

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Колледж инновационных технологий и предпринимательства

Буравлева Е.В.

**“ НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ ”**

Методические указания к лабораторным работам  
по дисциплине **«Начертательная геометрия»** для студентов КИТП,

обучающихся по направлению **07.02.01 Архитектура**

Владимир 2016 г.

# Лабораторная работа № 1 «Проекции точек и прямых. Решение задач 1 – 16 из [1]»

## 1. Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – освоение построения проекций точек и прямых на две и три взаимно перпендикулярные плоскости проекций, научиться определять взаимное положение двух прямых, прямой и точки.

Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.1. Точка, прямая, плоскость.

В Лабораторной работе № 1 студенты выполняют задачи на построение проекций точек расположенных в различных четвертях пространства и прямых частного и общего положения.

## 2. Порядок выполнения работы.

2.1. Задание 1. На наглядном изображении построить недостающие проекции точек  $C$  и  $D$ . Построить эпюры точек  $A, B, C, D$ . Указать четверти пространства, в которых находятся заданные точки.

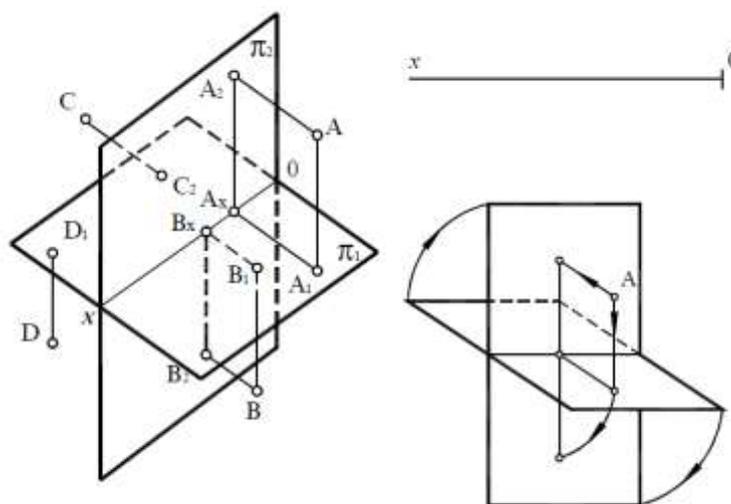


Рисунок 1.1.

На наглядном изображении из каждой точки проводят параллельно аксонометрическим осям проецирующие лучи и их проекции (линии проекционной связи) из вторичных проекций точек (наглядное изображение проекций). На пересечении определяют наглядное изображение недостающих проекций точек.

Строят эпюр точек, для этого на оси  $x$  откладывают координату  $X$ , которую берут с наглядного изображения. Из полученной точки восстанавливают перпендикуляр и

откладывают на нем координаты по осям  $z$  и  $y$ , учитывая положение точки относительно плоскостей проекций.

2.2. Задание 2. По двум проекциям точек  $A, B, C, D, E, F$  построить третью. Измерить и записать координаты точек. Построить наглядное изображение точек.

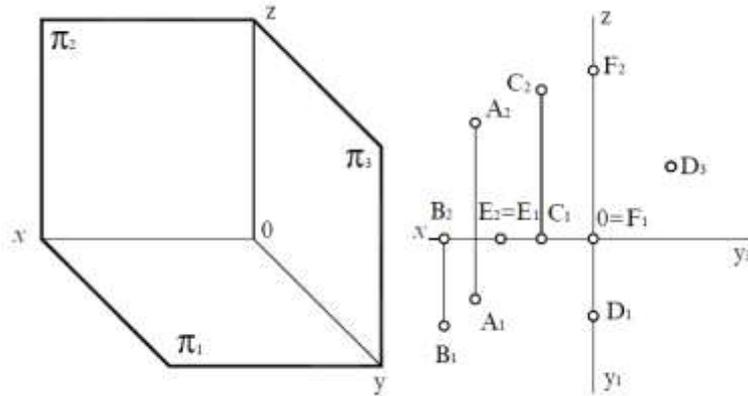


Рисунок 1.2.

Используя линии проекционной связи, строят третью проекцию точек.

Так как координата  $Y$  у точек  $C, E, F$  равна 0, то профильная проекция точек будет на оси  $z$ . У точки  $B$  координата по оси  $z$  равна 0 поэтому ее недостающая проекция будет принадлежать оси  $y$ . У точки  $D$  координата по оси  $x$  равна 0 – фронтальная проекция принадлежит оси  $z$ . Затем определяются координаты точек, и по ним строится их наглядное изображение.

2.3. Задание 3. Построить проекции точек:  $A(40;20;10)$ ,  $C(20;25;20)$ ,  $B(40;20;15)$ ,  $D(20;10;20)$ . Определить их видимость.



Рисунок 1.3.

Влево откладывают координату  $x$ , из полученной точки проводят перпендикуляр, вниз откладывают координату  $y$ , а вверх  $z$ . Видимость определяют методом конкурирующих точек, видимой будет точка, у которой расстояние до плоскости проекций больше.

2.4. Задание 4. Построить проекции отрезка  $AB$  общего положения, у которого точка  $A \in \pi_1$ , а точка  $B$  равноудалена от плоскостей  $\pi_1$  и  $\pi_2$ .



Рисунок 1.4.

Так как точка  $A \in \pi_1$  ее фронтальная проекция будет лежать на оси  $x$ . Расстояния фронтальной и горизонтальной проекций точки  $B$  до оси  $x$  должны быть равны между собой и отличны от расстояния горизонтальной проекции  $A$  до оси  $x$ , так как  $AB$  – отрезок прямой общего положения.

2.5. Задание 5. Построить проекции отрезков прямых длиной 25 мм:  $[AB] \parallel \pi_1 \wedge [AB] \wedge \pi_2 = 30^\circ$ ;  $[CD] \parallel \pi_2 \wedge [CD] \wedge \pi_1 = 45^\circ$ ;  $[EF] \parallel \pi_3 \wedge [EF] \wedge \pi_1 = 60^\circ$ . Указать их название.

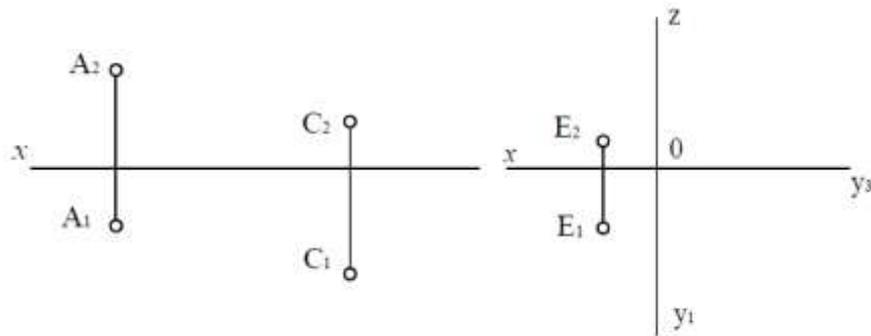


Рисунок 1.5.

Так как отрезок  $AB$  – горизонтальный, его фронтальная проекция будет параллельна горизонтальной плоскости  $\pi_1$ , следовательно, и оси  $x$ , а горизонтальная проекция отобразится без искажения в отрезок длиной 25 мм, под углом  $30^\circ$  к плоскости  $\pi_2$ , к оси  $x$ .

Отрезок  $CD$  – фронтальный, его горизонтальная проекция параллельна оси  $x$ , а фронтальная проекция отобразится в натуральную величину – 25 мм и под углом  $45^\circ$  к  $x$ .

Отрезок  $EF$  – отрезок профильной прямой, поэтому его горизонтальная и фронтальная проекции параллельны оси  $x$ , а профильная проекция – отрезок длиной 25 мм расположенный под углом  $60^\circ$  к оси  $y$ .

2.6. Задание 6. Построить проекции отрезков прямых длиной 20 мм:  $[AB] \perp \pi_1$ ,  $[CD] \perp \pi_2$ ,  $[EF] \perp \pi_3$ . Указать их название.

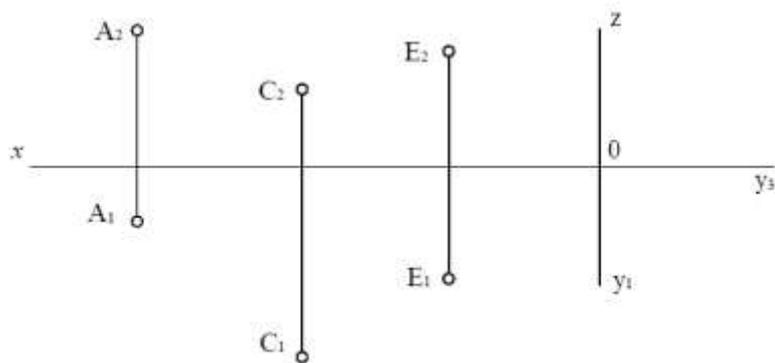


Рисунок 1.6.

Отрезок  $AB$  – горизонтально-проецирующий, поэтому его горизонтальной проекцией будет точка, а фронтальная проекция равна натуральной величине – 20 мм. Отрезок  $CD$  –

фронтально-проецирующий, поэтому его фронтальная проекция – точка, а горизонтальная проекция равна 20 мм. Отрезок  $EF$  – профильно-проецирующий, поэтому его профильная проекция – точка, а две другие равны 20 мм.

2.7. Задание 7. Найти на прямой  $AB$  точку  $D$  с отношением координат  $z : y = 2$  и точку  $C$ , равноудаленную от горизонтальной и фронтальной плоскостей проекций.

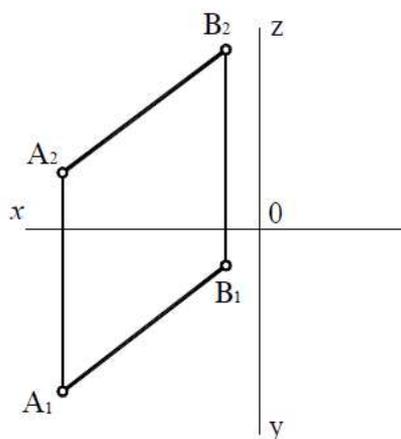


Рисунок 1.7.

Строят профильную проекцию отрезка  $AB$ . Для того чтобы построить профильную проекцию точки  $D$  проводят через  $A_3B_3$  прямую, каждая точка которой имела бы заданное соотношение координат – диагональ прямоугольника с отношением сторон 1:2. В пересечении определяют  $D_3$ . В проекционной связи находят две другие проекции. Проекции точки  $C$  строят аналогично, через диагональ квадрата.

2.8. Задание 8. Отрезок  $AB$  разделить в отношении 1 : 4. Отрезок  $CD$  разделить на три равные части.

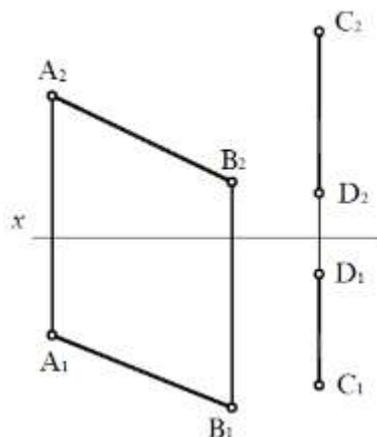


Рисунок 1.8.

Поскольку отношение отрезков при их проецировании сохраняется, любую из проекций делят в заданном соотношении по теореме Фалеса, затем в проекционной связи найти недостающие проекции. Для отрезка  $CD$  делят обе проекции на три части

2.9. Задание 9. Определить натуральную величину отрезка прямой  $AB$  и углы наклона его к плоскостям проекций.

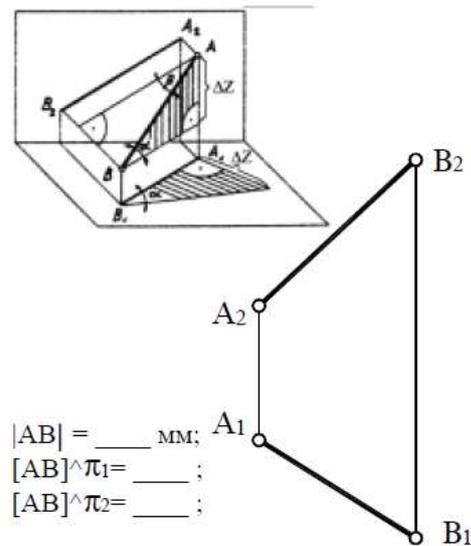


Рисунок 1.9.

Натуральная величина отрезка равна гипотенузе прямоугольного треугольника, один катет которого равен одной из проекций отрезка, а другой – разности расстояний концов второй проекции от оси проекций. Откладывают расстояние  $\Delta z$  из  $A_1$  перпендикулярно горизонтальной проекции отрезка  $AB$  и полученную точку соединяют с  $B_1$ . Получают натуральную величину отрезка  $AB$ , а угол при  $A_1$  – это угол между отрезком  $AB$  и плоскостью  $\pi_1$ . Откладывая расстояние  $\Delta y$  во фронтальной проекции, определяют угол между отрезком  $AB$  и плоскостью  $\pi_2$ .

2.10. Задание 10. Построить проекции точки  $C \in l$ , отстоящей от точки  $A$  на 40 мм.

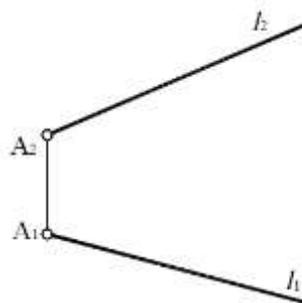


Рисунок 1.10.

На прямой  $l$  берут произвольную точку  $1$  и методом прямоугольного треугольника определяют натуральную величину полученного отрезка  $A1$  – например  $A_11^*$ . Затем от проекции точки  $A$  на гипотенузе прямоугольного треугольника или на ее продолжении откладывают 40 мм, из полученной точки  $C^*$  проводят прямую параллельную  $1_11^*$  до пересечения с проекцией прямой  $l$ , определив таким образом проекцию точки  $C$ . Недостающая проекция точки определяется в проекционной связи.

2.11. Задание 11. Определить длину растяжек  $AB$ ,  $AC$  и  $AD$ , при помощи которых укреплена мачта  $MN$ . Чертеж выполнен в масштабе 1:200.

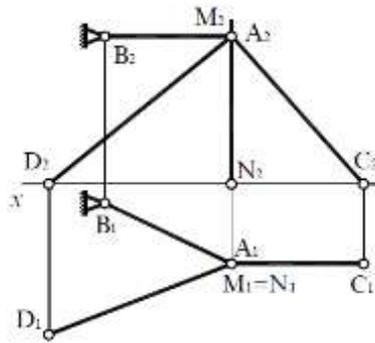


Рисунок 1.11.

Длину растяжек  $AB$ ,  $AC$  определяют измерением их горизонтальных и фронтальных проекций соответственно, т. к. они являются отрезками прямых уровня. Длину растяжки  $AD$  определяют методом прямоугольного треугольника как в предыдущих заданиях. Полученные значения умножают на 200.

2.12. Задание 12. Построить следы прямых. Записать их координаты. Указать четверти, через которые они проходят.

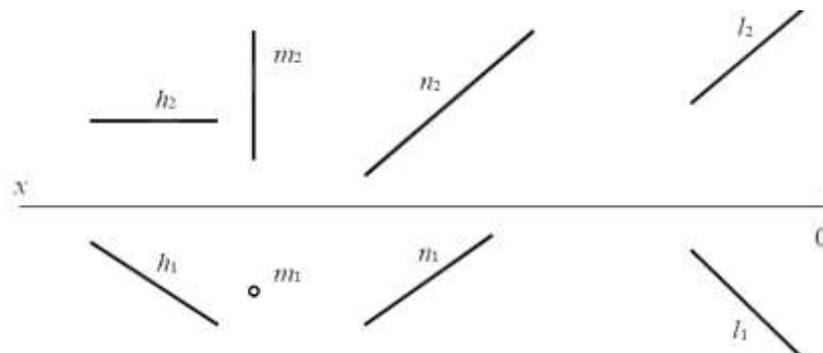


Рисунок 1.12.

След прямой – это точка пересечения прямой с плоскостью проекций. Для прямой  $h$  определяют точку пересечения с  $\pi_2$  – фронтальный след прямой. Для этого продолжают горизонтальную проекцию прямой  $h_1$  до пересечения с осью  $x$  и определяют горизонтальную проекцию следа, фронтальную проекцию определяют в проекционной связи. Прямая  $m$  – горизонтально-проецирующая, горизонтальная проекция горизонтального следа будет совпадать с  $m_1$ , а фронтальная лежать на оси  $x$ . Для  $n$  и  $l$  – прямых общего положения определяют оба следа аналогично определению фронтального следа прямой  $h$ . Горизонтальный след прямой  $l$  находится на задней поле плоскости  $\pi_1$  поэтому его горизонтальная проекция будет находиться над осью  $x$ .

2.13. Задание 13. Через точку  $K$  провести две прямые, одна из которых параллельна  $AB$ , а другая пересекает  $AB$  в середине.

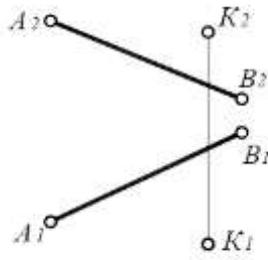


Рисунок 1.13.

По теореме Фалеса находим середину отрезка  $AB$  и соединяем ее с точкой  $K$ . Прямые параллельны, если их проекции параллельны и, соответственно, через проекции точки  $K$  проводим проекции прямой параллельные проекциям прямой  $AB$ .

2.14. Задание 14. Через точку  $K$  провести прямую  $l$ , пересекающую прямую  $a$  и ось  $z$ .

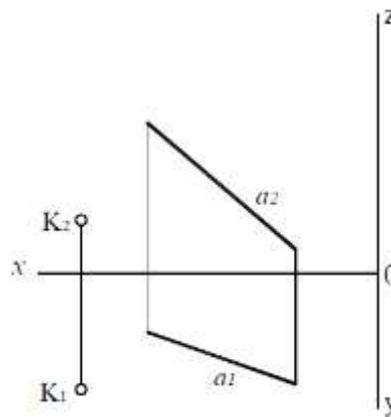


Рисунок 1.14.

Так как прямая проходит, пересекая ось  $z$ , горизонтальная проекция точки пересечения будет находиться в начале координат. Соединив горизонтальную проекцию точки  $K$  и  $0$  получают горизонтальную проекцию искомой прямой  $l$ , а в пересечении с  $a_1$  – горизонтальную проекцию точки пересечения с прямой  $a$ . В проекционной связи определяют фронтальную проекцию точки пересечения прямой  $l$  с  $a$ . Соединив полученную проекцию с  $K_2$  находят фронтальную проекцию  $l$ .

2.15. Задание 15. Определить взаимное расположение двух прямых  $AB$  и  $CD$ .

Чтобы определить взаимное положение прямых, необходимо достроить профильную проекцию.

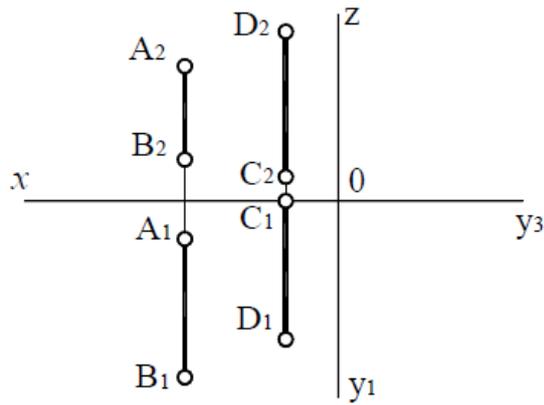


Рисунок 1.15.

2.16. Задание 16. Построить проекции прямой, пересекающей данные прямые  $a$  и  $b$  под углом  $90^\circ$ .

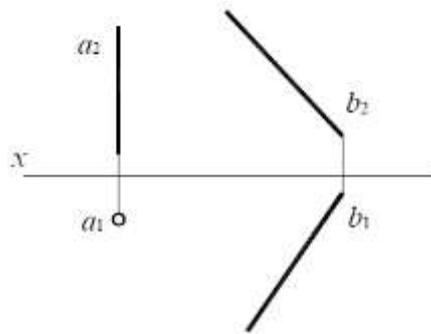


Рисунок 1.16.

Согласно теореме о проецировании прямого угла, если одна из сторон прямого угла параллельна плоскости проекций, а другая ей не перпендикулярна, то прямой угол на эту плоскость изображается в натуральную величину, строят горизонтальную проекцию прямой из  $a_1$  под прямым углом к  $b_1$ .

Находят фронтальную проекцию точки пересечения этой прямой с прямой  $b$  в проекционной связи. Проводят из полученной точки фронтальную проекцию искомой прямой перпендикулярно  $a_2$ .

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 5-10.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Решение выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи

## 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. Что называется эпюром Монжа (комплексным чертежом) и как он образуется?
- 5.2. Какими координатами определяется положение точки в пространстве?
- 5.3. Как по двум проекциям точки построить третью?
- 5.4. Какие точки называются конкурирующими?
- 5.5. Дайте характеристику проекциям прямых частного и общего положения.
- 5.6. Как по проекциям прямой общего положения определить ее натуральную величину и углы наклона ее к плоскостям проекций?
- 5.7. Что называется следом прямой на плоскости проекций? Какая координата равна нулю для горизонтального следа, фронтального следа прямой?
- 5.8. В каком случае прямой угол проецируется на плоскость проекций в виде прямого угла?

## Лабораторная работа № 2 «Плоскость. Решение задач 17 – 27 из [1]»

### 1. Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – приобретение умений и навыков в построении проекций плоскостей на две и три взаимно перпендикулярные плоскости проекций, научиться определять взаимное положение прямой и плоскости, двух плоскостей.

Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.1. Точка, прямая, плоскость.

В Лабораторной работе № 2 студенты выполняют задачи на построение проекций плоскостей частного и общего положения, главных линий в плоскости, прямых параллельных плоскостям и параллельных плоскостей, следов плоскостей.

### 2. Порядок выполнения работы.

2.1. Задание 17. Построить недостающие проекции точки  $K$ , принадлежащей следующим плоскостям: а)  $\alpha$  ( $a \cap b$ ); б)  $\beta$  ( $a \parallel b$ ); в)  $\gamma$  ( $\gamma \pi_1$ ;  $\gamma \pi_2$ ); г)  $\sigma$  ( $c \cap d$ ); д)  $\delta$  ( $C, D$ ). Укажите название плоскостей.

$\alpha$  – горизонтально проецирующая плоскость (горизонтальная проекция точки  $K$  будет принадлежать прямой в которую спроецировалась плоскость),  $\beta$  – фронтально проецирующая (фронтальная проекция точки  $K$  будет принадлежать прямой в которую спроецировалась плоскость),  $\gamma$  – горизонтально проецирующая плоскость (горизонтальная проекция  $K$  принадлежит следу плоскости),  $\sigma$  и  $\delta$  – плоскости общего положения. Для определения недостающих проекций точек на них нужны

дополнительные построения. Точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой лежащей в этой плоскости. Сначала строят фронтальную проекцию прямой (через  $K_2$ ), затем находят горизонтальную проекцию в проекционной связи на ней находят недостающую проекцию точки.

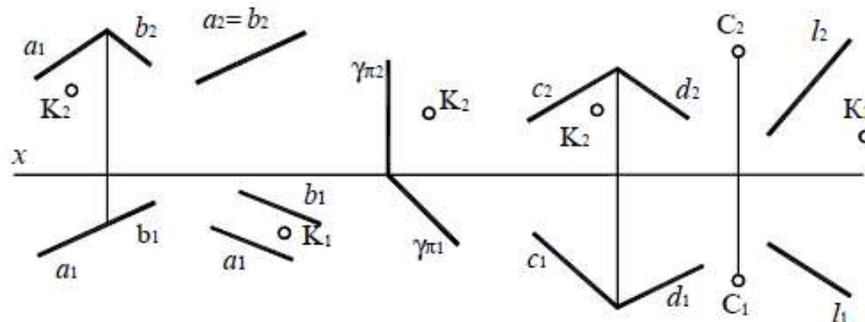


Рисунок 2.1.

2.2. Задание 18. Построить фронтальную проекцию прямой  $m$ , принадлежащей плоскости  $\alpha$  ( $l \parallel q$ ). Через прямую  $m$  в горизонтальной проекции проводят две прямые и в проекционной связи определяют сначала недостающие проекции этих прямых, затем искомой.

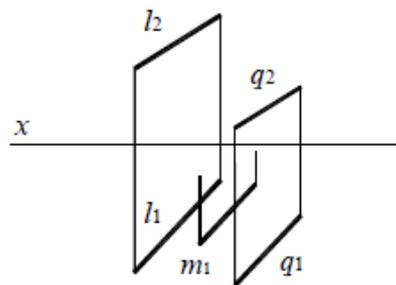


Рисунок 2.2.

2.3. Задание 19. Построить следы плоскости  $\alpha$  ( $h \cap l$ ).

След плоскости – это прямая пересечения плоскости с плоскостью проекций. Фронтальный след строят, соединив фронтальные следы прямых  $h$  и  $l$ . Горизонтальный след (горизонталь нулевого уровня)  $\parallel h$  проводят через точку пересечения фронтального следа с осью  $x$ .

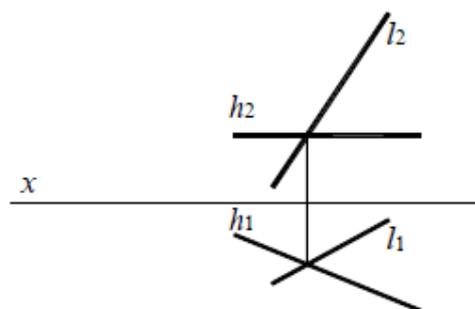


Рисунок 2.3.

2.4. Задание 20. Дать определение плоскостям  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$ ,  $\lambda$ . Построить следы плоскостей.

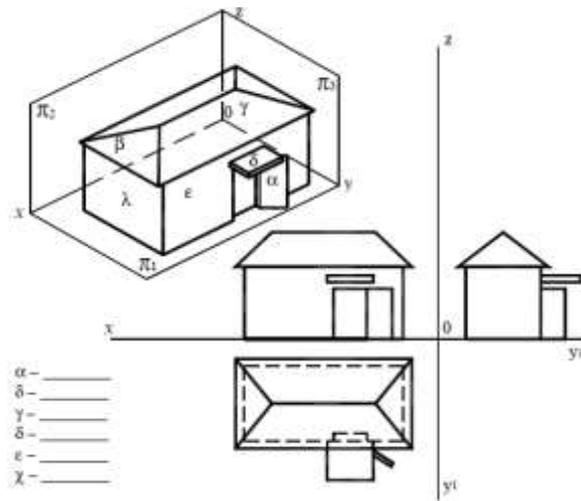


Рисунок 2.4.

Представленные плоскости – плоскости частного положения: плоскости уровня (имеют 2 следа) и проецирующие (три следа). На той плоскости проекций, которой плоскость перпендикулярна след будет совпадать с проекцией плоскости, на других плоскостях проекций следы будут перпендикулярны осям.

2.5. Задание 21. В плоскости  $\alpha$  ( $\triangle ABC$ ) провести горизонталь, фронталь и линию наибольшего ската.

Горизонталь в плоскости – это прямая лежащая в плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций. Построение начинают с фронтальной проекции горизонтали ( $h_2//x$ ). Для упрощения построения горизонталь проводят через точку  $A$ . Находят точку пересечения  $h$  с  $BC$ . В проекционной связи определяют горизонтальную проекцию горизонтали. Фронталь строят аналогично. Линия наибольшего ската перпендикулярна горизонтали. По теореме прямоугольного треугольника, в горизонтальной проекции этот угол спроецируется без искажения. Проводят горизонтальную проекцию  $B_1$  и в проекционной связи строят фронтальную проекцию.

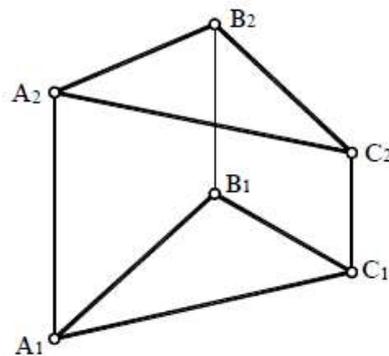


Рисунок 2.5.

2.6. Задание 22. Определить длину пути шарика  $K$ , катящегося по крыше, и уклон крыши.

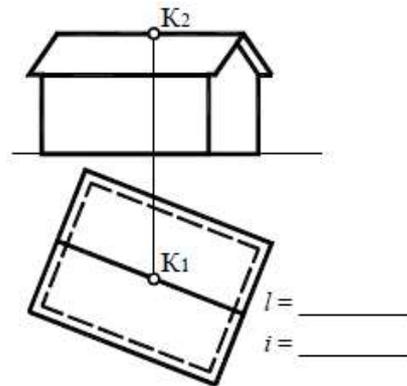


Рисунок 2.6.

Строят линию наибольшего ската и определяют ее натуральную величину и угол наклона методом прямоугольного треугольника.

2.7. Задание 23. Заключить прямую  $a$  в горизонтально-проецирующую, фронтально-проецирующую и профильно-проецирующую плоскости, заданные следами.

На той плоскости проекций, к которой плоскость перпендикулярна след будет совпадать с проекцией прямой, на других плоскостях проекций следы будут перпендикулярны осям. Для последнего случая необходимо построить профильную проекцию прямой.

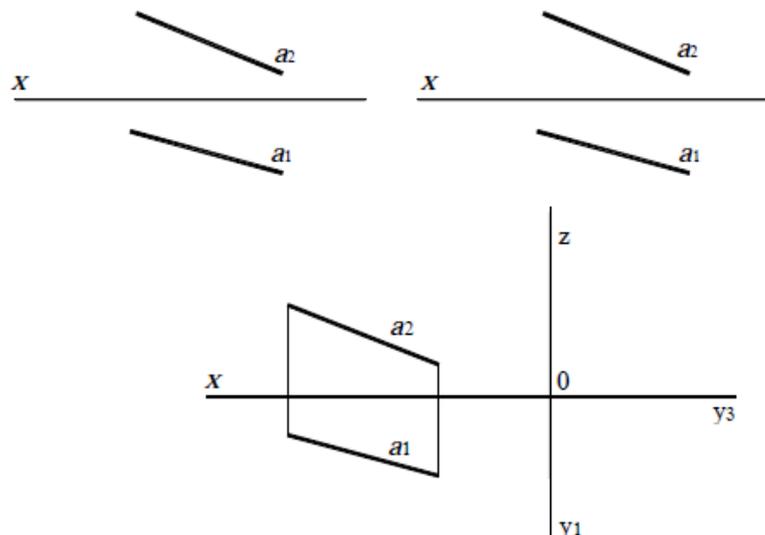


Рисунок 2.7.

2.8. Задание 24. Определить, параллельна ли прямая  $l$  плоскости  $\beta$  ( $m \parallel n$ ).

Прямая параллельна плоскости, если она параллельна какой-либо прямой лежащей в этой плоскости. Исходя из этого, проводят фронтальную проекцию прямой

пересекающую  $m$  и  $n$  параллельно фронтальной проекции  $l$ . Находят ее горизонтальную проекцию и определяют параллельна ли она проекции  $l$  на эту плоскость.

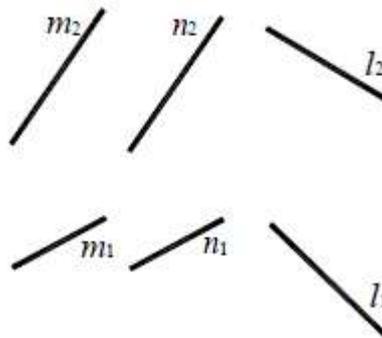


Рисунок 2.8.

2.9. Задание 25. Через точку  $D$  провести прямую, параллельную плоскостям  $\gamma$  ( $\Delta ABC$ ) и  $\pi_1$ .

Задача решается аналогично предыдущей. В плоскости треугольника проводят горизонталь. Через точку  $D$  проводят прямую параллельную этой горизонтали.

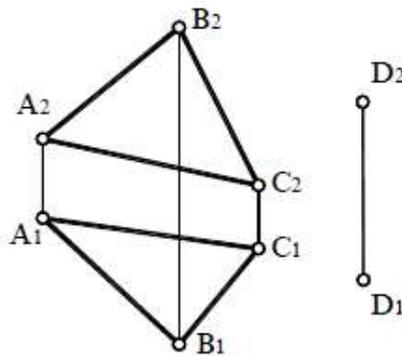


Рисунок 2.9.

2.10. Задание 26. Через точку  $K$  провести плоскость, параллельную прямым  $a$  и  $b$ . Плоскость задают пересекающимися прямыми параллельными  $a$  и  $b$ .

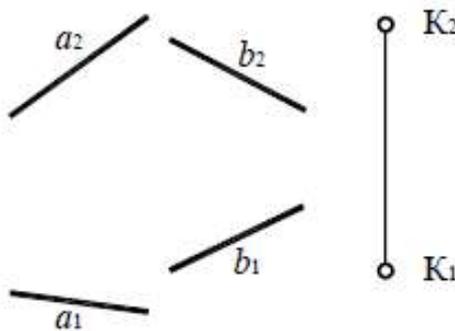


Рисунок 2.10.

2.11. Задание 27. Через точку  $K$  провести плоскость  $\alpha (\alpha\pi_1, \alpha\pi_2) \parallel \beta (\beta\pi_1, \beta\pi_2)$ .

Через точку  $K$  проводят горизонталь или фронталь (т. к.  $\alpha \parallel \beta$ , они должны быть параллельны соответственно горизонтальному или фронтальному следу  $\beta$ ). Определяют след прямой и через него проводят следы  $\alpha$  параллельно следам  $\beta$ .

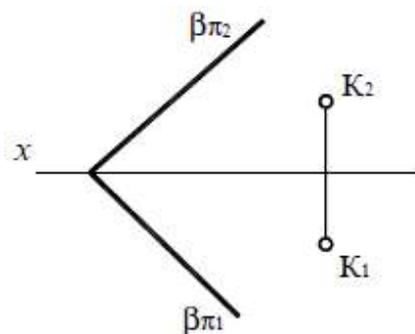


Рисунок 2.11.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 11-14.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Решение выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи

### 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. Перечислите способы задания плоскости на чертеже.
- 5.2. Какие положения могут занимать плоскости относительно плоскостей проекций?  
Охарактеризуйте свойства проецирующих плоскостей и плоскостей уровня.
- 5.3. Где располагается горизонтальная проекция любых геометрических элементов, расположенных в горизонтально-проецирующей плоскости?
- 5.4. Что такое след плоскости?
- 5.5. Назовите главные линии плоскости.
- 5.6. Как с помощью линии ската определить угол наклона плоскости к горизонтальной плоскости проекций и уклон плоскости?
- 5.7. Сформулируйте признак параллельности прямой и плоскости, двух плоскостей.

**Лабораторная работа № 3 «Позиционные задачи. Пересечение прямой с плоскостью и плоскостей между собой. Решение задач 67, 76, а, б из [1]».**

**1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – приобретение умений и навыков в решении позиционных задач на определение проекций линий пересечения плоскостей и точки встречи прямой с плоскостью.

Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.1. Точка, прямая, плоскость.

В Лабораторной работе № 3 студенты выполняют задачи на определение проекций: линий пересечения плоскостей общего и частного положения, двух плоскостей общего положения; точек пересечения прямой с плоскостью общего и частного положения.

**2. Порядок выполнения работы.**

Прямая пересекает плоскость в точке, принадлежащей одновременно и прямой и плоскости.

*Пересечение плоскости частного положения с прямой общего положения*

*Дано:*  $a (a_1; a_2)$  – прямая общего положения;

$\beta (\beta_2)$  – фронтально проецирующая плоскость (рис.3.1).

*Найти:* точку их пересечения  $K (K_1; K_2)$ .

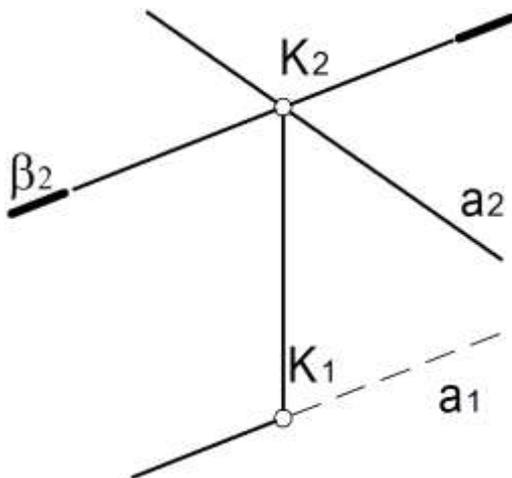


Рисунок 3.1. Определение точки пересечения прямой с проецирующей плоскостью

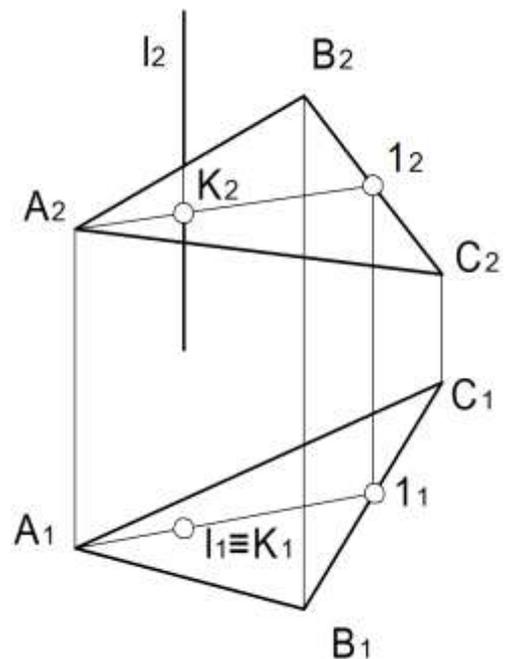


Рисунок 3.2. Определение точки пересечения прямой с плоскостью общего положения

Решение:

1. Так как  $\beta \perp \Pi_2$ , а точка  $K = a \cap \beta$  одновременно принадлежит прямой  $a$  и плоскости  $\beta$ , то:

$$K_2 \in \beta_2 \wedge a_2 \Rightarrow K_2 = a_2 \cap \beta_2; K_1 \in a_1.$$

2. Строят проекции точки  $K$  на эпюре и определяют видимость прямой  $a$ .

*Построение точки пересечения проецирующей прямой с плоскостью общего положения.*

*Дано:*  $l (l_1; l_2)$  – горизонтально проецирующая прямая;  $\delta (\Delta ABC)$  – плоскость общего положения (рис.3.2).

*Найти:* точку  $K (K_1; K_2)$  их пересечения.

Решение:

1. Так как  $l \perp \Pi_1$ , а точка  $K = l \cap \delta$  одновременно принадлежит прямой  $l$  и плоскости  $\delta$ , то  $K_1 \equiv l_1$ ;

2.  $K_2$  находят по принадлежности любой прямой, проходящей через точку  $K$  плоскости  $\delta$ .

Строят проекции точки  $K$  на эпюре и показывают видимость прямой  $l$ .

*Построение прямой пересечения плоскости общего положения с плоскостью частного положения.*

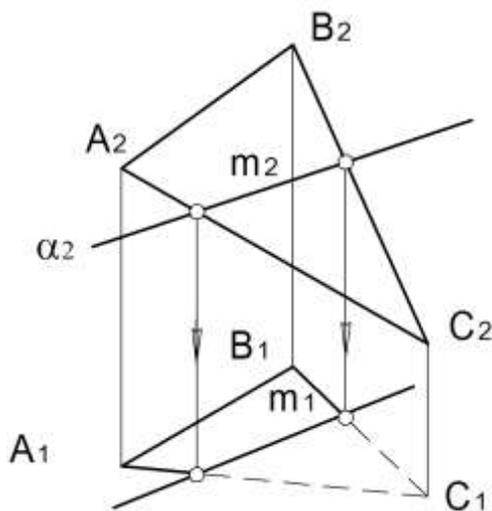


Рисунок 3.3. Прямая принадлежащая плоскости

*Дано:*  $\alpha (\alpha_2)$  – фронтально проецирующая плоскость;  $\beta (\Delta ABC)$  – плоскость общего положения (рис.3.3).

*Найти:* прямую  $m(m_1; m_2)$  их пересечения.

Решение:

1. Так как  $\alpha \perp \Pi_2$ , а прямая  $m = \alpha \cap \beta$  одновременно принадлежит плоскости  $\alpha$  и плоскости  $\beta$ , то  $m_2 \equiv \alpha_2$ ;

2.  $m_1$  находят по принадлежности  $m$  плоскости  $\beta (\Delta ABC)$ .

Показывают видимость плоскости  $\beta$ .

*Построение точки пересечения прямой с плоскостью общего положения.*

На рис.3.4 показана плоскость  $\alpha$  – общего положения; прямая  $l$  – также общего положения и точка их пересечения т.  $K$ .

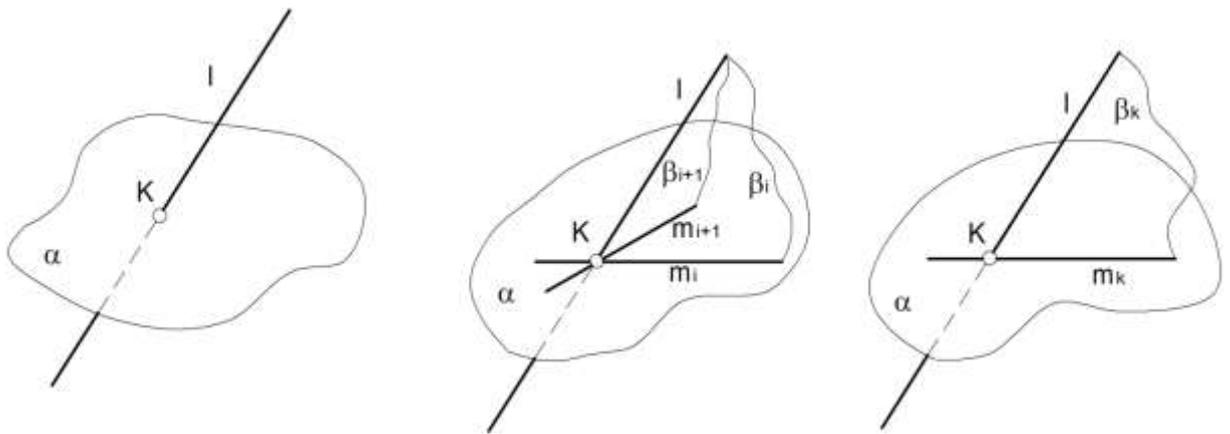


Рисунок 3.4. Наглядное изображение построения пересечения прямой с плоскостью

В плоскости  $\alpha$  через точку  $K$  можно провести множество прямых  $m_i, m_{i+1}, \dots$  принадлежащих плоскости. Эти прямые с прямой  $l$  формируют, как пересекающиеся прямые, множество плоскостей  $\beta_i, \beta_{i+1}, \dots$

Из множества плоскостей  $\beta_i$  выбирают ту, которая является проецирующей и удобной для решения конкретной задачи.

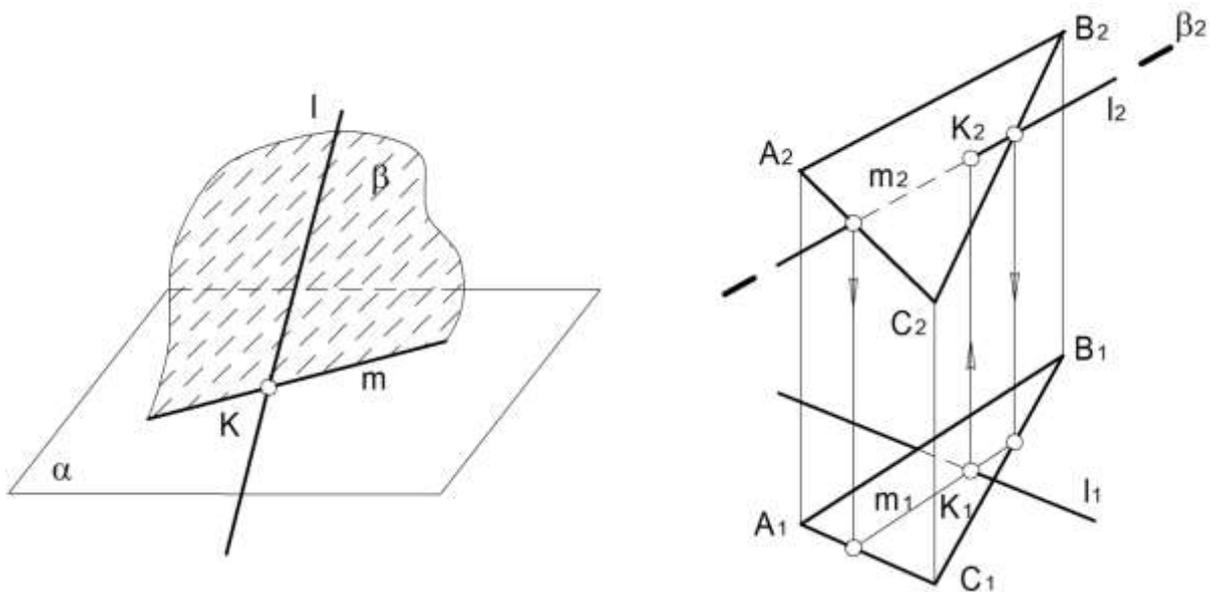


Рисунок 3.5. Определение точки пересечения прямой и плоскости общего положения

*Алгоритм:*

1. Заключают прямую  $l$  во вспомогательную проецирующую плоскость  $\beta$ , *секущую плоскость*.
2. Определяют линию  $m$  пересечения данной плоскости  $\alpha$  и вспомогательной  $\beta$ :  $m = \alpha \cap \beta$ .
3. Находят точку  $K$  пересечения прямых  $l$  и  $m$ :  $K = l \cap m$ .

Эта точка является точкой пересечения прямой  $l$  с плоскостью  $\alpha$ :

$$K = l \cap \alpha. \text{ (рис. 3.5)}$$

4. Т.к. плоскости принимаются не прозрачными, определяют видимость прямой  $l$  с помощью конкурирующих точек.

*Построение линии пересечения двух плоскостей общего положения.*

Линия пересечения двух плоскостей является прямой, одновременно принадлежащей обеим плоскостям.

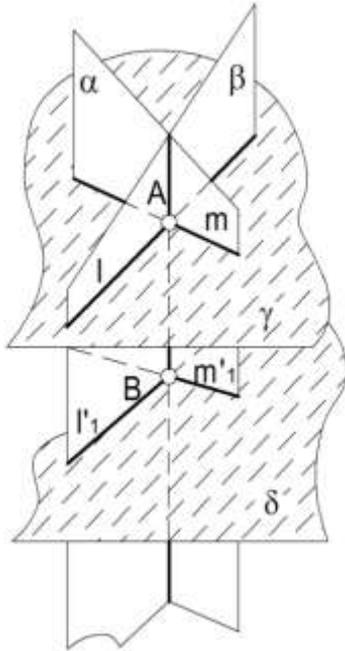


Рисунок 3.6. Наглядное изображение построения прямой пересечения двух плоскостей

$$2) \delta \cap \alpha = m'; \delta \cap \beta = l';$$

$$3) B = m' \cap l'.$$

Соединив прямой линией точки  $A$  и  $B$ , получают линию пересечения плоскостей  $\alpha$  и  $\beta$ .

Построение линии пересечения плоскости  $\alpha$  ( $a \parallel b$ ) и плоскости  $\beta$  ( $\triangle ABC$ ) показано на рис.3.7.

Пусть даны две пересекающиеся плоскости  $\alpha$  и  $\beta$  общего положения (рис.3.6). Для построения линии их пересечения необходимо найти две точки  $A$  и  $B$ , принадлежащие одновременно плоскостям  $\alpha$  и  $\beta$ . Для их построения применяют *метод вспомогательных секущих плоскостей*.

*Построение т. А:*

1) вводят вспомогательную секущую плоскость  $\gamma$ , пересекающую обе данные плоскости;

2) строят линии пересечения плоскости  $\gamma$  с данными плоскостями:

$$\gamma \cap \alpha = m; \gamma \cap \beta = l;$$

3) точка  $A = m \cap l$ .

*Построение т. В:*

1) вводят вторую вспомогательную секущую плоскость  $\delta$ ;

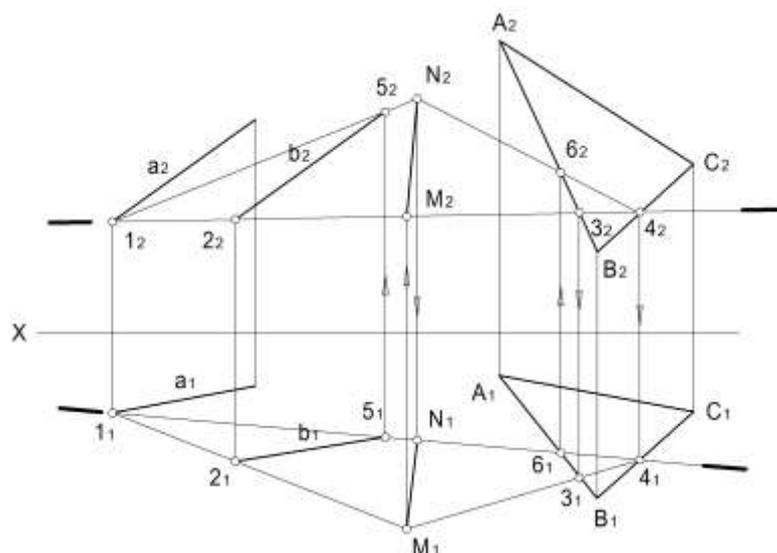
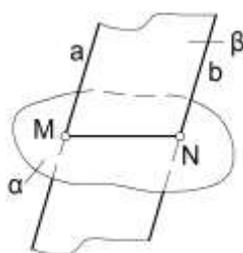


Рисунок 3.7. Определение линии пересечения плоскостей общего положения



Алгоритм:

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

Из рис. 3.16 следует, что нужно применить две вспомогательные проецирующие плоскости.

Рисунок 3.8.

2.1. Задание 67. Построить линии пересечения плоскостей.

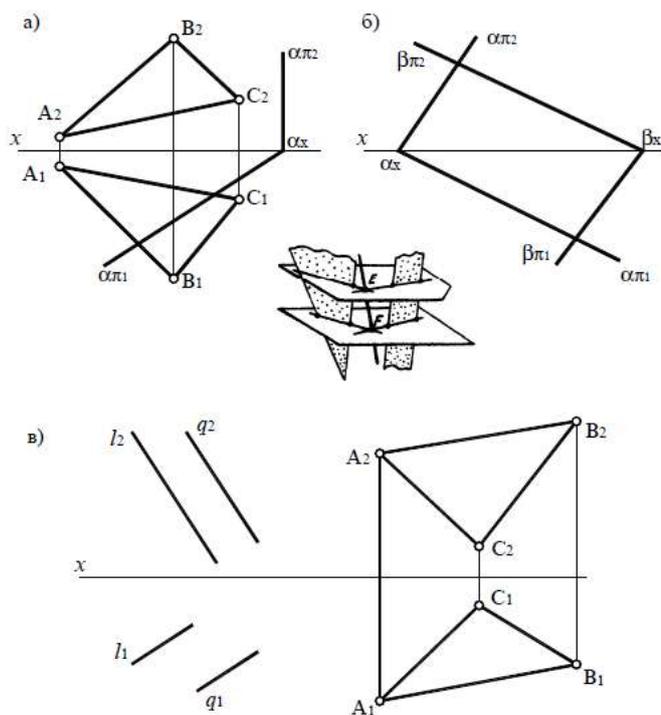


Рисунок 3.9.

а) Т.к. плоскость  $\alpha$  горизонтально-проецирующая, горизонтальные проекции точек пересечения сторон треугольника с плоскостью  $\alpha$  принадлежат ее следу. Фронтальные проекции определяют в проекционной связи.

б) Определяют проекции точек пересечения следов.

в) Для определения линии пересечения плоскостей общего положения проводят две вспомогательные горизонтальные плоскости. Определяют линии пересечения исходных и вспомогательных плоскостей. Прямая пересечения исходных плоскостей проходит через точки пересечения полученных линий.

2.2. Задание 76. Построить проекции точки пересечения линии с заданными плоскостями.

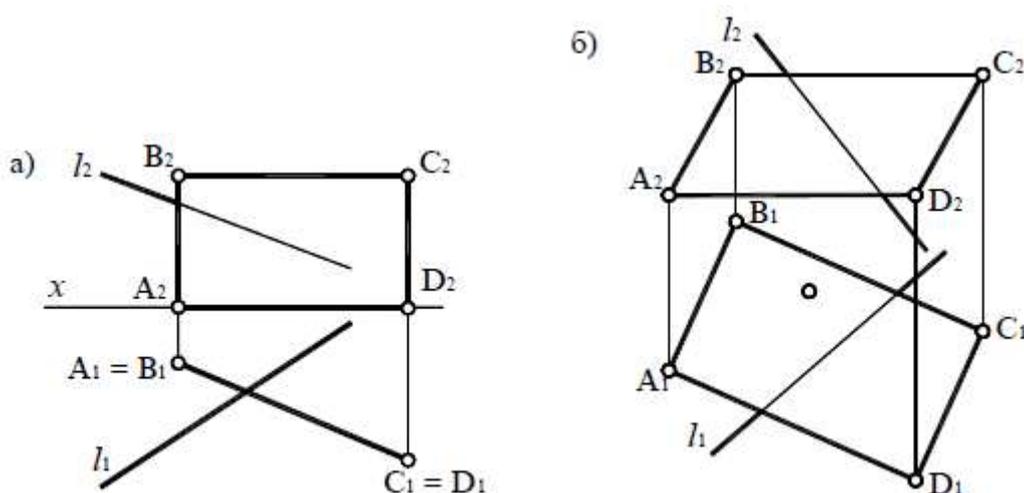


Рисунок 3.10.

В первой задаче сначала определяют горизонтальную проекцию точки пересечения, в месте пересечения горизонтальных проекций прямой и плоскости. Фронтальную проекцию определяют в проекционной связи. Вторая задача решается с применением вспомогательной плоскости, в которую заключают прямую  $l$ , находят линию пересечения плоскости  $ABCD$  с вспомогательной плоскостью. Точка пересечения полученной прямой с прямой  $l$  – искомая точка.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 30, 36.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Решение выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

## 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. Как определяется на чертеже принадлежность прямой данной плоскости?
- 5.2. Как построить на чертеже точку, принадлежащую данной плоскости?
- 5.3. Сформулируйте алгоритм решения задач на построение линий пересечения двух плоскостей общего положения.
- 5.4. Назовите этапы решения задачи на пересечение прямой линии с плоскостью Общего положения.

### Лабораторная работа № 4 «Методы преобразования чертежа. Метод замены плоскостей проекций. Решение задач 28 – 34 из [1]»

#### 1. Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – приобретение умений и навыков в решении метрических задач методами преобразования чертежа.

Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.2. Способы преобразования чертежа.

В Лабораторной работе № 4 студенты выполняют задачи определения натуральной величины двугранных углов, отрезков, плоских фигур, расстояний между прямыми, точкой и плоскостью методом замены плоскостей проекций.

#### 2. Порядок выполнения работы.

*Способ замены плоскостей.*

Способ замены плоскостей проекций заключается в следующем, одну из плоскостей проекций заменяют новой плоскостью, занимающей удобное положение для решения поставленных задач (рис. 4.1).

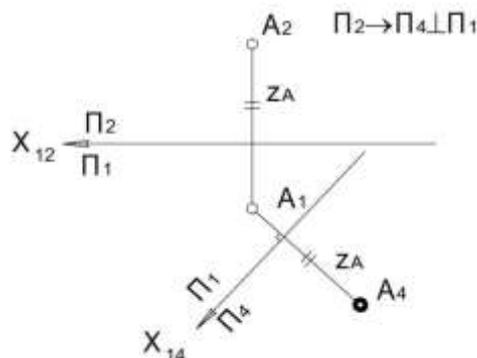


Рисунок 4.1. Способ замены плоскостей проекций

На эюре применение способа замены плоскостей для определения проекции точки выглядит следующим образом (см. рис. 4.1). Из проекции расположенной в незаменяемой плоскости проекций проводят перпендикуляр к новой оси проекции. Замеряют расстояние от заменяемой проекции до исходной оси и откладывают его на продолжении перпендикуляра.

*Определение натуральной величины отрезка прямой и углов наклона прямой к плоскостям проекции способом замены плоскостей (рис. 4.2).*

Для получения натуральной величины отрезка прямой и углов наклона его к плоскостям проекции необходимо выполнить замену плоскостей проекций, таким образом, чтобы прямая стала параллельной к плоскости проекций. Для этого производят две замены плоскостей: первую плоскость  $\pi_4$  располагают параллельно прямой  $AB$  и перпендикулярно  $\pi_1$ , вторую – плоскость  $\pi_5$  – параллельно прямой  $AB$  и перпендикулярно  $\pi_2$ .  $\alpha$  – угол наклона прямой к плоскости  $\pi_1$ ,  $\beta$  – угол наклона к  $\pi_2$ , проекции  $A_4B_4$  и  $A_5B_5$  – равны метрической длине отрезка  $AB$ .

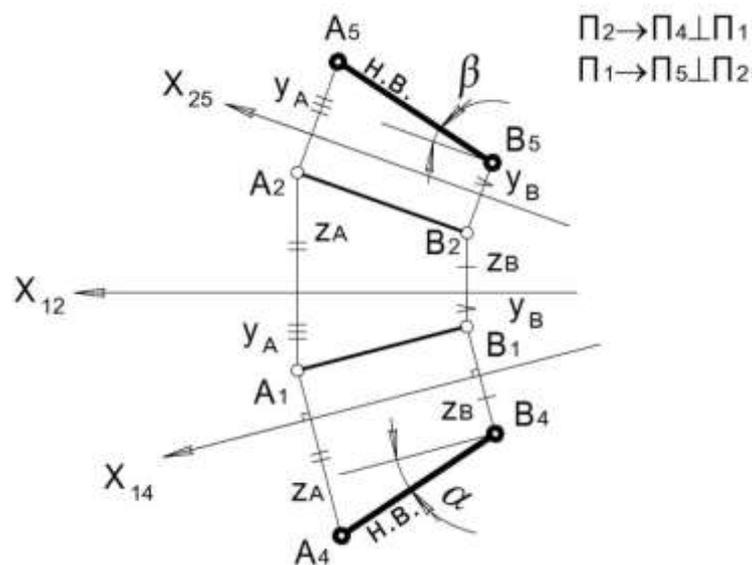


Рисунок 4.2. Определение натуральной величины отрезка способом замены плоскостей проекций

*Определение расстояния от точки до прямой методом замены плоскостей (рис. 4.3).*

В этом случае замену плоскостей проекций выполняют так, чтобы прямая занимала проецирующее положение к новой плоскости проекций. Производят две замены плоскостей:  $\pi_2$  заменяют  $\pi_4$  расположенной параллельно прямой, затем  $\pi_1$  заменяют  $\pi_5$  перпендикулярной прямой. Проекция  $C_5K_5$  равна расстоянию от точки  $C$  до отрезка  $AB$ . Проекция  $C_4K_4$  ( $C_4K_4 \parallel \pi_5$ ),  $C_1K_1$  и  $C_2K_2$  отрезка  $CK$  находят обратным преобразованием.

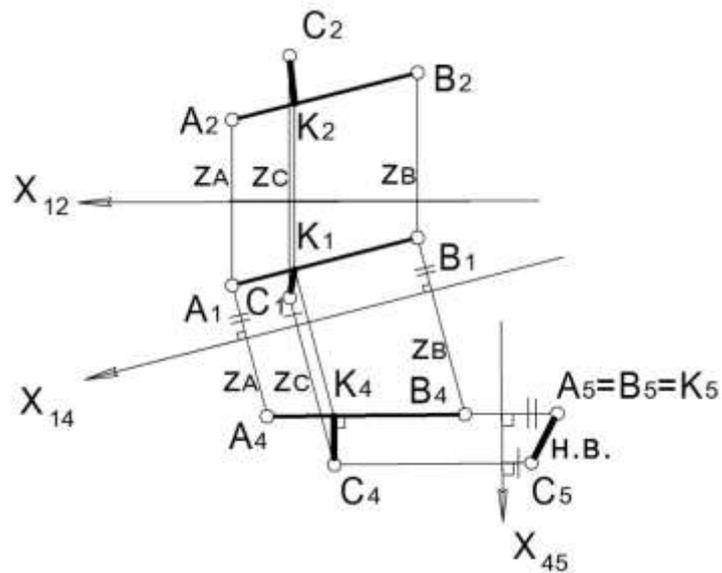


Рисунок 4.3. Определение расстояния от точки до отрезка способом замены плоскостей проекций

*Определение натуральной величины двугранного угла способом замены плоскостей (рис. 4.4).*

Для решения этой задачи, замену плоскостей проекций выполняют так, чтобы ребро АВ стало проецирующим. Производят две замены плоскостей:  $\pi_2 \rightarrow \pi_4 // AB$ ,  $\pi_1 \rightarrow \pi_5 \perp AB$ .

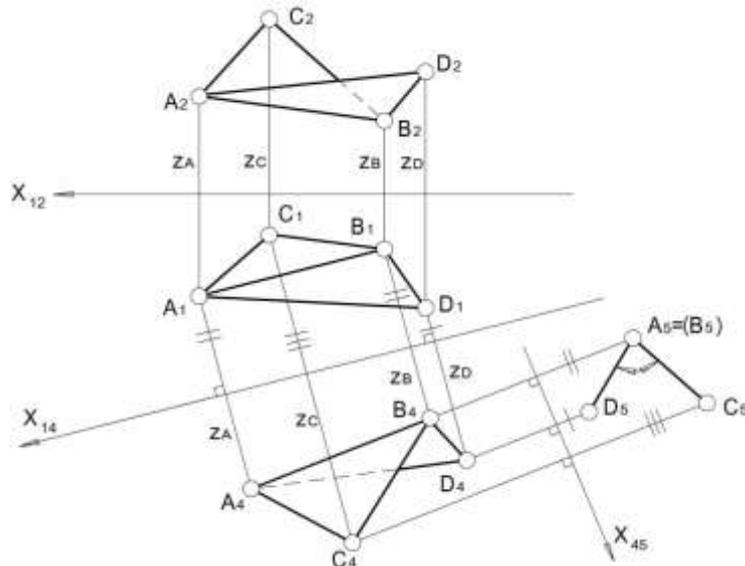


Рисунок 4.4. Определение натуральной величины двугранного угла

*Определение натуральной величины треугольника методом замены плоскостей (рис. 4.5).*

Для того чтобы определить натуральную величину плоской фигуры необходимо преобразовать чертеж так, чтобы ее плоскость стала параллельна плоскости проекций. Выполним две замены: первую плоскость -  $\pi_4$  располагаем так, чтобы треугольник проецировался на нее в отрезок прямой, а вторую плоскость -  $\pi_5$  расположим параллельно плоскости треугольника. Для определения положения  $\pi_4$  в треугольнике ABC проведем горизонталь  $h$ ,  $\pi_4$  расположим перпендикулярно горизонтали ( $\perp h_1$ ). Для определения

проекций точек на плоскости  $\pi_4$  проведем перпендикулярно к  $x_{14}$  линии проекционной связи. На продолжении перпендикуляров отложим отрезки, равные высоте точек. Проекция треугольника на плоскость  $\pi_4$  – отрезок  $C_4B_4$ . Следующую замену плоскостей проекций выполняем так, чтобы плоскость  $\pi_5$  была параллельна плоскости треугольника ( $x_{45} \parallel C_4B_4$ ), проекция треугольника на плоскости  $\pi_5$  – натуральная величина треугольника  $A_5B_5C_5 = ABC$ .

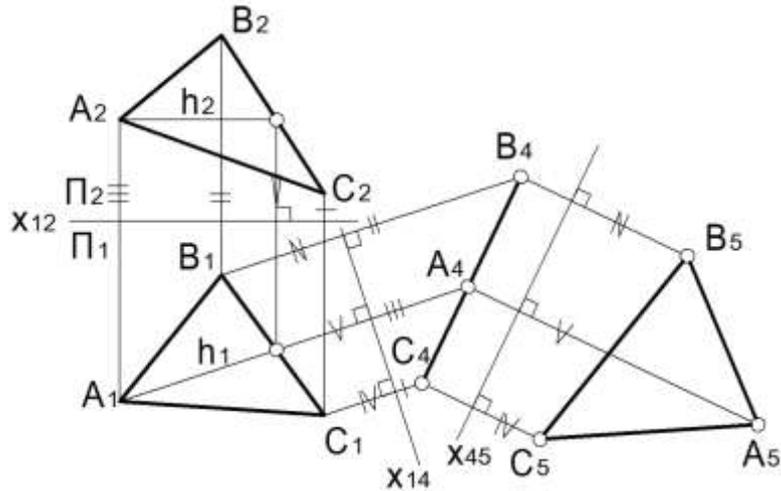


Рисунок 4.5. Определение натуральной величины плоской фигуры методом замены плоскостей проекций

2.1. Задание 28. Определить углы наклона прямой  $AB$  к плоскостям проекций  $\pi_1$  и  $\pi_2$ .

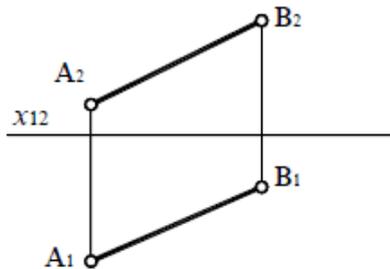


Рисунок 4.6.

Решение задачи см. рис. 4.2.

2.2. Задание 29. Найти расстояние от точки  $D$  до прямой  $AB$ .

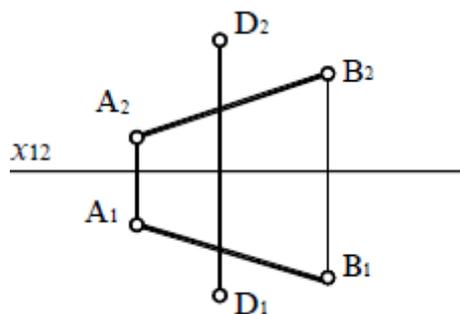


Рисунок 4.7.

Решение задачи см. рис. 4.3.

2.3. Задание 30. Определить ширину автомобильной дороги.

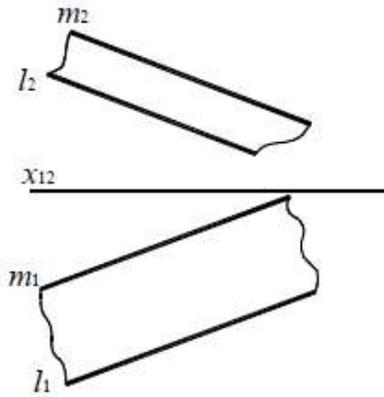


Рисунок 4.8.

Решение задачи аналогично предыдущей. Для определения расстояния между прямыми  $m$  и  $l$  выполняют замену плоскостей таким образом, чтобы данные прямые стали проецирующими

2.4. Задание 31. Определить кратчайшее расстояние между скрещивающимися прямыми  $AB$  и  $CD$ .

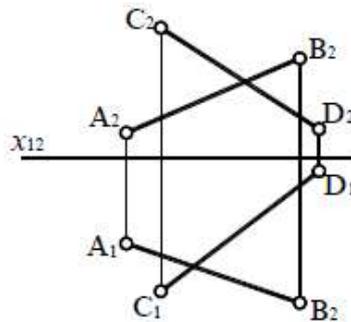


Рисунок 4.9.

Выполняют две замены плоскостей проекций, так чтобы одна из прямых спроецировалась на новую плоскость в точку. Расстояние между прямыми – перпендикуляр, проведенный из полученной точки к проекции второй прямой.

2.5. Задание 32. Определить натуральную величину двугранного угла  $ABCD$ .

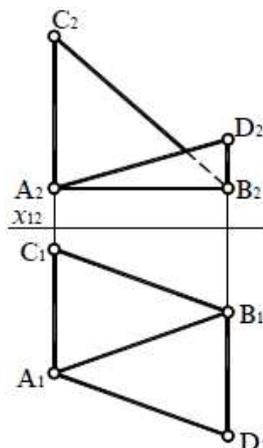


Рисунок 4.10.

Определение натуральной величины двугранного угла показано на рис. 4.4. Т. к.  $AB$  – горизонталь, достаточно одной замены плоскостей проекций

2.6. Задание 33. Найти расстояние от точки  $D$  до плоскости  $\alpha$  ( $\Delta ABC$ ).

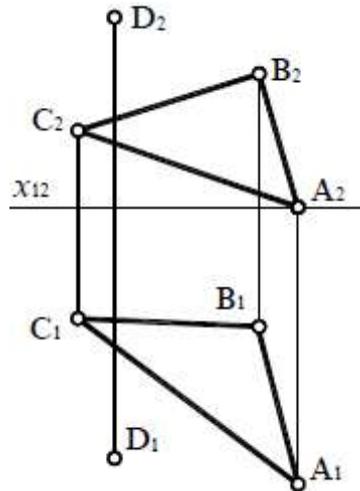


Рисунок 4.11.

Выполняют одну замену плоскостей проекций, чтобы треугольник  $ABC$  принял положение проецирующей плоскости относительно новой плоскости проекций (см. рис. 4.5, первая замена). Расстояние от точки до плоскости – перпендикуляр проведенный из проекции точки  $D$  на новую плоскость проекций к новой проекции (отрезку прямой) треугольника  $ABC$ .

2.7. Задание 34. Определить центр окружности, которую можно будет описать вокруг  $\Delta ABC$ .

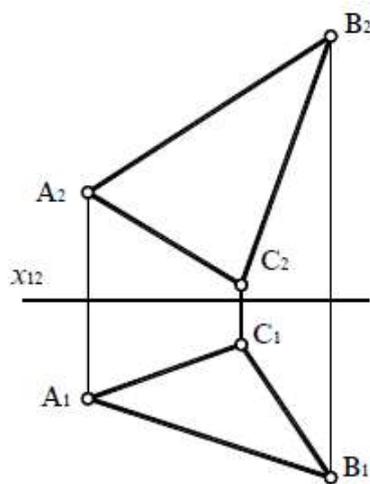


Рисунок 4.12.

В плоскости  $ABC$  проводят линию уровня и выполняют две замены плоскостей, так чтобы плоскость треугольника стала параллельной новой плоскости проекций (см. рис. 4.5). Центр окружности определяют как точку пересечения серединных перпендикуляров к сторонам треугольника.

### **3. Варианты индивидуальных заданий.**

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 15-17.

### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Решение выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи

### **5. Контрольные вопросы.**

5.1. В чем сущность способа замены плоскостей проекций? Сформулируйте правило построения новой проекции точки.

5.2. Сколько раз заменяют плоскость проекций, чтобы прямую общего положения спроецировать в точку?

5.3. Какую роль играют фронтальная и горизонтальная прямые, когда плоскость общего положения преобразуется в проецирующую?

5.4. Как произвести замену плоскостей проекций для определения натуральной величины плоской фигуры общего положения?

## **Лабораторная работа № 5 «Методы преобразования чертежа. Метод вращения вокруг проецирующей оси. Решение задач 36, 37, 39, 40 из [1]»**

### **1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – приобретение умений и навыков в решении метрических задач методом вращения вокруг проецирующей оси.

Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.2. Способы преобразования чертежа.

В Лабораторной работе № 5 студенты выполняют задачи определения натуральной величины отрезков, расстояния между точкой и плоскостью методом вращения вокруг проецирующей оси.

### **2. Порядок выполнения работы.**

Целью применения методов вращения является определение натуральной величины объекта путем такого изменения его расположения относительно плоскостей проекций, при котором элементы объекта занимают частное положение и проецируются без искажения.

Существуют следующие способы вращения:

- 1) Вращение вокруг проецирующих осей.
- 2) Способ плоскопараллельного перемещения.
- 3) Вращение вокруг линии уровня.

Если точка вращается вокруг проецирующей прямой, одна ее проекция будет перемещаться по окружности, а вторая – по прямой, перпендикулярной проекции оси вращения (рис. 5.1).

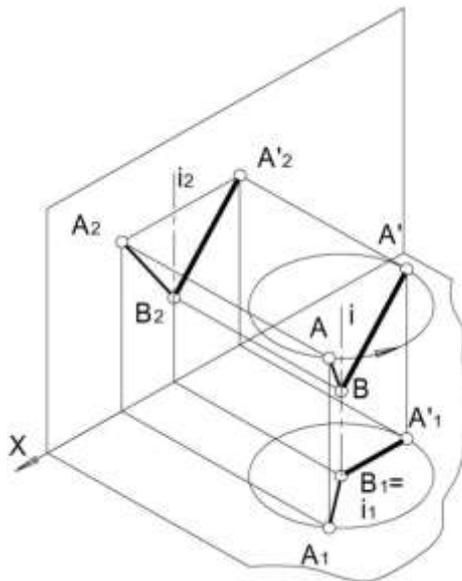
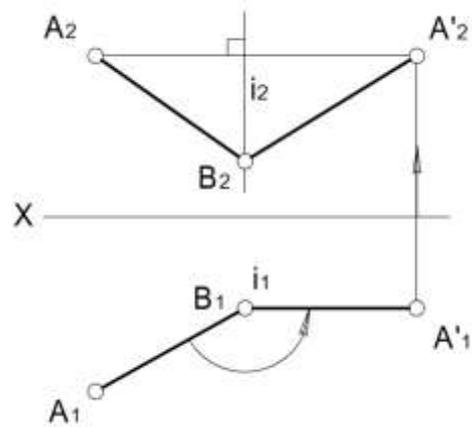


Рисунок 5.1 Наглядное изображение определения натуральной величины отрезка методом вращения вокруг проецирующей прямой



$$|AB| = |A'_2 B_2|$$

Рисунок 5.2. Способ вращения вокруг проецирующей прямой

*Определение натуральной величины отрезка прямой способом вращения.*

Наглядное изображение определения натуральной величины отрезка методом вращения вокруг проецирующей прямой показано на рис. 5.1. Эпюр – на рис 5.2.

Отрезок поворачивают вокруг оси  $i$ , пока он не займет положение параллельное фронтальной плоскости проекций. Проекция  $A'_2 B_2$  – является натуральной величиной отрезка прямой.

*Определение расстояния от точки до плоскости вращением вокруг проецирующих осей (рис. 5.3).*

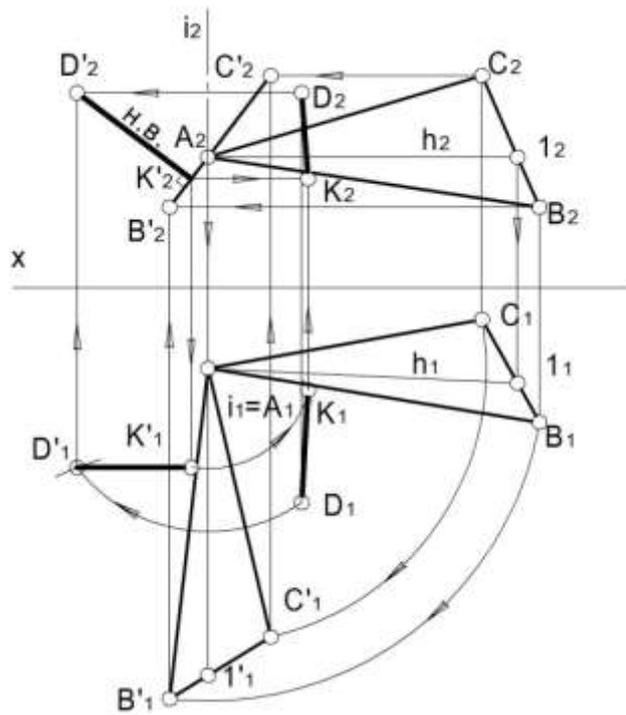


Рисунок 5.3. Определение расстояния от точки до плоскости методом вращения вокруг проецирующей прямой

Для определения расстояния от точки до плоскости необходимо провести перпендикуляр из точки к плоскости. На чертеже перпендикуляр отобразится в натуральную величину при проецирующем положении плоскости, прямой угол в этом случае проецируется без искажения, а основание перпендикуляра принадлежит следу плоскости. Для этого плоскость поворачивают вокруг проецирующей оси до положения перпендикулярного плоскости проекций, в этом случае ее линия уровня займет положение проецирующей прямой.

Проводят горизонталь  $h$  через точку  $A$ . Ось  $i$  располагают перпендикулярно  $\pi_1$ , так чтобы она проходила через точку  $A$ . Поворачивают треугольник, пока горизонталь не займет положение перпендикулярное фронтальной плоскости проекций. На чертеже через фронтальную проекцию точки  $A$  проводят перпендикуляр к оси  $x$ . Дистраивают новую проекцию  $A_1B_1C_1$  треугольника  $ABC$ , в проекционной связи определяют фронтальную проекцию треугольника  $ABC$ , который в новом положении спроецируется в отрезок прямой  $C_2A_2B_2$ . На этот же угол поворачивают точку  $D$  ( $D_1, D_2$ ).

Проводят перпендикуляр  $D'K'$  к плоскости  $C'A'B'$ . Отрезок  $D_2K_2$  – расстояние от точки до плоскости. Горизонтальная проекция перпендикуляра  $D_1K_1$  – параллельна оси  $x$ . Определяют горизонтальную проекцию  $K_1$ , для этого поворачивают вокруг оси  $i$  на тот же угол обратно  $K_1$ . В проекционной связи находят фронтальную проекцию  $K_2$ .

2.1. Задание 36. Отрезок  $AB$  повернуть вокруг оси, перпендикулярной плоскости проекций, так, чтобы он занял положение, параллельное плоскости  $\pi_1$ .

Решение задачи см. рис. 5.2.

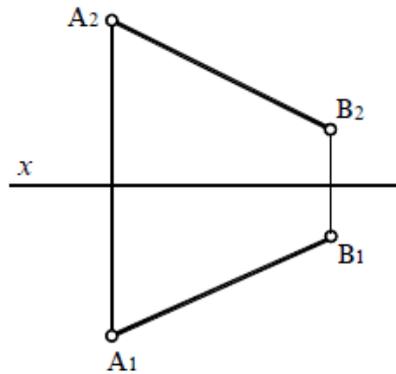


Рисунок 5.4.

2.2. Задание 37. Определить длины растяжек антенны, применив метод вращения вокруг проецирующей оси.

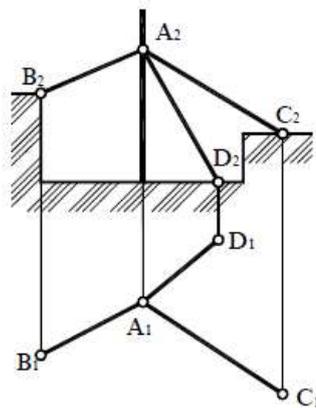


Рисунок 5.5.

Задача решается аналогично предыдущей.

2.3. Задание 39. Установить груз  $K$  в самое низкое положение так, чтобы он не задевал откос при повороте крана.

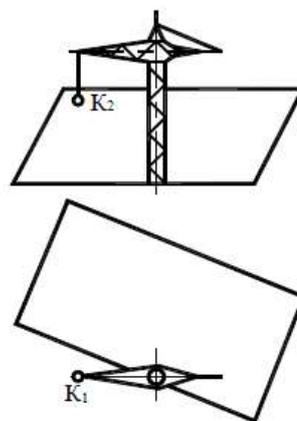


Рисунок 5.6.

Точку  $K$  поворачивают до совпадения ее горизонтальной проекции с проекцией линии наибольшего наклона плоскости проведенной через основание перпендикуляра – проецирующей оси. Проводят горизонтальную проекцию горизонтали – касательно к окружности – траектории движения точки  $K$ . В проекционной связи определяют фронтальную проекцию горизонтали – самое низкое положение точки  $K$ .

2.4. Задание 40. Определить расстояние от точки  $D$  до плоскости  $\alpha$  ( $\Delta ABC$ ).

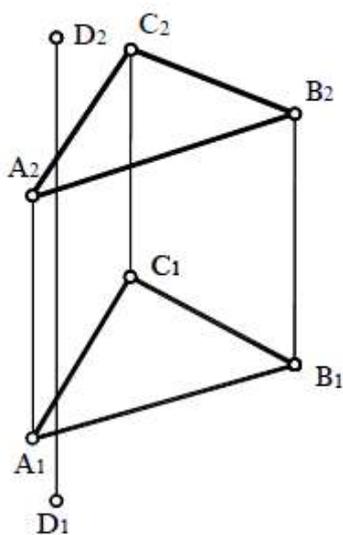


Рисунок 5.7.

Решение задачи показано на рис. 5.3.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 18-19.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Решение выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи

### 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. В чем заключается способ вращения?
- 5.2. В какой плоскости перемещается точка, вращаемая вокруг оси, перпендикулярной  $\pi_1$  или  $\pi_2$ ?
- 5.3. Сколько раз вокруг проецирующей оси нужно повернуть плоскость общего положения, чтобы спроецировать ее в натуральную величину?

## Лабораторная работа № 6 «Методы преобразования чертежа: вращения вокруг линии уровня и плоско-параллельное перемещение. Решение задач 41, 42 из [1]»

### 1. Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – приобретение умений и навыков в решении метрических задач методами вращения и плоскопараллельного перемещения.

Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.2. Способы преобразования чертежа.

В Лабораторной работе № 6 студенты выполняют задачи определения натуральной величины плоской фигуры методами вращения вокруг линии уровня и плоскопараллельного перемещения.

### 2. Порядок выполнения работы.

В способе плоскопараллельного перемещения совмещаются два движения – поступательное и вращательное вокруг перпендикулярной оси при сохранении расстояний точек поверхности предмета до плоскости проекций (рис.6.1).

На эпюре различные положения объекта показаны разнесено, в отличие от способа вращения вокруг проецирующей оси.

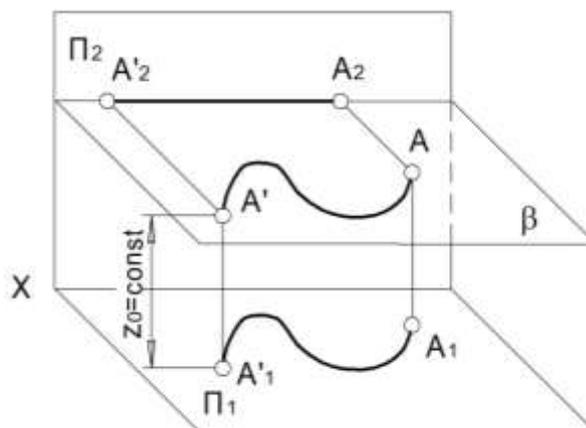


Рисунок 6.1. Способ плоско-параллельного перемещения

*Определение натуральной величины треугольника методом плоскопараллельного перемещения (рис. 6.2).*

Треугольник  $ABC$  поворачивают в положение перпендикулярное фронтальной плоскости проекций и перемещают в параллельных плоскостях на свободное место ( $A'B'C'$ ), аналогично поворачивают и перемещают полученный треугольник  $A'B'C'$  параллельно плоскости  $\pi_1$  ( $A''B''C''$ ), на которую он спроецируется без искажения.

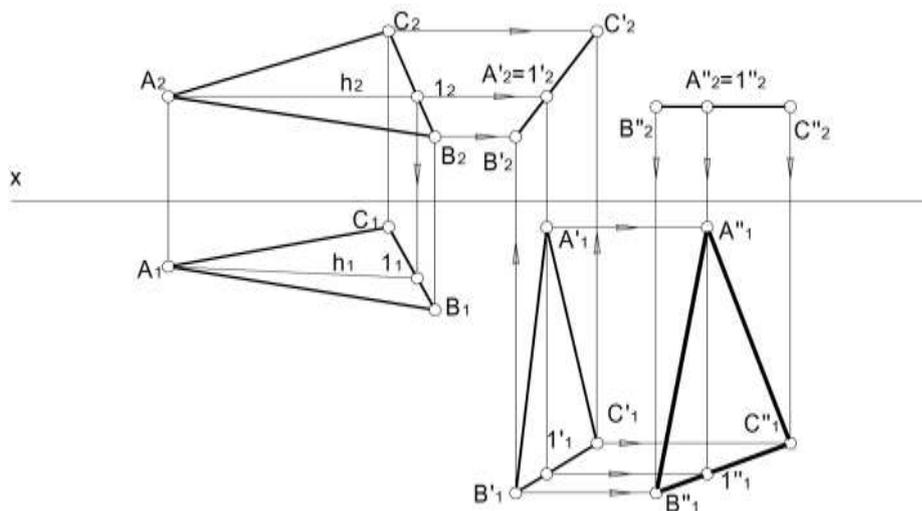


Рисунок 6.2. Определение натуральной величины треугольника методом плоскопараллельного перемещения

Способ вращения вокруг линии уровня применяется для преобразования плоскости общего положения в плоскость уровня и для определения натуральной величины плоской фигуры.

*Определение натуральной величины треугольника вращением вокруг линии уровня (рис. 6.3).*

Для определения формы и размеров плоской фигуры ее можно повернуть вокруг принадлежащей ей горизонтали или фронтали так, чтобы в результате вращения фигура расположилась параллельно одной из плоскостей проекций.

На рис 6.3 показано наглядное изображение вращения треугольника вокруг горизонтали. При повороте точка  $A$ , расположенная на оси вращения, останется на месте. Следовательно, для изображения горизонтальной проекции треугольника после поворота надо найти положение проекций других двух его вершин.

Каждая точка плоскости при ее вращении перемещается по окружности, принадлежащей плоскости, перпендикулярной к оси вращения, а величина радиуса вращения равна расстоянию от точки до оси вращения.

Если за ось вращения взята горизонталь, то окружность, представляющая траекторию движения точки, будет проецироваться на плоскость  $\pi_1$  в отрезок прямой, перпендикулярной горизонтальной проекции горизонтали. Центр вращения  $O$  находится в точке пересечения оси вращения  $h$  и перпендикуляра проведенного из точки.

Опуская из точки  $B_1$  перпендикуляр на  $A_1I_1$ , находят горизонтальную проекцию радиуса вращения точки  $B$  – отрезок  $O_1B_1$  (рис. 6.4), а затем фронтальную проекцию радиуса вращения точки  $B$  отрезок  $O_2B_2$ .

Теперь нужно определить натуральную величину радиуса вращения точки  $B$ . Радиус вращения определяется способом прямоугольного треугольника (рис. 6.4).  $O_1B^*_1$  – натуральная величина отрезка  $OB$ .

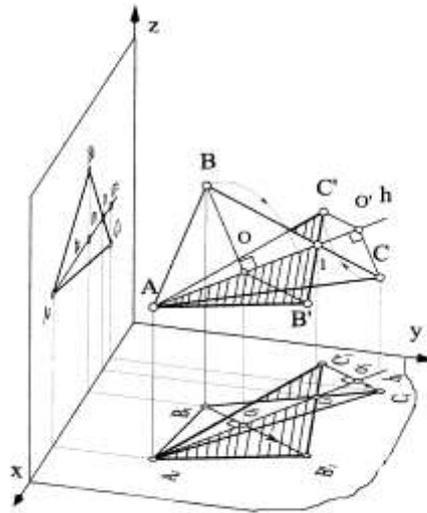


Рисунок 6.3 Наглядное изображение определения натуральной величины треугольника вращением вокруг линии уровня

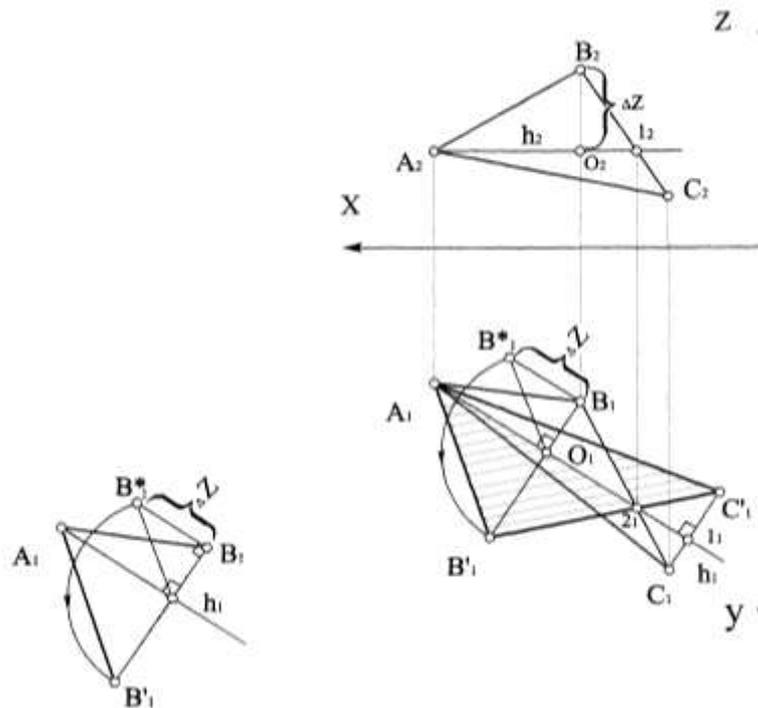


Рисунок 6.4. Определение натуральной величины треугольника вращением вокруг линии уровня

Теперь можно найти положение точки  $B'_1$ , а затем точки  $C'_1$ , причем не определять радиус вращения точки  $C$ , а найти положение точки  $C'_1$  в пересечении двух прямых, из которых одна является перпендикуляром проведенным из точки  $C_1$  к прямой  $A_1B_1$ , а

другая проходит через найденную точку  $B'_1$  и точку  $1_1$  (горизонтальной проекции точки 1, принадлежащей стороне  $BC$  и расположенной на оси вращения).

Проекция  $A'_1B'_1C'_1$  определит натуральную величину треугольника  $ABC$ .

2.1. Задание 41. Вращением вокруг линии уровня определить натуральную величину треугольника  $ABC$ .

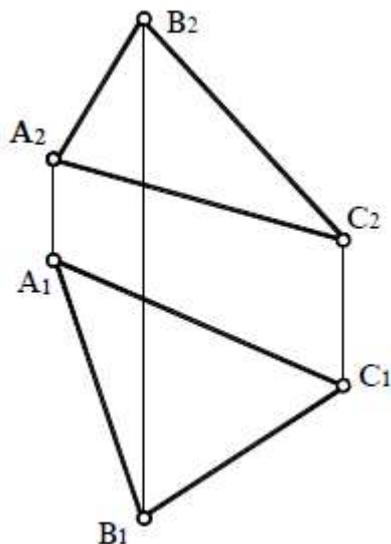


Рисунок 6.5.

Решение задачи см. рис. 6.4

2.2. Задание 42. Способом плоскопараллельного перемещения найти натуральную величину треугольника  $ABC$ .

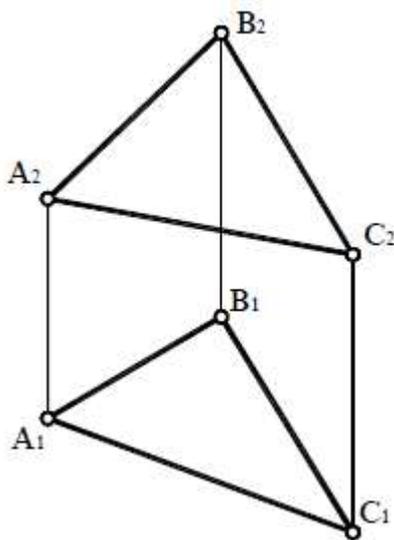


Рисунок 6.6.

Решение задачи см. рис. 6.2

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [1] на странице 19.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Решение выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи

### 5. Контрольные вопросы.

5.1. В чем заключается способ вращения вокруг линии уровня?

5.2. Какую прямую в плоскости треугольника следует принять за ось вращения, чтобы одним поворотом расположить его параллельно плоскости  $\pi_1$ ?

5.3. Сколько плоскопараллельных перемещений необходимо выполнить для преобразования плоскости общего положения в плоскость уровня?

## Лабораторная работа № 7 «Многогранники. Решение задач 53, 54, 69 – 70, 77, 79, 80, 85 из [1]» (3 ч)

### 1. Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – приобретение умений и навыков в построении проекций многогранников на две взаимно перпендикулярные плоскости проекций и в решении позиционных задач на многогранниках.

Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.3. Многогранники.

В Лабораторной работе № 7 студенты выполняют задачи на построение проекций многогранников, позиционные задачи: определение точек пересечения прямой с многогранником, линии пересечения плоскости с многогранником, линии пересечения многогранников.

### 2. Порядок выполнения работы.

*Определение линии пересечения многогранника плоскостью.*

В пересечении многогранника с плоскостью получается плоский многоугольник (рис. 7.1), вершины которого – точки пересечения ребер с плоскостью (напр.  $t.1 = SA \cap \alpha$ ), а стороны являются линиями пересечения граней с плоскостью (напр.  $|12| = SAB \cap \alpha$ ).

*Способ ребер.*

Для построения сечения используют следующий алгоритм:

1. Находят точки пересечения ребер многогранника с заданной плоскостью.
2. Строят отрезки прямых пересечения граней многогранника с заданной плоскостью, соединив каждые две точки, лежащие в одной и той же грани многогранника.
3. Определяют видимость. Стороны сечения, принадлежащие видимым граням будут видимыми, а лежащие в невидимых – невидимые.

На рис. 7.1 показано наглядное изображение пересечения пирамиды с фронтально проецирующей плоскостью.

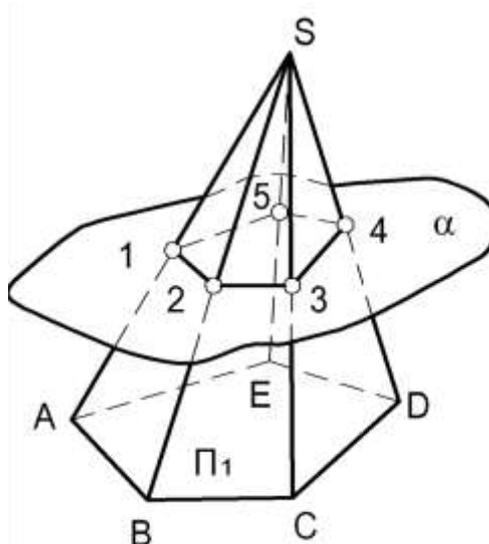


Рисунок 7.1. Пересечение многогранника плоскостью

Эпюр строят следующим образом. Так как плоскость – фронтально проецирующая, фронтальные проекции точек  $(1_2, 1'_2, 2_2, 2'_2, 3_2, 4_2)$  можно определить без дополнительных построений в месте пересечения фронтального следа плоскости с фронтальными проекциями ребер пирамиды.

Горизонтальные проекции  $(1_1, 1'_1, 2_1, 2'_1, 3_1, 4_1)$  строят в проекционной связи, определяя их на соответствующих горизонтальных проекциях ребер. Соединив их между собой, находят горизонтальную проекцию линии пересечения пирамиды с плоскостью.

#### *Способ граней.*

На рис. 7.2 показан чертеж призмы рассекаемой плоскостью общего положения, заданной следами  $\alpha (\alpha_1; \alpha_2)$ . В данном случае используют способ граней – строят прямые пересечения граней многогранника с заданной плоскостью. Так как грани призмы являются горизонтально проецирующими, проекции линии пересечения определяют аналогично проекциям линий пересечения плоскостей заданных следами. Затем определяют точки пересечения ребер призмы с полученными прямыми.

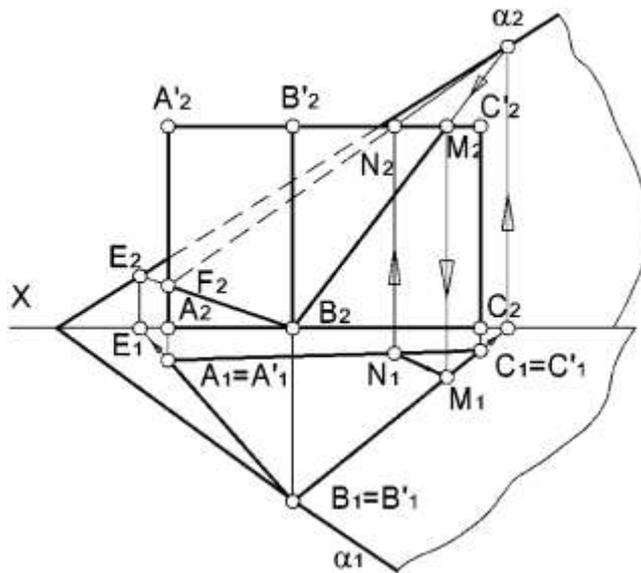


Рисунок 7.2. Пересечение призмы с плоскостью

*Определение пересечения прямой линии с многогранником.*

На рис. 7.3 показано наглядное изображение построения точек пересечения прямой с пирамидой. Задача решается следующим образом.

1. Прямую заключают в проецирующую секущую плоскость ( $l \in \alpha, \alpha \perp \Pi_2$ ).
2. Определяют линии пересечения многогранника с вспомогательной секущей плоскостью (напр.  $SAB \cap \alpha = 12$ ).
3. Находят точки пересечения прямой с контуром сечения ( $K, L$ ).

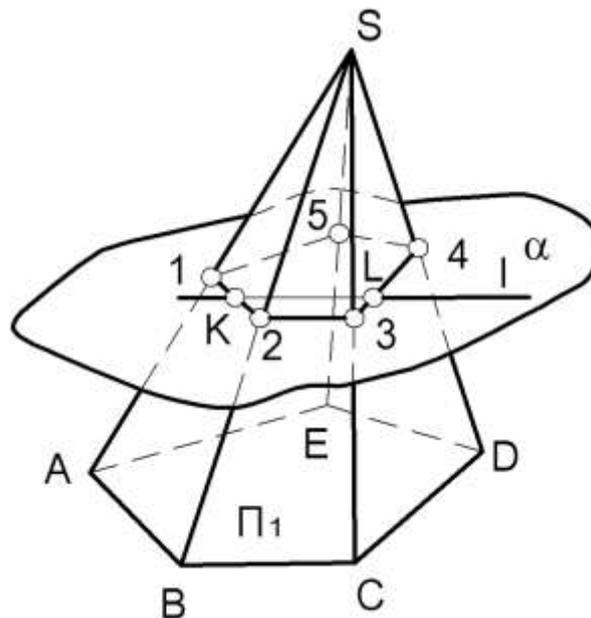


Рисунок 7.3. Пересечение прямой с многогранником

Определение линий пересечения многогранников.

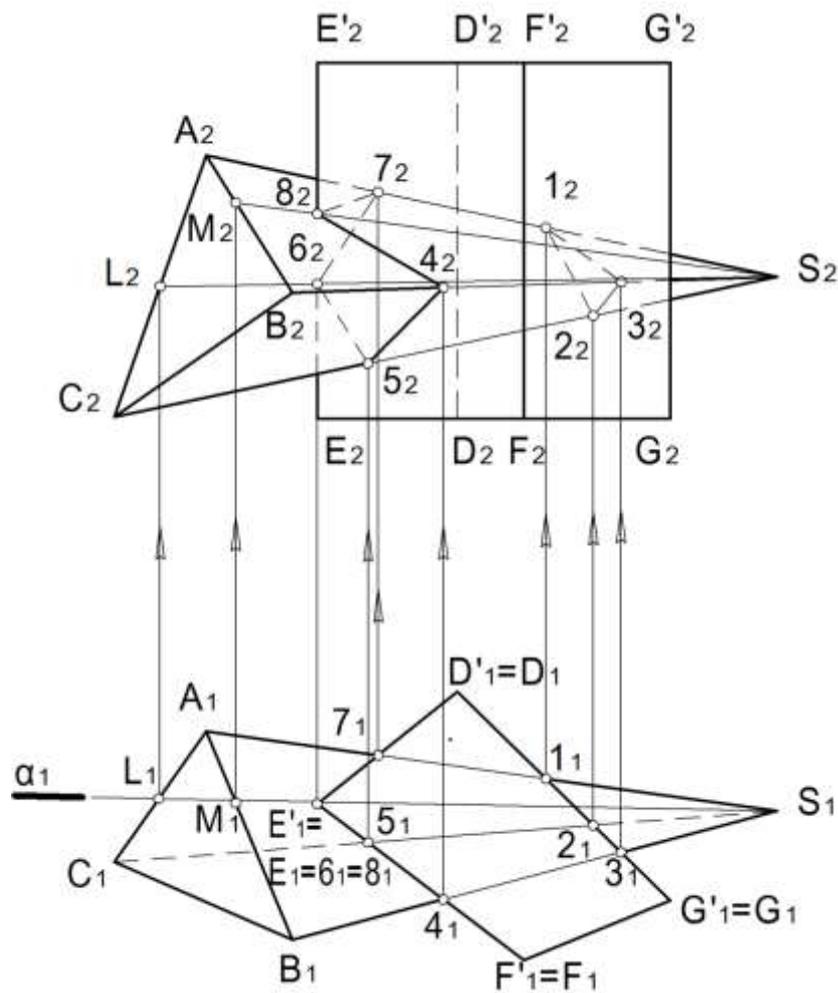


Рисунок 7.4. Построение линии пересечения многогранников

На рис. 7.4 показано определение линии пересечения прямой призмы и пирамиды. Так как грани призмы являются горизонтально-проецирующими плоскостями, горизонтальные проекции точек пересечения ребер пирамиды с гранями призмы определяются без дополнительных построений. Фронтальные проекции этих точек находят в проекционной связи  $(1_2, 2_2, 3_2, 4_2, 5_2, 7_2)$ . Точки 7 и 8 являются точками пересечения ребра призмы с пирамидой. Определяются как в задаче, показанной на рис.3.2. Также можно заключить ребро призмы в горизонтально проецирующую плоскость  $\alpha$ , определить линии перенесения  $\alpha$  с гранями пирамиды  $(LS, MS)$ , фронтальные проекции определяются в проекционной связи. Пересечение этих прямых и ребра даст искомые точки 7 и 8.

Определив все фронтальные проекции точек, их последовательно соединяют с учетом видимости.

2.1. Задача 53. Построить проекции призмы по ее основанию и направлению ребра.  
 Длина ребра 40 мм.

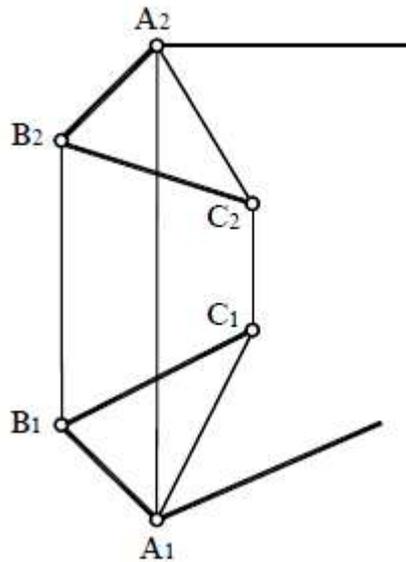


Рисунок 7.5.

Находят проекции ребра призмы при точке  $A$ . Т. к. оно является отрезком горизонтальной прямой и на горизонтальную плоскость спроецируется в натуральную величину, отложив от точки  $A_1$  40 мм, находят точку  $A'_1$ . Фронтальную проекцию точки  $A'$  определяют в проекционной связи. Проекции остальных ребер должны быть параллельны соответствующим проекциям ребра  $A_1A'_1$  и иметь такую же длину. Соединив полученные точки, находят проекции второго основания призмы. Видимость ребер определяют методом конкурирующих точек.

2.2. Задача 54. Определить, принадлежит ли точка  $K$  поверхности пирамиды. Построить горизонтальную проекцию линии  $MN$ , принадлежащей грани  $SBC$ .

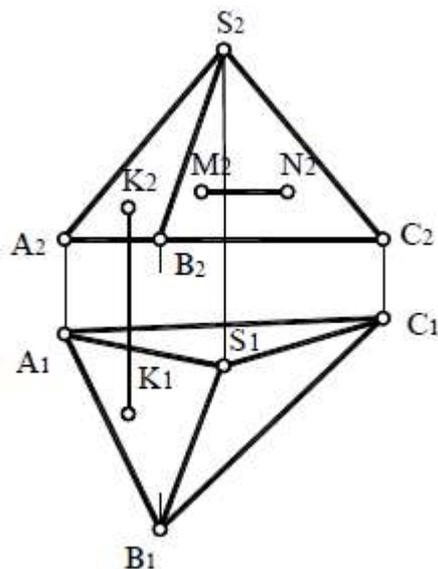


Рисунок 7.6.

Необходимо через проекции точек  $K$ ,  $M$ ,  $N$  провести линии. Определить точки пересечения этих линий с ребрами пирамиды на плоскостях  $\pi_1$  и  $\pi_2$ , а затем найти горизонтальные проекции точек  $M$  и  $N$ , и определить принадлежит горизонтальная проекция точки  $K$  линии.

2.3. Задание 69. Построить горизонтальные проекции линии пересечения скатов крыши.

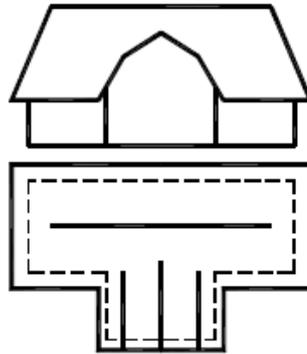


Рисунок 7.7.

Горизонтальные проекции боковых скатов крыши определяют в проекционной связи. Линию пересечения крыши пристройки находят как совокупность отрезков прямых пересечения плоскостей частного положения с плоскостью общего положения (см. задачу 67 а)

2.4. Задание 70. Построить недостающие проекции линий пересечения поверхностей пирамиды (а) и призмы (б) заданными проецирующими плоскостями.

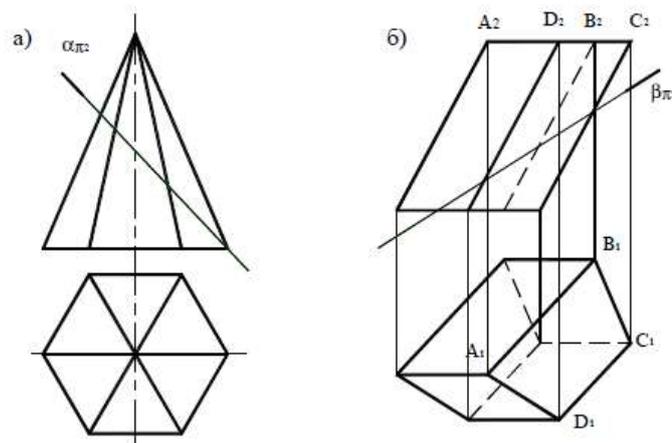


Рисунок 7.8.

Задача решается методом ребер (см. рис. 7.2)

Определяют фронтальные проекции точек пересечения плоскости с ребрами пирамиды и призмы. Затем по линиям связи определяют горизонтальные проекции этих точек и соединяют, предварительно определив видимость методом конкурирующих точек.

2.5. Задание 77. Построить проекции линии пересечения поверхности призмы плоскостью  $\alpha(a \parallel b)$ .

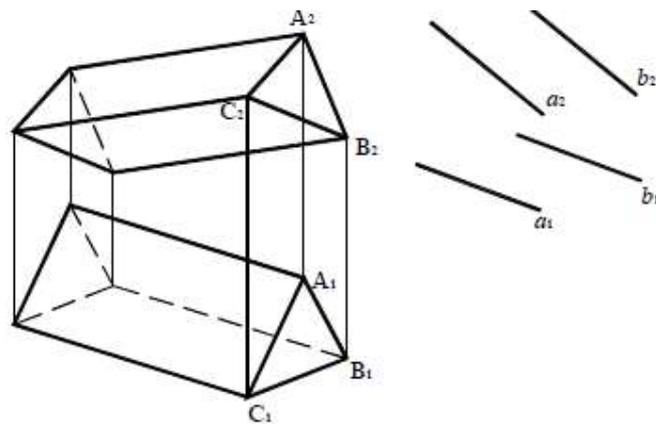


Рисунок 7.9.

Продольные ребра призмы заключают в проецирующие плоскости и находят точки пересечения с прямыми, задающими плоскость  $\alpha$ . Проведя линии связи, получают горизонтальные проекции линий пересечения плоскостей. Затем находят горизонтальные проекции точек пересечения ребер призмы с плоскостью  $\alpha$  в пересечении полученных линий с ребрами призмы. По линиям связи находят на ребрах фронтальные проекции точек. Соединив полученные проекции точек, получают проекции линий пересечения.

2.6. Задание 79. Задан участок автомобильной дороги с откосами насыпи и два участка спроектированного газопровода  $AB$  и  $AC$ . Какой из них можно построить?

Решают задачу на пересечение прямой линии с многогранником (алгоритм решения задачи представлен в описании к рис. 7.3)

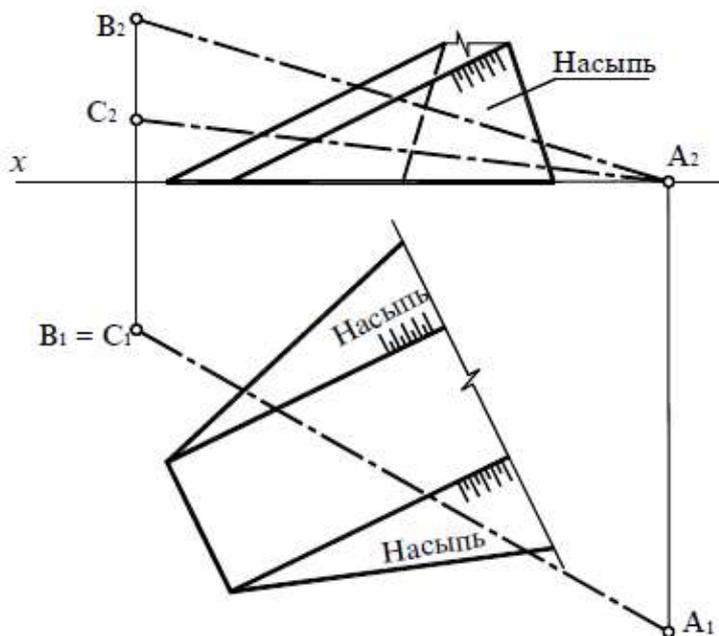


Рисунок 7.10.

2.7. Задание 80. Найти проекции точек пересечения прямой  $l$  с поверхностью: а) наклонной призмы; б) пирамиды.

Алгоритм решения задачи представлен в описании к рис. 7.3

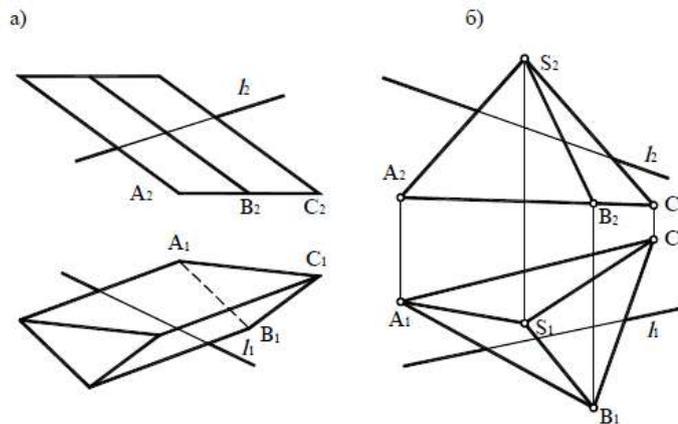


Рисунок 7.11.

Прямую заключают в вспомогательную проецирующую секущую плоскость. Строят линию пересечения многогранника секущей плоскостью. Определяют точки пересечения прямой с контуром сечения. Полученные точки проецируют на другую плоскость проекций, определяют видимость точек пересечения и участков прямой методом конкурирующих точек.

2.8. Задание 85. Построить проекции линий пересечения многогранников, показать видимость.

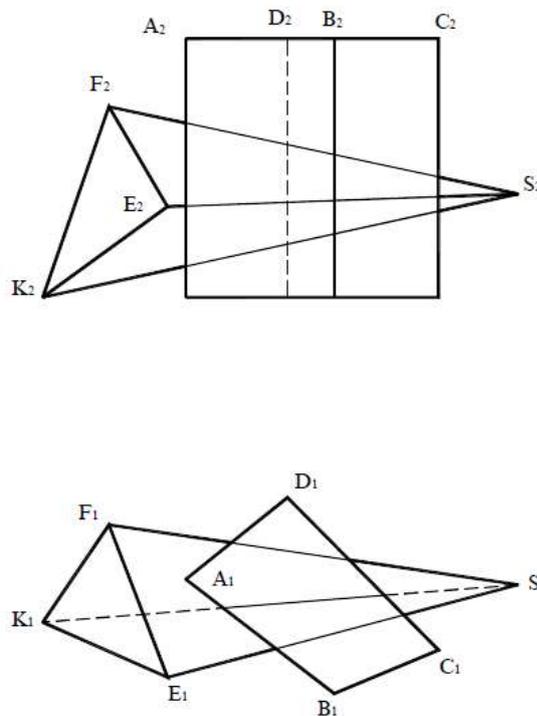


Рисунок 7.12.

Решение задачи аналогично представленной на рис. 7.4.

Сначала определяют точки пересечения ребер пирамиды с призмой в горизонтальной проекции. С помощью линий связи строят фронтальные проекции точек. Точки пересечения вертикального ребра призмы с гранями пирамиды определяют с помощью прямой линии, проведенной через ребро и вершину пирамиды. Находят фронтальные проекции точек пересечения этой линии с ребрами пирамиды и соединяют с вершиной пирамиды  $S$ . Линии проходят через ребро призмы в искомым точках. Последовательно соединяют построенные проекции точек отрезками прямых. Затем определяют видимость ребер и линий пересечения.

### **3. Варианты индивидуальных заданий.**

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 25, 31, 36-38, 41.

### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Решение выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### **5. Контрольные вопросы.**

- 5.1. Что называется многогранником?
- 5.2. Как образуется многогранная поверхность?
- 5.3. Этапы определения точки пересечения прямой с многогранником.
- 5.4. Способы определения линии пересечения многогранника с плоскостью.

## **Лабораторная работа № 8 «Кривые линии. 43, 44, 48 – 51 из [1]»**

### **1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – освоение построений проекций плоских и пространственных кривых.

Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.4. Кривые линии.

В Лабораторной работе № 8 студенты выполняют задачи на построение проекций плоских кривых, касательной к кривой, винтовых цилиндрической и конической линий.

## 2. Порядок выполнения работы.

2.1. Задание 43. Построить фронтальную проекцию плоской кривой  $ABC$ .

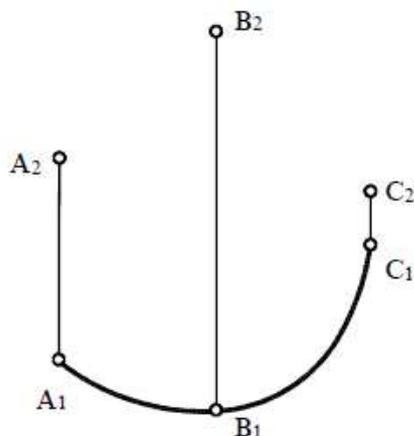


Рисунок 8.1.

Соединяют точки  $A$ ,  $B$  и  $C$  прямыми линиями. Затем из горизонтальных проекций  $A$  и  $C$  проводят произвольные лучи и находят горизонтальные проекции точек пересечения с прямыми и с кривой линиями. По линиям связи определяют фронтальные проекции точек пересечения лучей с прямыми линиями, соединяют их и находят на них фронтальные проекции точек пересечения лучей с кривой линией. Соединив эти точки, получают фронтальную проекцию плоской кривой  $ABC$ .

2.2. Задание 44. Построить касательную к кривой линии  $l$ , проходящую через заданную точку  $A$ .

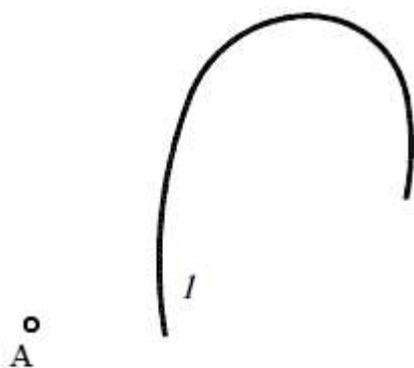


Рисунок 8.2.

Касательную к кривой можно построить методом «кривой ошибок». Для построения кривой ошибок из точки, через которую должна проходить касательная, проводят лучи, пересекающие заданную кривую. Определяют точки лежащие на середине хорд и соединив их получают "кривую ошибок".

2.3. Задание 48. Вычертить проекции траектории точки  $K$ , которая вращается вокруг прямой  $h$ .

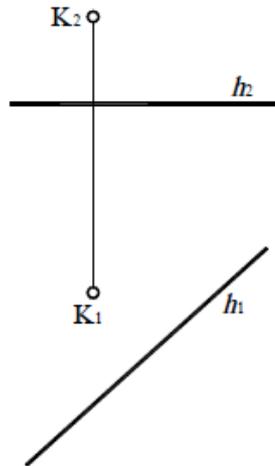


Рисунок 8.3.

Фронтальной проекцией окружности будет эллипс, большая ось которого равна диаметру окружности, а горизонтальной проекцией – отрезок прямой перпендикулярный  $h_1$  и равный диаметру окружности.

Определяют центр окружности опустив перпендикуляр из горизонтальной проекции точки  $K$  к горизонтальной проекции горизонтали (т. к. плоскость окружности перпендикулярна  $h$ ). Методом прямоугольного треугольника находят натуральную величину радиуса  $OK$ . Находят горизонтальную проекцию траектории точки  $K$ . Для определения фронтальной проекции, в проекционной связи находят малую ось эллипса, большую ось находят, отложив на перпендикуляре натуральную величину радиуса окружности, и находят еще три точки симметрично точке  $K$ .

2.4. Задание 49. Построить проекции окружности, расположенной во фронтально-проецирующей плоскости, если отрезок  $EF$  является ее диаметром.

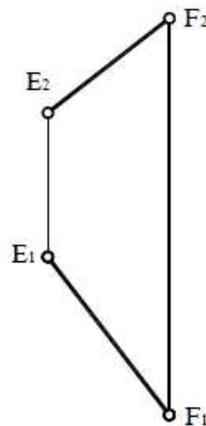


Рисунок 8.4.

Задача решается аналогично предыдущей. Центр окружности находят, разделив отрезок  $EF$  пополам.

2.5. Задание 50. Построить проекции правой цилиндрической винтовой линии, описываемой точкой  $A$ , с шагом 40 мм.

Делят окружность на равные части, а шаг винтовой линии (40 мм) на такое же количество равных частей. Пересечение одноименных фронтальных и горизонтальных линий даст точки винтовой линии. Соединяют эти точки с учетом видимости, получая гелису (цилиндрическую винтовую линию).

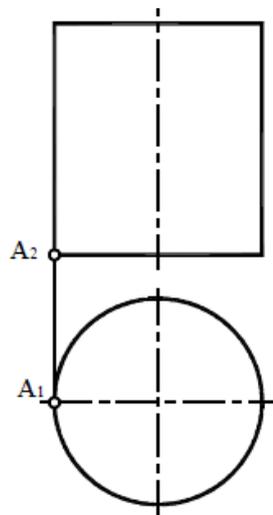


Рисунок 8.5.

2.6. Задание 51. Построить проекции левой конической винтовой линии, описываемой точкой  $A$ , с шагом, равным высоте конуса.

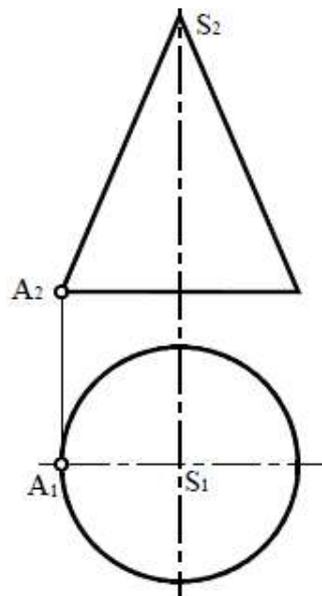


Рисунок 8.6.

Делят окружность – горизонтальную проекцию конуса на равные части (соединив полученные точки с  $S_1$ , находят горизонтальные проекции образующих), а высоту фронтальной проекции конуса на такое же количество равных частей. На фронтальной проекции измеряют радиус окружности – параллели конуса, которая пересечется с винтовой линией. Вычерчивают горизонтальную проекцию параллели, и находят точку пересечения с соответствующей образующей. В проекционной связи находят фронтальную проекцию точки. Аналогично определяют остальные точки винтовой линии. Соединяют точки с учетом видимости.

### **3. Варианты индивидуальных заданий.**

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 20, 22.

### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Решение выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### **5. Контрольные вопросы.**

- 5.1. Как образуется кривая линия?
- 5.2. Какие кривые называются плоскими и пространственными?
- 5.3. Назовите основные свойства проекций плоских кривых линий.
- 5.4. Что называется касательной к кривой и нормалью в какой-либо точке плоской кривой?
- 5.5. Какие точки кривых называются особыми? Перечислите их.
- 5.6. Какие кривые линии называются кривыми второго порядка?
- 5.7. Во что преобразуется окружность, лежащая во фронтально-проецирующей плоскости на  $\pi_1$  и  $\pi_2$ ?
- 5.8. В какие линии проецируется цилиндрическая и коническая винтовые линии на плоскости проекций?

## Лабораторная работа № 9 «Поверхности. Решение задач 55, 62, 64, 66, а, б из [1]»

### 1. Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – освоение построений проекций кривых поверхностей.

Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.5. Кривые поверхности.

В Лабораторной работе № 9 студенты выполняют задачи на построение проекций цилиндрических, конических, торовых поверхностей, линий принадлежащих поверхностям.

### 2. Порядок выполнения работы.

2.1. Задача 55. Построить проекции каркаса следующих поверхностей: а) цилиндрической, длина образующей которой равна 35 мм; б) конической. Найти горизонтальную проекцию линии, принадлежащей этой поверхности.

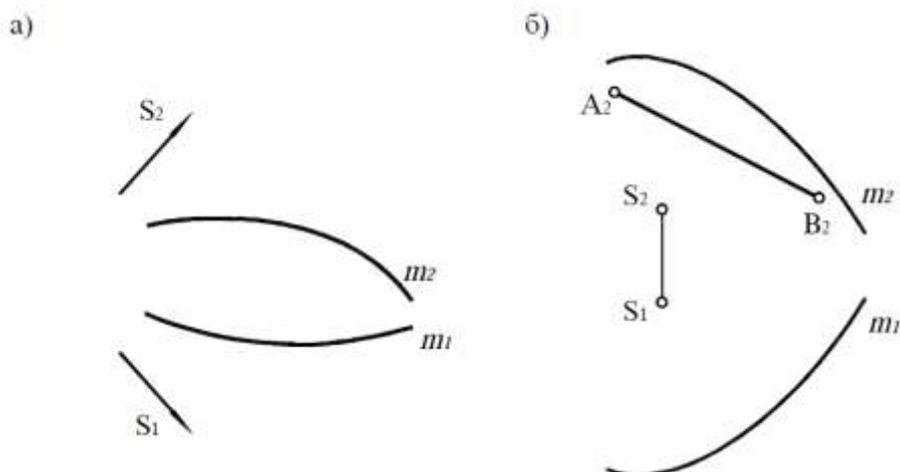


Рисунок 9.1.

Каркас задают множеством образующих. Для цилиндрической поверхности проводят первую образующую параллельно направлению  $S$  и находят длину ее проекций, решая задачу аналогичную задаче 10. Определяют еще несколько точек на кривой  $m$  и проводят остальные образующие через них параллельно первой (длины проекций образующих должны быть равными соответствующим проекциям первой образующей). Полученные точки соединяют.

Для конической поверхности на кривой  $m$  определяют несколько точек и соединяют их проекции с соответствующими проекциями  $S$ . Проводят еще две образующие через точки  $A$  и  $B$ . Горизонтальные проекции точек кривой  $AB$  находят в проекционной связи на соответствующих образующих.

2.2. Задание 62. Построить очерк конуса вращения, если точка  $A$  принадлежит его поверхности. Основание конуса принадлежит плоскости  $\pi_1$ .

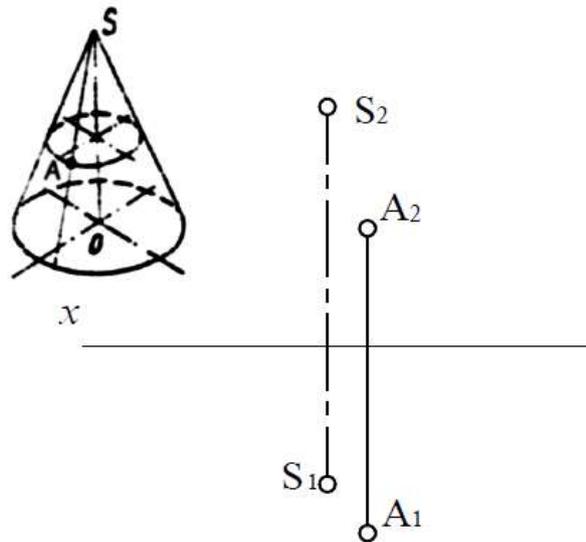


Рисунок 9.2.

Проводят образующую конуса  $SA$  и находят ее точку пересечения с горизонтальной плоскостью проекций. Из точки  $S_1$ , через горизонтальную проекцию полученной точки проводят горизонтальную проекцию основания конуса. В проекционной связи находят фронтальную проекцию основания и соединяют с фронтальной проекцией вершины конуса.

2.3. Задание 64. Построить очерк поверхности открытого тора, если диаметр горла 20 мм, диаметр образующей 20 мм. Ось поверхности – горизонтально-проецирующая прямая.



Рисунок 9.3.

Построение начинают с горизонтальной проекции. Из центра  $i_1$  проводят три окружности – очерк тора – диаметром  $20 + 20 \cdot 2$ , горла – диаметром 20 мм, осевую линию

– траекторию перемещения центра образующей – диаметром  $20 + 10 \cdot 2$ . В проекционной связи определяют фронтальную проекцию тора.

2.4. Задание 66. Построить недостающие проекции линий, принадлежащих поверхности: а) цилиндра; б) сферы.

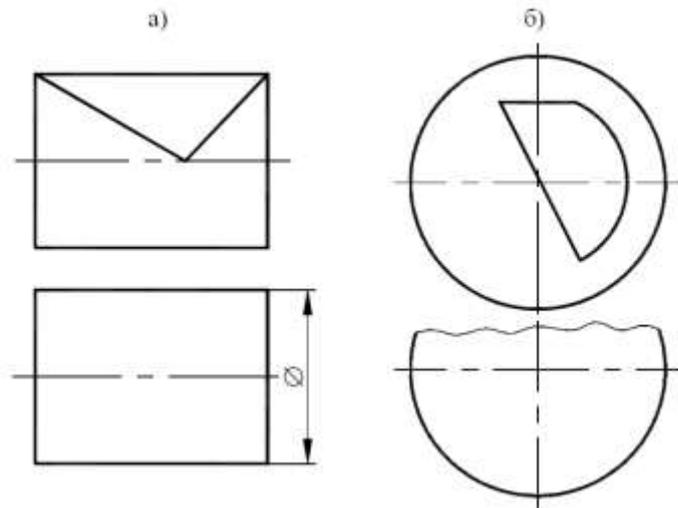


Рисунок 9.4.

Для построения недостающей проекции линии необходимо достроить профильную проекцию цилиндра. На линии выбирают точки и находят их на профильной проекции. На профильной проекции измеряют расстояния от оси до профильных проекций точек и по линиям связи находят их горизонтальные проекции. Соединив проекции точек, получают искомую проекцию линии.

Для построения недостающей проекции линии на сфере во фронтальной проекции выбирают точки и находят их горизонтальные проекции на соответствующих параллелях, радиус которых измеряют на фронтальной проекции (расстояние от оси симметрии до очерка сферы). Соединяют эти проекции точек с учетом видимости и получают искомую проекцию линии. При этом следует учитывать, что горизонтальная линия (фронтальная проекция) на сфере будет в горизонтальной плоскости проекций – фрагментом окружности, а линия в виде части окружности на фронтальной плоскости проекций – на горизонтальной плоскости будет отрезком прямой.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 25, 28-29.

#### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Решение выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

#### **5. Контрольные вопросы.**

5.1. Назовите способы образования поверхностей.

5.2. Что называется определителем и каркасом поверхности?

5.3. Как классифицируются поверхности по виду образующей и по закону ее движения?

5.4. Какие поверхности относятся к классу линейчатых развертываемых?

5.5. Назовите поверхности, образованные вращением прямой линии, окружности, эллипса, гиперболы и параболы.

**Лабораторная работа № 10 «Позиционные задачи на кривых поверхностях. Решение задач 72, 75, 81 – 83 из [1]» (3 ч)**

#### **1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – приобретение умений и навыков в решении задач построения вырезов на кривых поверхностях и точек пересечения прямых с поверхностями. Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.5. Кривые поверхности.

В Лабораторной работе № 10 студенты выполняют задачи на построение проекций вырезов на цилиндрических, конических, сферических поверхностях, линий пересечения поверхностей плоскостью общего положения, точек пересечения поверхностей с линиями.

#### **2. Порядок выполнения работы.**

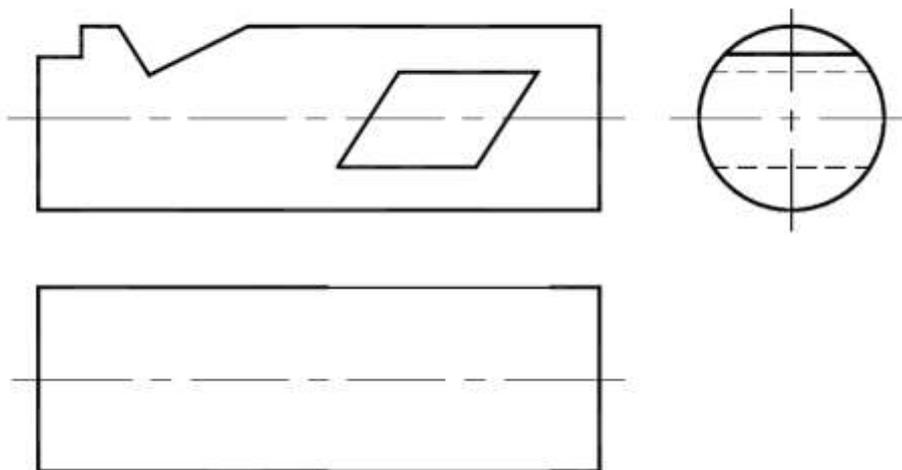
2.1. Задание 72. Построить горизонтальные проекции вырезов на поверхности: а) цилиндра; б) конуса; в) сферы.

Линии вырезов на цилиндре в пересечении горизонтальными плоскостями представляют собой отрезки прямых, в пересечении фронтально-проецирующими плоскостями – эллипсы. Сначала определяют профильные проекции точек линий вырезов (на очерке), затем в проекционной связи находят их в горизонтальной проекции.

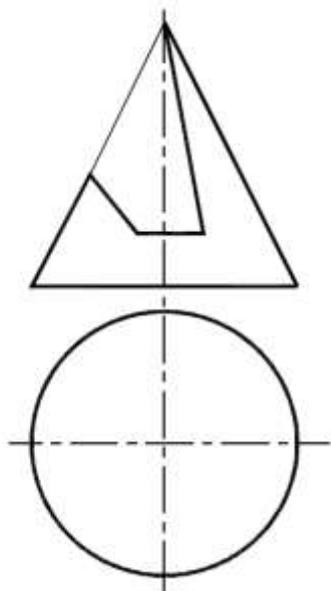
Линия выреза на конусе ограничена двумя прямыми – образующими (плоскость проходящая через вершину), дугами окружности (плоскость параллельная основанию) и эллипсом (фронтально-проецирующая плоскость). Точки эллипса находят через вспомогательные секущие плоскости.

Горизонтальная проекция линии сечения сферы плоскостями ограничена окружностями и эллипсом. Эллипс строят через вспомогательные секущие плоскости. Обязательно определяют точки на экваторе и главном меридиане.

а)



б)



в)

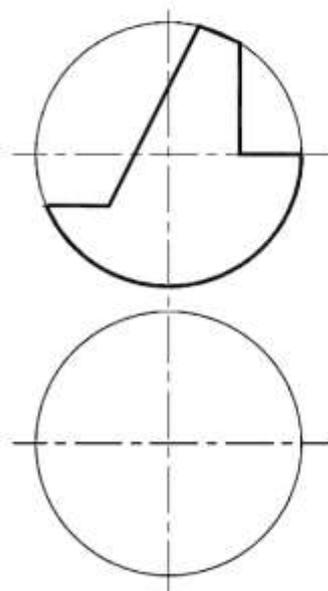


Рисунок 10.1.

2.2. Задание 75. Построить проекции линий пересечения цилиндрической (а) и конической (б) поверхностей, заданными плоскостями общего положения.

Для определения линии пересечения цилиндра плоскостью общего положения (а) находят опорные точки, в которых плоскость  $\alpha$  пересекает основание цилиндра по прямой линии. Находят высшую точку сечения в плоскости  $\varphi$ , перпендикулярной горизонтальному следу  $\alpha_{\pi_1}$ . Для этого проводят через ось цилиндра горизонтально-проецирующую вспомогательную плоскость  $\varphi$  и находят линию пересечения плоскостей  $\alpha$  и  $\varphi$ . В проекционной связи находят точку пересечения этой линии с поверхностью цилиндра. Остальные точки кривой определяют в местах пересечения горизонталей плоскости  $\alpha$  с поверхностью цилиндра.

Для линии пересечения конуса плоскостью общего положения строится также горизонтальная проекция. Точки определяют с помощью вспомогательных горизонтальных секущих плоскостей. Для определения проекций высшей точки сечения строят образующие конуса в пересечении с плоскостью  $\varphi$ .

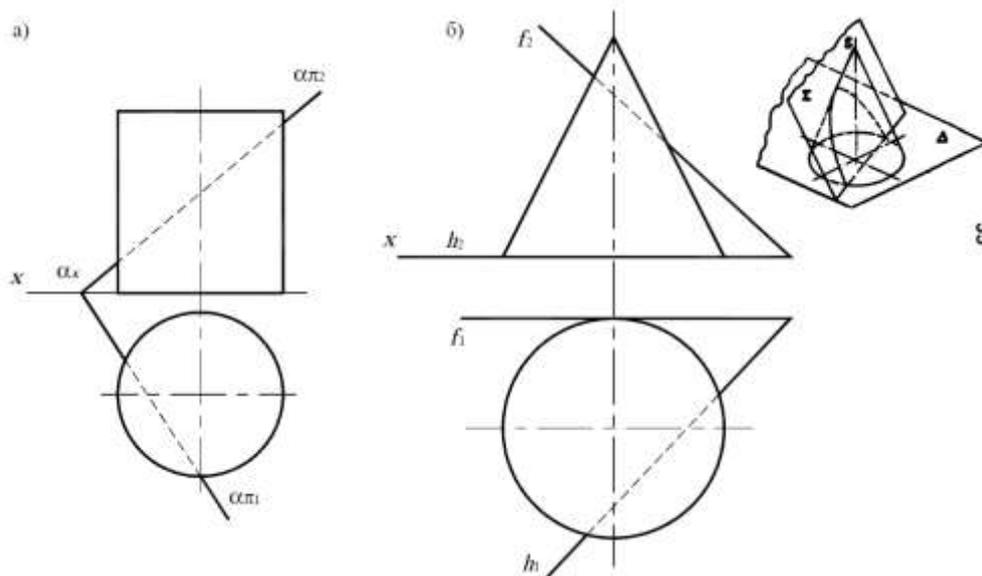


Рисунок 10.2.

2.3. Задание 81. Определить проекции точек пересечения линии  $l$  с заданными поверхностями.

В первой задаче точку пересечения определяют на образующей, лежащей в одной плоскости с прямой  $l$ . Сначала проводят горизонтальную проекцию (через  $l_1$ ), в проекционной связи определяют фронтальную проекцию образующей. Определяют фронтальную проекцию точки пересечения прямой  $l$  и образующей.

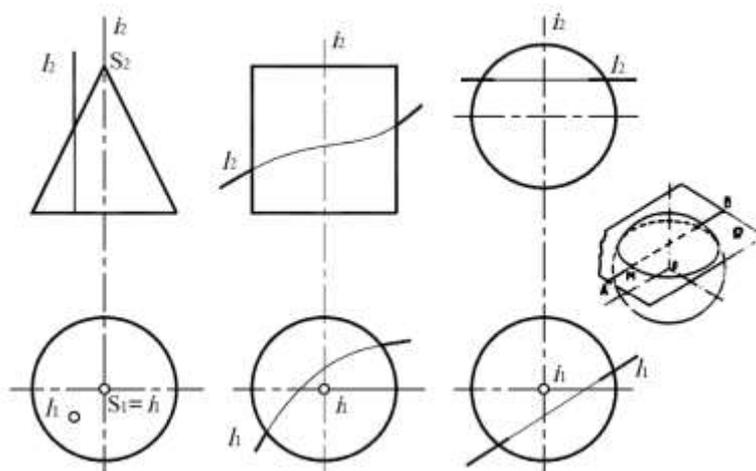


Рисунок 10.3.

Во второй задаче сначала находят горизонтальные проекции точек пересечения кривой линии с цилиндром (на очерке). Фронтальные проекции находят в проекционной связи.

В третьей задаче прямую  $l$  (горизонталь) заключают в горизонтальную плоскость, определяют линию пересечения сферы с плоскостью (фронтальная проекция – отрезок, горизонтальная – окружность). Далее определяют точки пересечения этой линии с прямой  $l$ .

2.4. Задание 82. Построить проекции точек пересечения прямой  $l$  с поверхностью а) наклонного цилиндра; б) конуса.

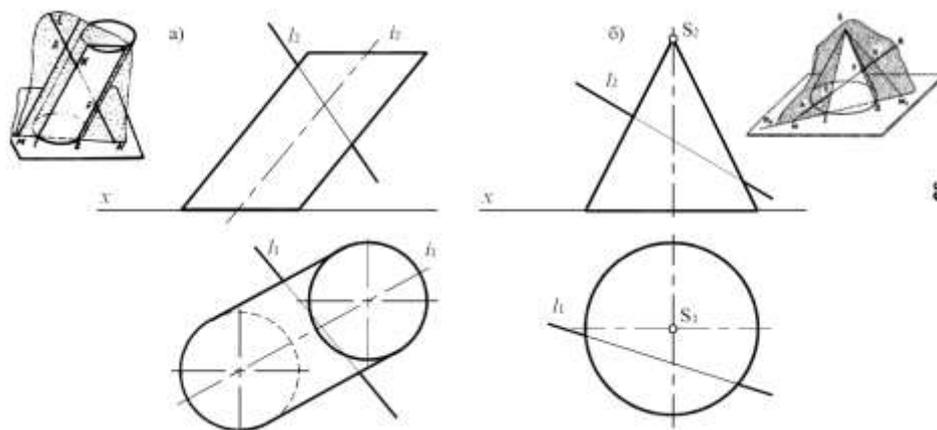


Рисунок 10.4.

Прямую  $l$  заключают в плоскость, которая пересекала бы поверхности по образующим. Плоскость задают пересекающимися прямыми:  $l$  и прямой параллельной образующей цилиндра (для конуса такую прямую проводят через вершину). Проводят фронтальную проекцию, определяют точку пересечения с прямой  $l$ . В проекционной связи находят горизонтальную проекцию точки и через нее строят горизонтальную проекцию параллельно образующей цилиндра. Определяют горизонтальный след плоскости. Строят сечение цилиндра. Определяют точки пересечения с прямой  $l$ .

2.5. Задание 83. Построить проекции точек пересечения прямой  $l$  с поверхностью сферы.

Задача решается методом замены плоскостей проекций. Прямую  $l$  заключают в горизонтально-проецирующую плоскость  $\beta$ . Плоскость  $\pi_2$  заменяют на  $\pi_4$ , параллельную плоскости  $\beta$ . Находят проекции сферы, прямой  $l$  и сечения плоскостью  $\beta$  (окружность) на плоскость  $\pi_4$ . Определяют проекции точек пересечения прямой на  $\pi_4$ . Определяют в проекционной связи проекции этих точек на горизонтальную и фронтальную плоскости.

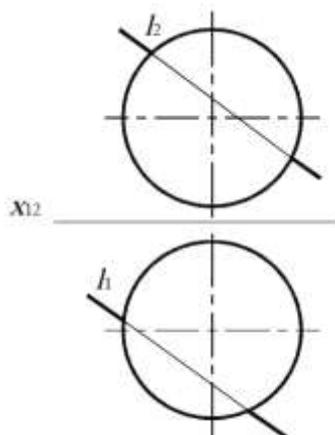


Рисунок 10.5.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 33, 35, 38-40.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Решение выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи

### 5. Контрольные вопросы.

5.1. Как решается в общем виде задача по определению недостающих проекций точек, принадлежащих поверхности?

5.2. Сформулируйте алгоритм решения задач на построение линий пересечения плоскости с поверхностью.

5.3. Назовите этапы решения задачи на пересечение прямой линии с поверхностью.

5.4. Назовите этапы решения задачи на пересечение плоскости общего положения с поверхностью.

**Лабораторная работа № 11 «Взаимное пересечение поверхностей. Решение задач  
88, 91, 95, 96, 99 из [1]» (4 ч)**

**1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – приобретение умений и навыков в решении задач на определение линий пересечения кривых поверхностей методами секущих плоскостей и концентрических сфер. Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.6. Взаимное пересечение поверхностей.

В Лабораторной работе № 11 студенты выполняют задачи на построение проекций линий пересечения цилиндрических, конических, сферических поверхностей методами секущих плоскостей и концентрических сфер.

**2. Порядок выполнения работы.**

2.1. Задание 88. Каким способом решается каждая задача на построение линии пересечения поверхностей и почему?

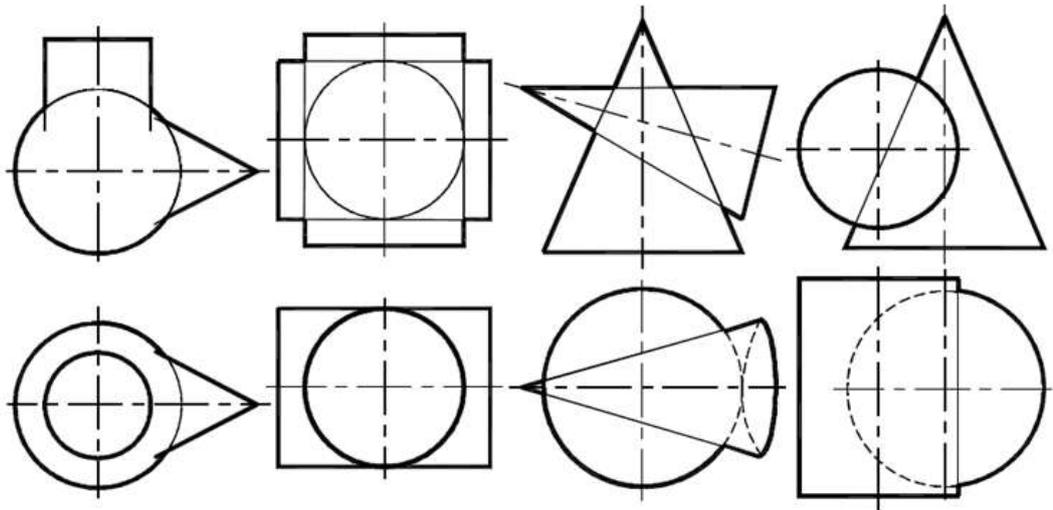


Рисунок 11.1.

Конус и цилиндр пересекаются с поверхностью сферы по окружности, т. к. эти поверхности соосные. Цилиндры пересекаются по теореме Монжа, т. к. в них можно вписать сферу, линиями их пересечения будут два эллипса. При определении линий пересечения конусов используется метод концентрических сфер. При построении линии пересечения цилиндра и конуса используется метод проецирующих секущих плоскостей.

2.2. Задание 91. Построить проекции линии пересечения двух поверхностей: а) сферы и призмы; б) сферы и конуса.

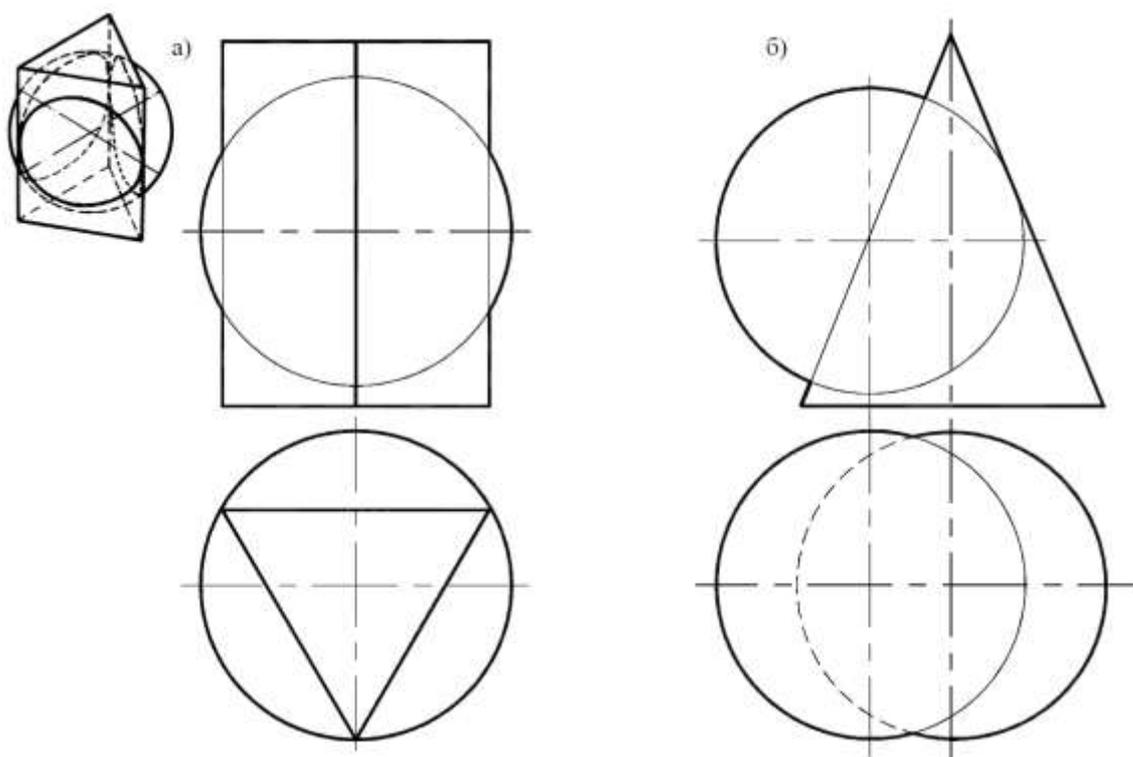


Рисунок 11.2.

Определение проекций линии пересечения сферы и призмы начинают с построения опорных точек. Линия пересечения определяется с помощью секущих плоскостей, параллельных  $\pi_2$ . В горизонтальной проекции линии пересечения совпадают с очерком призмы. На них берут точки и по линиям связи находят фронтальные проекции, соединяют их с учетом видимости. Одна линия пересечения проецируется на фронтальную плоскость в виде окружности, а две другие в виде эллипса.

Определение проекций линии пересечения сферы и конуса начинают с построения опорных точек. Проводят секущую плоскость, параллельную  $\pi_1$  и перпендикулярную  $\pi_2$ , которая пересечет сферу по окружности радиуса  $R$ , а конус – по окружности радиуса  $r$ . В пересечении этих окружностей на плоскости  $\pi_1$  находятся горизонтальные проекции точек пересечения, а по линиям связи – фронтальные. Затем проводят еще несколько плоскостей и находят дополнительные точки. Соединив проекции точек с учетом видимости, получают проекции линии пересечения поверхностей.

2.3. Задание 95. Построить горизонтальную проекцию элемента деревянной конструкции.

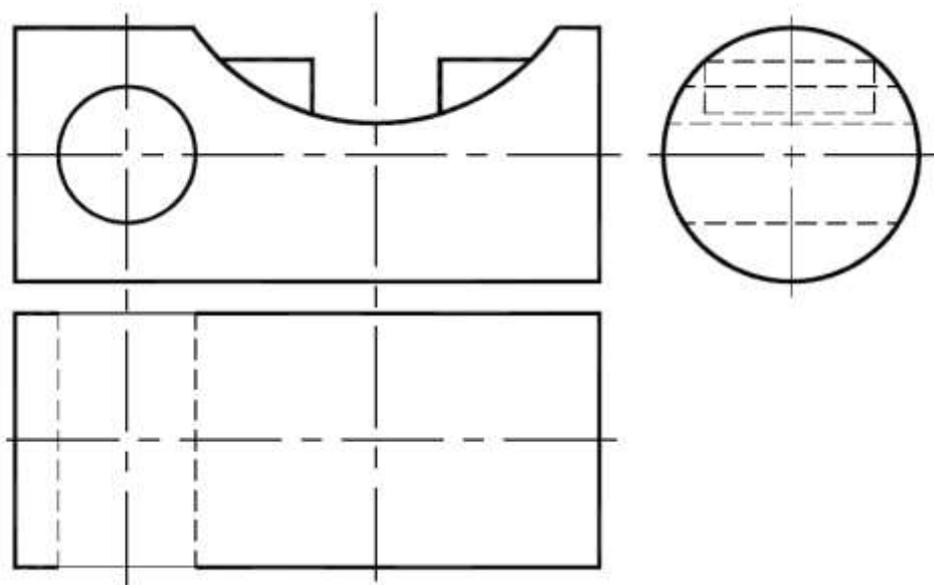


Рисунок 11.3.

Задача решается аналогично предыдущей методом секущих плоскостей. Горизонтальные проекции линии пересечения цилиндра с вспомогательными плоскостями находят через профильную проекцию, определив расстояния до плоскости симметрии.

2.4. Задание 96. Построить проекции линий пересечения заданных поверхностей вращения.

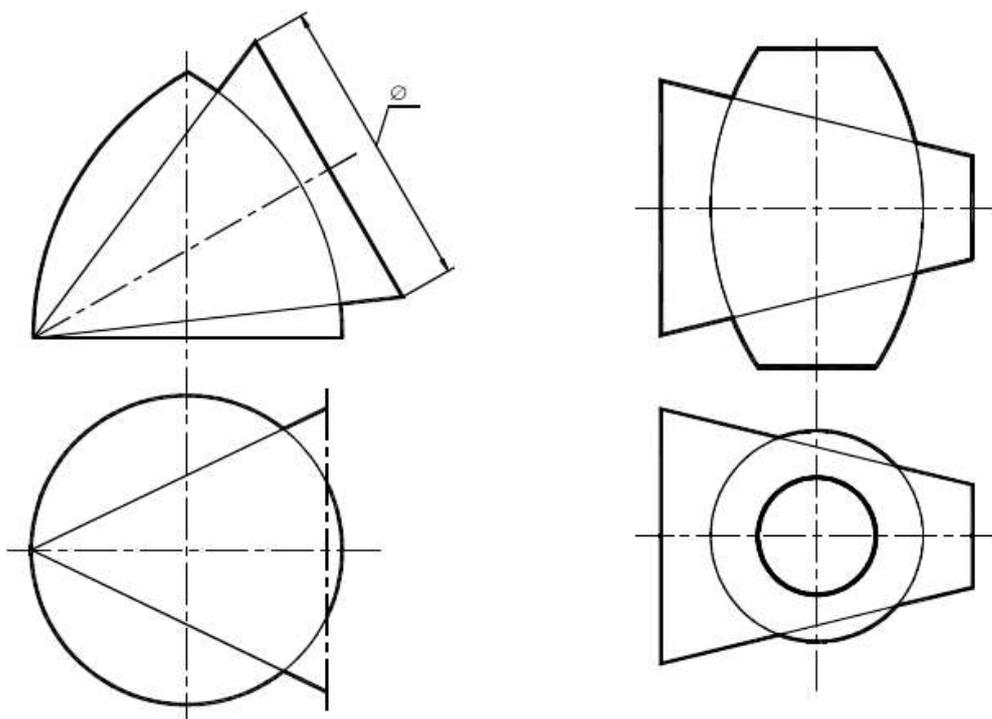


Рисунок 11.4.

Определение проекций линий пересечения поверхностей вращения начинают с опорных точек. Затем решают задачи методом концентрических сфер. Чтобы определить точку перегиба линии пересечения, необходимо задать сферу минимального радиуса. Ее выбирают так, чтобы она вписалась в очерк одной поверхности и пересекала очерк другой поверхности. На основании теории о соосных поверхностях заданные поверхности будут пересекаться со сферой по окружностям, которые на  $\pi_2$  проецируются в отрезки прямых. В пересечении этих отрезков отмечают общие точки, принадлежащие обеим заданным поверхностям. По линии связи находят их горизонтальные проекции. Увеличив радиус вспомогательной сферы, но оставив ее центр в точке пересечения осей симметрии, определяют промежуточные точки линии пересечения заданных поверхностей. По линиям связи находят их горизонтальные проекции. Там, где линия пересечения на  $\pi_2$  пересекает ось цилиндра, находятся точки, отделяющие видимую часть линии пересечения от невидимой на горизонтальной плоскости проекций. Соединяют полученные точки с учетом видимости.

2.5. Задание 99. Построить проекции линий перехода корпусной детали.

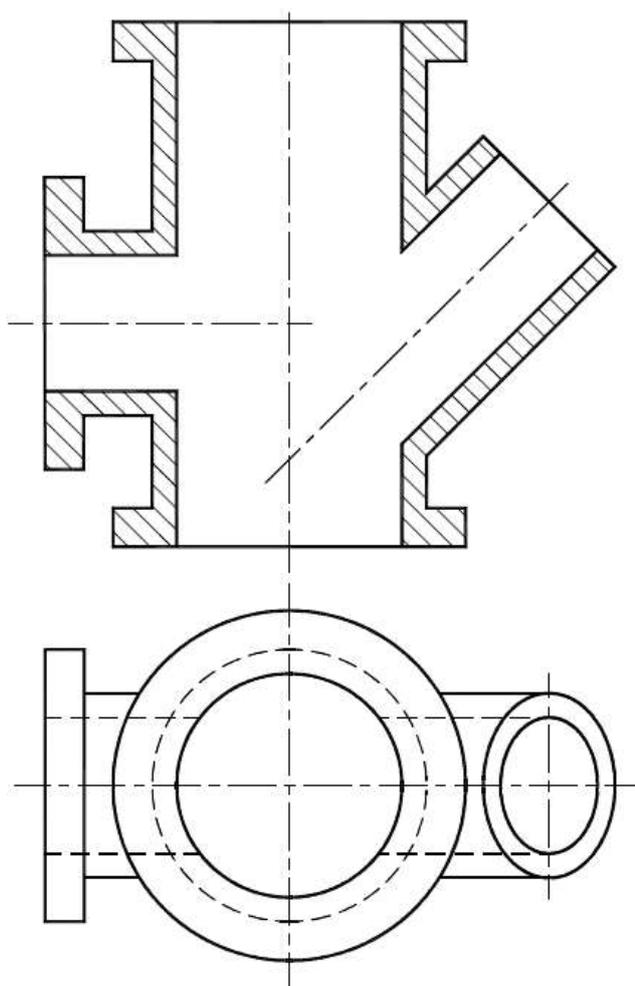


Рисунок 11.5.

Определение проекций линий перехода корпусной детали начинают с опорных точек. На горизонтальной проекции эти линии совпадут с проекцией вертикального цилиндрического отверстия. Затем решают задачу методом концентрических сфер. Дальнейшие построения аналогичны.

### **3. Варианты индивидуальных заданий.**

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 44, 45, 48, 49, 52.

### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Построенные проекции линий пересечения выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### **5. Контрольные вопросы.**

5.1. Теорема Монжа.

5.2. При каких условиях линии пересечения двух поверхностей могут быть построены с помощью: а) секущих плоскостей; б) концентрических сфер.

5.3. В чем заключается сущность способа секущих плоскостей.

5.4. В чем заключается сущность способа концентрических сфер.

## **Лабораторная работа № 12 «Развертки поверхностей.**

### **Решение задач 110 – 112 из [1]» (2 ч)**

#### **1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – приобретение умений и навыков в построении разверток поверхностей. Студенты осваивают и закрепляют материал Темы 1.7. Развертки поверхностей.

В Лабораторной работе № 12 студенты выполняют задачи на построение разверток призматических, пирамидальных и конических поверхностей методами раскатки, триангуляции и нормального сечения.

## 2. Порядок выполнения работы.

2.1. Задание 110. Построить развертку боковой поверхности призмы и траекторию движения точки на поверхности призмы из положения  $E$  в положение  $F$  кратчайшим путем.

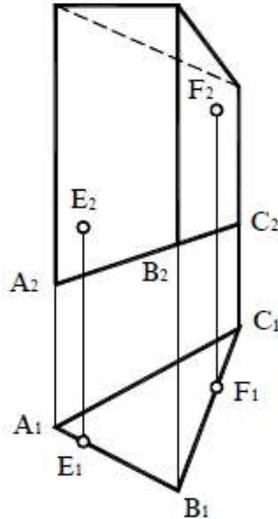


Рисунок 12.1.

Развертка призмы осуществляется методом нормального сечения. Призму рассекают плоскостью, перпендикулярной боковым ребрам, и строят проекции и натуральную величину сечения призмы этой плоскостью (нормальное сечение) (на горизонтальной проекции оно проецируется в натуральную величину). Фронтальные проекции боковых ребер призмы проецируются в натуральную величину. Далее, на свободном поле чертежа проводят горизонтальную линию и на ней от произвольной точки откладывают последовательно стороны нормального сечения призмы. Через полученные точки проводят вертикальные прямые линии, на которых вниз откладывают натуральные величины отрезков боковых ребер призмы, лежащих ниже нормального сечения, а вверх – натуральные величины отрезков боковых ребер призмы, лежащих выше нормального сечения. Соединив построенные точки между собой отрезками прямых, получают развертку боковой поверхности призмы. Затем находят на развертке точки  $E$  и  $F$  и соединяют их. Обратным преобразованием строят на фронтальной проекции призмы линию  $EF$ .

2.2. Задание 111. Построить развертку поверхности пирамиды  $SABC$ . Построить на развертке точку  $K$ , принадлежащую грани  $SAB$ .

Развертку пирамиды выполняют методом триангуляции. Боковыми гранями пирамиды являются треугольники, для построения которых достаточно определить истинные длины их сторон – ребер пирамиды. Определяют длины их сторон методом вращения. Затем

строят горизонтальную проекцию точки  $K$ . Переносят на развертку пирамиды точку  $K$ , предварительно определив ее удаленность от двух вершин грани  $ASB$ .

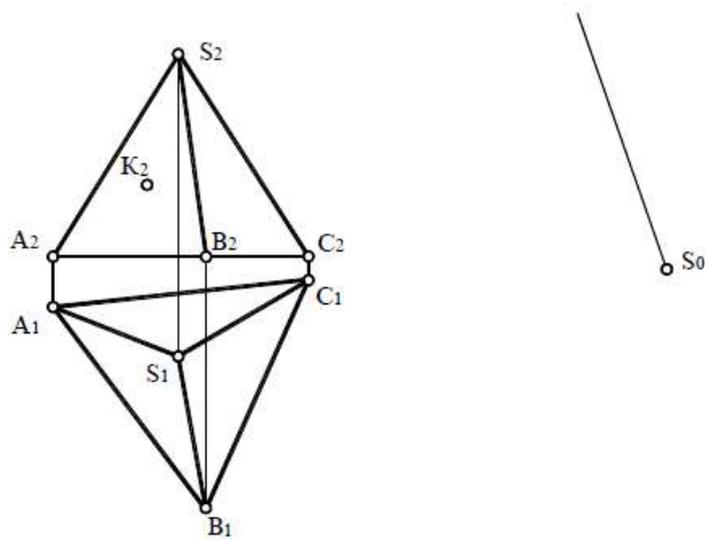


Рисунок 12.2.

2.3. Задание 112. Построить развертку прямого кругового конуса. Построить на развертке линию  $AB$ , принадлежащую поверхности конуса.

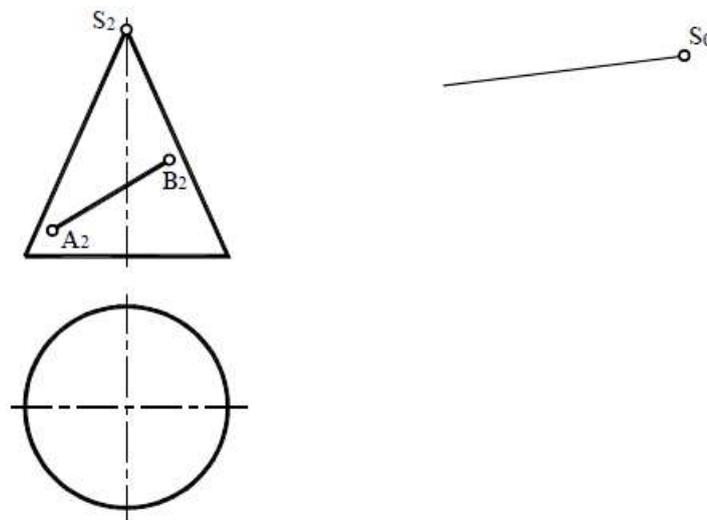


Рисунок 12.3.

Боковая поверхность конуса представляет собой сектор круга, радиус которого равен длине  $l$  образующей конуса, а центральный угол при его вершине  $\alpha = 360^\circ R/l$ . Вычерчивают развертку конуса и строят горизонтальную проекцию кривой  $AB$  через образующие конуса. Поверхность конуса аппроксимируют многогранной пирамидой и точки, находящиеся на ребрах пирамиды переносят на развертку, предварительно определив натуральные величины.

### **3. Варианты индивидуальных заданий.**

Задачи приведены в литературе [1] на страницах 59-60.

### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит все выполненные в рабочей тетради [1] задачи. Построенные проекции линий пересечения выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи

### **5. Контрольные вопросы.**

5.1. Что называется разверткой поверхности?

5.2. Что является признаком разворачивания кривых поверхностей? Какие поверхности к ним относятся?

5.3. Сформулируйте основные свойства развертки разворачиваемой поверхности.

5.4. Какая линия криволинейной поверхности называется геодезической? Какая линия соответствует ей на развертке?

5.5. Что является разверткой прямого кругового конуса и цилиндра?

5.6. Для построения разверток, каких поверхностей используется способ триангуляции? В чем его сущность?

5.7. В чем сущность способа нормального сечения? Для построения разверток, каких поверхностей он применяется?

## **Лабораторная работа № 13 «Построение прямоугольной аксонометрии технической детали» (2 ч)**

### **1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – освоение построений аксонометрических изображений (прямоугольная диметрия, прямоугольная изометрия) учебных технических деталей ограниченных плоскостями.

### **2. Порядок выполнения работы.**

Задание. Построить прямоугольную диметрию или прямоугольную изометрию технической учебной детали по своему варианту. Диметрию строить в том случае, если на детали имеются элементы в виде призмы с квадратным основанием.

Дана модель учебной детали, требуется построить ее наглядное изображение. Если оси координат ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) жестко связать с деталью, то при параллельном проецировании на

новую плоскость проекций  $\pi_4$  (картину) коэффициенты искажений линейных размеров по осям  $x = x_4, y = y_4, z = z_4$  будут подчиняться согласно теореме Польке зависимости:

$$K_x^2 + K_y^2 + K_z^2 = 2 + \text{Ctg}^2 \varphi, \quad (1)$$

где  $K_x + K_y + K_z$  – коэффициенты искажения размеров;  $\varphi$  – угол между проецирующими лучами и плоскостью проекций  $\pi_4$ , которую при построении изображения совмещают с плоскостью чертежа.

При прямоугольном проецировании  $\text{Ctg} 2 \varphi = 0$  получим

$$K_x^2 + K_y^2 + K_z^2 = 2. \quad (2)$$

Из соотношения (2) видно, что коэффициенты искажения размеров можно принимать в пределах от 0 до 1 и по соответствующим формулам определить ориентацию осей  $x, y, z$  по отношению друг к другу.

Для прямоугольной диметрии  $K_x = K_z = 0,94$  и  $K_y = 0,47$ , углы между проекцией оси  $x$  и горизонтальной линией –  $7^\circ 10'$ , между проекцией оси  $y$  и горизонтальной линией  $41^\circ 25'$  (рис. 13.1).

Для упрощения расчетов при построении диметрической проекции приняты следующие коэффициенты искажения по осям:  $K_x = K_z = 1; K_y = 0,5$ .

Изображения, построенные с этими коэффициентами, получаются увеличенными (1,06 раза), однако это не влияет на их наглядность.

При вычерчивании осей аксонометрических проекций допускается ориентировать оси по соотношениям координат, показанным на рис. 13.1.

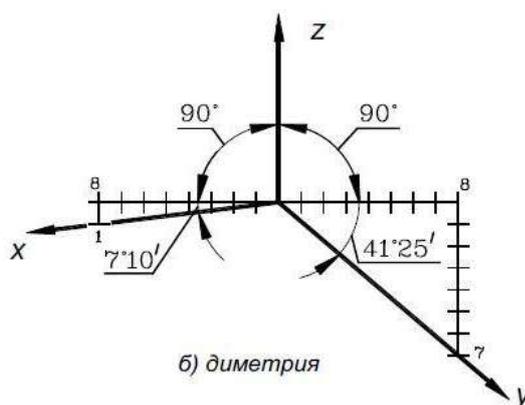


Рисунок 13.1.

При построении изображения детали придерживаются следующих рекомендаций:

- привязку системы координат к детали осуществлять таким образом, чтобы основные (базовые) точки поверхности имели положительные координаты, а ось  $z$  совпадала с одним из ребер (если таковые имеются) очерковой образующей или осью симметрии

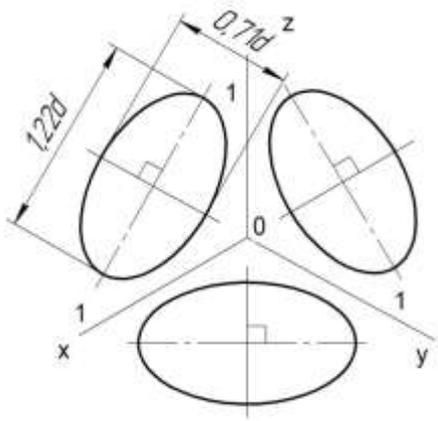


Рисунок 13.2. Расположение эллипсов в прямоугольной изометрии

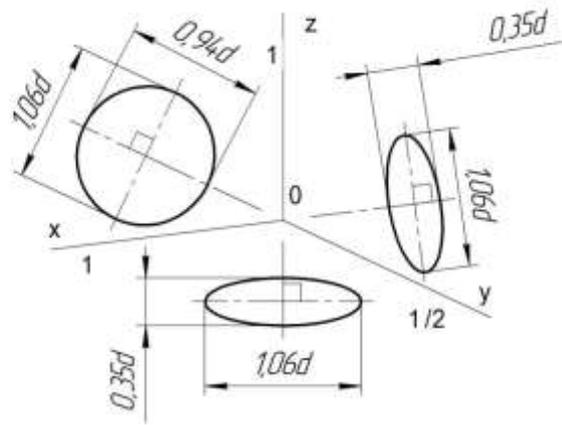


Рисунок 13.3. Расположение эллипсов в прямоугольной диметрии

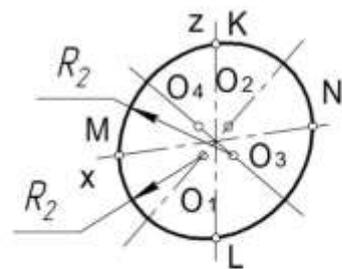
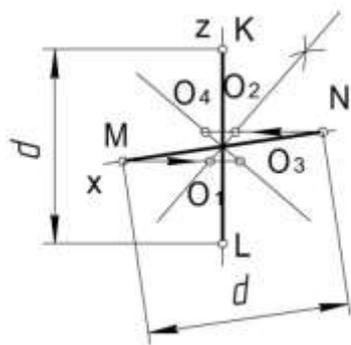
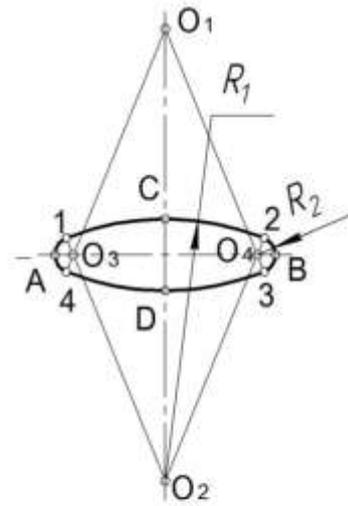
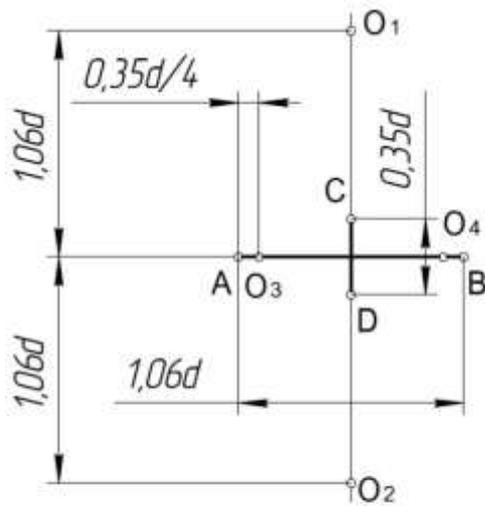


Рисунок 13.4. Построение эллипсов в прямоугольной диметрии

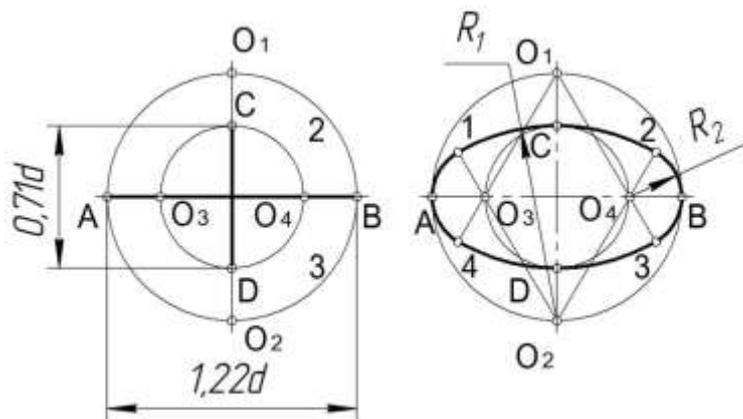


Рисунок 13.5. Построение эллипсов в изометрии

Прямоугольная изометрическая проекция имеет единый масштаб для всех осей, т. е.  $k = m = n$ , отсюда аксонометрические оси будут направлены под одинаковыми углами к картинной плоскости, а по отношению друг к другу – под углами  $120^\circ$ , поэтому в изометрии будем иметь следующие искажения по аксонометрическим осям:  $3k^2=2$ , откуда  $k=0,82$ .

Оси в прямоугольной изометрии можно построить разделив окружность на три равные части ( $360^\circ/3 = 120^\circ$ ) или построить оси  $x$  и  $y$  как диагонали прямоугольников с соотношением сторон  $5/3$  (рис. 13.6, а).

Для упрощения построения прямоугольной изометрии детали по всем осям, откладывают натуральные размеры, приведенные к единице (рис. 13.6, б), тогда вся проекция будет увеличена на 1,22 ( $1:0,82=1,22$ ).

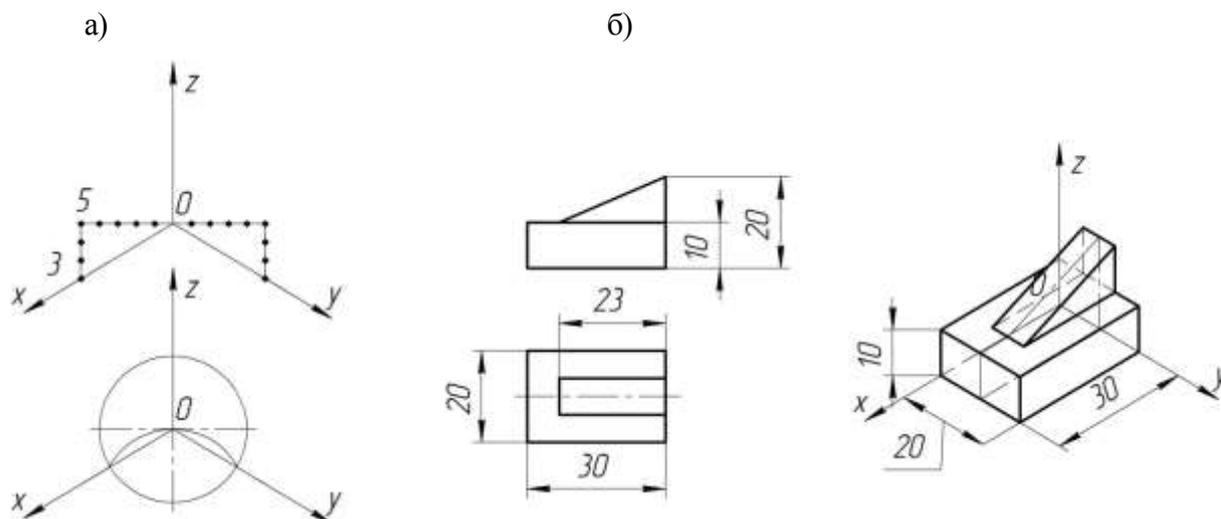


Рисунок 13.6. Построение прямоугольной изометрии предмета

Окружности в аксонометрических проекциях изображаются в виде эллипсов. Расположение эллипсов в прямоугольной изометрии и диметрии показано на рис. 13.2 и 13.3.

Построение эллипсов показано на рис. 13.4 и 13.5.

### Штриховка в аксонометрии.

Согласно ГОСТ 2.317 - 68 ЕСКД линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из проекций диагоналей квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны координатным осям. На рис. 13.7 показано построение направлений линий штриховки в изометрии. Для этого на осях  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  откладывают равные отрезки произвольной длины и соединяют их концы.

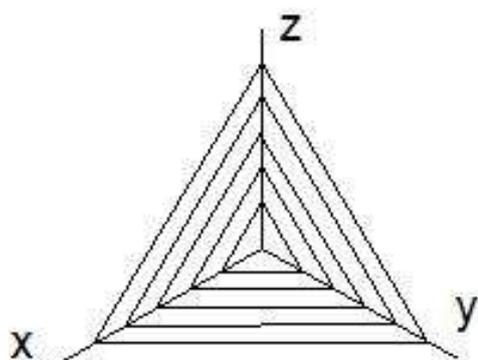


Рисунок 13.7. Штриховка в прямоугольной изометрии

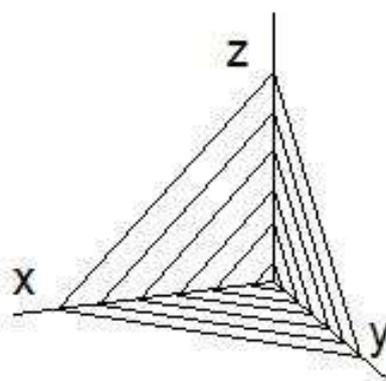


Рисунок 13.8. штриховка в прямоугольной диметрии

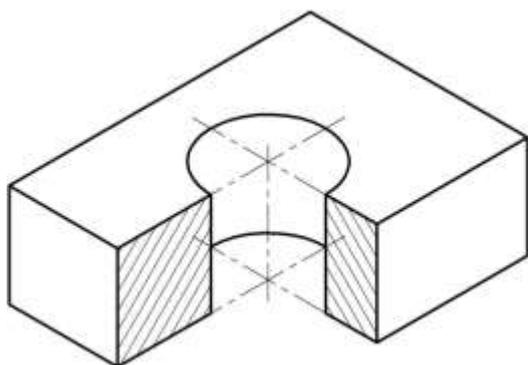


Рисунок 13.9. Пример нанесения штриховки в изометрии

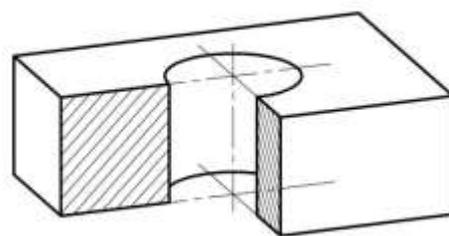
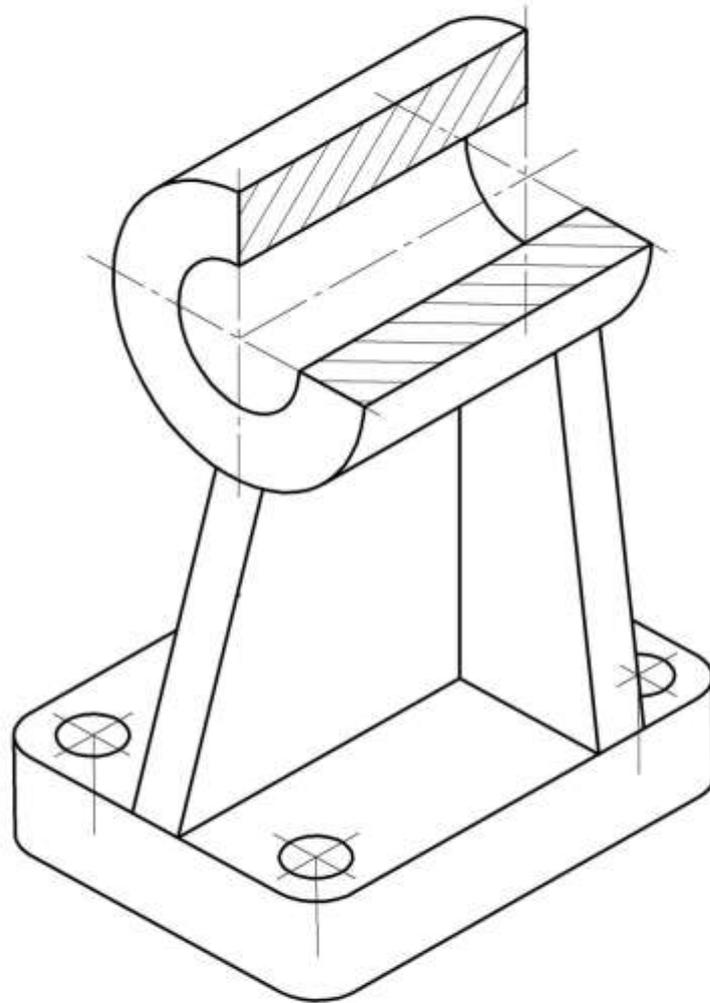


Рисунок 13.10. Пример нанесения штриховки в диметрии

На рисунках 13.9 и 13.10 показан пример нанесения штриховки на аксонометрической проекции детали с вырезом четверти.



<i>Аксонометрия технической детали</i>			<i>01.26.02</i>
<i>Чертил</i>		<i>АРХсп-115</i>	<i>ВлГУ</i>
<i>Проверил</i>			

Рисунок 13.11.

Студенты выполняют задание в следующей последовательности:

1. Выбирают положение относительно плоскостей проекций, позволяющее наиболее полно передать форму детали.
2. Определяют масштаб изображения и формат листа (А3 или А4).
3. Вычерчивают аксонометрические оси.
4. Мысленно разделяют форму детали на составляющие элементы
5. Аксонометрию детали начинают выполнять с геометрического тела, до которого упростили деталь, достраивая затем элементы.
6. Выполняют основание габаритного параллелепипеда. Для диметрии отрезки параллельные оси уменьшают в два раза.
7. Достраивают высоту. Проводят ребра из каждой точки основания и откладывают на них высоту. Соединяют полученные точки.
8. Строят отверстия и другие элементы детали. Для этого необходимо определить точки на поверхности в аксонометрии.
9. При необходимости строят вырез четверти. Наносят штриховку
10. Изображения обводят.

### **3. Варианты индивидуальных заданий.**

Комплекты деталей находятся в ауд. 216-3.

### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит:

Прямоугольную аксонометрическую проекцию (изометрию или диметрию) технической детали на формате А4 или А3 (рис. 13.11)

### **5. Контрольные вопросы.**

- 5.1. Стандарты оформления чертежей. ЕСКД.
- 5.2. Стандартные аксонометрические проекции.
- 5.3. Коэффициенты искажения в стандартных аксонометрических проекциях.
- 5.4. Аксонометрические оси в стандартных аксонометрических проекциях.
- 5.5. Штриховка в аксонометрии.

## Лабораторная работа № 14 «Построение технических деталей в косоугольной аксонометрии» (2 ч)

### 1. Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – освоение построений косоугольных аксонометрических проекций учебных технических деталей ограниченных плоскостями и поверхностями вращения.

### 2. Порядок выполнения работы.

Задание. Построить косоугольную аксонометрию технической учебной детали по своему варианту.

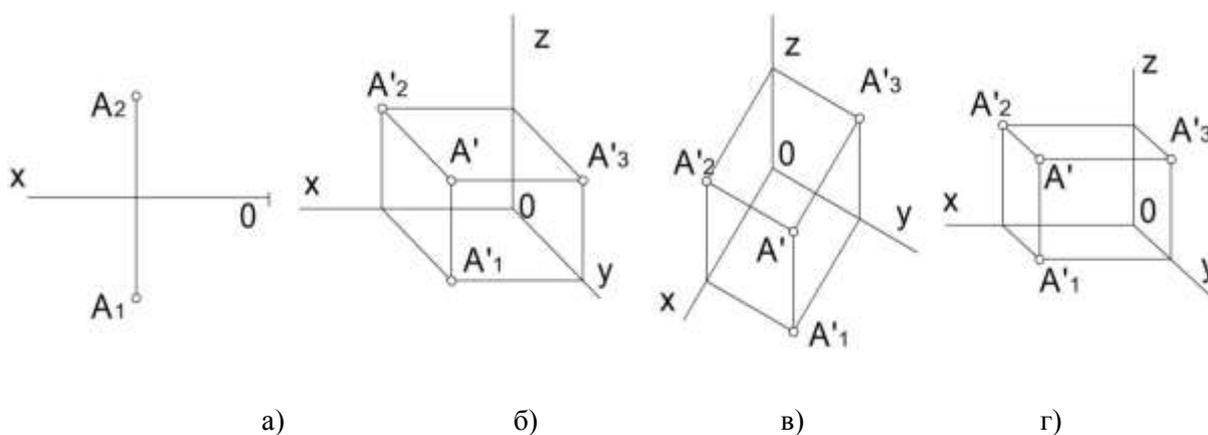


Рисунок 14.1. Косоугольные аксонометрические проекции точки

*Косоугольная фронтальная изометрия.*

Для этого вида аксонометрических проекций аксонометрическую плоскость располагают параллельно фронтальной плоскости проекций. В этом случае угол между аксонометрическими осями  $x$  и  $z$  равен  $90^\circ$ , а коэффициенты искажения по ним равны 1,  $k=n=1$ .

Направление проецирования выбирают таким образом, чтобы коэффициент искажения по оси  $y$  тоже был равен 1 ( $m=1$ ), а сама ось располагалась под углом  $45^\circ$  к оси  $x$ .

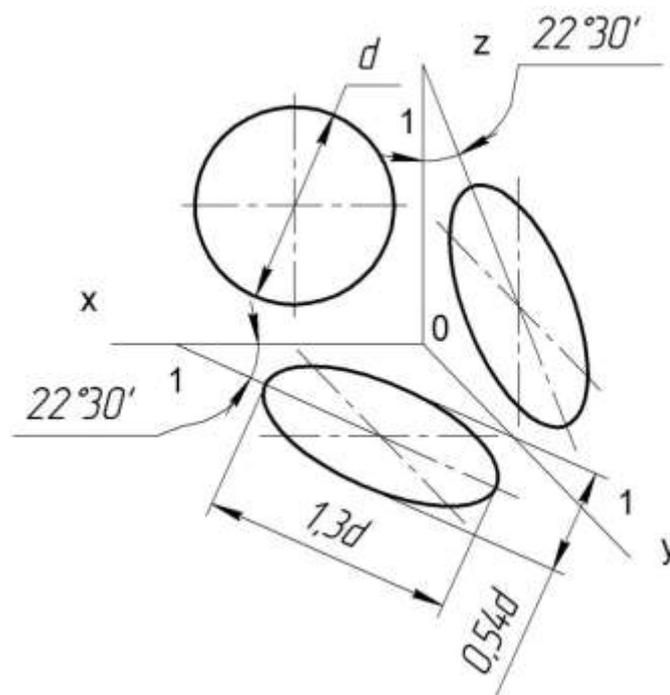


Рисунок 14.2. Расположение эллипсов в косоугольной фронтальной изометрии

На рис. 14.1 показаны эпюр точки  $A$  (а), ее косоугольная фронтальная изометрическая проекция и вторичная проекция (б).

Во фронтальной изометрической проекции окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются в окружности, а лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной – в эллипсы (рис. 14.2). Большая ось этих эллипсов равна  $1,3d$  малая –  $0,54d$ . На чертеже эллипсы заменяют овалами, которые строят по двум осям. Построение овала по двум осям показано на рис. 14.5.

#### *Косоугольная горизонтальная изометрия.*

Косоугольная горизонтальная изометрическая аксонометрия получается, если аксонометрическая плоскость горизонтальна. При таком расположении угол между аксонометрическими осями  $x$  и  $y$  будет равен  $90^\circ$ , а коэффициенты искажения по этим осям – единице,  $k=m=1$ .

Направление проецирования выбрано так, чтобы коэффициент искажения по оси  $z$  тоже был равен 1 ( $n=1$ ), а угол между осями  $z$  и  $y$  -  $120^\circ$ .

На рис. 14.1 показаны эпюр точки  $A$  (а), ее косоугольная горизонтальная изометрическая проекция и вторичная проекция (в).

В горизонтальной изометрии окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, проецируются окружности, а лежащие в плоскостях;

параллельных фронтальной и профильной плоскостям проекций - в эллипсы (рис. 14.3). Большая ось эллипса – окружности лежащей во фронтальной плоскости равна  $1,37d$ , а малая ось -  $0,37d$ . Эллипс строят, как овал по двум осям. Построение овала по двум осям показано на рис. 14.5. Для окружности параллельной профильной плоскости проекций – большая ось эллипса  $1,22d$ , а малая ось —  $0,71d$ . Построения выполняют по правилам построения проекций окружностей в прямоугольной изометрии.

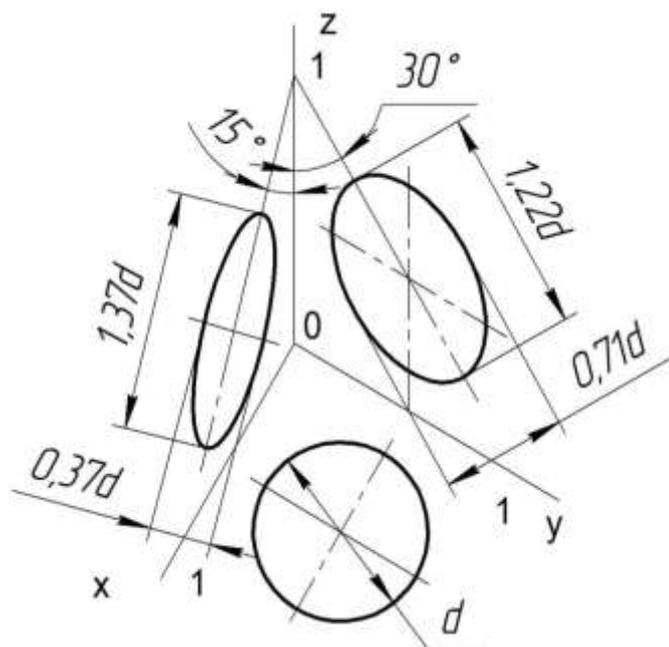


Рисунок 14.3. Расположение эллипсов в косоугольной горизонтальной изометрии

Любая фигура, расположенная в горизонтальной плоскости изображается без искажения. Это свойство используется при изображении значительных участков местности с застройкой. Так как горизонтальная проекция застройки не изменяется при изображении ее в аксонометрии, то эта проекция может быть положена в основу построений

#### *Косоугольная фронтальная диметрия.*

Фронтальная косоугольная диметрическая проекция отличается от фронтальной косоугольной изометрической коэффициентом искажения по оси  $y$ , который равен  $1/2$  и формой эллипсов - проекций окружности.

На рис. 14.1 показаны эпюр точки  $A$  (а), ее косоугольная фронтальная диметрическая проекция и вторичная проекция (в).

Во фронтальной диметрии окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость

проекций в окружности, а лежащие в горизонтальных и профильных плоскостях – в эллипсы (рис. 14.4). Большая ось эллипсов равна  $1,07d$ , а малая ось –  $0,33d$ . Упрощенное выполнение эллипсов в виде двух овалов производят по тем же правилам, что и в прямоугольной диметрии.

Косоугольные фронтальные изометрические и диметрические проекции используют при выполнении деталей большая часть элементов, которых расположена в плоскостях параллельных фронтальной плоскости проекций.

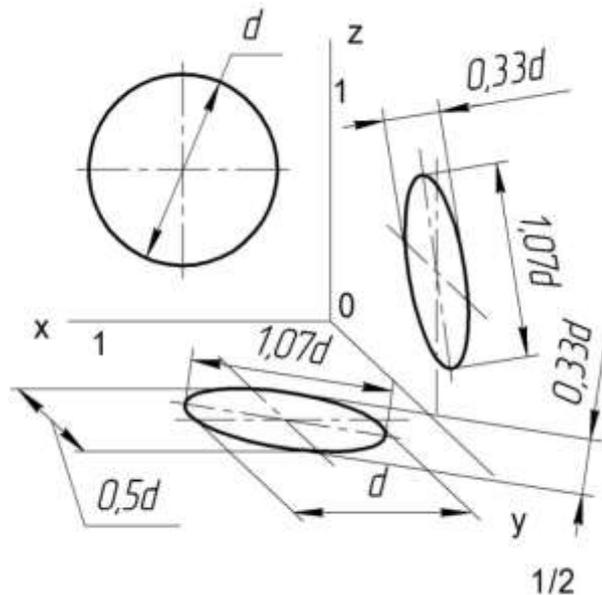


Рисунок 14.4. Расположение эллипсов в косоугольной фронтальной диметрии

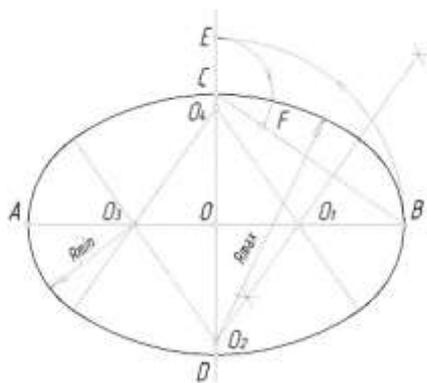


Рисунок 14.5. Построение овала по двум осям

Студенты выполняют задание в следующей последовательности:

1. Выбирают положение относительно плоскостей проекций, позволяющее наиболее полно передать форму детали, для упрощения построения при выполнении

косоугольной фронтальной изометрии или диметрии плоскости содержащие наибольшее количество элементов располагают параллельно фронтальной плоскости проекций, а при выполнении косоугольной горизонтальной изометрии – параллельно горизонтальной плоскости проекций.

2. Определяют масштаб изображения и формат листа (А3 или А4).
3. Вычерчивают аксонометрические оси.
4. Мысленно разделяют форму детали на составляющие элементы
5. Аксонометрию детали начинают выполнять с геометрического тела, до которого упростили деталь, достраивая затем элементы.
6. Выполняют основание габаритного параллелепипеда или цилиндра. Для диметрии отрезки параллельные оси у уменьшают в два раза.
7. Достраивают высоту. Проводят ребра из каждой точки основания и откладывают на них высоту. Соединяют полученные точки.
8. Строят отверстия и другие элементы детали. Для этого необходимо определить точки на поверхности в аксонометрии.
9. При необходимости строят вырез четверти. Наносят штриховку
10. Изображения обводят.

### **3. Варианты индивидуальных заданий.**

Комплекты деталей находятся в ауд. 216-3.

### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит:

Косоугольную аксонометрическую проекцию технической детали на формате А4 или А3 (рис. 14.6)

### **5. Контрольные вопросы.**

- 5.1. Стандарты оформления чертежей. ЕСКД.
- 5.2. Стандартные аксонометрические проекции.
- 5.3. Коэффициенты искажения в стандартных аксонометрических проекциях.
- 5.4. Аксонометрические оси в стандартных аксонометрических проекциях.
- 5.5. Штриховка в аксонометрии.

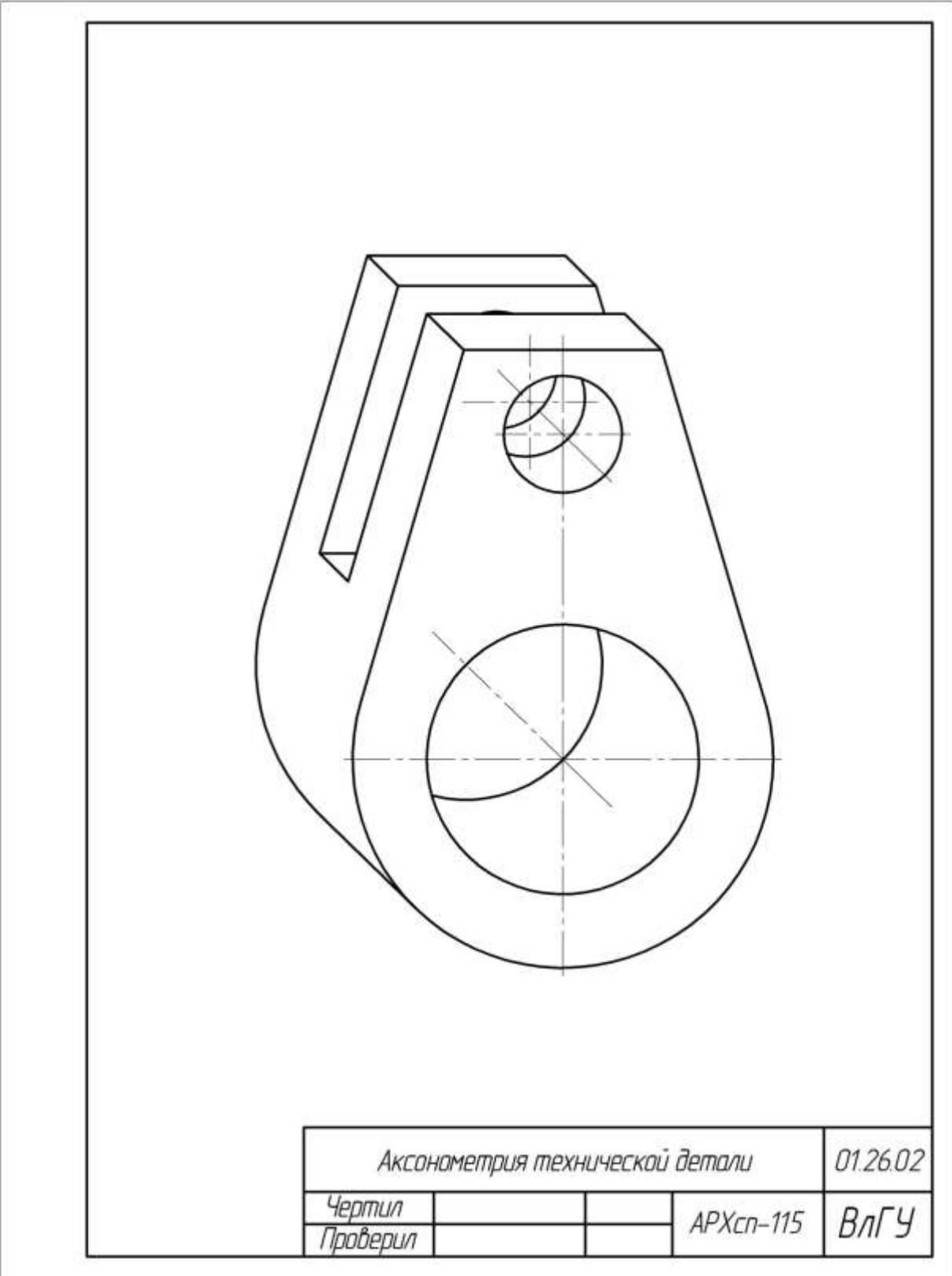


Рисунок 14.6.

## Лабораторная работа № 15 «Тени в ортогональных проекциях. Тень от точек и прямых. Решение задач 1 – 5 из [2]» (2 ч)

### 1. Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – изучение основных геометрических правил и освоение приемов построения теней в ортогональных проекциях на различных геометрических поверхностях.

Студенты закрепляют и осваивают материал Темы 3.1. Тени в ортогональных проекциях. Изучают такие понятия как собственная, падающая тень, источники света, стандартное направление лучей света и осваивают построения тени точки, прямой в ортогональных проекциях.

### 2. Порядок выполнения работы.

#### 2.1. Задача 1. Построить тень точек $A$ и $B$ .

Для построения тени точки через неё проводят световой луч и строят точку пересечения этого луча с плоскостью проекции (с первой, стоящей на его пути – действительную тень, а со второй – мнимую), т. е. строят следы этого луча.

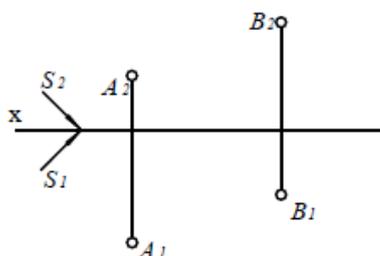


Рисунок 15.1.

#### 2.2. Задача 2. Построить тени отрезков прямой $AB$ и $CD$ .

Строят тени от точек, и, используя знания о тенях прямых частного положения, соединяют их.

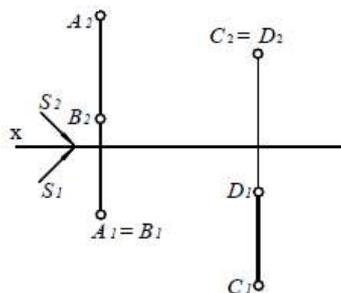


Рисунок 15.2.

2.3. Задача 3. Построить тени заданных отрезков.

Строят тени от точек, и, используя знания о тенях прямых частного положения, соединяют их.

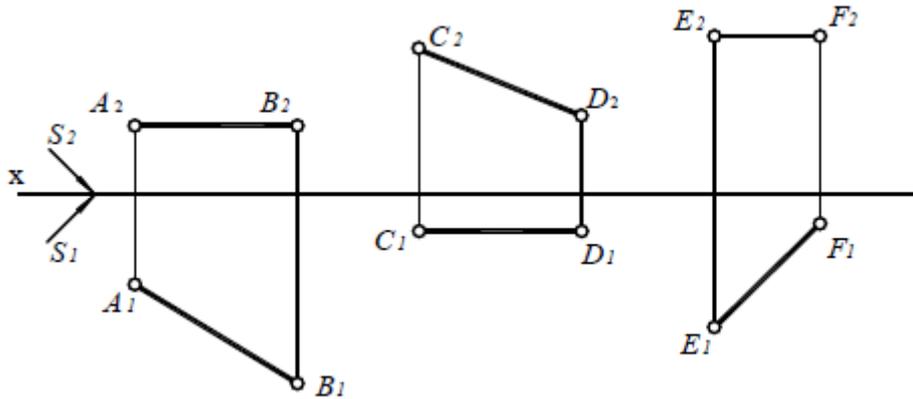


Рисунок 15.3.

2.4. Задача 4. Построить тень отрезка прямой  $CD$ .

Так как точка  $C$  принадлежит плоскости  $\pi_1$ , достаточно построить тень от точки  $D$  (горизонтальную проекцию) и соединить ее с  $C_1$

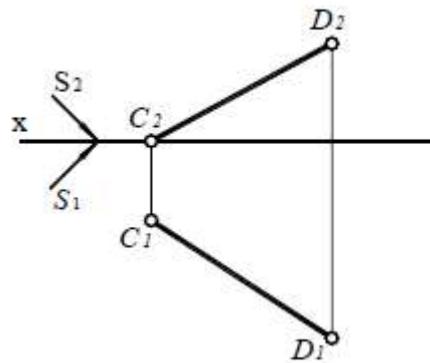


Рисунок 15.4.

2.5. Задача 5. Построить тень отрезка прямой  $AB$ . Определить точку преломления тени.

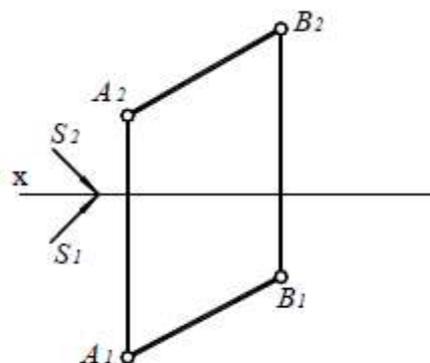


Рисунок 15.5.

Строят действительные тени от точки  $A$  на горизонтальную плоскость и от точки  $B$  на фронтальную плоскость. Строят мнимую тень от точки  $B$  на горизонтальную плоскость, и

соединив ее с тенью от точки  $A$ , на оси  $x$  находят точку преломления, которую соединяют с действительной тенью от точки  $B$  на фронтальной плоскости.

### **3. Варианты индивидуальных заданий.**

Задачи приведены в литературе [2] на странице 5.

### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Построенные проекции теней выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи

### **5. Контрольные вопросы.**

5.1. Как образуются собственные и падающие тени?

5.2. Какое направление принято за стандартное направление лучей в ортогональных проекциях?

5.3. Как построить действительную и мнимую тень точки?

5.4. Как располагаются тени от прямых частного положения?

## **Лабораторная работа № 16 «Тени в ортогональных проекциях. Тени от плоских фигур и геометрических тел. Решение задач 6 – 9, 11, 12 из [2]» (2 ч)**

### **1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – изучение основных геометрических правил и освоение приёмов построения теней в ортогональных проекциях на различных геометрических поверхностях.

Студенты закрепляют и осваивают материал Темы 3.1. Тени в ортогональных проекциях и осваивают построения теней плоских фигур, многогранников, цилиндров и теней в нишах в ортогональных проекциях.

### **2. Порядок выполнения работы.**

2.1. Задача 6. Построить тень от  $ABC$ . Определить освещенность проекций треугольника

Тень от треугольника будет располагаться на разных плоскостях проекций, поэтому необходимо построить действительные тени от точек  $A$ ,  $B$  и  $C$ , и мнимую тень от точки  $C$ . Тени от сторон треугольника  $AC$  и  $BC$  преломятся и перейдут с плоскости  $\pi_1$  на плоскость

$\pi_2$ . Тень от стороны  $AB$  будет на плоскости  $\pi_1$ . Далее определяют освещенность треугольника методом конкурирующих точек.

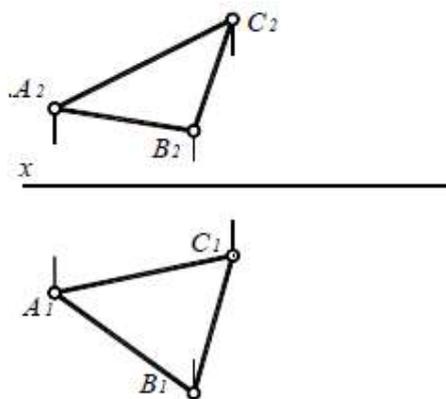


Рисунок 16.1.

### 2.2. Задача 7. Построить тень от круга.

Тень от круга будет расположена на разных плоскостях проекций.

Сначала строятся тени от центра круга (реальная и мнимая). Для построения тени на горизонтальной плоскости проекций из мнимой тени от центра круга проводят дугу окружности радиусом круга. Тенью от горизонтальной окружности на фронтальной плоскости проекций является эллипс, который строится с помощью построения тени описанного квадрата. Тень описанного квадрата представляет собой параллелограмм. Его стороны и диагонали – это тени прямых частного положения. В параллелограмм вписывается эллипс по восьми точкам.

Соединяют все полученные тени точек и точки пересечения дуги окружности с осью  $x$  и получают тень от круга.

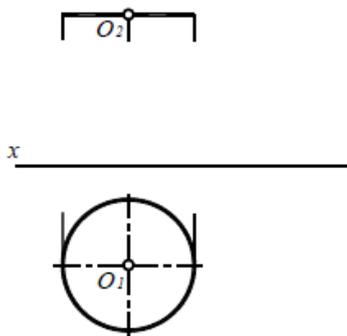


Рисунок 16.2.

### 2.3. Задача 8. Построить падающую тень в нише.

Ниши – это углубление в стене. Тень, падающая от фронтального контура ниши, повторяет его форму на задней грани. Для построения тени в прямоугольной нише достаточно найти тень от точки верхнего левого угла и через эту точку провести контур тени, повторяющий форму обрамления.

Для ниши в форме арки находят тень центра дуги окружности. Тень в цилиндрической нише будет представлять собой дугу окружности радиуса цилиндрической поверхности до пересечения с тенью от вертикального участка проема.

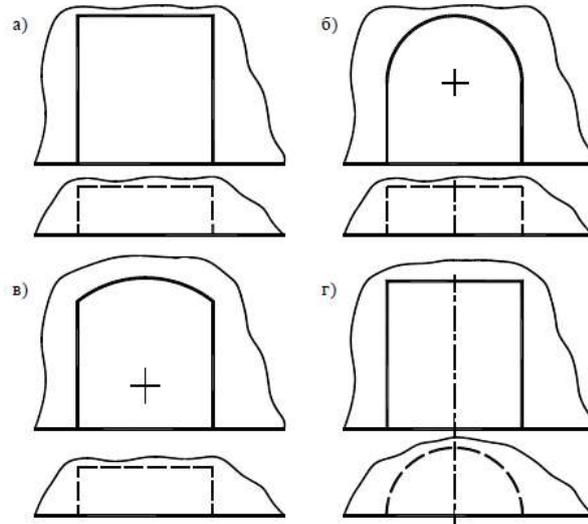


Рисунок 16.3.

2.4. Задача 9. Построить собственную и падающую тени пирамиды.

Тень пирамиды падает на две плоскости проекций  $\pi_1$  и  $\pi_2$ , и будет иметь излом. Необходимо вначале построить тень от вершины  $S$ , найдя реальную и мнимую тени, и соединить мнимую тень с  $A_1$  и  $B_1$ . Затем точки перегиба тени соединить с  $S_2$ . Контур падающей тени определен, а собственная тень будет на гранях пирамиды  $SAC$  и  $SBC$ .

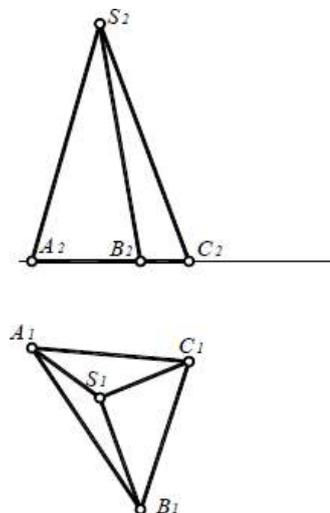


Рисунок 16.4.

2.5. Задача 11. Построить собственную и падающую тени цилиндра.

Контур собственной тени цилиндра определяется двумя образующими, по которым лучи света касаются его боковой поверхности. Затем строятся тени от точек основания и соединяются.

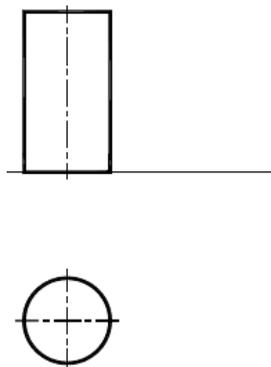


Рисунок 16.5.

2.6. Задача 12. Построить тень от полуцилиндра на фронтальную стену.

Для построения тени необходимо построить вид слева полуцилиндра. Собственная тень определяется также как для цилиндра, у которого ось симметрии перпендикулярна плоскости  $\pi_1$ . Затем строятся тени от точек оснований цилиндра на плоскость  $\pi_1$  и соединяются.

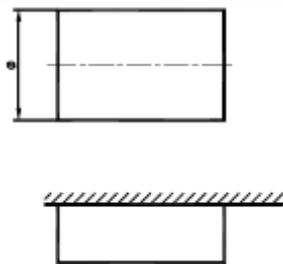


Рисунок 16.6.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [2] на страницах 6-7.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Построенные проекции теней выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. Как определить освещенность проекций плоской фигуры?
- 5.2. Как построить тень от круга?
- 5.3. Как определить контур собственной тени на поверхности цилиндра и призмы?
- 5.4. Как определить контур собственной тени на поверхности пирамиды и конуса?

## **Лабораторная работа № 17 «Тени в ортогональных проекциях. Способы построения теней. Решение задач 10, 13 – 19 из [2]» (6 ч)**

### **1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – освоение построения теней в ортогональных проекциях способом лучевых секущих плоскостей, способом обратного луча, способом вспомогательных касательных поверхностей, способом вспомогательных плоскостей-посредников.

Студенты закрепляют и осваивают материал Темы 3.1. Тени в ортогональных проекциях и осваивают построения теней тел вращения, собственных и падающих теней зданий, сооружений.

### **2. Порядок выполнения работы.**

2.1. Задача 10. Построить тень, падающую от прямой АВ на конус.

Задача решается способом обратного луча.

Способ обратных лучей применяется при построении падающих теней от одного объекта на другой. Сначала строят падающие тени от этих объектов на одну плоскость и определяют точки пересечения контуров падающих теней. Они представляют собой совпавшие тени двух точек этих объектов, лежащих на одном световом луче. Через эти точки проводят лучи, направление которых противоположно световым лучам до пересечения с линией, давшей тень.

Последовательность построения теней заключается в следующем:

- 1) Строятся падающие тени двух предметов.
- 2) Определяются точки пересечения падающих теней.
- 3) Обратным лучом находят тень точек пересечения на исходном чертеже.
- 4) Найденные точки соединяются.

Световые лучи, проходящие через прямую, образуют лучевую плоскость, которая пересекает конус по кривой второго порядка – эллипсу и представляет собой падающую тень от прямой на конусе. Для того, чтобы построить тень от прямой на конус сначала строят собственные и падающие тени конуса и падающую тень прямой на плоскость  $\pi_1$ . Затем находят точку пересечения контуров теней и с помощью обратного луча определяют точку тени на теневой образующей конуса. В ней кривая падающей тени касается луча. Для построения промежуточных точек падающей тени проводят вспомогательные образующие и строят падающие тени образующих на плоскость  $\pi_1$ . Отмечают точки тени пересечения контуров теней и обратным лучом определяют точки

тени на конусе. Фронтальные проекции этих точек строят с помощью образующих конуса. Затем эти точки соединяют с учетом видимости.

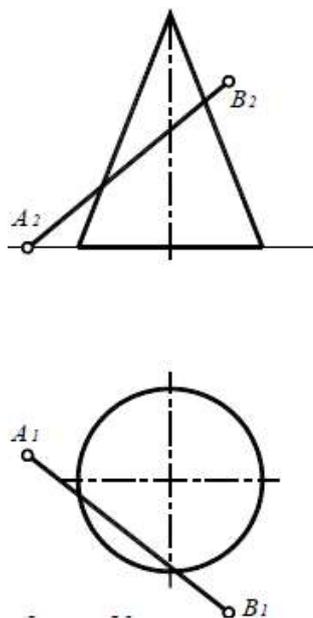


Рисунок 17.1.

Другой способ решения этой задачи – способ вспомогательных секущих плоскостей. В качестве вспомогательных секущих плоскостей используют горизонтальные, фронтальные и биссекторные плоскости, а также цилиндрические поверхности, на которых строят вспомогательные тени.

Вначале выбирают положение вспомогательных плоскостей-посредников, называемых «экранами», так, чтобы они пересекали заданную поверхность по прямым или окружностям. Затем строят падающую тень на экран и на линии сечения отмечают точки, принадлежащие контуру падающей тени заданной поверхности.

## 2.2. Задача 13. Построить собственные и падающие тени здания.

Сначала определяют поверхности, находящиеся в собственной тени. Затем строят падающие тени от элементов здания на землю. Контур падающей тени является тенью контура собственной.

Для построения контура падающей тени от крыши на землю проводят фронтальные проекции световых лучей через характерные точки до земли (ось  $x_{12}$ ). Затем из точек пересечения этих лучей с землей проводим линии связи. В пересечении линий связи с горизонтальными проекциями световых лучей, идущих через данные точки, получаем горизонтальные проекции теней точек.

Коньки параллельны земле. Следовательно, тень от них на плоскость  $\pi_1$  равна и параллельна. Углы дома перпендикулярны земле, значит тени от них пойдут под углом  $45^\circ$  к оси  $x_{12}$ .

Тень от линии слива, параллельна стене здания. Найдя тень от точки, попавшей на ребро здания, определяют тень от всего слива на стену. Так же определяют тень от карниза на стену пристройки.

Для того, чтобы построить тень от пристройки на фасад здания из горизонтальной проекции правого угла пристройки проводят световой луч до стены и по линии связи определяют фронтальную проекцию тени точки на фасаде здания.

Так как карниз пристройки параллелен стене, то тень от него на стену пойдет параллельно самому карнизу до пересечения с тенью от линии слива. Из общей точки пересечения этих теней проводят обратный луч до линии слива и получают участок тени от карниза на скат крыши.

Тень от линии слива перпендикулярной стене здания на стену совпадает с проекцией луча. Угол стены пристройки параллелен стене здания, следовательно, тень от него на стену будет параллельна самому углу. Из горизонтальной проекции угла проводят световой луч до стены и по линии связи определяем фронтальную проекцию тени. Продолжают ее до пересечения с тенью от слива.

Тени в нишах строятся аналогично задаче 8 из [2].

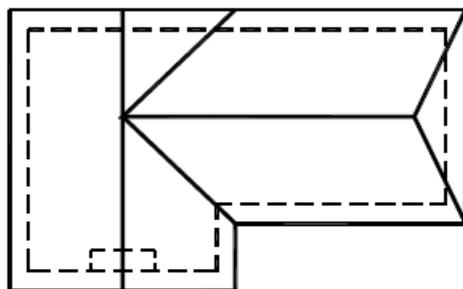
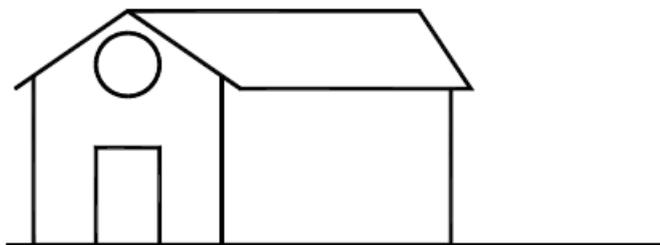


Рисунок 17.2.

### 2.3. Задача 14. Построить собственные и падающие тени на крыше.

Задача решается способом лучевых секущих плоскостей. Сущность метода состоит в том, что для построения тени, падающей от одного объекта на другой, через характерные точки объекта проводится ряд лучевых секущих плоскостей, строятся по точкам вспомогательные сечения и определяются точки пересечения ряда лучевых прямых, проведенных через характерные точки первого объекта, с построенными сечениями второго. Построив ряд точек падающей тени и соединив их в определенной последовательности, получают контур падающей тени. Для построения тени от одной крыши на другую проводят проекции светового луча, проходящего через конек крыши. Заключают луч в фронтально проецирующую плоскость, Пересечение проекции этой линии с проекцией светового луча, проходящего через край конька крыши, даст тень на скате крыши. По линии связи находят фронтальную проекцию тени от края конька крыши. Соединяют эту точку с точкой в начале пересечения скатов крыши и получают падающую тень. Тень от трубы строится аналогично, только световой луч заключают в горизонтально проецирующую плоскость.

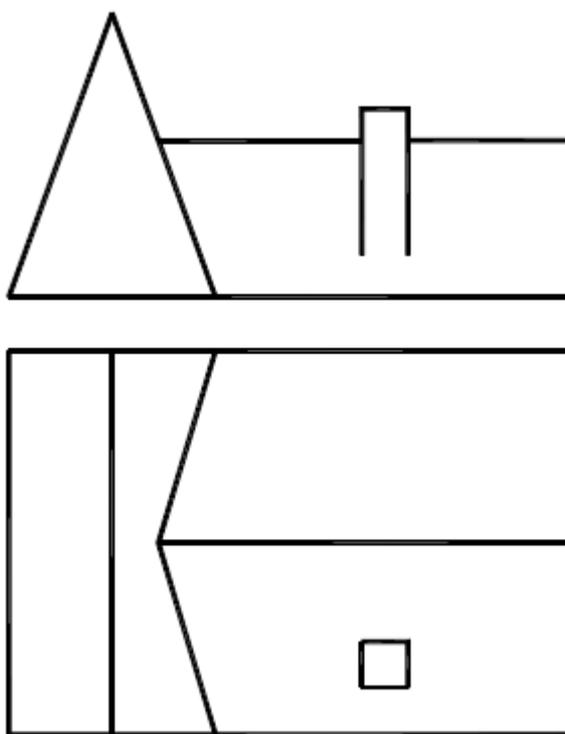


Рисунок 17.3.

### 2.4. Задача 15. Построить падающие тени на фрагменте фасада здания.

Сначала определяют тени в нише. Затем строят тень от выступающей части на стену и от выступающей части в нише.

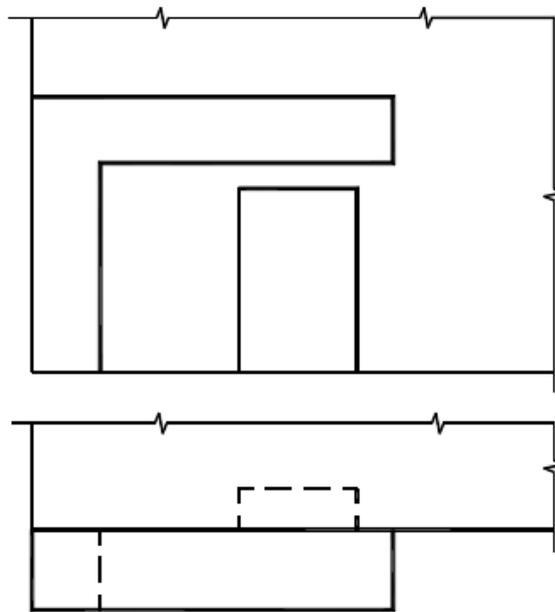


Рисунок 17.4.

2.5. Задача 16. Построить падающую тень от столба на фрагменте фасада здания.

Сначала строят тень от выступа здания на стене. Горизонтальная проекция тени от столба совпадает с горизонтальной проекцией луча света. Фронтальная проекция тени от столба на стене и вертикальных плоскостях выступа здания будет параллельной фронтальной проекции столба. В проекционной связи от горизонтальной проекции луча света до той или иной части здания строят тени во фронтальной проекции.

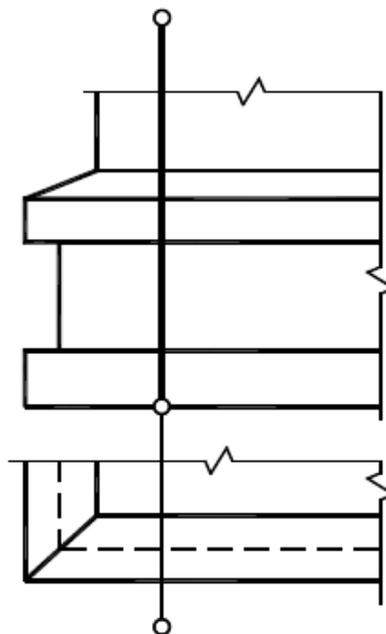


Рисунок 17.5.

2.6. Задача 17. Построить тени от боковых стенок крыльца на ступени и на землю.

Тень на ступенях строят следующим образом. Горизонтальная проекция тени от вертикального ребра боковой стенки крыльца на плоскости земли и на горизонтальной грани первой ступени по направлению совпадают с горизонтальной проекцией луча света.

Тень от фронтально-проецирующего ребра на горизонтальные плоскости ступеней параллельна его горизонтальной проекции. В проекционной связи находят тень во фронтальной проекции на ступенях. Тень на плоскость стены и вертикальную грань третьей ступени совпадает по направлению с фронтальной проекцией светового луча.

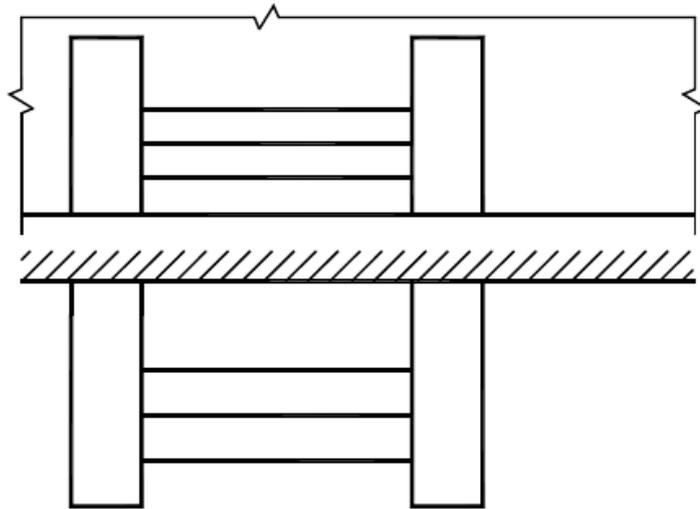


Рисунок 17.6.

2.7. Задача 18. Построить собственные тени поверхностей вращения без второй проекции.

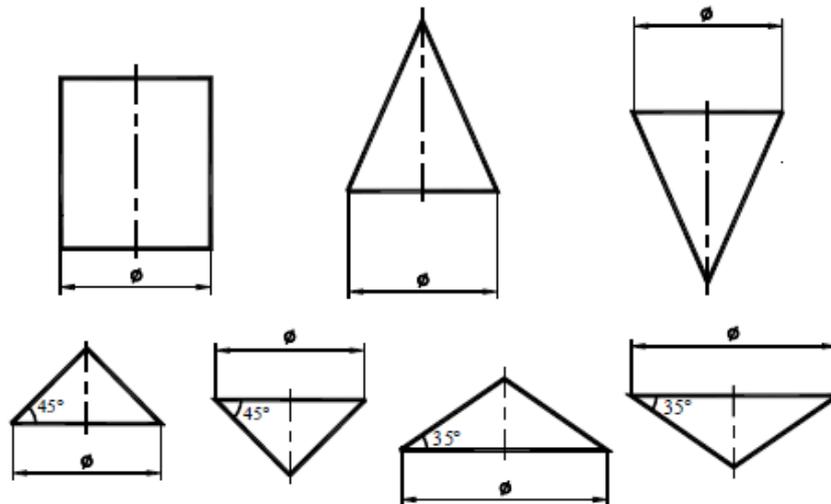


Рисунок 17.7.

Расстояние от центра цилиндра до теневых образующих в проекции определяется как половина расстояния между сторонами квадрата вписанного в окружность основания.

У конуса с наклоном образующей под углом  $45^\circ$  фронтальная проекция луча совпадает с очерковой образующей. Теневыми образующими будут очерковые фронтальная и профильная. У обратного конуса тень будет занимать три четверти поверхности (половина проекции окажется затененной). У прямого – одну четверть (проекция будет освещена).

У конуса с наклоном образующей  $35^\circ$  контуром тени будет единственная образующая (на проекции под углом  $45^\circ$ ). Прямой конус будет полностью освещен, обратный полностью в тени.

Тени других конусов строят следующим образом. Из проекции точки – центра основания проводят совмещенное основание конуса, строят горизонтальную касательную к этой окружности до пересечения с продолжением очерковой образующей. Из полученной точки проводят прямую под углом  $45^\circ$  до пересечения с окружностью. Полученные точки переносят перпендикулярами на проекцию основания. Проводят теневые образующие.

2.8. Задача 19. Построить собственную и падающую тени полусферы.

Задача решается методом вспомогательных касательных поверхностей. Проекциями собственной и падающей тени сферы будут половины эллипсов. Сначала строят собственную тень. Проводят большую ось эллипса под углом  $45^\circ$  через центр, перпендикулярно направлению фронтальной проекции луча. Малая ось эллипса равна  $0,6$  от диаметра сферы, ее определяют при помощи вспомогательной прямой под углом  $30^\circ$  к большой оси. Проводят вспомогательные соосные со сферой конусы (вершиной вверх (прямой) и вершиной вниз (обратный)) с углом  $45^\circ$  градусов так, чтобы они касались сферы. Находят общие параллели со сферой и строят аналогично предыдущей задаче теневые образующие. В месте пересечения находят точки границы тени.

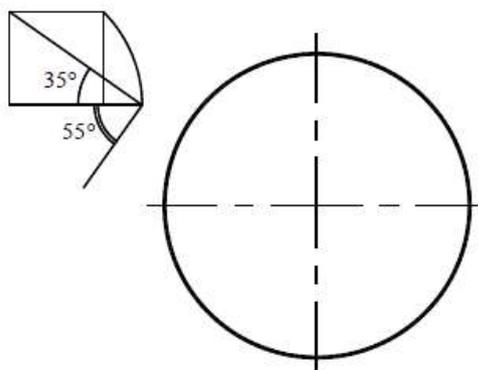


Рисунок 17.8.

Определяют падающую тень. Две крайние точки половины эллипса совпадают с крайними точками собственной тени, третья находится на расстоянии  $1,7$  радиуса от центра сферы, ее определяют на продолжении малой оси эллипса собственной тени через засечку дугой равной диаметру сферы проведенной из первой или второй крайней точки. Определяют еще две точки – тени точек сферы, лежащие в проекции на осях. На проекциях лучей проведенных из этих точек откладывают расстояние равное диагонали квадрата со сторонами равными расстоянию точки до плоскости проекций.

### **3. Варианты индивидуальных заданий.**

Задачи приведены в литературе [2] на страницах 7-11.

### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Построенные проекции теней выделяют цветным карандашом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### **5. Контрольные вопросы.**

- 5.1. От чего зависит выбор способа построения теней?
- 5.2. Как построить падающую тень от одного объекта на другой?
- 5.3. Как построить контур собственной тени на поверхности вращения?
- 5.4. В чем заключается способ обратного луча?
- 5.5. Как выбрать положение вспомогательных плоскостей-посредников?

## **Лабораторная работа № 18 «Тени архитектурных деталей и фрагментов сложной формы. Решение задач 22, 24, 25, 27, 29 из [2]» (4 ч)**

### **1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – приобретение навыков в построении контуров собственных и падающих теней на архитектурных элементах и фрагментах сложной формы.

Студенты закрепляют и осваивают материал Темы 3.1. Тени в ортогональных проекциях и осваивают построения теней различных архитектурных элементов.

### **2. Порядок выполнения работы.**

2.1. Задача 22. Построить тень от валика на цилиндрическую колонну.

Дана половина валика и колонны, примыкающие к фронтальной плоскости.

Вначале строят собственную тень валика. Точки на очерке и проекции оси вращения строят при помощи касательных конусов с углом  $45^\circ$ , достраивают еще одну точку при помощи касательного – конуса с углом  $35^\circ$ . Точка тени на экваторе строится при помощи касательного цилиндра.

Строят падающую тень от валика на фронтальную плоскость – тень от построенной кривой. Тень от нижней точки, построенной при помощи касательного конуса с углом  $35^\circ$ ,

попадает на переднюю (профильную) образующую. Ее проекция лежит на оси. Тень от точки, лежащей на проекции оси, строится по выносу, который равен половине радиуса параллели на уровне этой точки. Тень от точки, лежащей на экваторе, строится по выносу равному расстоянию от проекции этой точки до оси. Тени от точек, лежащих на очерке, совпадают с самими точками.

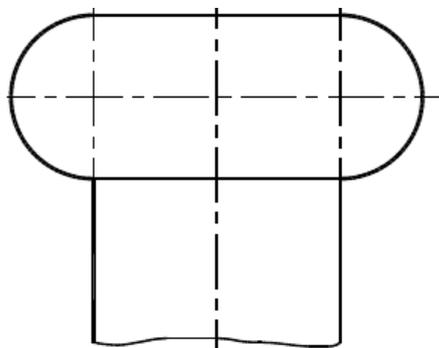


Рисунок 18.1.

2.2. Задача 24. Построить тени на колонну: а) от прямоугольной плиты б) от круглой плиты

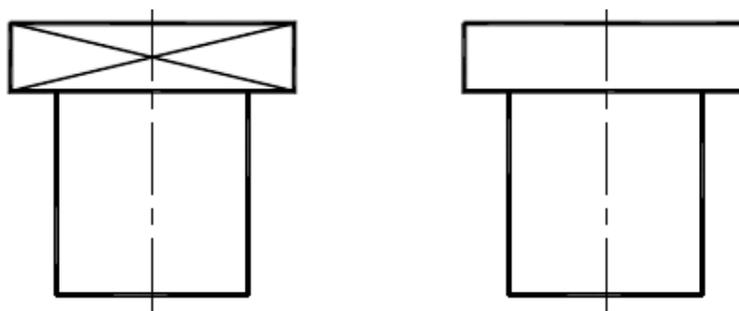


Рисунок 18.2.

Построение собственных теней цилиндра см. задачу 18 [2]. Для построения падающей тени от прямоугольной плиты строят тени двух прямых – фронтальной и фронтально проецирующей. Тень от первой представляет собой отрезок прямой под углом  $45^\circ$ , от второй – окружность радиусом равным радиусу цилиндрической поверхности (проекция эллипса – линии пересечения цилиндра плоскостью под углом  $45^\circ$ ).

Для круглой плиты из центра нижнего основания плиты проводят дугу окружности радиусом равным радиусу плиты, находят точку пересечения с линией под углом  $45^\circ$  проведенной от очерка колонны. Проводят горизонтальную прямую до пересечения с очерком и осевой линией. Получают две точки линии тени.

Строят тень от точки отмечающей невидимый контур собственной тени цилиндра плиты на невидимый контур тени колонны. Точку исчезновения тени получают засечкой дугой окружности радиуса равного расстоянию от центра нижнего основания цилиндра плиты до проекции точки пересечения этого основания с биссекторной плоскостью проходящей через ось вращения цилиндра.

2.3. Задача 25. Построить тени на колонну с каннелюрами: а) от прямоугольной плиты б) от круглой плиты.

Вокруг ствола колонн описывают две вспомогательные поверхности, одна из которых касается ребер каннелюр, а другая заглубленной части поверхности канелюр. Строят контуры падающих теней от нижней кромки плит на вспомогательные цилиндрические поверхности по способу, примененному в задаче 24.

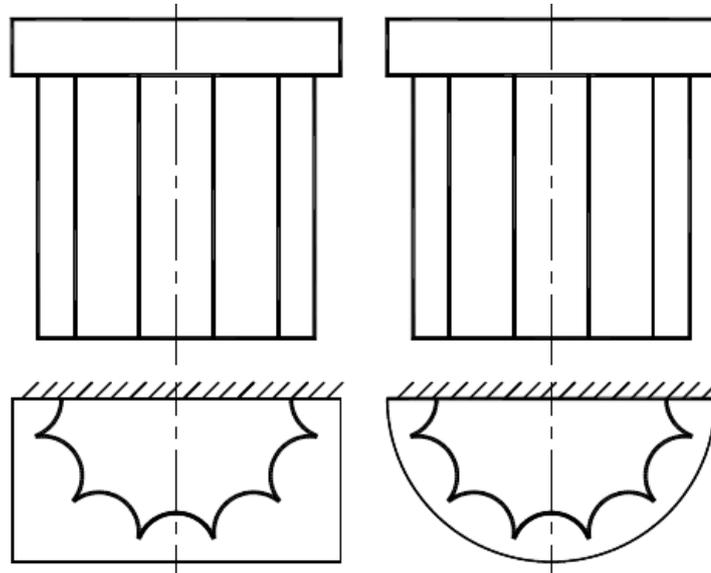


Рисунок 18.3.

2.4. Задача 27. Построить тень от квадратной плиты на эхин колонны.

Собственная тень эхина строится аналогично тени валика (см. задачу 22 [2]).

Для построения падающей тени от плиты на эхин применяется способ вспомогательных горизонтальных плоскостей – посредников.

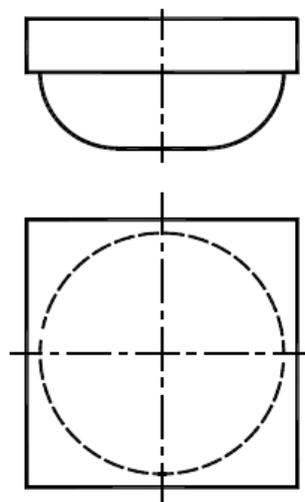


Рисунок 18.4.

2.5. Задача 29. Построить собственную и падающую тени карниза.

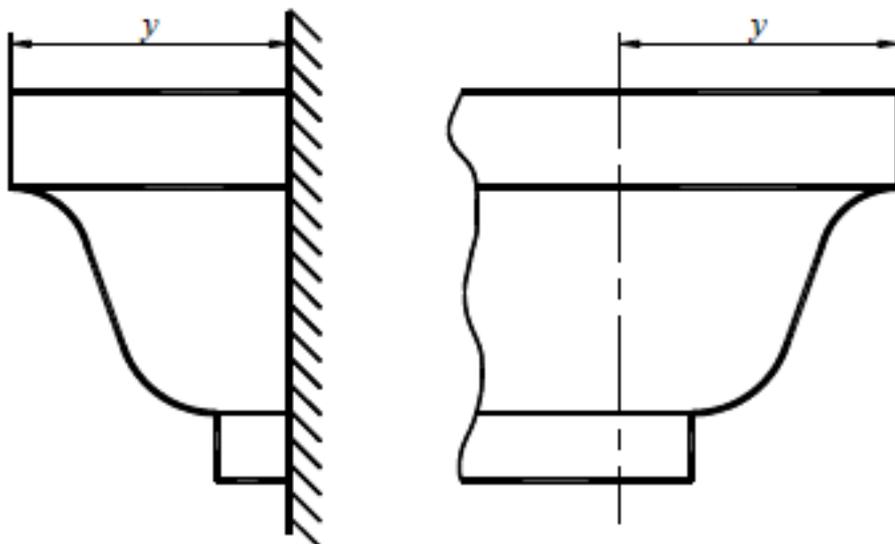


Рисунок 18.5.

Для построения падающей тени от карниза из точек профиля во фронтальной проекции проводят лучи до пересечения с плоскостью стены и определяют проекции точек в проекционной связи на профильной плоскости проекций. Определяют освещенность карниза.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [2] на страницах 13, 15-17.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Графические построения должны быть выполнены в карандаше при помощи чертежных инструментов. Тени должны быть выделены цветом. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. Как построить тень от колонны от прямоугольной и квадратной плиты?
- 5.2. Каким способом строятся тени от плиты на эхин колонны?
- 5.3. Каким образом строятся тень на колонну с канелюрами?

**Лабораторная работа № 19 «Перспектива. Перспектива точки, прямых общего и частного положения. Решение задач 34 – 35, 37 из [2]» (2 ч)**

**1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – освоить основные понятия теории перспективы; научиться строить линейную перспективу точек и прямых.

**2. Порядок выполнения работы.**

Перспективой называется наглядное изображение предмета, построенное методом центрального проецирования.

Наглядное изображение, построенное на плоскости методом центрального проецирования, называется линейной перспективой.

Наглядное изображение, построенное на внутренней поверхности цилиндра, называется панорамной перспективой.

Наглядное изображение, построенное на внутренней поверхности сферы или эллипсоида, называется купольной перспективой.

*Перспектива точки (рис. 19.1).*

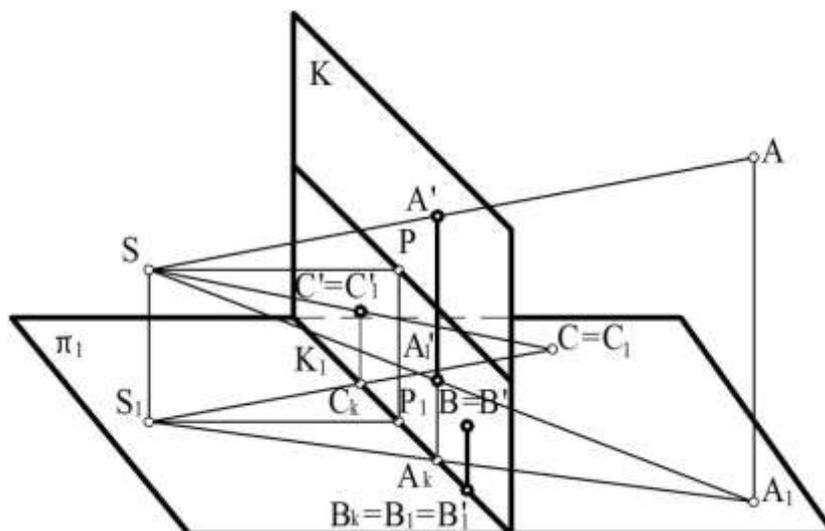


Рисунок 19.1.

$K$  – вертикальная плоскость проекции (картинная плоскость или картина).

$K_1$  – основание картины.

$\pi_1$  – предметная плоскость.

$h$  – линия горизонта.

$S$  – точка зрения.

$S_1$  – основание точки зрения.

$SP$  – главное расстояние картины.

$P$  – главная точка картины.

$P_1$  – основание главной точки картины.

$A'$  – перспектива точки  $A$ .

$A'_1$  – вторичная проекция точки  $A$ .

Если точка находится в бесконечности, то ее вторичная проекция лежит на линии горизонта. Если точка принадлежит картинной плоскости, то перспектива точки совпадает с самой точкой, а вторичная проекция точки лежит на основании картины. Если точка принадлежит предметной плоскости, то перспектива точки и ее вторичная проекция совпадают.

*Перспектива прямых общего положения.*

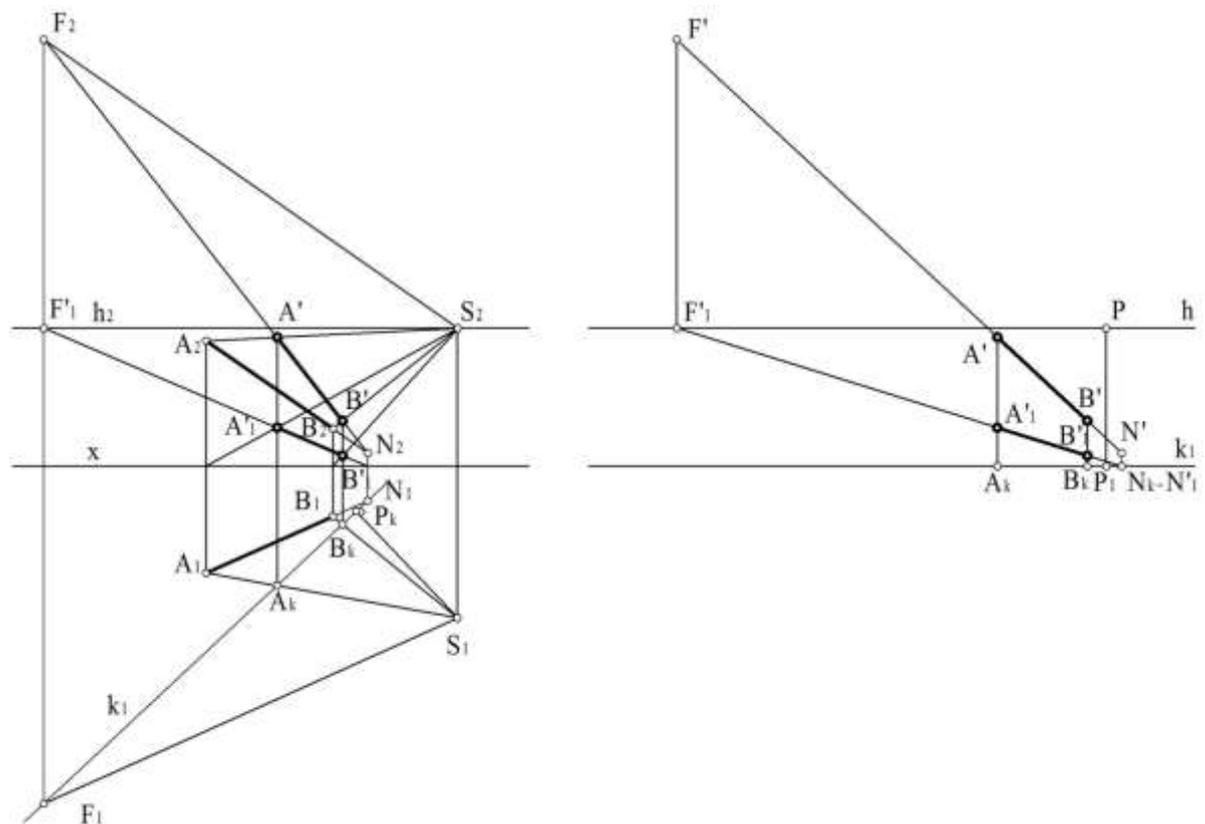


Рисунок 19.2.

Изображение в перспективе прямой линии, расположенной в пространстве, будет также в прямой, как результат пересечения двух плоскостей: картины и лучевой плоскости, которая образована совокупностью лучей зрения, проецирующих отдельные точки заданной прямой. Так как положение прямой в пространстве определяется двумя её точками, то и перспектива прямой определяется перспективами двух её точек. На рис. 19.2 перспектива прямой  $AB$  и её вторичная проекция определены перспективами и вторичными проекциями двух её точек  $A$  и  $B$ , заданных в ортогональных проекциях.

Точками, определяющими перспективу прямой, являются: начальная точка прямой ( $N$ ) и бесконечно удаленная (предельная) точка прямой ( $F$ ).

*Перспектива прямых частного положения.*

а) *Горизонтальные прямые*, точки схода которых в перспективе располагаются на линии горизонта (рис. 19.3).

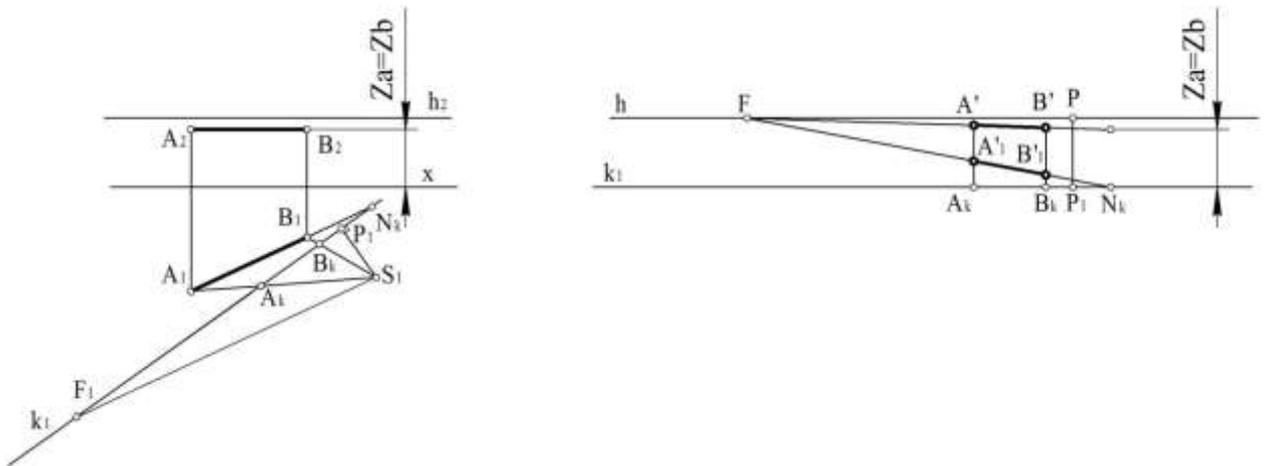


Рисунок 19.3.

б) *Прямые, перпендикулярные картине*, точкой схода которых является главная точка картины  $P$  (рис. 19.4).

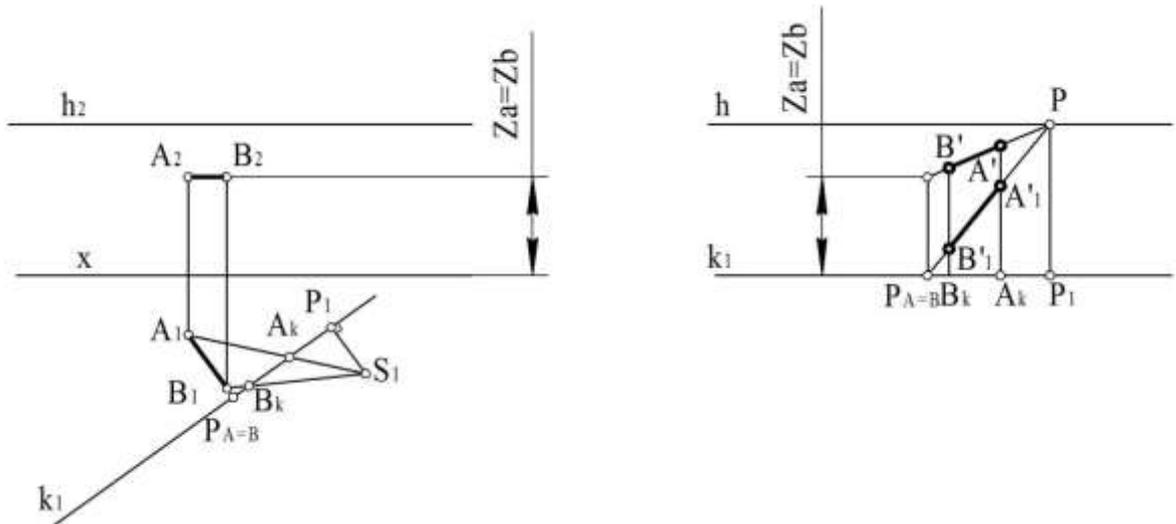


Рисунок 19.4.

в) *Горизонтальные прямые, расположенные по углом  $45^\circ$  к картине*, точками схода которых в перспективе являются дистанционные точки  $D_1$  и  $D_2$  (рис. 19.5).

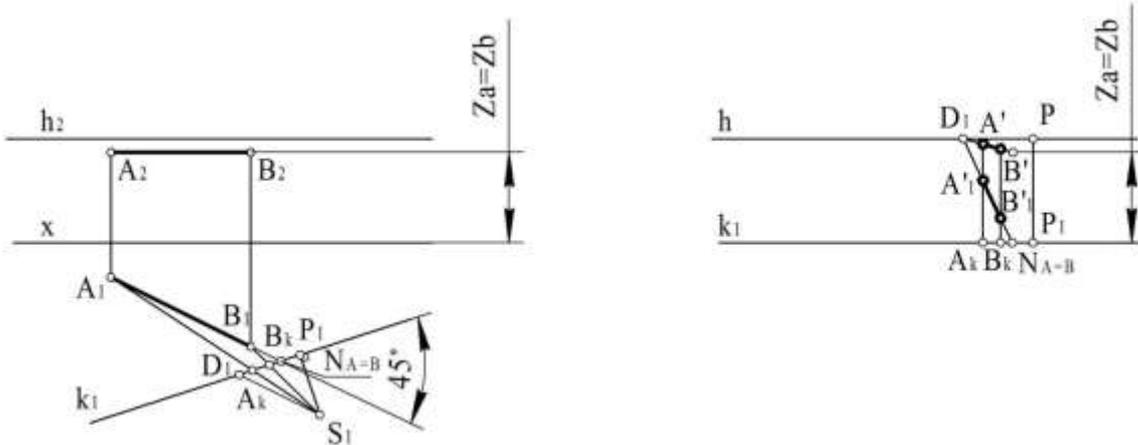


Рисунок 19.5.

г) *Прямые, параллельные картине*, не имеют точек схода, их перспективы параллельны самим прямым (рис. 19.6).

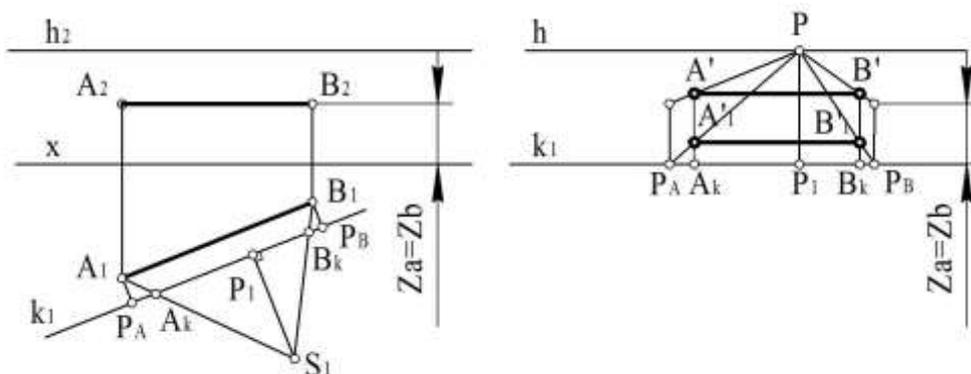


Рисунок 19.6.

*Перспектива параллельных прямых.*

Перспективы параллельных прямых пересекаются, т. е. имеют одну точку схода (рис. 19.7).

Продолжив каждую из прямых до пересечения с картиной, можно найти их начальные точки  $N$ . Второй точкой, определяющей искомые перспективы, будет общая, бесконечно удаленная точка  $F$ , для построения которой из точки зрения  $S$  проводят луч параллельно данным прямым.

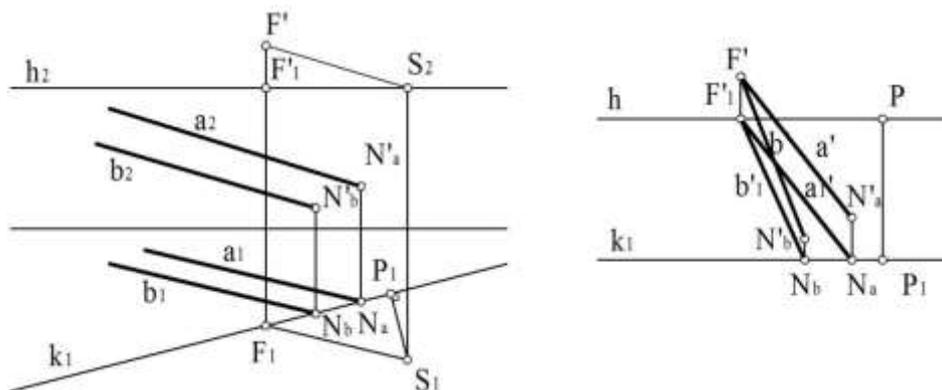


Рисунок 19.7.

2.1. Задача 34. Построить перспективу и вторичную проекцию точки  $A$ , точки  $B \in K$ , точки  $C \in \pi_1$ .

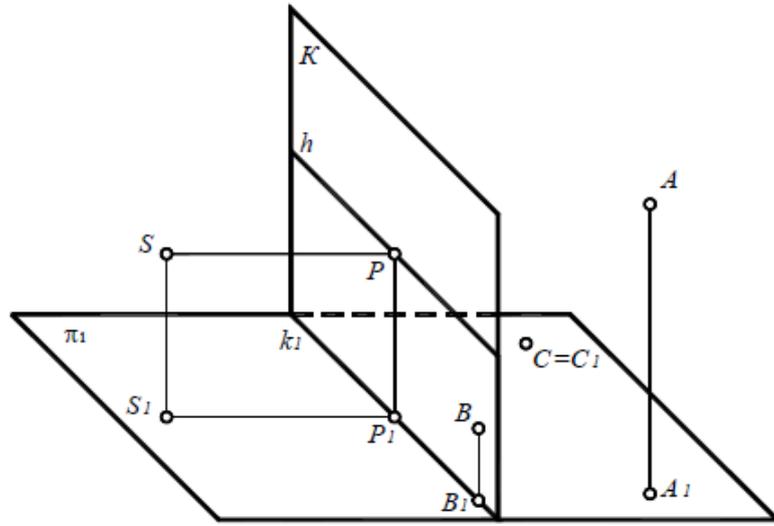


Рисунок 19.8.

Аппарат линейной перспективы показан на рис. 19.1

2.2. Задача 35. Построить перспективу и вторичную проекцию прямой, заданной отрезком  $AB$ . Определить перспективу и вторичную проекцию начальной точки  $N$  и предельной  $F$  (бесконечно удаленной) точки.

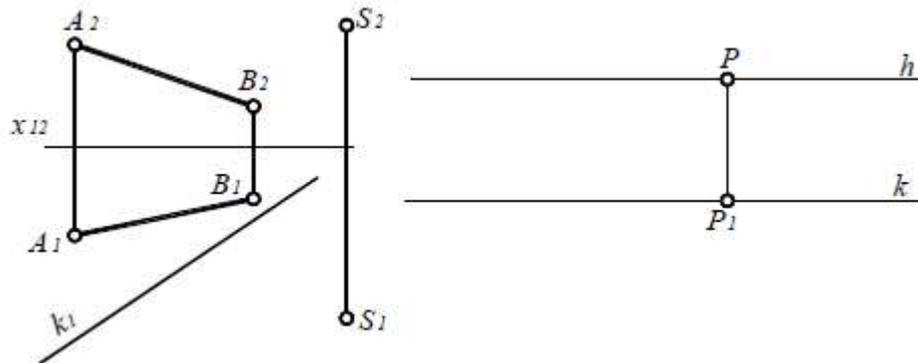


Рисунок 19.9.

Отрезок  $AB$  – отрезок прямой общего положения. Построение перспективы прямой общего положения показано на рис. 19.2

2.3. Задача 37. На картинной плоскости даны три точки  $A, B, C$  – вершины параллелограмма. Построить перспективу параллелограмма.

Определяют точки схода прямых – сторон параллелограмма продолжив вторичные проекции  $AB$  и  $BC$  до пересечения с  $h$ . Вычерчивают перпендикуляры из полученных точек и определяют точки пересечения с  $A'B'$  и  $B'C'$ . Соединив перспективы и вторичные проекции точек  $A$  и  $C$  и соответствующие точки схода дочерчивают перспективу и вторичную проекцию параллелограмма.

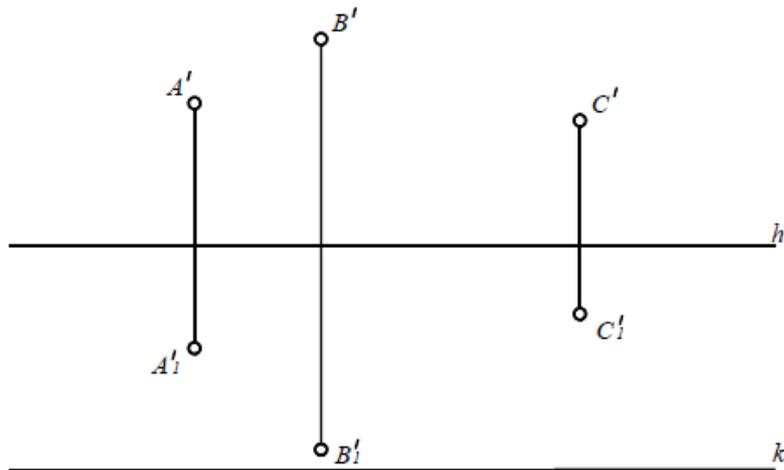


Рисунок 19.10.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [2] на страницах 20-21.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Графические построения должны быть выполнены в карандаше при помощи чертежных инструментов. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи

### 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. Что называется перспективой?
- 5.2. Виды перспектив в зависимости от проекционной поверхности картины.
- 5.3. Аппарат линейной перспективы.
- 5.4. Какие точки называются дистанционными и где они находятся?
- 5.5. Как построить главную точку картины?
- 5.6. Что называется перспективой и вторичной проекцией точки?
- 5.7. Как определить начальную точку прямой?
- 5.8. Как определяется предельная точка (перспектива бесконечно удаленной точки) прямой?
- 5.9. Как изображается перспектива и вторичная проекция горизонтальных прямых?
- 5.10. Где сходятся прямые, перпендикулярные к картинной плоскости?
- 5.11. Как изображаются перспективы прямых, параллельных картинной плоскости?

**Лабораторная работа № 20 «Перспектива. Перспектива плоскости. Предельная прямая. Перспективное деление отрезка в данном отношении. Перспектива окружности. Решение задач 38 – 46 из [2]» (6 ч)**

**1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – освоить перспективные изображения плоскостей и окружностей общего и частного положения, научиться делить и увеличивать отрезки и архитектурные элементы в данном отношении.

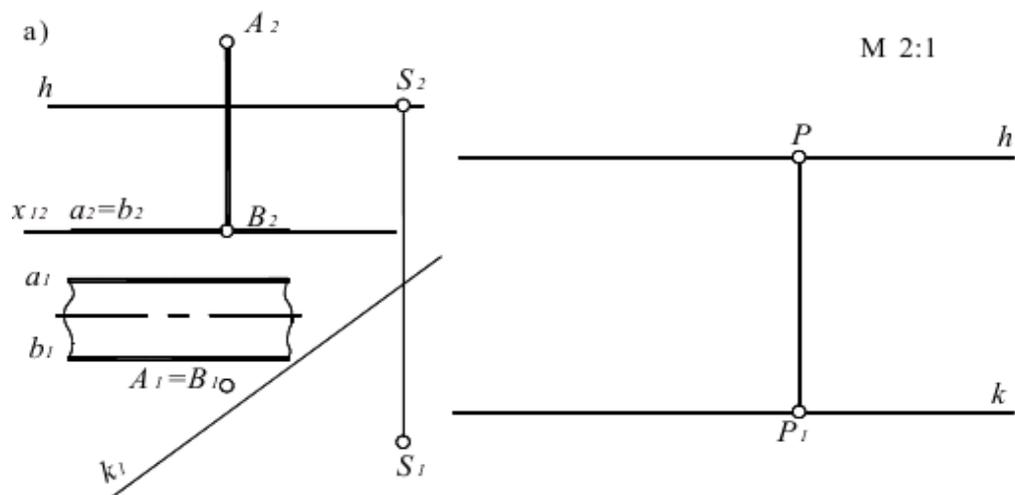
**2. Порядок выполнения работы.**

Предметным следом плоскости называется перспектива горизонтального следа плоскости.

Картинным следом плоскости называется линия пересечения плоскости с картиной.

Плоскость в перспективе имеет предел и ограничена предельной прямой, параллельной картинному следу и проходящей предельную точку предметного следа.

**2.1. Задача 38. Построить перспективу столба и участка автомобильной дороги.**



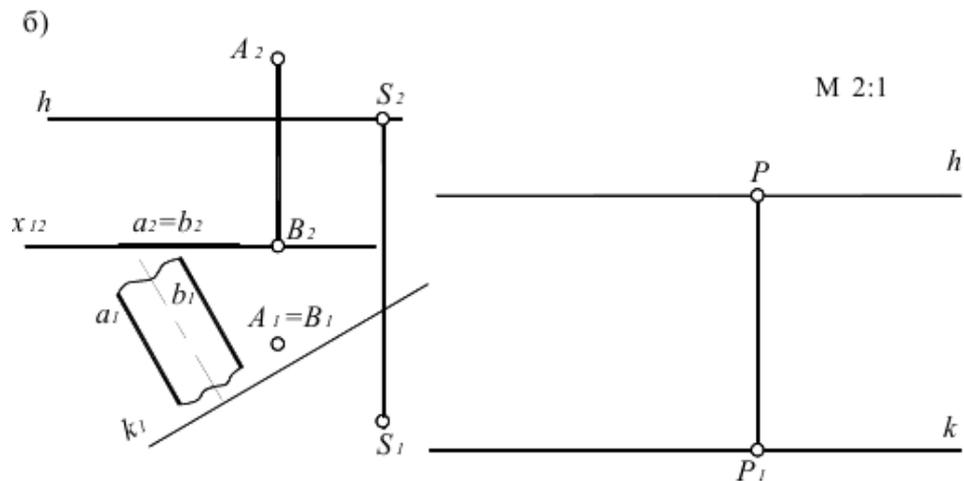


Рисунок 20.1.

Перспективу строят методом архитекторов.

При решении задачи необходимо провести линию параллельную дороге для нахождения бесконечно удаленной точки  $F$  и найти главную точку картины  $P$ . Далее нужно продолжить прямые  $a$  и  $b$  дороги и через столб провести линию параллельную дороге до пересечения с картинной плоскостью и найти их начальные точки  $N$ . Перенести эти точки в перспективу и соединить с  $F$ . Перспектива дороги построена, теперь остается только построить перспективу столба. Надо провести прямую, соединяющую основание точки зрения  $S_1$  со столбом, точку пересечения этой прямой с основанием картины переносят в перспективу и проводят из нее вертикальную линию. Поднимают начальную точку линии проходящей через столб на высоту столба (с учетом масштаба) и соединяют с бесконечно удаленной точкой. Точки пересечения построенной ранее вертикальной линии с линиями, идущими в бесконечно удаленную точку, определяют положение перспективы столба.

При решении задачи необходимо найти главную точку картины  $P$  и продолжить линии дороги  $a$  и  $b$  до пересечения с картинной плоскостью. В перспективе они будут сходиться в главную точку картины. Дальнейшие построения аналогичны предыдущей задаче, только точкой схода прямых будет точка  $P$ .

2.2. Задача 39. Построить перспективу плоской фигуры, принадлежащей предметной плоскости. Использовать две точки схода.

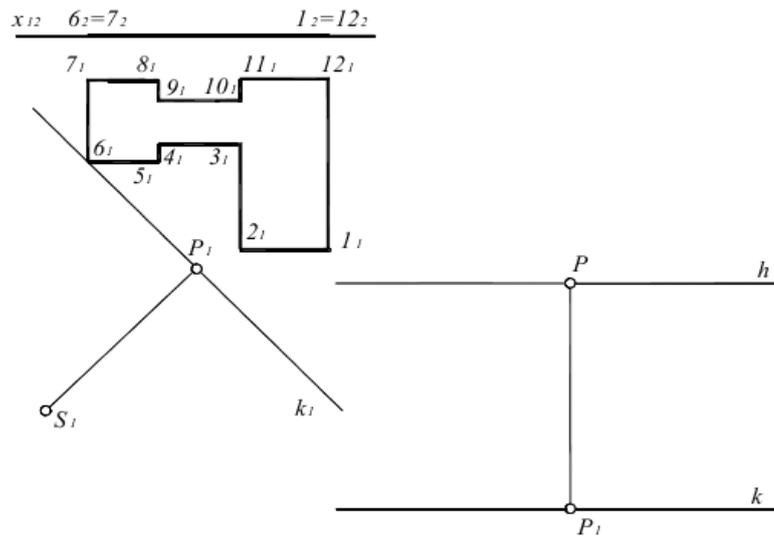


Рисунок 20.2.

Проводят через основание точки зрения  $S_1$  две линии, одну параллельно продольным сторонам фигуры, другую поперечным и, определив две точки схода, переносят их в перспективу на линию горизонта. Затем продлевают все стороны плоской фигуры до пересечения с картиной, определяют их начальные точки и переносят в перспективу на основание картины  $k$ . Соединяют начальные точки прямых с соответствующими им бесконечно удаленными и в пересечении определяют точки фигуры. Соединив точки, получают перспективу плоской фигуры.

2.3. Задача 40. Построить перспективу плоской фигуры, принадлежащей предметной плоскости. Одна точка схода недоступна.

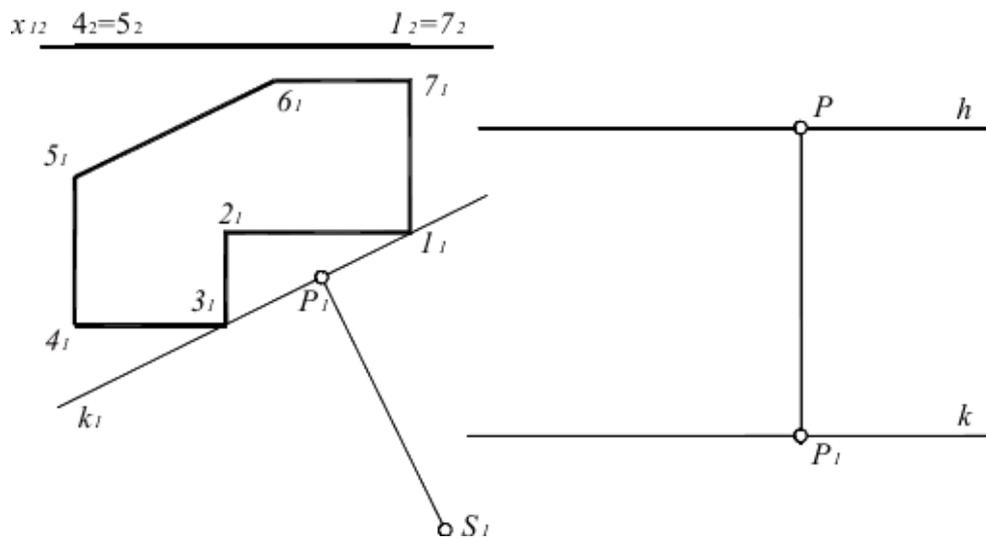


Рисунок 20.3.

Проводят через основание точки зрения  $S_1$  линию, параллельно вертикальным сторонам фигуры и, определив точку схода, переносят ее в перспективу на линию горизонта. Затем продлевают все вертикальные стороны плоской фигуры до пересечения с картиной, определяют их начальные точки и переносят в перспективу на основании

картины  $k$ . Соединяют начальные точки прямых с бесконечно удаленной точкой. Затем проводят прямые, соединяющие основание точки зрения  $S_1$  со всеми точками фигуры. Точки пересечения этих прямых с основанием картины переносят в перспективу и проводят через них тонкие вертикальные линии до пересечения с ранее вычерченными прямыми. Соединив полученные точки, получают перспективу плоской фигуры.

2.4. Задача 41. Построить перспективу окружности, лежащей в предметной плоскости.

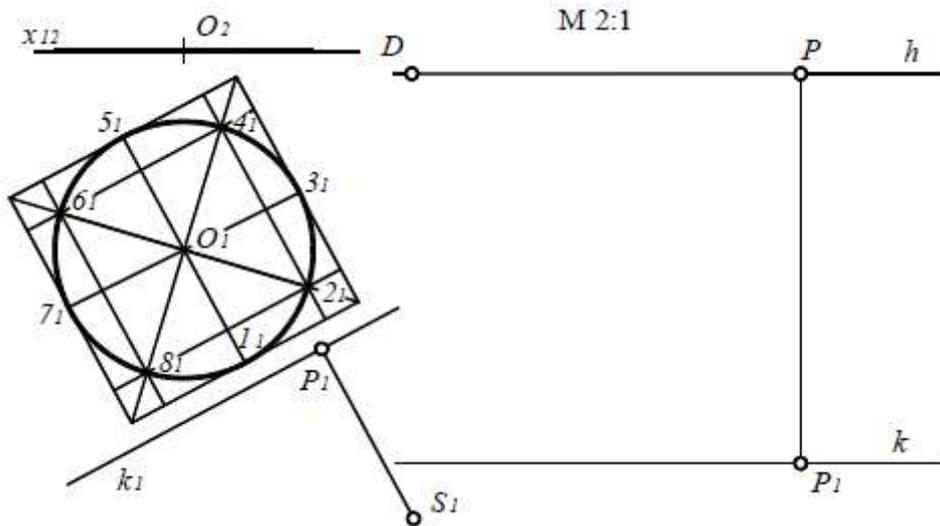


Рисунок 20.4.

Для построения перспективы окружности строится квадрат, описывающий окружность. Его стороны параллельны и перпендикулярны картине (рис. 20.5). Диагональ квадрата является прямой, наклоненной к линии горизонта под углом  $45^\circ$ . В перспективе ее точкой схода будет левая дистанционная точка  $D$ .

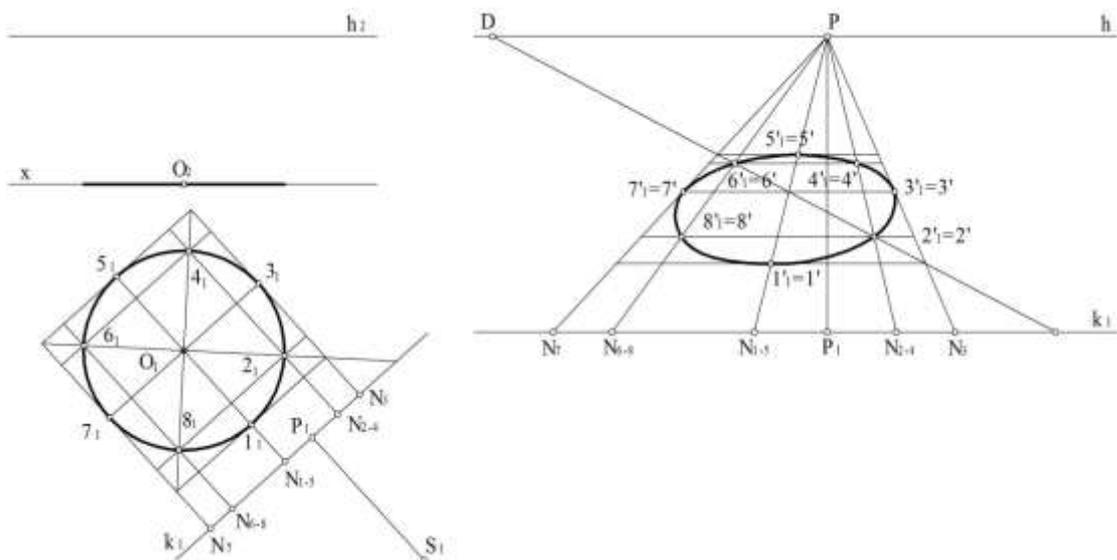


Рисунок 20.5.

2.5. Задача 42. Построить перспективу окружности, расположенной во фронтальной плоскости.

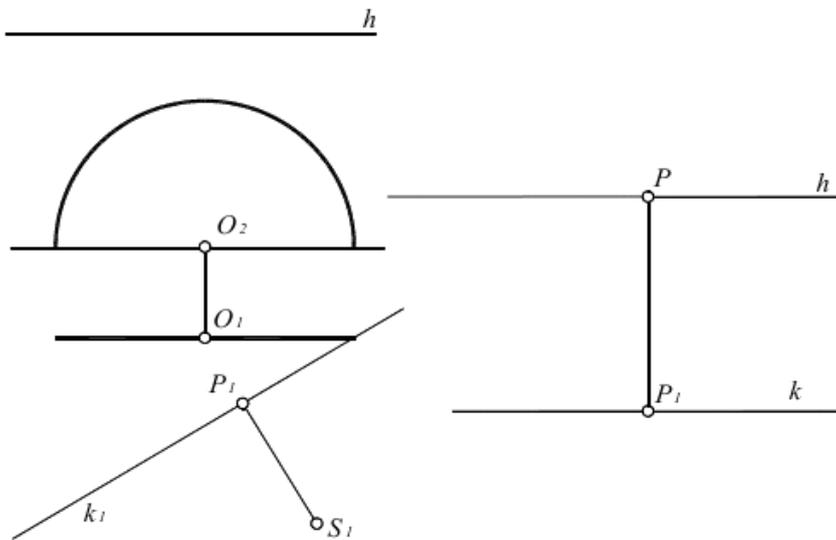


Рисунок 20.6.

Окружность вписывают в квадрат и проводят диагонали. Для определения бесконечно удаленной точки параллельно горизонтальной проекции окружности проводят прямую. Начальную бесконечно удаленную точку наносят в перспективе и соединяют. Поднимают начальную точку на высоту окружности и соединяют с бесконечно удаленной точкой. Затем проводят прямые, соединяющие основание точки зрения  $S_1$  с краем и центром окружности и находят их перспективы. Проводят диагонали квадрата в перспективе. Отложив высоту точек пересечения диагоналей квадрата с окружностью в перспективе и соединив с бесконечно удаленной точкой, получают перспективы этих точек. Соединив их, получают полуокружность.

2.6. Задача 43. Разделить отрезок  $AB$  на 6 равных частей.

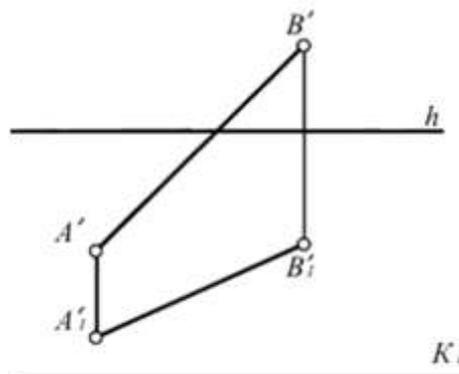


Рисунок 20.7.

2.7. Задача 44. Увеличить отрезок  $CD$  в три раза.

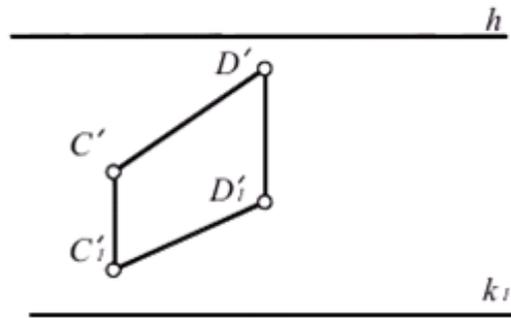


Рисунок 20.8.

Отрезки, не параллельные картине, можно разделить в заданном отношении (делительный масштаб) при помощи вспомогательных отрезков, параллельных плоскости.

На рис. 20.9 показано деление отрезка  $AB$  на 4 равных части, и увеличение отрезка  $CD$  в два раза. Из вторичной проекции точки  $A'1$  проводят прямую параллельную картинной плоскости и откладываем на ней 4 одинаковых деления. Соединяют конец с  $B'1$  до пересечения с линией горизонта. Полученную точку соединяют с делениями и таким образом делят вторичную проекцию отрезка на 4 части. Затем поднимают вертикальные линии и делят перспективу отрезка. Увеличение отрезка происходит аналогично.

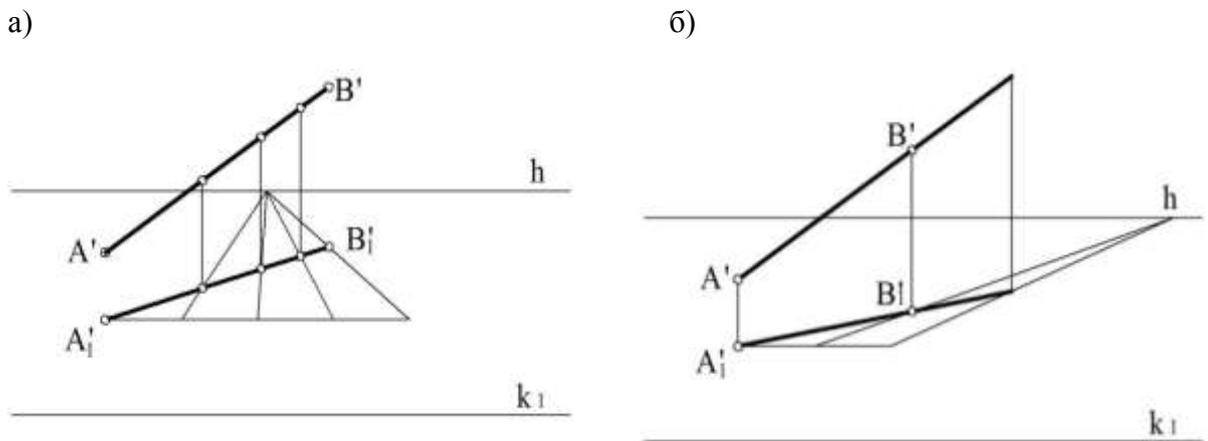


Рисунок 20.9.

В задаче 43 из вторичной проекции точки  $A'1$  проводят прямую параллельную картинной плоскости и откладываем на ней 6 одинаковых отрезков. Соединяют конец с  $B'1$  до пересечения с линией горизонта. Полученную точку соединяют с точками-делениями и таким образом делят вторичную проекцию отрезка на 6 частей. Затем поднимают вертикальные линии и делят перспективу отрезка. Увеличение отрезка (задача 44) производят аналогично.

2.8. Задача 45. Выполнить разбивку оконных и дверных проемов на заданной стене.

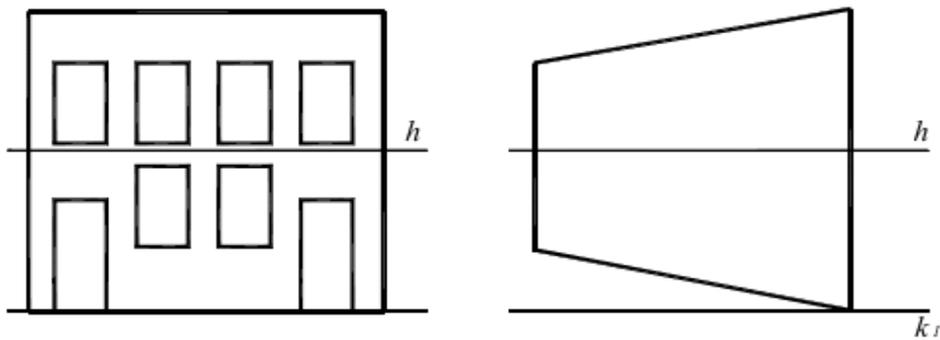


Рисунок 20.10.

Задача решается с использованием делительного масштаба. На вертикальной стене здания отмечаются высоты оконных и дверных проемов и переносятся в перспективу правой стены здания. На левой стене здания они делятся по теореме Фалеса. По горизонтали отмечают положение оконных и дверных проемов и переносят их на картинную плоскость. Затем, используя делительный масштаб, делят горизонтальную часть стены. На пересечениях горизонтальных и вертикальных линий в перспективе определяют оконные и дверные проемы.

2.9. Задача 46. Построить перспективу арки на заданной стене.

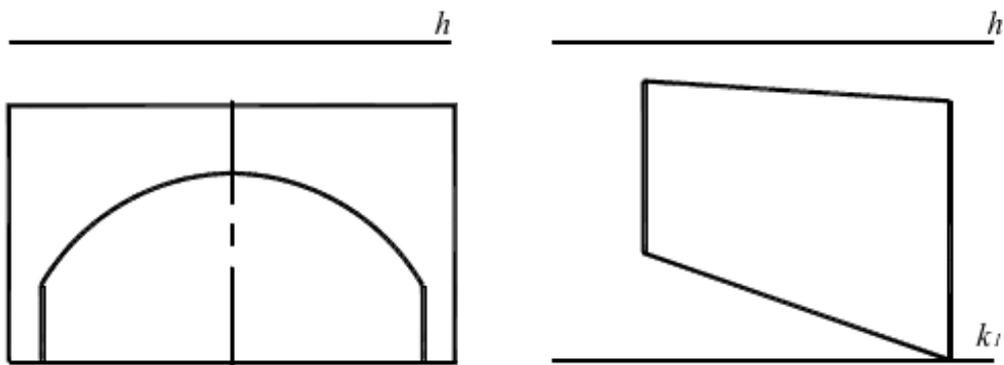


Рисунок 20.11.

Перспектива арки строится с помощью делительного масштаба. Берем на арке точки и проводим через них вертикальные и горизонтальные линии. Дальнейшие построения аналогичны предыдущей задаче.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [2] на страницах 22-25.

#### **4. Содержание отчета по лабораторной работе.**

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Графические построения должны быть выполнены в карандаше при помощи чертежных инструментов. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

#### **5. Контрольные вопросы.**

- 5.1. Что называется предметным следом плоскости?
- 5.2. Что называется картинным следом плоскости?
- 5.3. Что называется предельной прямой?
- 5.4. Как направлена предельная прямая у горизонтально проецирующей плоскости?
- 5.5. Как построить перспективу окружности?
- 5.6. Как увеличить отрезок в несколько раз?
- 5.7. Как разделить отрезок на пропорциональные части?

#### **Лабораторная работа № 21 «Перспектива. Способы построения перспективы. Радиальный способ построения перспективы. Решение задачи 47 из [2]» (2ч)**

##### **1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – освоить выбор основных элементов перспективы для получения наилучшего перспективного изображения объекта, научиться строить фронтальную перспективу радиальным способом.

##### **2. Порядок выполнения работы.**

*Выбор картинной плоскости, линии горизонта и положения точки зрения.*

При выборе точки зрения рекомендуется придерживаться следующих положений:

- 1) Линия горизонта выбирается в зависимости от вида перспективы:
  - а)  $H \approx 1,7$  м. Перспектива с нормальной точкой зрения (для одного здания).
  - б)  $H \approx 100$  м. Перспектива с высоким горизонтом (для группы зданий).
  - в)  $H \approx 0$  м. Перспектива снизу (для отдельных деталей, наблюдаемых снизу, и для зданий, стоящих на возвышении).
- 2) Картинную плоскость можно проводить через один из углов здания. Угол наклона картинной плоскости к фасаду –  $25^\circ - 35^\circ$ .
- 3) Положение точки зрения должно обеспечивать хороший обзор объекта. Его составные части не должны загораживать друг друга.

4) Угол зрения (угол между проецирующими лучами, направленными в крайние точки плана предмета)  $\varphi = 18^\circ - 53^\circ$ . Оптимальный угол зрения –  $28^\circ$ . Наибольший размер ( $O_k O_k$ ) картины примерно вдвое меньше расстояния от точки зрения до картинной плоскости ( $S_1 P_1$ ), т. е.  $S_1 P_1 / O_k O_k \approx 2$ .

5) Главный луч зрения должен быть направлен перпендикулярно картинной плоскости и делить картину примерно пополам или находиться в средней трети между крайними лучами, идущими от зрителя к предмету.

*Способы построения перспективы.*

- 1) Радиальный способ (способ следа луча, способ Дюрера).
- 2) Способ архитекторов:
  - а) С одной точкой схода.
  - б) С двумя точками схода.
- 3) Способ прямоугольных координат.
- 4) способ перспективной сетки.

Сущность радиального способа построения перспективы заключается в определении точек пересечения проецирующих лучей с картинной плоскостью, с помощью построения картинных следов прямых. Он находит применение при построении фронтальных перспектив улиц, внутренних дворов, фасадов зданий с выступающими вперед частями и т. д.

При использовании радиального метода можно использовать наложение перспективного изображения на ортогональный чертеж и др.

Перспектива точки, построенная радиальным методом (рис. 21.1).

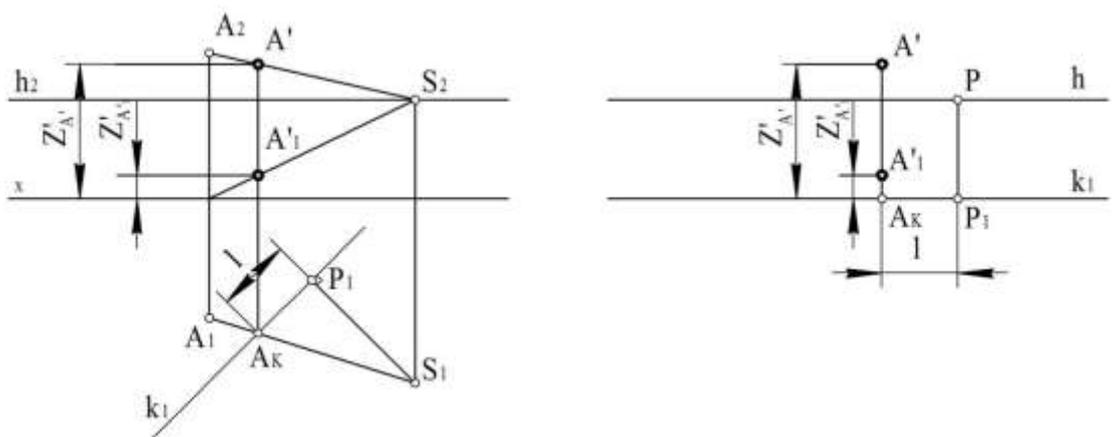


Рисунок 21.1.

Задача 47. Построить фронтальную перспективу здания радиальным способом.

Передняя стена левой части здания находится на картинной плоскости, поэтому она в перспективе не изменится. Соединяют точки здания с точкой зрения ( $S_1$  и  $S_2$ ).

Затем на горизонтальной проекции определяют точки пересечения этих лучей с картинной плоскостью и из них проводят линии до пересечения с соответствующими им лучами на фронтальной плоскости. Полученные точки соединяют и получают перспективу здания. На криволинейной части здания необходимо взять несколько точек для более точного построения.

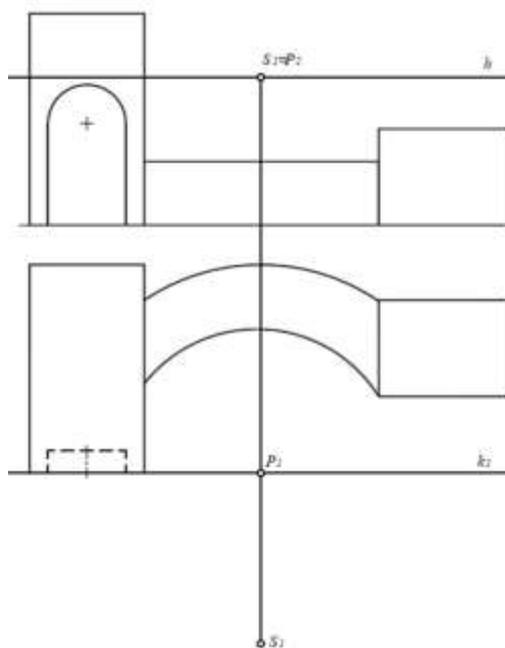


Рисунок 21.2.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [2] на странице 26.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Графические построения должны быть выполнены в карандаше при помощи чертежных инструментов. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. Как выбирается положение точки зрения?
- 5.2. Под каким углом к фасаду целесообразно выбирать картинную плоскость в угловой перспективе?
- 5.3. Как выбрать высоту линии горизонта?
- 5.4. Для каких объектов перспективу рациональнее строить радиальным методом?

## Лабораторная работа № 22 «Перспектива. Способы построения перспективы.

### Способ архитекторов. Решение задач 48 – 50 из [2]» (4 ч)

#### 1. Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – освоить способ архитекторов с использованием двух и одной точек схода; научиться строить перспективу объектов с использованием вспомогательного плана, боковой стенки, срединного сечения.

#### 2. Порядок выполнения работы.

Способ архитекторов с двумя точками схода основан на использовании двух точек схода перспектив параллельных горизонтальных прямых объекта. Построение перспективы плоского объекта показано на рис. 22.1.

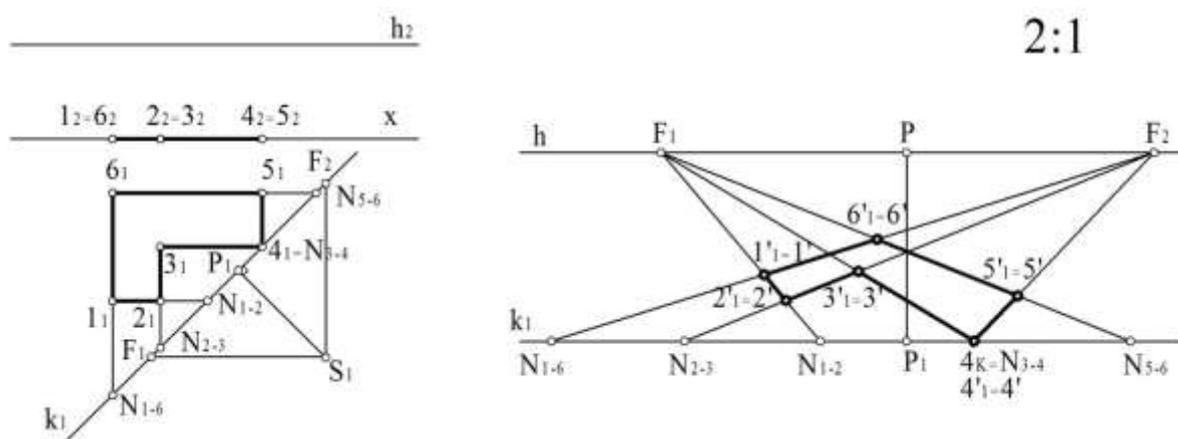


Рисунок 22.1.

Способ архитекторов с одной точкой схода основан на использовании одной точки схода и картинных следов прямых.

Построение перспективы плоского объекта показано на рис. 22.2.

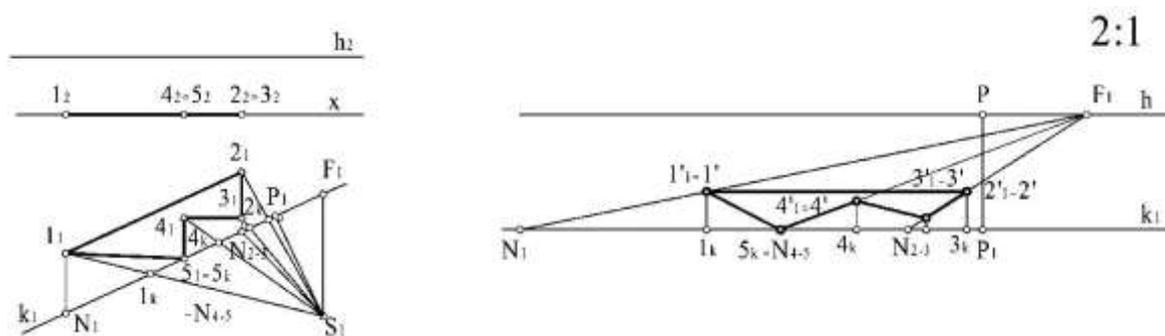


Рисунок 22.2.

На рисунке 22.3 показано построение перспективы здания с использованием вспомогательного горизонтального плана.

При построении перспективы методом архитекторов во многих случаях перспектива основания (плана) предмета получается сжатой. Поэтому построение изображения (и особенно теней) становится весьма затруднительным. Чтобы этого избежать строят вспомогательный горизонтальный план.

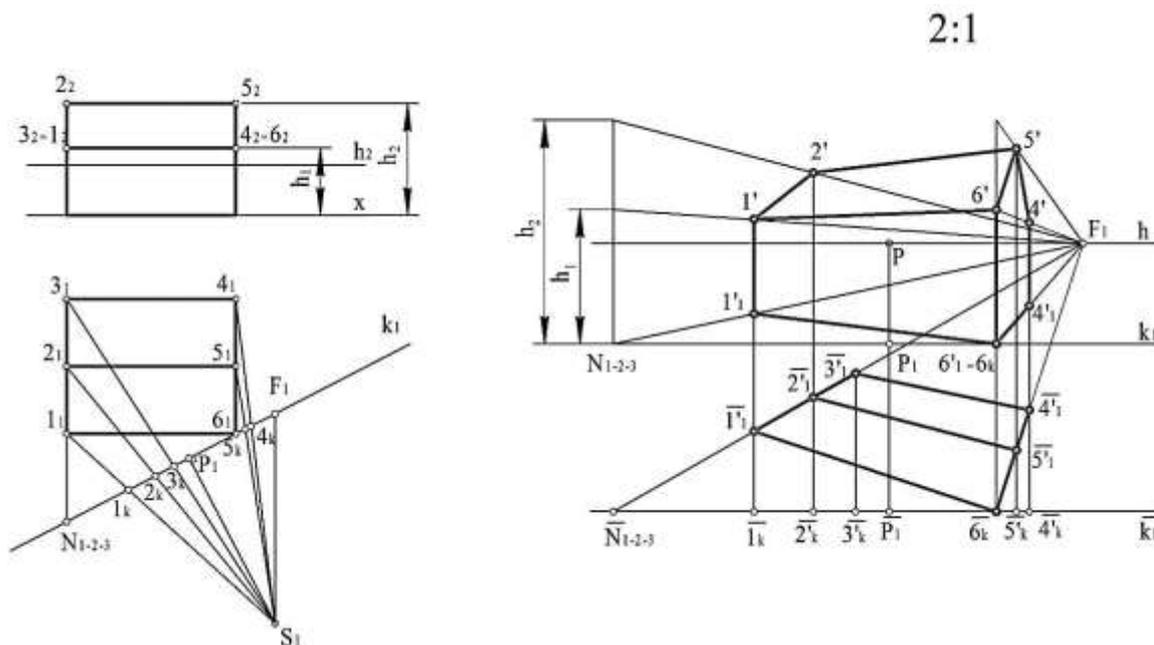


Рисунок 22.3.

Построение выполняют в следующей последовательности.

1. На плане здания проводят основание картинной плоскости, выбирают положение точки зрения  $S_1$  и главной точки картины  $P_1$ . Проводят на фронтальной проекции линию горизонта.
2. Определяют положение доступной точки схода параллельных прямых  $F$ . Для этого из точки  $S$  проводят прямую параллельную коротким стенам здания до пересечения с картиной. На линию горизонта в перспективу переносят главную точку картины  $P$  и доступную точку схода  $F$ . Находят начальные точки прямых, параллельных  $S_1F_1$ , переносят в перспективу на основание картинной плоскости  $\bar{k}$  и соединяют с  $F_1$ .
3. На горизонтальной проекции проводят прямые, соединяющие основание точки зрения  $S_1$  со всеми точками плана здания.
4. Находят на пересечении соответствующих прямых линии точки, соединяют их линиями и получаем вспомогательный горизонтальный план здания.
5. Поднимают начальные точки на картинную плоскость соединяют их с  $F_1$  и находят на них вторичные проекции точек  $1'_1, 4'_1, 6'_1$ .
6. Поднимают начальные точки на высоту крыши здания ( $h_1$  и  $h_2$ ) и соединяют с перспективой бесконечно удаленной точки  $F_1$ .

7. Находят на этих линиях перспективы точек  $1'$ ,  $2'$ ,  $4'$ ,  $5'$ ,  $6'$ .

8. Соединяют точки и получают перспективу здания.

Задача 48. Построить перспективу объекта способом архитекторов, используя две точки схода.

Проводят через основание точки зрения  $S_1$  две линии, одну параллельно продольным сторонам объекта, другую поперечным, определив две точки схода, переносят их в перспективу на линию горизонта. Затем продлевают все стороны здания до пересечения с картиной, определяя их начальные точки, и переносят в перспективу на основание картины  $k$ . Соединяют начальные точки прямых с соответствующими им бесконечно удаленным и на пересечениях определяют точки объекта. Соединяют эти точки и получают перспективу плана объекта. Затем поднимают начальные точки на высоту частей объекта и соединяют с точками схода. На пересечении определяют точки объекта. Соединяя эти точки, получают перспективу объекта. Для построения перспективы арки, вписывают ее в квадрат.

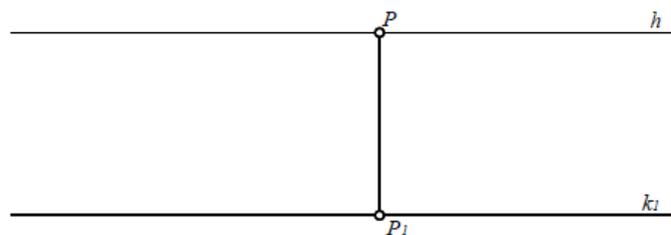
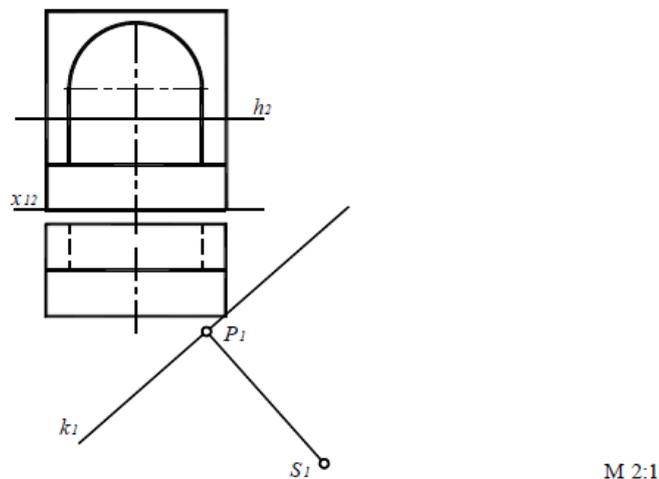


Рисунок 22.4.

2.1. Задача 49. Построить перспективу схематизированного здания с использованием одной точки схода и опущенного плана.

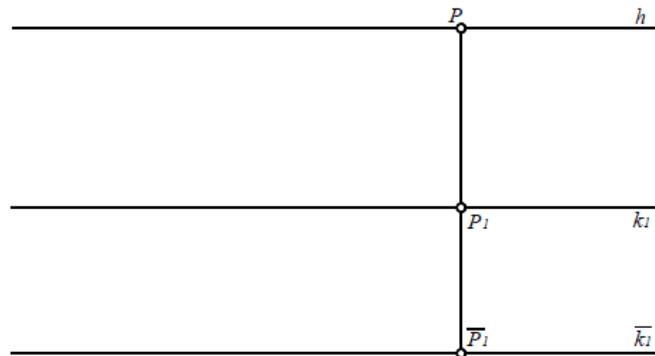
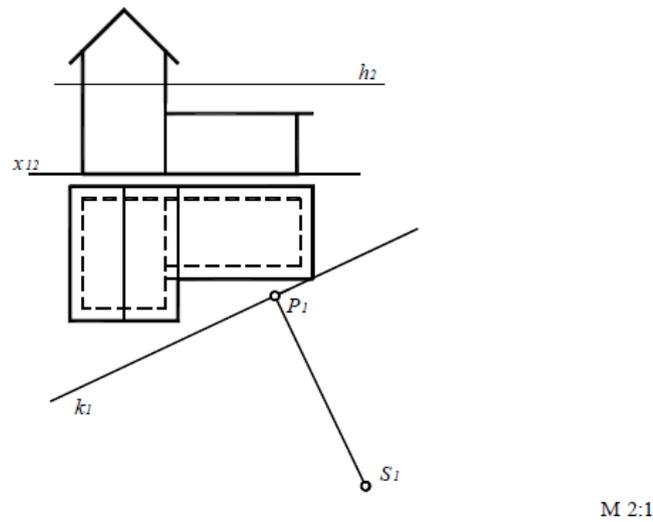


Рисунок 22.5.

Определяют положение доступной точки схода параллельных прямых  $F$ . Для этого из точки  $S$  проводят прямую параллельную коротким стенам здания до пересечения с картиной. На линию горизонта в перспективу переносят главную точку картины  $P$  и доступную точку схода  $F$ . Находят начальные точки прямых, параллельных  $S_1F_1$ , переносят в перспективу на основании картинной плоскости  $\bar{k}$  и соединяют с точкой схода. Далее на горизонтальной проекции проводят прямые, соединяющие основание точки зрения  $S_1$  с точками плана здания. Точки пересечения этих прямых с основанием картины переносят в перспективу на  $\bar{k}$  и проводят через них тонкие вертикальные линии. Находят на пересечении соответствующих прямых линий точки, соединяют их линиями и получают опущенный план здания. Затем поднимают начальные точки на картинную плоскость, соединяют их с точкой схода и находят на них вторичные проекции точек здания. Поднимают начальные точки на соответствующую высоту крыши здания и соединяют с перспективой бесконечно удаленной точки. Находят на этих линиях перспективы точек здания. Соединяют точки и получают перспективу здания.

2.2. Задача 50. Построить перспективу схематизированного архитектурного сооружения.

Методика решения аналогична предыдущей задаче. После построения опущенного плана построения переносят на предметную плоскость с помощью вспомогательной вертикальной плоскости.

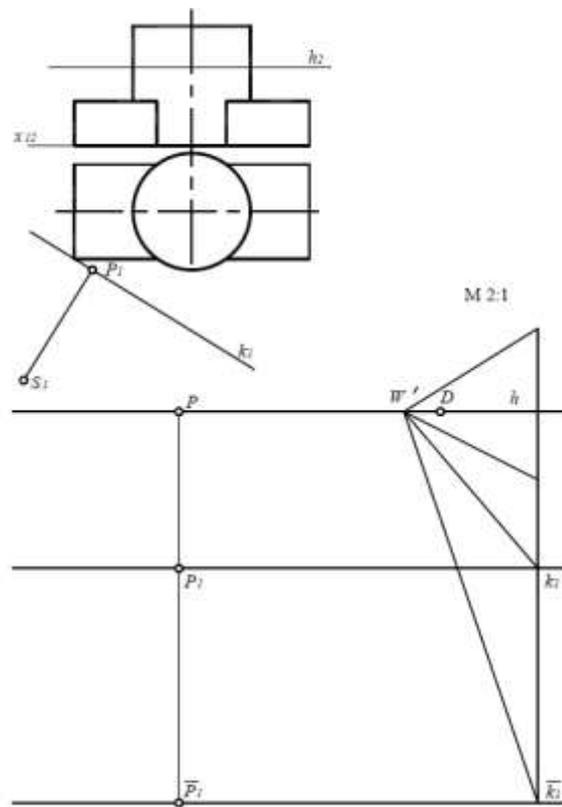


Рисунок 22.6.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [2] на страницах 27-29.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Графические построения должны быть выполнены в карандаше при помощи чертежных инструментов. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. Для каких объектов можно использовать метод архитекторов?
- 5.2. Как построить высоту объектов с использованием боковой стенки и без нее?
- 5.3. В каких случаях рационально использовать вспомогательный горизонтальный план?

**Лабораторная работа № 23 «Перспектива. Метод прямоугольных координат и перспективной сетки. Решение задач 54, 55 из [2]» (4 ч)**

**1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – освоить метод прямоугольных координат и перспективной сетки, научиться строить перспективу объектов методом прямоугольных координат и перспективной сетки.

**2. Порядок выполнения работы.**

Метод прямоугольных координат (рис.23.1) используется главным образом при изображении объектов неправильной формы. Сущность этого способа заключается в построении перспективы объекта, отнесенного к прямоугольной системе координат с помощью изображения в перспективе координатной системы.

Координатные оси, построенные в перспективе, называют перспективным масштабом. Ось  $x$  – называют масштабом широт, ось  $z$  – масштабом высот, ось  $y$  – масштабом глубин. По осям  $x$  и  $z$  откладывают натуральные единицы измерения. По оси  $y$  их откладывают с помощью дистанционной точки  $D$ .

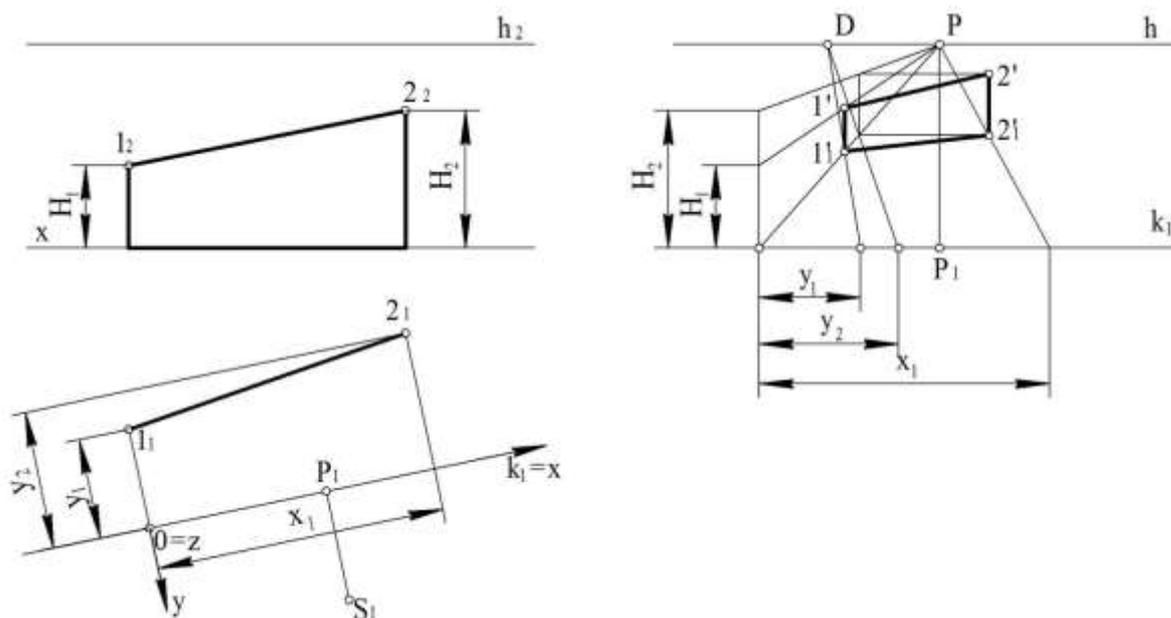


Рисунок 23.1.

Способ перспективной сетки (рис. 23.2) является разновидностью координатного способа. Применяют при построении «планировочных» перспектив с высоким горизонтом при

проектировании градостроительных и промышленных объектов, расположенных на значительной территории.

После выбора точки зрения на исходный план объекта наносят сетку фронтально расположенных квадратов со стороной, равной 1, 2, 5, 10, ... м. По сторонам сетки ставят буквенные и цифровые обозначения ячеек. На фасаде отмечают размеры высот объектов.

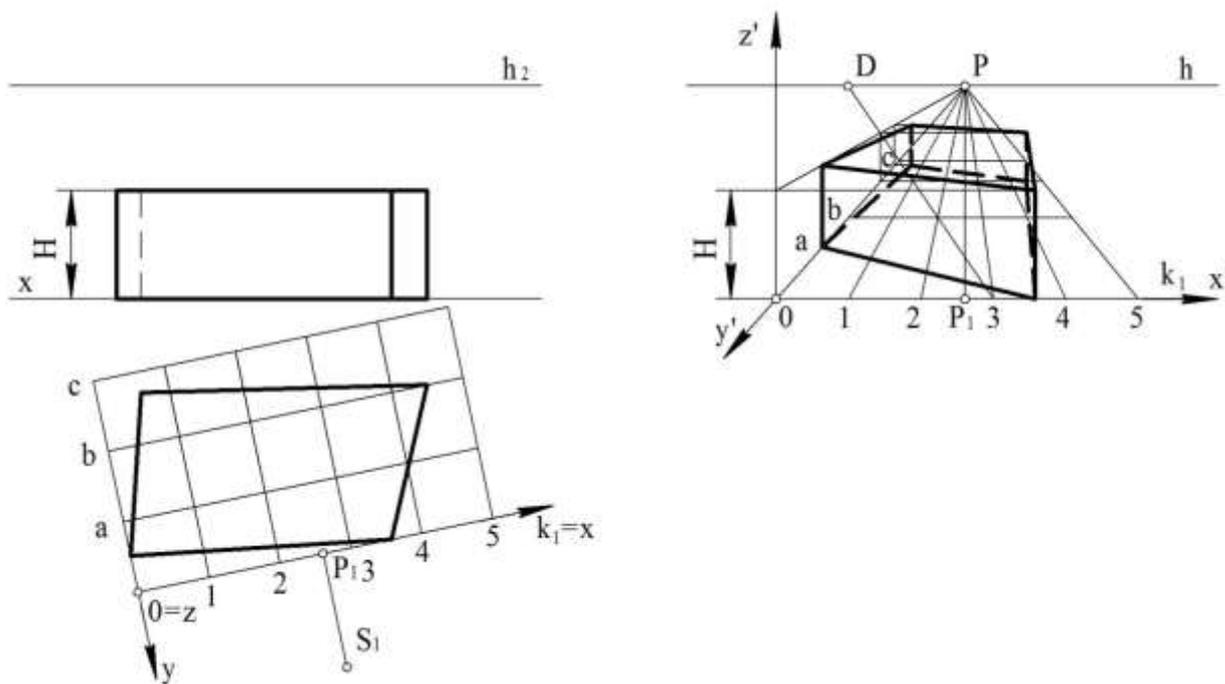


Рисунок 23.2.

2.1. Задача 54. Построить перспективу ограждения методом прямоугольных координат.

На ограждении выбирают несколько точек и определяют их координаты по осям  $x$  и  $y$ . Находят в перспективе левую дистанционную точку  $D$ . Откладывают от  $0$  координаты  $x$  и полученные точки сводят в  $P$ . Откладывают от  $0$  по оси координаты  $y$ , сводят в  $D$  и определяют точки пересечения с линией  $OP$ . Затем параллельно оси  $x$  из этих точек проводят линии до пересечения с соответствующими линиями, идущими в  $P$ . Соединяют эти точки и получают вторичную проекцию ограждения. Откладывают из  $0$  высоту ограждения и сводят в  $P$ . Затем строят верх ограждения. Необходимо учитывать масштаб. Соединяют все полученные точки и получают перспективу ограждения.

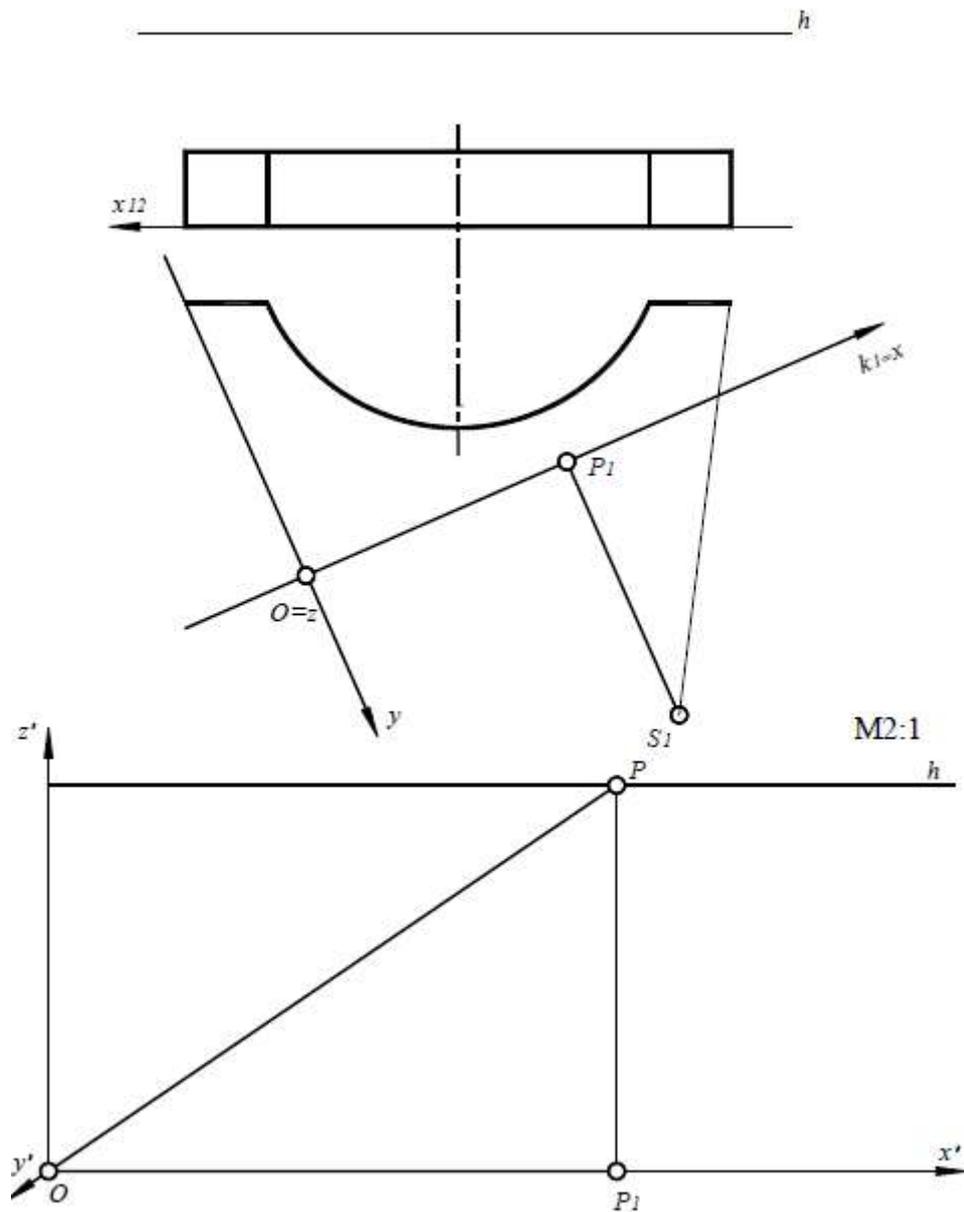


Рисунок 23.3.

2.2. Задача 55. Построить перспективу объекта способом перспективной сетки.

Определяют в перспективе левую дистанционную точку  $D$ . Переносят точки пересечения линий сетки с картинной плоскостью в перспективу и соединяют с главной точкой картины  $P$ . Последнюю точку соединяют с  $D$  и через точки пересечения с линиями, идущими в  $P$ , проводят горизонтальные линии. Наносят на перспективную сетку план объекта. Откладывают из  $O$  высоты объектов и сводят в  $P$ . Затем строят верх объекта. Соединяют все полученные точки с учетом видимости и получают перспективу объекта

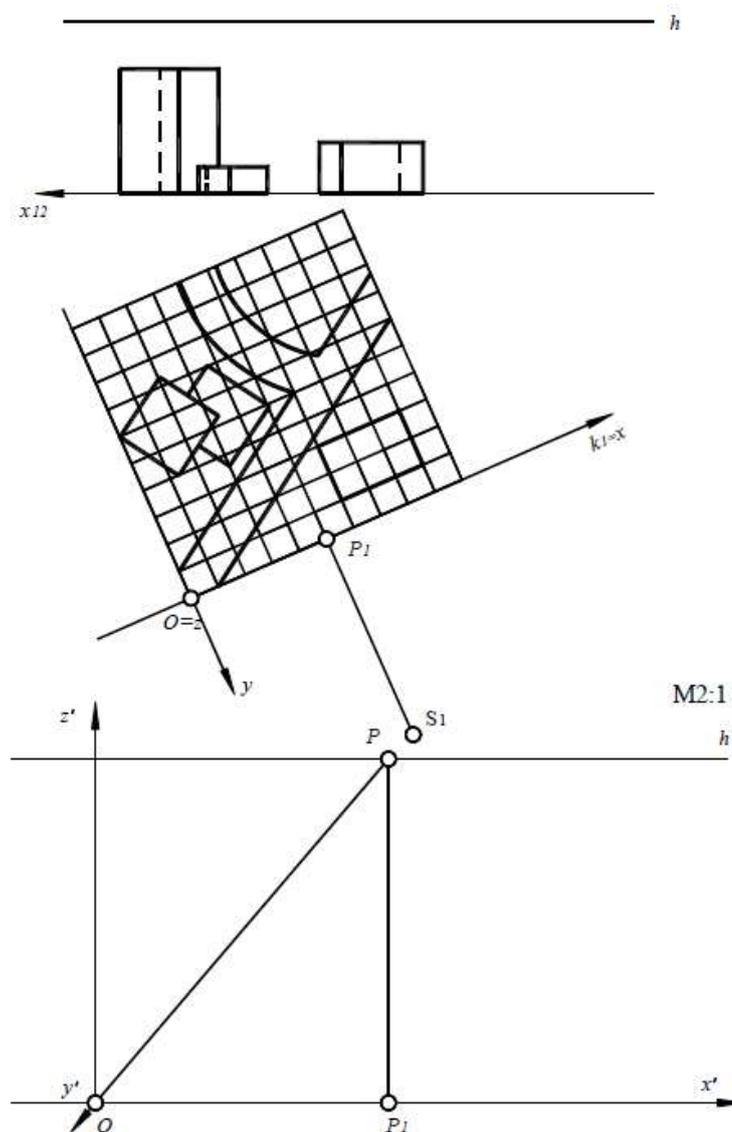


Рисунок 23.4.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [2] на страницах 33-34.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Графические построения должны быть выполнены в карандаше при помощи чертежных инструментов. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. В каких случаях используют метод прямоугольных координат?
- 5.2. Для каких объектов можно использовать метод перспективной сетки?

Лабораторная работа № 24 «Тени в перспективе. Решение задач 56 – 62 из [2]» (6 ч)

**1. Цель выполнения лабораторной работы**

Цель выполнения лабораторной работы – изучить правила построения теней в перспективе, научиться строить тени в перспективе.

**2. Порядок выполнения работы.**

Тени в перспективе могут быть построены от искусственных и естественных источников света. При солнечном освещении лучи света параллельны.

Если источник света находится сзади наблюдателя, то его перспектива – ниже линии горизонта (рис. 24.1, а).

Если источник света перед наблюдателем, то его перспектива выше линии горизонта (рис. 24.1, б).

Если источник света солнечный, то вторичная проекция светового луча параллельна основанию картины, а световые лучи идут под постоянным углом (рис. 24.1, в).

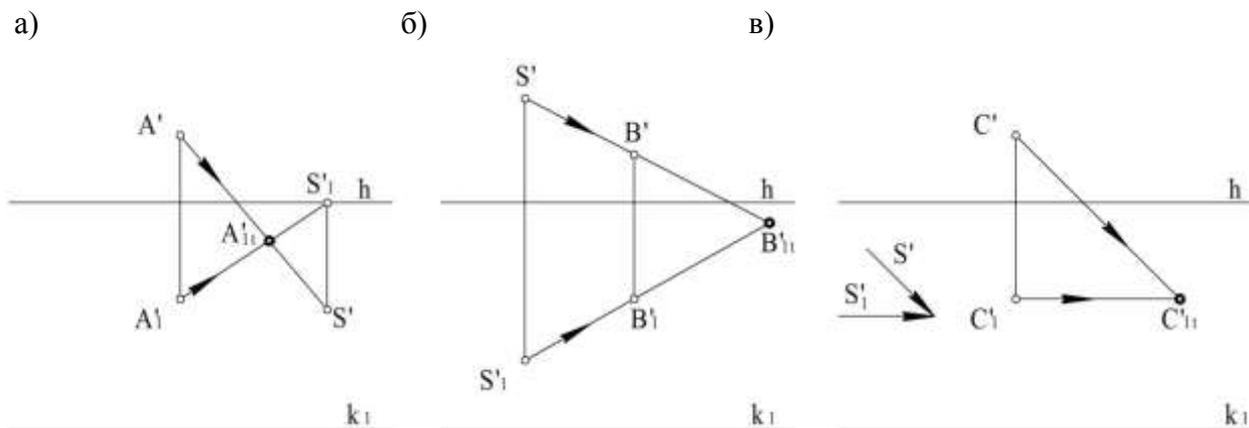


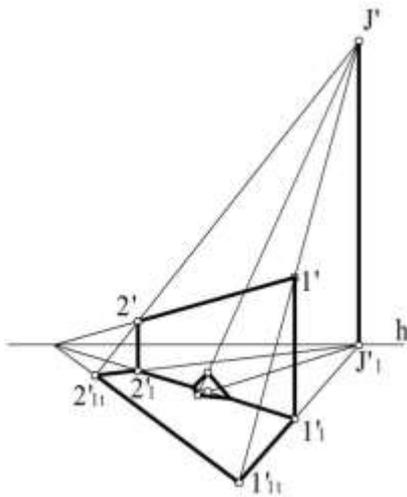
Рисунок 24.1.

Тень от прямой направлена в ту же точку на линии горизонта, в которую направлена перспектива этой прямой.

На рис. 24.2, а представлено построение тени от ограждения от бесконечно удаленного источника света. Тень от горизонтально проецирующих прямых (краев ограждения) совпадает с вторичной проекцией светового луча. Тень от горизонтальной прямой 12 и ее перспектива сходятся в одной точке схода.

На рис. 24.2, б представлено построение тени от столба и забора по заданному направлению светового луча. Источник света находится в бесконечности.

a)



б)

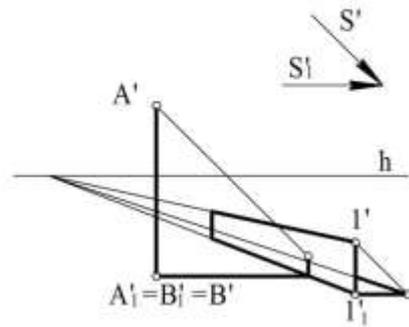


Рисунок 24.2.

2.1. Задача 56. Построить тень ворот от бесконечно удаленного источника света.

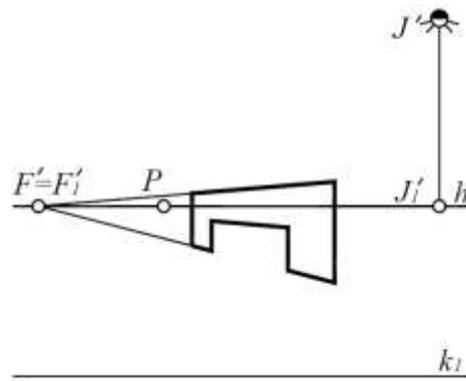


Рисунок 24.3.

Определяют тень от каждой точки плоской фигуры см. рис. 24.2

2.2. Задача 57. Построить тень от столба  $AB$  и забора по заданному направлению светового луча  $S$ . Источник света находится в бесконечности.

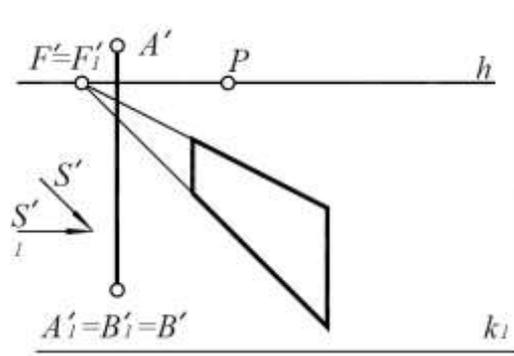


Рисунок 24.4.

Задача решается аналогично показанной на рис. 24.2, б.

2.3. Задача 58. Построить тень двух параллелепипедов от источника света  $J$ .

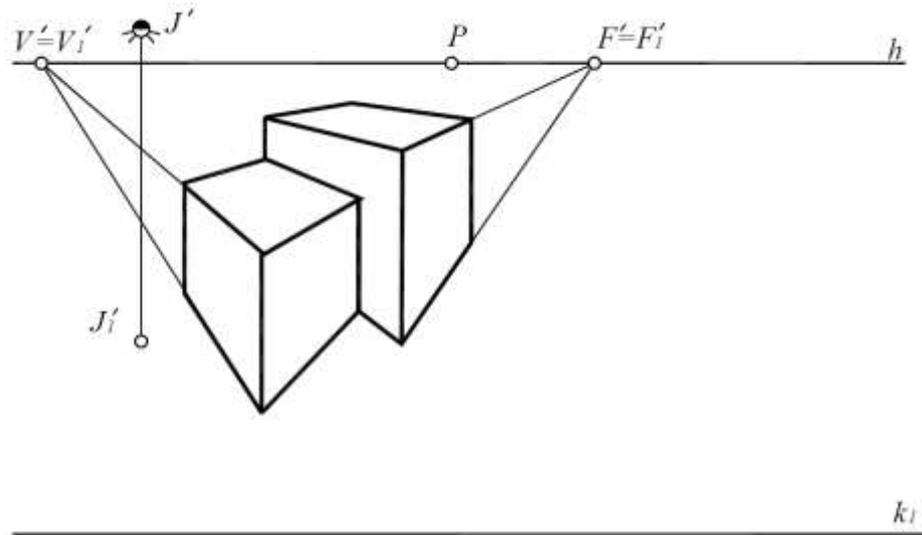


Рисунок 24.5.

Для построения тени на горизонтальной плоскости через каждую вершину верхних оснований параллелепипедов проводят световые лучи от источника света, а через точки нижних оснований – вторичные проекции лучей. Тени прямых должны сходиться в бесконечно удаленной точке этих прямых. Тень на грани параллелепипеда определяют как линию пересечения лучевой плоскости с плоскостью грани.

*Тени элементов здания*

Тень от точки, падающая на поверхность, будет находиться в точке пересечения луча света с поверхностью.

а)

б)

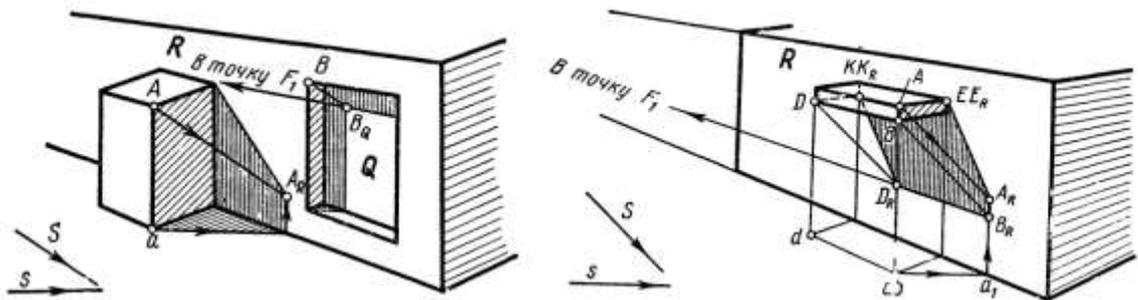
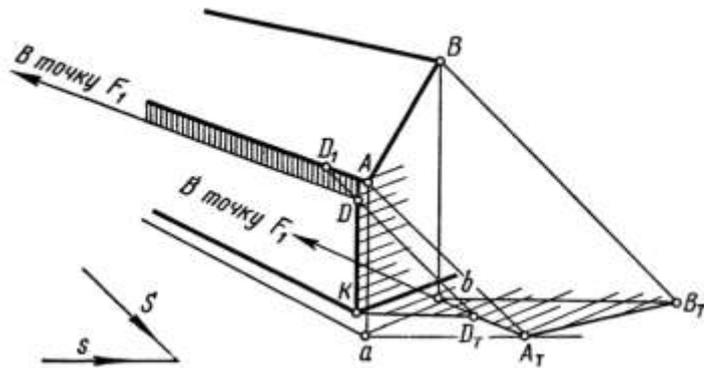


Рисунок 24.6.

а)



б)

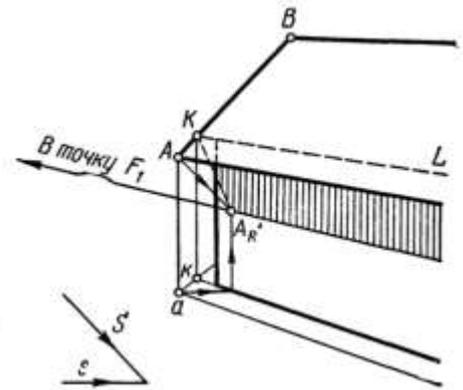


Рисунок 24.7.

На рисунках 24.6, 24.7 показаны построения теней от отдельных частей зданий и сооружений.

На рис. 24.6, а приведен пример построения тени от выступающей части здания на вертикальную стену, а также тени в нише. Порядок построения виден из рисунка.

На рис. 24.6, б построена тень от козырька на вертикальную стену.

При построении теней целесообразно в отдельных случаях пользоваться способом обратного луча. На рис. 24.7, а показано построение этим способом тени от карниза на стену. Для этого из  $D_T$  – точки пересечения падающих теней от угла здания  $KD_T$  и от карниза  $A_T D_T$  проводят луч в обратном направлении до пересечения с углом здания в точке  $D$ . В этой точке будет тень от карниза на угол здания, и через эту же точку пойдет тень от карниза по стене (направлена она будет в точку схода  $F_1$ ).

Тень от свеса карниза  $AB$  на переднюю стену (рис. 24.7, б) проходит через точку  $K$ , которая получится при пересечении прямой  $AB$  с плоскостью стены, если последнюю мысленно продолжить влево. Прямая  $KL$  – линия пересечения стены и ската крыши.

#### 2.4. Задача 59. Построить тень от схематизированного здания.

Тень от трубы на крышу строится по аналогии с задачей, показанной на рис. 24.9

На рис. 24.9 приведен пример построения тени от точки  $A$  на наклонную плоскость многогранника. Задача сводится к определению точки пересечения луча света (прямой, проведенной через точку  $A$ ) с гранью многогранника, т. е. к определению точки встречи прямой с плоскостью. Для этого через луч света и его вторичную проекцию проводят вспомогательную плоскость  $\alpha$ . Строят линию пересечения плоскости  $\alpha$  с данной плоскостью – прямую 12. В пересечении 12 и луча света лежит искомая точка – тень от

точки  $A$  на наклонной плоскости. Тень на горизонтальную плоскость строят аналогично задаче 58.

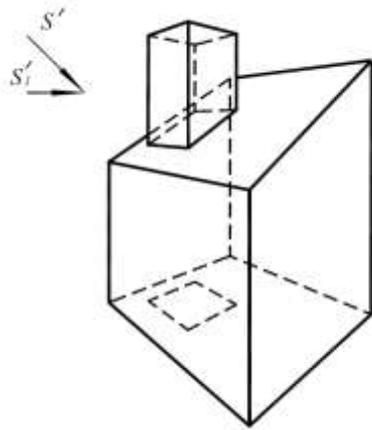


Рисунок 24.8.

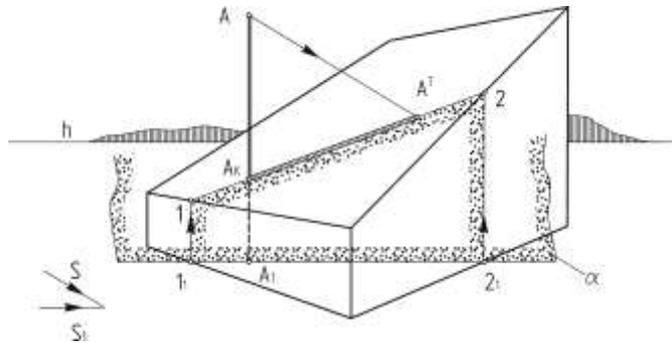


Рисунок 24.9.

2.5. Задача 60. Построить тень от здания и столба по заданному направлению луча  $S$ .

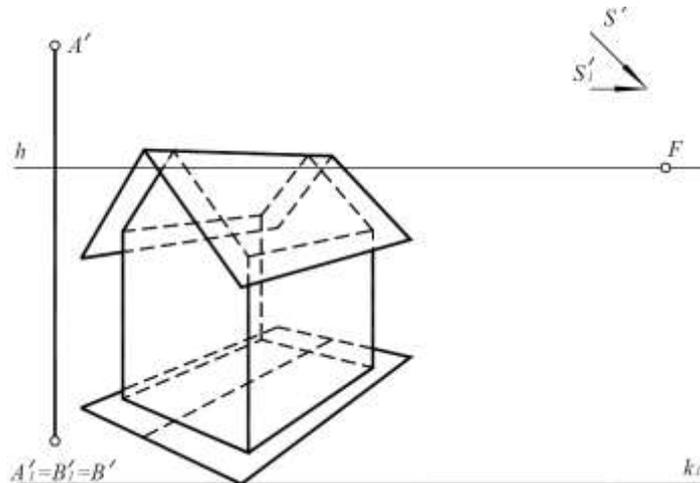


Рисунок 24.10.

Тень от крыши строят по аналогии с задачами на рис. 24.7

Тень от столба на крыше строится аналогично тени от трубы в задаче 59.

2.6. Задача 61. Построить тени от схематизированного здания.

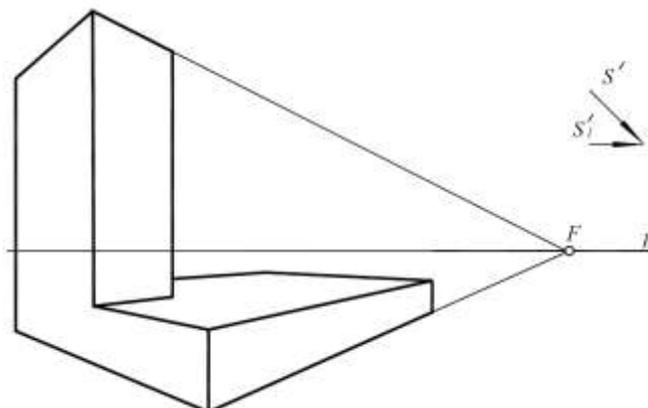


Рисунок 24.11.

Решение задачи показано на рис. 24.6 – 24.7.

2.7. Задача 62. Построить тени на фасаде здания.

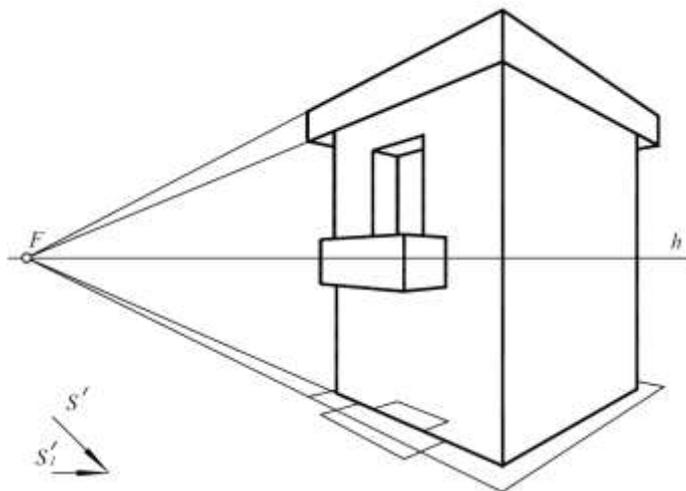


Рисунок 24.12.

Построение теней на фасаде здания приведено на рис. 24.6 – 24.7.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [2] на страницах 35-37.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Графические построения должны быть выполнены в карандаше при помощи чертежных инструментов. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. Какой способ используют при построении тени на наклонную плоскость?
- 5.2. Каким образом строят тени от выступающих частей здания и в нишах?
- 5.3. Построение теней от бесконечно удаленного источника и от искусственных источников света.

## Лабораторная работа № 25 «Тени в аксонометрии. Решение задач 98, 99 из [2]» (2

ч)

### 1. Цель выполнения лабораторной работы

Цель выполнения лабораторной работы – изучить правила построения теней в аксонометрии, научиться строить тени в аксонометрических проекциях.

### 2. Порядок выполнения работы.

Для построения теней в аксонометрии пользуются теми же принципами, что и при построении теней в ортогональных проекциях.

*Тень от точки.*

Для построения тени от точки в аксонометрии задают направление светового луча  $S$  и его вторичной проекции  $S_1$ .

Через точку  $A$  проводят луч параллельно заданному направлению  $S$ , а через вторичную проекцию  $A'_1$  – прямую, параллельную вторичной проекции луча  $S_1$ . Точка пересечения лучей будет тенью от точки  $A$  (рисунок 25.1).

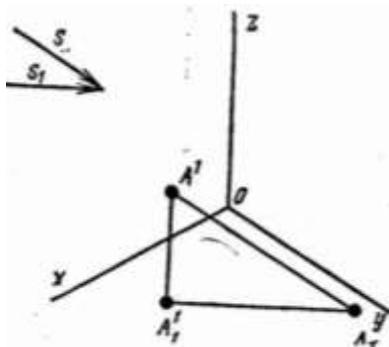


Рисунок 25.1.

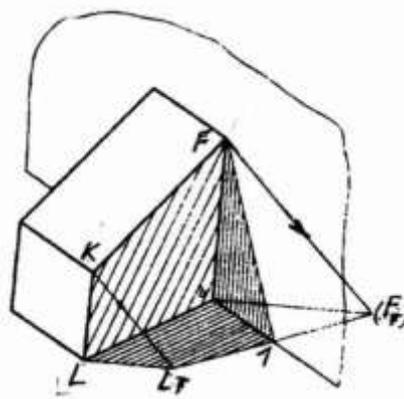


Рисунок 25.2.

*Построение тени призмы на вертикальную плоскость.*

Тень ребра  $KL$  совпадает с вторичной проекцией луча. Для того чтобы определить тень ребра  $KF$  на горизонтальной плоскости находят точку  $K_T$  и мнимую тень от точки  $F$  –  $F_T$ . Полученную в пересечении  $K_T F_T$  со следом плоскости точку 1 соединяют с точкой  $F$ , определяя, таким образом, тень  $KF$  на вертикальную плоскость (рис. 25.2).

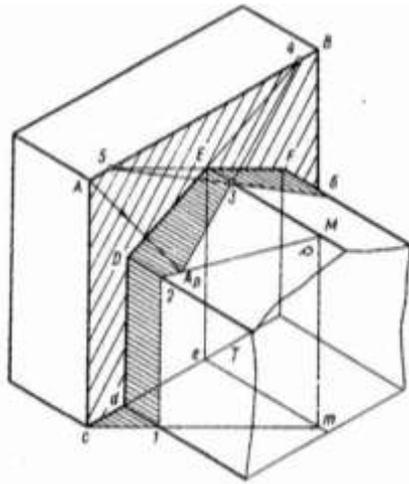


Рисунок 25.3.

*Определение тени параллелепипеда, падающей на призму (рис. 25.3).*

Тень ребра  $AC$  на горизонтальную плоскость –  $C1$  совпадает с проекцией луча света, так как  $AC$  параллельна вертикальной грани призмы –  $12$  параллельна  $AC$ . Тень от точки  $A$  лежит на наклонной грани призмы –  $A_P$  и определяется на прямой  $2M$  – линии пересечения вспомогательной горизонтально-проецирующей плоскости, в которую заключен луч света, проходящий через точку  $A$ . Тень от прямой  $AB$  на наклонную плоскость  $P$  проходит через точку  $A_P$  и точку  $4$ , в которой плоскость  $P$  в своем продолжении пересеклась бы с прямой  $AB$ . Аналогично определяется точка  $6$ .

2.1. Задача 98. Построить собственные и падающие тени от здания в прямоугольной изометрии.

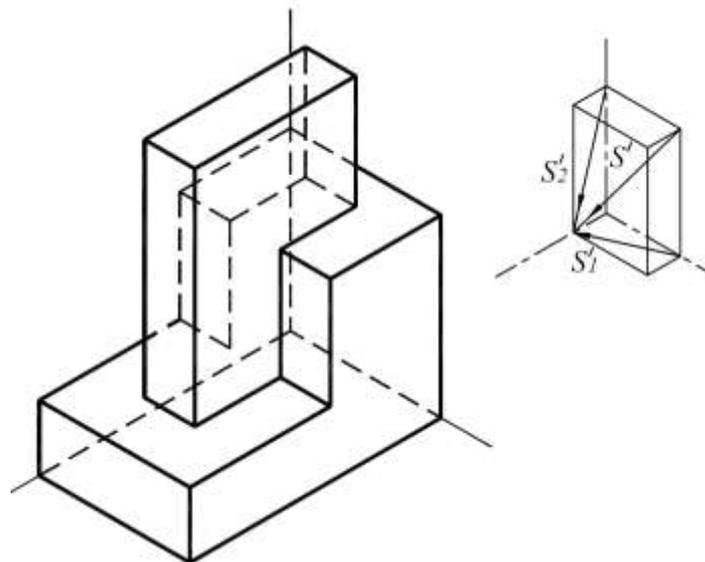


Рисунок 25.4.

Решить задачу, руководствуясь приведенными выше описаниями.

2.2. Задача 99. Построить собственные и падающие тени от здания в прямоугольной диметрии.

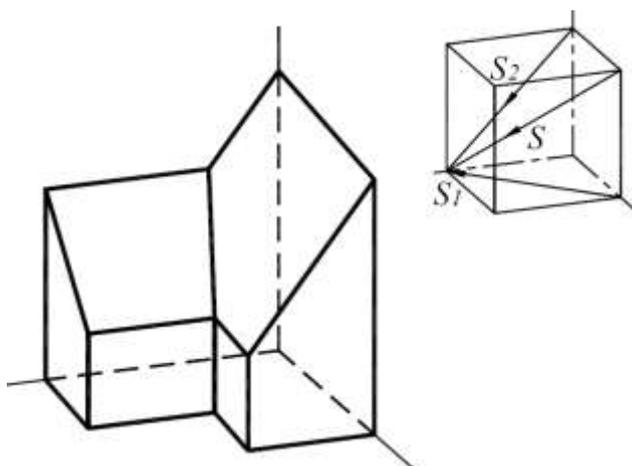


Рисунок 25.5.

Решить задачу, руководствуясь приведенными выше описаниями.

### 3. Варианты индивидуальных заданий.

Задачи приведены в литературе [2] на странице 64.

### 4. Содержание отчета по лабораторной работе.

Отчет по лабораторной работе содержит выполненные в рабочей тетради [2] задачи. Графические построения должны быть выполнены в карандаше при помощи чертежных инструментов. Студент должен уметь объяснить решение каждой задачи.

### 5. Контрольные вопросы.

- 5.1. Как определить тень от точки в аксонометрии?
- 5.2. Как построить тень от схематизированного здания?
- 5.3. Алгоритм построения тени падающей на наклонную плоскость?

### Список литературы

1. Абарихин Н. П., Бутузова Г. Н., Кравченко Д. В. Задания по начертательной геометрии. Рабочая тетрадь. Владимир. Изд-во Владим. гос. ун-та, 2012 г. 64 с. ISBN 5-89368-251-3

2. Абарихин Н. П., Бутузова Г. Н., Озерова М. И. Задания по начертательной геометрии. Архитектурно-строительные специальности. Рабочая тетрадь. Владимир. Изд-во Владим. гос. ун-та, 2012 г. 74 с. ISBN 5-89368-364-1
3. Иванов А. Ю., Бутузова Г. Н. Начертательная геометрия : практикум / Владимир: Изд-во ВлГУ, 2012. – 144 с. ISBN 978-5-9984-0202-9
4. Белякова Е. И., Начертательная геометрия. Практикум [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Е.И. Белякова, П.В. Зеленый. - М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2016. - 214 с. ISBN 978-5-16-011555-9 - Режим доступа:  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=461910>
5. Зеленый П. В., Начертательная геометрия [Электронный ресурс]: Учебное пособие / П.В. Зеленый, Е.И. Белякова; Под ред. П.В. Зеленого. - 3-е изд., испр. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 265 с. ISBN 978-5-16-005063-8 - Режим доступа:  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=371055>
6. Сальков Н. А. Начертательная геометрия. Основной курс [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Н.А. Сальков. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 235 с. ISBN 978-5-16-006755-1 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=406451>