

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Инженерная графика строительного профиля»

## РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ НА ЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением высших учебных заведений  
Республики Беларусь по образованию в области строительства и архитектуры  
в качестве учебно-методического пособия для студентов строительных  
специальностей*

М и н с к 2 0 0 8

УДК 514.18 (076.2) (075.8)

~~ББК 22.151.3я7~~

Р 47

Авторы:

М.В. Кравченко, Л.С. Корытко, Ю.И. Садовский,  
Е.А. Телеш, О.Е. Кравченко

Рецензенты:

Т.М. Пецольд, И.М. Шуберт

**Кравченко, М.В.**

Р 47 Решение типовых задач начертательной геометрии: учебно-методическое пособие для студентов строительных специальностей /М.В. Кравченко [и др.]. – Минск: БНТУ, 2008. – 100 с .

ISBN 978-985-479-841-7.

Настоящее издание предназначено для студентов строительных специальностей заочной формы обучения и представляет собой комплект индивидуальных заданий с методическими указаниями по их выполнению.

В нем рассмотрены общие вопросы оформления чертежей в соответствии с последними редакциями стандартов системы ЕСКД, решение типовых задач, входящих в типовую программу и вызывающих трудности у студентов заочной формы обучения.

Приведены варианты индивидуальных заданий с примерами их выполнения по основным разделам начертательной геометрии – построение проекций основных элементов геометрического пространства, линий на поверхностях, линий пересечения фигур, а также задач, связанных с преобразованием чертежа, числовыми отметками, аксонометрией, перспективой и построением теней.

Даны задачи для самостоятельного решения.

УДК 514.18(076.2) (075.8)  
ББК 22.151.3я7

ISBN 978-985-479-841-7

© БНТУ, 2008

## В в е д е н и е

Изучение начертательной геометрии и черчения необходимо для приобретения знаний и навыков, позволяющих составлять и читать технические чертежи, проектную документацию, а также для развития инженерного пространственного воображения. Общим для начертательной геометрии и черчения является метод построения изображений, называемый методом проецирования.

В начертательной геометрии изучают теоретические основы этого метода, в черчении – его практическое использование. Знания по построению изображений, решению проекционных задач, приобретенные в начертательной геометрии, правила составления и оформления чертежей, изученные в черчении, широко применяются при разработке проектов и осуществления их в натуре.

Основная форма работы студента-заочника – самостоятельное изучение материала по учебнику, учебным пособиям; знакомство с положениями государственных стандартов и других официальных документов; основная форма отчетности по пройденному материалу – конспекты, выполненные домашние и аудиторные графические контрольные работы, зачеты и экзамены.

# 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Для выполнения контрольной работы по начертательной геометрии необходимо изучить следующие темы.

**Тема 1. Введение.** Предмет начертательной геометрии. Метод проекций. Центральные и параллельные проекции.

## Ортогональные проекции

**Тема 2. Точка, прямая, плоскость.** Система плоскостей проекций. Проекция точки, расположенной в разных частях пространства. Проекция прямой. Деление отрезка в данном отношении. Следы прямой. Определение длины отрезка прямой и углов его наклона к плоскостям проекций. Взаимное положение прямых. Задание плоскости на чертеже. Прямые линии и точки плоскости. Теорема о проекциях прямого плоского угла.

**Тема 3. Проекционные и метрические задачи.** Прямая: параллельная плоскости, пересекающая плоскость и перпендикулярная к ней. Плоскости: параллельные и пересекающиеся ( построение линии пересечения).

**Тема 4. Способы преобразования проекций.** Преобразование проекций способом замены плоскостей проекций, вращением вокруг линий уровня и проецирующих прямых линий. Основные задачи преобразования проекций.

**Тема 5. Многогранники.** Чертежи многогранников. Пересечение многогранников плоскостью и прямой. Взаимное пересечение многогранников.

**Тема 6. Поверхности.** Образование и задание поверхностей. Классификация поверхностей. Поверхности вращения (с прямой, криволинейной образующей), линейчатые поверхности с плоскостью параллелизма, линейчатые винтовые поверхности (геликоиды, торсовые). Понятие об определителе и очерке поверхности. Линия и точка на поверхности.

**Тема 7. Пересечение поверхности плоскостью и прямой.** Пересечение поверхностей плоскостью частного положения. Конические и цилиндрические сечения. Общий прием построения плоских сечений. Построение точек пересечения прямой линии с поверхностью.

**Тема 8. Взаимное пересечение поверхностей.** Принцип определения точек, общих для двух поверхностей. Характерные (опорные) точки пересечения. Способы секущих плоскостей и секущих сфер. Пересечения цилиндрических и конических поверхностей общего вида. Видимость элементов пересеченных поверхностей.

**Тема 9. Развертки многогранных и кривых поверхностей.** Общие принципы построения разверток поверхностей. Развертывание конических и цилиндрических поверхностей общего вида. Построение точек и линий на развертке по их проекциям.

## **Аксонометрия**

**Тема 10. Основные положения и теоремы.** Основная теорема аксонометрии. Обратимость аксонометрического изображения; вторичные проекции. Виды аксонометрии и коэффициенты искажения. Треугольник следов плоскости аксонометрических проекций. Построения изображений в системе стандартных аксонометрий. Решение основных задач в аксонометрии.

## **Проекции с числовыми отметками**

**Тема 11. Точка. Прямая. Плоскость.** Задание точки и прямой на чертеже. Градуирование прямой. Уклон и интервал прямой. Масштаб уклона плоскости. Угол падения и угол простираения плоскости. Пересечение плоскостей. Пересечение прямой с плоскостью.

**Тема 12. Поверхности.** Гранные и кривые поверхности. Поверхности равного уклона. Топографическая поверхность. Пересечение поверхности плоско-

стью и прямой. Взаимное пересечение поверхностей. Построение границ земляных работ при проектировании инженерных сооружений.

## Тени

**Тема 13. Тени в ортогональных и аксонометрических проекциях.** Общие сведения. Тени собственные и падающие. Тень от точки, прямой и плоской фигуры. Способы лучевых сечений и обратных лучей. Тени гранных поверхностей. Построение границы собственной тени на конической и цилиндрической поверхности и на сфере. Выбор светового луча в аксонометрии. Построение собственных и падающих теней на аксонометрическом изображении.

**Тема 14. Перспектива и тени в перспективе.** Сущность метода и система плоскостей линейной перспективы. Перспектива точки и прямой. Пропорциональное деление отрезков прямых, определение истинной величины прямой. Точки схода прямых. Выбор точки зрения. Приемы построения перспективы (следа, луча, координат, архитекторов, сетки). Расположение источника света относительно картинной плоскости. Основные приемы построения тени точки, прямой и плоской фигуры. Собственные и падающие тени от поверхностей в перспективе.

## Принятые обозначения

1. Точки, расположенные в пространстве, обозначаются прописными буквами латинского алфавита:  $A, B, C, D, \dots, L, N, \dots$

2. Линии общего положения обозначаются строчными буквами латинского алфавита:  $a, b, c, d, \dots, l, n, \dots$

3. Линии уровня обозначаются:  $h$  – горизонталь;  $f$  – фронталь.

4. Поверхности обозначаются прописными буквами греческого алфавита  $A, B, \Gamma, \Delta, \dots, P, \Sigma, T, \dots$

5. Плоскости проекций обозначаются:

$\Pi_1$  – горизонтальная плоскость проекций;

$\Pi_2$  – фронтальная плоскость проекций;

$\Pi_3$  – профильная плоскость проекций.

6. Проекции точек, линий, поверхностей обозначаются теми же буквами, что и оригинал, с добавлением индекса плоскости проекций:

$A_1, B_1, \dots; a_1, b_1, \dots; A_1, B_1, \dots$  – горизонтальные проекции;

$A_2, B_2, \dots; a_2, b_2, \dots; A_2, B_2, \dots$  – фронтальные проекции;

$A_3, B_3, \dots; a_3, b_3, \dots; A_3, B_3, \dots$  – профильные проекции.

### 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.  $\parallel$  – параллельны:

$a \parallel b$  – прямая  $a$  параллельна прямой  $b$ .

$\perp$  – перпендикулярны:

$m \perp n$  – прямая  $m$  перпендикулярна прямой  $n$ .

5.  $\circ$  – скрещиваются:  $a \circ b$ , прямые  $a$  и  $b$  скрещиваются.

## Обозначения теоретико-множественных и логических операций

1.  $\in$  – принадлежит, является элементом:

$A \in m$  – точка  $A$  лежит на прямой  $m$ ;  $n \in B$  – прямая  $n$  проходит через точку  $B$ .

2.  $\subset$  – включает, содержит:

$a \subset \Gamma$  – прямая  $a$  принадлежит плоскости  $\Gamma$ ;

$\Delta \subset b$  – 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:

$a \parallel b \Rightarrow a_1 \parallel b_1 \wedge a_2 \parallel b_2$  – если прямые  $a$  и  $b$  параллельны, то их одноименные проекции также параллельны.

## 2. ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ РЕШЕНИЮ

**З а д а ч а 1.** Определить натуральную длину отрезка  $AB$  ( $A_1B_1$ ;  $A_2B_2$ ) и углы его наклона к плоскостям проекций (рис. 1 и 2).

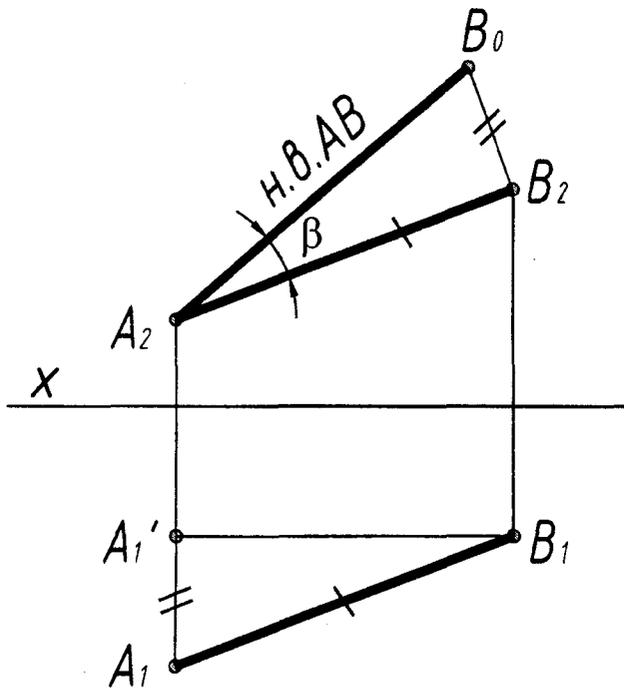


Рис. 1

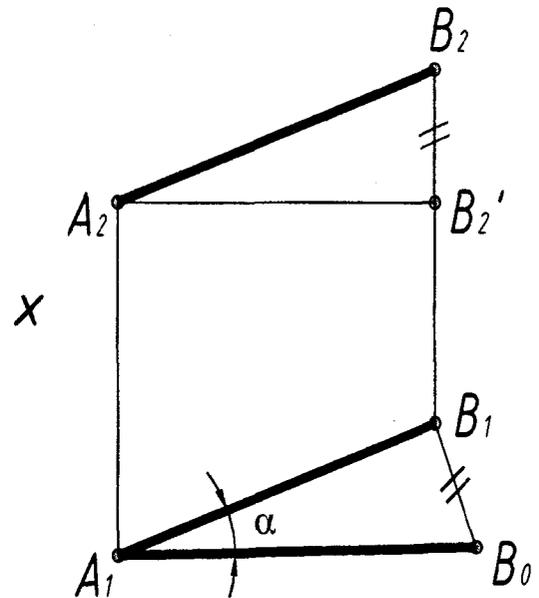


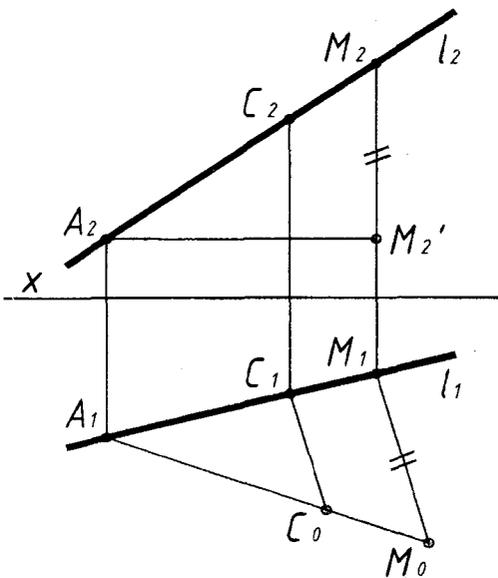
Рис. 2

**Р е ш е н и е.** Строим прямоугольный треугольник по двум катетам (см. рис. 1). За один катет принимаем фронтальную проекцию  $A_2B_2$  отрезка  $AB$ , за другой катет – отрезок, равный разности расстояний концов отрезка до плоскости  $\Pi_2$ .  $B_0B_2 = A_1A_1'$ . Угол  $\beta$  – угол наклона  $AB$  к плоскости проекций  $\Pi_2$ .

Можно найти длину отрезка  $AB$ , строя прямоугольный треугольник не на фронтальной проекции  $A_2B_2$ , а на горизонтальной проекции  $A_1B_1$  (см. рис. 2). Тогда вторым катетом будет разность расстояний концов отрезка до плоскости  $\Pi_1$ .  $B_1B_0 = B_2B_2'$ . Угол  $\alpha$  – угол наклона отрезка  $AB$  к плоскости проекций  $\Pi_1$ .

**З а д а ч а 2.** На прямой  $l$  ( $l_1, l_2$ ) от точки  $A$  ( $A_1, A_2$ ) отложить отрезок длиной 30 мм (рис. 3).

Решение. Выделяем на прямой  $l$  произвольный отрезок  $AM$  и определяем его натуральную длину. Для этого строим прямоугольный треугольник по двум катетам  $A_1M_1$  и  $M_1M_0 = M_2M_2'$ .



На гипотенузе  $A_1M_0$  построенного треугольника откладываем отрезок  $A_1C_0 = 30$  мм. Опустив из точки  $C_0$  перпендикуляр на горизонтальную проекцию прямой, получаем горизонтальную проекцию  $A_1C_1$ , а по ней и фронтальную  $A_2C_2$  проекции искомого отрезка.

Рис. 3

З а д а ч а 3. Через прямую  $l$  ( $l_1, l_2$ ) провести фронтально проецирующую плоскость  $\Delta$  (рис. 4, а).

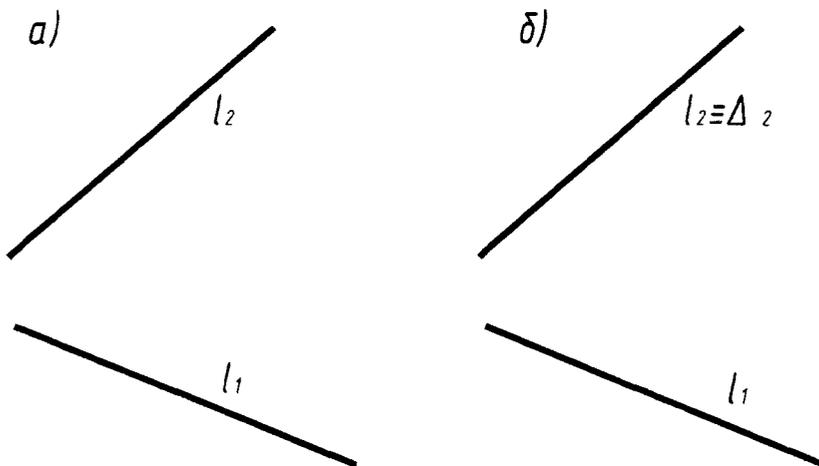


Рис. 4

**Решение.** Признаком принадлежности прямой  $l$  фронтально проецирующей плоскости является принадлежность (совпадение) фронтальной проекции  $l_2$ , прямой  $l$  с фронтальной проекцией  $\Delta_2$  плоскости  $\Delta$ , т.е. если  $l \subset \Delta \Leftrightarrow l_2 \equiv \Delta_2$  (рис. 4, б).

**Задача 4.** Построить проекции линии пересечения двух плоскостей  $\Gamma(ABC)$  и  $\Delta(\Delta_2)$  (рис. 5, а).

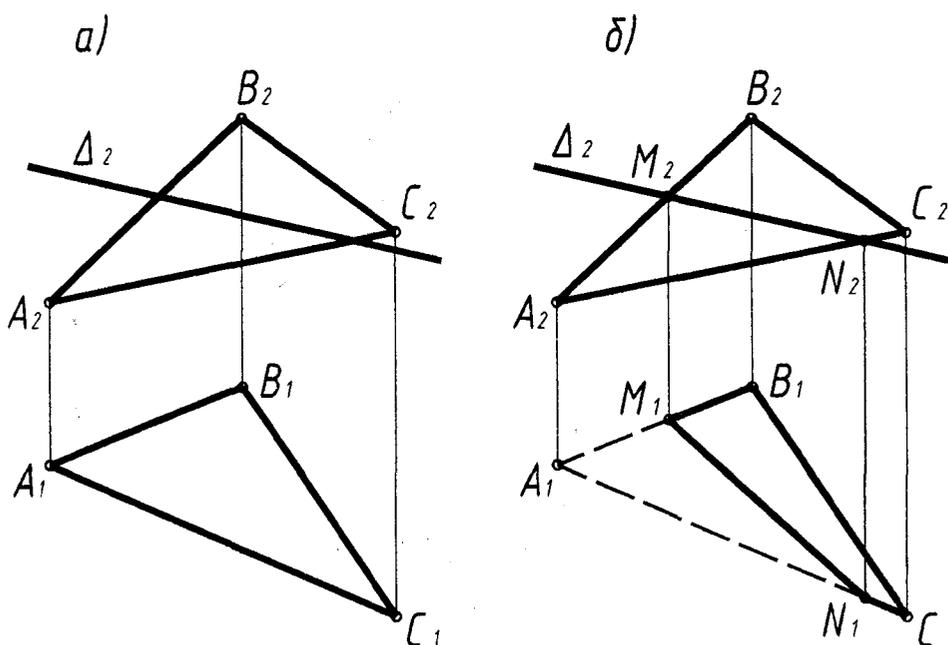


Рис. 5

**Решение.** Плоскость  $\Delta(\Delta_2)$  – фронтально проецирующая. Фронтальная проекция плоскости  $\Delta$  обладает собирательным свойством, поэтому фронтальная проекция  $N_2M_2$  искомой линии пересечения совпадает с  $\Delta_2$ . Пользуясь условием, что искомая прямая  $MN$  принадлежит и плоскости  $\Gamma(ABC)$ , по фронтальной проекции находим её горизонтальную проекцию  $M_1N_1$  (рис. 5, б).

**Задача 5.** Построить проекции точки пересечения прямой  $l(l_1, l_2)$  с плоскостью  $\Gamma(ABC)$ . Определить видимость прямой  $l(l_1, l_2)$  относительно плоскости  $\Gamma$  (рис. 6, а).

**Решение.** Для решения задачи следует последовательно выполнить следующие три операции (рис. 6, б).

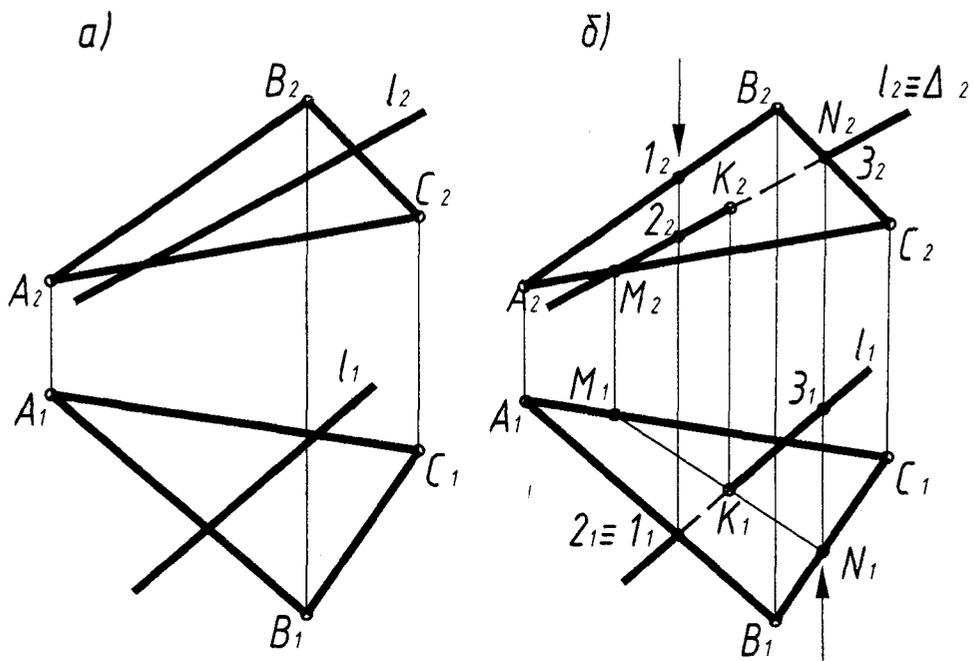


Рис. 6

1-я операция. Через прямую  $l$  провести фронтально проецирующую плоскость  $\Delta$  ( $\Delta_2$ ) (см. задачу 3).

2-я операция. Построить проекции линии пересечения обеих плоскостей – данной  $\Gamma$  и вспомогательной  $\Delta$ , т.е.  $MN$  ( $M_1N_1$ ;  $M_2N_2$ ) (см. задачу 4).

3-я операция. В пересечении проекций данной прямой  $l$  и построенной  $MN$  отметить проекции ( $K_1, K_2$ ) искомой точки.

Найдя точку пересечения, перейти к определению видимости прямой  $l$ .

Для определения видимости прямой  $l$  на горизонтальной проекции (вид сверху) рассматриваем две горизонтально конкурирующие точки  $1 \in AB$  и  $2 \in l$  ( $1_1 \equiv 2_1$ ). По фронтальной проекции видим, что точка  $1$  лежит по отношению к плоскости  $\Pi_1$  выше, чем точка  $2$ . Это значит, что сверху видимой является точка  $1$ , а точка  $2$  закрыта ею. Следовательно, на виде сверху отрезок прямой  $l$ , на котором лежит точка  $2$ , является невидимым. На фронтальной проекции видимость можно определить, например, при помощи фронтально конкурирующих точек  $N \in BC$  и  $3 \in l$ . Сравниваем расстояние по отношению их к плоскости  $\Pi_2$ . Сравнение показывает, что точка  $3$  прямой  $l$ , а следовательно, отрезок  $3K$  спереди не виден.

З а д а ч а 6. В плоскости  $\Gamma (l \cap m)$  провести горизонталь  $h (h_1, h_2)$  и фронталь  $f (f_1; f_2)$  (рис. 7, а).

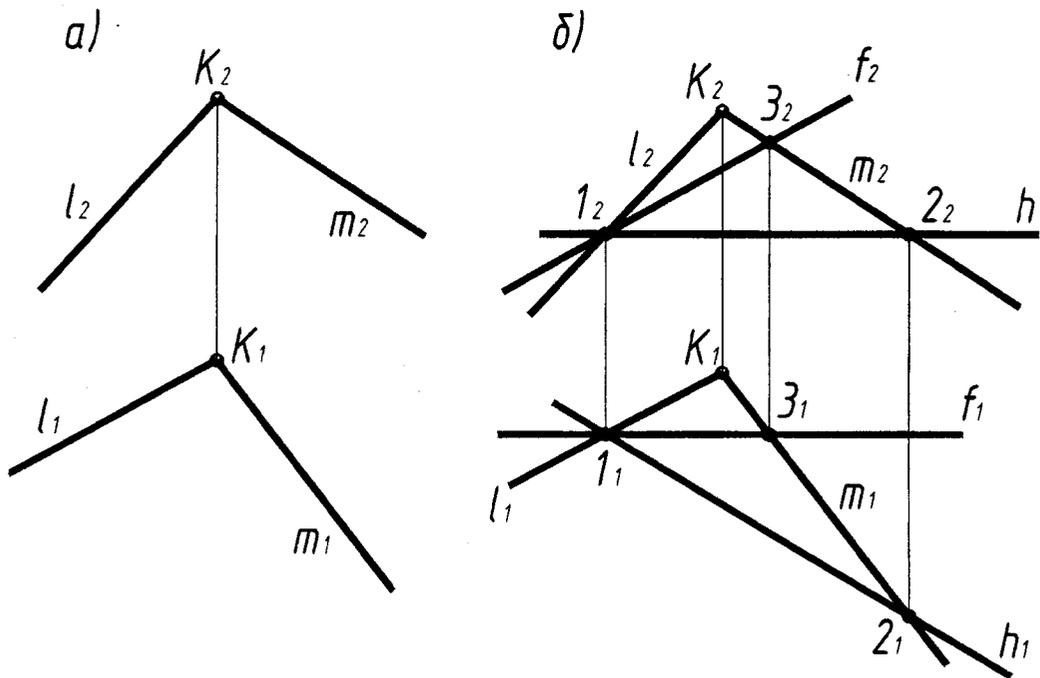


Рис. 7

Р е ш е н и е. Известно, что фронтальная проекция  $h_2$  горизонтали  $h$  всегда параллельна оси  $XO$ . Поэтому построение горизонтали начинаем с проведения  $h_2 \parallel XO$  (рис. 7, б). Горизонтальную проекцию находим из условия принадлежности горизонтали  $h$  плоскости  $\Gamma$ . Фронтальная проекция горизонтали пересекает фронтальные проекции данных прямых  $l_2$  и  $m_2$  в точках  $1_2$  и  $2_2$ , которым соответствуют горизонтальные проекции  $1_1$  и  $2_1$ . Через них и пройдет горизонтальная проекция  $h_1$  искомой горизонтали  $h$ . На рис. 7, б в плоскости  $\Gamma$  построена и фронталь  $f (f_1; f_2)$ . Это построение выполнено аналогично построению горизонтали.

З а д а ч а 7. Даны плоскость  $\Gamma (l \parallel m)$  и точка  $D (D_1; D_2)$ .

Опустить перпендикуляр из точки на эту плоскость (рис. 8).

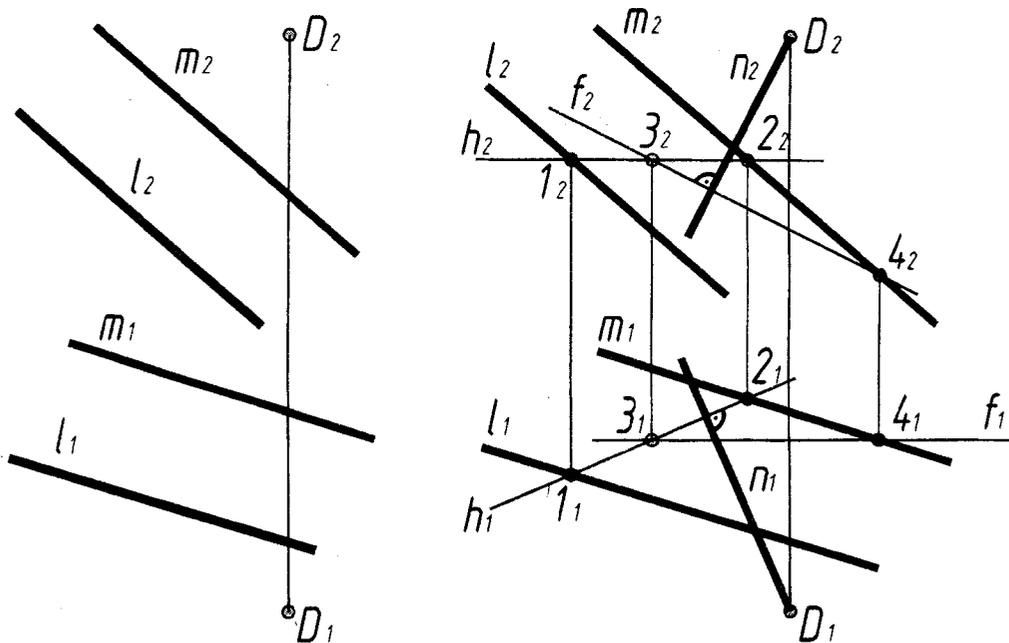


Рис. 8

Известно, что если прямая перпендикулярна плоскости, то необходимо, чтобы горизонтальная проекция прямой была перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали, а фронтальная проекция – фронтальной проекции фронтали плоскости.

**Решение.** Проводим горизонталь  $h(h_1; h_2)$  и фронталь  $f(f_1; f_2)$  (см. задачу б). Затем проводим проекции перпендикуляра: горизонтальную  $n_1$  – через  $D_1$  перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали  $h_1$ , и фронтальную  $n_2$  – через  $D_2$  перпендикулярно проекции фронтали  $f_2$ .

**Задача 8.** Из произвольной точки плоскости  $\Gamma(l \cap m)$  восстановить перпендикуляр (нормаль) к плоскости (рис. 9, а).

**Решение.** Признаки перпендикулярности прямой и плоскости позволяют строить на чертеже проекции нормали к плоскости. На рис. 9, б дано построение нормали  $n(n_1; n_2)$  в точке  $K(K_1; K_2)$  к плоскости  $\Gamma(l \cap m)$ . Проекции нормали перпендикулярны соответствующим проекциям линий уровня плоскости  $\Gamma$ .

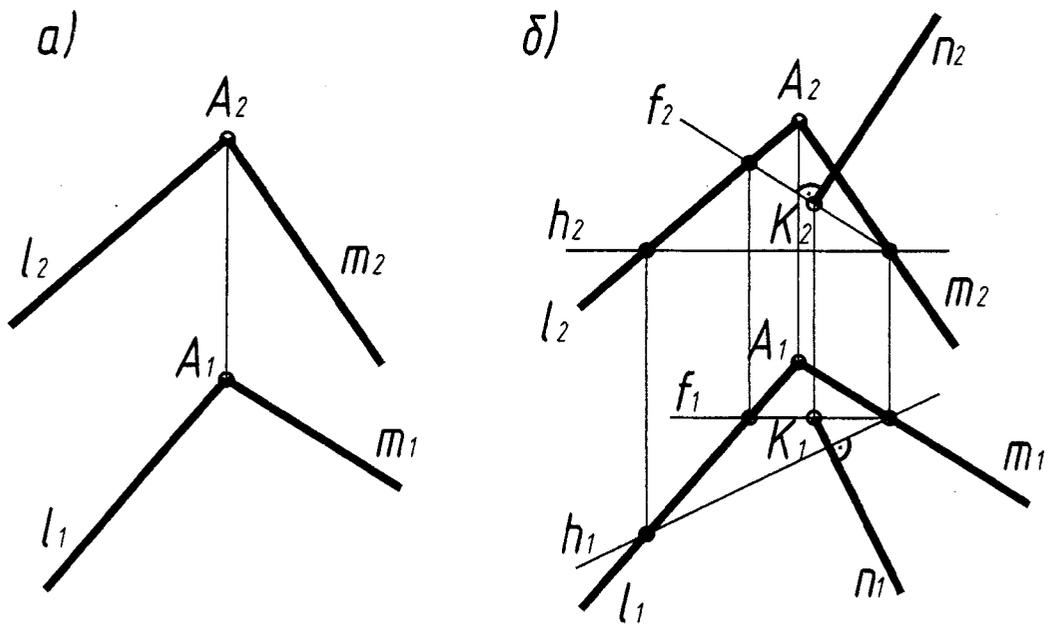


Рис. 9

З а д а ч а 9. Даны плоскость  $\Gamma (l \cap m)$  и точка  $D$ ; требуется определить расстояние от точки  $D$  до плоскости, заданной двумя пересекающимися прямыми  $l$  и  $m$  (рис. 10).

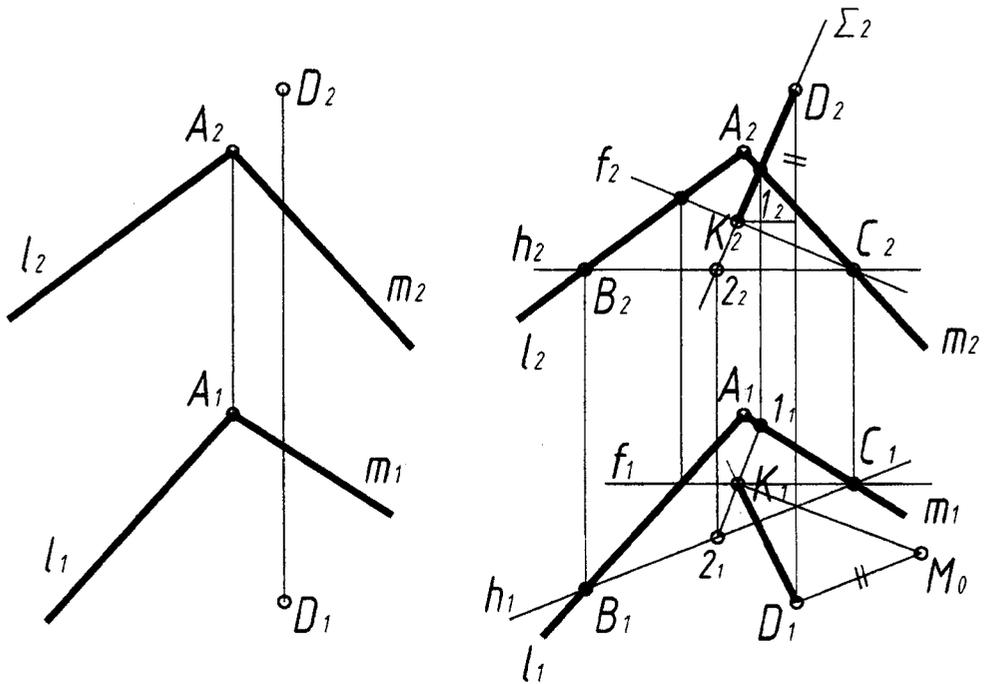


Рис. 10

Порядок решения задачи:

1. Опустить перпендикуляр из точки  $D$  на плоскость  $\Gamma$  ( $l \cap m$ ) (см. задачу 7).
2. Определить точку пересечения перпендикуляра с плоскостью и отделить видимый участок перпендикуляра от невидимого, считая плоскость непрозрачной (см. задачу 5).
3. Определить натуральную величину расстояния от точки  $D$  до плоскости  $\Gamma$  (см. задачу 1).

З а д а ч а 10. Дана точка  $K$  ( $K_1; K_2$ ) и плоскость  $\Gamma$  ( $ABC$ ). Провести через точку  $K$  плоскость, параллельную заданной плоскости  $\Gamma$  (рис. 11).

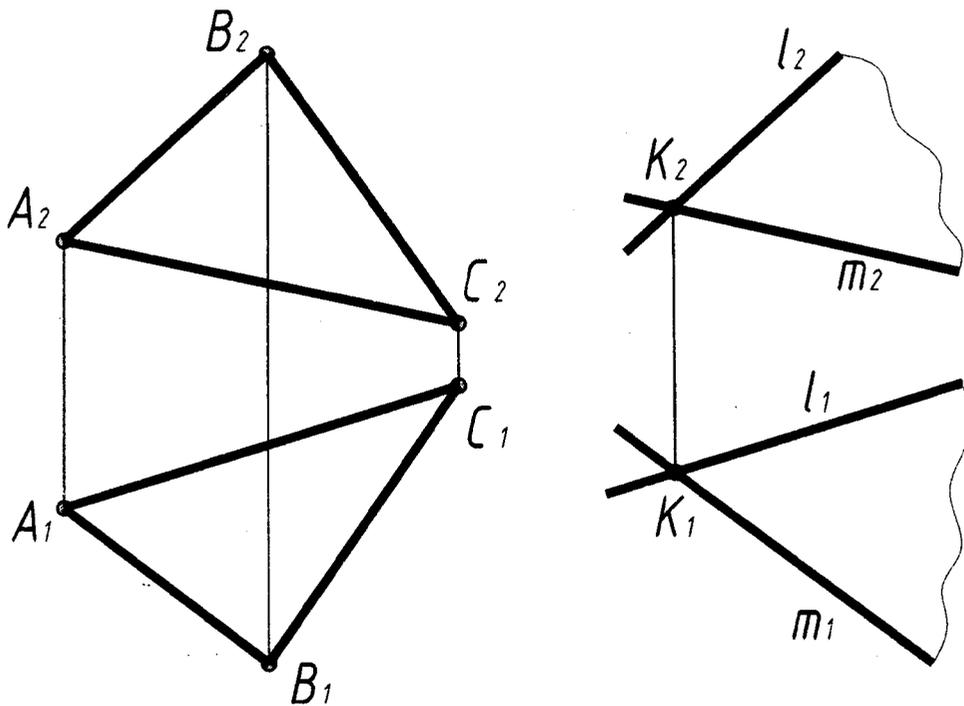


Рис. 11

Построение эпюры параллельных плоскостей основано на известном из стереометрии признаке: если две пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум прямым другой плоскости, то эти плоскости параллельны.

Р е ш е н и е. Через точку  $K$  ( $K_1; K_2$ ) проводим прямые  $l$  ( $l_1, l_2$ ) и  $m$  ( $m_1; m_2$ ) параллельно сторонам  $AB$  ( $A_1B_1, A_2B_2$ ) и  $AC$  ( $AC_1, AC_2$ ). Плоскости  $\Gamma$  и  $\Sigma$  па-

параллельны, т.к. их пересекающиеся прямые удовлетворяют условию:  $l \parallel AB$  и  $m \parallel AC$ .

**Задача 11.** Построить плоскость  $\Delta$ , параллельную плоскости  $\Gamma$  ( $ABC$ ) и отстоящую от неё на расстоянии 40 мм (рис. 12).

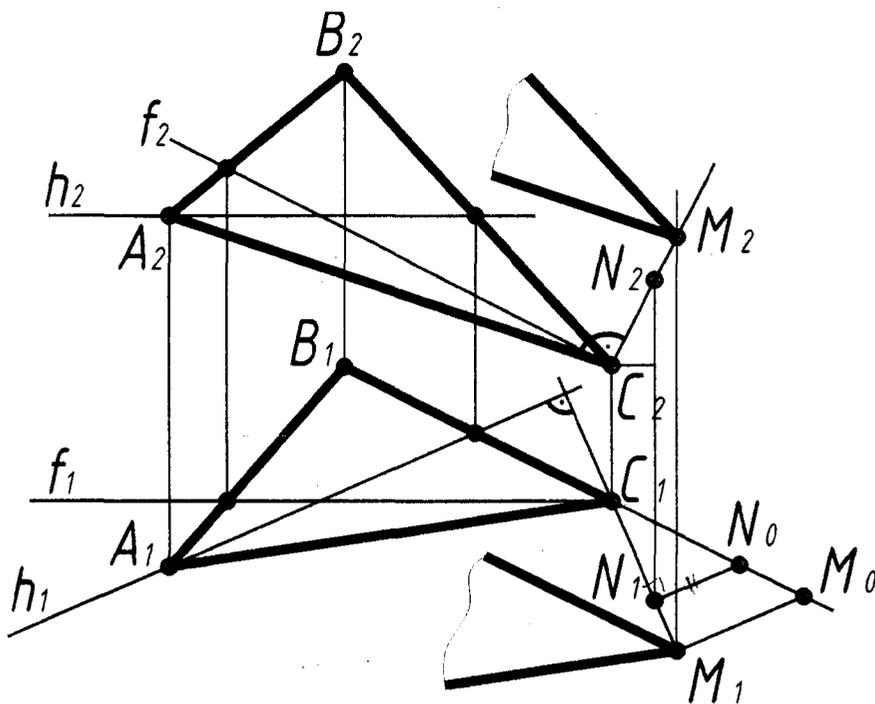


Рис. 12

Порядок решения задачи:

1. Из произвольной точки  $C$  ( $C_1; C_2$ ) заданной плоскости восстановить перпендикуляр к ней и ограничить его точкой  $N$  ( $N_1; N_2$ ) (см. задачу 8).
2. Определить натуральную величину отрезка перпендикуляра по его проекции  $C_1N_1$  и  $C_2N_2$  (см. задачу 1).
3. На действительной величине отрезка перпендикуляра найти точку  $M_0$  на заданном расстоянии, считая от плоскости, и построить проекции этой точки  $M$  ( $M_1; M_2$ ) на проекциях перпендикуляра (см. задачу 2).
4. Задать искомую плоскость, соблюдая условие параллельности плоскостей (см. задачу 10).

З а д а ч а 12. Через прямую  $l$  ( $l_1, l_2$ ) провести плоскость  $\Delta$ , перпендикулярную к плоскости  $\Gamma$  ( $m \cap n$ ) (рис. 13).

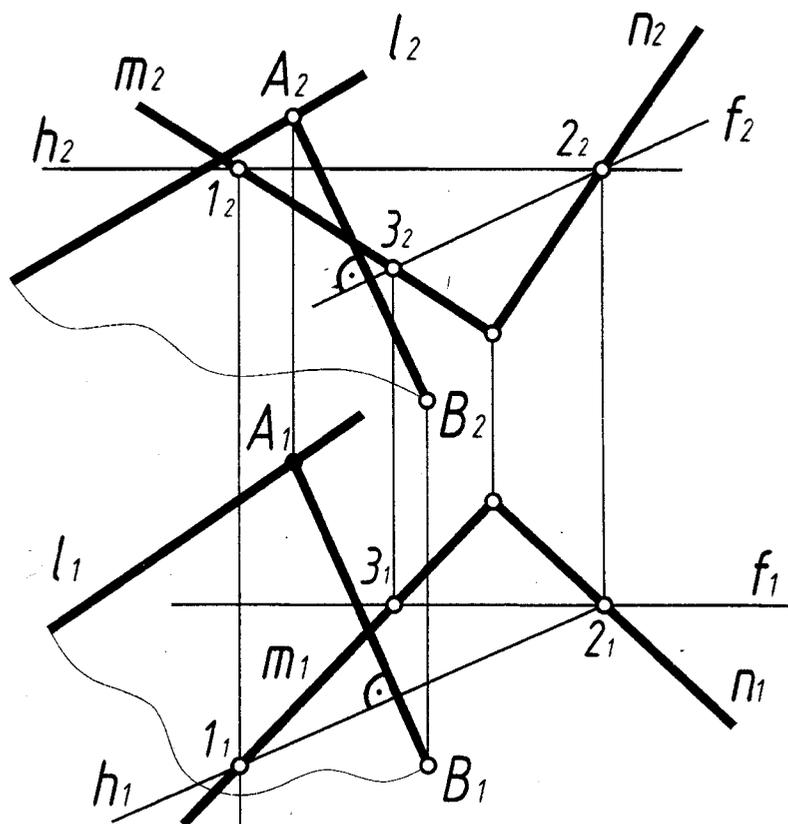


Рис. 13

Р е ш е н и е. Если плоскость содержит в себе перпендикуляр к другой плоскости, то эти плоскости взаимно перпендикулярны. Чтобы провести через прямую  $l$  ( $l_1, l_2$ ) искомую плоскость, надо из какой-либо точки прямой, например,  $A$  ( $A_1; A_2$ ), провести перпендикуляр к данной плоскости.

Строим проекции горизонталей  $h$  ( $h_1; h_2$ ) и фронталей  $f$  ( $f_1; f_2$ ) плоскости  $\Gamma$  ( $n \cap m$ ). Затем, проведя  $A_1B_1 \perp h_1$  и  $A_2B_2 \perp f_2$ , получим проекции перпендикуляра к плоскости  $\Gamma$ . Этот перпендикуляр  $AB$  ( $A_1B_1; A_2B_2$ ) совместно с данной прямой  $l$  ( $l_1, l_2$ ) определяет искомую плоскость  $\Delta$  ( $l \cap AB$ ).

З а д а ч а 13. Построить линию пересечения двух плоскостей,  $\Gamma$  ( $ABC$ ) и  $\Delta$  ( $DEF$ ), и отделить видимые их части от невидимых (рис. 14).

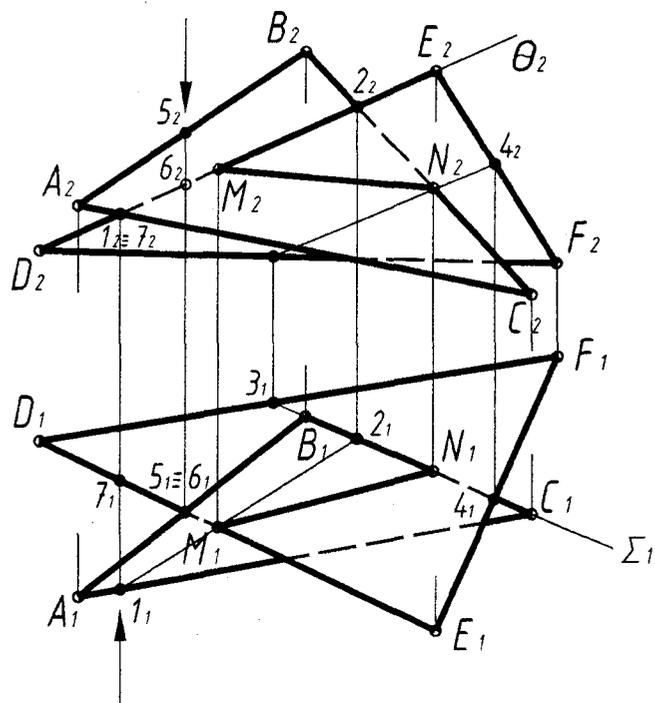


Рис. 14

**Решение.** Первая часть задачи сводится к построению линии пересечения двух плоскостей.

Известно, что линией пересечения двух плоскостей является прямая линия, для построения которой достаточно определить две точки, общие обеим плоскостям. В данном случае общие точки для обеих плоскостей найдены как точки пересечения:  $M$  – стороны  $DE$  треугольника  $DEF$  с плоскостью  $\Gamma$  ( $ABC$ );  $N$  – стороны  $BC$  треугольника  $ABC$  с плоскостью  $\Delta$  ( $DEF$ ). Точка  $M$  определена с помощью вспомогательной фронтально проецирующей плоскости  $\theta$  ( $\theta_2$ ), точка  $N$  – посредством горизонтально проецирующей плоскости  $\Sigma$  ( $\Sigma_1$ ), проведенных через  $DE$  и  $BC$  соответственно.

Линия пересечения плоскостей ограничена отрезком  $MN$ , заключённым между точками встречи контура одной фигуры с ограниченной плоскостью другой.

Найдя линию пересечения, переходим к отделению видимых участков пластинок от невидимых, начав с горизонтальной проекции (вид сверху). С этой целью рассмотрим две горизонтально конкурирующие точки  $5 \in AB$  и  $6 \in DE$ . Сравнивая расстояния фронтальных проекций этих точек по отношению к

плоскости  $\Pi_1$ , замечаем, что точка  $b$  пластинки  $DEF$ , а следовательно, и участок стороны  $DE$ , находятся под плоскостью пластинки  $ABC$ . В точке  $M$  происходит переход невидимого участка прямой  $DE$  к видимому.

Аналогичными рассуждениями при помощи фронтально конкурирующих точек  $1 \in AC$  и  $7 \in DE$  определяем видимость на фронтальной проекции.

**З а д а ч а 14.** Дана точка  $A (A_1; A_2)$ . Найти её проекции в системе  $\Pi_1/\Pi_4$  (рис.15, *a*).

На рис. 15, *a* показаны те построения, которые надо произвести на эюре, чтобы от проекций точки  $A (A_1; A_2)$  в системе  $\Pi_1/\Pi_2$  перейти к проекциям  $(A_1; A_4)$  той же точки в системе  $\Pi_1/\Pi_4$ .

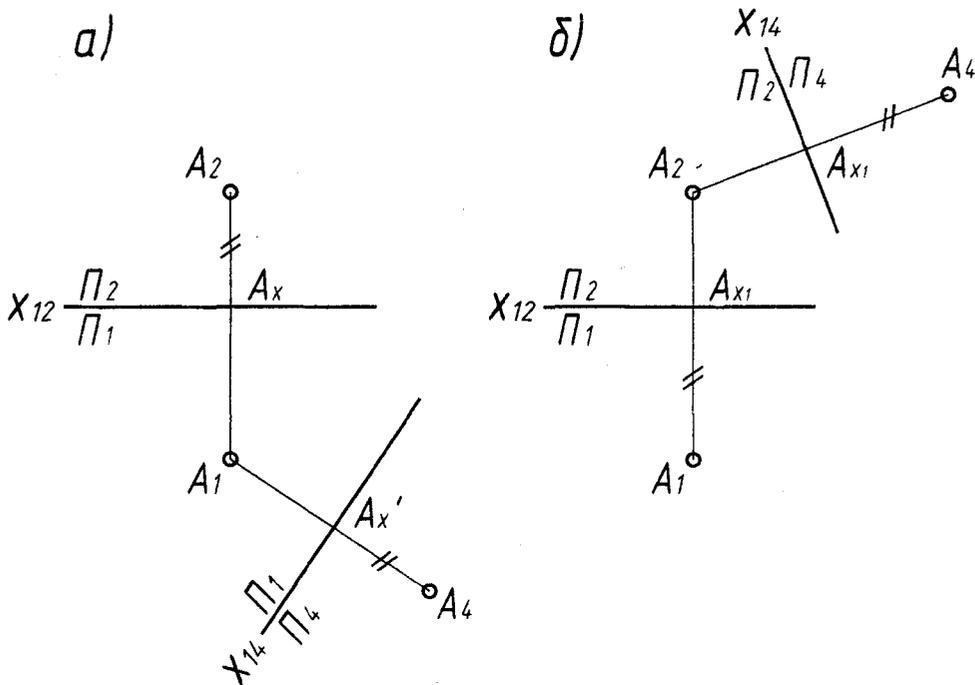


Рис. 15

Опускаем из  $A_1$  перпендикуляр на новую ось проекций  $\Pi_1/\Pi_4$ . На построенном перпендикуляре откладываем (от новой оси) отрезок  $A_4A_{x'} = A_2A_x$ .

Полученная таким образом точка  $A_4$  является проекцией точки  $A (A_1; A_2)$  на новую плоскость проекции  $\Pi_4$ .

З а д а ч а 15. Дана точка  $A (A_1; A_2)$  найти её проекции в системе  $\Pi_2/\Pi_4$  (рис. 15, б).

На рис. 15, б показаны те построения, которые надо произвести на эюре, чтобы от проекции  $(A_1; A_2)$  точки  $A$  в системе  $\Pi_1/\Pi_2$  перейти к проекциям  $(A_2; A_4)$  той же точки в системе  $\Pi_2/\Pi_4$ .

Для построения на эюре новой проекции точки при замене одной из плоскостей проекций надо опустить перпендикуляр на новую ось из той проекции точки, которая не меняется, и отложить на нем от новой оси в соответствующую сторону расстояние от заменяемой проекции до старой оси.

З а д а ч а 16. Преобразовать горизонтально проецирующую плоскость  $\Gamma (ABCD)$  в плоскость уровня (рис. 16).

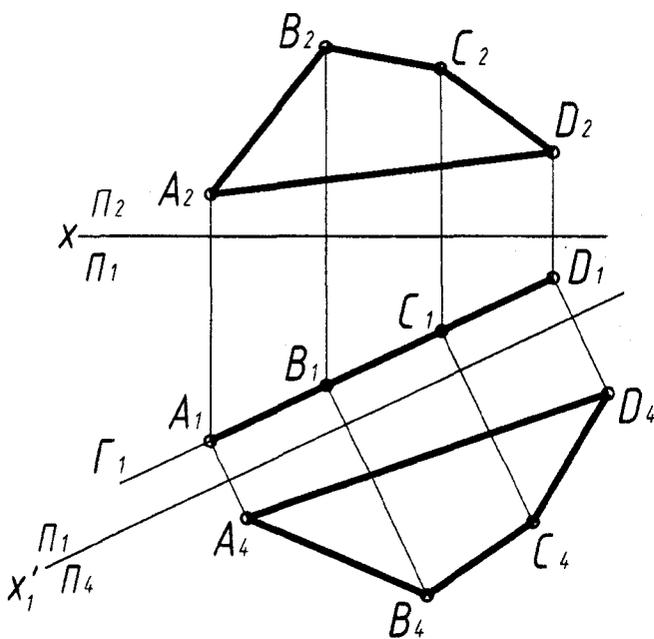


Рис. 16

Р е ш е н и е. Плоскость  $\Gamma$  – горизонтально проецирующая. Для преобразования ее в плоскость уровня достаточно взамен плоскости проекции  $\Pi_2$  ввести новую плоскость  $\Pi_4$ , параллельную плоскости  $\Gamma (ABCD)$ . Линию пересечения плоскостей  $\Pi_1$  и  $\Pi_4$  принимаем за новую ось проекций  $X_1$ .

Новая ось  $X_1$  параллельна вырожденной проекции  $\Gamma_1$  плоскости  $\Gamma$ , т.к. плоскость  $\Pi_4$  параллельна дан-

ной плоскости  $\Gamma$ . Построив проекции точек  $A, B, C$  и  $D$  в новой системе  $\Pi_1 \Pi_4$  и соединив их, получим проекцию четырехугольника  $A_4B_4C_4D_4$ , отображающего свои натуральные размеры.

З а д а ч а 17. По данной фронтальной проекции  $K_2$  точки  $K$  построить горизонтальную проекцию  $K_1$ , исходя из условия, что точка  $K$  принадлежит грани  $SAC$  (рис. 17).

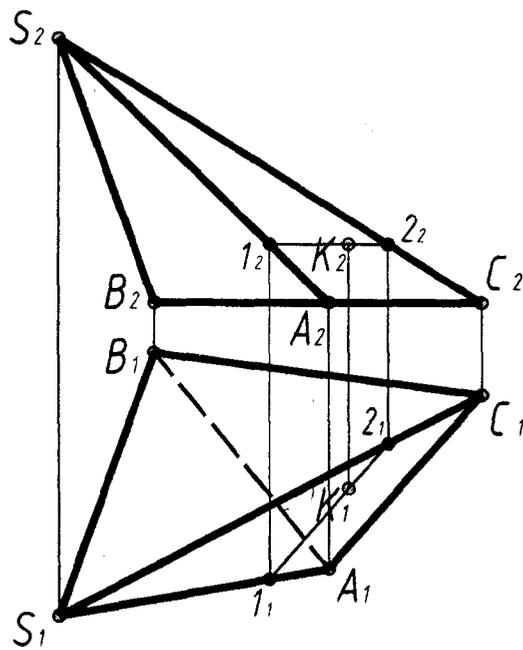


Рис. 17

Построение точки на поверхности выполняется как построение точки на плоскости грани.

Решение. На грани  $SAC$  при помощи прямой 1–2 ( $1_12_1; 1_22_2$ ) по данной фронтальной проекции  $K_2$  точки  $K$  построена горизонтальная проекция  $K_1$  исходя из условия, что точка  $K$  должна лежать в грани  $SAC$ .

На рис. 18 показано построение точки  $K_1$  на грани  $SBC$  при помощи прямой, проведенной через вершину  $S$  пирамиды.

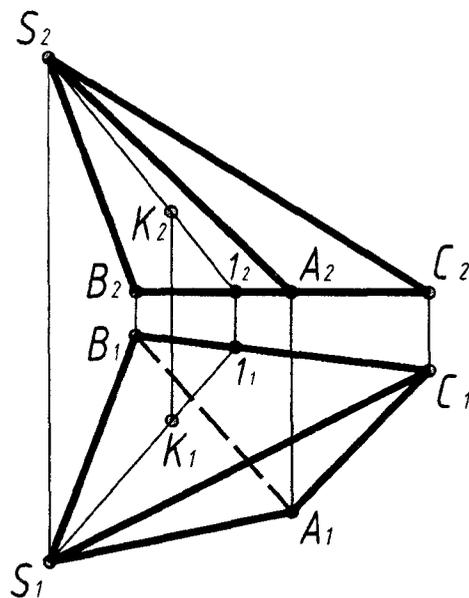


Рис. 18

З а д а ч а 18. На поверхности конуса задать произвольную точку  $A$  (рис. 19).

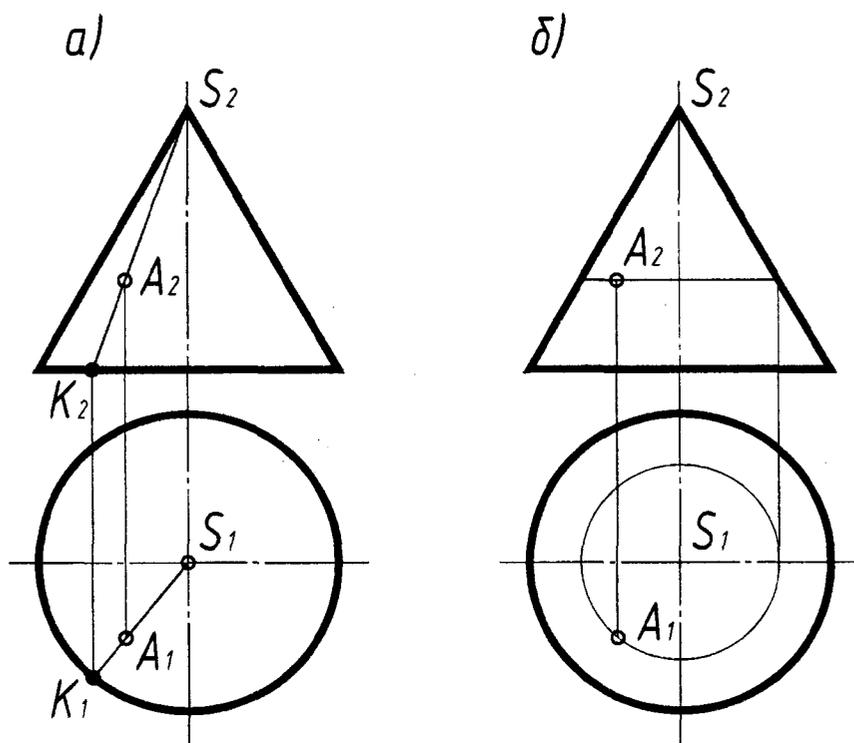


Рис. 19

Р е ш е н и е.

1-й способ (рис. 19, а). На основании конуса задаем произвольную точку  $K$  ( $K_1, K_2$ ) и проводим вспомогательную образующую через точки  $S$  и  $K$ . На этой образующей берем точку  $A$ , которая и лежит на заданной поверхности.

2-й способ (рис. 19, б). На поверхности конуса проводим вспомогательную параллель; ее фронтальная проекция является отрезком прямой, параллельным оси проекций  $XO$ , а горизонтальная проекция – окружностью. На этой параллели берем точку  $A$ , которая и лежит на поверхности.

З а д а ч а 19. Построить горизонтальную проекцию линии на поверхности конуса по заданной фронтальной проекции (рис. 20).

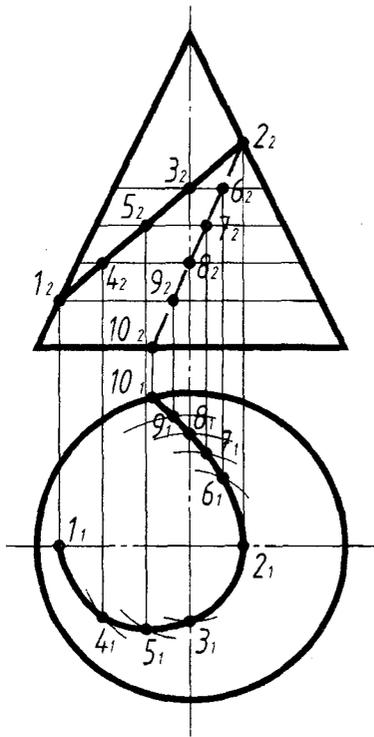


Рис. 20

**Р е ш е н и е.** Построение горизонтальной проекции заданной линии начинаем с того, что отмечаем точки, принадлежащие очерковым образующим. Эти точки называют характерными.

Точка 3 принадлежит передней образующей, 8 – задней, 2 – правой, 1 – левой и точка 10 – основанию конуса. Между этими точками отмечают так называемые случайные точки, помогающие установить характер линии. Точки 4, 5, 6, 7 и 9 – случайные.

Горизонтальные проекции всех отмеченных точек находим из условия принадлежности их конусу (см. задачу 16).

При соединении точек следует учитывать их видимость. В нашем примере все точки сверху видимы, поэтому и линия, соединяющая их, видима сверху.

**З а д а ч а 20.** Построить проекции линии пересечения пирамиды  $SABCD$  с проецирующей плоскостью  $\Gamma$  ( $\Gamma_2$ ) (рис. 21).

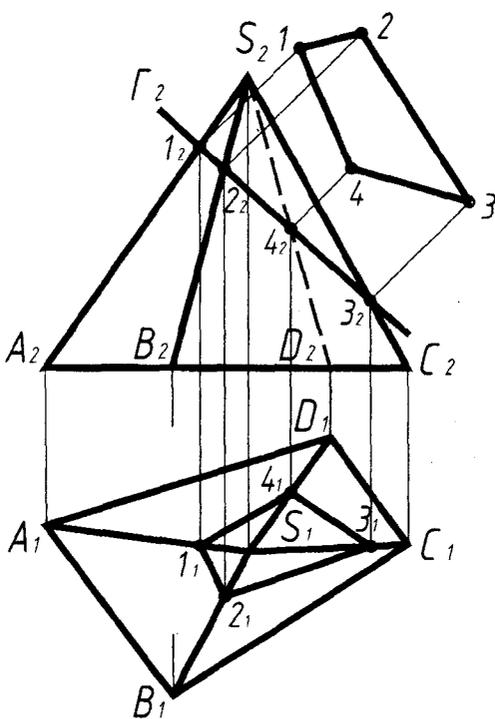


Рис. 21

Известно, что любая поверхность пересекается плоскостью по некоторой линии, точки которой принадлежат как поверхности, так и пересекающей плоскости. Общим приемом построения проекций линии пересечения поверхности плоскостью является построение отдельных точек, принадлежащих этой линии, с последующим соединением их в определенной последовательности. Линия пересечения поверхности любого многогранника плоскостью будет ломаная линия,

которая состоит из отрезков прямых, являющихся линиями пересечения отдельных граней рассматриваемого многогранника с указанной плоскостью. Характерными точками этой линии будут ее вершины, расположенные на ребрах многогранника. В нашем примере пирамида пересекается фронтально проецирующей плоскостью  $\Gamma$  ( $\Gamma_2$ )  $\perp$   $\Pi_2$ ; это значит, что фронтальная проекция искомого линии пересечения  $1_2, 2_2, 3_2, 4_2$  непосредственно задана на чертеже и совпадает с фронтальной проекцией всей плоскости  $\Gamma_2$ .

При помощи линии связи находим горизонтальные проекции  $1_1, 2_1, 3_1$  и  $4_1$  сечения. Натуральная величина сечения определена способом замены плоскостей проекций (см. задачу 14). За новую горизонтальную плоскость проекций взята сама плоскость  $\Gamma$ . Новой осью проекций является  $\Gamma_2$ .

**З а д а ч а 21.** В прямоугольной изометрии построить сечение пирамиды фронтально проецирующей плоскостью. Пирамида задана своими ортогональными проекциями (рис. 22).

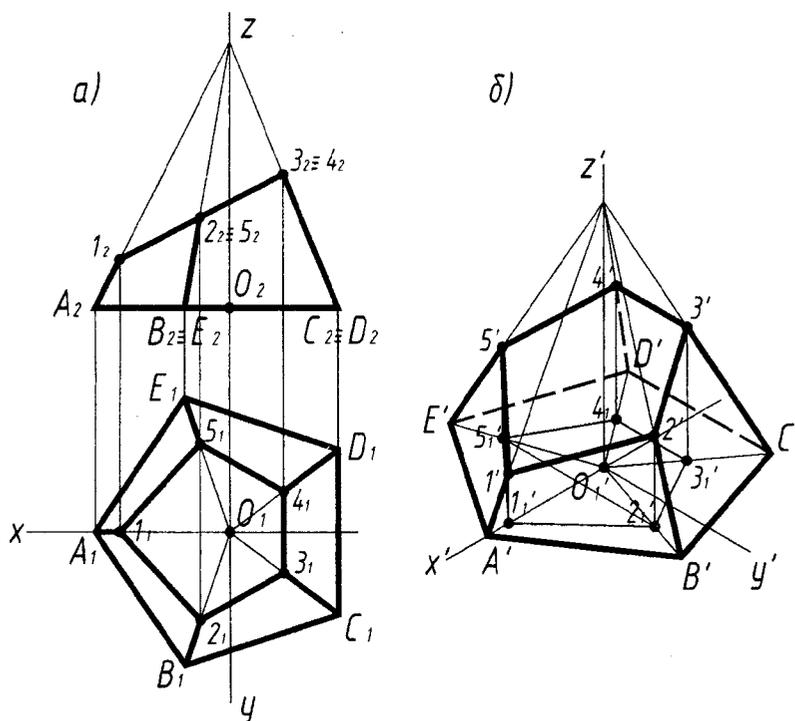


Рис. 22

**Р е ш е н и е.** Через точку  $O_1$  проводим прямые  $x, y, z$ , которые принимаем за оси натуральной системы координат (рис. 22, *a*).

Вычерчиваем аксонометрические оси координат с углами в  $120^\circ$  между ними (рис. 22, б). По координатам, определенным непосредственным измерением ортогонального чертежа, строим аксонометрическую и вторичную горизонтальную проекции пирамиды. В нашем примере основание пирамиды  $ABCDE$  лежит на плоскости  $XOY$ , поэтому ее вторичная проекция совпадает с аксонометрической проекцией и обозначена  $A' B' C' D' E'$ . Далее по координатам  $X$  и  $Y$  вершин сечения строим вторичную горизонтальную проекцию сечения  $1_1', 2_1', 3_1', 4_1', 5_1'$ . Затем из точек  $1_1', 2_1', 3_1', 4_1', 5_1'$  проводим проецирующие прямые, параллельные оси  $z'$ , до пересечения с соответствующими ребрами пирамиды в точках  $1', 2', 3', 4', 5'$ . Соединяя найденные точки, получим фигуру сечения пирамиды фронтально-проецирующей плоскостью.

Для решения задачи на построение линии пересечения двух фигур, одна из которых занимает проецирующее положение, достаточно выделить на чертеже уже имеющуюся проекцию линии пересечения, которая совпадает с вырожденной проекцией проецирующей фигуры.

Вторую проекцию линии пересечения надо построить, исходя из условия ее принадлежности фигуре, занимающей общее положение.

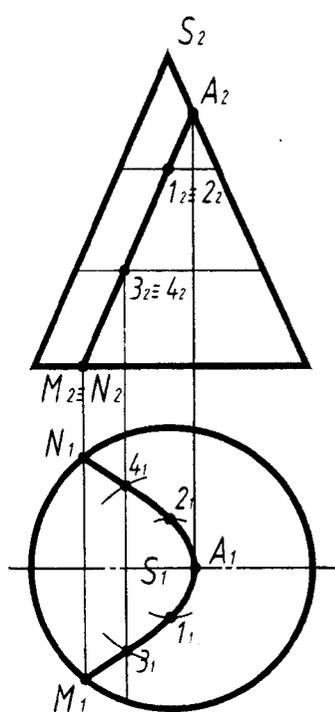


Рис. 23

Для решения этой задачи необходимо знать решение задач 18, 19, 20, а также нижеследующие задачи.

**Задача 22.** Построить горизонтальную проекцию плоской линии, принадлежащей поверхности конуса (рис. 23).

Определяем плоскую кривую. Так как плоскость, в которой находится кривая, параллельна образующей конуса, то кривая – п а р а б о л а. Строим характерные точки  $A, M, N$  – они находятся на известных линиях поверхности.

Случайные точки  $1, 2, 3, 4$  строим с помощью параллелей конуса (см. задачу 18).

**Задача 23.** Построить фронтальную проекцию плоской линии, принадлежащей поверхности конуса (рис. 24).

Кривая – гипербола, т.к. расположена в плоскости, параллельной двум образующим конуса.

Строим характерные точки:  $A$  (вершина гиперболы);  $N, M$  – конечные точки гиперболы;  $T$  – точка видимости фронтальной проекции линии.

Случайные точки строим с помощью параллелей конуса.

**Задача 24.** Построить фронтальную проекцию плоской линии, принадлежащей поверхности сферы (рис. 25).

Кривая – о к р у ж н о с т ь, которая проецируется на фронтальную плоскость проекций в эллипс, т.к. плоскость окружности наклонена к  $\Pi_2$ . Характерные точки кривой –  $A, B$  и  $C, D$  (определяющие большую и малую оси эллипса), а также  $K$  и  $T$  – точки видимости. Случайные точки –  $1, 2$ . Фронтальную проекцию точек строим с помощью окружностей, параллельных фронтальной плоскости.

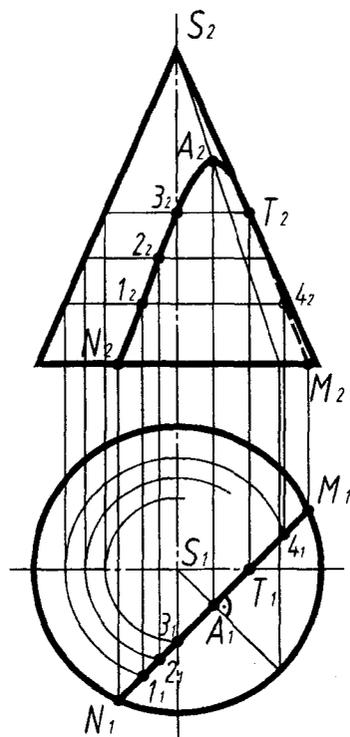


Рис. 24

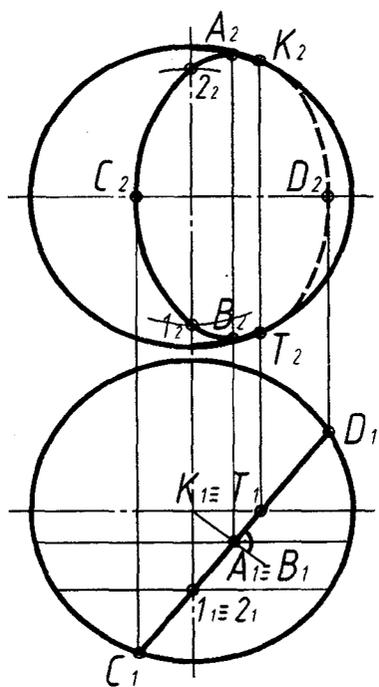


Рис. 25

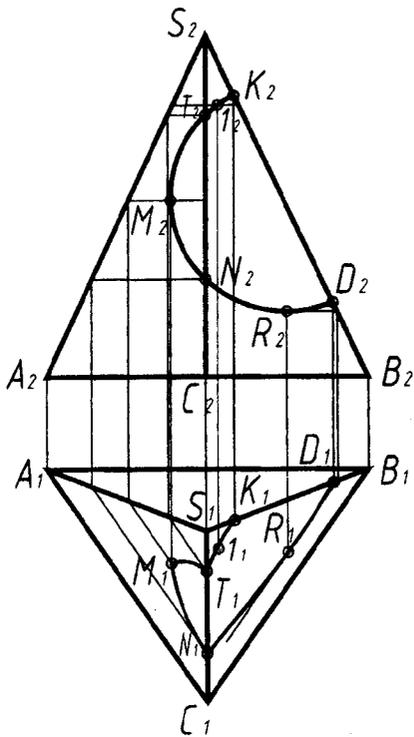


Рис. 26

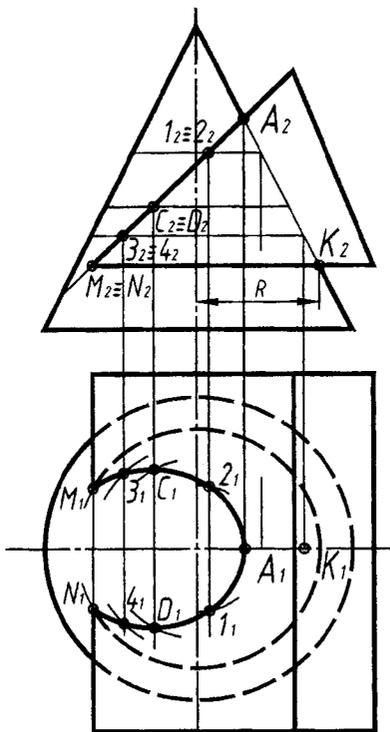


Рис. 27

З а д а ч а 25. Построить горизонтальную проекцию линии, принадлежащей поверхности пирамиды (рис. 26).

Характерные точки  $K, T, N, D$ , принадлежащие ребрам пирамиды, и  $M, R$  – крайняя левая и самая низкая.

Горизонтальные проекции точек определяем с помощью прямых, параллельных основанию пирамиды.

З а д а ч а 26. Построить пересечение конуса и призмы (рис. 27).

Призма занимает проецирующее положение по отношению к фронтальной плоскости проекций, поэтому фронтальная проекция искомой линии пересечения совпадает с вырожденной проекцией призмы в пределах очерка конуса.

Линия пересечения будет состоять из части эллипса и части окружности радиуса  $R$ .

Характерными точками будут  $A, C, D$  и  $M, N$  для эллипса и  $M, N, K$  для окружности;

$CD$  – малая ось эллипса;

$M, N$  – точки излома;

$K$  – крайняя правая точка окружности, определяющая радиус окружности  $R$ . Случайные точки –  $1, 2, 3, 4$ . Горизонтальные

проекции точек определяем с помощью параллелей конуса.

Определяем видимость кривой, учитывая, что проекция линии пересечения видима, если она принадлежит видимой части одной и второй поверхности.

З а д а ч а 27. Построить развертку пирамиды  $SABC$  (рис. 28).

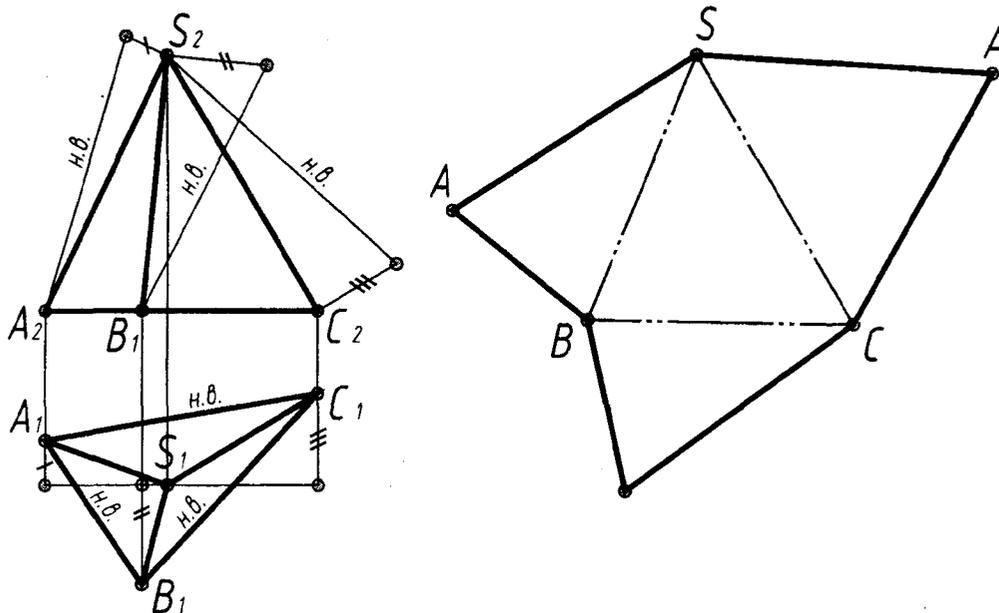


Рис. 28

Гранями пирамиды являются треугольники, для построения которых достаточно определить натуральные длины их сторон – ребер пирамиды.

Основание пирамиды параллельно плоскости  $\Pi_1$ , поэтому определению подлежат только натуральные величины боковых ребер пирамиды. Строим развертку боковой поверхности пирамиды, используя натуральные величины ребер. Для этого по трем сторонам строим контур одной грани, к ней пристраиваем следующую и т.д.

З а д а ч а 28. Построить на развертке цилиндра линию, принадлежащую поверхности цилиндра (рис. 29).

Строим развертку цилиндра – прямоугольник, у которого одна сторона – высота цилиндра, другая – длина окружности основания.

Выделяем образующие на поверхности цилиндра и наносим их на развертку.

Строим точки, лежащие на образующих и принадлежащие кривой.

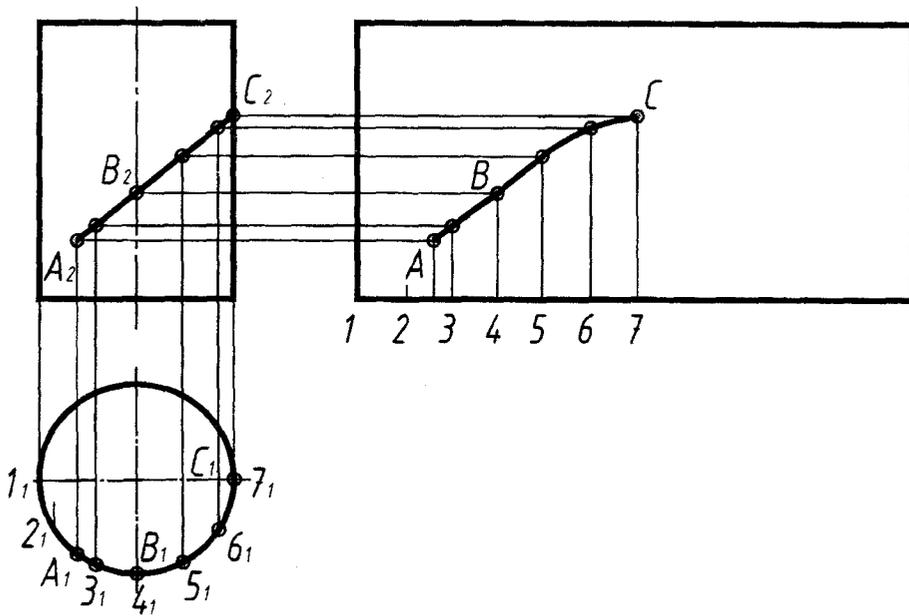


Рис. 29

З а д а ч а 29. Построить точки пересечения прямой с поверхностью (рис. 30): а) поверхность коническая; б) поверхность сферическая.

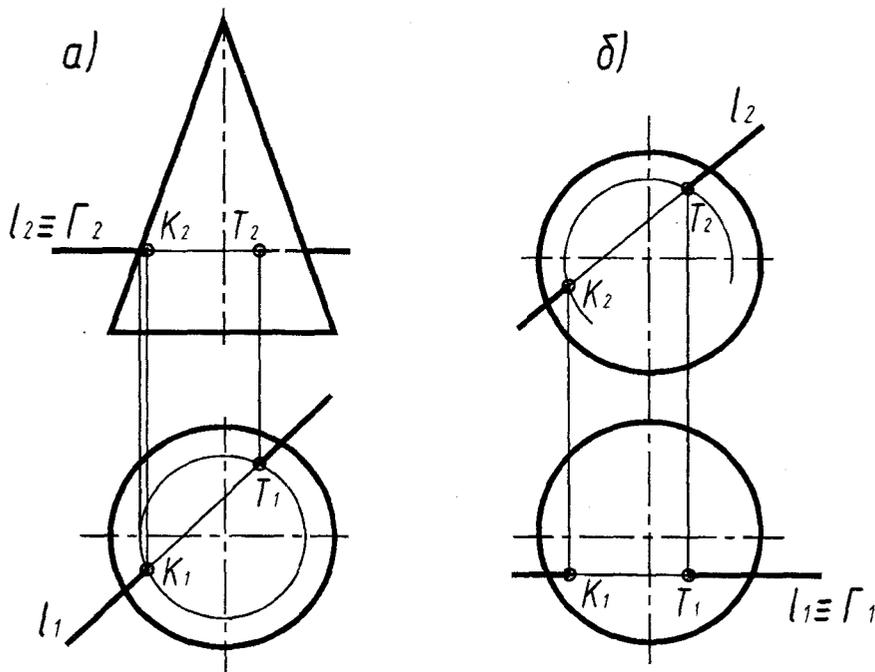


Рис. 30

Р е ш е н и е. Через прямую проводим секущую плоскость так, чтобы она пересекла конус или сферу по окружности. Точки пересечения прямой и линии сечения  $K$  и  $T$  являются точками пересечения прямой с поверхностью.

З а д а ч а 30. Построить линию пересечения двух поверхностей (рис. 31).

Для решения задачи такого типа применяется метод секущих плоскостей. Секущие плоскости-посредники выбираются так, чтобы при пересечении с каждой из поверхностей образовывались удобные для построения линии (прямые или окружности).

В данном примере в качестве посредников выбираем горизонтальные плоскости, которые пересекают тор и сферу по окружностям.

Строим характерные точки А, В, К, Т. Для определения К и Т используем плоскость-посредник Г.

Случайные точки определяем с помощью плоскостей  $\Sigma$ ,  $\Delta$ . Определяем видимость кривой пересечения, учитывая, что на горизонтальной проекции видима только верхняя половина сферы.

З а д а ч а 31. Построить пересечение соосных поверхностей вращения цилиндра и сферы, конуса и сферы (рис. 32).

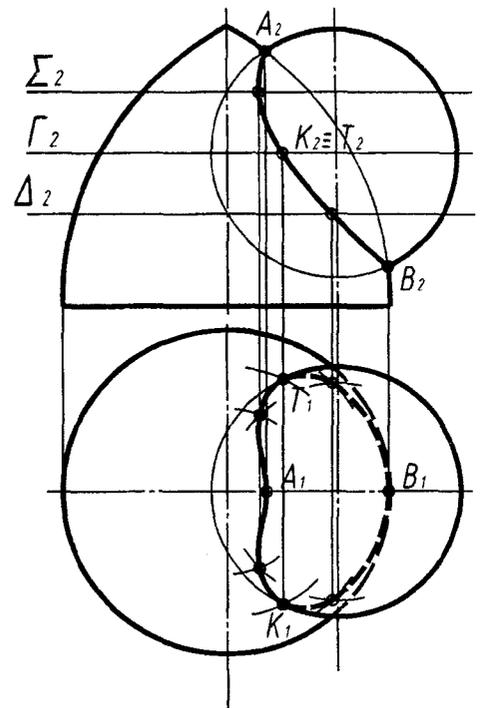


Рис. 31

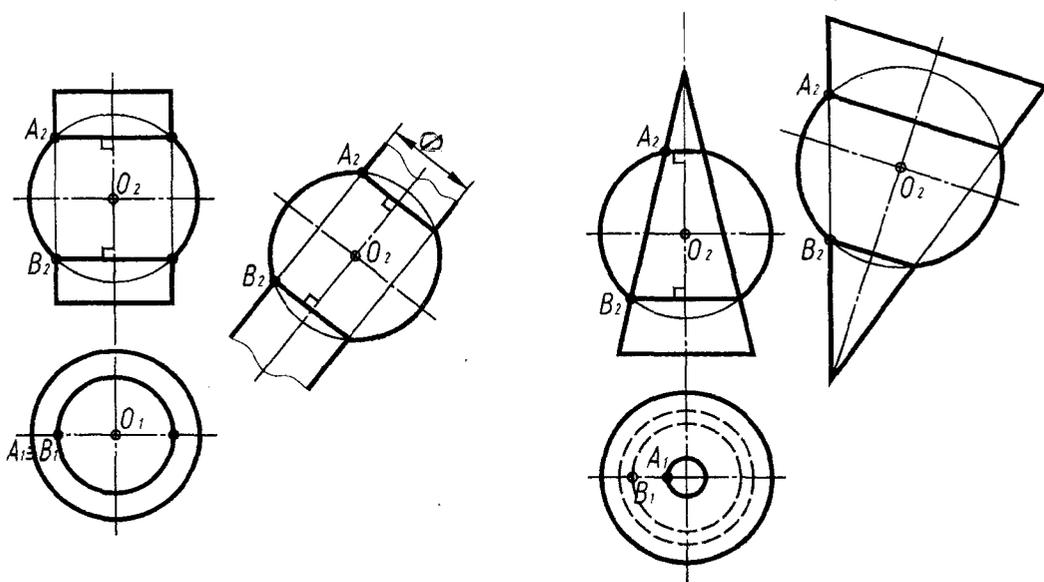


Рис. 32

Соосные поверхности пересекаются по общим параллелям (окружностям), плоскости которых, как известно, перпендикулярны осям вращения.

Определяем характерные точки  $A, B$  как точки пересечения очерков.

Строим линии пересечения поверхностей.

**З а д а ч а 32.** Построить пересечение двух поверхностей вращения, оси которых пересекаются в точке  $O$  (рис. 33). Используем секущие сферы, центры которых находятся в точке  $O$ .

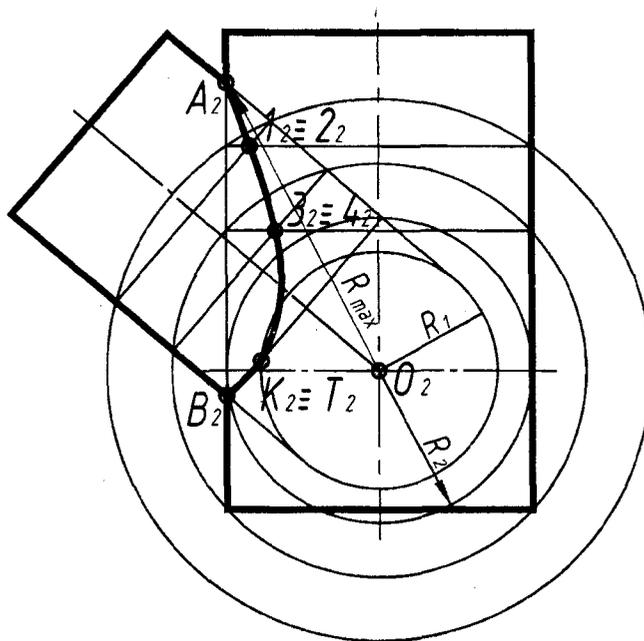


Рис. 33

Каждая сфера-посредник соосна с обоими пересекающимися цилиндрами. Линии пересечения сферы и цилиндра пересекаются между собой и определяют точки, принадлежащие линии пересечения двух цилиндров. Для определения радиусов максимальной и минимальной секущих сфер решаем следующие задачи.

$R_{\max}$  есть величина, равная расстоянию от  $O_2$  до самой далекой характерной точки  $A_2$ . Для определения  $R_{\min}$  вписываем сферы в каждую из пересекающихся поверхностей  $R_1$  и  $R_2$ . Минимальным радиусом секущей сферы ( $R_{\min}$ ) будет больший из двух радиусов вписанных сфер:  $R_2 = R_{\min}$ .

**З а д а ч а 33.** Через прямую  $AB$  ( $A_6, B_6$ ) (рис. 34;  $a$ ) провести плоскость  $\Sigma$ , уклон которой  $i = 2 : 3$ .

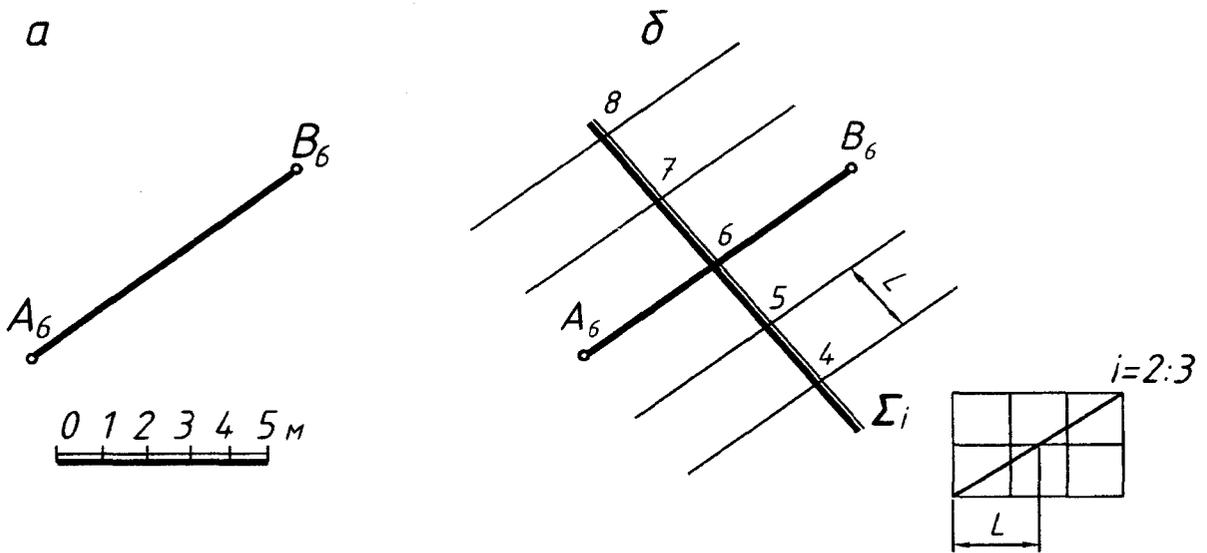


Рис. 34

Строим сетку углового масштаба и с его помощью определяем интервал плоскости  $l$  (рис. 34, б). Сторона каждого квадрата сетки углового масштаба соответствует 1 м.

Так как прямая  $AB$  является горизонтальной прямой, то она является одной из горизонталей искомой плоскости.

Проводим перпендикулярно горизонтали искомой плоскости направление масштаба уклонов  $\Sigma_i$ , на котором от заданной прямой откладываем отрезки, равные интервалу  $L$ , определенному с помощью углового масштаба. Через полученные отметки проводим ряд горизонталей плоскости  $\Sigma$ .

**З а д а ч а 34.** Через прямую  $AB$  ( $A_5, B_6$ ) провести плоскость  $\Sigma$ , уклон которой  $i = 2 : 3$ , масштаб  $1 : 200$  (рис. 35).

Строим сетку углового масштаба и определяем интервал плоскости (в масштабе  $1 : 200$  сторона каждого квадрата сетки – 0,5 см).

Вычерчиваем вспомогательный конус, вершина которого расположена на заданной прямой в точке, имеющей целую отметку (например  $B_6$ ), а уклон образующей равен уклону искомой плоскости. Плоскость эта должна проходить через заданную прямую  $AB$  и касаться конуса.

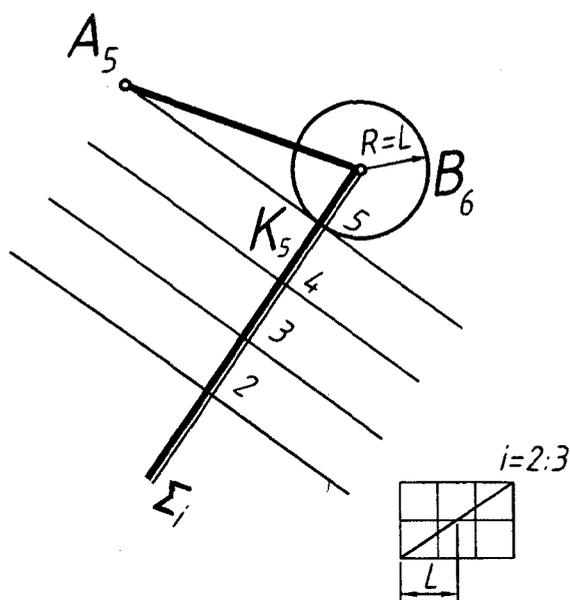


Рис. 35

Радиус  $R$  основания конуса равен интервалу плоскости  $L$ , высота конуса равна 1 м.

Из точки  $B_6$  чертежа радиусом  $R = L$  проводим окружность – горизонталь поверхности конуса, имеющую отметку 5. Касательная  $AK$  ( $A_5K_5$ ) является горизонталью искомой плоскости. Направление масштаба уклона плоскости  $\Sigma_i$  перпендикулярно горизонтали  $AK$ .

З а д а ч а 35. Через заданную на чертеже дугу  $BCD$  окружности, лежащую в горизонтальной плоскости, провести коническую поверхность (рис. 36). Уклон образующих  $i = 3 : 4$ , масштаб 1 : 200.

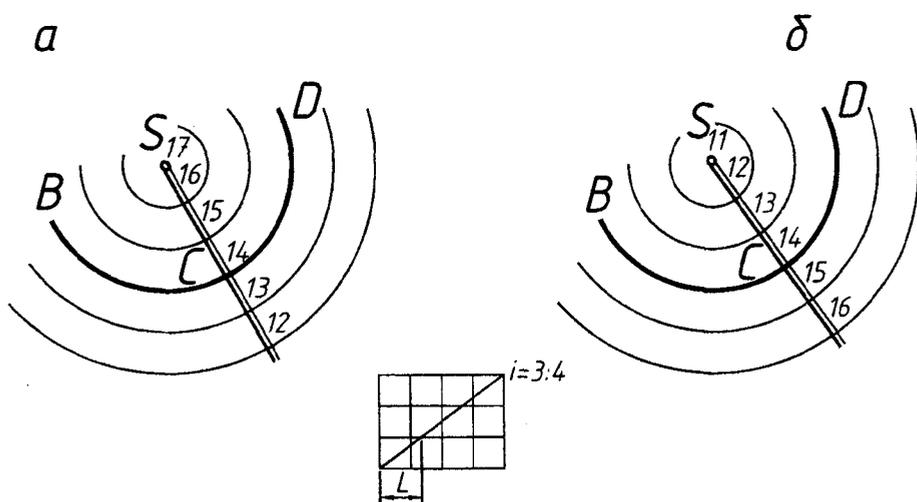


Рис. 36

Из центра дуги проводим нормаль и от места её пересечения с дугой (внутри или наружу) откладываем отрезки, равные интервалу конической поверхности. На рис. 36, *а* представлен фрагмент насыпи, а на рис. 36, *б* – фрагмент выемки.

**З а д а ч а 36.** Построить линию пересечения двух плоскостей откоса дна котлована с бровками *AB* и *BC*. Уклон откосов  $i = 2 : 3$ , масштаб  $1 : 200$  (рис. 37, *а*).

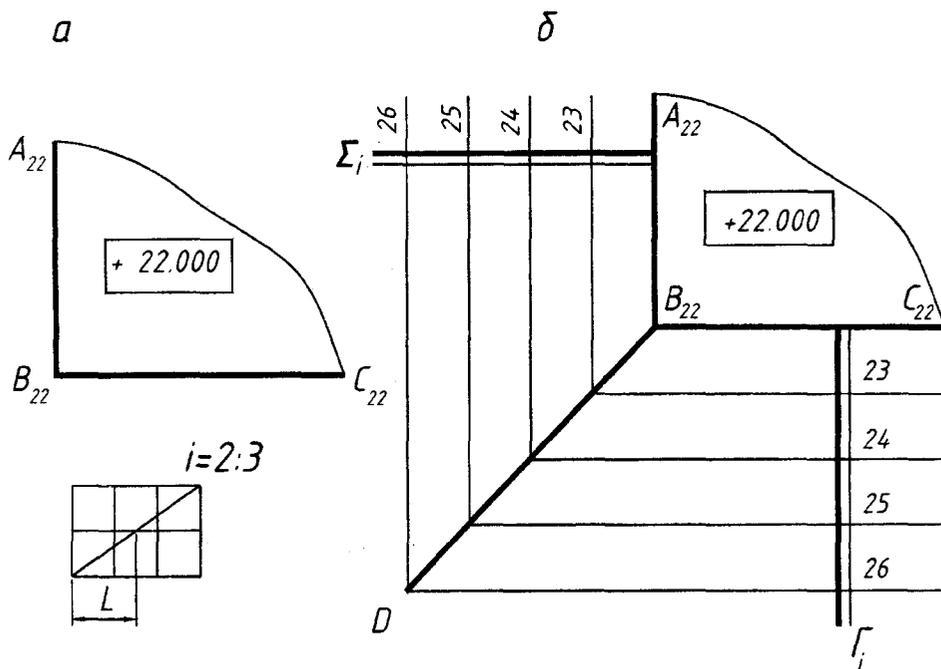


Рис. 37

Заданные прямые *AB* и *BC* являются горизонталями плоскостей откоса. Проводим масштаб уклона  $\Sigma_i$  перпендикулярно *AB* с интервалом *L*, определённым из углового масштаба. Аналогично строим масштаб уклонов  $\Gamma_i$  (рис. 37, *б*).

Строим горизонтالي плоскостей откосов. Через точки пересечения горизонталей с одинаковыми отметками проводим линию пересечения плоскостей откосов *BD*.

**З а д а ч а 37.** Определить линию пересечения плоскости, заданной масштабом уклонов  $\Sigma_i$ , с конической поверхностью, определяемой вершиной  $S_9$  и проекцией образующей  $S_9T_3$  (рис. 38).

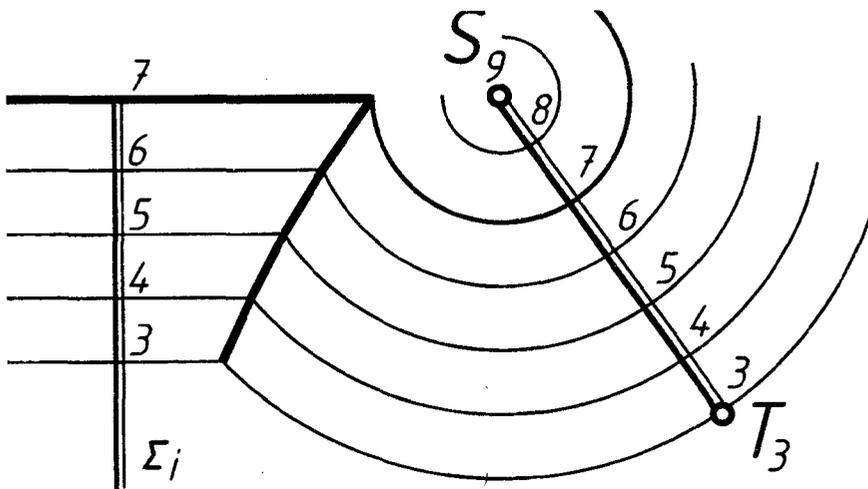


Рис. 38

Строим горизонталы плоскости  $\Sigma$  и дуги окружностей – горизонталей конической поверхности. Находим точки пересечения одноименных горизонталей и соединяем их плавной кривой, которая является искомой линией пересечения.

**З а д а ч а 38.** Определить линию пересечения топографической поверхности с плоскостью  $\Sigma_i$ , заданной масштабом уклонов (рис. 39).

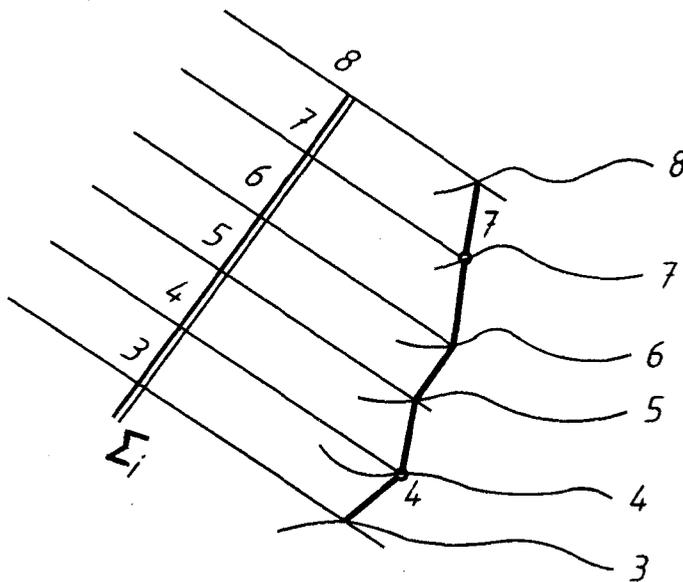


Рис. 39

Решение сводится к определению точек пересечения горизонталей плоскости и топографической поверхности, имеющих одинаковые отметки, которые соединяются между собой отрезками ломаной линии.

З а д а ч а 39. Определить линию пересечения конической и топографической поверхности (рис. 40).

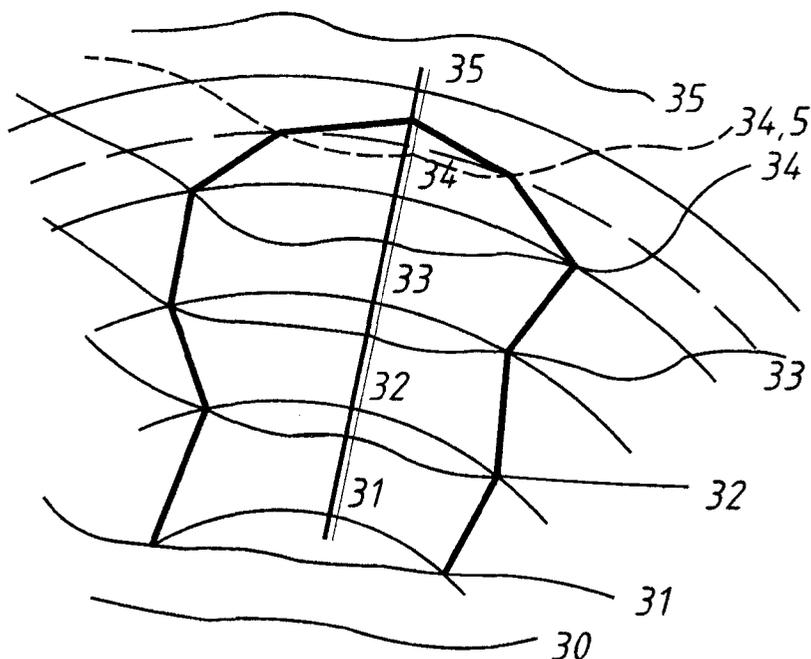
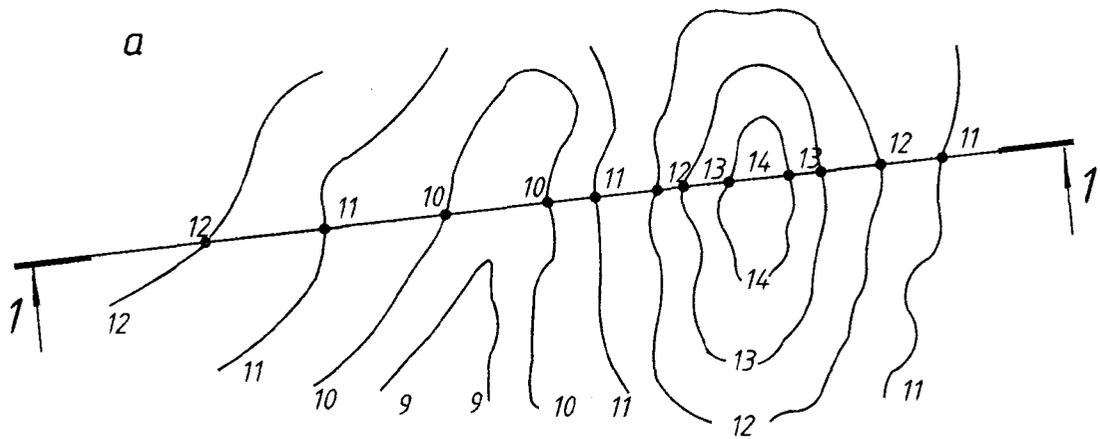


Рис. 40

Аналогично предыдущей задаче находим точки пересечения одноименных горизонталей и соединяем их отрезками ломаной линии. Для уточнения контура, поскольку тридцать пятые горизонталы не пересекаются, дополнительно проводим (штриховой линией) горизонталы с отметкой 34,5, определенные интерполяцией.

З а д а ч а 40. Построить профиль 1-1 топографической поверхности (рис. 41, а).

Точки пересечения горизонталей поверхности с вертикально проецирующей плоскостью при помощи полоски бумаги с рис. 41, а переносим на рис. 41, б на горизонтальную линию. Из полученных точек восстанавливаются перпендикуляры до пересечения с горизонтальными линиями, имеющими такие же отметки, как и отмеченные точки. Линия, соединяющая полученные точки пересечения, представляет собой профиль топографической поверхности.



б

Профиль 1-1

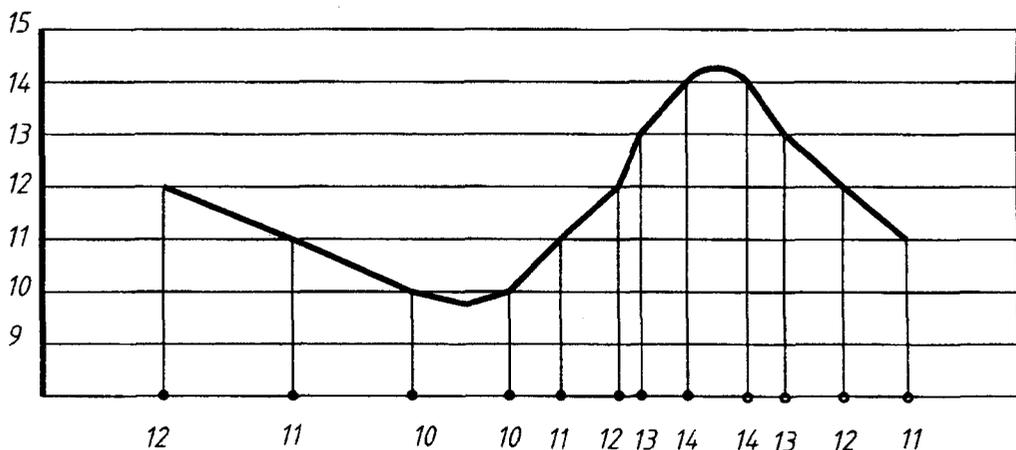


Рис. 41

З а д а ч а 41. Определить границы земляных работ на прямолинейном горизонтальном участке дороги с отметкой 20. Уклоны откосов выемок 1 : 1, уклон откосов насыпей 1 : 1,5 (рис. 42).

Так как дорога имеет отметку 20, то точки нулевых работ находятся в пересечении горизонталей с отметкой 20 с бровками дороги – точки 0. В этих точках соприкасаются границы земляных работ выемки и насыпи.

Анализируя положение горизонталей на плане местности с отметкой полотна дороги, можно заметить, что левее точки нулевых работ часть дороги будет находиться в выемке, так как в этом направлении рельеф местности повышается (горизонтали топографической поверхности имеют большие отметки, чем полотно дороги), а справа – на насыпи (рельеф местности на этом участке понижается).

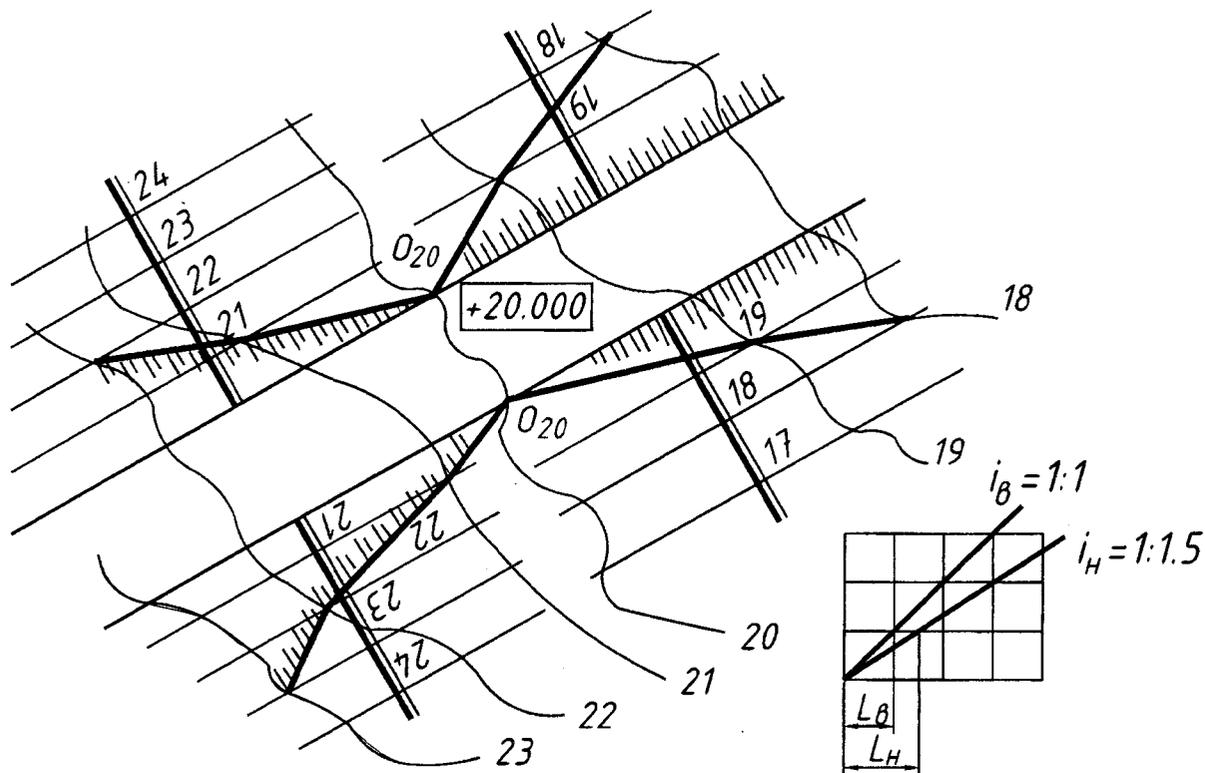


Рис. 42

С помощью углового масштаба уклонов определяем интервалы откосов выемки и откосов насыпей.

Перпендикулярно бровкам дороги проводим масштабы уклонов плоскостей откосов выемки  $\Sigma_i$  и масштабы уклонов плоскостей откосов насыпи  $\Gamma_i$ .

Проведя горизонтали плоскостей откосов, определяем точки пересечения этих горизонталей с одноименными горизонталями топографической поверхности.

Линии, соединяющие полученные точки, являются границами земляных работ.

**З а д а ч а 42.** Определить линию пересечения откоса насыпи с топографической поверхностью в случае, когда их горизонтали не пересекаются (рис. 43).

В рассматриваемом примере горизонтали с отметками 8 и 10 плоскости откоса насыпи не пересекаются с горизонталями 9 и 10 топографической поверхности.

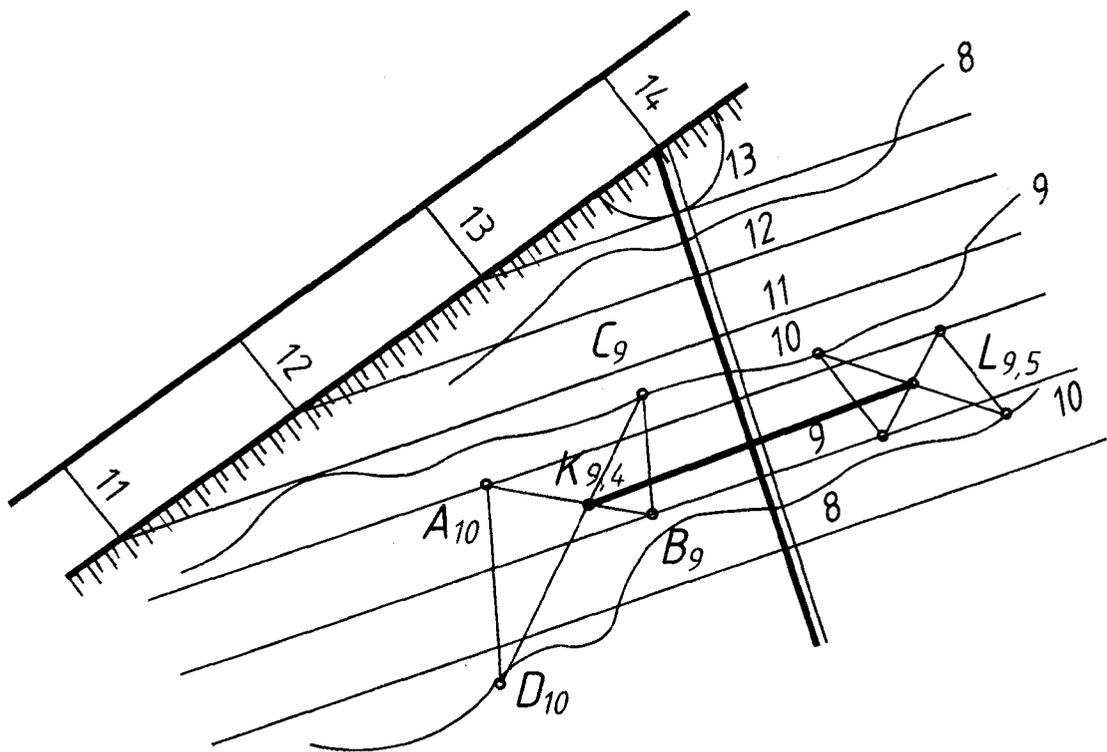


Рис. 43

Для определения точки, принадлежащей линии пересечения, проводим в плоскости откоса произвольную прямую  $A_{10}B_9$  и определяем точку ее пересечения с топографической поверхностью, проводя для этого через прямую вспомогательную плоскость (эта плоскость определяется параллельными прямыми  $AD$  и  $BC$ ). Линия пересечения  $D_{10}C_9$  вспомогательной плоскости с топографической поверхностью определяет в пересечении с прямой  $A_{10}B_9$  искомую точку  $K$ . Вторая общая точка для плоскости откоса к топографической поверхности – точка  $L$  определена аналогично.

**З а д а ч а 43.** По ортогональным проекциям построить прямоугольную изометрию (рис. 44, а).

Построение изометрии необходимо проводить в такой последовательности:

а) на ортогональном чертеже задать проекции осей натуральной системы координат (рис. 44, б);

б) задать аксонометрические оси и построить вторичную проекцию (аксонометрию плана) (рис. 44, в);

в) построить аксонометрию всей фигуры (рис. 44, г).

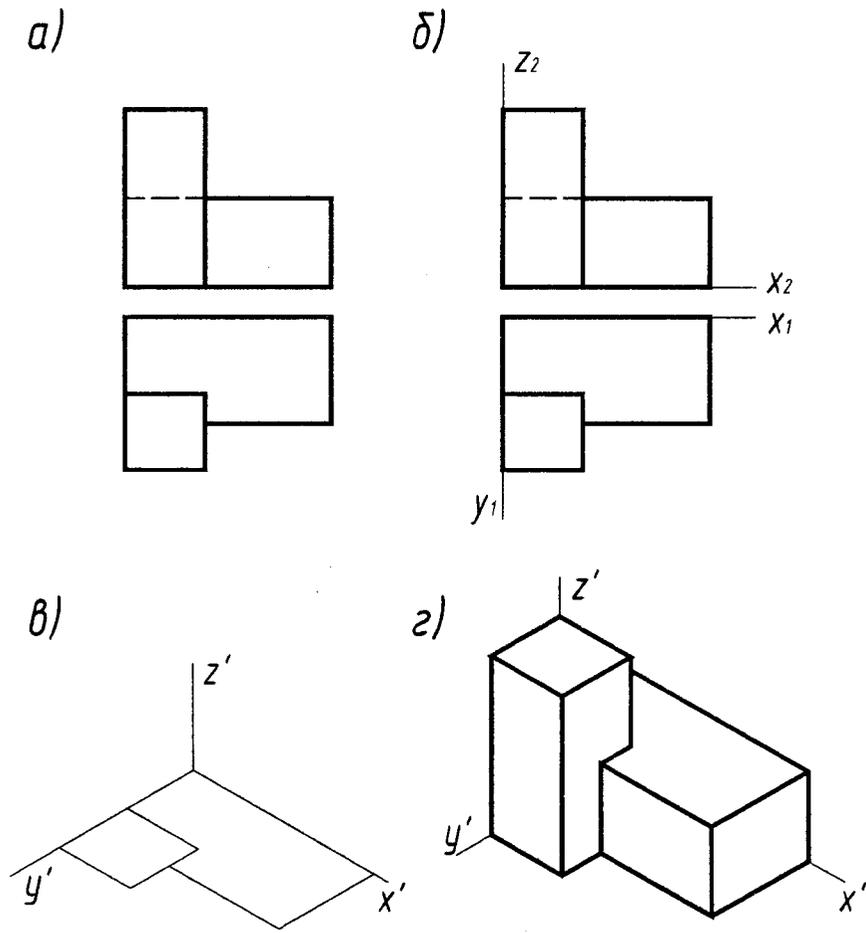


Рис. 44

З а д а ч а 44. Построить собственные и падающую тень призмы на горизонтальную плоскость (рис. 45).

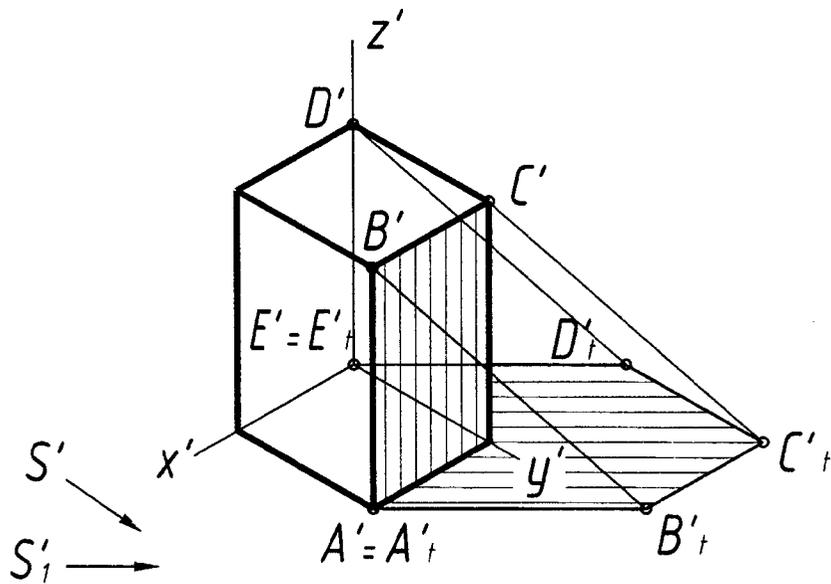


Рис. 45

Прежде чем строить падающую тень призмы, определяем контуры собственной тени, рассматривая положение граней относительно направления лучей света. В тени находятся правая, задняя и нижняя грани призмы. Контур собственной тени призмы при заданном направлении световых лучей представляет собой ломаную линию  $ABCDE$ , составленную из ребер призмы. От контура собственной тени строим контур падающей тени. Так как ребро  $AB$  перпендикулярно горизонтальной плоскости, то направление тени от отрезка  $AB$  на горизонтальной плоскости параллельно вторичной проекции светового луча (проекции луча на этой плоскости). Отрезки  $BC$  и  $DC$  параллельны горизонтальной плоскости, поэтому тени этих отрезков на эту плоскость параллельны самим отрезкам.

**З а д а ч а 45.** Построить тень, падающую от отрезка  $AB$  на призму (рис. 46).

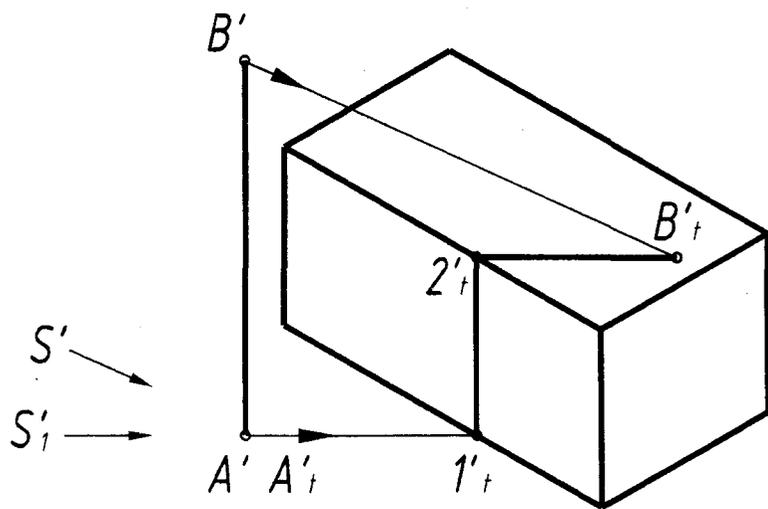


Рис. 46

Тень от вертикального отрезка на землю (горизонтальную плоскость) совпадает с направлением вторичной проекции светового луча. Но она действительна до точки  $l'_t$ , так как эта точка лежит на линии пересечения плоскости земли с гранью призмы. В этой точке тень от отрезка преломляется на грань призмы.

Тень от отрезка  $AB$ , упавшая на вертикальную грань призмы, изобразится вертикальной прямой  $1'_t 2'_t \parallel A'B'$ , так как отрезок  $AB$  параллелен этой грани.

Тень от отрезка  $AB$ , упавшая на верхнюю грань призмы, совпадает с направлением вторичной проекции светового луча, т.е.  $2'_t B'_t \parallel A'_t 1'_t$ .

**З а д а ч а 46.** Построить собственные и падающие тени заданных призм (рис. 47).

Определяем грани, находящиеся в собственной тени, и контуры этих теней. Это – правые, задние и нижние грани призм.

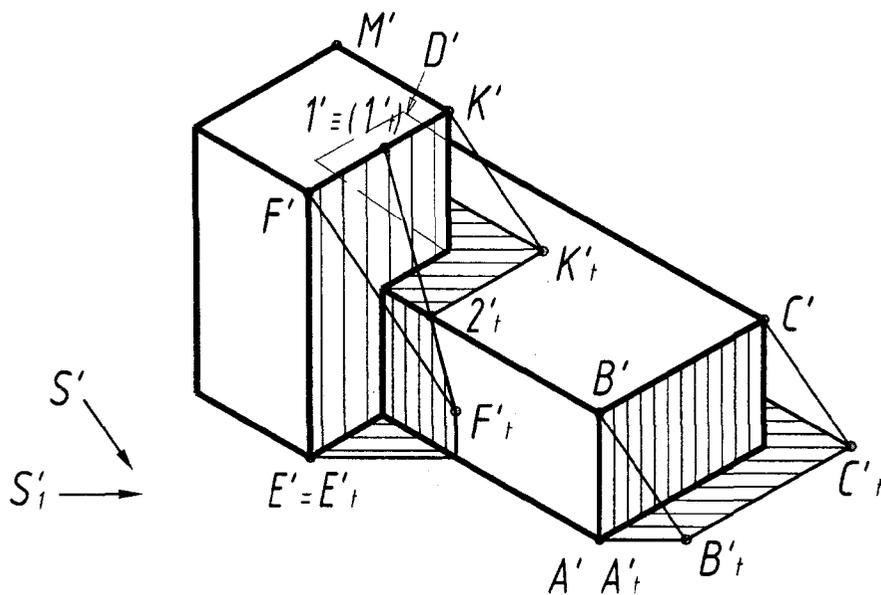


Рис. 47

Построение падающих теней от ребер  $A'B'$ ,  $B'C'$ ,  $C'D'$  на горизонтальную плоскость выполнено аналогично с построениями в задаче 46 (см. рис. 47).

Построение падающей тени вертикального отрезка  $EF$  аналогично построениям, выполненным при решении задачи 46.

Тень от ребра  $FK$  падает на вертикальную (переднюю грань) и горизонтальную (верхняя грань) плоскости. Тень от отрезка  $FK$  по вертикальной плоскости будет направлена от точки  $F'_t$  в точку  $1'$  (точку пересечения ребра  $FK$  с этой вертикальной плоскостью) на участке  $F'_t 2'_t$ . Тень от отрезка  $FK$  на горизонтальной плоскости будет параллельна самому отрезку ( $2K_t \parallel F'K'$ ).

Тень от отрезка  $MK$  падает на горизонтальную плоскость и поэтому параллельна самому отрезку.

З а д а ч а 47. По ортогональному чертежу прямой  $l$  построить перспективу (рис. 48, а).

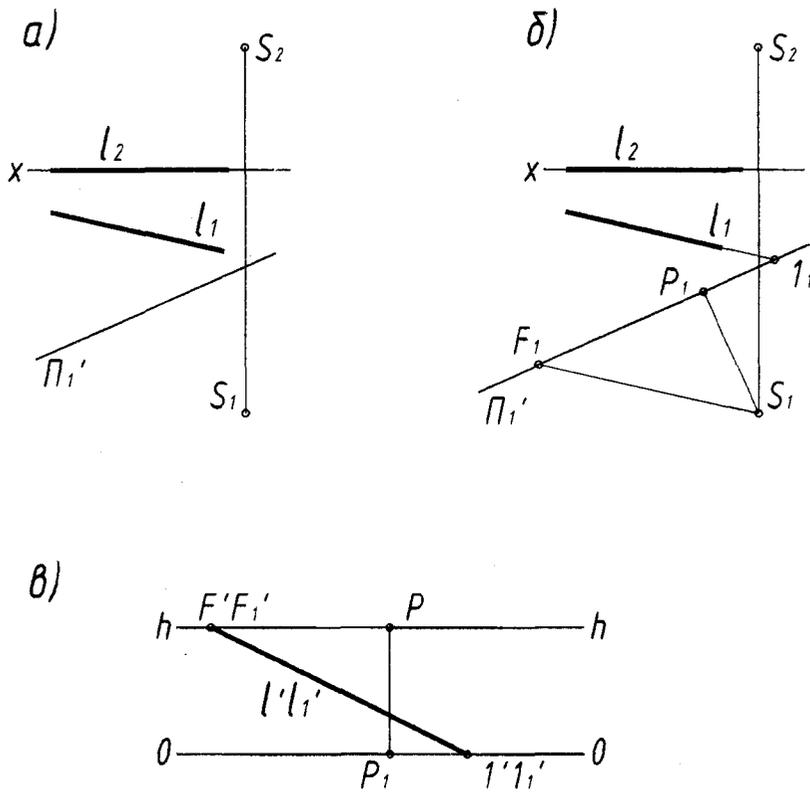


Рис. 48

Выполним предварительные построения на ортогональном чертеже. Задаем основание главного луча  $S_1P_1$ , проведя  $S_1P_1 \perp \Pi_{i'}$  (рис. 48, б). Определяем картинный след прямой (точку пересечения прямой с картиной) —  $l_1 \cap \Pi_{i'} = l_1$ ;  $l_2 \in l_2$ . Для построения точки схода  $F$  прямой  $l$  проводим через  $S_1$  прямую  $S_1F_1 \parallel l_1$  и отмечаем точку  $F_1 = S_1F_1 \cap \Pi_1$ , являющуюся основанием точки схода.

Выполним предварительные построения на картине (рис. 48, в).

Зададим линии  $hh$  и  $00$ , расстояние между которыми равно высоте точки зрения, т.е. расстоянию от  $S_2$  до оси  $X$  на ортогональном чертеже. На  $hh$ , примерно посередине, проведем главную линию картины  $PP_1 \perp hh$ .

Затем приступаем к построению перспективы прямой. Так как прямая  $l$  – горизонтальная прямая, то точка схода прямой (и ее вторичная проекция) лежит на  $hh$ , а картинный след (и его вторичная проекция) – на  $00$ . Построим эти точки, отложив  $PF' = P_1F_1$  и  $Pl' = P_1l_1$ .

Соединив построенные точки, получаем перспективу прямой  $l$ . Так как прямая  $l$  принадлежит предметной плоскости, то перспектива прямой и ее вторичная проекция совпадают.

**Задача 48.** Построить перспективу отрезка  $AB$  (рис. 49).

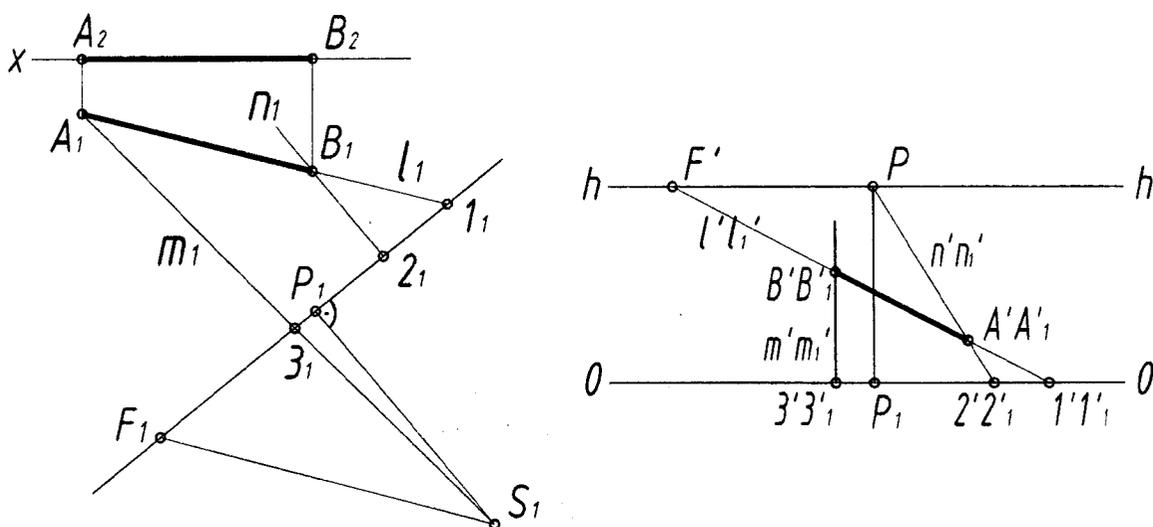


Рис. 49

Перспектива точки строится в пересечении перспектив двух прямых, проходящих через точку в пространстве.

Строим перспективу прямой  $l$ , которой принадлежит отрезок  $AB$  (см. предыдущую задачу). Чтобы на построенной прямой зафиксировать положение определенной точки, в пространстве через эту точку проводим вспомогательную прямую и строим перспективу этой прямой. Вспомогательные прямые могут быть любого направления. Для построения перспективы точки  $B$  через нее проводим прямую  $n$ , перпендикулярную картине ( $n_1 \perp \Pi'_t$ ). В перспективе известна точка схода такой прямой – она совпадает с главной точкой картины.

Для построения перспективы точки  $A$  через данную точку проведена прямая  $m$ , проходящая через точку стояния (основание точки зрения). Для этой прямой известно ее направление в перспективе — она параллельна главной линии.

**З а д а ч а 49.** Построить перспективу плана здания (рис. 50).

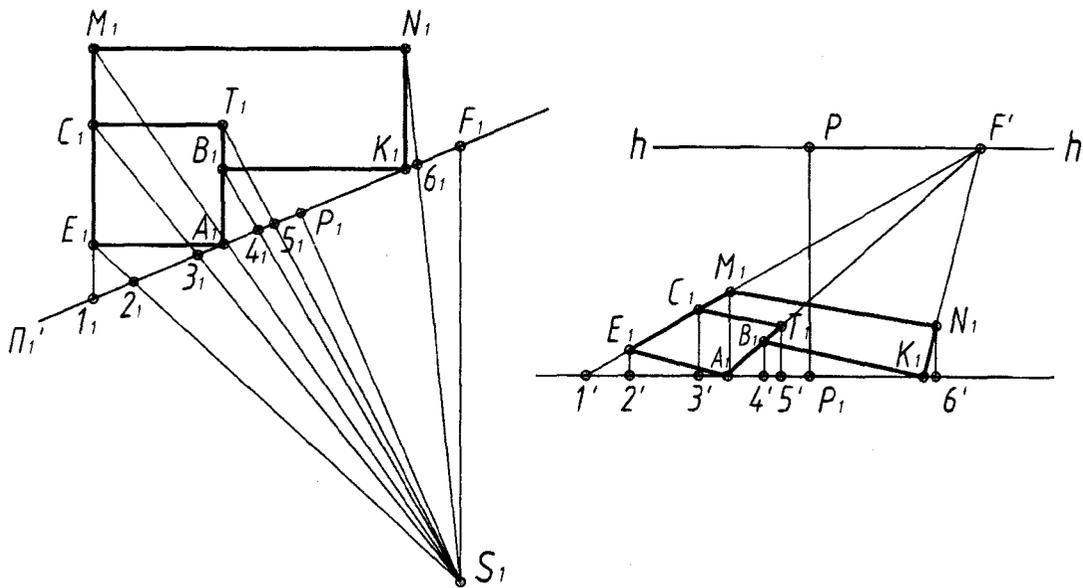


Рис. 50

При анализе формы плоской фигуры замечаем, что она содержит отрезки из пучков параллельных прямых.

Построив точку схода  $F'$  перспективных изображений пучка прямых  $AB$ ,  $EM$ ,  $KN$  и их картинные следы ( $I'_t$ ,  $A'_t$ ,  $K'_t$ ), строим перспективу этих прямых.

Заметим, что пучок параллельных прямых  $AE$ ,  $BK$ ,  $CT$ ,  $MN$  не имеет в пределах чертежа доступную точку схода. Поэтому на перспективном изображении положение каждой вершины многоугольника плана определено с помощью вспомогательных прямых, проходящих через точку стояния (см. построение перспективы точки  $B$  в задаче 47).

**З а д а ч а 50.** Построить перспективу вертикального отрезка  $AB$  (рис. 51).

Вначале строим перспективу точки  $A$ , принадлежащей предметной плоскости. Для этого проводим через точку  $A$  две вспомогательные прямые:  $n \perp \Pi'$ ,  $l$  — идущую в точку стояния.

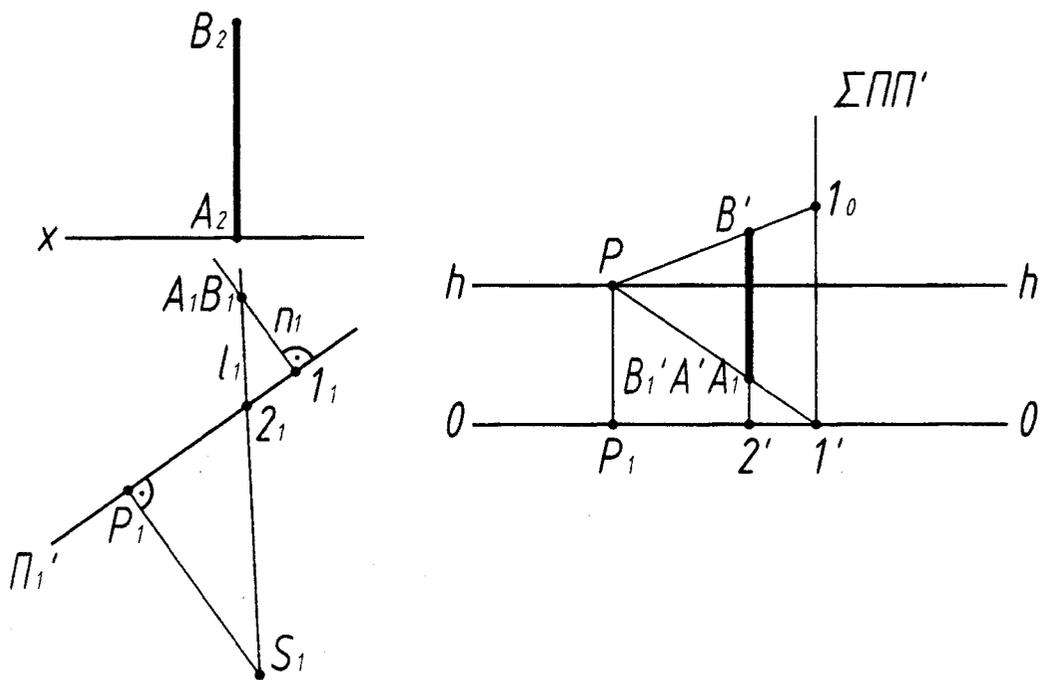


Рис. 51

Через перспективу точки  $A$  проводим вертикальную прямую – направление перспективы отрезка  $AB$ . Для того чтобы получить перспективу точки  $B$ , через прямую  $n$  проводим вертикальную плоскость и строим линию пересечения плоскости  $\Sigma$  с картиной  $\Pi'$  ( $\Sigma \cap \Pi'$ ); затем, отложив на этой прямой от основания картины отрезок  $I'I_0$ , равный величине отрезка  $AB$  ( $I'I_0 = A_2B_2$ ), проводим в плоскости горизонталь заданной высоты до пересечения с вертикальной прямой – направлением перспективы отрезка  $AB$ . Заметим, что прямая  $n$  является нулевой горизонталью плоскости (предметным следом плоскости  $\Sigma$ ). Так как горизонталь параллельна  $n$ , то в перспективе они пересекаются в общей точке схода (в нашем примере точкой схода является главная точка картины, так как  $n \perp \Pi'$ ).

**Задача 51.** Построить собственные и падающую тень призмы при заданном направлении светового луча (рис. 52).

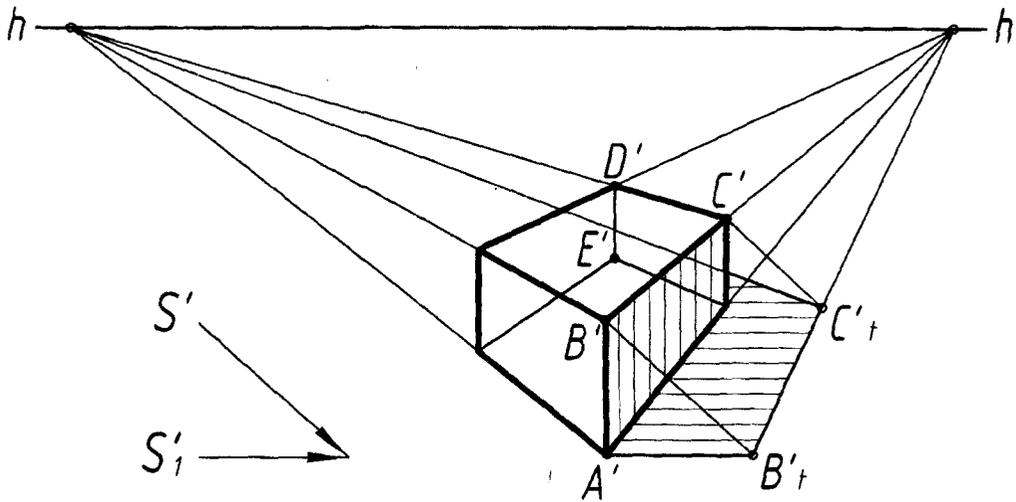


Рис. 52

Прежде чем строить падающую тень призмы, определяем контур собственной тени. Так как при заданном направлении световых лучей в тени находятся правая и задняя части призмы, то контур собственной тени представляет собой ломаную линию  $ABCDE$ , составленную из ребер призмы.

Строим контур падающей тени от контура собственной тени. Так как ребро  $AB$  перпендикулярно предметной плоскости, то направление тени от отрезка  $AB$  совпадает с направлением вторичной проекции светового луча. В пересечении перспективы светового луча и его вторичной проекции отмечаем тень от точки, через которую проходит световой луч.

Заметим, что в данной задаче направление световых лучей параллельно плоскости картины (вторичная проекция заданного светового луча параллельна линии  $hh$ ), и поэтому на перспективном изображении сохраняется параллельность световых лучей.

**З а д а ч а 52.** Построить тень, падающую от отрезка  $AB$  (рис. 53).

Тень от отрезка  $AB$  на предметной плоскости направлена по вторичной проекции светового луча. Она действительна до точки  $I'_t$ , в которой тень от отрезка преломляется на грань призмы.

Отрезок  $AB$  параллелен вертикальной грани призмы, поэтому тень от него на этой грани будет вертикальна (участок  $I'_t 2'_t$ ).

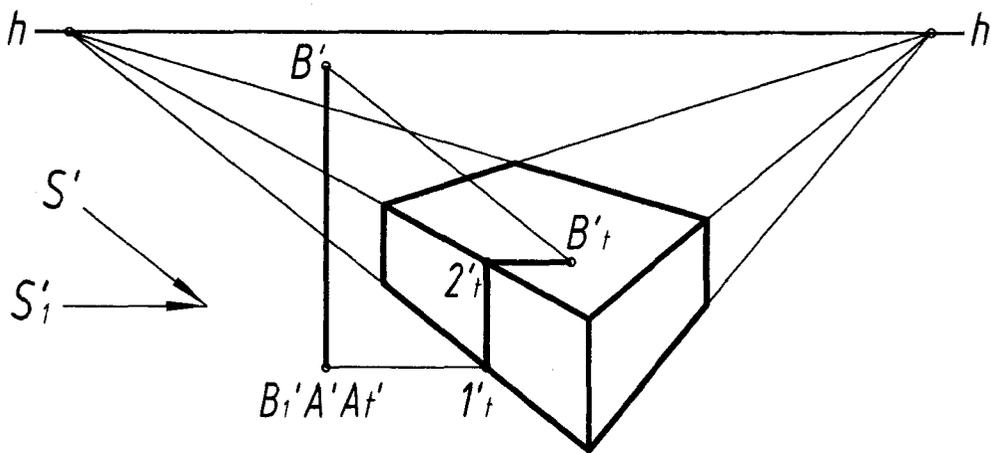


Рис. 53

Тень от отрезка  $AB$ , упавшая на верхнюю грань призмы, совпадает с направлением вторичной проекции светового луча ( $2'_t B'_t \parallel A'_t I'_t$ ).

З а д а ч а 53. Построить собственные и падающие тени заданных призм (рис. 54).

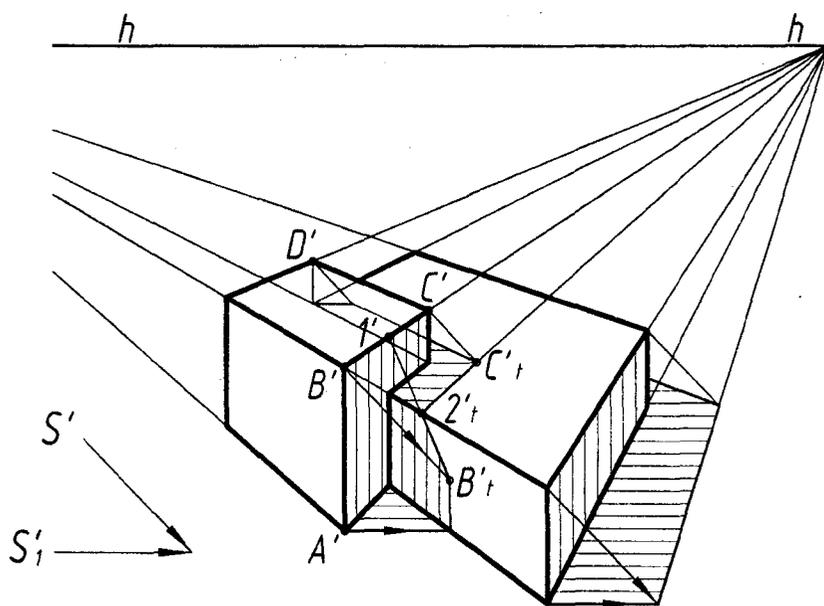


Рис. 54

Определяем грани, находящиеся в собственной тени, и контуры этих теней. В тени находятся правые и задние грани призм.

Построение падающих теней от ребер призмы на предметную плоскость выполнено аналогично с построением в задаче 51 (см. рис. 52).

Построение падающей тени вертикального отрезка  $AB$  выполнено аналогично с построениями в задаче 52 (см. рис. 53).

Тень от отрезка  $BC$  падает на вертикальную (передняя грань) и горизонтальную (верхняя грань) плоскости. Для построения тени от отрезка  $BC$  на передней грани определяем точку пересечения этого отрезка с плоскостью – точку  $1'$ . Тень отрезка  $AB$  по вертикальной плоскости направлена от точки  $B'_t$  до точки  $1'$  на участке  $B'_t 2'_t$ .

Тень от отрезка  $BC$  на горизонтальной плоскости (верхней грани) параллельна самому отрезку  $BC$ , и поэтому перспектива отрезка и тень от него на этой плоскости пересекаются в общей точке схода.

Отрезок  $CD$  также параллелен горизонтальной плоскости, на которую падает тень от него, поэтому тень и перспектива этого отрезка пересекаются в общей точке схода.

### 3. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант задания должен соответствовать последней цифре шифра-номера студенческого билета.

Заданное графическое условие вычерчивают в масштабе 1:1. Выполненная в полном объеме контрольная работа высылается на рецензирование.

Каждая контрольная работа проходит две стадии проверки: первая – рецензирование листов преподавателем (в присутствии студента или без него), вторая – устная защита студентом.

На первой стадии студент должен получить от преподавателя за хорошо выполненную работу допуск к защите, на второй – после успешной защиты выполненных заданий получить зачет контрольной работы. Вторая стадия проверки проводится после исправления всех замечаний рецензента.

Контрольная работа не допускается к защите, если: контрольная работа выполнена не в полном объеме; допущены существенные ошибки; выполнена небрежно; выполнена не по своему варианту.

По начертательной геометрии проводится экзамен. К экзамену допускаются студенты, прошедшие собеседования по контрольным работам и задачам приложения и получившие зачет по работам.

Экзамен состоит из решения задач по билету и устного опроса по теоретическому курсу. Приходя на экзамен, студент должен иметь при себе лист чертежной бумаги формата А3, чертежные инструменты и зачетные контрольные работы.

Контрольная работа № 1 состоит из следующих заданий:

**Лист 1** (рис. 62). Темы 1, 2, 3.

**З а д а ч а 1.** Дано: плоскость треугольника  $\Gamma$  ( $\Delta ABC$ ) и высота призмы  $h$ . Построить проекции прямой призмы с основанием  $ABC$  и высотой  $h$ . Определить видимость.

**Задача 2.** Дано: плоскость треугольника  $\Gamma(\Delta ABC)$  и прямая  $DE$ . Через прямую провести плоскость, перпендикулярную  $\Gamma(\Delta ABC)$ , построить линию пересечения этих двух плоскостей, определить видимость.

**Лист 2** (рис. 63). Тема 4.

**Задача 3.** Дано: плоскость треугольника  $\Gamma(\Delta ABC)$  и точка  $D$ . Способом замены плоскостей проекций определить расстояние от точки  $D$  до плоскости  $\Gamma(\Delta ABC)$ .

**Лист 3** (рис. 64). Темы 5, 6, 7.

**Задача 4.** Дано: прямая и поверхность. Требуется определить их точки пересечения, используя вспомогательную секущую плоскость.

**Задача 5.** Дано: пирамида и плоскость общего положения. Требуется построить две проекции линии пересечения пирамиды с плоскостью.

**Задача 6.** Определить натуральную величину построенного сечения (используя преобразование чертежа).

**Лист 4** (рис. 65). Темы 8, 10.

**Задача 7.** Дано: прямая четырехгранная пирамида  $SKEFP$  и трехгранная горизонтальная призма  $ABMCDN$ . Вычертить три проекции этих многогранников, построить линию их пересечения и определить видимость. Для всех вариантов стороны основания пирамиды  $P_1F_1 = K_1E_1 = 60$  мм;  $K_1P_1 = E_1F_1 = 70$  мм; высота пирамиды 110 мм; высота вертикальной грани призмы 90 мм; длина всех ребер призмы 140 мм (рис. 65).

**Задача 8.** Изобразить заданные тела и их линию пересечения в аксонометрии, выделив видимые и невидимые части линии пересечения. Вид стандартной аксонометрии студент определяет сам.

**Лист 5** (рис. 66). Тема 8.

**Задача 9.** Дано: две пересекающиеся поверхности вращения. Способом вспомогательных секущих плоскостей построить две проекции их линии пересечения.

**Задача 10.** Дано: две пересекающиеся поверхности вращения. Построить две проекции их линии пересечения способом концентрических сфер.

**Лист 6** (рис. 67). Темы 8, 9.

**Задача 11.** Дано: многогранник и кривая поверхность. Построить их линию пересечения.

**Задача 12.** Построить полную развертку одной из пересекающихся поверхностей и нанести на ней линию их пересечения.

**Лист 7** (рис. 68). Темы 11, 12.

**Задача 13.** Дано: топографическая поверхность, заданная горизонталями, и земляное сооружение. Откосы выемок имеют уклон 1 : 1, откосы насыпей 1 : 1,5 и уклон дороги 1 : 6. Построить линию пересечения откосов выемок и насыпей земляного сооружения (площадки и дороги) между собой и с топографической поверхностью.

**Задача 14.** Построить профиль 1 – 1 земляного сооружения.

**Лист 8** (рис. 69). Темы 13, 14.

**Задача 15.** Дано: схематизированное здание. Вычертить ортогональные проекции заданной объемно-пространственной композиции (схематизированного здания), увеличив все размеры по отношению к заданию в пять раз.

Между ортогональными проекциями необходимо оставить поле чертежа для построения падающих теней на плоскость  $\Pi_1$ .

Формат располагать вертикально.

**Задача 16.** Построить падающие тени в ортогональных проекциях.

**Лист 9** (рис. 70). Темы 13, 14.

**Задача 17.** Построить перспективу схематизированного здания.

**Задача 18.** Построить собственные и падающие тени на перспективе здания.

**Лист 10** (рис. 71). Темы 10, 13.

**Задача 19.** Построить аксонометрию схематизированного здания.

**Задача 20.** Построить собственные и падающие тени на аксонометрии здания.

Задания контрольной работы выполняют по алгоритмам, описанным далее.

**Лист 1 (рис. 62). Задача 1.** Задачу выполняют в такой последовательности:

1) проводят ребра призмы перпендикулярно плоскости основания призмы  $\Gamma (\Delta ABC)$ . При этом горизонтальные проекции ребер призмы должны быть перпендикулярны горизонтальной проекции горизонтали плоскости  $h_1$ , а фронтальные проекции ребер призмы перпендикулярны фронтальной проекции горизонтали плоскости  $f_2$ ;

2) методом прямоугольного треугольника определяют натуральную величину отрезка одного из ребер призмы, который ограничивают произвольной точкой;

3) на отрезке натуральной величины откладывают высоту призмы и строят проекции верхней точки на проекциях выбранного ребра призмы;

4) через построенную точку строят верхнее основание призмы  $A'B'C'$ , используя параллельность его нижнему основанию, определяют видимость призмы.

**Задача 2.** Решение задачи предполагает следующие действия:

1) строят плоскость, перпендикулярную плоскости  $\Gamma (\Delta ABC)$ . Плоскость, перпендикулярная другой плоскости, должна проходить через перпендикуляр к этой плоскости. Искомая плоскость, перпендикулярная плоскости  $\Gamma (\Delta ABC)$ , должна содержать в себе заданную прямую  $a (D,E)$  и перпендикуляр, опущенный из любой точки этой прямой на заданную плоскость  $\Gamma (\Delta ABC)$ , например, из точки  $D$ ;

2) строят линию пересечения двух плоскостей: построенной и заданной плоскости треугольника  $\Gamma (\Delta ABC)$ . Определяют видимость.

**Лист 2 (рис. 63). Задача 3.** Соблюдая правила построения геометрических фигур на замененных плоскостях проекций, необходимо:

1) преобразовать плоскость общего положения  $\Gamma$  ( $\Delta ABC$ ) в плоскость проецирующую и построить проекцию точки  $D$  на новую плоскость проекций  $\Pi_4$ .

Положение новой плоскости определяет новая ось проекций  $X_1$ ;

2) определить расстояние от точки  $D$  до заданной плоскости. Оно равно отрезку перпендикуляра  $DE$ , опущенного из точки  $D$  на плоскость  $\Gamma$  ( $\Delta ABC$ ), выродившуюся на новой плоскости проекций в прямую линию;

3) получив основание перпендикуляра ( $E_4$ ), построить его проекции на исходном чертеже задачи.

**Лист 3 (рис. 64). Задача 4.** Чтобы решить задачу, необходимо:

1) заключить прямую во вспомогательную плоскость;

2) построить линию пересечения поверхности с этой вспомогательной плоскостью;

3) отметить точки пересечения проекций прямой с проекциями линии пересечения и определить видимость.

**Задача 5.** Построение сечения многогранника плоскостью общего положения можно осуществлять двумя способами. Первый способ сводится к многократному решению задачи по определению точек пересечения ребер пирамиды с заданной плоскостью. Второй способ заключается в преобразовании плоскости, пересекающей поверхность пирамиды, в проецирующую, так как одна проекция линии пересечения становится известной.

**Задача 6.** Для определения натуральной величины сечения применить любой способ преобразования чертежа. Например, способом плоскопараллельного перемещения проецирующую плоскость ставим в положение плоскости уровня (параллельное горизонтальной плоскости проекций).

**Лист 4 (рис. 65). Задача 7.** Вычерчивание пирамиды нужно начинать с точки  $P$ , а призмы – с точки  $D$ . Основание пирамиды расположено в плоскости  $\Pi_1$ , ее ребра прямые общего положения. Одна из граней призмы – фронтальная плоскость (параллельная  $\Pi_2$ ), две другие – профильно-проецирующие, поэтому ребра этих граней на плоскости  $\Pi_3$  проецируются в точки.

Линия пересечения многогранников определяется по точкам пересечения ребер каждого из них с гранями другого многогранника или построением линий пересечения граней многогранников. Соединяя каждые пары точек одних и тех же граней отрезками прямых, получаем линии пересечения многогранников. Видимыми линиями пересечения многогранников будут те, которые принадлежат их видимым граням. Линия пересечения многогранников строится только с использованием фронтальных и горизонтальных проекций фигур.

**Задача 8.** Задачу выполняют в нижней правой части листа в такой последовательности:

- 1) на ортогональном чертеже наносят оси прямоугольной системы координат;
- 2) выбирают вид аксонометрии с таким расчетом, чтобы обеспечить наилучшую наглядность пересекающихся поверхностей, и наносят аксонометрические оси координат;
- 3) в системе координат  $X'O'Y'$  строят вторичные проекции оснований и линии пересечения;
- 4) из каждой точки вторичной проекции поднимают перпендикуляр на необходимую высоту и по полученным точкам строят аксонометрию.

В процессе выполнения любой аксонометрии следует помнить, что выполнение аксонометрии нужно начинать со вторичной проекции, т.е. с построения аксонометрии, чаще горизонтальной проекции, пересекающихся фигур.

**Лист 5 (рис. 66).** **Задача 9.** Задачу выполняют в левой части листа в такой последовательности:

- 1) определяют точки пересечения очерковых образующих одной поверхности с другой, затем второй поверхности с первой;
- 2) определяют наивысшие и наинизшие точки линии пересечения;
- 3) определяют промежуточные точки линии пересечения;
- 4) все найденные точки пересечения последовательно соединяют кривой линией, учитывая их видимость.

При выборе вспомогательных секущих плоскостей необходимо помнить, что они должны пересечь одновременно обе поверхности по графически простым линиям. Для всех вариантов заданий вспомогательными секущими плоскостями могут быть выбраны плоскости уровня: для одних горизонтальные, для других – фронтальные или те и другие. Точками пересечения поверхностей являются точки пересечения контуров фигур сечения поверхностей, лежащих в одной и той же секущей плоскости. Каждая секущая плоскость может определить от одной до четырех точек линии пересечения в зависимости от характера пересекающихся поверхностей, их расположения относительно друг друга и положения самой секущей плоскости.

**Задача 10.** Задачу выполняют на правой половине листа в такой последовательности:

1) определяют центр концентрических сфер – точку пересечения осей поверхностей вращения – и проводят ряд концентрических окружностей – сфер различного радиуса. Диапазон радиусов сфер определяется минимальным и максимальным радиусами. Минимальный радиус секущей сферы назначается из условий касания сферы одной и пересечения другой пересекающихся поверхностей. Максимальным радиусом является отрезок прямой от центра сферы до наиболее удаленной точки пересечения очерков пересекающихся поверхностей;

2) строят линии пересечения выбранных сфер с заданными пересекающимися поверхностями. Каждая из сфер, будучи соосной с заданными поверхностями, пересечет их по окружностям, которые представляют собой прямые линии – хорды окружности, называемые параллелями. Точки пересечения проекций полученных параллелей являются проекциями искомых точек линии пересечения поверхностей;

3) найденные точки пересечения поверхностей соединяют плавной кривой линией;

4) достраивают горизонтальную проекцию линии пересечения по имеющимся точкам.

**Лист 6 (рис. 67). Задача 11.** Задачу решают в такой последовательности:

1) намечают расположение вспомогательных секущих плоскостей частного положения (уровня) или проецирующих;

2) с их помощью определяют характерные и промежуточные точки линии пересечения поверхностей;

3) полученные точки соединяют плавными кривыми или прямыми линиями, установив предварительно последовательность расположения точек на линии пересечения поверхностей. Видимую часть линий контура, в том числе и линии пересечения, обводят сплошной основной, а невидимую – штриховой линиями.

**Задача 12.** Решение задачи выполняют в такой последовательности:

1) в кривую поверхность вписывают многогранник;

2) определяют натуральные величины всех ребер вписанного многогранника;

3) на плоскости чертежа строят одну из граней поверхности по ее натуральным величинам ребер и к ней последовательно пристраивают остальные грани, пользуясь смежными ребрами;

4) соответствующие вершины граней соединяют плавными кривыми линиями.

При разворачивании многогранной поверхности выполняют только вторую и третью операции. Линия пересечения поверхностей наносится на развертку с помощью ее характерных точек. Для каждой такой точки в ортогональных проекциях определяют положение образующей и направляющей линий поверхности, на пересечении которых расположена взятая точка. Строят эти линии (образующую и направляющую) на развертке и в их пересечении отмечают искомую точку линии пересечения поверхностей.

**Лист 7 (рис. 68). Задача 13.** Для выполнения задания необходимо проделать следующее:

1) начертить в масштабе 1 : 200 план земельного участка, рельеф которого задан горизонталями, и нанести на него в том же масштабе план земляного сооружения так, чтобы центр сооружения  $O$  совпал с центром участка  $O$  и ось сооружения была бы наклонена к меридиану под заданным углом;

2) проанализировать и обозначить все плоскости и поверхности земляного сооружения при помощи масштабов уклонов. Построить горизонтали всех откосов земляного сооружения и дороги с учетом заданных уклонов для них. Для построения горизонталей необходимо при помощи графика масштаба уклонов определить величину интервалов для откосов насыпей, выемок и дороги в масштабе чертежа (1 : 200), затем нанести эти интервалы на масштабах уклонов всех откосов и провести горизонтали перпендикулярно масштабам уклонов;

3) используя точки пересечения одноименных горизонталей, построить линию пересечения откосов между собой и с топографической поверхностью.

**Задача 14.** Задачу решают в такой последовательности:

1) в масштабе 1 : 200 на расстоянии 1 м по высоте изображают горизонтали рельефа в пределах отметок той части сооружения, которая пересекается плоскостью 1-1;

2) строят профиль земли; для этого измеряют и откладывают на чертеже точки пересечения горизонталей топографической поверхности и следа секущей плоскости. Из полученных точек восстанавливают вертикальные линии до горизонталей, отметки которых определяются отметками этих точек на топографической поверхности. Пересечения одноименных горизонталей и вертикальных линий соответствуют точкам профиля земли, соединяя которые плавной линией получают искомый профиль;

3) строят профиль земляного сооружения аналогично построению профиля земли.

**Лист 8 (рис. 69). Задача 15.** Для заданной объемно-пространственной композиции (схематизированного здания) вычертить ортогональные проекции, увеличив заданные изображения в пять раз.

Между ортогональными проекциями необходимо оставить поле чертежа для построения падающих теней на плоскость  $\Pi_1$ . Формат расположить вертикально.

**Задача 16.** Задача решается на ортогональных проекциях здания, построенных в задаче 15. При построении в ортогональных проекциях, когда источник света бесконечно удален, необходимо помнить:

1) что направление лучей света обычно принимают параллельным диагонали куба, грани которого параллельны плоскости проекций; благодаря этому проекции лучей света  $s_1$  и  $s_2$  образуют с осью проекций углы  $45^\circ$ ;

2) тень от точки на поверхность является точкой пересечения с этой поверхностью луча света, проведенного через данную точку;

3) тень от прямой на поверхность представляет собой линию пересечения лучевой плоскости (совокупность лучей света, проходящих через прямую) с поверхностью;

4) тень от вертикальных прямых линий на горизонтальную плоскость параллельна горизонтальной проекции луча света. Тень от прямых, перпендикулярных плоскости  $\Pi_2$ , на фронтальную плоскость параллельна фронтальной проекции луча света;

5) если отрезок прямой параллелен какой-либо плоскости, то от него на эту плоскость падает тень, равная и параллельная отрезку. Длина тени отрезка зависит от направления лучей света и положения отрезка относительно плоскости, на которую падает тень;

6) когда плоская фигура параллельна какой-либо плоскости, то тень от нее на эту плоскость расположена подобно самой плоской фигуре и равна ей.

**Лист 9 (рис. 70). Задача 17.** При подготовке к построению перспективы схематизированного здания необходимо выполнить :

1) выбор точки и угла зрения, ориентировку картины;

2) построение главной точки ( $P$ ), точек схода  $F_1, F_2$ , точек пересечения горизонтальных лучей зрения со следом картины ( $K_1$ ). Точка для вариантов 0, 2,

4, 6, 8 должна располагаться слева, а для вариантов 1, 3, 5, 7, 9 – справа. Высота горизонта  $h$  – высокий горизонт.

Построения выполнить на ортогональных проекциях здания задачи 15.

В случае расположения точки зрения слева (справа) ортогональные проекции схематизированного здания вычерчивают с левой (с правой) стороны листа.

Процесс построения перспективы объемной композиции на вертикальную плоскость методом архитекторов (с двумя точками схода параллельных прямых) сводится к следующему: на линию основания картины с ортогонального чертежа (плана), с помощью размеченной полоски бумаги, переносятся картинные следы всех линий, пересекающих картинную плоскость, а также  $F^1$  и  $F^2$ . На расстоянии  $h$  от основания картины проводится линия горизонта, на ней строятся точки  $F^1$  и  $F^2$  – точки схода перспективных изображений пучков параллельных продольных и поперечных ребер объекта. Так как одна из точек схода будет располагаться вне поля чертежа, в торец листа со стороны удаленной точки схода на уровне линии горизонта подклеивается необходимой длины полоска чистой бумаги, на которой строится удаленная точка схода. Аналогичные построения следует выполнить и на ортогональном чертеже.

Высота вертикальных ребер объекта, измеренных на фронтальной проекции (фасаде) ортогонального объекта, воспроизводится на перспективе в натуральную величину в картинной плоскости. Следовательно, для измерения вертикальных ребер объекта с учетом перспективного искажения использовать «метод выноса на картину» либо построение «боковой вертикальной стенки».

**Задача 18.** Схема построения теней представлена на рис. 70. Лучи света принять параллельными картинной плоскости с углом наклона к предметной плоскости (земле) в пределах  $30...45^\circ$ . Тень от горизонтальной прямой на горизонтальную плоскость параллельна самой прямой, поэтому в перспективе и тень, и прямая должны быть направлены в точку схода, лежащую на горизонте.

**Лист 10** (рис. 71). **Задача 19.** Выбор аксонометрической проекции осуществить самостоятельно по ГОСТ 2.317-69\*. Для построения аксонометрии на

ортогональном чертеже (задача 15) наносят оси прямоугольной системы координат, к которой относят заданное схематизированное здание. Для упрощения построений в аксонометрии можно принять систему прямоугольных координат, к которым отнесено здание, так, чтобы начало координат было расположено в левом верхнем углу плана здания. Ось  $X$  следует направить параллельно продольной стене здания, а ось  $Y$  – параллельно его поперечной стене.

Вторичную проекцию здания (аксонометрию плана) вычертить полностью, так как она необходима не только для построения аксонометрии, но и для построения теней.

**Задача 20** (рис. 71). В верхнем правом углу располагают аксонометрические оси с указанием направления лучей света. Приступая к построению теней в аксонометрии, задают направление лучей света и их вторичных проекций. Хороший результат получается, когда главный фасад освещен, а боковой находится в собственной тени здания. При этом направление вторичных проекций лучей не должно совпадать с направлением одной из аксонометрических осей, в частности, можно расположить лучи света параллельно плоскости аксонометрических проекций (их вторичные проекции горизонтальны относительно рамки чертежа). Наклон лучей к горизонтальной плоскости следует выбирать в пределах  $40...60^\circ$ .

Граница тени, падающей от фигуры, является тенью от границы собственной тени той же фигуры, поэтому по границе падающей тени можно определить границу собственной тени.

Построение падающих теней от выступающих частей здания на стену или крышу можно строить способом обратного луча или вспомогательных сечений. Во втором случае нужно соответствующий луч света заключить в вертикальную плоскость. Она может быть задана лучом и его вторичной проекцией. Вслед за этим строится линия пересечения вспомогательной плоскости с той плоскостью (поверхностью), на которой строится тень. Пересечение этой линии с лучом дает искомую точку.

Варианты заданий даны в приложении 2.

Материалы контрольной работы брошюруют в альбом. Обложкой к альбому служит титульный лист (рис. 55).

Контрольная работа выполняется на листах чертежной бумаги формата А3 (297 × 420) ГОСТ 2.301-68 «Форматы». Форматы листов определяются размерами внешней рамки – линиями обреза формата (рис. 56).

Стандартные форматы применяют с целью унификации чертежных столов, машин и приспособлений, служащих для изготовления бумаги, хранения и размножения чертежей. Для лучшего использования листовой и рулонной бумаги применяют форматы с одинаковым соотношением друг к другу длинной и короткой сторон. За основу взят формат А0 с размерами сторон 1189 × 841 мм, площадь которого равна 1 м<sup>2</sup>. Другие форматы получены путем последовательного деления формата А0 на две равные части вдоль длинной стороны формата.

*Министерство образования Республики Беларусь*  
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

*Факультет: Заочный строительный*  
*Кафедра «Инженерная графика строительного профиля»*

*Контрольная работа №1*

**НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ.  
ИНЖЕНЕРНАЯ И МАШИННАЯ ГРАФИКА**

*312127/001, Иванов Алексей Петрович*  
*Домашний адрес: 220068, г.Минск, ул.В.Хоружей, дом 42, кв.37*

*Минск 2007*

Рис. 55. Титульный лист (формат А4)

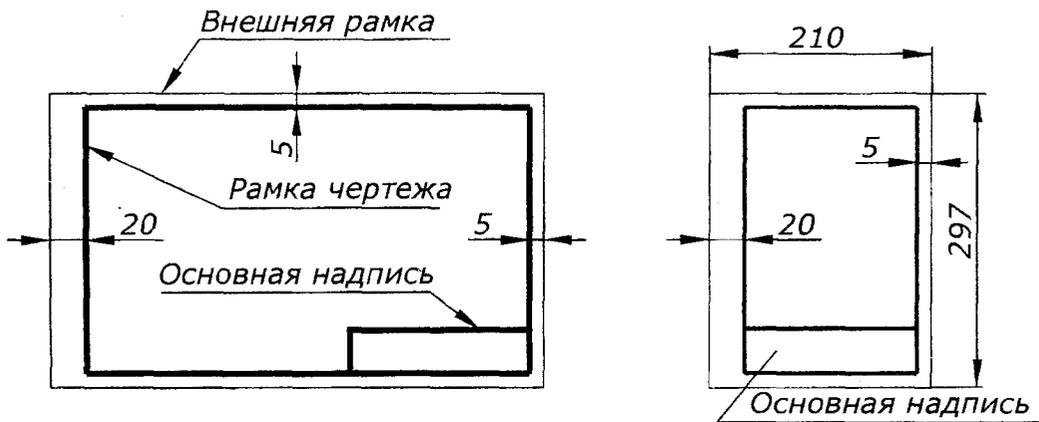


Рис. 56

Обозначения и размеры сторон основных форматов должны соответствовать указанным в таблице (ГОСТ 2.301-68).

Обозначение формата	Размеры сторон Формата, мм
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

В правом нижнем углу формата помещают основную надпись. Форма, размеры и пример заполнения основной надписи приведены на рис. 57. При выполнении чертежей применяют линии различного начертания и толщины, предусмотренные ГОСТ 2.303-68.

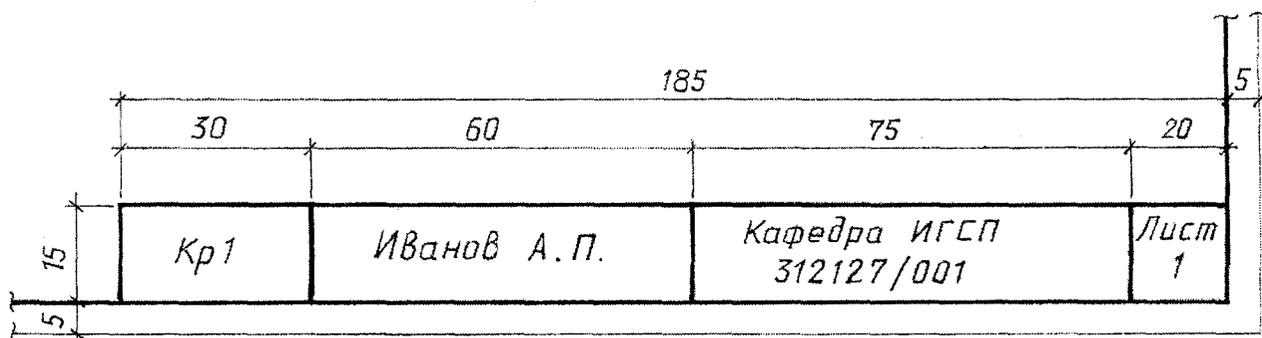
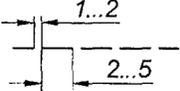
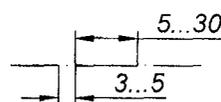


Рис. 57

Для линий видимого контура применяют **сплошную толстую основную линию** , толщина ( $S$ ) которой должна быть  $0,5...1,4$  мм в зависимости от величины и сложности изображения, а также формата чертежа. Выбранная толщина линий должна быть одинаковой для всех изображений, вычерчиваемых в одинаковом масштабе на данном чертеже. Яркость (цвет) всех линий в пределах одного чертежа выдерживается одинаковой, независимо от толщины линий.

Линии невидимого контура – **штриховая**   $S/3...S/2$ .

Осевые и центровые линии – **штрихпунктирная тонкая**  $S/3...S/2$ .



Размерные, выносные, линии штриховки – **сплошная тонкая**   $S/3...S/2$ .

Линии обрыва – **сплошная волнистая**   $S/3...S/2$ , **сплошная тонкая с изломом**   $S/3...S/2$ .

Основным линиям (линиям видимого контура) следует при обводке придавать толщину  $0,8...1$  мм, линиям штриховым (линиям невидимого контура) –  $0,4...0,5$  мм, остальным –  $0,25...0,3$  мм. Все **надписи** на чертежах следует выполнять шрифтом по ГОСТ 2.304-81 с соблюдением наклона и размеров букв, цифр и знаков.

Для обеспечения одинаковой высоты букв и цифр желательно проводить вспомогательные тонкие линии. 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. 58).

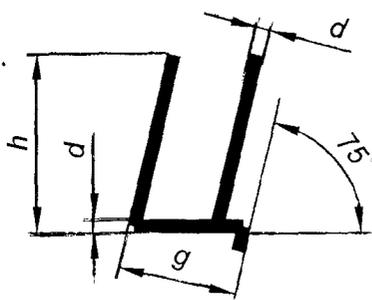


Рис. 58

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 около  $75^\circ$  к строке. Шрифт типа Б приведен на рис. 59. Для изучения чертежного шрифта удобно использовать вспомогательную сетку, в которую вписывают буквы, цифры и знаки. Шаг вспомогательных линий определяется в зависимости от толщины линий шрифта  $d$  (рис. 60).

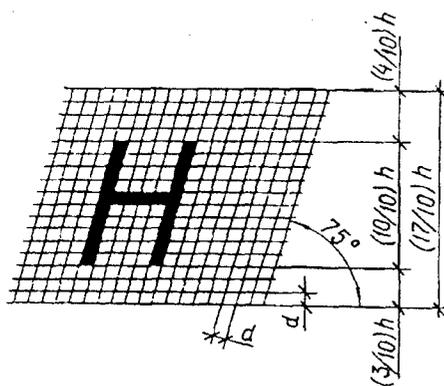


Рис. 59

Рекомендуемая высота цифр размерных чисел – 3,5 мм, высота букв – 7 мм. На чертежах необходимо оставлять все линии графических построений.

А Б В Г Д Е Ж З И И К Л

М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч

Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

а б в г д е ж з и и к л м

н о п р с т у ф х ц ч ш щ

ь ы ь э ю я

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 3

I III IV VI VIII IX V

Рис. 60

Все чертежи строятся по размерам в масштабе 1 : 1. При построении граничных поверхностей, таких как призма и пирамида, нужно уметь делить окружность на равные части (рис. 61).

**Деление окружности на три равные части и вписывание в нее правильного треугольника** (рис. 61, а). Из точки  $A$  как из центра описываем дугу радиусом окружности. Пересечение этой дуги с окружностью дает точки  $C$  и  $D$ . Точки  $B$ ,  $C$  и  $D$  делят окружность на три равные части. Соединив точки  $B$ ,  $C$  и  $D$  прямыми, получим вписанный в окружность правильный треугольник  $BCD$ .

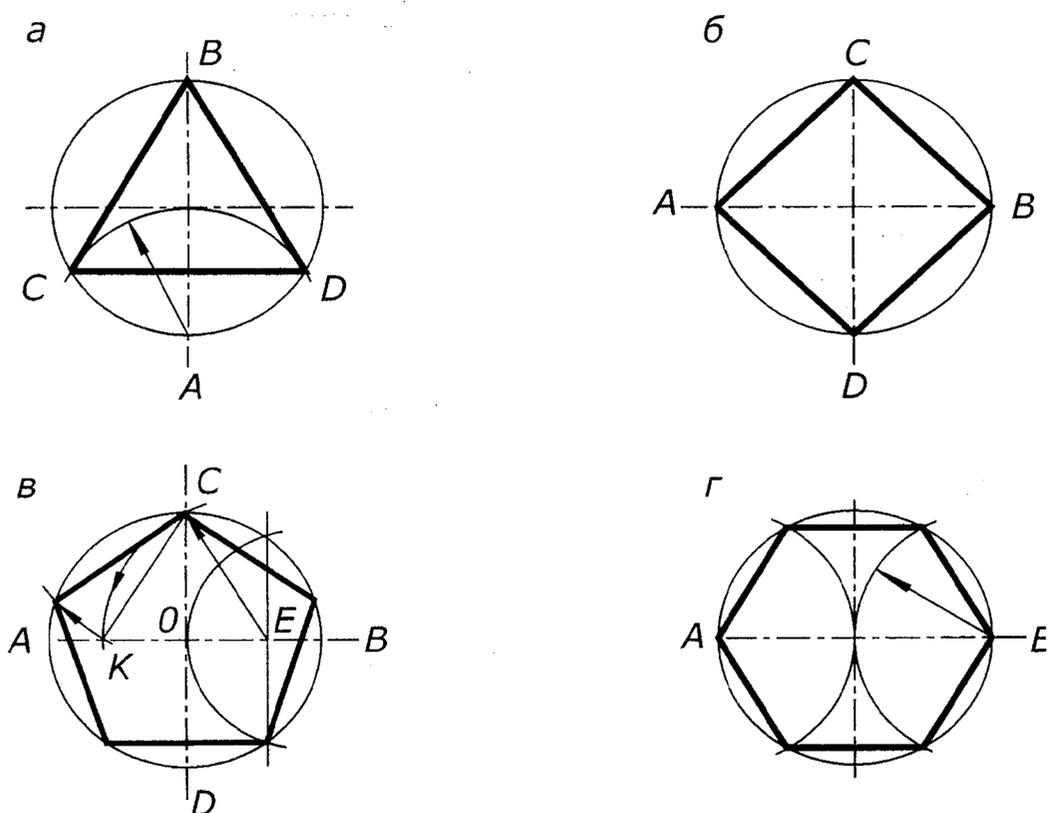


Рис. 61

**Деление окружности на четыре равные части и вписывание в нее квадрата** (рис. 61, б). Точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  делят окружность на четыре равные части. Соединив эти точки по замкнутому контуру, получим вписанный в окружность квадрат  $ABCD$ .

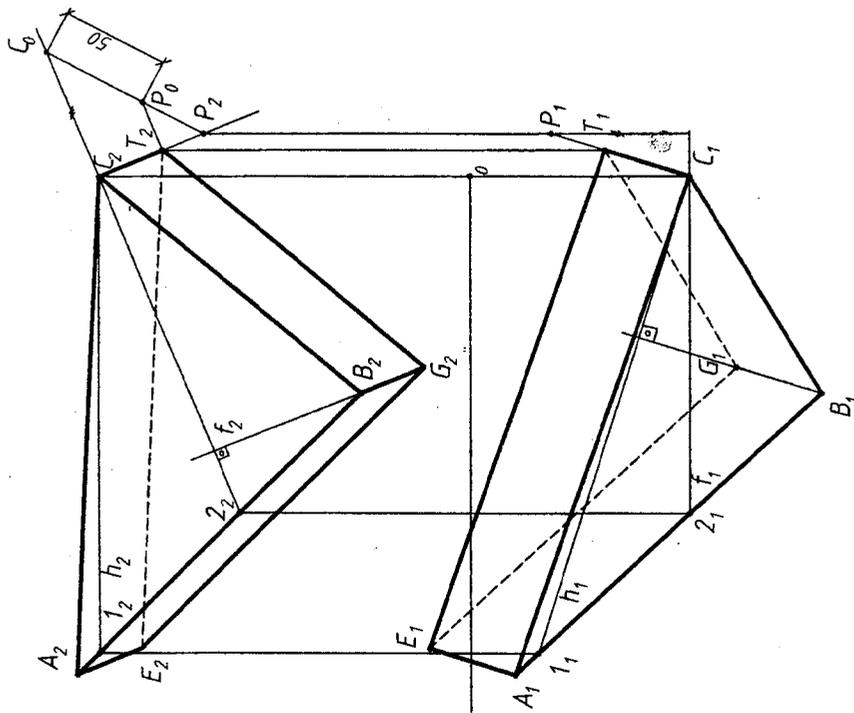
**Деление окружности на пять равных частей и вписывание в нее правильного пятиугольника** (рис. 61, в). Делим радиус  $OB$  пополам, получаем точку  $E$ . Соединив точки  $E$  и  $C$ , получим прямую  $EC$ . Из точки  $E$  на диаметре  $AB$  откладываем отрезок  $EK = EC$ . Отрезок  $KC$  соответствует искомой длине стороны вписанного правильного пятиугольника.

**Деление окружности на шесть равных частей и вписывание в нее правильного шестиугольника** (рис. 61, г). Из точек  $A$  и  $B$  как из центров описываем радиусом окружности две дуги. Пересечение дуг с окружностью дает четыре точки, которые в совокупности с точками  $A$  и  $B$  делят окружность на шесть равных частей.

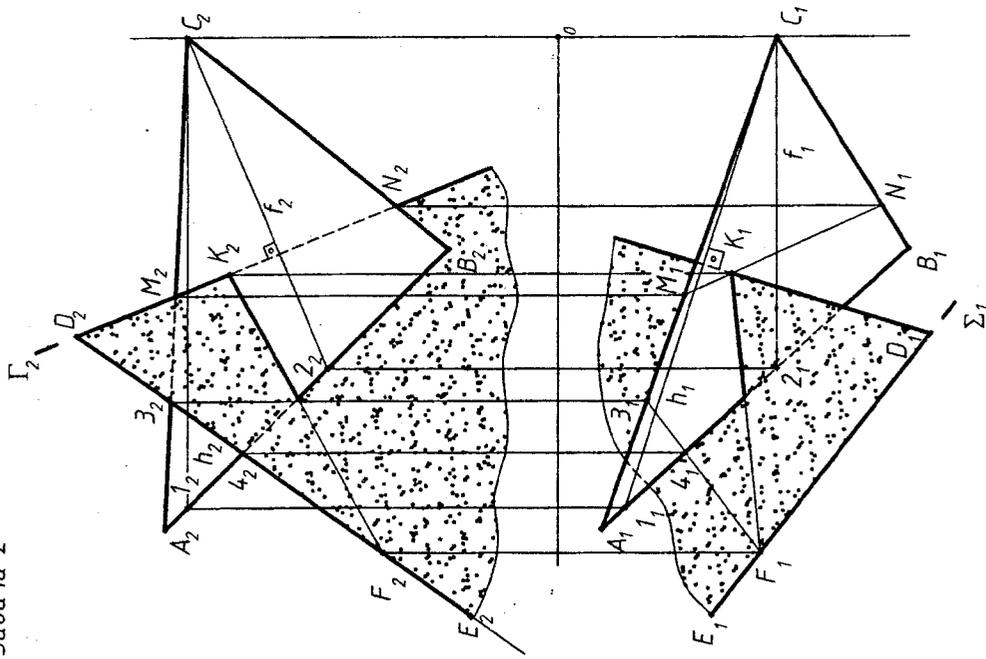
Ниже приведены примеры выполнения заданий контрольной работы № 1.

Пример оформления контрольной работы

Задача 1



Задача 2



Задача 3

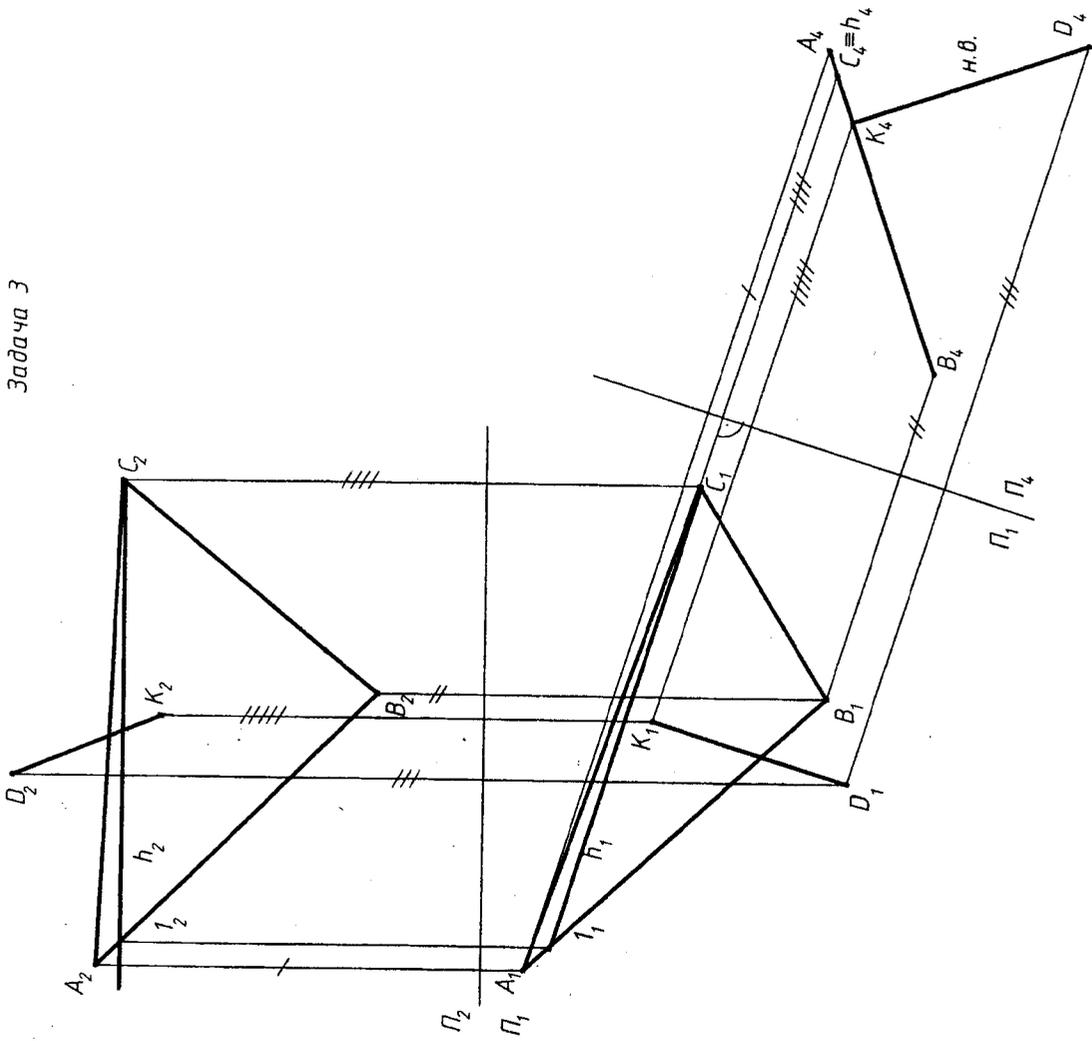


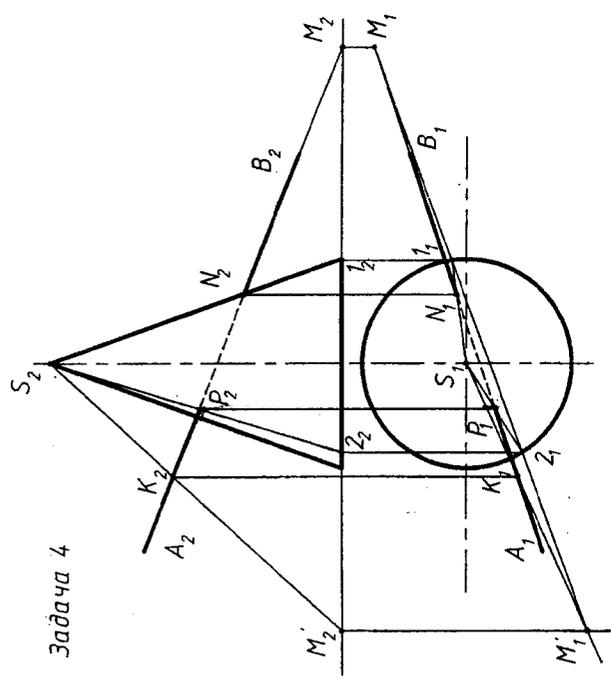
Рис. 63

Кр1 Юриков И.

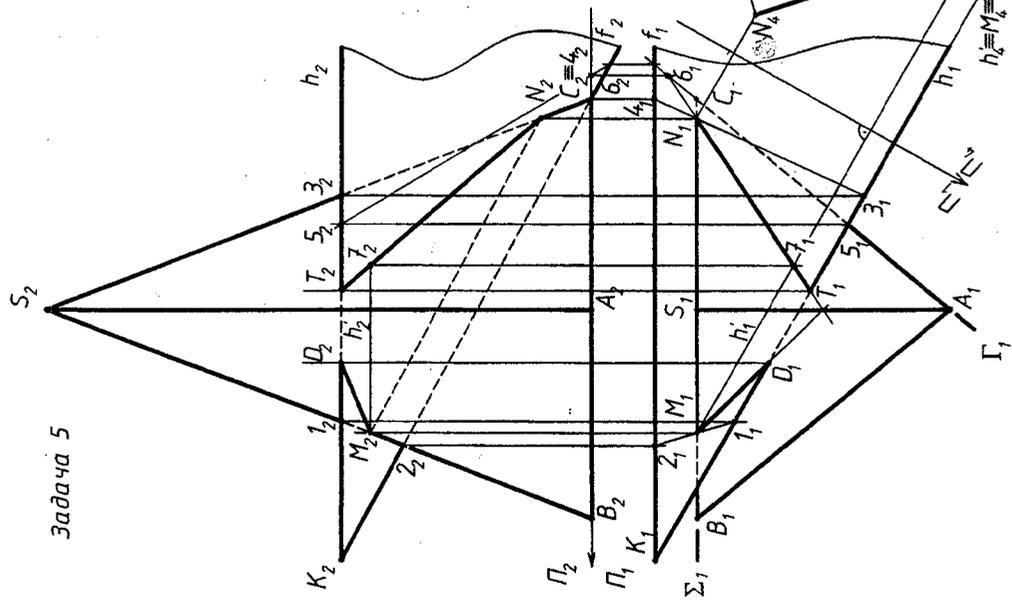
Кафедра ИГСП  
312127/07

Лист 2

Задача 4



Задача 5



Задача 6

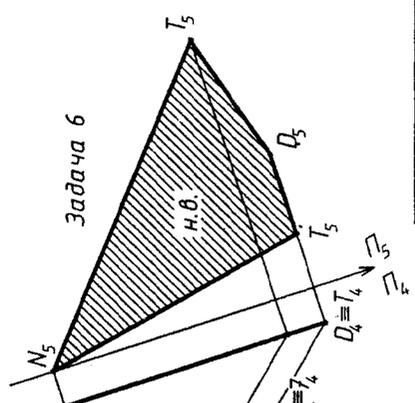


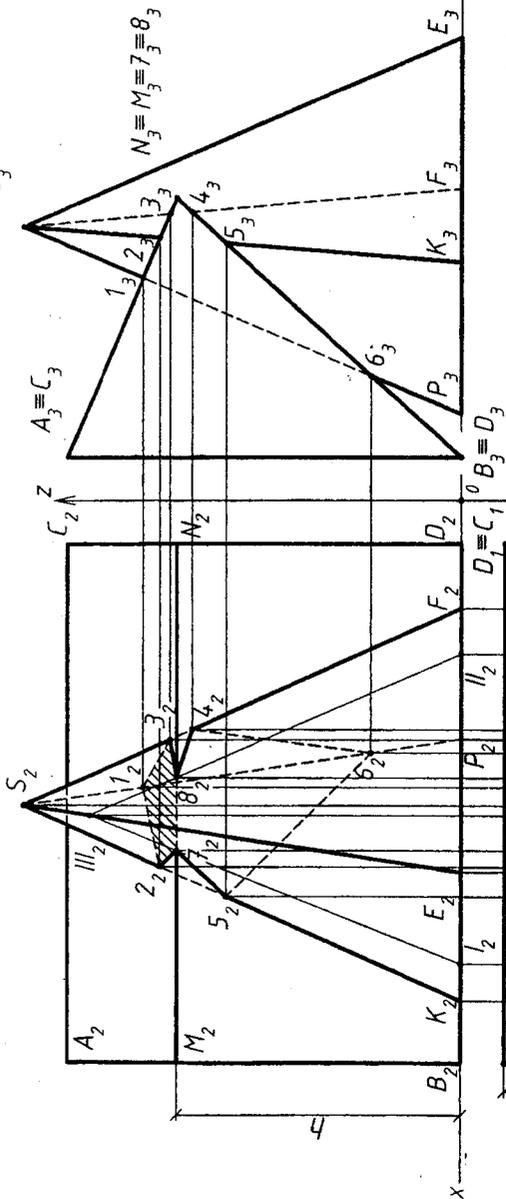
Рис. 64

Кр1 Юриков И.

Кафедра ИГСП  
312127/07

Лист 3

Задача 7



Задача 8

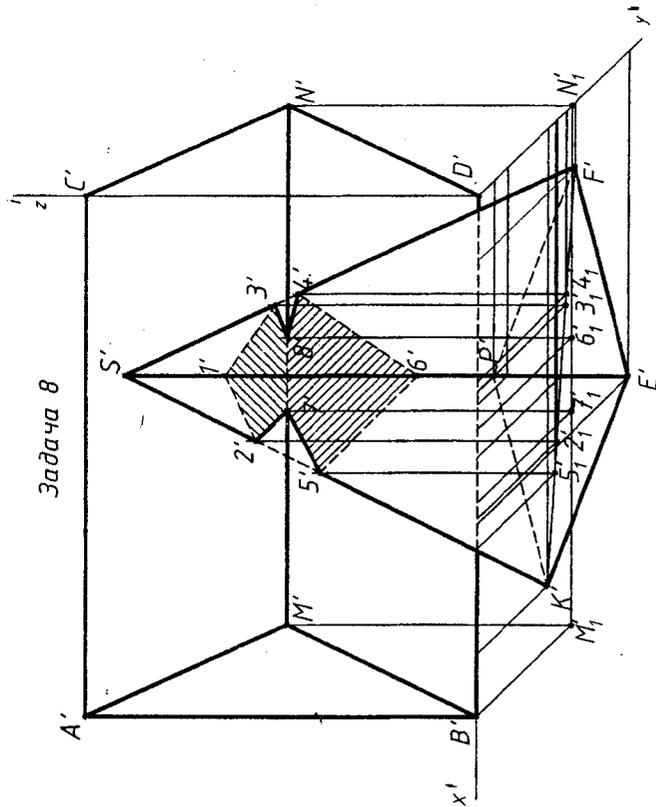


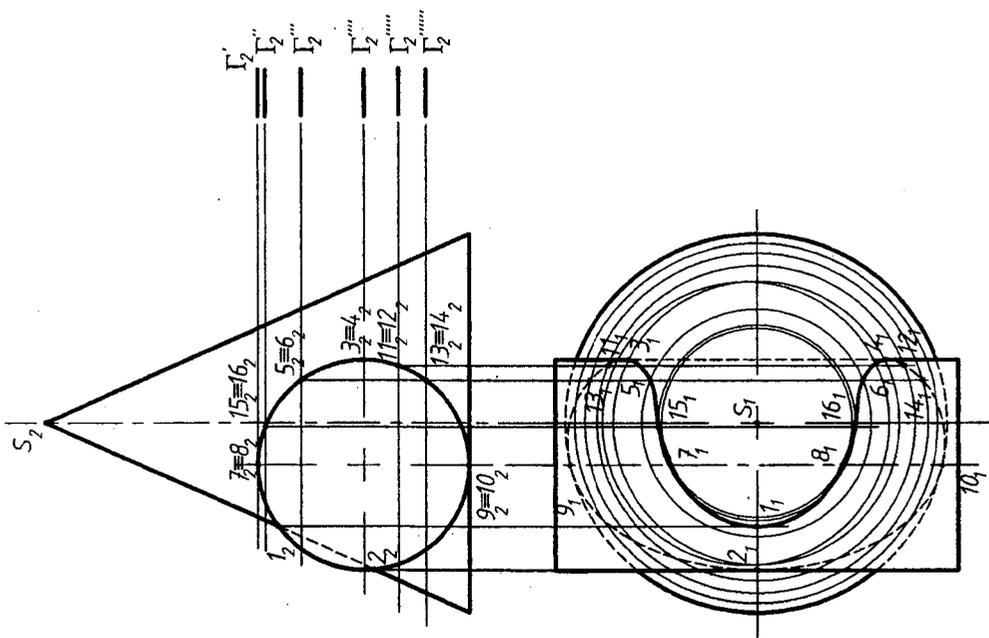
Рис. 65

Кр1 Юриков И.

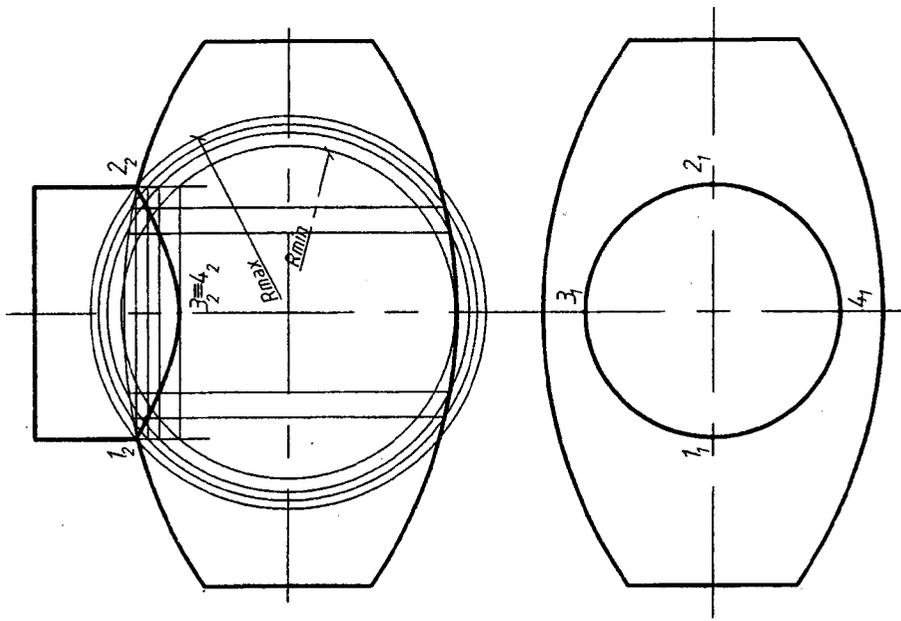
Кафедра МГСП  
312127/07

Лист 4

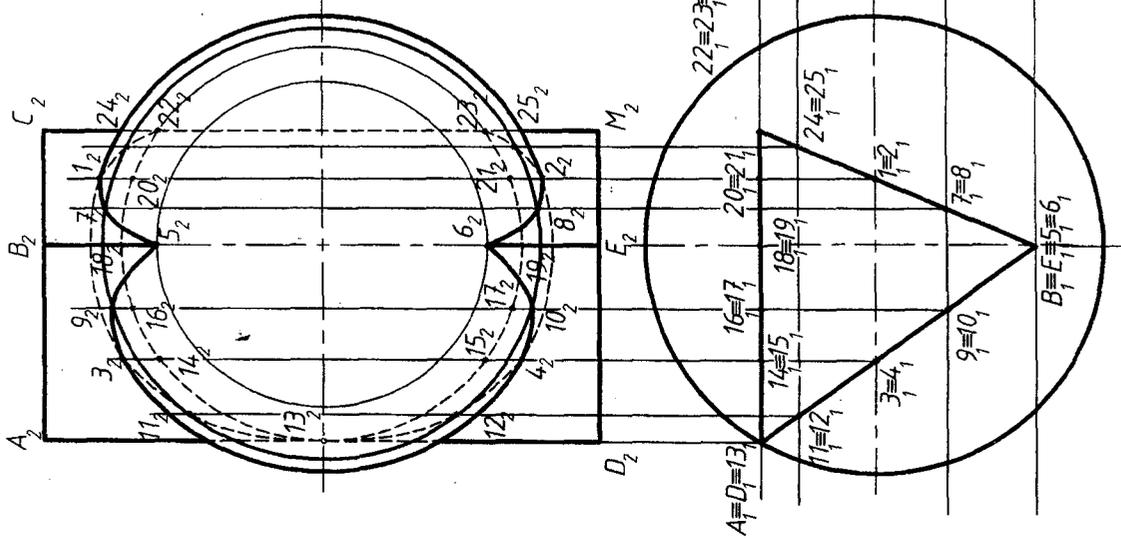
Задача 9



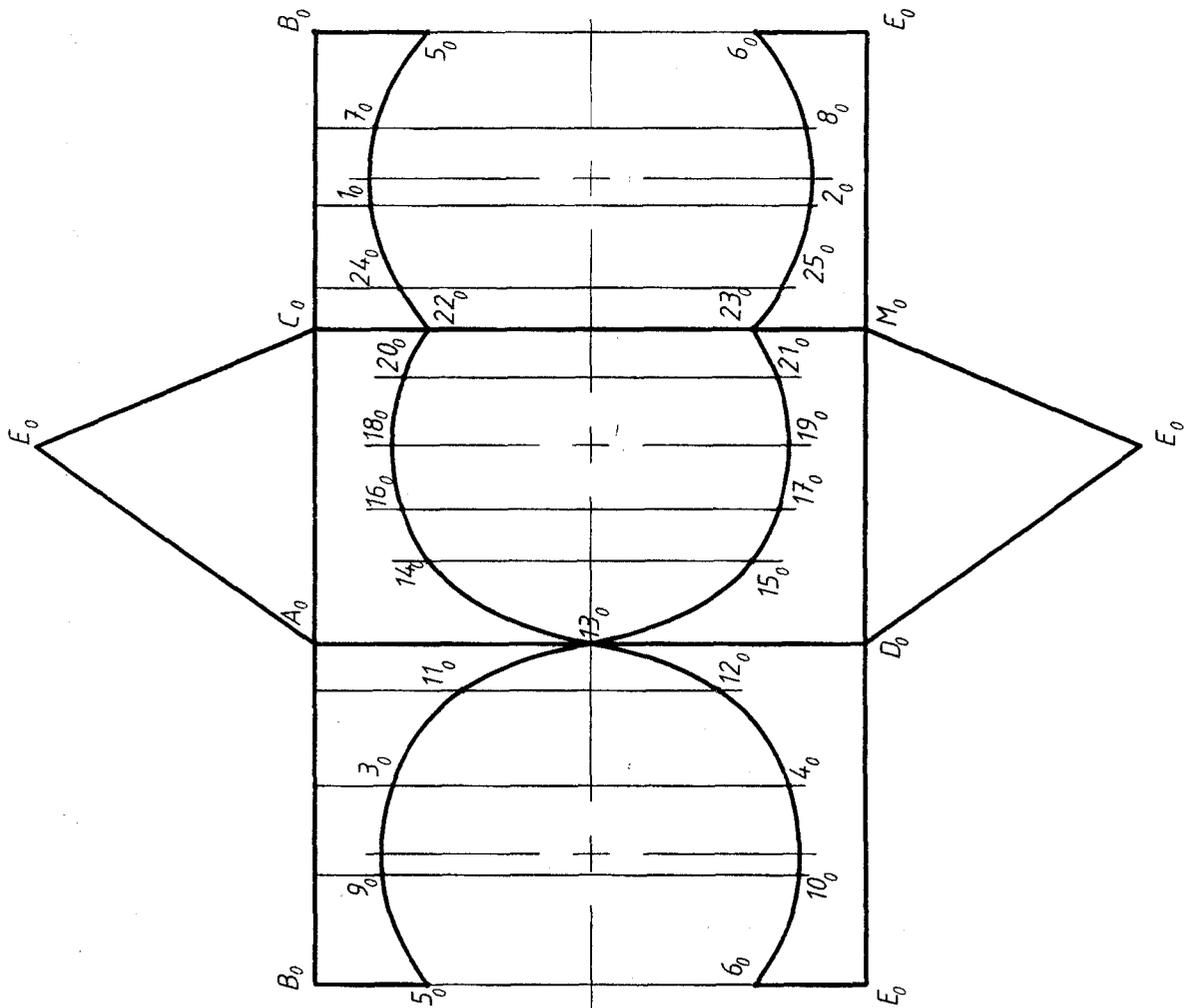
Задача 10



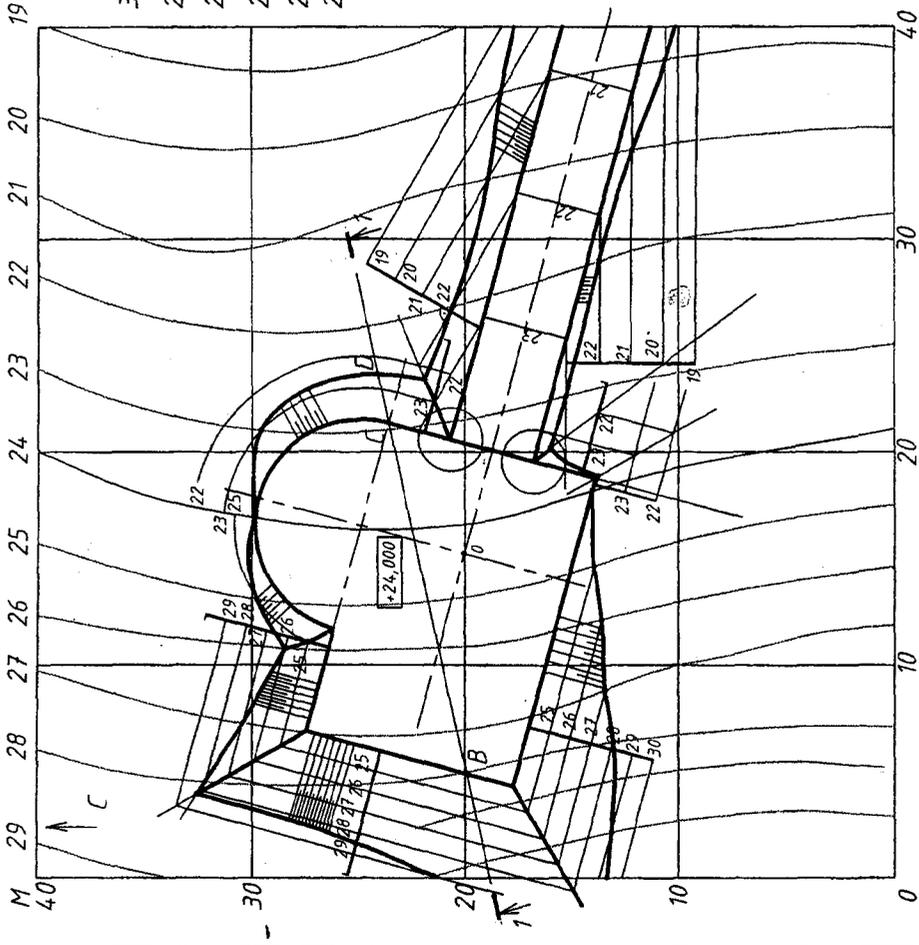
Задача 11



Задача 12

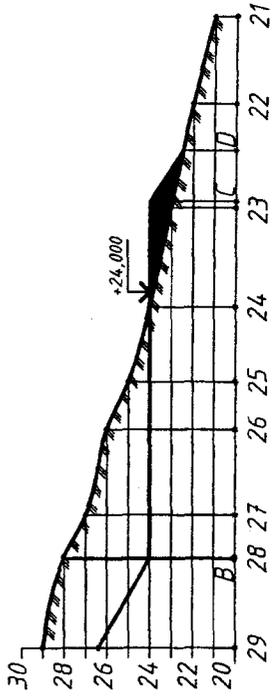


Задача 13

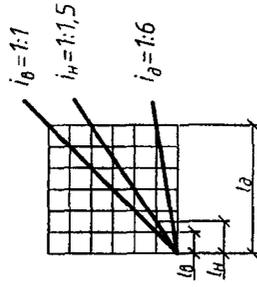


Задача 14

Профиль 1-1



Масштаб уклонов



1 0 1 2 3 4 5 6 7 м

Рис.68

Кр1 Юриков И.

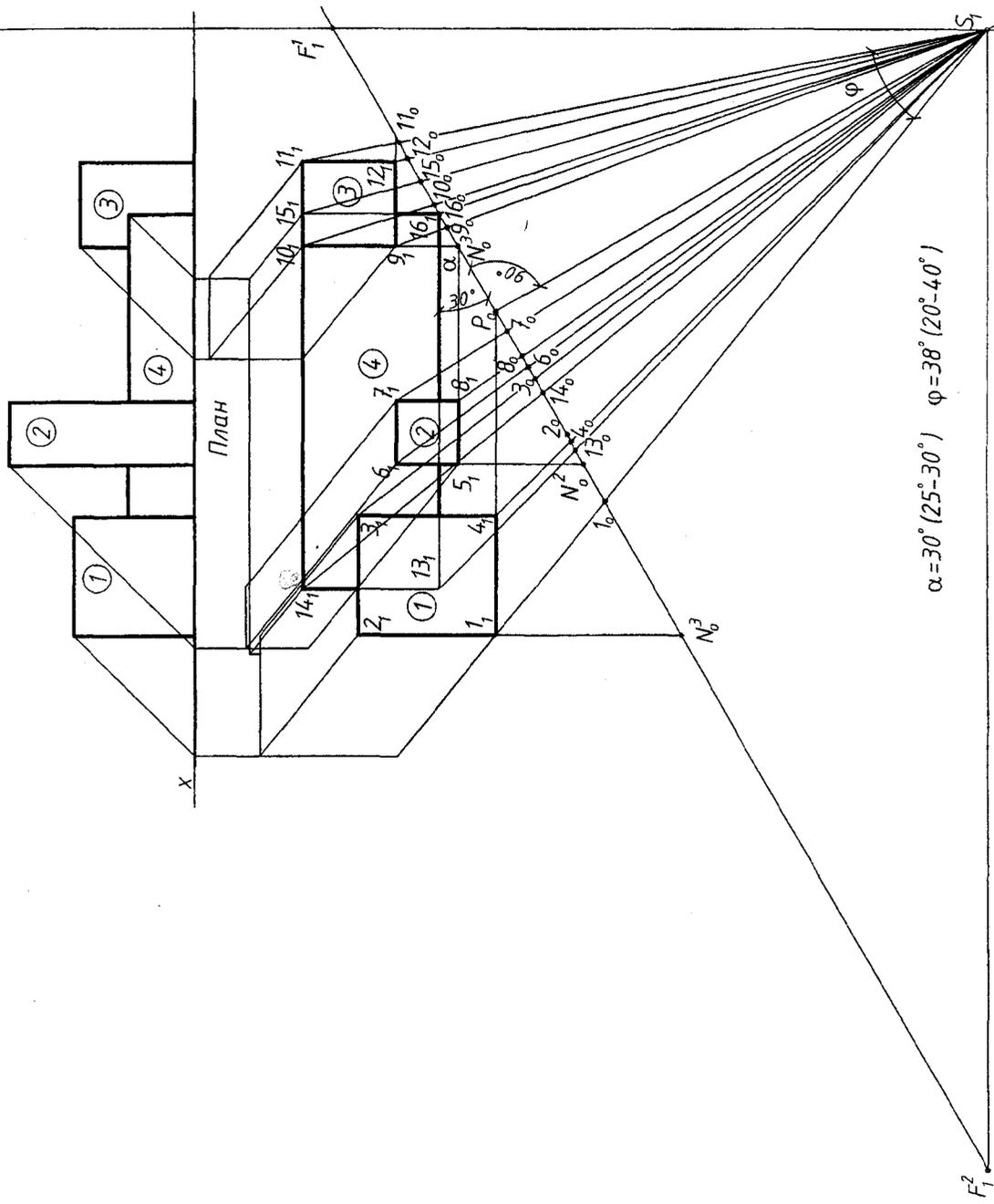
Кафедра ИГСП  
312127/07

Лист 7

Задачи 15, 16

Фасад

$h$   $\xi_2$



$\alpha = 30^\circ (25^\circ - 30^\circ) \quad \varphi = 38^\circ (20^\circ - 40^\circ)$

Рис. 69

Кр1 Юриков И.

Кафедра ИГСП  
312127/07

Лист 8

Задачи 17, 18

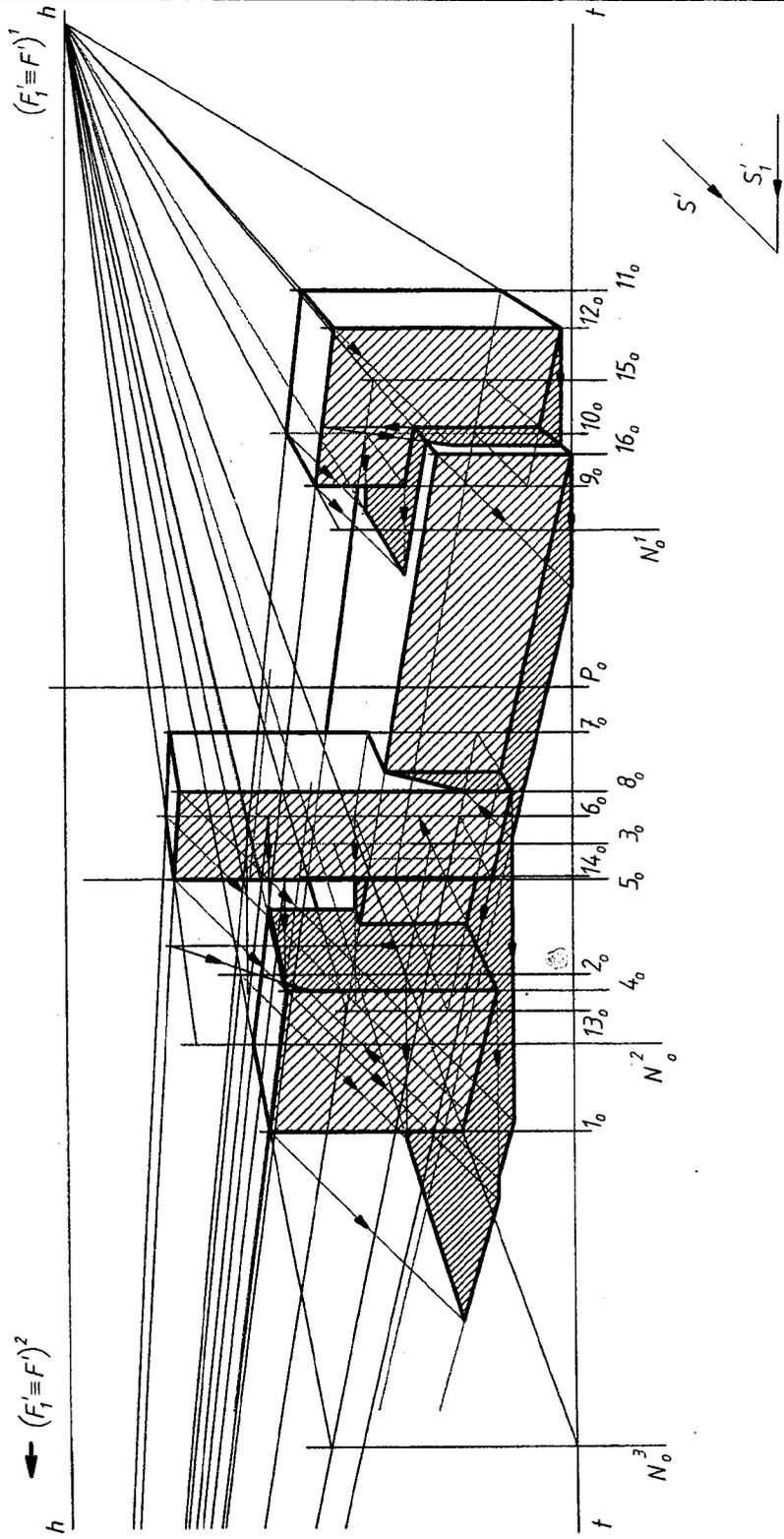
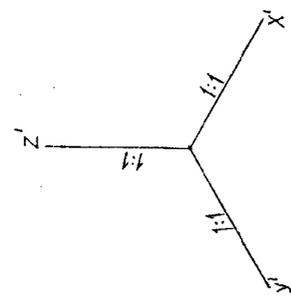


Рис. 70

Кр1 Юриков И.

Кафедра ИГСП  
312121/07

Лист 9



Задача 19,20

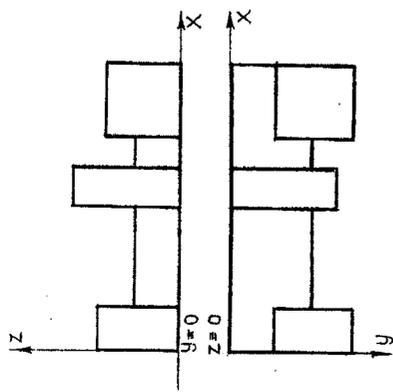
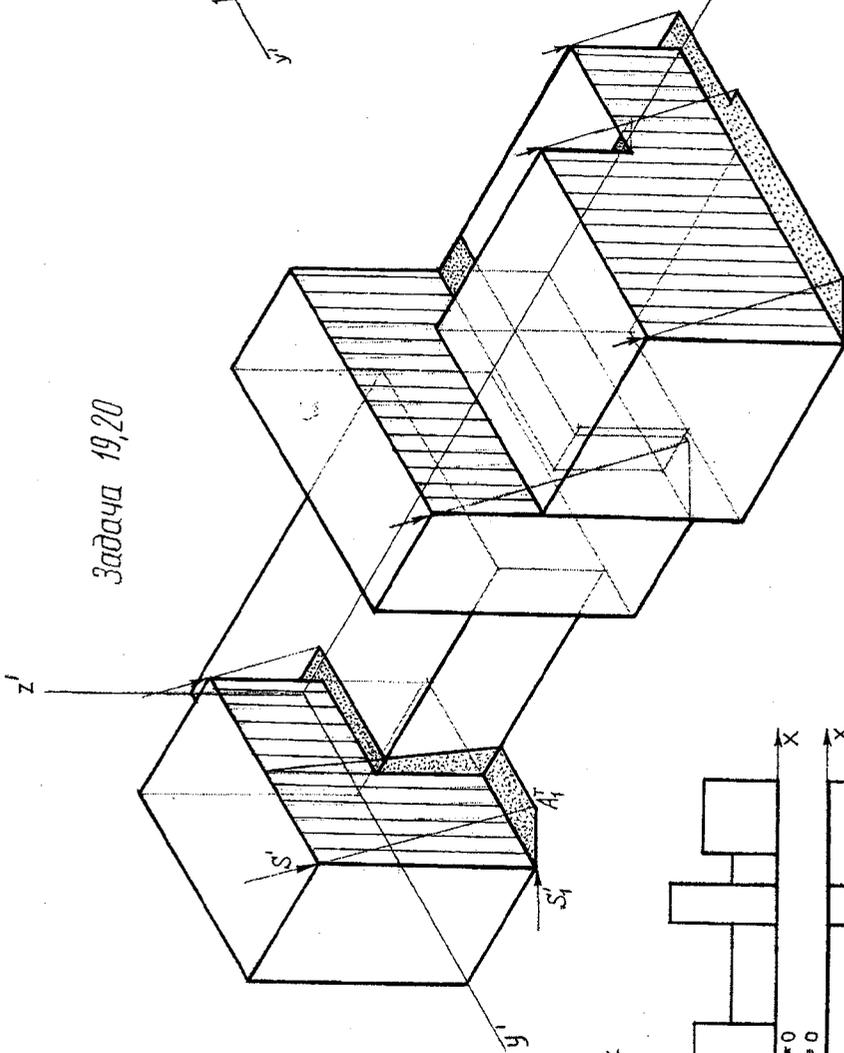


Рис. 71

#### 4. ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Задачи (чертежи к ним см. приложение 1) предназначены для самостоятельного решения студентами в процессе изучения ими курса перед выполнением контрольных работ и для подготовки к экзаменам.

Заданное графическое условие при решении необходимо увеличивать в 1,5...2 раза.

*К темам 2 и 3. Точка, прямая, плоскость, позиционные и метрические задачи*

1. Построить проекции точек  $A$ ,  $B$  и  $C$  по координатам:  $A(2, 1, 3)$ ,  $B(3, 3, 4)$ ,  $C(5, 4, 2)$ .

2. Определить длину отрезка прямой  $a(A, B)$  и построить фронтальный и горизонтальный следы прямой  $a(A, B)$ .

3. Построить горизонтальную проекцию треугольника  $ABC$ , принадлежащего плоскости  $\Gamma$ , и определить углы  $\varphi$  и  $\beta$  наклона плоскости  $\Gamma$  соответственно к плоскостям проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ .

4. Достроить фронтальную проекцию плоской кривой линии, принадлежащей плоскости  $\Gamma(A, B, C)$ .

5. Определить точку пересечения прямой  $a$  с плоскостью  $\Gamma(A, B, C)$ .

6. Определить расстояние от точки  $A$  до плоскости  $\Gamma(B, C, D)$  (без преобразования проекций).

7. Провести через точку  $C$  плоскость  $\Gamma$ , перпендикулярную прямой  $a(AB)$ .  
Задать плоскость пересекающимися прямыми.

8. Способом замены плоскостей проекций определить расстояние между параллельными плоскостями  $\Gamma$  и  $\Sigma$ .

9. Способом замены плоскостей проекций определить расстояние от точки  $A$  до плоскости  $\Gamma(B, C, D, E)$ .

*К теме 5. Многогранники*

10. Построить линию пересечения поверхности пирамиды плоскостью  $\Gamma$
11. Построить точки пересечения прямой  $l$  с призмой.
12. Построить точки пересечения прямой  $a$  с пирамидой.

*К теме 7. Пересечение поверхности плоскостью и прямой*

13. Построить точки пересечения прямой  $a$  с цилиндром.
14. Построить точки пересечения прямой  $a$  с поверхностью конуса.
15. Построить линию пересечения сферы и плоскости  $\Gamma$ . Определить натуральную величину сечения.
16. Построить проекции линии пересечения поверхности конуса с плоскостями  $\Gamma$  и  $\Sigma$ .

*К теме 8. Взаимное пересечение поверхностей*

17. Построить линию пересечения поверхностей пирамиды и призмы.
18. Построить линию пересечения поверхностей конуса и призмы.
19. Построить линию пересечения четверти сферы с цилиндром.
20. Построить линию пересечения заданных поверхностей.
21. Построить линию пересечения усеченной четверти сферы с усеченным конусом.

*К темам 11, 12. Проекции с числовыми проекциями*

22. Определить расстояние между прямыми  $a$  ( $B, E$ ) и  $b$  ( $A, D$ ), если известны их уклоны и отметки точек  $B$  и  $A$ .
23. Определить угол наклона и интервал прямой  $a$  ( $A_4, B_7$ ), если заложение этой прямой равно 9 единицам.
24. В плоскости  $\alpha$  ( $A_2, B_8, C_3$ ) провести прямую с уклоном  $i = 1 : 5$ .
25. Построить точку пересечения прямой  $a$  ( $A_7, B_2$ ) с плоскостью, заданной горизонталью «3» и уклоном  $2 : 1$ .

*К темам 13, 14. Тени, перспектива*

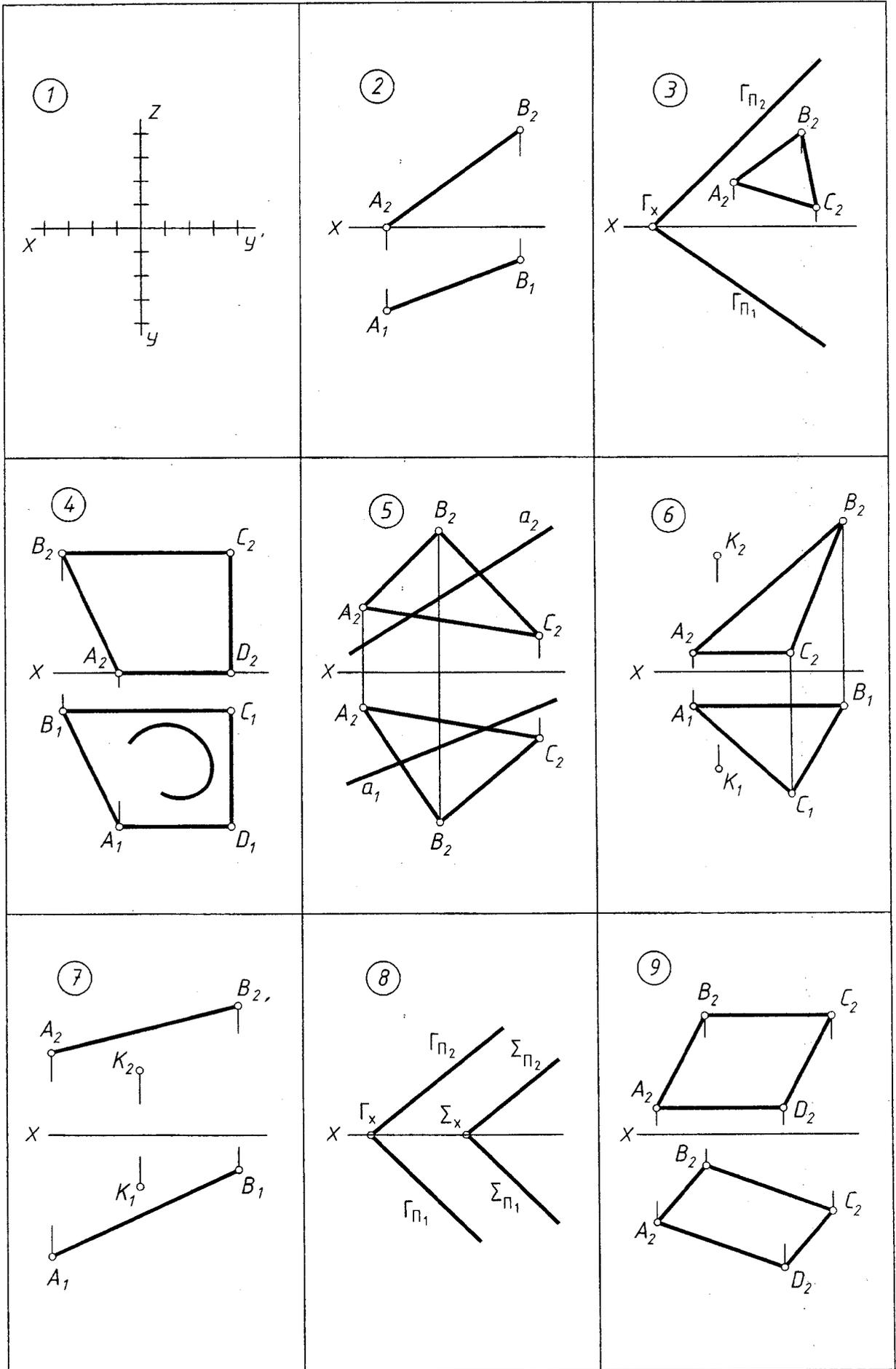
26. Построить тень, падающую от треугольника  $ABC$  на плоскости проекций, и тень, падающую от отрезка прямой  $a$  ( $A, E$ ) на плоскость треугольника.
27. Построить перспективу отрезка  $AB$ .
28. Построить перспективу заданной фигуры.

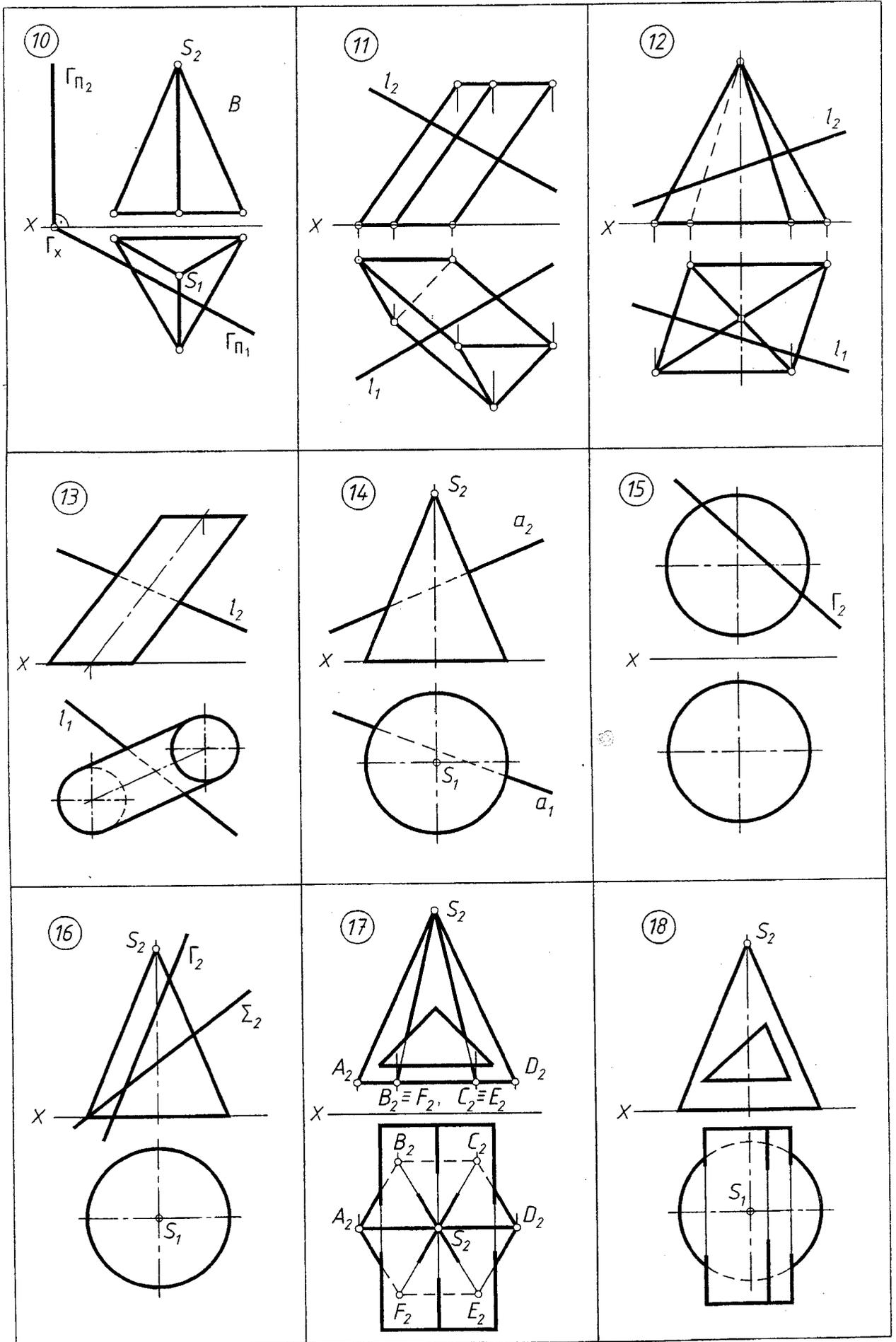
## ЛИТЕРАТУРА

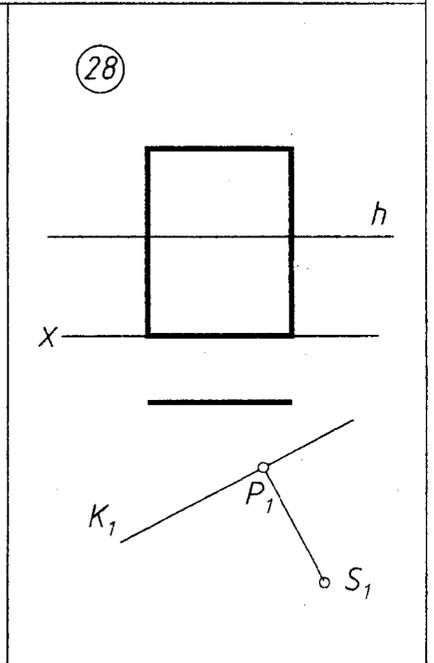
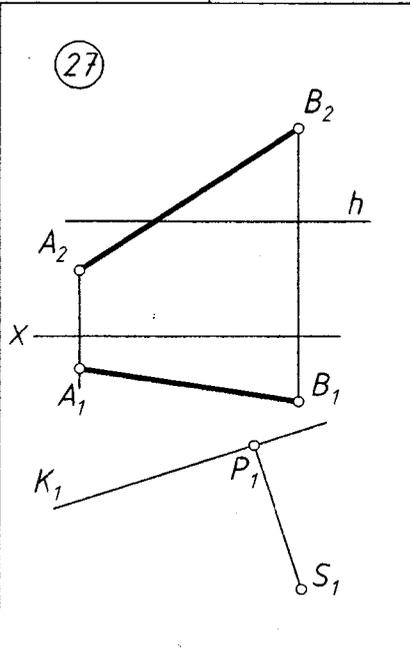
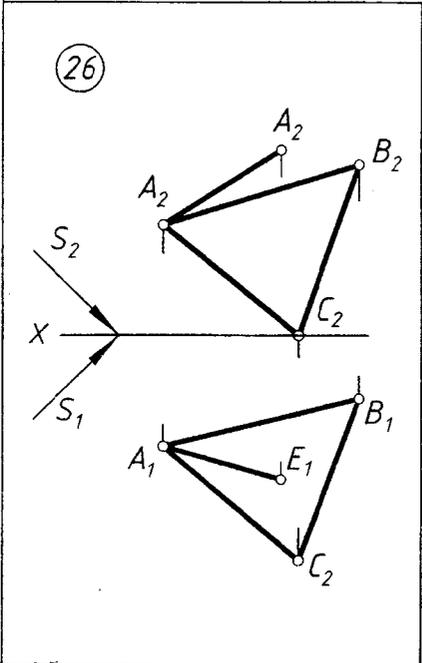
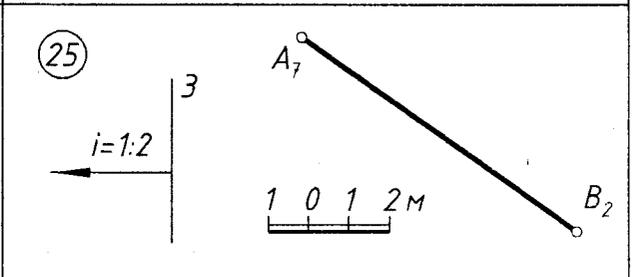
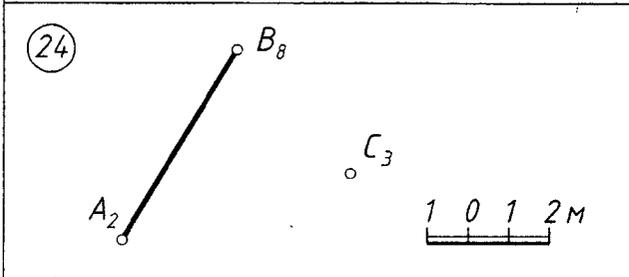
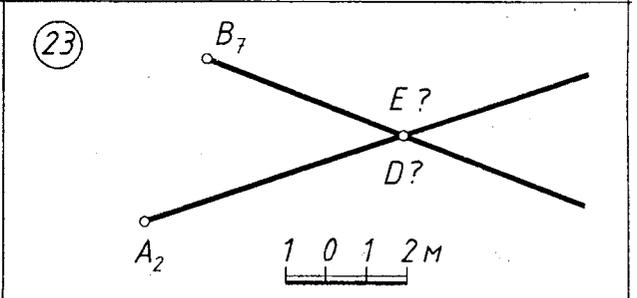
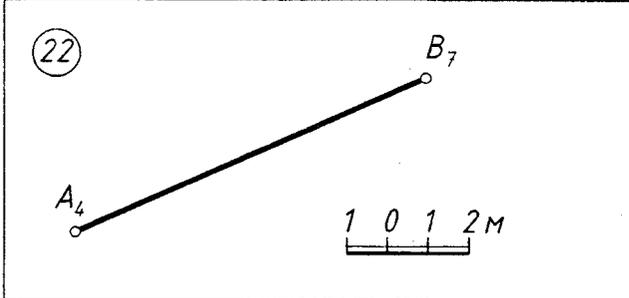
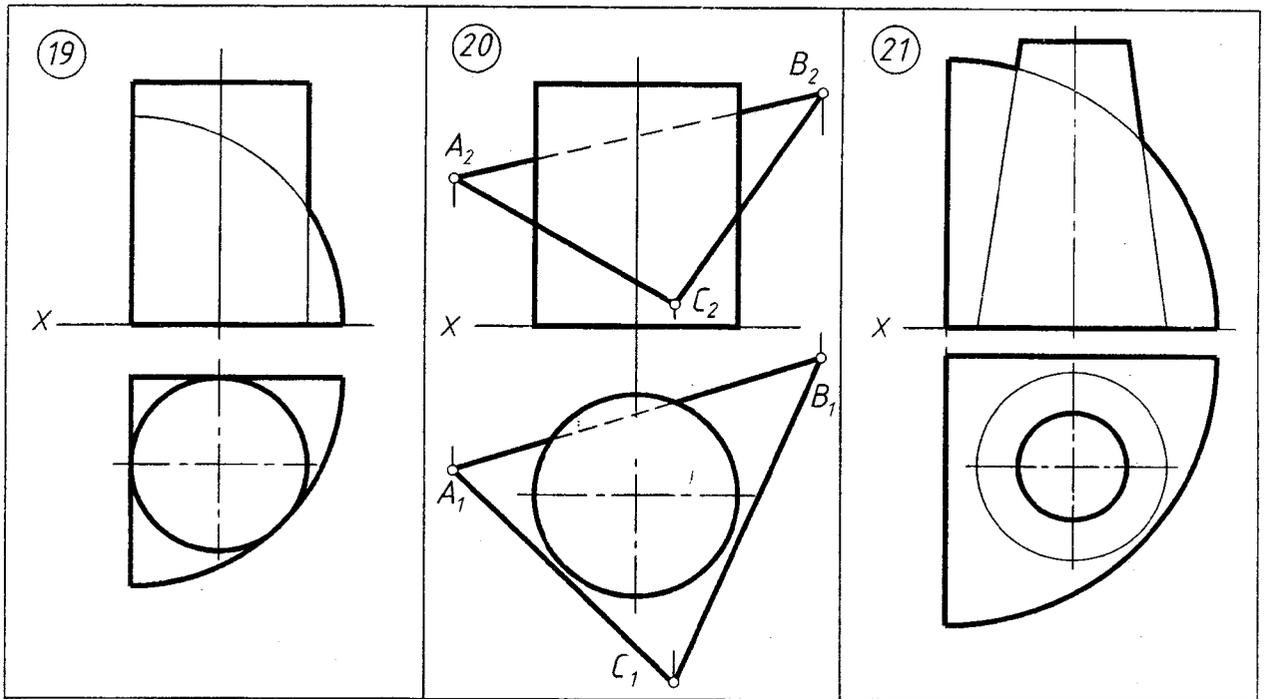
1. Начертательная геометрия и черчение. Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников строительных специальностей. – М.: Высшая школа, 1988. – 112 с.
2. Кузнецов, Н.С. Начертательная геометрия. – М.: Высшая школа, 1981. – 261 с.
3. Винницкий, П.П. Начертательная геометрия. – М.: Высшая школа, 1975. – 279 с.
4. Государственные стандарты ЕСКД. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 236 с.
5. Начертательная геометрия / Н.Н. Крылов [и др.]. – М.: Высшая школа, 1990. – 239 с.
6. Методические указания по выполнению контрольных заданий по курсу «Начертательная геометрия, черчение и рисование» для студентов-заочников строительных специальностей. Раздел «Начертательная геометрия» / М.Н. Петрович [и др.]. – Минск: БПИ, 1986. – 51 с.
7. Начертательная геометрия. Инженерная и машинная графика: методические указания и контрольные задания для студентов-заочников строительных специальностей (ускоренное обучение) / В.В. Тарасов [и др.]. – Минск: БНТУ, 2000. – 48 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

### **ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ**







## **ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

### **ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

КР 1				Начертательная геометрия		Вар. 0			
Точки	X	Y	Z						
A	115	10	90	<p><i>Лист 3</i>    Задачи 4,5,6 (рис. 64).</p>					
B	50	80	25						
C	0	50	85						
D	70	85	110						
E	135	35	20						
h=50 мм									
<p><i>Листы 1,2</i> Задачи 1,2,3 (рис. 62,63)</p>									
Точки	X	Y	Z	<p><i>Лист 4</i> задачи 7,8 (рис.65)</p>		<p><i>Лист 5</i> Задачи 9,10 (рис. 66)</p>			
P	55	20	0						
D	10	10	0						
l	60								
h	65								
$\alpha$	30								
<p><i>Лист 4</i> задачи 7,8 (рис.65)</p>				<p><i>Лист 5</i> Задачи 9,10 (рис. 66)</p>				<p><i>Лист 6</i> Задачи 11,12 (рис. 67)</p>	
<p><i>Лист 7</i>    Задачи 13,14 (рис. 68)</p>				<p><i>Листы 8,9,10</i> Задачи 15...20 (рис. 69...72)</p>					

КР 1

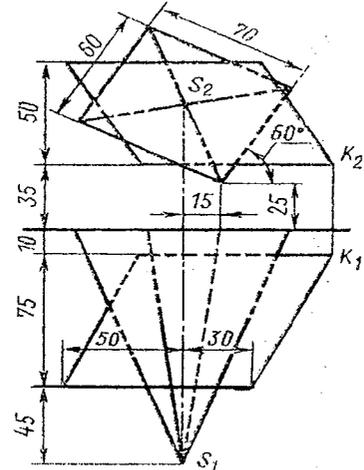
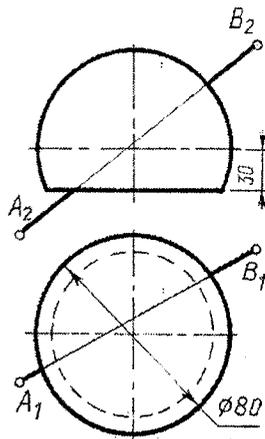
Начертательная геометрия

Вар. 1

Точки	X	Y	Z
A	20	40	10
B	85	110	80
C	135	50	50
D	70	20	85
E	0	110	35

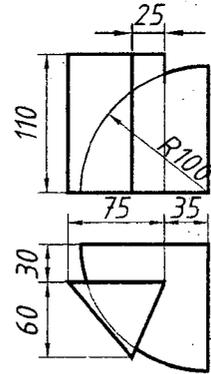
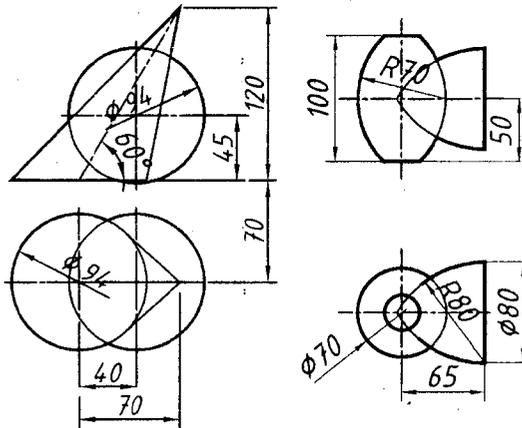
h=50 мм

Листы 1,2  
Задачи 1,2..3  
(рис. 62,63)



Лист 3 задачи 4,5,6 (рис. 64)

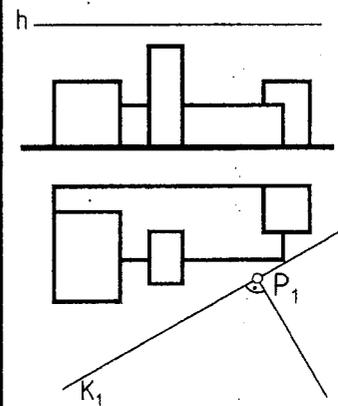
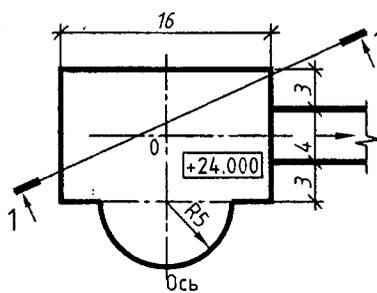
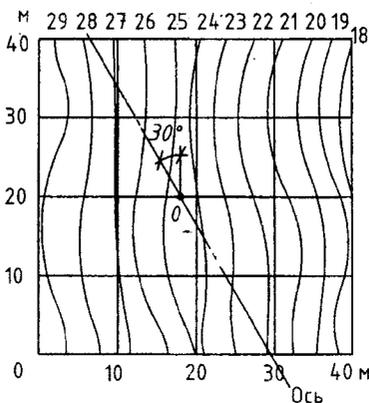
Точки	X	Y	Z
P	85	20	0
D	10	40	0
l	50		
h	90		
α	60		



Лист 4  
задачи 7,8 (рис.65)

Лист 5  
задачи 9,10 (рис. 66)

Лист 6  
задачи 11,12 (рис. 67)



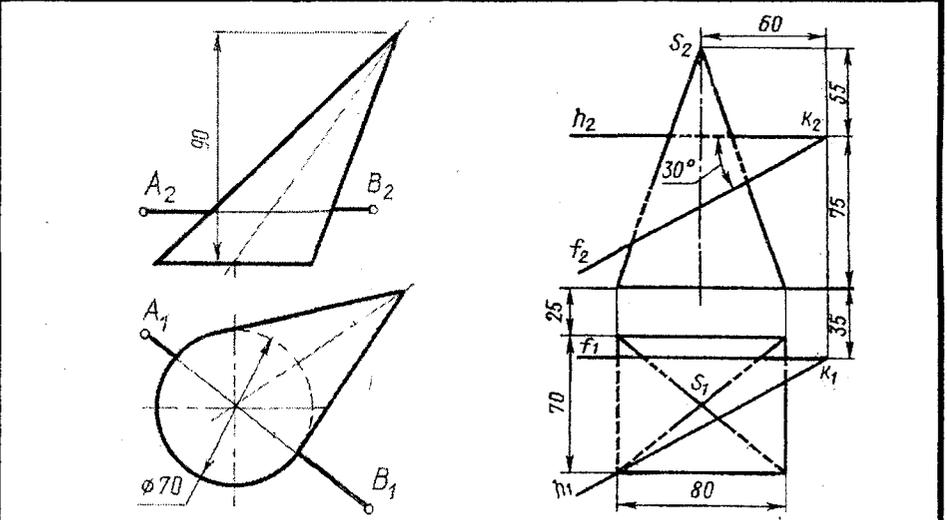
Лист 7 задачи 13,14 (рис. 68)

Листы 8,9,10  
задачи 15...20 (рис. 69...72)

<b>КР 1</b>				<b>Начертательная геометрия</b>		<b>Вар. 2</b>	
Точки	X	Y	Z				
A	120	40	75				
B	50	100	5				
C	0	55	40				
D	135	20	0				
E	70	110	50				
$h=50$ мм				<b>Лист 3</b> Задачи 4,5,6 (рис. 64)			
<b>Листы 1,2</b> Задачи 1,2,3 (рис. 62,63)							
Точки	X	Y	Z				
P	65	20	0				
D	10	25	0				
l	70						
h	50						
$\alpha$	30						
<b>Лист 4</b> задачи 7,8 (рис.65).							
<b>Лист 7</b> Задачи 13,14 (рис. 68).				<b>Листы 8,9,10</b> Задачи 15...20 (рис. 69...72).			



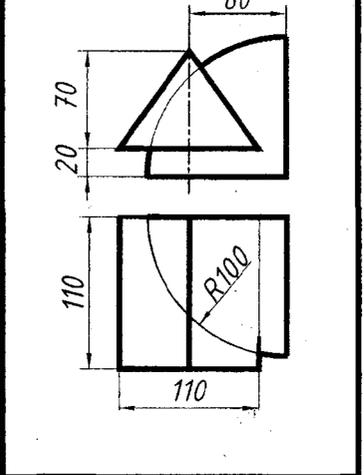
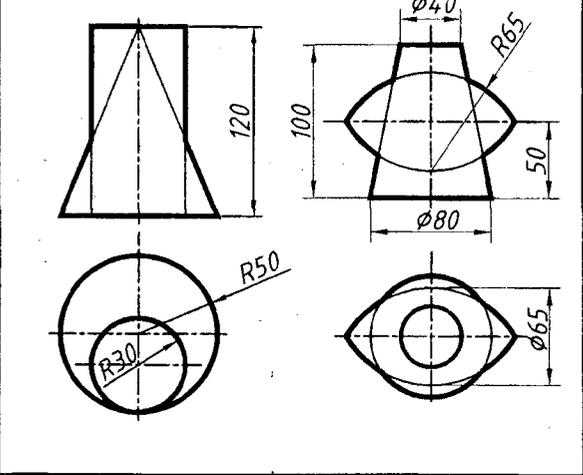
Точки	X	Y	Z
A	20	10	90
B	85	80	25
C	135	50	85
D	70	85	110
E	0	35	20
$h=50$ мм			



**Листы 1,2**  
Задачи 1,2,3  
(рис. 62,63)

**Лист 3**    Задачи 4,5,6 (рис. 64).

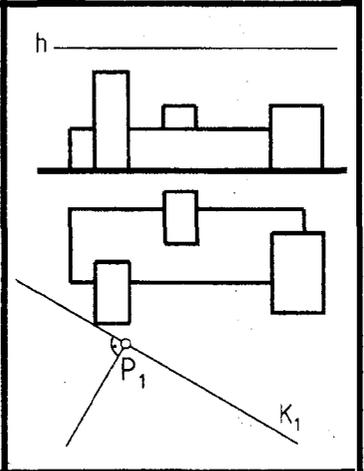
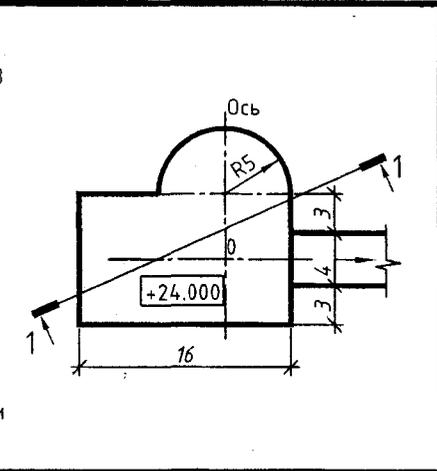
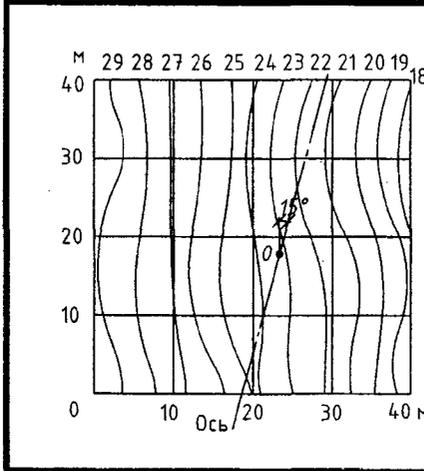
Точки	X	Y	Z
P	65	20	0
D	10	40	0
l	50		
h	80		
a	60		



**Лист 4**  
задачи 7,8 (рис.65)

**Лист 5**  
Задачи 9,10 (рис. 66)

**Лист 6**  
Задачи 11,12 (рис. 67)



**Лист 7**    Задачи 13,14 (рис. 68)

**Листы 8,9,10**  
Задачи 15...20 (рис. 69...72)

КР 1

Начертательная геометрия

Вар. 5

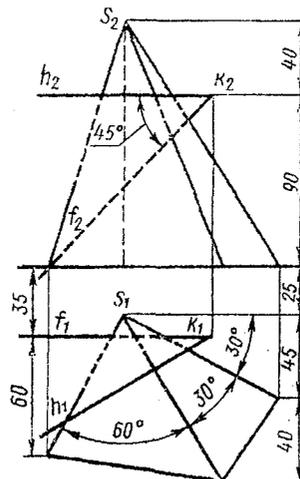
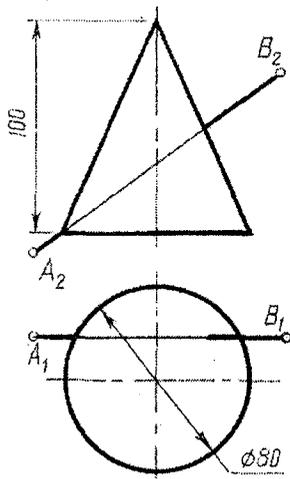
Точки	X	Y	Z
A	120	90	10
B	50	20	75
C	0	80	45
D	70	115	85
E	135	20	30

$h=50$  мм

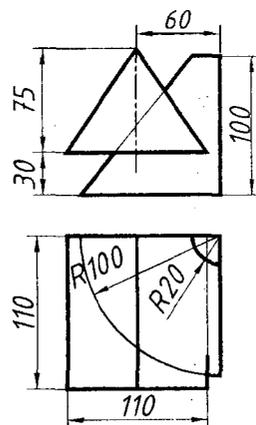
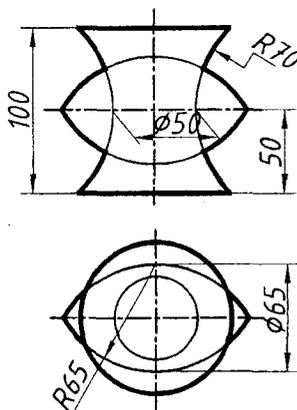
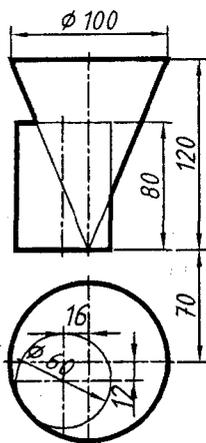
Листы 1,2

Задачи 1,2,3  
(рис. 62,63).

Точки	X	Y	Z
P	75	20	0
D	10	40	0
l		40	
h		35	
$\alpha$		30	



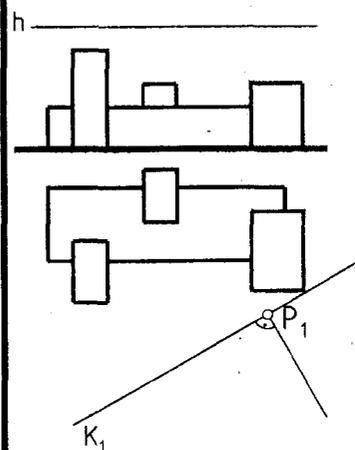
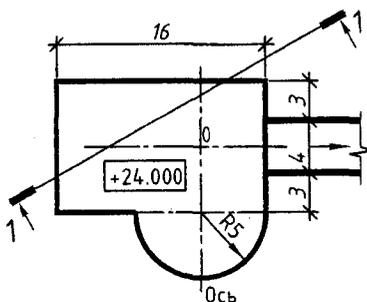
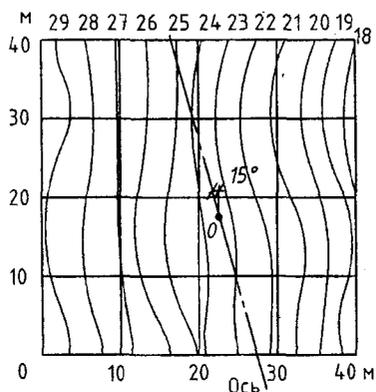
Лист 3 Задачи 4,5,6 (рис. 64).



Лист 4  
задачи 7,8 (рис.65)

Лист 5  
задачи 9,10 (рис. 66)

Лист 6  
задачи 11,12 (рис. 67)



Лист 7 Задачи 13,14 (рис. 68).

Листы 8,9,10  
задачи 15...20 (рис. 69...72)

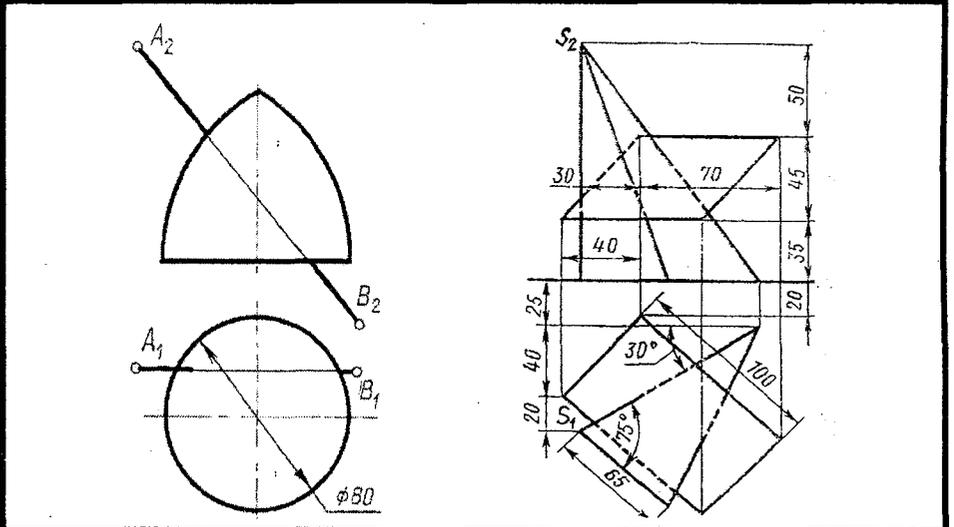
<b>КР 1</b>	<b>Начертательная геометрия</b>	<b>Вар. 6</b>
-------------	---------------------------------	---------------

Точки	X	Y	Z
A	120	10	90
B	50	80	20
C	0	50	80
D	65	80	110
E	130	35	20

$h=50$  мм

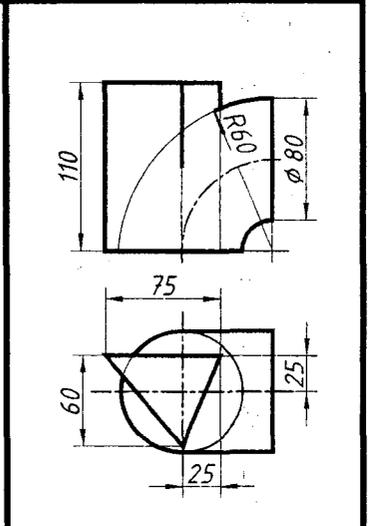
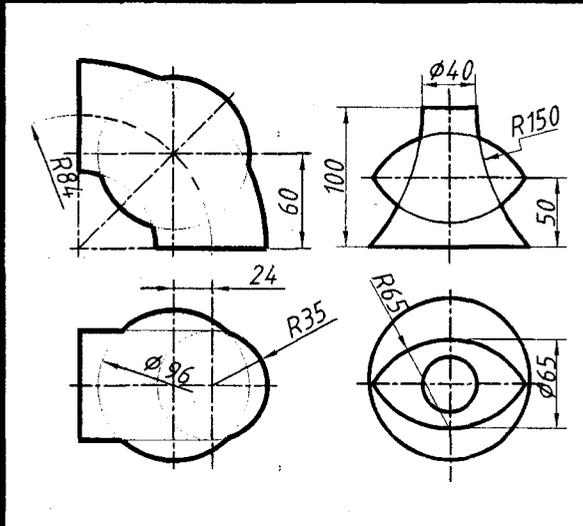
**Листы 1,2**

Задачи 1,2,3  
(рис. 62,63)



**Лист 3** Задачи 4,5,6 (рис. 64).

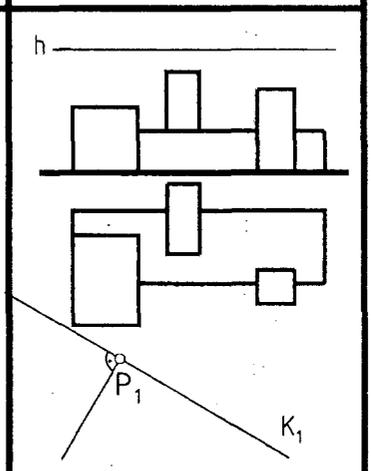
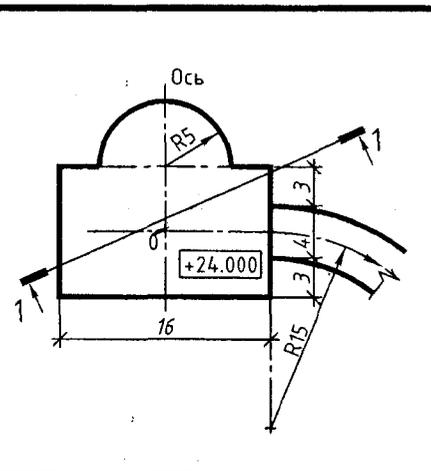
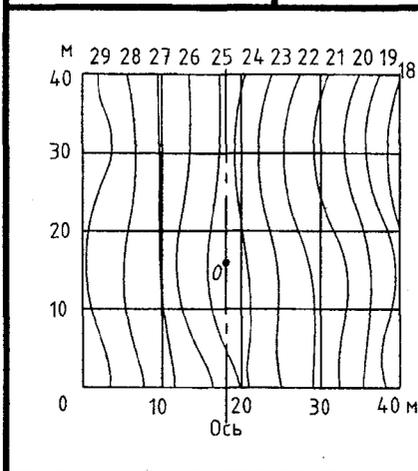
Точки	X	Y	Z
P	65	20	0
D	10	25	0
l	60		
h	50		
a	45		



**Лист 4**  
задачи 7,8 (рис. 65).

**Лист 5**  
Задачи 9,10 (рис. 66)

**Лист 6**  
Задачи 11,12 (рис. 67)



**Лист 7** Задачи 13,14 (рис. 68)

**Листы 8,9,10**  
Задачи 15...20 (рис. 69...72)

КР 1				Начертательная геометрия		Вар. 7	
Точки	X	Y	Z				
A	120	90	10				
B	50	25	80				
C	0	85	50				
D	70	110	85				
E	135	20	35				
h=50 мм							
Листы 1,2 Задачи 1,2..3 (рис. 62,63)				Лист 3    Задачи 4,5,6 ( рис. 64)			
Точки	X	Y	Z				
P	85	20	0				
D	10	30	0				
l	45						
h	40						
a	30						
Лист 4 задачи 7,8 (рис.65)				Лист 5 Задачи 9,10 ( рис. 66).			
Лист 7    Задачи 13,14 ( рис. 68)				Листы 8,9,10 Задачи 15..20 ( рис. 69..72)			

Рис. П2.8. Вариант 7





## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение. ....	3
1. Методические указания к изучению начертательной геометрии. ....	4
2. Типовые задачи и методические указания к их решению. ....	9
3. Указания к выполнению контрольной работы. ....	51
4. Задачи для самостоятельного решения. ....	81
Литература. ....	84
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ....	85
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ....	89

Учебное издание

КРАВЧЕНКО Маргарита Вацлавовна  
КОРЫТКО Людмила Семеновна  
САДОВСКИЙ Юрий Игоревич и др.

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ  
НА ЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Учебно-методическое пособие  
для студентов строительных специальностей

Редактор Т.Н. Микулик  
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

---

Подписано в печать 11.01.2008.

Формат 60x84 1/8. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 11,74. Уч.-изд. л. 4,59. Тираж 600. Заказ 1157.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0131627 от 01.04.2004.

220013, Минск, проспект Независимости, 65.