при проецировании на одну плоскость проекций необходима **вторичная проекция**. Таким образом, **перспектива точки и её вторичная проекция** однозначно определяют положение точки в пространстве.  $A'A_1'$  – линия связи между **перспективой точки и её вторичной проекцией**.  $A'A_1' \perp hh$ ;  $A_1'A' // PP_1$ .

Построение перспективного изображения (рис.16.3) начинают с задания основных элементов перспективного аппарата, принадлежащих картине. Вначале задают горизонтально расположенные линии земли  $tt$ , и горизонта  $hh$  расстояние между которыми равно высоте точки зрения  $SS_1$ . В произвольном месте (обычно по центру) задают главную линию картины, проводя  $PP_1$  перпендикулярно линии горизонта.

Иногда на перспективном изображении показывают дистанционную окружность. Это окружность с центром в точке  $P$  радиусом  $PD = PS$ . Точка  $D$  называется **дистанционной**.

По положению **вторичной проекции** точки (перспективы основания точки) относительно линий  $hh$  и  $tt$  можно судить о положении точки в

пространстве, что видно из схемы перспективного аппарата, изображённой на рис. 7.2, 7.3, 7.4.

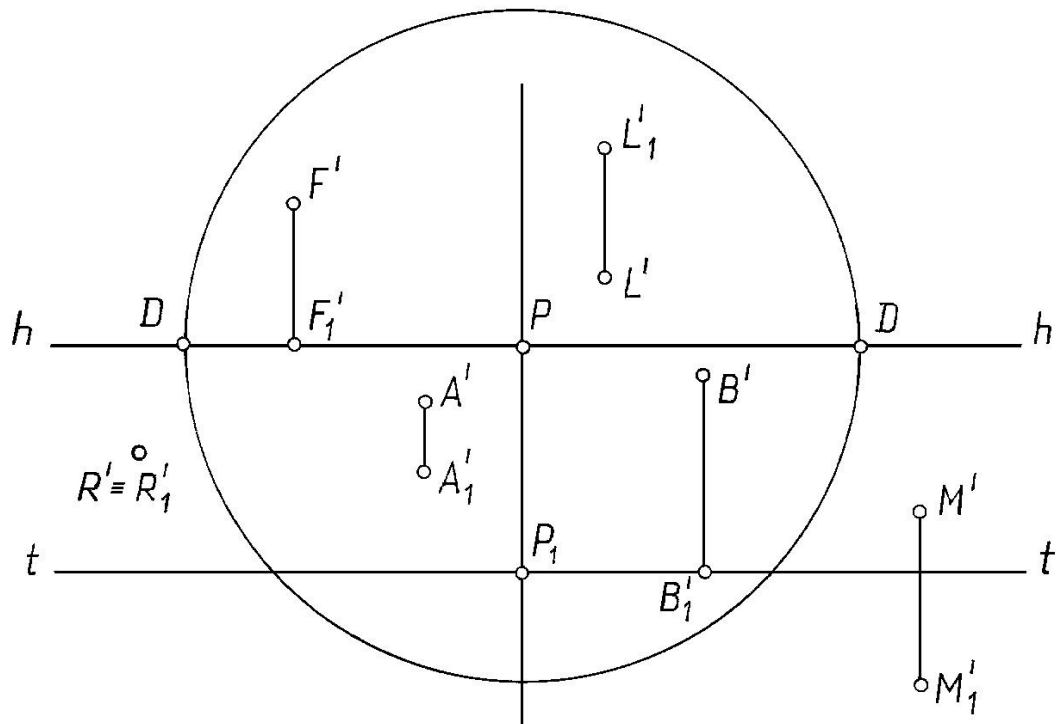


Рис.7.3

Если  $A_1'$  находится между линиями  $hh$  и  $tt$ , то точка  $A$  находится в предметном пространстве.

Если  $M_1'$  расположена ниже  $tt$ , то точка  $M$  находится в промежуточном пространстве.

Если  $L_1'$  расположена выше линии  $hh$ , то точка  $L$  находится в мнимом пространстве.

Если  $B_1'$  расположена на линии  $tt$ , то точка  $B$  принадлежит картине.

Если  $R' \equiv R_1'$ , то точка  $R$  лежит на плоскости  $\Pi_1$ .

Если  $F_1'$  расположена на линии  $hh$ , то точка  $F$  находится в бесконечности, однако показать на чертеже это невозможно.





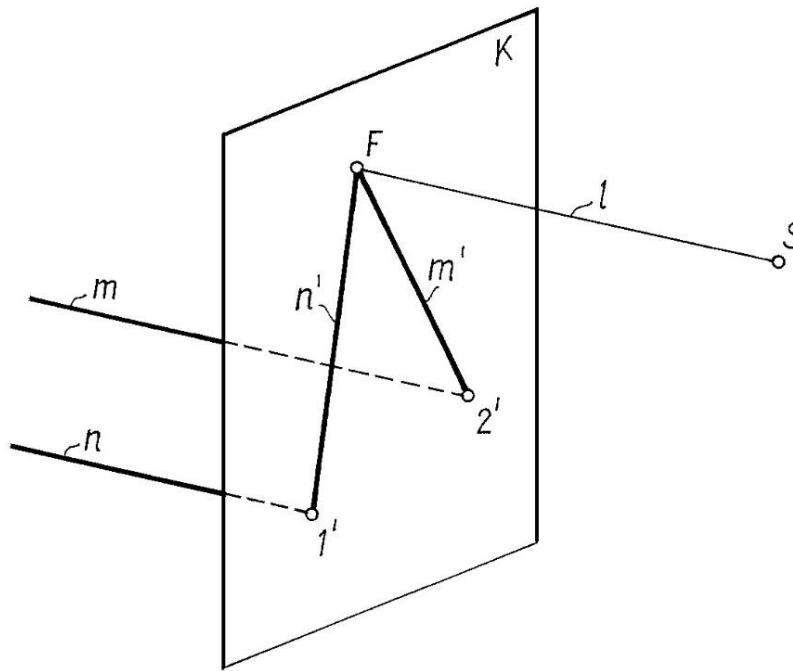


Рис. 7.5

**Построение перспективы прямой принадлежащей предметной плоскости**

Чтобы построить перспективу прямой по ее ортогональным проекциям, надо найти точку схода и картинный след на ортогональном чертеже, а затем перенести их на перспективное изображение. При необходимости задается дистанционная точка  $D$ .

Пример 1. Построить перспективу прямой  $l$ , принадлежащей предметной плоскости (рис. 7. 6)

Решение:

1. На перспективном изображении задаем горизонтальные прямые  $tt$  и  $hh$ , расстояние между которыми равно высоте точки зрения  $Z_s$ . В произвольном месте (обычно по центру) задаем главную линию  $PP_1$ .

Определяем на ортогональном чертеже картинный след (точку  $I$ ) и строим ее в перспективе на  $tt$ , отложив  $P_1I' = P_1I_1$ .

Определяем точку схода  $F$  на ортогональном чертеже:

$$S_1F_1 // l_1; F_1 = F_1S_1 \cap K_1.$$

Строим перспективу точки схода прямой, отложив на  $hh$   $PF' = P_1F_1$ .

Строим перспективу прямой  $l'$ , соединяя точки  $I'$  и  $F'$ . В данном случае вторичная проекция прямой и ее перспектива совпадают  $l_1' \equiv l'$ .

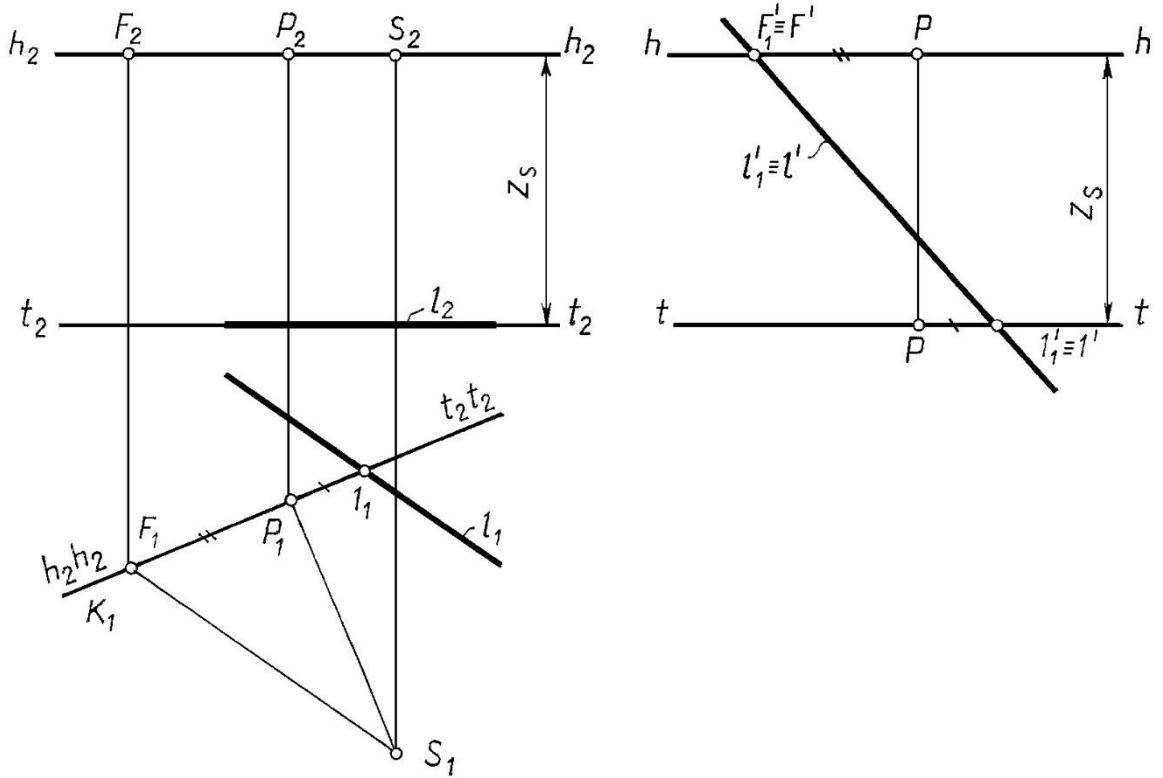


Рис. 7. 6

Пример 2. Построить перспективу прямой  $n$ , принадлежащей предметной плоскости и проходящей через точку стояния  $S_1$  (рис. 7. 7)

Если прямая принадлежит предметной плоскости и проходит через точку стояния  $S_1$ , то перспектива ее параллельна главной линии картины  $PP_1$  (Рис. 7. 7.).

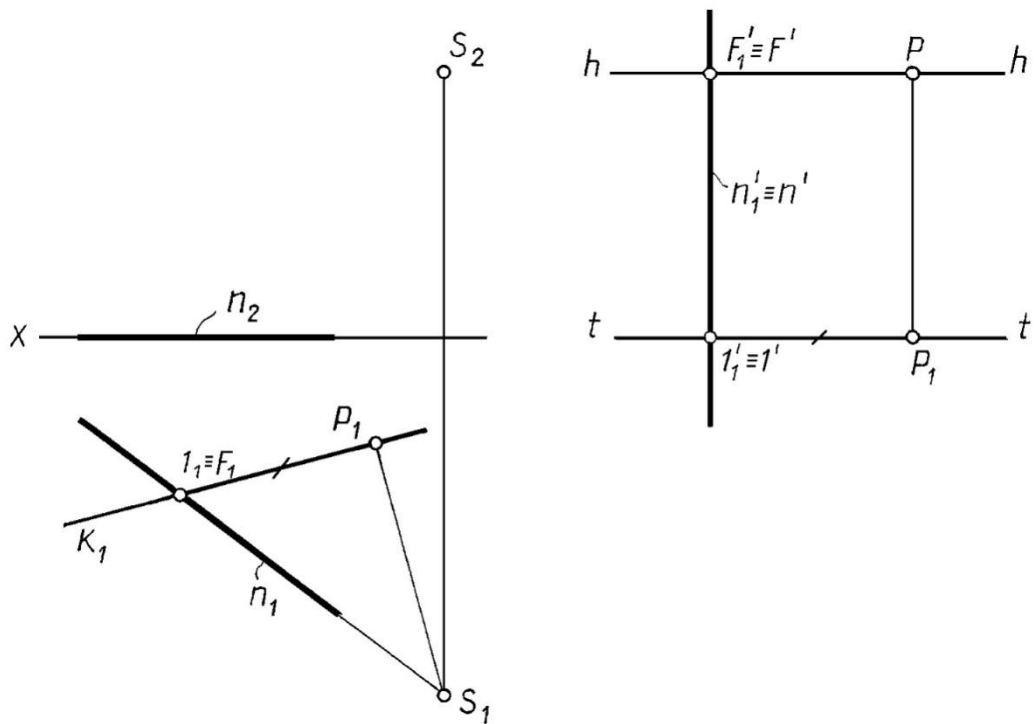


Рис. 7. 7

Пример 3. Построить перспективу прямой  $m$ , принадлежащей предметной плоскости и перпендикулярна картине (рис. 7. 8)

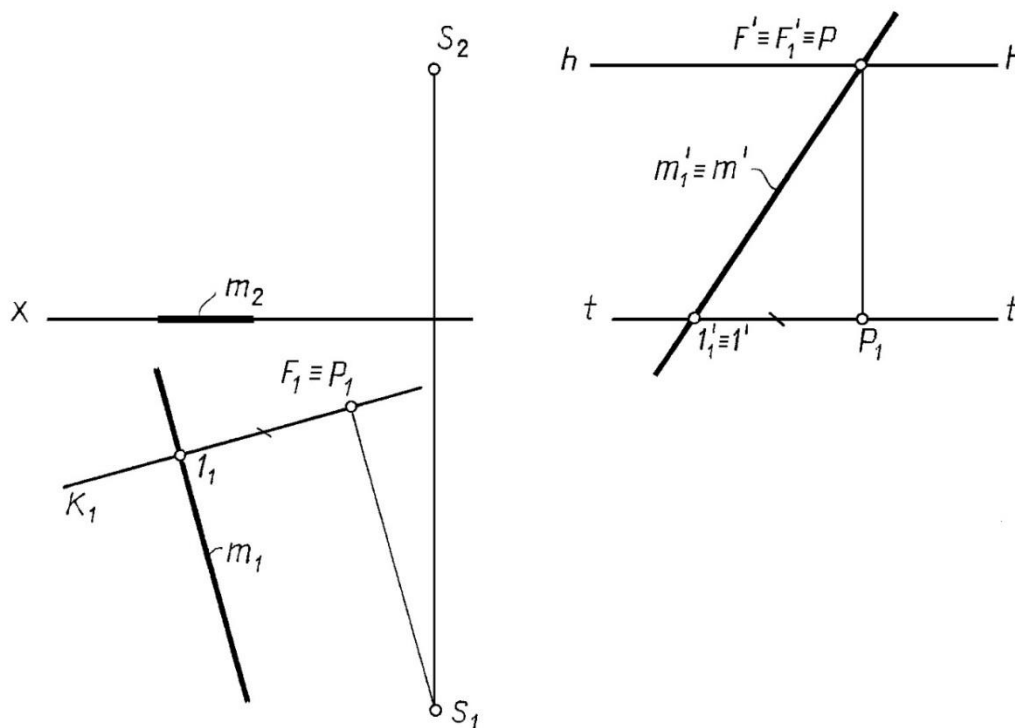


Рис. 7. 8

Если прямая перпендикулярна картине  $m \perp K$ , то точка схода ее совпадает с главной точкой картины  $P$  (рис. 7. 8).

Пример 4. Построить перспективу прямой  $b$ , принадлежащей предметной плоскости и составляет с картиной угол  $45^\circ$  (рис. 7. 9)

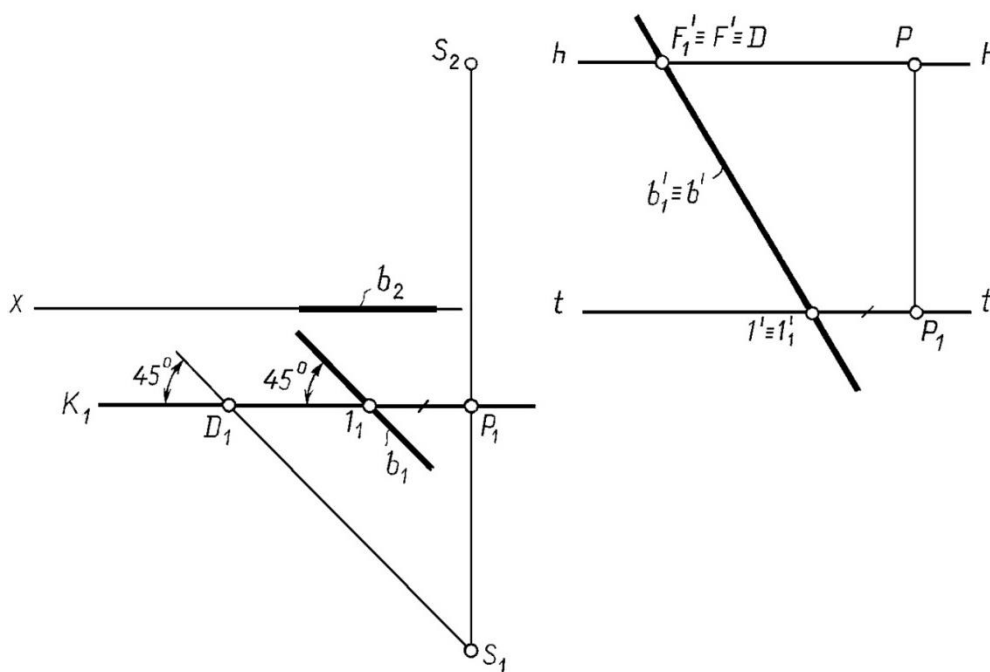


Рис. 7. 9

Если прямая принадлежит предметной плоскости или параллельна предметной плоскости и составляет с картиной угол  $45^\circ$ , то точка схода ее совпадает с дистанционной точкой  $D$ . На рис. 7.9 треугольник  $D_1P_1S_1$  – равнобедренный,  $|S_1P_1|=|D_1P_1|$ , поэтому  $F \equiv D$ .

Перспективу **вертикального отрезка** нельзя построить по картинному следу и точке схода. Для построения вертикальных отрезков можно воспользоваться способом выноса в картину или боковой стенкой, они будут описаны ниже.

### 7.3. Построение перспективы точки принадлежащей предметной плоскости

Пример 5. Построить перспективу точки  $A$ , принадлежащей предметной плоскости (рис. 7. 10).

Решение:

Заметим, что перспектива точки строится как точка пересечения перспектив **двух прямых**, проходящих через эту точку.

На ортогональном чертеже через точку  $A$  проводим прямую  $n \perp K$  и прямую  $l$ , проходящую через точку стояния.

Строим перспективу этих прямых  $n', l'$ .

Отмечаем перспективу точки  $A'$  в пересечении перспектив построенных прямых  $n'u l'$ .

В данном случае вторичная проекция точки и перспектива точки совпадают  $A_1' \equiv A'$ .

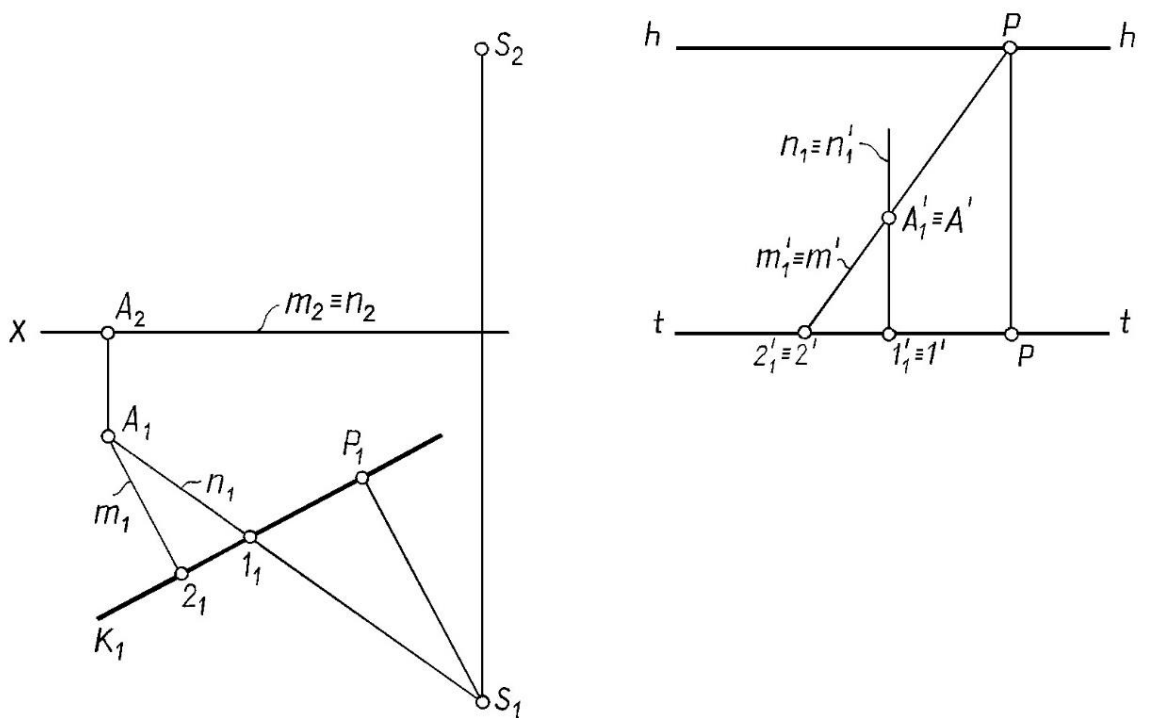


Рис. 7. 10

#### 7.4. Построение перспективы отрезка прямой принадлежащей предметной плоскости

Пример 6. Построить перспективу отрезка  $AB$  (рис. 7. 11).

Решение.

Строим перспективу прямой, которой принадлежит отрезок  $AB$  (по точкам  $2$  и  $F$ ).

Определяем на этой прямой точки  $A$  и  $B$  с помощью вспомогательных прямых ( $SA$  и  $SB$ ), проходящих через точку стояния.

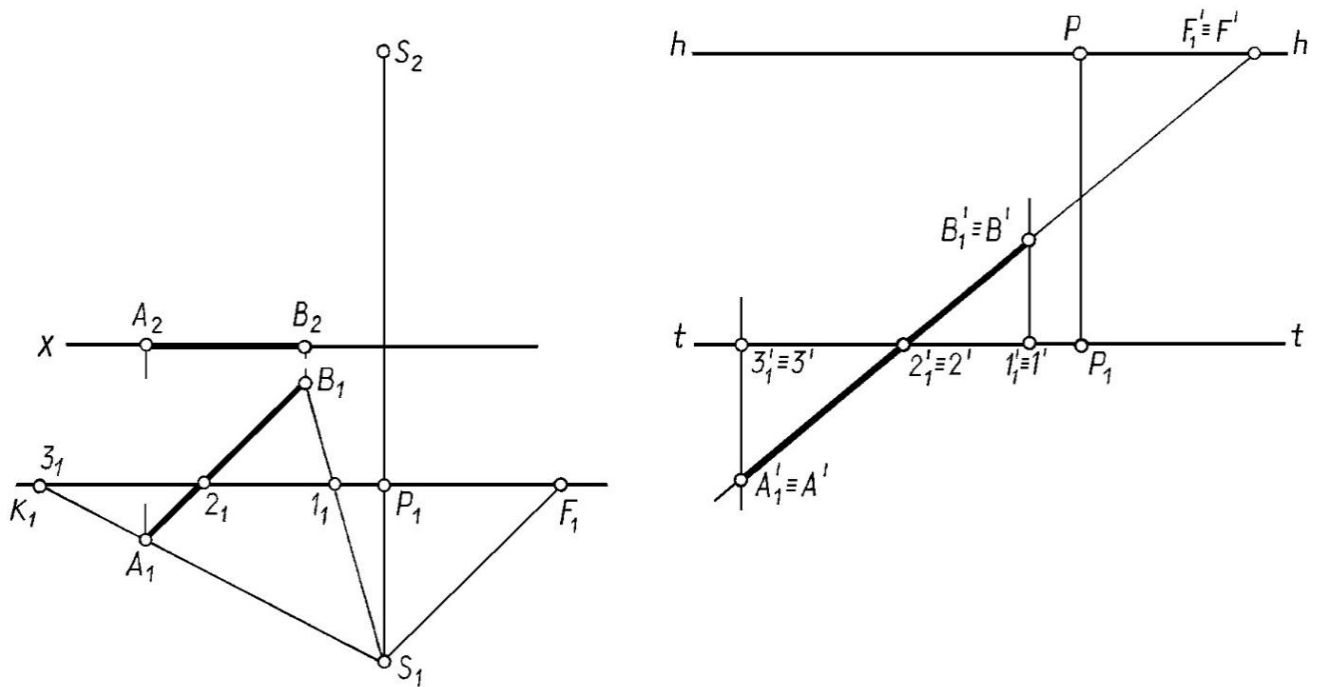


Рис. 7. 11

#### 7.5. Построение перспективы плоской фигуры принадлежащей предметной плоскости

Пример 7. Построить перспективу плоской фигуры, принадлежащей предметной плоскости (рис. 7.12).

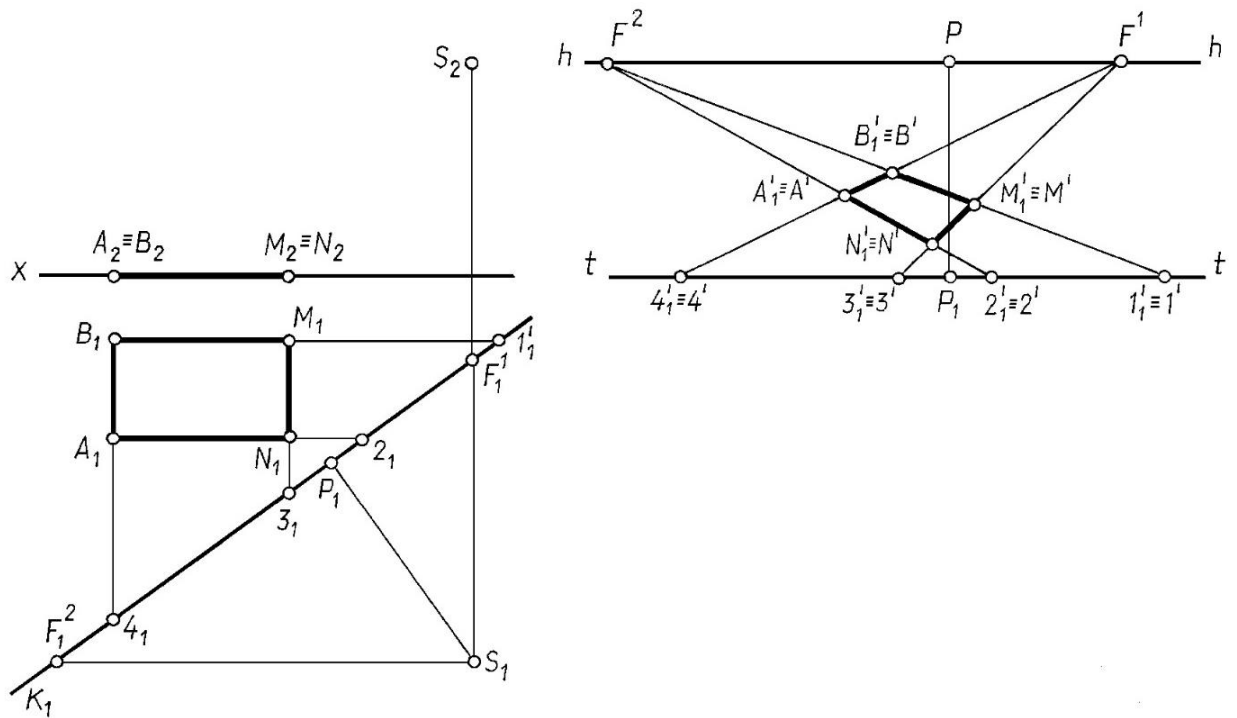


Рис. 7.12

Решение.

Строим перспективу прямых, ограничивающих плоскую фигуру:  $AB$ ,  $NM$  и  $NA$ ,  $MB$  (попарно параллельными с точками схода  $F(I)$  и  $F(II)$ ).

Точки пересечения перспектив этих прямых определяют вершины плоской фигуры  $A', B', M', N'$ . Вторичная проекция и перспектива плоской фигуры совпадают  $A'_1 B'_1 M'_1 N'_1 \equiv A' B' M' N'$ .

Такой способ построения перспективы, используя две точки схода, называется способом архитекторов.

### 7.6. Построение перспективы вертикального отрезка, используя вынос в картину, боковую стенку, радиальный способ

Так как для вертикального отрезка прямой нельзя построить картинный след прямой и точку схода, то в этом случае необходимо воспользоваться другими приемами построения перспективы, а именно: выносом в картину или боковой стенкой.

Пример 8. Построить перспективу вертикального отрезка  $AB$  (рис. 7.13).

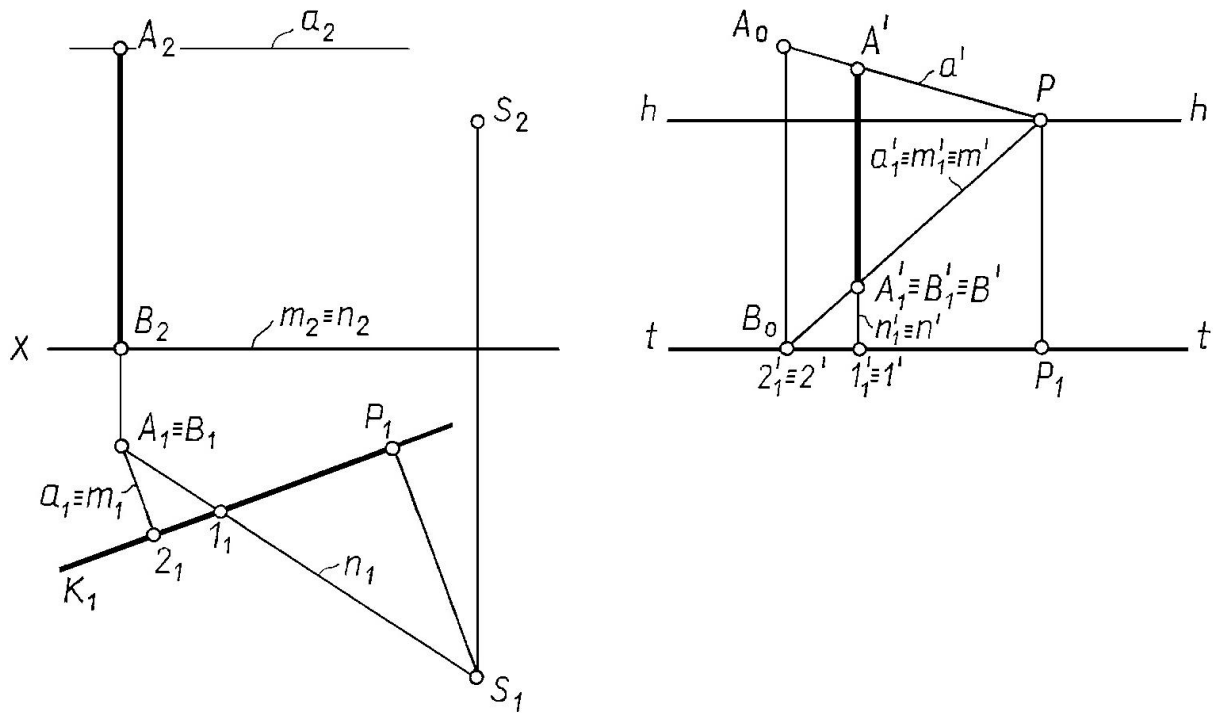


Рис. 7.13

Решение.

Построение перспективы вертикального отрезка основано на том, что натуральную величину такого отрезка можно отложить только в картине ( $A_2B_2 = A_0B_0$  см. рис. 7.13а и рис. 7.13.б), а затем, зная закон изменения величины проекции изображаемого отрезка построить его перспективу  $A'B'$ . При этом по мере удаления вертикального отрезка от картины в предметном пространстве изображение отрезка уменьшается (а в промежуточном пространстве – увеличивается).

Строим перспективу основания отрезка  $AB$  точки  $B$  (рис. 7.13). С ней совпадает вторичная проекция отрезка  $B' \equiv B'_1 \equiv A'_1B'_1$ .

Строим перспективу точки  $A$ . Для этого можно воспользоваться выносом на картину (рис. 7.13.) или боковой вертикальной плоскостью (боковой стенкой), как показано на рис. 7.13.б.

Ту же задачу можно решить с помощью боковой стенки – рис. 7.14

В этом случае картинным и предметным следом задается удобная для выполнения построений вертикальная плоскость – боковая стенка рис. 7.14



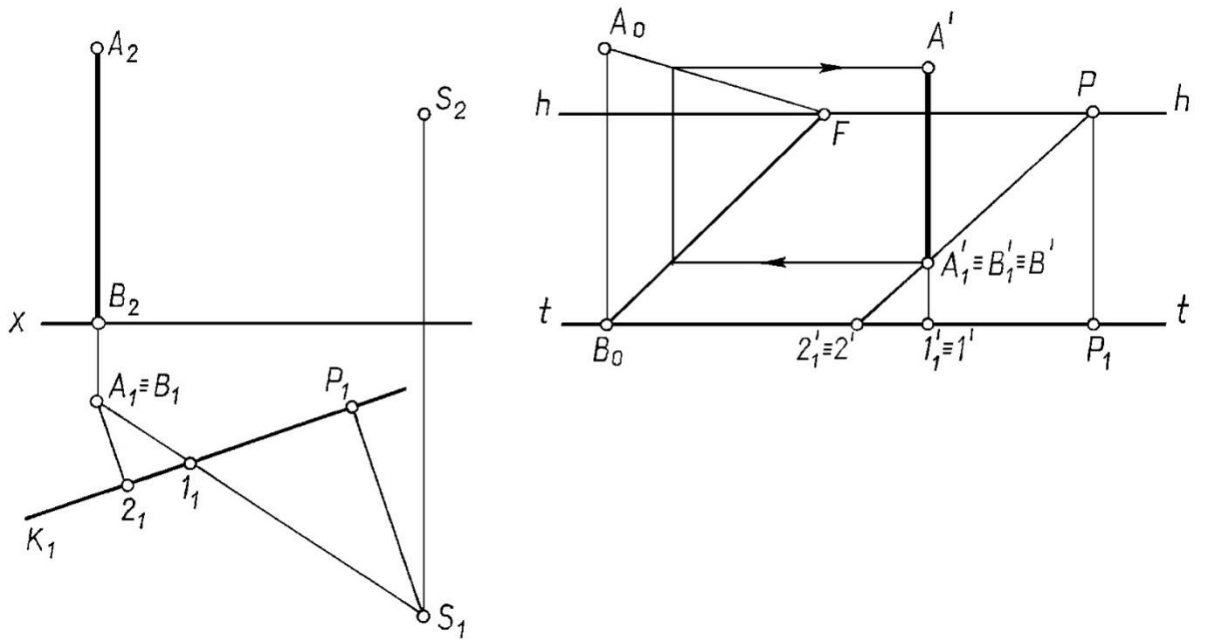


Рис. 7.14

Также эту задачу можно решить радиальным способом рис 7. 15, т.е. найти точки пересечения проецирующих лучей  $SA$  и  $SB$  с картиной  $K$

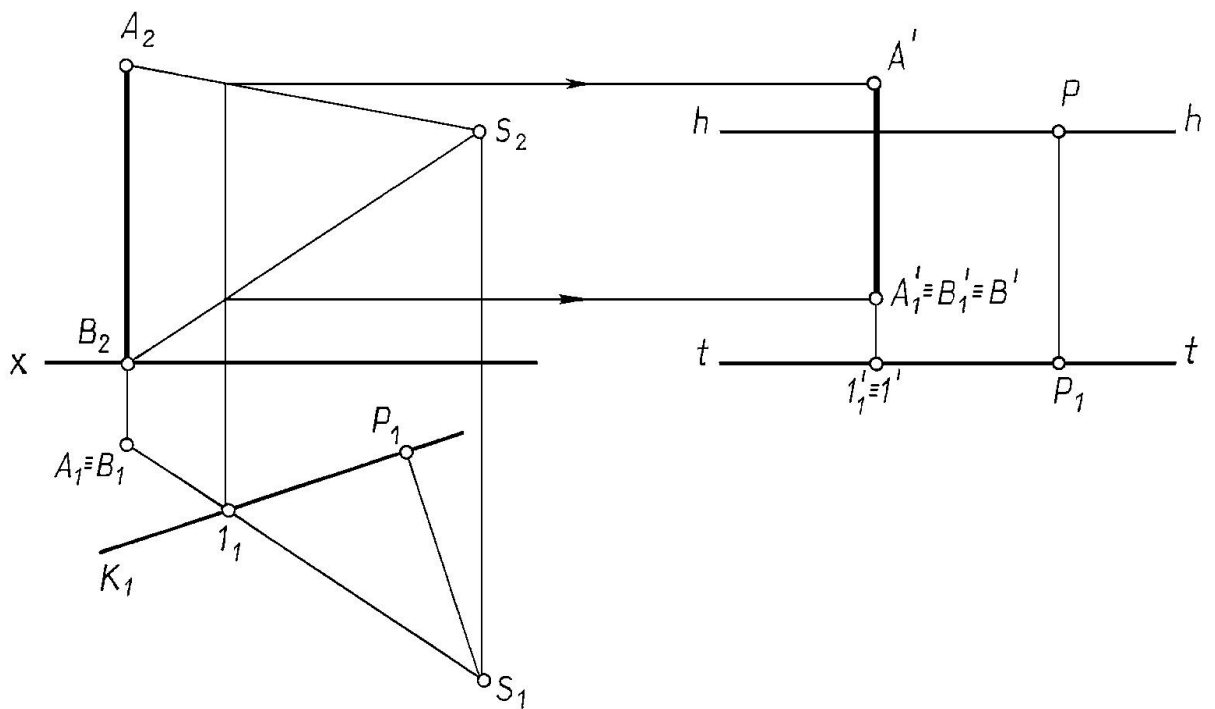


Рис 7. 15

## 7.7. Построение перспективы прямой общего положения

Пример 9. Построить перспективу отрезка  $AB$  прямой общего положения (рис. 7.16)

Решение

Определяем картинный след прямой, которой принадлежит отрезок  $AB$ , точку  $R$  на ортогональном чертеже - и строим ее в перспективе.

Находим точку схода прямой – точку  $F$  на ортогональном чертеже – и строим её в перспективе.

$F'R'$  – перспектива прямой, которой принадлежит отрезок  $AB$ ;

$F_1'R_1'$  – вторичная проекция.

Строим перспективу точки  $A$  и точки  $B$  с помощью вспомогательных прямых  $SA$  и  $SB$ , идущих в точку стояния  $S_1$ . Отредактировать чертеж

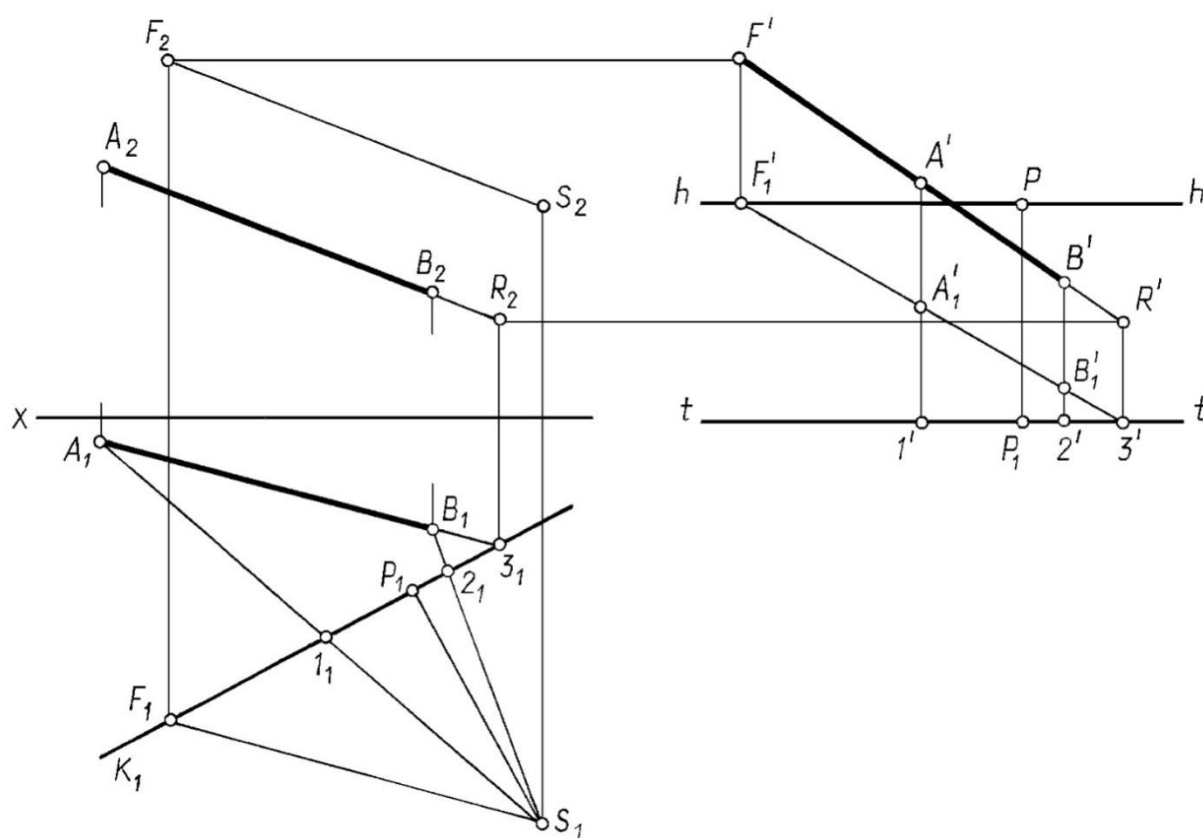


Рис. 7.16

## 7.8. Способы построения перспективы

При построении перспективы используют следующие способы:

- **радиальный** или способ следа луча, который сводится к определению точек пересечения лучей с картинной плоскостью;
- **архитекторов**, основанный на использовании точек схода параллельных прямых двух и более семейств (рис. 7.17);
- **масштабов**, основанный на закономерностях искажения отрезков в направлении осей  $X, Y, Z$  (масштабы широт, глубин, высот) и др.

## Метод архитекторов

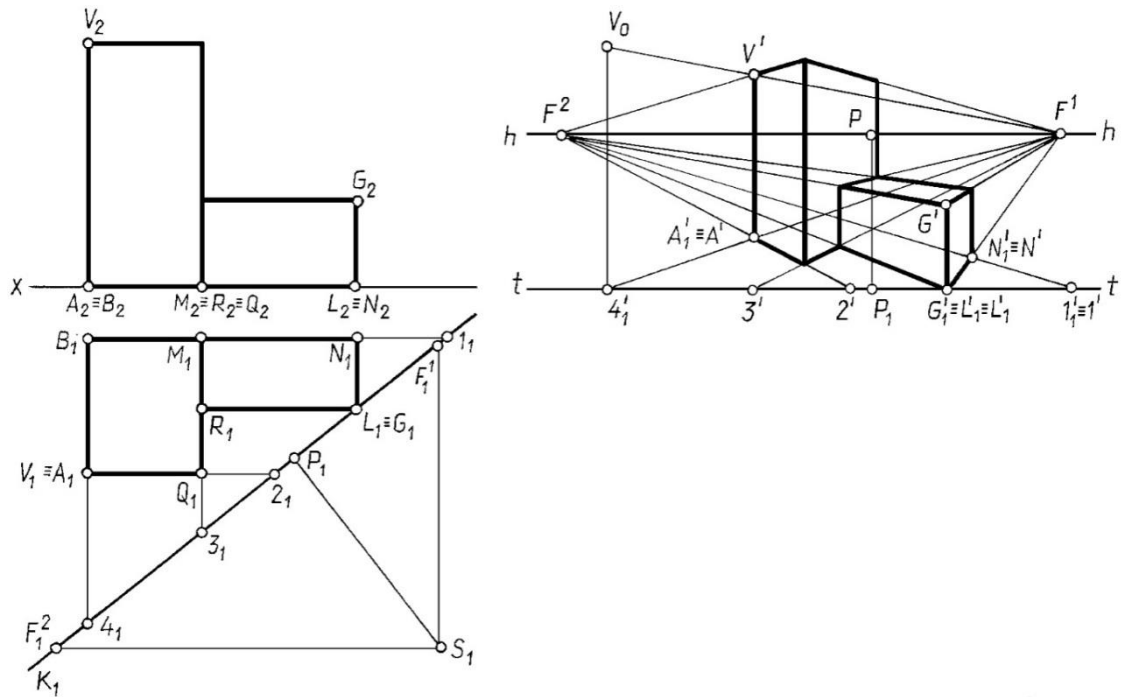


Рис. 7.17.

### 7.9. Выбор точки зрения

Выбор точки зрения включает три основных элемента, тесно связанных между собой и устанавливаемых совместно:

- а) величина угла зрения  $\varphi$ ;
- б) расстояние точки зрения от объекта как положение главного луча  $S$ ;
- в) положение линии горизонта  $hh$ .

Выберем точку зрения на конкретном примере (рис. 7.18), учитывая следующие рекомендации:

Картина задаётся так, чтобы она проходила хотя бы через одно вертикальное ребро.

Угол наклона картины к тому фасаду  $\alpha$ , который должен быть больше отражён в перспективе, равен  $20^\circ \dots 30^\circ$ .

Желательно, чтобы главный луч совпадал с биссектрисой угла зрения – угла, заключённого между крайними точками объекта.

Угол зрения  $\varphi$  допускается в пределах  $18^\circ \dots 53^\circ$ . Оптимальная величина  $\varphi = 28^\circ$ .

Вид перспективного изображения зависит и от высоты точки зрения, т. е. высоты горизонта.

Перспектива, полученная с точки зрения, расположенной на высоте человеческого роста (около двух метров), называется перспективой с нормального горизонта.

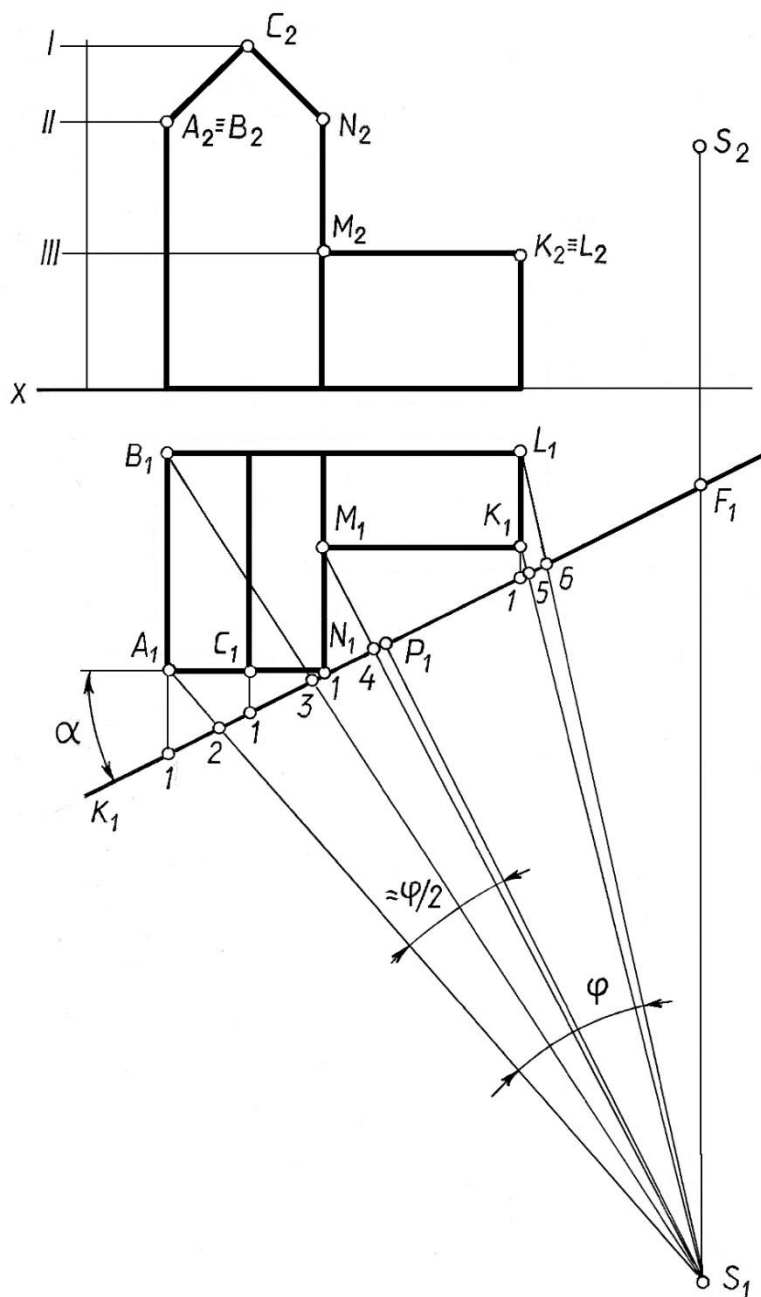


Рис. 7.18

Иногда точку зрения располагают выше изображаемого объекта, на высоте 100м и выше, тогда перспективу называют перспективой с птичьего полёта.

Перспективой с нулевого горизонта называется перспектива при расположении точки зрения на предметной плоскости.

Если высота горизонта мала или равна нулю (рис. 7.19.) для построения перспективы применяют так называемый “опущенный план”.

При этом вторичная проекция объекта (план) строится не на предметной плоскости, а на некоторой горизонтальной плоскости

$t_0t_0$ , смещённой от предметной плоскости на произвольное расстояние. В связи с этим на перспективном изображении появляется новая линия  $t_0t_0$ -линия опущенного плана.

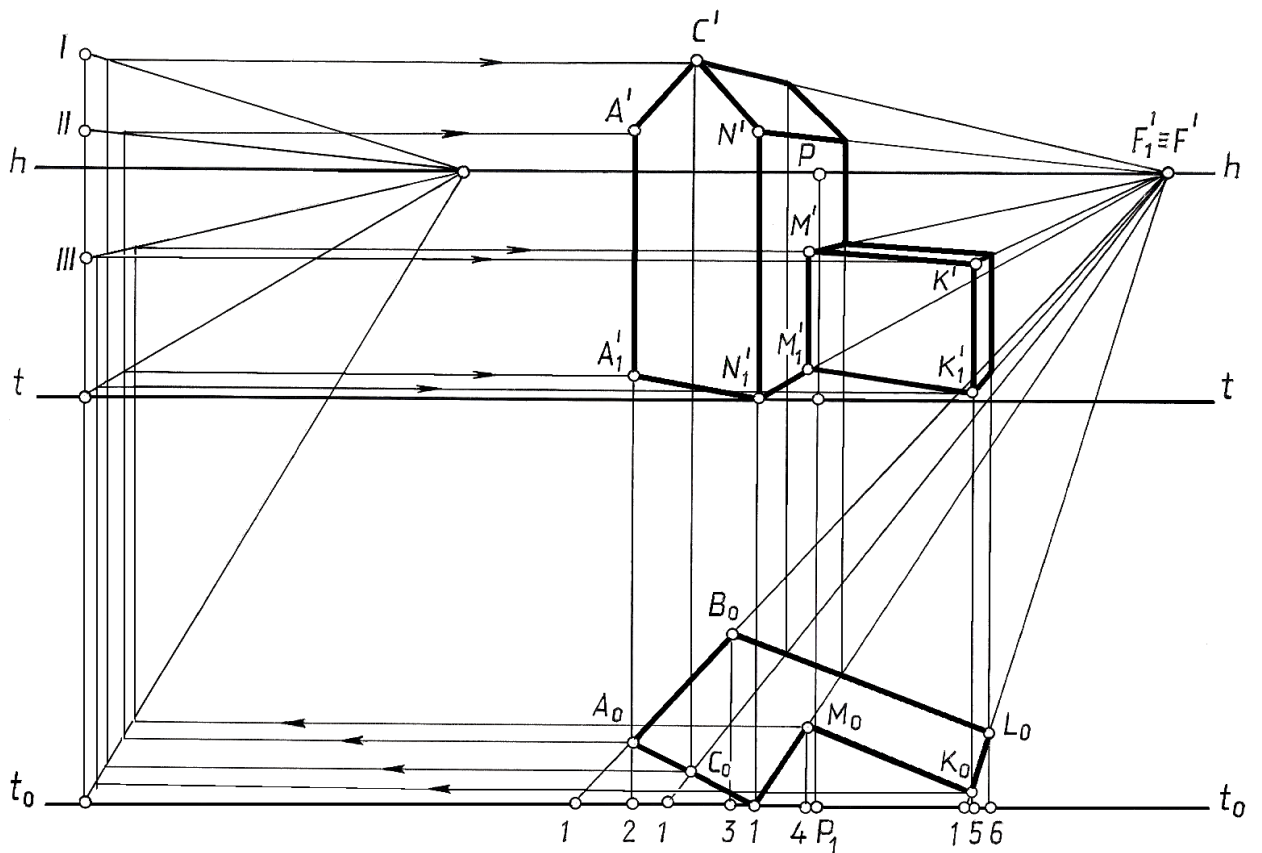


Рис. 7.19

Переход от опущенного плана к построению перспективы объёма выполняется с помощью боковой стенки (натуральные величины высоты I, II и III уровней откладывают в картине, а затем перемещают в исходное положение; на рис. 7.19. построения показаны стрелками).

## Раздел 2. Проекционное черчение

### Лекция 8. ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ГОСТ ЕСКД И ИХ ОФОРМЛЕНИЯ

#### 8.1. Изображения

Изображения предметов на чертежах выполняются по методу прямоугольного (ортогонального) проецирования, при этом предмет предполагается располагать между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. Правила изображения предметов на чертежах устанавливает ГОСТ 2.305-2008.

Изображения на чертежах в зависимости от их содержания делятся на виды, разрезы и сечения.

##### 8.1.1. Виды

Вид - изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Допускается на видах показывать *необходимые* невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий. Следовательно, вид является проекцией предмета на соответствующей плоскости проекций (например, главный вид - фронтальная проекция и т.д.). Основными видами называют виды, получаемые проецированием на шесть основных плоскостей проекций.

За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба (рис. 8.1).

Название видов, совмещение граней с плоскостью показано на рис.8.2.

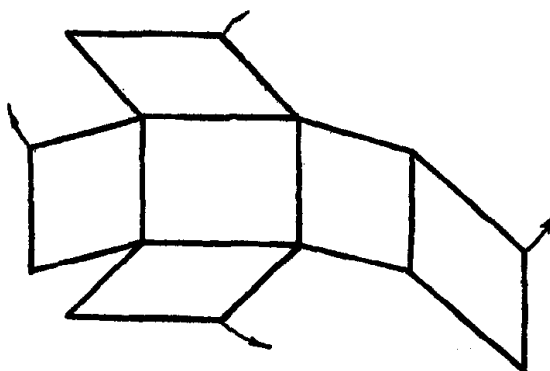


Рис. 8.1.

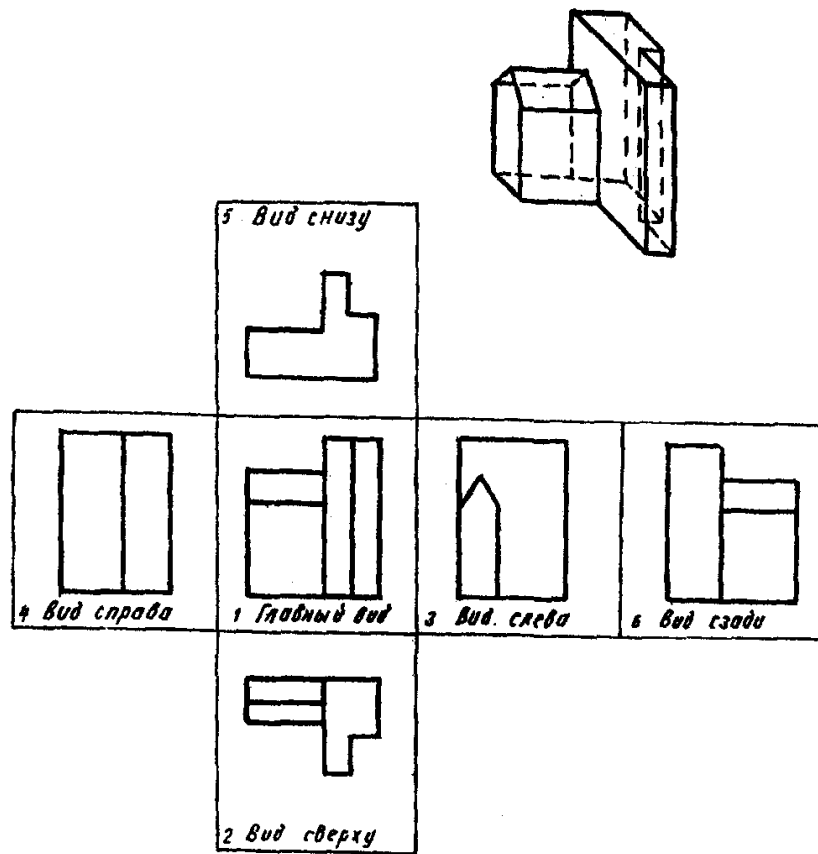


Рис.8.2.

При расположении видов в проекционной связи (см. рис. 8.3.) не следует надписывать их название.

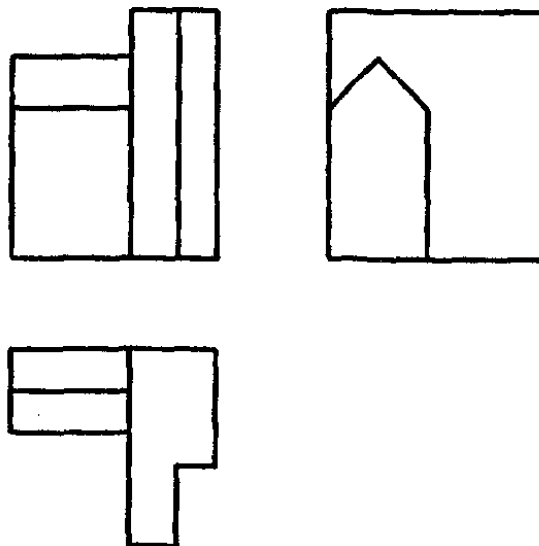


Рис. 8.3.

### 8.1.2. Разрезы

*Разрез* - изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 8.4, 8.5),

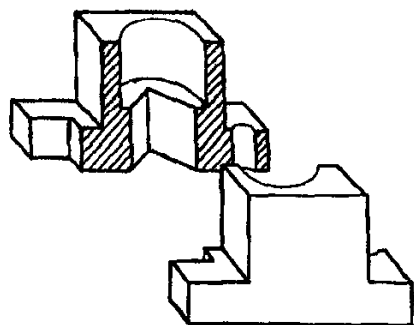


Рис.8.4.

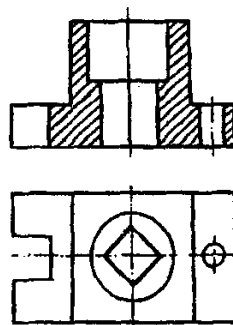
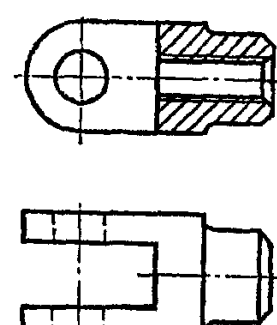


Рис. 8.5.



Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (рис. 8.6.).

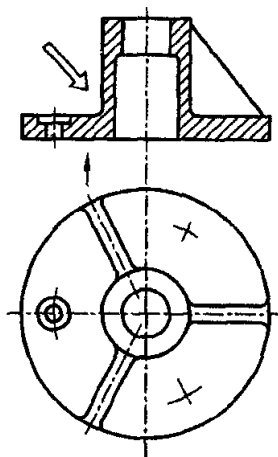


Рис. 8.6.

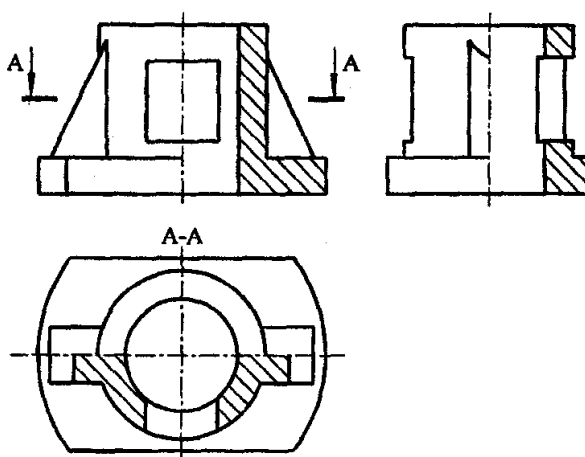


Рис. 8.7.

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы делятся на:

*горизонтальные* - секущая плоскость параллельная горизонтальной плоскости проекций (например, разрез А-А на рис. 8.7.);

*вертикальные* - секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекции. Вертикальный разрез называют также *фронтальным*, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (рис. 8.4., 8.5, 8.6), и *профильным*, если секущая плоскость параллельна



профильной плоскости проекций (например, разрез Б-Б, рис. 58, 61). Горизонтальные, фронтальные и профильные разрезы могут быть расположены на месте соответствующих основных видов (рис. 8.7.);

*наклонные* - секущая плоскость расположена наклонно к горизонтальной плоскости проекций (рис.8.8.).

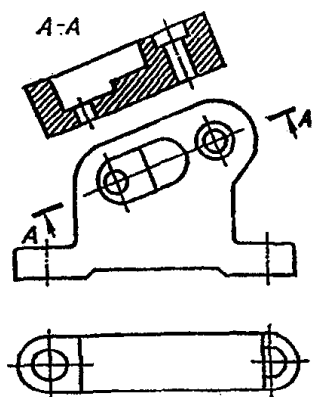


Рис.8.8.

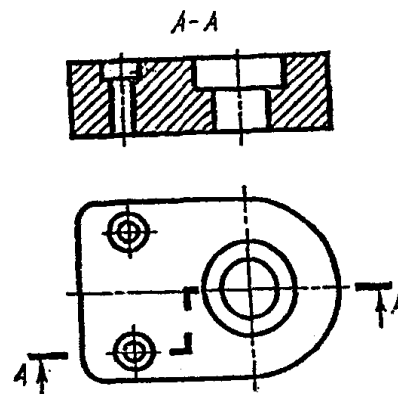


Рис.8.9.

Разрез, выполненный одной секущей плоскостью, называется *простым*, двумя и более секущими плоскостями - *сложными*.

Сложные разрезы, выполненные параллельными секущими плоскостями, называют *ступенчатыми* (рис. 8.9.), выполненные пересекающимися плоскостями (их линия сечения является ломаной линией) - *ломаными* (рис. 8.10.).

При построении ступенчатого разреза секущие плоскости совмещают в одну плоскость, параллельную плоскости изображения. На рис. 8.9. приведен пример выполнения фронтального ступенчатого разреза. Разрез осуществлен **двумя** секущими фронтальными плоскостями. Положение секущих плоскостей указывается штрихами линии сечения со стрелками, отмеченными одной и той же буквой. Эти штрихи принимаются за начальный и конечный штрихи линии сечения. Помимо них линия сечения имеет перегибы, показывающие места перехода от одной секущей плоскости к другой. Перегибы линии выполняются штрихами разомкнутой линии. Наличие перегибов в линии сечения не отражается на графическом оформлении сложного разреза: он оформляется как простой разрез.

Над разрезом наносится надпись, указывающая обозначение плоскостей.

В случае ломаных разрезов секущие плоскости способом вращения совмещаются в одну плоскость, параллельную плоскости изображения. Если совмещенные секущие плоскости окажутся параллельными одной из основных плоскостей проекций, ломаный разрез помещают на месте соответствующего вида.

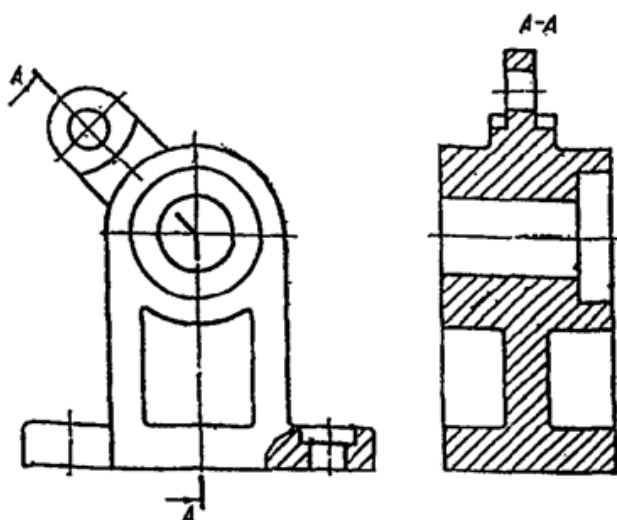


Рис. 8.10.

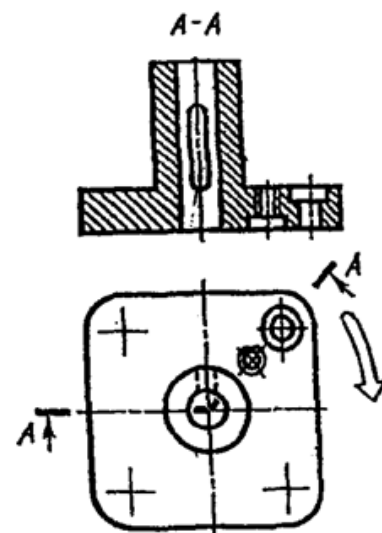


Рис.8.11.

На рис. 8.10. изображен ломаный разрез, образованный двумя пересекающимися плоскостями: профильной и фронтально-проецирующей. Для построения разреза фронтально-проецирующую секущую плоскость вместе с расположенным в ней сечением поворачивают до совмещения с профильной плоскостью.

На изображениях, расположенных на местах основных видов, целесообразно, для уменьшения количества изображений, соединять часть вида и часть соответствующего разреза, разделяя их сплошной волнистой линией. Если при этой соединяется половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии (рис. 8.7.) за исключением случаев, когда на ось симметрии проецируется линия контура (рис. 8.13., 8.14.).

При этом, как правило, разрезы располагают *справа* от *вертикальной* или *снизу* от *горизонтальной* оси симметрии. В случае, когда на ось симметрии изображения проецируется линия видимого контура, то разделяющей линией должна быть сплошная волнистая или сплошная тонкая с изломом. На рис.36, разделяющая линия вида и разреза проведена справа от оси, чтобы видимым было ребро четырехгранной призмы, а на рис. 31 – слева от оси, чтобы видимым было ребро четырехгранного призматического отверстия.

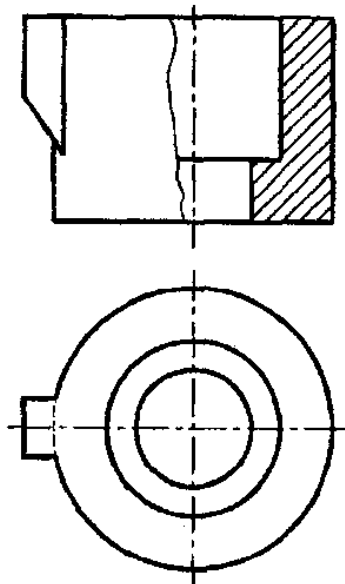


Рис. 8.12.

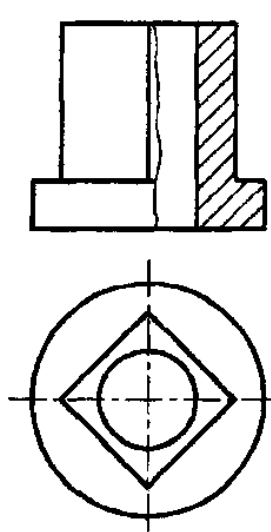


Рис.8.13.

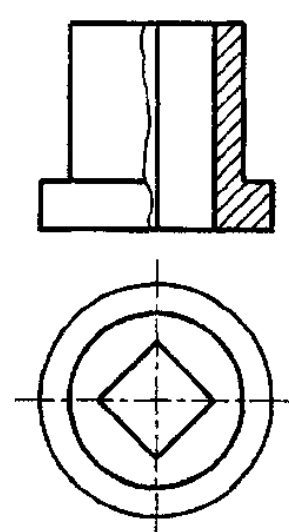


Рис.8.14.

На половине вида не следует оставлять штриховых линий-проекции внутренних очертаний предмета (они изображены на разрезе), а на половине разреза не следует повторять штриховыми линиями изображения наружных очертаний предмета, так как они показаны на половине вида.

Обозначение разреза содержит указание положения секущей плоскости *линией сечения* (штрихами разомкнутой линии), указание направления взгляда (стрелками на начальном и конечном штрихах) и обозначение секущей плоскости, и разреза одной и той же прописной буквой русского алфавита, начиная с А, без пропусков и повторений. Начальный и конечные штрихи не должны пересекать контур изображения. Стрелки, указывающие направление взгляда должны наноситься на расстоянии 2...3 мм от конца штриха.

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать приведенным на рис.8.15. Около одной стрелки, со стороны выступающего на них на 2...3 мм внешнего конца штриха линии сечения, наносится одна и та же прописная буква.

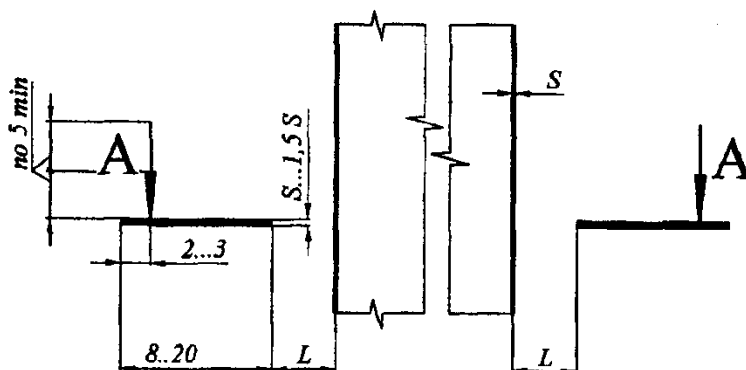


Рис.8.15

Разрез должен быть отмечен надписью по типу «А - А» (всегда двумя буквами через тире), которая при этом не подчеркивается. Размер шрифта — в 1,5...2 раза больший, чем принятый для цифр размерных чисел. Рекомендуемая высота букв - 7 мм.

Для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов не указывают положение секущей плоскости, направление проецирования и не наносят буквенные обозначения, если секущая плоскость *совпадает с плоскостью симметрии* предмета в целом, а разрез расположен в непосредственной проекционной связи с видом и они не разделены какими либо другими изображениями (рис. 8.15.). При выполнении разрезов такие элементы, как тонкие стенки, ребра жесткости и т.п. показывают разрезанными, но не заштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (рис. 8.6, 8.7, 8.16). Эти элементы отделяются от остальной части разреза сплошной основной линией. Если подобные элементы пересекаются секущей плоскостью поперек длинной стороны, то обязательно заштриховываются (рис. 28, разрез А-А).

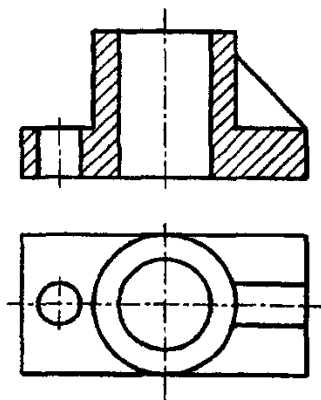


Рис. 8.16.

## 8.2. Графическое обозначение материалов в сечениях

Общее графическое обозначение материалов в сечениях независимо от вида материалов согласно ГОСТ 2.306-68 ЕСКД (показано на рис. 8.17.). Графическое обозначение материалов в сечении, выполняемых прямыми линиями, называют *штриховкой*, а сами линии - линиями штриховки. Для нанесения линий штриховки применяют *сплошные тонкие* линии.

Наклонные параллельные линии штриховки наносят *под углом 45°* к линиям рамки чертежа; их наклон может выполняться влево или вправо, но *всегда в одну и ту же сторону* на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали.

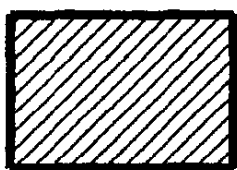


Рис. 8.17.

Расстояние между параллельными линиями штриховки (частота) тоже должно быть одинаковым и выбирается от 1 до 10 мм, в зависимости от площади сечения (для учебных чертежей рекомендуется - 3..4 мм).

Графические обозначения материалов в сечениях в зависимости от вида материалов [приведены в таблице 4 параграфа 9.8.4 раздела 9.](#)

### 8.3. Нанесение размеров

О величине изображаемого на чертеже предмета и его элементов независимо от масштаба изображения судят по размерным числам, нанесенным на чертеже. Правила нанесения размеров на чертежах установлены ГОСТ 2.307-2011.

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

Для нанесения на чертеже размеров проводят выносные и размерные линии и указывают размерные числа. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные - перпендикулярно размерным.

Размерные линии с обоих концов ограничивают стрелками (длиной 5 мм). Величины элементов стрелок размерных линий выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура и вычерчивают их одинаковыми на всем чертеже (см. Рис 8.18.).

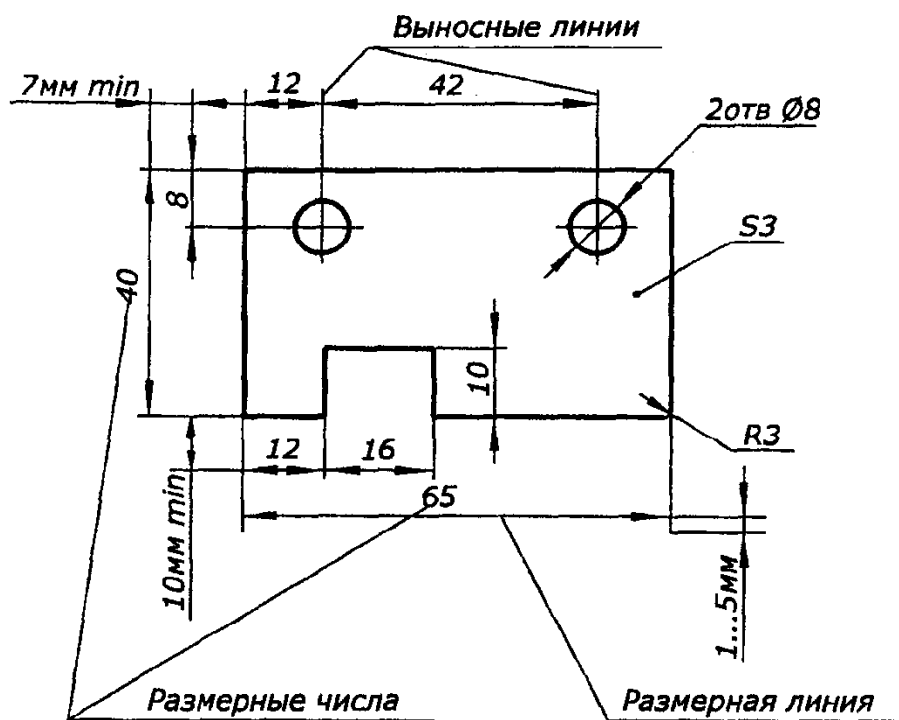


Рис.8.18

Размерную линию проводят с обрывом, если вид или разрез симметричного предмета изображают только до оси симметрии или с обрывом. Обрыв размерной линии делают дальше оси симметрии или обрыва предмета. При указании размера диаметра окружности независимо от того, изображена ли окружность полностью или частично, размерные линии допускается проводить с обрывом, причем обрыв размерной линии делают дальше центра окружности.

Размерные числа наносят над размерной линией возможно ближе к ее середине, а при нанесении размера диаметра внутри окружности размерные числа смещают относительно размерных линий.

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом  $45^\circ$  к размерным линиям, или четко наносимыми точками.

Размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1... 5 мм.

Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями - 7 мм, а между размерной и линией контура - 10 мм. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию), рекомендуется группировать в одном месте, располагая их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 43).

Чертеж детали должен содержать следующие размеры:

- а) габаритные размеры;
- б) размеры формы всех элементов детали;
- в) размеры положения всех элементов детали.

При выполнении чертежей изделий необходимо руководствоваться следующими правилами:

не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях;

размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный;

3) не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных осевых или центровых линий. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают;

не допускается наносить размеры от линий невидимого контура, за исключением случаев, когда отпадает необходимость в вычерчивании дополнительного изображения;

5) размеры внутренних и наружных элементов по возможности следует располагать по разные стороны изображения;

размеры диаметров цилиндрических и конических поверхностей следует наносить на том виде, на каком образующая этих поверхностей проецируется в линию ( в натуральную величину);

перед указанием размера диаметра (во всех случаях) перед размерным числом наносят знак «0». Высота знаков «диаметр» и «квадрат» равна *высоте цифр* размерных чисел на чертеже;

перед размерным числом радиуса помещают прописную букву R. Высота буквы R и размерного числа, а также их наклон, должны быть одинаковыми.

### 8.4. Примеры выполнения изображений (виды, разрезы, аксонометрические проекции)

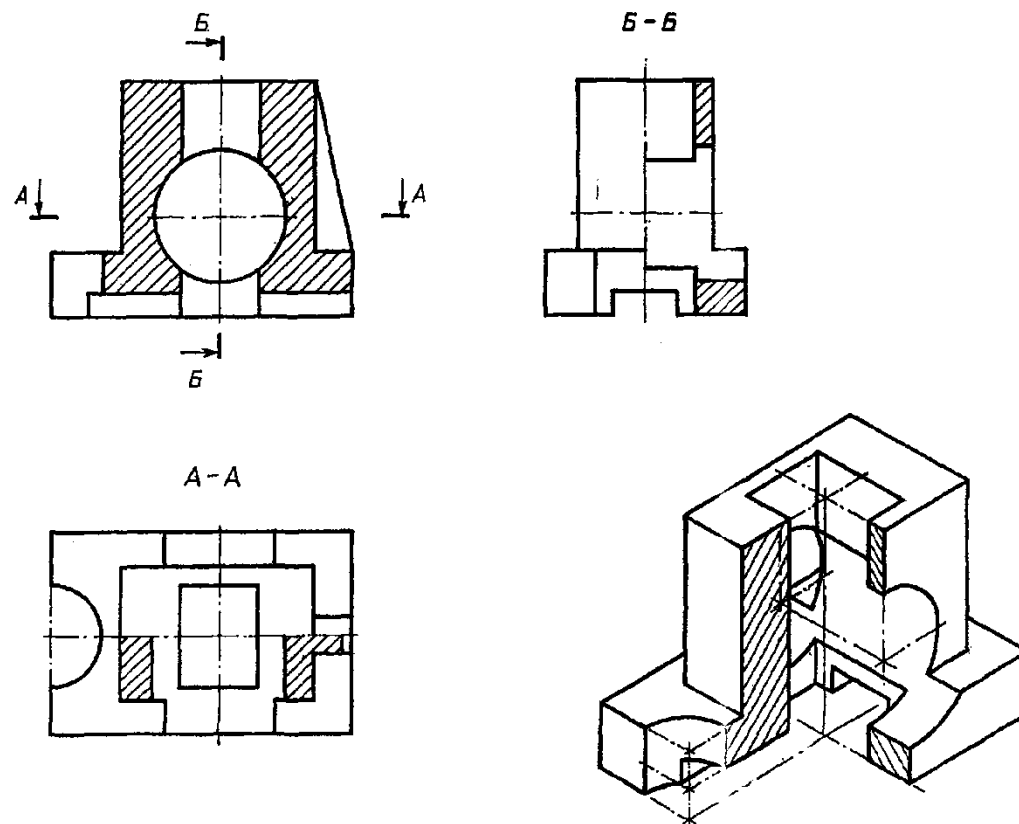
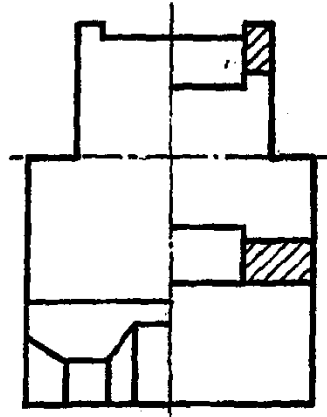
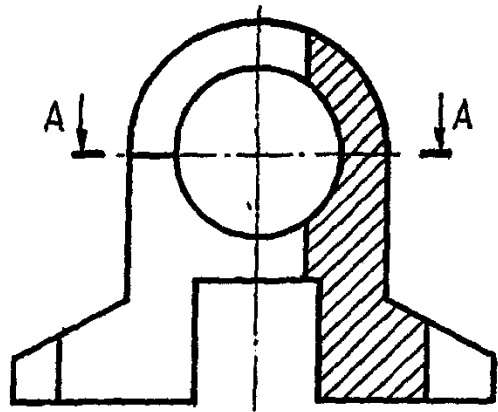


Рис. 8.19





A-A

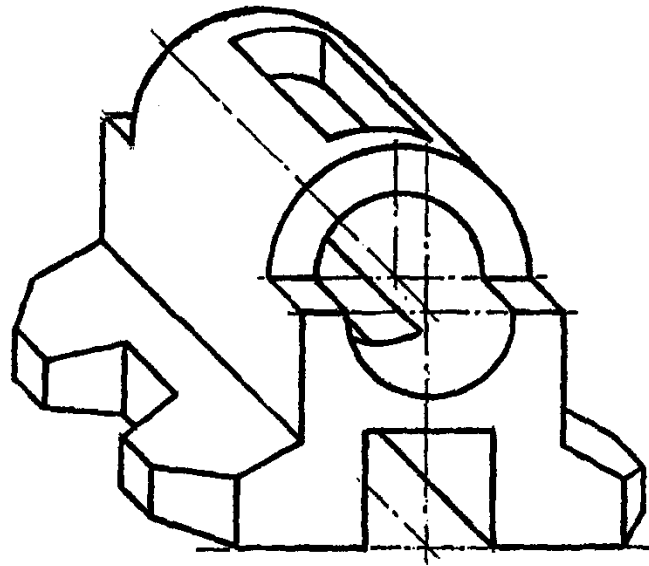
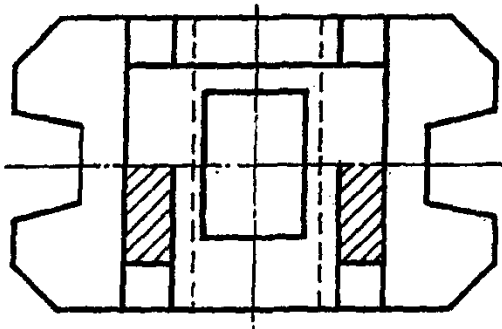


Рис. 8.20

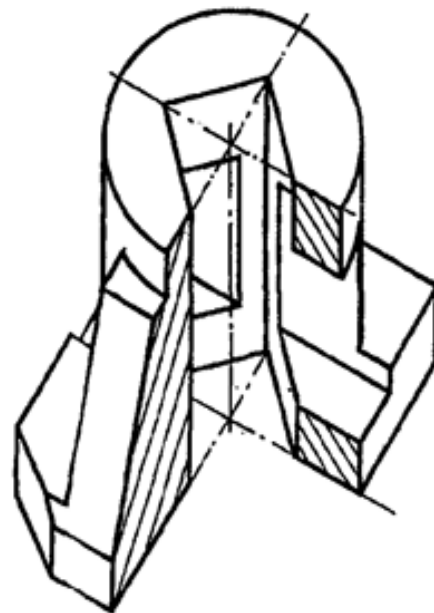
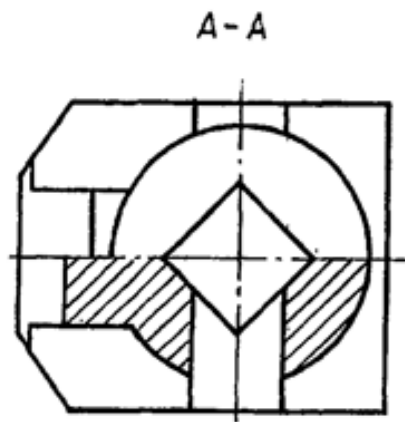
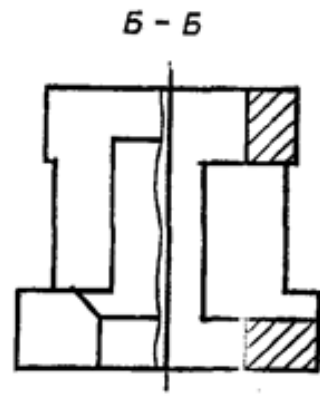
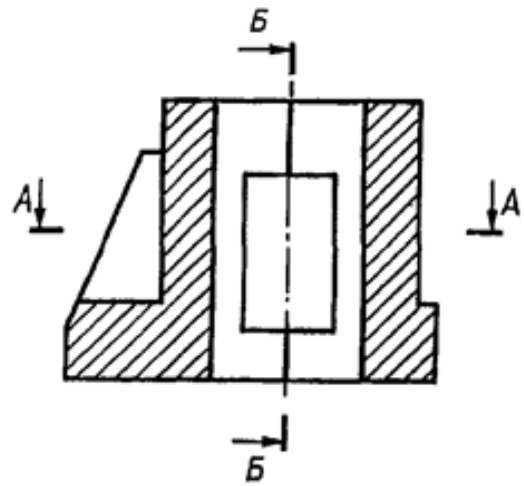


Рис. 8.21

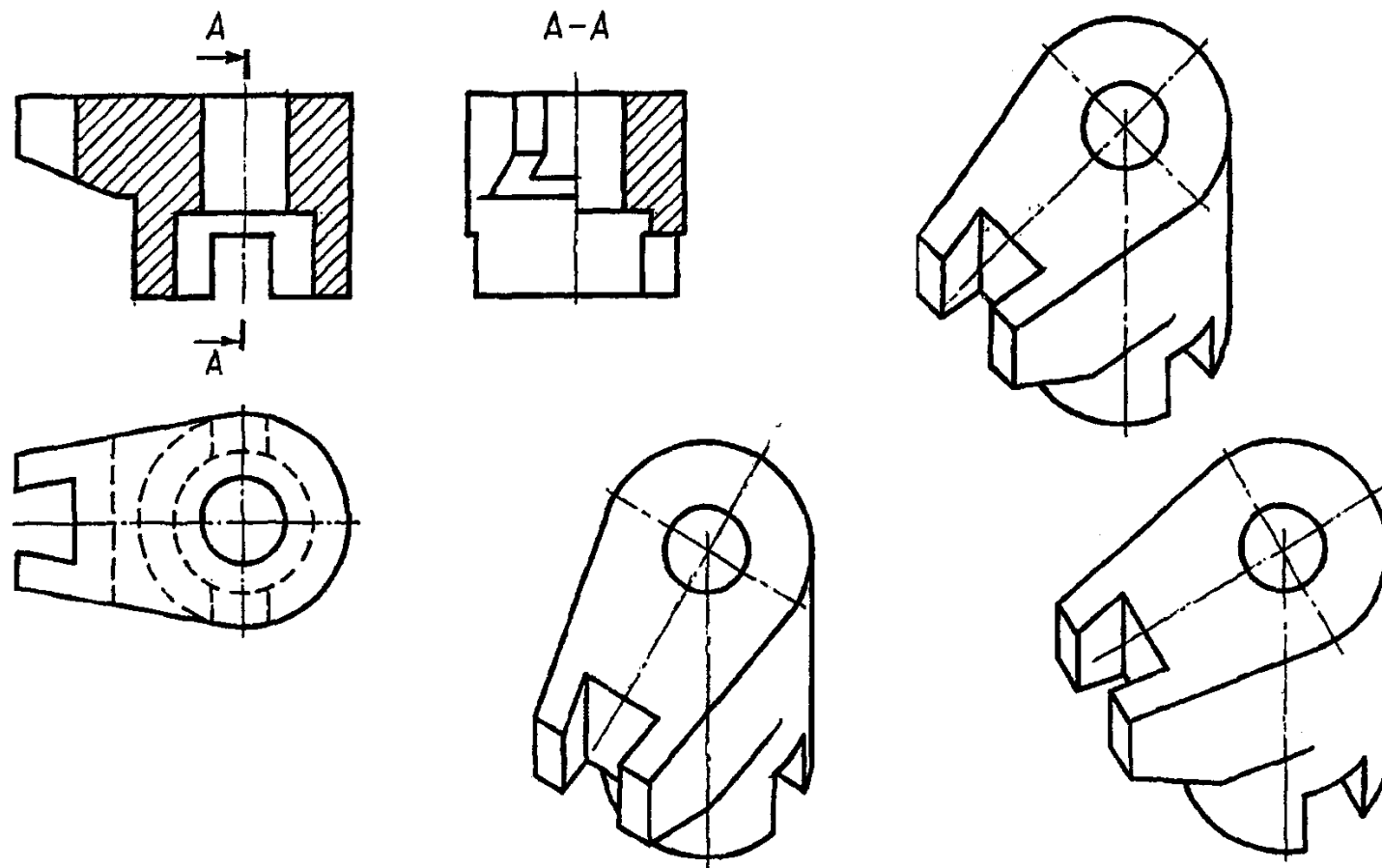


Рис. 8.22

## Раздел 3. Строительное черчение

### Лекция 9. ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

#### 9.1. Содержание и виды чертежей. Конструктивные элементы и схемы зданий

Строительными чертежами называют чертежи и относящиеся к ним текстовые документы (спецификации, ведомости и т.п.), которые содержат изображения здания, его частей, строительных конструкций и изделий, а также другие данные, необходимые для его возведения и для изготовления строительных конструкций и изделий, применяемых при строительстве здания.

ГОСТ 21.501 – 2011 определяет правила выполнения чертежей:

- архитектурных решений;
- конструктивных решений.

К чертежам архитектурных решений относят чертежи здания или сооружения, отображающие авторский замысел объекта, с комплексным решением пространственных, планировочных, функциональных и эстетических требований к нему, зафиксированные в виде контурного условного изображения несущих и ограждающих конструкций.

К чертежам конструктивных решений относят чертежи отображающие в виде условных изображений строительные конструкции (железобетонные, каменные, металлические, деревянные, пластмассовые и т. п.), примененные в зданиях или сооружениях, и их взаимное размещение и соединение.

Выполнение документации строительного проекта осуществляют ручным, автоматизированным (с использованием специальных программ, в том числе ВМ-технологий) способом, в соответствии с существующими законодательными нормами.

По назначению чертежи конструктивных решений или строительные чертежи подразделяются на две основные группы:

- чертежи строительных конструкций и изделий,
- строительно-монтажные чертежи зданий и сооружений.

Здания возводят по утвержденным проектам и сметам. Проекты и сметы составляют специальные проектные организации на основании заданий министерств, ведомств и других организаций.

Здания могут быть классифицированы по:

- назначению - гражданские (жилые и общественные), промышленные (производственные, административно-бытовые и вспомогательные) и сельскохозяйственные;

- этажности - малоэтажные — высотой до двух этажей, средней этажности — высотой от трех до пяти этажей, повышенной этажности —

высотой шесть—десять этажей, многоэтажные — от десяти до 29 этажей и высотные — высотой свыше 30 этажей, или свыше 100 м;

- конструктивной схеме – каркасные, бескаркасные, с неполным каркасом, крупнопанельные и др.;

- основному материалу несущих конструкций - каменные (из кирпича, натуральных или искусственных камней), железобетонные (в том числе из легкого бетона), металлические, деревянные, смешанного типа;

- способу возведения - традиционного типа (основные вертикальные несущие конструкции из кирпича, мелких натуральных или искусственных камней, перекрытия сборные или монолитные), сборные из мелко или крупноразмерных элементов (изготовленные предварительно на заводе сборные детали и изделия, крупные блоки, панели, объемные элементы полной заводской готовности), монолитные (из тяжелого или легкого бетона, в том числе армированного непосредственно на строительной площадке в специальных формах — опалубке), сборно-монолитные (комбинируются сборные детали с элементами из монолитного бетона или железобетона);

- огнестойкости - подразделяются по степеням огнестойкости, классам конструктивной и функциональной пожарной опасности;

- долговечности (продолжительность службы здания, по истечении которой его эксплуатация невозможна) здания делятся на три степени - срок службы свыше 100 лет; срок службы свыше 50 до 100 лет; срок службы от 20 до 50 лет;

- классам - по капитальности в зависимости от градостроительных требований и назначения здания делят на четыре класса (определяются степенью долговечности, огнестойкости, благоустроенности, качеством отделки и инженерным оборудованием).

Строительная конструкция это часть здания или сооружения, выполняющая определенные несущие (воспринимает нагрузки от конструкций расположенных выше и передает эти нагрузки на нижележащие конструкции), ограждающие и (или) эстетические функции. По материалу, из которого конструкция выполнена может подразделяться на бетонные, железобетонные, каменные, металлические, деревянные, пластмассовые и т. п.

Строительное изделие это изделие, предназначенное для применения в качестве элемента зданий, сооружений и строительных конструкций. Элемент строительной конструкции это составная часть сборной или монолитной конструкции.

Строительный материал это материал, в том числе штучный, предназначенный для изготовления строительных изделий и возведения строительных конструкций зданий и сооружений.

## **9.2. Краткие сведения о технических нормативных правовых актах в области технического нормирования и стандартизации по проектированию и строительству**

При выполнении и оформлении строительных чертежей необходимо руководствоваться техническими нормативными правовыми актами в области технического нормирования и стандартизации (ТНПА) по проектированию и строительству, а именно: ГОСТами ЕСКД (Единая система конструкторской документации), ГОСТами СПДС (Система проектной документации для строительства), ГОСТами на строительные изделия и конструкции (Техническими условиями), а также СТБ, СНБ, ТКП и соответствующими инструкциями.

Система проектной документации для строительства (СПДС) - комплекс нормативных организационно-методических документов, устанавливающих общетехнические требования, необходимые для разработки, учета, хранения и применения проектной документации для строительства объектов различного назначения.

Основное назначение стандартов СПДС заключается в установлении единых правил выполнения проектной документации для строительства, обеспечивающих:

- унификацию состава, правил оформления и обращения документации с учетом назначения проектных документов;
- комплектность выдаваемой заказчику документации;
- максимально необходимый объем документации для производства строительного-монтажных работ;
- общие правила выполнения чертежей и текстовых документов независимо от назначения проектируемого объекта и вида проектных решений;
- унификацию форм проектных документов и графических изображений;
- унификацию терминов и понятий, применяемых в СПДС;
- применение проектной документации в автоматизированных системах проектирования и управления строительным производством;
- возможность качественного выпуска проектной продукции.

В настоящее время в Республике Беларусь ведется интенсивная работа по модернизации, разработке и внедрению ТНПА по проектированию и строительству, в связи с необходимостью перехода на методы и принципы стандартизации, принятые в международной практике.

В Республике Беларусь действуют межгосударственные стандарты (ГОСТ), а также стандарты Республики Беларусь (СТБ). Состав и содержание документации строительного проекта должны соответствовать требованиям СТБ 2255-2012. В состав документации строительного проекта включают чертежи, предназначенные для производства строительных и монтажных работ, проектную документацию на строительные изделия, эскизные чертежи

общих видов нетиповых изделий, спецификации оборудования, изделий и материалов, сметную документацию по установленным формам.

Некоторые стандарты системы проектной документации для строительства приведены на рис. 9.1.

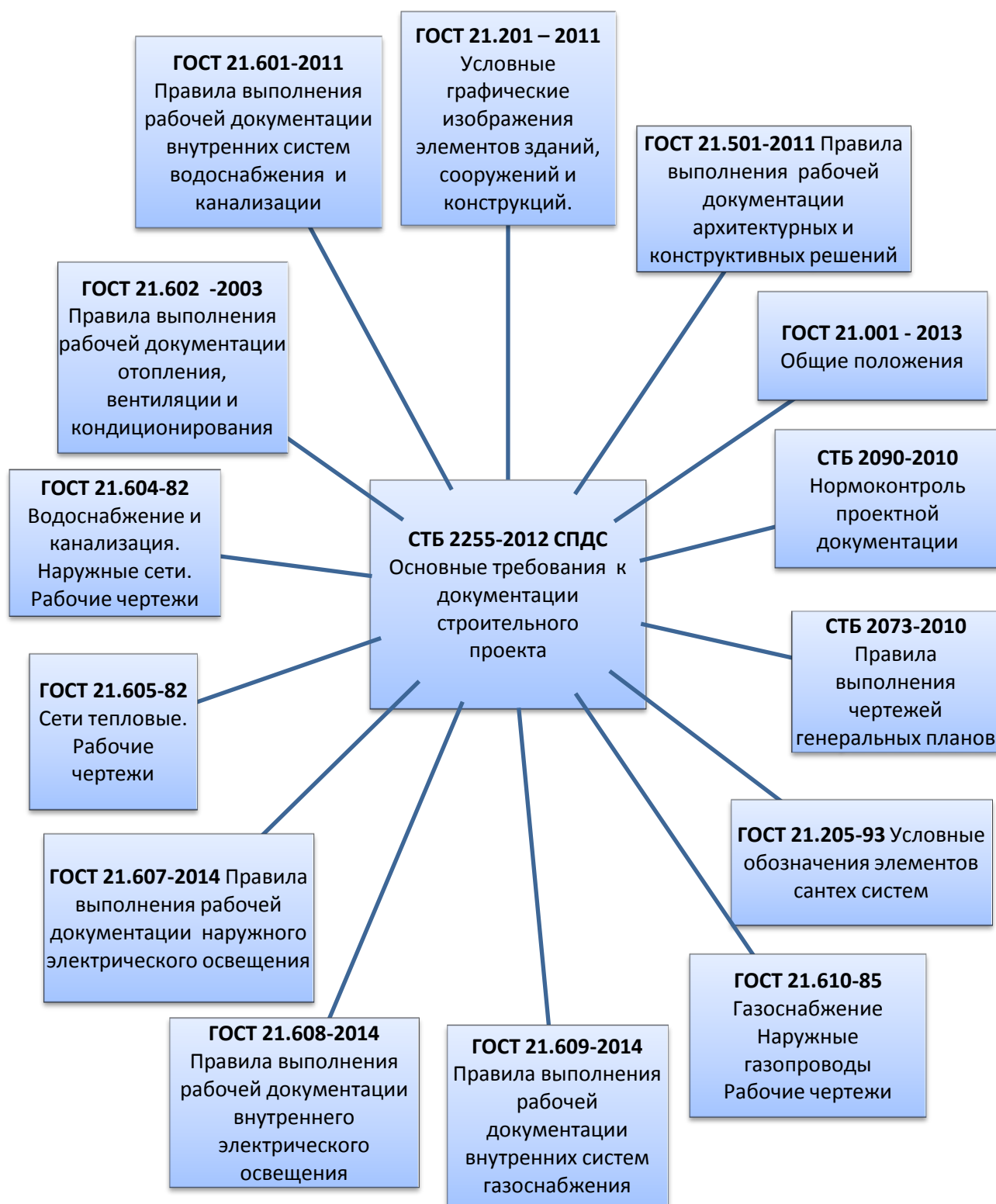


Рис. 9.1. Основные стандарты системы проектной документации для строительства



### 9.3. Марки основных комплектов рабочих строительных чертежей Масштабы изображений, применяемые при выполнении строительных чертежей

Работы по созданию проектной документации для строительства выполняются специалистами различных специальностей (архитекторами, инженерами конструкторами-строителями, инженерами сантехниками, инженерами электриками и т.д.), поэтому рабочие чертежи разделяют на комплекты. Причем каждый комплект имеет свою марку. Эта марка указывается в основной надписи в графе наименования чертежа.

Рабочие чертежи, предназначенные для производства строительномонтажных работ, объединяя в комплекты (далее именуемые основными комплектами рабочих чертежей) по маркам. Составы основных комплектов рабочих чертежей устанавливаются соответствующими стандартами СПДС в зависимости от вида строительномонтажных работ.

Марки основного комплекта рабочих чертежей регламентирует стандарт Республики Беларусь СТБ 2255-2012, основные из них приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование основного комплекта рабочих чертежей	Марка рабочих чертежей	Наименование основного комплекта рабочих чертежей	Марка рабочих чертежей
Архитектурные решения	<i>АР</i>	Электроосвещение внутреннее	<i>ЭО</i>
Конструкции железобетонные	<i>КЖ</i>	Газоснабжение. Внутренние устройства	<i>ГСВ</i>
Конструкция металлические	<i>КМ</i>	Наружные сети и сооружения газоснабжения	<i>НГ</i>
Конструкции деревянные	<i>КД</i>	Теплоснабжение	<i>ТС</i>
Архитектурно-строительные решения	<i>АС*</i>	Антикоррозионная защита конструкций	<i>АЗ</i>
Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха	<i>ОВ</i>	Внутренний водопровод и канализация	<i>ВК</i>
Интерьеры	<i>АИ</i>	Наружные сети водоснабжения и канализации	<i>НБК (НВ, НК)</i>
Генеральный план	<i>ГП</i>		
Технология производства	<i>ТХ</i>	Гидротехнические работы	<i>ГР</i>
Автомобильные дороги	<i>АД</i>	Пожаротушение	<i>ПТ</i>
Сооружения транспорта	<i>ТР</i>	Воздухоснабжение внутреннее	<i>ВС</i>

\*При объединении в один комплект чертежей архитектурных и конструктивных рабочих чертежей (кроме марки *КМ*). При необходимости могут быть назначены дополнительные марки основных комплектов чертежей.

Строительные чертежи выполняют в масштабах, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Наименование изображения	Масштаб*
Архитектурные решения	
Планы, разрезы, фасады	1:50; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500
Планы кровли, полов, технических этажей	1:200; 1:500
Фрагменты планов, фасадов	1:50; 1:100
Узлы (Выносные элементы)	1:10; 1:20
Конструктивные решения	
Схемы расположения элементов конструкций	1:100; 1:200; 1:400; 1:500
Фрагменты и сечения к схемам расположения элементов конструкций	1:50; 1:100
Геометрические схемы металлических конструкций	1:100; 1:200
Виды, разрезы и сечения элементов бетонных и железобетонных конструкций	1:20; 1:50; 1:100
Схемы армирования	1:20; 1:50; 1:100
Узлы конструкций	1:5; 1:10; 1:20; 1:50
Разрезы к схемам армирования	1:10; 1:20
Чертежи изделий	1:10; 1:20

\*Масштабы на чертежах не указывают, за исключением чертежей изделий и других случаев, предусмотренных стандартами СПДС.

## 9.4. Конструктивные элементы зданий и их марки

Конструктивным элементам зданий на чертежах присваиваются марки в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3

Наименование конструктивных элементов зданий	Марки	Наименование конструктивных элементов зданий	Марки
Балки	Б	Перемычки	ПР
Балки подкрановые	БК	Плиты перекрытий, покрытий	П
Балки стропильные	БС	Площадки лестничные	ПЛ
Балки фундаментные	БФ	Стойки	СК
Блоки стеновые	СБ	Ригели	Р
Колонны	К	Фермы стропильные	ФС
Марши лестничные	МЛ	Фермы подстропильные	ФПС
Панели перегородок	ПГ	Фундаменты	Ф
Панели стеновые	ПС	Фундаментные блоки	ФБ

## 9.5. Координационные оси, их маркировка. Пролет, шаг, высота этажа здания. Положение конструктивных элементов, их привязки.

Координационные оси определяют расположение основных несущих и ограждающих конструкций, а также членение плана здания на основные элементы. Каждому отдельному зданию или сооружению присваивают самостоятельную систему обозначений координационных осей.

Координационные оси наносят на изображения штрих пунктирными тонкими линиями, обозначают арабскими цифрами и прописными буквами русского алфавита (за исключением букв *Ё, Э, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ъ, Ы, Ь*) и, при необходимости, буквами латинского алфавита (за исключением букв *I* и *O*) в кружках диаметром от 6 до 12 мм (рис. 9.2).

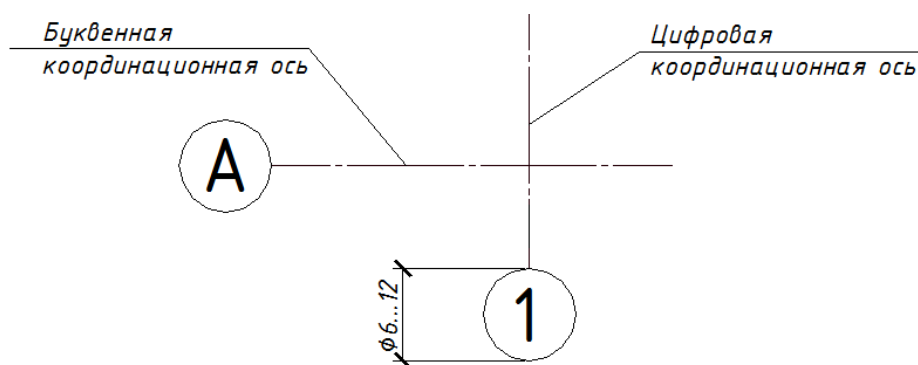


Рис. 9.2. Продольные и поперечные координационные оси

Пропуски в цифровых и буквенных обозначениях координационных осей не допускаются.

Координационные оси: продольные (А,Б,В...); поперечные (1,2,3...). Цифрами обозначают координационные оси по стороне здания и сооружения с большим количеством осей (рис. 9.3).

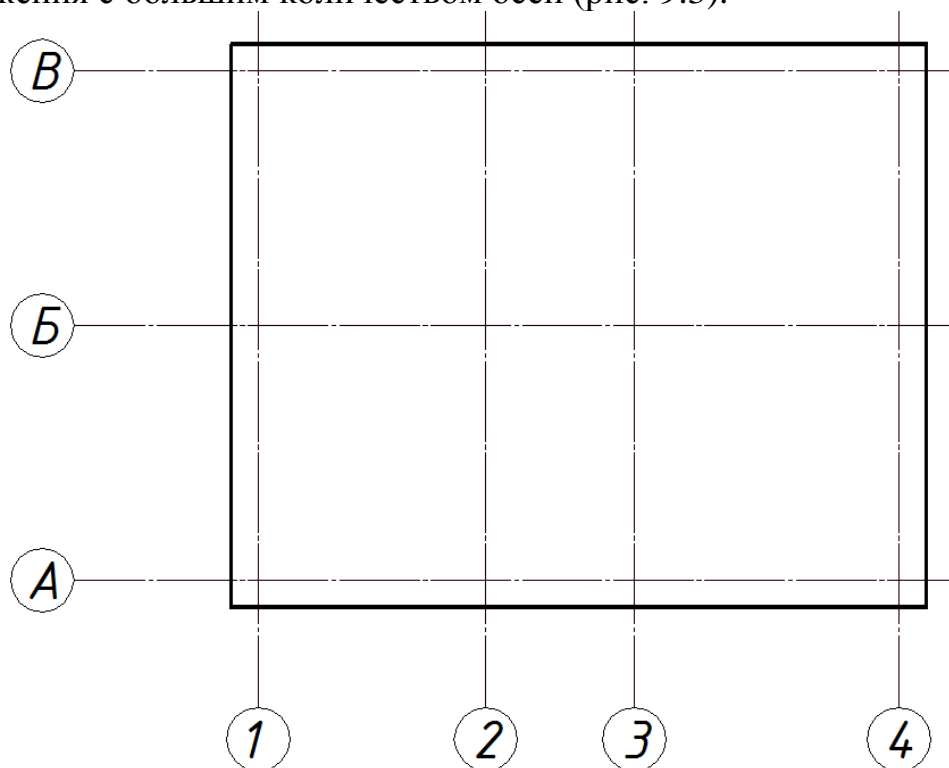


Рис. 9.3. Пример нанесения координационных осей на плане

Размер шрифта для обозначения координационных осей должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, в 1,5...2 раза.

Последовательность цифровых и буквенных обозначений координационных осей принимают по плану слева направо и снизу вверх или по дуге окружности слева направо (рис. 4). Обозначение координационных осей, как правило, наносят по левой и нижней сторонам плана здания и сооружения. При несовпадении координационных осей противоположных сторон плана, обозначения указанных осей в местах расхождения дополнительно наносят по верхней и (или) правой сторонам.

Для отдельных элементов конструкций, расположенных между координационными осями основных несущих конструкций, наносят дополнительные оси и обозначают их в виде дроби, в числителе которой указывают обозначения предшествующей координационной оси, в знаменателе — дополнительный порядковый номер в пределах участка между смежными координационными осями. Допускается осям фахверковых колонн присваивать цифровые и буквенные обозначения основных координационных осей без указания дополнительного номера.

Пролет — расстояние между координационными осями несущих стен или рядов колонн в направлении, соответствующем пролету основной

несущей конструкции перекрытия или покрытия. Шаг колонн – расстояние между основными несущими конструкциями (рис. 9.4).

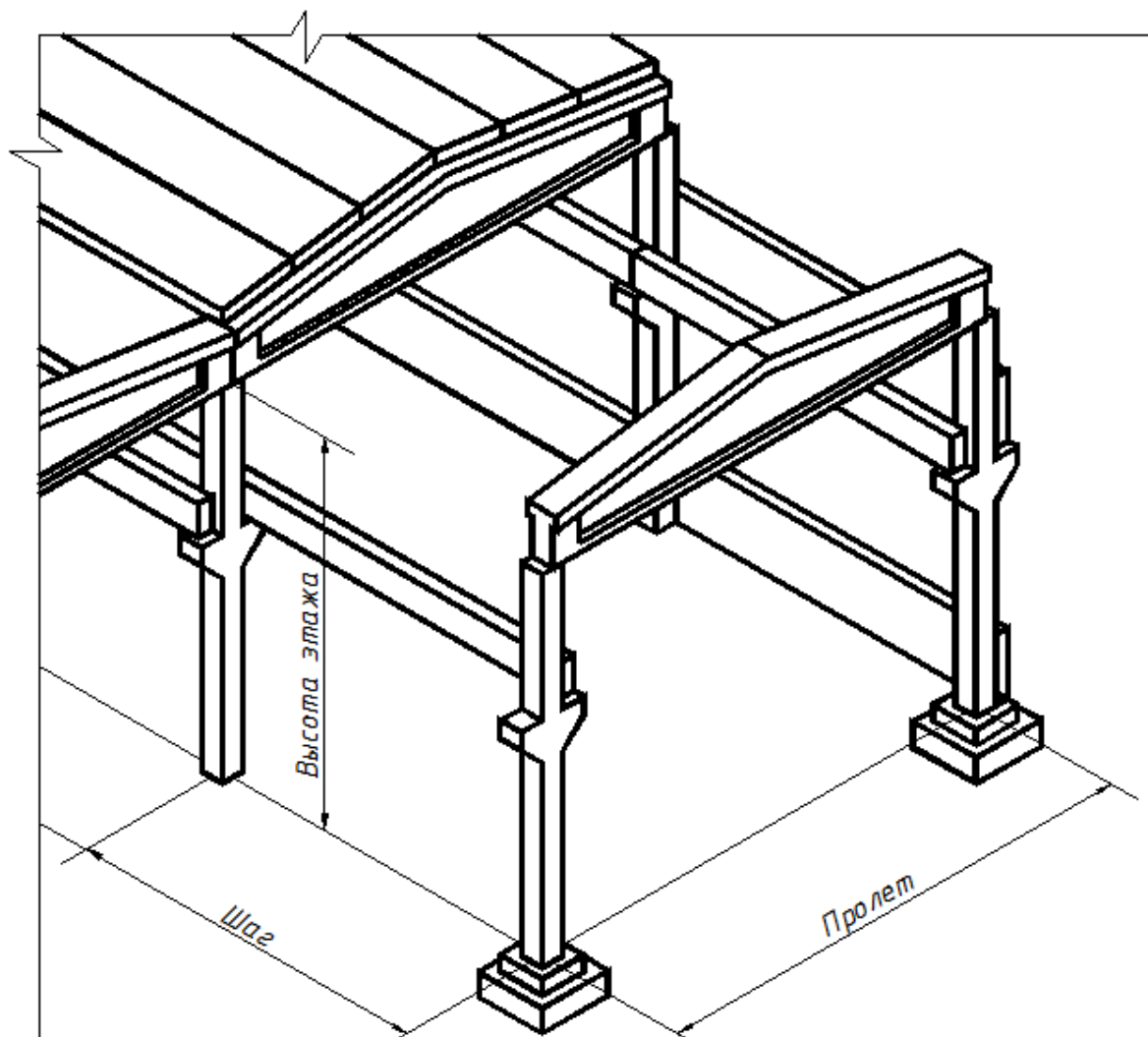


Рис. 9.4. Пролет, шаг и высота этажа одноэтажного промышленного здания

Высота этажа здания – определяется разностью между отметками уровней полов нижележащего и вышележащего этажей (рис. 9.5.а) для многоэтажных жилых, административных и промышленных зданий, а также разницей отметок пола и низа стропильной конструкции для одноэтажного промышленного здания (рис. 9.5.б).

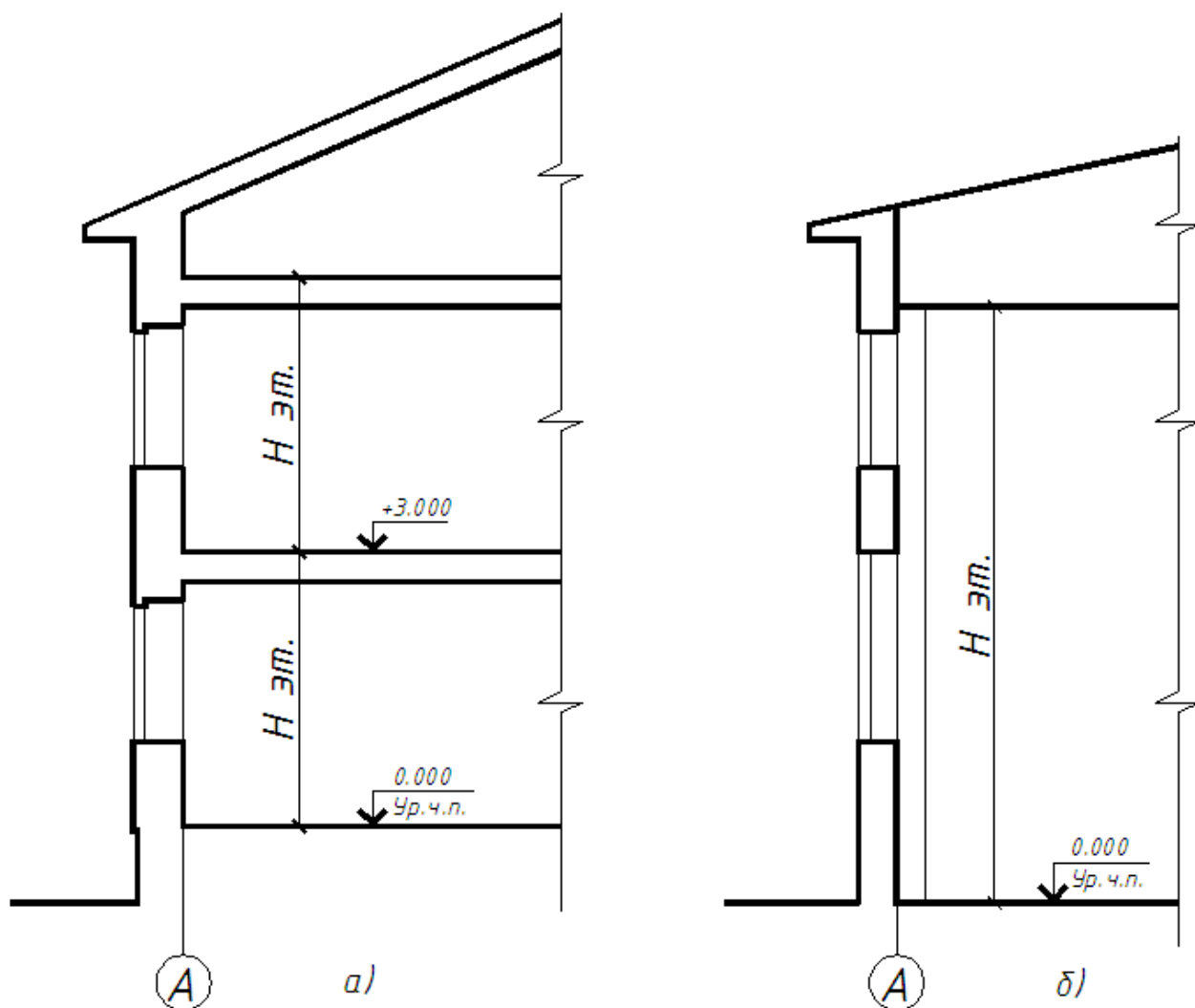


Рис. 9.5. Высота этажа: а) жилого здания;  
б) одноэтажного промышленного здания

Расположение и взаимосвязь конструктивных элементов здания определяют путем их привязки к координационным осям. Привязка – размер, задающий положение конструкции или ее элемента относительно координационной оси здания (принятой за базу отсчета). Цель привязки – обеспечить применение минимального количества типоразмеров элементов конструкций и изделий в проектируемом здании.

Пример нанесения привязок приведен на рис. 9.6.

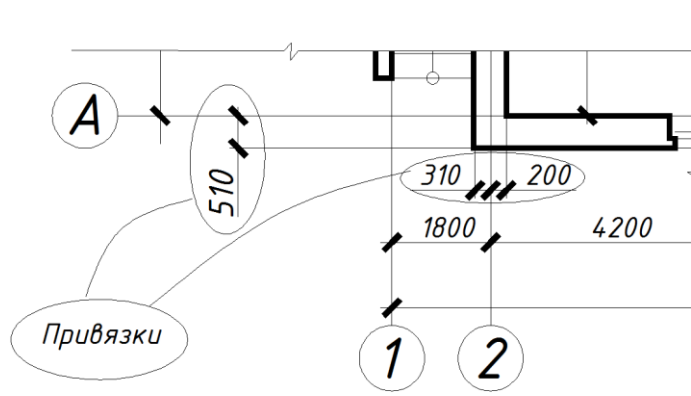


Рис. 9.6. Нанесение привязок на плане

### 9.6. Нанесение размеров, уклонов, отметок, надписей на строительных чертежах

На строительных чертежах нанесение размеров осуществляется с помощью выносных, размерных линий и размерных чисел. Размерную линию на ее пересечениях с выносными или осевыми линиями, ограничивают засечками в виде сплошных толстых основных линий длиной от 2 до 4 мм, проводимых с наклоном вправо под углом  $45^\circ$  к размерной линии. При этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1–3 мм. Размерное число наносят над размерной линией в мм, без обозначения единицы измерения (рис. 9).

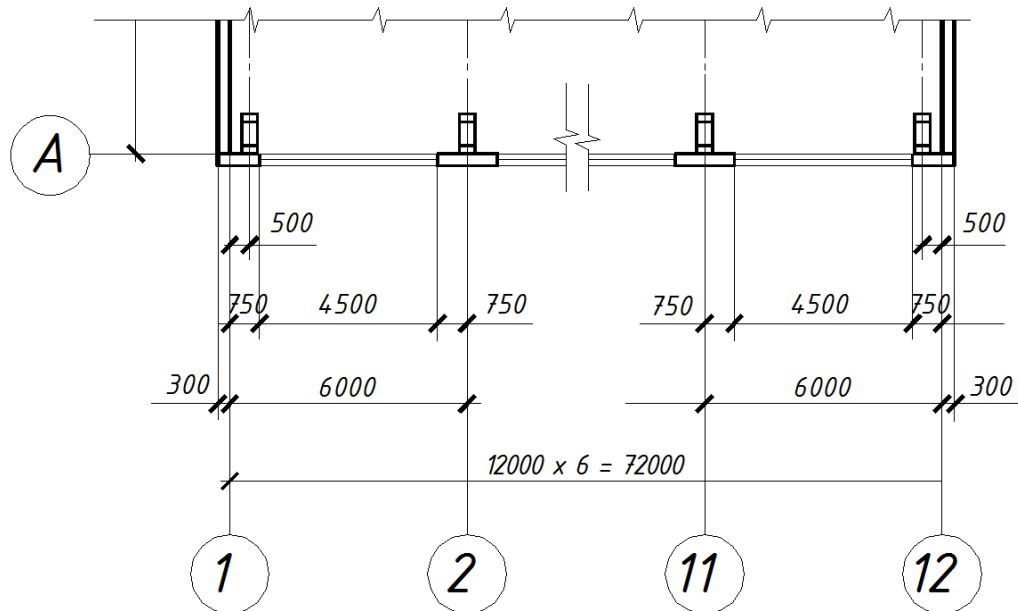


Рис. .9.7. Нанесение размеров на фрагменте плана здания

При нанесении размера диаметра или радиуса внутри окружности, а также углового размера размерную линию ограничивают стрелками (рис. 9.8.a).

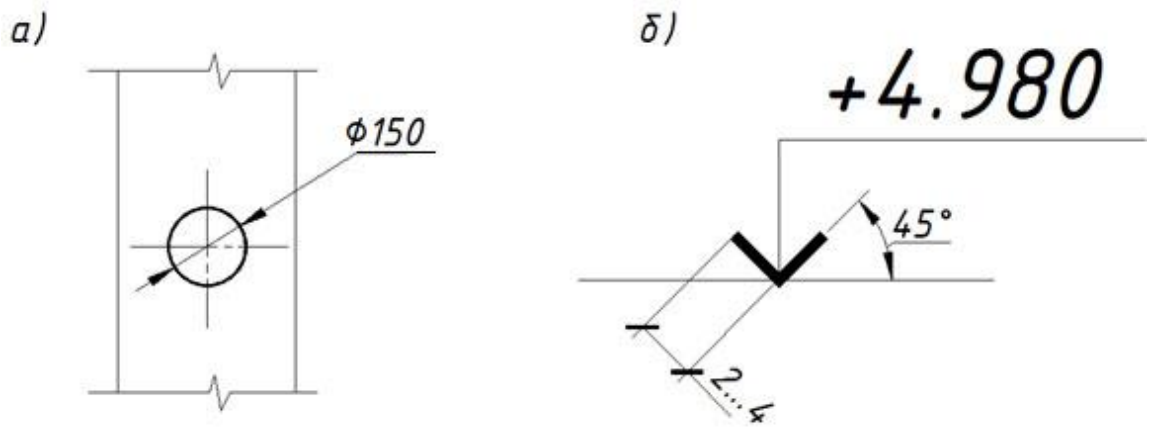


Рис.9.8. Нанесение диаметра, радиуса или углового размера (а), высотной отметки уровня (б)

При вычерчивании планов, вертикальных разрезов, фасадов, схем расположения, схем армирования и других изображений положение конструктивных элементов по высоте определяют при помощи высотных отметок уровня. Для их обозначения служит специальный условный знак, выполняемый в виде стрелки (рис. 9.8.б.). На полке выносной линии знака отметки наносят величину отметки данного уровня (с учетом знака) в метрах с тремя десятичными знаками после запятой, отделенными от целого числа запятой, без обозначения единицы измерения.

На видах (фасадах), разрезах и сечениях отметки указывают на выносных линиях или линиях контура, как показано на рис.9.9;

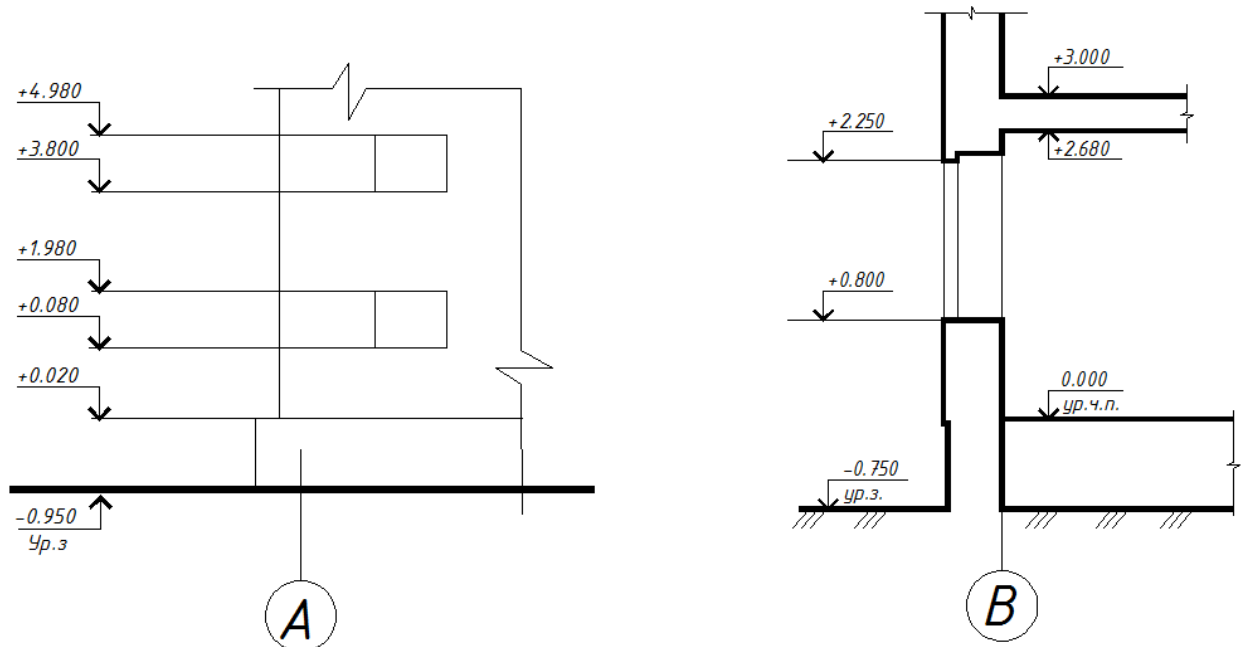


Рис. 9.9. Нанесение высотных отметок уровня на фасадах и разрезах на планах — в прямоугольнике, как показано на рисунке 9.10.



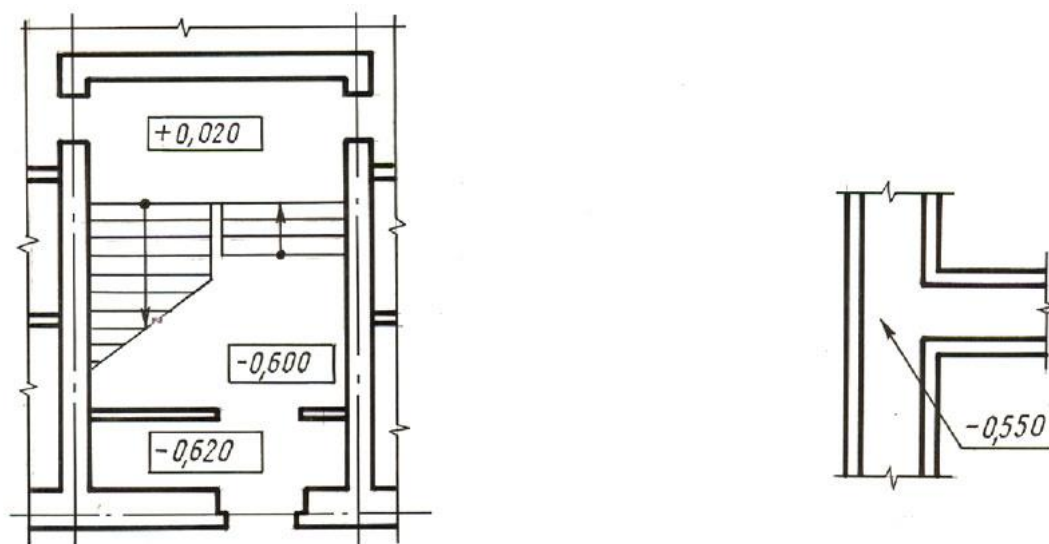


Рис. 9.10. Нанесение высотных отметок уровня на планах

Нулевую отметку, принимаемую относительно поверхности какого-либо элемента конструкции здания или сооружения, расположенного вблизи планировочной отметки поверхности земли (чаще всего это уровень пола первого этажа), указывают без знака; отметки выше нулевой указывают со знаком «+», ниже нулевой — со знаком «-».

Такие отметки уровней, как уровень чистого пола, уровень земли, уровень головки рельса сопровождаются поясняющей надписью под полкой выносной линии.

На планах направление уклона плоскости указывают стрелкой, над которой, при необходимости, проставляют значение уклона в процентах, как показано на рисунке 9.11, или в виде отношения высоты к длине.

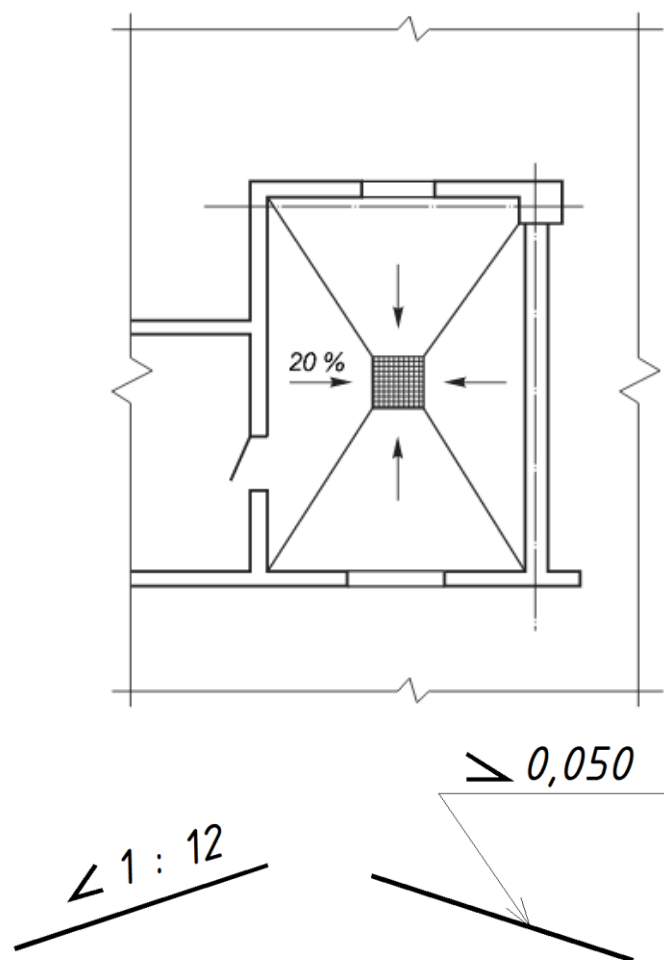


Рис. 9.11. Нанесение уклонов на планах и на разрезах

Допускается, при необходимости, значение уклона указывать в промилле или в виде десятичной дроби с точностью до третьего знака. На чертежах и схемах перед размерным числом, определяющим величину уклона, наносят знак « $\angle$ », острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона.

Обозначение уклона наносят непосредственно над линией контура или на полке линии-выноски.

Выносные надписи к многослойным конструкциям следует выполнять, как показано на рис. 9.12.

а)

б)

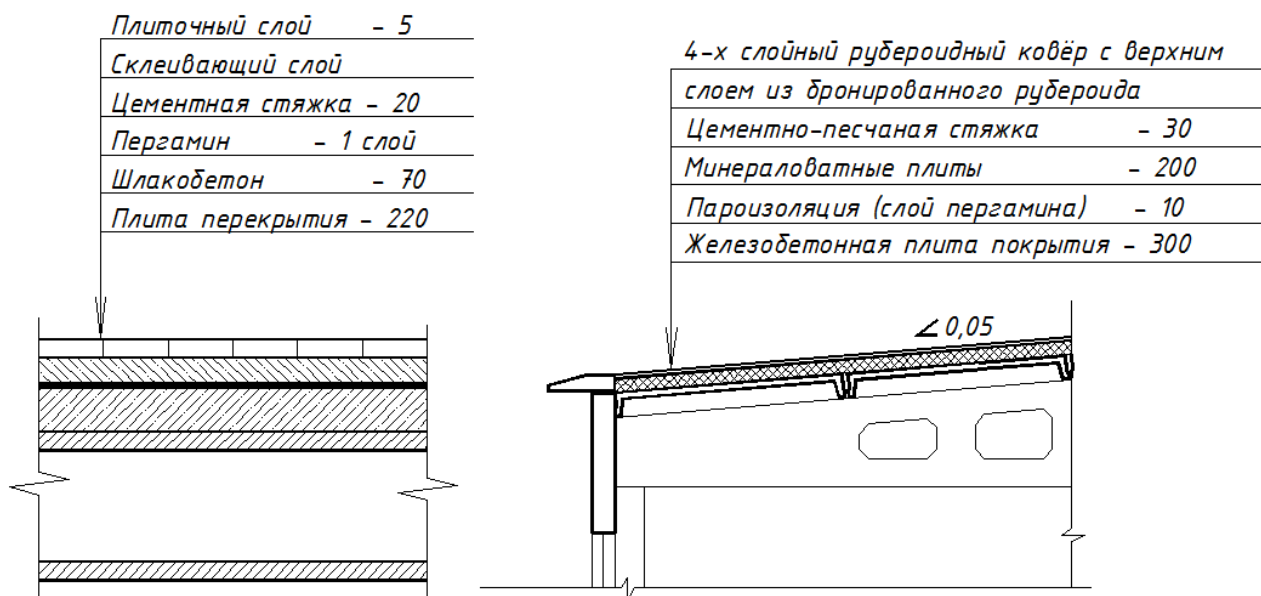


Рис.9.12. Примеры выполнения выносных надписей к многослойным конструкциям а) конструкция пола на перекрытии жилого дома;  
б) конструкция кровли промышленного здания

## 9.7. Основные правила выполнения рабочих чертежей комплекта марки АР

Основной комплект рабочих чертежей архитектурных решений

Состав и правила оформления чертежей комплекта марки *АР* устанавливает ГОСТ 21.501-2011.

В состав рабочих чертежей архитектурных решений включают:

- рабочие чертежи, предназначенные для производства строительно-монтажных работ (основной комплект рабочих чертежей марки *АР*);
- рабочую документацию на строительные изделия;
- спецификацию оборудования, изделий и материалов;
- локальную смету.

В состав основного комплекта рабочих чертежей марки *АР* включают:

- общие данные по рабочим чертежам;
- планы этажей, в том числе подвала и технического подполья;
- разрезы;
- фасады;
- планы полов (при необходимости);
- план кровли;
- выносные элементы (узлы, фрагменты);
- табличную документацию.

## 9.8. Чертежи планов зданий

### *Понятие плана этажа здания*

Планом этажа здания называют горизонтальный разрез здания, при этом секущая плоскость, как правило, находится на уровне  $1/3$  высоты изображаемого этажа, кроме того секущая плоскость должна проходить по всем проемам (оконным и дверным).

### *Условные изображения конструктивных элементов и изделий на планах*

Условные изображения конструктивных элементов и изделий (стен и перегородок, опор и колонн, ферм, плит, проемов и отверстий, ниш, пазов, борозд, пандусов, лестниц, отмостки, дверей и ворот) на планах и разрезах регламентирует ГОСТ 21. 201-2011.

### *Типы линий, используемые при выполнении планов*

При выполнении чертежей планов используют следующие типы линий:

- штрих-пунктирные – координационные оси;
- основные - конструкции, детали, элементы, в секущей плоскости;
- тонкие - конструкции, детали, элементы, за секущей плоскостью;
- штрих-пунктирная с двумя точками - конструкции находящиеся перед секущей плоскостью (например, изображения подъемно-транспортного оборудования).

### *Последовательность вычерчивания плана*

На планах зданий изображают, наносят и указывают:

- координационные оси здания;
- расстояния между ближайшими координационными осями и между крайними осями (в мм шрифтом ***h3,5***);
- несущие, ограждающие (стены, перегородки) конструкции по ГОСТ 21.201-2011, их привязки;
- все проемы (оконные, дверные), отверстия, борозды, ниши и гнезда в стенах и перегородках с необходимыми размерами и привязками;
- отметки участков, расположенных на уровнях отличающихся от уровня пола изображаемого этажа;
- условные изображения сантехнических устройств по ГОСТ 21.205-93;
- границы зон передвижения технологических кранов (грузоподъемного оборудования) по ГОСТ 21.112-78;
- площади помещений в квадратных метрах с двумя знаками после запятой без указания размерности в нижнем правом углу каждого помещения, например: **21,15**;

- положение секущей плоскости для обозначения вертикального разреза. В секущую плоскость должны попасть оконные проемы, наружные двери и ворота, лестничные клетки, шахты лифтов, балконы, лоджии и т.п. В рабочих чертежах направление взгляда для продольных и поперечных разрезов принимают, как правило, по плану снизу вверх и справа налево;
- позиции (марки) элементов здания, заполнения оконных проемов и дверей, перемычек, лестниц и др.;
- обозначение узлов и фрагментов планов.

Примеры выполнения планов приведены на рис. 9.13, 9.14.

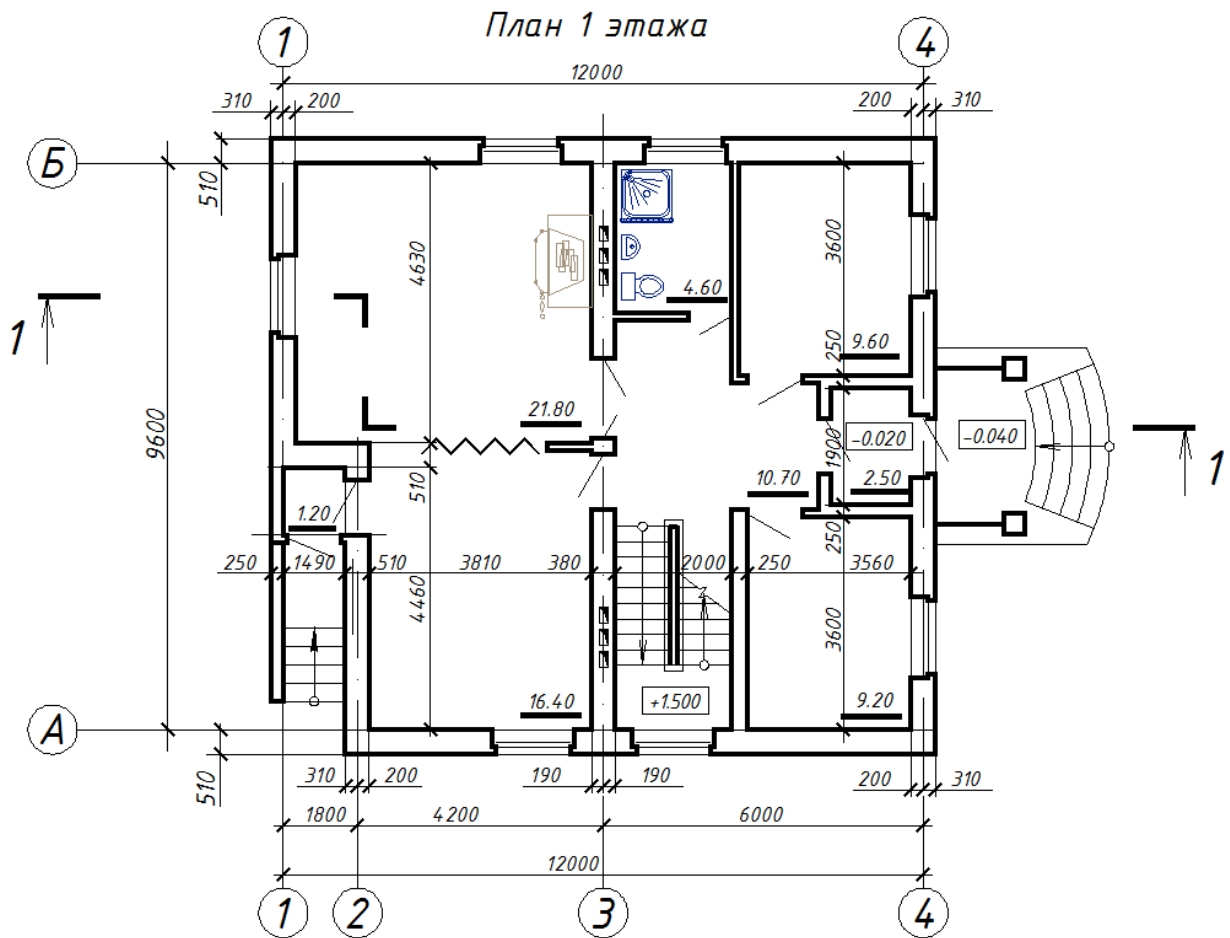


Рис.9.13. План 1 этажа жилого дома

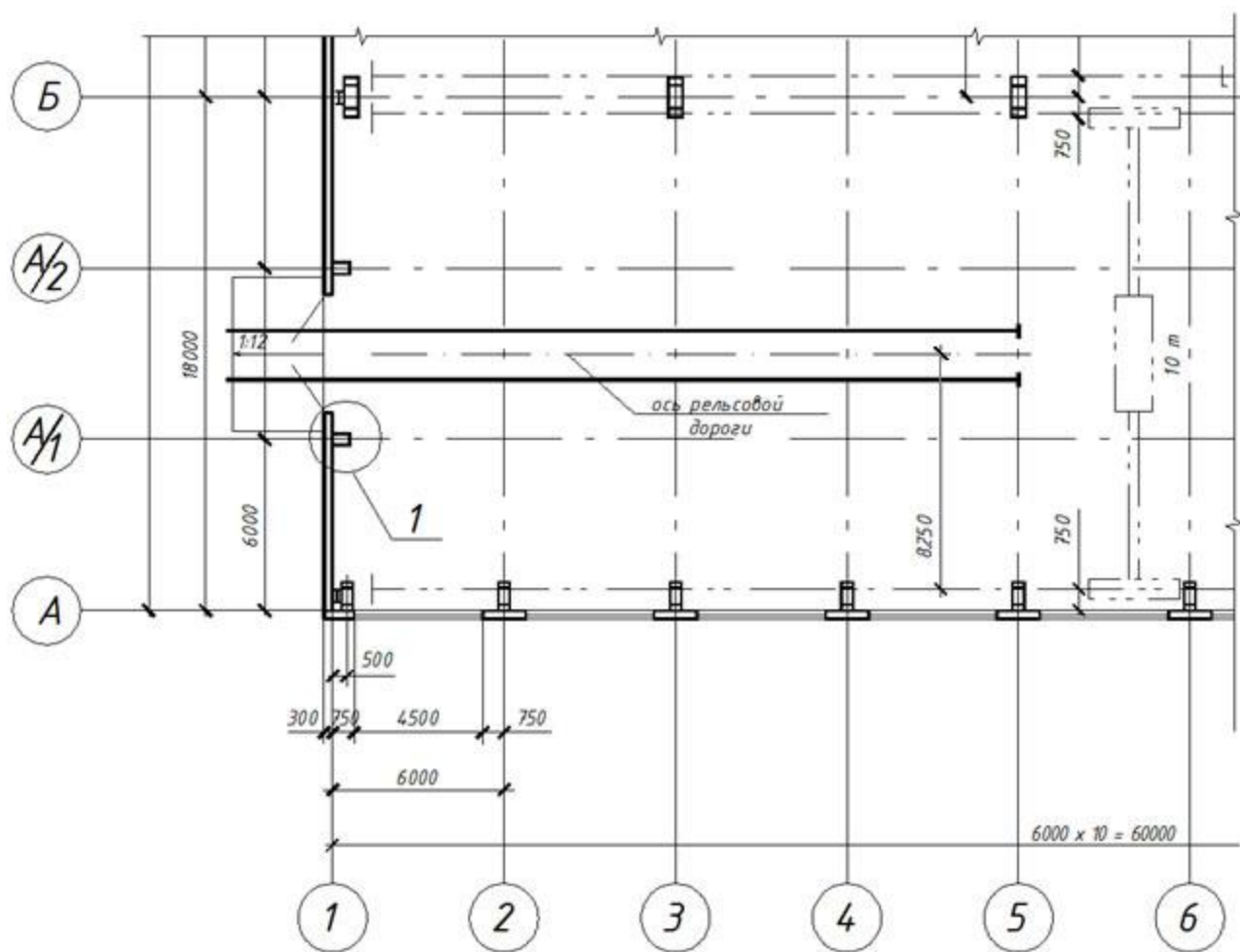


Рис. 9.14. Фрагмент плана промышленного здания

На плане размеры наносят по наружному и внутреннему контуру изображения. Размеры по наружному контуру наносят вдоль наружных стен здания в виде замкнутых цепочек в следующем порядке (по мере удаления от линии контура): привязки несущих и ограждающих к координационным осям; размеры простенков и проемов; расстояния между ближайшими координационными осями; расстояния между крайними координационными осями. Размеры по внутреннему контуру плана наносят цепочками на расстоянии не менее 10 мм от линии внутреннего контура стены. Они должны указывать: длину (ширину) каждого помещения; толщину стен и перегородок; кроме того указывать привязки проемов к ближайшей стене; в зданиях с грузоподъемным оборудованием – привязки рельса кранов.

Планы зданий необходимо надписывать. В названиях планов здания указывают отметку чистого пола этажа, номер этажа или обозначение соответствующей секущей плоскости, например: *План на отм. 0,000; План 1 этажа; План 2,4,6,8 этажей*. При этом названия изображений располагают над изображениями.

## 9.9 Разрезы

### *Разрезы, их образование, виды и назначение*

Под разрезом на строительных чертежах понимают вертикальный разрез здания. Разрезы могут быть продольными и поперечными.

При выполнении разреза здания положение мнимой вертикальной плоскости разреза принимают, как правило, с таким расчетом, чтобы проемы оказались в секущей плоскости. При выполнении продольного разреза секущая плоскость должна проходить по коньку здания. Количество вертикальных разрезов (продольных, поперечных) определяют, исходя из изменений вертикальной планировки объектов. В рабочих чертежах основного комплекта направление взгляда для разрезов принимают, как правило, по плану снизу вверх и справа налево.

### *Разбивка лестницы на разрезе*

В двухэтажных зданиях и зданиях с большим количеством этажей проектируется лестничная клетка, элементами которой являются лестничные марши и лестничные площадки.

Конструкции маршей и площадок разнообразны. Они могут быть изготовлены из отдельных мелких элементов: сборных железобетонных ступеней, косоуров, балок и площадочных плит, а также могут быть изготовлены из крупных блоков: лестничных маршей и площадок.

Основным элементом лестничного марша является ступень. Горизонтальная плоскость ступени называется проступью (где  $b$  - ширина проступи, рис. 17), вертикальная - подступенком ( $h$  - высота подступенка). Оптимальное отношение  $h$  к  $b$  равно 1:2. В одном лестничном марше допускается не более 16 и не менее 3 ступеней. Верхнюю и нижнюю ступени лестничного марша, находящимися в одной плоскости с площадками, называют фризовыми. Число проступей в лестничном марше, без учёта фризовых ступеней, на единицу меньше числа подступенков.

Подъем на этаж, как правило, производится за два марша и чаще всего они одинаковые, поэтому промежуточная площадка устанавливается на высоте равной половине высоты этажа.

Основными характеристиками марша являются превышение марша  $H$  и заложение марша  $L$  ( $L$  - горизонтальная проекция марша без учета фризовых ступеней).

Для построения изображения (рис. 16.) необходимо определить превышение  $H$  и заложение марша  $L$ , а для этого:

- задать высоту подступенка и ширину проступи (при оптимальном соотношении высоты подступенка к ширине проступи 1 : 2);
- определить количество подступенков в марше:  $n = H : h$ ;
- определить заложение марша  $L = b (n - 1)$ ;

- выполнить разбивку ступеней в каждом марше;
- оформление лестничной клетки следует выполнять в зависимости от выбранной конструкции лестничных маршей и площадок;
- обводку выполнять в зависимости от того какие марши попали в секущую плоскость на разрезе.

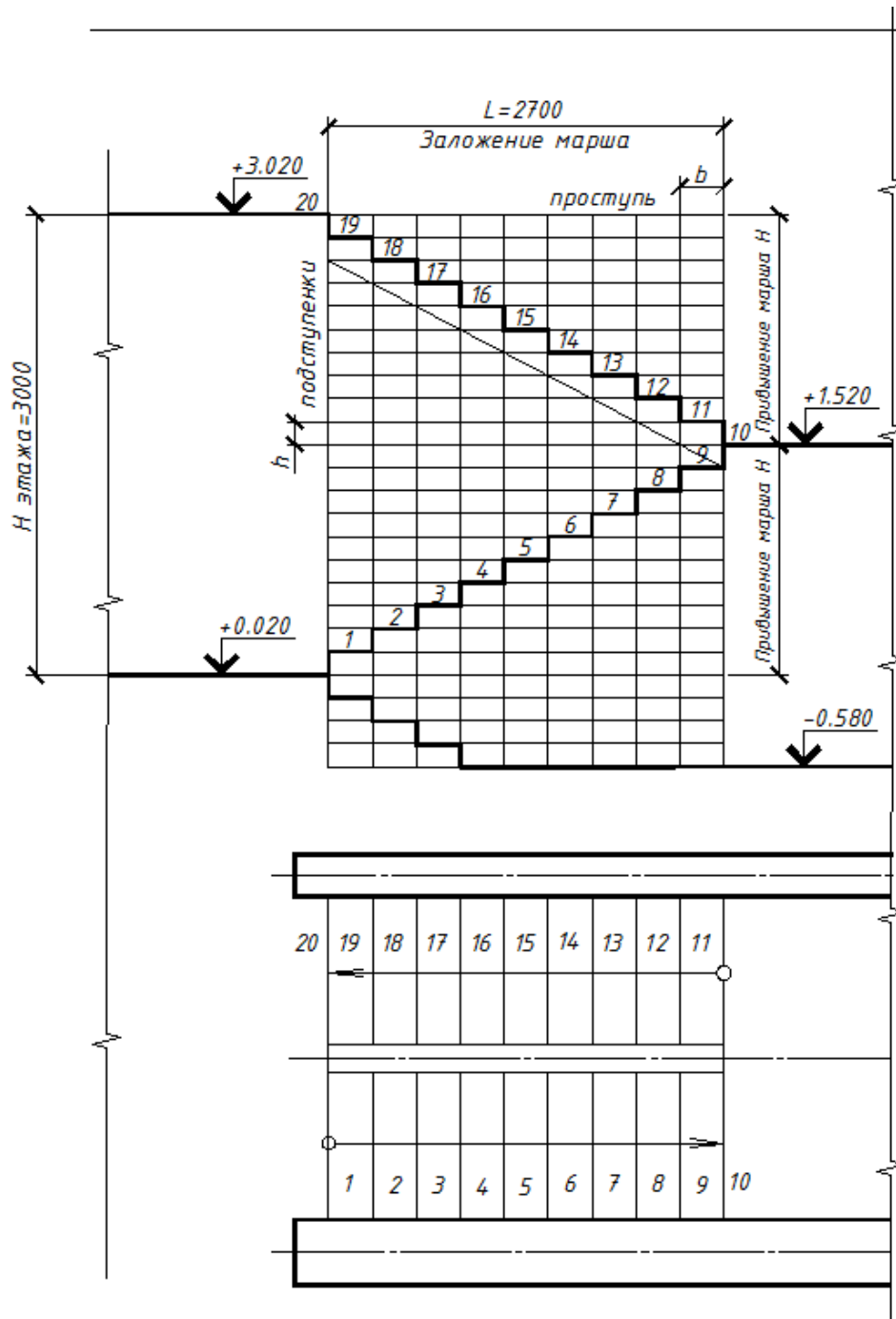


Рис. 9.15. Пример разбивки лестничного марша на разрезе

После выполнения разбивки лестницы на разрезе переходят к выполнению разбивки лестницы на плане. Построение на плане следует осуществлять в проекционной связи с разрезом и в соответствии с



условными графическими изображениями нижнего, промежуточных и верхнего маршей. На планах лестниц стрелкой указано направление подъема марша.

### ***Типы линий, используемые при выполнении разрезов***

При выполнении чертежей разрезов используют типы линий:

- штрих-пунктирные – координационные оси;
- основные - конструкции, детали, элементы, в секущей плоскости;
- тонкие - конструкции, детали, элементы, за секущей плоскостью.

Исключение из правила: слоистые конструкции, такие как, пол на перекрытии и кровля, независимо от количества слоев изображаются одной тонкой линией.

Примеры использования линий, при выполнении разрезов приведены на рис. 9.16, где:

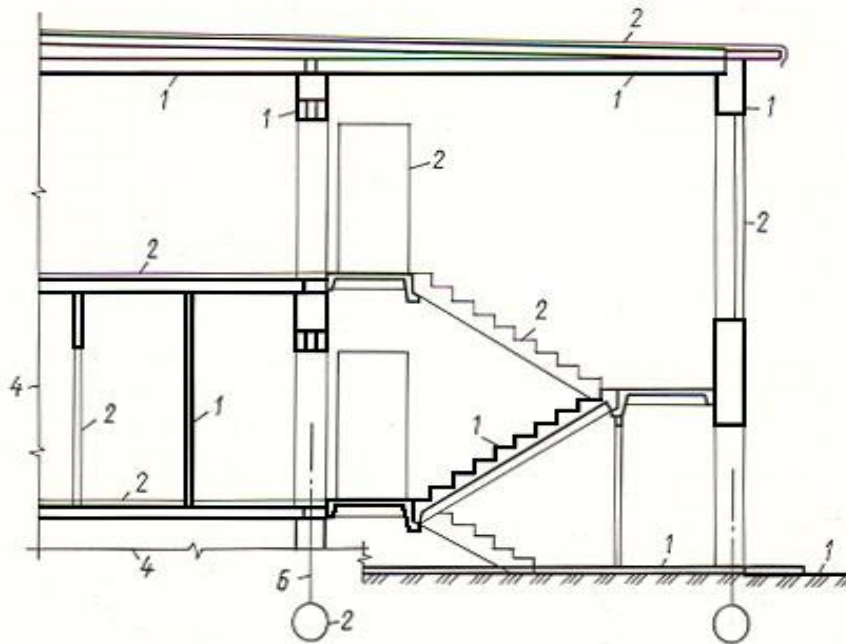


Рис. 9.16. Примеры использования типов линий на разрезе

Основное правило: 1 - сплошная толстая линия;

2 – сплошная тонкая линия;

4 – тонкая с изломами;

6 – штрих-пунктирная линия.

Исключение из правила – слоистые конструкции (пол на перекрытии и кровля)

## Последовательность вычерчивания разреза

Последовательность выполнения поперечного разреза здания. На разрезах наносят и указывают:

- координационные оси здания в соответствии с планом, положением секущей плоскости разреза и направлением взгляда,
- а также расстояния между ближайшими и крайними осями;
- линии характерных уровней: пола первого этажа (нулевая отметка), земли (отрицательная отметка), пола второго и последующих этажей (положительная отметка), конька здания, учитывая, что отметки уровней задают в метрах;
- условные графические изображения стен, колонн, перекрытий, покрытия, стропильных и подстропильных конструкций (при наличии), перегородок;
- условные графические изображения оконных, дверных проемов;
- условные графические изображения элементов лестничной клетки;
- условные изображения подъемно-транспортного оборудования и привязку осей крановых путей к координационным осям здания;
- линейные размеры, в том числе привязки;
- отметки уровня земли, чистого пола этажей и площадок, уровней низа и верха проемов, отметки низа несущих конструкций перекрытий и покрытия здания, карнизов, козырьков и других архитектурных элементов.

Примеры выполнения разрезов приведены на рис. 9.17 – 9.19.

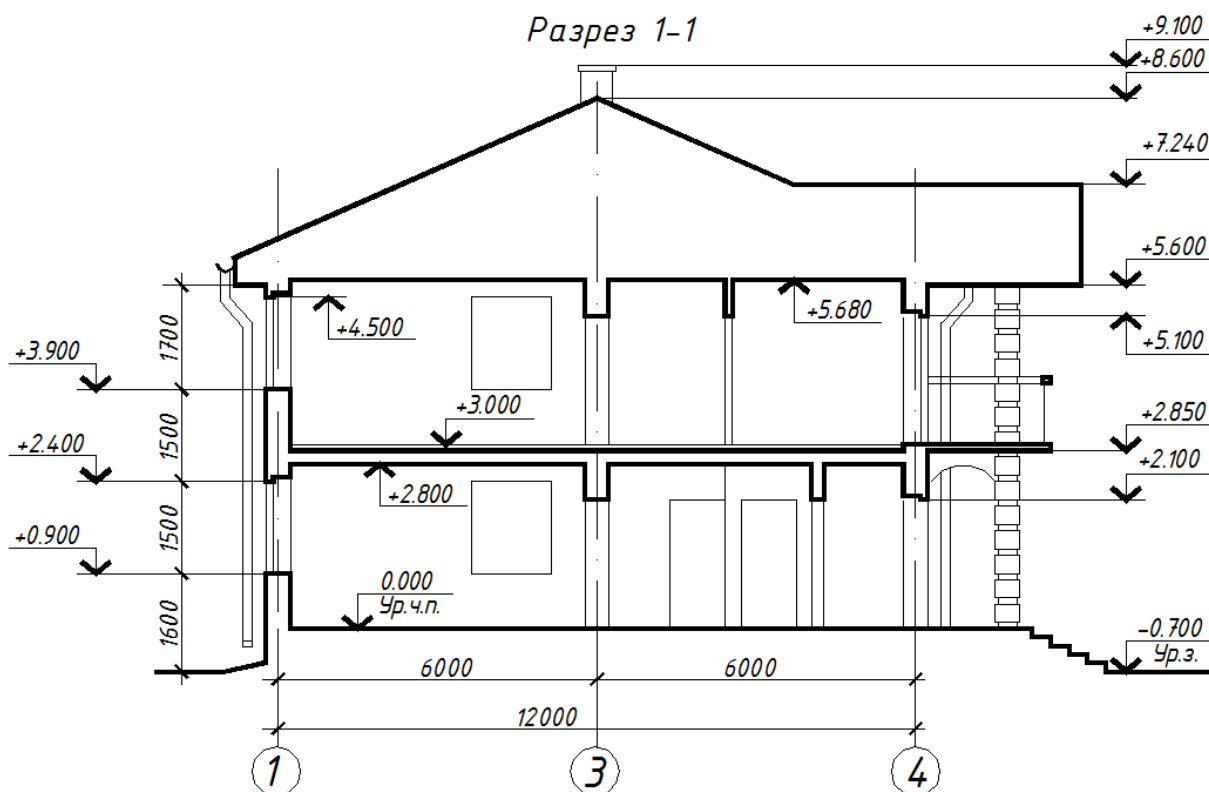


Рис. 9.17. Архитектурный разрез жилого дома

Условные графические изображения строительных конструкций, их элементов и строительных изделий приведены в Приложении 1.

Условные обозначения элементов санитарно-технических систем по **ГОСТ СПДС**.

Разрезы необходимо надписывать, например: *Разрез 1-1, Разрез А-А*.

В названиях разрезов указывают обозначение соответствующей секущей плоскости,

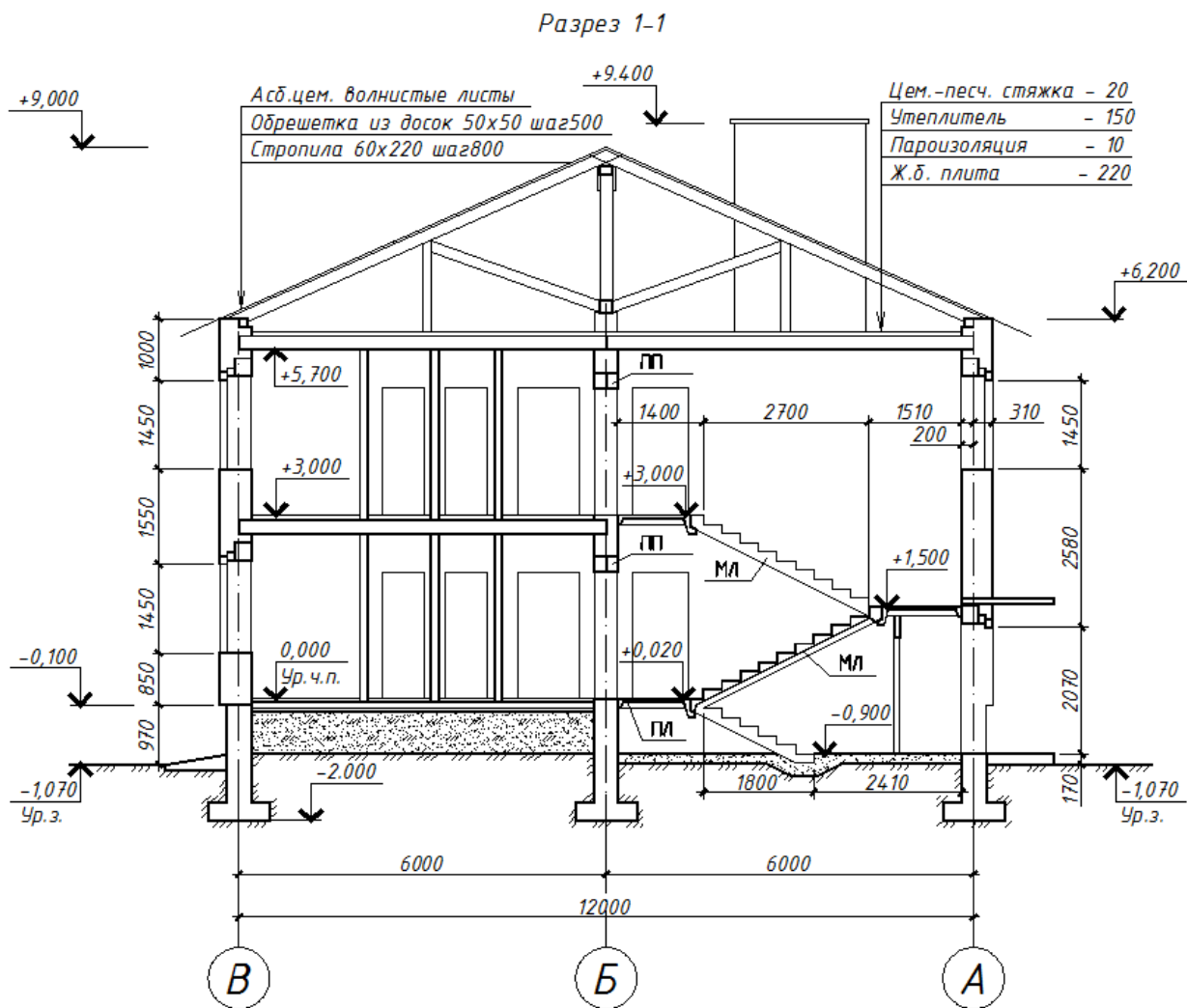


Рис. 9.18. Конструктивный разрез жилого дома

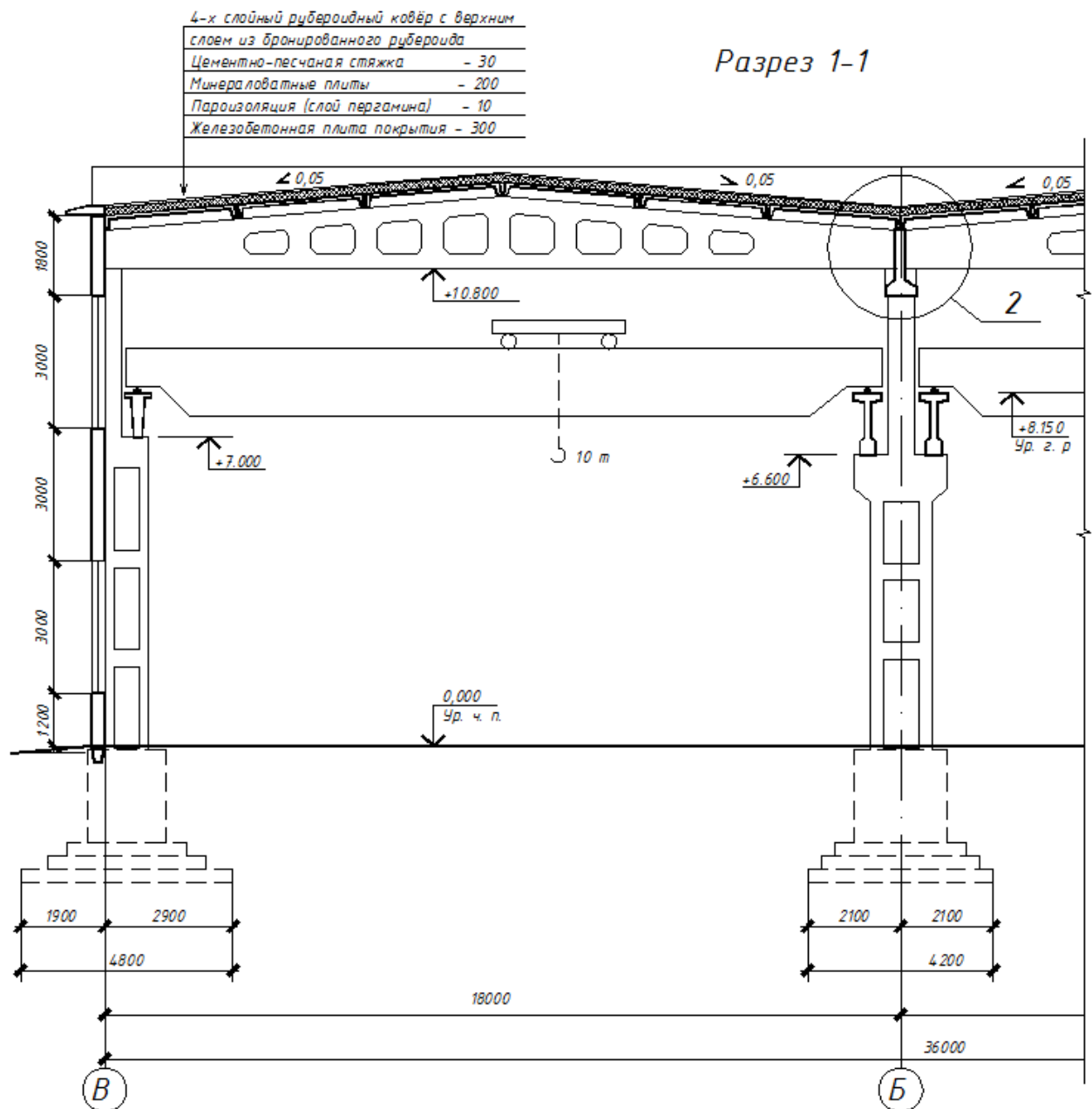


Рис. 9.19. Фрагмент разреза (поперечный) промышленного здания каркасного типа

## 9.10. Чертежи фасадов

Фасады, образование и назначение

Фасад представляет собой одно из изображений здания:

- главный вид – главный фасад;
- вид сзади – дворовой фасад;
- вид слева (справа) – торцевой фасад.

На ф а с а д а х наносят и указывают:

- координационные оси здания, проходящие в характерных местах фасадов, а именно: крайние, уступов в плане и перепада высот;

- отметки уровня земли, входных площадок, верха стен, низа и верха проемов, других архитектурных элементов, расположенных на разных уровнях *фасад*ов (например: козырьков, выносных тамбуров):

- отметки, размеры и привязки проемов и отверстий, не указанных на планах и разрезах. Отметки, как правило, наносят слева от изображения.

Условные изображения оконных переплетов на фасадах приведены в приложении 1, согласно ГОСТ 21.201 -2011.

Типы линий, используемые при выполнении фасадов.

Выполнение надписей на фасадах.

Фасады вычерчивают тонкими линиями (S/3), только линия земли – утолщенной (1,5S). Типы линий, используемые при выполнении фасадов:

- штрих-пунктирные – координационные оси;
- тонкие – линии видимого контура;
- утолщенная – линия земли.

### ***Последовательность вычерчивания фасада***

На фасадах наносят и указывают:

- координационные оси здания, проходящие в характерных местах фасадов, а именно: крайние, уступов в плане и перепада высот;

- линию земли;

- общий контур фасада;

- оконные, дверные проемы, козырьки и т.п. элементы фасада;

- отметки уровней: земли, входных площадок, низа и верха проемов, например: козырьков, выносных тамбуров. Отметки, как правило, наносят слева от изображения.

Фасады надписывают, например: *Фасад 1-5, Фасад А-В*.

В названии фасада указывают обозначения крайних координационных осей здания слева - направо.

Фасад вычерчивают тонкими линиями, а линию земли – утолщенной.

Примеры выполнения фасадов приведены на рис. 9.20, 9.21.

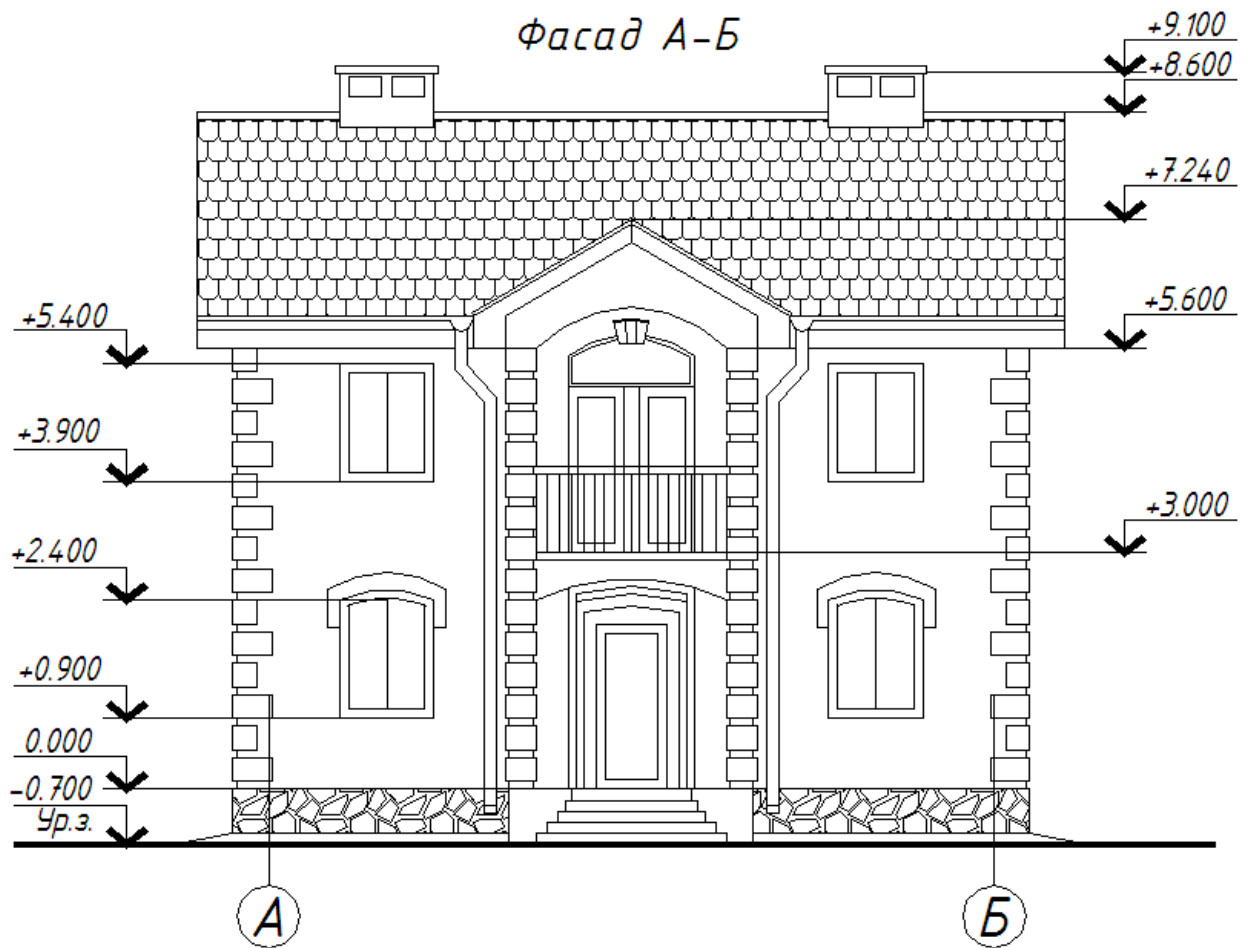


Рис.9.20. Фасад жилого дома

*Фасад 1-11*

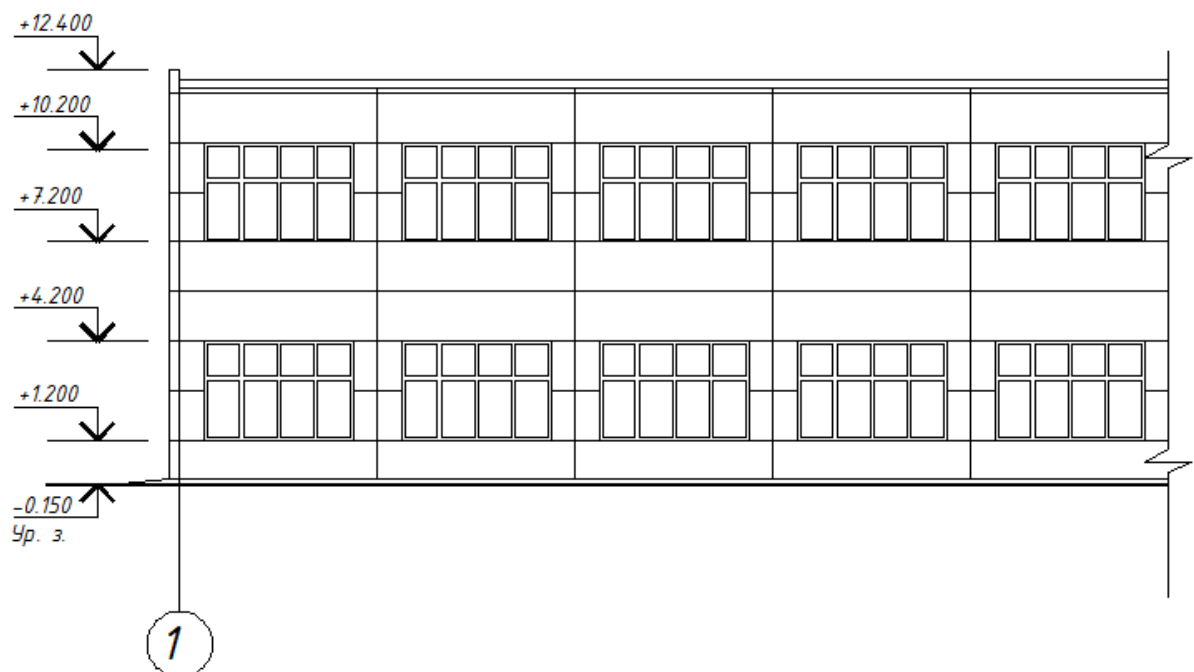


Рис. 9.21.Фрагмент фасада промышленного здания

### 9.11. Узлы или выносные элементы, правила их выполнения

Для того, чтобы детально показать все требуемые подробности конструирования, используют выносные элементы— узлы и фрагменты, отдельные увеличенные изображения частей зданий или конструкций, а также изображения узлов сопряжения строительных конструкций, которые содержат все необходимые сведения, неуказанные на основных изображениях (планах, разрезах, фасадах).

Выносные элементы обозначают и маркируют. При изображении узла соответствующее место отмечают на виде (фасаде), плане или разрезе замкнутой сплошной тонкой линией (как правило, окружностью или овалом) с обозначением на полке линии-выноски порядкового номера узла арабской цифрой, как показано на рисунке 9.14 (узел 1) и рисунке 9.19 (узел 2).

Если узел помещен на другом листе, то номер этого листа указывают под полкой линии-выноски (рисунок 9.22а)) или на полке линии-выноски рядом с порядковым номером узла, в скобках (рисунок 9.22б)).

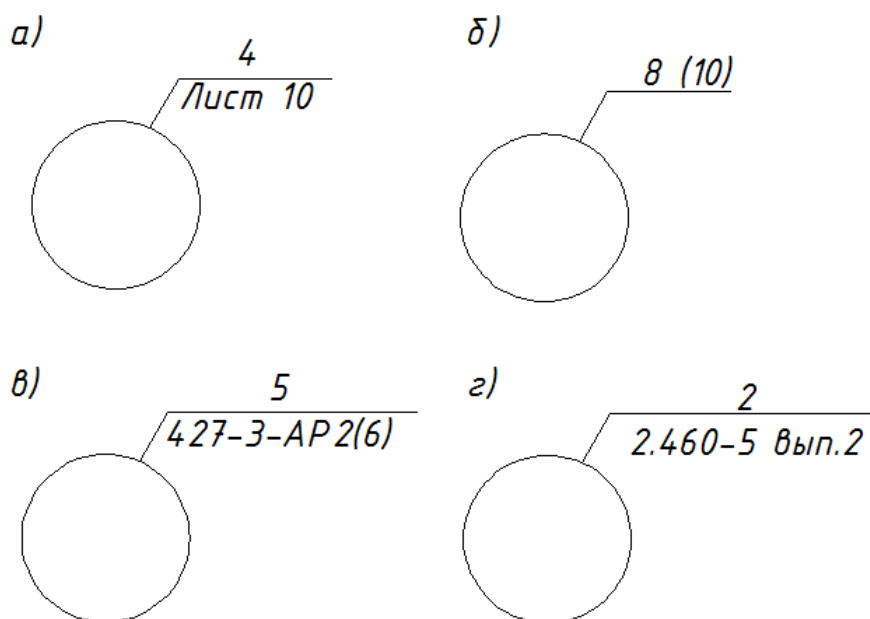


Рис. 9.22. Обозначение выносных элементов.

При необходимости ссылки на узел, помещенный в другом основном комплекте чертежей или на типовой узел, указывают обозначение и номер листа соответствующего основного комплекта чертежей, как показано на рисунке 9.22в), или серию чертежей типовых узлов и номер выпуска, как показано на рисунке 9.22г).

При необходимости ссылки на узел в сечении, ее выполняют, как показано на рисунке 9.23.

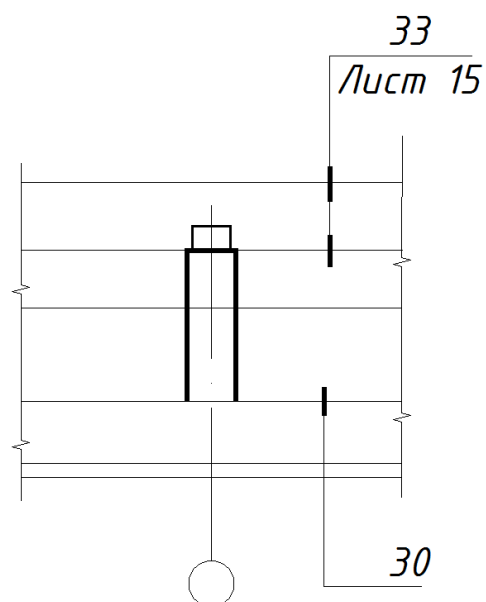


Рис. 9.23.

Над изображением узла указывают в кружке его порядковый номер (рисунок 9.24 а) или 9.24 б)).

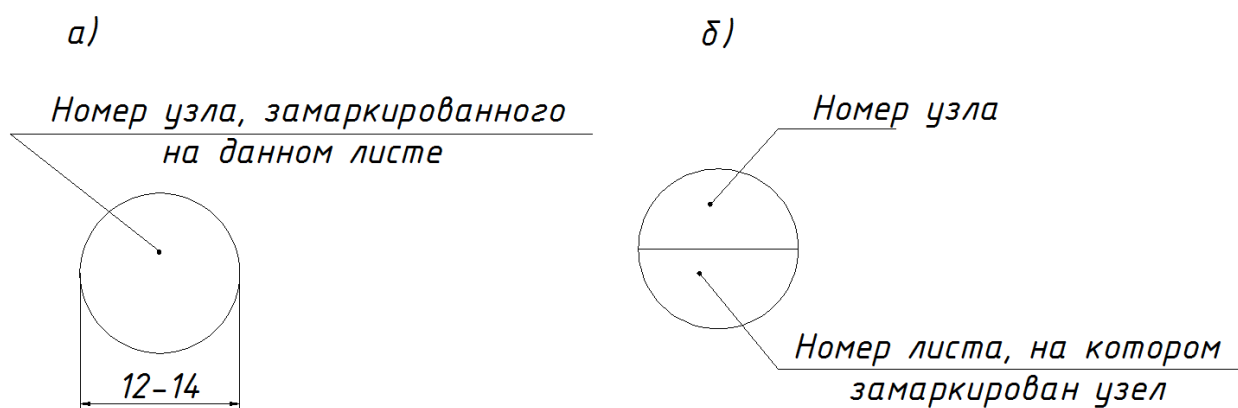


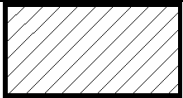
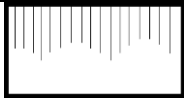
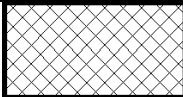




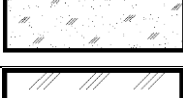
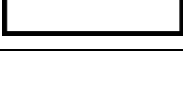
Рис. 9.24.

Узлу, являющемуся полным зеркальным отражением другого (основного) исполнения, присваивают тот же порядковый номер, что и основному исполнению, с добавлением индекса «н».

При оформлении чертежей выносных элементов используют штриховку материалов в сечении по ГОСТ 2.306-68 (табл. 4).



Таблица 4

Материал	Обозначение	
	в разрезе	на виде
Металлы и твердые сплавы, композиционные материалы (в том числе железобетонные конструкции)		
Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные		
Древесина		
Камень естественный		
Керамика и силикатные материалы для кладки		
Бетон		
Засыпка из любого материала		
Грунт естественный		

Примеры выполнения узлов (выносных элементов) приведены на рисунках 9.25 – 9.29.

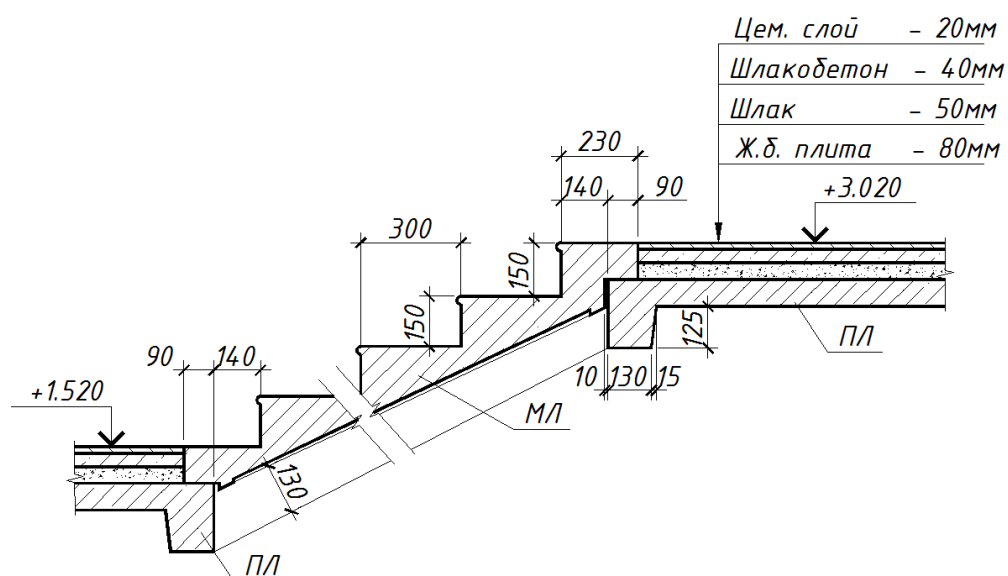


Рис. 9.25. Узел сопряжения лестничного марша с лестничными площадками

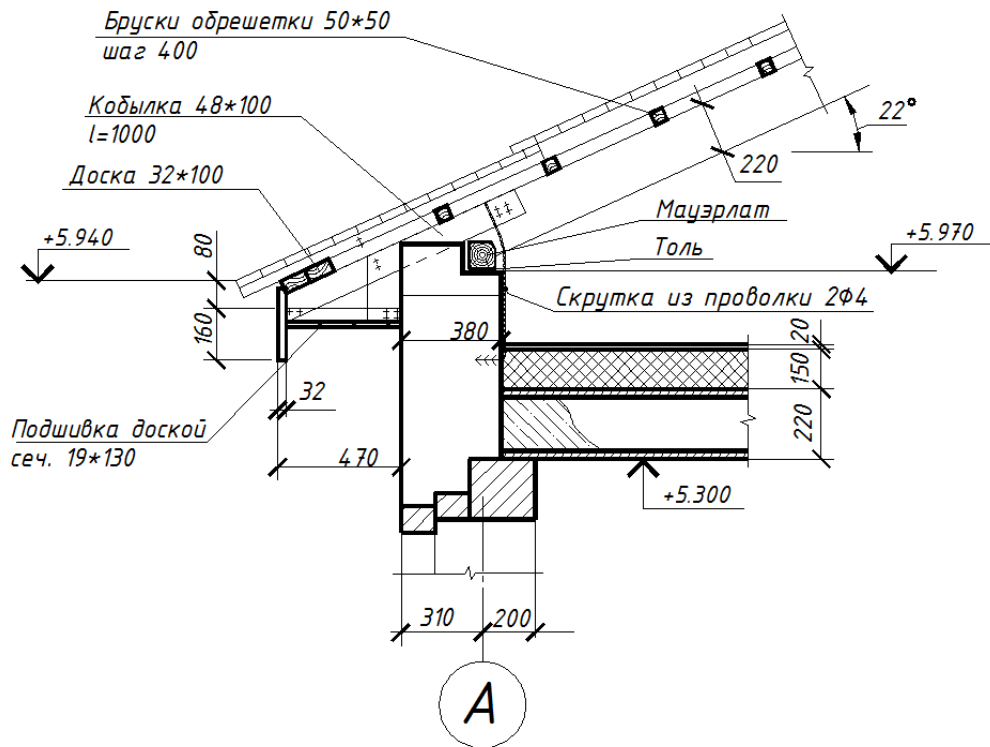


Рис. 9.26. Узел кровли жилого дома

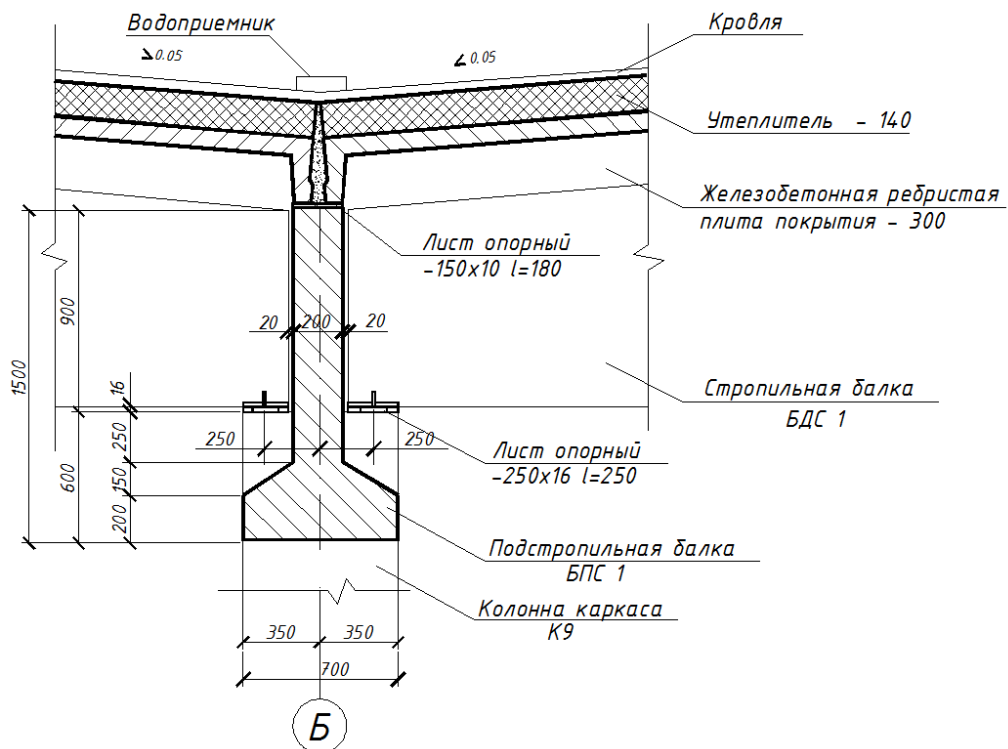


Рис. 9.27. Узел сопряжения стропильных и подстропильных конструкций промышленного здания

Чистый пол из досок	-29
Лага (80x30) через 500	-30
Подкладка	-20
Толь	
Кирпичный столбик	-140
Бетонная подготовка	-80
Подсыпка уплотненная	

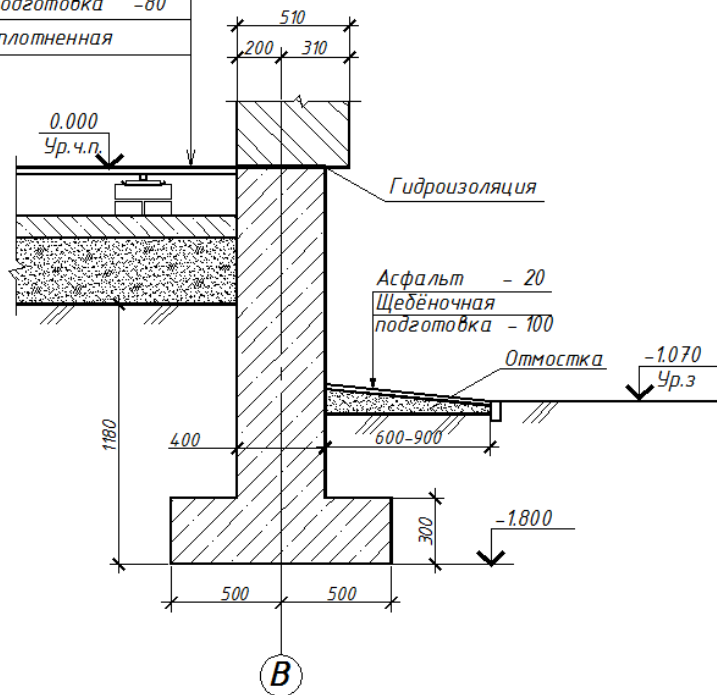


Рис. 9.28. Узел фундамента жилого дома

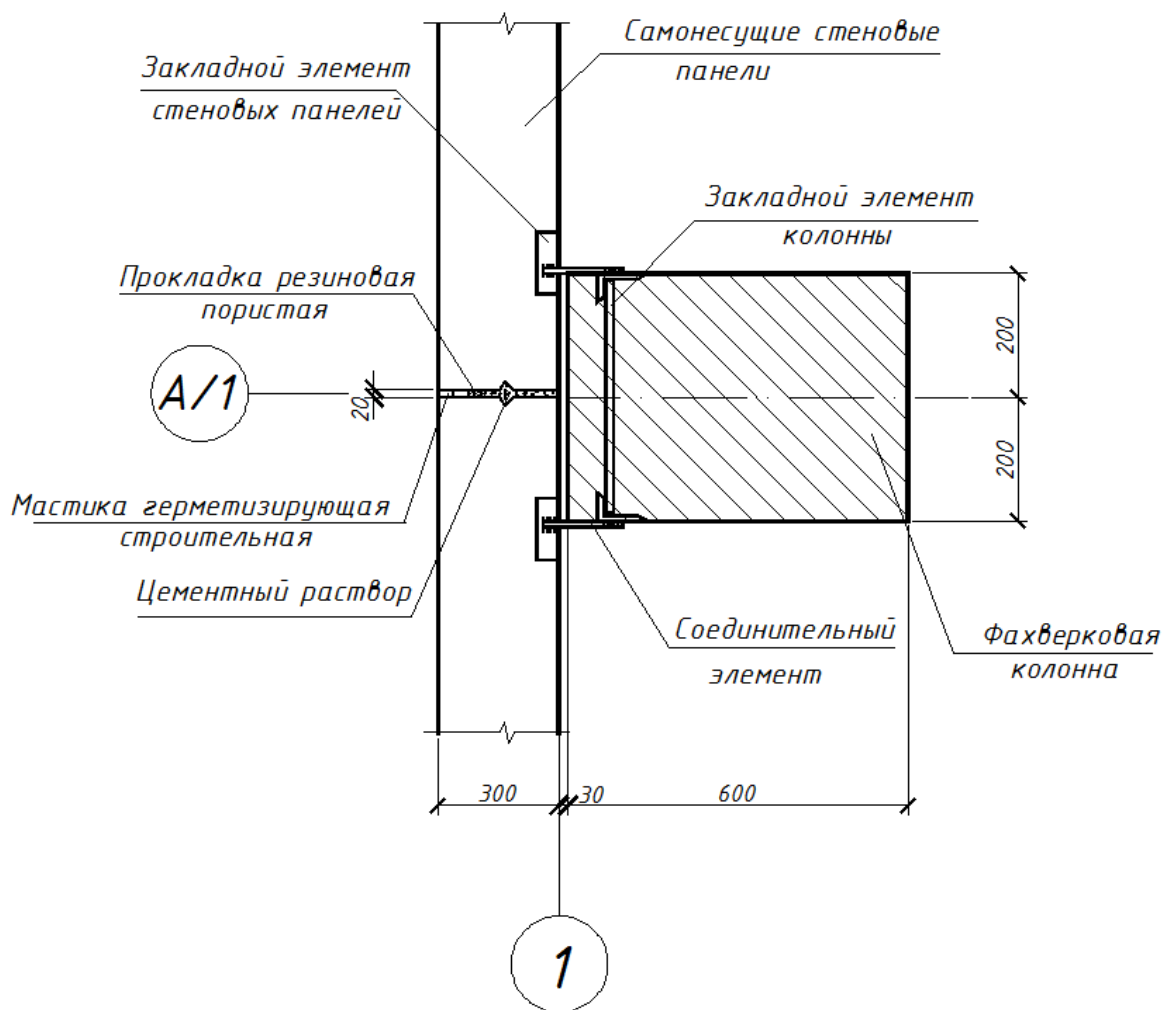


Рис. 9.29. Узел сопряжения фахверковой колонны со стеновыми панелями (план)

#### Табличная документация

При выполнении рабочих чертежей составляется табличная документация в виде спецификаций, ведомостей, экспликаций.

К планам этажей выполняют:

- ведомость перемычек;
- спецификацию выполнения элементов оконных, дверных и др проемов, замаркированных на планах, разрезах, фасадах;
- спецификацию выполнения сборных перегородок;
- спецификацию выполнения перемычек;
- другие ведомости по необходимости.

На листе, где изображены фасады, приводят ведомость отделки фасадов. К планам полов составляют экспликацию полов. К плану кровли составляют спецификацию, в которую записывают элементы устройства кровли. Формы таблиц, их размеры определяет ГОСТ СПДС.

Форма и пример заполнения экспликации полов приведены на рис. 31.

### Экспликация полов

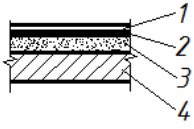
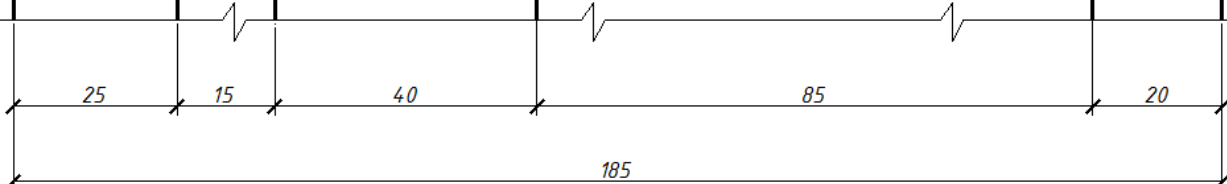
Наименование или номер помещения по проекту	Тип пола по проекту	Схема пола или номер узла по серии	Элементы пола и их толщина	Площадь пола, м <sup>2</sup>
Наименование или номер помещения по проекту	1		1. Покрытие - линолеум ПР на теплоизоляционной основе ГОСТ 18108-80	8,5
			2. Прослойка - мастика битумно-резиновая МБР-90 ГОСТ 15836-79 - 2мм	
			3. Стяжка - цементно-песчаный раствор М150 - 20мм	
			4. Железобетонная плита	
				

Рис. 9.30. Пример заполнения экспликации полов

## 9.12. Нормоконтроль проектной документации

Нормоконтролю подлежит проектная документация на всех стадиях проектирования, а также изменения, внесенные в ранее разработанную и выданную проектную документацию. Проведение нормоконтроля должно быть направлено на:

— обеспечение соблюдения при разработке проектной документации требований действующих технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации (далее — ТНПА) по проектированию и строительству (СНБ1.02.05-97, СНБ1.03.02-96). Состав, порядок разработки и согласования проектной документации в строительстве;

- обеспечение правильности оформления проектной документации в соответствии с требованиями ТНПА;

- достижение в проектах зданий, сооружений и конструкций высокого уровня стандартизации и унификации на основе повторного применения ранее разработанных проектов и проектных решений, стандартизованных и типовых конструкций, изделий и узлов;

- обеспечение комплектности проектной документации, передаваемой заказчику, в объеме, установленном СНБ 1.03.02 и стандартами СПДС.

Содержание работ по нормоконтролю приведено в таблице 5.

Таблица 5

Виды документов	Что проверяется
<p>1. Проектная документация на строительство на всех стадиях разработки</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие обозначений, присвоенных проектным документам, установленной системе обозначений проектной документации и смет;</li> <li>- комплектность и состав проектной документации;</li> <li>- правильность выполнения основной надписи;</li> <li>- правильность примененных сокращений слов;</li> <li>- наличие и правильность ссылок на ТНПА;</li> <li>- правильность выполнения проектной документации в соответствии со стандартами СПДС;</li> <li>- возможность сокращения объема проектной документации</li> </ul>
<p>2. Проект (строительный проект), рабочие чертежи изделий и конструкций</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- данные, указанные в строке 1 настоящей таблицы;</li> <li>- правильность использования проектов для повторного применения в строительстве, типовых проектов, проектных решений, конструкций и узлов. Возможность замены индивидуальных конструкций, изделий и узлов типовыми, стандартизованными или ранее разработанными;</li> <li>- соответствие предусмотренного в проектной документации оборудования указанному в действующих каталогах;</li> <li>- правильность наименований и обозначений изделий и материалов;</li> <li>- правильность нанесения номеров позиций на сборочных чертежах, марок оборудования и элементов конструкций на схемах их расположения</li> </ul>
<p>3. Ведомости, спецификации и другие таблицы</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- данные, указанные в строке 1 (исключая перечисление б) настоящей таблицы;</li> <li>- соблюдение правил заполнения форм ведомостей, спецификаций и других таблиц;</li> <li>- правильность наименований и обозначений изделий, материалов и документов, записанных в ведомостях, спецификациях и других таблицах</li> </ul>

## ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Для успешной работы на практических занятиях студент должен подготовиться по заданной теме: изучить материал по конспекту лекций и учебнику, отвечать на вопросы по изучаемой теме, знать алгоритмы решения типовых задач. Для успешной подготовки к практическим занятиям приводится перечень основной и дополнительной литературы, в том числе разработанной на кафедре «Инженерная графика строительного профиля» БНТУ.

### Расчетно-графические индивидуальные задания

В разделе изложена методика выполнения студентами специальности «Экономика и организация производства (строительство)» индивидуальных расчетно-графических работ (РГР) по инженерной графике. Материалы раздела включают:

- требования к оформлению расчетно-графических работ (РГР);
- методические указания по их выполнению;
- алгоритмы решения типовых задач;
- примеры оформления индивидуальных заданий (РГР);
- образец условий индивидуального задания (РГР);
- список рекомендованной литературы.

Дисциплина «Инженерная графика» состоит из трех структурно и методически согласованных разделов:

- основы начертательной геометрии;
- проекционное черчение;
- строительное черчение.

# 1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

## 1.1. Форматы, основные надписи

В зависимости от раздела дисциплины графическое оформление РГР должно соответствовать требованиям стандартов ЕСКД и СПДС. Работы выполняют на чертежной бумаге формата А3 (420 x 297) или А4 (210 x 297) с помощью чертежных инструментов, с соблюдением всех требований, предъявляемых к оформлению чертежей по ГОСТам ЕСКД в части «Общие правила оформления выполнения чертежей» [1-5].

На формате А3 или А4 наносят рамку поля чертежа на расстоянии 20мм слева и по 5мм справа, сверху и снизу (рис.1) [2].

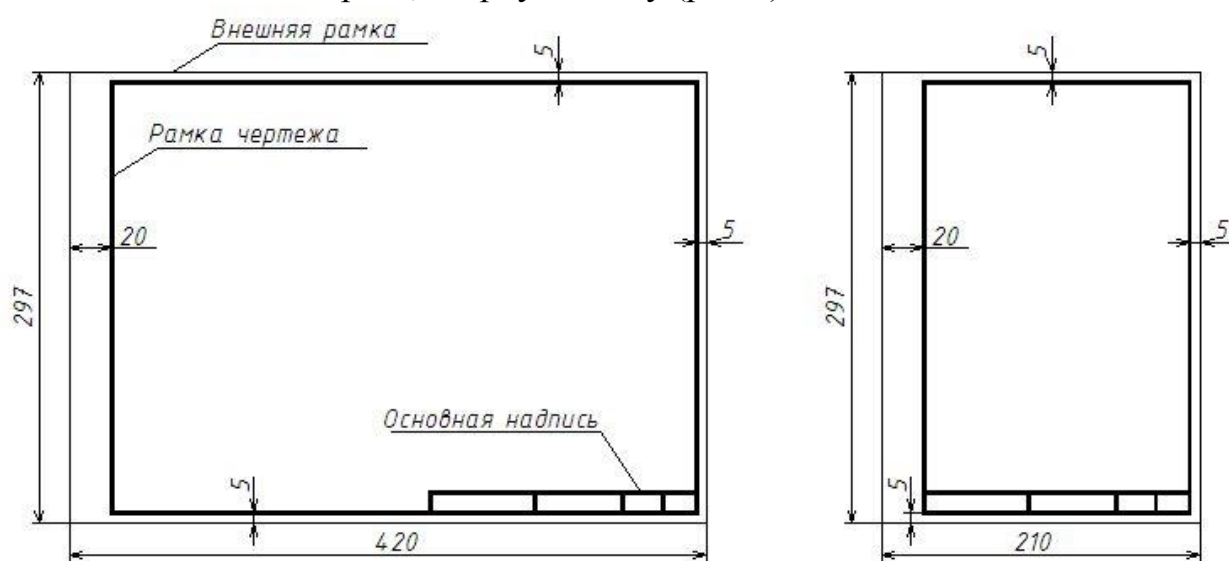


Рис. 1.



В правом нижнем углу вычерчивают основную надпись. На индивидуальном задании раздела «Основы начертательной геометрии» основная надпись выполняется по образцу на рис.2.

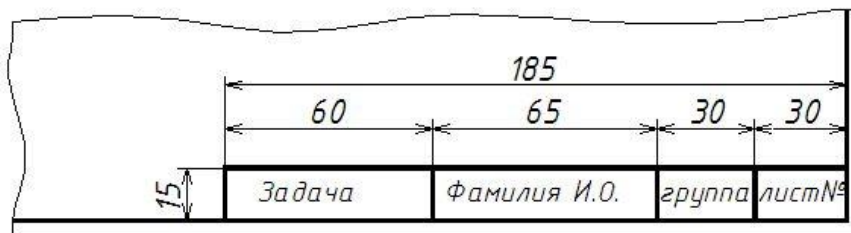


Рис. 2.

На индивидуальном задании раздела «Проекционное черчение» основная надпись выполняется по образцу (рис.3) согласно ГОСТ 2.104 - 2006. [1]

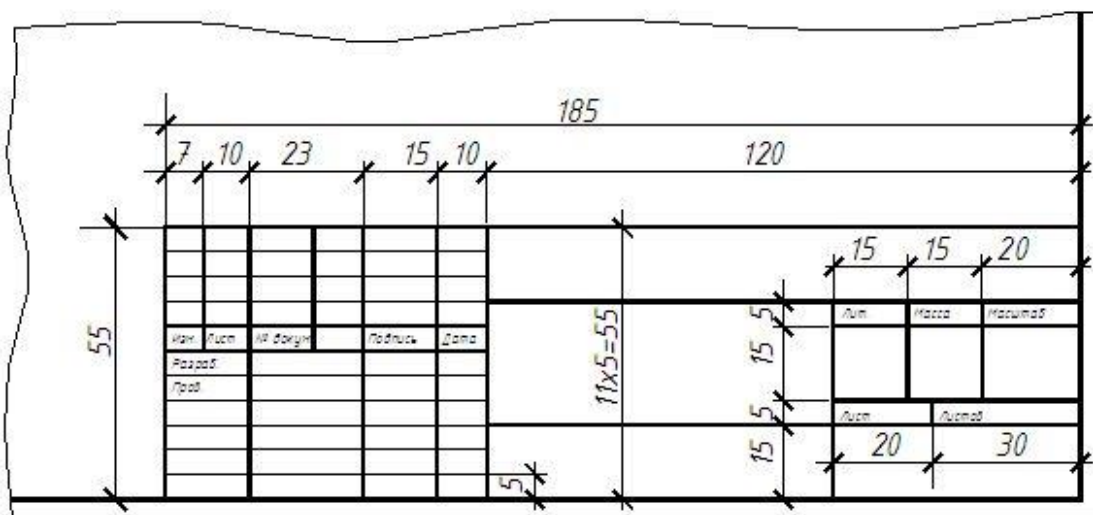


Рис. 3.

На индивидуальном задании раздела «Строительное черчение» основная надпись выполняется по образцу рис.4 по ГОСТ 21. 101-97. [10]

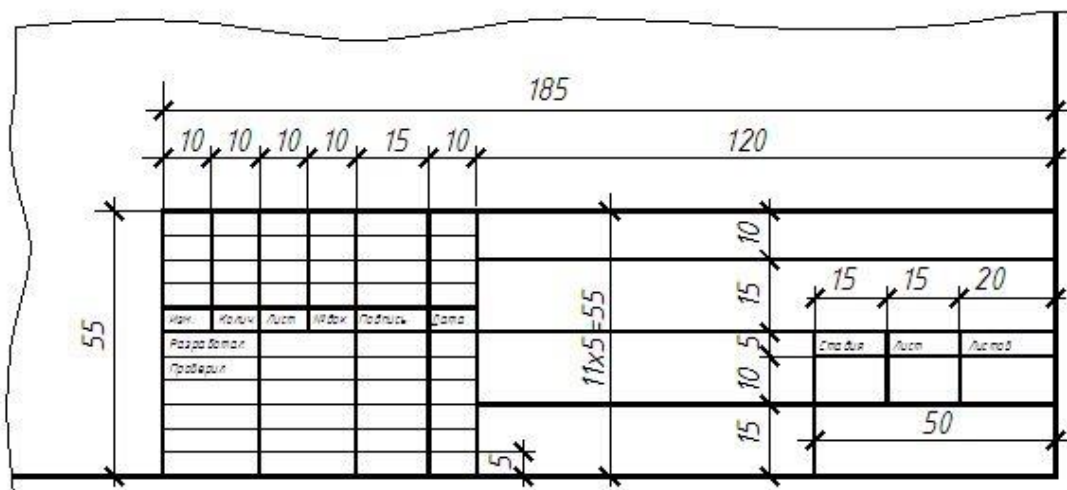


Рис. 4.

## 1.2. Типы линий

При выполнении чертежей применяют линии различного начертания и толщины, предусмотренные ГОСТ 2.303-68. [4]

Задания выполняются карандашом с помощью чертежных инструментов, вначале тонкими линиями, которые, после окончательной проверки решения задачи преподавателем, обводятся. При оформлении чертежа нужно стремиться к тому, чтобы все линии и надписи на чертеже были одной яркости.

Рекомендуется использовать:

- линии видимого контура - **основная сплошная** (толщиной  $S$  (0,8 ... 1 мм) );
- линии невидимого контура - **штриховая** ( $S/3 = 0,3$  мм);
- осевые, центровые - **штрихпунктирная** ( $S/3 = 0,3$  мм);
- линии вспомогательных построений и линии связи, размерные, выносные, линии штриховки - **сплошная тонкая** ( $S/3 = 0,3$  мм);
- линии разграничения вида и разреза - **сплошная волнистая, сплошная тонкая с изломом** ( $S/3 = 0,3$  мм)
- линии сечений - **разомкнутая** ( $1,5 S = 1,5$  мм).

## 1.3. Шрифты чертежные

Все *надписи* на чертежах следует выполнять шрифтом по ГОСТ 2.304-81 [5] с соблюдением наклона и размеров букв, цифр и знаков. Основным параметром чертежного шрифта является его размер  $h$  - высота прописных букв в миллиметрах, измеренная по перпендикуляру к основанию строки. Ширина букв  $g$  определяется отношением к толщине  $d$  линии шрифта, например,  $g=6d$ . Толщина линии шрифта  $d$  определяется в зависимости от типа и размера шрифта, например,  $d=(1/10)h$  (рис. 5).

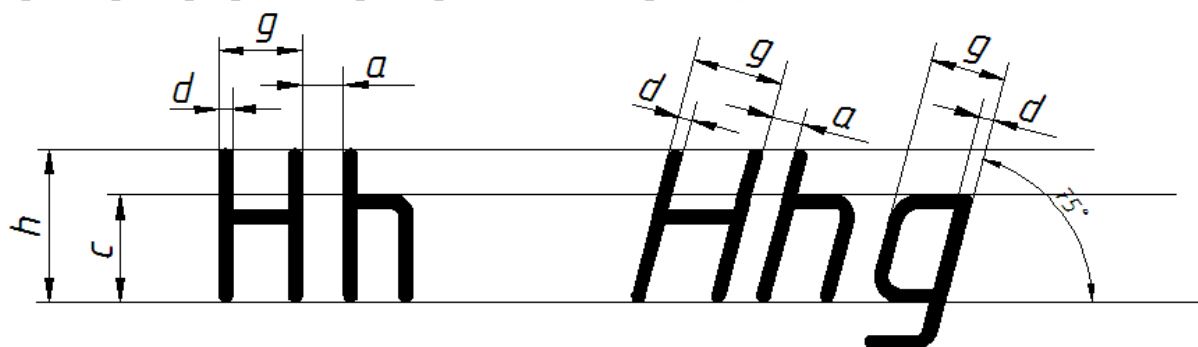


Рис. 5

В зависимости от отношения толщины линии шрифта  $d$  к размеру  $h$  установлены типы шрифта: тип А - при  $d=(1/14)h$  (с наклоном и без наклона); тип Б - при  $d=(1/10)h$  (с наклоном и без наклона). Для шрифта с наклоном

принимают наклон линий вправо под углом  $75^\circ$  к строке. При выполнении РГР рекомендуется использовать наклонный тип Б.

#### 1.4. Масштабы изображений. Компонировка изображений на формате. Оформление альбома индивидуальных заданий (РГР)

Индивидуальные задания (РГР) выполняются в следующих масштабах:

- по начертательной геометрии в масштабе 1:1;
- по проекционному черчению в масштабе 1:1;
- по строительному черчению в масштабе 1:50.

Задачи компонуются так, чтобы изображения равномерно располагались на формате и вычерчиваются в проекционной связи. Изображения выполняются по методу прямоугольного проецирования, перспектива - по методу центрального проецирования. На одном листе формата А3 может быть размещено 2 задачи.

Графические задания, подписанные преподавателем, в конце семестра необходимо оформить в альбом РГР с *титульным листом* формата А3 (420x297). Пример оформления титульного листа приведен в приложении (образец 1). При оформлении альбома все графические задания должны быть сложены по порядку. Все построения на чертежах следует сохранять. После оформления допуска к экзамену студент предоставляет альбом РГР на экзамен.

#### 1.5. Обозначения и символы

##### 1.5.1. Обозначения геометрических фигур и их проекций

- Декартова система координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , начало координат  $O$ .
- Плоскости проекций обозначаются:
  - $\Pi_1$  - горизонтальная плоскость проекций;
  - $\Pi_2$  - фронтальная плоскость проекций;
  - $\Pi_3$  - профильная плоскость проекций.
- Точки, расположенные в пространстве, обозначаются прописными буквами латинского алфавита:
  - A, B, C, D . . . L, M, N...
- Прямые общего положения обозначаются строчными буквами латинского алфавита:
  - a, b, c, d . . . l, m, n...
- Линии уровня обозначаются:
  - $h$  - горизонталь;  $f$  - фронталь.
- Поверхности и заданные плоскости обозначаются прописными буквами греческого алфавита:
  - A, B, Г, Δ... P, Σ, Υ...

• Проекции точек, прямых, заданных плоскостей и поверхностей обозначаются теми же буквами, что и оригинал с добавлением индекса плоскости проекций:

$A_1, B_1...; a_1, b_1...; \Delta_1, \Sigma_1...$  - горизонтальные проекции;

$A_2, B_2...; a_2, b_2...; \Delta_2, \Sigma_2...$  - фронтальные проекции;

$A_3, B_3...; a_3, b_3...; \Delta_3, \Sigma_3...$  - профильные проекции.

### 1.5.2. Символы, обозначающие отношения между геометрическими фигурами

1.  $\equiv$  - совпадают.

$(AB) \equiv (CD)$  - прямая, проходящая через точки  $A$  и  $B$ , совпадает с прямой, проходящей через точки  $C$  и  $D$ .

2.  $\cong$  - конгруэнтны.

$B_1C_1 \cong BC$  - горизонтальная проекция отрезка конгруэнтна его натуральной длине.

3.  $//$  - параллельны.

$a // b$  - прямая  $a$  параллельна прямой  $b$ .

4.  $\perp$  - перпендикулярны.

$m \perp n$  - прямая  $m$  перпендикулярна прямой  $n$ .

5.  $\overset{\circ}{\cap}$  - скрещиваются.

$a \overset{\circ}{\cap} b$  - прямые  $a$  и  $b$  скрещиваются.

### 1.5.3. Обозначения теорико-множественных логических операций

1.  $\in$  - принадлежит, является элементом.

$A \in m$  - точка  $A$  принадлежит прямой  $m$  (т.  $A$  лежит на прямой  $m$ )

$n \ni B$  - прямая  $n$  проходит через точку  $B$ .

2.  $\subset$  - включает, содержит.

$a \subset \Gamma$  - прямая  $a$  принадлежит плоскости  $\Gamma$ .

$\Delta \supset b$  - плоскость  $\Delta$  проходит через прямую  $b$ .

3.  $\cup$  - объединение множеств.

$ABC = [AB] \cup [BC]$  - ломаная линия  $ABC$  есть объединение отрезков  $[AB]$  и  $[BC]$ .

4.  $\cap$  - пересечение множеств.

$K = a \cap b$  - точка  $K$  есть результат пересечения прямых  $a$  и  $b$ .

5.  $\wedge$  - конъюнкция предложений; соответствует союзу "и".

6.  $\vee$  - дизъюнкция предложений; соответствует союзу "или".

7.  $\Rightarrow$  - импликация - логическое следствие.

$a // b \Rightarrow a_1 // b_1 \wedge a_2 // b_2$  - если прямые  $a$  и  $b$  параллельны, то их одноименные проекции так же параллельны.

# ОСНОВЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

## 2. ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

В основе построения изображений (проекций) лежит метод прямоугольного проецирования на три плоскости проекций:  $\Pi_1$  - горизонтальную,  $\Pi_2$  - фронтальную и  $\Pi_3$  - профильную плоскости проекций. Точка  $A(x, y, z)$  на эюре Монжа задают двумя проекциями  $A_1(x_A, y_A, )$ ,  $A_2(x_A, z_A)$ , третья проекция  $A_3(y_A, z_A)$ , строят по двум заданным (рис. 6).

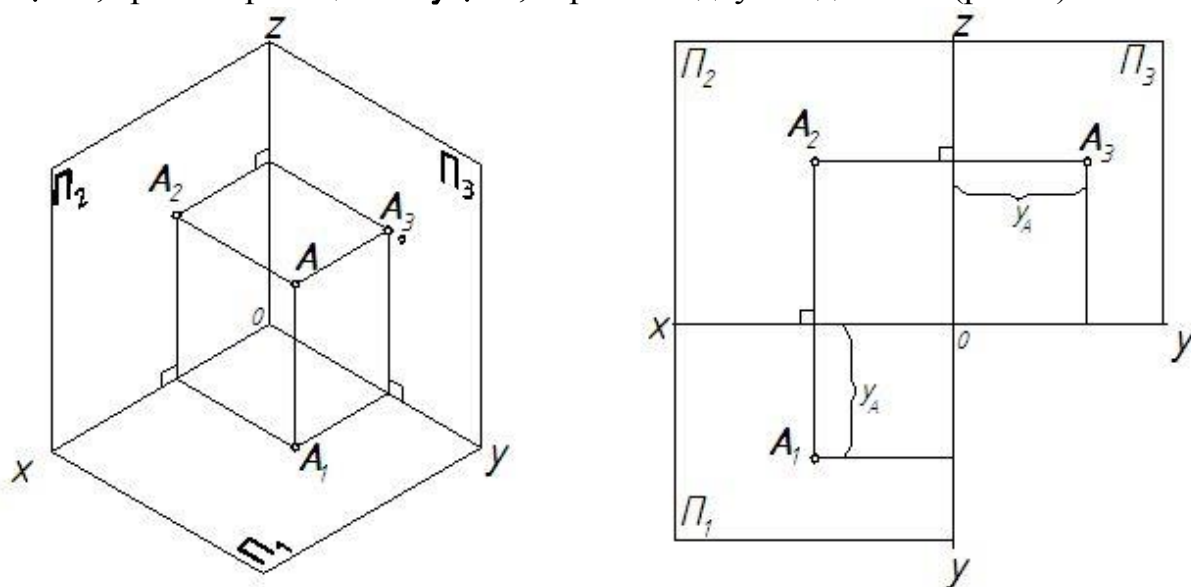


Рис. 6

Перед выполнением РГР необходимо изучить соответствующую тему по конспекту, рекомендованной преподавателем литературе [13-24], выполнить аудиторные задания [25]. Индивидуальные расчетно-графические задания выполняются студентом самостоятельно. Самостоятельная работа включает:

- систематическую проработку и закрепление лекционного материала. Для этого используются конспекты лекций [19,20], учебники, в том числе электронные, рекомендованные преподавателем так, как слушая лекцию, студенты достигают только восприятия, понимания учебного материала, но не его полного усвоения;
- подготовку к практическим занятиям, используя учебно-методические разработки кафедры, включающие вопросы для самоконтроля [21-25];
- выполнение индивидуальных домашних расчетно-графических работ (РГР), используя методические рекомендации по их выполнению, которые включают алгоритмы решения задач по темам;
- подготовку к текущим контрольным работам;
- подготовку к экзамену.

РГР включает выполнение восьми заданий. Образцы выполнения заданий приведены в приложении. Пример выдаваемого студенту индивидуального задания приведен в приложении на образце 2.

Принадлежность точки и линии поверхности. Задание 1

**Задание 1** - «Построить три проекции заданных поверхностей и проекции заданных на них линий». Задание состоит из пяти задач.

При решении задач задания нужно исходить из следующих основных положений:

- по положению относительно плоскостей проекций поверхности можно разделить на две группы: проецирующие и общего положения. В зависимости от этого выбирается *алгоритм* решения конкретной задачи;
- поверхность является проецирующей относительно той плоскости проекций, которой перпендикулярны образующие цилиндрической или ребра гранной поверхности. Проецирующая поверхность имеет вырожденную проекцию - линию: ломанную или кривую (рис.7). Следовательно проецирующей может быть только цилиндрическая или призматическая поверхности;

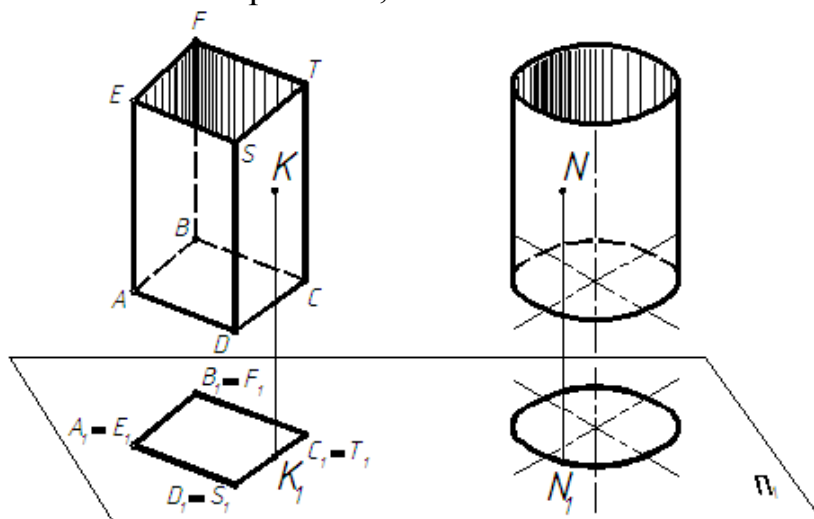


Рис. 7

- все остальные поверхности, проекции которых - плоские фигуры это поверхности общего положения (рис. 8).

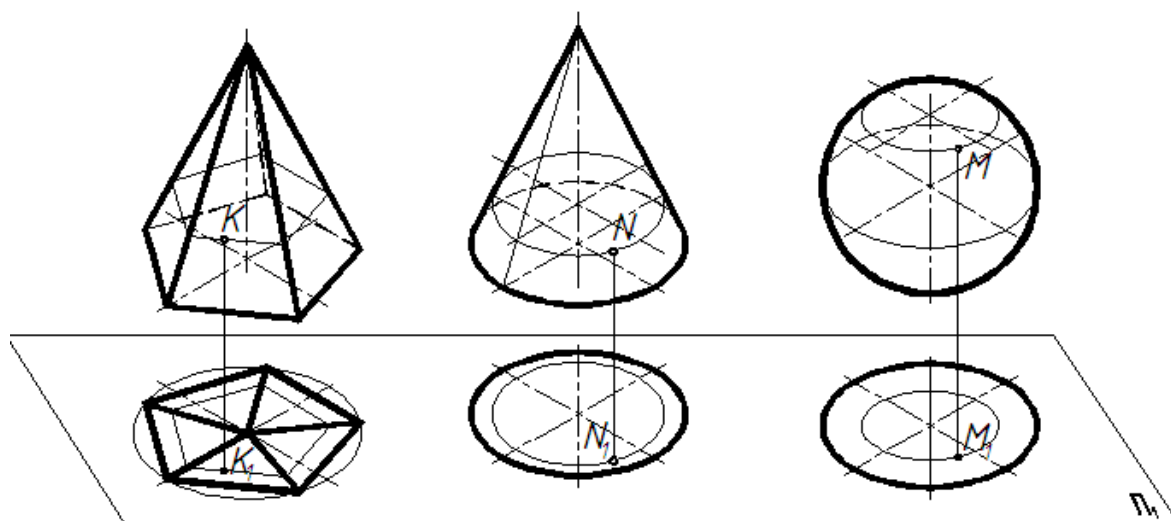


Рис.8

Общий план решения задач 1.1 - 1.5 задания 1:

- а) провести анализ заданной поверхности;
- б) проанализировать характер линий на поверхности (прямая или кривая);
  - для построения проекции произвольной линии, принадлежащей поверхности, необходимо построить проекции множества точек этой линии, среди которых характерные (экстремумы, граничные, точки на линиях симметрии кривой) и промежуточные (любая на поверхности) точки;
  - для построения прямой линии достаточно двух точек;
- в) построить проекции линий на поверхности в соответствии с положением поверхности относительно плоскостей проекций;
- г) определить видимость проекций линии на поверхности и оформить задачи.

### 2.1.1. Проецирующие поверхности. Призма, цилиндр

Обратить внимание на то, что боковая поверхность геометрической фигуры проецирующая и, следовательно, ее вырожденная проекция обладает собирательным свойством.

- Построение проекций точки, принадлежащей проецирующей поверхности, не требует введения вспомогательных линий на поверхности, так как соответствующие ее проекции всегда расположены на вырожденной проекции данной поверхности. Следовательно, необходимо обозначить две проекции точки, а недостающую построить (рис. 9)

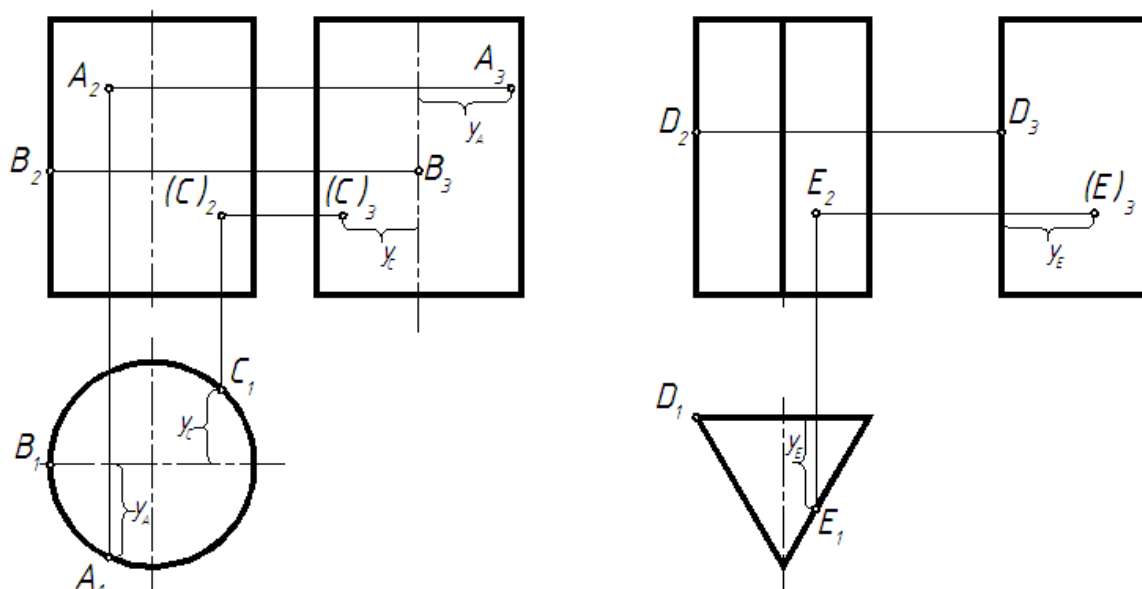


Рис. 9.

**Задачи 1.1 и 1.2.** Построить три проекции прямой призмы и прямого кругового цилиндра и линии на ее поверхности. Определить видимость проекций линии с учетом того, что поверхность, которой она принадлежит, непрозрачна.

Алгоритм решения задач 1.1 и 1.2:

- компоновать на листе формата А3 размещение задач 1.1 и 1.2 (см. приложение);
- вычертить в соответствии с индивидуальным вариантом задания две заданные проекции поверхности в масштабе 1:1 и построить профильную проекцию;
- построить недостающие проекции линии, принадлежащей поверхности с учетом того, что боковая поверхность проецирующая и на эюре есть вырожденная проекция (окружность или ломаная на  $\Pi_1$ );
- установить видимость проекций линий на поверхности.

Пример выполнения задач 1.1 и 1.2 приведен на образце 3 в приложении.

### 2.1.2. Поверхности общего положения. Пирамида, конус, сфера

- Точка принадлежит поверхности, если она принадлежит линии поверхности.
- Чтобы построить недостающую проекцию точки, принадлежащей поверхности, необходимо:
  - через заданную проекцию точки провести одноименную проекцию вспомогательной линии поверхности;
  - построить вторую проекцию проведенной линии исходя из принадлежности линии данной поверхности;



- на построенной проекции вспомогательной линии отметить искомую проекцию точки.

• В качестве вспомогательных линий, принадлежащих поверхности, выбирают графически простые линии: прямые или параллели-окружности. Для гранных поверхностей это прямые на гранях. Для линейчатых поверхностей это образующие поверхности - прямые линии. Для поверхностей вращения - параллели-окружности (рис.10).

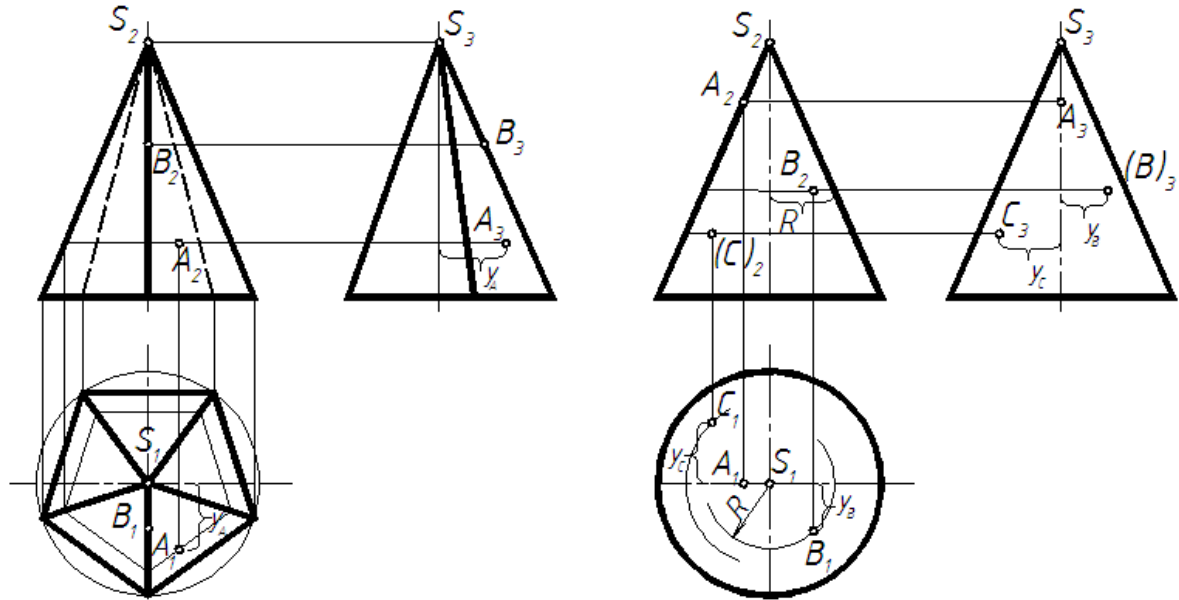


Рис.10

• Чтобы построить проекции линии, принадлежащей поверхности, необходимо построить проекции множества точек этой линии среди которых характерные (экстремумы, граничные, точки на линиях симметрии кривой) и промежуточные (любая точка на поверхности) точки.

• Если задана одна проекция линии, принадлежащей поверхности, то решение задачи на построение второй проекции этой линии сводится к следующему:

- на заданной проекции линии намечают проекции характерных и промежуточных точек.

- через проекции отмеченных точек проводят одноименные проекции вспомогательных линий поверхности;

- строят вторую проекцию вспомогательных линий поверхности и находят проекции отмеченных точек;

- соединяют построенные проекции точек с учетом их видимости.

- по двум проекциям строят третью.

Проекция линии видима если она принадлежит видимой на этой плоскости проекций части поверхности.

**Задачи 1.3 - 1.5.** Построить три проекции пирамиды, конуса и сферы с нанесенной на эту поверхность линией. Определить видимость линии,

учитывая, что поверхность непрозрачная. Задачу решить с помощью прямых на гранях (для пирамиды) и параллелей (для конуса и сферы).

Алгоритм решения задач 1.3 - 1.5:

- компоновать на листе формата А3 размещение задач 1.3 и 1.4, а на листе формата А4 - задачу 1.5 (см. приложение);
- вычертить в соответствии с индивидуальным вариантом две проекции;
- наметить базы для построения профильной проекции и построить третью проекцию;
- нанести заданную проекцию линии на поверхности и построить недостающие проекции линии, принадлежащей поверхности, используя вспомогательные линии на поверхности;
- установить видимость проекций линии.

Пример выполнения задач 1.3 и 1.4 приведен на образце 4, а задачи 1.5 - на образце 5 приложения.

## 2.2. Пересечение (поверхностей) геометрических фигур. Задание 2

**Задание 2** - «Построить пересечение двух поверхностей вращения общего положения». Данную задачу необходимо решить в трех проекциях на формате А3 с использованием плоскостей-посредников (см. образец 6 приложения).

Алгоритм решения задания 2:

- рассмотрим, например, пересечение прямого усеченного кругового конуса и сферической поверхности;
- проводим анализ пересекающихся (поверхностей) фигур: конус и сфера являются фигурами общего положения, следовательно, для решения задачи необходимо использовать плоскости-посредники, так как параллели-окружности обеих поверхностей находятся в горизонтальных плоскостях (рис.11а);
- результатом пересечения является пространственная кривая, которая строится по точкам, среди которых характерные и промежуточные;
- для получения точек экстремумов вводим фронтальную плоскость посредник  $\Delta$ , совпадающую с плоскостью симметрии обеих поверхностей. Она пересекает конус и сферу по очеркам, таким образом получаем проекции точек экстремумов  $M(M_I)$  и  $N(N_I)$ (рис.11б);

а) б)

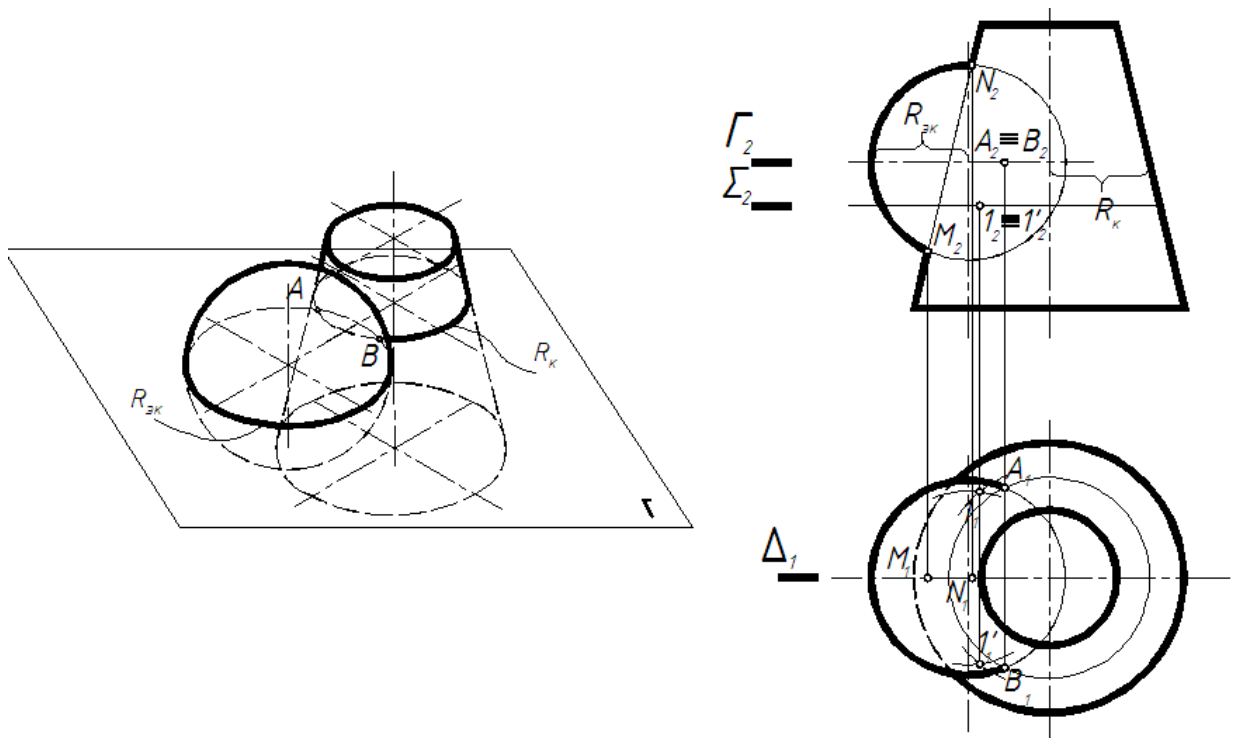


Рис. 11

- для получения граничных точек воспользуемся горизонтальной плоскостью  $\Gamma$ , проходящей через экватор сферы. Следовательно,  $\Gamma$  пересекает сферу по экватору  $R_{эк}$ , а конус по окружности, радиусом  $R_k$ . Результатом пересечения двух окружностей  $R_{эк}$  и  $R_k$  будут проекции граничных точек  $A(A_1)$  и  $B(B_1)$  (рис.11б). Используя вертикальные линии связи получаем их фронтальные проекции  $A_2$  и  $B_2$ ;

- любые промежуточные точки пересечения заданных поверхностей получаем, используя горизонтальные плоскости-посредники расположенные в диапазоне от самой низкой до самой высокой точки на линии пересечения, например плоскость  $\Sigma$  (рис.11.);

- проекции точек на проекциях пространственной кривой пересечения поверхностей соединяем лекальной кривой;

- определяем видимость: при оформлении задания используем сплошную (видимый контур) и штриховую (невидимый контур) линии. Пример выполнения задачи приведен на образце 6 в приложении.

### 2.3. Метрические задачи. Задание 3

**Задание 3** - «Решить метрические задачи». Задание состоит из четырех задач. Четыре метрические задачи разместить по две на двух форматах А3.

Метрические задачи следует решать способом замены плоскостей-проекций. Этот способ является одним из самых простых для понимания и наглядным. Сущность этого метода приведена в [20,22]. Все метрические задачи сводятся к четырем основным :

- преобразование прямой общего положения в прямую уровня - первая основная задача (рис. 12. ( $\Pi_1/\Pi_4$ ));
- преобразование прямой общего положения в проецирующую прямую - вторая основная задача (рис. 12. ( $\Pi_4/\Pi_5$ ));

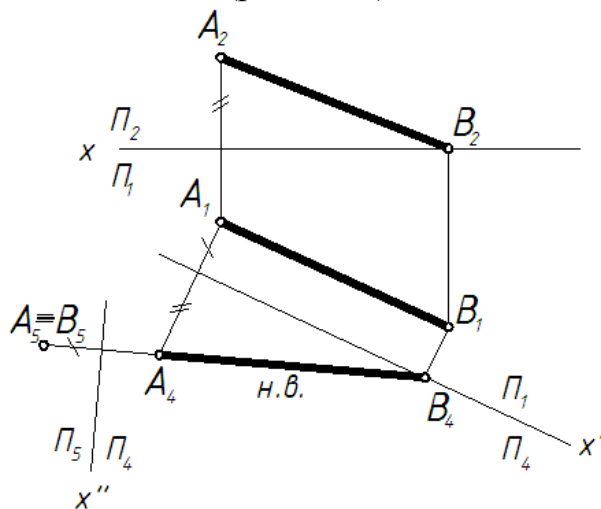


Рис.12

- преобразование плоскости общего положения до проецирующей плоскости - третья основная задача (рис. 13. ( $\Pi_1/\Pi_4$ ));
- преобразование плоскости общего положения до плоскости уровня - четвертая основная задача (рис. 13. ( $\Pi_4/\Pi_5$ )).

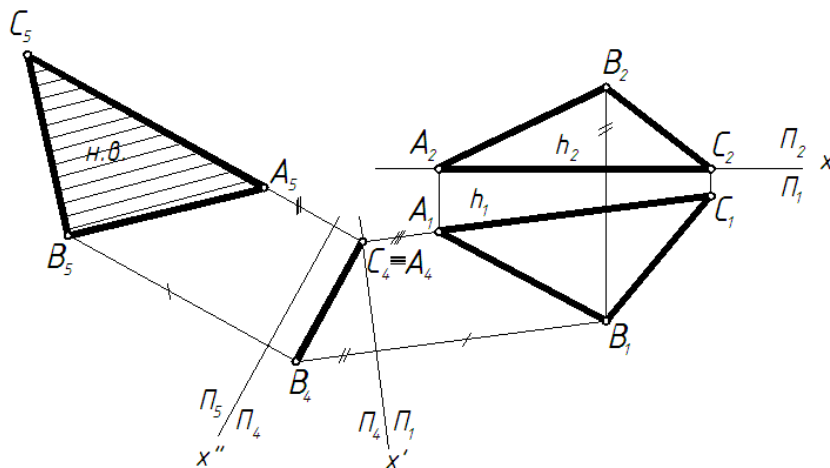


Рис. 13

### 2.3.1. Определение натуральной величины

**Задача 3.1.** Найти натуральную величину треугольника  $ABC$ . Задачу выполнить на формате А3 в левой части поля чертежа (см. образец 7 в приложении).

Алгоритм решения задачи 3.1:

- предусмотреть размещение задач 3.1 и 3.2. на одном листе формата А3;
- вычертить в соответствии с индивидуальным вариантом задания две проекции треугольника  $ABC$ ;
- задача сводится к четвертой основной задаче и решается за две замены;
  - если заменяется  $\Pi_2$  на  $\Pi_4$ , то необходимо построить горизонталь  $h$  (или фронталь  $f$  при замене  $\Pi_1$  на  $\Pi_5$ ) плоскости треугольника  $ABC$  (удобно провести ее через одну из вершин треугольника);
  - первая замена плоскости проекций  $\Pi_2$  на  $\Pi_4$  дает систему  $\Pi_1/\Pi_4$ , в которой треугольник  $ABC$  становится проецирующим, т.е. имеет вырожденную проекцию (новую ось  $x'$  провести перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали  $h_1$  (или фронтальной проекции фронтали  $f_2$ ));
  - вторая замена  $\Pi_1$  на  $\Pi_5$  позволяет преобразовать чертеж так, что плоскость треугольника расположится параллельно горизонтальной плоскости проекций  $\Pi_5$  и на ней получим натуральную величину треугольника (ось  $x''$  провести параллельно новой фронтальной проекции плоскости  $ABC$ );
  - $A_5B_5C_5$  является натуральной величиной треугольника  $ABC$ .

### 2.3.2. Определение расстояния от точки до плоскости

**Задача 3.2.** Определить расстояние от точки  $S$  до плоскости треугольника  $ABC$ . Задачу выполнить на том же формате, где решена задача 3.1 ( см. образец 7 приложения).

Алгоритм решения задачи 3.2:

- вычертить две проекции треугольника  $ABC$  и точки  $S$  правее задачи 3.1;
- построить фронталь  $f$  плоскости (удобно провести ее через одну из вершин треугольника);
- задача сводится к третьей основной задаче и решается за одну замену;
- замена плоскости проекций  $\Pi_1$  на  $\Pi_5$  дает систему  $\Pi_2/\Pi_5$ , в которой треугольник  $ABC$  становится проецирующим в линию (новую ось  $x'$  провести перпендикулярно фронтальной проекции фронтали);

- для определения натуральной величины расстояния от точки  $S$  до плоскости  $ABC$  опускаем перпендикуляр из  $S_5$  на вырожденную проекцию треугольника  $A_5B_5C_5$ , получаем искомый отрезок  $S_5N_5$ ;
- проекции расстояния  $SN$  необходимо вернуть в первоначальную систему  $\Pi_2 / \Pi_1$ : определяем фронтальную проекцию отрезка  $S_2N_2$ , а затем и горизонтальную проекцию отрезка  $S_1N_1$ .

### 2.3.3. Определение расстояния между скрещивающимися прямыми

#### Задача 3.3

Определить расстояние между скрещивающимися прямыми  $AS$  и  $BC$ . Задачу выполнить на формате А3 в левой части поля чертежа (см. образец 8 в приложении).

#### Алгоритм решения задачи 3.3:

- предусмотреть размещение задач 3.3 и 3.4. на одном листе формата А3;
- кратчайшее расстояние между скрещивающимися прямыми измеряется по направлению общего перпендикуляра, который будет располагаться параллельно плоскости проекций в том случае, если одна из прямых будет расположена перпендикулярна этой плоскости проекций;
- задача сводится ко второй основной задаче и решается за две замены;
- так как обе скрещивающиеся прямые занимают общее положение, то выбор прямой, которую необходимо расположить перпендикулярно плоскости проекций, зависит только от компоновки задачи на листе бумаги;
- первая замена плоскости проекций  $\Pi_2$  на  $\Pi_4$  (новую ось  $x'$  провести параллельно горизонтальной проекции прямой  $BC$ ) дает систему, в которой прямая  $BC$  параллельна вновь введенной плоскости;
- вторая замена  $\Pi_1$  на  $\Pi_5$  позволяет расположить прямую перпендикулярно горизонтальной плоскости  $\Pi_5$  (ось  $x''$  провести перпендикулярно новой фронтальной проекции прямой  $BC$ );
- натуральная величина расстояния между прямыми  $AS$  и  $BC$  - отрезок прямой  $MN$  ( $M_5N_5$ );
- проекции отрезка  $MN$  нужно вернуть в первоначальную систему  $\Pi_2 / \Pi_1$ .

### 2.3.4. Определение величины двугранного угла

#### Задача 3.4

Определить величину двугранного угла  $SABC$  при ребре  $AB$ .

Задачу выполнить рядом с задачей 3.3 (см. образец 8 в приложении).

#### Алгоритм решения задачи 3.4:

- вычертить две проекции треугольников  $ABC$  и  $ABS$  правее задачи 3.3;
- если общее ребро  $AB$  двух треугольников расположить перпендикулярно плоскости проекций, то оба треугольника проецируются в

прямые, которые образуют линейный угол, измеряющий заданный двухгранный угол;

- задача сводится ко второй основной задаче;
- ребро  $AB$  первой заменой  $\Pi_1$  на  $\Pi_5$  располагаем параллельно новой плоскости  $\Pi_5$ , выбор которой зависит только от компоновки задачи;
- вторая замена плоскости  $\Pi_2$  на  $\Pi_6$  позволяет решить задачу, расположив ребро  $AB$  перпендикулярно  $\Pi_6$ ;
- величина двугранного угла определяется углом  $\alpha$ .

#### 2.4. Комплексная задача. Задание 4

**Задание 4** - «*Определить натуральную величину сечения*». Задание решается в два этапа (см. образец 9 приложения):

- на первом этапе решается позиционная задача на пересечение составной поверхности проецирующей плоскостью  $\Gamma$ . Результатом пересечения является плоская линия, которая может состоять из элементов плоских кривых, а также ломанных (в случае наличия граничных поверхностей);
- на втором этапе решается метрическая задача, используя способ замены плоскостей проекций определяется натуральная величина сечения.

Алгоритм решения задания 4:

- на формате А3 по размерам вычертить условие задачи;
- построить линию пересечения фигуры заданной плоскостью  $\Gamma$ . Так как заданная плоскость фронтально-проецирующая, а составная поверхность может включать поверхности общего положения, то задача сводится ко второму случаю пересечения;
- обозначить вырожденную проекцию пересечения и по принадлежности к фигуре общего положения построить горизонтальную проекцию пересечения;
- по двум проекциям построить третью;
- определить натуральную величину сечения. Так как сечение находится в проецирующей плоскости, то для определения натуральной величины сечения достаточно выполнить одну замену;
- заменить плоскость  $\Pi_1$  на новую  $\Pi_5$ , новую ось  $x'$  расположить параллельно вырожденной проекции сечения  $\Gamma_2$ ;
- определить натуральную величину сечения на  $\Pi_5$ ;
- определить видимость проекций пересечения и фигур в пересечении.

#### 2.5. Построение линейной перспективы. Задание 5

**Задание 5** - «*Построить линейную перспективу*». Условие задачи предусматривает применение способа архитекторов с использованием точек схода параллельных прямых.

При решении задания нужно исходить из следующих основных положений:

- при выборе точки зрения и картинной плоскости для получения наглядного перспективного изображения необходимо выполнить следующие требования:

- угол зрения, образованный двумя лучами, соединяющими точку зрения с крайними точками плана, должен соответствовать углу наилучшего видения человеческого глаза, т. е. быть равным  $28^{\circ}$ -  $30^{\circ}$ ;

- картинная плоскость и плоскость главного фасада должны составлять угол равный  $20^{\circ}$ -  $30^{\circ}$ , чтобы обеспечить видимость главного и бокового фасада одновременно.

- перспективу прямой общего положения строят по двум точкам: картинному следу прямой - точке пересечения прямой с картиной и точке схода прямой - точке пересечения проецирующего луча, параллельного прямой, с картиной.

- если прямая принадлежит предметной плоскости, то картинный след прямой принадлежит линии земли, а точка схода - линии горизонта.

- если прямая перпендикулярна картине, то точкой схода прямой является главная точка картины.

- если прямая проходит через точку стояния, то в перспективе она параллельна главной линии картины.

- чтобы построить перспективу точки, необходимо через точку провести две вспомогательные прямые, построить перспективы этих прямых и в пересечении построенных перспектив прямых отметить перспективу точки.

- для построения перспективы вертикального отрезка используют способ "выноса" на картину.

Алгоритм решения задания 5:

Задачу выполнить на двух листах формата А3

- на первом листе формата А3 вычертить ортогональные проекции (план и фасад упрощенного здания) согласно индивидуальному варианту на формате А3, расположенном вертикально, увеличив условие в 4 раза;

- задать проекцию главной точки картины  $P1$ , построить проекцию главного луча, точку зрения  $C1$ , точки схода прямых  $F'$  и  $F''$  (фокусы);

- на втором листе формата А3, расположенном горизонтально, задать линию земли  $tt$ , линию горизонта  $hh$ , главную линию картины  $PP1$ , точки схода прямых  $F'$  и  $F''$ ;

- построить вторичную проекцию (перспективу плана) по методу архитекторов;

- построить перспективу объекта, используя для построения высот вертикальных линий вынос в картину;

- оформить задание - обвести линии видимого контура.

Пример выполнения приведен на образцах 10, 11 в приложении.



### 3. ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Чертежи деталей выполняют согласно стандартам единой системы конструкторской документации (ЕСКД), ориентированной в основном на выполнение машиностроительных чертежей.

#### 3.1. Изображения - виды, разрезы, сечения

**Задание 6** -«Выполнить чертежи деталей». Задание включает выполнение необходимых изображений (видов и разрезов) по двум проекциям (задача 6.1), и по аксонометрическому изображению (задача 6.2) на форматах А3 в масштабе 1:1, основную надпись по форме (рис. 3).

**Вид**- изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

**Разрез** - изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. [6, 7, 26, 27]

Последовательность выполнения задания:

1. На листе формата А3 вычертить две проекции по условию задачи 6.1. По двум проекциям построить третью - профильную проекцию.

2. Выполнить фронтальный разрез согласно ГОСТ 2.305 - 2008, при этом секущая плоскость должна совпадать с плоскостью симметрии детали. Если главный вид и фронтальный разрез симметричны, необходимо совместить половину главного вида с половиной фронтального разреза. В этом случае вид от разреза отделяет ось симметрии. В случае, когда на ось симметрии изображения проецируется линия видимого контура, то вид от разреза отделяет сплошная волнистая. При этом, как правило, разрезы располагают **справа от вертикальной** или **снизу от горизонтальной** оси симметрии.

На разрезе или его части выполняется штриховка наклонными параллельными линиями под углом  $45^\circ$  к линиям рамки чертежа; их наклон может выполняться влево или вправо, но **всегда в одну** и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали. Расстояние между параллельными линиями штриховки должно быть одинаковым, и для учебных чертежей это расстояние рекомендуется принимать равным 3...4 мм.

С части вида необходимо удалить линии невидимого контура, открытые на разрезе.

3. При необходимости выполнить горизонтальный разрез и, если возможно, совместить половину вида сверху с половиной горизонтального разреза.

4. Выполнить профильный разрез и соответственно, если возможно, совместить половину вида слева с половиной профильного разреза.

5. Обозначить необходимые разрезы. Разрезы обозначают и надписывают буквами русского алфавита в алфавитной последовательности. **Исключение из правила:** если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии детали, то разрез не обозначают и не надписывают.

6. Нанести размеры:

- а) габаритные размеры: длину, ширину, высоту изделия;
- б) размеры формы всех элементов детали, например, ширину и глубину паза, диаметр отверстия и т.п.;
- в) размеры положения всех элементов детали, например, положения паза, положения отверстия - расстояние от торцов детали в двух координатных направлениях.

При выполнении чертежей изделий необходимо руководствоваться следующими правилами:

- не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях;
- размеры на чертежах не допускается наносить в виде замкнутой цепи, за исключением случаев, когда один из размеров указан как справочный;
- не допускается разрывать линию контура для нанесения размерного числа и наносить размерные числа в местах пересечения размерных осевых или центровых линий. В месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают;
- не допускается наносить размеры от линий **невидимого** контура, за исключением случаев, когда отпадает необходимость в вычерчивании дополнительного изображения;
- размеры внутренних и наружных элементов по возможности следует располагать по разные стороны изображения;
- размеры диаметров тел вращения рекомендуется наносить на изображениях, где тело вращения не изображено окружностью (сечения, размеры).

8. Оформить задание.

### 3.2. Аксонометрические проекции

**Задание 7 - «Построить стандартную аксонометрическую проекцию».** Аксонометрические проекции выполняют в соответствии с [8, 26]. Задание 7 выполняют по условию задачи 6.1.

Алгоритм решения задания 7:

- выбрать одну из пяти стандартных аксонометрий, которая даст наиболее наглядное изображение: определить направление аксонометрических осей, величины приведенных коэффициентов искажения по этим осям;
- на листе формата задать аксонометрические оси;
- построить вторичную проекцию (аксонометрию горизонтальной проекции) детали;

- построить аксонометрическую проекцию (каждую точку поднять на заданную высоту);
- выполнить на изображении четвертной вырез;
- выполнить штриховку в аксонометрии ;
- обвести линии видимого контура (см. образец 13 в приложении).

#### 4. СТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Архитектурно-строительные чертежи выполняют согласно стандартам системы проектной документации для строительства. При выполнении архитектурно-строительных чертежей используются условные обозначения и изображения, приведенные в стандартах СПДС, СТБ, СНБ [9 -12].

Рабочие чертежи, предназначенные для производства строительно-монтажных работ, объединяют в комплекты по маркам. Марки основного комплекта рабочих чертежей регламентирует ГОСТ 21.101 - 93, их указывают в основной надписи.

Состав и правила оформления чертежей комплекта марки *АС* устанавливает ГОСТ 21.501 - 93.

Составы основных комплектов рабочих чертежей устанавливаются соответствующими стандартами СПДС в зависимости от вида строительно-монтажных работ. В состав основного комплекта рабочих чертежей марки *АС* включают: планы этажей, в том числе подвала и технического подполья; разрезы; фасады; план кровли и т.д.

**Задание 8** - «Выполнить план, архитектурный разрез и фасад двухэтажного жилого здания». Архитектурно - строительные чертежи включают выполнение плана, архитектурного разреза, фасада двухэтажного жилого здания на формате А1 в масштабе 1:50, использовать основную надпись приведенную на рис. 4.

Последовательность выполнения задания 8:

1. Закомпоновать на листе формата А1 план, разрез, фасад жилого здания (см. образец 14 в приложении).

2. В нижней левой части формата вычертить в соответствии с индивидуальным вариантом *план* заданного этажа здания в масштабе 1:50.

*План* - горизонтальный разрез здания, при этом секущая плоскость должна проходить по оконным и дверным проемам данного этажа. Планы зданий располагают, как правило, длинной стороной вдоль горизонтальной стороны листа.

Последовательность выполнения плана этажа здания. На планах зданий изображают, наносят и указывают:

а) координационные оси здания, определяющие расположение основных несущих и ограждающих конструкций здания, а также членение плана здания на основные элементы, наносят на изображение

штрихпунктирными тонкими линиями(см. образец 14 в приложении) и обозначают - продольные прописными буквами русского алфавита *А,Б,В,Г...* и поперечные арабскими цифрами *1,2,3,4,5...* шрифтом *h7*. Последовательность цифровых и буквенных обозначений координационных осей принимают по плану слева направо и снизу вверх. Обозначения координационных осей, как правило, наносят по левой и нижней сторонам плана здания. При несовпадении координационных осей с противоположных сторон плана, обозначения указанных осей в местах расхождения, дополнительно наносят по верхней и (или) правой сторонам;

б) расстояния между ближайшими координационными осями и между крайними осями (все размеры наносят в мм чертежным шрифтом *h3,5*);

в) несущие, ограждающие (стены, перегородки) конструкции, их размеры и *привязки*(размеры, указывающие на положение конструкции относительно

координационной оси);

г) все проемы (оконные, дверные), отверстия, борозды, ниши и гнезда стенах и перегородках с необходимыми размерами и привязками;

д) отметки участков, расположенных на разных уровнях (в метрах с точностью до мм);

е) условные изображения санитарно-технических устройств по ГОСТ 21.205-93;

ж) площади помещений в квадратных метрах с двумя знаками после запятой без указания размерности в нижнем правом углу каждого помещения, например: *21,15*. Размер шрифта в 1,5 ... 2 раза больше размерных чисел *h7*;

з) положение секущей плоскости для выполнения вертикального разреза. В рабочих чертежах направление взгляда для продольных и поперечных разрезов принимают, как правило, по плану снизу вверх и справа налево.

При нанесении размеров вместо стрелок используют засечки (толстые линии), угол наклона которых  $45^\circ$ . Размеры наносят цепочками.

Планы зданий необходимо надписывать. В названиях планов здания указывают отметку чистого пола этажа, номер этажа или обозначение соответствующей секущей плоскости, например: *План на отм. 0,000, План 1 этажа, План 2,4,6,8 этажей*. При этом названия изображений располагают над изображениями.

При оформлении плана используют осевые (координационные оси), основные (элементы в секущей плоскости) и тонкие линии (элементы, которые находятся за секущей плоскостью).

3. В верхней правой части формата вычертить в соответствии с индивидуальным вариантом поперечный архитектурный *разрез* здания в масштабе 1:50.

На строительных чертежах под разрезами понимают вертикальные *разрезы*. Они могут быть поперечными и продольными. При выполнении разреза здания положение мнимой вертикальной плоскости разреза

принимают, как правило, с таким расчетом, чтобы проемы оказались в секущей плоскости. Количество вертикальных разрезов (продольных, поперечных) определяют, исходя из изменений вертикальной планировки объектов.

Последовательность выполнения поперечного разреза здания. На разрезах наносят и указывают:

а) координационные оси здания в соответствии с планом, положением секущей плоскости разреза и направлением взгляда, а также расстояния между ближайшими и крайними осями;

б) линии характерных уровней: пола первого этажа (нулевая отметка), земли (отрицательная отметка), пола второго этажа (положительная отметка), конька здания, учитывая, что отметки уровней задают в метрах;

в) контуры разреза: стены, перекрытия, перегородки, лестничные площадки;

г) оконные, дверные проемы;

д) лестничную клетку с разбивкой лестничных маршей;

е) линейные размеры, в том числе привязки;

ж) отметки уровней: отметки уровня земли, чистого пола этажей и площадок; отметки низа несущих конструкций перекрытий и покрытия здания, карнизов, козырьков.

Разрезы необходимо надписывать. В названиях разрезов указывают обозначение соответствующей секущей плоскости, например: *Разрез 1-1*, *Разрез А-А*.

4. В верхней левой части формата в проекционной связи с планом и разрезом вычертить главный *фасад* в масштабе 1:50.

Фасад это один из видов здания. Последовательность выполнения фасада здания. На фасадах наносят и указывают:

а) координационные оси здания, проходящие в характерных местах фасадов, а именно: крайние, уступов в плане и перепада высот;

б) линию земли;

в) общий контур фасада;

г) оконные, дверные проемы, козырьки и т.п. элементы фасада;

д) отметки уровней: земли, входных площадок, низа и верха проемов, например: козырьков, выносных тамбуров. Отметки, как правило, наносят слева от изображения.

Фасады надписывают, например: *Фасад 1-5*, *Фасад А-В*. В названии фасада указывают обозначения крайних координационных осей здания слева - направо.

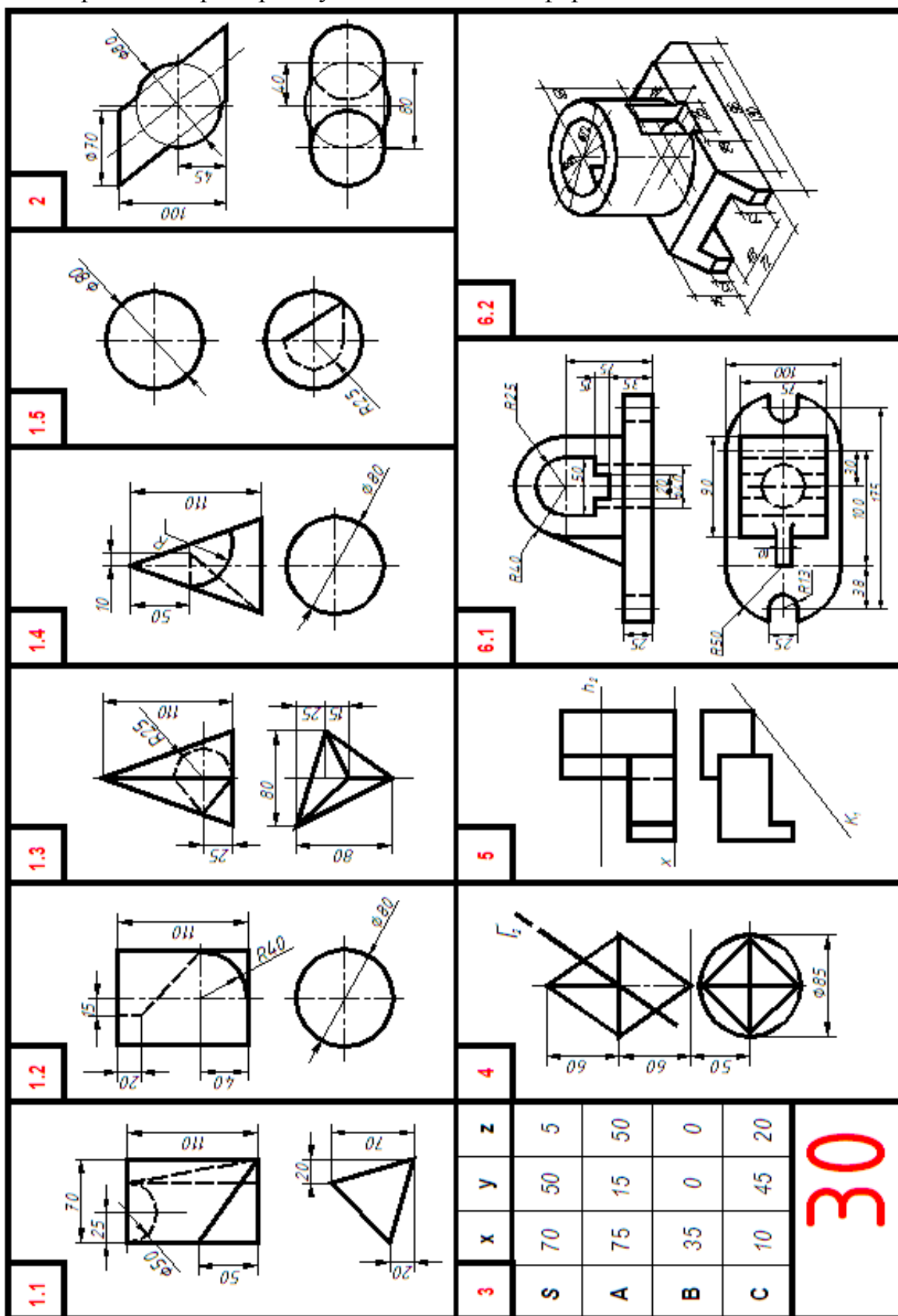
Фасад вычерчивают тонкими линиями, а линию земли - утолщенной.

5. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ  
ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ ПО «ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ» (РГР)

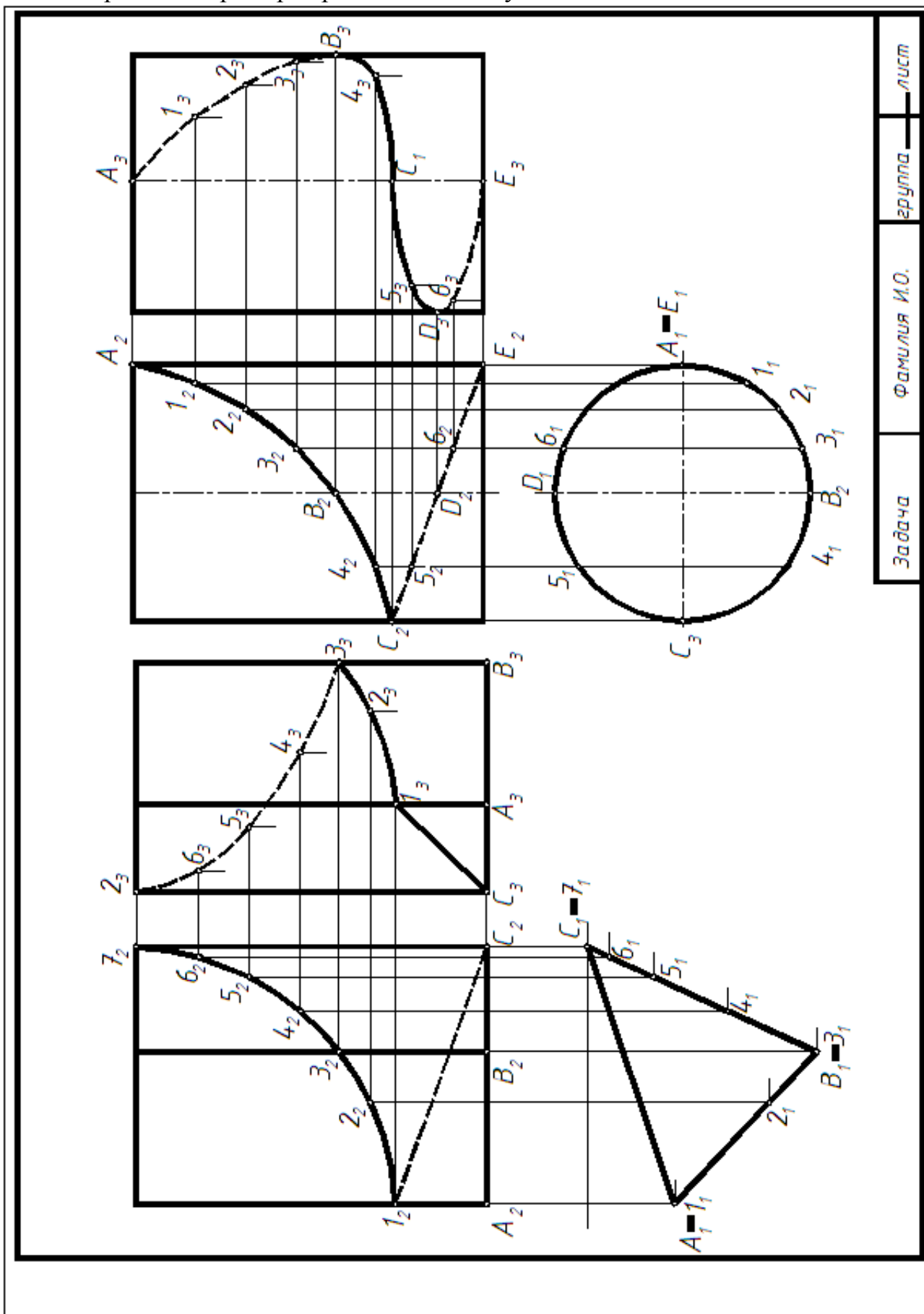
Приложение.

<p>Министерство образования Республики Беларусь БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ Кафедра "Инженерная графика строительного профиля"</p>	<p>ГРАФИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКЕ</p>	<p>Выполнил: студент СФ гр.112312 Сидоров И.И. Проверил: Шуберт И.М.</p>	<p>Минск 2013</p>
---	---	--	-------------------

Образец 1. Пример титульного листа для формата А3.



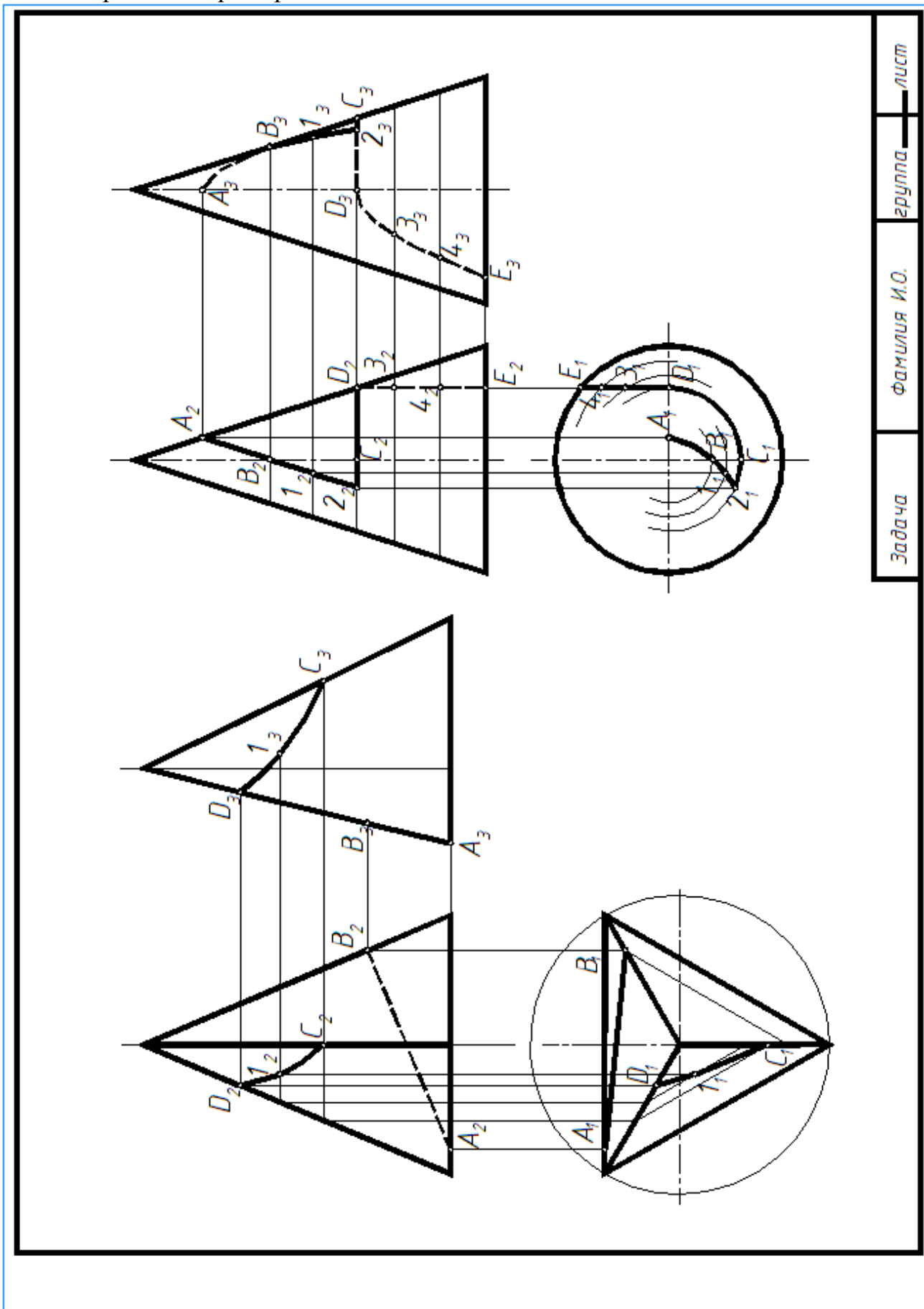
Образец 2. Пример варианта индивидуального задания.



Задача \_\_\_\_\_ Фамилия И.О. \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ лист \_\_\_\_\_

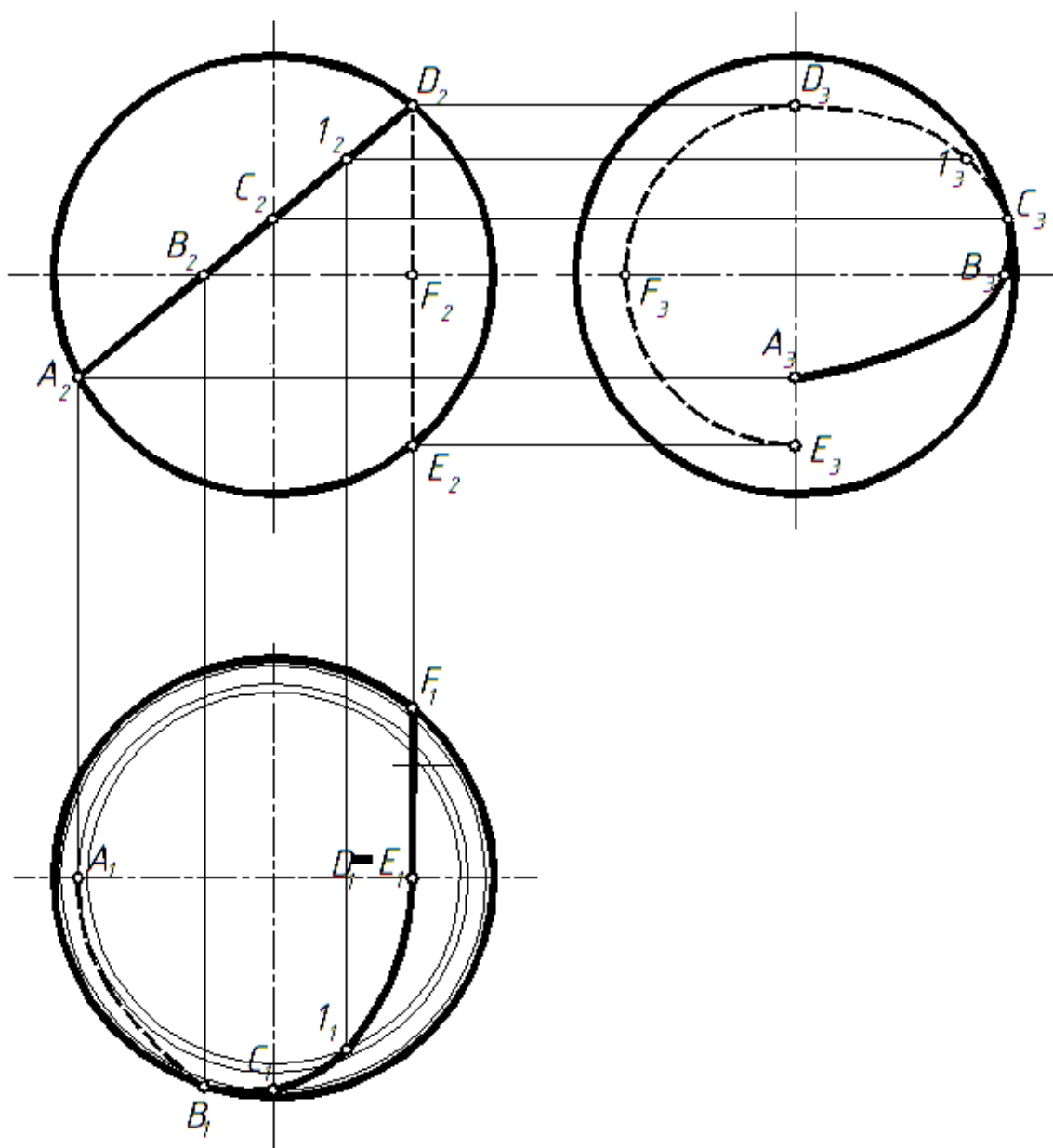


Образец 3. Пример выполнения задач 1.1 и 1.2



Задача \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ лист \_\_\_\_\_

Образец 4. Пример выполнения задач 1.3 и 1.4.



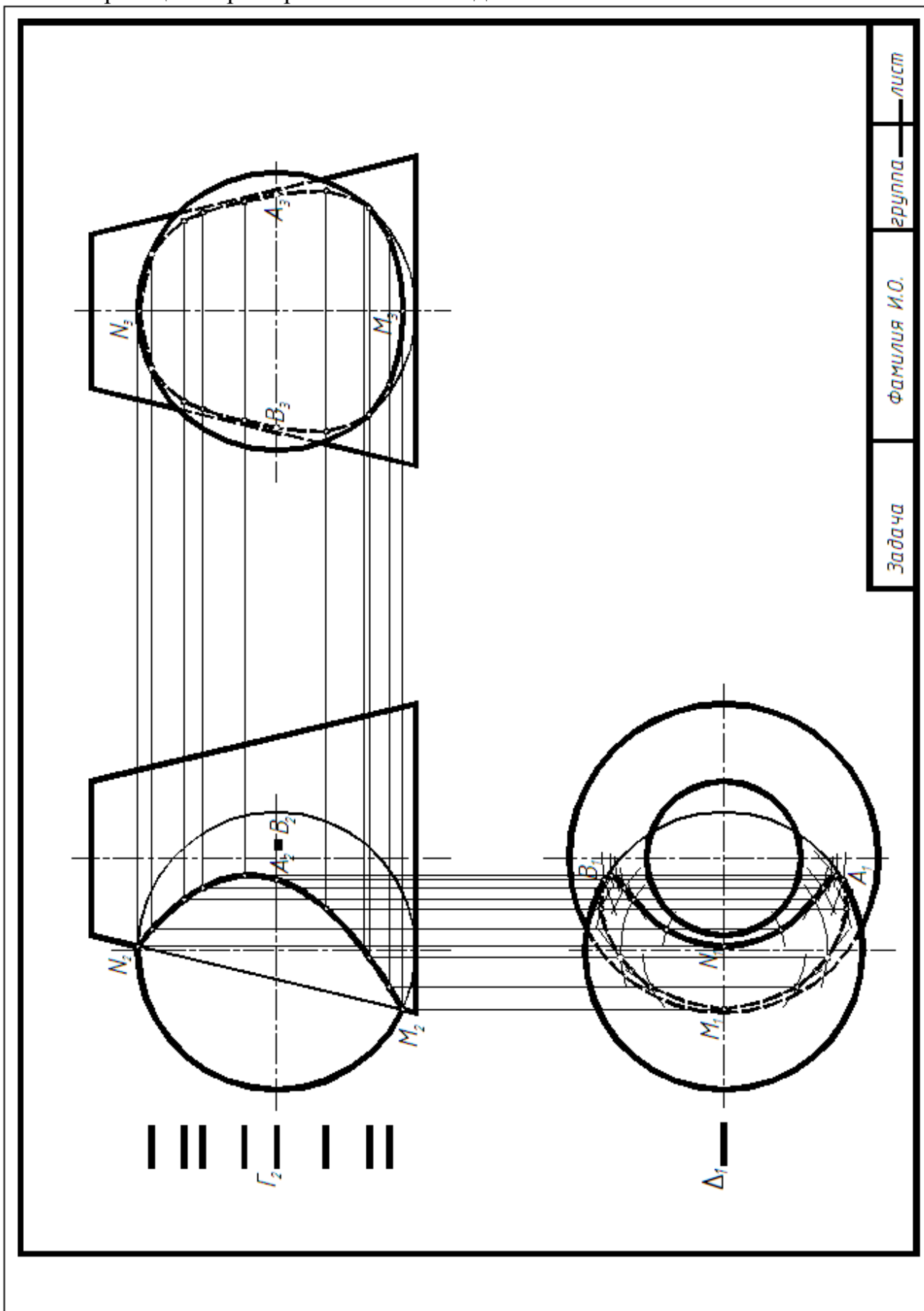
Задача

Фамилия И.О.

гр.

Лист

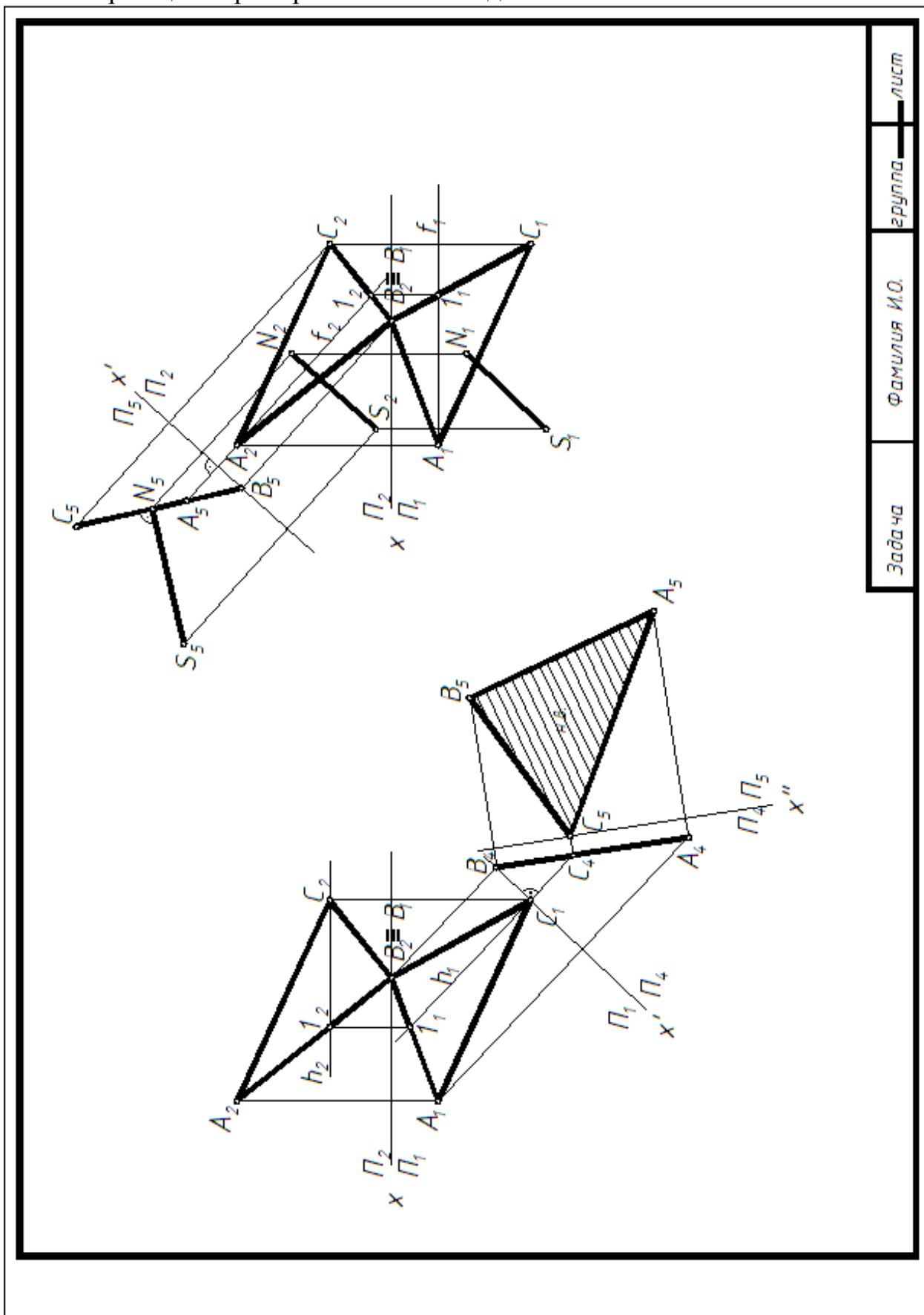
Образец 5. Пример выполнения задачи 1.5.



Задача \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ лист \_\_\_\_\_

Фамилия И.О. \_\_\_\_\_

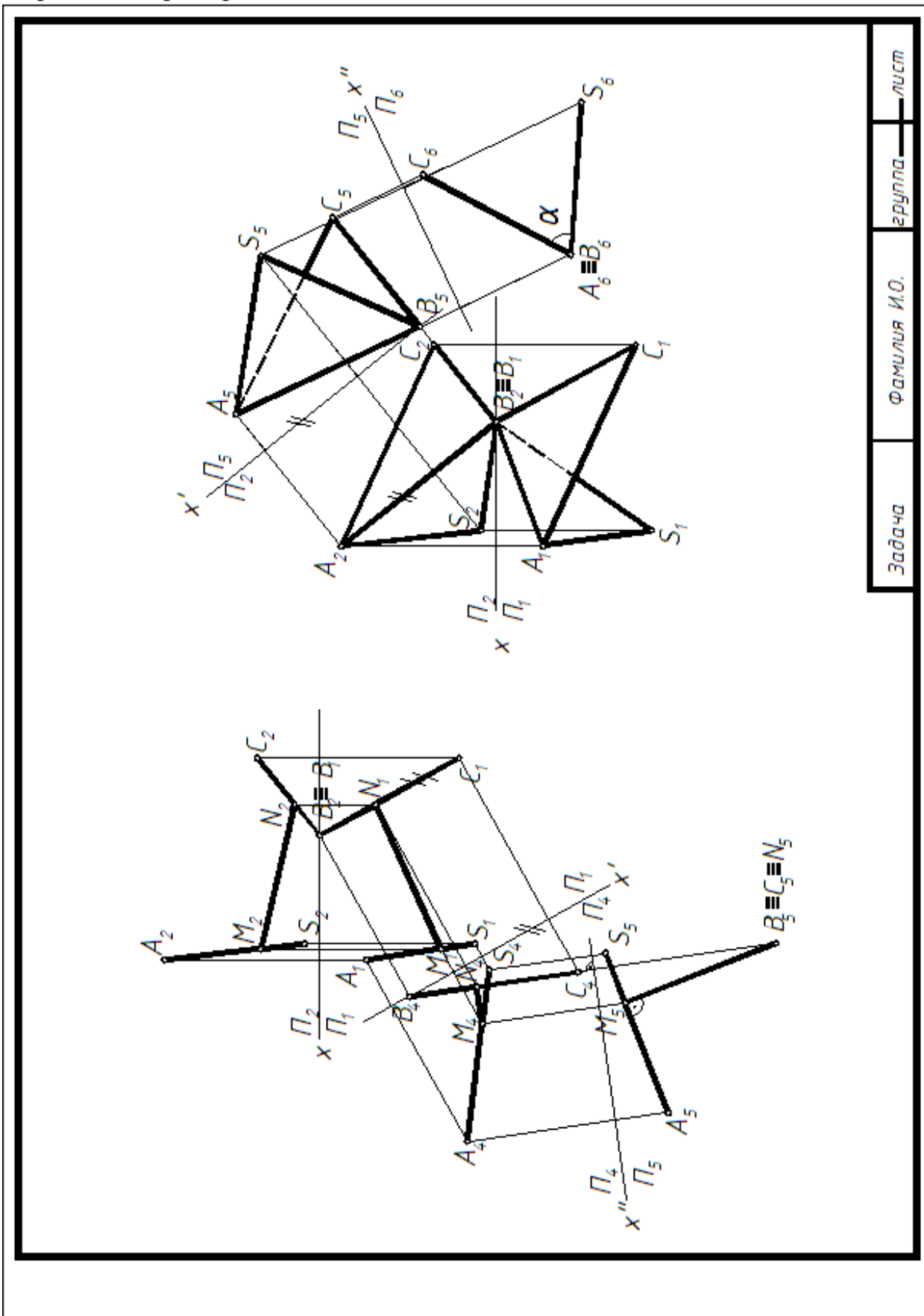
Образец 6. Пример выполнения задачи 2.



Задача \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ лист \_\_\_\_\_

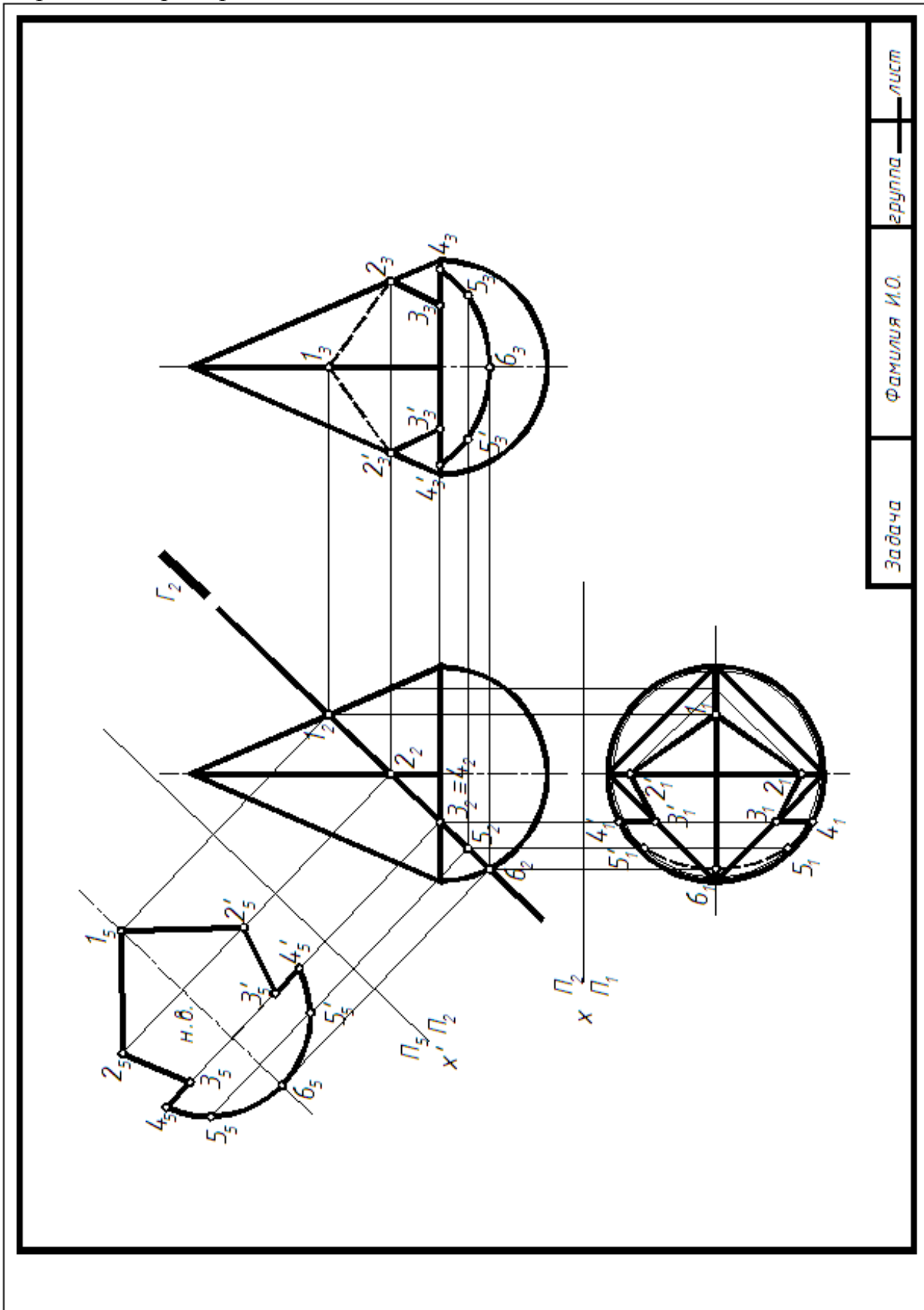
Фамилия И.О. \_\_\_\_\_

Образец 7. Пример выполнения задач 3.1 и 3.2.



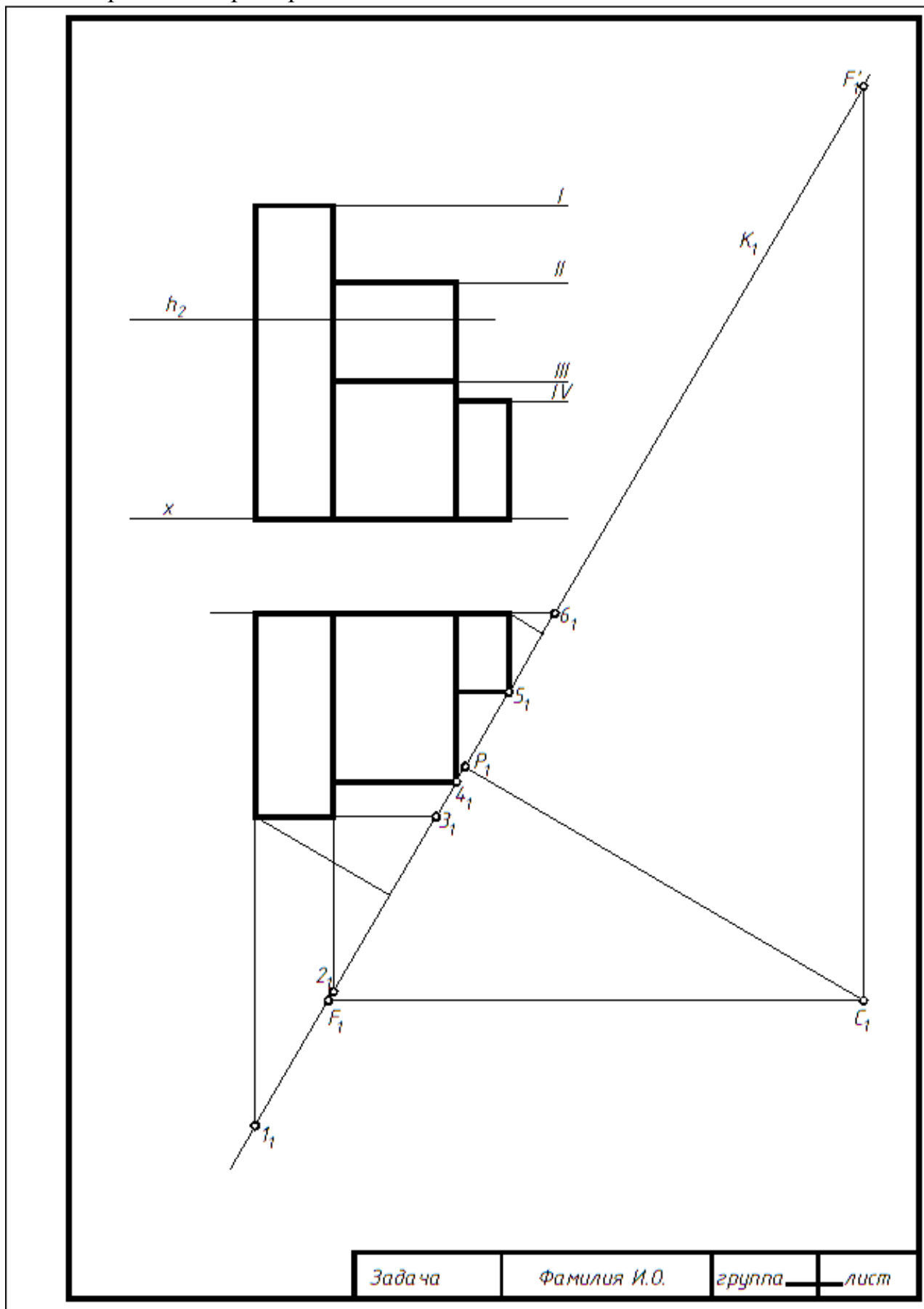
Задача \_\_\_\_\_ Фамилия И.О. \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_ лист \_\_\_\_\_

Образец 8. Пример выполнения задач 3.3 и 3.4.

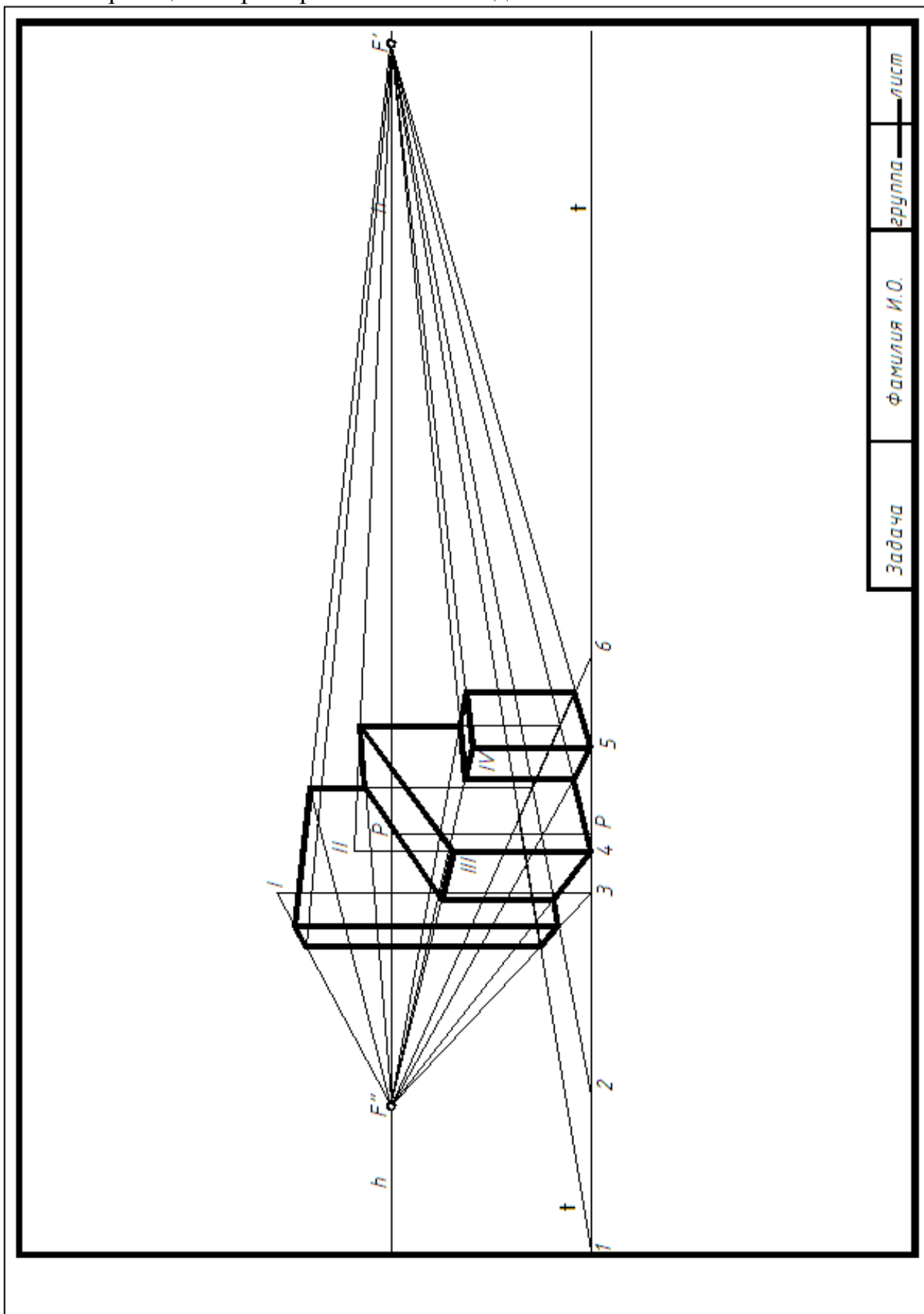


Задача	Фамилия И.О.	группа	лист
--------	--------------	--------	------

Образец 9. Пример выполнения задачи 4.



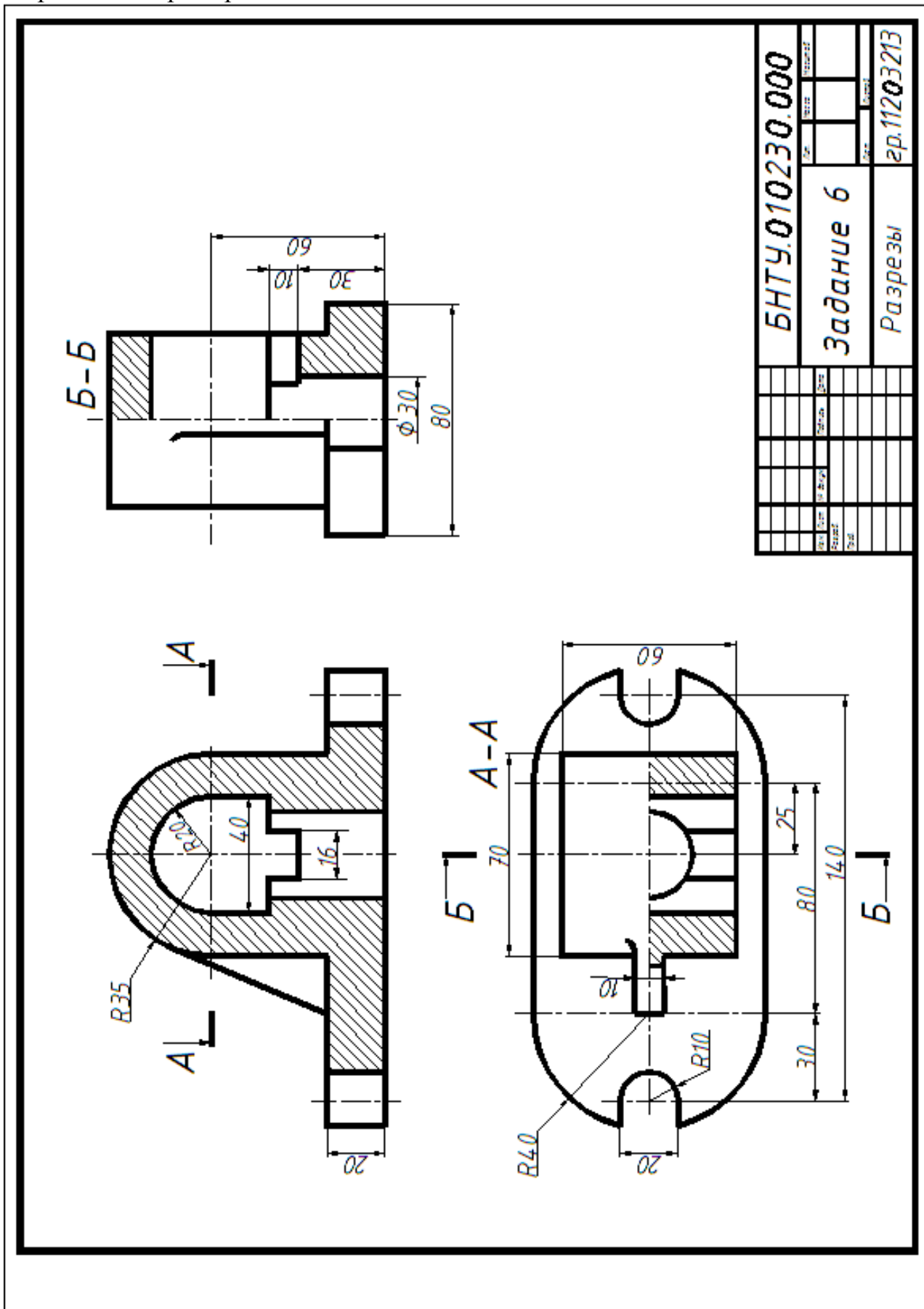
Образец 10. Пример выполнения задачи 5.



Задача	Фамилия И.О.	группа	лист
--------	--------------	--------	------

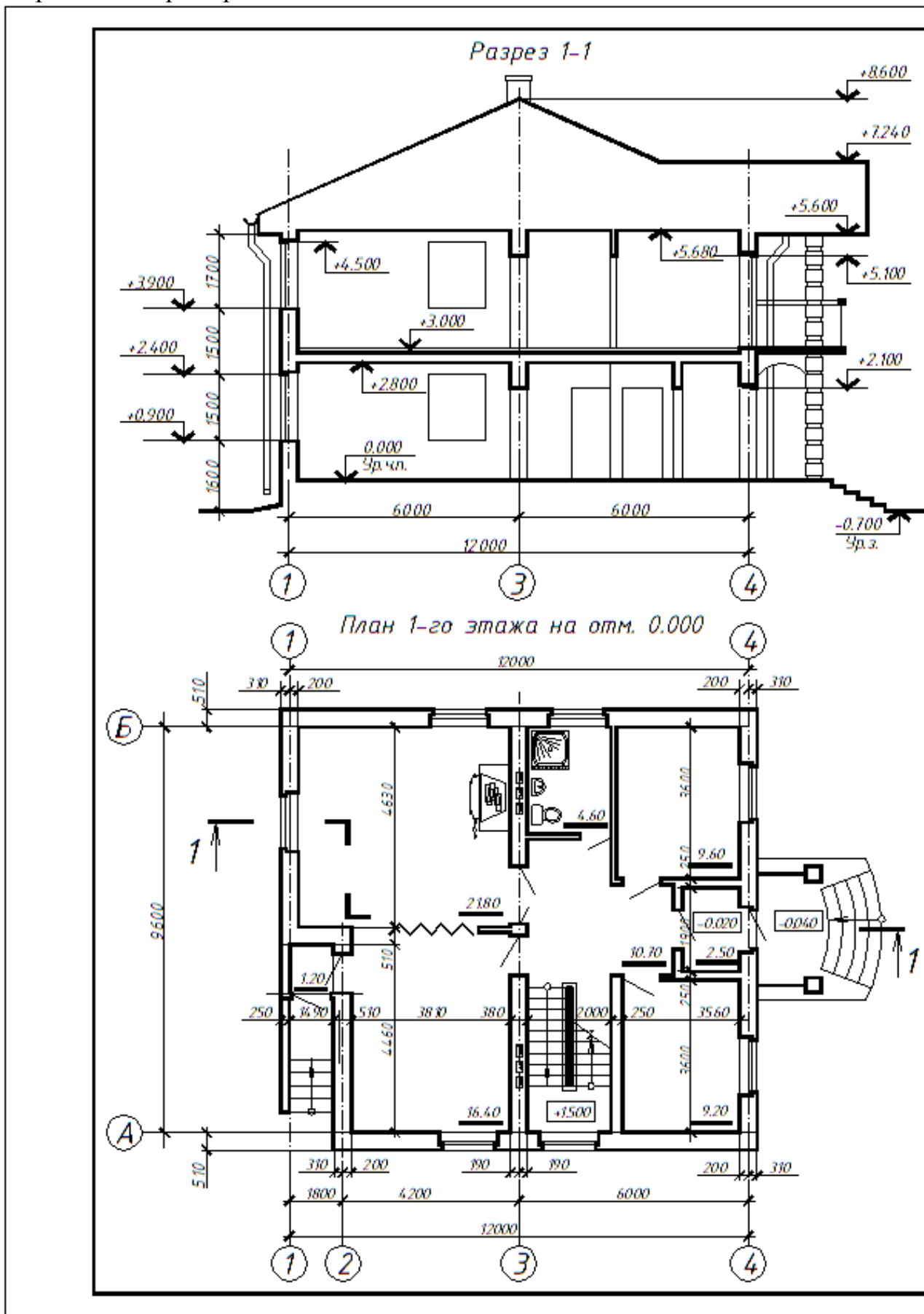


Образец 11. Пример выполнения задачи 5.

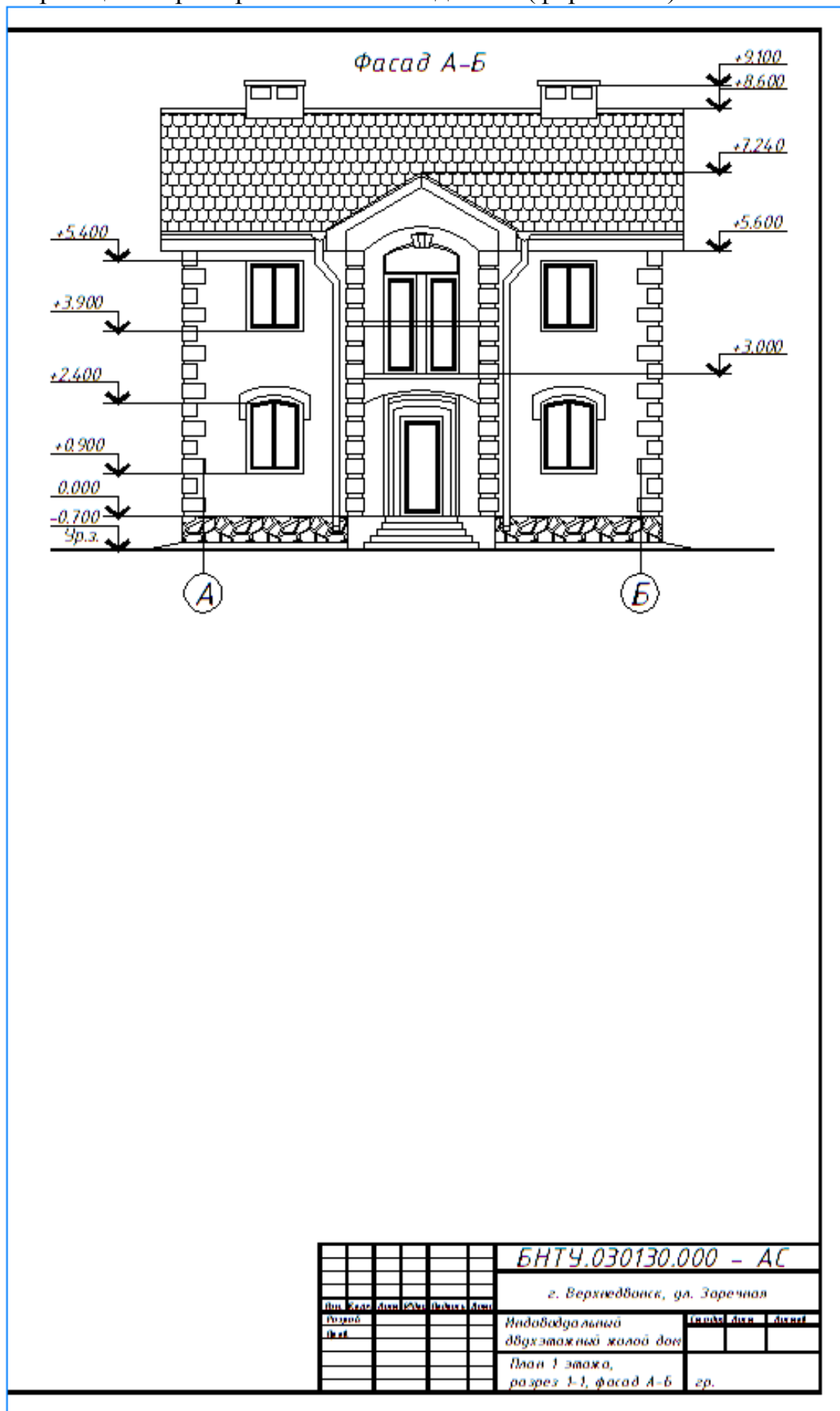




Образец 13. Пример выполнения задачи 7.



Образец 14. Пример выполнения задачи 8. (формат А1)



## **1. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЗАДАЧ**

Графическое оформление задач должно соответствовать требованиям ГОСТ ЕСКД в части «Общие правила выполнения чертежей». Задания выполняются карандашом с помощью чертежных инструментов: линии по ГОСТ 2.303-68, надписи шрифтами (наклонный типа Б) по ГОСТ 2.304-81.

На титульном листе альбома выполненных заданий (стр. 4) фамилия, имя, отчество, № группы заполняется чертежным шрифтом  $h = 7$ . На страницах альбома рекомендуется использовать шрифт  $h = 5$ .

## 2. АЛЬБОМ ЗАДАНИЙ, ВЫПОЛНЯЕМЫХ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ

Титульный лист альбома выполненных заданий

Строительный факультет  
Кафедра «Инженерная графика строительного профиля»

АЛЬБОМ ЗАДАЧ

ПО НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

*Выполнил студент* \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*факультет* \_\_\_\_\_ *группа* \_\_\_\_\_

Проверил \_\_\_\_\_ дата \_\_\_\_\_

Минск  
БНТУ  
20XX

## РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

### ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ

#### Тема 1. Точка. Прямая

Метод проецирования. Центральное проецирование.

Параллельное проецирование. Основные свойства.

Ортогональное проецирование.

Требования, предъявляемые к чертежу.

Система плоскостей проекций и система прямоугольных координат.

Точка. Эпюр Монжа. Связь проекции точки с ее координатами (задача 1).

Прямая (задачи 2, 4, 5).

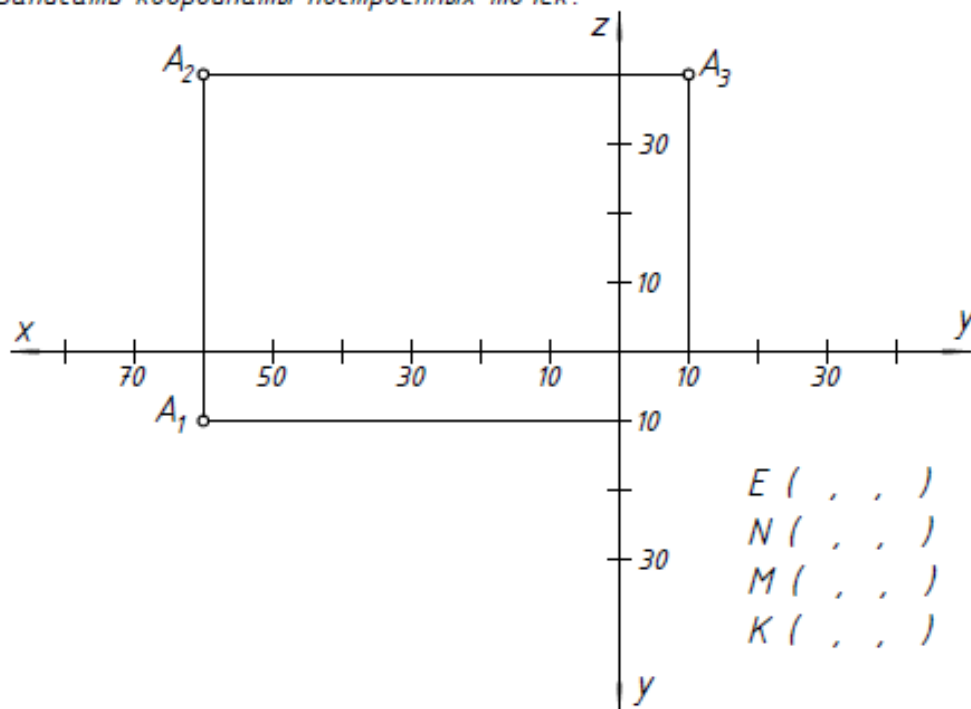
Точка на прямой (задача 7, 8).

Деление отрезка в заданном отношении. Теорема Фалеса (задача 8, 13).

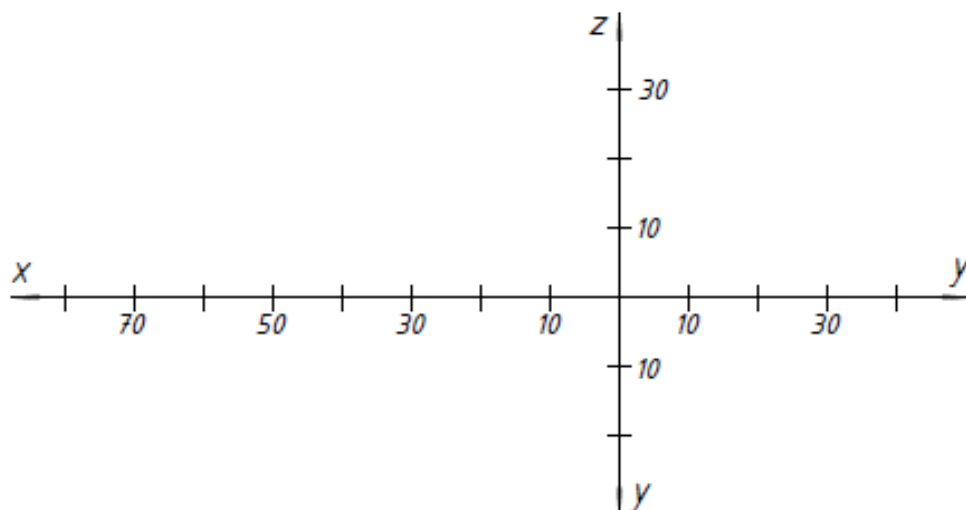
Прямые общего и частного положения. Прямые уровня, проецирующие прямые (задачи 3 – 5).

Взаимное расположение двух прямых. Параллельные, пересекающиеся, скрещивающиеся прямые на эюре Монжа.

- 1) Задать три проекции точек  $A(60,10,40)$ ,  $B(80,40,0)$ ,  $C(40,30,10)$ ,  $D(20,10,20)$ .  
 Построить: проекции точки  $E$ , расположенной ниже точки  $A$  на 10;  
 проекции точки  $N$ , расположенной правее точки  $B$  на 10;  
 проекции точки  $M$ , расположенной за точкой  $C$  на 15;  
 проекции точки  $K$ , расположенной перед точкой  $D$  на 25.  
 Записать координаты построенных точек.



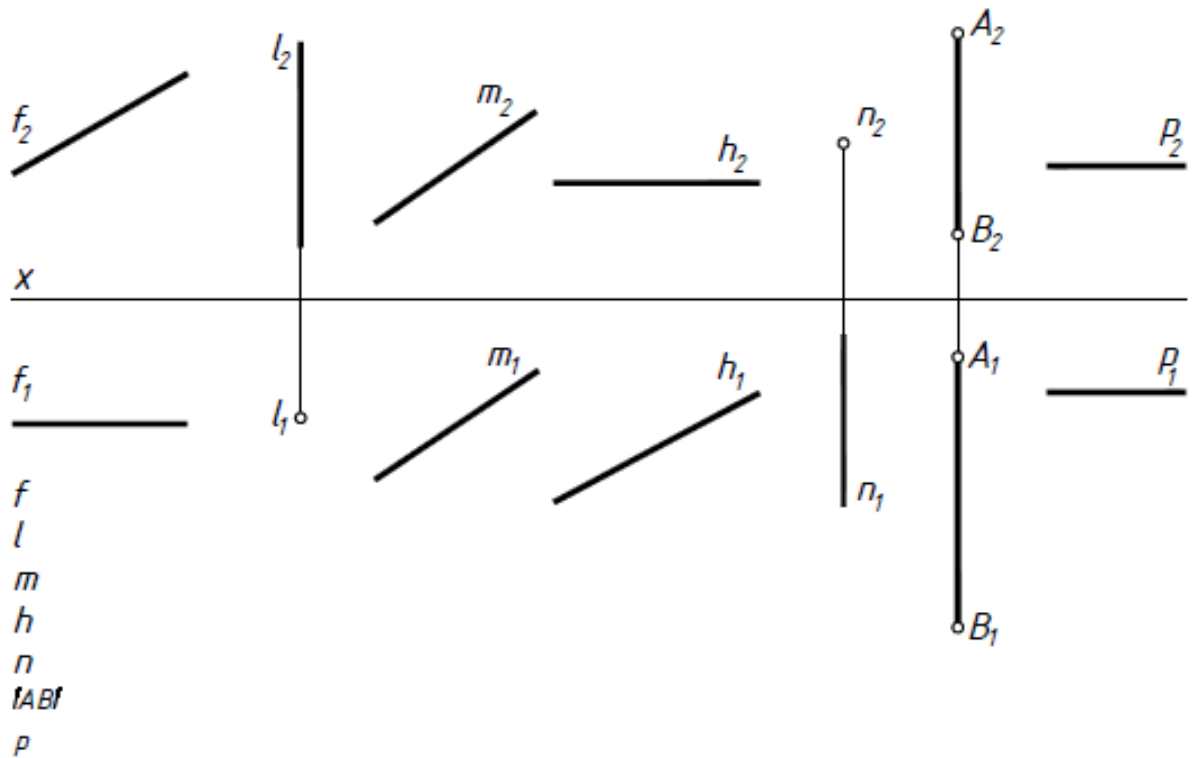
- 2) Построить три проекции отрезка  $AB$  по координатам его конечных точек  $A(50,20,30)$  и  $B(10,0,10)$ .





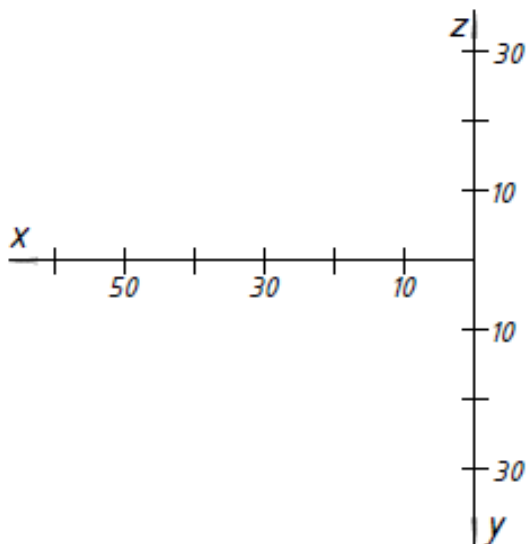
3

Выяснить положение заданных прямых относительно плоскостей проекций.



4

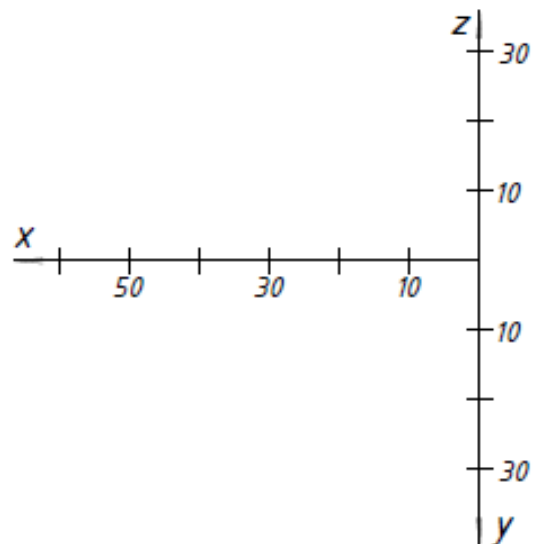
Построить две проекции отрезка  $KM$ , если  $K(50, 20, 5)$ ,  $KM \parallel \Pi_2$ ,  $|KM| = 30$  мм,  $\widehat{KM \Pi_1} = 45^\circ$ .



5

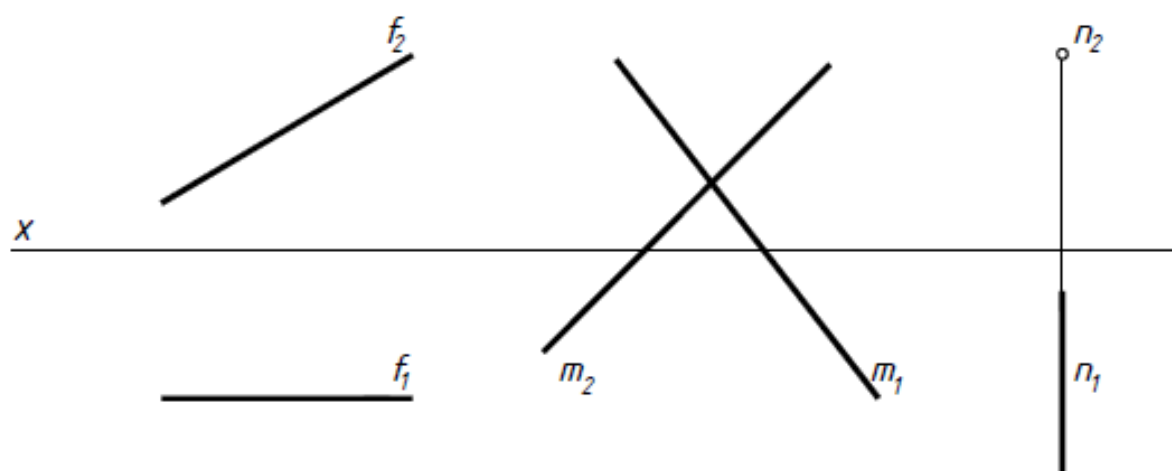
Построить две проекции отрезка  $AB$ , если  $A(60, 5, 20)$ ,  $AB \parallel \Pi_1$ ,  $|AB| = 50$  мм,  $\widehat{AB \Pi_2} = 30^\circ$ .

На построенном отрезке отметить точку  $M$ , координата  $y$  которой равна 20.



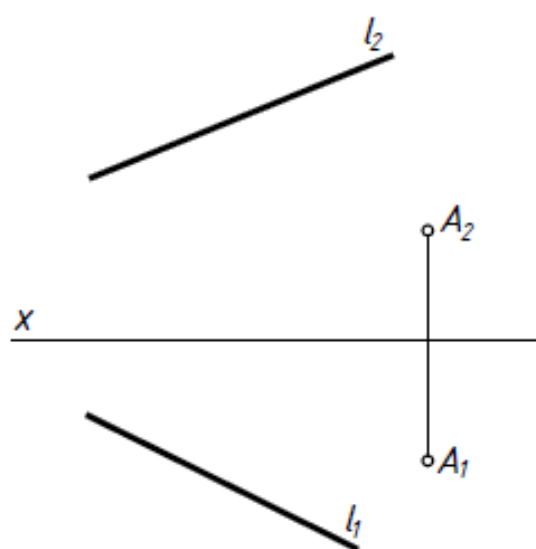
6

Построить следы прямых и обозначить их проекции.



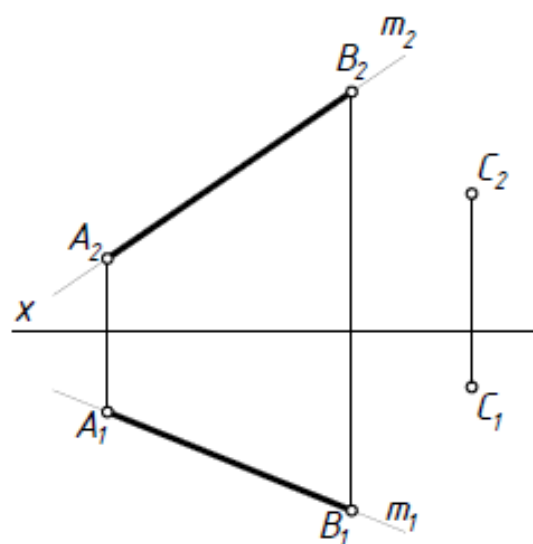
7

Через точку  $A$  построить фронтальную прямую, пересекающую прямую  $l$ .

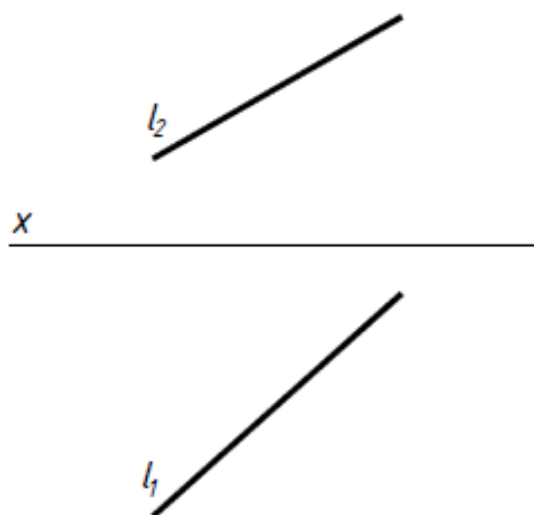


8

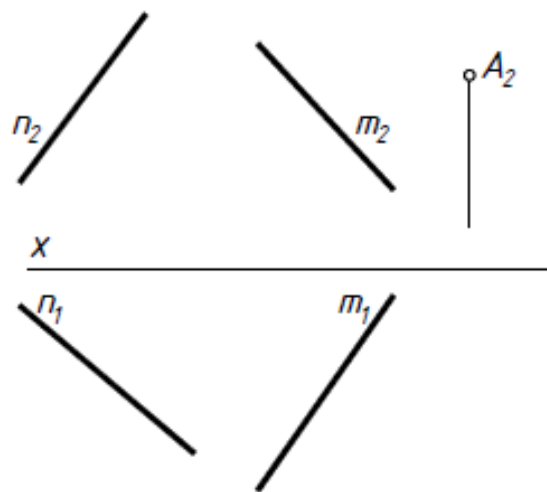
Через точку  $C$  провести прямую  $n$  так, чтобы точка  $K$  пересечения прямых  $m$  и  $n$  делила отрезок  $AB$  в соотношении 4:1.



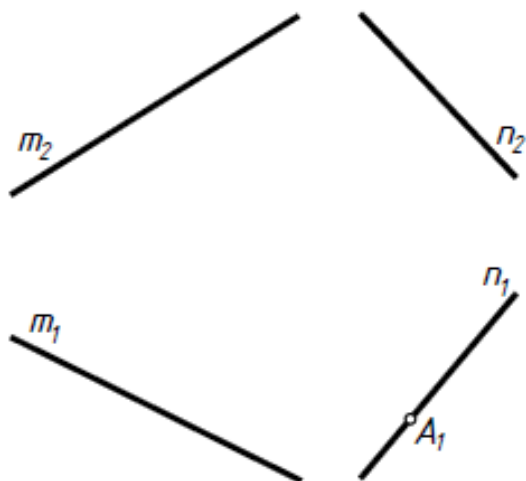
- 9) Построить горизонтальную прямую, наклоненную к плоскости  $\Pi_2$  под углом  $30^\circ$  и пересекающую заданную прямую  $l$  в точке, у которой  $y = 25$ .



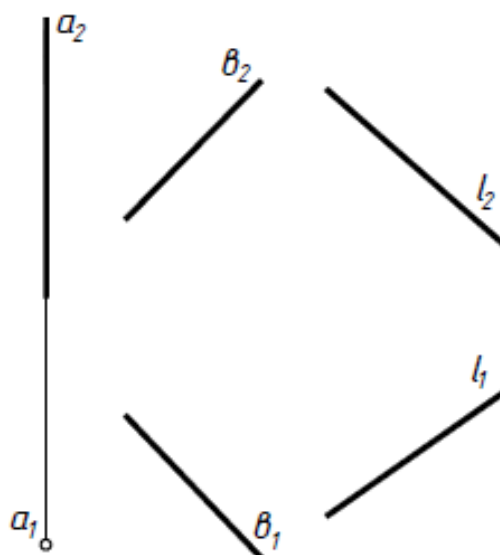
- 10) Пересечь заданные прямые горизонтальной прямой, проходящей через точку  $A(?, A_2)$ .



- 11) Через точку  $A(A_1, ?)$  прямой  $n$  провести прямую  $l$ , параллельную прямой  $m$ .

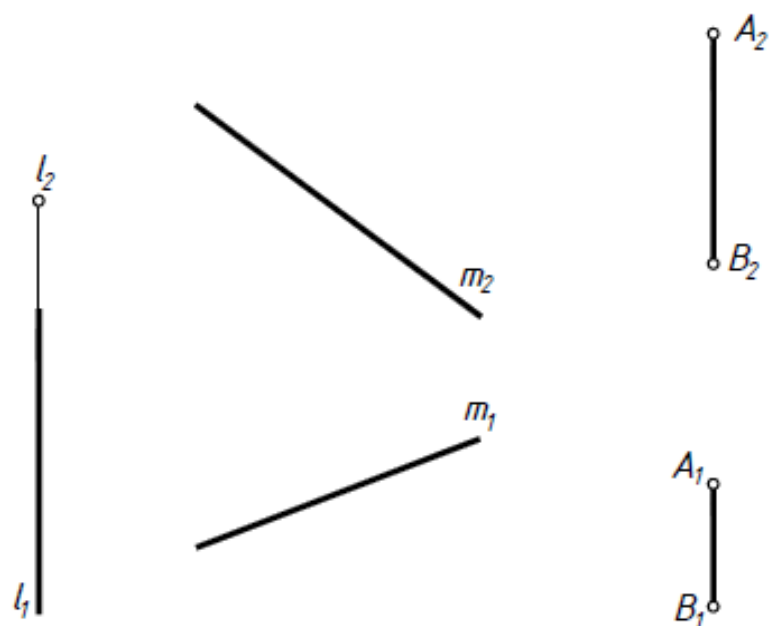


- 12) Построить проекции прямой  $n$ , параллельной прямой  $l$  и пересекающей прямые  $a$  и  $b$ .



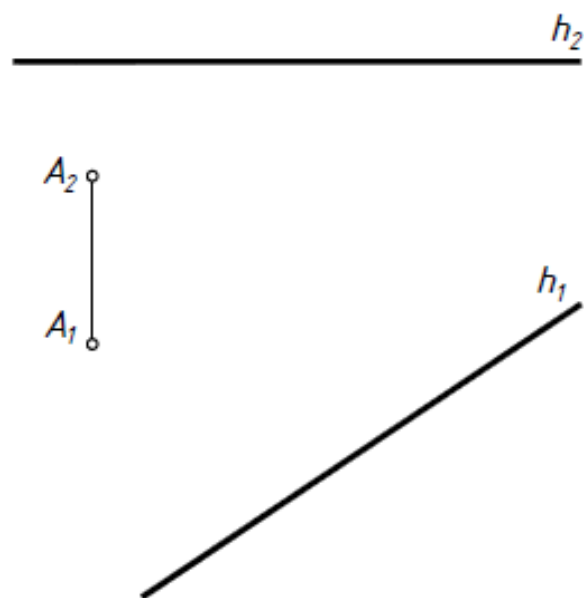
13

Пересечь заданные прямые горизонтальной прямой.



14

Из точки  $A$  опустить перпендикуляр на прямую  $h$ .



## Тема 2. Плоскость

2.1 Задание плоскости на чертеже. Следы плоскости (задача 15).

2.2 Теорема о проекциях прямого угла (задача 14).

2.3 Плоскости общего и частного положения. Проецирующие плоскости и плоскости уровня (задача 16, 17).

2.4 Прямая и точка в плоскости (задача 18 – 21).

2.5 Главные линии плоскости. Фронталь, горизонталь и линия ската плоскости(задача 21).

2.6 Параллельность прямой и плоскости, двух плоскостей (задача 22, 23).

2.7 Перпендикулярность прямой и плоскости, двух плоскостей. Теорема о перпендикулярности прямой и плоскости (задача 24, 25).

15

Через заданные точки провести плоскости

а)  $\Gamma(A, l) \perp \Pi_2$   
 $\Gamma \wedge \Pi_1 = 45^\circ$

б)  $\Delta(l \cap m) \parallel \Pi_1$

в)  $\Sigma(C, E, F)$  -  
 общего положения

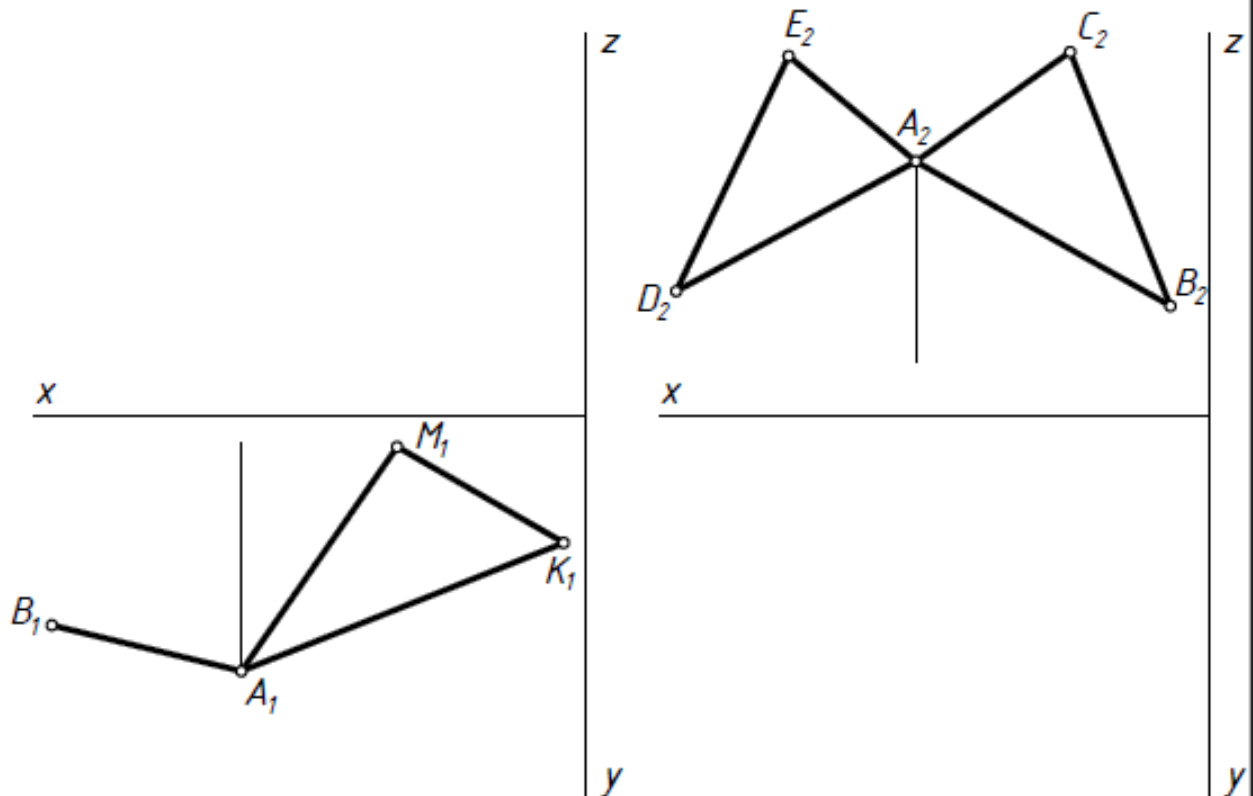


16

Построить проекции квадрата ABCD и фронтальную проекцию треугольника AMK, если  $z_A=25$ ,  $z_K=50$ .  $\Gamma(ABCD) \parallel \Pi_1$ ,  $\Sigma(AMK) \perp \Pi_2$ .

17

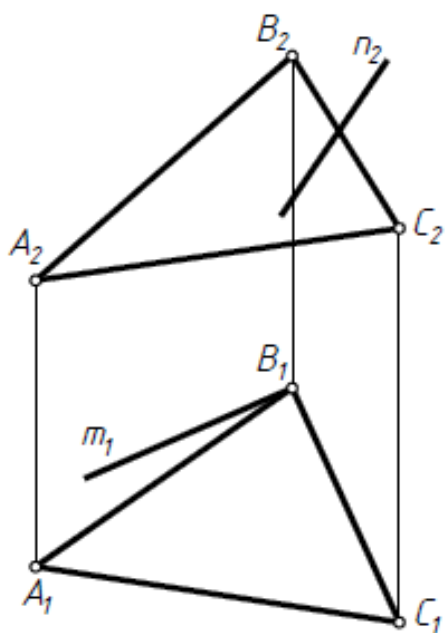
Построить горизонтальную проекцию треугольников, если  $\Gamma(ADE) \parallel \Pi_2$ ,  $\Sigma(ABC) \perp \Pi_1$ ,  $y_A=15$ ,  $\Sigma \wedge \Pi_2 = 45^\circ$ .



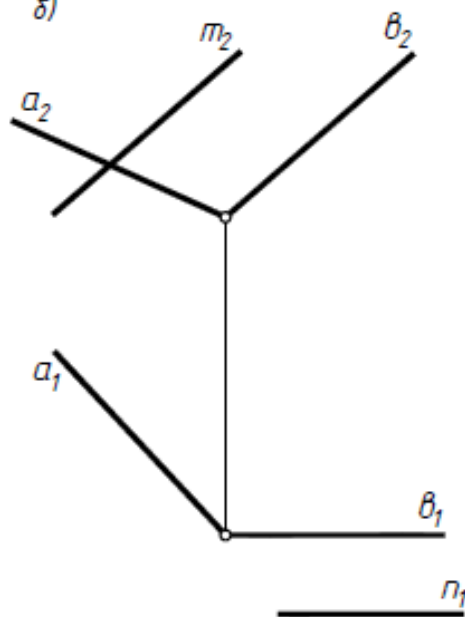
18

Построить недостающие проекции прямых  $m$  и  $n$ , принадлежащих заданным плоскостям.

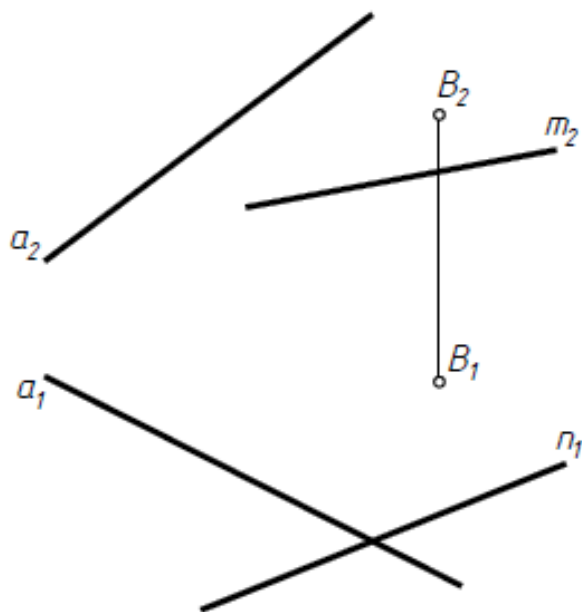
а)



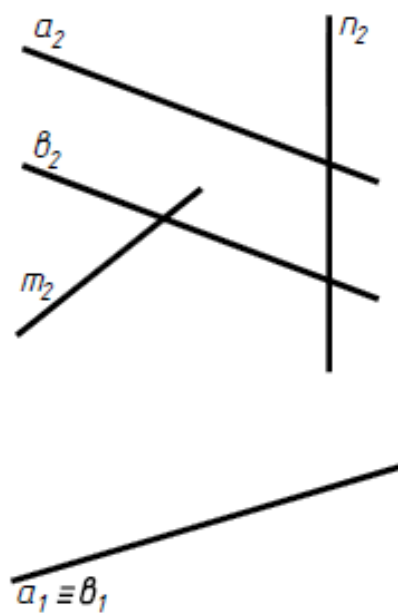
б)



в)



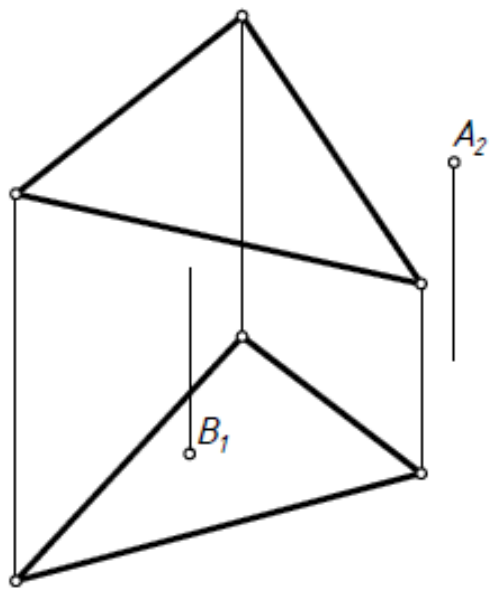
г)



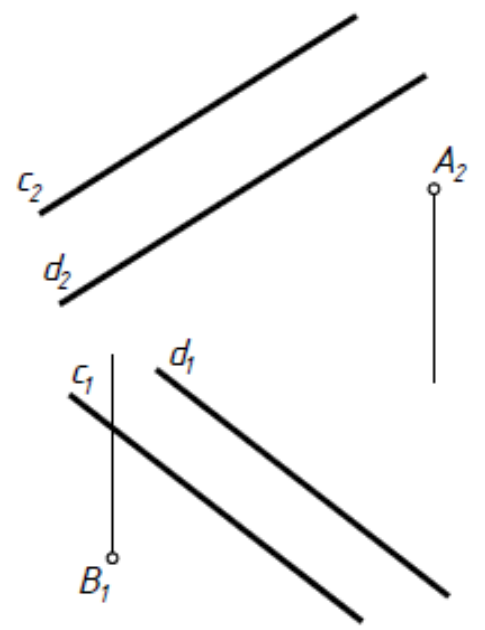
19

Определить недостающие проекции точек  $A$  и  $B$  принадлежащих заданной плоскости: а) с помощью любой прямой; б) с помощью фронтали

а)

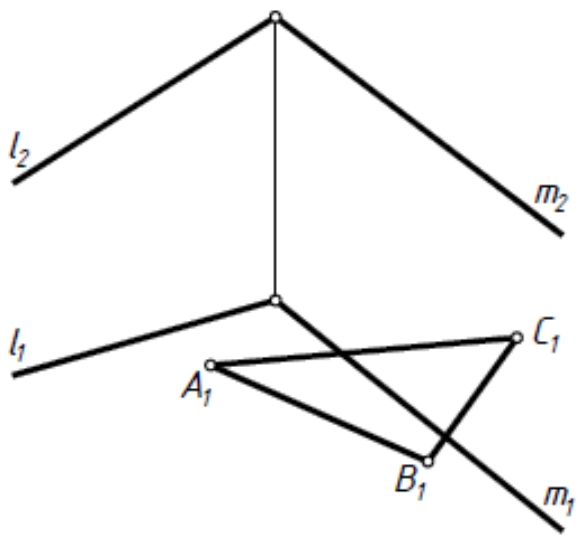


б)



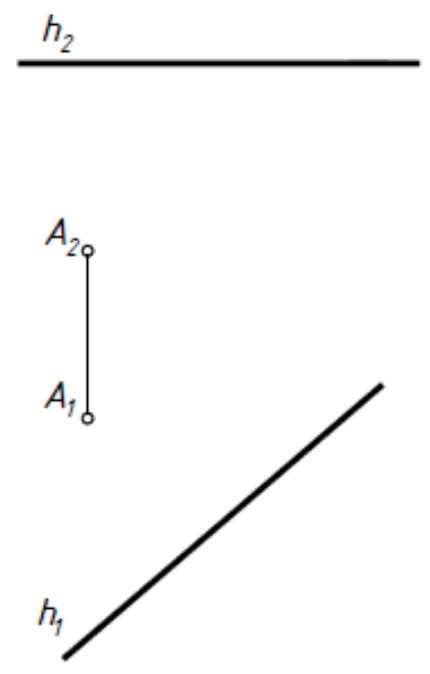
20

Построить недостающую проекцию треугольника  $ABC$ , принадлежащего заданной плоскости.



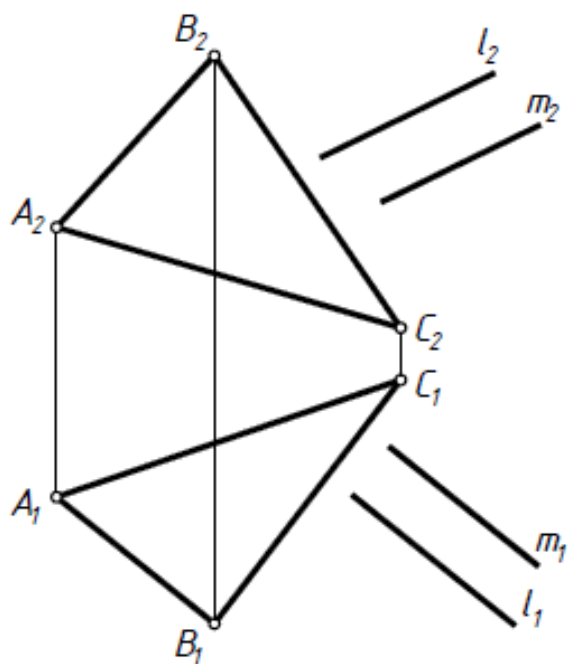
21

Построить  $\theta$  плоскости  $\Gamma(A, h)$  треугольник  $ABC$ , если  $AB \parallel \Pi_2$ ,  $\angle AB\Gamma = 40^\circ$ ,  $BC \parallel \Pi_1$ ,  $\angle BC\Gamma = 30^\circ$ .

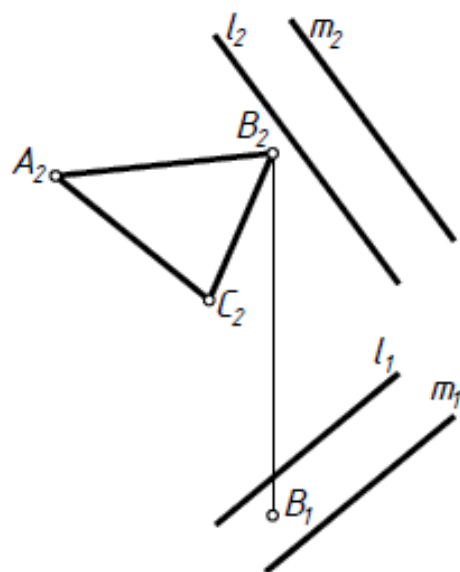




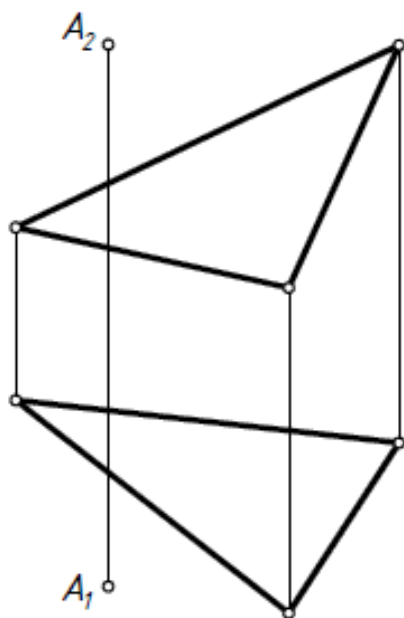
22) Выяснить, параллельны ли заданные плоскости  $\Gamma(ABC)$  и  $\Sigma(l \parallel m)$ .



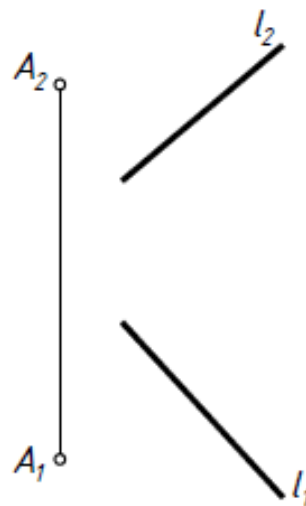
23) Построить горизонтальную проекцию треугольника  $ABC$ , параллельного заданной  $\Gamma(l \parallel m)$ .



24) Через точку  $A$  построить прямую  $n$ , перпендикулярную заданной плоскости.



25) Через точку  $A$  провести плоскость перпендикулярную прямой  $l$ .



## Тема 4. Поверхности

4.1 Классификация поверхностей.

4.2 Способы задания поверхностей на чертеже.

определитель (геометрическая и алгоритмическая части) поверхности;  
очерк поверхности;  
дискретный и непрерывный каркасы поверхности.

4.3 Признак принадлежности точки и линии поверхности.

4.4 Гранные поверхности (задача 26а).

4.5 Линейчатые поверхности:

торсы, цилиндр и конус общего положения,  
поверхности Каталана (задача 26д).

4.6 Поверхности вращения (цилиндр, конус (задача 26б) и конические сечения, сфера (задача 26в), тор (задача 26г) и др.

4.7 Топографическая поверхность.

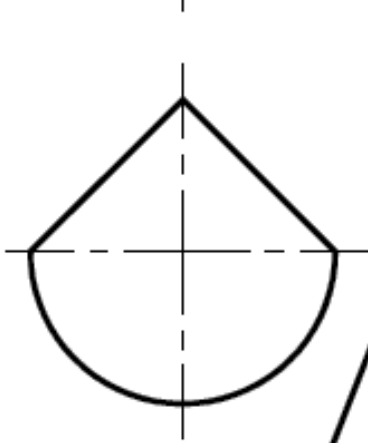
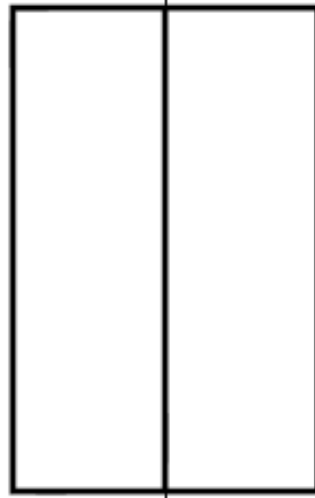
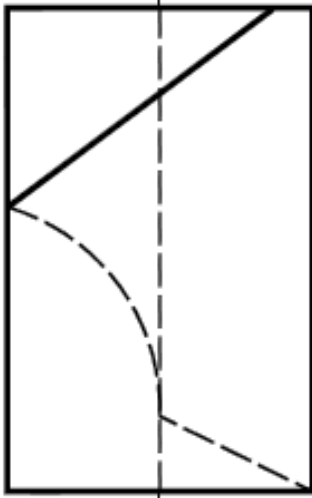
4.8 Алгоритм построения линии на поверхности.

4.9 Касательные линии и плоскости к поверхности. Алгоритмы построения.

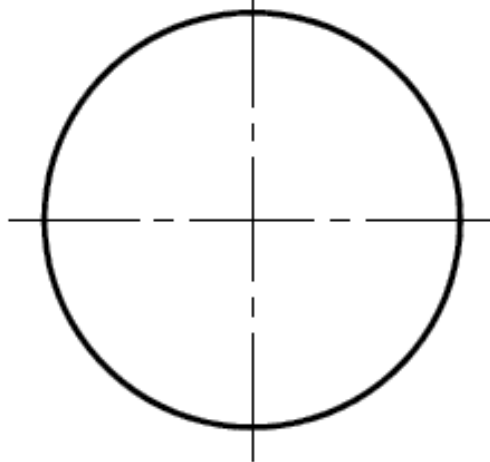
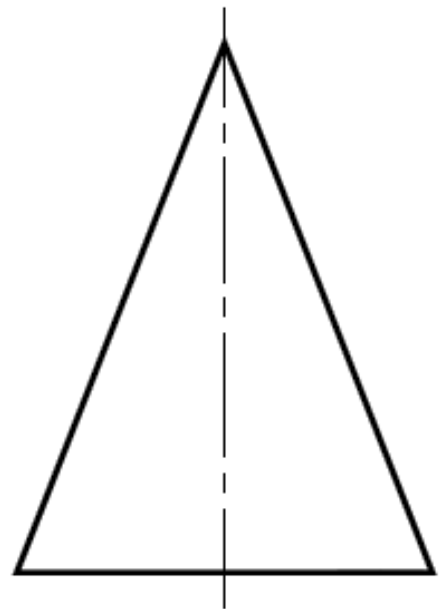
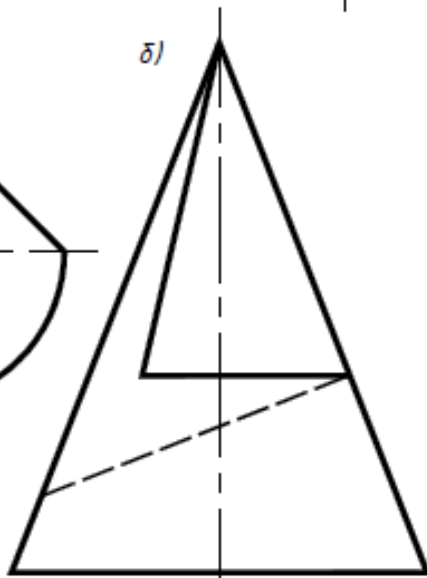
26

Построить отсутствующие проекции линий, принадлежащих заданным поверхностям.

a)



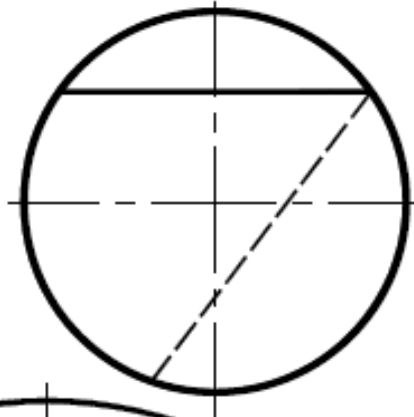
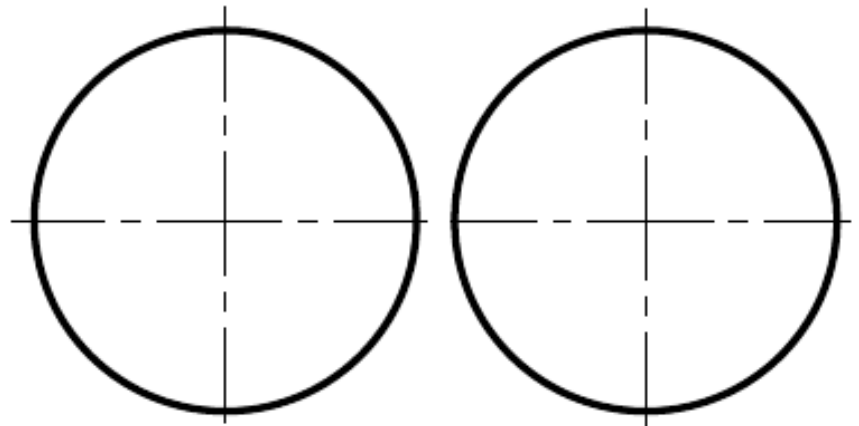
б)



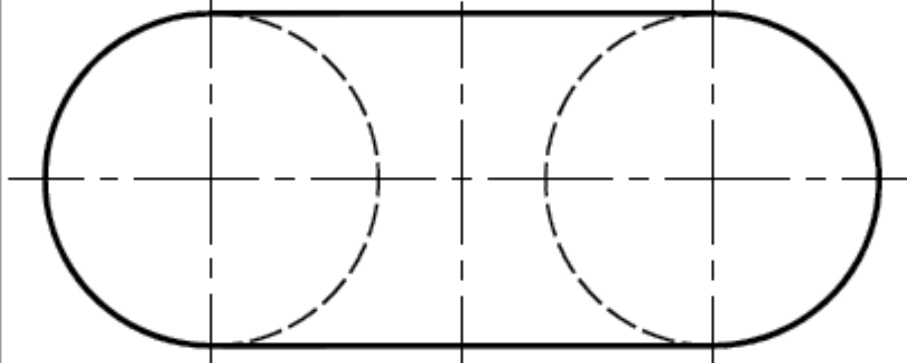
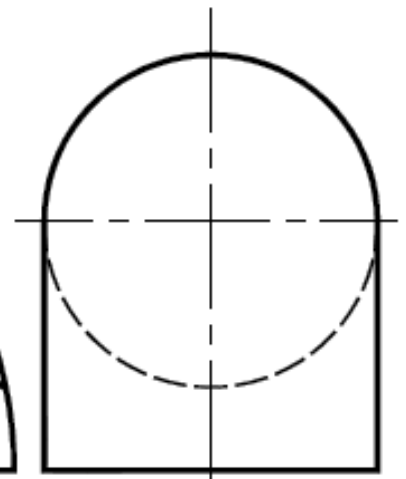
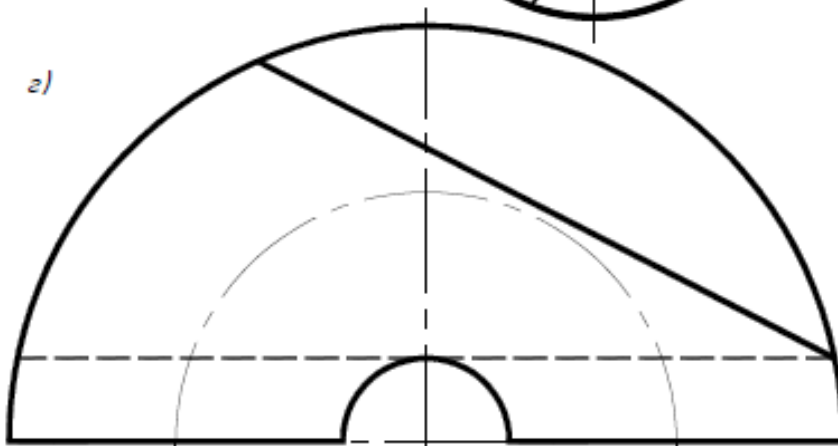
26

Построить отсутствующие проекции линий, принадлежащих заданным поверхностям.

в)



г)



## Тема 5. Пересечение геометрических фигур

5.1 Пересечение прямой и плоскости, прямой и поверхности, двух плоскостей, плоскости и поверхности, двух поверхностей и классификация алгоритмов решения задач на пересечение.

5.2 Алгоритм решения задач на пересечение, если обе фигуры занимают проецирующее положение (задачи 1, 2 раздела «Проекционное черчение»).

5.3 Алгоритм решения задач на пересечение, если обе фигуры занимают проецирующее положение (задачи 27а – 27м\*).

5.4 Алгоритм решения задач на пересечение, если обе фигуры занимают общее положение.

использование плоскостей-посредников при решении задач на пересечение (задача 28а – 28е)

использование сфер-посредников при решении задач на пересечение.  
Теорема о соосных поверхностях

использование концентрических сфер-посредников (задача 28ж)

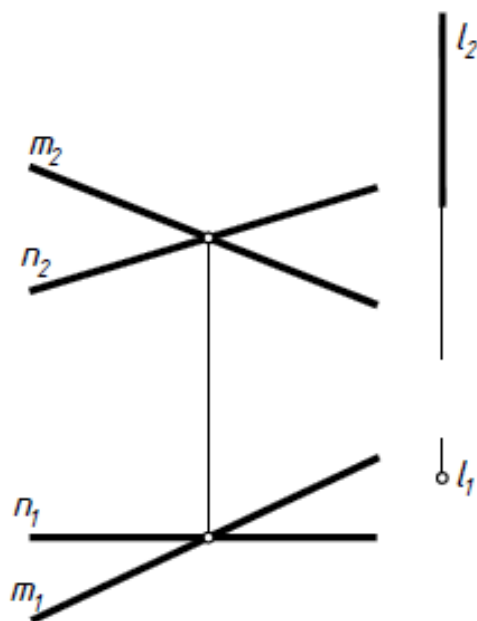
использование эксцентрических сфер-посредников (задача 28и).

5.5 Теорема Монжа (частный случай) (задача 28з).

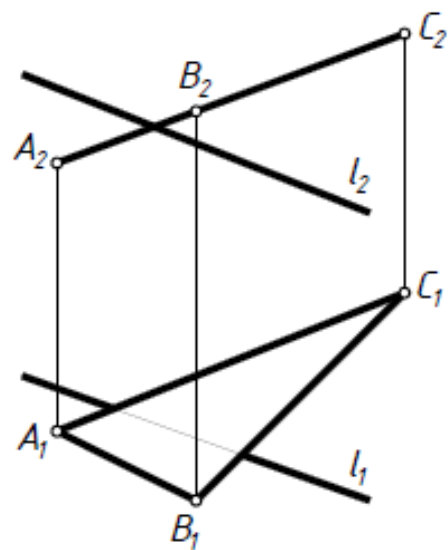
27

Построить проекции пересечения заданных фигур. Определить видимость.

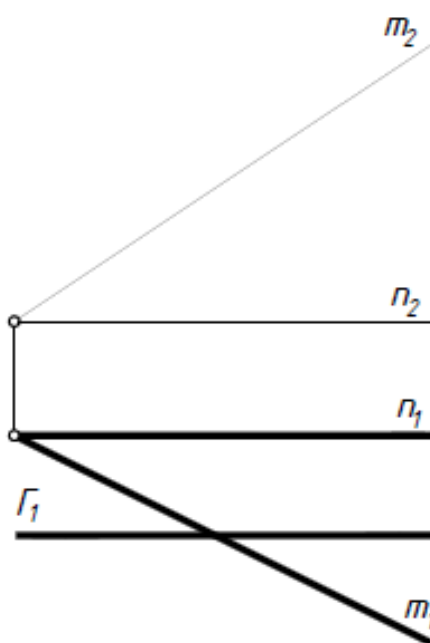
a)



б)



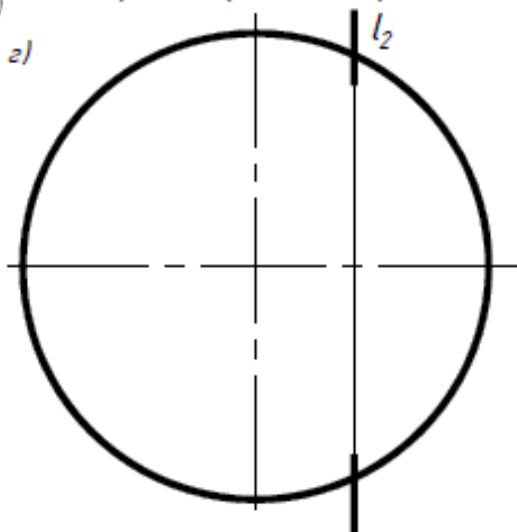
в)



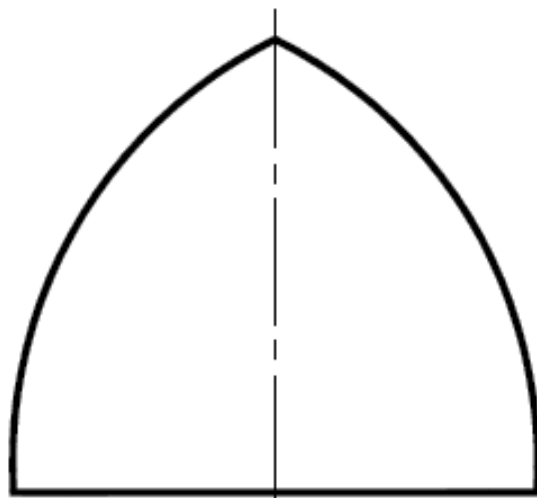
27

Построить проекции пересечения заданных фигур. Определить видимость.

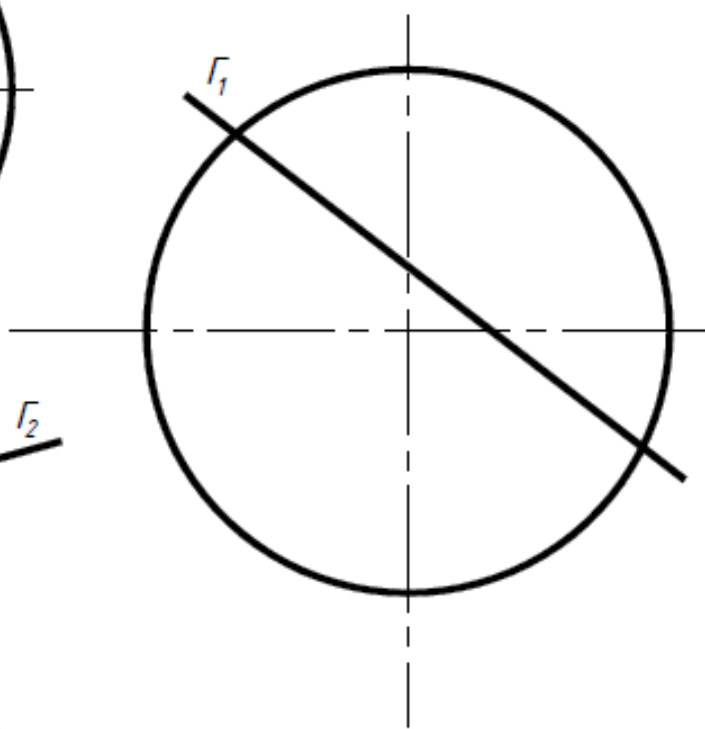
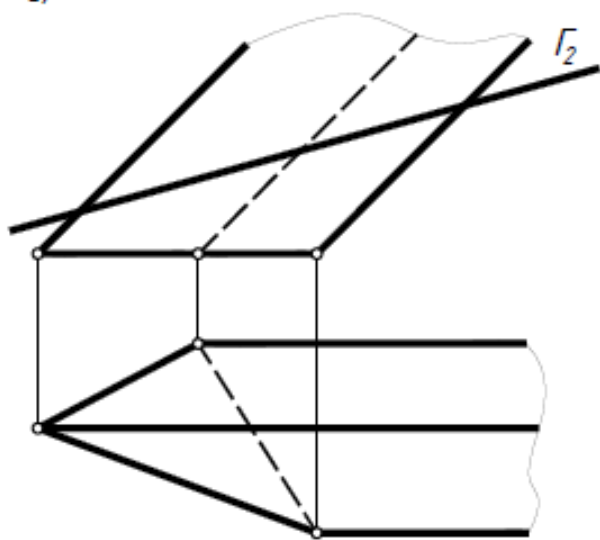
а)



б)



в)

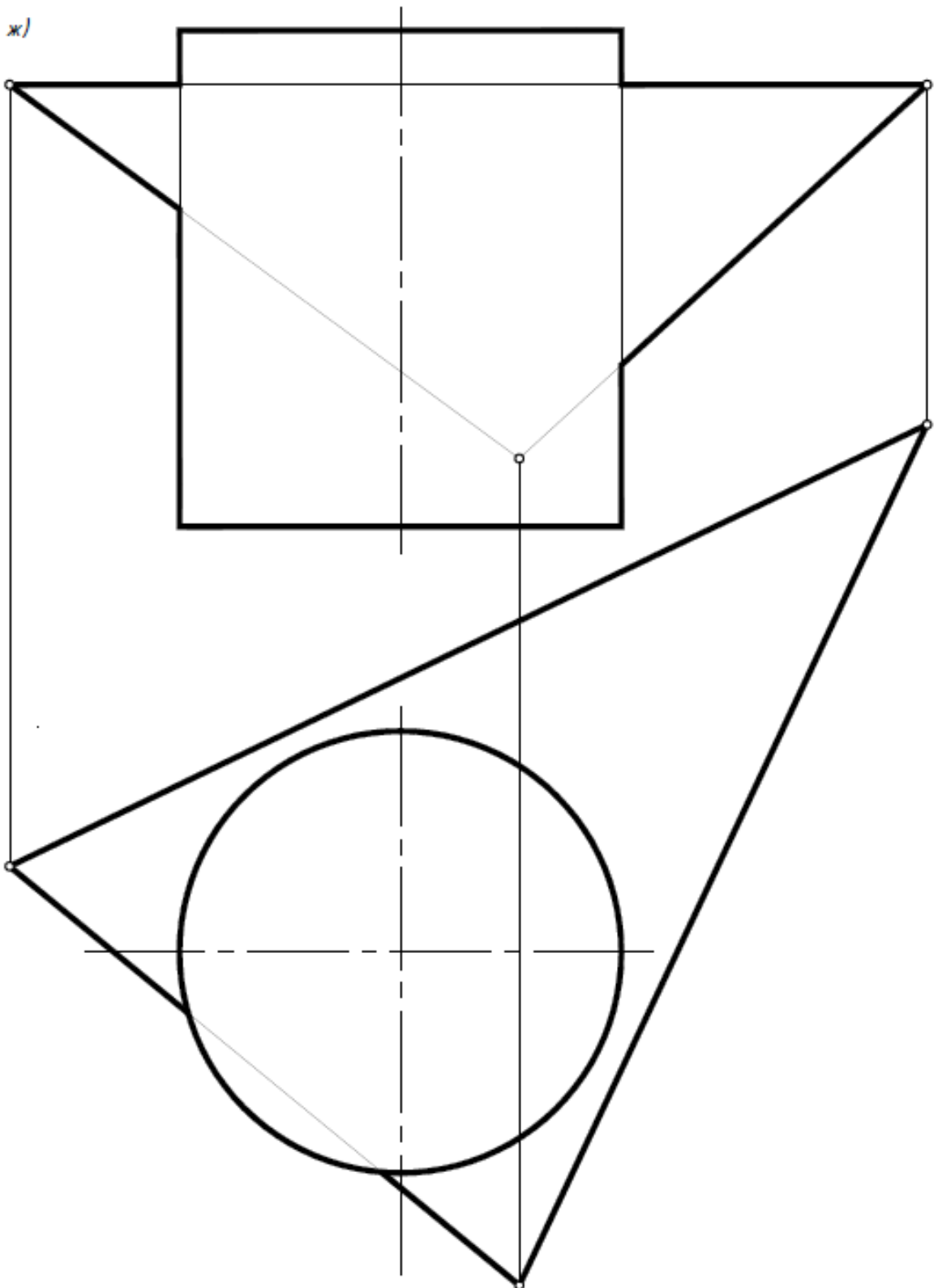


$\Gamma$  - прозрачная

27

Построить проекции пересечения заданных фигур. Определить видимость пересекающихся фигур и проекций пересечения.

ж)

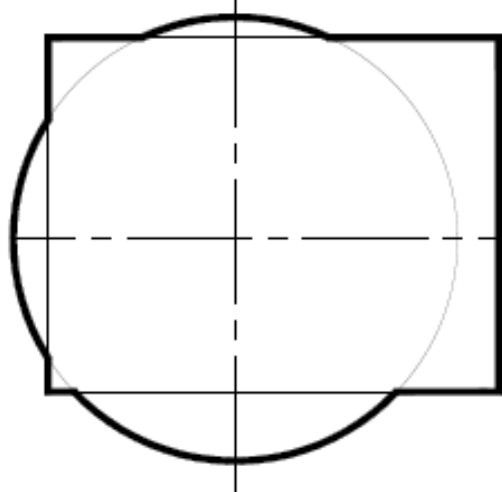
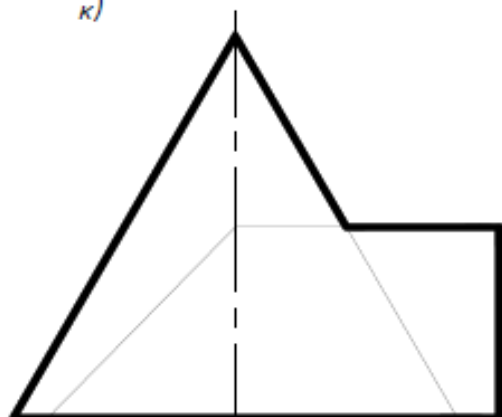




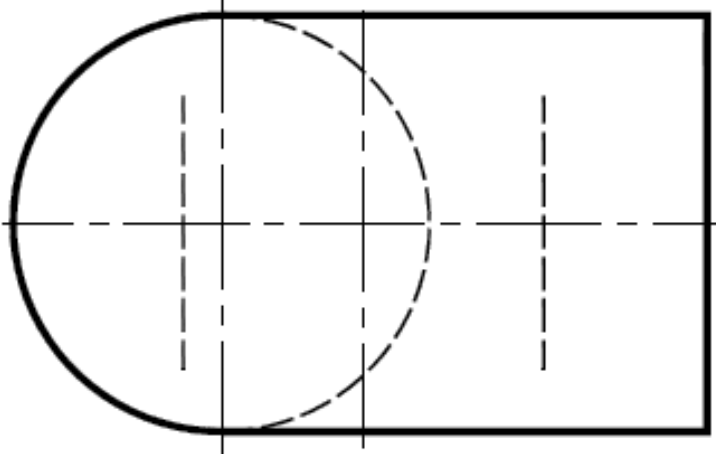
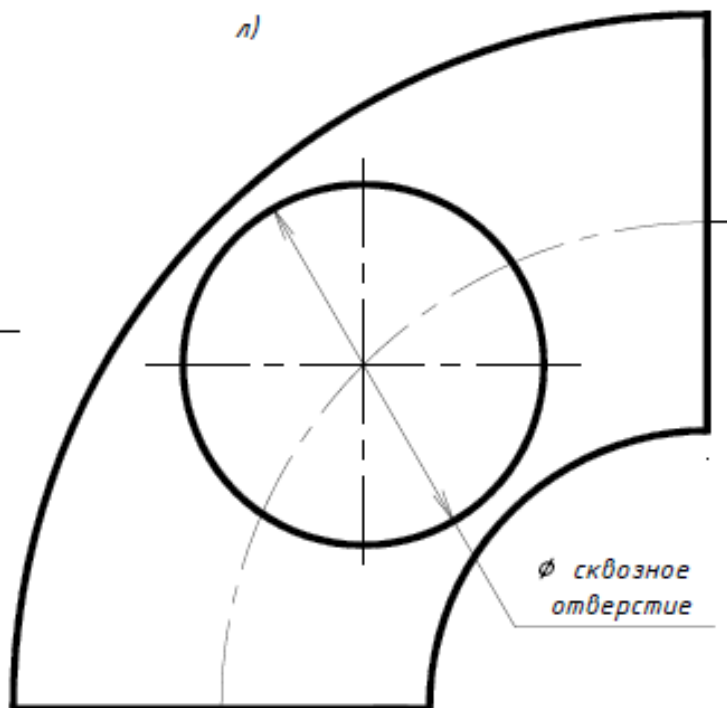
27

Построить проекции пересечения заданных фигур. Определить видимость пересекающихся фигур и проекций пересечения.

к)



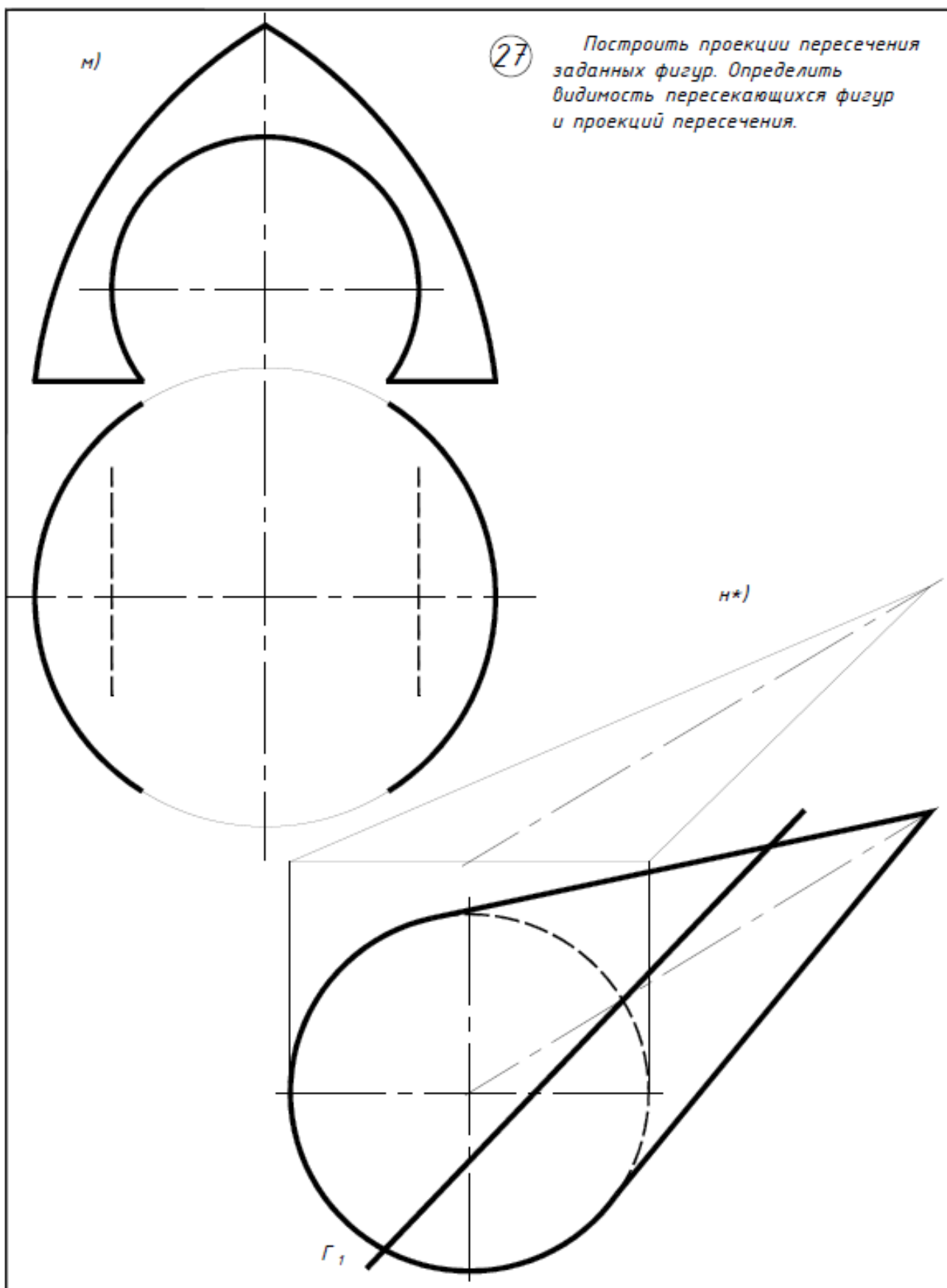
л)



м)

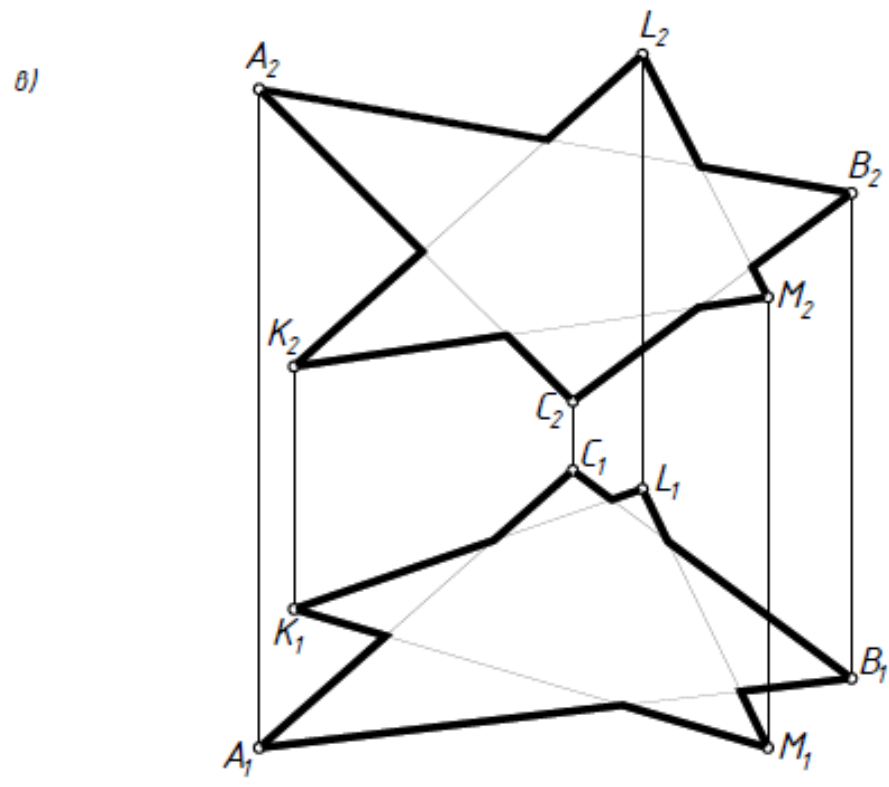
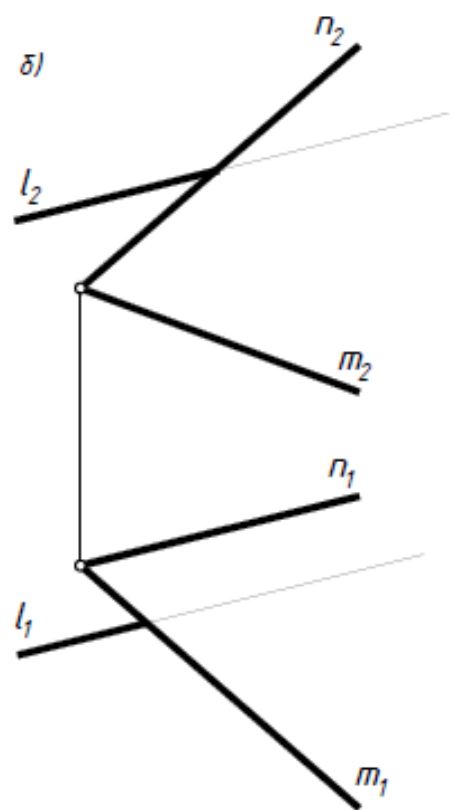
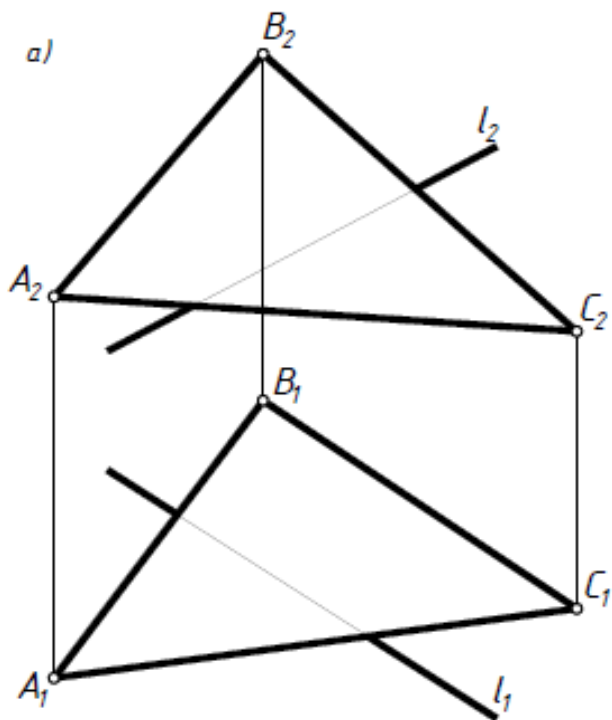
27

Построить проекции пересечения заданных фигур. Определить видимость пересекающихся фигур и проекций пересечения.



28

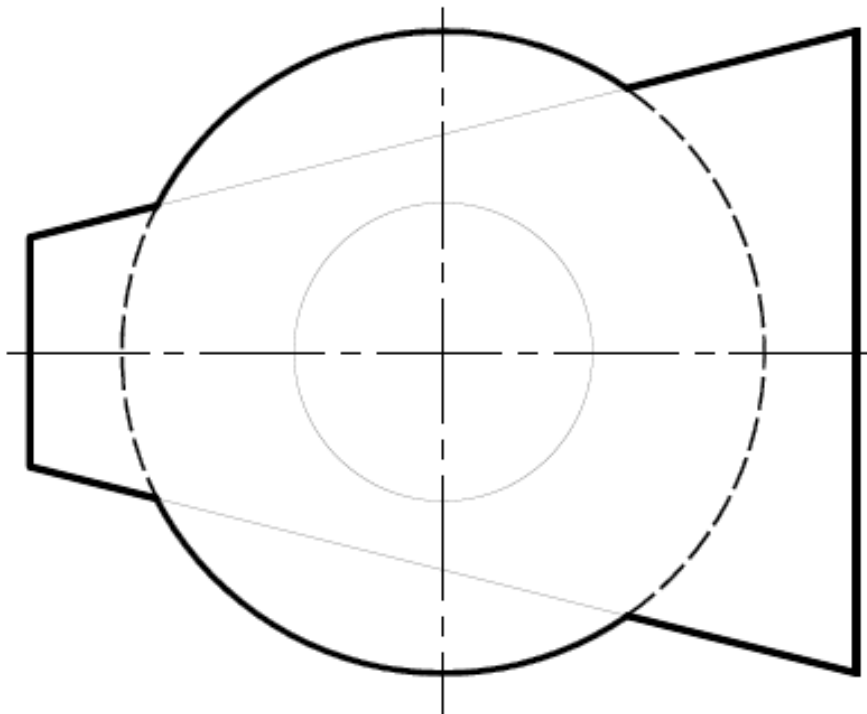
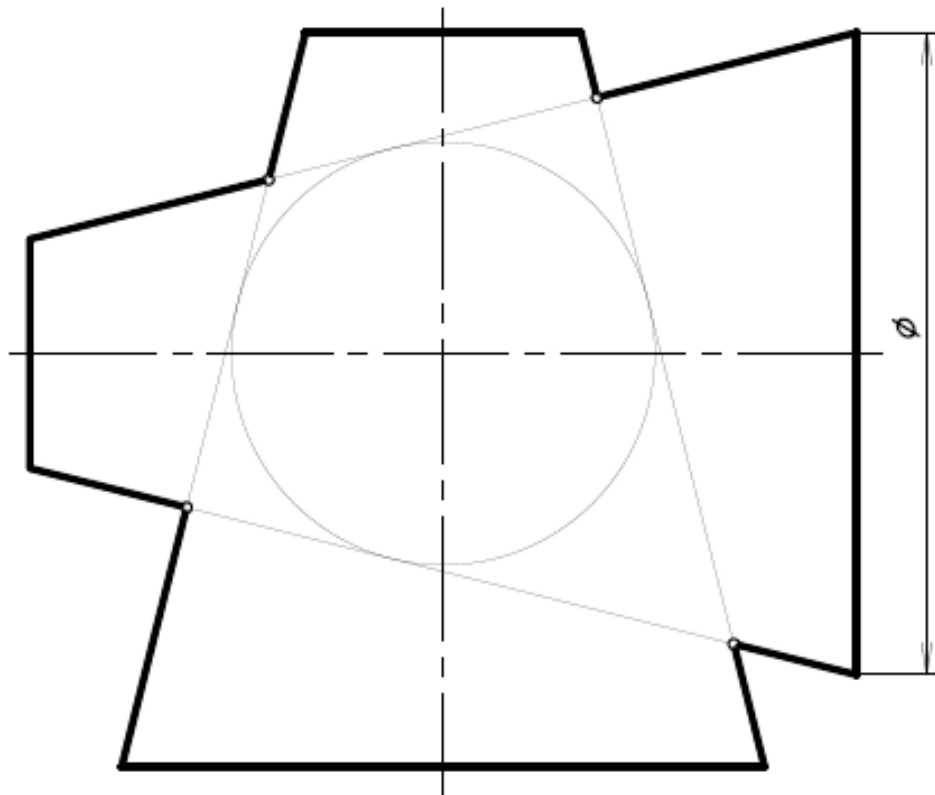
Построить проекции пересечения заданных фигур. Определить видимость пересекающихся фигур и проекций пересечения.



28

Построить проекции пересечения заданных фигур. Определить видимость пересекающихся фигур и проекций пересечения.

з)



## Тема 6. Способы преобразования проекций

6.1 Метрические задачи. Основные задачи преобразования проекций.

6.2 Замена плоскостей проекций, сущность способа. Алгоритмы решения четырех основных задач (задачи 1 – 5, 10 – 11).

6.3 Плоскопараллельное перемещение (задачи 6, 7).

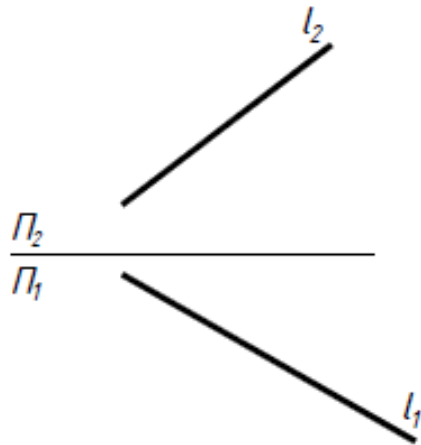
6.4 Вращение вокруг проецирующих прямых (задача 8) и прямых уровня (задача 9).

6.5 Вспомогательное проецирование.

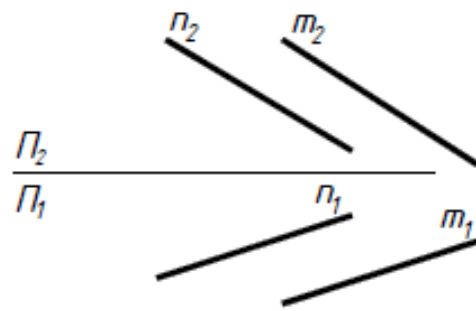
6.6 Применение рациональных способов преобразования проекций при решении метрических задач (задачи 12 – 15).

6.7 Комплексные задачи.

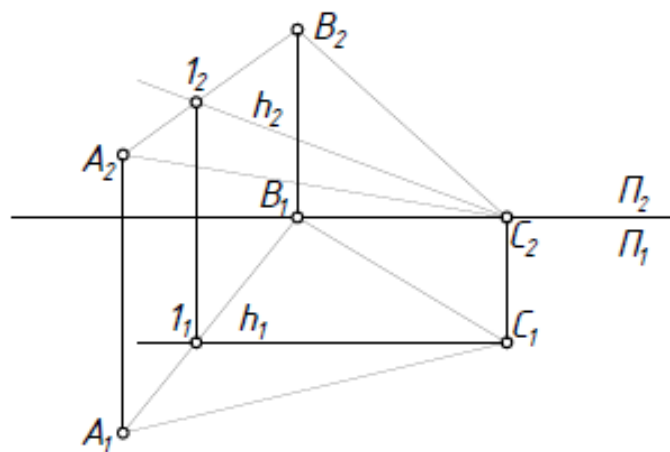
1 Определить угол наклона прямой  $l$  к плоскости  $\Pi_2$  методом замены плоскостей проекций.



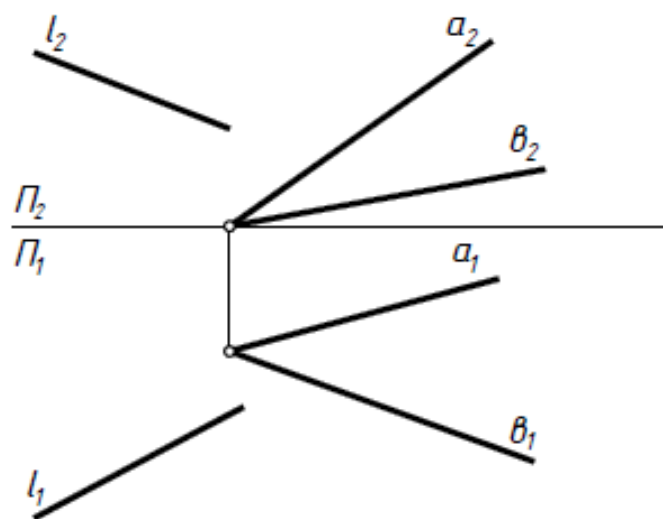
2 Определить расстояние между параллельными прямыми  $m$  и  $n$  методом замены плоскостей проекций.



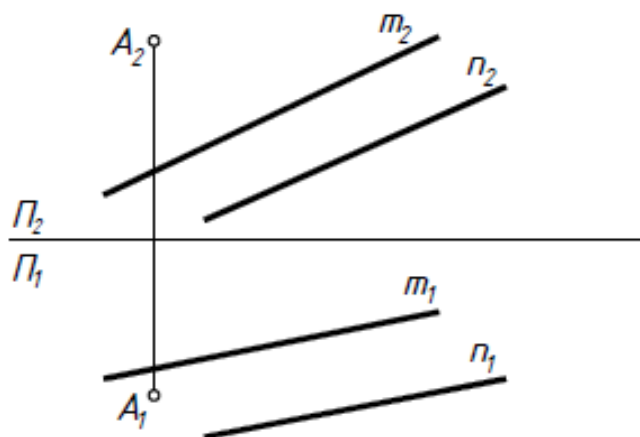
3 Построить проекции прямой призмы высотой 25 мм с основанием  $ABC$ , методом замены плоскостей проекций. Определить видимость.



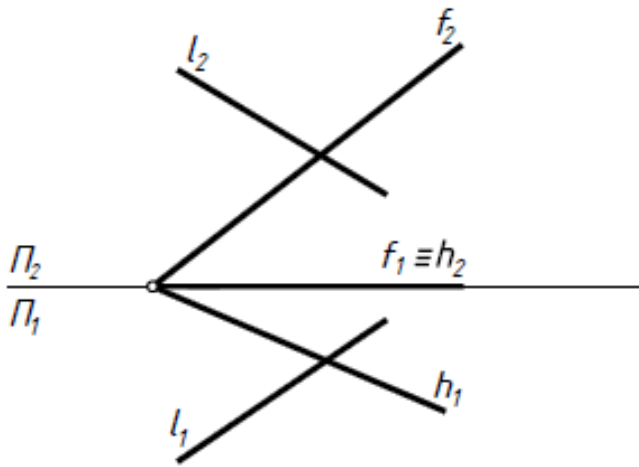
- ④ Методом замены плоскостей проекций на прямую  $l$  определить точки, удалённые от заданной плоскости на 20 мм.



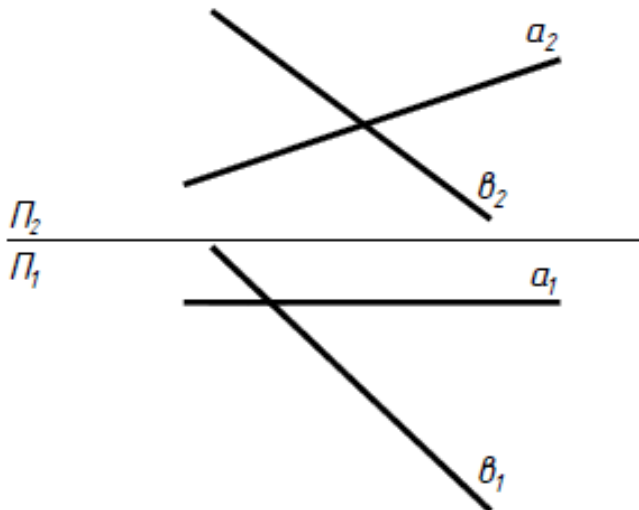
- ⑤ Методом замены плоскостей проекций построить точку  $T$ , симметричную точке  $K$  относительно заданной плоскости.



- 10) Построить плоскость  $\Gamma$ , параллельную  $\Sigma(h \cap f)$ , зная что отрезок прямой  $l$ , заключённый между плоскостями равен 40 мм.

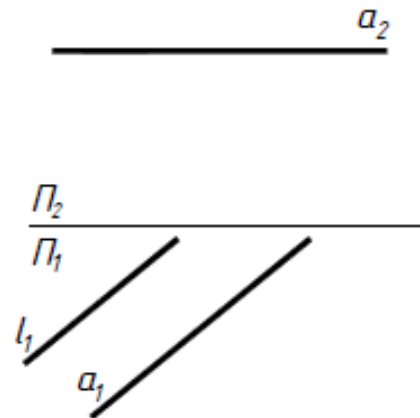


- 11) Методом замены плоскостей проекций на прямой  $\theta$  определить точки, удалённые от прямой  $a$  на 30 мм.

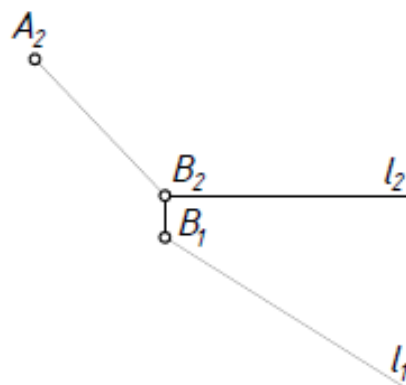




- 14) Заменой плоскостей проекций построить горизонтальную проекцию прямой  $l$ , удалённую от прямой  $a$  на 20 мм.



- 15) Построить проекции квадрата  $ABCD$  со стороной  $BC$  на прямой  $l$ . Для нахождения натуральной величины стороны квадрата использовать способ вращения вокруг проецирующей оси.



## Тема 7. Перспектива

7.1 Основные положения. Виды перспективы.

7.2 Аппарат линейной перспективы. Точка схода прямых линий.

7.3 Перспектива прямой и точки (задачи 1а – 1в, 2а – 2в).

7.4 Способы построения вертикального отрезка прямой (задача 2г).

7.5 Построение перспективы плоской фигуры (задачи 3а-3в).

7.6 Приемы построения перспективы:

способ архитекторов (задача 4, 5)

способ следа луча

построение перспективы по сетке

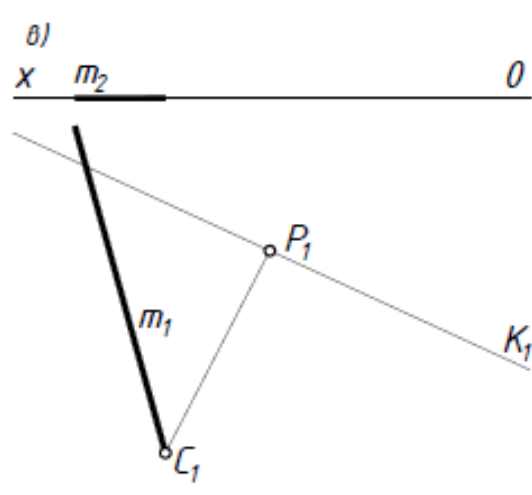
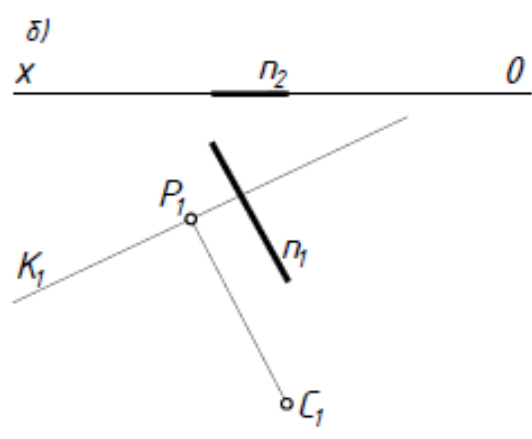
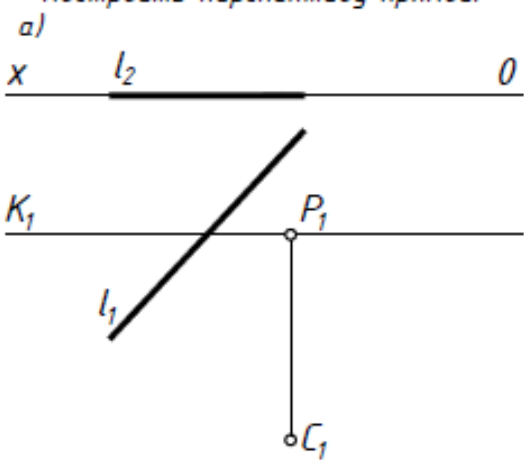
7.7 Картинный, предметный след и точка или линия схода прямой и плоскости (задача 7, 8).

7.8 Пропорциональное деление отрезков прямых (задача 8,9).

7.9 Дистанционные и метрические точки.

7.10 Использование опущенного плана и боковой стенки при построении перспективы здания, сооружения.

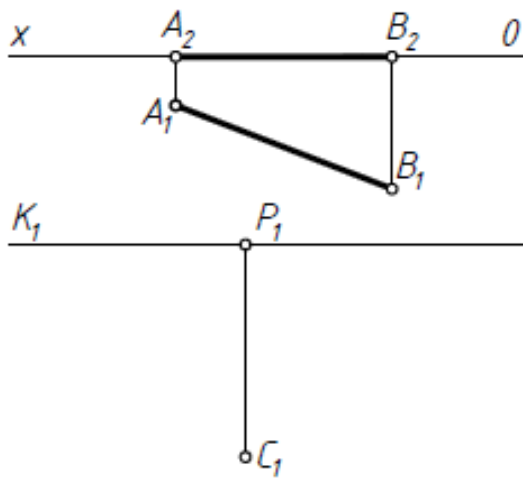
1 Построить перспективу прямой.



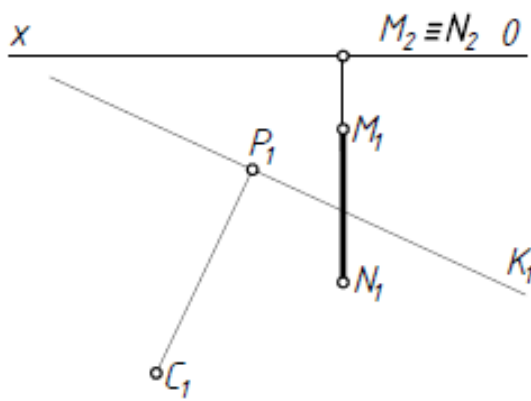
2

Построить перспективу отрезка.

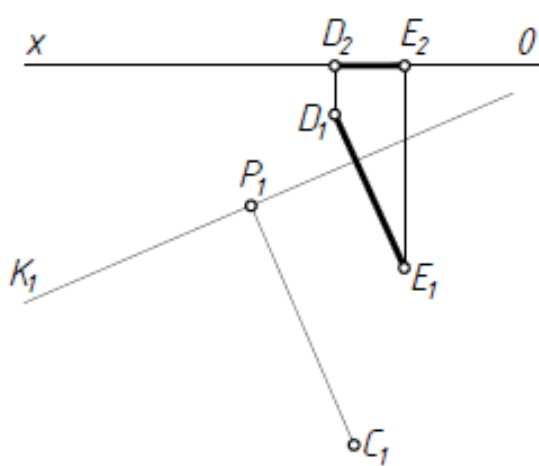
a)

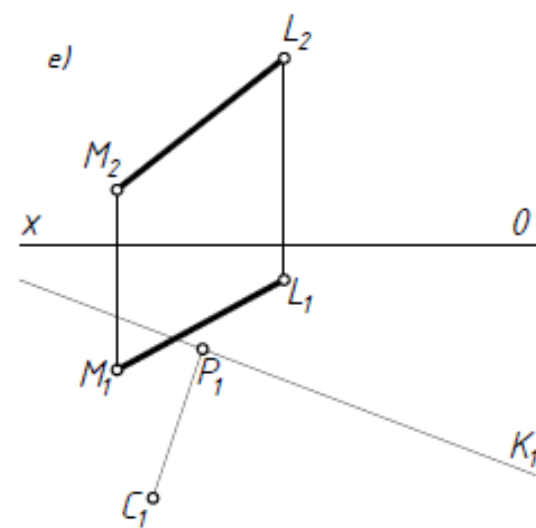
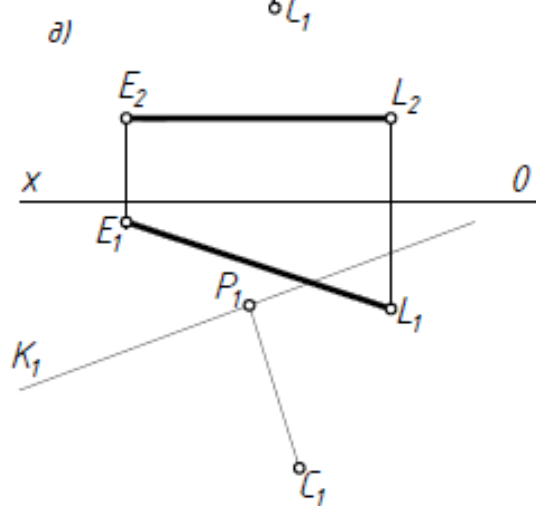
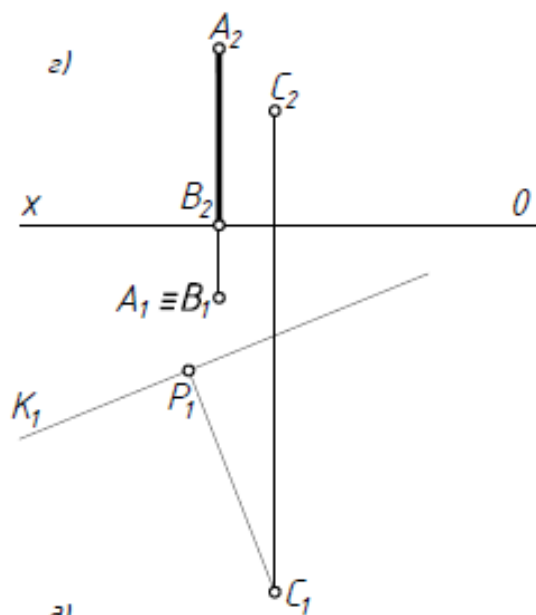


б)

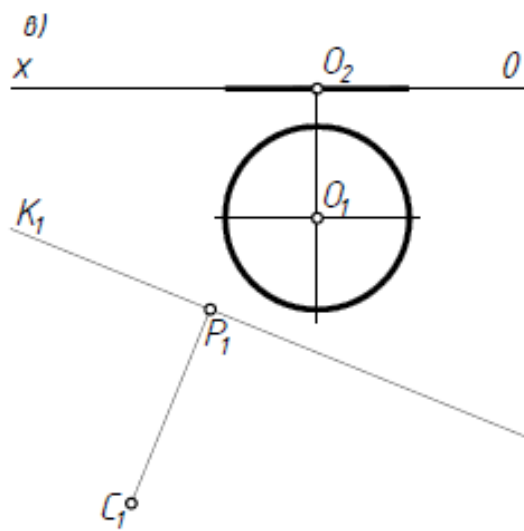
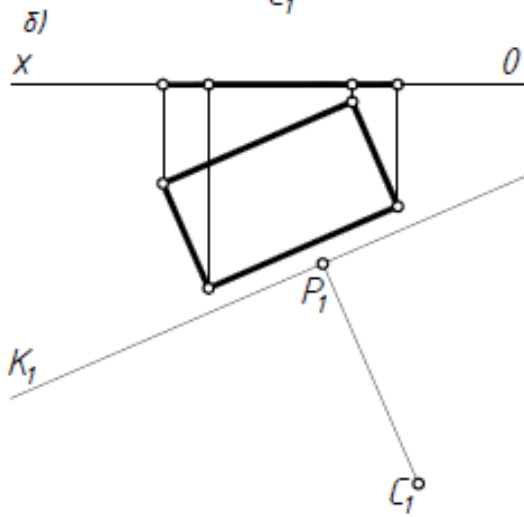
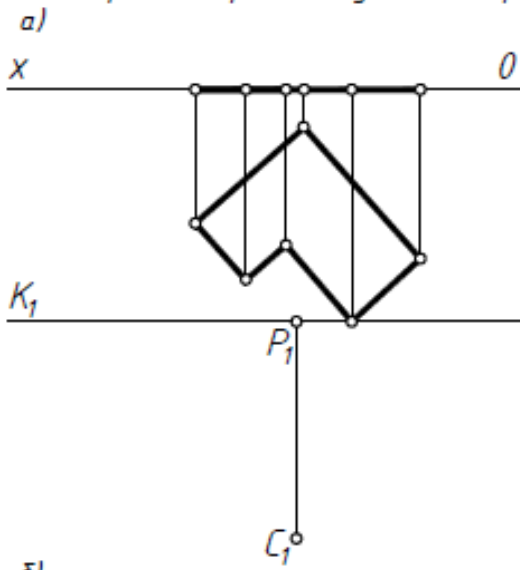


в)



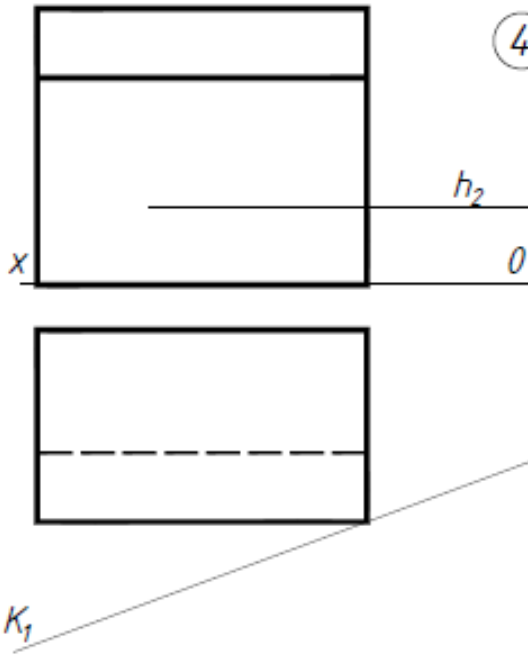


3) Построить перспективу плоской фигуры.



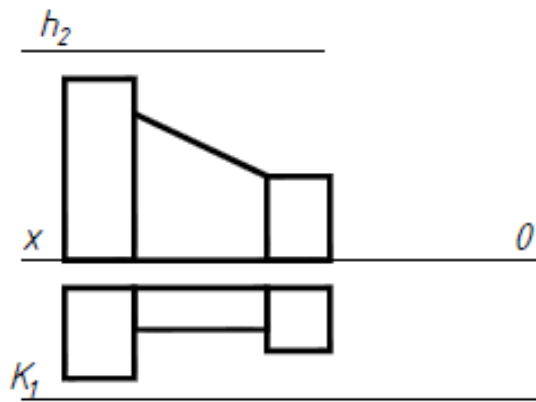
4

Выбрать точку зрения и построить перспективу фигуры.



5

Выбрать точку зрения и построить перспективу. Перспективу увеличить в 2 раза.



## Тема 9. Аксонометрические проекции

9.1 Основные положения.

9.2 Теорема Польке-Шварца.

9.3 Обратимость аксонометрического изображения, вторичные проекции.

9.4 Косоугольные и прямоугольные аксонометрии. Коэффициенты искажения.

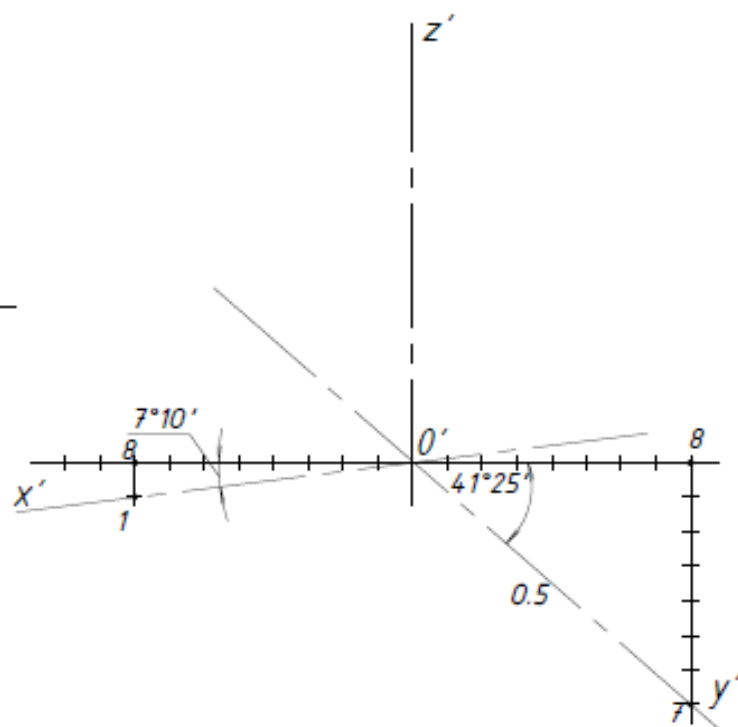
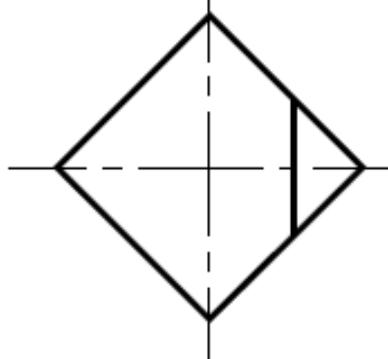
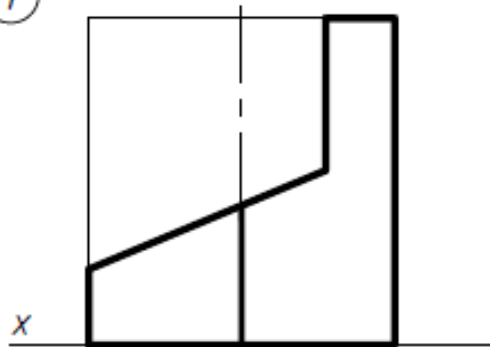
9.5 Переход от эпюра Монжа к аксонометрической проекции (задачи 1, 2).

9.6 Окружность частного и общего положения в аксонометрической проекции.

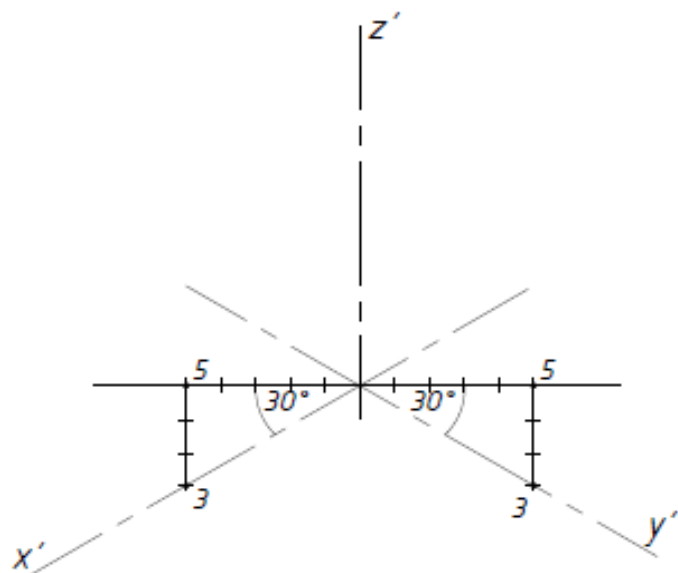
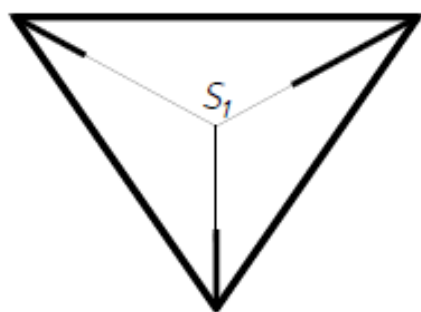
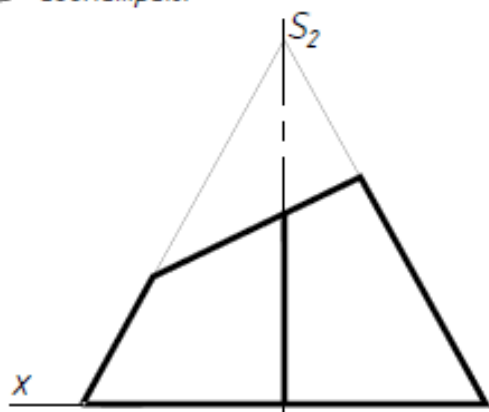
9.7 Алгоритмы решения основных позиционных задач в аксонометрии (задачи 3, 4).



1 Построить прямоугольную диметрию.

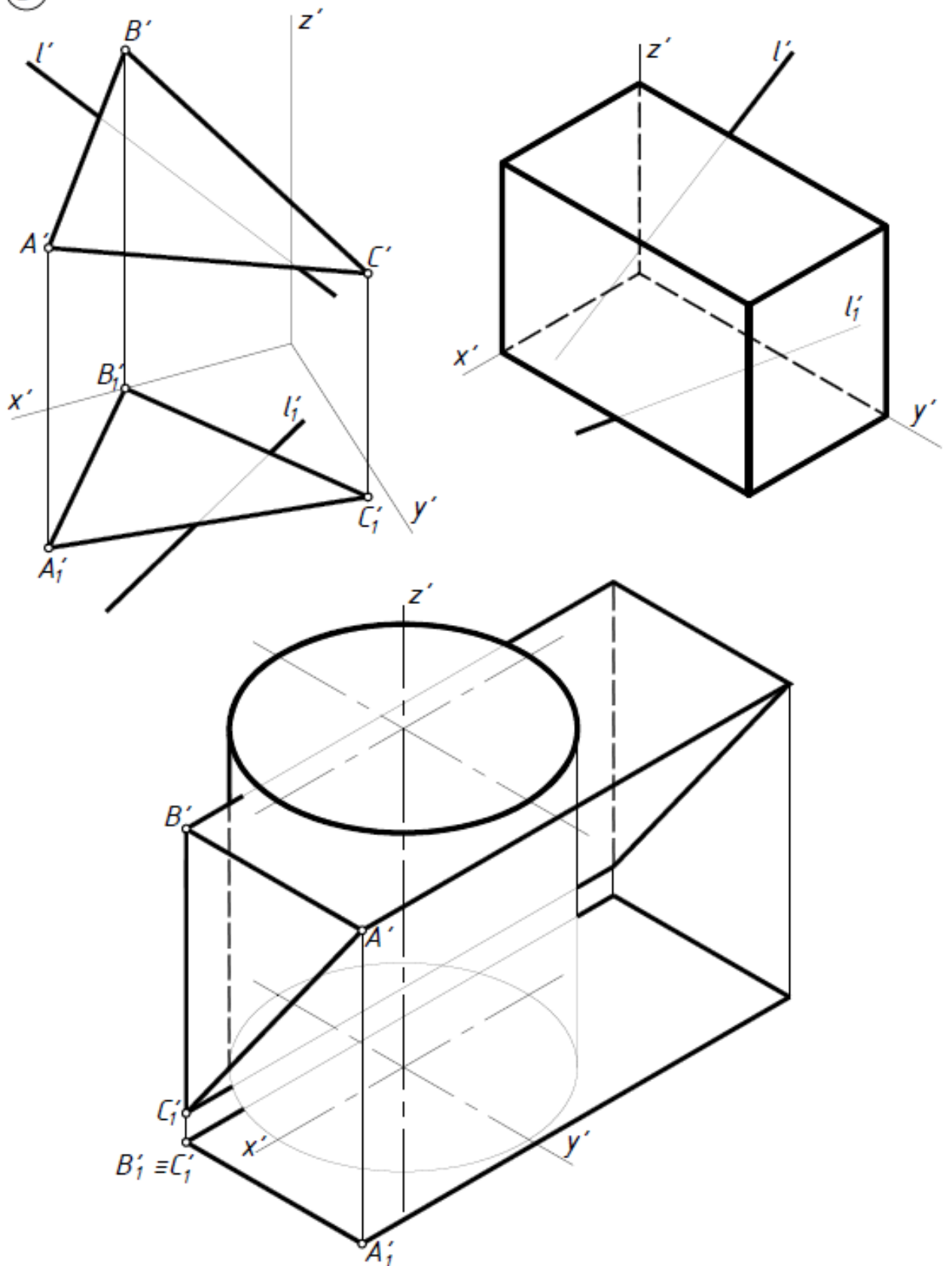


2 Достроить горизонтальную проекцию пирамиды. Построить прямоугольную изометрию.



3

Построить пересечение заданных фигур.



## Текущие контрольные работы

Построение проекций плоских фигур, принадлежащих заданной плоскости.

Построение проекций линии на заданной поверхности.

Построение проекций пересечения двух геометрических фигур.

Определение метрических характеристик фигур (натуральной величины плоской фигуры, двугранного угла, расстояний между геометрическими фигурами и т.д.).

Построение натуральной величины сечения фигуры плоскостью (с применением способов преобразования чертежа).

Построение перспективы геометрических фигур.

Построение видов, разрезов.

## Контрольные вопросы по изучаемым темам дисциплины

Как располагается горизонтальная проекция прямой, параллельной  $\Pi_2$ ?

Как располагается фронтальная проекция прямой, параллельной  $\Pi_1$ ?

На какую плоскость проекций отрезок, параллельный плоскости  $\Pi_2$ , проецируется в натуральную величину?

Как определить угол наклона горизонтального отрезка к плоскости  $\Pi_2$ ?

Что такое вырожденная проекция проецирующей плоскости и каким свойством она обладает?

Что называется многогранником?

Что называется призмой, пирамидой?

Что называется параллелограммом?

Как формулируется признак принадлежности точки плоскости?

Как формулируется признак принадлежности прямой плоскости?

Что называется горизонталью плоскости? Как располагается её фронтальная проекция?

Что называется фронталью плоскости? Как располагается на эюре её горизонтальная проекция?

Что называется проецирующей плоскостью. Признак проецирующей плоскости?

Как формулируется признак перпендикулярности двух плоскостей?

Теореме о перпендикулярности прямой и плоскости. Как формулируется признак перпендикулярности прямой и плоскости на эюре?

Теорема о проецировании прямого угла.

Как формулируется признак параллельности прямой и плоскости?

Как формулируется признак параллельности двух плоскостей?

Назовите поверхности проецирующие и общего положения.

Какая поверхность называется линейчатой?

Как образуется линейчатая поверхность с плоскостью параллелизма?

Какие поверхности относятся к линейчатым поверхностям с плоскостью параллелизма?

Какая поверхность называется поверхностью вращения?  
Что называется параллелью, экватором, горлом, меридианом?  
Сформулируйте правило принадлежности точки кривой поверхности?  
Как формулируется алгоритм решения задачи, если обе из двух пересекающихся фигур занимают проецирующее положение?  
Как формулируется алгоритм решения задачи, когда одна из пересекающихся фигур занимает проецирующее положение?  
Какие точки линии пересечения относятся к характерным или опорным?  
Как определяется видимость проекций линии пересечения?  
Назовите алгоритм решения задачи на пересечение плоскостей.  
Как проводится плоскость-посредник для определения точки пересечения прямой и плоскости?  
Назовите алгоритм решения задачи по построению линии пересечения поверхностей.  
Исходя из какого условия выбираются плоскости-посредники при построении линии пересечения поверхностей?  
В чем сущность способа замены плоскостей проекций?  
Каким образом прямую общего положения, преобразовать в проецирующую прямую?  
Каким образом прямую общего положения преобразовать в проецирующую прямую?  
Как плоскость общего положения, пользуясь заменой плоскостей проекций преобразовать в плоскость проецирующую?  
Назовите алгоритм решения задачи для нахождения натуральной величины сечения.  
Аппарат линейной перспективы. Что такое: главный луч, главная точка картины, линия горизонта, линия земли, точка зрения и точка стояния, главная линия картины, дистанционная точка?  
Что называется перспективой и вторичной проекцией точки?  
Что называется картинным следом прямой и как его построить?  
Что такое угол зрения?  
Как определяется положение точки зрения на плане?  
Какие проекции называются аксонометрическими?  
На какие группы делятся аксонометрические проекции в зависимости от направления проецирования и в зависимости от коэффициента искажения?  
Сформулируйте теорему Польке.  
Какой зависимостью связаны между собой коэффициенты искажения в косоугольных и прямоугольных аксонометрических проекциях?  
Назовите стандартные аксонометрии.  
Из каких изображений складывается обратимый аксонометрический чертеж?  
Как осуществляется переход от ортогональной проекции точки к аксонометрической?

Как определяют на чертеже направление и величину большой и малой оси эллипса, являющегося аксонометрической проекцией окружности для прямоугольной изометрии?

На какие комплекты подразделяется проектная документация для строительства? Как обозначается и где указывается марка комплекта?

Какими техническими нормативными правовыми актами следует руководствоваться при оформлении строительных чертежей?

Что такое система проектной документации для строительства и ее основное назначение?

Дайте определение понятия «координационные оси здания» и приведите правила их изображения.

Как правильно маркировать координационные оси здания?

Дайте определение понятия «привязки»?

Дайте определение понятиям: пролет, шаг колонн, высота этажа здания.

Приведите марки конструктивных элементов зданий.

Какой нормативный документ регламентирует выполнение основной надписи на строительных чертежах?

Что входит в состав основного комплекта рабочих чертежей архитектурных решений?

Что называется планом этажа здания?

С помощью каких элементов следует наносить линейные размеры на чертежах планов этажей зданий?

Как наносят отметки уровней на планах, разрезах, фасадах?

В каких единицах измерения допускается наносить линейные размеры на чертежах марки АР?

Допускаются ли пропуски букв или цифр в обозначениях координационных осей здания? Если да, какие?

Приведите рекомендуемые масштабы изображения планов этажей зданий.

Последовательность вычерчивания плана этажа здания.

Какие правила следует соблюдать при нанесении размеров на чертежах планов этажей зданий по внутреннему контуру изображения?

Как следует наносить размеры по наружному контуру изображения на чертежах планов этажей зданий, в какой последовательности?

Какими линиями следует обводить чертежи планов этажей зданий?

Как надписывать чертежи планов этажей зданий?

Приведите условные изображения на чертежах планов и разрезов зданий оконные проемы с четвертями.

Приведите условные изображения на чертежах планов и разрезов зданий строительных конструкций и изделий.

Приведите условные изображения на чертежах планов и разрезов зданий санитарно-технического оборудования.

Приведите условные изображения на чертежах планов и разрезов зданий подъемно-транспортного оборудования.

Как следует выбирать положение секущей плоскости при выполнении вертикальных разрезов здания?

Последовательность вычерчивания разреза здания.

Что такое превышение и заложение марша?

Как определить число проступей и подступенков в лестничном марше?

Какими линиями следует обводить чертежи вертикальных разрезов зданий?

Какие размеры следует наносить на чертежи вертикальных разрезов зданий?

Какая отметка принимается за «нулевую»?

Какое правило в отношении знаков «+» и «-» следует соблюдать при нанесении отметок уровней?

Какие отметки следует сопровождать надписью под полкой линией выноски?

Приведите условные изображения на чертежах планов и разрезов зданий: пандуса; отмокты; нижнего, промежуточного и верхнего лестничных маршей.

Какие размеры следует наносить на чертежи вертикальных разрезов зданий?

Как следует выполнять выносные надписи на чертежах слоистых конструкций?

Что называется фасадом зданий?

Какие размеры наносят на чертежах фасадов зданий?

Какими линиями выполняют чертежи фасадов зданий?

Как надписываются чертежи фасадов?

На что направлен нормоконтроль проектной документации на строительство?

При осуществлении нормоконтроля необходимо ли проверять соблюдение правил заполнения табличной документации?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Крылов, Н. Н. Начертательная геометрия / Н. Н. Крылов, Г. С. Иконников, В. Л. Николаев. – М. : Высшая школа, 2002. – 224 с.
2. Виноградов, В.Н. Начертательная геометрия / В.Н. Виноградов. – Минск: Амалфея, 2001. – 368 с.
3. Георгиевский, О. В. Начертательная геометрия : сборник задач с решениями типовых примеров / О. В. Георгиевский. –М. :Астрель-АСТ, 2002. – 278 с.
4. Уласевич, З. Н. Начертательная геометрия /З. Н. Уласевич. – М.,2009. - 180с.
5. Фролов, С. А. Начертательная геометрия / С. А. Фролов. – М.,2002.- 240с.
6. Чекмарев, А.А. Начертательная геометрия и черчение / А. А. Чекмарев. – М., 2005. – 200с.

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

### Дополнительная литература

7. Начертательная геометрия : конспект лекций : в 2 ч. / Ю. И. Садовский [и др.] ; под ред. В. В. Тарасова. – Минск : БНТУ, 2010. – Ч. 1 : Метод Монжа. Позиционные задачи. – 88 с.
8. Начертательная геометрия : конспект лекций : в 2 ч. / Л. С. Корытко [и др.] ; под ред. В. В. Тарасова. – Минск : БНТУ, 2011. – Ч. 2 : Метрические задачи. Однокартинные изображения. – 118 с.
9. Задания к практическим занятиям по начертательной геометрии и методические указания по их выполнению: учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей / И. М. Шуберт, О. Н. Касаткина, и др.- Минск : БНТУ, 2013. - 67 с. БЛОКИ
10. Геометрические тела :учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей / Е. А. Телеш, И. М. Шуберт, М.К. Протасова - Минск : БНТУ, 2018. - 39 с.
11. Индивидуальные задания по начертательной геометрии и методические указания по решению и оформлению расчетно-графических работ : учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей / И.М. Шуберт, О.Н. Касаткина, и др . - Минск : БНТУ, 2014. - 78 с.
12. Методическое пособие с элементами программированного обучения по курсу «Начертательная геометрия» для студентов строительных специальностей : в 3 ч. / З. И. Александрович [и др.] ; под общ. ред. / З. И. Александрович. –Минск : БГПА, 1994. – Ч. 1 : Позиционные задачи. – 66 с.
13. Методическое пособие с элементами программированного обучения по курсу «Начертательная геометрия» для студентов строительных специальностей : в 3 ч. / З. И. Александрович [и др.] ; под общ. ред. / З. И. Александрович. –Минск : БПИ, 1987. – Ч. 2 : Метрические задачи. –57 с.
14. Методическое пособие с элементами программированного обучения по курсу «Начертательная геометрия» для студентов строительных специальностей : в 3 ч. / З. И. Александрович [и др.] ; под общ. ред. / З. И. Александрович. –Минск : БГПА, 1996. – Ч. 3 :Однокартинные чертежи. Тени. – 57 с.
15. Проекционное черчение: методическое пособие по разделу дисциплины «Начертательная геометрия. Инженерная и машинная графика» для студентов строительных специальностей /Л.С. Корытко, М.В. Кравченко, М.К. Протасова. - Минск: БНТУ, 2005. - 54 с.
16. Общие сведения и правила выполнения архитектурно-строительных чертежей: учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей / И.М. Шуберт, О.Н. Касаткина, и др . - Минск : БНТУ, 2015. - 57 с.



17. Нанесение и простановка размеров: учебно-методическое пособие по дисциплине «Инженерная графика» для студентов строительных специальностей /А.А. Селицкий, Т.А. Токарева. - Минск: БНТУ, 2004. - 36 с.
18. Нормативно-техническая литература
19. ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи
20. ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Форматы
21. ГОСТ 2.302-68 ЕСКД. Масштабы
22. ГОСТ 2.303-68 ЕСКД. Линии
23. ГОСТ 2.304-81 ЕСКД. Шрифты чертежные
24. ГОСТ 2.305-2008 ЕСКД. Изображения - виды, разрезы, сечения
25. ГОСТ 2.307-2011 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений
26. ГОСТ 2.317-2011 ЕСКД. Аксонометрические проекции
27. ГОСТ 21.002-81 СПДС. Нормоконтроль проектно-сметной документации.
28. ГОСТ 21.101-97 СПДС. Основные требования к рабочей документации
29. ГОСТ 21.111-84 СПДС. Ведомости объемов строительных и монтажных работ.
30. СТБ 2255-2012 СПДС Основные требования к документации строительного проекта
31. ГОСТ 21.001 – 2013 Общие положения
32. ГОСТ 21.201 – 2011 Условные графические изображения элементов зданий, сооружений и конструкций.
33. ГОСТ 21.501-2011 Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений