

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра начертательной геометрии и графики

Составитель
О. Ю. Аксенова

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Методические материалы

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические
средства в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2018

Рецензенты Шумкина Т. Ф. – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры начертательной геометрии и графики ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»
Кудреватых А. В. – председатель учебно-методической комиссии специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Аксенова Олеся Юрьевна

Начертательная геометрия [Электронный ресурс]: методические материалы для обучающихся специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства очной формы обучения / сост. О. Ю. Аксенова; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2018.

Методические материалы включают описание общих рекомендаций к выполнению лабораторных занятий, самостоятельной работы студента, формы их контроля, необходимый перечень заданий и пояснений для их выполнения.

Назначение издания – помощь в освоении обучающимися теории и практики на практических занятиях, организация самостоятельной работы при изучении дисциплины «Начертательная геометрия».

Содержание

Введение.....	4
Раздел 1. Общие сведения. Точка. Прямая. Основные требования к чертежам.....	5
Раздел 2. Плоскость.....	40
Раздел 3. Методы преобразования ортогональных проекций.....	71
Раздел 4. Поверхность.....	80
Раздел 5. Аксонометрические проекции.....	108
Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Начертательная геометрия».....	116

Введение

В подготовке специалистов технического профиля важную роль играет изучение дисциплины «Начертательная геометрия». Начертательная геометрия – это развитие пространственного мышления у студентов и создание теоретической базы для последующего курса «Инженерная графика» (техническое черчение). Методы начертательной геометрии являются теоретической базой для решения задач технического черчения. В технике чертежи являются основным средством выражения человеческих идей. Определяя форму и размеры предметов, они должны быть достаточно простыми и точными в графическом исполнении, помогать всесторонне исследовать изображенные предметы. Чтобы правильно выразить свои мысли с помощью чертежа, требуется знание теоретических основ построения изображений геометрических объектов, их многообразие и отношения между ними, что и составляет предмет начертательной геометрии. Начертательная геометрия входит в группу общетехнических дисциплин, составляющих основу инженерного образования. Она учит грамотно владеть выразительным техническим языком – языком чертежа, умению составлять и свободно читать чертежи, решать различные инженерно-технические задачи.

Кроме того, изучение начертательной геометрии способствует развитию у обучающихся пространственных представлений и пространственного воображения – качеств, характеризующих высокий уровень инженерного мышления и необходимых для решения прикладных задач. В процессе изучения начертательной геометрии достигаются и другие цели, расширяется общенаучный кругозор обучающихся, развиваются навыки логического мышления, внимательность, самостоятельность, наблюдательность, аккуратность и другие качества, развитие которых является одной из задач обучения и воспитания в высшей технической школе.

Раздел 1. Общие сведения. Точка. Прямая. Основные требования к чертежам.

Виды проецирования, используемые для разработки графических моделей. Центральные, параллельные и ортогональные проекции и их свойства. Эпюр Монжа. Комплексный чертеж точки и прямой. Прямые общего и частного положения. Натуральная величина отрезка прямой. Принадлежность точки и прямой плоскости. Взаимное положение двух прямых. Проекции плоских углов. Основные требования к чертежам на основе ГОСТ. Правила выполнения рабочих и сборочных чертежей

Практическое занятие: Теоретические положения

Эпюр Монжа. Модель точки и прямой. Прямоугольные координаты точек

Эпюр Монжа или комплексный чертеж – это чертеж, составленный из двух или более связанных между собой ортогональных проекций геометрической фигуры.

Пользоваться пространственным макетом для отображения ортогональных проекций геометрических фигур неудобно ввиду его громоздкости, а также из-за того, что на плоскостях Π_1 и Π_3 происходит искажение формы и размеров проецируемой фигуры. Поэтому вместо изображения на чертеже пространственного макета пользуются эпюром, т. е. чертежом.

Эпюр Монжа получается преобразованием пространственного макета путем совмещения плоскостей Π_1 и Π_3 с фронтальной плоскостью проекций Π_2 . Для совмещения плоскости Π_1 с Π_2 поворачиваем ее на 90° вокруг оси x в направлении движения часовой стрелки (рис. 1).

После совмещения горизонтальной плоскости поворачиваем вокруг оси z также на угол 90° профильную плоскость Π_3 в направлении, противоположном движению часовой стрелки. Вместе с планами проекций будет перемещаться и ось y , при этом ось y , принадлежащая горизонтальной плоскости проекции, после поворота совпадает с осью z , а ось y профильной плоскости – с осью x . После преобразования пространственный макет примет вид, показанный на рисунке. На этом рисунке указана также последовательность взаимного положения пол

плоскостей проекций, так запись $\Pi_2[\Pi_1(\Pi_3)]$ указывает, что в этой части эпюра Монжа (ограниченного положительным направлением осей x и z) ближе к нам находится верхняя левая пола фронтальной плоскости проекции, за ней располагается задняя левая пола горизонтальной плоскости проекции, далее следует верхняя задняя пола профильной плоскости.

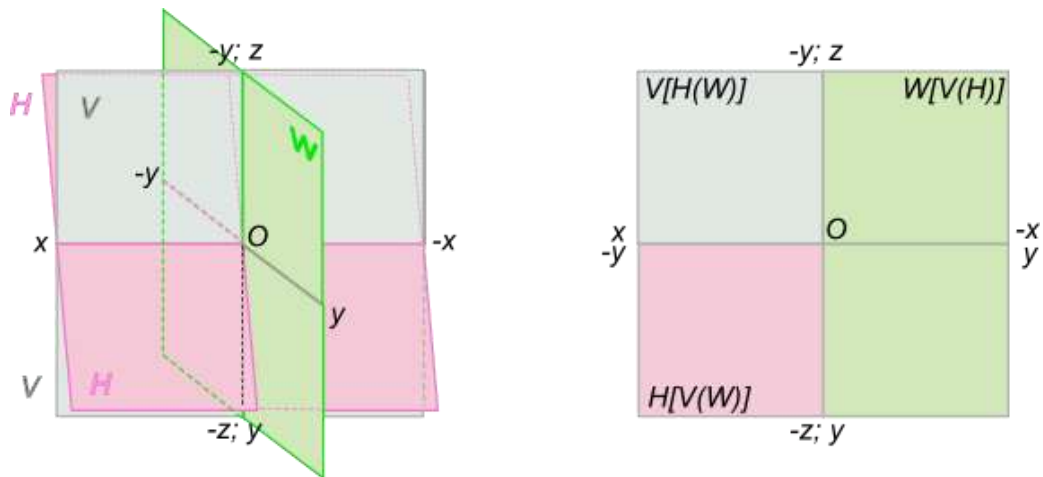


Рис. 1. Порядок получения эпюра Монжа

Так как плоскости не имеют границ, то в совмещенном положении (на эпюре) эти границы не показывают, нет необходимости оставлять надписи, указывающие положение пол плоскостей проекций. Излишне также напоминать, где отрицательное направление координатных осей. Тогда в окончательном виде эпюра Монжа, заменяющая чертеж пространственного макета, примет вид, показанный на рисунке 2.

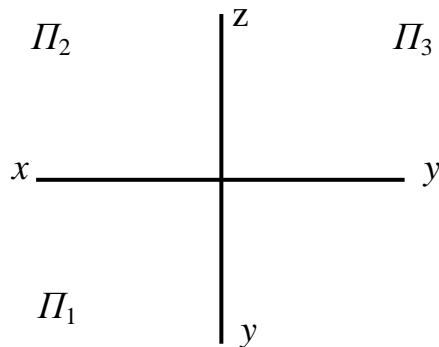


Рис. 2. Эпюр Монжа

Ортогональной проекцией точки на плоскость является основание перпендикуляра, опущенного из данной точки на эту плоскость.

В прямоугольной системе координат проекции точки всегда расположены на прямых, перпендикулярных осям x , y и z (рис. 3). Прямые линии, соединяющие разноименные проекции точки на эпюре, называются *линиями проекционной связи*.

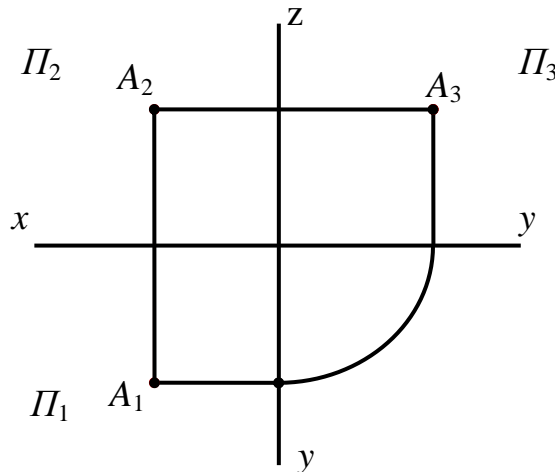


Рис. 3. Точка в системе трех плоскостей проекций

Положение прямой в пространстве определяется двумя ее точками. Для того чтобы спроецировать прямую, необходимо спроецировать две ее любые точки и соединить прямыми одноименные проекции этих точек, это и будет проекция прямой.

Ортогональной проекцией прямой линии на плоскость в общем случае является прямая линия (прямая AB на рис. 4). Исключение составляет, когда прямая перпендикулярна к плоскости проекций. В этом случае прямая проецируется в точку (прямая CD на рис. 4).

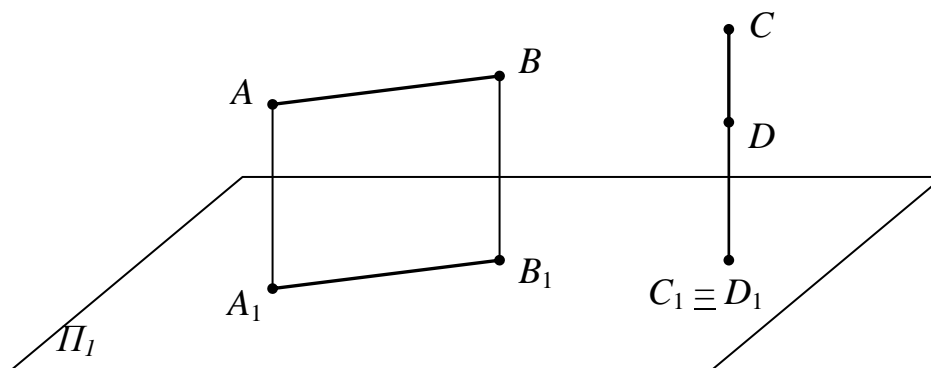


Рис. 4. Ортогональные проекции прямых AB и CD

Прямые общего и частного положения

В зависимости от расположения прямых в пространстве относительно плоскостей проекций, прямые подразделяют на прямые *общего* и *частного* положения.

Прямые общего положения – прямые не параллельные ни одной из плоскостей проекций.

Проекции прямой общего положения имеют следующие свойства:

1. Проекция не параллельны ни одной из осей проекций.
2. Проекция всегда меньше натуральной величины прямой.

Различают два вида прямых общего положения – **восходящие** и **нисходящие**.

Восходящая прямая – прямая, которая, удаляясь от наблюдателя, повышается над горизонтальной плоскостью проекций Π_1 (рис. 5). Проекция восходящей прямой направлены в одну сторону: слева направо или наоборот.

Нисходящая прямая – прямая, которая, удаляясь от наблюдателя, понижается над горизонтальной плоскостью проекций Π_1 (рис. 6). Проекция нисходящей прямой расходятся от оси x .

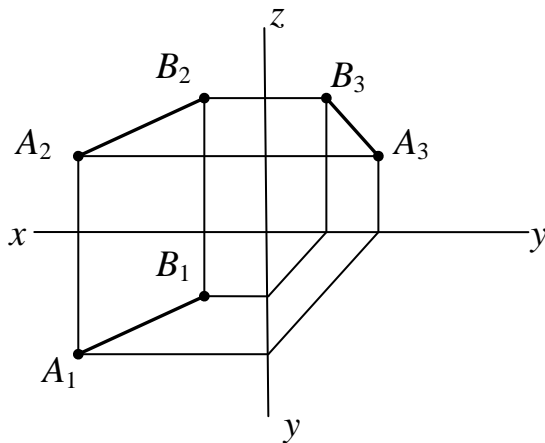


Рис. 5. Восходящая прямая

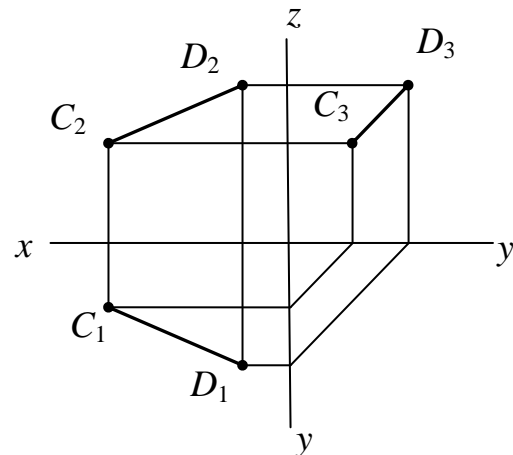


Рис. 6. Нисходящая прямая

Зная две проекции отрезка прямой, можно определить ее истинную (натуральную) длину и углы наклона к плоскостям проекций (метод прямоугольного треугольника).

Натуральная величина отрезка прямой на комплексном чертеже равна гипотенузе прямоугольного треугольника, первый катет которого равен одной из проекций отрезка, а второй катет равен разности

расстояний от концов отрезка до той плоскости проекций, на которой взят первый катет (рис. 7).

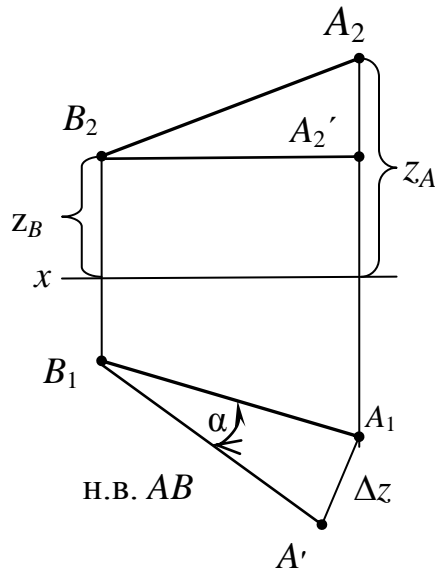


Рис. 7. Определение натуральной величины отрезка AB

Следовательно, построение на чертеже натуральной величины отрезка AB выглядит следующим образом. Принимая горизонтальную проекцию A_1B_1 за первый катет треугольника, проводим от точки A_1 или B_1 перпендикуляр к A_1B_1 (на рисунке 7 перпендикуляр из точки A_1). Откладываем на нем от точки A_1 отрезок A_1A' , равный разности координат z_A и z_B точек A и B (Δz), и полученную точку A' соединяем с точкой B_1 прямой $A'B_1$. гипотенуза $A'B_1$ построенного прямоугольного треугольника равна натуральной величине отрезка AB .

Натуральную величину отрезка прямой можно также определить способом прямоугольного треугольника, если в качестве первого катета взять фронтальную проекцию A_2B_2 . Тогда второй катет будет равен разности координат Δy концов A и B отрезка (рис. 8, а).

Аналогично определяется натуральная величина отрезка прямой с помощью его профильной проекции A_3B_3 . В этом случае второй катет прямоугольного треугольника равен разности координат Δx концов A и B отрезка (рис. 8, б).

Разность координат между началом и концом отрезка (второй катет) берется по оси координат, перпендикулярной плоскости проекций, на которой взят первый катет (проекция отрезка): Δz для A_1B_1 ; Δy для A_2B_2 ; Δx для A_3B_3 .

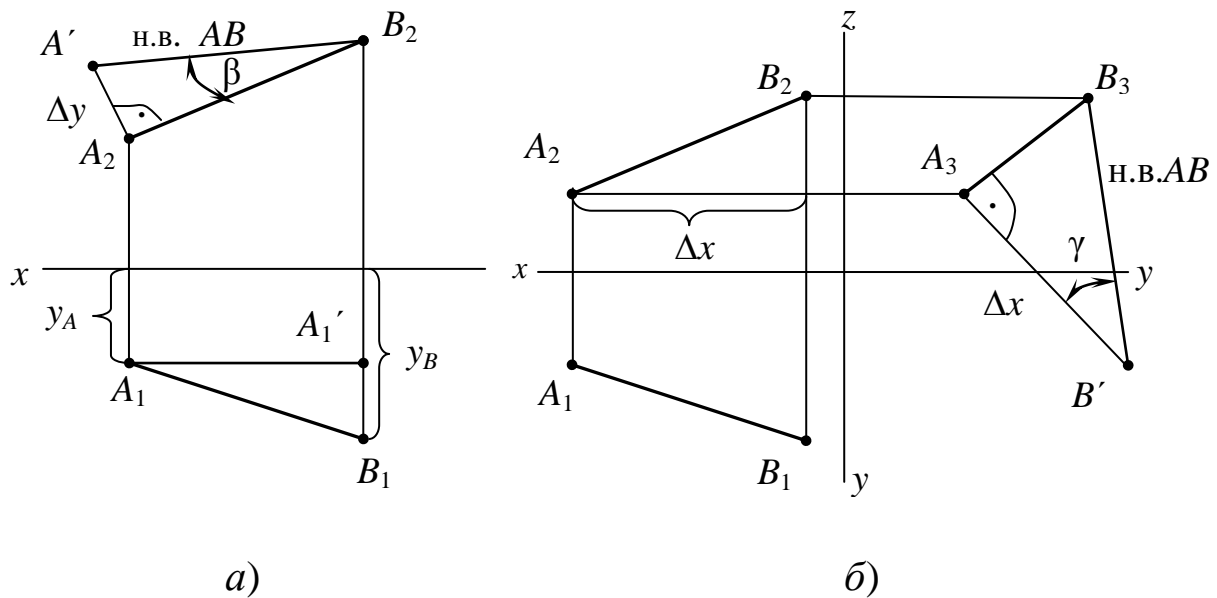


Рис. 8. Определение натуральной величины отрезка прямой AB

Натуральная величина углов наклона отрезка прямой к плоскостям проекций также определяется способом прямоугольного треугольника (рис. 7 и 8 а, б). Углы α и β – натуральная величина углов наклона отрезка AB к плоскостям проекций Π_1 и Π_2 , угол γ – угол наклона отрезка AB к плоскости проекций Π_3 .

Следы прямой

Следом прямой называется точка пересечения прямой с плоскостью проекций.

В системе трех плоскостей проекций Π_1 , Π_2 , Π_3 прямая общего положения имеет три следа: горизонтальный, фронтальный и профильный.

На рисунке 9 представлена прямая общего положения CD . Она пересекается с плоскостью Π_1 в точке N , а с плоскостью Π_2 – в точке L . Точка N – горизонтальный след прямой CD , точка L – фронтальный след прямой CD .

Чтобы построить горизонтальный след прямой, необходимо продолжить ее фронтальную проекцию до пересечения с осью x в точке N_2 , которая будет фронтальной проекцией горизонтального следа. Затем из точки N_2 восстанавливаем перпендикуляр к оси x до пересечения его с горизонтальной проекцией C_1D_1 (или ее продолжением) в

точке N_1 , которая является горизонтальной проекцией горизонтального следа, совпадающего с самим следом N прямой CD на плоскости Π_1 .

Чтобы построить фронтальный след прямой, необходимо продолжить ее горизонтальную проекцию до пересечения с осью x в точке L_1 (горизонтальная проекция фронтального следа). Затем из точки L_1 восстанавливаем перпендикуляр к оси x до пересечения его с фронтальной проекцией C_2D_2 (или ее продолжением) в точке L_2 (фронтальной проекцией фронтального следа, совпадающего с самим следом L прямой CD на плоскости Π_2).

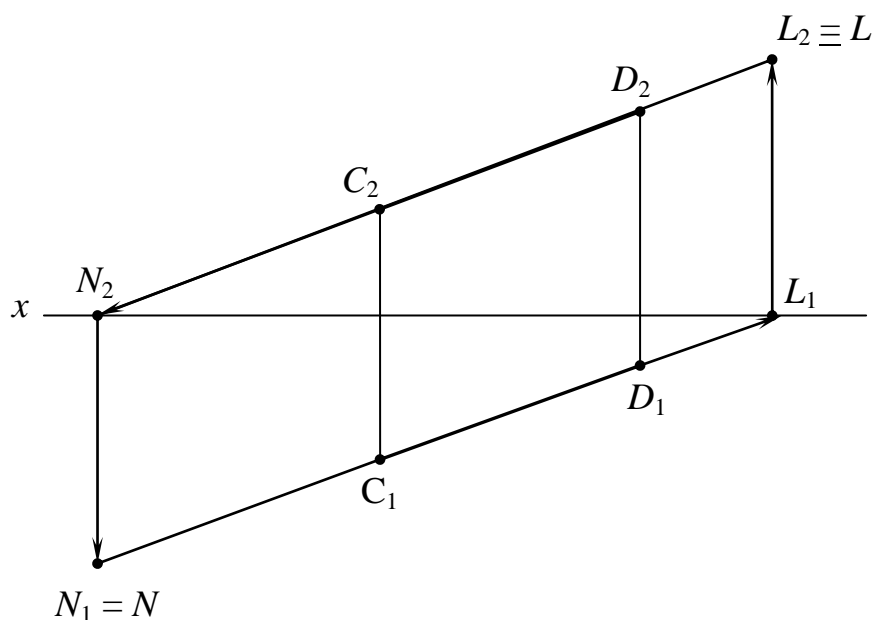


Рис. 9. Построение следов прямой CD

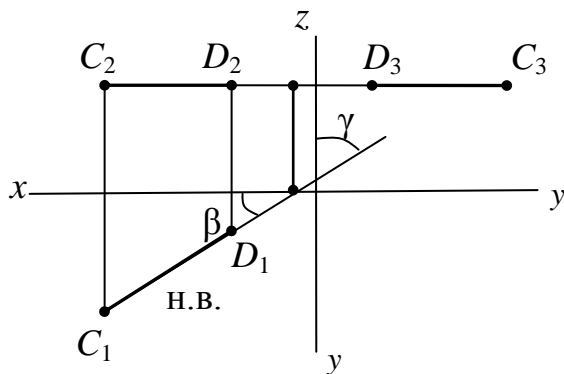
Построение профильного следа проводится аналогичным образом [1].

Прямые частного положения – прямые параллельные или перпендикулярные плоскостям проекций.

Различают прямые уровня и проецирующие прямые.

Прямые уровня – прямые, параллельные одной из плоскостей проекций.

Прямая, параллельная горизонтальной плоскости проекций Π_1 , называется **горизонталью** (или **горизонтальной прямой**) (рис. 10).



Признак горизонтали:

$C_2D_2 \parallel \text{оси } x$

$C_3D_3 \parallel \text{оси } y$

Свойство горизонтали

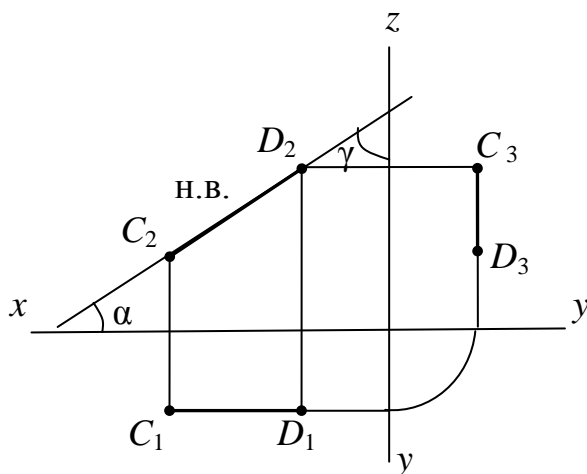
$C_1D_1 = / CD /$ – натуральная величина

Рис. 10. Горизонталь

Угол β – угол наклона горизонтали к фронтальной плоскости проекций Π_2 ; угол γ – угол наклона горизонтали к профильной плоскости проекций Π_3 ; угол $\beta + \text{угол } \gamma = 90^\circ$.

Прямая, параллельная фронтальной плоскости проекций Π_1 называется **фронтью** (или **фронтальной прямой**) (рис. 11).

Угол α – угол наклона фронтали к горизонтальной плоскости проекций Π_1 ; угол γ – угол наклона фронтали к профильной плоскости проекций Π_2 ; угол $\alpha + \text{угол } \gamma = 90^\circ$.



Признак фронтали:

$C_1D_1 \parallel \text{оси } x$

$C_3D_3 \parallel \text{оси } z$

Свойство фронтали

$C_2D_2 = / CD /$ – натуральная величина

Рис. 11. Фронталь

Прямая, параллельная профильной плоскости проекций Π_3 , называется **профильной прямой** (рис. 12).

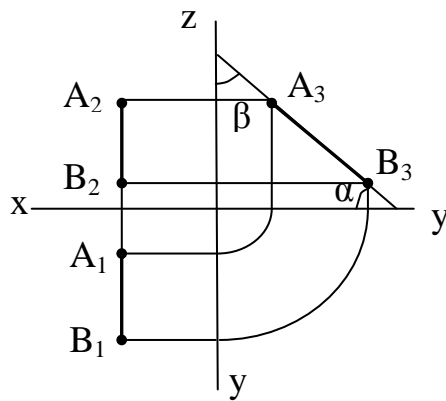


Рис. 12. Профильная прямая

Признак профильной прямой
 C_1D_1 и C_2D_2 перпендикулярны
 оси x ;

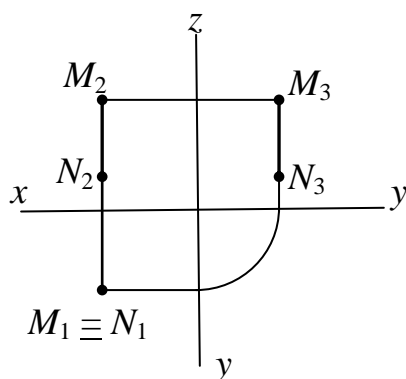
Свойство профильной прямой
 $C_3D_3 = / CD /$ – натуральная ве-
 личина

Углы α и β – углы наклонной профильной прямой к плоскостям проекций Π_1 и Π_2 . Угол $\alpha +$ угол $\beta = 90^\circ$.

Прямые уровня имеют по два следа: у горизонтали отсутствует горизонтальный след, у фронтали – фронтальный, профильная прямая не имеет профильного следа.

Проецирующие прямые – прямые, перпендикулярные плоскостям проекций.

Прямая, перпендикулярная горизонтальной плоскости, называется **горизонтально проецирующей** (рис. 13).

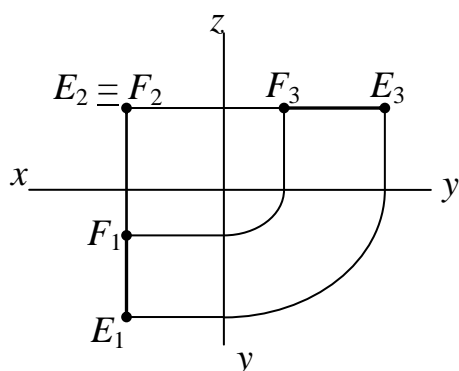


$$MN \perp \Pi_1$$

M_2N_2 и M_3N_3 соответствует
 натуральной величине
 прямой MN

Рис. 13. Горизонтально проецирующая прямая

Прямая, перпендикулярная фронтальной плоскости проекций, называется **фронтально проецирующей** (рис. 14).

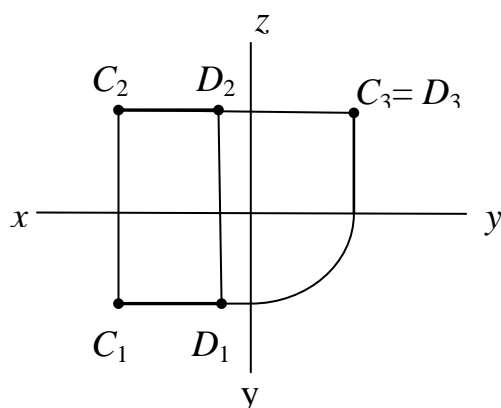


$$EF \perp \Pi_2$$

E_1F_1 и E_3F_3 – соответствуют
натуральной величине
прямой EF

Рис. 14. Фронтально проецирующая прямая

Прямая, перпендикулярная профильной плоскости проекций, называется **профильно проецирующей** (рис. 15).



$$CD \perp \Pi_3$$

C_2D_2 и C_1D_1 – соответствуют
натуральной величине;

C_2D_2 и C_1D_1 перпендикулярны
осям x и y

Рис. 15. Профильно-проецирующая прямая

Основные требования к чертежам

ГОСТ 2.301-68* «Форматы»

Чертежи выполняют на листах определённых размеров, установленных ГОСТом. Форматы листов определяются размерами внешней рамки (выполненной тонкой линией).

Каждый чертёж имеет рамку, которая ограничивает поле чертежа. Рамку проводят сплошными основными линиями: с трёх сторон – на расстоянии 5 мм от внешней рамки, а слева – на расстоянии 20 мм; широкую полосу оставляют для подшивки чертежа.

Формат с размерами сторон 841×1189 мм, площадь которого равна 1 м^2 , и другие форматы, полученные их последовательным делением

на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные. Меньшим обычно является формат А4, его размеры 210×297 мм.

При необходимости допускается применять формат А5 с размерами сторон 148×210 мм.

Каждому обозначению соответствует определённый размер основного формата. Например, формату А3 соответствует размер листа 297×420 мм.

В таблице 2 представлены обозначения и размеры основных форматов.

Таблица 2 – Обозначения и размеры форматов

Обозначение формата, мм	Размер сторон формата, мм
А0	841×1189
А1	841×594
А2	420×594
А3	420×297
А4	210×297

На чертежах в правом нижнем углу помещают основную надпись, содержащую сведения об изображённом изделии, в соответствии с требованиями **ГОСТ 2.104-2006 «Основная надпись»**

Пример заполненной основной надписи представлен на рисунке 16.

Производственные чертежи, выполняемые на листах формата А4, располагают только вертикально, а основную надпись на них – только вдоль короткой стороны. На чертежах других форматов основную надпись можно располагать и вдоль длинной и вдоль короткой стороны.

ГОСТ 2.302-68* «Масштабы»

Масштабом называют отношение линейных размеров изображения на чертеже к истинным размерам детали.

Изображение предмета на чертеже может быть представлено в натуральную величину, либо увеличено или уменьшено.

Масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000.

Масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

Масштаб изображения не влияет на размеры, проставляемые на чертежах, т.е. на чертеже указываются те размеры, которые изображенное изделие должно иметь в натуре, а не на чертеже. Масштаб изображения проставляют в предназначенной для этого графе основной надписи по типу:

1:2; 5:1 и т.д., а в остальных случаях – по типу М 1:1 и т.п.

The diagram illustrates the layout of the main title block (Основная надпись) for technical drawings. It is a rectangular frame with the following components and dimensions:

- Top Section:** Contains fields for 'Шифр специальности' (Specialty code), 'Номер контрольной работы' (Control work number), 'Номер темы' (Topic number), and 'Номер варианта' (Variant number). Below these is a large field for 'XXXX 04.01.10'.
- Left Section:** A vertical grid with a total height of 55 mm. It includes fields for 'Разраб. Смирнов' (Developer: Smirnov), 'Проверил' (Checked), 'Н. контр. Утв.' (Counter-checker/Approved), and a '70' mm dimension.
- Center Section:** A large field labeled 'Геометрическое черчение' (Geometric drawing).
- Right Section:** Contains a table for 'Номер Масса Масштаб' (Number, Mass, Scale) with values 5, 5, 5, 17, and 18. Below this is a field for 'Лист Листов 1' (Sheet 1 of 1) and a field for 'МТЗ - 09'.
- Bottom Section:** Dimensions of 20 mm and 30 mm are indicated.

Рис. 16. Основная надпись

ГОСТ 2.303-68* «Линии»

ГОСТ 2.303-68* устанавливает наименование, начертание, толщину и основные назначения линий чертежей для всех отраслей промышленности (табл. 3).




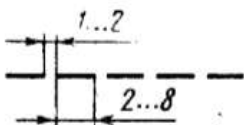
Стандарт предусматривает толщину линии видимого контура S в пределах от 0,5 до 1,4 мм. В зависимости от размеров чертежа и сложности изображения выбирается определенная толщина основной линии, например, 1 мм (для формата А3 и А2), которая должна выдерживаться на всем чертеже, включая все изображения, рамку и основную надпись.

Тонкие линии удобно выполнять автокарандашом с толщиной грифеля 0,2–0,5 мм. Толщина всех типов тонких линий на чертеже также должна соответствовать стандарту и быть постоянной на всем поле чертежа. Толщины тонких линий определяются в зависимости от основной сплошной линии и представлены в таблице 3. Следует также помнить, что штрихпунктирные линии должны начинаться и заканчиваться штрихом, а не точкой. Центр окружности отмечается пересечением штрихов. Осевые и центровые линии должны выходить за контуры изображения на 3–5 мм. Все линии должны быть одинаковой яркости и хорошо просматриваться на чертеже.

ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные»

Все надписи на чертежах и схемах выполняются стандартным шрифтом. Как буквы, так и цифры должны быть написаны четко, чтобы их можно было легко и правильно прочесть. Надписи наносят от руки карандашом или тушью. ГОСТ предусматривает шрифты русского, латинского и греческого алфавита, арабские и римские цифры. Каждый шрифт имеет прописные и строчные буквы (рис. 17).

Таблица 3 – Линии

Наименование	Начертание	Толщина линии по от- ношению к толщине ос- новной линии	Основное назначение
1. Сплош- ная толстая основная		s	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вы- несенного и входящего в сос- тав разреза)
2. Сплош- ная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии контура наложенного сечения Линии размерные и вынос- ные Линии штриховки Линии-выноски Полки линий-выносок и под- черкивание надписей Линии для изображения по- граничных деталей («обста- новка») Линии ограничения вынос- ных элементов на видах, раз- резах и сечениях Линии перехода воображае- мые Следы плоскостей, линии по- строения характерных точек при специальных построениях
3. Сплош- ная волнис- тая			Линии обрыва
4. Штри- ховая			Линии разграничения вида и разреза Линии невидимого контура Линии перехода невидимые

Продолжение таблицы 3

Наименование	Начертание	Толщина линий по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
5. Штрихпунктирная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
6. Штрихпунктирная утолщенная		От $\frac{s}{2}$ до $\frac{2}{3}s$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция») Линии сечений
7. Разомкнутая		От s до $1\frac{1}{2}s$	Линии сечений
8. Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
9. Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии сгиба на развертках. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом



Рис. 17. Шрифты чертежные

Стандартом определены следующие типы шрифтов:

Тип А без наклона;

Тип А с наклоном 75° ;

Тип Б без наклона;

Тип Б с наклоном 75° .

Размер шрифта h – это высота прописных букв в мм, измеряемая по перпендикуляру от основания строки. Высота строчных букв определяется из соотношения их высоты и размера шрифта как $7/10$.

Ширина буквы g – наибольшая ширина буквы также зависит от размера шрифта h или от толщины шрифта d .

Толщина шрифта определяется в зависимости от типа и высоты шрифта.

Для выполнения учебных чертежей рекомендуется использовать шрифты размером 3,5; 5; 7; 10; 14 мм с наклоном 75° типа Б (рис. 18).

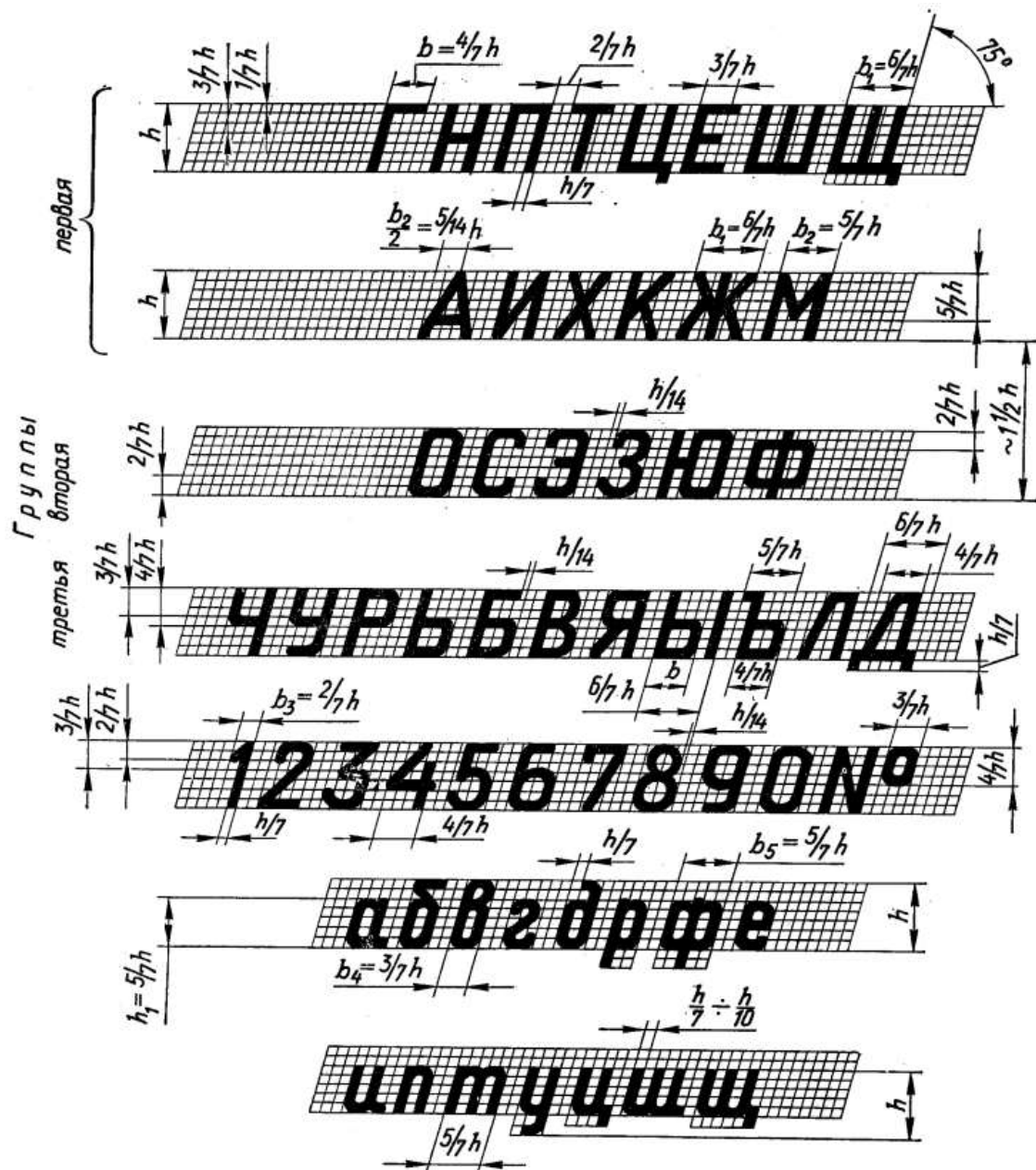


Рис. 18. Группы букв чертежного шрифта с наклоном 75° типа Б

При отсутствии навыка в написании шрифта необходимо в первых чертежах делать достаточно подробную разметку строки и при написании слов внимательно изучить конструкцию каждой буквы и ее элементов. После приобретения навыков и отработки элементов шрифта достаточно размечать только высоту строчных букв. Такая разметка не требует последующего удаления и достаточно хорошо видна. Следует помнить, что цифры всегда по размеру равны номеру шрифта.

Кроме шрифта, следует изучить конструкцию знаков, обозначающих уклон, конусность, диаметр, перпендикуляр, квадрат, градус, угловую минуту и секунду.

Основные параметры букв шрифта приведены в таблице 4.

Минимальное расстояние между словами $e = (6/10)h$; толщина линий шрифта $d = (1/10)h$.

Шрифт типа Б с наклоном около 75° ($d = 1/10 h$) кроме наклона имеет те же параметры, что и без наклона (табл. 4).

Таблица 4 – Основные параметры букв шрифта

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер	Размеры, мм							
Шрифт типа А ($d = h / 14$)										
Размер шрифта – Высота прописных букв	h	$(^{14}/_{14})h$	$14d$	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Высота строчных букв	c	$(^{10}/_{14})d$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
Расстояние между буквами	a	$(^2/_{14})h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	b	$(^{22}/_{14})h$	$22d$	4	5,5	8	11	16	22	31
Минимальное расстояние между словами	e	$(^6/_{14})h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4
Толщина линий шрифта	d	$(^1/_{14})h$	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4
Шрифт типа Б ($d = h / 10$)										
Размер шрифта – Высота прописных букв	h	$(^{10}/_{10})h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5	7	10	14
Высота строчных букв	c	$(^7/_{10})d$	$7d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10
Расстояние между буквами	a	$(^2/_{10})h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	b	$(^{17}/_{10})h$	$17d$	3,1	4,3	6	8,5	12	17	24

ГОСТ 2.306-68 «Обозначения графических материалов и правила их нанесения на чертежах»

На всех чертежах деталей применяют два вида обозначений материалов: буквенно-цифровое и графическое.


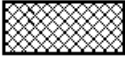


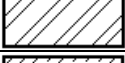
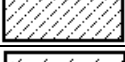


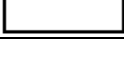
Буквенно-графическое изображение марок и материалов применяют на эскизах и чертежах деталей и записывают в графу «материалы» основной надписи. Эти обозначения позволяют определить по со-

ответствующим стандартам название материала, его химический состав и механические свойства.

ГОСТ 2.306-68 устанавливает графические обозначения в сечениях, на видах и фасадах, а также применение на чертежах всех отраслей промышленности этих обозначений (табл. 5).

Штриховки на чертежах выполняют в виде параллельных прямых, проводимых под углом 45° к осевой линии или к линии рамки чертежа. Расстояние между линиями штриховки должно составлять $1 \dots 10$ мм с учетом площади штриховки. Линии штриховки могут иметь наклон вправо и влево. Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерченными (табл. 5).

Таблица 5 – Графические обозначения
некоторых материалов в сечениях

Обозначение	Материал
	Металлы и твердые сплавы
	Неметаллические материалы, в том числе волокнистые, монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже
	древесина
	Камень естественный
	Керамика и силикатные материалы для кладки
	Бетон
	Стекло и другие светопрозрачные материалы
	Жидкость
	Грунт естественный

ГОСТ 2.307-2011 «Нанесение размеров и предельных отклонений на чертежах»

Размеры на чертежах указывают размерными числами (в мм) и размерными линиями. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления изделия. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных

изображениях. Размеры наносят от общей базы (рис. 19, а), от нескольких баз (рис. 19, б) или цепочкой (рис. 19, в). Не допускается наносить размеры в виде замкнутой цепи, за исключением случая, когда один размер указан как справочный (со звездочкой). В случае если деталь или элемент детали симметричны, размер ставится относительно оси симметрии (рис. 19, г).

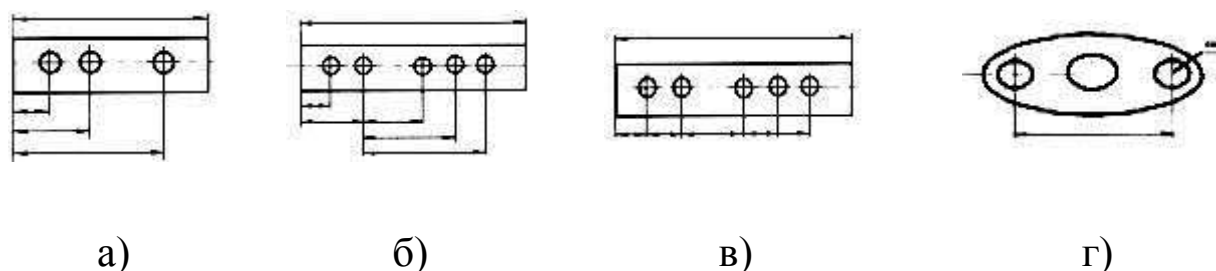


Рис. 19. Нанесение размеров

При нанесении размеров согласно ГОСТ 2.307-2011 необходимо соблюдать следующее: размерные числа ставятся над (1–2 мм) размерными линиями и должны читаться при вращении листа против часовой стрелки; размерные линии предпочтительно наносить вне контура изображения; выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм; расстояние между размерными линиями и от линий контура должно быть 7...10 мм; необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий; не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных; размерные числа не допускается пересекать какими-либо линиями; в месте нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерываются. Размеры, относящиеся к одному и тому же элементу (пазу, выступу, отверстию и т.д.), рекомендуется группировать в одном и том же месте, где элемент изображен наиболее полно; при нанесении размера радиуса перед размерным числом ставят прописную R, размера диаметра – знак « \varnothing »; высота цифр и знаков должна быть равна высоте прописных букв; конусность (острый угол треугольника) должна быть направлена в сторону вершины конуса; уклон (острый угол) должен быть направлен в сторону уклона; размеры нескольких одинаковых элементов изделия наносят один раз, с указанием количества (на горизонтальной полке) этих элементов.

Знаки

Квадрат обозначается знаком «□» при отсутствии других проекций, определяющих его форму. Для удобства чтения чертежа на боковой плоскости проводят диагонали тонкой линией (рис. 20).

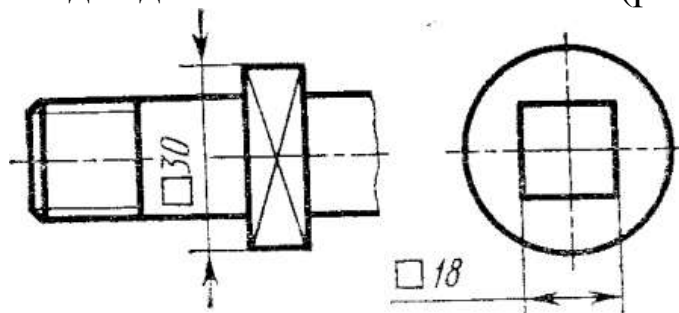


Рис. 20. Пример обозначения квадрата на чертежах

Радиус обозначается прописной буквой «R», которая ставится перед размерным числом над размерной линией. Размерная линия имеет одну стрелку, которая упирается в дугу и имеет направление на центр дуги. Допускается проставлять размеры радиусов с внутренней или внешней стороны дуги или на полке-выноске. Одинаковые радиусы на одном чертеже можно проставить один раз или сделать надпись типа: «Неуказанные радиусы принять 5 мм» (рис. 21).



Рис. 21. Пример обозначения радиусов на чертежах

Диаметр окружности обозначается знаком « \varnothing », который проставляется перед размерным числом. Размерную линию диаметра можно закончить за пределами центра окружности. Размерное число следует разместить так, чтобы не перекрывался центр окружности (рис. 22).

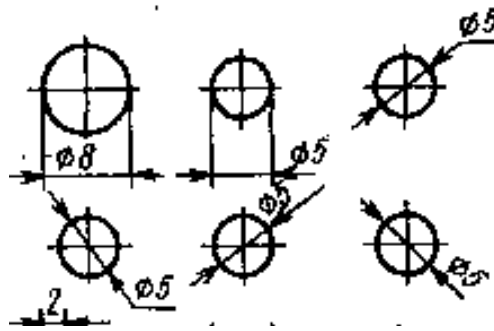
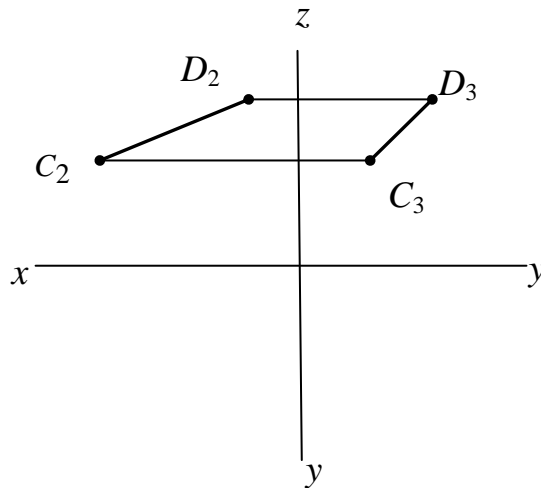


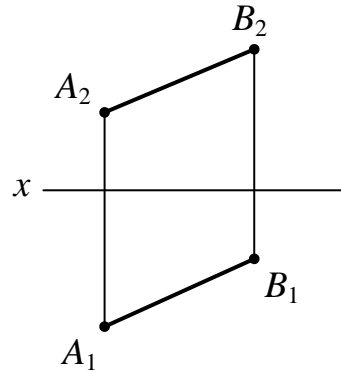
Рис. 22. Пример обозначения радиусов окружностей

Практическая часть

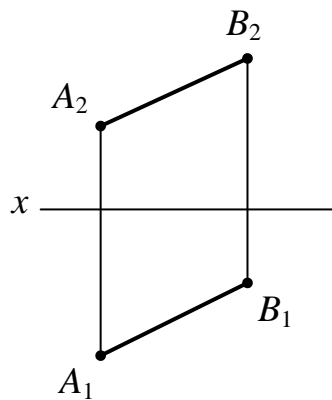
1. По заданным координатам проекций точки построить ее эюр и определить координаты недостающих проекций A_1 (40, 30), A_2 (40, 35), A_3 – ?
2. По двум проекциям прямой достроить третью и определить тип прямой общего положения



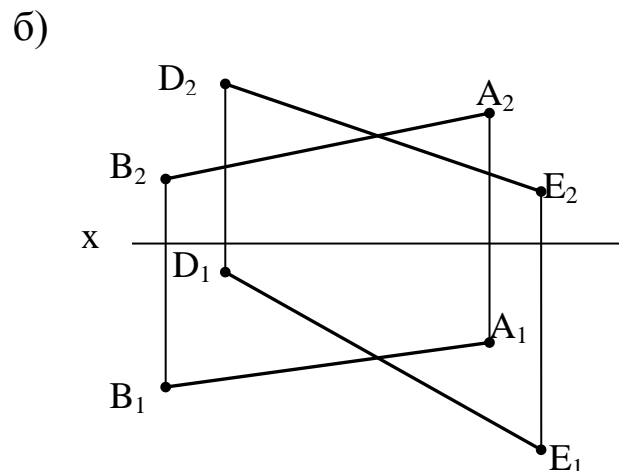
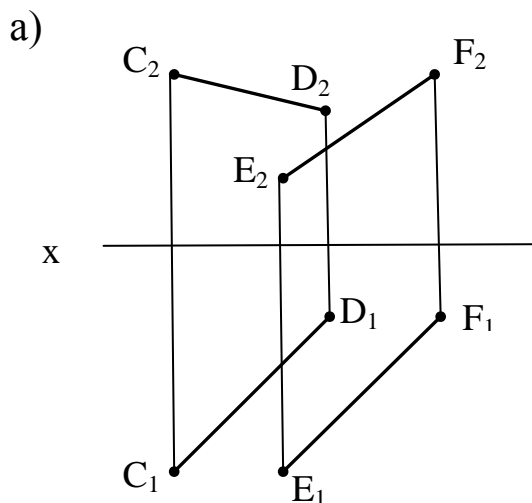
3. Определить натуральную величину прямой и углы наклона к плоскостям проекций



4. Построить следы прямой



5. Определить взаимное положение отрезков прямых в пространстве

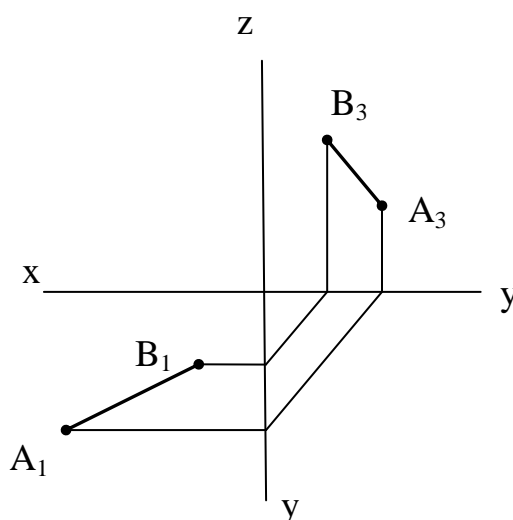


Самостоятельная работа:

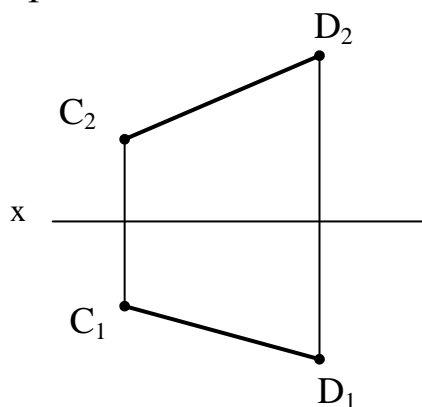
Дз 1 состоит из решения задач по текущей теме и выполнения графической работы «Геометрическое черчение». Решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4. Графическая работа выполняется на чертежном листе формата А3.

Задания для решения задач:

1. По заданным координатам проекций точки построить ее эпюр и определить координаты недостающих проекций
 $B_1(15, 20)$, $B_3(20, 25)$, $B_2 - ?$
2. По двум проекциям прямой достроить третью и определить тип прямой общего положения

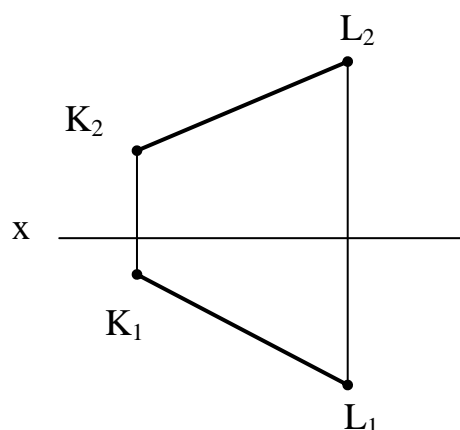


3. Определить натуральную величину прямой и углы наклона к плоскостям проекций

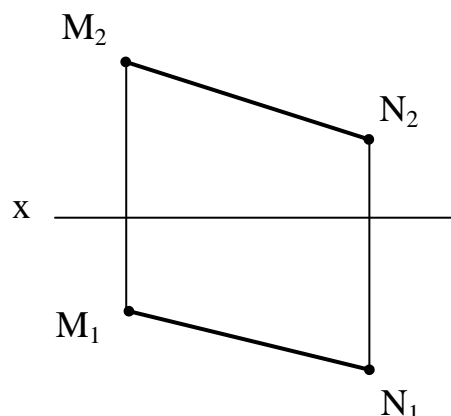


4. Построить следы прямой.

а)



б)



Пояснения и задание к выполнению графической работы «Геометрическое черчение»:

Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта, выданному преподавателем (приложения 1, 2).

Порядок выполнения графической работы:

1. На листе формата А3 (горизонтальное расположение листа) оформить рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104-68, форма 1;

2. Изучив правила построения касательных и линий сопряжения (табл. 6, 7) построить сопряжения в тонких линиях (приложение 1);

3. Изучив правила построения уклонов выполнить чертеж профиля проката в тонких линиях (приложение 2);

4. Оформить чертеж согласно ГОСТ 2.303-68 (линии).

Пример графической работы представлен на рисунке 24.

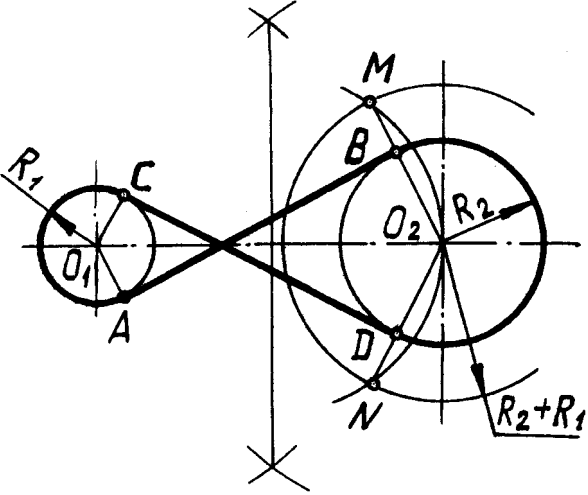
Сопряжение

Сопряжением называется плавный переход от одной линии к другой, выполненный при помощи промежуточной линии.

Центром сопряжения называется точка пересечения геометрических мест точек, удаленных на расстоянии радиуса сопряжения от сопрягаемых линий.

Точки сопряжения определяются либо в пересечении линий, соединяющих центры заданной окружности и сопрягающей дуги, либо в пересечении перпендикуляра, опущенного из центра сопряжения на сопрягаемую прямую.

Продолжение табл. 6

Требуется построить	Построения	Пояснения
		<p>чаются при пересечении радиусов O_1A и O_1C, проведенных параллельно O_2B и O_2D. AB и CD – внешние касательные</p>
<p>Внутреннюю касательную к двум окружностям с центрами в точках O_1 и O_2</p>		<p>Точки касания A, B, C, D находятся аналогично предыдущему способу с той разницей, что вспомогательная окружность проводится суммой радиусов R_2+R_1. AB и CD – внутренние касательные</p>

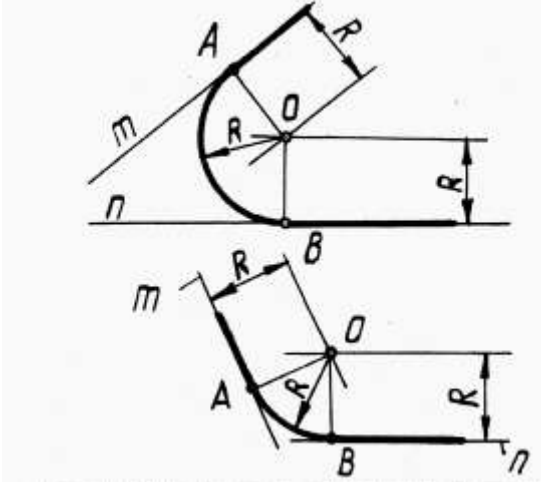
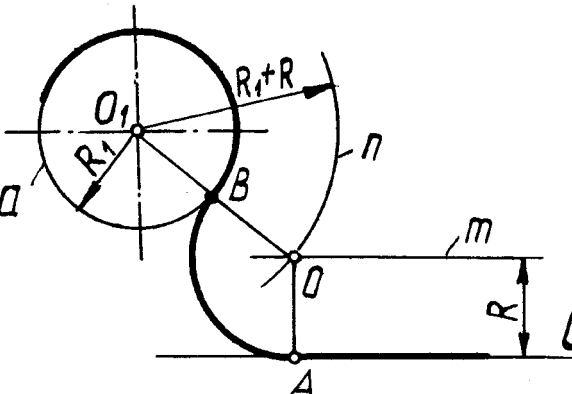
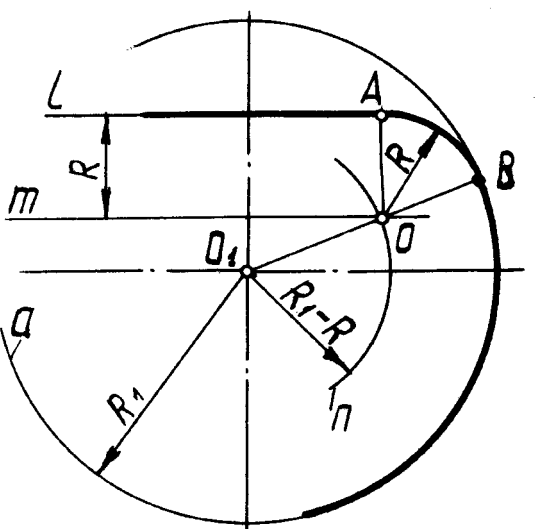
Построение сопряжений

Независимо от формы сопрягаемых линий (прямых или кривых) задачи на сопряжение решаются по следующему плану:

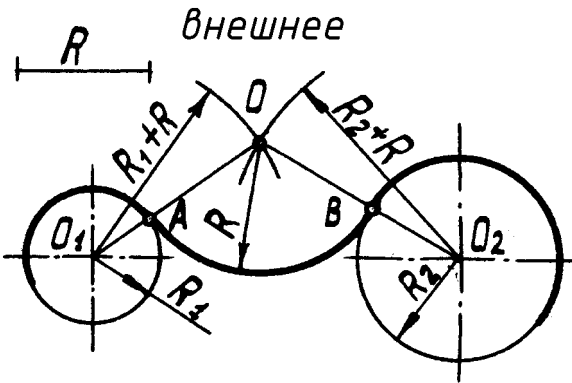
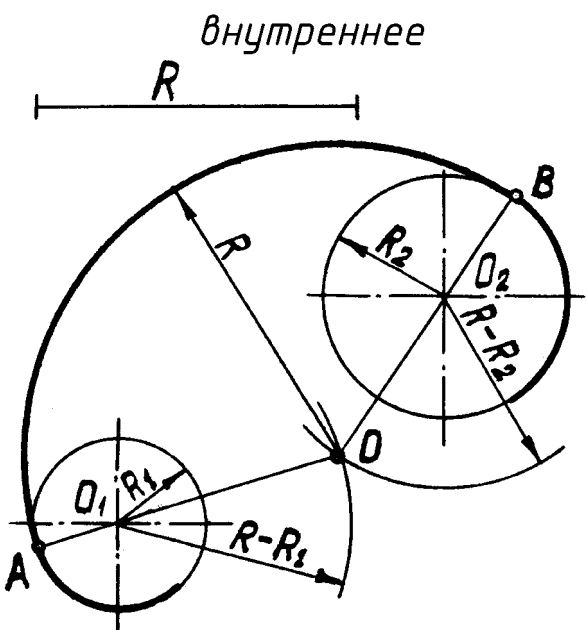
- 1) находят центр сопряжения;
- 2) определяют точки сопряжения;
- 3) проводят дугу между точками сопряжения.

Примеры построения сопряжений дугой заданного радиуса приведены в таблице 7.

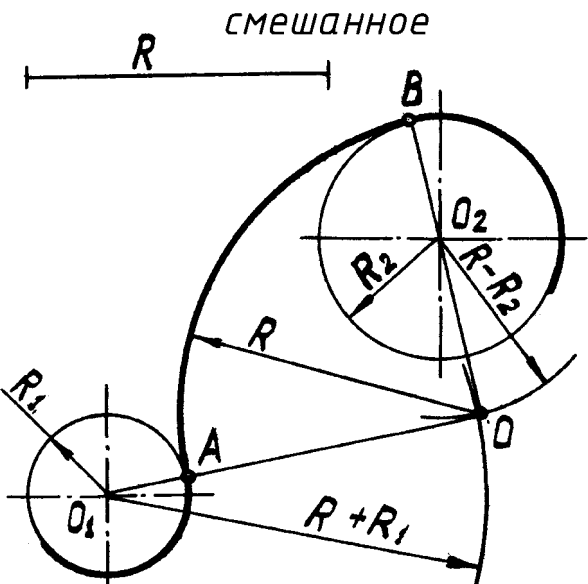
Таблица 7 – Порядок построения сопряжений

Дано	Построения	Пояснения
Две пересекающиеся прямые		<p>Центр сопряжения O находится в точке пересечения вспомогательных прямых, отстоящих от заданных прямых m, n на расстоянии R. Точки сопряжения A и B есть основания перпендикуляров, опущенных из центра O на заданные прямые.</p>
Прямая L и окружность a радиуса R_1 с центром в точке O_1	<p style="text-align: center;"><i>внешнее</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>внутреннее</i></p> 	<p>Центр сопряжения O находится в точке пересечения вспомогательной прямой m, отстоящей от заданной прямой l на расстоянии R и вспомогательной дуги n радиуса R_1+R с центром в точке O_1 в случае внешнего сопряжения или вспомогательной дуги радиуса R_1-R в случае внутреннего сопряжения. Точка сопряжения A есть основание перпендикуляра, опущенного из центра O на прямую L. Точка сопряжения B</p>

Продолжение табл. 7

Дано	Построения	Пояснения
<p>Две окружности радиусов R_1 и R_2 с центрами в точках O_1 и O_2</p>	<p><i>внешнее</i></p>  <p><i>внутреннее</i></p> 	<p>определяется в точке пересечения линии, соединяемой центры OO_1 с данной окружностью</p> <p>Центр сопряжения O находится в точке пересечения вспомогательных дуг окружностей (положение центров этих дуг и величины их радиусов см. из чертежей). Точки сопряжения A и B определяются в точках пересечения заданных окружностей с прямыми, соединяющими центры, соответственно OO_1 и OO_2</p>

Продолжение табл. 7

Дано	Построения	Пояснения
		

Построение уклона

Уклон – это величина, характеризующая наклон одной линии по отношению к другой.

Уклон i прямой AC относительно прямой AB (рис. 23, а) определяется как отношение противолежащего катета BC к прилежащему AB и выражается формулой:

$$i = \frac{h}{l} = \frac{BC}{AB} = \operatorname{tg} \alpha ; \quad i = \frac{1}{3}.$$

Для проведения прямой, направление которой задано уклоном, необходимо на чертеже задать точку, определяющую положение прямой. Такой точкой является точка D (рис. 23, б), заданная размерами $\frac{b-d}{2}$ и t .

Величина уклона выражается в виде дроби или в процентах. Построение прямой DE с уклоном 10% показано на чертеже (рис. 23, б). Построение можно выполнить отдельно, на свободном поле чертежа, а затем через данную точку на чертеже провести линию, параллельную построенной.

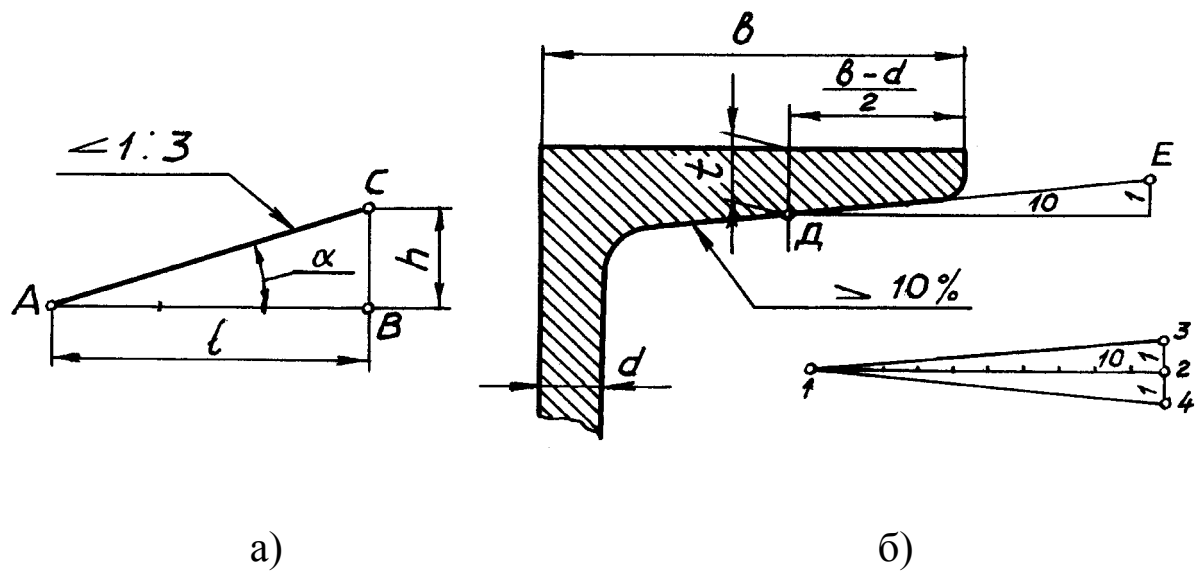


Рис. 23. Построение уклона

По ГОСТ 2.307-68 перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак \leq , острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона (рис. 23), а значение уклона записывается на полке линии-выноски, расположенной параллельно линии, по отношению к которой записывают значение уклона.

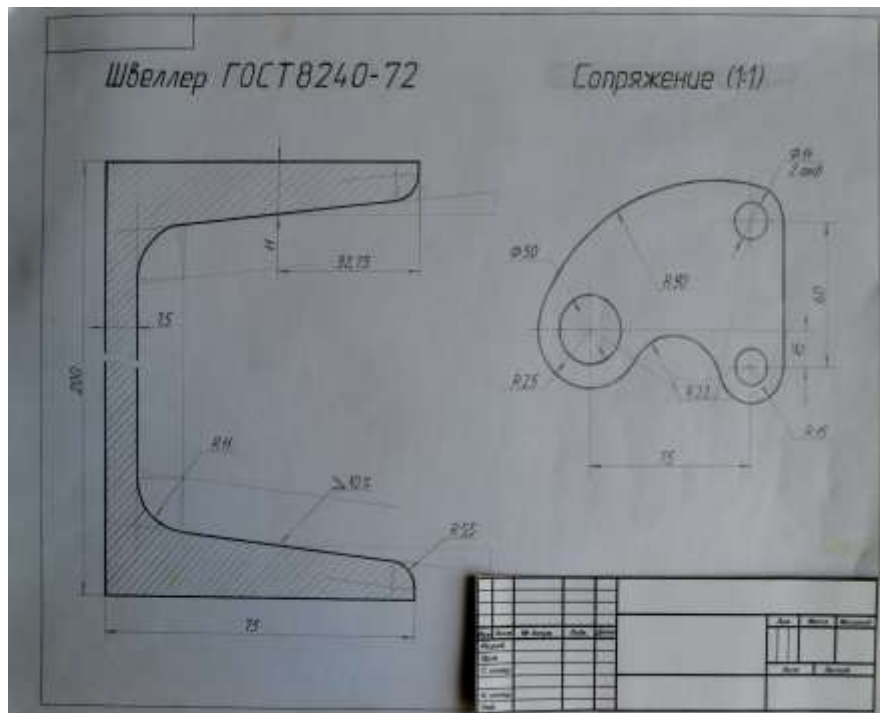


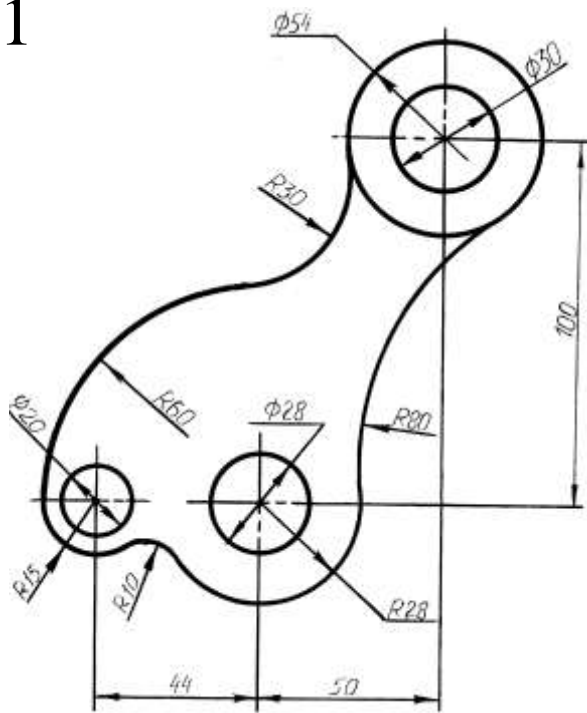
Рис. 24. Пример графической работы «Геометрическое черчение»

Вопросы для самоконтроля

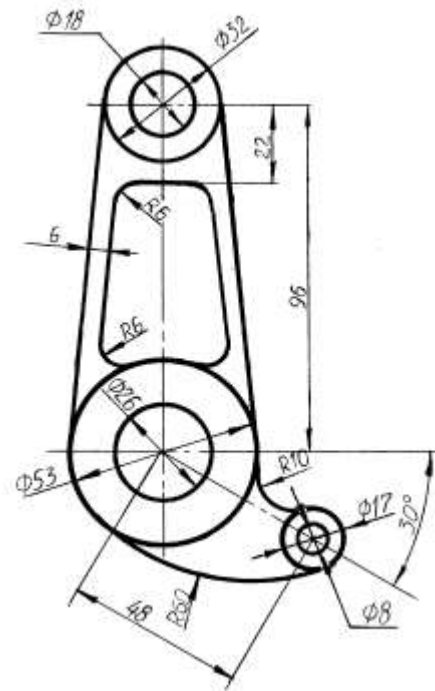
1. Что представляет собой эпюр точки?
2. Сколько проекций определяет положение точки в пространстве?
3. От чего зависит положение проекций точки на эпюре?
4. Чем определяется положение прямой в пространстве?
5. Что значит прямые общего положения (восходящие и нисходящие прямые)?
6. Как определить натуральную величину прямой и углы наклона к плоскостям проекций (метод прямоугольного треугольника)?
7. Следы прямой. Как построить следы прямой?
8. Назовите свойства и признаки прямых уровня.
9. Назовите свойства и признаки проецирующих прямых.
10. Назовите возможные случаи взаимного расположения прямых в пространстве и дайте им определения.
11. Что значит конкурирующие точки на плоском чертеже?
12. Какими размерами определяются форматы чертежных листов?
13. Где располагается основная надпись на чертежном листе?
14. Какие типы линий в соответствии с ГОСТ вы знаете?
15. Что такое масштаб чертежа, и какие масштабы вы знаете?
16. Какие существуют типы и размеры чертежных шрифтов?
17. На каком расстоянии друг от друга должны быть параллельные размерные линии?
18. Какие проставляются размеры при выполнении чертежа в масштабе, отличном от 1:1?
19. Как обозначают квадрат, диаметр, окружность при проставлении размеров?
20. Что называют сопряжением?
21. Построить сопряжение:
 - 1) дуги окружности с прямой линией;
 - 2) двух пересекающихся прямых дугой окружности;
 - 3) внешнее двух окружностей дугой окружности;
 - 4) внутреннее двух окружностей дугой окружности;
 - 5) построить касательную к окружности.
22. Что называется уклоном и конусностью?
23. Как построить уклон 10 %?
24. Как обозначаются уклон и конусность на чертежах?

Сопряжения

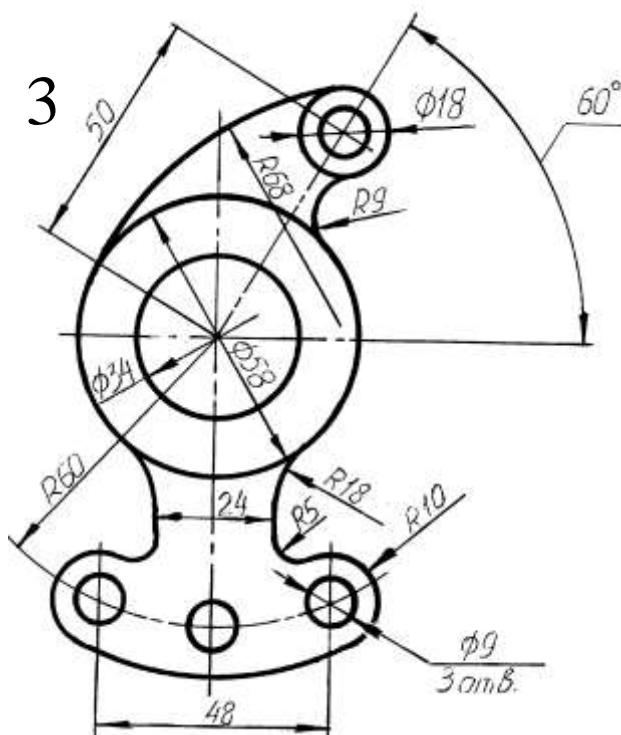
1



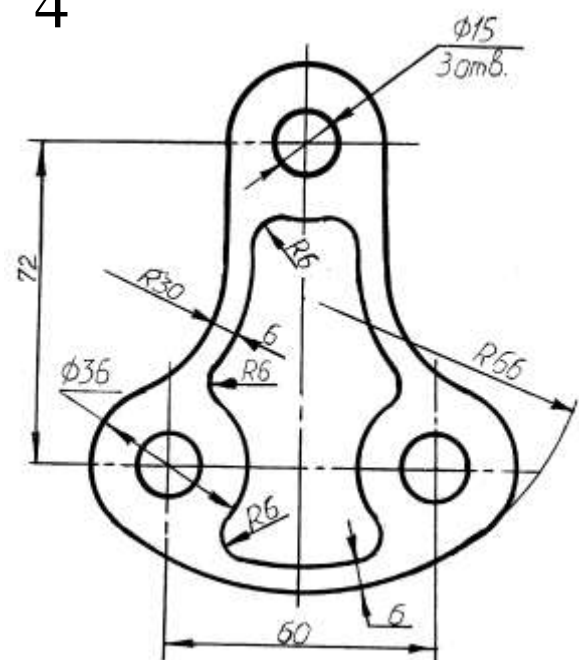
2



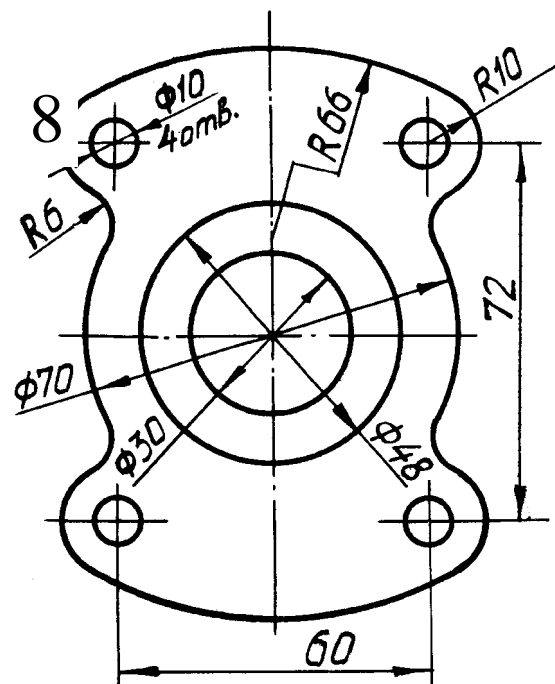
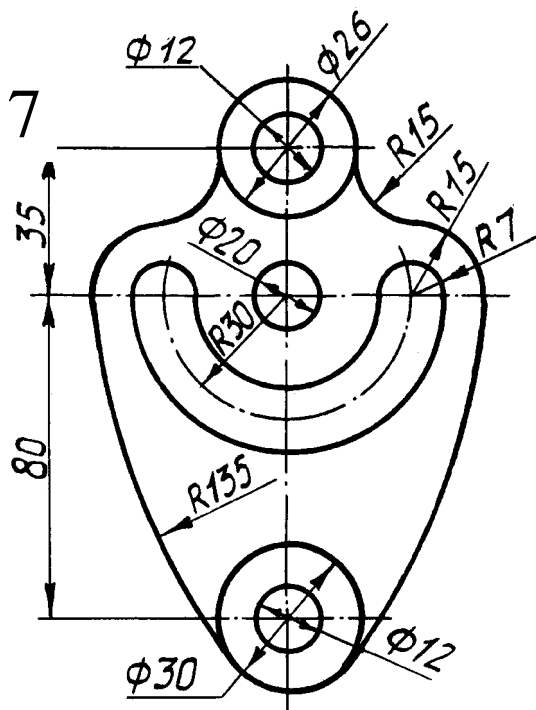
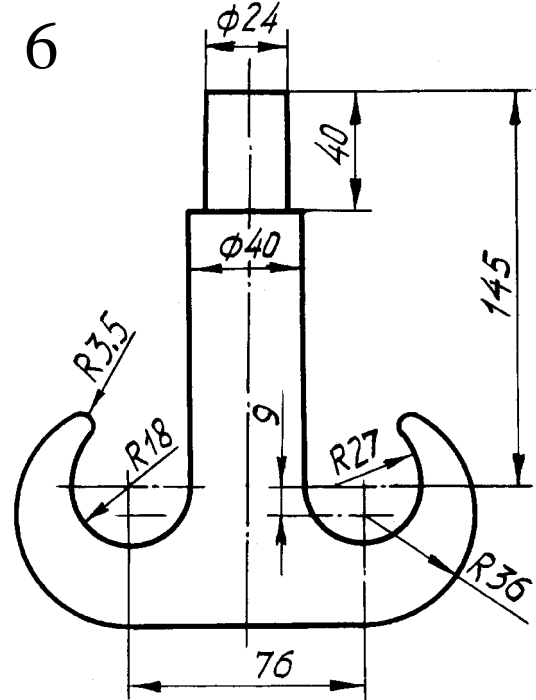
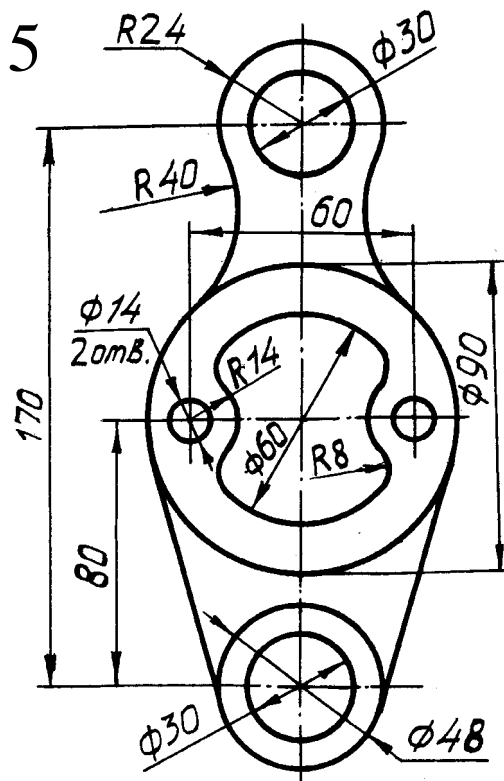
3



4

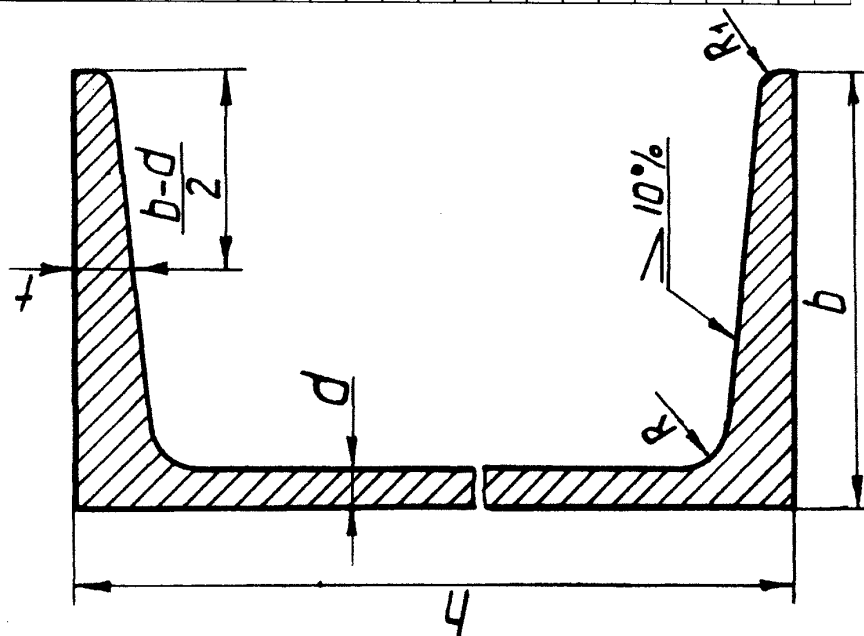


Продолжение прил. 1



ПРОФИЛИ ПРОКАТА
Швеллеры (ГОСТ 8240-72)

№ ба- рианта	Номер профиля	h	b	d	t	R	R ₁
1	5	50	32	4,4	7,0	6,0	2,5
2	6,5	65	36	4,4	7,2	6,0	2,5
3	8	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5
4	10	100	46	4,5	7,6	7,0	3,0
5	12	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0
6	14	140	58	4,9	8,1	8,0	3,0
7	14а	140	62	4,9	8,1	8,0	3,0
8	16	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5
9	16а	160	68	5,0	9,0	8,5	3,5
10	18	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5
11	18а	180	74	5,1	9,3	9,0	3,5
12	20	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0
13	20а	200	80	5,2	9,7	9,5	4,0
14	22	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0
15	22а	220	87	5,4	10,2	10,0	4,0
16	24	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0
17	24а	240	95	5,6	10,7	10,5	4,0
18	27	270	95	6,0	10,5	11,0	4,5
19	30	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0
20	33	330	105	7,0	11,7	13,0	5,0
21	36	360	110	7,5	12,6	14,0	6,0
22	40	400	115	8,0	13,5	15,0	6,0



Раздел 2. Плоскость

Способы задания плоскости на чертеже. Принадлежность точки и прямой плоскости. Положение плоскости относительно плоскостей проекций. Взаимное положение двух плоскостей. Пересечение плоскостей. Взаимное положение прямой линии и плоскости. Пересечение прямой и плоскости.

Практическое занятие: Теоретические положения

Плоскость на эпюре Монжа можно задать:

- проекциями трёх точек, не лежащих на одной прямой (рис. 25, а);
- проекциями точки и прямой (рис. 25, б);
- проекциями точки и двойной прямой (рис. 25, в);
- проекциями двух пересекающихся прямых (рис. 25, г);
- проекциями двух параллельных прямых (рис. 25, д);
- проекциями двух пересекающихся прямых принадлежащих плоскостям проекций – следами плоскостей (рис. 25, е);
- проекциями треугольника (рис. 25, ж).

Способы задания плоскости взаимосвязаны между собой, что позволяет легко перейти от одного способа к другому. Если плоскость задана, то по одной из проекций точки, принадлежащей плоскости, можно построить единственную соответствующую ей недостающую проекцию точки. Алгоритм построения недостающей проекции основан на условии принадлежности точек и прямых плоскости: *точка принадлежит плоскости, если она принадлежит прямой принадлежащей этой плоскости; прямая принадлежит плоскости, если она проходит хотя бы через две точки, принадлежащие плоскости.*

Среди множества прямых, принадлежащих плоскости, выделяют некоторые, занимающие особое положение – особые прямые. Это: линии уровня плоскости, двойная прямая, следы плоскости.

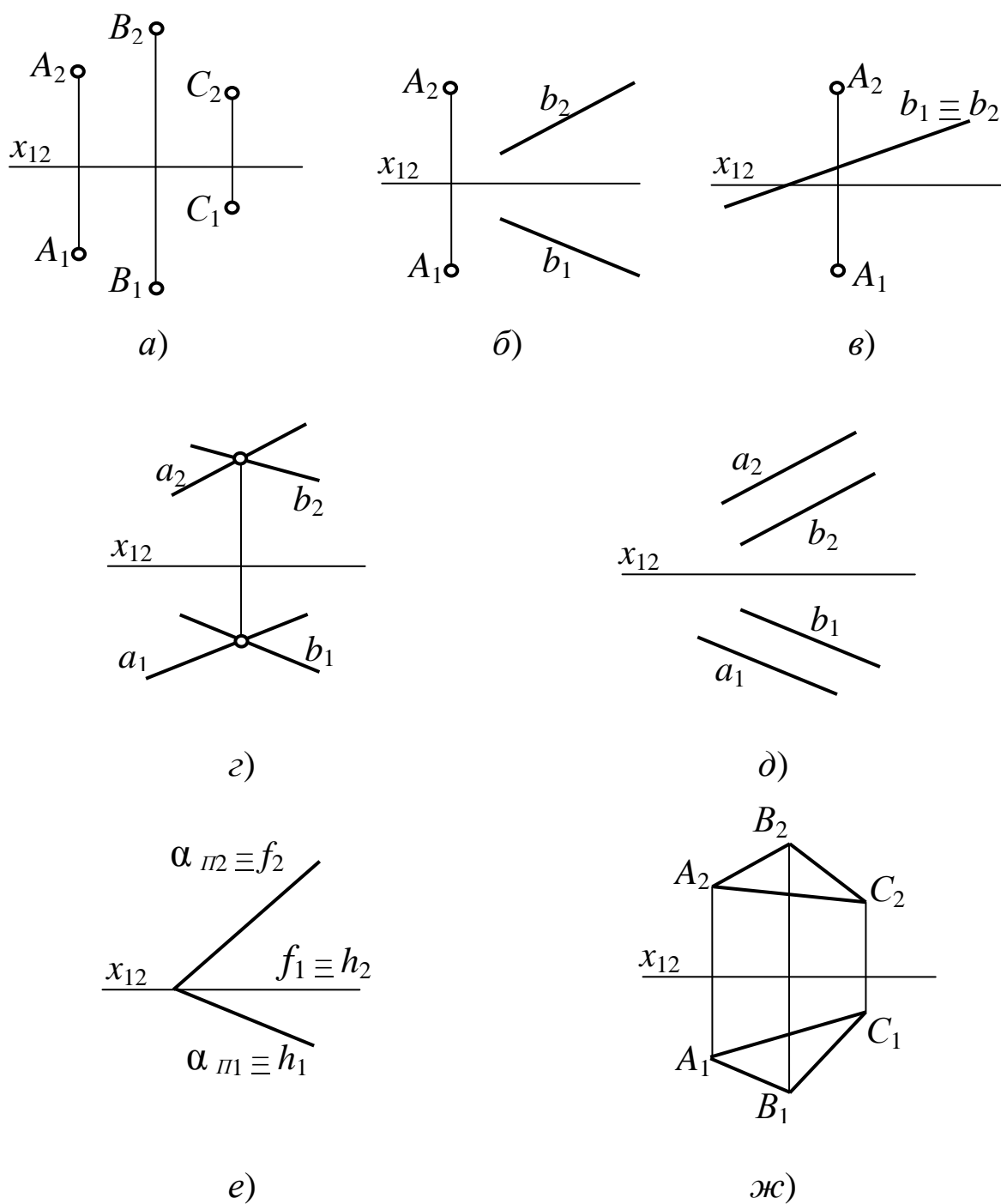


Рис. 25. Способы задания плоскости на комплексном чертеже (эпюре Монжа)

Линии уровня плоскости – это горизонтали и фронтолы, принадлежащие плоскости (рис. 26).

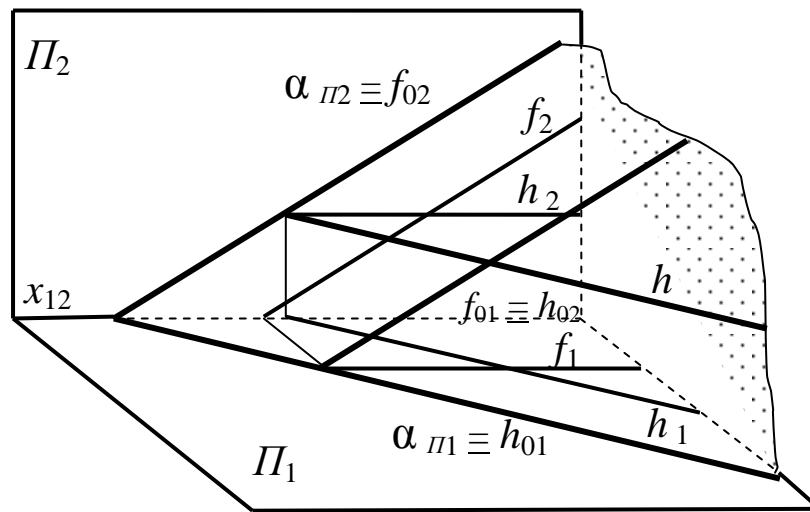


Рис. 26. Модель плоскости

Горизонталью плоскости называется прямая h , лежащая в плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций.

Отличительным признаком горизонтали на эюре Монжа будет параллельность её фронтальной проекции оси проекций.

Свойством горизонтали является то, что горизонтальная проекция любого отрезка этой прямой равна его натуральной величине.

Фронталью плоскости называется прямая f , лежащая в плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций.

Отличительным признаком фронтали на эюре Монжа будет параллельность её горизонтальной проекции оси проекций.

Свойством фронтали является то, что фронтальная проекция любого отрезка этой прямой равна его натуральной величине.

Построение горизонталей на чертеже обычно начинают с фронтальной проекции, а фронталей с – горизонтальной проекции (рис. 27). В приведённом примере фронталью является сторона треугольника AB .

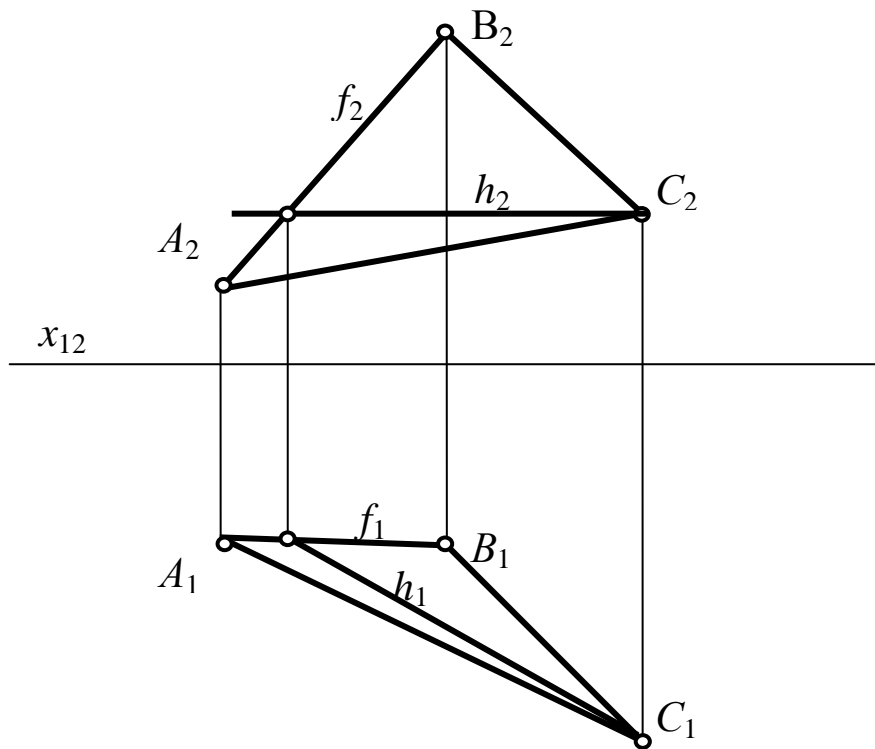


Рис. 27. Линии уровня в плоскости треугольника ABC

Линии пересечения данной плоскости с плоскостями проекций называются **следами плоскости**. Для построения следа плоскости необходимо построить соответствующие следы для любых двух прямых плоскости. Нетрудно заметить, что горизонтальный след плоскости параллелен горизонталям плоскости – частный случай горизонтали, а фронтальный след плоскости параллелен фронталям плоскости – частный случай фронтали. Горизонтальный и фронтальный следы плоскости всегда пересекаются в одной точке x_α на оси проекций – *точке схода следов* (точке пересечения трёх плоскостей α , P_1 и P_2). Построение следов плоскости показано на рисунке 28.

В любой плоскости есть множество точек, имеющих совпавшие проекции. Такие точки лежат на одной прямой – линии пересечения данной плоскости с тождественной. Эту особую прямую называют **двойной прямой** плоскости. Для построения двойной прямой достаточно построить двойные точки для любых двух прямых этой плоскости (рис. 29).

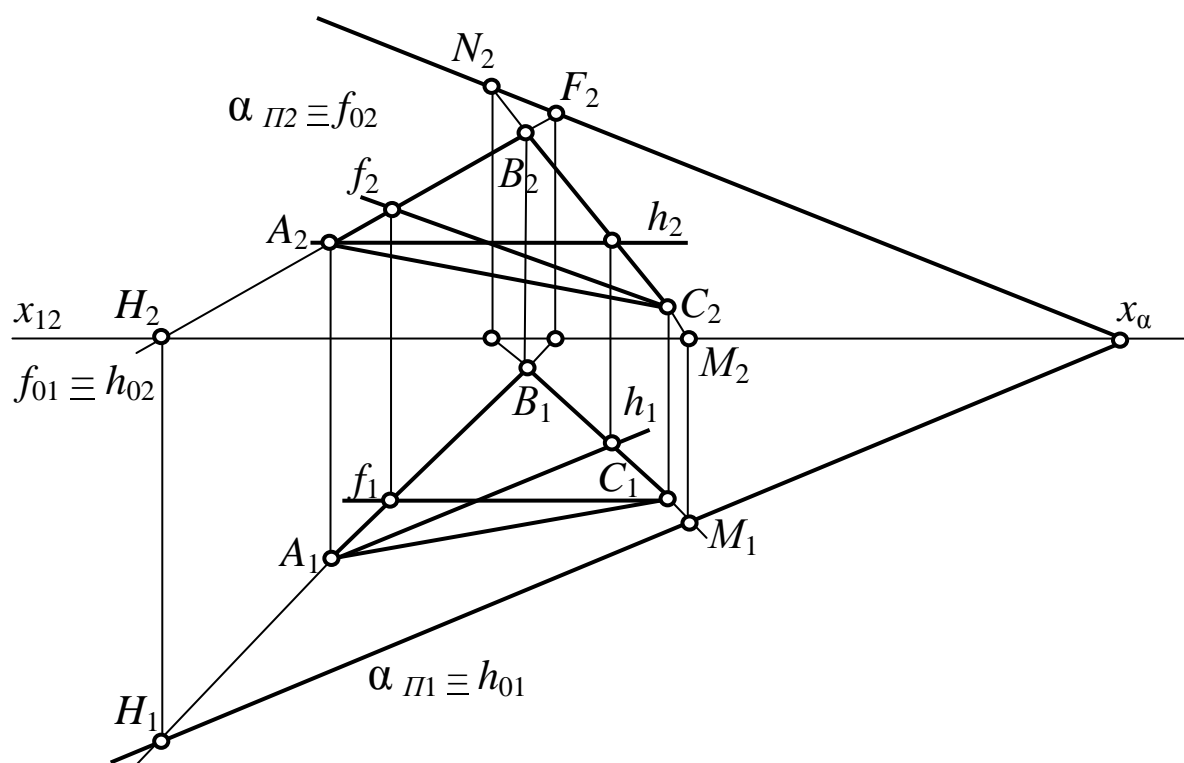


Рис. 28. Построение следов плоскости

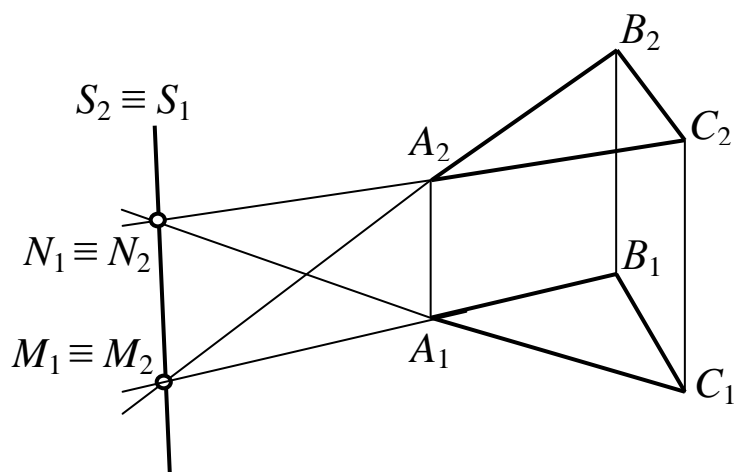


Рис. 29. Двойная прямая (\$S_1 \equiv S_2\$)

Заметим, что точка схода следов x_α является двойной точкой для горизонтального и фронтального следов плоскости, а это значит, что через эту точку всегда проходит двойная прямая плоскости $S_2 \equiv S_1$.

На рисунке 30 показано построение всех названных особых линий плоскости.

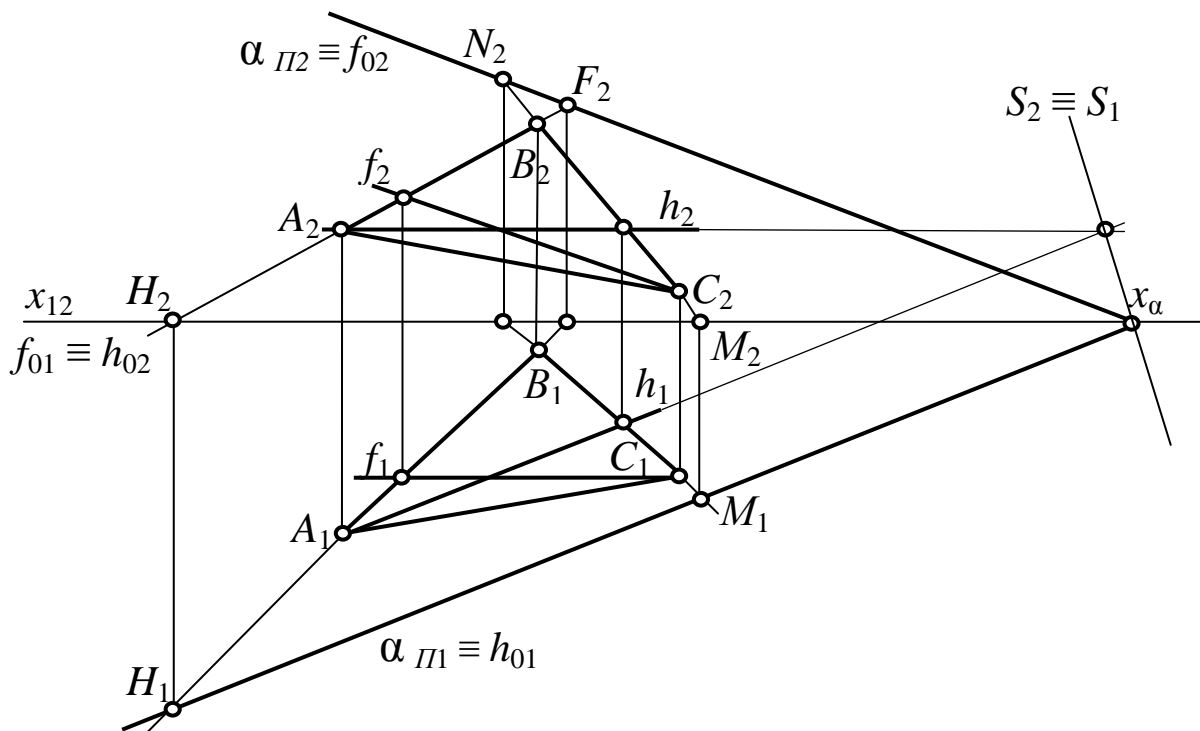


Рис. 30. Особые линии плоскости

Плоскости не перпендикулярные (и не параллельные) к плоскостям проекций, называются **плоскостями общего положения**.

Плоскости перпендикулярные (или параллельные) к плоскостям проекций, называются **плоскостями частного положения**. К ним относят плоскости проецирующие (горизонтально, фронтально и профильно проецирующие) и плоскости уровня (горизонтальная, фронтальная и профильная плоскости уровня) [1, 2].

Взаимное положение двух плоскостей:

- две плоскости параллельны;
- две плоскости пересекаются (первая позиционная задача).

Две плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости соответственно параллельны двум пересекающимся прямым, лежащим в другой плоскости (рис. 31, а). В качестве таких прямых могут служить, например, следы плоскости (рис. 31, б).

У параллельных плоскостей горизонтали одной плоскости параллельны горизонталям другой плоскости, фронтолы также взаимно параллельны.

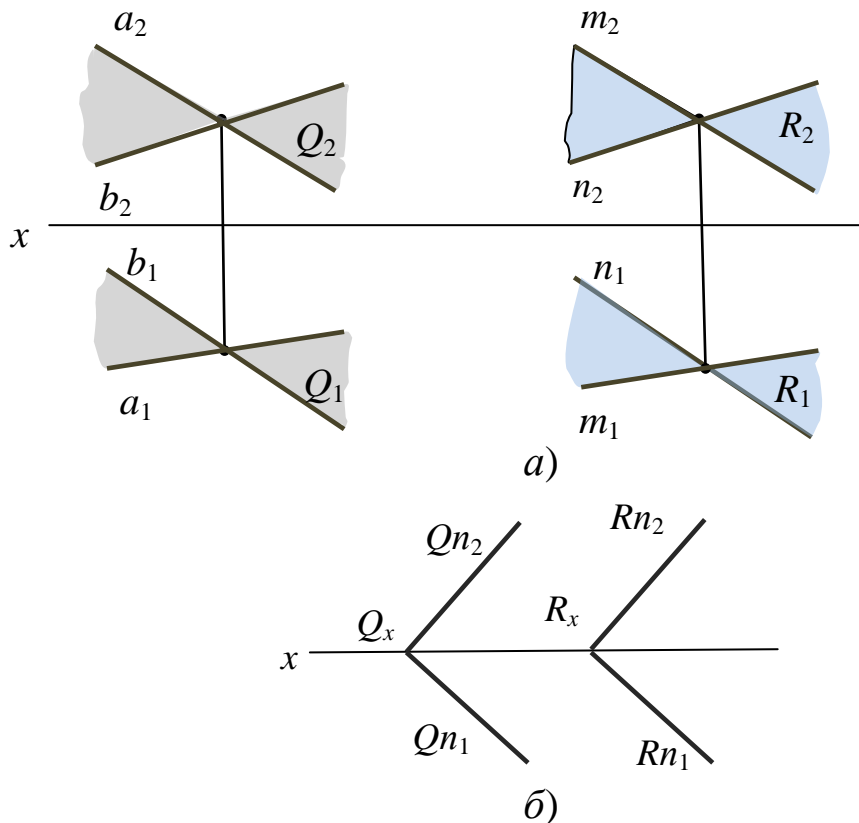


Рис. 31. Параллельные плоскости

Первая позиционная задача (Пересечение двух плоскостей)

Для построения линии пересечения двух плоскостей достаточно найти две их общие точки. На чертежах такого типа задачи решаются с помощью вспомогательных секущих плоскостей (проецирующих или плоскостей уровня).

Алгоритм решения задач на пересечение двух плоскостей:

1) плоскости $R(\triangle ABC)$ и $Q(a \cap b)$ пересекаются двумя вспомогательными горизонтальными плоскостями уровня φ и ω (рис. 32);

2) плоскость φ пересекает плоскости R и Q по двум горизонталям, в результате получаем точку пересечения 1 – общую точку для плоскостей R и Q ;

3) плоскость ω пересекает плоскости R и Q по двум горизонталям, в результате получаем точку пересечения 2 – вторую общую точку для плоскостей R и Q ;

4) соединяем на эюре проекции точек 1 и 2, получаем линию пересечения плоскостей.

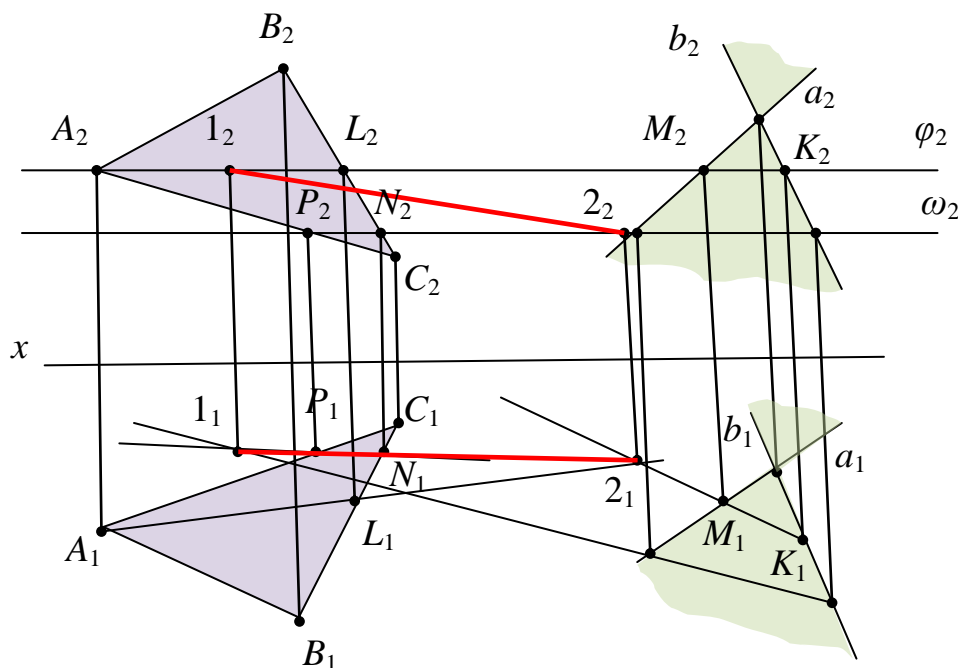


Рис. 32. Построение линии пересечения двух плоскостей

При задании пересекающихся плоскостей следами линию взаимного пересечения находят по точкам пересечения одноименных следов плоскостей. Для этого нужно (рис. 33 а, б):

1) продлить на эюре следы плоскостей до их взаимного пересечения (1_1 и 2_2);

2) найти на линии связи вторую проекцию точки, лежащую на оси (1_2 и 2_1);

3) соединить попарно горизонтальные и фронтальные проекции точек 1 и 2.

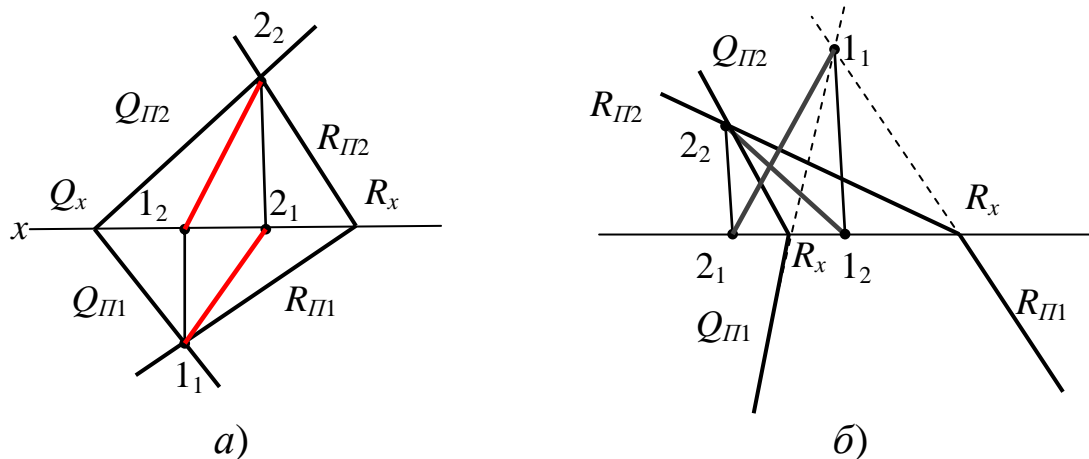


Рис. 33. Построение линии пересечения двух плоскостей

Взаимное положение прямой и плоскости:

- прямая принадлежит плоскости;
- прямая параллельна плоскости;
- прямая пересекает плоскость (вторая позиционная задача).

Прямая принадлежит плоскости, если проходит через две точки этой плоскости (см. начало текущей темы).

Прямая параллельна плоскости, если она параллельна какой-либо прямой лежащей в этой плоскости (рис. 34).

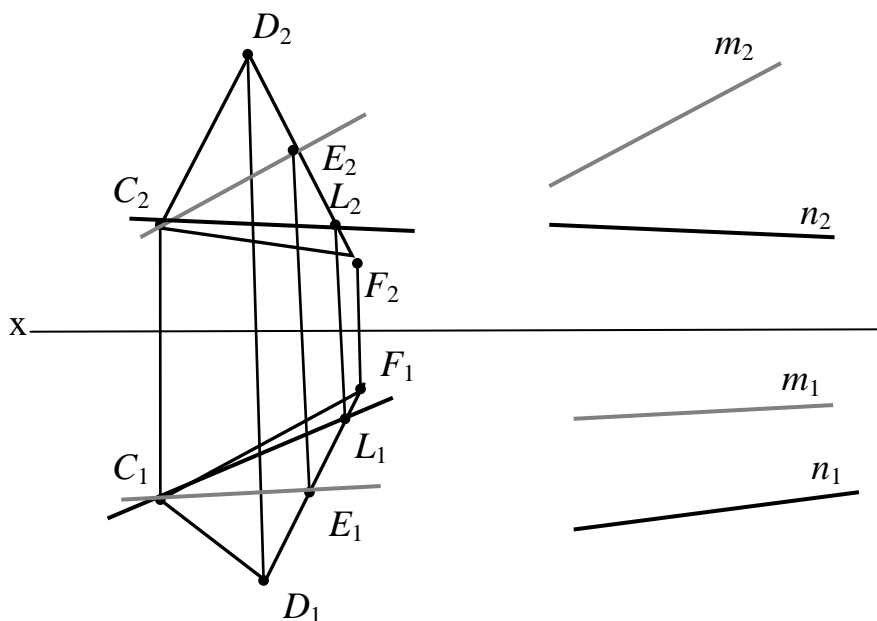


Рис. 34. Прямая параллельна плоскости

Вторая позиционная задача (Пересечение прямой с плоскостью)

Алгоритм решения позиционных задач на пересечение прямой с плоскостью:

1) через одну из проекций прямой проводят вспомогательная проецирующая плоскость. На рисунке 35, а через фронтальную проекцию прямой (b_2) проведена фронтальная проекция фронтально проецирующей плоскости Q ;

2) находят проекцию линии (D_2E_2 и D_1E_1) взаимного пересечения заданной плоскости ΔABC и вспомогательной Q ;

3) точка пересечения (встречи) прямой с плоскостью лежит на пересечении заданной прямой b и линии пересечения DE плоскостей Q и ΔABC . На горизонтальной проекции находят горизонтальную проекцию (K_1) искомой точки K . Затем от проекции K_1 проводят линию связи до пересечения с фронтальной проекцией прямой b_2 и получают фронтальную проекцию K_2 точки пересечения K прямой b с плоскостью ΔABC .

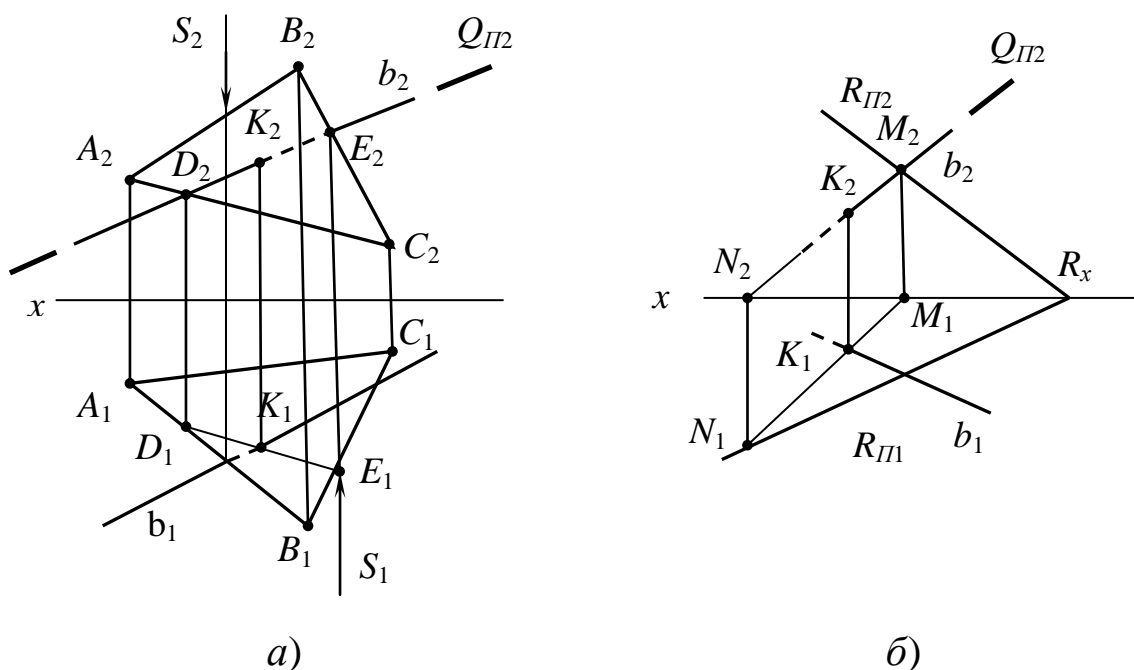


Рис. 35. Пересечение прямой с плоскостью

При необходимости по правилу конкурирующих точек определяют видимость элементов на обеих проекциях. Для этого проводят проецирующие лучи S_1 и S_2 . Затем по направлению стрелки оценивается взаимное положение в пространстве прямых AB и b . Так как при направлении взгляда сверху линия A_2B_2 располагается выше, чем прямая b_2 , то и на горизонтальной проекции до точки K_1 прямая b_2 невидима. Аналогично, анализируя расположение прямых в пространстве BC и b , устанавливается невидимая часть прямой b на фронтальной проекции после точки K .

При задании плоскости следами алгоритм решения задач на построение точки пересечения прямой с плоскостью не изменяется (рис. 35, б).

В случае, если один из двух пересекающихся геометрических элементов занимает частное положение, тогда вспомогательные плоскости при решении задач не используются, т. к. на одной из проекций точка пересечения (линия пересечения) уже будет задана.

Перпендикулярность прямой и плоскости, двух плоскостей

Прямая перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости (рис. 36 а, б).

В качестве пересекающихся прямых плоскости при решении графических задач в начертательной геометрии используют главные (или особые) линии плоскости – горизонтали, фронталы и профильные прямые плоскости. При этом построение перпендикуляров на эпюре производят к проекциям главных линий, соответствующих натуральной величине (на основании теоремы о проецировании прямого угла) (рис. 36, а).

Если плоскость задана следами, в таком случае следы плоскости и будут образовывать пересекающиеся прямые данной плоскости, т. к. они являются главными линиями нулевого уровня (рис. 36, б).

Две плоскости перпендикулярны, если одна плоскость содержит прямую, перпендикулярную другой плоскости (рис. 37).

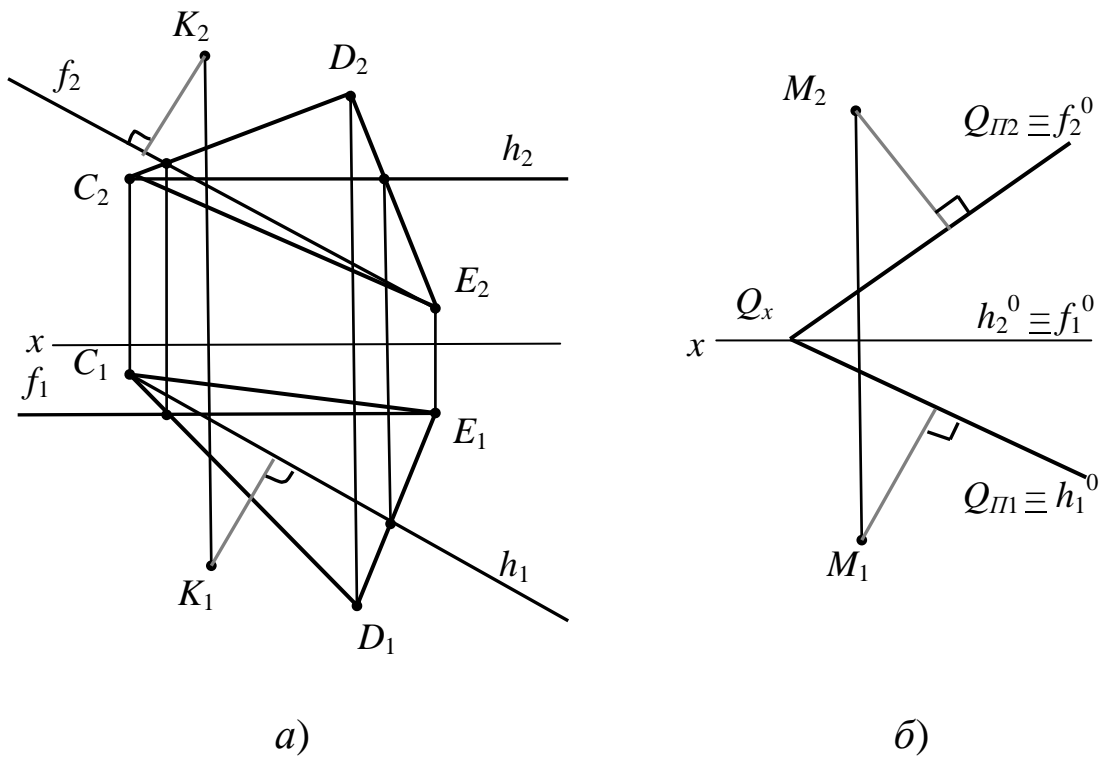


Рис. 36. Перпендикулярность прямой и плоскости

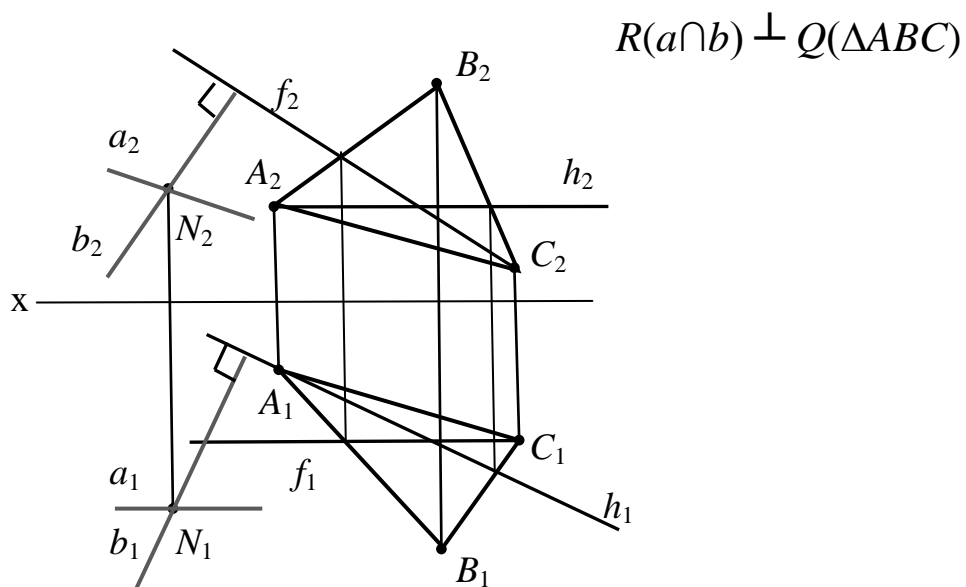
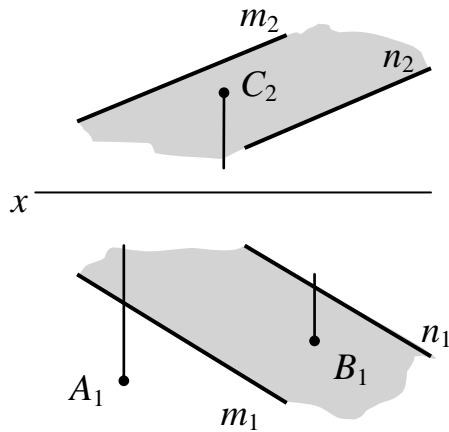


Рис. 37. Перпендикулярность двух плоскостей

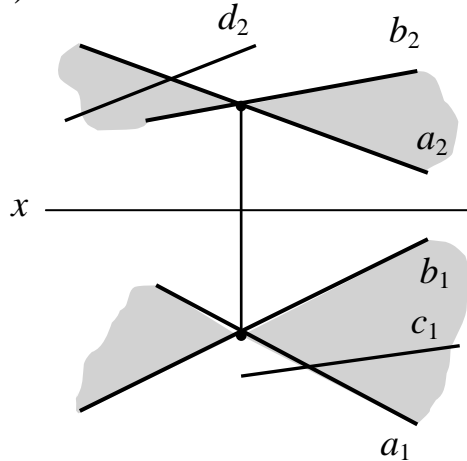
Практическая часть:

1. Достроить недостающие проекции *а)* точек и *б)* прямых, принадлежащих плоскости

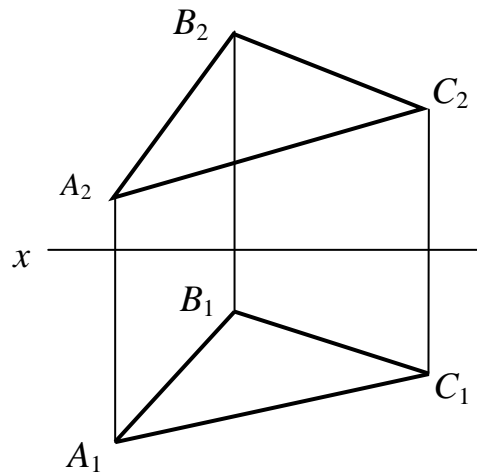
а)



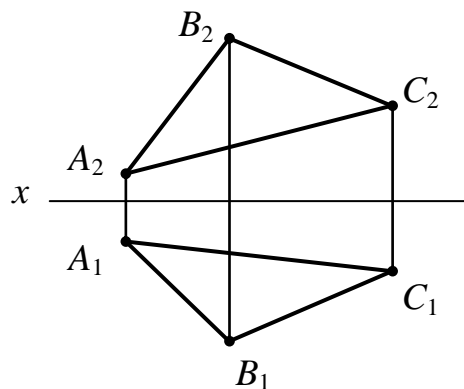
б)



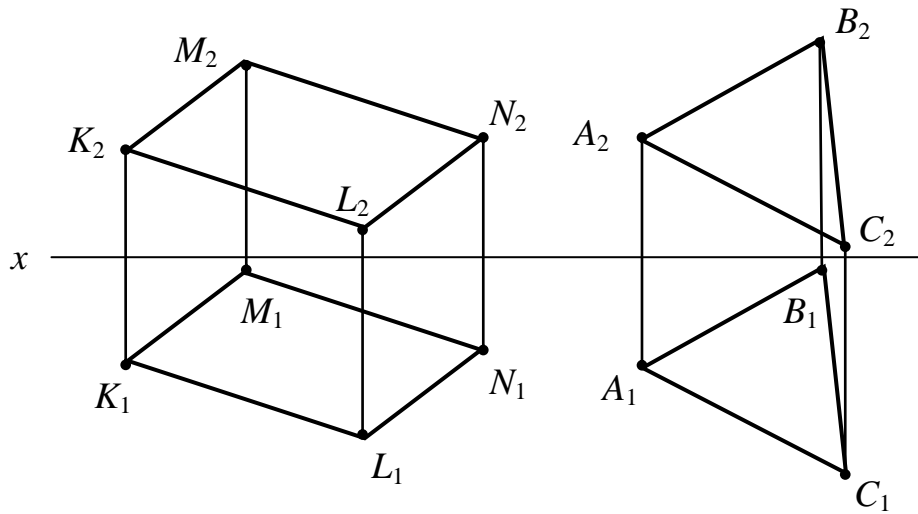
2. Построить следы плоскости



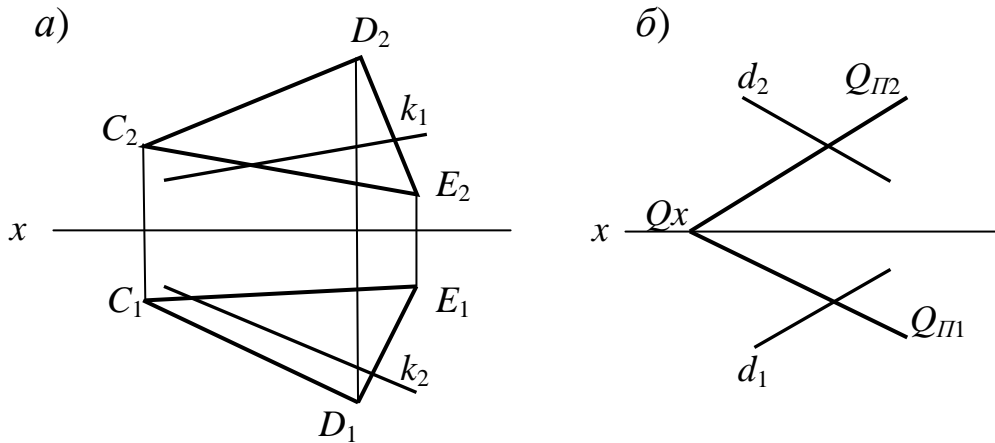
3. В плоскости треугольника построить линии наибольшего наклона, линию наибольшего ската.



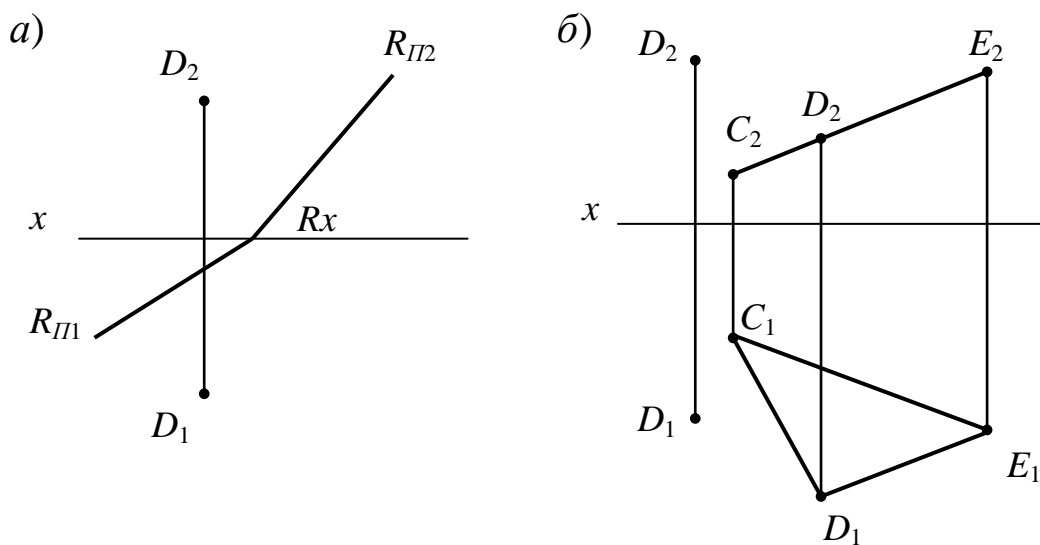
4. Построить линию пересечения двух плоскостей.



5. Найти точку пересечения прямой с плоскостью.



6. Построить через точку D прямую, перпендикулярную заданной плоскости.



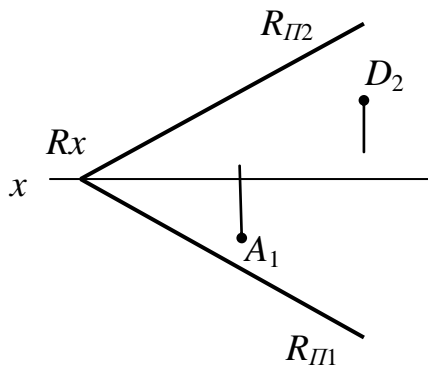
Самостоятельная работа:

Дз 2 состоит из решения задач по текущей теме и выполнении графической работы «Проекционное черчение». Решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4. Графическая работа выполняется на чертежном листе формата А3.

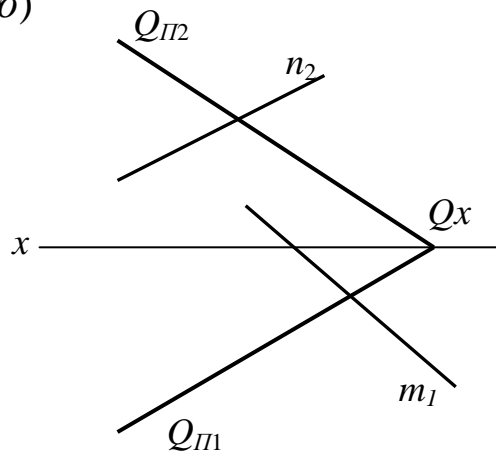
Задания для решения задач:

1. Достроить недостающие проекции а) точек и б) прямых, принадлежащих плоскости.

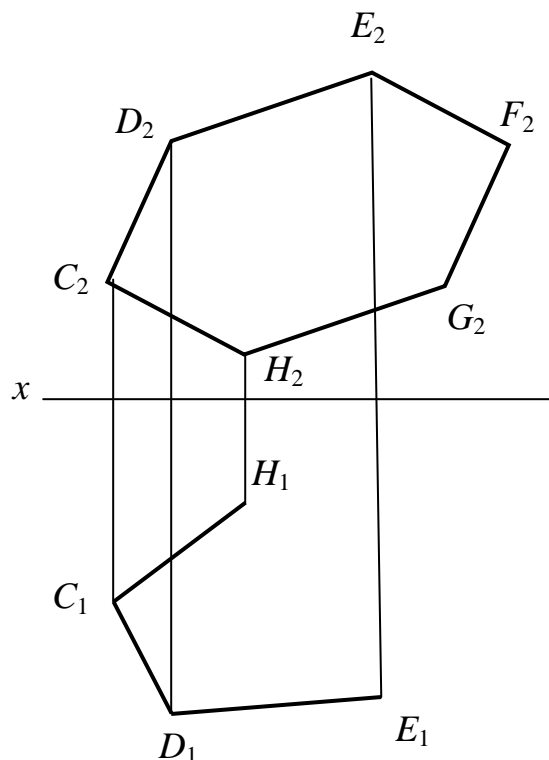
а)



б)

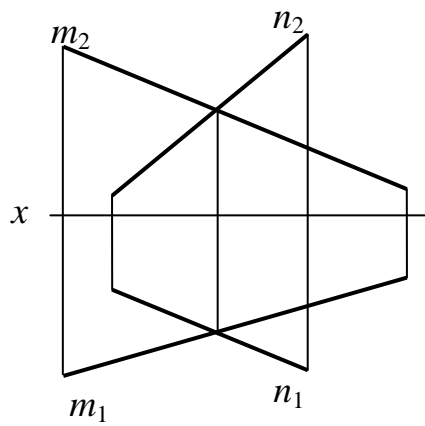


2. Достроить недостающую проекцию плоскости пятиугольника CDEFGH.

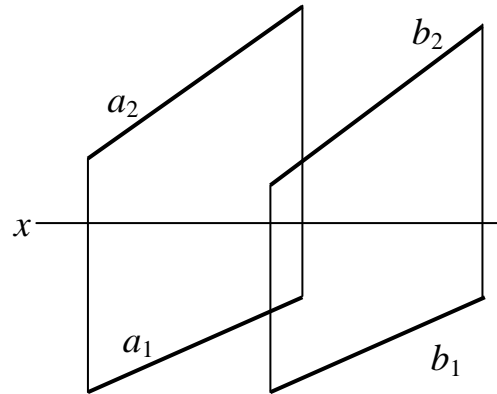


3. Построить следы плоскости.

a)

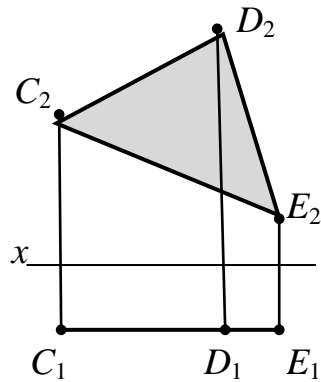


б)

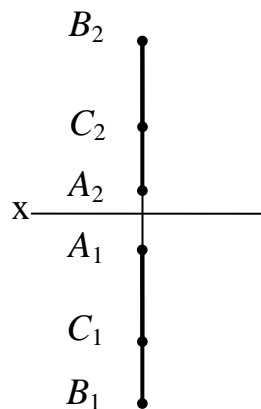


4. По заданным проекциям определить тип плоскости.

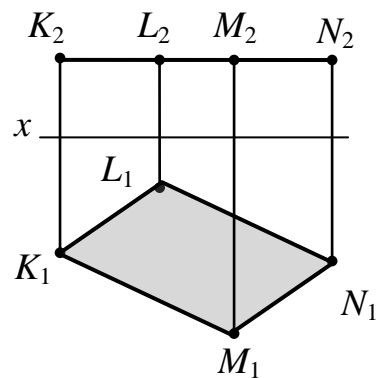
a)



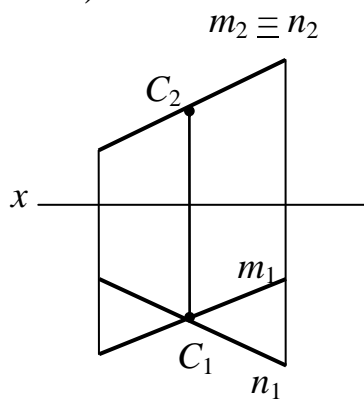
б)



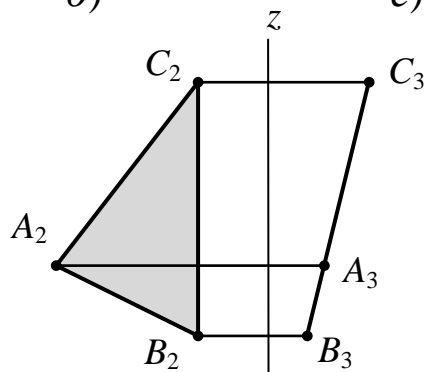
в)



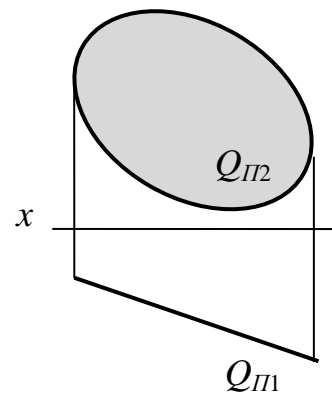
г)



д)

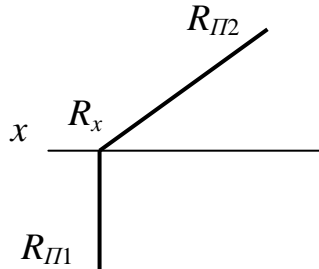


е)

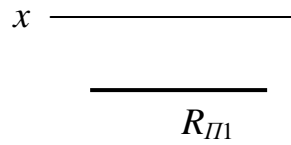


5. По заданным проекциям следов определить тип плоскости.

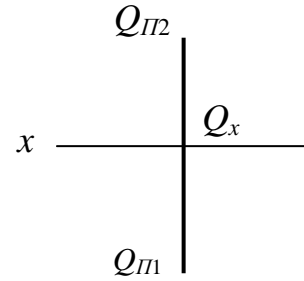
а)



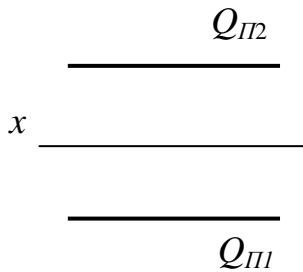
б)



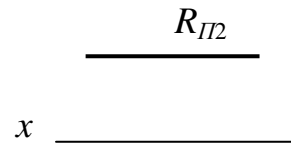
в)



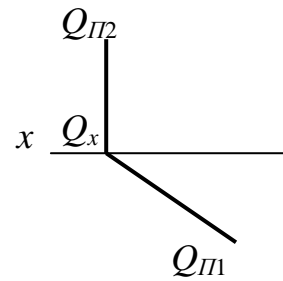
г)



д)

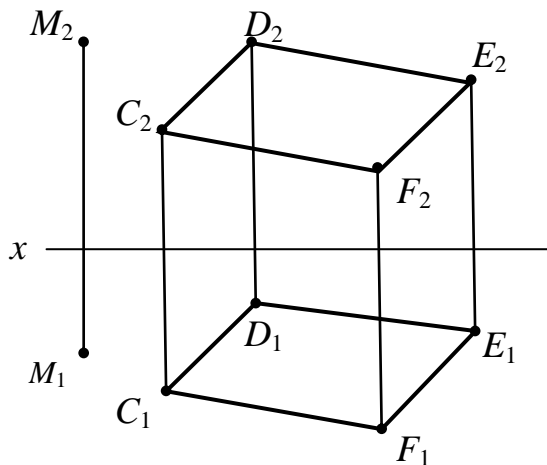


е)

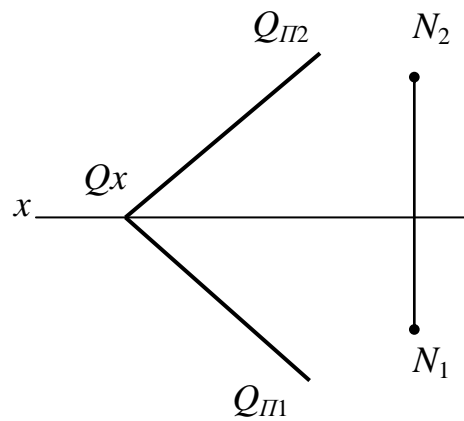


6. Через точку М (N) построить плоскость, параллельную заданной.

а)

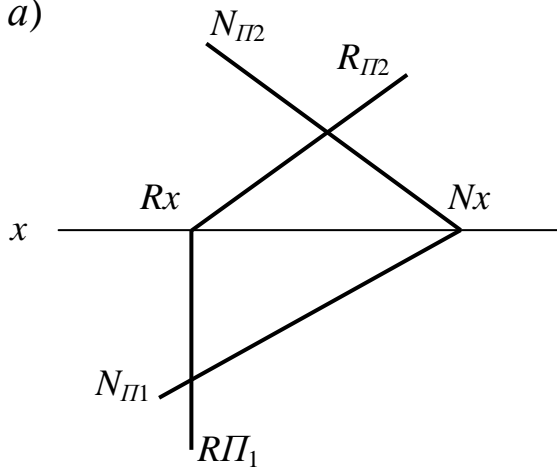


б)

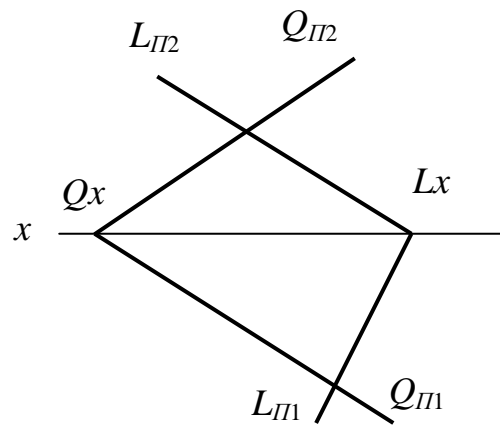


7. Построить линию пересечения двух плоскостей.

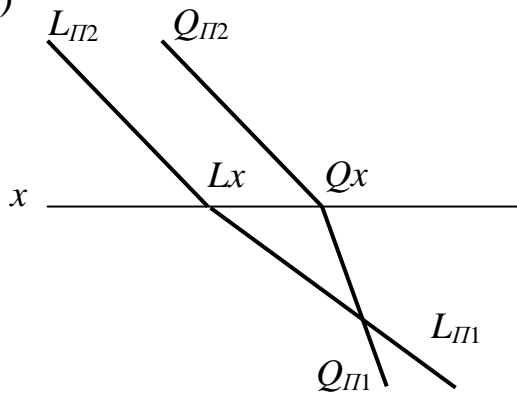
а)



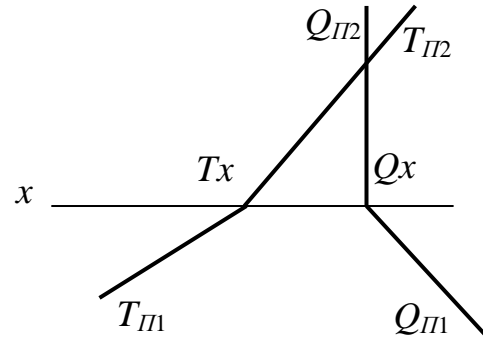
б)



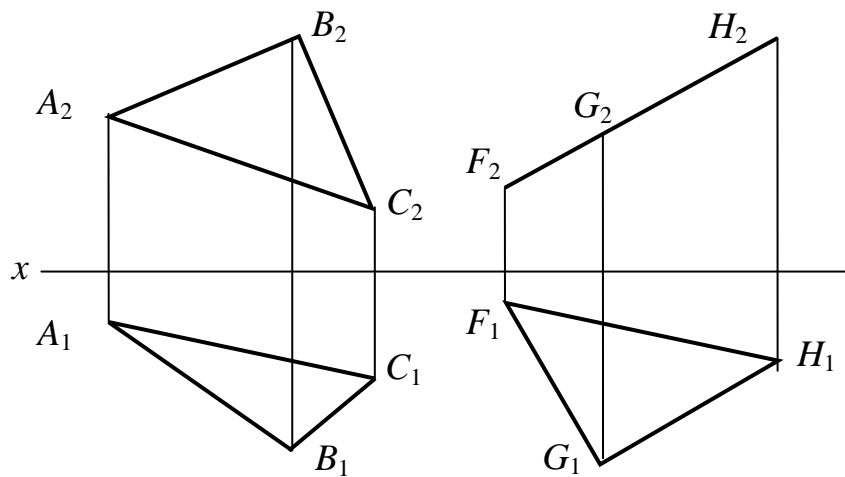
в)



г)

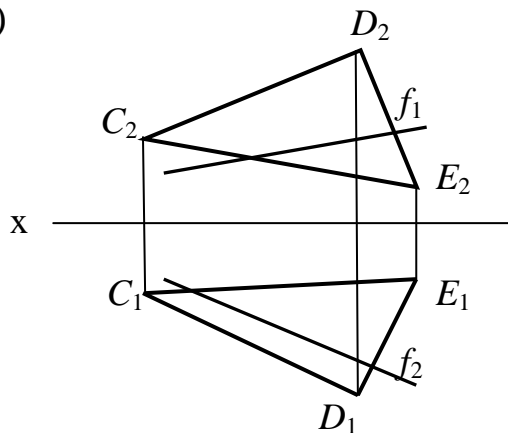


д)

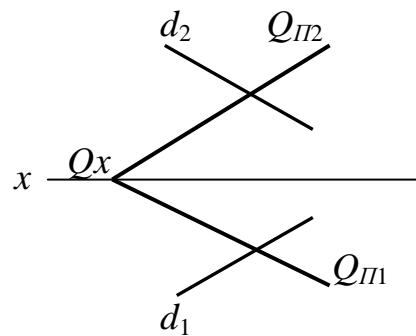


8. Найти точку пересечения прямой с плоскостью.

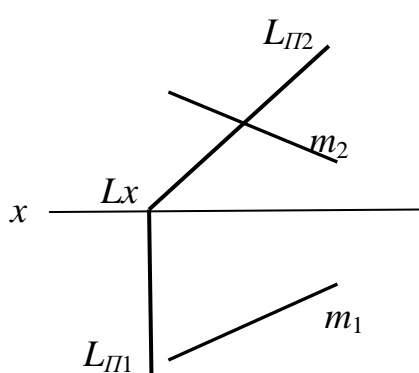
а)



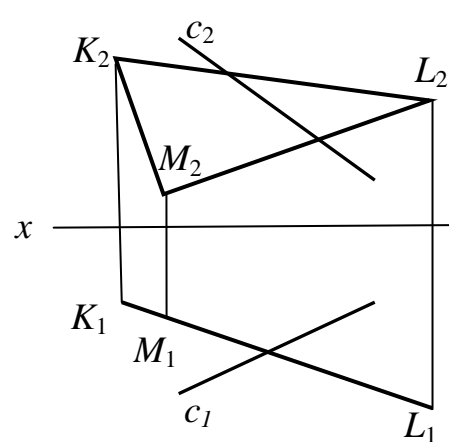
б)



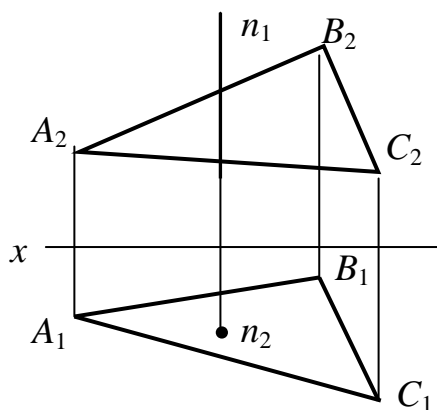
в)



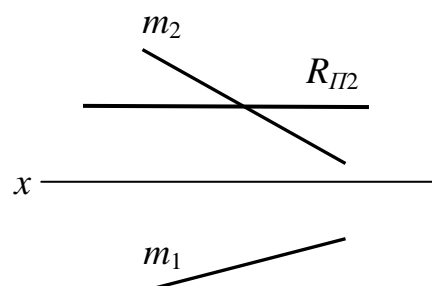
г)



д)



е)



Пояснения и задание к выполнению графической работы «Проекционное черчение»:

Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта, выданному преподавателем (приложение 3).

Порядок выполнения графической работы:

1. На листе формата А3 (горизонтальное расположение листа) оформить рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104-2006, форма 1.

2. Изучив понятие основных видов и методы построения, вычертить деталь в трех проекциях тонкими линиями.

3. Изучив понятие простых разрезов и их классификацию, выполнить простые разрезы.

4. Оформить чертеж согласно ГОСТ 2.303-68 (линии) и ГОСТ 2.306-68.

5. Нанести размеры по ГОСТ 2.307-2011.

Пример графической работы представлен на рисунке 50.

Виды, разрезы

Изображение в общем случае можно рассматривать как проекцию пространственного объекта на плоскость. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы, сечения.

Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о предмете при применении установленных в соответствующих стандартах условных обозначений, знаков и надписей.

Вид – изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (рис. 38, *а*): вид спереди (главный вид) (1); вид сверху (5); вид слева (3); вид справа (4); вид снизу (2); вид сзади (6). Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий (рис. 38, *б*).

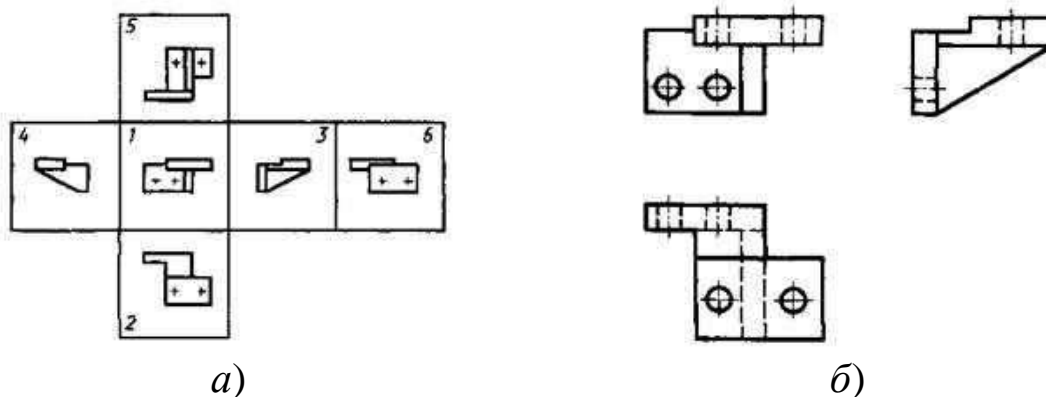


Рис. 38. Виды детали (*а*), основные три вида детали (*б*)

Названия видов на чертежах надписывать не следует, за исключением случая, когда виды сверху, слева, справа, снизу, сзади не находятся в непосредственной проекционной связи с главным изображением (видом или разрезом, изображенным на фронтальной плоскости проекций).

При нарушении проекционной связи, направление проецирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву (рис. 39, вид Д).

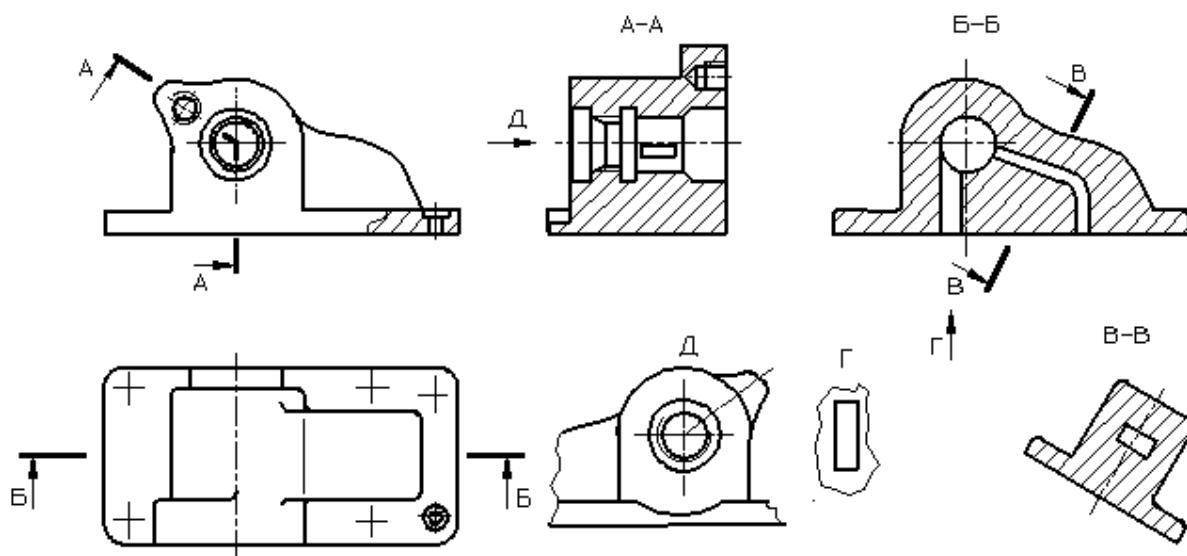


Рис. 39. Изображение видов детали с нарушением проекционной связи

Если какую-либо часть предмета невозможно показать на основных видах без искажения формы и размеров, то применяют дополнительные виды, получаемые на плоскостях, непараллельных основным плоскостям проекций (рис. 40).

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой (рис. 40), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка Б, рис. 40).

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (рис. 41).

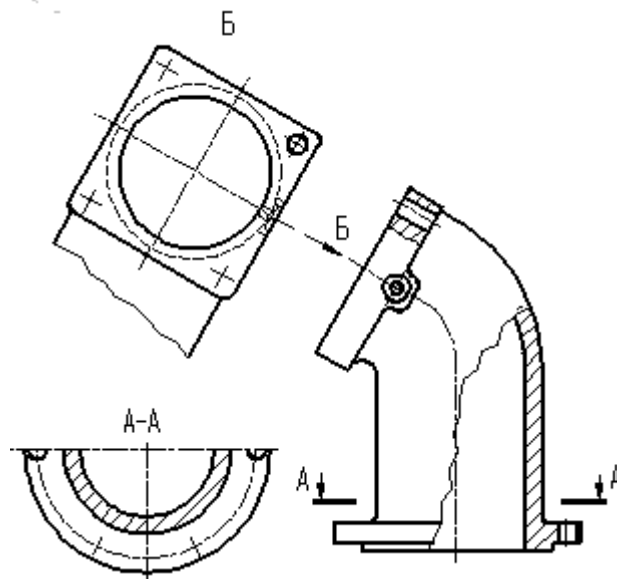


Рис. 40. Расположение и обозначение дополнительного вида

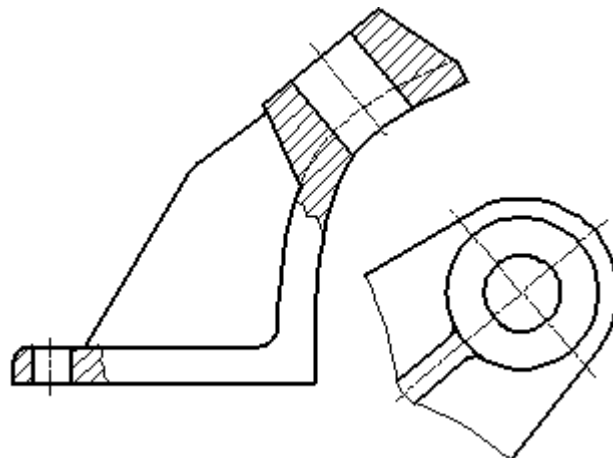




Рис. 41. Дополнительный вид, построенный без нарушения проекционной связи

Дополнительный вид допускается поворачивать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данного предмета на главном изображении; при этом обозначение вида должно быть дополнено условным графическим обозначением .

Несколько одинаковых дополнительных видов, относящихся к одному предмету, обозначают одной буквой и вычерчивают один вид. Если при этом связанные с дополнительным видом части предмета расположены под различными углами, то к обозначению вида условное графическое обозначение  не добавляют.

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется **местным видом** (вид Г, рис. 39).

Местный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наименьшем размере, или не ограничен. Местный вид должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

Соотношение размеров стрелок, указывающих направление взгляда, должно соответствовать представленным на рис. 42.

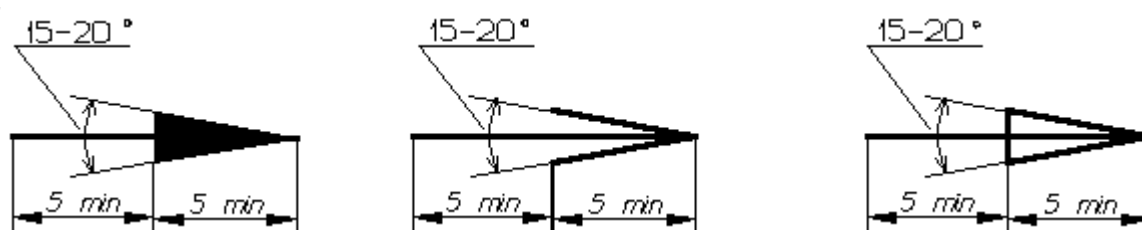


Рис. 42. Размеры стрелок, определяющих направление взгляда

Разрез – мысленное рассечение детали одной или несколькими секущими плоскостями.

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

✓ **горизонтальные** – секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (рис. 43, разрез А–А). В строительных чертежах горизонтальным разрезам могут присваиваться другие названия, например, "план".

✓ **вертикальные** – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (например, разрезы Б–Б, В–В, рис. 43);

✓ **наклонные** – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (например, разрез А–А, рис. 44).

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на:

✓ **простые** – при одной секущей плоскости (например, разрез В–В, Г–Г, рис. 45)

✓ **сложные** – при нескольких секущих плоскостях (например, разрезы А–А, Б–Б, рис. 45).

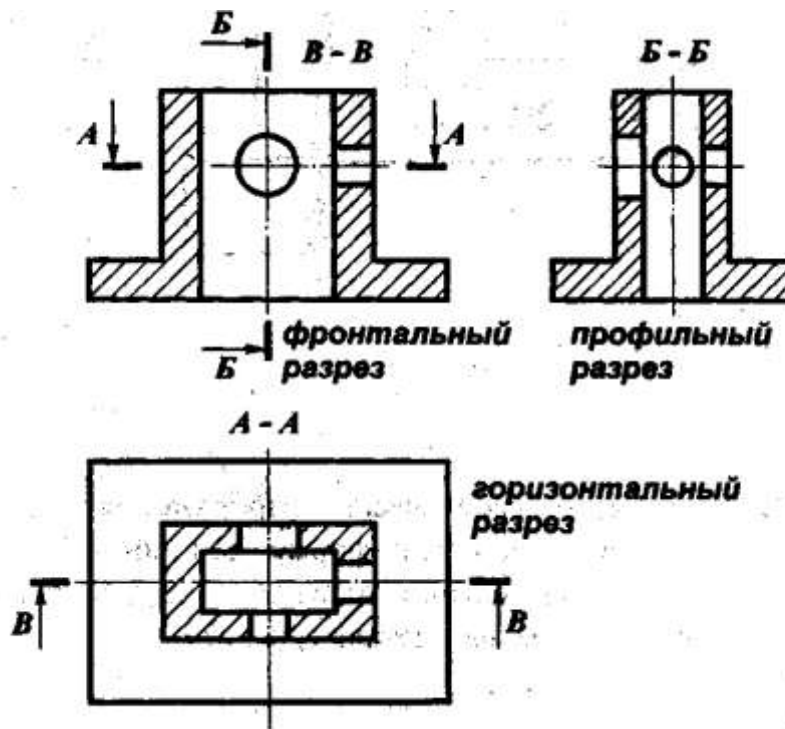


Рис. 43. Простые разрезы (горизонтальный и вертикальные)

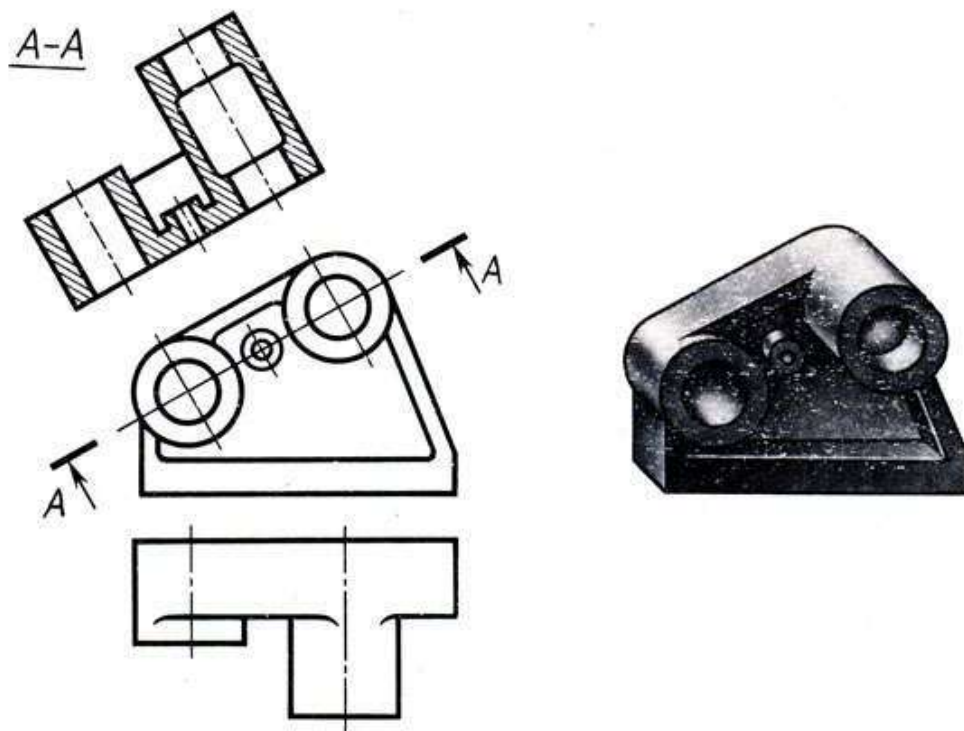


Рис. 44. Наклонный разрез

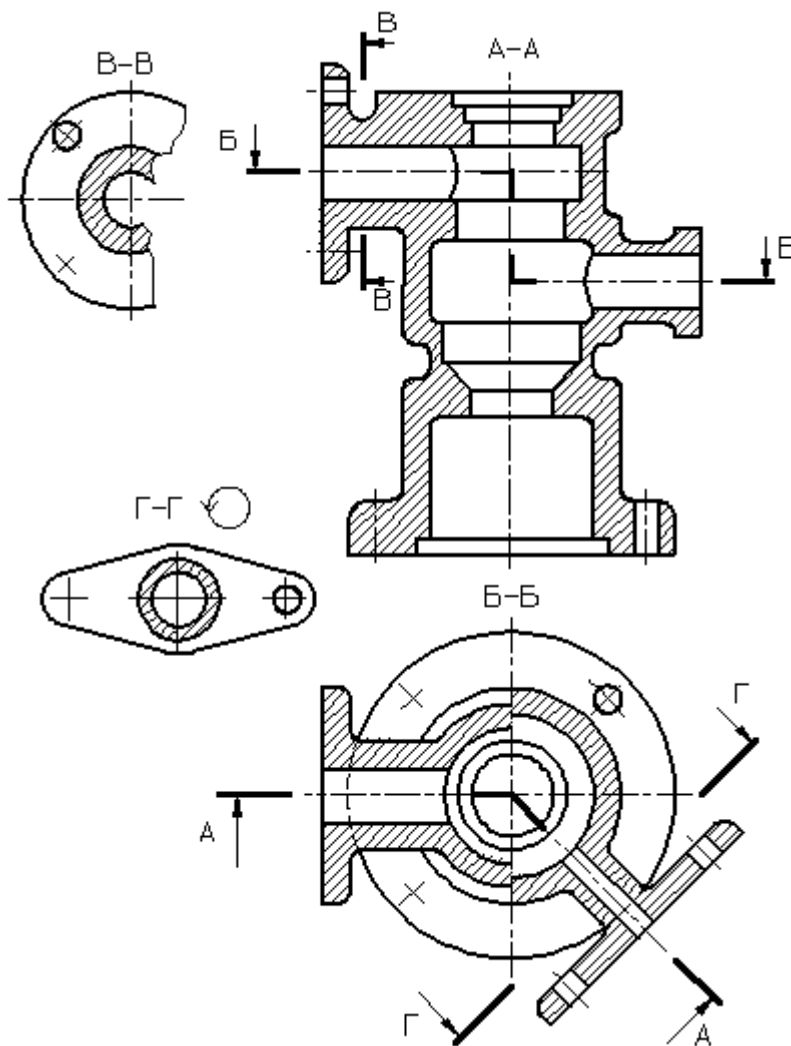


Рис. 45. Простые (разрезы В–В, Г–Г) и сложные разрезы (разрезы А–А, Б–Б)

Вертикальный разрез называется **фронтальным**, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, и **профильным**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (рис. 43).

Разрезы называются **продольными**, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (рис. 46), и **поперечными**, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета (например, разрезы А–А и Б–Б, рис. 47).

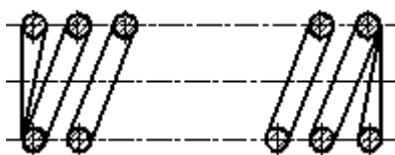


Рис. 46. Продольный разрез пружины

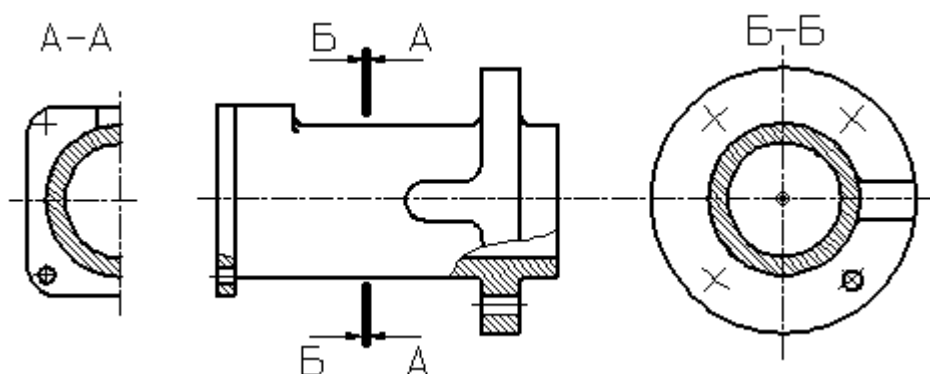


Рис. 47. Поперечный разрез детали

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения (ГОСТ 2.303-68). Для линии сечения должна применяться разомкнутая линия. При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. На начальном и конечном штрихах следует ставить стрелки, указывающие направление взгляда (рис. 39, 40, 43, 44, 45, 47); стрелки должны наноситься на расстоянии 2–3 мм от конца штриха. Начальный и конечный штрихи не должны пересекать контур соответствующего изображения. В случаях, подобных указанному на рис. 47, стрелки, указывающие направление взгляда, наносятся на одной линии.

У начала и конца линии сечения, а при необходимости и у мест пересечения секущих плоскостей ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Буквы наносят около стрелок, указывающих направление взгляда, и в местах пересечения со стороны внешнего угла.

Разрез должен быть отмечен надписью по типу «А–А» (всегда двумя буквами через тире).

Когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, тогда ГОСТ 2.305-68 допускает совмещение вида с

разрезом, при этом для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов не отмечают положение секущей плоскости, и разрез надписью не сопровождают (рис. 48).

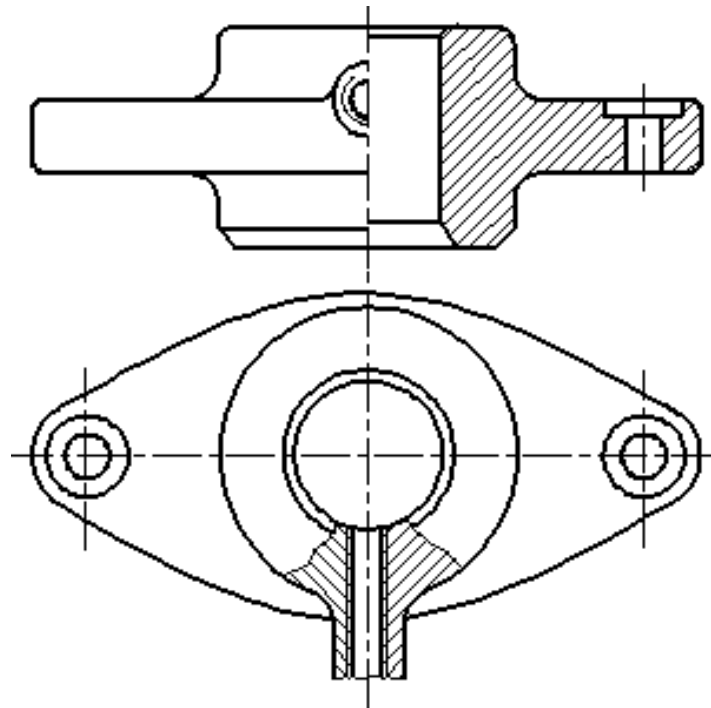


Рис. 48. Совмещение на изображении части вида и разреза

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется **местным**. Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (рис. 49).

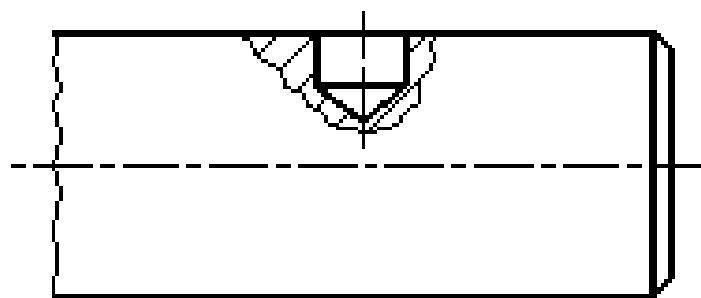


Рис. 49. Местный разрез

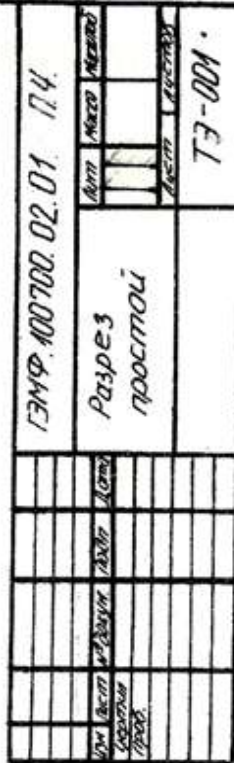
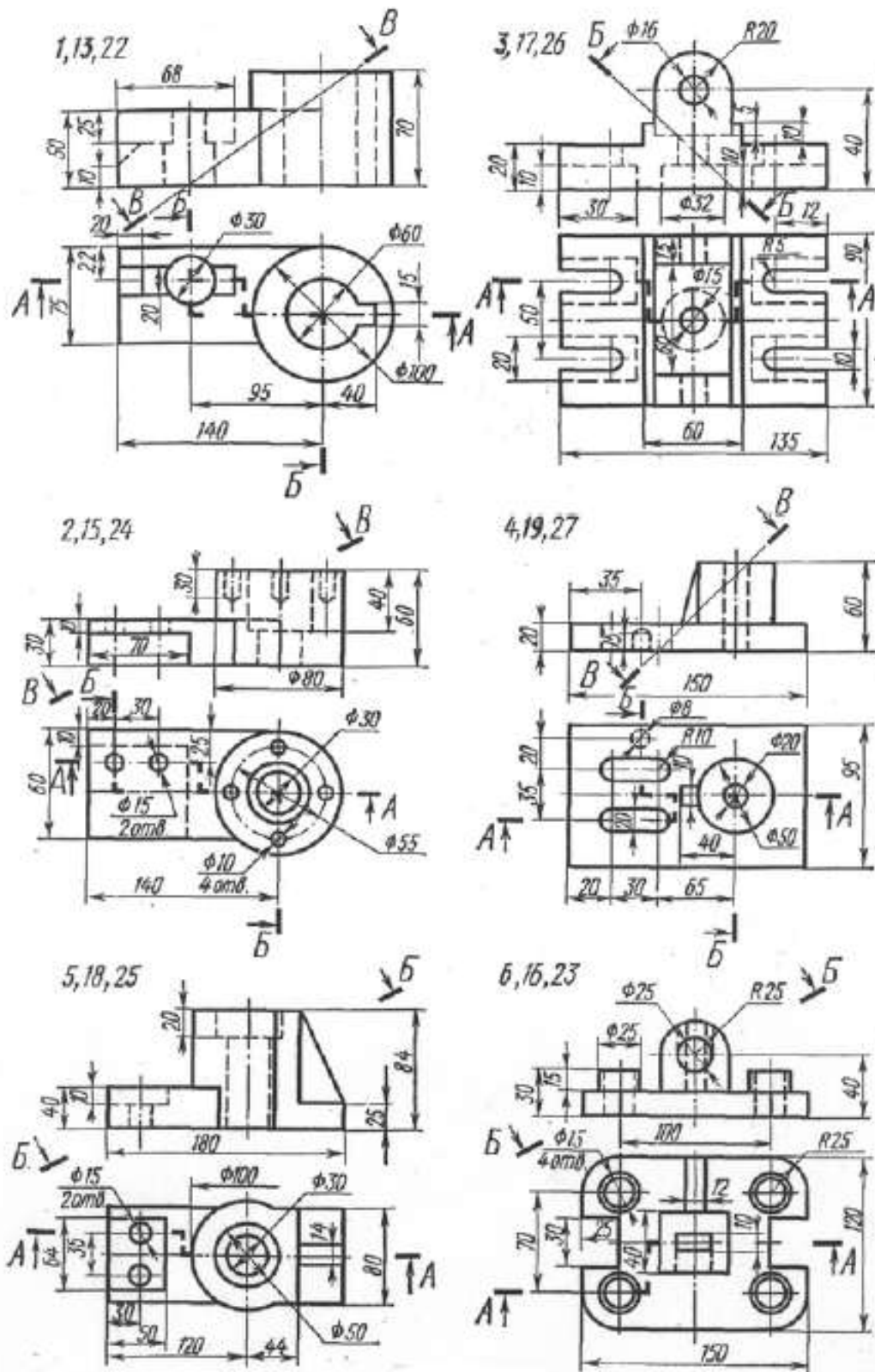


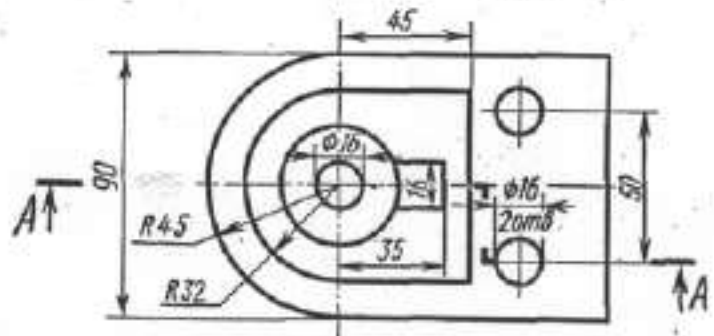
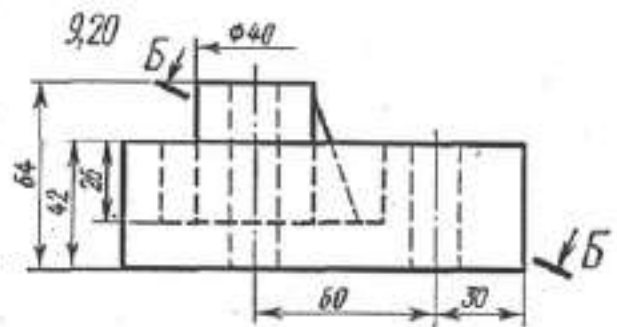
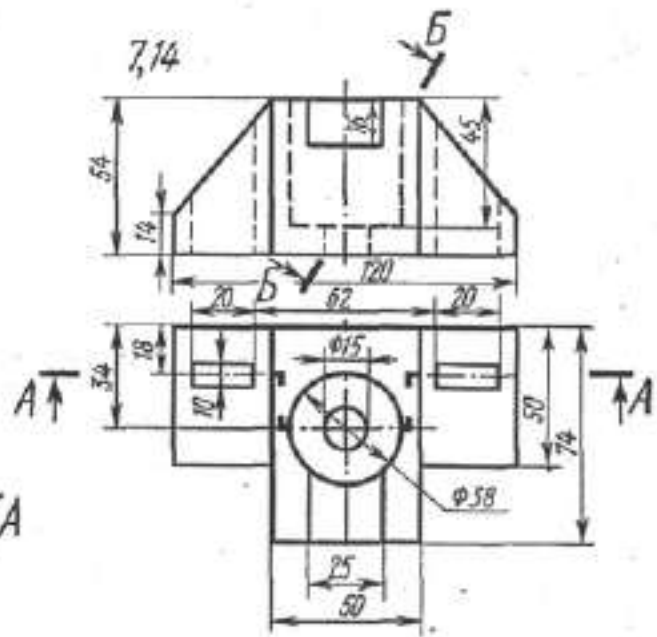
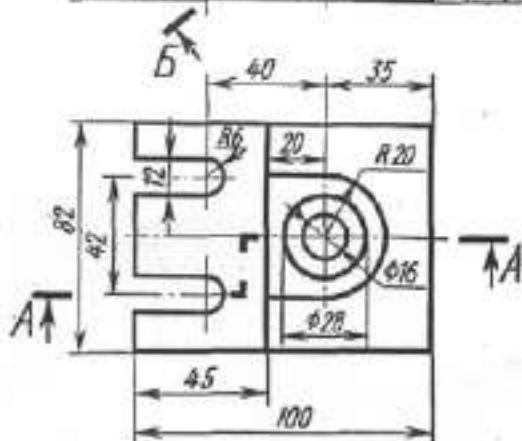
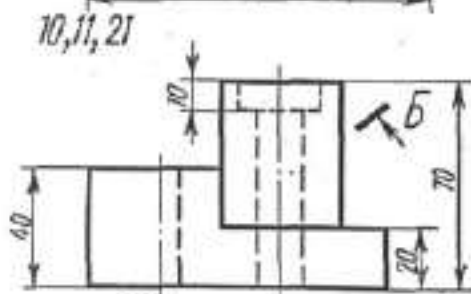
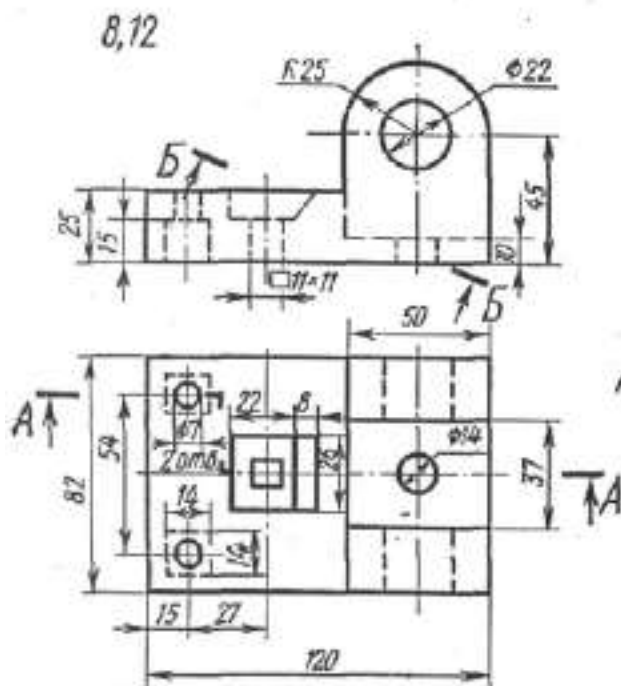
Рис. 50. Пример графической работы «Проекционное черчение»

Вопросы для самоконтроля

1. Способы задания плоскости на чертеже.
2. В каком случае точка принадлежит плоскости?
3. В каком случае прямая принадлежит плоскости?
4. Дайте определения плоскости общего положения, следа плоскости, точки схода следов.
5. Алгоритм построения следов плоскости.
6. Какие линии относят к особым линиям плоскости? Дайте их определения.
7. Дайте определение плоскостям частного положения.
8. Назовите свойства и признаки плоскостей уровня.
9. Назовите свойства и признаки проецирующих плоскостей.
10. В каком случае плоскости называют параллельными?
11. Как расположены горизонтали, фронталы и профильные прямые плоскостей, в случае, когда плоскости параллельны?
12. Что значит термин *позиционные задачи*?
13. Что необходимо и достаточно найти для построения линии пересечения двух плоскостей?
14. Расскажите алгоритм построения линии пересечения двух плоскостей. Общий случай.
15. Частные случаи построения линии пересечения двух плоскостей.
16. Дайте определение перпендикулярности двух плоскостей.
17. Дайте определение параллельности прямой и плоскости.
18. Расскажите алгоритм построения пересечения прямой с плоскостью. Общий случай.
19. Частные случаи построения пересечения прямой с плоскостью.
20. В чем заключается метод конкурирующих точек, как определить видимость на чертеже при пересечении прямой с плоскостью?
21. В каком случае прямая перпендикулярна плоскости.
22. Как построить перпендикуляр к плоскости, заданной следами, плоскостью треугольника?

Приложение 3





Раздел 3. Методы преобразования ортогональных проекций

Метод перемены плоскостей проекций. Плоскопараллельное перемещение. Метод вращения.

Практическое занятие

Теоретические положения

Для удобства решения некоторых позиционных и метрических задач используют различные способы преобразования комплексных чертежей, т.е. геометрические элементы (их проекции) на плоском чертеже из общего положения преобразуют в частное положение. Различают следующие способы преобразования комплексных чертежей:

1. Метод замены плоскостей проекций.
2. Метод плоскопараллельного перемещения.
3. Метод вращения вокруг оси, перпендикулярной плоскости проекций.
4. Метод вращения вокруг оси, параллельной плоскости проекций.

Второй, третий и четвертый методы изучить самостоятельно [1, 2].

На лабораторном занятии решаем типовые задачи **методом замены плоскостей проекций**.

Суть метода заключается в том, что одна из плоскостей проекций системы Π_1/Π_2 (или последовательно обе) заменяются новой плоскостью, перпендикулярной к оставшейся. Положение заданных элементов в пространстве при этом не изменяется.

При решении задач методом замены плоскостей проекций новую плоскость проекций (новую ось проекций на комплексном чертеже) выбирают таким образом, чтобы заданные геометрические элементы в новой системе плоскостей занимали частное положение.

Последовательный переход от одной системы плоскостей проекций к другой необходимо осуществлять, выполняя следующее правило: **расстояние от новых проекций точек до новой оси равно расстоянию от заменяемых проекций точек до заменяемой оси.**

**Решение четырех основных задач
методом замены плоскостей проекций.**

Большинство метрических и позиционных задач, решаемых методом замены плоскостей проекций. Можно свести к одной из нижеприведенных.

Задача 1. Определить натуральную величину отрезка AB .

Из свойства параллельного проецирования известно, что отрезок проецируется на плоскость в натуральную величину, если он параллелен этой плоскости.

Выберем новую плоскость проекций Π_4 , параллельно отрезку AB и перпендикулярно плоскости Π_1 (рис. 51). Введением новой плоскости, переходим из системы плоскостей $\Pi_1\Pi_2$ в систему $\Pi_1\Pi_4$, причем в новой системе плоскостей проекция отрезка A_4B_4 будет натуральной величиной отрезка AB .

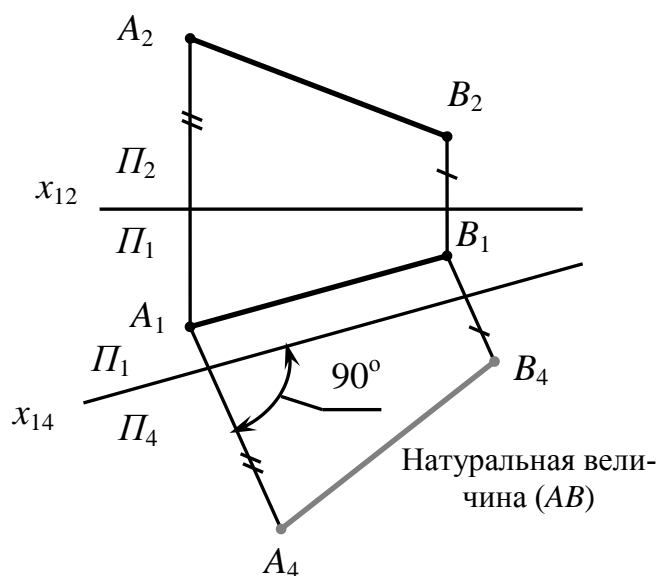


Рис. 51. Определение натуральной величины отрезка AB
методом замены плоскостей проекций

Задача 2. Определить расстояние от точки A до прямой общего положения, заданной отрезком BC .

Как видно из рис. 42 для решения данной задачи необходимо выполнить две последовательные замены. Сначала проводят плоскость Π_4 , располагая новую ось x_{14} параллельно проекции B_1C_1 , преобразуя

таким образом отрезок BC в прямую уровня в системе плоскостей Π_1/Π_4 . Затем проводят еще одну плоскость Π_5 перпендикулярно проекции B_4C_4 , в результате отрезок прямой на плоскость Π_5 проецируется в точку, а расстояние от точки A до отрезка BC – в натуральную величину.

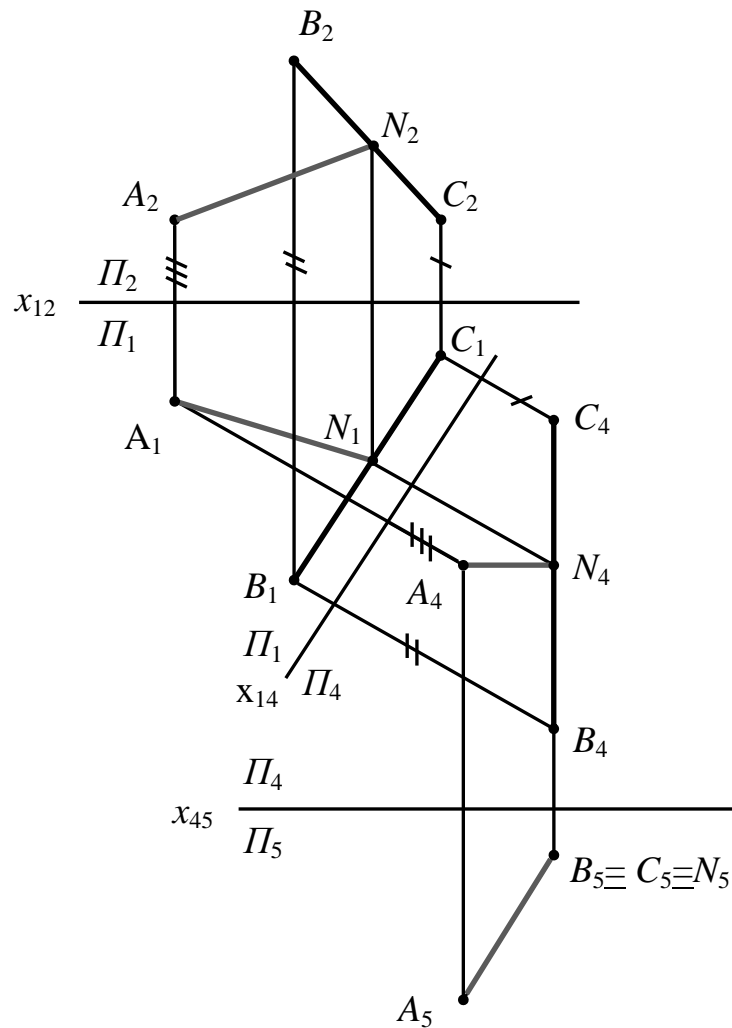


Рис. 52. Определение расстояния от точки A до отрезка прямой BC методом замены плоскостей проекций

Задача 3. Преобразовать плоскость общего положения в проецирующую

Чтобы преобразовать плоскость общего положения в проецирующую вводят новую плоскость, перпендикулярную как к заданной плоскости, так и к неизменяемой плоскости проекций.

На рисунке 53, а проведена новая ось x_{14} системы плоскостей проекций Π_1/Π_4 перпендикулярно к следу $R_{\Pi 1}$ плоскости R . Точка пересечения следа $R_{\Pi 1}$ с осью x_{14} является новой точкой схода следов R_{x14} плоскости R . Угол α является углом наклона плоскости R к горизонтальной плоскости проекций Π_1 .

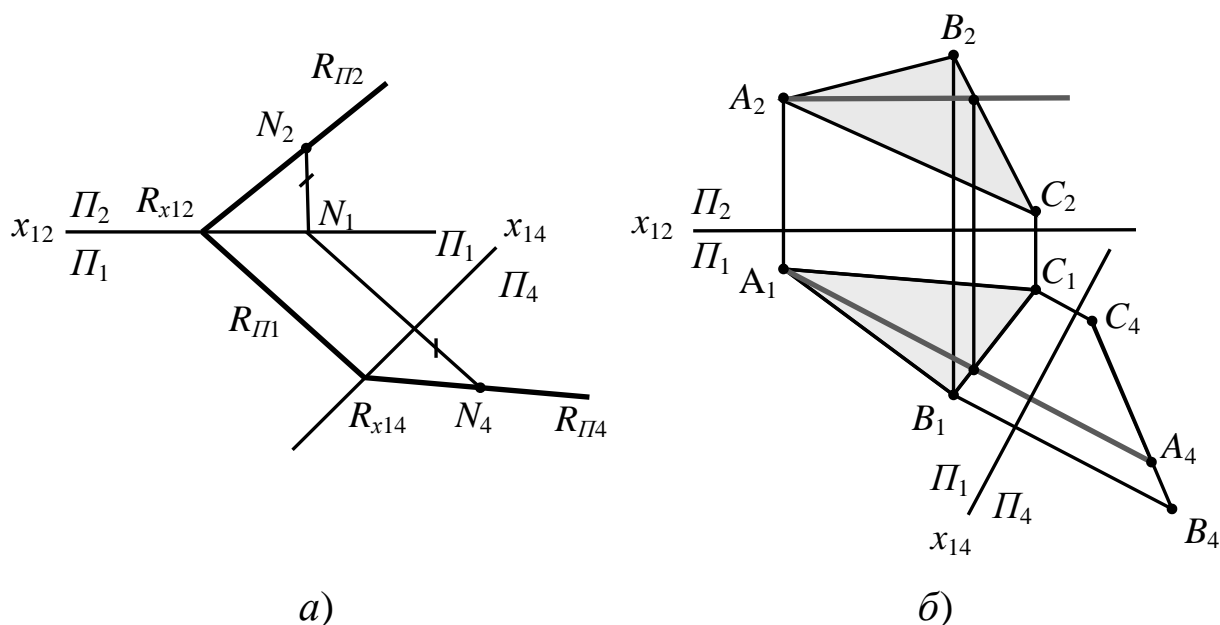


Рис. 53. Преобразование плоскости общего положения в проецирующую методом замены плоскостей проекций

Для построения проекции следа $R_{\Pi 4}$, обладающего собирательным свойством, на следе $R_{\Pi 2}$, взята произвольная точка N_2 и спроецирована на плоскость $R_{\Pi 4}$. Соединив точки N_4 и R_{x14} , получим след $R_{\Pi 4}$. Таким образом, $R_{\Pi 1}$ и $R_{\Pi 4}$ являются следами проецирующей плоскости R в системе плоскостей проекций Π_1/Π_4 .

На рисунке 53, б плоскость общего положения задана плоскостью треугольника ABC . Преобразовать её в проецирующую можно с помощью горизонтали (или фронтали) данной плоскости. Ось новой системы проводится перпендикулярно к горизонтальной проекции горизонтали (или к фронтальной проекции фронтали).

Задача 4. Определить натуральную величину плоскости треугольника ABC .

На рисунке 54 плоскость треугольника ABC , занимающая общее положение, аналогично предыдущей задаче, преобразована в проецирующую в системе плоскостей Π_1/Π_4 . Далее новая плоскость Π_5 введена перпендикулярно плоскости проекций Π_4 и параллельно треугольнику ABC (ось x_{45} параллельна проекции $A_4B_4C_4$). Проекция $A_5B_5C_5$ является натуральной величиной треугольника ABC .

Таким образом, для решения данной задачи необходимо было провести две последовательные замены плоскостей проекций.

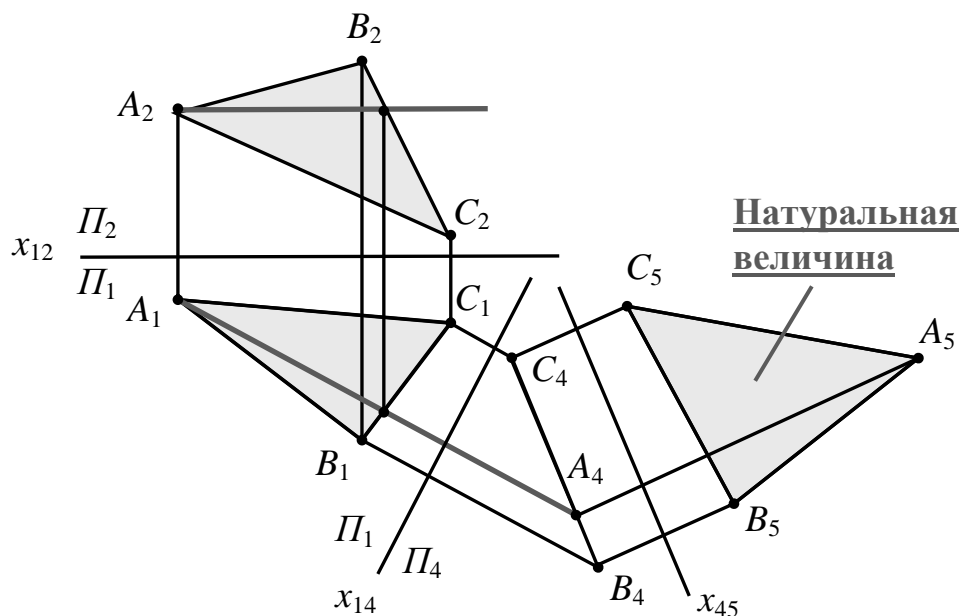


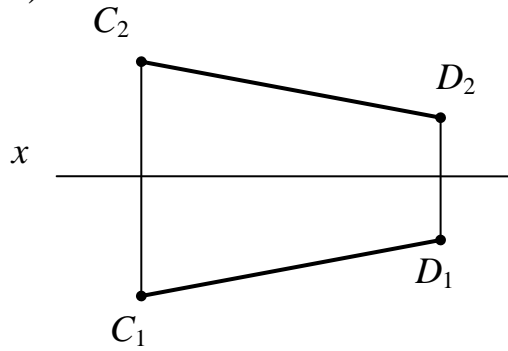
Рис. 54. Определение натуральной величины треугольника ABC методом замены плоскостей проекций

Практическая часть

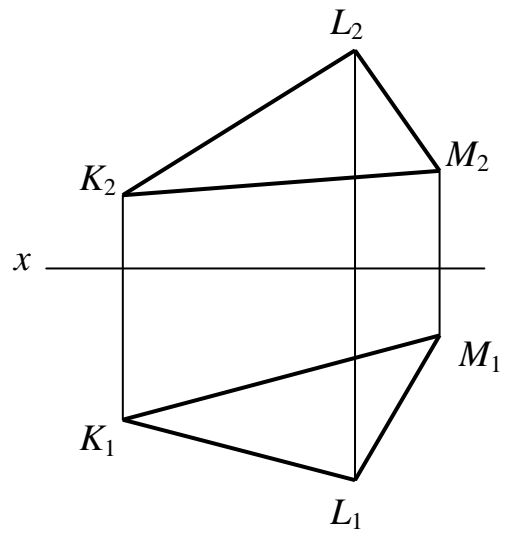
Методом перемены плоскостей проекций определить:

- натуральную величину отрезка прямой CD ;
- натуральную величину плоскости треугольника KLM ;
- натуральную величину двугранного угла;
- расстояние между скрещивающимися прямыми.

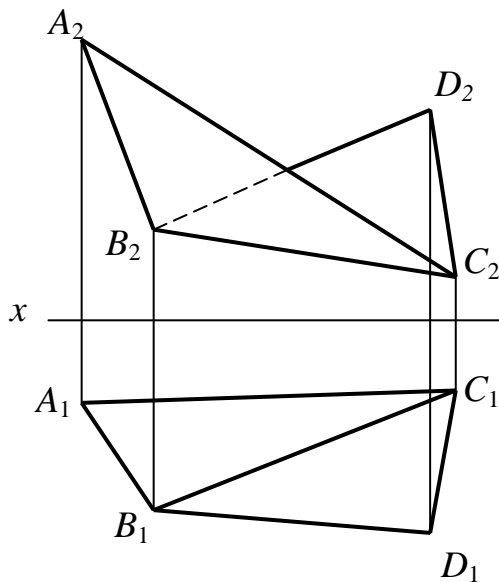
а)



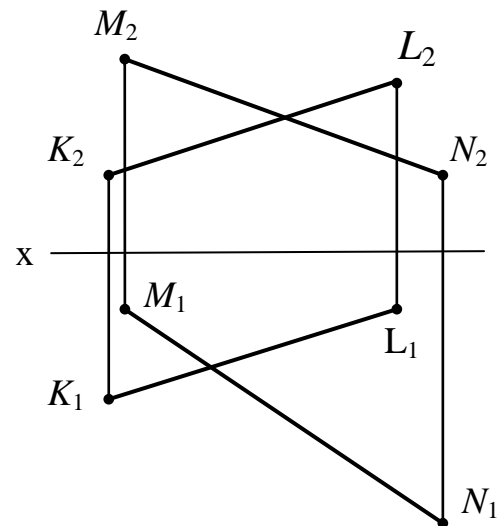
б)



в)



г)

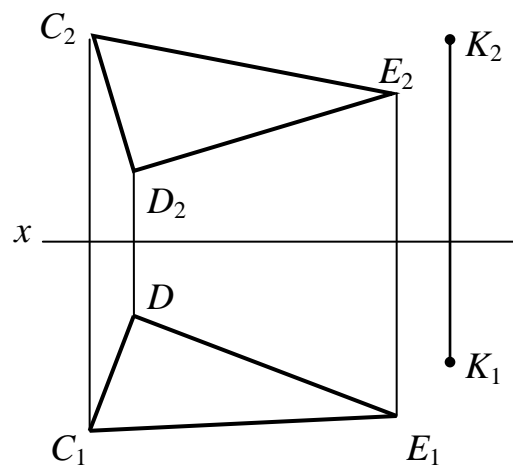


Самостоятельная работа

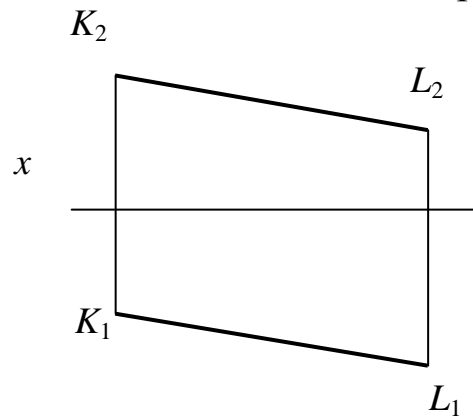
Дз 3 состоит из решения задач по текущей теме. Решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4.

Задания для решения задач:

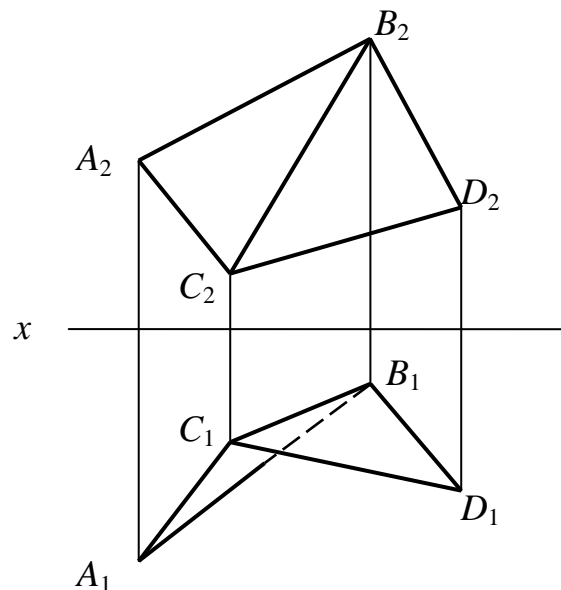
1. Определить расстояние от точки K до плоскости треугольника CDE .



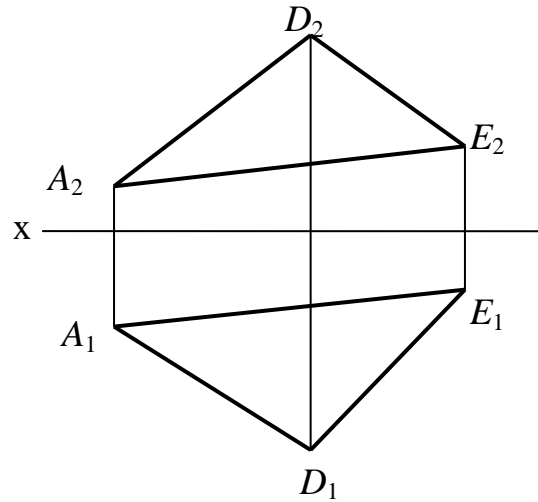
2. Методом вращения определить натуральную величину прямой KL и углы ее наклона к плоскостям проекций Π_1 и Π_2 .



3. Методом плоскопараллельного перемещения установить величину двугранного угла, образованного треугольниками ABC и BCD .

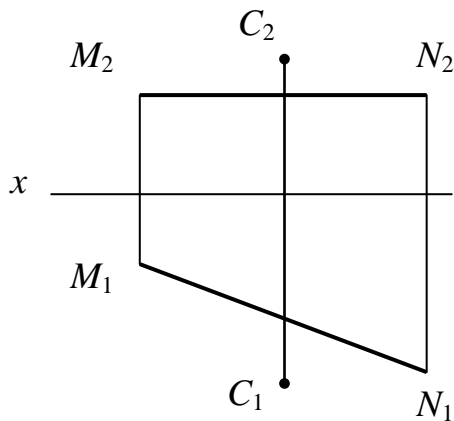


4. Методом преобразования чертежа путем изменения вида проецирования преобразовать плоскость треугольника ADE в проецирующую.

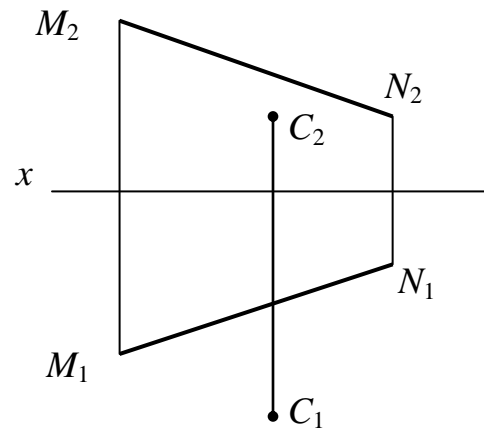


5. Определить расстояние от точки C до прямой MN .

a)

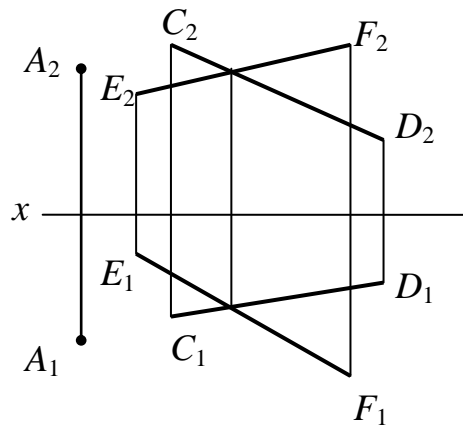


б)

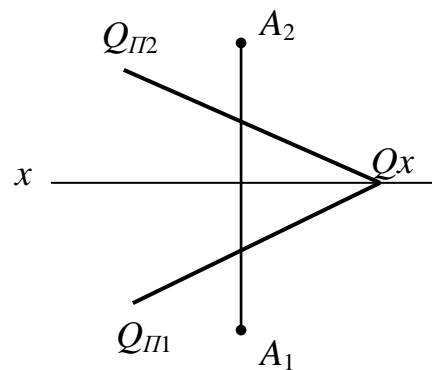


6. Определить расстояние от точки A до заданных плоскостей.

a)



б)



Вопросы для самоконтроля

1. Назовите методы преобразования комплексных чертежей и для чего их применяют?
2. В чем заключается суть метода перемены плоскостей проекций?
3. Как располагают новую плоскость при преобразовании комплексных чертежей, используя метод перемены плоскостей?
4. Как определить натуральную величину отрезка прямой?
5. Как преобразовать плоскость общего положения в проецирующую?
6. Назовите четыре основные задачи преобразования комплексного чертежа.
7. Какие способы можно использовать для определения расстояния между двумя точками?
8. Какая основная задача применяется для определения расстояния от точки до прямой, между двумя прямыми?
9. Решение какой основной задачи применяется для определения расстояния от точки до плоскости, между двумя параллельными плоскостями?
10. Какую основную задачу используют для определения угла между двумя пересекающимися прямыми?
11. Решение какой основной задачи применяется для определения угла между двумя плоскостями?
12. Какая основная задача используется для определения натуральной величины плоской фигуры?
13. Назовите способы определения углов наклона прямой к плоскостям проекций?

Раздел 4. Поверхность

Образование и изображение поверхностей. Классификация поверхностей. Линии и точки на поверхности. Гранные поверхности. Поверхности вращения. Сечение поверхностей вращения плоскостями. Взаимное пересечение поверхностей вращения. Метод секущих плоскостей. Метод секущих сфер.

Практическое занятие

Теоретические положения

В зависимости от формы образующей и закона её перемещения в пространстве поверхности можно разделить на отдельные группы.

Линейчатые поверхности – поверхности, которые могут быть образованы с помощью прямой линии.

Нелинейчатые поверхности – поверхности, которые могут быть образованы только с помощью кривой линии.

Развертывающиеся поверхности – поверхности, которые после разреза их по образующей могут быть совмещены с плоскостью без наличия разрывов и складок.

Неразвертывающиеся поверхности – поверхности, которые не могут быть совмещены с плоскостью без наличия разрывов и складок.

Поверхности с постоянной образующей – поверхности, образующая которых не изменяет своей формы в процессе образования поверхности.

Поверхности с переменной образующей – поверхности, образующая которых изменяется в процессе образования поверхности [1].

Рассмотрим построение точек и линий на поверхности на примере поверхностей вращения.

К поверхностям вращения относятся поверхности, образующиеся вращением линии l вокруг прямой i , представляющей собой ось вращения. Они могут быть линейчатыми, например конус или цилиндр вращения, и нелинейчатыми или криволинейными, например сфера. Определитель поверхности вращения включает образующую l и ось i .

Каждая точка образующей при вращении описывает окружность, плоскость которой перпендикулярна оси вращения. Такие окружности поверхности вращения называются параллелями. Наибольшую из па-

раллелей называют *экватором*. Экватор определяет горизонтальный очерк поверхности, если $i \perp \Pi_1$. В этом случае параллелями являются горизонтали h этой поверхности.

Кривые поверхности вращения, образующиеся в результате пересечения поверхности плоскостями, проходящими через ось вращения, называются *меридианами*. Все меридианы одной поверхности конгруэнтны. Фронтальный меридиан называют главным меридианом; он определяет фронтальный очерк поверхности вращения. Профильный меридиан определяет профильный очерк поверхности вращения.

Поверхности вращения нашли самое широкое применение в технике. Они ограничивают поверхности большинства машиностроительных деталей.

Коническая поверхность вращения образуется вращением прямой i вокруг пересекающейся с ней прямой – оси i (рис. 55, *а*).

Цилиндрическая поверхность вращения образуется вращением прямой l вокруг параллельной ей оси i (рис. 55, *б*). Эту поверхность называют еще цилиндром или прямым круговым цилиндром.

Сфера, образуется вращением окружности вокруг ее диаметра (рис. 55, *в*). Точка A на поверхности сферы принадлежит главному меридиану f , точка B – экватору h , а точка M построена на вспомогательной параллели h' .

Тор образуется вращением окружности или ее дуги вокруг оси, лежащей в плоскости окружности. Если ось расположена в пределах образующейся окружности, то такой тор называется закрытым (рис. 56, *а*). Если ось вращения находится вне окружности, то такой тор называется открытым (рис. 56, *б*). Открытый тор называется еще кольцом.

вращения могут быть образованы и другими кривыми второго порядка. Эллипсоид вращения (рис. 57, *а*) образуется вращением эллипса вокруг одной из его осей; параболоид вращения (рис. 57, *б*) – вращением параболы вокруг ее оси; гиперболоид вращения однополостный (рис. 57, *в*) образуется вращением гиперболы вокруг мнимой оси, а двуполостный (рис. 57, *г*) – вращением гиперболы вокруг действительной оси.

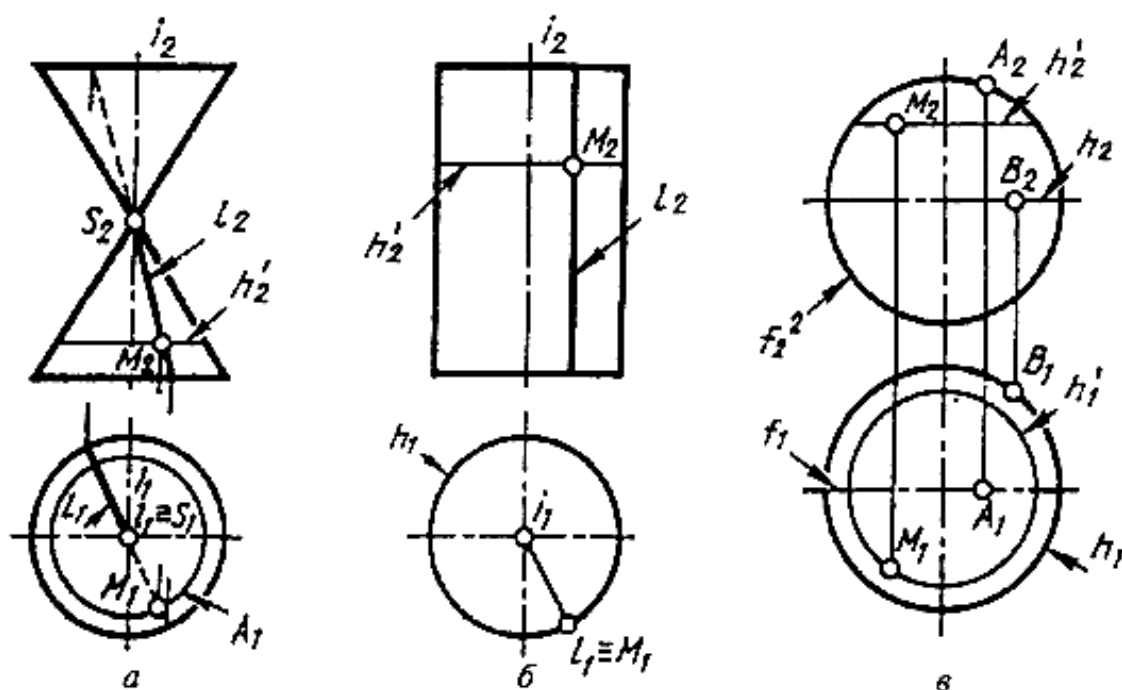


Рис. 55. Поверхности вращения

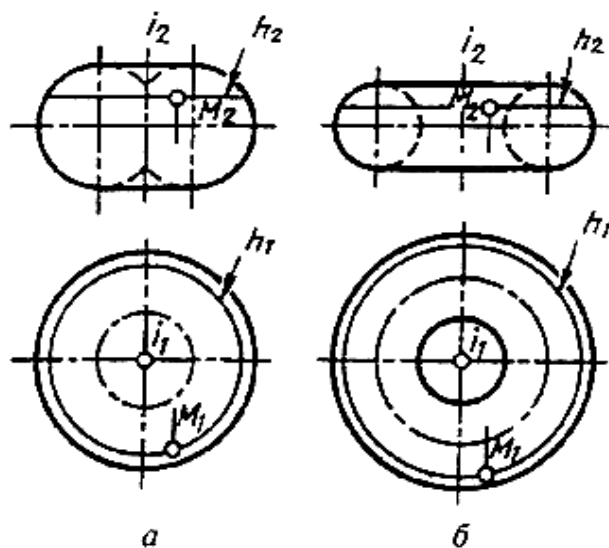


Рис. 56. Тор образуется вращением окружности или ее дуги вокруг оси

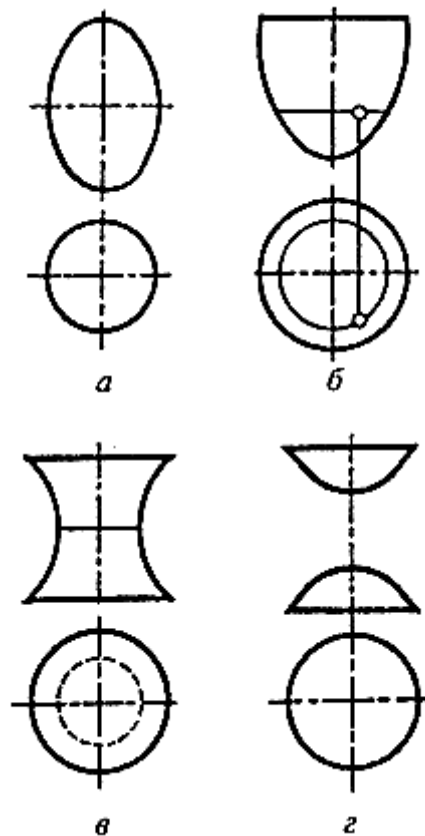


Рис. 57. Поверхности вращения,
образованные кривыми второго порядка

В общем случае поверхности изображаются не ограниченными в направлении распространения образующих линий. Для решения конкретных задач и получения геометрических фигур ограничиваются плоскостями обреза. Например, чтобы получить круговой цилиндр, необходимо ограничить участок цилиндрической поверхности плоскостями обреза (см. рис. 55, б). В результате получим его верхнее и нижнее основания. Если плоскости обреза перпендикулярны оси вращения, цилиндр будет прямым, если нет – цилиндр будет наклонным.

Чтобы получить круговой конус (см. рис. 55, а), необходимо выполнить обрез по вершине и за пределами ее. Если плоскость обреза основания цилиндра будет перпендикулярна оси вращения – конус будет прямой, если нет – наклонный. Если обе плоскости обреза не проходят через вершину – конус получим усеченным.

С помощью плоскости обреза можно получить призму и пирамиду. Например, шестигранная пирамида будет прямой, если все ее ребра

имеют одинаковый наклон к плоскости обреза. В других случаях она будет наклонной. Если она выполнена с помощью плоскостей обреза и ни одна из них не проходит через вершину – пирамида усеченная.

Призму можно получить, ограничив участок призматической поверхности двумя плоскостями обреза. Если плоскость обреза перпендикулярна ребрам, например восьмигранной призмы, она прямая, если не перпендикулярна – наклонная.

Выбирая соответствующее положение плоскостей обреза, можно получать различные формы геометрических фигур в зависимости от условий решаемой задачи.

Принадлежность прямой и точки поверхности

В общем случае линия может принадлежать поверхности или не принадлежать. ***Линия принадлежит поверхности, если все ее точки принадлежат этой поверхности*** (рис. 58, линия *l*). Исключение составляет случай, когда линия представлена прямой, а поверхность – плоскостью. В этом случае для принадлежности прямой плоскости достаточно, чтобы хотя бы две точки ее принадлежали этой поверхности.

Задачи на построение линий, принадлежащих поверхности, являются составной частью задач на построение линий пересечения поверхностей плоскостью и пересечения двух поверхностей.

Точка может принадлежать поверхности и не принадлежать. ***Точка принадлежит поверхности, если она лежит на линии, расположенной на этой поверхности***

Задача на определение принадлежности точки поверхности решается следующим способом. Если заданы проекции элементов поверхности и точки, необходимо на одной из плоскостей проекций через заданную точку провести линию, принадлежащую поверхности, и построить проекцию этой линии на одной плоскости проекций. Если вторая проекция пройдет через вторую проекцию точки – точка принадлежит поверхности, если не пройдет – не принадлежит.

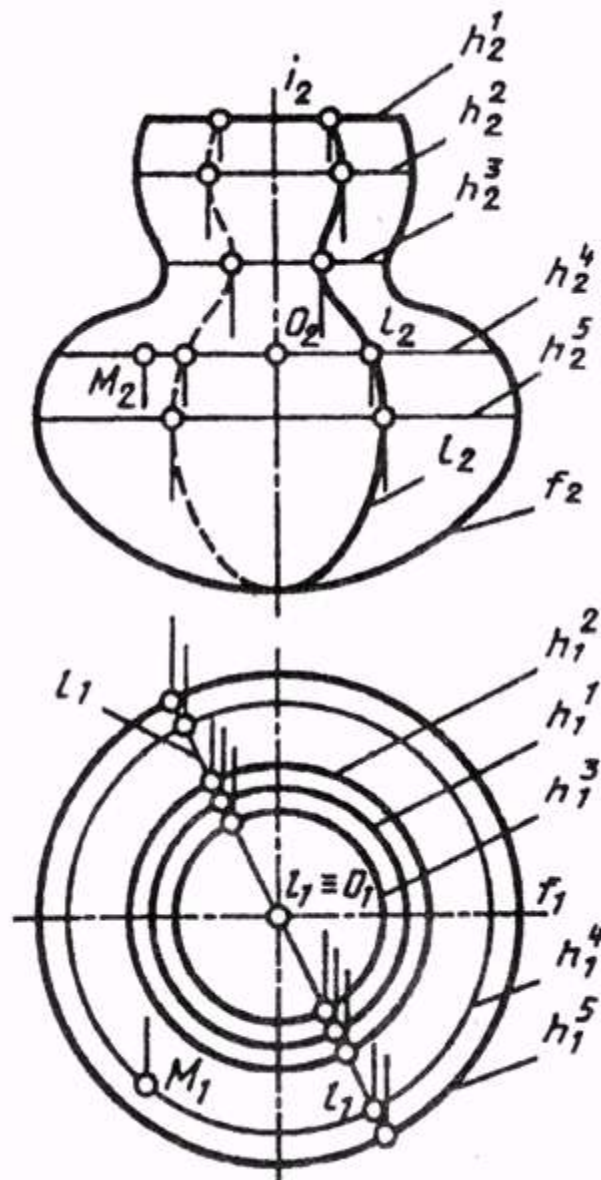


Рис. 58. Точки и линия l на поверхности вращения

Строить точку на криволинейных поверхностях вращения удобнее всего с помощью параллелей поверхности. На рис. 58 точка M построена на параллели h^4 .

Эту задачу можно рассмотреть на примере рис. 50, *a*. На комплексном чертеже задана коническая поверхность очерковыми линиями. Задана также точка M горизонтальной и фронтальной проекциями. Через горизонтальную проекцию точки проведем горизонтальную проекцию h_1 окружности, принадлежащей конической поверхности.

Построив фронтальную проекцию h_2 этой окружности, убеждаемся, что она прошла через фронтальную проекцию точки M . Это и подтверждает, что точка принадлежит конической поверхности.

На рис. 55, в точка M принадлежит сферической поверхности, так как она находится на линии окружности h^1 , лежащей на этой поверхности. Точки A и B тоже принадлежат сферической поверхности, так как они расположены на линиях очерковых окружностей, принадлежащих сферической поверхности.

Примеры принадлежности точки поверхности можно привести и в случае наличия поверхности тора (точка M на рис. 56).

Пересечение плоскости с поверхностью

При пересечении поверхности с плоскостью в сечении получают плоскую линию. Эту линию строят по отдельным точкам. В начале построения выявляют и строят *опорные точки*, лежащие на контурных линиях поверхности, а также точки на ребрах и линиях основания поверхности. В тех случаях, когда проекция линии пересечения не полностью определяется этими точками, строят дополнительные, промежуточные точки, расположенные между опорными.

Пересечение поверхностей плоскостями частного положения

Задача 1. Построить линию пресечения плоскости Σ с пирамидой $SABC$.

Решение: так как в данном случае секущая плоскость Σ занимает фронтальное проецирующее положение, плоская ломаная линия. Чтобы построить эту линию, достаточно определить точки пересечения плоскостью ребер и сторон основания, и соединить построенные точки с учетом их видимости (рис. 59, а).

Так как грань SAC относительно плоскости Π_2 невидима, то и линия l_1z_1 тоже невидима.

Задача 2. Построить пересечение цилиндра с плоскостью.

Решение: в случае пересечения цилиндрической поверхности вращения плоскостью могут быть получены следующие линии (рис. 59, б):

- окружность, если секущая плоскость Γ перпендикулярна оси вращения поверхности;
- эллипс, если секущая плоскость Σ не перпендикулярна и не параллельна оси вращения;
- две образующие прямые, если секущая плоскость φ параллельна оси поверхности.

На плоскость Π_1 , перпендикулярную оси вращения поверхности, окружность и эллипс на поверхности цилиндра проецируются в окружность, совпадающую с проекцией всей поверхности.

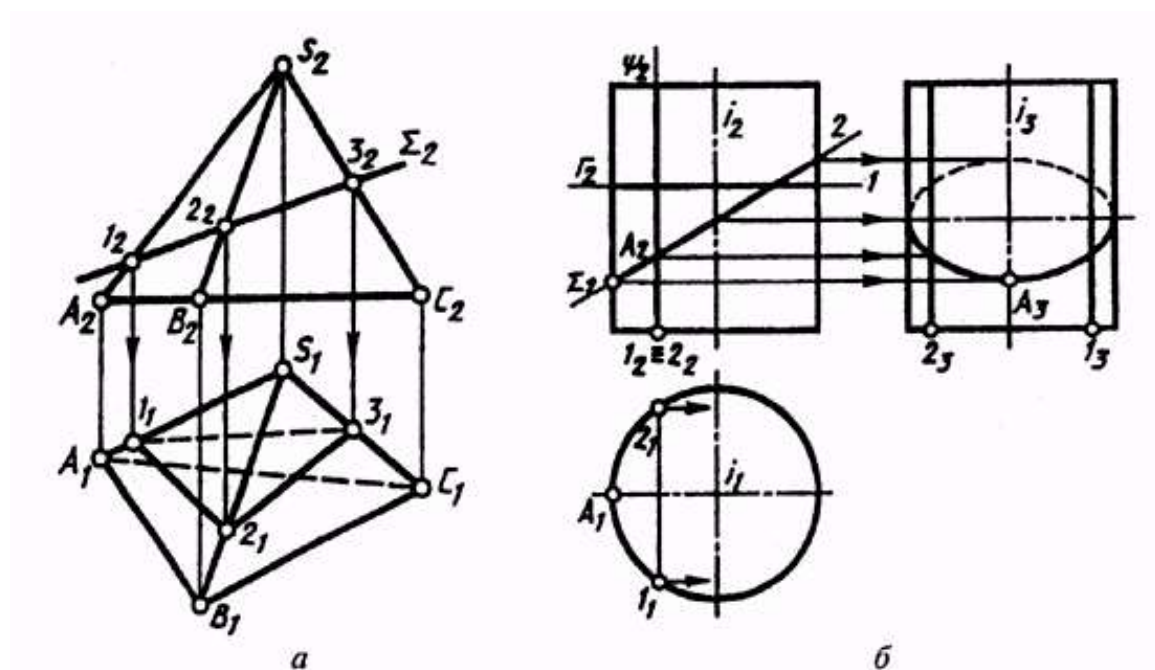


Рис. 59. Пересечение поверхностей плоскостью

Задача 3. Построить пересечение конической поверхности плоскостью.

Решение: при пересечении конической поверхности вращения плоскостью могут быть получены следующие линии (рис. 60, *a – д*):

- окружность, если секущая плоскость Γ перпендикулярна оси вращения (рис. 60, *a*);
- эллипс, если секущая плоскость Σ пересекает все образующие поверхности (рис. 60, *б*);
- парабола, если секущая плоскость (Σ^2) параллельна только одной образующей (S^1) поверхности (рис. 60, *в*);

- гипербола, если секущая плоскость (Σ^3) параллельна двум образующим (S^5 и S^6) поверхности (рис. 60, ε);
- две образующие (прямые), если секущая плоскость (Σ^4) проходит через вершину S поверхности (рис. 60, δ).

Проекции кривых линий сечений плоскостью конуса строятся по отдельным точкам (точки 2, 4 на рис. 60, δ).

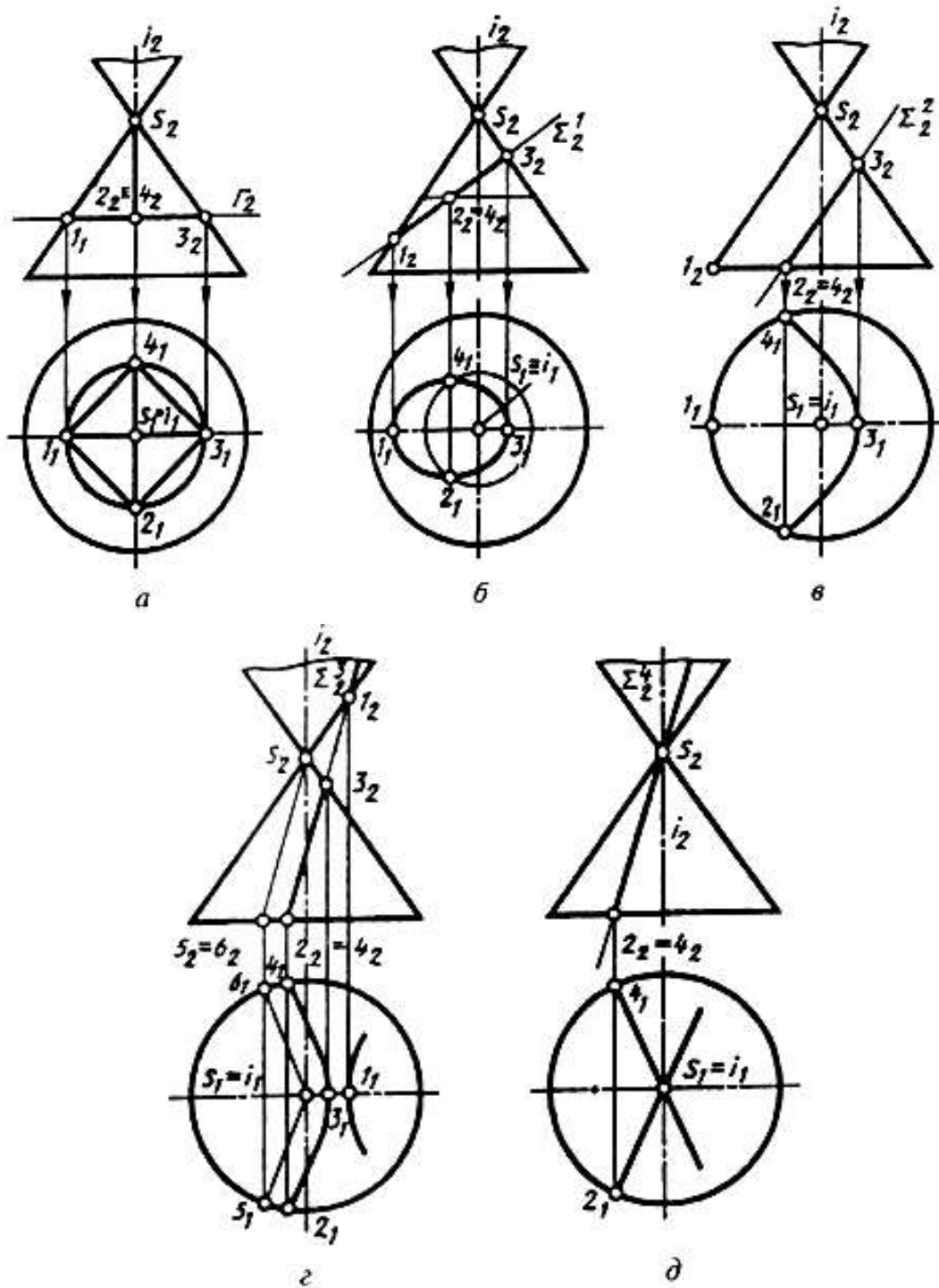


Рис. 60. Пересечение конической поверхности плоскостью

Задача 4. Построить линию пересечения сферы плоскостью.

Решение: при пересечении сферы плоскостью всегда получается окружность. Если секущая плоскость параллельна какой-либо плоскости проекций, то на эту плоскость окружность сечения проецируется без искажения (рис. 61, а).

Если секущая плоскость занимает проецирующее положение, то на плоскости проекций, которой секущая плоскость перпендикулярна (рис. 61, б – на фронтальной), окружность сечения изображается отрезком прямой $1_2 4_2$, длина которого равна диаметру окружности, а на другой плоскости – эллипсом, большая ось которого $5_1 6_1$ равна диаметру окружности сечения. Этот эллипс строят по точкам. Точки видимости 2 и 3 относительно плоскости Π_1 лежат на экваторе сферы.

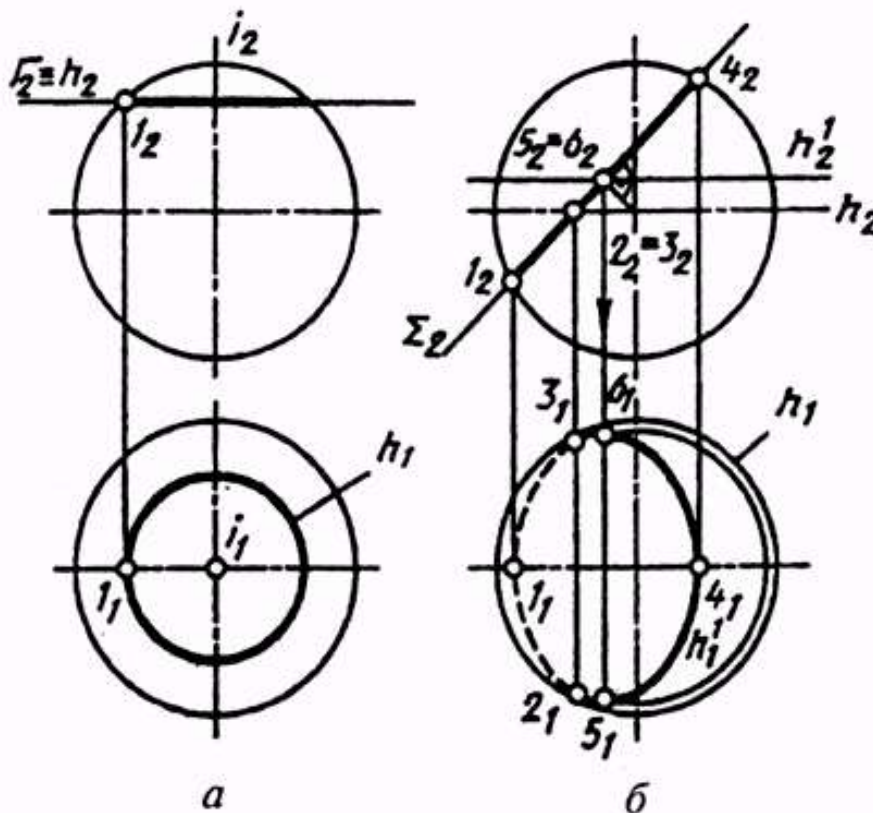


Рис. 61. Пересечение сферы плоскостью

Пересечение поверхностей плоскостями общего положения

Задача 5. Построить пересечение сферы плоскостью общего положения P (P_1 и P_2).

Решение: для решения задачи (рис. 62) плоскость общего положения P (P_1 и P_2) преобразуют способом замены плоскостей проекций в проецирующую.

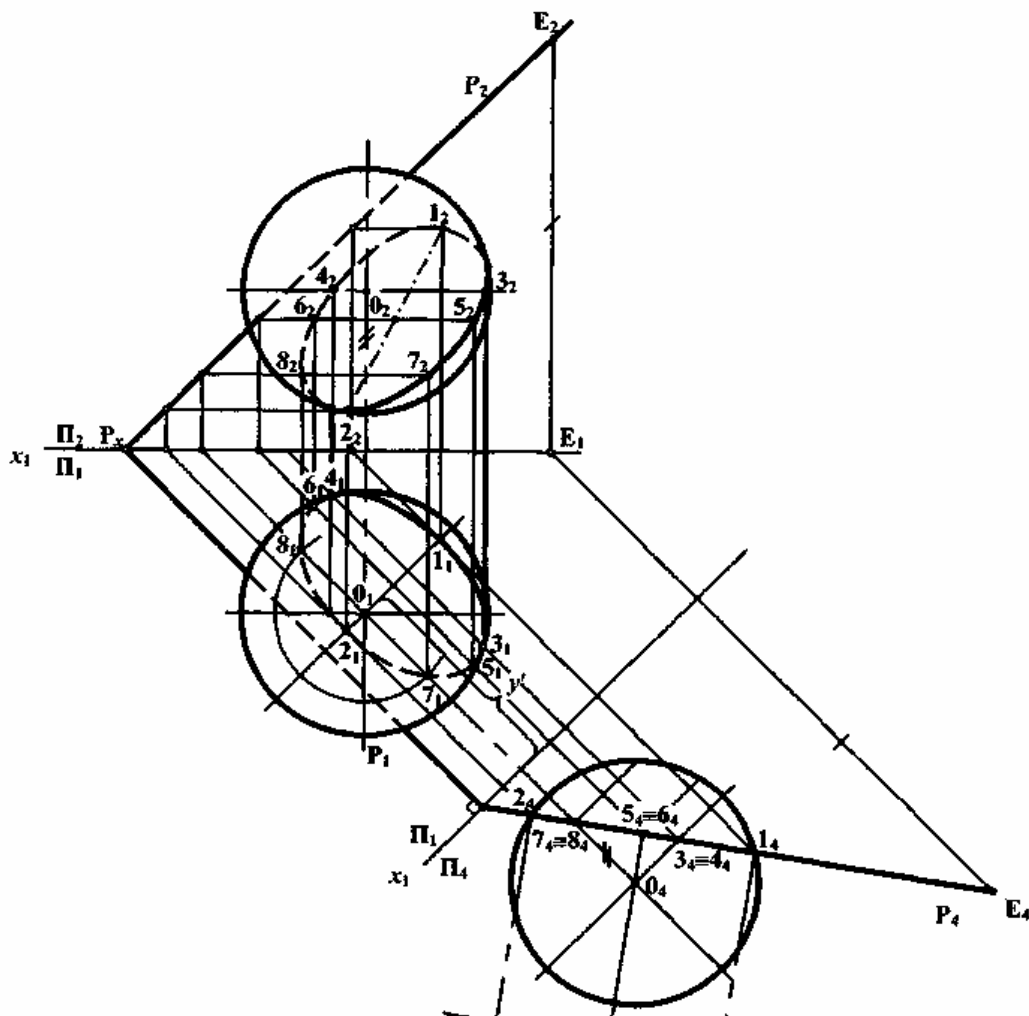


Рис. 62. Пересечение сферы плоскостью общего положения

Заменяют фронтальную плоскость проекции Π_2 на Π_4 . Проводят ось x_1 перпендикулярно к горизонтальному следу p_1 плоскости P . Строят плоскость P в новой системе плоскостей Π_1/Π_4 . Для этого берут на фронтальном следе P_2 плоскости P произвольную точку E (E_2). Находят горизонтальную проекцию E_1 точки E , затем строят проекцию точ-

ки E и в системе Π_1/Π_4 . Через проекцию E_4 и точку схода следов на оси Rx_{14} проводят фронтальный след R_4 плоскости проекцию сферы переносят в систему Π_1/Π_4 . Для этого проводят через горизонтальную проекцию O_1 , центра O сферы линию проекционных связей перпендикулярно к оси x_1 и отмечают на ней (на линии проекционных связей) координату z точки O . Полученную проекцию обозначают O_4 . Затем строят проекцию сферы заданного радиуса в системе Π_1/Π_4 . После преобразования плоскости P в проецирующее положение задача сводится к решению предыдущей задачи (см. рис. 62), т. е. сначала строят горизонтальную проекцию фигуры сечения, а затем, используя признак принадлежности точки плоскости, строят фронтальную проекцию фигуры сечения сферы плоскостью общего положения.

Задача 6. Построить пересечение поверхности конуса плоскостью общего положения P .

Решение: на рисунке 63 изображены прямой круговой конус и секущая плоскость P общего положения. Ось конуса расположена перпендикулярно к плоскости Π_1 основание конуса лежит на плоскости Π_1 .

Решение задачи значительно упростится, если секущая плоскость P будет проецирующего положения. Для этого преобразуют эпюр способом перемены плоскостей проекций так, чтобы секущая плоскость P стала фронтально проецирующей. Замену фронтальной плоскости проекций производят для того, чтобы ось конуса осталась перпендикулярной к плоскости Π_1 .

Преобразованный эпюр показывает, что секущая плоскость пересекает только боковую поверхность конуса, а основание не пересекает.

Для нахождения проекций сечения необходимо найти проекции эллипса, получаемого от сечения конической поверхности плоскостью.

На фронтальную плоскость проекции Π_4 эллипс проецируется в отрезок A_4B_4 . Точки A и B являются низшей и высшей точками эллипса сечения плоскости с конической поверхностью, т. е. концами большой оси эллипса. A_4B_4 – натуральная величина большой оси эллипса. Малая ось эллипса перпендикулярна к большой оси и делит её пополам. Большая ось эллипса A_1B_1 параллельна плоскости проекций Π_4 , а малая ось перпендикулярна Π_4 и проецируется на неё в точку $I_4 \equiv 2_4$. Затем задают на эллипсе сечения ещё ряд точек 3, 4, 5, 6, 7, 8. По их фронтальным проекциям на плоскость Π_4 находят горизонтальные проекции

(проводя через точки на конической поверхности образующие). По горизонтальным проекциям находят фронтальные проекции на плоскость проекций Π_2 (проводя фронталы через проекции точек $1_1, 3_1, 5_1, 7_1$).

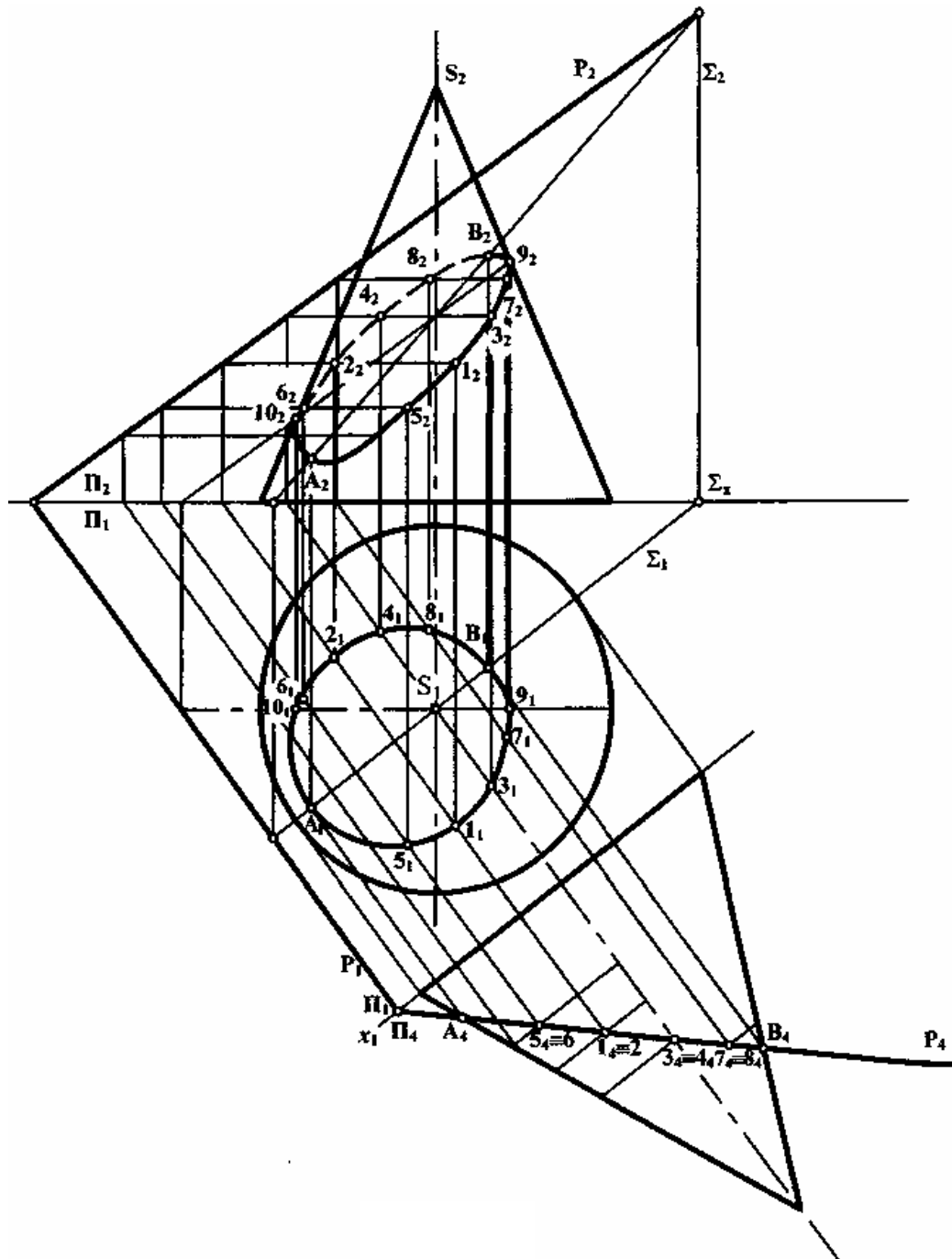


Рис. 63. Пересечение поверхности конуса плоскостью общего положения

Для нахождения границы видимости кривой на фронтальной проекции находят проекции очерковых образующих, на которых лежат искомые точки, на фронтальную плоскость проекций Π_4 . На пересечении этих образующих с плоскостью P и будут искомые точки (проекции 9_4 и 10_4). По проекциям 9_4 и 10_4 находят горизонтальные проекции 9_1 и 10_1 а затем фронтальные проекции 9_2 и 10_2 . Видимая часть кривой на фронтальной проекции – от точки 10 через точки A , 5, 1, 3, 7 до точки 9. Остальная часть невидимая.

Пересечение прямой с поверхностью

При пересечении прямой с поверхностью тела получаются две точки, одновременно принадлежащие как прямой, так и поверхности тела. Эти точки называются точками **входа** и **выхода**.

Для нахождения этих точек в общем случае следуют согласно алгоритму:

- 1) проводят через данную прямую проецирующую плоскость;
- 2) находят фигуру сечения данной плоскостью;
- 3) определяют точки пересечения прямой с контуром сечения.

Рассмотрим несколько типовых задач:

Задача 7. Определить точки пересечения прямой m и пирамиды $SABC$.

Решение: прямую m (рис. 64) заключают во фронтально проецирующую плоскость Σ ($m \in \Sigma$). Фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с фронтальной проекцией следа плоскости Σ_2 . Отмечают проекции точек $1_2, 2_2, 3_2$ пересечения ребер пирамиды (SA, SB, SC), в которых фронтальный след плоскости Σ пересекает эти ребра. Зная положение фигуры сечения $1_2, 2_2, 3_2$ на фронтальной проекции, определяют горизонтальную проекцию фигуры сечения $1_1, 2_1, 3_1$. Соединив горизонтальные проекции $1_1, 2_1, 3_1$ точек 1, 2, 3 прямолинейными отрезками $1_1 2_1, 2_1 3_1, 3_1 1_1$, получают фигуру сечения – треугольник 123. Далее определяют точки пересечения горизонтальной проекции фигуры сечения $1_1 2_1 3_1$ с горизонтальной проекцией m_1 прямой m – точки m_1 и n_1 . Затем строят фронтальные проекции M_2 и N_2 точек пересечения прямой m с поверхностью пирамиды $SABC$.

Задача 8. Определить точки пересечения прямой m с поверхностью прямого кругового цилиндра.

Решение: при решении задачи достаточно отметить проекции точек пересечения M и N прямой m с поверхностью цилиндра на горизонтальной проекции – точки m_1 и N_1 . Так как образующие прямого кругового цилиндра являются горизонтально проецирующими прямыми, фронтальные проекции точек пересечения прямой m с поверхностью цилиндра M_2 и N_2 находят с помощью линий проекционной связи, как это показано на рисунке 65.

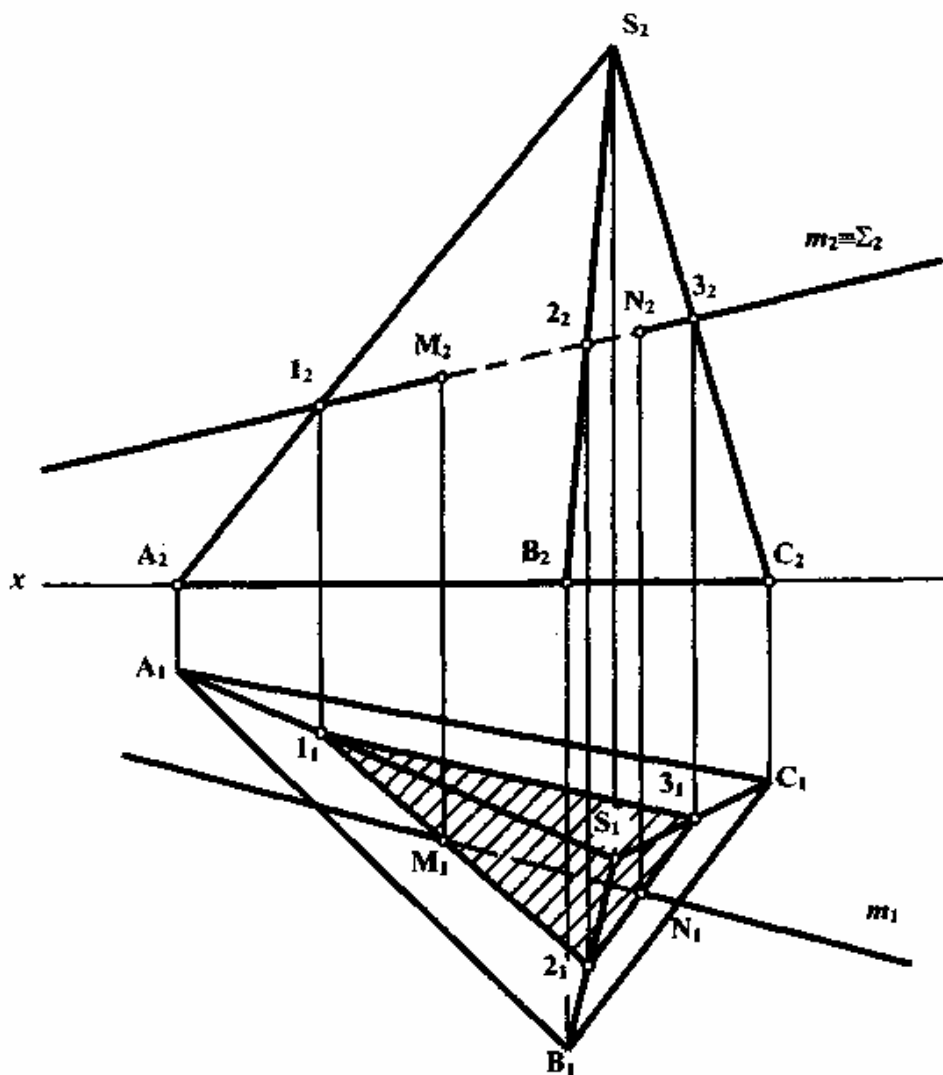


Рис. 64. Пересечение прямой m с пирамидой $SABC$

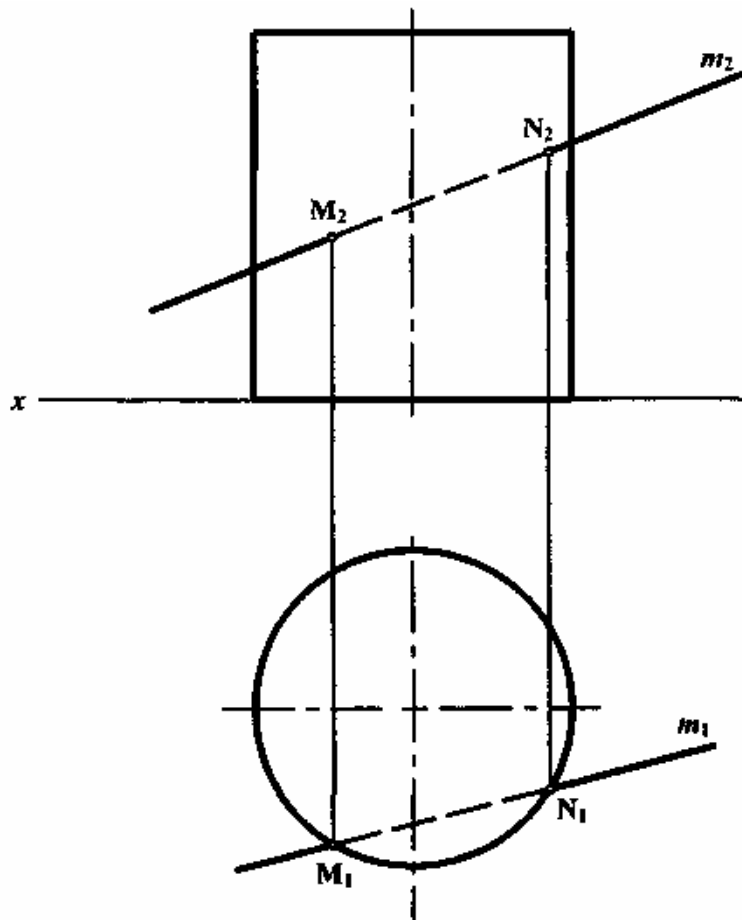


Рис. 65. Пересечение прямой m с прямым круговым конусом

При решении задач в качестве вспомогательных плоскостей используют и *плоскости общего положения*.

Вспомогательную секущую плоскость, проводимую через прямую при пересечении ею какой-либо поверхности, следует выбирать так, чтобы в результате получались простейшие сечения.

Например, при пересечении конической поверхности прямой линией такой плоскостью является плоскость, проходящая через вершину и пересекающая эту поверхность по прямым линиям. При пересечении цилиндрической поверхности прямой линией вспомогательную плоскость целесообразно проводить через заданную прямую параллельно образующим цилиндра.

Задача 9. Определить точки пересечения прямой m с поверхностью прямого кругового конуса.

Решение: прямую m (рис. 66) заключают в плоскость P , проходящую через вершину конической поверхности S . Плоскость P задана пересекающимися прямыми m и n , проходящими через точку A , которая выбирается произвольно на заданной прямой m .

Для определения горизонтального следа плоскости P находят горизонтальные следы прямых m и n . Следы отмечают точками, например, 1_1 и 2_1 , в которых горизонтальный след P_{Π_1} плоскости P пересекает основание конической поверхности. Проекции $S_1 1_1$ и $S_2 2_2$ — образующие поверхности конуса, по которым она пересекается плоскостью P .

Точки K_1 и L_1 — горизонтальные проекции искомых точек пересечения. Зная положение K_1 и L_1 , определяют K_2 и L_2 .

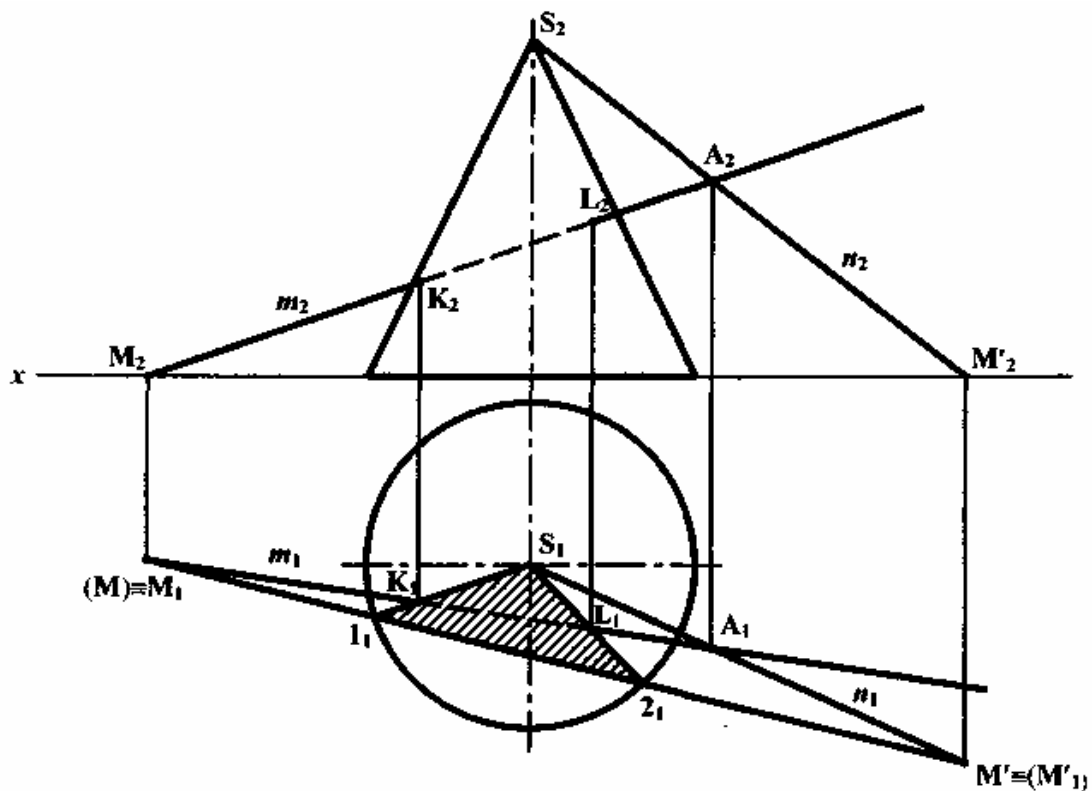


Рис. 66. Пересечение прямой m с прямым круговым конусом

Пересечение поверхностей

Построение линии пересечения поверхностей осуществляется при помощи вспомогательных секущих поверхностей. При этом данные поверхности пересекаются вспомогательной поверхностью и определяются линии пересечения каждой из данных поверхностей со вспомогательной. Если эти линии пересекаются (а они, в силу принадлежности одной и той же вспомогательной поверхности, могут пересекаться, касаться или не иметь общих точек), то полученные точки пересечения принадлежат обоим данным поверхностям и, следовательно, их линии пересечения.

Если в качестве вспомогательных секущих поверхностей используются плоскости, то способ построения называют *способом вспомогательных плоскостей*. Если используются сферы – *способом вспомогательных сфер*.

Задача 1. Построить линию пересечения цилиндра с конусом.

Рассмотрим применение *вспомогательных секущих плоскостей* на примере построения линии пересечения цилиндра с конусом вращения (рис. 67).

Для построения линии пересечения заданных поверхностей удобно в качестве вспомогательных поверхностей использовать серию горизонтальных плоскостей, перпендикулярных оси конуса, которые пересекают цилиндр и конус по окружностям. На пересечении этих окружностей находят точки искомой линии пересечения.

Известно, что если ось поверхности вращения проходит через центр сферы и сфера пересекает эту поверхность, то линия пересечения сферы и поверхности вращения – окружность, плоскость которой перпендикулярна оси поверхности вращения. При этом если ось поверхности вращения параллельна плоскости проекций, то линия пересечения на эту плоскость проецируется в отрезок прямой линии. Это свойство используют для построения линии взаимного пересечения двух поверхностей вращения с помощью вспомогательных сфер. При этом могут быть использованы концентрические и неконцентрические сферы.

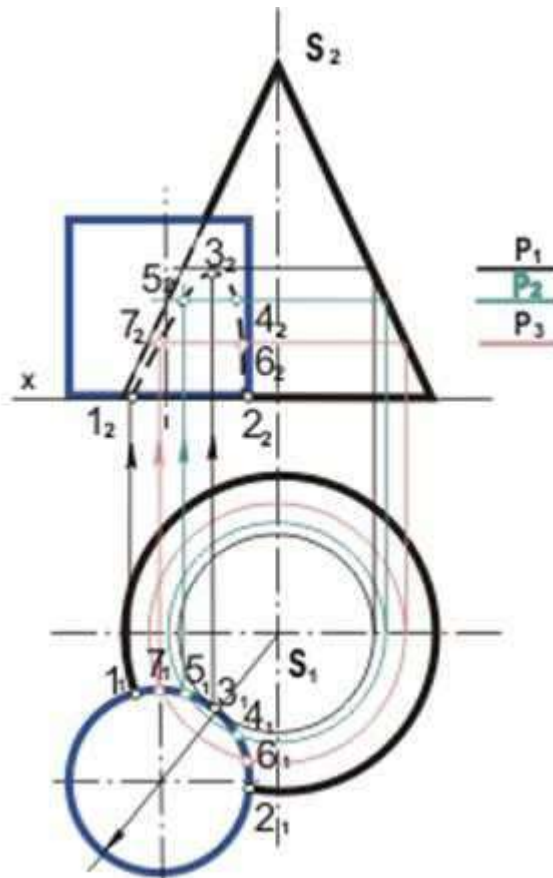


Рис. 67. Построение линии пересечения конуса и цилиндра с помощью вспомогательных секущих плоскостей

Задача 2. Построить линию пересечения двух конусов.

Рассмотрим применение *вспомогательных концентрических сфер* – сфер с постоянным центром (рис. 68).

Способ секущих сфер с постоянным центром для построения линии пересечения двух поверхностей применяют при следующих условиях:

- обе линии пересекающиеся поверхности – поверхности вращения;
- оси поверхностей вращения пересекаются;
- точку пересечения принимают за центр вспомогательных (концентрических) сфер;
- плоскость, образованная осями поверхностей (плоскость симметрии), должна быть параллельна плоскости проекций.

В случае если это условие не соблюдается, то, чтобы его обеспечить, прибегают к способам преобразования чертежа.

Такие сферы применяют, если:

- одна из пересекающихся поверхностей – поверхность вращения, другая поверхность имеет круговые сечения;
- две поверхности имеют общую плоскость симметрии (т. е. ось поверхности вращения и центры круговых сечений второй поверхности принадлежат одной плоскости – плоскости их симметрии).

Плоскость симметрии параллельна плоскости проекций (это условие при необходимости может быть обеспечено преобразованием чертежа).

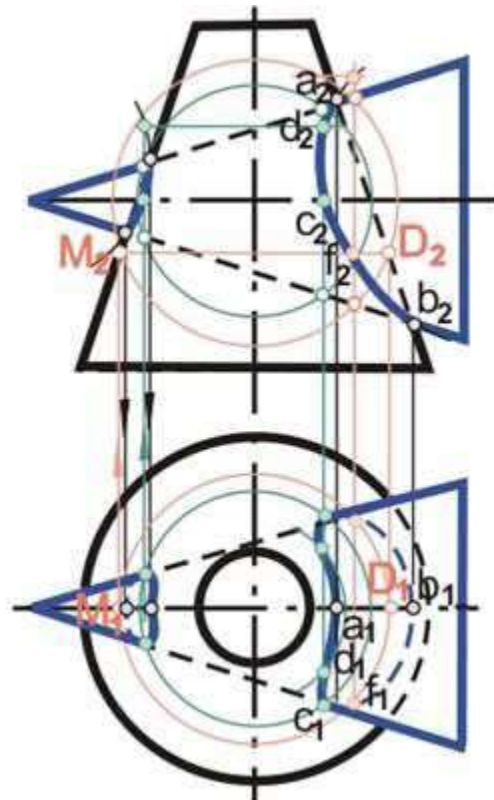


Рис. 68. Построение линии пересечения двух конусов с помощью концентрических сфер

Задача 3. Построить линию пересечения прямого кругового конуса и тора.

Рассмотрим *построение линии пересечения* прямого кругового конуса и тора, оси которых скрещиваются *с помощью эксцентрических сфер* (рис. 69).

Ось конуса параллельна плоскости Π_2 , ось тора перпендикулярна плоскости Π_2 , окружность центров осевых круговых сечений тора и ось конуса лежат в одной плоскости, параллельной плоскости Π_2 . Две оче-

видные характерные точки: высшая с проекцией a_2 и низшая d_2 — являются точками пересечения проекций очерков тора и конуса.

Для построения проекций промежуточных точек, например проекции b_2 , выполняют следующие построения: выбирают на поверхности тора окружность, например с проекцией $1_2 2_2$ с центром в точке с проекцией 3_2 .

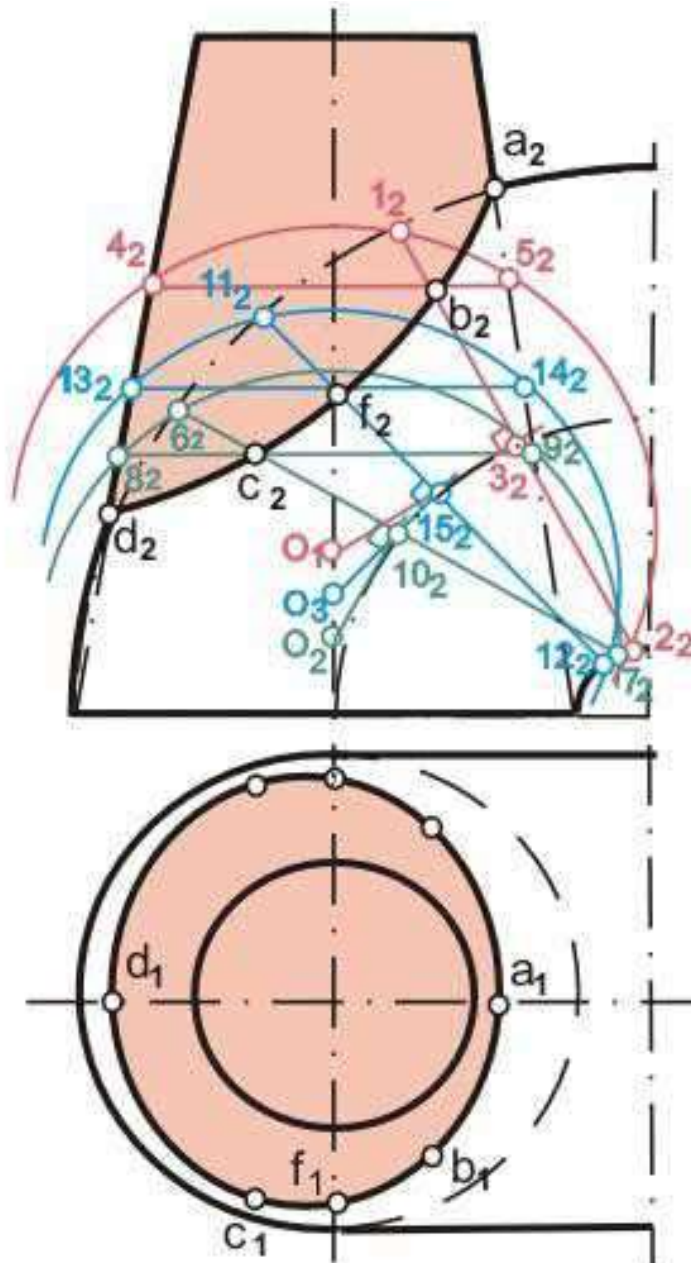


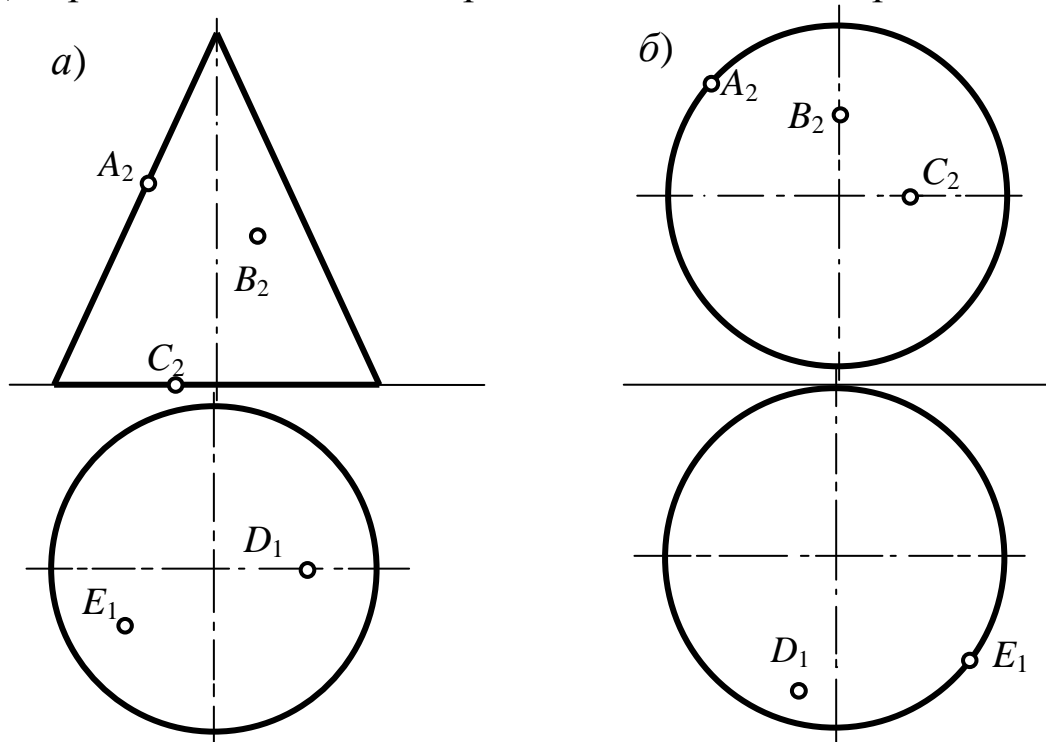
Рис. 69. Построение линии пересечения поверхностей конуса и тора с помощью эксцентрических сфер

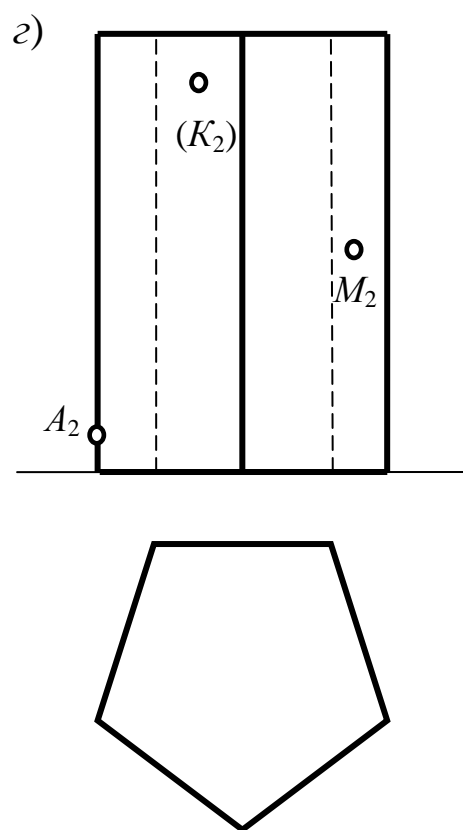
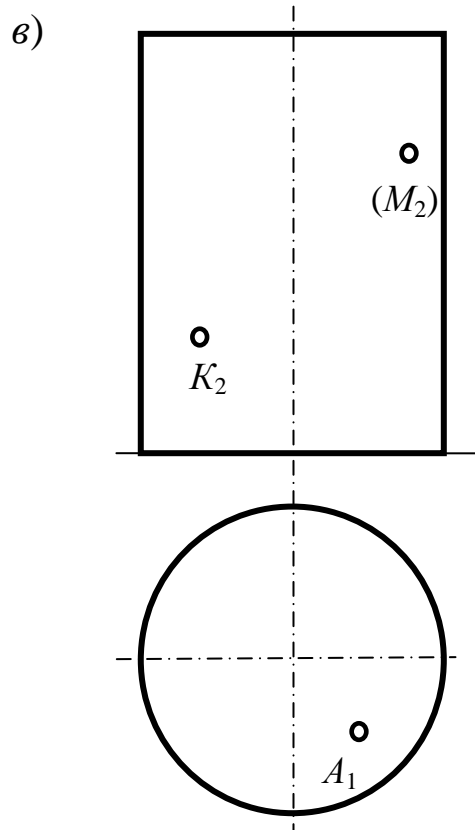
Перпендикуляр к плоскости этой окружности из точки с проекцией 3_2 является линией центров множества сфер, которые пересекают тор по окружности с проекцией $1_2 2_2$. Из множества этих сфер выбирают сферу с центром на оси конуса. Его проекция O_1 . Эта сфера радиусом R_1 пересекает конус по окружности с проекцией $4_2 5_2$. Пересечение проекций $1_2 2_2$ и $4_2 5_2$ является проекцией пары общих точек тора и конуса, т.е. линии их пересечения. На чертеже обозначена проекция b_2 одной из указанных точек – точки на видимом участке линии пересечения.

Построение проекций второй пары точек линии пересечения, из которых обозначена проекция c_2 , выполнено с помощью отрезка $6_2 7_2$ – проекции окружности на поверхности тора. Вспомогательная сфера для построения проекции c_2 – то сфера радиуса R_2 с центром, проекция которого O_2 . Конус эта сфера пересекает по окружности с проекцией $8_2 9_2$. В пересечении проекций $6_2 7_2$ и $8_2 9_2$ окружностей находим проекцию c_2 искомой точки и симметричной ей на невидимой части пересекающихся поверхностей.

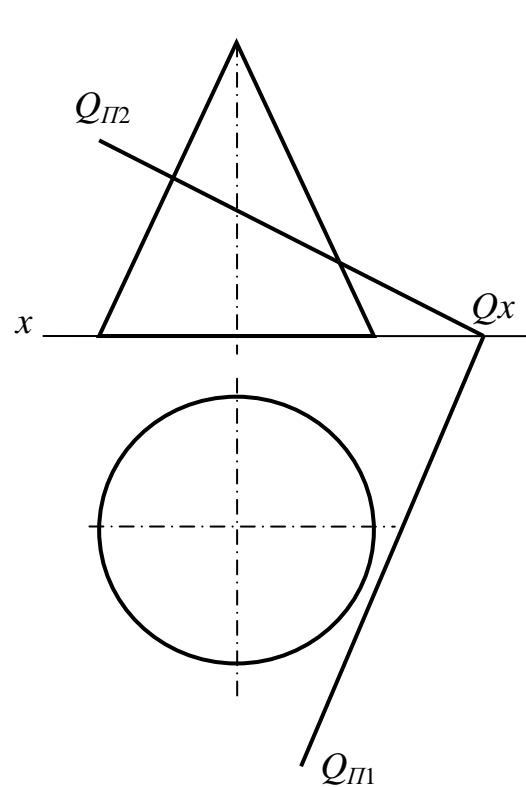
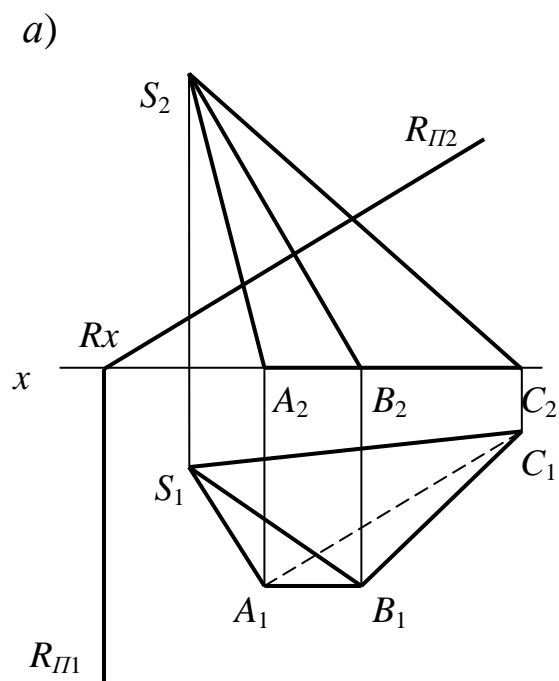
Практическая часть:

1. Достроить недостающие проекции точек на поверхностях.

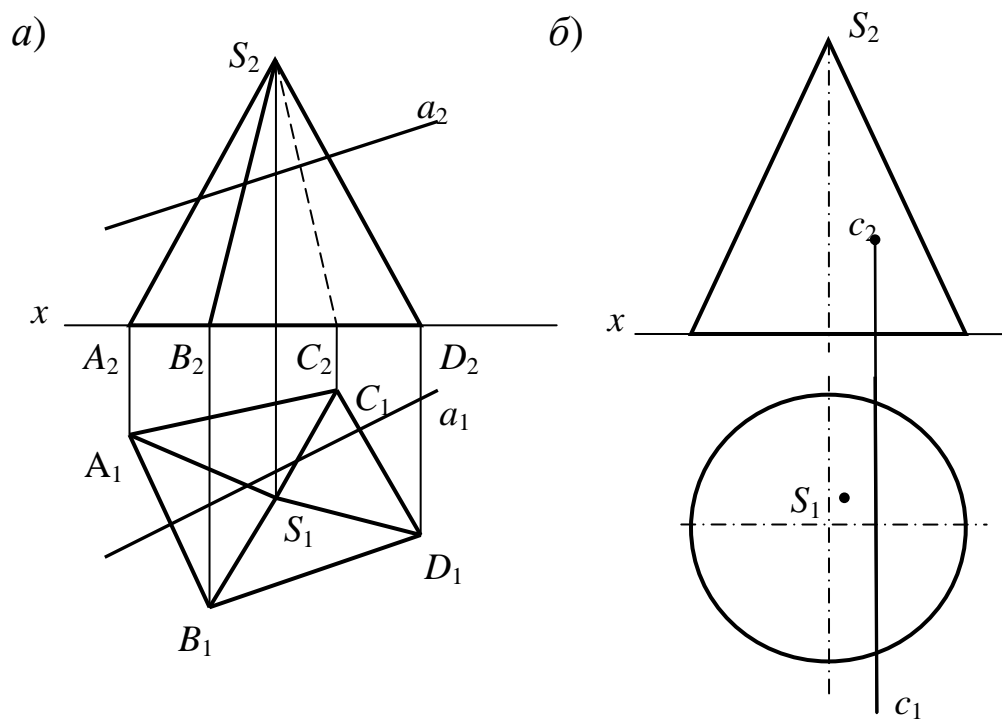




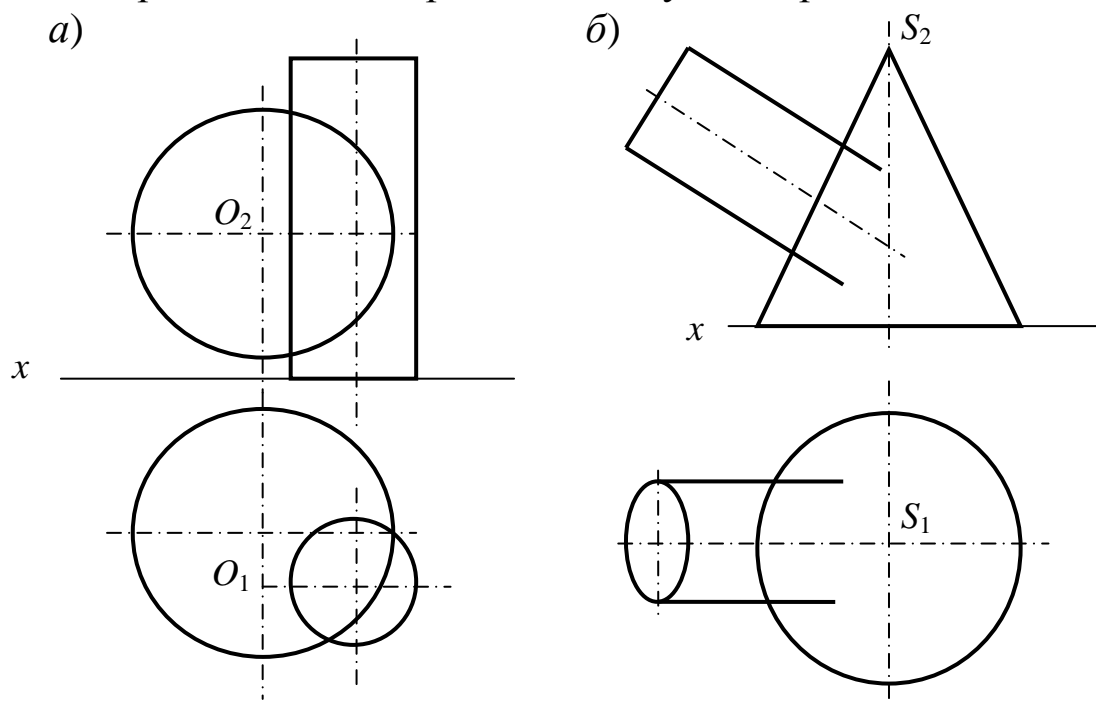
2. Построить сечение поверхности плоскостью a) плоскостью частного положения; б) плоскостью общего положения



3. Построить точки пересечения прямой с многогранником.



4. Построить линию пересечения двух поверхностей.

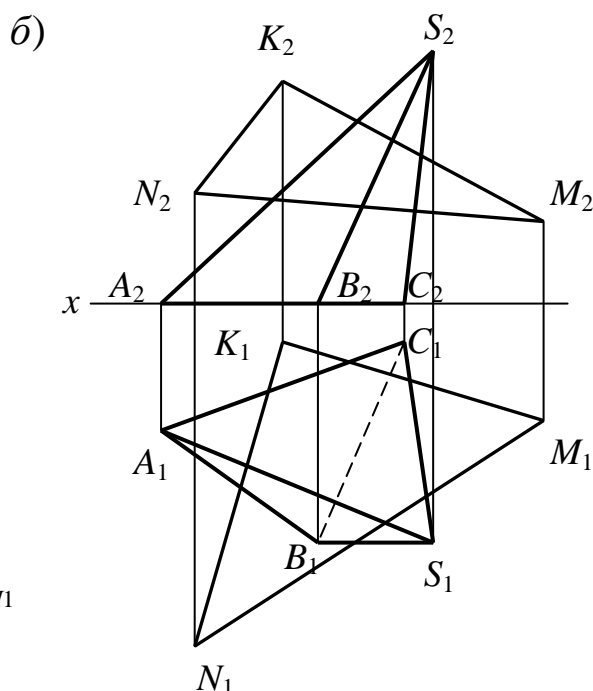
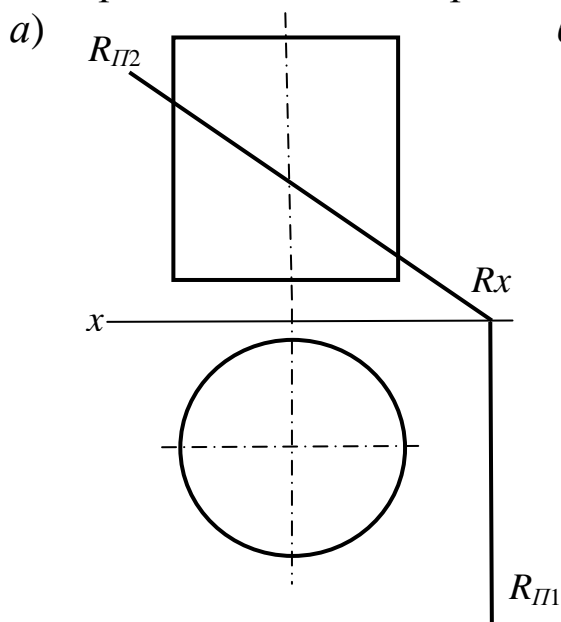


Самостоятельная работа

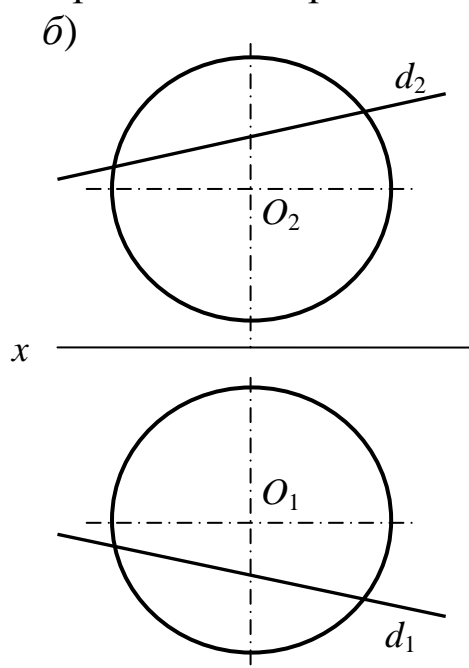
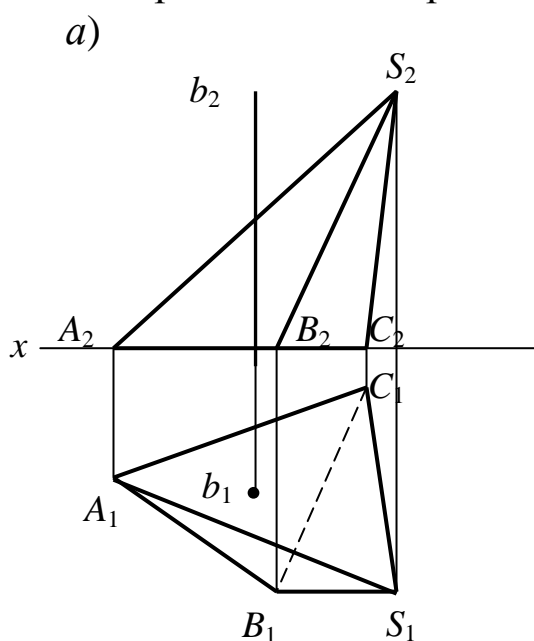
Дз 4 состоит из решения задач по текущей теме и выполнения графической работы «Эпюр». Решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4. Графическая работа выполняется на чертежном листе формата А3.

Задания для решения задач:

1. Построить сечение поверхности плоскостью:



2. Построить точки пересечения прямой с поверхностью.



Пояснения и задание к выполнению графической работы «Эпюр»:

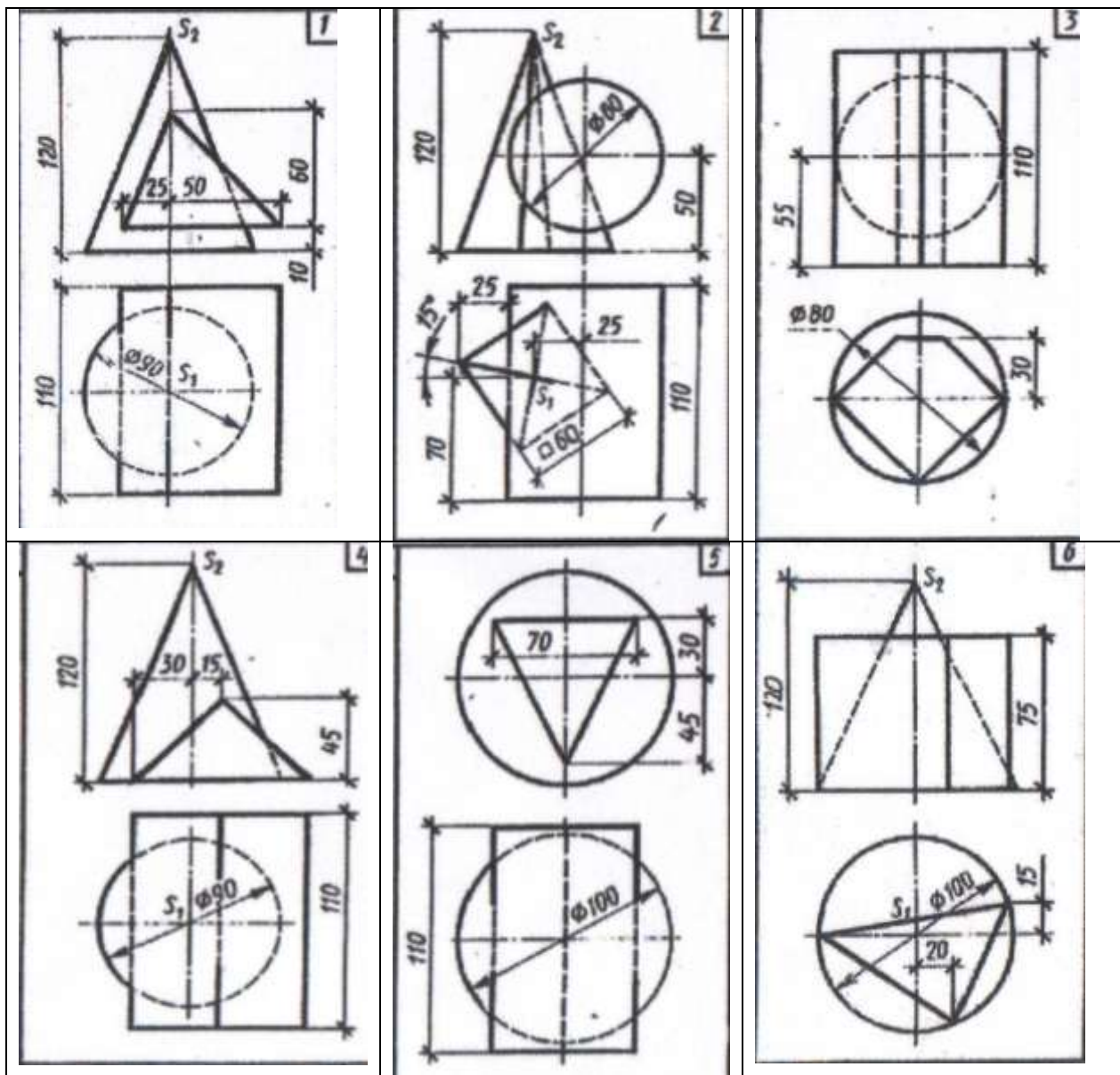
Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта, выданному преподавателем (табл. 8).

Порядок выполнения графической работы:

1. На листе формата А3 (горизонтальное расположение листа) оформить рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104-2006, форма 1.
2. Построить линию пересечения двух поверхностей.
3. Оформить чертеж согласно ГОСТ 2.303-68 (линии) и ГОСТ 2.306-68.

Пример графической работы представлен на рисунке 70.

Таблица 8 – Варианты задания



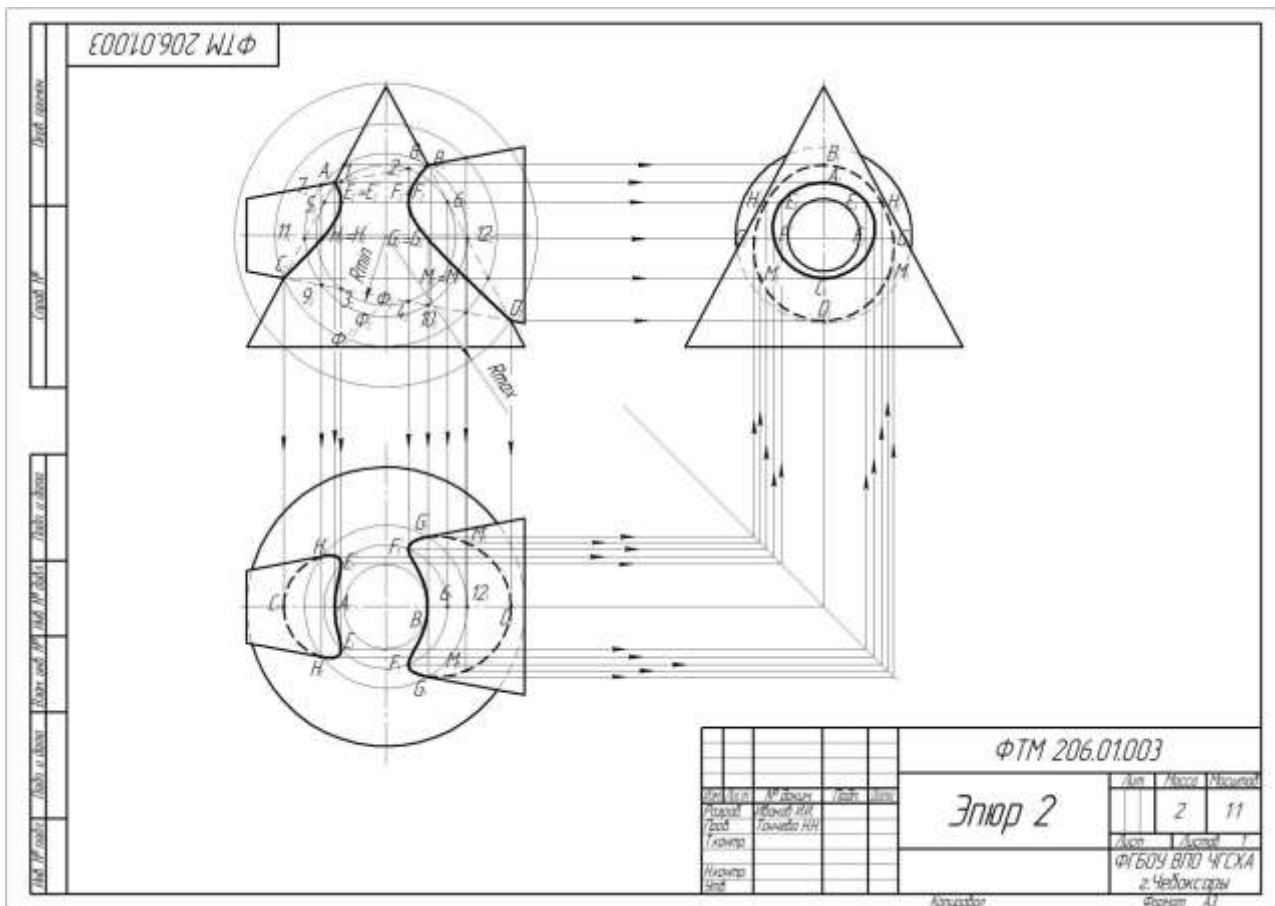
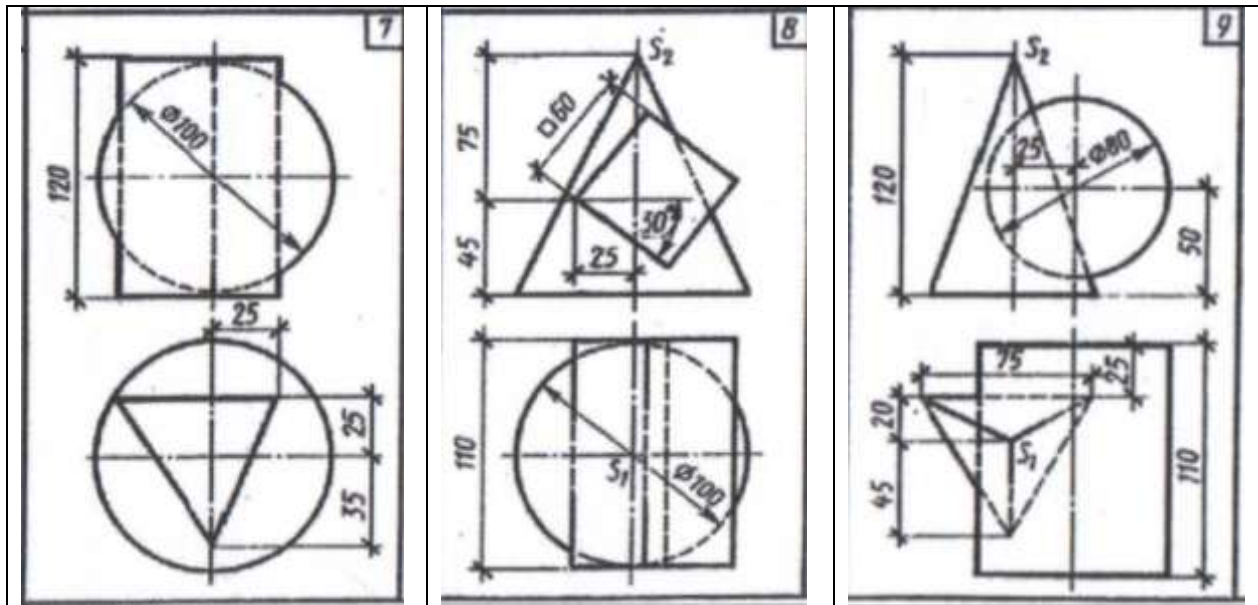


Рис. 70. Пример графической работы «Эпюр»

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется поверхностью?
2. На какие две группы можно разделить поверхности по виду образующей? Привести примеры.
3. Как образуются поверхности вращения? Что такое параллель, горло, экватор?
4. Какие поверхности вращения называются линейчатыми?
5. Когда точка принадлежит поверхности? Когда линия принадлежит поверхности?
6. Как построить сечение многогранника плоскостью частного положения?
7. Как построить сечение многогранника плоскостью общего положения?
8. Как построить сечение поверхности вращения плоскостью частного положения?
9. Как построить сечение поверхности вращения плоскостью общего положения?
10. Как построить точки встречи прямой с многогранником, с поверхностью вращения?
11. От каких параметров поверхности и плоскости зависит форма линии пересечения поверхности с плоскостью?
12. Каков алгоритм (порядок) определения линии пересечения поверхности плоскостью?
13. Какое положение плоскости пересечения по отношению к поверхности является предпочтительным для определения линии пересечения?
14. Какой способ построения линии пересечения называется способом вспомогательных сфер?
15. В каком случае при определении линии пересечения применяются концентрические (эксцентрические) сферы?
16. Какой способ построения линии пересечения необходимо применить, если две поверхности имеют общую плоскость симметрии?
17. Приведите пример определения линии пересечения поверхностей с помощью эксцентрических сфер.

Раздел 5. Аксонометрические проекции

Основные виды аксонометрических проекций. Коэффициенты искажения. Прямоугольная изометрическая и диметрическая проекции.

Практическое занятие

Теоретические положения

Аксонометрия (от греч. *Axon* – ось и *metreo* – измеряю) дает наглядное изображение предмета на одной плоскости.

Изображение предмета в аксонометрии получается путем параллельного проецирования его на одну плоскость проекций вместе с осями прямоугольных координат, к которым этот предмет отнесен.

ГОСТ 2.317-2011 устанавливает следующие аксонометрические проекции, применяемые в чертежах всех отраслей промышленности:

- прямоугольные проекции;
- косоугольные проекции;

а также диктует условности и нанесение размеров.

Прямоугольные проекции:

- изометрическая проекция;
- диметрическая проекция.

Изометрическая проекция. Положение аксонометрических осей представлено на рисунке 70.

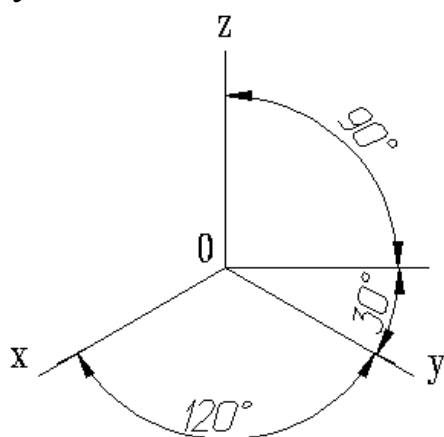
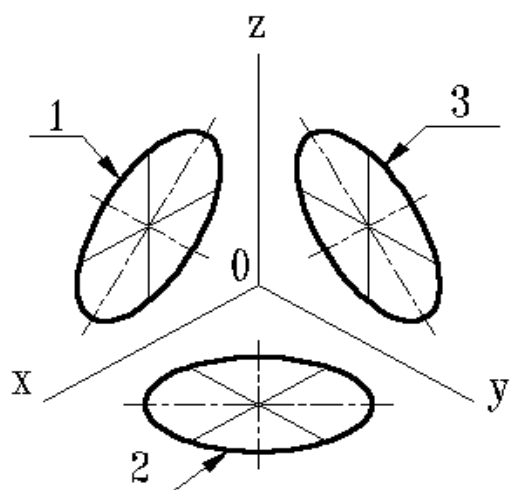


Рис. 70. Расположение аксонометрических осей прямоугольной изометрической проекции

Коэффициент искажения по осям x , y , z равен 0,82. Изометрическую проекцию для упрощения, как правило, выполняют без искажения по осям x , y , z , т.е. приняв коэффициент искажения равным 1.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 71). Если аксонометрическую проекцию выполняют без искажения по осям x , y , z , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна 1,22, а малая ось – 0,71 диаметра окружности.

Если аксонометрическую проекцию выполняют с искажением по осям x , y , z , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна диаметру окружности, а малая – 0,58 диаметра окружности.



- 1 – эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси y);
- 2 – эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси z);
- 3 – эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси x).

Рис. 71. Окружность в прямоугольной изометрии

Пример изометрической проекции детали представлен на рисунке 72.

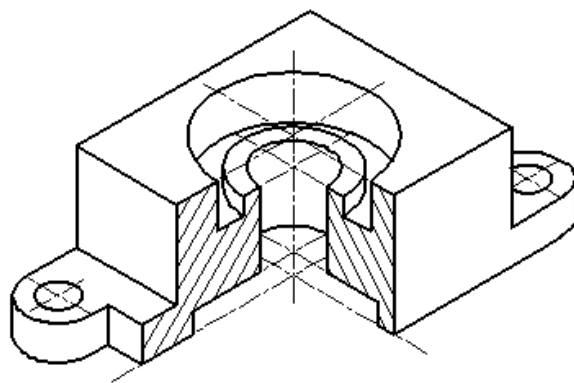


Рис. 72. Изометрическое изображение детали

Диметрическая проекция. Положение аксонометрических осей представлено на рисунке 73. Коэффициент искажения по оси y равен 0,47, а по осям x и z – 0,94.

Диметрическую проекцию, как правило, выполняют без искажения по осям x и z , с коэффициентом искажения 0,5 по оси y .

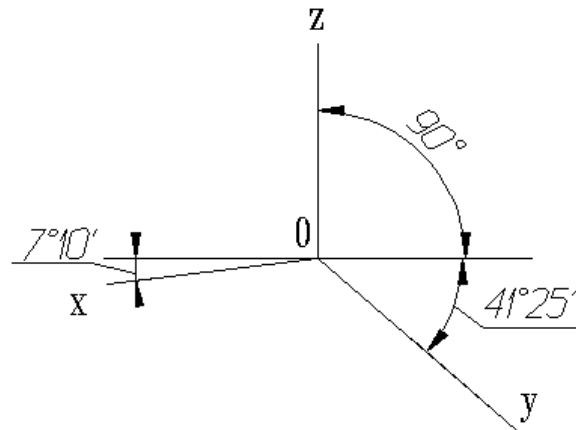
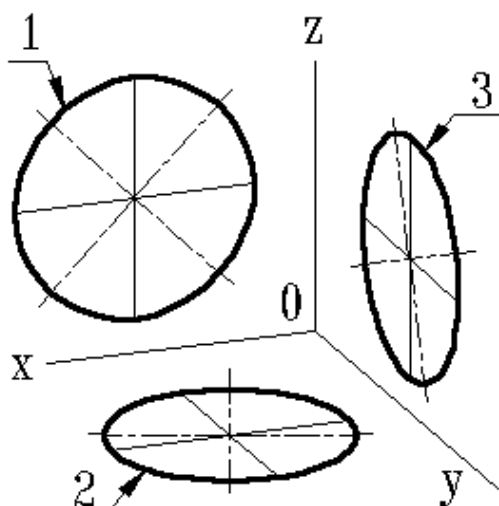


Рис. 73. Расположение аксонометрических осей прямоугольной диметрической проекции

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 74).



- 1 – эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси y);
- 2 – эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси z);
- 3 – эллипс (большая ось расположена под углом 90° к оси x)

Рис. 74. Окружность в диметрии

Если диметрическую проекцию выполняют без искажения по осям x и z , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна 1,06 диаметра окружности, а малая ось эллипса 1 – 0,95, эллипсов 2 и 3 – 0,35 диаметра окружности.

Если диметрическую проекцию выполняют с искажением по осям x и z , то большая ось эллипсов 1, 2, 3 равна диаметру окружности, а малая ось эллипса 1 – 0,9, эллипсов 2 и 3 – 0,33 диаметра окружности.

Пример диметрической проекции детали приведен на рис. 75.

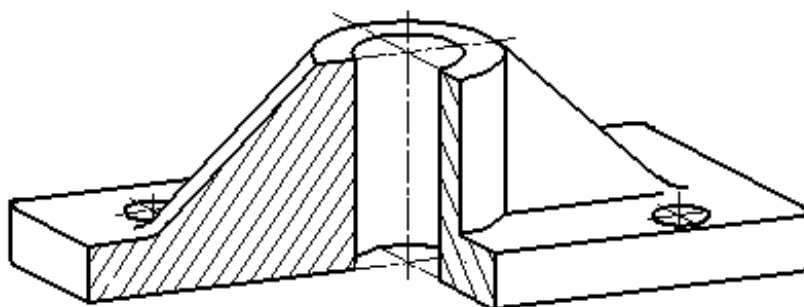


Рис. 75. Диметрическое изображение детали

Косоугольные аксонометрические проекции изучить самостоятельно [1, 2].

Условности и нанесение размеров

Линии штриховки сечений в аксонометрических проекциях наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям (рис. 76).

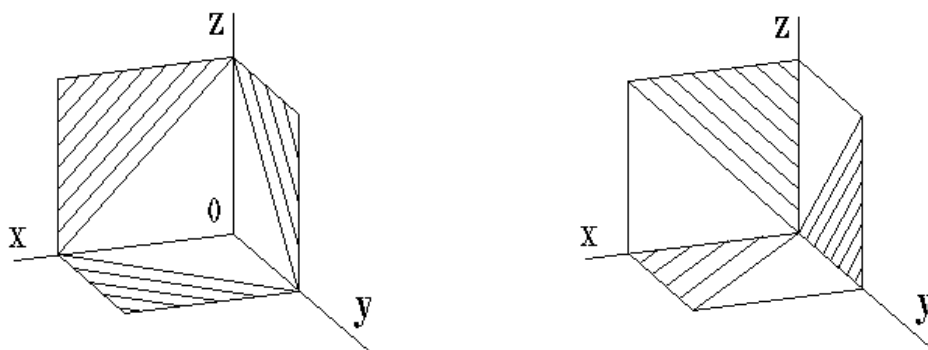


Рис. 76. Штриховка сечений в аксонометрических проекциях

При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии – параллельно измеряемому отрезку (рис. 77).

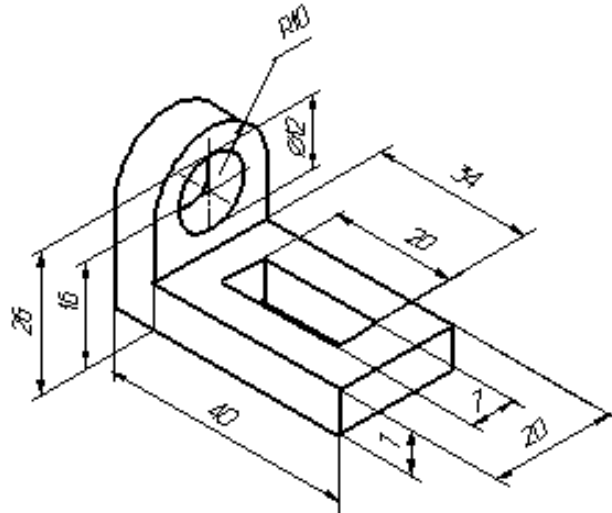
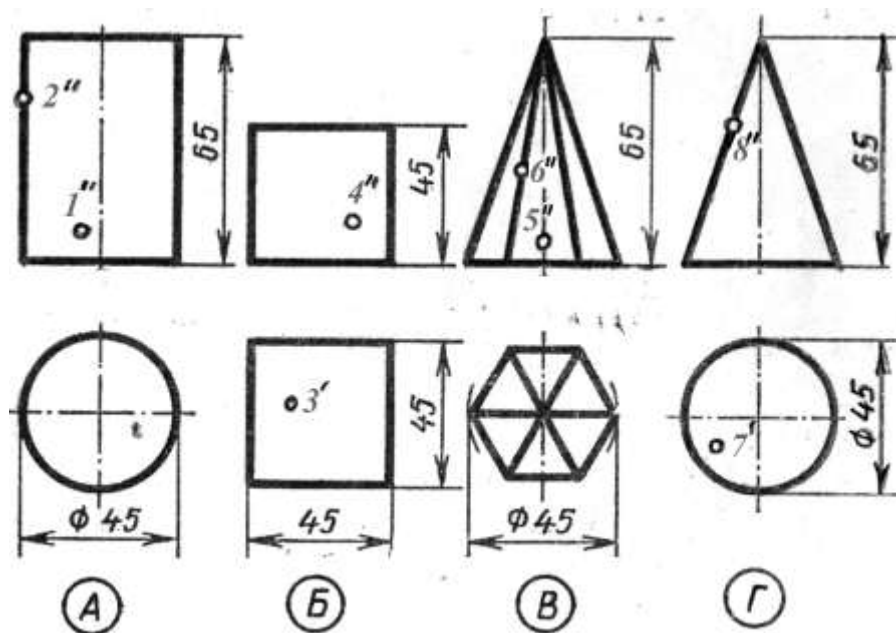


Рис. 77. Нанесение размеров на аксонометрических проекциях

Практическая часть

Построить в трех проекциях геометрические тела. Найти проекции точек, расположенных на поверхностях. По выполненным чертежам построить аксонометрические проекции (прямоугольную изометрию).



Самостоятельная работа

Дз 5 состоит из решения задач по текущей теме и выполнении графической работы «Построение аксонометрической проекции». Решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4. Графическая работа выполняется на чертежном листе формата А3.

Задание для решения задач:

Построить в трех проекциях геометрические тела. Найти проекции точек, расположенных на поверхностях. По выполненным чертежам построить аксонометрические проекции (прямоугольную изометрию). Задание выполняется по вариантам, выданным преподавателем (табл. 9).

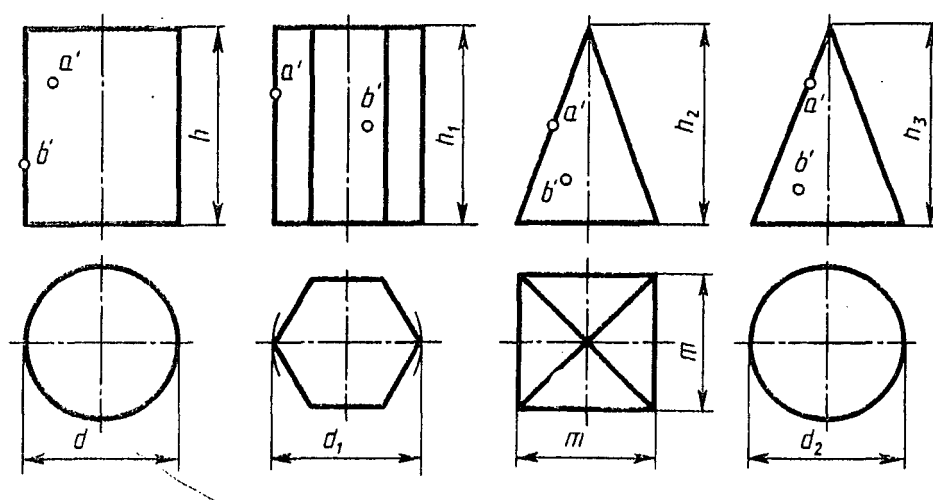


Таблица 9 – Варианты задания

№ варианта	Размеры, мм							
	d	d_1	d_2	m	h	h_1	h_2	h_3
1	45	45	45	45	50	60	60	70
2	50	45	45	45	60	70	70	60
3	50	40	45	36	60	70	50	65

Пояснения и задание к выполнению графической работы «Построение аксонометрической проекции»:

По варианту задания графической работы «Проекционное черчение» выполнить построение аксонометрической проекции детали (прямоугольную изометрию) с вырезом $\frac{1}{4}$ детали.

Порядок выполнения графической работы:

1. На листе формата А3 (горизонтальное расположение листа) оформить рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104-2006, форма 1.

2. Построить аксонометрическую проекцию детали (прямоугольную изометрию) с вырезом $\frac{1}{4}$ детали.

3. Оформить чертеж согласно ГОСТ 2.303-68 (линии) и ГОСТ 2.306-68.

Пример графической работы представлен на рисунке 78.

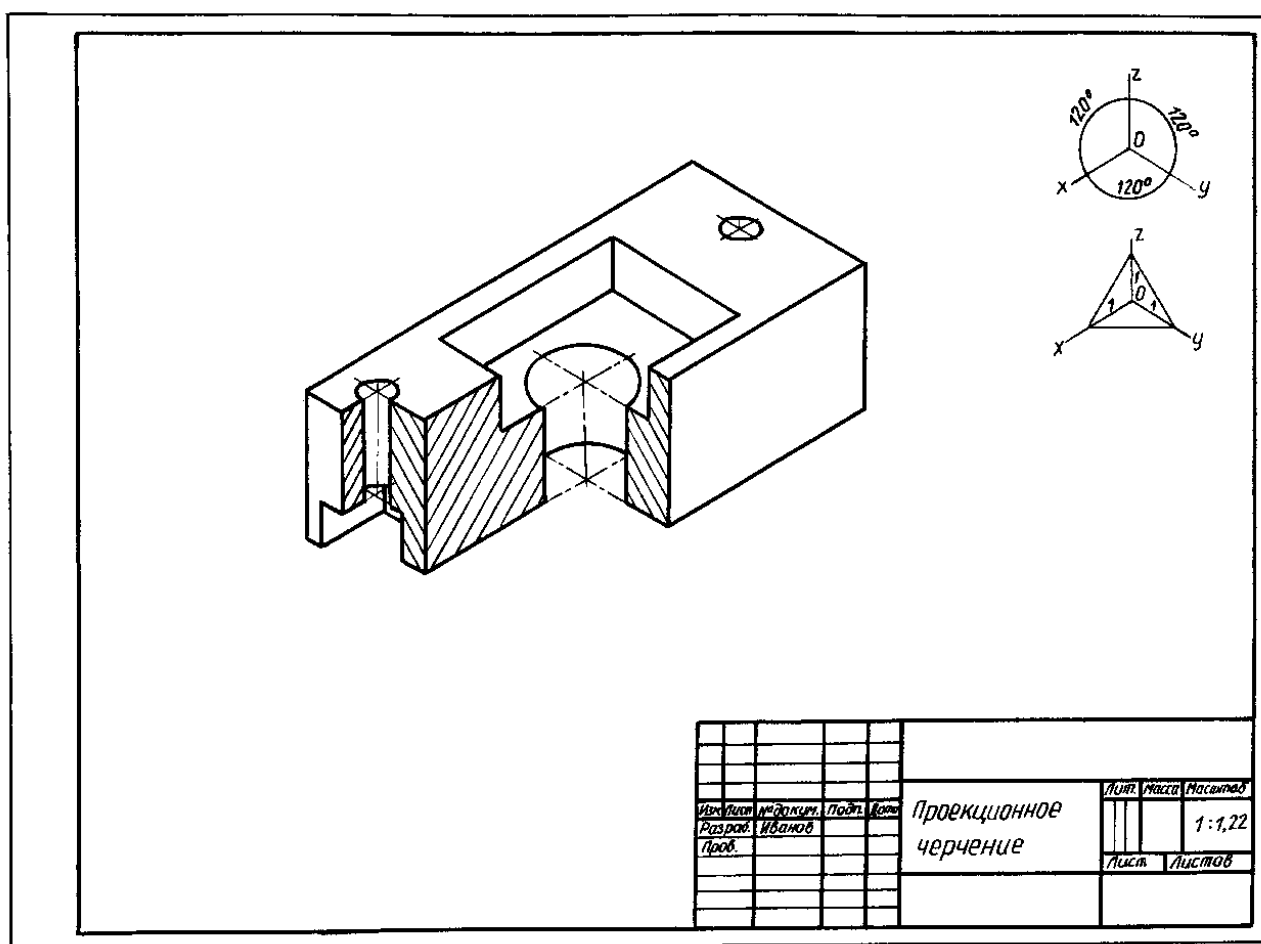


Рис. 78. Пример графической работы
«Построение аксонометрической проекции»

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое аксонометрические проекции?
2. Классификация аксонометрических проекций.
3. Как расположены оси прямоугольной изометрии?
4. Как расположены оси прямоугольной диметрии?
5. Как наносят штриховку и размеры в аксонометрических проекциях?
6. Как изображаются окружности по ГОСТ 2.317-2011 в прямоугольной изометрической проекции.
7. Как изображаются окружности по ГОСТ 2.317-2011 в прямоугольной диметрической проекции?

К экзамену необходимо выполнить все виды работ.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Начертательная геометрия»:

Основная литература

1. Тарасов, Б. Ф. Начертательная геометрия. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 256 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/3735>. – Загл. с экрана. (07.10.2018)
2. Качуровская, Н. М. Начертательная геометрия : учебно-методическое пособие по выполнению контрольных работ и подготовке к экзамену для студентов высших учебных заведений [Электронный ресурс]. – Астрахань : Астраханский инженерно-строительный институт, 2014. – 127 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=438926. – Загл. с экрана. (07.10.2018)
3. Фролов, С. А. Начертательная геометрия [Текст] : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломиров. специалистов в области техники и технологии / С. А. Фролов. – Москва : ИНФРА-М, 2007. – 286 с.
4. Тарасов, Б. Ф. , Начертательная геометрия [Электронный ресурс] : учебник / Б. Ф. Тарасов, Л. А. Дудкина, С. О. Немолотов. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 256 – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3735. – Загл. с экрана. (22.02.2018)

Дополнительная литература

1. Брацихин, А. А. Descriptive Geometry: course of lectures = Начертательная геометрия: курс лекций: учебное пособие [Электронный ресурс]. – Ставрополь : СКФУ, 2014. – 73 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=457157. – Загл. с экрана. (07.10.2018)
2. Корниенко, В. В. Начертательная геометрия. – Санкт-Петербург : Лань, 2013. – 192 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/12960>. – Загл. с экрана. (07.10.2018)
3. Фролов, С. А. Начертательная геометрия [Текст] : учебник для машиностроит. специальностей вузов / С. А. Фролов. – Москва : Машиностроение, 1983. – 240 с.