

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

Кафедра начертательной геометрии и графики

Составители
О. Ю. Аксенова
Т. В. Богданова

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Методические материалы

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специальности 10.05.03 Информационная безопасность
автоматизированных систем в качестве электронного учебного
издания для использования в образовательном процессе

Кемерово 2018

Рецензенты Шумкина Т. Ф. – к.х.н., доцент, доцент кафедры начертательной геометрии и графики ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»
Прокопенко Е. В. – председатель учебно-методической комиссии специальности 10.05.03 Информационная безопасность автоматизированных систем

Аксенова Олеся Юрьевна

Богданова Татьяна Витальевна

Начертательная геометрия и инженерная графика

[Электронный ресурс]: методические материалы для обучающихся специальности 10.05.03 Информационная безопасность автоматизированных систем очной формы обучения / сост. О. Ю. Аксенова, Т. В. Богданова; 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 лабораторных занятиях, организация самостоятельной при изучении дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика».

© КузГТУ, 2018

© Аксенова О. Ю.,

Богданова Т. В.,

составление, 2018

Содержание

Введение.....	3
1 семестр	
Раздел 1. Общие сведения. Точка. Прямая. Общие требования к чертежам.....	5
Раздел 2. Плоскость.....	31
Раздел 3. Методы преобразования ортогональных проекций.....	51
Раздел 4. Поверхность.....	61
Раздел 5. Аксонометрические проекции.....	91
2 семестр	
Раздел 1. Использование в инженерной графике графического редактора AutoCAD.....	98
Раздел 2. Типы технических соединений.....	136
Раздел 3. Виды изделий, комплектность конструкторской документации и стадии её разработки.....	167
Раздел 4. Детализирование.....	185
Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика».....	196

Введение

Начертательная геометрия и инженерная графика – одна из учебных дисциплин, составляющих основу инженерного образования, дисциплина, необходимая для подготовки инженеров, обучает методам изображения предметов и общим правилам черчения. Для инженера изучение этих вопросов является средством выражения технической мысли при проектировании, разработке и выполнении конструкторской документации.

Особое место данного курса в профессиональной подготовке будущих специалистов обусловлено тем, что дисциплина «Начертательная геометрия и инженерная графика» является первой общепрофессиональной дисциплиной, которую студенты изучают в вузе.

Особенность изучения дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» состоит в выполнении комплекса лабораторных работ, главной задачей которого является получение навыков самостоятельной работы для решения различных учебных и профессиональных задач.

Цель начертательной геометрии в вузе – развитие пространственного представления и воображения, конструктивно-геометрического мышления, способности к анализу и синтезу пространственных форм и отношений на основе графических моделей пространства, практически реализуемых в виде чертежей конкретных пространственных объектов и зависимостей.

Задача изучения начертательной геометрии сводится к изучению способов получения определенных графических моделей пространства, основанных на ортогональном проецировании и умении решать на этих моделях задачи, связанные пространственными формами и отношениями.

Основная цель инженерной графики – выработка знаний и навыков, необходимых студентам для выполнения и чтения технических чертежей, составления конструкторской и технической документации.

Изучение курса Начертательная геометрия и инженерная графика основывается на теоретических положениях курса начертательной геометрии, нормативных документах, государственных стандартах ЕСКД.

1 семестр

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

Лабораторное занятие: Теоретические положения

Эпюр Монжа. Модель точки и прямой. Прямоугольные координаты точек

Эпюра 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).

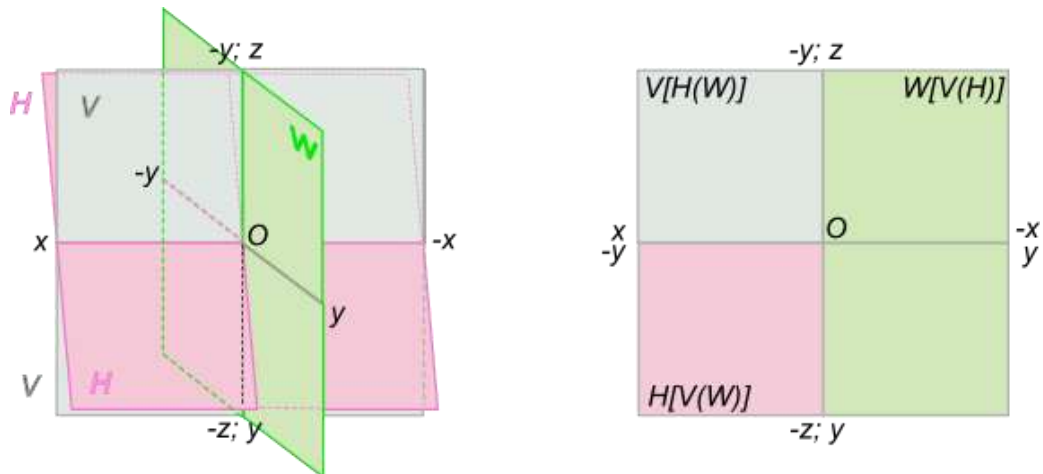


Рис. 1. Порядок получения эпюра Монжа

После совмещения горизонтальной плоскости, поворачиваем вокруг оси z также на угол 90^0 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.

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.

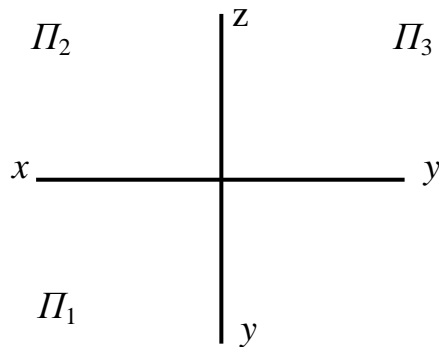


Рис. 2. Эпюр Монжа

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**.

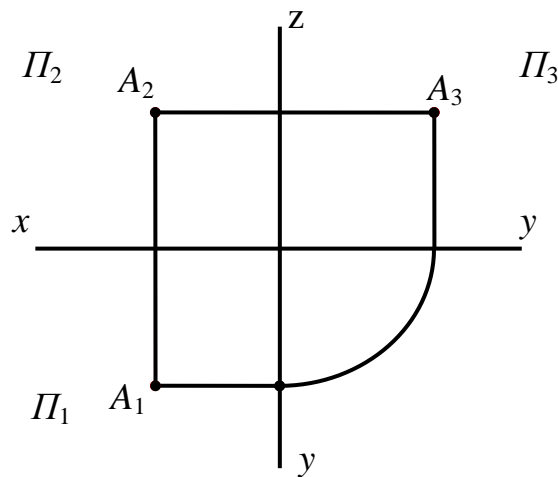


Рис. 3. Точка в системе трех плоскостей проекций

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).

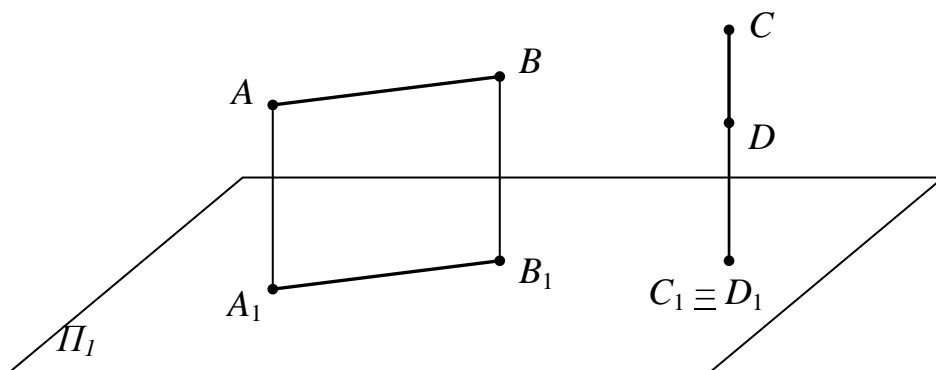


Рис. 4. Ортогональные проекции прямых AB и CD

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 след. свойства:

1. Проекция не параллельна 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 .

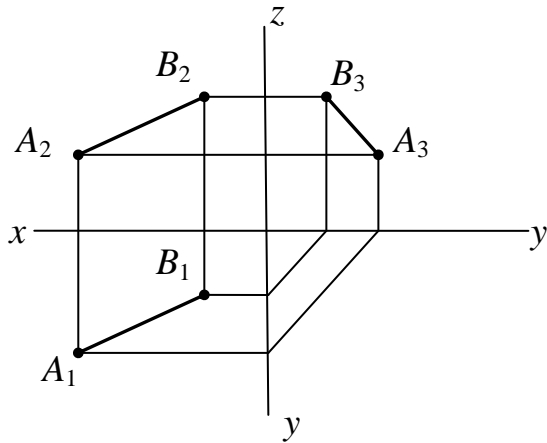


Рис. 5. Восходящая прямая

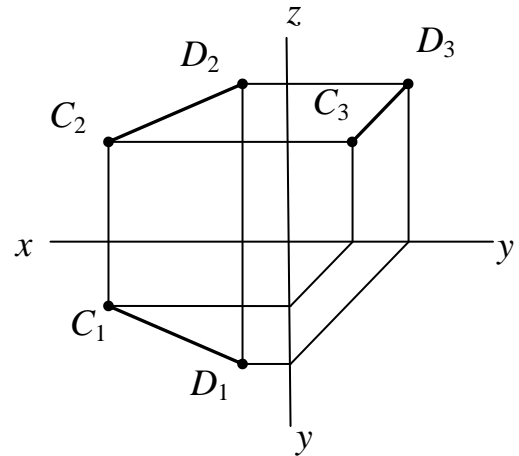
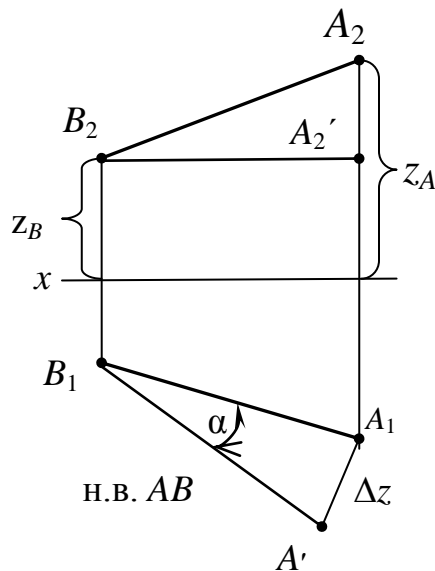


Рис. 6. Нисходящая прямая

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).

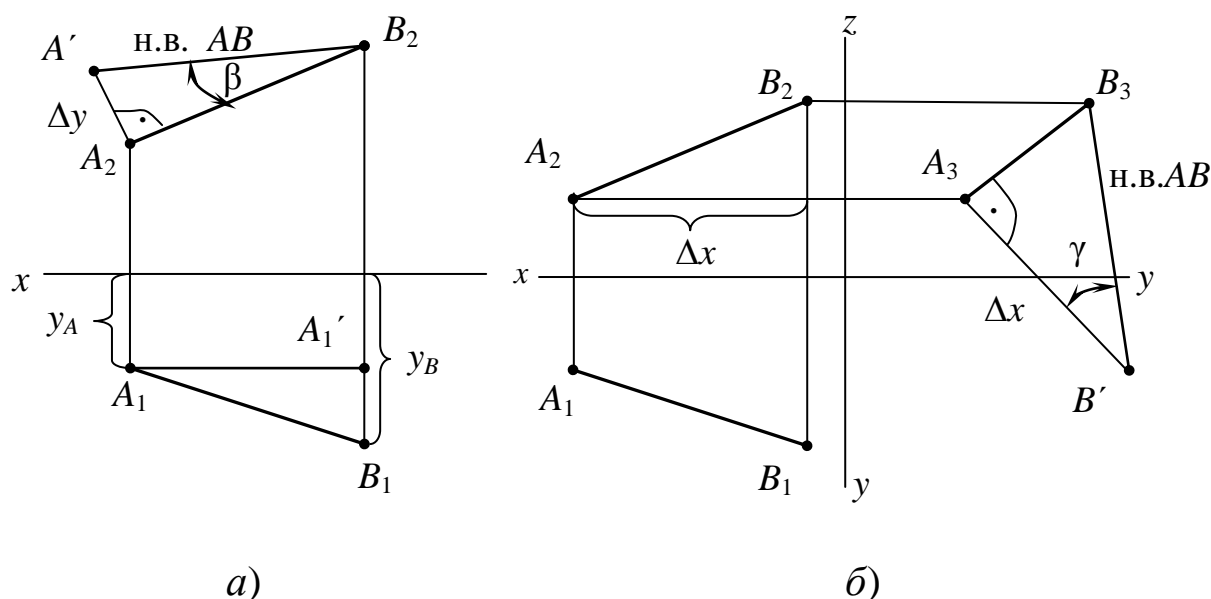


Рис. 8. Определение натуральной величины отрезка прямой AB

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 .

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 .

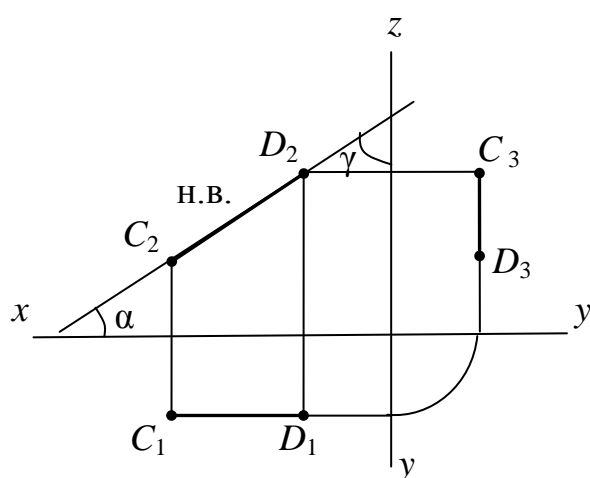
Чтобы построить горизонтальный след прямой, необходимо продолжить ее фронтальную проекцию до пересечения с осью x в точке N_2 , которая будет фронтальной проекцией горизонтального следа. Затем из точки N_2 восстанавливаем перпендикуляр к оси x до пересечения его с горизонтальной проекцией C_1D_1 (или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

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 **фронталью** (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:

$C_1D_1 \parallel \text{оси } x$

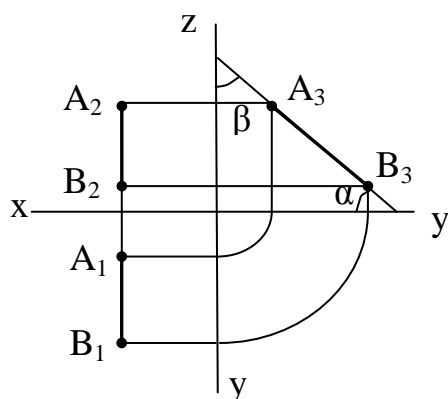
$C_3D_3 \parallel \text{оси } z$

Свойство фронтали

$C_2D_2 = / CD /$ – натуральная величина

Рис. 11. Фронталь

Прямая, параллельная профильной плоскости проекций Π_1 называется **профильной прямой** (рис. 12).



Признак профильной прямой

C_1D_1 и C_2D_2 перпендикулярны оси x ;

Свойство профильной прямой

$C_3D_3 = / CD /$ – натуральная величина

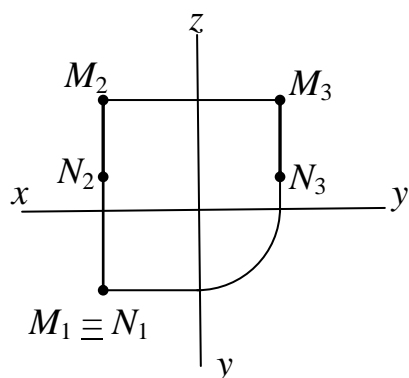
Рис. 12. Профильная прямая

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

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).

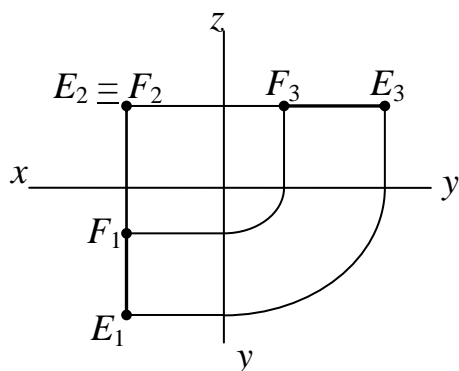


$$MN \perp \Pi_1$$

M_2N_2 и M_3N_3 соответствуют натуральной величине прямой MN

Рис. 13. Горизонтально проецирующая прямая

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

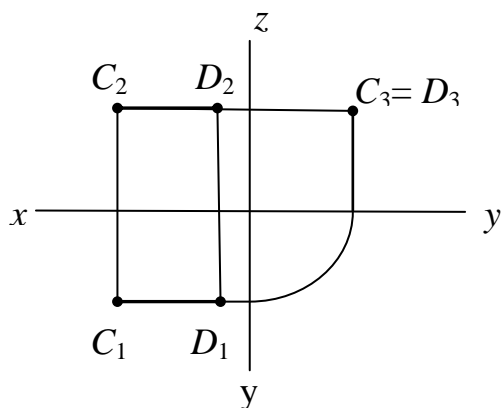


$$EF \perp \Pi_2$$

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
A0	841×1189
A1	841×594
A2	420×594
A3	420×297
A4	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 A4, 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.

Шифр специальности

Номер контрольной работы

Номер темы

Номер варианта

XXXX 04.01.10

Геометрическое черчение

Номер	Масса	Назначение
5	5	5
17	18	

Лист Листов 1

МТЗ - 09

5 x 11 = 55

70

20 30

Рис. 16. Основная надпись

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.

ГОСТ 2.303-68* «Линии»




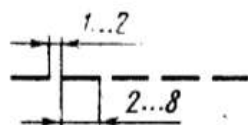
ГОСТ 2.303-68* устанавливает наименование, начертание, толщину и основные назначения линий чертежей для всех отраслей промышленности (табл. 3).

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.

Таблица 3 – Линии

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная		s	Линии видимого контура Линии перехода видимые Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии контура наложенного сечения Линии размерные и выносные Линии штриховки Линии-выноски Полки линий-выносок и подчеркивание надписей Линии для изображения пограничных деталей («обстановка») Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях Линии перехода воображаемые Следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
3. Сплошная волнистая			Линии обрыва Линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая			Линии невидимого контура Линии перехода невидимые

Продолжение таблицы 3

Наименование	Начертание	Толщина линий по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
5. Штрих-пунктирная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии осевые и центровые Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
6. Штрих-пунктирная 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 $1\frac{1}{2}s$	
8. Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
9. Штрих-пунктирная 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

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).



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).

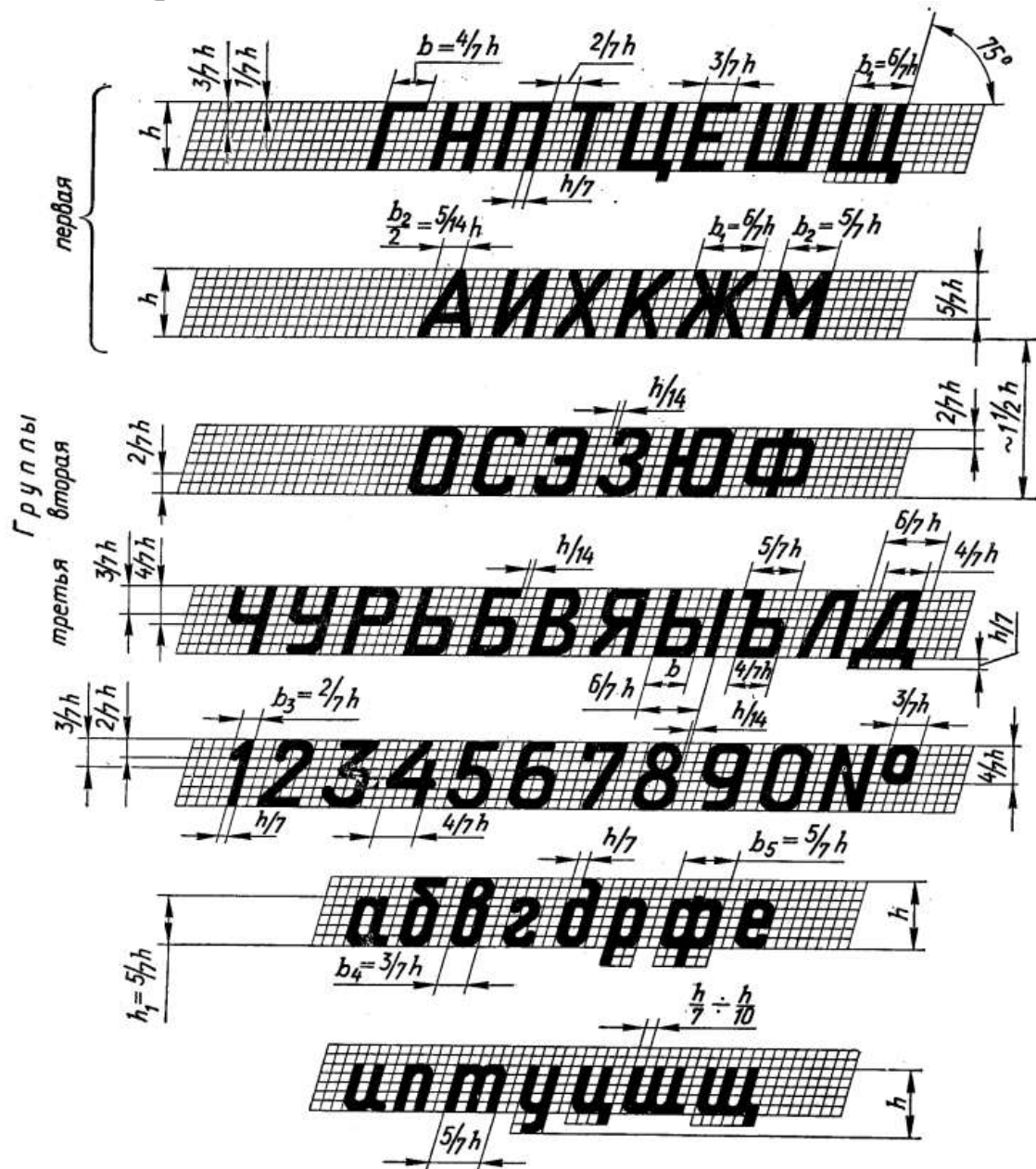


Рис. 18. Группы букв чертежного шрифта с наклоном 75° типа Б

При отсутствии навыка в написании шрифта необходимо в первых чертежах делать достаточно подробную разметку строки и при написании слов внимательно изучать 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, угловая минута и секунда.

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

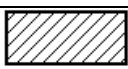
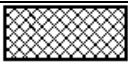



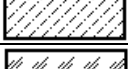

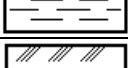
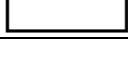
материалов: буквенно-цифровое и графическое.

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

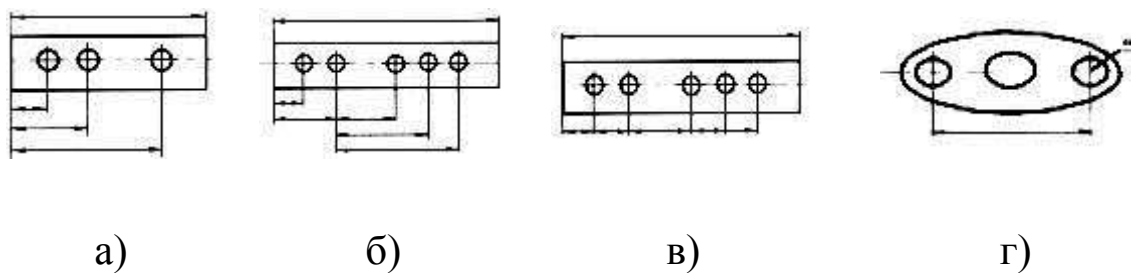


Рис. 19. Нанесение размеров

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

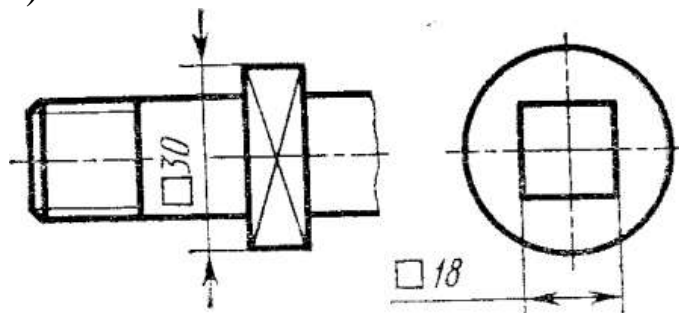


Рис. 20. Пример обозначения квадрата на чертежах

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).

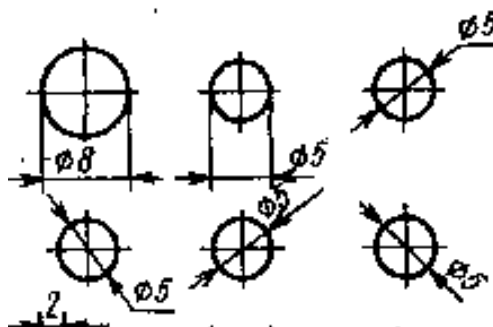
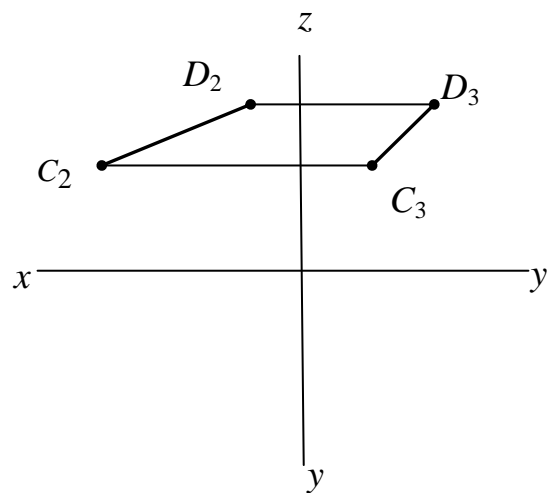


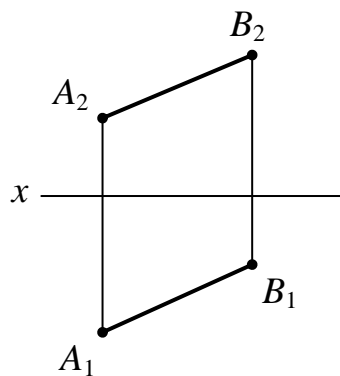
Рис. 22. Пример обозначения радиусов окружностей

Практическая часть

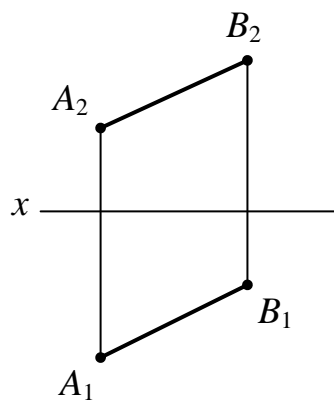
1. По заданным координатам проекций точки построить ее эпюр и определить координаты недостающих проекций $A_1 (40, 30)$, $A_2 (40, 35)$, $A_3 - ?$
2. По двум проекциям прямой достроить третью и определить тип прямой общего положения



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

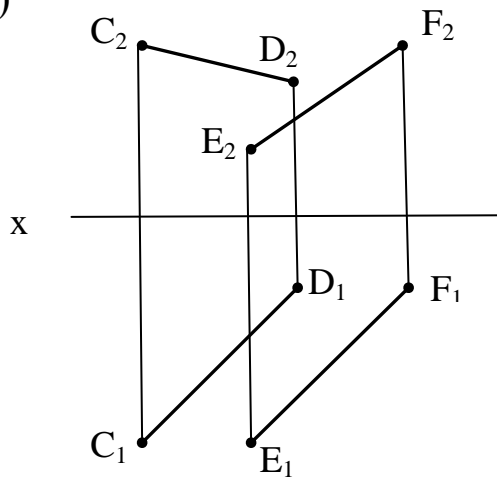


4. Построить следы прямой

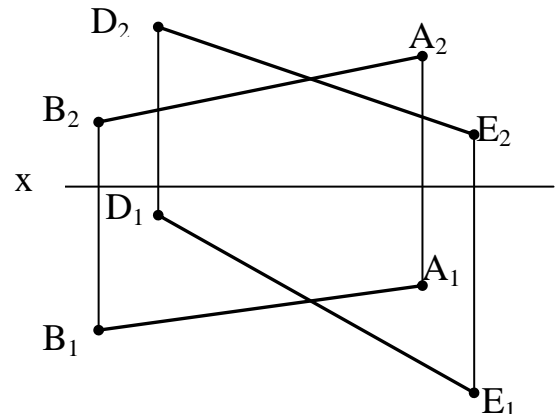


5. Определить взаимное положение отрезков прямых в пространстве

а)



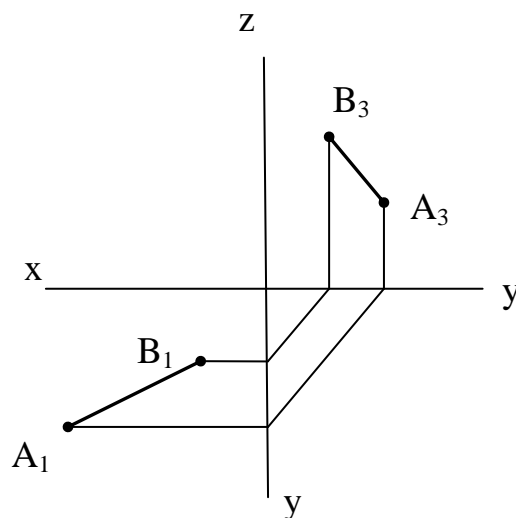
б)



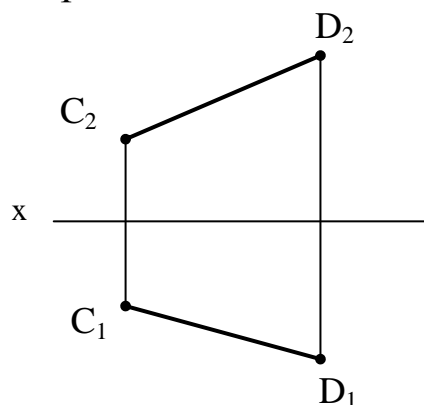
Самостоятельная работа

Дз1. «Построение точек, прямых на плоском чертеже», решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4.

1. По заданным координатам проекций точки построить ее эюр 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

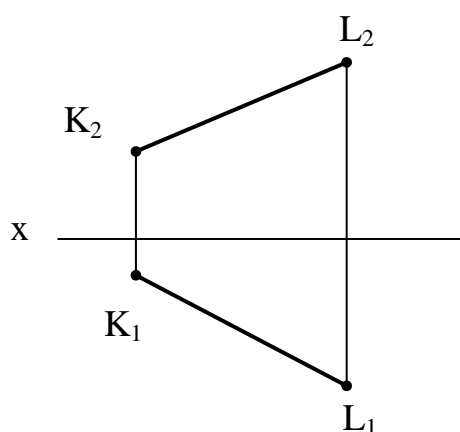


3. Определить натуральную величину прямой и углы наклона к плоскостям проекций

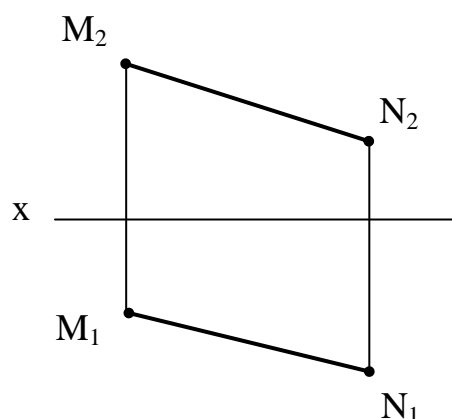


4. Построить следы прямой.

а)



б)



Задания для выполнения Дз1 «Построение точек, прямых на плоском чертеже» представлены в методических указаниях к СРС.

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. Какие прямые частного положения существуют? Их классификация и определения.
9. Назовите свойства и признаки прямых уровня (горизонталь, фронталь, профильная прямая).
10. Назовите свойства и признаки проецирующих прямых (горизонтально-, фронтально- и профильно проецирующие прямые).
11. Назовите возможные случаи взаимного расположения прямых в пространстве и дайте им определения.
12. Что значит конкурирующие точки на плоском чертеже?
13. Теорема о проецировании прямого угла.
14. Проецирование плоских углов.
15. Какими размерами определяются форматы чертежных листов?
16. Где располагается основная надпись на чертежном листе?
17. Какие типы линий в соответствии с ГОСТ вы знаете?
18. Что такое масштаб чертежа, и какие масштабы вы знаете?
19. Какие существуют типы и размеры чертежных шрифтов?
20. На каком расстоянии друг от друга должны быть параллельные размерные линии?
21. Какие проставляются размеры при выполнении чертежа в масштабе, отличном от 1:1?
22. Как обозначают квадрат, диаметр, окружность при проставлении размеров?

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.

Лабораторное занятие

Теоретические положения

Плоскость на эпюре Монжа можно задать:

- проекциями трёх точек, не лежащих на одной прямой (рис. 33, а);
- проекциями точки и прямой (рис. 33, б);
- проекциями точки и двойной прямой (рис. 33, в);
- проекциями двух пересекающихся прямых (рис. 33, г);
- проекциями двух параллельных прямых (рис. 33, д);
- проекциями двух пересекающихся прямых принадлежащих плоскостям проекций – следами плоскостей (рис. 33, е);
- проекциями треугольника (рис. 33, 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.

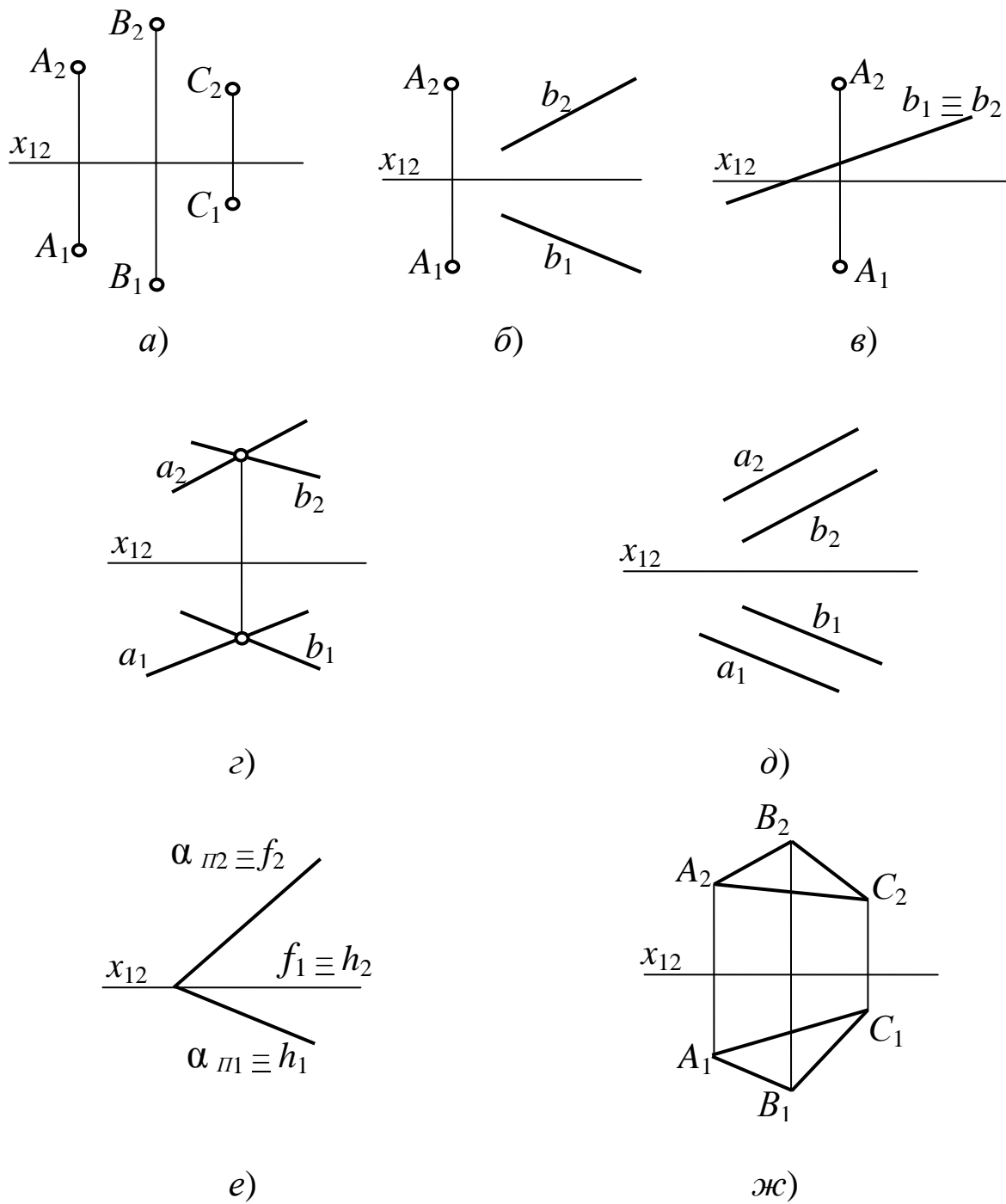


Рис. 33. Способы задания плоскости на комплексном чертеже (эпюре Монжа)

Линии уровня плоскости – это горизонтали и фронталы, принадлежащие плоскости (рис. 34).

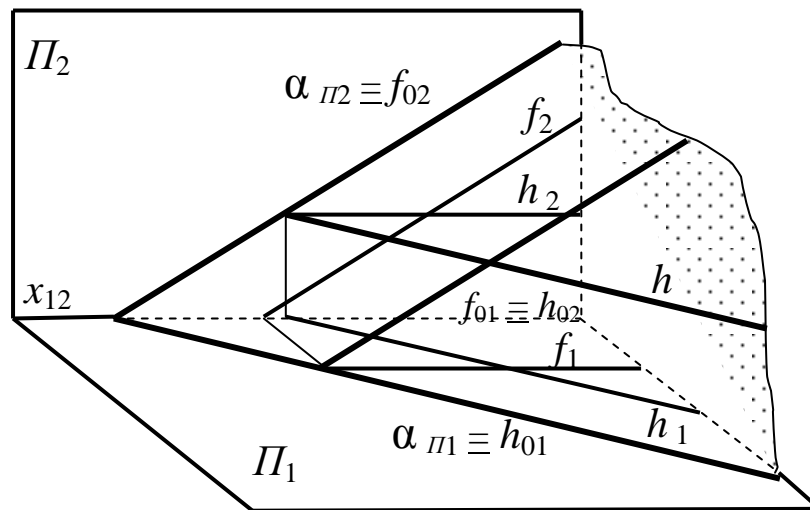


Рис. 34. Модель плоскости

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

Отличительным признаком горизонтали на эпюре 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 эпюре 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. 35). В приведённом примере фронталью является сторона треугольника AB .

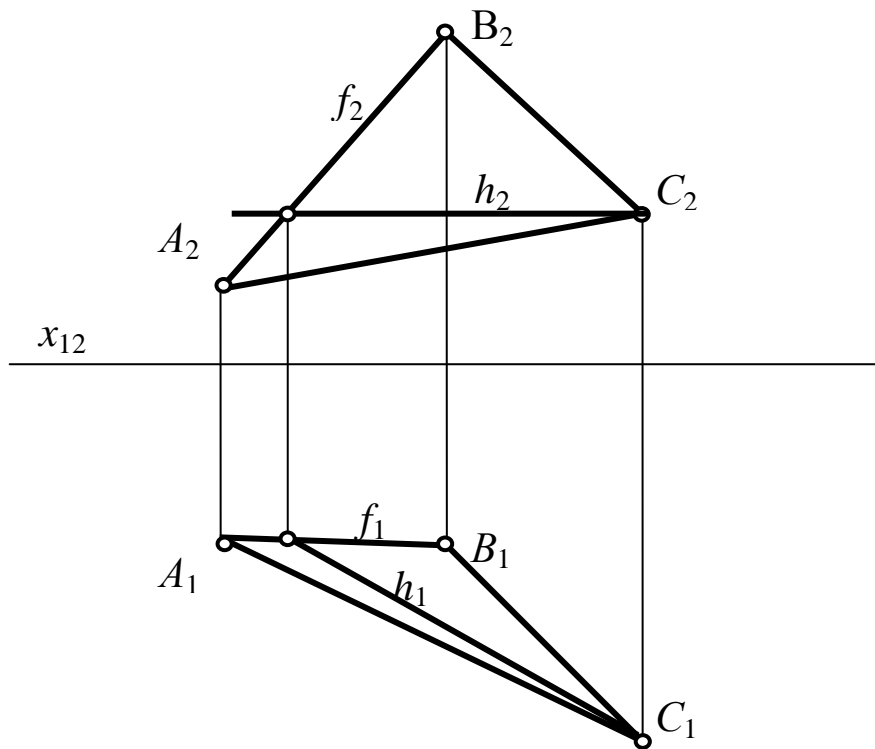


Рис. 35. Линии уровня в плоскости треугольника ABC

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 , Π_1 и Π_2). Построение следов плоскости показано на рисунке 36.

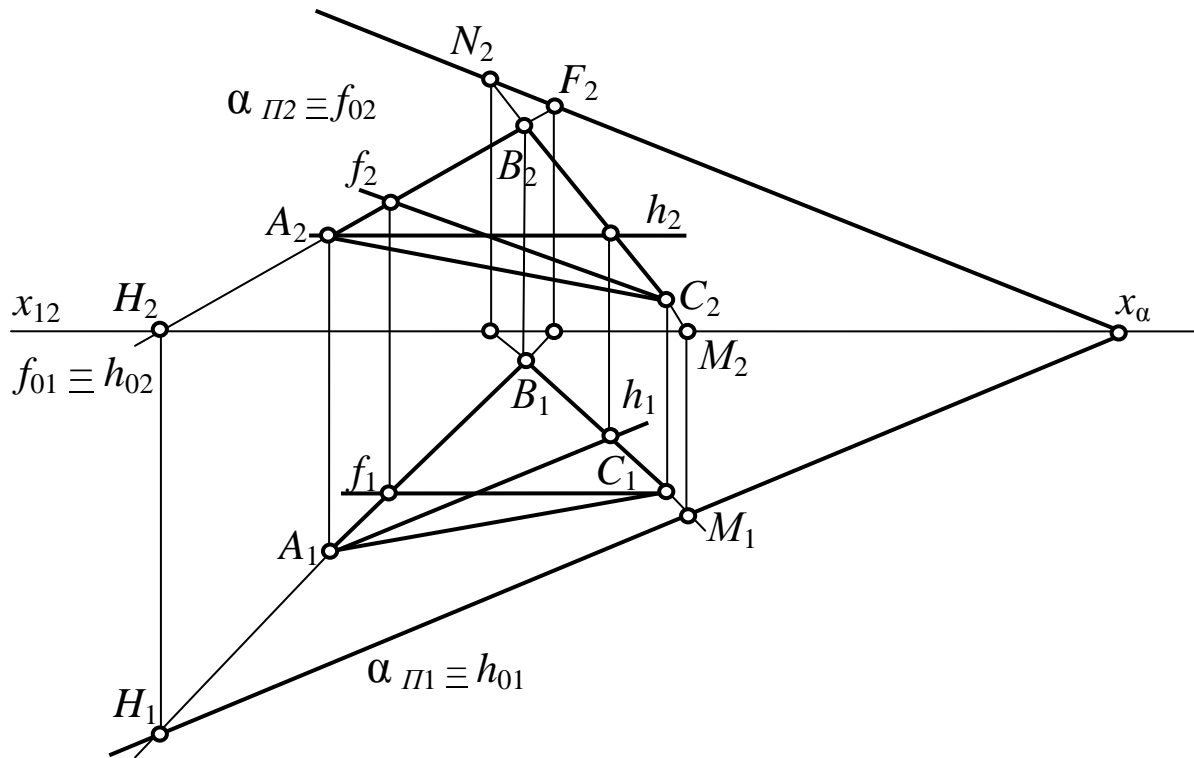
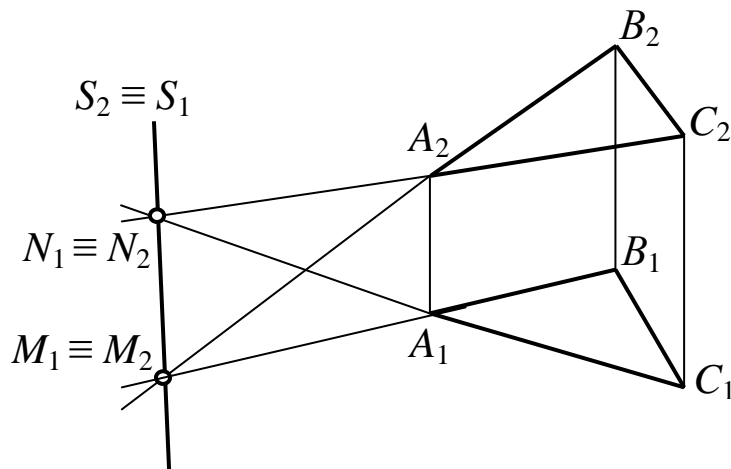


Рис. 36. Построение следов плоскости

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. 37).

Рис. 37. Двойная прямая ($S_2 \equiv S_1$)

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 38 показано построение всех названных особых линий плоскости.

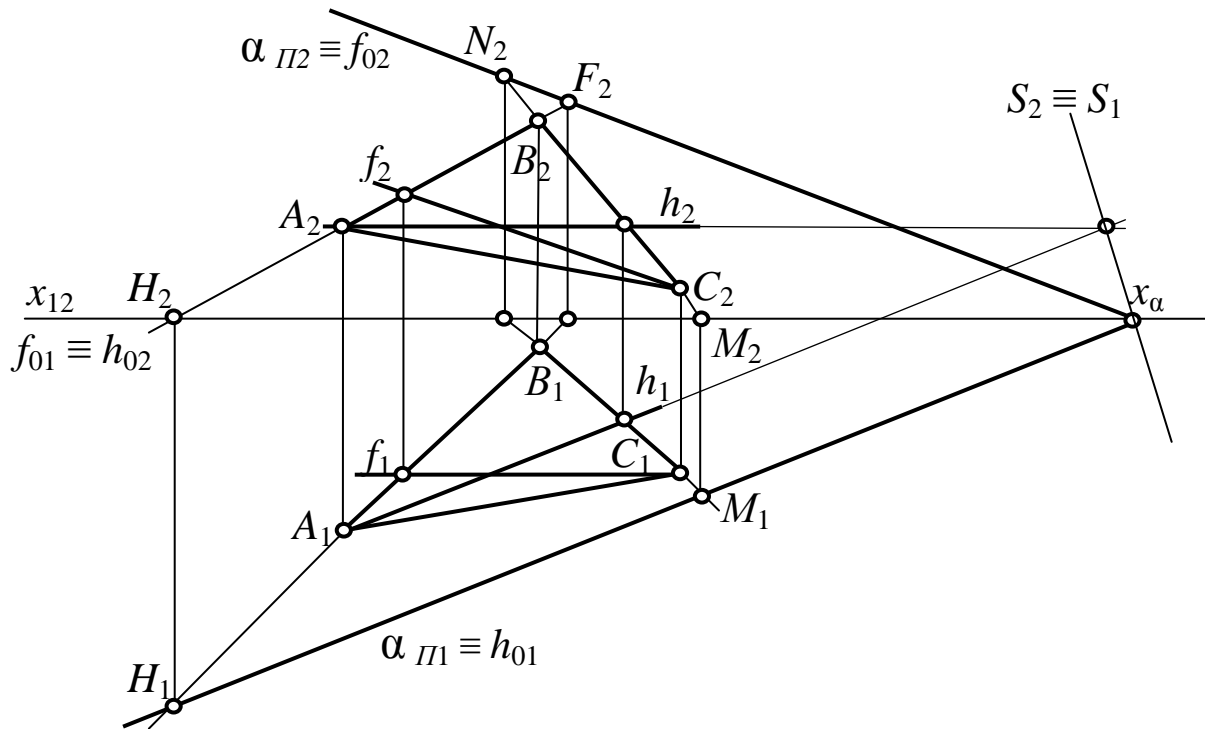


Рис. 38. Особые линии плоскости

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. 39, а). В качестве таких прямых могут служить, например, следы плоскости (рис. 39, б).

У параллельных плоскостей горизонтالي одной плоскости параллельны горизонталям другой плоскости, фронтоли также взаимно параллельны.

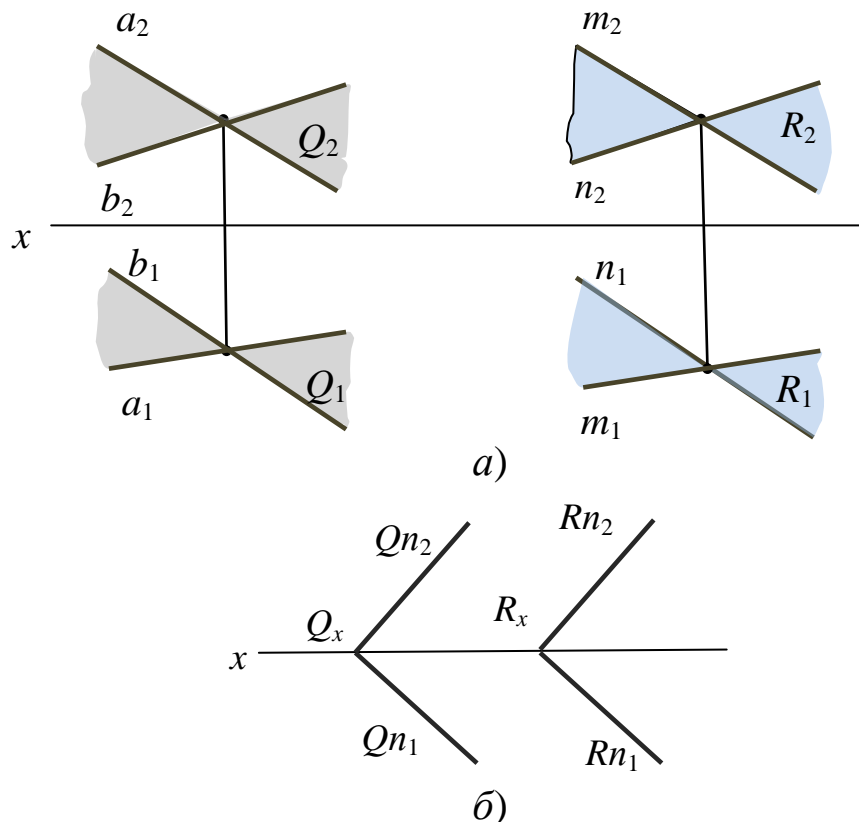


Рис. 39. Параллельные плоскости

**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. 40);

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 эпюре проекции точек 1 и 2, получаем линию пересечения плоскостей.

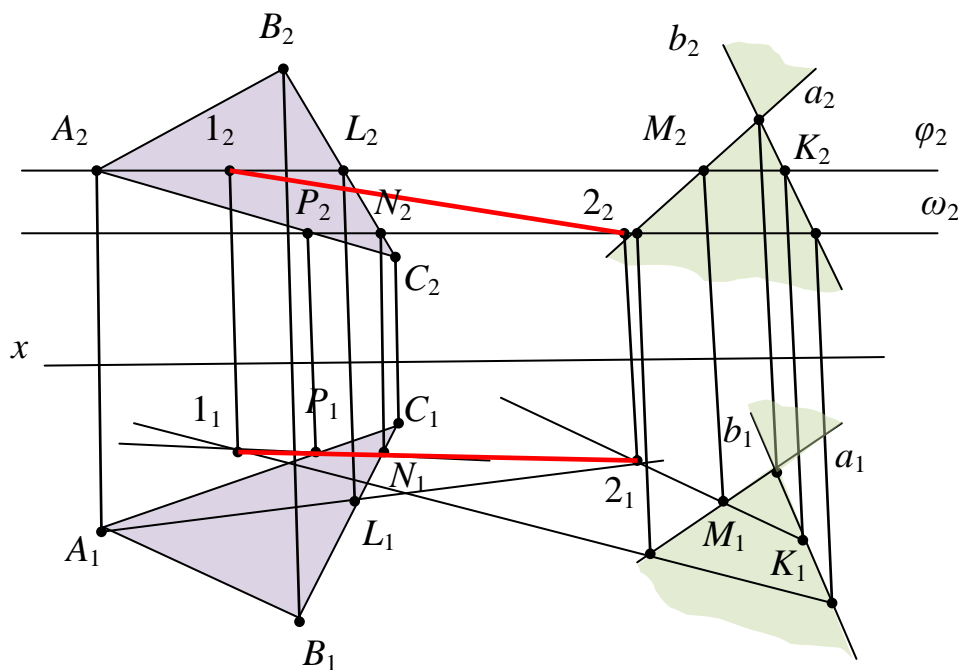


Рис. 40. Построение линии пересечения двух плоскостей

При задании пересекающихся плоскостей следами линию взаимного пересечения находят по точкам пересечения одноименных следов плоскостей. Для этого нужно (рис. 41 а, б):

1) продлить на эпюре 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.

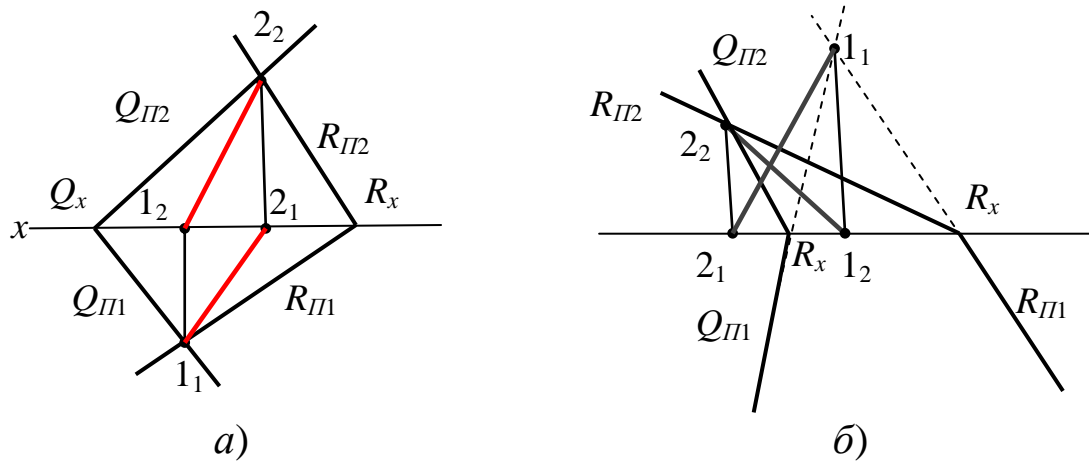


Рис. 41. Построение линии пересечения двух плоскостей

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. 42).

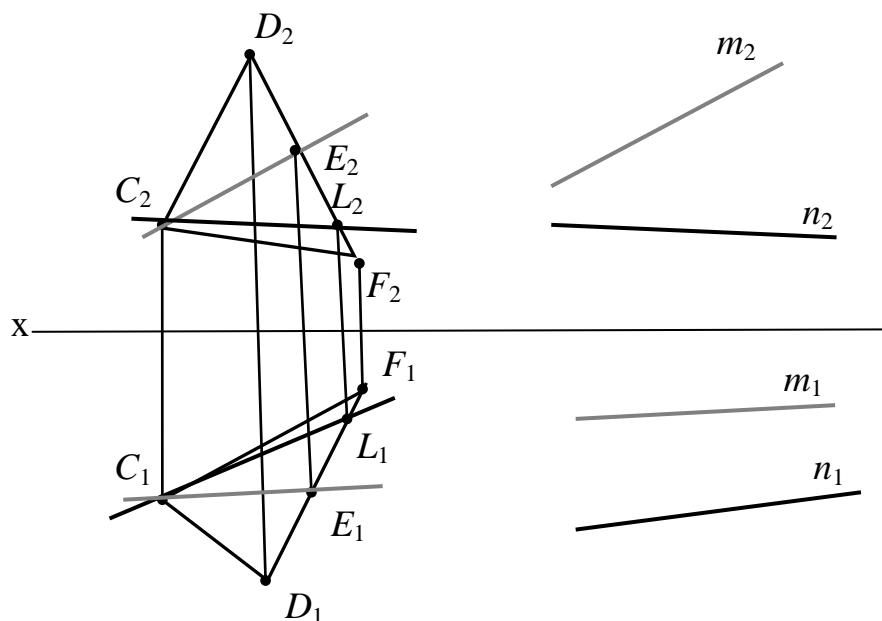


Рис. 42. Прямая параллельна плоскости

Вторая позиционная задача (Пересечение прямой с плоскостью)

Алгоритм решения позиционных задач на пересечение прямой с плоскостью:

1) через одну из проекций прямой проводят вспомогательную проецирующую плоскость. На рисунке 43, 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 .

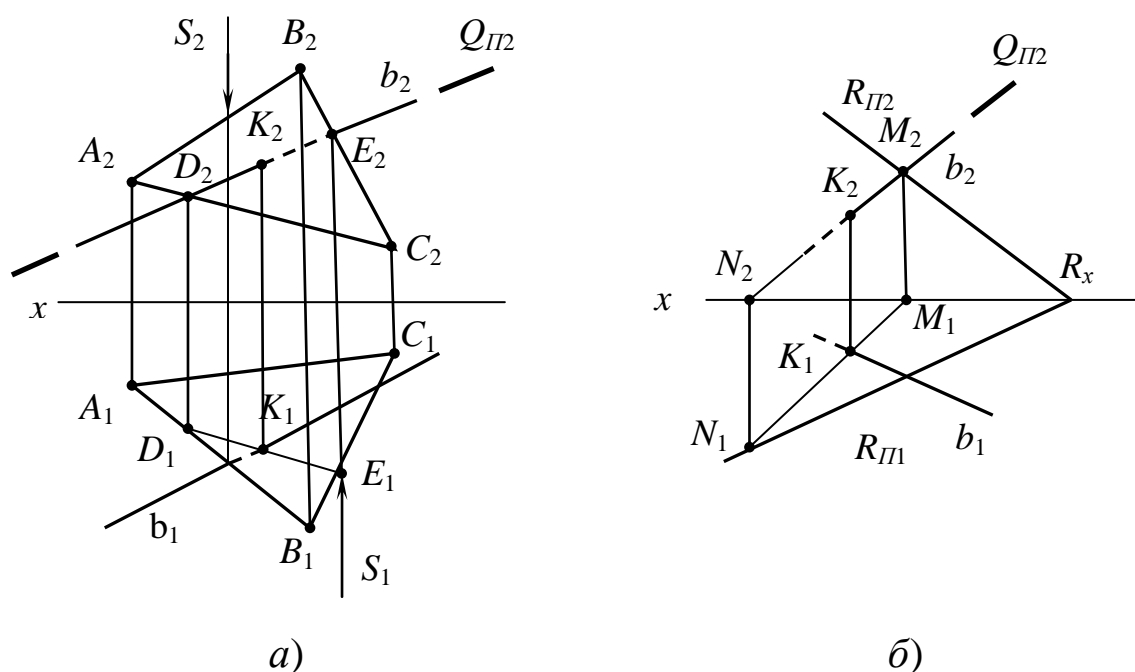


Рис. 43. Пересечение прямой с плоскостью

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. 43, 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. 44 а, б).

В качестве пересекающихся прямых плоскости при решении графических задач в начертательной геометрии используют главные (или особые) линии плоскости – горизонтالي, фронтالي 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. 44, 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. 44, б).

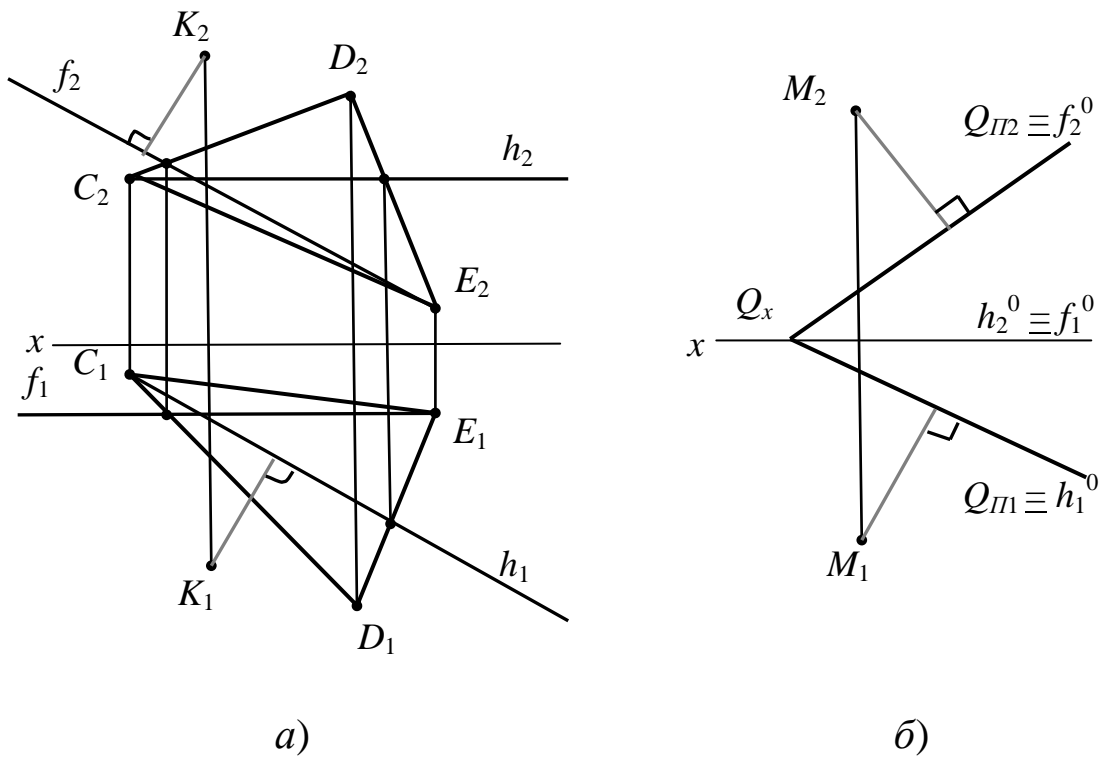


Рис. 44. Перпендикулярность прямой и плоскости

Две плоскости перпендикулярны, если одна плоскость содержит прямую, перпендикулярную другой плоскости (рис. 45).

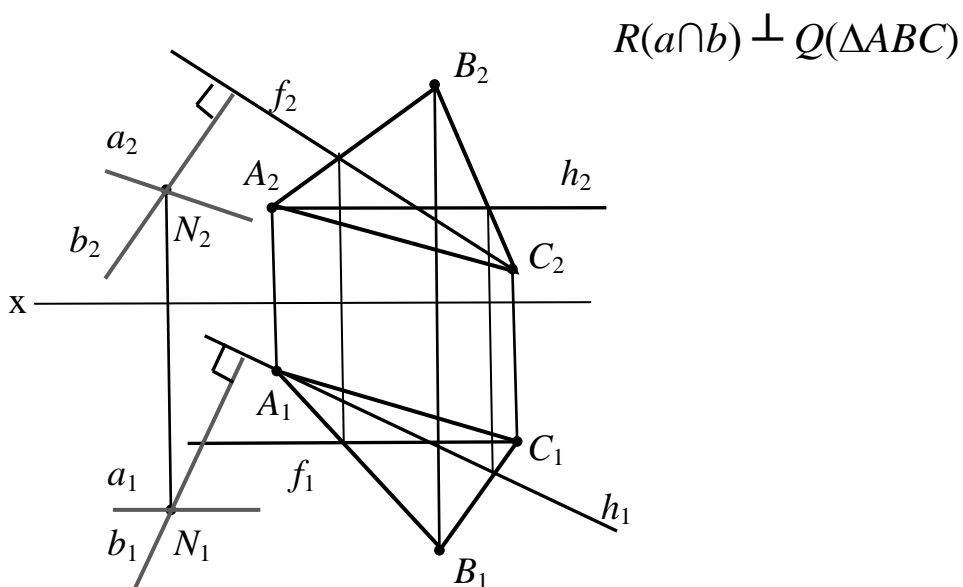
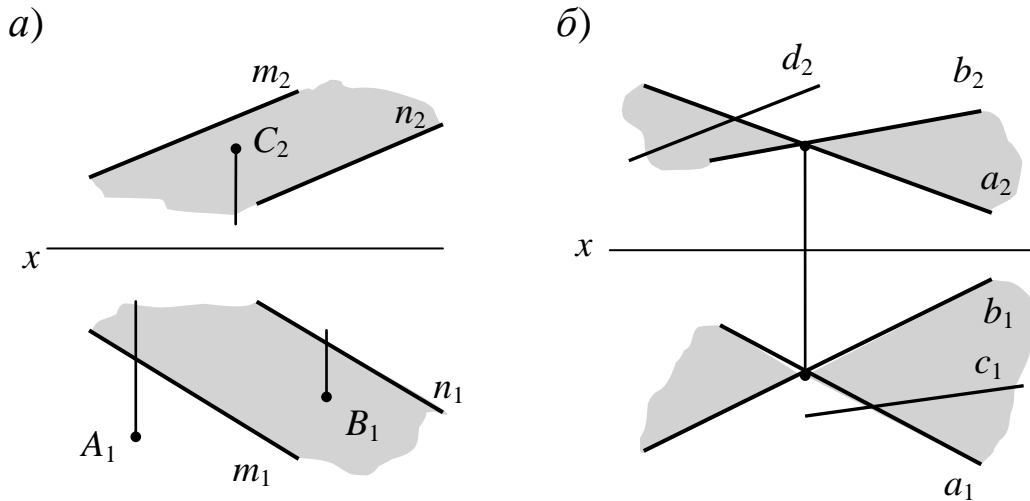


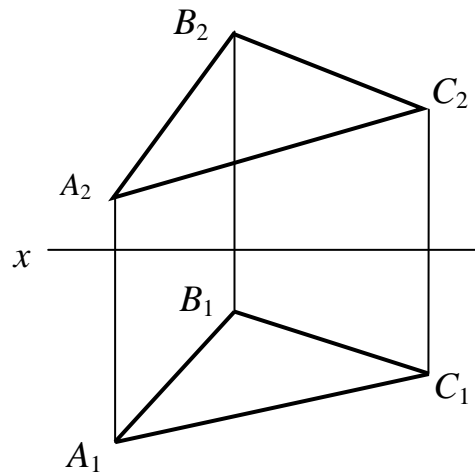
Рис. 45. Перпендикулярность двух плоскостей

Практическая часть

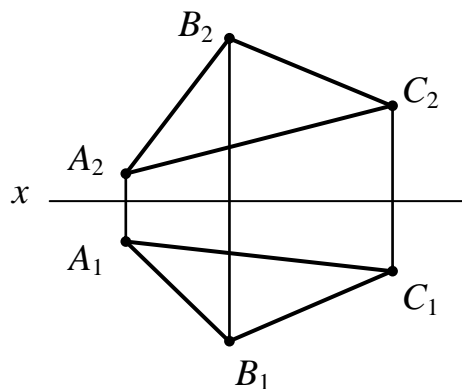
1. Достроить недостающие проекции *a)* точек и *б)* прямых, принадлежащих плоскости



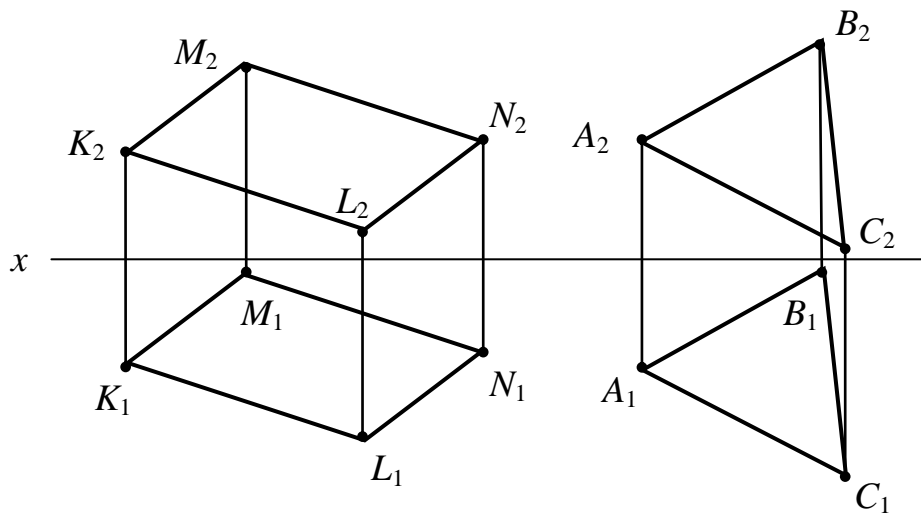
2. Построить следы плоскости



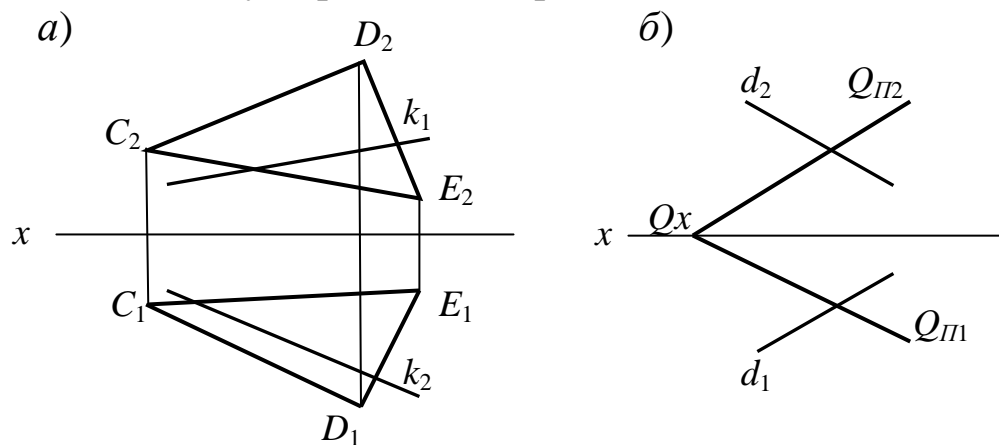
3. В плоскости треугольника построить линии наибольшего наклона, линию наибольшего ската.



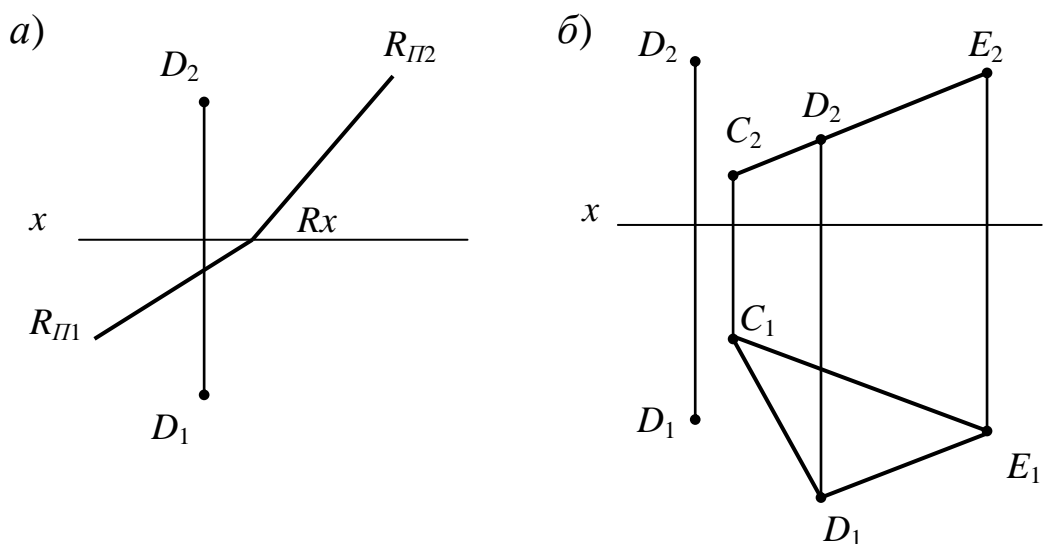
4. Построить линию пересечения двух плоскостей.



5. Найти точку пересечения прямой с плоскостью.



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

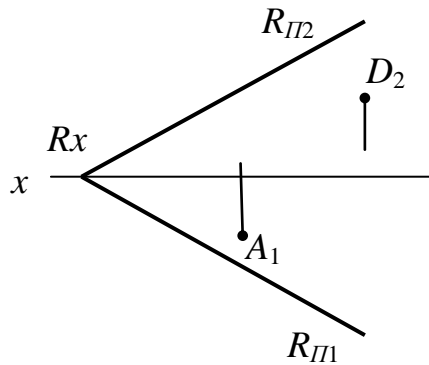


Самостоятельная работа

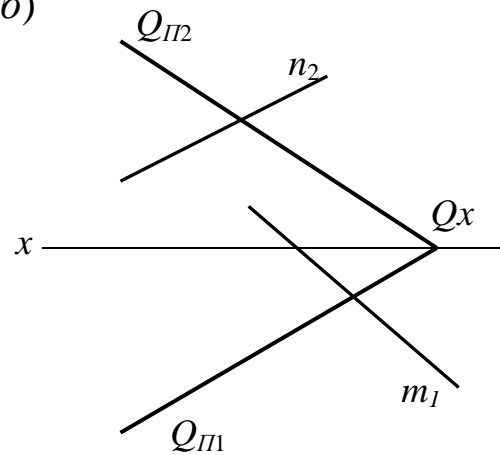
Дз2 «Позиционные задачи», решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4.

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

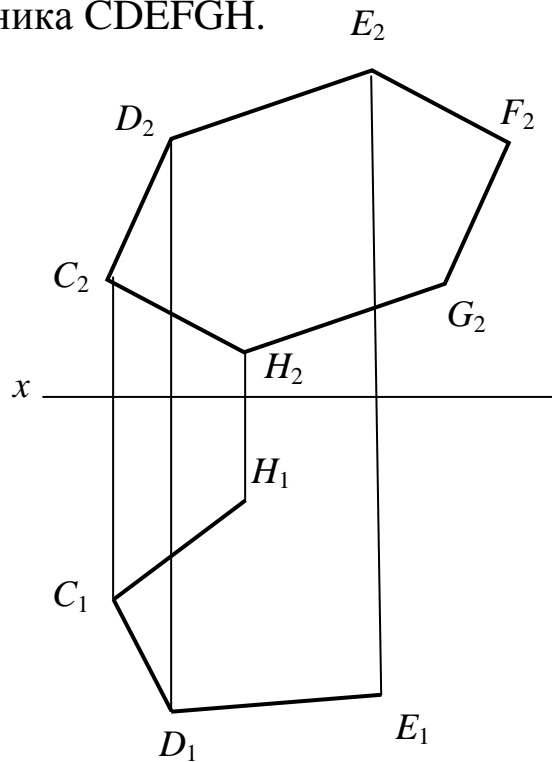
а)



б)

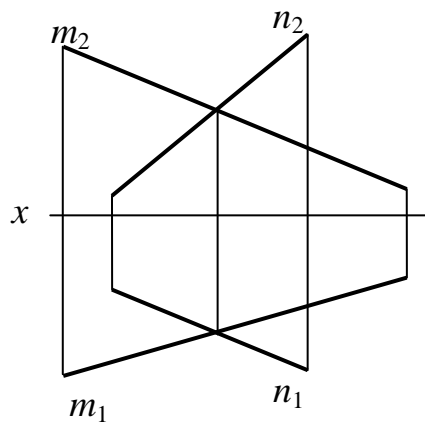


2. Достроить недостающую проекцию плоскости пятиугольника CDEFGH.

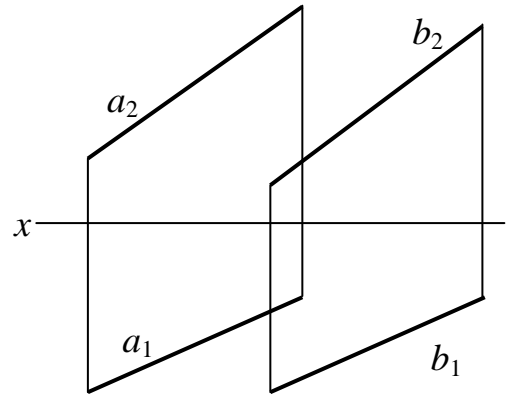


3. Построить следы плоскости.

а)

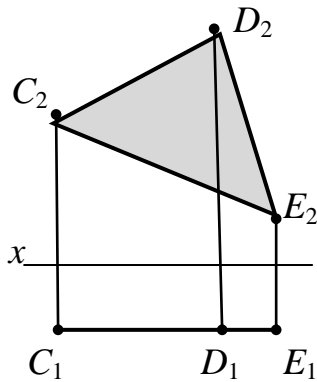


б)

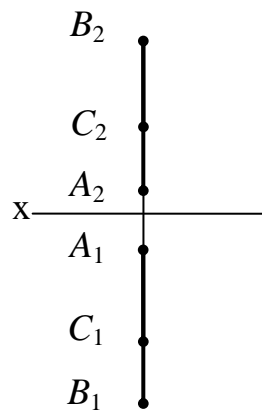


4. По заданным проекциям определить тип плоскости.

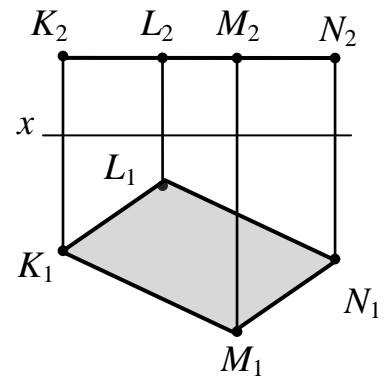
а)



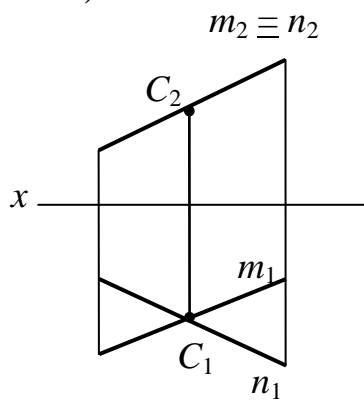
б)



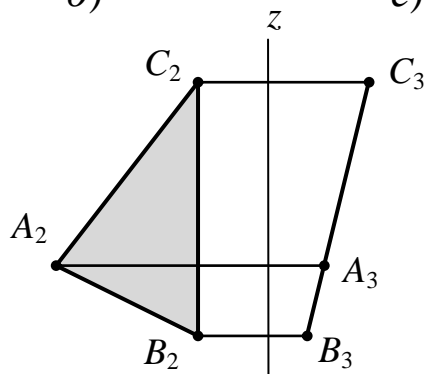
в)



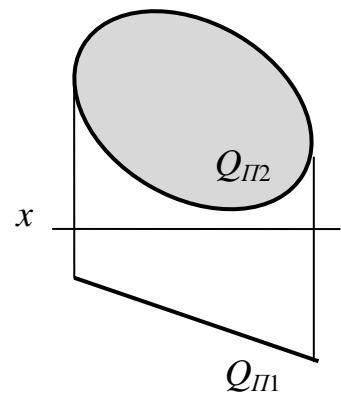
г)



д)

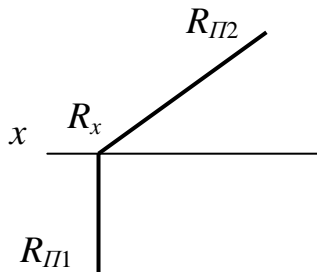


е)

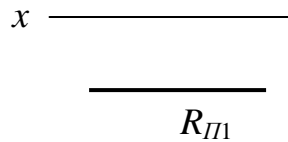


5. По заданным проекциям следов определить тип плоскости.

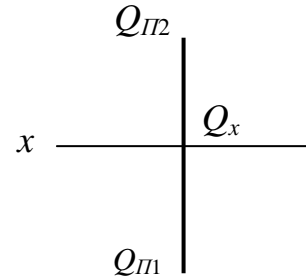
а)



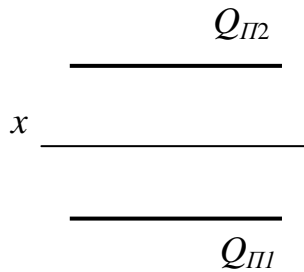
б)



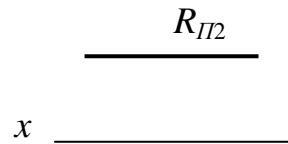
в)



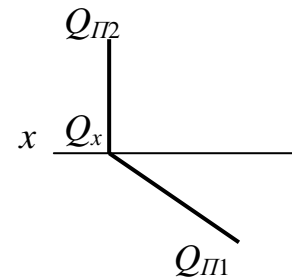
г)



д)

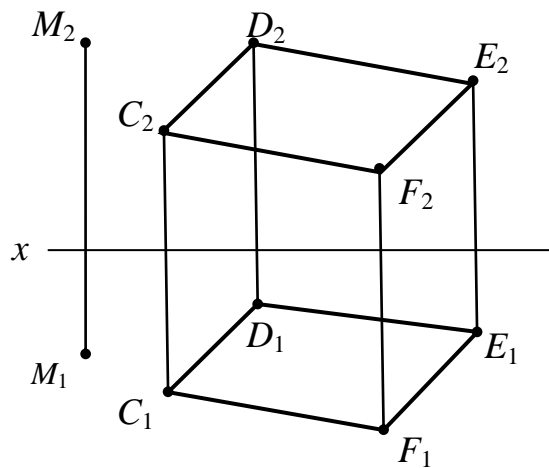


е)

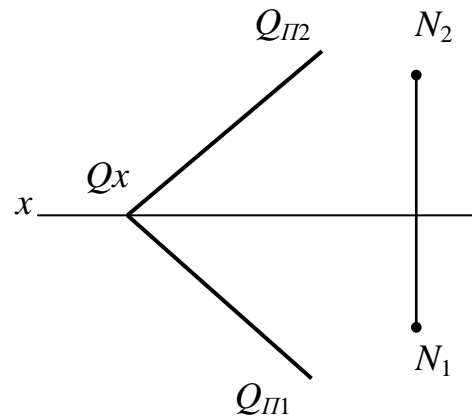


6. Через точку М (N) построить плоскость, параллельную заданной.

а)

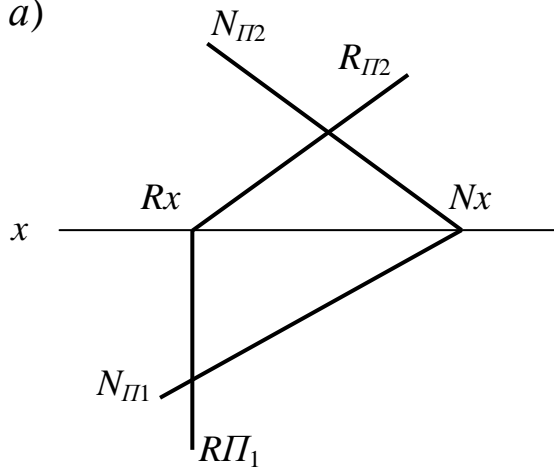


б)

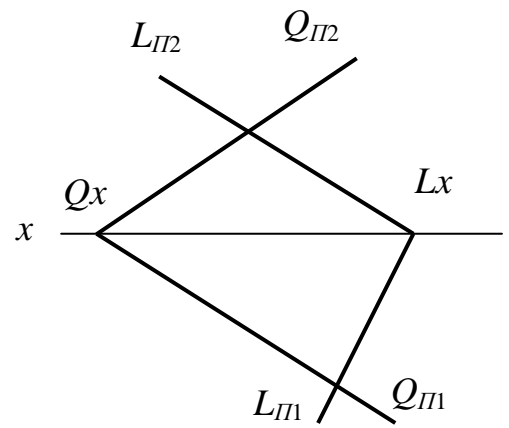


7. Построить линию пересечения двух плоскостей.

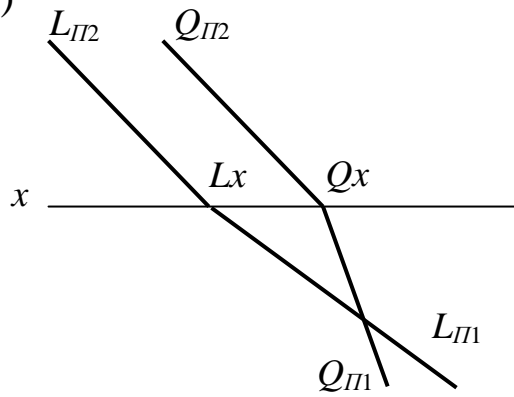
а)



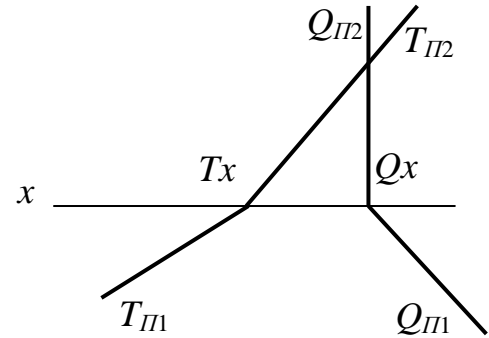
б)



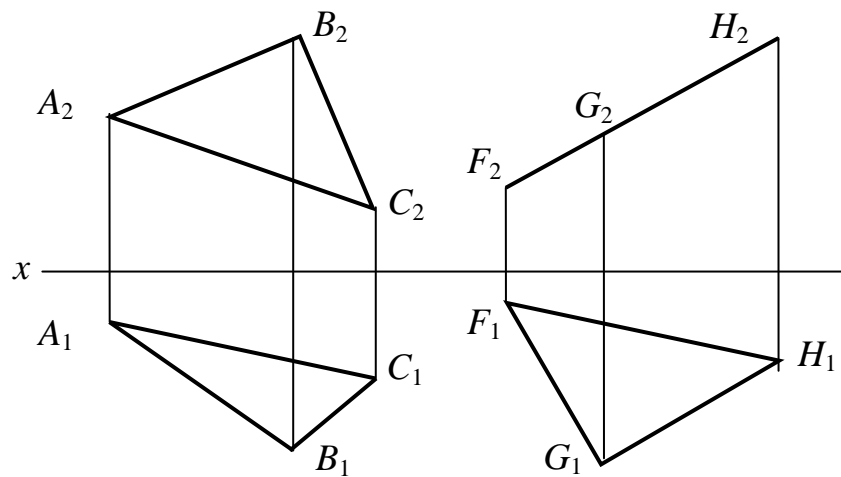
в)



г)

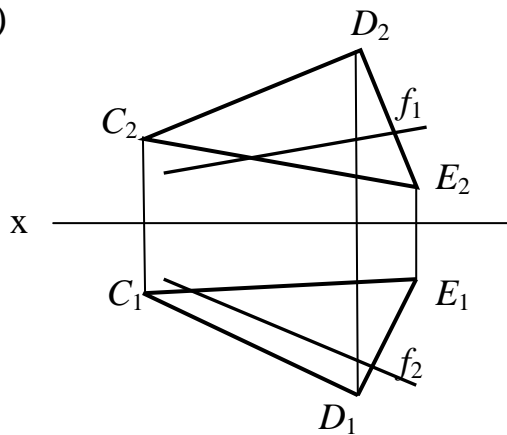


д)

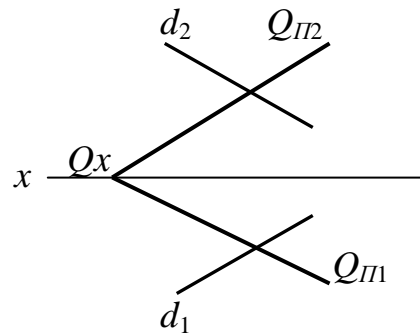


8. Найти точку пересечения прямой с плоскостью.

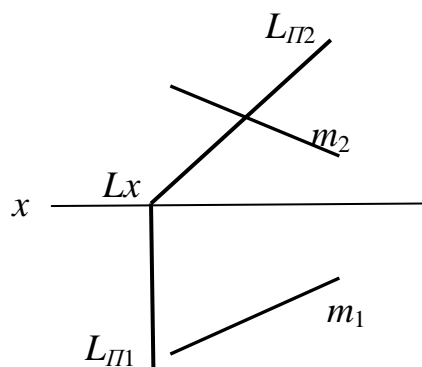
а)



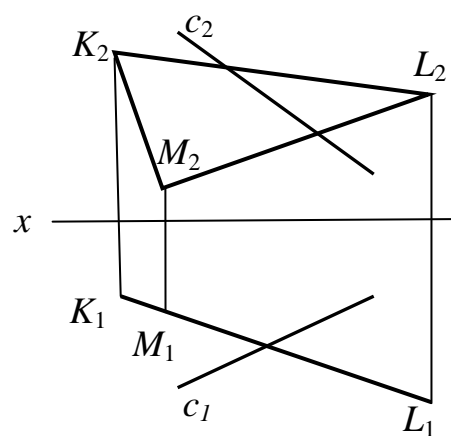
б)



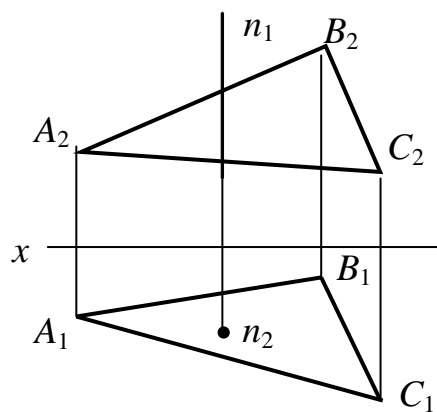
в)



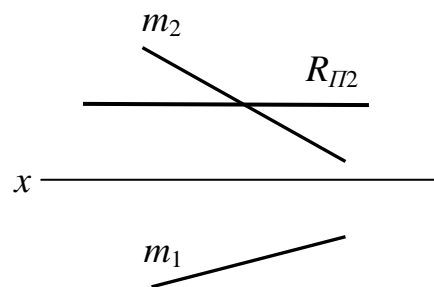
г)



д)



е)



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, фронтали 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?

Раздел 3. Методы преобразования ортогональных проекций

Метод перемены плоскостей проекций. Плоскопараллельное перемещение. Метод вращения.

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. 46). 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 .

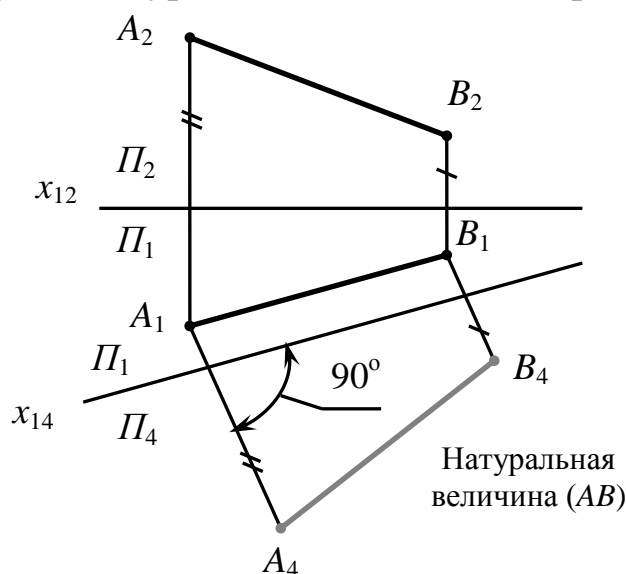


Рис. 46. Определение натуральной величины отрезка AB
методом замены плоскостей проекций

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

Как видно из рис. 47 для решения данной задачи необходимо выполнить две последовательные замены. Сначала проводят плоскость Π_4 , располагая новую ось x_{14} параллельно

проекцию 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.

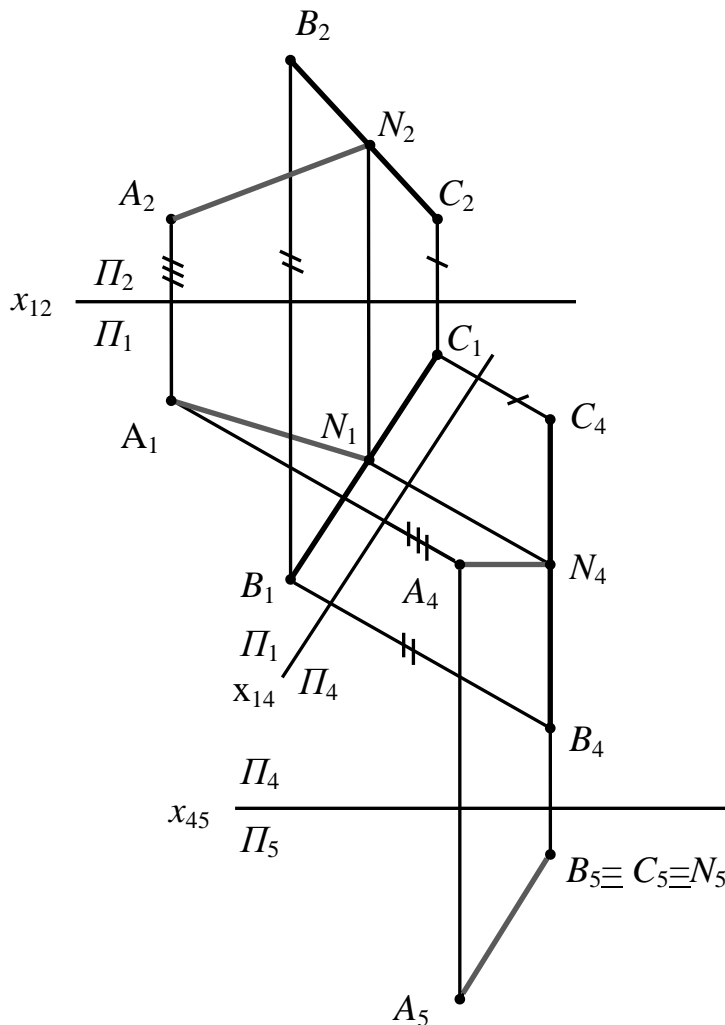


Рис. 47. Определение расстояния от точки A до отрезка прямой BC методом замены плоскостей проекций

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 незаменяемой плоскости проекций.

На рисунке 48, *a* 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 .

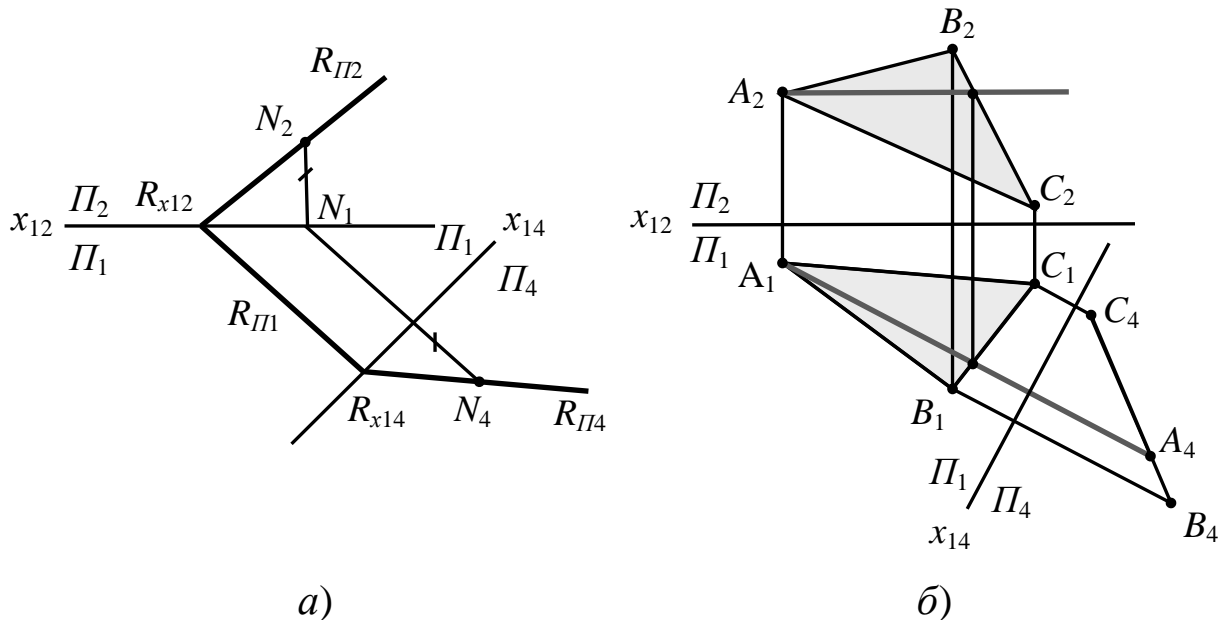


Рис. 48. Преобразование плоскости общего положения в проецирующую методом замены плоскостей проекций

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 48, 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 49 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.

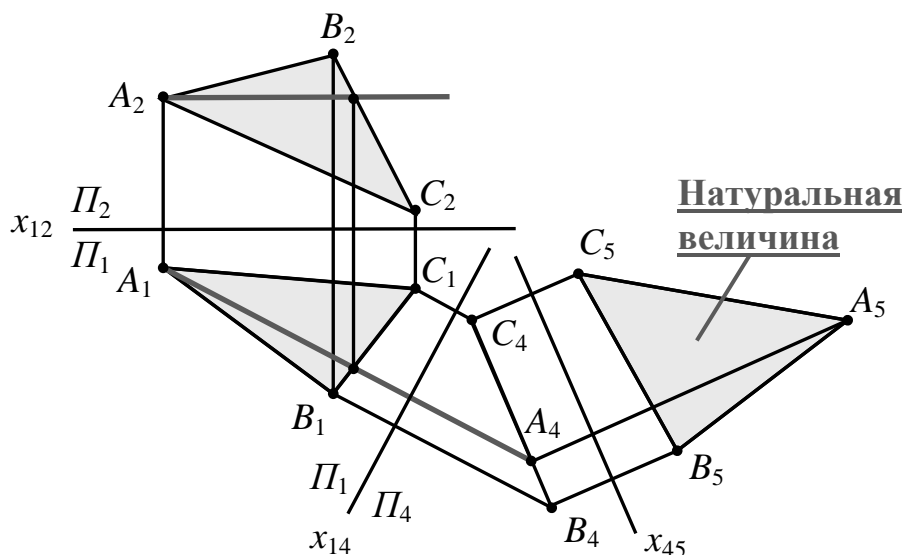
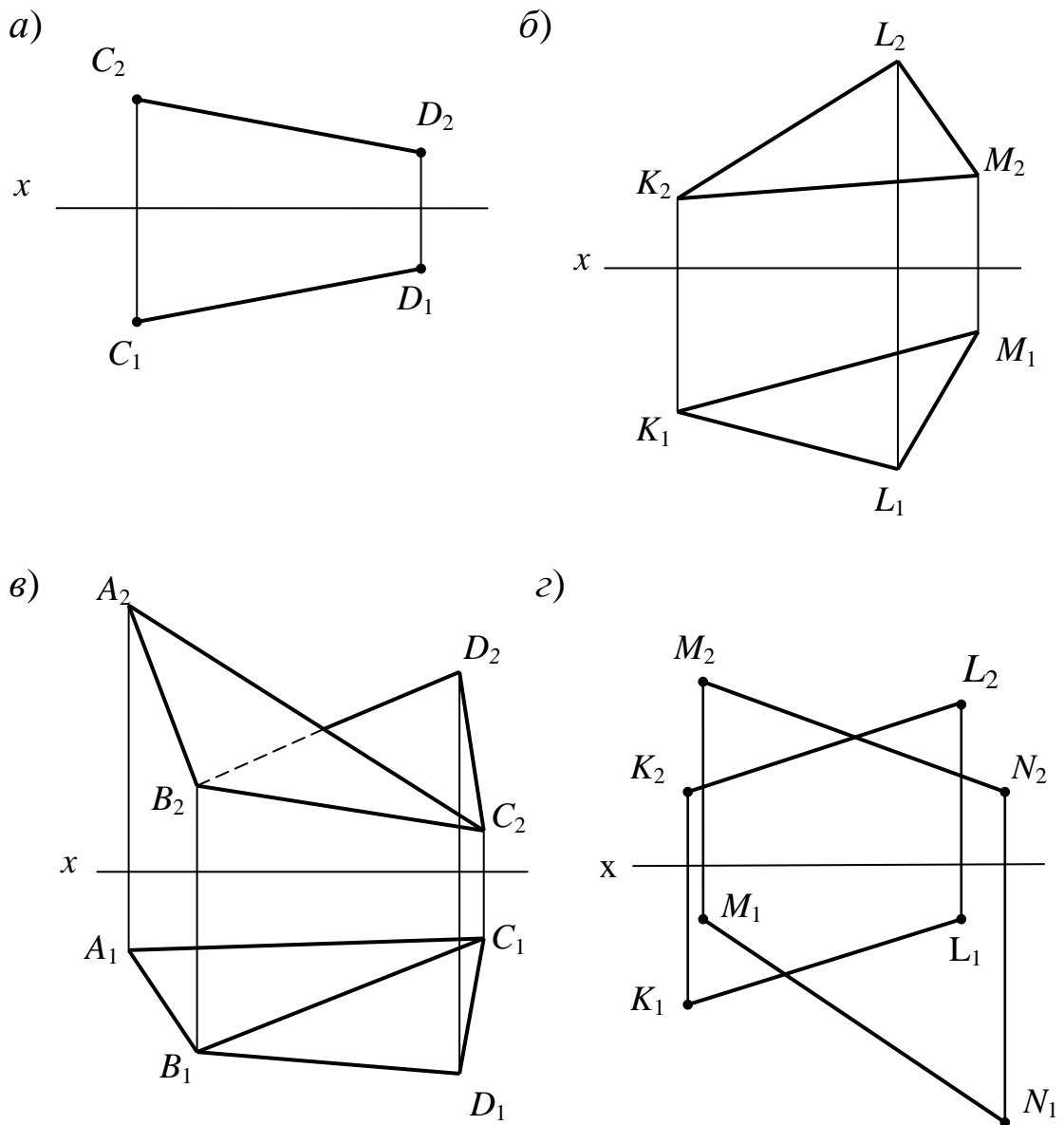


Рис. 49. Определение натуральной величины треугольника ABC методом замены плоскостей проекций

Практическая часть

Методом перемены плоскостей проекций определить:

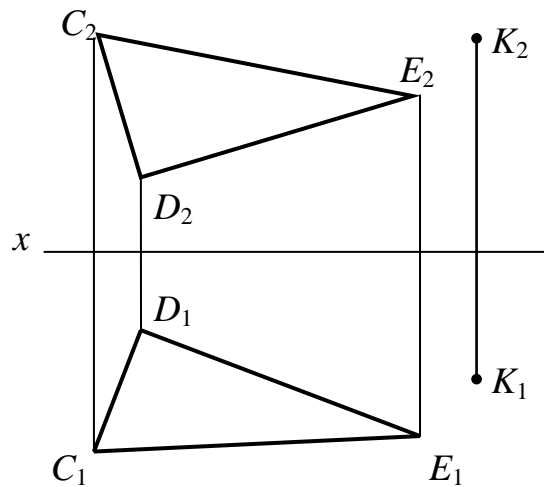
- натуральную величину отрезка прямой CD ;
- натуральную величину плоскости треугольника KLM ;
- натуральную величину двугранного угла;
- расстояние между скрещивающимися прямыми.



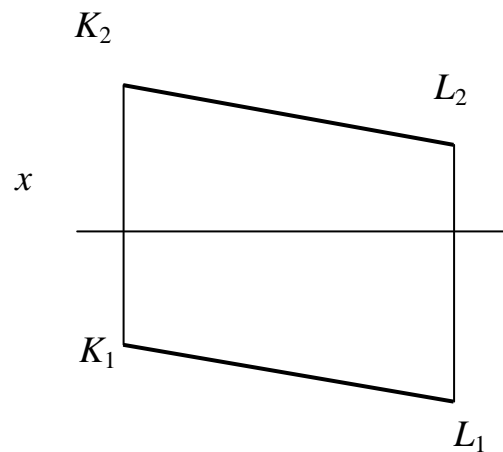
Самостоятельная работа

Дз3 «Метрические задачи», решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4.

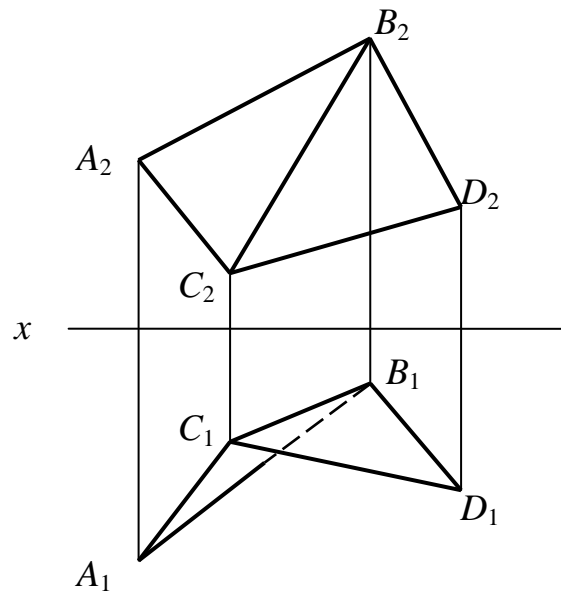
1. Определить расстояние от точки K до плоскости треугольника CDE .



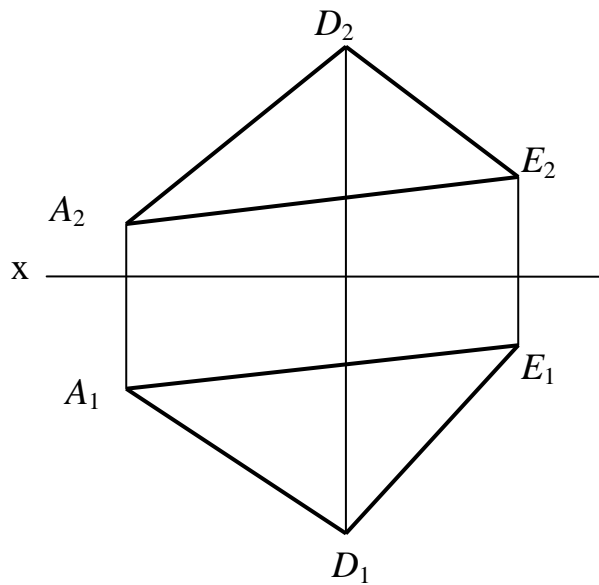
2. Методом вращения определить натуральную величину прямой KL и углы ее наклона к плоскостям проекций Π_1 и Π_2 .



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

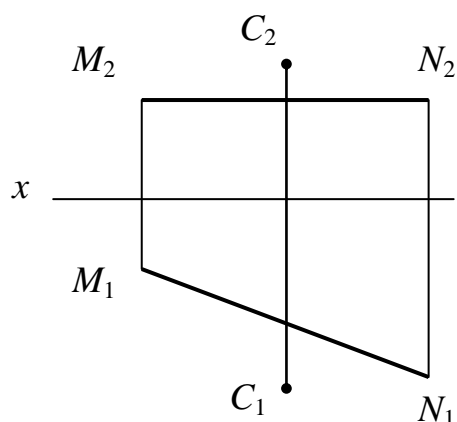


4. Методом преобразования чертежа путем изменения вида проецирования преобразовать плоскость треугольника ADE в проецирующую.

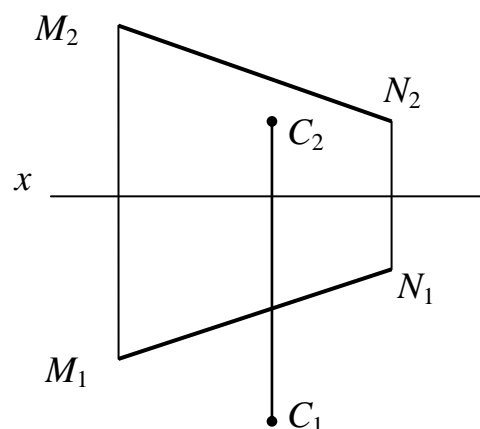


5. Определить расстояние от точки C до прямой MN .

а)

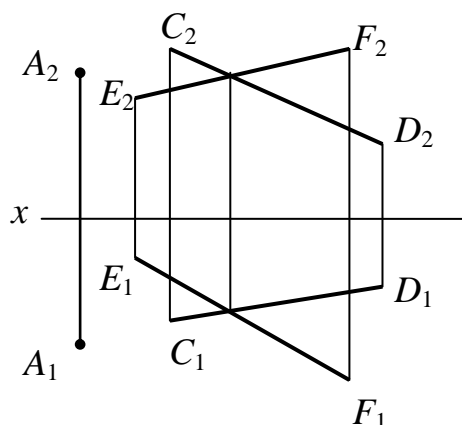


б)

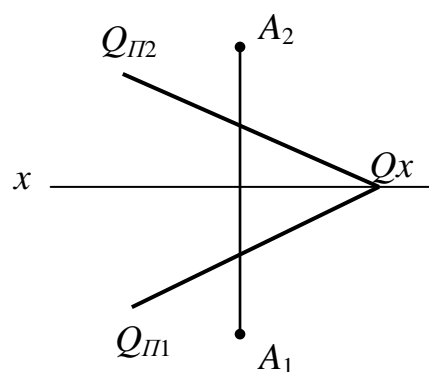


6. Определить расстояние от точки A до заданных плоскостей.

а)



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.

Лабораторное 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 параллелей 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. 50, *а*).

Цилиндрическая поверхность вращения образуется вращением прямой l вокруг параллельной ей оси i (рис. 50, *б*). Эту поверхность называют еще цилиндром или прямым круговым цилиндром.

Сфера, образуется вращением окружности вокруг ее диаметра (рис. 50, *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. 51, *а*). Если ось вращения находится вне окружности, то такой тор называется открытым (рис. 51, *б*). Открытый тор называется еще кольцом.

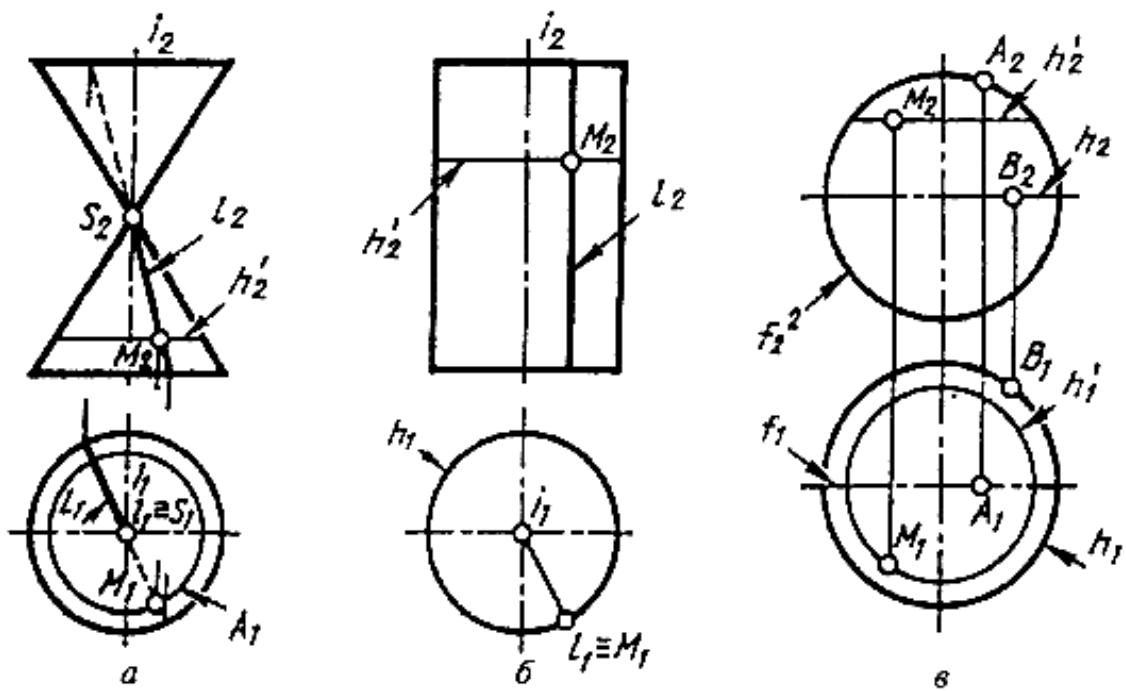


Рис. 50. Поверхности вращения

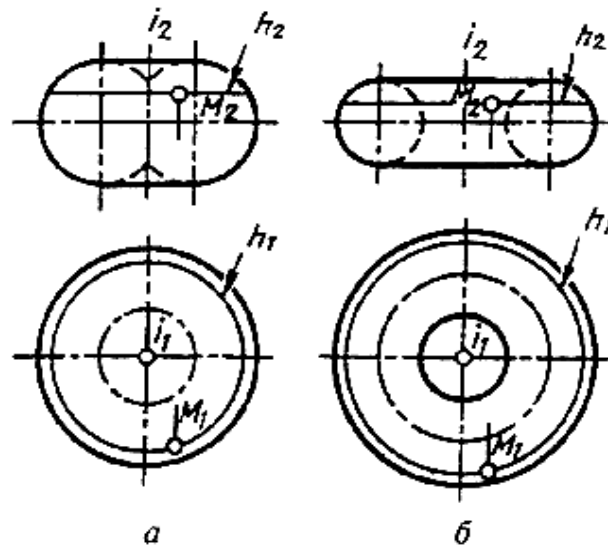


Рис. 51. Тор образуется вращением окружности или ее дуги вокруг оси

Поверхности вращения могут быть образованы и другими кривыми второго порядка. Эллипсоид вращения (рис. 52, а) образуется вращением эллипса вокруг одной из его осей; параболоид вращения (рис. 52, б) – вращением параболы вокруг

ее оси; гиперболоид вращения однополостный (рис. 52, в) образуется вращением гиперболы вокруг мнимой оси, а двуполостный (рис. 52, г) – вращением гиперболы вокруг действительной оси.

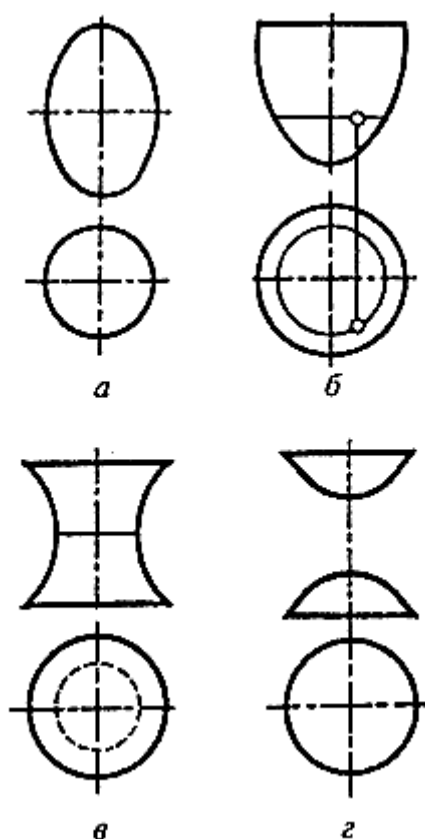


Рис. 52. Поверхности вращения,
образованные кривыми второго порядка

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. 50, 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. 50, *a*), 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. 53, 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.

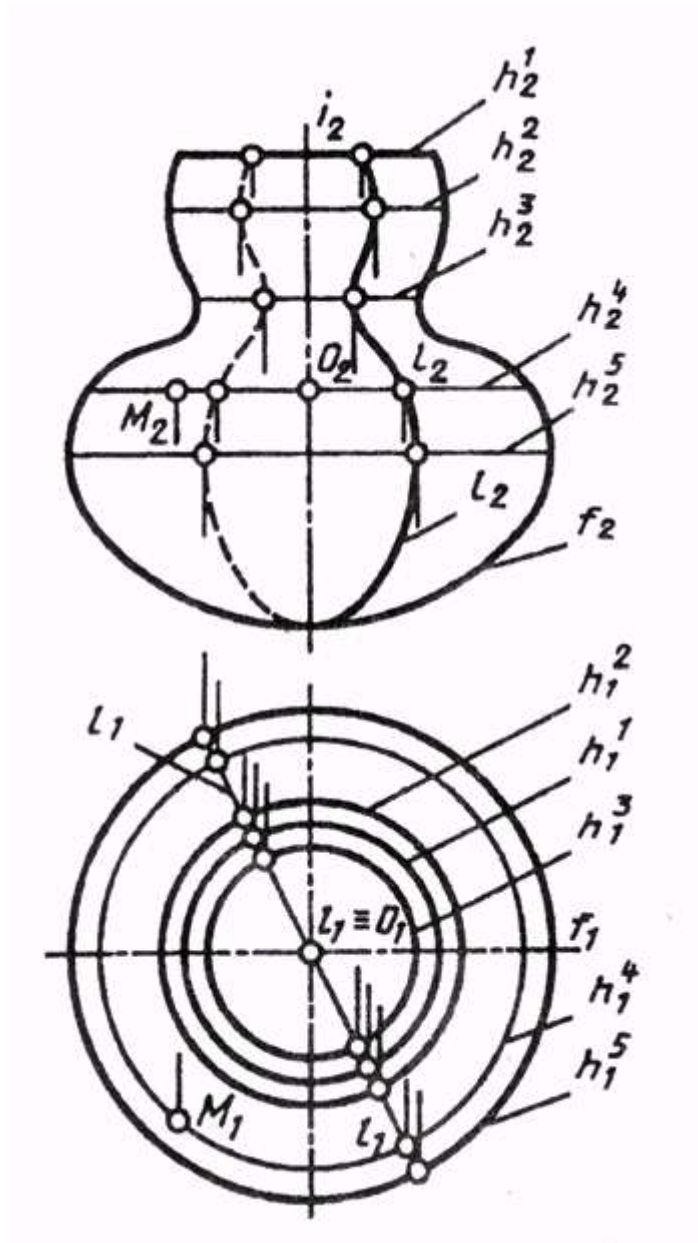


Рис. 53. Точки и линия l на поверхности вращения

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.

Строить точку на криволинейных поверхностях вращения удобнее всего с помощью параллелей поверхности. На рис. 53 точка M построена на параллели h^4 .

Эту задачу можно рассмотреть на примере рис. 50, *а*. 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. 50, *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. 51).

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. 54, 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. 54, 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.

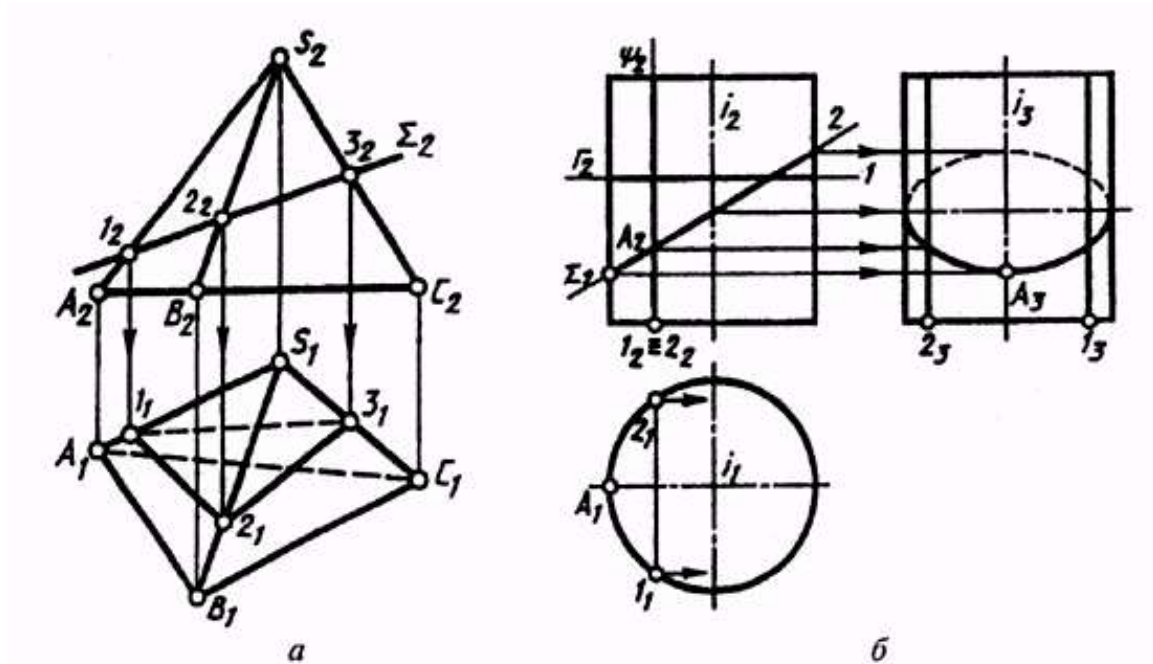


Рис. 54. Пересечение поверхностей плоскостью

Задача 3. Построить пересечение конической поверхности плоскостью.

Решение: при пересечении конической поверхности плоскостью могут быть получены следующие линии (рис. 55, а – д):

- окружность, если секущая плоскость Γ перпендикулярна оси вращения (рис. 55, а);
- эллипс, если секущая плоскость Σ пересекает все образующие поверхности (рис. 55, б);
- парабола, если секущая плоскость (Σ^2) параллельна только одной образующей (S^1) поверхности (рис. 55, в);
- гипербола, если секущая плоскость (Σ^3) параллельна двум образующим (S^5 и S^6) поверхности (рис. 55, г);
- две образующие (прямые), если секущая плоскость (Σ^4) проходит через вершину S поверхности (рис. 55, д).

Проекции кривых линий сечений плоскостью конуса строятся по отдельным точкам (точки 2, 4 на рис. 55, б).

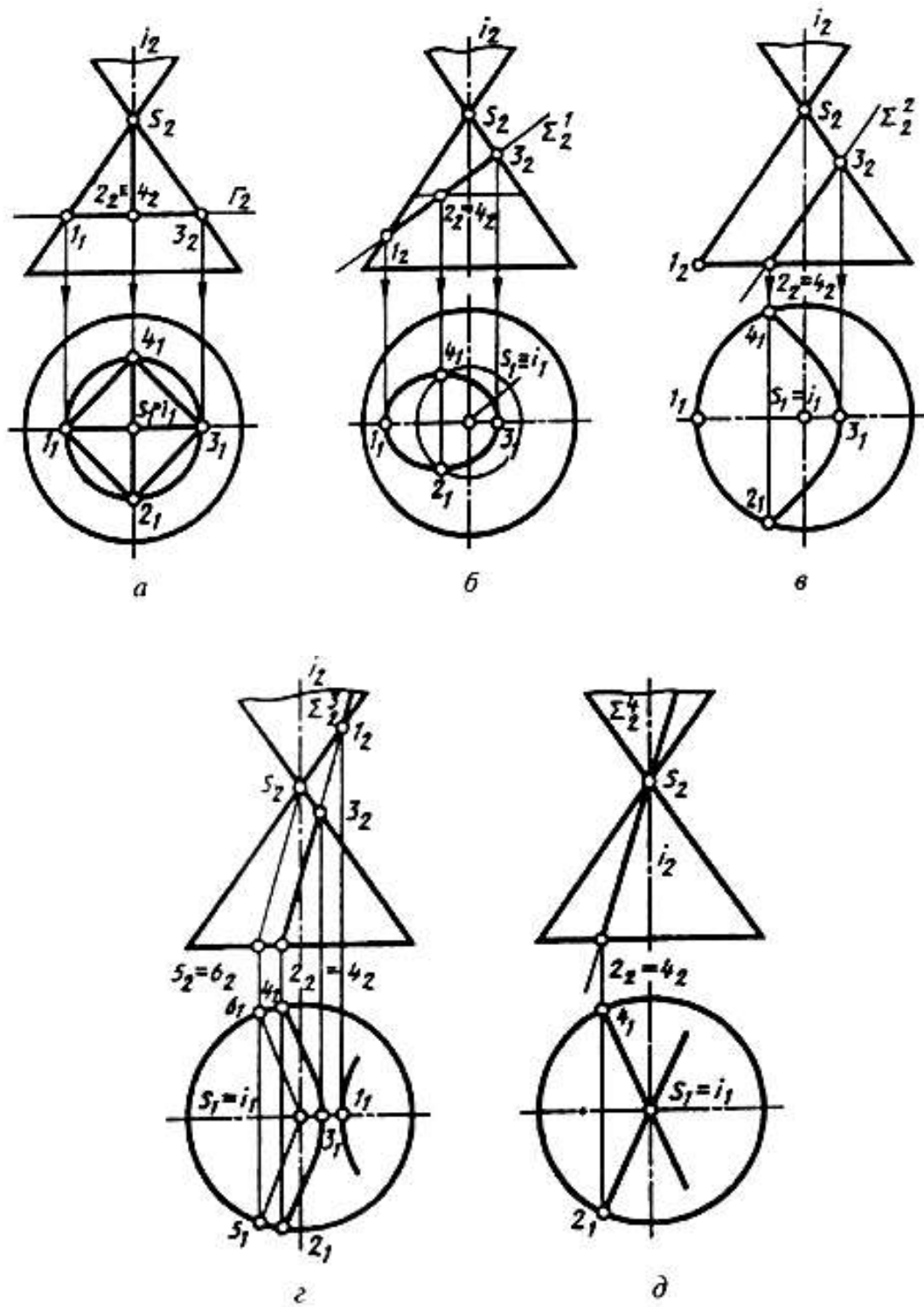


Рис. 55. Пересечение конической поверхности плоскостью

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. 56, а).

Если секущая плоскость занимает проецирующее положение, то на плоскости проекций, которой секущая плоскость перпендикулярна (рис. 56, 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.

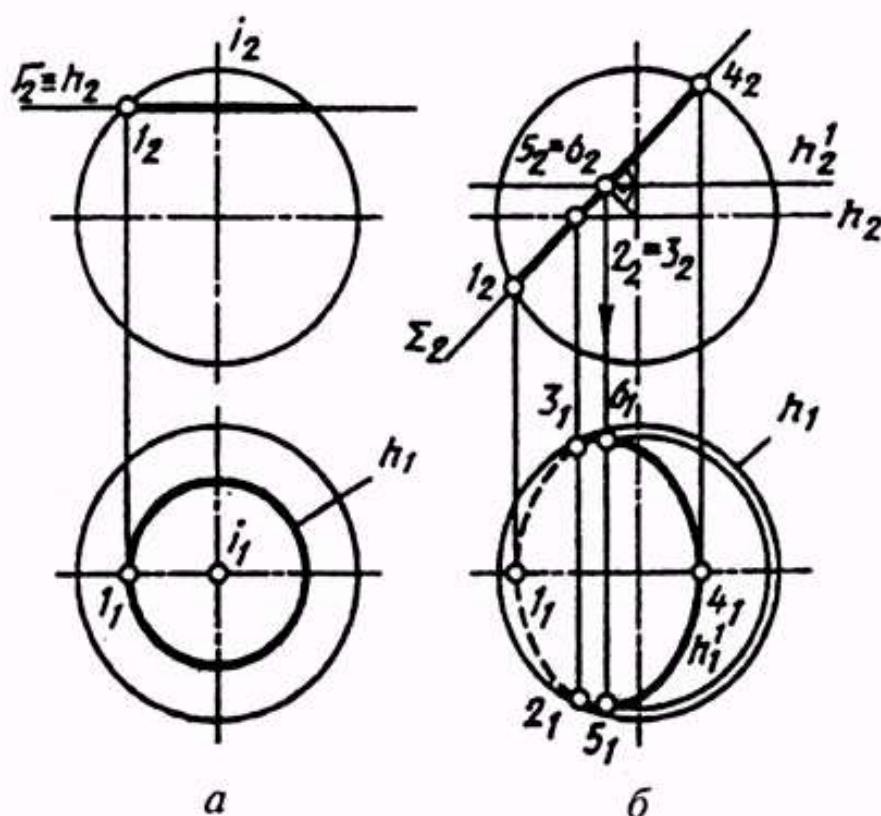


Рис. 56. Пересечение сферы плоскостью

Пересечение поверхностей плоскостями общего положения

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

Решение: для решения задачи (рис. 57) плоскость общего положения P ($P_1 P_2$) преобразуют способом замены плоскостей проекций в проецирующую. Заменяют фронтальную плоскость проекции Π_2 на Π_4 . Проводят ось x_1 перпендикулярно к горизонтальному следу p_i 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 точки E и в системе Π_1/Π_4 . Через проекцию E_4 и точку схода следов на оси Px_{14} проводят фронтальный след P_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. 57), т.е. сначала строят горизонтальную проекцию фигуры сечения, а затем, используя признак принадлежности точки плоскости, строят фронтальную проекцию фигуры сечения сферы плоскостью общего положения.

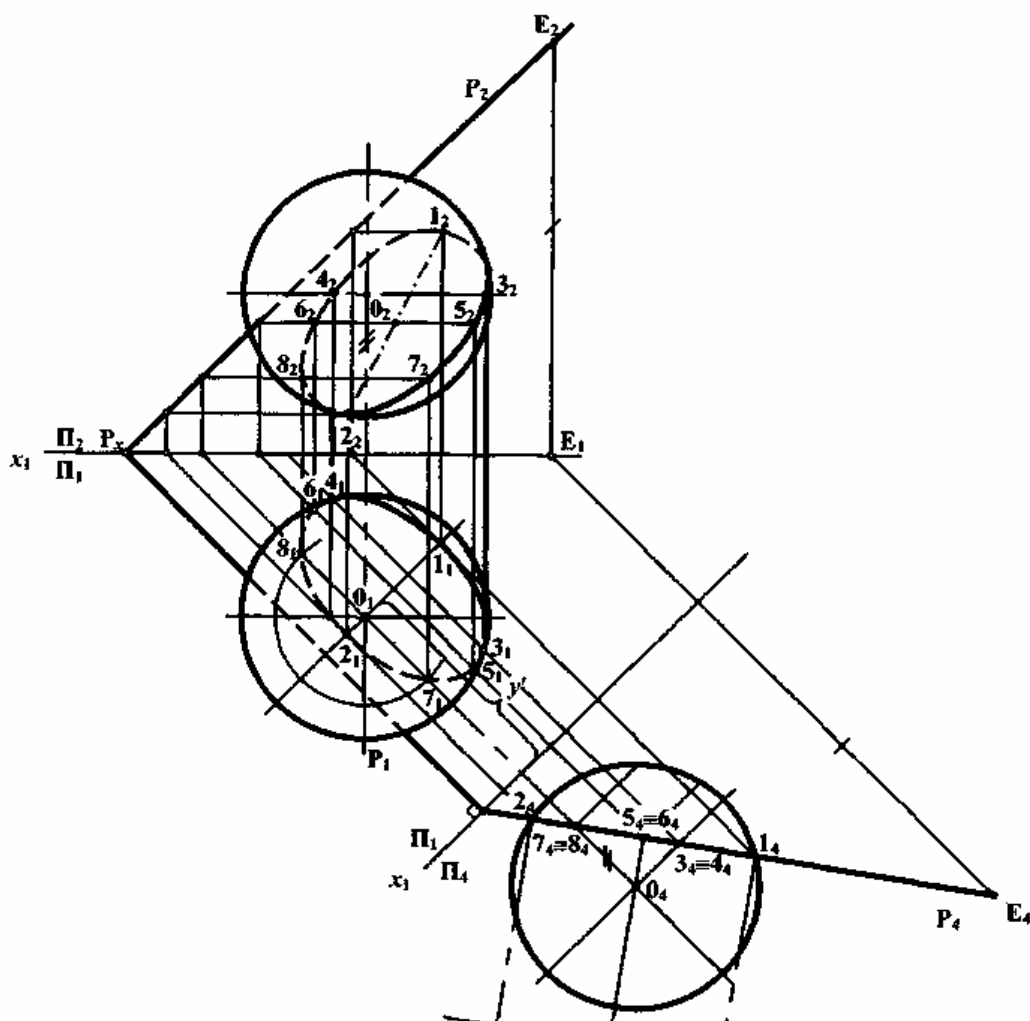


Рис. 57. Пересечение сферы плоскостью общего положения

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

Решение: на рисунке 58 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 эюр 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 $1_4 \equiv 2_4$. 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 $1_1 3_1 5_1 7_1$).

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.

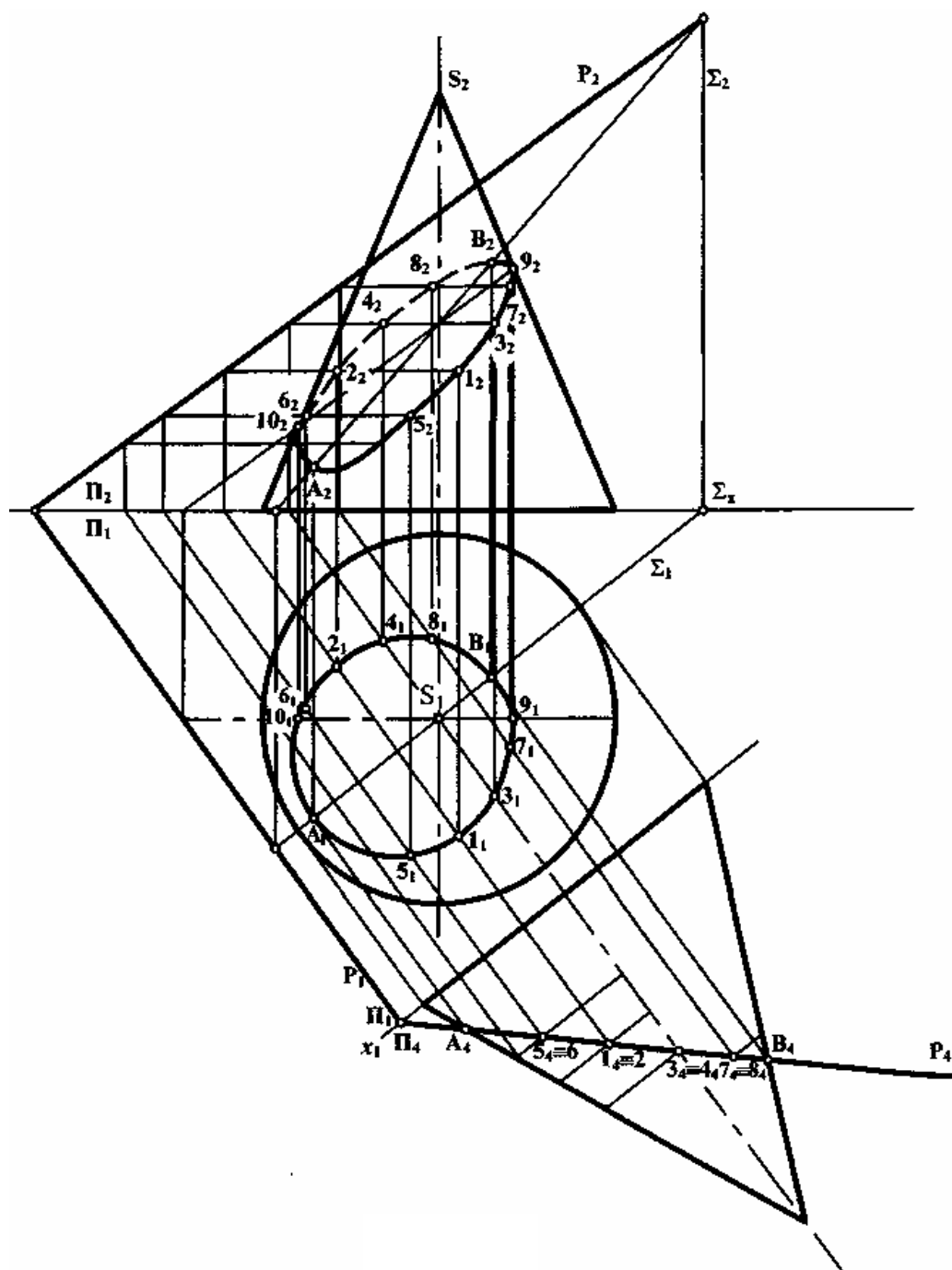


Рис. 58. Пересечение поверхности конуса
плоскостью общего положения

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. 59) 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 60.

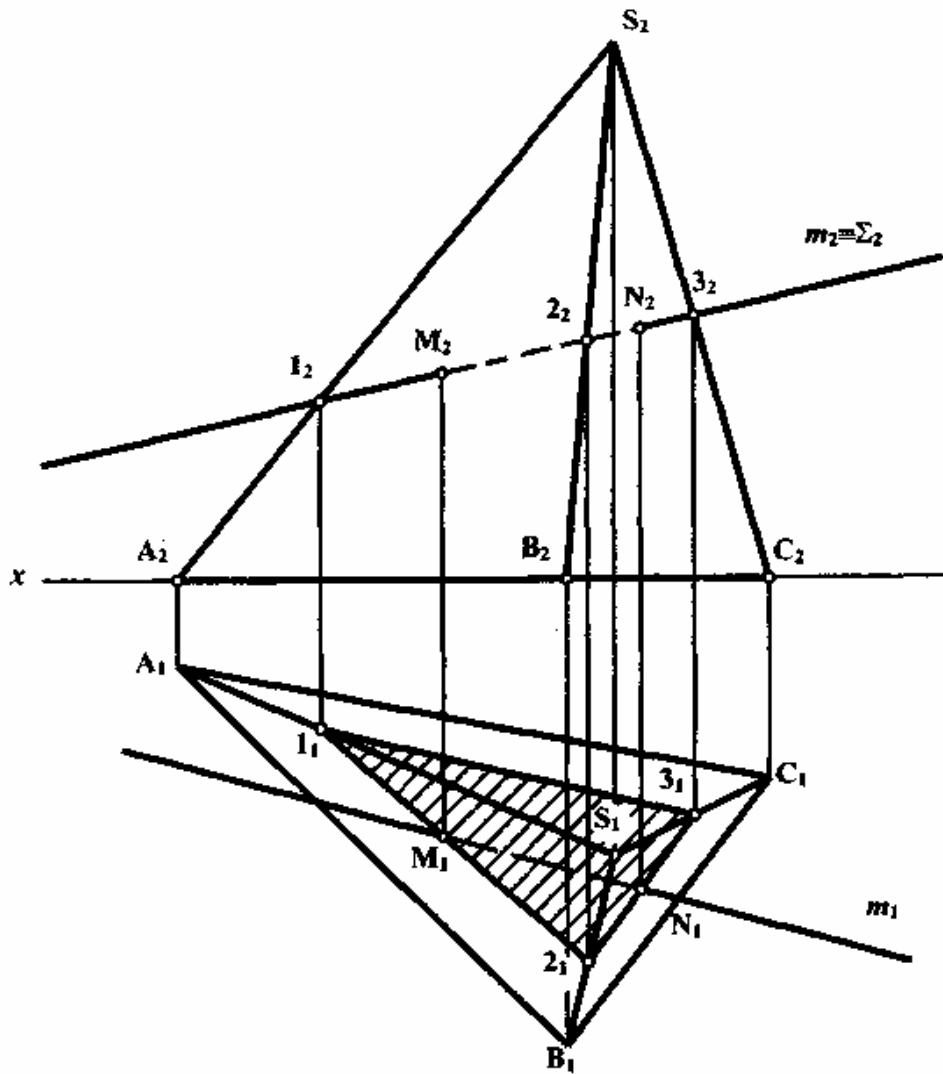


Рис. 59. Пересечение прямой m с пирамидой $SABC$

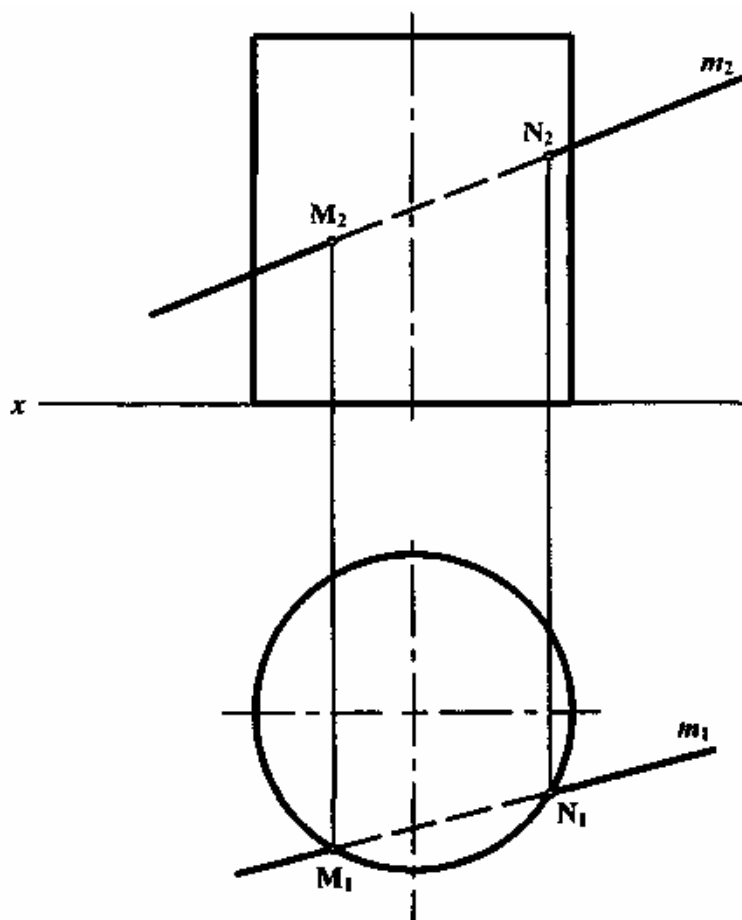


Рис. 60. Пересечение прямой m с прямым круговым конусом

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. 61) 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 $P_{\Pi 1}$ 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 .

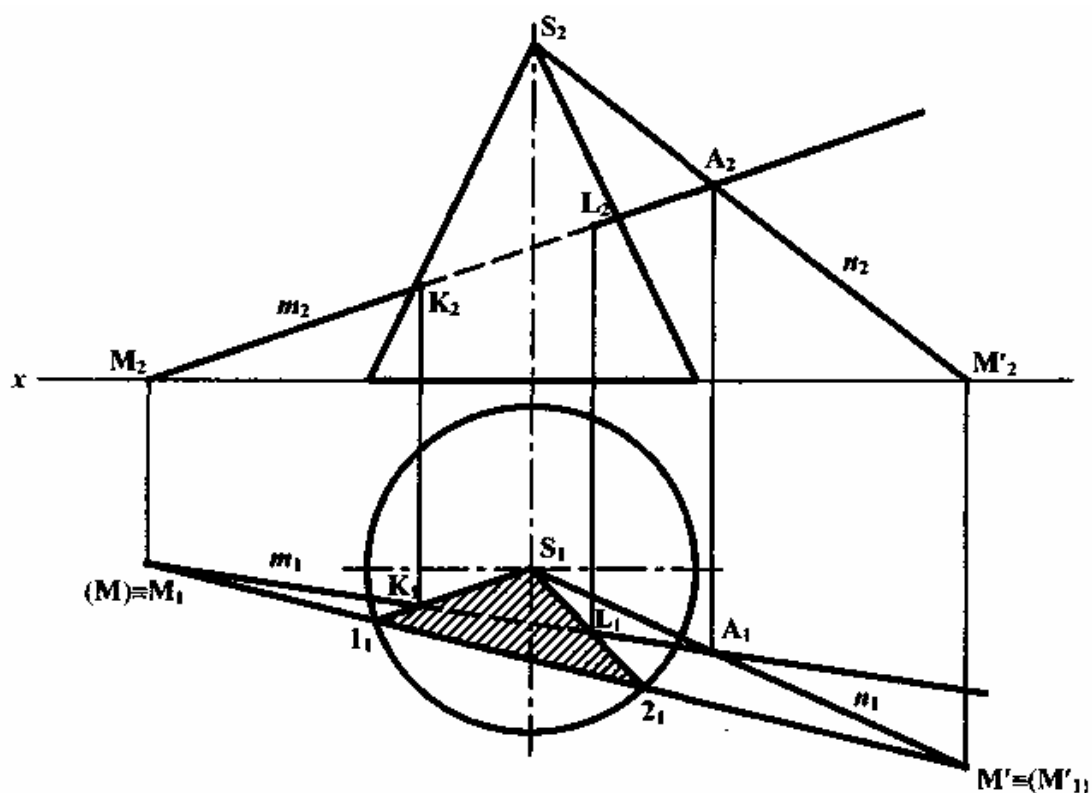


Рис. 61. Пересечение прямой m с прямым круговым конусом

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. 62).

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.

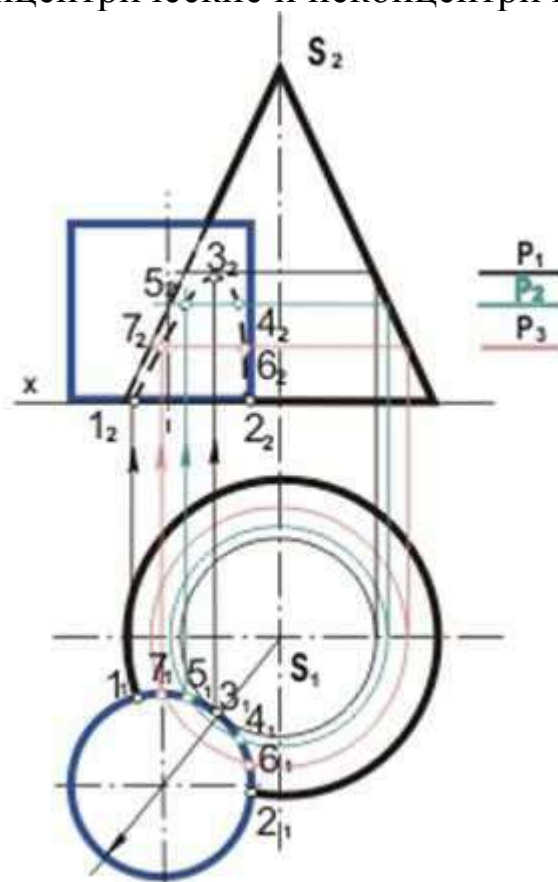


Рис. 62. Построение линии пересечения конуса и цилиндра с помощью вспомогательных секущих плоскостей

Задача 2. Построить линию пересечения двух конусов.

Рассмотрим применение *вспомогательных концентрических сфер* – сфер с постоянным центром (рис. 63).

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).

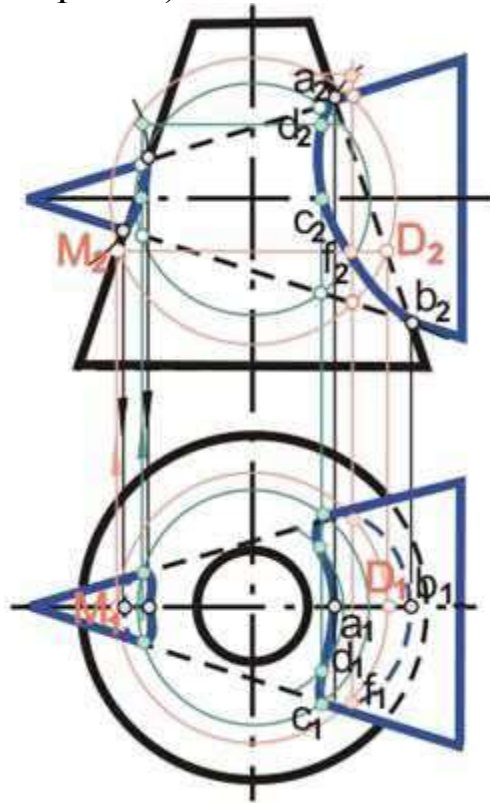


Рис. 63. Построение линии пересечения двух конусов с помощью концентрических сфер

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. 64).

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 очевидные 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_22_2 с центром в точке с проекцией 3_2 .

Перпендикуляр к плоскости этой окружности из точки с проекцией 3_2 является линией центров множества сфер, которые пересекают тор по окружности с проекцией 1_22_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_25_2 . Пересечение проекций 1_22_2 и 4_25_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_27_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_29_2 . В пересечении проекций 6_27_2 и 8_29_2 окружностей находим проекцию c_2 искомой точки и симметричной ей на невидимой части пересекающихся поверхностей.

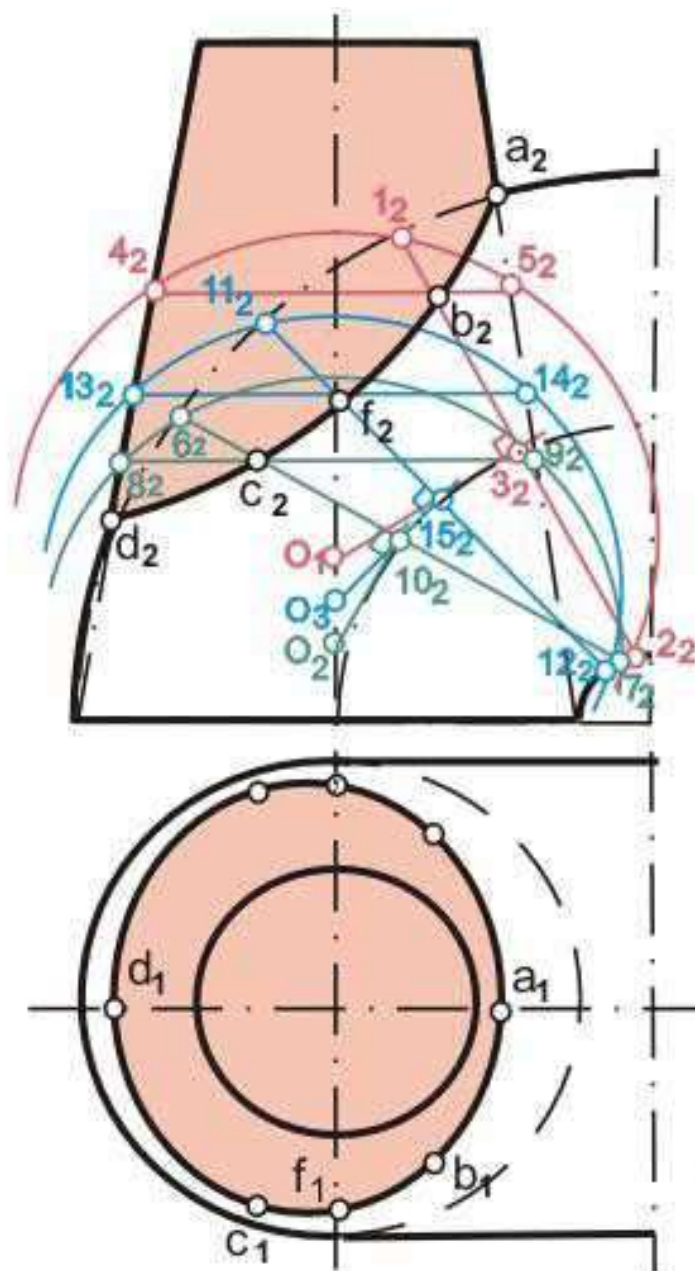
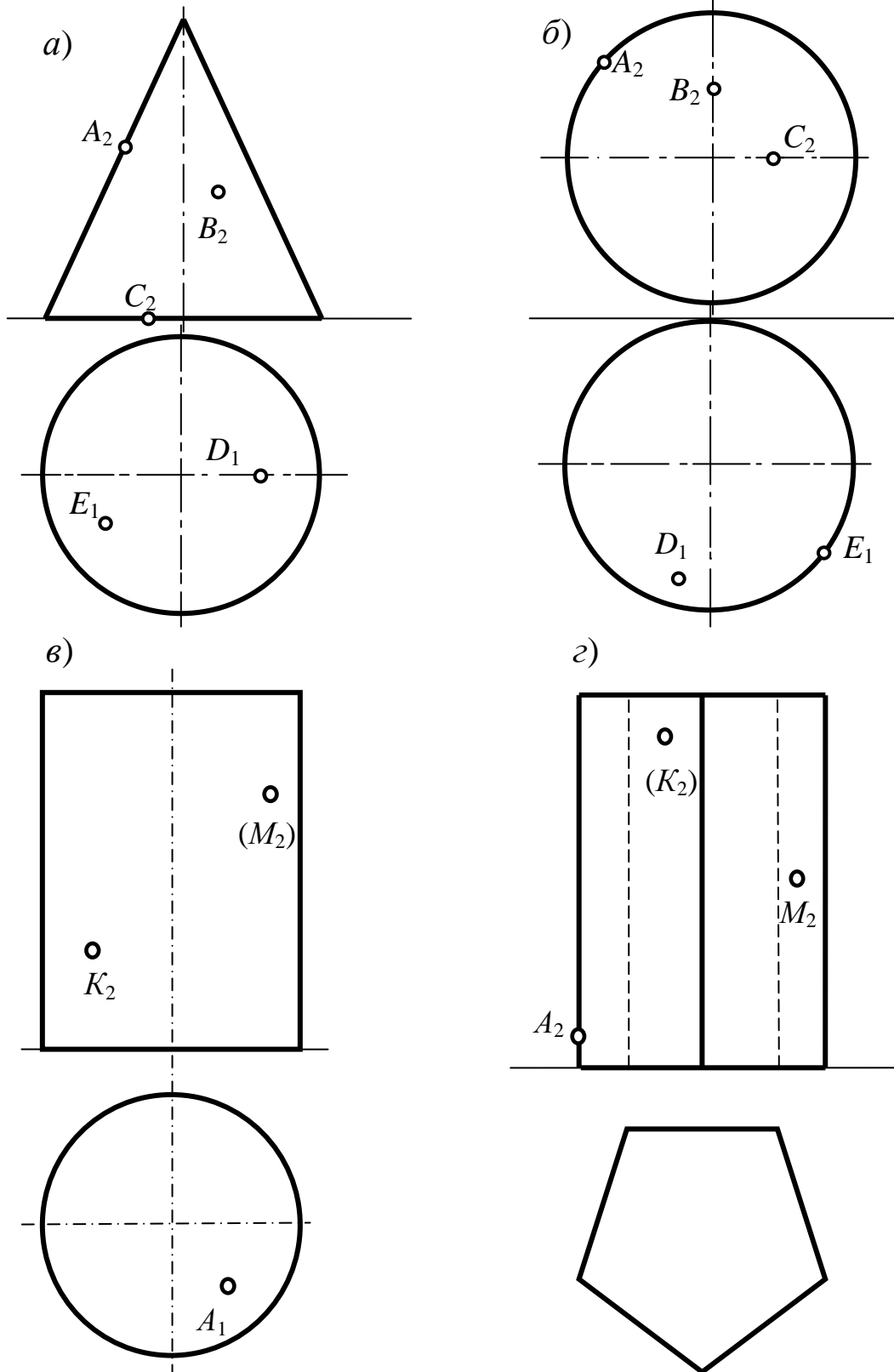


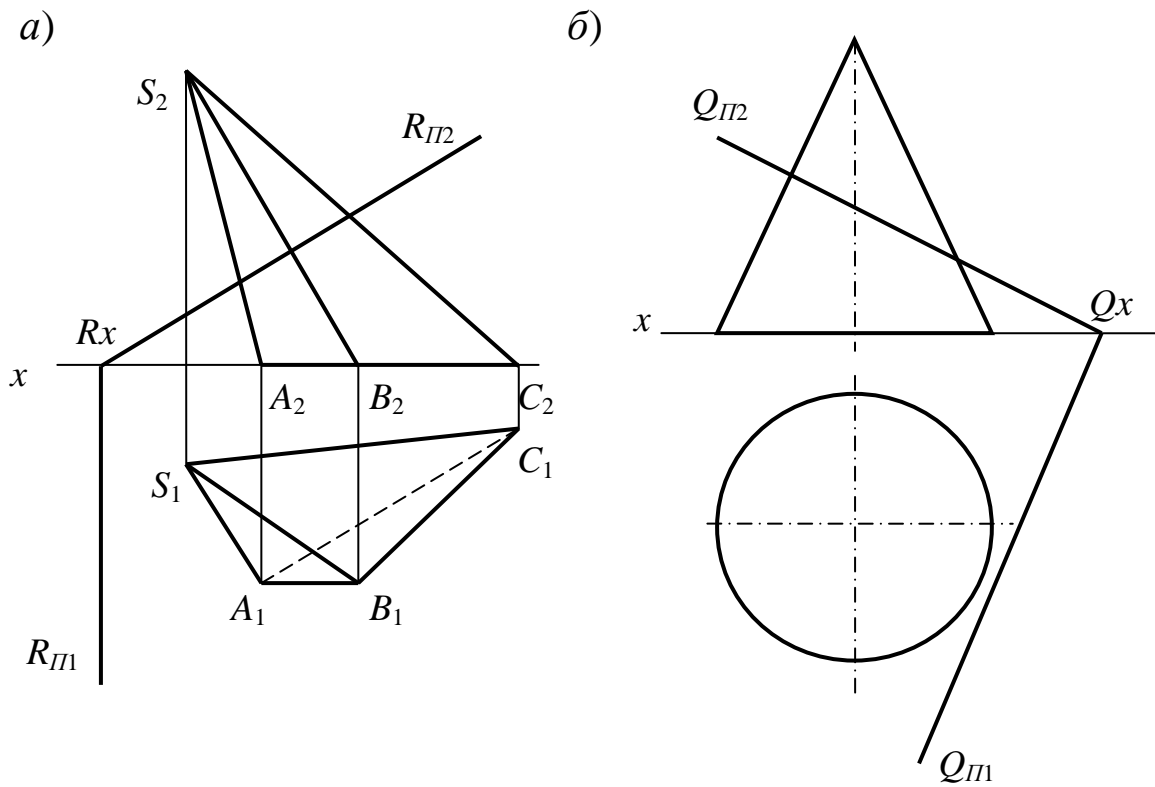
Рис. 64. Построение линии пересечения поверхностей конуса и тора с помощью эксцентрических сфер

Практическая часть

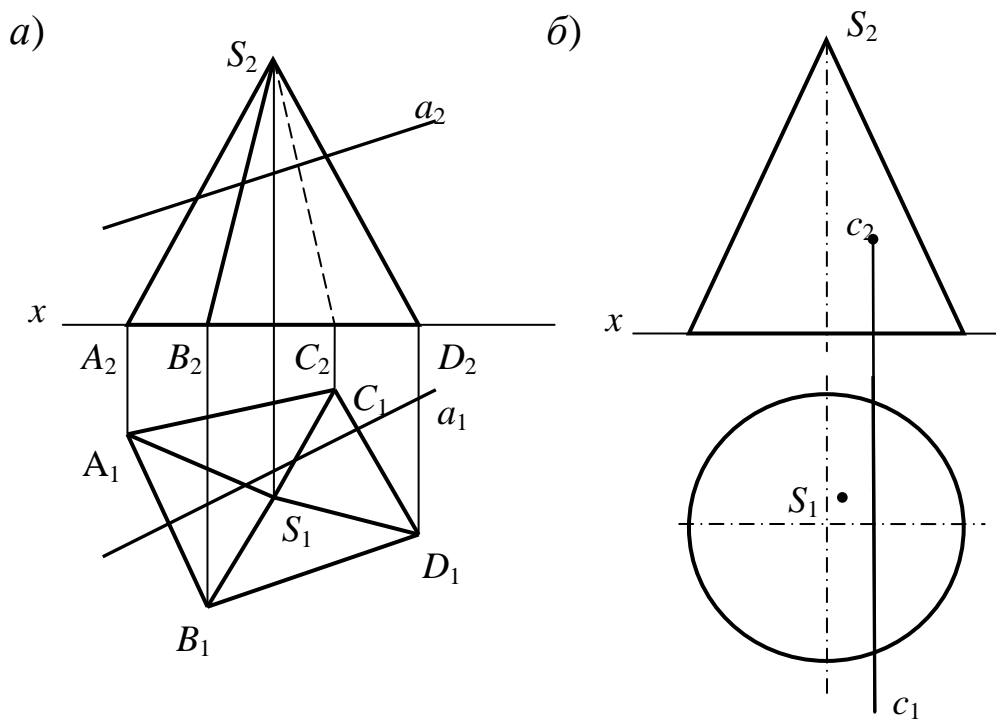
1. Достроить недостающие проекции точек на поверхностях.



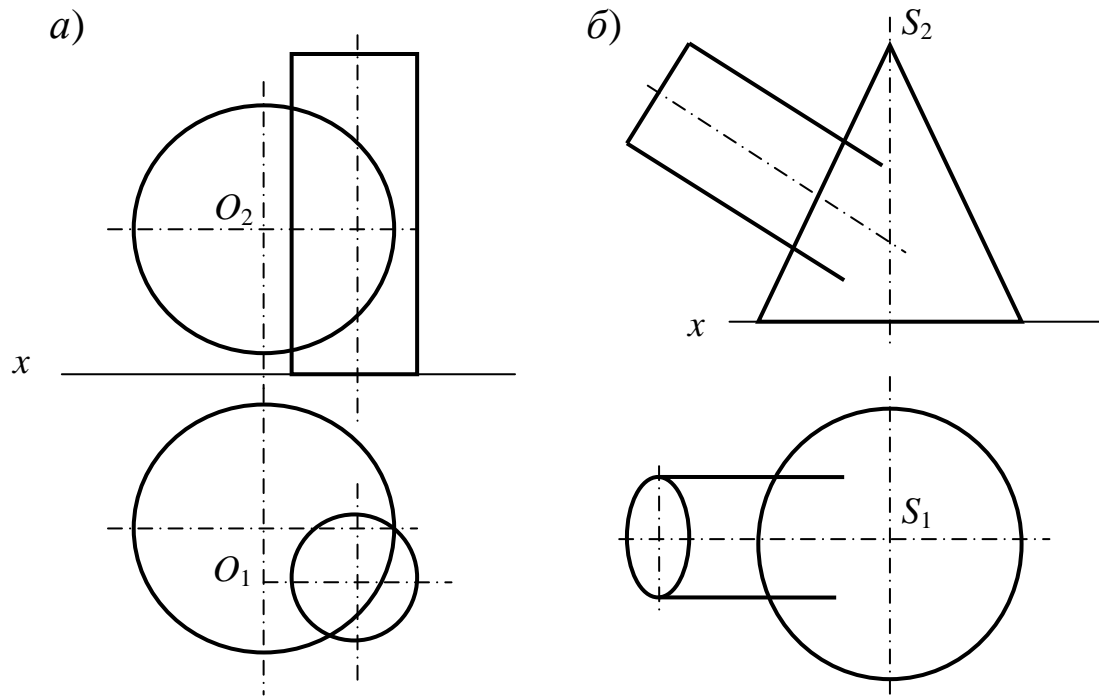
2. Построить сечение поверхности плоскостью *a*) плоскостью частного положения; *б*) плоскостью общего положения



3. Построить точки пересечения прямой с многогранником.



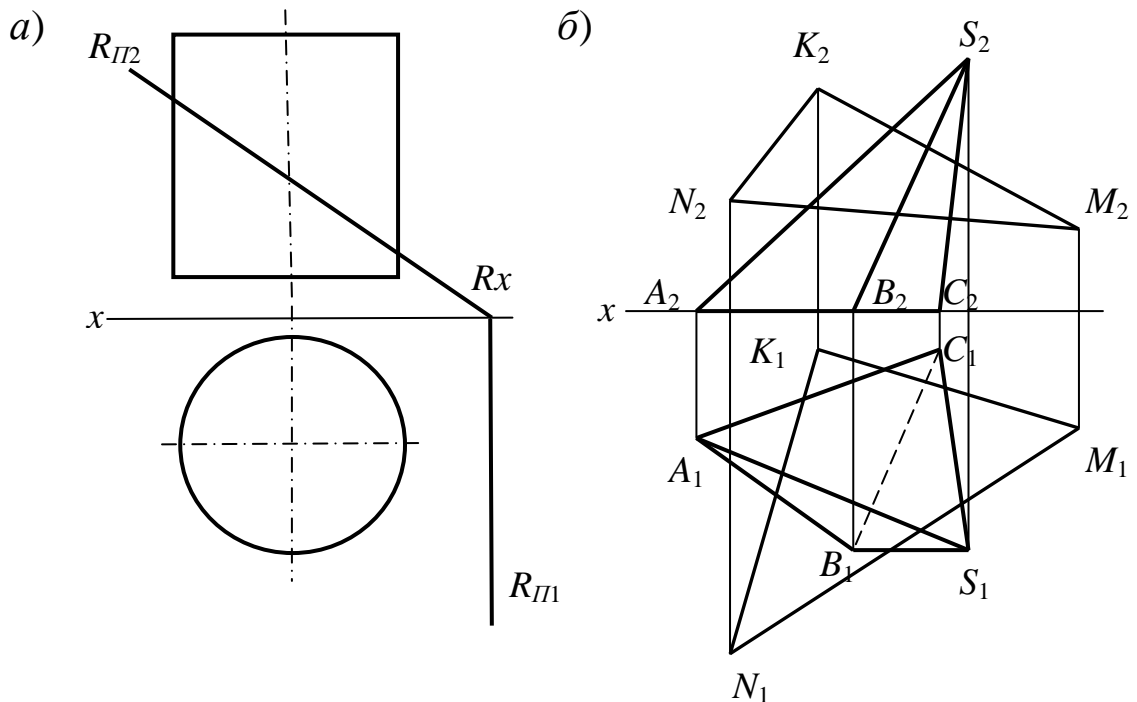
4. Построить линию пересечения двух поверхностей.



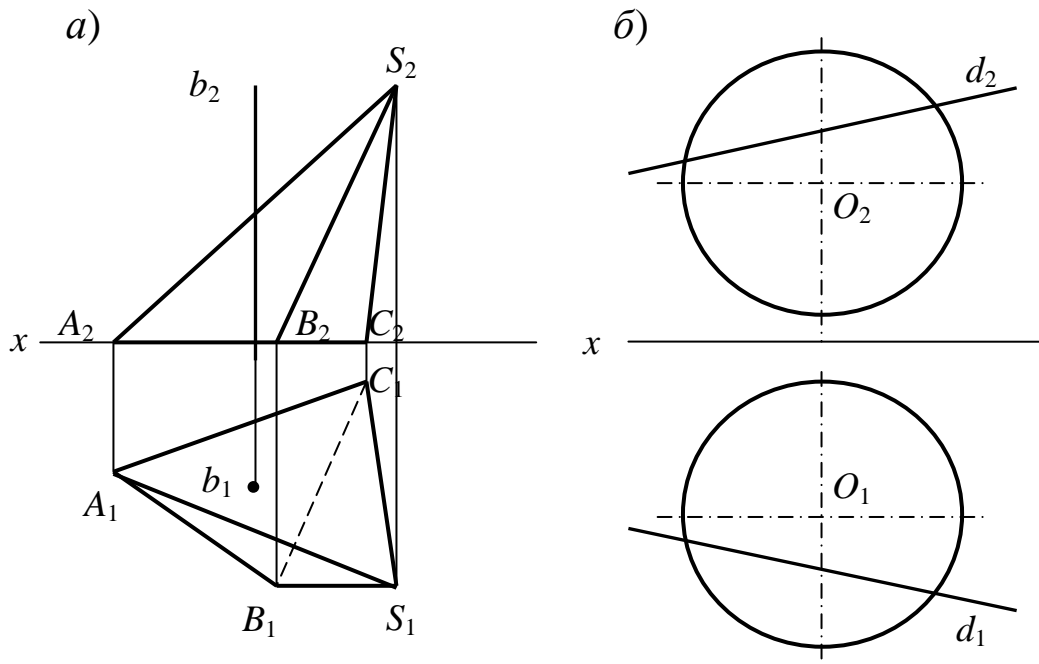
Самостоятельная работа

Дз4 «Пересечение поверхности плоскостью», решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4 (кроме задания 3).

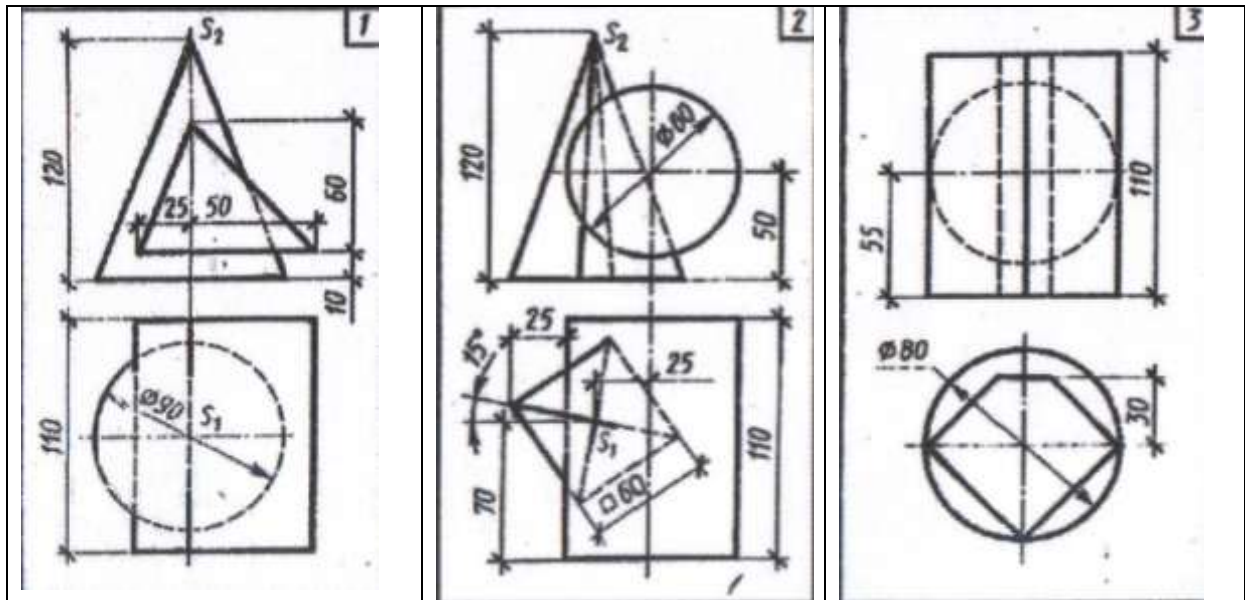
1. Построить сечение поверхности плоскостью:

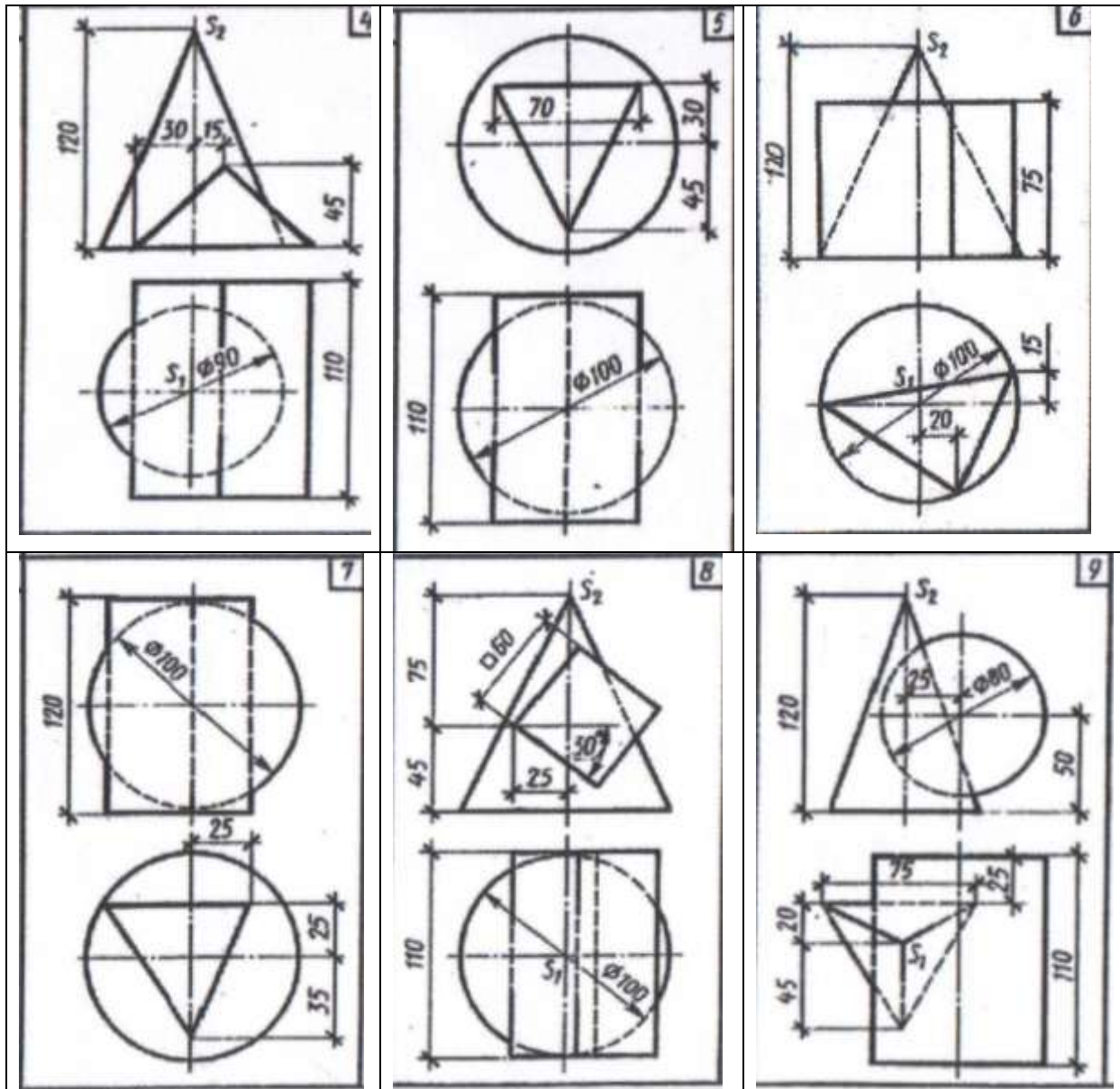


2. Построить точки пересечения прямой с поверхностью.



3. На листе формата A3 с учетом требований ЕСКД к выполнению и оформлению чертежей выполнить построение пересечения поверхностей по варианту задания, выданному преподавателем.





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.

Лабораторное занятие

Теоретические положения

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

Изображение предмета в аксонometрии 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 аксонometрические 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 аксонometрических осей представлено на рисунке 65.

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.

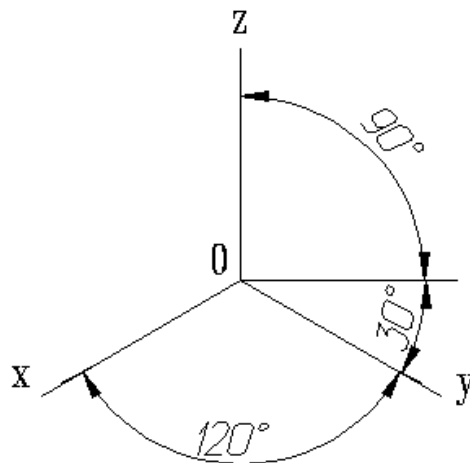
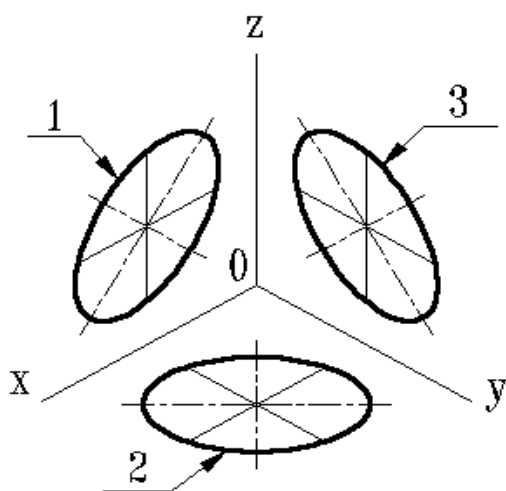


Рис. 65. Расположение аксонометрических осей прямоугольной изометрической проекции

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 66). 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. 66. Окружность в прямоугольной изометрии

Пример изометрической проекции детали представлен на рисунке 67.

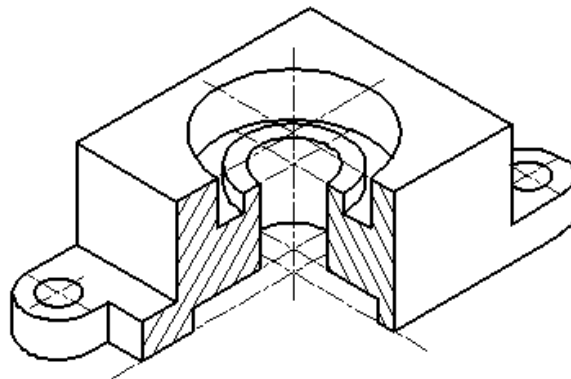


Рис. 67. Изометрическое изображение детали

Диметрическая проекция. Положение аксонометрических осей представлено на рисунке 68. 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 .

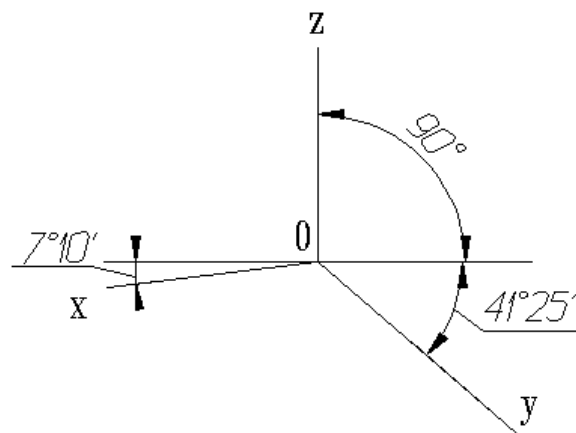


Рис. 68. Расположение аксонометрических осей прямоугольной диметрической проекции

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 69).

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.

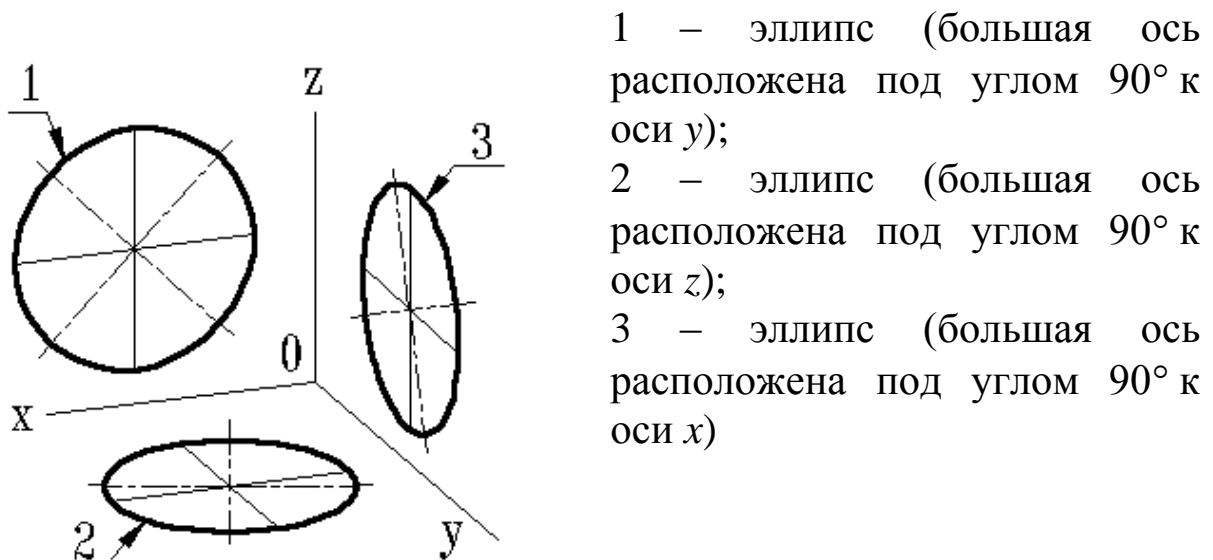


Рис. 69. Окружность в диметрии

Пример диметрической проекции детали приведен на рис. 70.

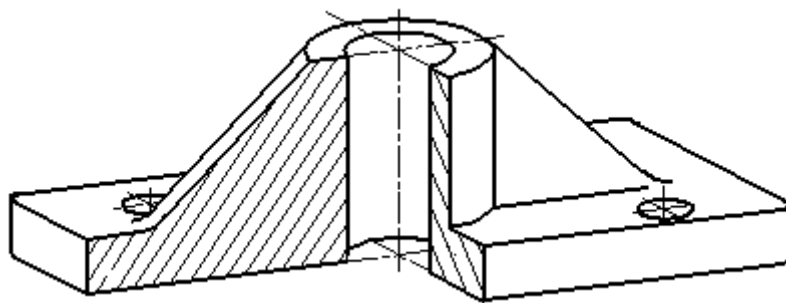


Рис. 70. Диметрическое изображение детали

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. 71).

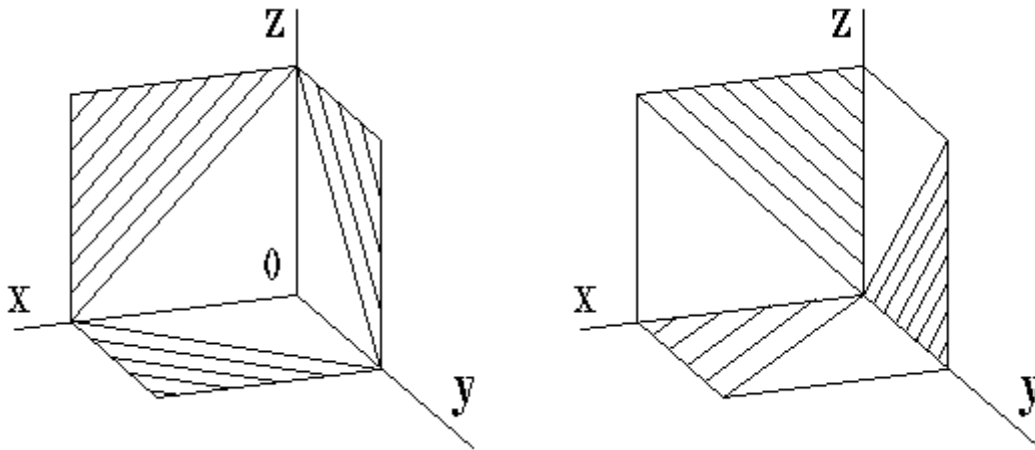


Рис. 71. Штриховка сечений в аксонометрических проекциях

При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии — параллельно измеряемому отрезку (рис. 72).

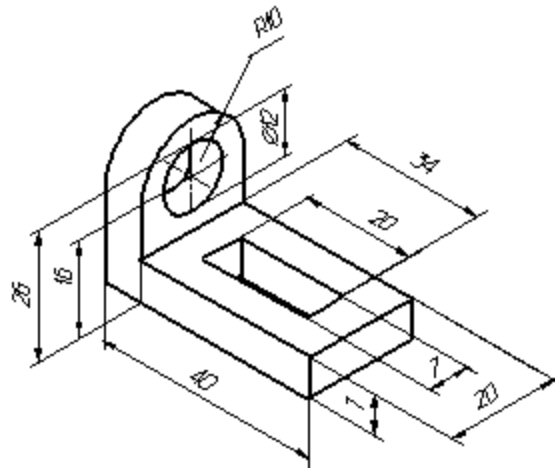
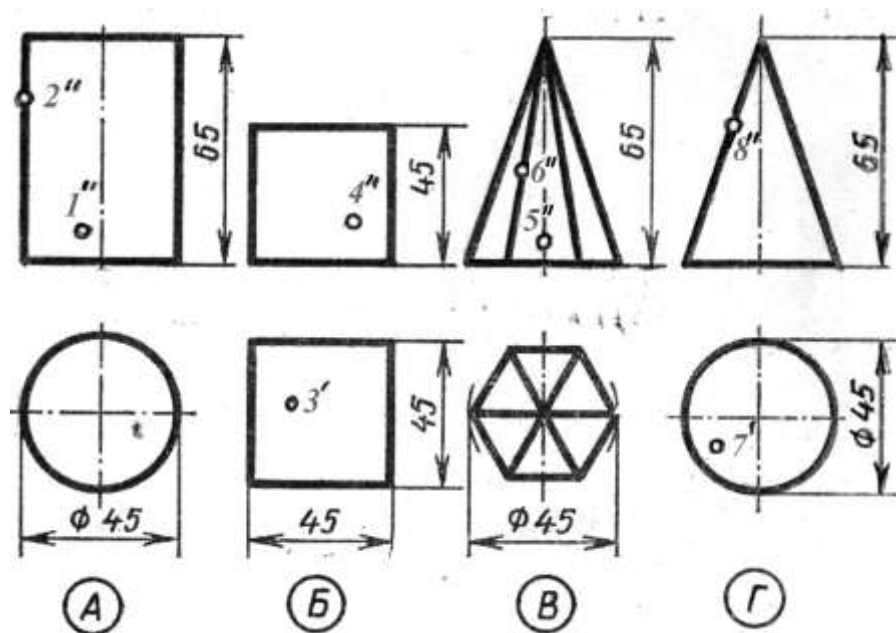


Рис. 72. Нанесение размеров на аксонометрических проекциях

Практическая часть

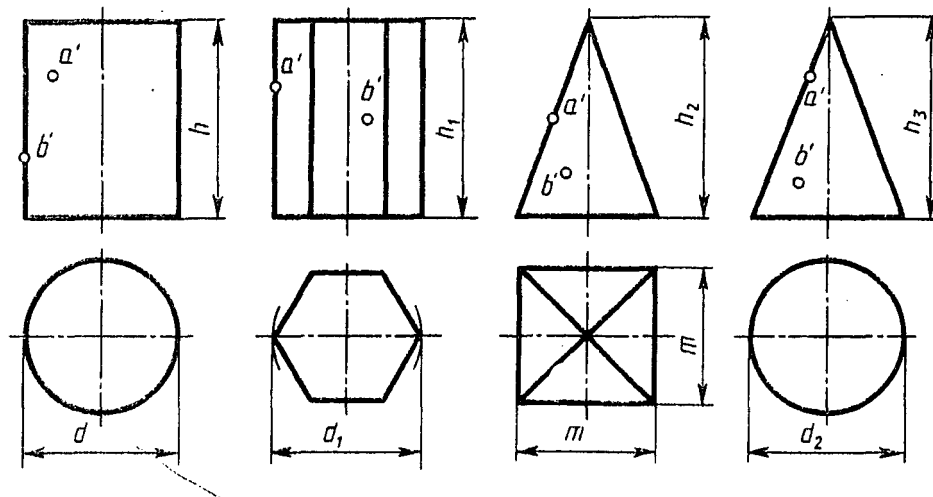
Построить в трех проекциях геометрические тела. Найти проекции точек, расположенных на поверхностях. По выполненным чертежам построить аксонометрические проекции (прямоугольную изометрию).



Самостоятельная работа

Дз5 «Построение аксонометрической проекции», решение задач выполняется на листе формата А3 в соответствии с требованиями ЕСКД к выполнению и оформлению чертежей.

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.



№ 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

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?

2 семестр

Раздел 1. Использование в инженерной графике графического редактора AutoCAD

Общие сведения. Средства организации чертежа. Команды. Задание координат. Примитивы. Инструменты редактирования. Создание текстовых и размерных стилей. Нанесение размеров.

Лабораторное занятие

Теоретические положения

Графические построения и домашние задания выполняются на персональном компьютере с версиями программы AutoCAD 2014-2018, в рабочем пространстве Классический AutoCAD (рис. 73).

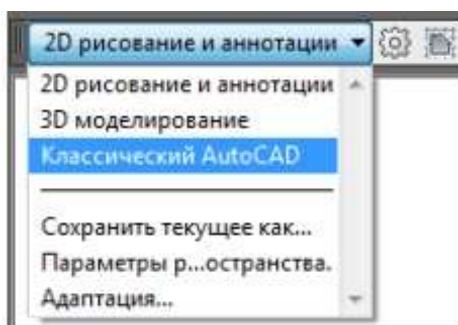


Рис. 73. Выбор рабочего пространства AutoCAD

Для организации чертежной работы и подготовки формата чертежа устанавливают единицы измерения миллиметры из вкладки *ФОРМАТ/ ЕДИНИЦЫ* диалоговое окно *Единицы чертежа* и производят в нем следующие настройки (рис. 74):

- в поле группы настроек *Линейные* выбирают формат единиц измерения *Десятичные*.
- в поле группы настроек *Угловые* выбирают формат единиц измерения *Десятичные градусы*.

— в раскрывающихся списках *Точность* назначают количество десятичных знаков после целой части числа для текущих линейных и угловых единиц измерения.

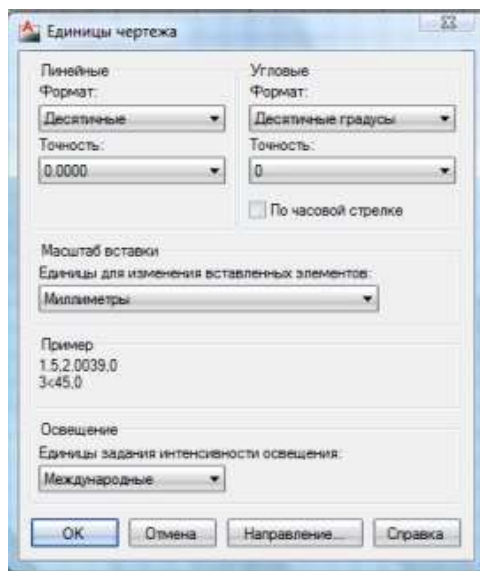


Рис. 74. Диалоговое окно *Единицы чертежа*

Устанавливают параметры листа формата A3 с размерами 420×297. Задают или изменяют размеры формата чертежа вручную с помощью команды *Лимиты*, вызываемой из меню панели управления *ФОРМАТ*. При этом в командной строке необходимо указать координаты левого нижнего (0, 0) и правого верхнего (420, 297) углов размера чертежа.

Настраивают параметры шага и сетки (размер шага 10, включить сетку). Значения шага и сетки устанавливаются на вкладке *Шаг и сетка*, вызываемом из меню панели управления *СЕРВИС/ РЕЖИМЫ РИСОВАНИЯ* (рис. 75), или с помощью кнопок, расположенных в строке состояния.

Для отображения сетки во весь экран выполняют команду *Вид/Зумирование/Все* (рис. 76). Эту команду необходимо выполнять всякий раз после установки новых значений лимитов.

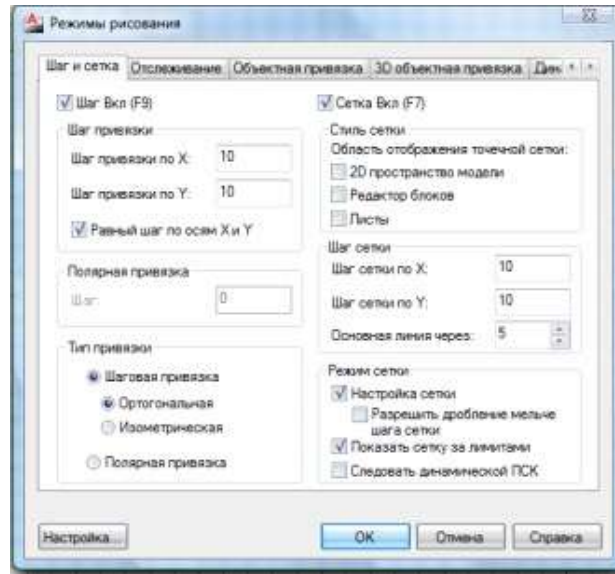


Рис. 75. Диалоговое окно *Режимы рисования*

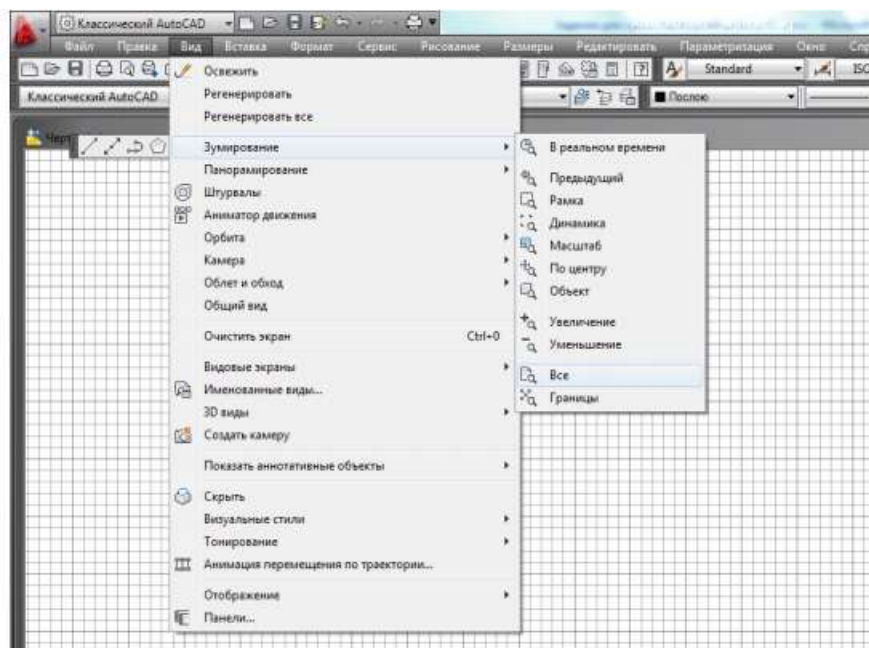


Рис. 76. Команда *Вид/Зумирование/Все*

Каждый лист оформляется рамкой и основной надписью согласно ГОСТ 2.104-2006, содержание, расположение и размеры граф основных надписей, дополнительных граф к ним, а также размеры рамок на чертеже должны соответствовать форме 1.

Оформление таких обязательных элементов любого чертежа как угловой штамп с основной надписью средствами компьютерной графики можно выполнить быстро и эффективно. При решении данной задачи прорабатываются следующие вопросы: закрепление команд редактирования объектов при построении рамки и оформлении основной надписи формата А3; нанесение текстовой информации на чертеже, настройка текстового стиля.

Настройка рабочих слоев

Графические построения в среде AutoCAD, как правило, группируются по слоям. Слой удобно представить как виртуальную абсолютно прозрачную кальку (пленку), на которой нанесена часть изображения (в наших примерах – вспомогательные построения, оси, контур, невидимые линии и др.).

Для создания нового слоя необходимо нажать кнопку – *Создать слой*. При этом появляется диалоговое окно *Диспетчер свойств слоев* (рис. 77).



Рис. 77. Диалоговое окно *Диспетчер свойств слоев*

В графе Имя задается имя нового слоя. По умолчанию программа просто номерует новые слои: Слой1, Слой2... Рекомендуется задать каждому слою имя, отражающее его назначение: Контур, Осевой, Текст и так далее. Иначе при

большом количестве слоев легко запутаться при выборе нужного слоя.

Графа Вкл обеспечивает включение/выключение слоя. Прimitives, находящиеся в выключенном слое, становятся невидимы. *Учтите, что в выключенном слое можно чертить. Если пользователь делает выключенный слой текущим, то об этом на экране появляется предупреждение.*

Заморозить – «замораживает» слой. Действие опции аналогично действию *Выключить* и отличается от нее тем, что замороженный слой при регенерации экрана игнорируется, что ускоряет процесс перерисовки насыщенного изображения.

Блокировать – запирает слой. Прimitives, принадлежащие запертому слою, видны, но не могут быть изменены или удалены. Однако в этом слое можно создавать primitives.

Цвет – задает цвет линий и текста, создаваемых в указанном слое. Для того чтобы слою присвоить цвет, необходимо правой клавишей мыши кликнуть на белый квадратик в графе «Цвет» напротив текущего слоя. Откроется диалоговое окно «Выбор цвета с разнообразной палитрой цветов» (рис. 78). Выбрав цвет (рекомендуется при работе на чёрном графическом экране выбирать цвета слоёв яркие по цвету и разные по тональности), нажимаем кнопку «ОК», и слой приобретает выбранный цвет.

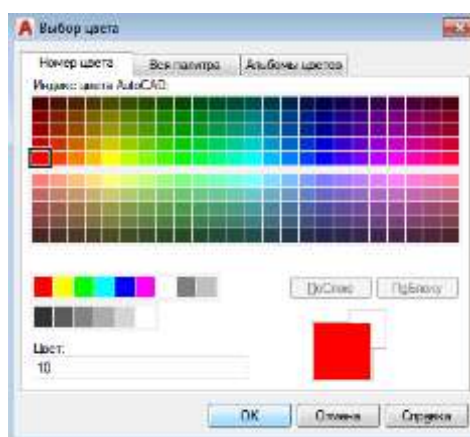


Рис. 78. Выбор цвета для пользовательского слоя

Для присвоения слою веса (толщины) напротив текущего слоя в графе «Вес», кликнув левой клавишей мыши, открывается

диалоговое окно «Вес линий», где из предложенного списка выбирается необходимая толщина слоя и нажимается клавиша «ОК» для подтверждения выбора (рис. 79).

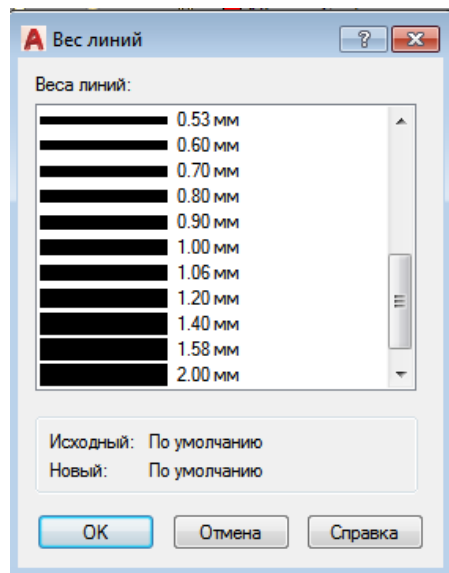


Рис. 79. Выбор толщины пользовательского слоя

Помимо цвета и веса слою необходимо присвоить начертание. Для сплошной прямой по ГОСТ 2.303–68 начертание в виде сплошной прямой линии, оно указано по умолчанию. А если требуется выбрать начертание для осевой линии (по ГОСТ начертание штрих/точка/штрих), тогда в графе «Тип линий» напротив текущего слоя, кликнув левой клавишей мыши, открывают диалоговое окно «Выбор типа линий» и загружают при помощи кнопки «Загрузить» нужный тип линии из перечня программы (рис. 80).

Выбрав нужный тип линии, нажимают клавишу «ОК», и слой появляется в перечне диалогового окна «Выбор типа линий» (рис. 81). Здесь ещё раз его выбирают и нажимают «ОК». Если этого не сделать, то по умолчанию слой так и будет иметь тип сплошной прямой линии.

После создания пользовательских слоёв необходимо сохранить настройки слоёв, нажав кнопку «Обновить» в правом верхнем углу диалогового окна «Диспетчер свойств слоёв», после чего текущее диалоговое окно можно закрыть. Созданные

пользовательские рабочие слои будут отображаться в выпадающем окне на панели инструментов «Слои» (рис. 82), и при работе всегда можно переключиться с одного слоя на другой.

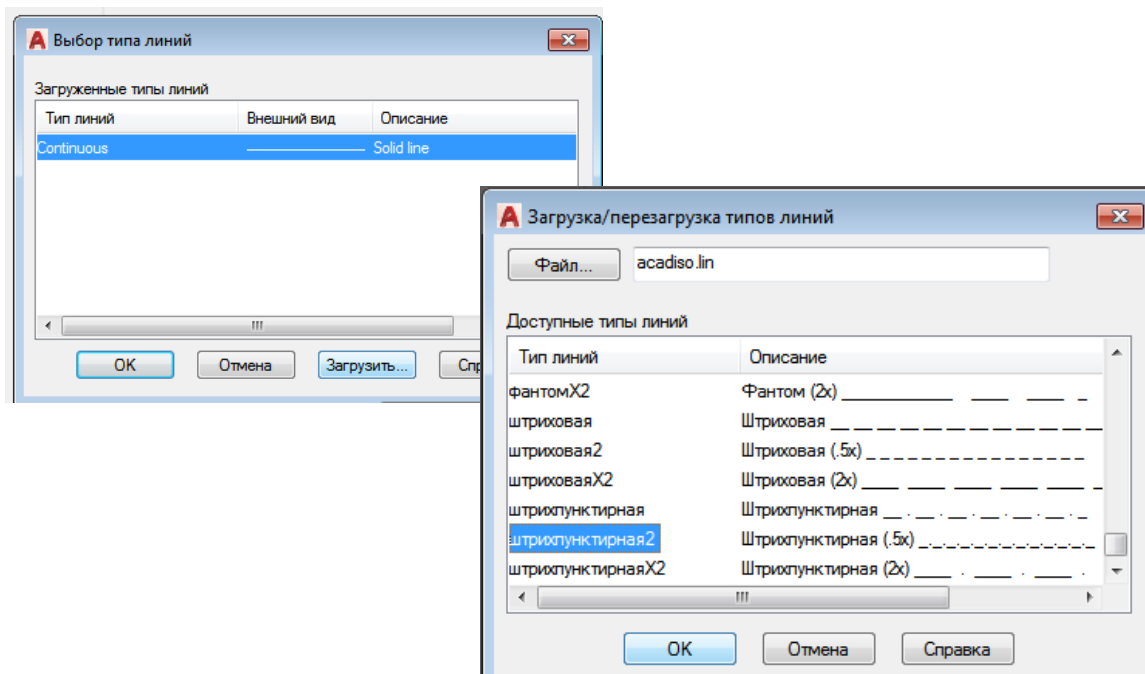


Рис. 80. Выбор типа линии для пользовательского слоя

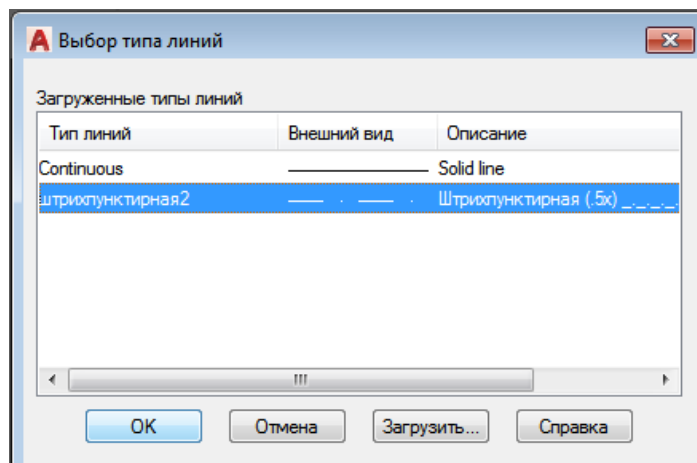


Рис. 81. Диалоговое окно «Выбор типа линии» после загрузки дополнительного типа линии



3. Сделать текущим слой контур толстый. Построить внутреннюю рамку с размерами 395×287 .



Команда: ОТРЕЗОК Первая точка: кликнуть на объектную привязку «Смещение» («from Базовая точка»): указать базовую точку *A* <Смещение>: ввести относительные координаты смещения точки в виде @20,5 <Enter> Следующая точка или [Отменить]: мышью задать направление «вправо» (режим ОРТО включен), задать длину отрезка 397 <Enter> Следующая точка или [Отменить]: мышью задать направление «вверх», задать длину отрезка 287 <Enter> Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]: мышью задать направление «влево», задать длину отрезка 185 <Enter> Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]: 3<Enter>

Или, удобнее ПРЯМОУГОЛЬНИК. Первая точка – координаты 20,5. Вторая точка – координаты 395, 287.

4. Построить горизонтальные линии основной надписи.

4.1. Установить вспомогательный слой текущим. Построить верхнюю горизонтальную линию основной надписи, смещенную относительно нижней линии внутренней рамки (точка *B*) на 55 мм. Протокол исполнения команды приведен ниже.

Команда: ОТРЕЗОК Первая точка: щелкнуть на объектную привязку «Смещение» («Базовая точка»), указать базовую точку *B* (см. рис. 83) <Смещение>: ввести относительные координаты смещения точки в виде @0,55 <Enter>.

Следующая точка или [Отменить]: щелкнуть на объектную привязку «Нормаль», курсором сместиться к правой вертикальной линии внутренней рамки и нажать левой кнопкой мыши на светящемся значке «нормаль» Следующая точка или [Отменить]: <Enter>

4.2. С помощью команды *Массив* построить 11 горизонтальных линий, расположенных на расстоянии 5 мм между собой.

Протокол исполнения команды приведен ниже.

Команда: МАССИВ

Указать тип массива – *прямоугольный*. Число рядов: 11

Число столбцов: 1

Расстояние между рядами: в данном случае -5, т. к. массив будет построен в направлении, противоположном положительному направлению координатной оси *Y*.

Расстояние между столбцами: в данном случае 0, т. к. элементы массива должны быть параллельны друг другу.

Угол поворота: 0

Выберите объекты: выбрать курсором предварительно проведенный отрезок длиной 185 мм: найдено: 1<Enter>, для завершения команды нажать «Ок».

5. Построить вертикальные линии основной надписи.

5.1. Построить первую вертикальную линию основной надписи, смещенную относительно базовой точки *C* (см. рис. 83) на 7 мм.

5.2. С помощью команды *Копировать* или *Подобие* построить все остальные вертикальные линии (см. рис. 83).

6. Обвести основную надпись согласно ГОСТ 2.303–68.

6.1. Сделать текущим слой *Контур* толстый. С помощью команды *Отрезок* построить поверх вспомогательных линий соответствующие толстые линии углового штампа.

6.2. Сделать текущим слой *Контур* тонкий. С помощью команды *Отрезок* построить поверх вспомогательных линий соответствующие тонкие линии углового штампа.

6.3. Выключить вспомогательный слой.

7. Сделать текущим слой текст. Заполнить графы основной надписи.

7.1. Выполнить настройку текстового стиля согласно ГОСТ 2.304–81.

Для этого из меню панели управления – *ФОРМАТ)/СТИЛЬ ТЕКСТА* вызвать диалоговое окно *Текстовые стили* и произвести в нем следующие настройки:

- создать новый стиль *Надписи*;
- в поле «Имя шрифта» выбрать имя шрифта *GOST type A*, при его отсутствии можно использовать *ISOCPEUR*;
- в поле «Угол наклона» установим значение 15, что соответствует стандартному углу наклона текста;
- в поле «Степень растяжения» установим коэффициент 0.8;
- в поле «Высота» установим значение 0, тогда при непосредственном нанесении текста будет запрашиваться необходимая высота;

- для сохранения выполненных настроек нажать кнопку «Применить»;
- для выхода из менеджера стилей нажать кнопку «Закрыть».

Если в одном чертеже выполняются надписи различными шрифтами, начертаниями и т. д., для каждого случая следует не изменять параметры какого-либо существующего стиля, а создавать новый. Поскольку измерение параметров текстового стиля автоматически применяется ко всем выполненным им надписям.

7.2. Создание однострочной надписи в штампе.



Команда ТЕКСТ (TEXT)

Однострочный динамический текст

Команду на выполнение можно запустить из меню панели управления *РИСОВАТЬ*) / *ТЕКСТ* выбрав пункт *Однострочный текст*. *Опции команды:*

Стиль – смена текущего стиля (при таком способе смены стиля необходимо точно знать имя стиля – оно пишется в командной строке);

Выравнивание – выравнивание (по умолчанию команда настроена на выравнивание по левому краю, базовая точка располагается внизу – такой опции нет);

7.3. Написать в соответствующем поле основной надписи слово *Разраб.* Перед этим следует увеличить изображение графы до размеров экрана (рис. 84) и временно отключить все объектные привязки. Протокол исполнения команды приведен ниже.



Рис. 84. Подготовка к созданию текста

Команда: ТЕКСТ Текущий текстовый стиль: "Надписи"
Высота текста: 2.5000 Аннотативный: Нет

Начальная точка текста или [Выравнивание/ Стил]: указать начальную точку вставки текста (см. рис. 84) предварительно нажав на привязку «ничего»

Высота <2.5000>: ввести высоту текста 3.5 <Enter>

Угол поворота текста <0>: ввести угол наклона строки 0 <Enter>

Ввод текста: ввести текст – *Разраб.*, нажать дважды <Enter> (для завершения ввода текста и для завершения команды)

8. Заполнить все остальные графы основной надписи.

8.1. Для упорядоченной записи текста в графах, т. е. для того, чтобы положение текста относительно рамки графы было одинаковым, там, где это требуется, скопируем слово *Разраб.* в другие соответствующие графы штампа, указывая базовую точку в левом нижнем углу рамки графы (рис. 85).

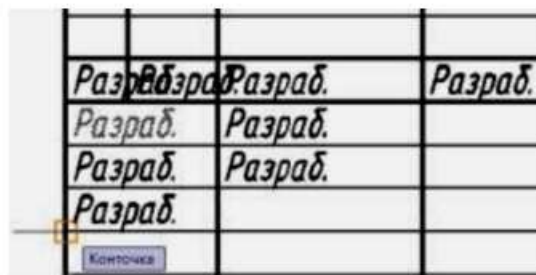


Рис. 85. Копирование слова *Разраб.* с объектной привязкой «контточка»

8.2. Редактирование содержимого основной надписи.

Команда РЕДТЕКСТ Редактировать текст. Команду на выполнение можно запустить из меню панели управления РЕДАКТИРОВАТЬ/ ОБЪЕКТ/ ТЕКСТ/РЕДАКТИРОВАТЬ.

Алгоритм исполнения команды: вызвать команду на исполнение последовательно указывать объект редактирования и вносить изменения (рис. 86), нажать клавишу <Esc> для выхода из команды.

Изм.	Лист	Разраб.	Разраб.
Разраб.		Разраб.	
Пров.		Разраб.	
Разраб.			

Рис. 86. Редактирование текста основной надписи

8.3. Изменение других свойств текста. Команда **СВОЙСТВА**. Управление свойствами существующих объектов. Команду на выполнение можно запустить из меню панели управления **РЕДАКТИРОВАТЬ/ СВОЙСТВА**.

Алгоритм исполнения команды: выбрать объект для редактирования, вызвать команду на исполнение, внести изменения (содержание, высоту, стиль, угол поворота, коэффициент сжатия и т. д.), нажать клавишу <Esc> для выхода из команды.

Используя команду *Свойства*, можно изменить высоту текста наименования детали, марки материала, номер чертежа, масштаб (см. рис. 86) на 7 мм. Если в какие-то поля не помещаются слова, то в поле коэффициент сжатия необходимо установить новое значение.

9. Сохранить изменения в файле.

Настройка размерного стиля

Настройка размерного стиля согласно ГОСТ 2.307-2011.

Для создания нового размерного стиля необходимо в диалоговом окне *Диспетчер размерных стилей*, вызываемом из меню панели управления **ФОРМАТ/РАЗМЕРНЫЙ СТИЛЬ**), кликнуть кнопку «Новый», присвоить имя новому стилю, нажать кнопку «Далее», и в появившемся диалоговом окне *Новый размерный стиль: Мои размеры* (рис. 87), выполнить требуемые настройки в соответствии с таблицей 6.

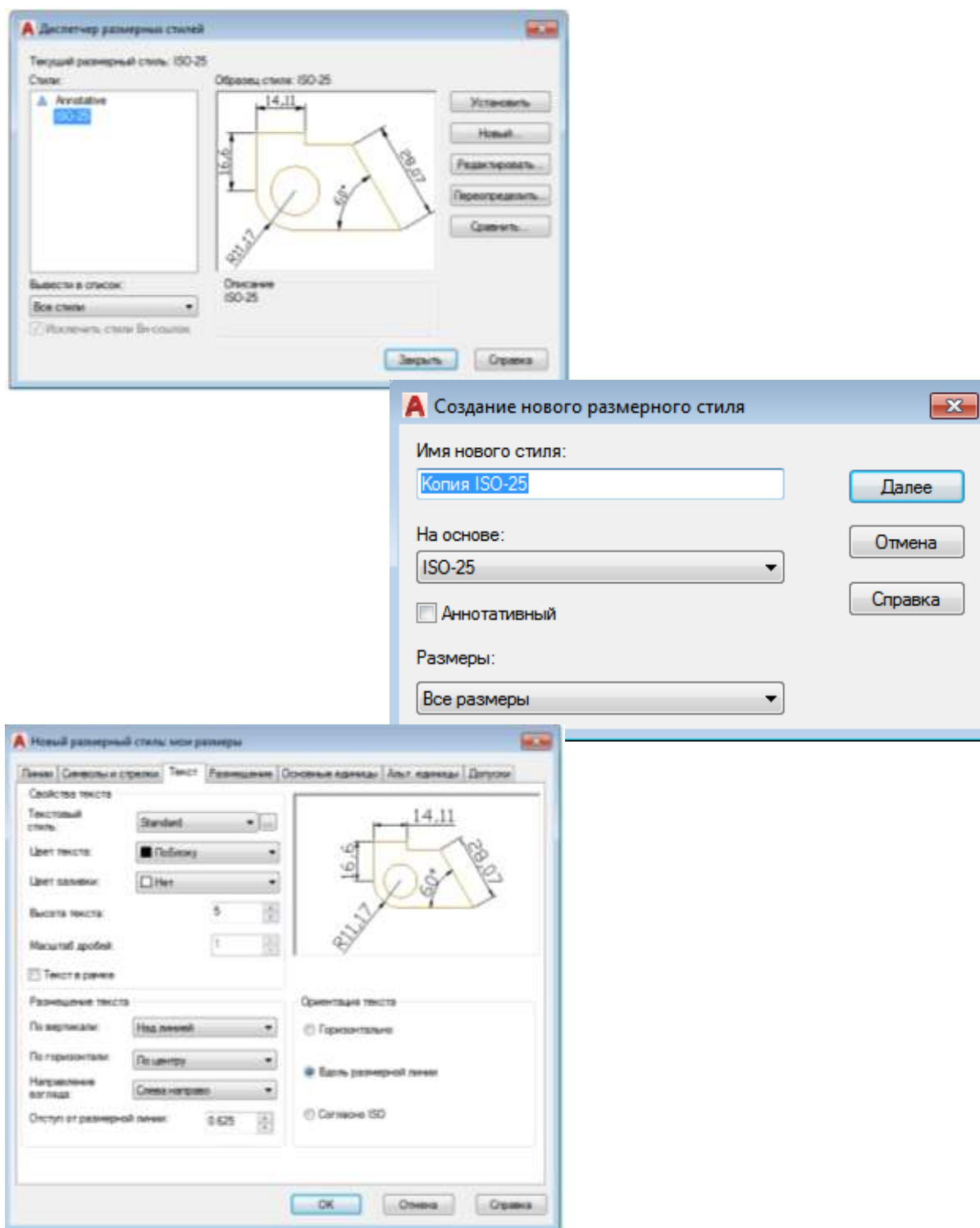


Рис. 87. Настройка размерного стиля

Таблица 6 – Основные параметры настройки размерного стиля

Закладка	Параметр	Смысловое описание	Значение
Линии	Шаг в базовых размерах	Расстояние между параллельными размерными линиями	10 (мм)
	Удлинение за размерные	Выступ выносной линии за размерную	2 (мм)
	Отступ от объекта	Отступ выносной линии от указанной точки контура	0 (мм)
Символы и стрелки	Стрелки	Форма размерной стрелки	Закрашенная замкнутая
	Размер стрелки	Длина стрелки	5 (мм)
Текст	Текстовый стиль	Имя нового стиля	Размеры
		Имя шрифта	Simplex
		Степень растяжения	1
		Угол наклона	15
	Высота текста		5 (мм)
	Отступ от размерной линии	Расстояние между нижней границей текста и размерной линией	1–1,5 (мм)
	Ориентация текста	Расположение текста относительно размерной линии	Согласно ISO
Основные единицы	Точность (линейных и угловых измерений)	Количество цифр, указываемых после запятой	0

Для сохранения всех выполненных настроек необходимо нажать кнопку «Ок». Выход из менеджера размерных стилей осуществляется по кнопке «Заккрыть», в противном случае настройки не воспринимаются и не сохраняются.

Настройки любого из существующих стилей можно изменить. Для этого следует выделить нужный в списке стиль и кликнуть кнопку «Изменить».

Стандартный стиль изменять не рекомендуется.

Нанесение размеров и управление ими производится через вкладку «Размеры» главного меню или панель инструментов «Размер» (рис. 88).

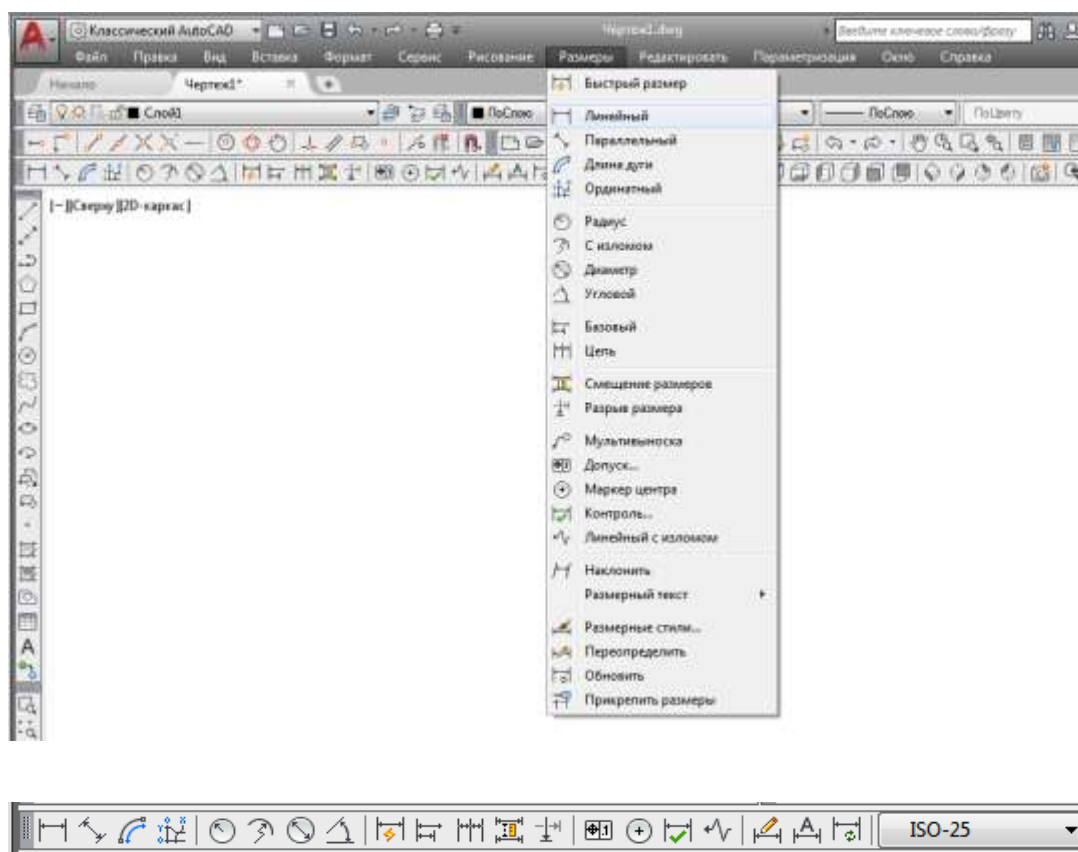


Рис. 88. Вкладка «Размеры» и панель инструментов «Размер»

Основные команды нанесения размеров:

Команда **ЛИНЕЙНЫЙ**

Команда обеспечивает простановку линейного размера.

Опции команды:

Мтекст — позволяет редактировать многострочный размерный текст;

Текст — позволяет редактировать размерный текст;

Угол — позволяет наклонить размерный текст;

Горизонтальный — определяет ориентацию размерной линии, как горизонтальную;

Вертикальный — определяет ориентацию размерной линии, как вертикальную;

Повернутый – позволяет задать угол наклона выносных линий.

Алгоритм исполнения команды: вызвать команду на исполнение, указать последовательно первую и вторую конечные точки выносной линии, при необходимости отредактировать текст, его расположение, зафиксировать размер.

Команда РАДИУС

Команда обеспечивает простановку радиуса круга или дуги.

Алгоритм исполнения команды: вызвать команду на исполнение, указать дугу или круг, при необходимости отредактировать текст, зафиксировать положение размерной линии.

Команда ДИАМЕТР

Команда обеспечивает простановку диаметра круга или дуги.

Алгоритм исполнения команды Диаметр идентичен алгоритму исполнения команды Радиус.

Команда УГЛОВОЙ

Команда обеспечивает простановку углового размера между отрезками, как центральные углы дуг, дуговых сегментов полилиний, или части окружности.

Последовательность запросов при определении угла между двумя отрезками: вызвать команду на исполнение, указать мышью последовательно первый и второй отрезок, зафиксировать положение размерной линии.

Команда МУЛЬТИВЫНОСКА

Команда Выноска используется для внесения в чертеж различных пояснений.

Алгоритм исполнения команды: вызвать команду на исполнение, указать местоположение стрелки выноски, указать положение полки выноски, ввести текст.

Стиль выноски не определяется размерным стилем, а настраивается отдельно из сеанса исполнения команды. Следует отметить, что полка выносной линии не пририсовывается пользователем, а строится автоматически по ширине текста.

Редактирование размеров

Редактировать нанесенные размеры, (изменять их текст, расположение текста и т. д.) можно с помощью специальных команд редактирования размеров, которые находятся в меню панели управления РАЗМЕРЫ или используя команду Свойства, через измерение соответствующих свойств.

Ниже рассматриваются основные команды редактирования размеров.

Команда ВЫРАВНИВАНИЕ МУЛЬТИВЫНОСОК

Команда используется для выравнивания и разнесения выбранных объектов мультивыносок

Алгоритм исполнения команды: вызвать команду на исполнение, указать мультивыноски, на которые распространяется редактирование, выбрать мультивыноску, по которой будет происходить выравнивание.

Команда РЕДАКТИРОВАТЬ ТЕКСТ

Команда позволяет изменить расположение размерного текста, но не его содержание.

Опции команды:

вЛевое – прижать текст к левой выносной (размерной стрелке);

вПравое – прижать текст к правой выносной (размерной стрелке);

Центр – расположит текст по центру размерной линии;

Угол – изменить угол наклона текста;

Вернуть – возвращает размерный текст в начальное положение.

Алгоритм исполнения команды: вызвать команду на исполнение, выбрать размер для редактирования (без <Enter>), указать новую точку расположения текста или установить нужную опцию.

Команда РЕДАКТИРОВАТЬ РАЗМЕР

Команда позволяет изменить: размерный текст, угол наклона размерного текста, угол наклона выносных.

Опции команды:

Вернуть – возвращает первоначальную форму размерного текста;

Новый – позволяет заменить размерный текст другим;

Повернуть – поворачивает размерный текст относительно размерной линии;

нАклонить – предназначена для наклона выносных линий.

Алгоритм исполнения команды: вызвать команду на исполнение, установить нужную опцию редактирования размеров, ввести новое значение свойства размера (кроме опции Н), выбрать размеры, на которые распространяется редактирование (окончание выбора –<Enter>).

Полученное значение размера отображается в угловых скобках (<>).

Для того чтобы изменить или удалить сгенерированное значение размера, нужно удалить угловые скобки, ввести новый размерный текст нажать «ОК». Для задания специальных символов можно использовать управляющие коды. Например, ввод символа диаметра в командной строке –%% с, символа угловых градусов – %% d, знак плюс/минус – %% р, включение/отключение подчеркивания текста – %% u.

Команда ОБНОВИТЬ РАЗМЕР

Команда позволяет обновлять размерные объекты в соответствии с текущим размерным стилем.

Алгоритм исполнения команды: вызвать команду на исполнение после переопределения нового размерного стиля, выбрать размеры для редактирования, нажать клавишу <Enter> для подтверждения окончания выбора объектов.

Сохраним выполненные настройки.

Порядок выполнения чертежа в среде графического редактора AutoCAD

Для начала необходимо выбрать масштаб изображения с учетом заполнения 80% поля чертежа. При выборе масштаба нужно ориентироваться, чтобы произведение масштаба и коэффициента масштаба в размерном стиле всегда было равно 1. Например, если выбираете масштаб 2:1, то в размерном стиле

необходимо поставить коэффициент масштаба 0,5 для того чтобы размеры наносились в натуральную величину.

Далее наносят оси (для симметричных изображений). Выполняют построение необходимого количества изображений видов согласно ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения».

Для симметричных изображений можно воспользоваться командой *Зеркало*, расположенной на панели инструментов *Редактирование*.

Выполнить согласно ГОСТ 2.205-2008 необходимые разрезы и сечения. Нанести штриховку. Для этого на панели *Рисование* необходимо выбрать соответствующую кнопку и установить настройки в диалоговом окне *Штриховка и градиент* (рис. 89).

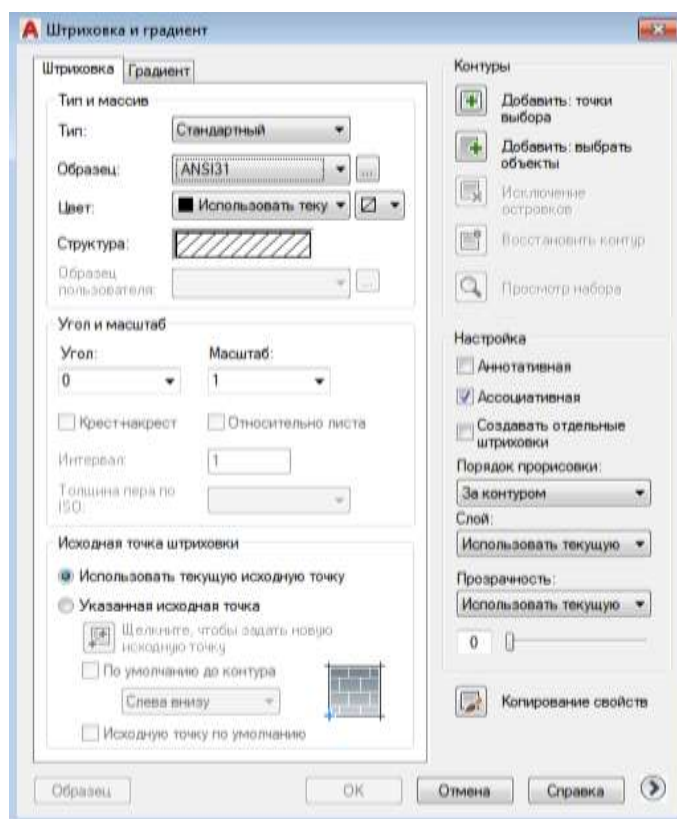


Рис. 89. Диалоговое окно «Штриховка и градиент»

Далее кликнуть клавишу *Добавить точки выбора* и выбрать замкнутые контуры, в которых будет расположена штриховка.

Нажать клавишу <Enter>. Во вкладке кликнуть ОК для завершения операции.

Нанести размеры. При совмещении вида и разреза некоторые размерные линии наносят только от одного контура (например, разреза – размер $\varnothing 47$, $\varnothing 50$). Для построения такого вида размера строят зеркальное отображение относительно оси измеряемого контура детали, устанавливают полностью размер 47, затем заходят в свойства размера, выделив его, и редактируют. Убирают 1-ю стрелку, 1-ю размерную линию, 1-ю выносную линию. Затем редактируют текст размера, поставив знак \varnothing перед 47. В завершение удаляют зеркальное отображение линии контура. Заполняют основную надпись.

Пример чертежа, выполненный в среде графического редактора AutoCAD, представлен на рисунке 90.

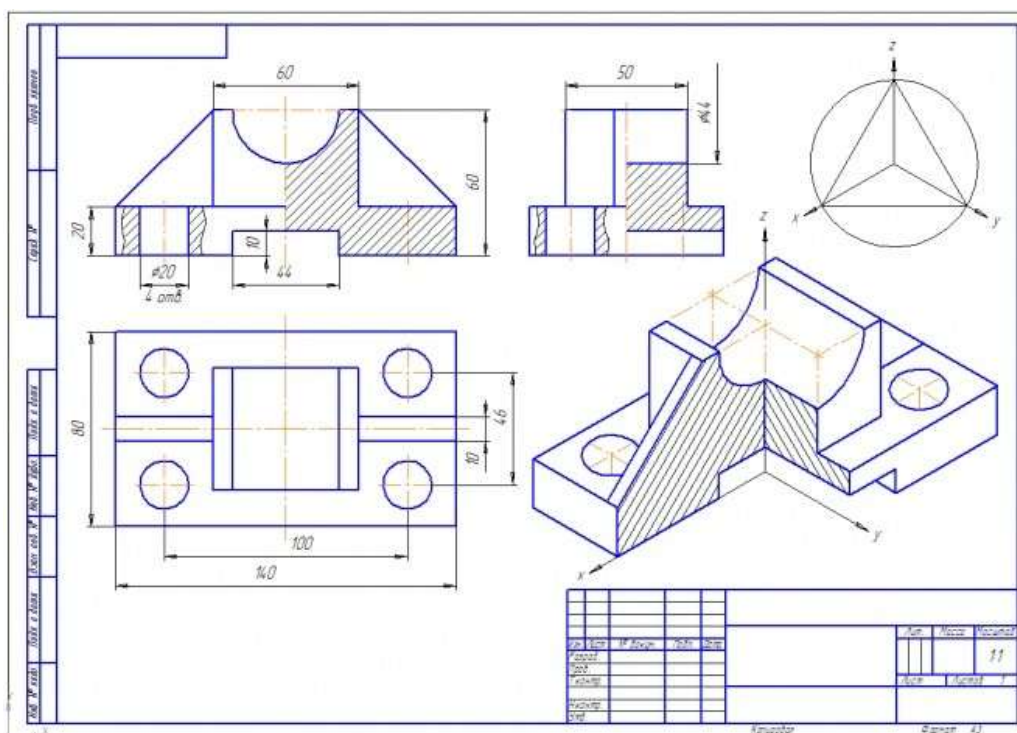


Рис. 90. Пример чертежа, выполненный в среде графического редактора AutoCAD

Основные теоретические положения
ГОСТ 2.305-2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения».

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. 91, 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. 91, б).

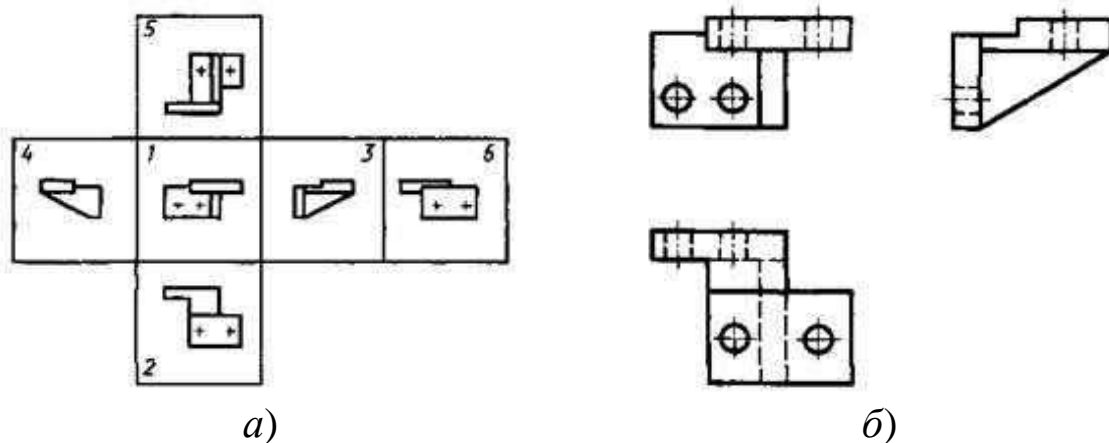


Рис. 91. Основные виды:
 а) виды детали, б) основные три вида детали

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. 92, вид Д).

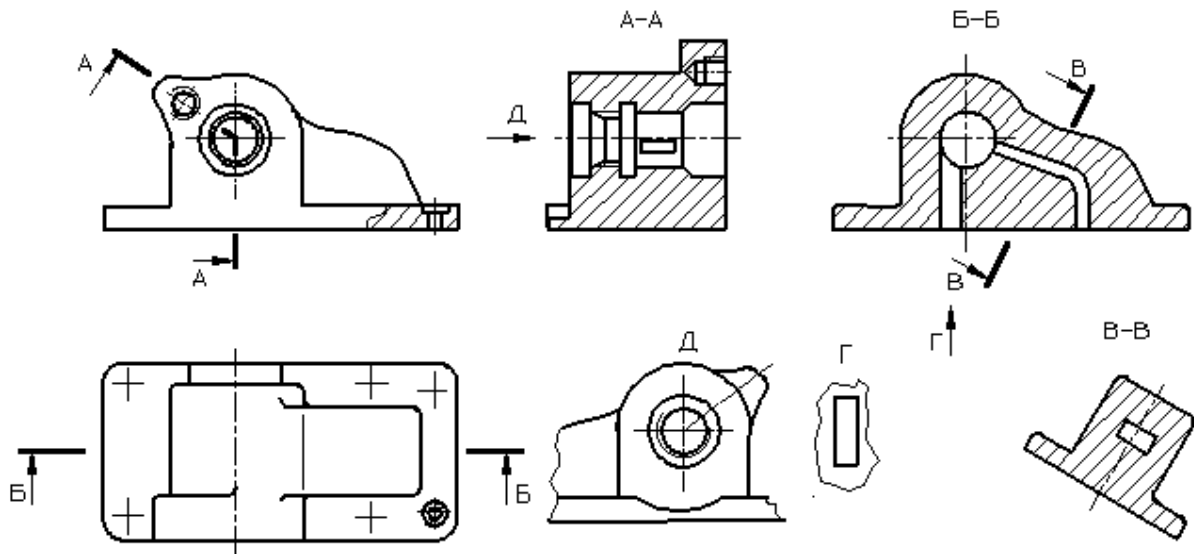


Рис. 92. Изображение видов детали с нарушением проекционной связи

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. 93).

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой (см. рис. 93), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка Б, см. рис. 93).

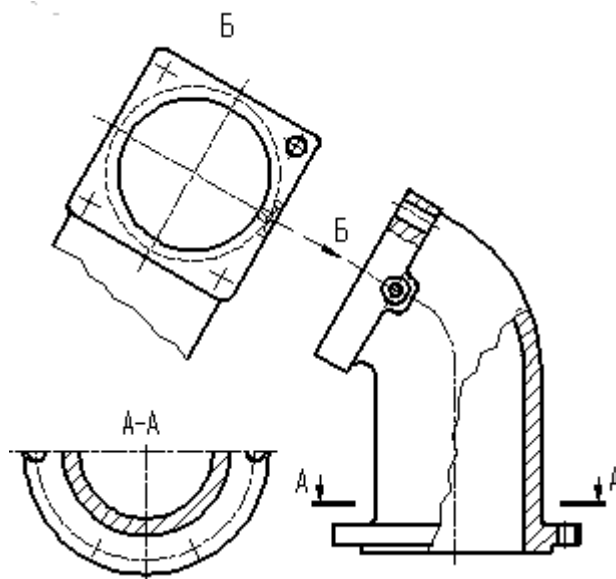


Рис. 93. Расположение и обозначение дополнительного вида

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (рис. 94).

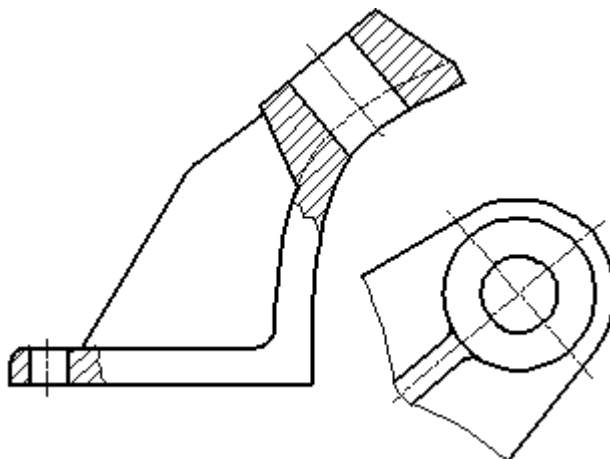




Рис. 94. Дополнительный вид, построенный без нарушения проекционной связи

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, см. рис. 92).

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. 95.

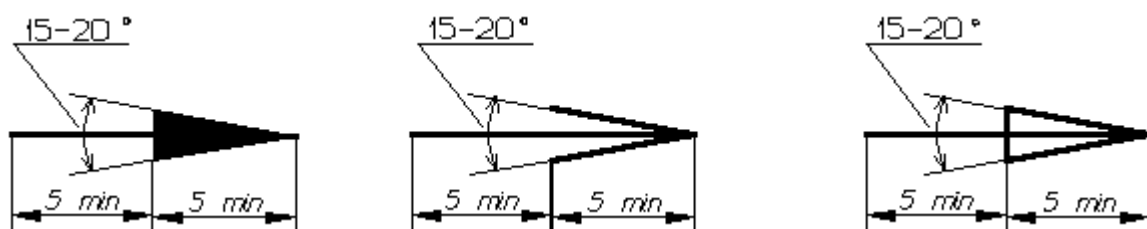


Рис. 95. Размеры стрелок, определяющих направление взгляда

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. 96, 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. 96);

✓ **наклонные** – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (например, разрез А–А, рис. 97).

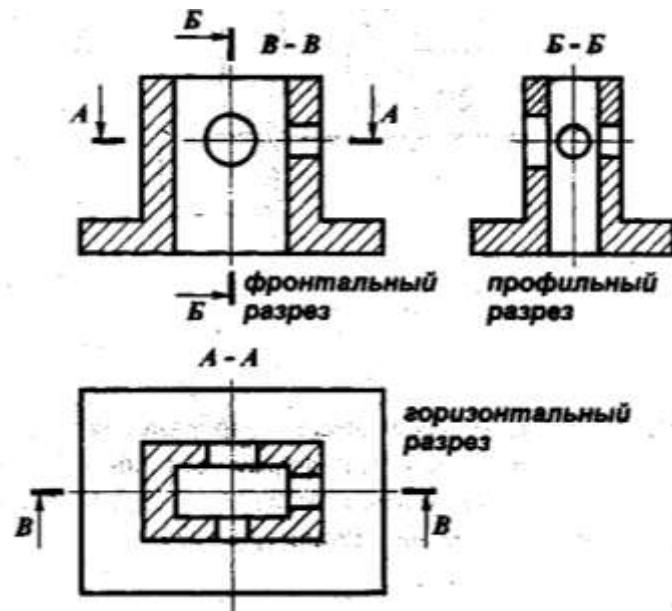


Рис. 96. Простые разрезы (горизонтальный и вертикальные)

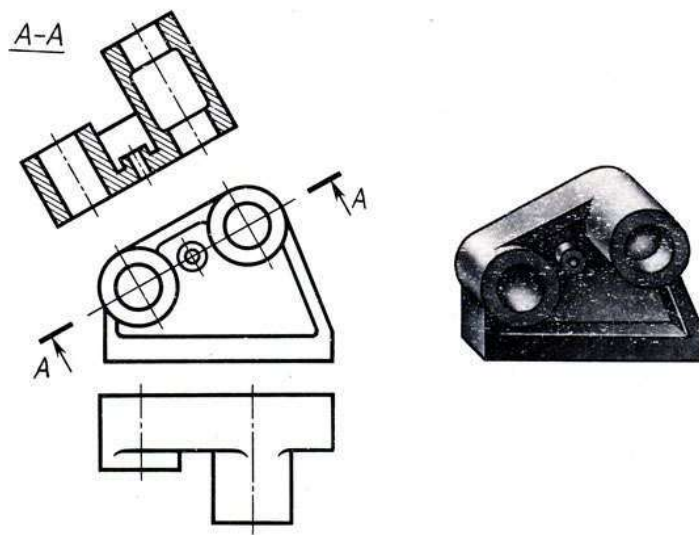


Рис. 97. Наклонный разрез

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на:

✓ **простые** – при одной секущей плоскости (например, разрез В–В, Г–Г, рис. 98);

✓ **сложные** – при нескольких секущих плоскостях (например, разрезы А–А, Б–Б, рис. 98).

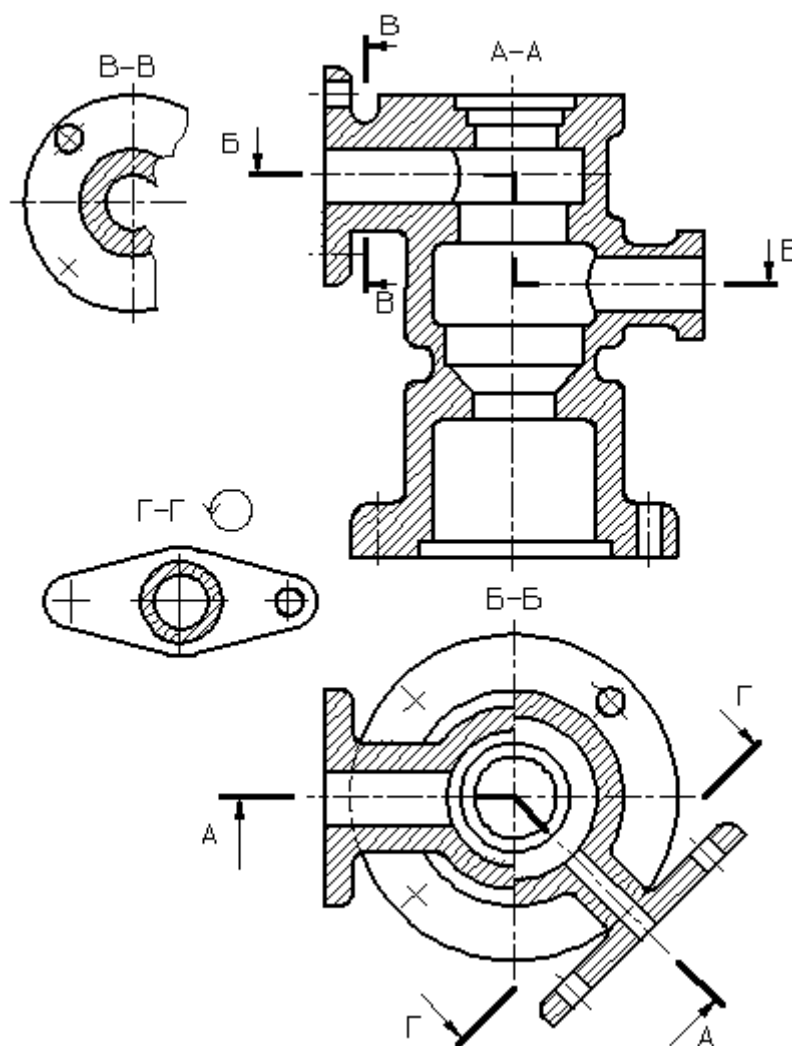


Рис. 98. Простые (разрезы В–В, Г–Г)
и сложные разрезы (разрезы А–А, Б–Б)

Вертикальный разрез называется **фронтальным**, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, и **профильным**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (см. рис. 96).

Разрезы называются *продольными*, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (рис. 99), и *поперечными*, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета (например, разрезы А–А и Б–Б, рис. 100).

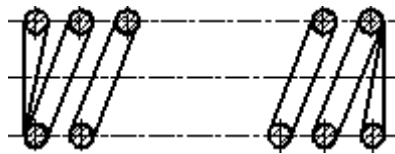


Рис. 99. Продольный разрез пружины

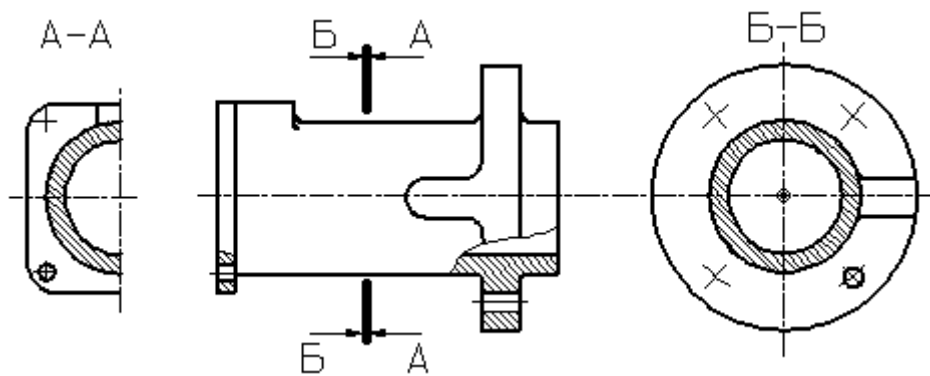


Рис. 100. Поперечный разрез детали

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. 92, 93, 96, 97, 98, 100); 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 рисунке 100, 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 2.305-2008 допускает совмещение вида с разрезом, при этом для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов не отмечают положение секущей плоскости, и разрез надписью не сопровождают (рис. 101).

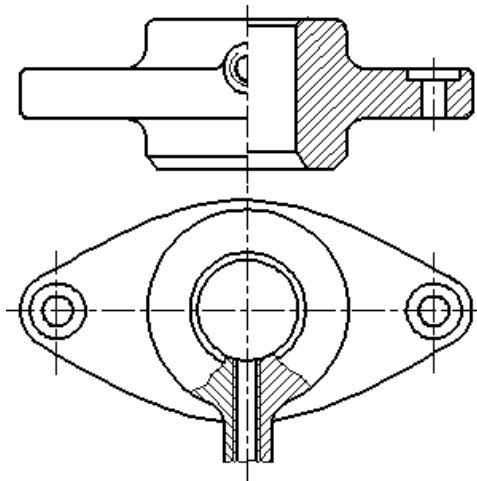


Рис. 101. Совмещение на изображении части вида и разреза

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется **местным**. Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (рис. 102).



Рис. 102. Местный разрез

Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (рис. 103). На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

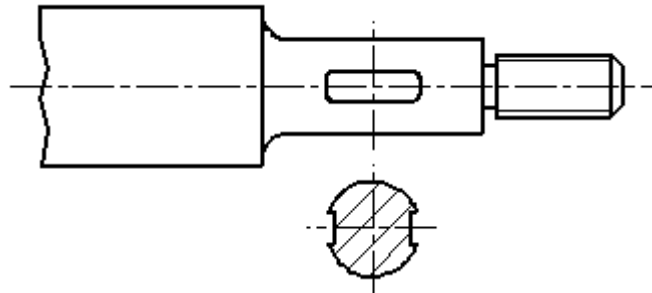


Рис. 103. Сечение детали

Отличие разреза от сечения

На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и за ней. Иными словами, разрез состоит из сечения и изображения того, что расположено за секущей плоскостью.

Как видно из рисунка 104 между разрезом и сечением существует различие.

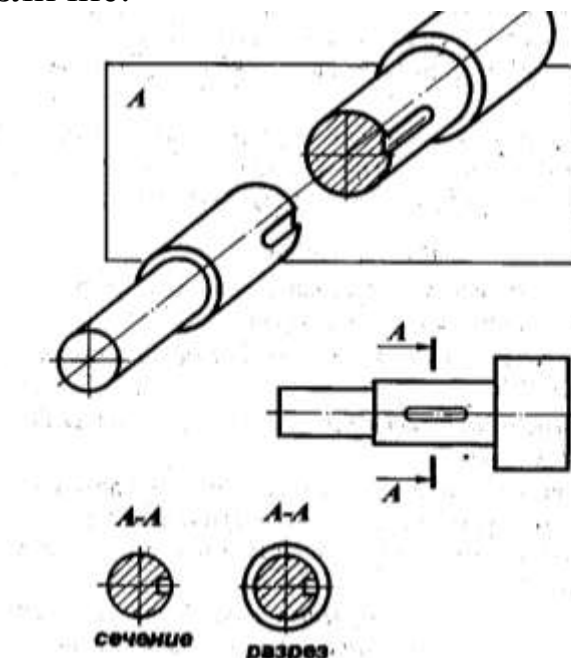


Рис. 104. Сечение и разрез детали

Сложный разрез – мысленное рассечение детали двумя или более секущими плоскостями.

В зависимости от расположения секущих плоскостей относительно друг друга различают: ступенчатые, ломанные, радиальные и комбинированные разрезы.

Ступенчатым называют сложный разрез, если секущие плоскости параллельны.

На рисунке 105, б изображена плита кондуктора. Внутренние очертания плиты нельзя выявить одной секущей плоскостью. Поэтому деталь мысленно рассечена тремя параллельными секущими плоскостями. Первая секущая плоскость выявляет формы цилиндрических отверстий, вторая – призматического отверстия и третья – прорези. Все три секущие плоскости совмещаются в плоскости чертежа, образуя ступенчатый разрез (рис. 105, а).

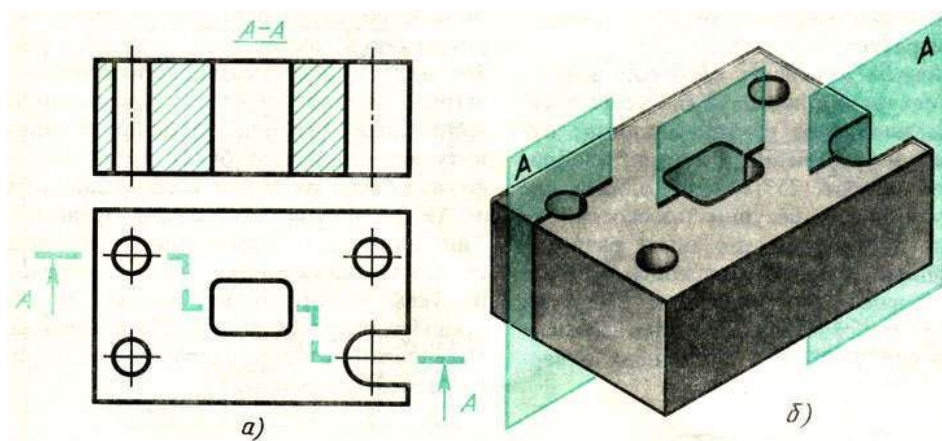


Рис. 105. Ступенчатый разрез

Ломаным называют сложный разрез, если секущие плоскости пересекаются.

Для выявления формы прорези, отверстий и углубления в детали, изображенной на рис. 106, в необходимы две пересекающиеся секущие плоскости.

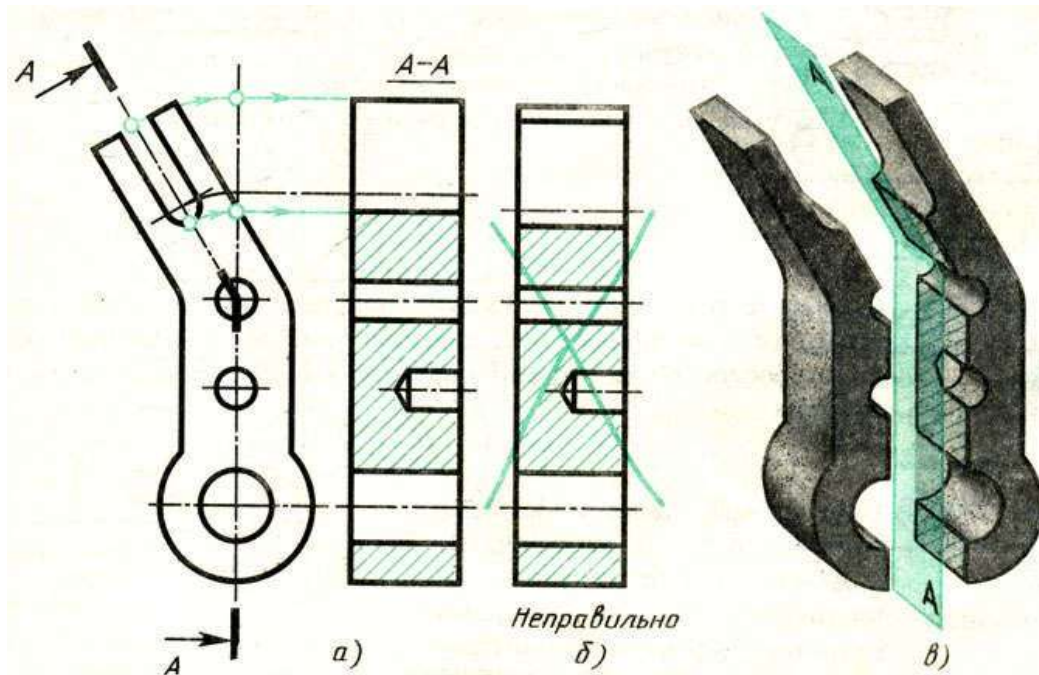


Рис. 106. Ломаный разрез

При построении ломаных разрезов наклонную секущую плоскость условно поворачивают до совмещения с другой секущей плоскостью. В данном примере наклонная плоскость совмещена с вертикальной. При повороте плоскости наклонная часть детали изобразится на разрезе без искажения, т. е. в натуральную величину (рис. 106, а). Без поворота плоскости разрез проецируется, как показано на рисунке 106, б и деталь представляется в искаженном виде.

Радиальный разрез — изображение предмета, мысленно рассеченного группой плоскостей, проходящих через ось предмета (рис. 107).

Комбинированным называют разрез, состоящий из комбинации разных разрезов, например ступенчатый и ломаный.

Обозначение сложных разрезов. Положение секущих плоскостей при сложных разрезах всегда отмечают разомкнутой линией со штрихами: начальным, конечным и в местах перегибов (см. рис. 105, 106 и 107). На начальном и конечном штрихах ставят стрелки, указывающие направление взгляда, и наносят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Над разрезом делают надпись по типу А—А (только двумя буквами). Тип линии

для обозначения положения секущих плоскостей, форму стрелок и буквы выбирают так же, как и для простых разрезов и сечений. При сложных разрезах разомкнутая линия имеет перегибы.

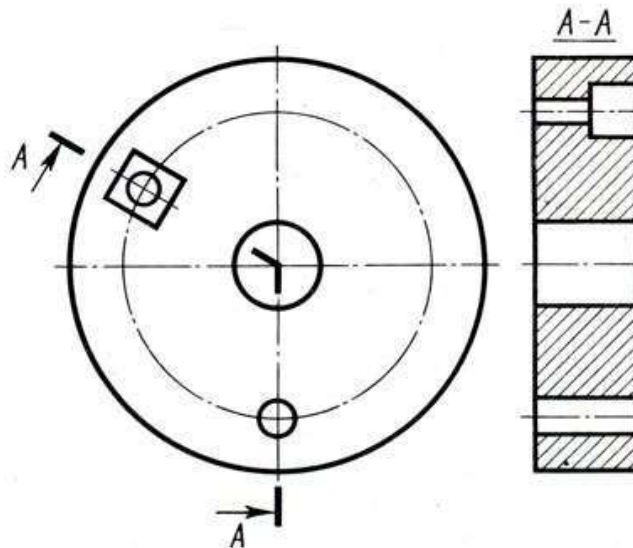


Рис. 107. Радиальный разрез

При выполнении разрезов на чертежах:

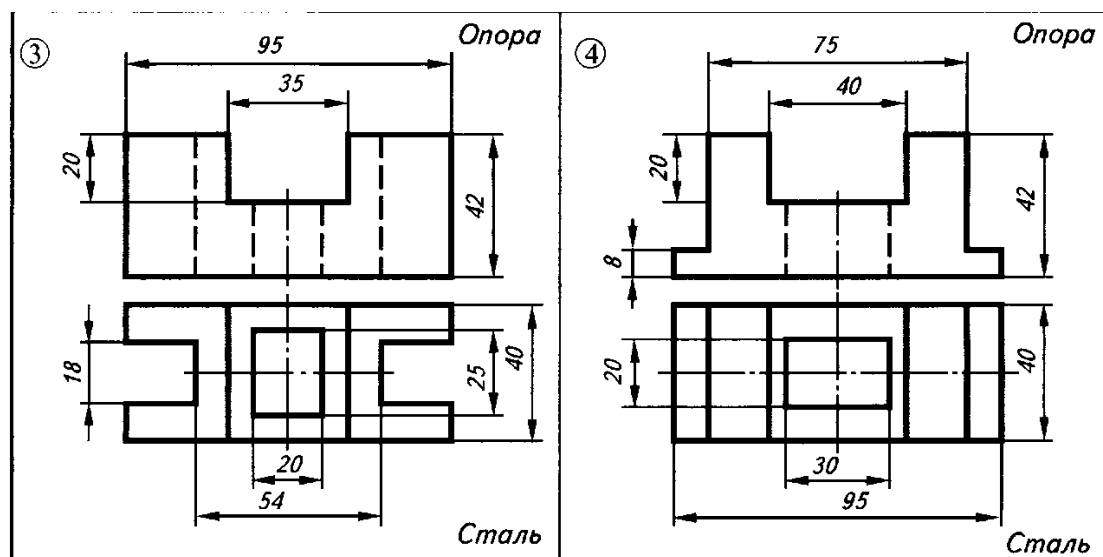
- 1 Невидимые внутренние очертания, изображаемые штриховыми линиями, обводят сплошными основными линиями.
2. Сплошные основные линии, изображающие элементы детали, находящиеся на части детали, расположенной перед секущей плоскостью, не проводят.
3. Фигура сечения, входящая в разрез, заштриховывается (сплошными тонкими линиями, наклон линий 45° , расстояние между линиями 3...4 мм и выдерживается одинаковым на всем чертеже).
4. Мысленное рассечение предмета должно относиться только к данному разрезу и не влечёт за собой изменения других изображений того же предмета.

Практическая часть

Изучив основные теоретические положения, выполнить запуск программы AutoCAD. Выполнить настройку рабочих слоев, текстового и размерного стилей.

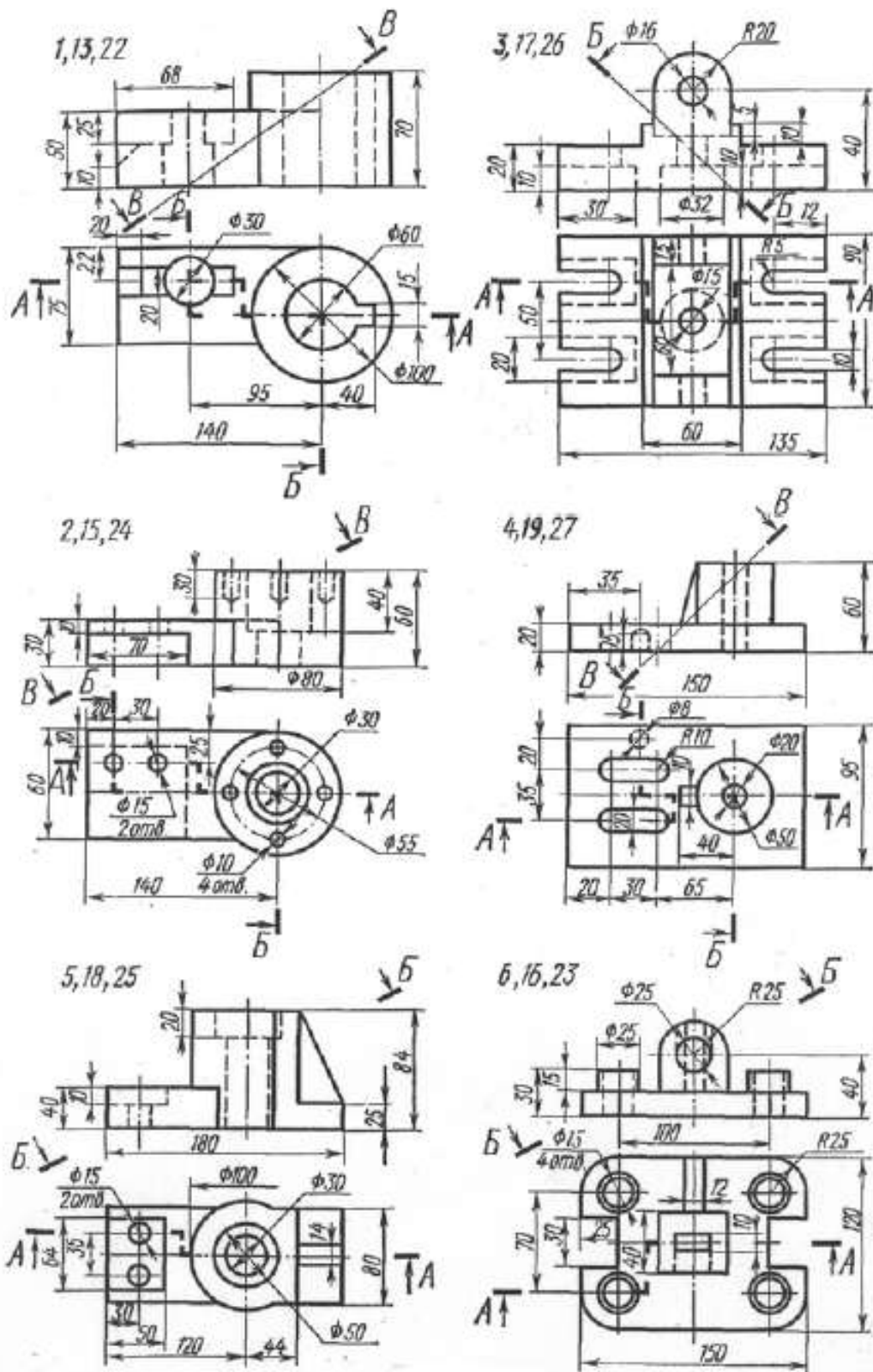
В пространстве модели графического редактора выполнить построение рамки для формата А3, рамку основной надписи и задание по теме «Проекционное черчение»:

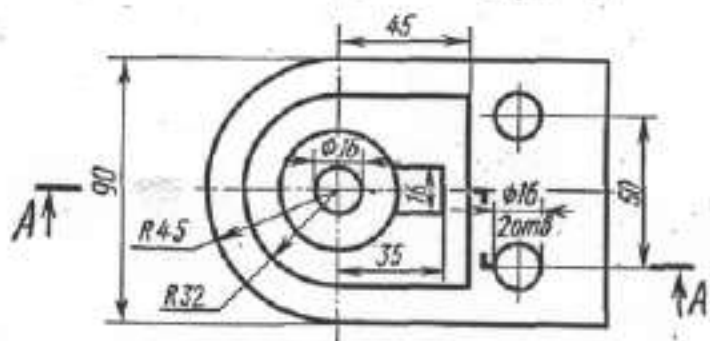
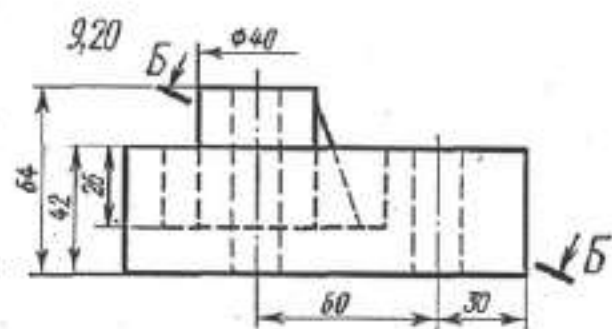
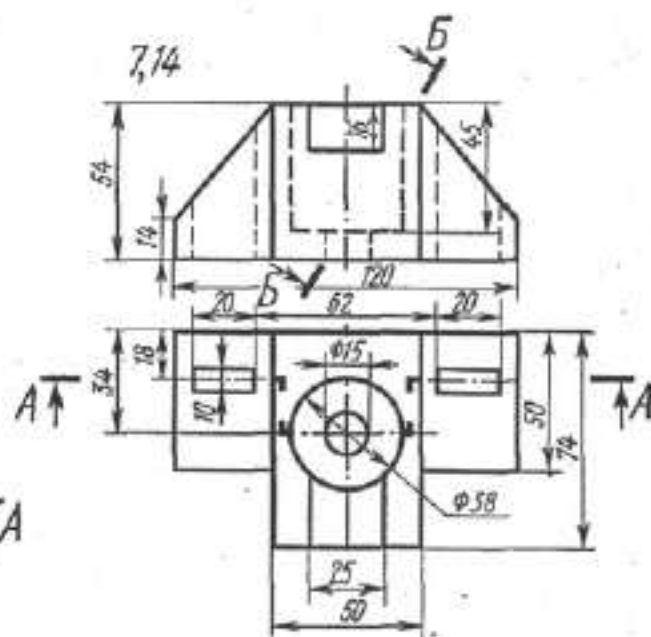
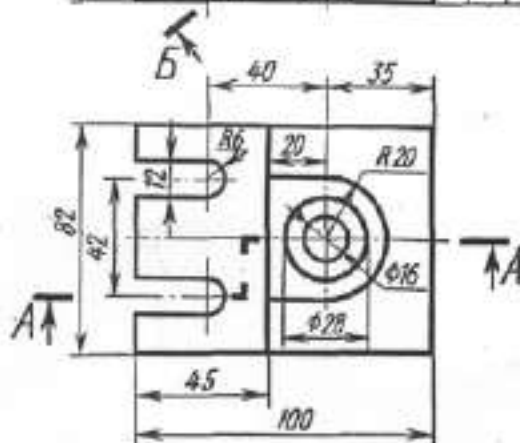
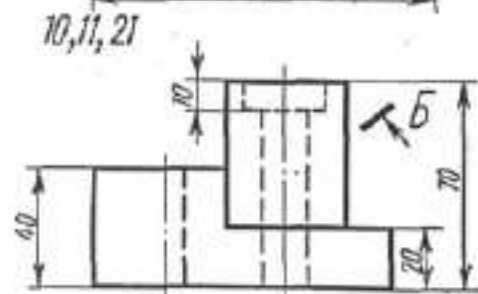
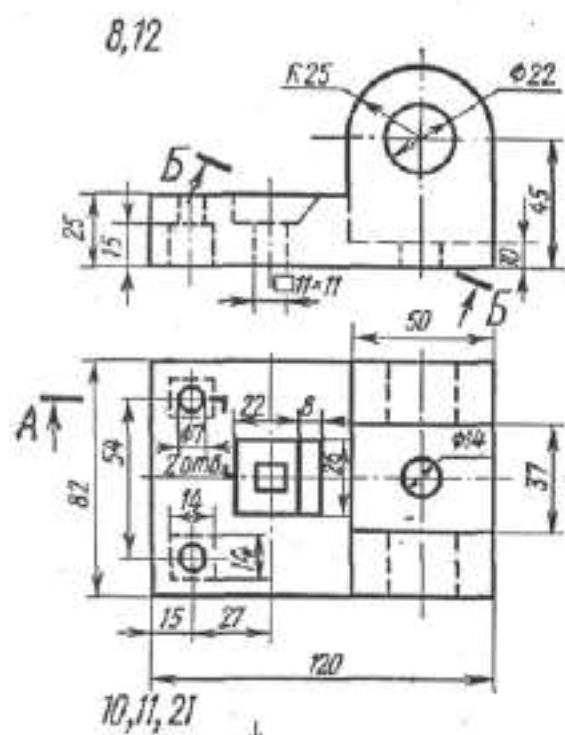
- по двум проекциям детали построить третью;
- выполнить необходимые разрезы, нанести размеры;
- построить прямоугольную изометрию детали с вырезом $\frac{1}{4}$.



Самостоятельная работа

Дзб «Проекционное черчение» выполняется в среде графического редактора AutoCAD. По варианту, выданному преподавателем выполнить построение трех проекций детали (по двум данным), необходимые разрезы. Нанести размеры (см. рис. 90).





Вопросы для самоконтроля

1. Как осуществить запуск программы AutoCAD?
2. Интерфейс программы AutoCAD.
3. Какие пункты меню вы знаете?
4. Что такое панель инструментов, какие команды она включает. Какие бывают панели инструментов?
5. Где расположена командная строка, её роль в графическом редакторе AutoCAD?
6. Где расположена строка состояния и какие кнопки включения/выключения режимов черчения содержит?
7. Назовите свойства слоев.
8. Как сохранить документ и завершить работу программы AutoCAD?
9. Где расположена панель редактирования?
10. Как настроить панель редактирования?
11. Назовите основные инструменты редактирования.
12. Как повернуть изображение?
13. Как переместить изображение?
14. Как сделать изображение зеркальным?
15. Как удлинить и обрезать линию до указанной линии?
16. Как осуществить разрыв линии, окружности?
17. Назовите основные инструменты черчения.
18. Где расположена панель инструментов?
19. Как настроить панель инструментов?
20. Какой клавишей осуществляется отмена команды в программе AutoCAD?
21. Какой клавишей осуществляется подтверждение команды в программе AutoCAD?
22. Как нанести штриховку на замкнутую область?
23. Что такое массив?
24. Как называется команда, используемая для создания массива?
25. Какие массивы бывают?
26. Назовите параметры прямоугольного массива.
27. Назовите параметры полярного (кругового) массива.
28. Что такое текстовый стиль?

29. Где расположена вкладка «Текстовые стили»?
30. Назовите основные требования при создании текстовых стилей.
31. Расскажите алгоритм создания нового текстового стиля.
32. Функция команды «Многострочный текст».
33. Функция команды «Однострочный текст».
34. Какой шрифт используют для оформления графических документов в AutoCAD?
35. Где расположена вкладка «Размеры»?
36. Какие основные размеры используют при оформлении графических документов?
37. Что такое размерный стиль?
38. Как называется команда, управляющая размерными стилями, где она расположена?
39. Расскажите алгоритм создания нового размерного стиля.
40. Что такое вид детали, и какие виды вы знаете?
41. Сколько всего видов имеет деталь, и какие и сколько основных принято изображать?
42. Что такое разрез, простой разрез, их классификация?
43. Дать определение фронтальному, профильному и горизонтальному разрезам.
44. Какие разрезы называют продольными, поперечными и наклонными?
45. В каком случае допускается совмещение на чертеже вида и разреза, как обозначают разрезы и в каком случае?
46. Что такое сечение, в чём отличие между сечения от разреза?
47. Что такое сложный разрез?
48. Классификация сложных разрезов.
49. Дайте определение ступенчатого разреза?
50. Что такое ломаный разрез?
51. Что такое радиальный разрез?
52. Что такое комбинированный разрез?
53. Как обозначают сложные разрезы на чертежах?

Раздел 2. Типы технических соединений

Разъемные и неразъемные соединения деталей. Резьбы, крепежные изделия и соединения

Лабораторное занятие

Теоретические положения

Классификация типов технических соединений представлена на рисунке 108.

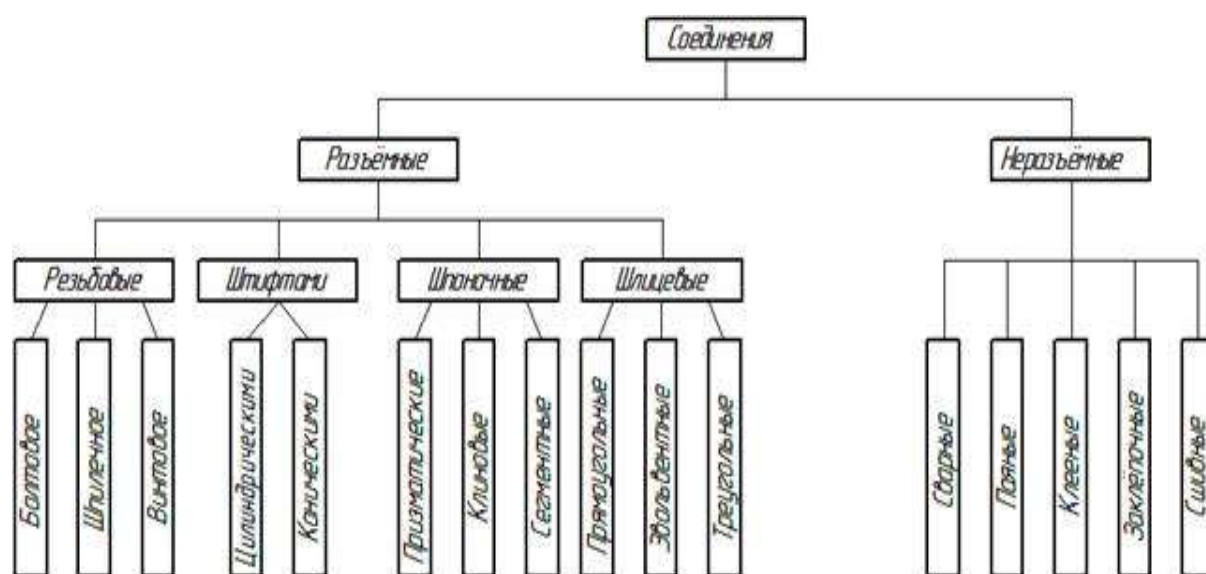


Рис. 108. Типы технических соединений

Во всех отраслях промышленности широко применяют детали, имеющие резьбы, каждая из которых наиболее полно отвечает назначению и условиям функционирования резьбового соединения. Выполнение чертежей резьбовых соединений и изделий связано с соблюдением правил и условностей, установленных ГОСТ 2.311-68* и ГОСТ 2.315-68*.

Резьба образуется при винтовом движении некоторой плоской фигуры (задающей профиль резьбы), расположенной в одной плоскости с осью поверхности вращения (**осью резьбы**) по цилиндрической или конической поверхности.

Профиль резьбы – контур сечения резьбы в плоскости,

проходящей через ее ось.

Виток – часть резьбы, образованной при одном повороте профиля вокруг оси. При этом все точки производящего профиля перемещаются параллельно оси на одну и ту же величину, называемую **ходом резьбы**. Резьбу, образованную движением одного профиля, называют **однозаходной**, образованную движением двух, трех одинаковых профилей или более – **многозаходной**

Шаг резьбы (P) – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

У однозаходной резьбы ход равен шагу (рис. 109, а), у многозаходной – ход равен шагу, умноженному на число заходов (рис. 109, б). Под шагом однозаходной резьбы понимают ход – расстояние, на которое переместится деталь с резьбой, например гайка при неподвижном болте, за один оборот.

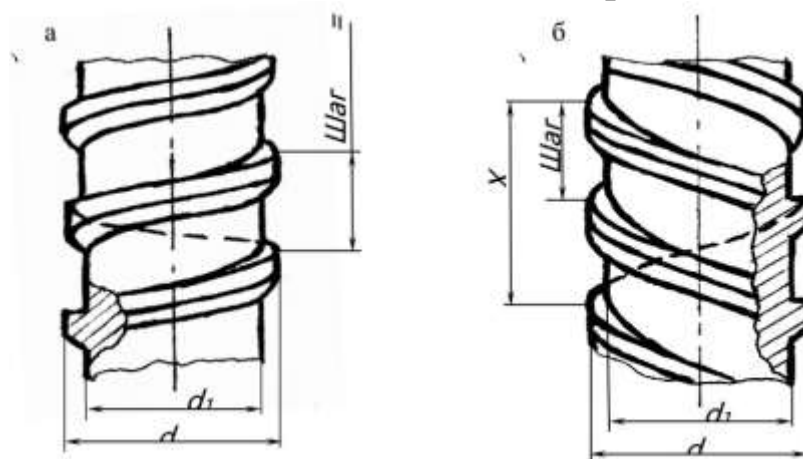


Рис. 109. Шаг резьбы однозаходной и многозаходной резьбы

Направление резьбы может быть *правым*, если видимые витки поднимаются слева направо, т. е. (см. рис. 109, а) и *левым*, если видимые витки поднимаются справа налево (рис. 109, б).

Наружный диаметр резьбы (d) – диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной резьбы или вписанного во впадины внутренней резьбы.

Внутренний диаметр резьбы ($d1$) – диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной

резьбы или описанного вокруг вершин внутренней резьбы.

В зависимости от профиля резьбы подразделяются на:

а) **метрическую** – профиль – равносторонний треугольник с углом при вершине 60° (рис. 110, а);

б) **трубную цилиндрическую** – профиль – равнобедренный треугольник с углом при вершине 55° и закругленными вершинами (рис. 110, б);

в) **трапецидальную** – равнобокая трапеция – угол между боковыми сторонами равен 30° (рис. 110, в);

г) **упорную** – профиль – неравнобокая трапеция с углами наклона ее сторон к прямой, перпендикулярной к оси стержня, 3° и 30° (рис. 110, г).

д) **прямоугольную** – профиль – прямоугольник (рис. 110, д);

е) **круглую** (рис. 110, е).

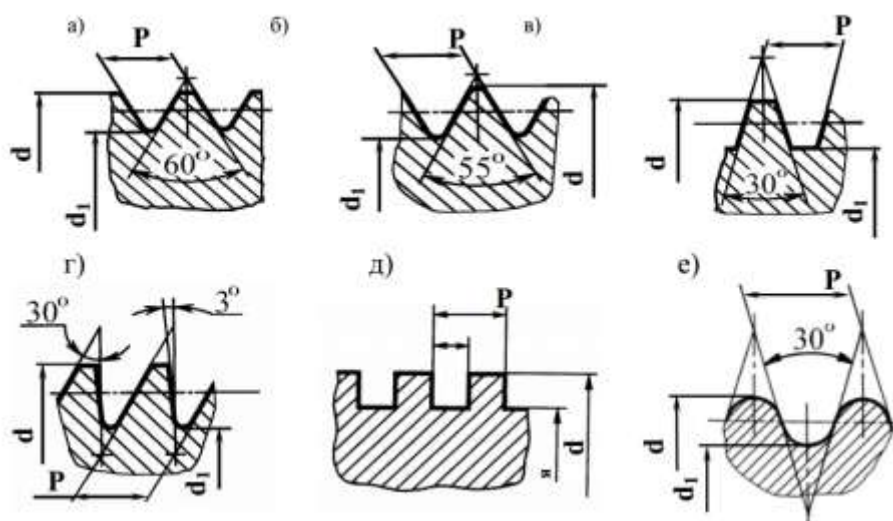


Рис. 110. Классификация резьбы по профилю

Стандартные резьбы подразделяются на резьбы общего назначения и специальные. В свою очередь, резьбы общего назначения подразделяются на **крепежные**, применяемые для неподвижных соединений, и **ходовые** – для преобразования вращательного движения в поступательное.

К крепежным резьбам относят:

а) основной крепежной резьбой является метрическая резьба. Размеры метрических резьб определяют по ГОСТ 24705-81, профиль – ГОСТ 9150-81, шаги – ГОСТ 10907-81.

При одинаковых наружных диаметрах стандартизованные резьбы могут быть выполнены с крупным и мелким шагом;

б) трубная резьба:

1) трубную цилиндрическую резьбу используют для трубных соединений (ГОСТ 6357-81);

2) трубная коническая (ГОСТ 6211-81);

в) круглую резьбу применяют для санитарно-технической арматуры (для шпинделей, вентилях, смесителей – ГОСТ 13536-68 и водопроводных кранов – ГОСТ 20275-74), в цоколях и патронах электрических ламп (резьба Эдиссона – ГОСТ 6042-83), а также при больших динамических нагрузках, возможных загрязнениях резьбы пылью, песком (в пожарной арматуре, на крюках грузоподъемных машин).

К ходовым резьбам относятся:

Ходовые резьбы используют для преобразования вращательного движения в поступательное.

В качестве ходовых применяют резьбы:

а) трапецеидальную (ГОСТ 9484-81);

б) упорную (ГОСТ 10177-82);

в) прямоугольную, не предусмотренную стандартом, но широко используемую на ходовых винтах ручных прессов, в пароводяной арматуре;

г) специальную – специальной называют резьбу, имеющую стандартизованный профиль резьбы, но отличающийся размерами диаметров, шагов, а также числом заходов, или имеющий специальный профиль.

Элементы резьбы. Условные обозначения резьбы

Построение точного изображения витков резьбы требует большой затраты времени, поэтому оно применяется в редких случаях. Как правило, на чертежах резьба изображается условно (по ГОСТ 2.311-68), независимо от профиля резьбы. На стержне (рис. 111, а) наружный диаметр резьбы показывается сплошными

основными линиями, внутренний диаметр – сплошными тонкими линиями, которые наносятся на расстоянии не менее 0,8 мм и не более шага резьбы от основных линий. На плоскости, перпендикулярной к оси стержня, внутренний диаметр резьбы изображается в виде дуги, приблизительно равной $3/4$ окружности, разомкнутой в любом месте, но концы дуги не должны совпадать с осевыми линиями.

В отверстии (рис. 111, б) внутренний диаметр резьбы показывается сплошными основными линиями, наружный диаметр – сплошными тонкими линиями. Граница резьбы изображается до линии наружного диаметра резьбы сплошной основной линией (или штриховой, если она не видима).

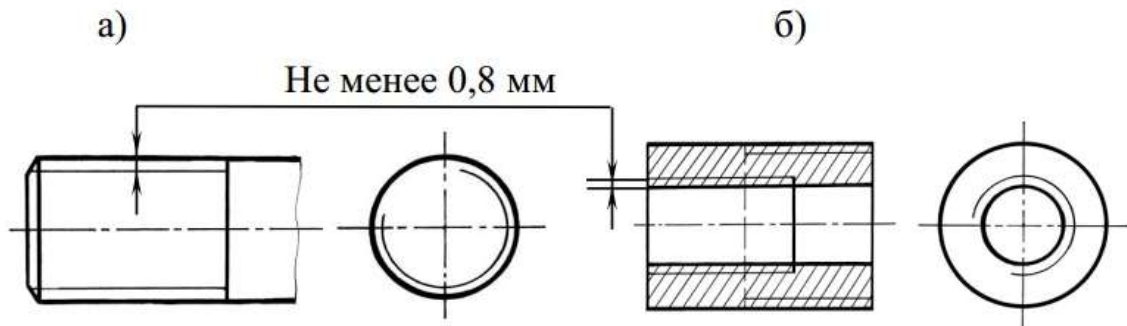


Рис. 111. Условное изображение резьбы на чертежах

При вычерчивании стержней и отверстий с конической резьбой количество концентрических окружностей на чертеже наносится, как показано на рисунке 112.

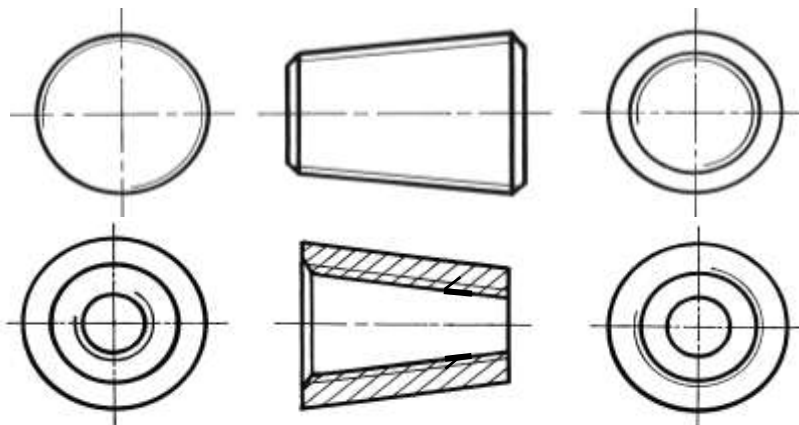


Рис. 112. Изображение конической резьбы на чертежах

К **элементам резьбы** относятся фаски, сбеги, недоводы, недорезы, проточки (рис. 113).

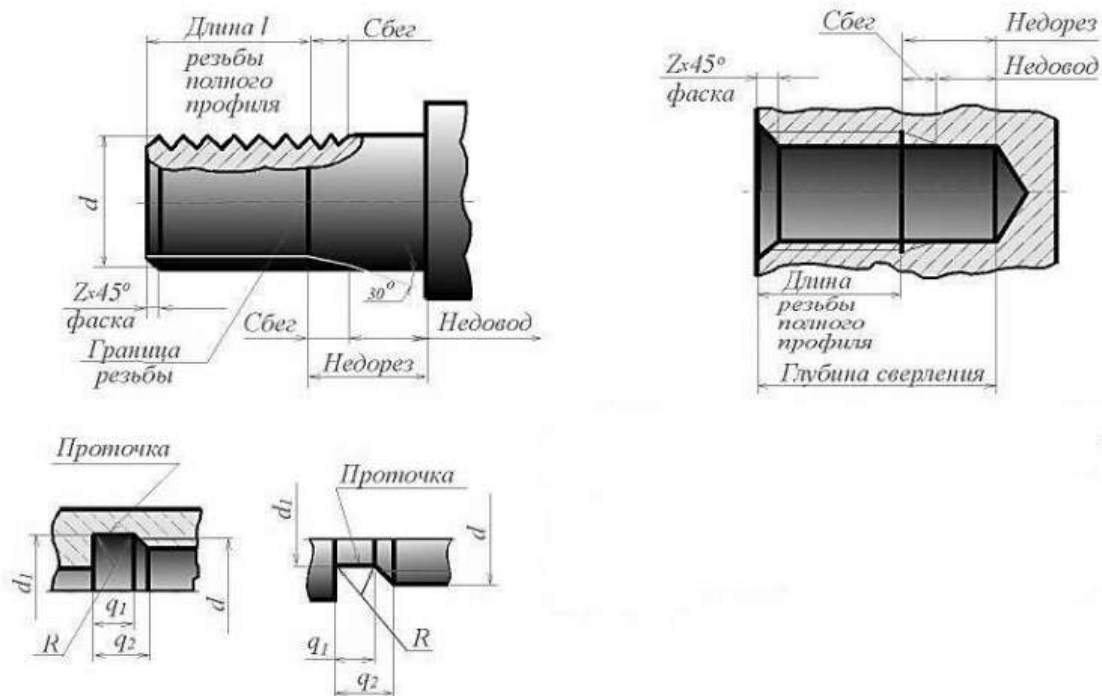


Рис. 113. Элементы резьбы

Для упрощения нарезания резьбы и удобства соединения между собой резьбовых деталей на конце стержня и в начале отверстия выполняются **фаски**. Фаски на стержнях и в отверстиях с резьбой имеют форму усеченного конуса с углом при вершине 90°. Фаска изображается только на проекции, параллельной оси резьбы. На проекции, перпендикулярной оси резьбы, фаска не показывается. Размеры фасок на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой устанавливает ГОСТ 10549–80 (для всех видов резьбы, кроме метрической). Размеры фасок для наружной метрической резьбы крепежных изделий устанавливает ГОСТ 12414–66. Определяющим размером служит наружный диаметр стержня.

Резьбу изготовляют или режущим инструментом с удалением слоя материала, или накаткой путем выдавливания. При выводе инструмента из материала резьба как бы сходит на нет, образуя участок неполного профиля резьбы, называемый

сбегом резьбы. Сбег резьбы изображается тонкой линией, проводимой примерно под углом 30° к оси резьбы. Сбег резьбы на производственных чертежах показывается редко. На учебных чертежах сбег изображать не нужно, кроме чертежей шпилек, на которых сбег резьбы показывается (см. рис. 113). **Длиной резьбы** называется длина участка поверхности, на которой образована резьба, включая сбег резьбы и фаску. Как правило, на чертежах указываются только длина резьбы с полным профилем. Если резьба выполняется до некоторой поверхности, не позволяющей перемещать резьбообразующий инструмент до упора к ней, то образуется **недовод резьбы**. Участок, включающий в себя сбег и недовод, называется **недорезом резьбы**.

При нарезании резьбы на станках с помощью резца, чтобы избежать сбega или недореза резьбы, выполняют наружную или внутреннюю **проточку** – прорезают канавку прямоугольного или полукруглого профиля. На детали проточка изображается упрощенно, а чертеж дополняется выносным элементом. Размеры сбегов, недорезов и проточек устанавливает ГОСТ 27148-86.

Обозначение стандартных резьб:

а) метрическая резьба.

В обозначение входит буква М, значение наружного диаметра (мм), поле допуска по ГОСТ 16093-81, а также значение шага, если мелкий шаг (рис. 114).

Примеры условного обозначения:

М12-6q – наружный диаметр 12 мм, с крупным шагом, с полем допуска 6 q, резьба с мелким шагом должна обозначаться буквой М, номинальным диаметром и шагом резьбы, М12×1-6 q.

Для левой резьбы после условного обозначения ставят буквы М12×1LH-6 q (см. рис. 114);

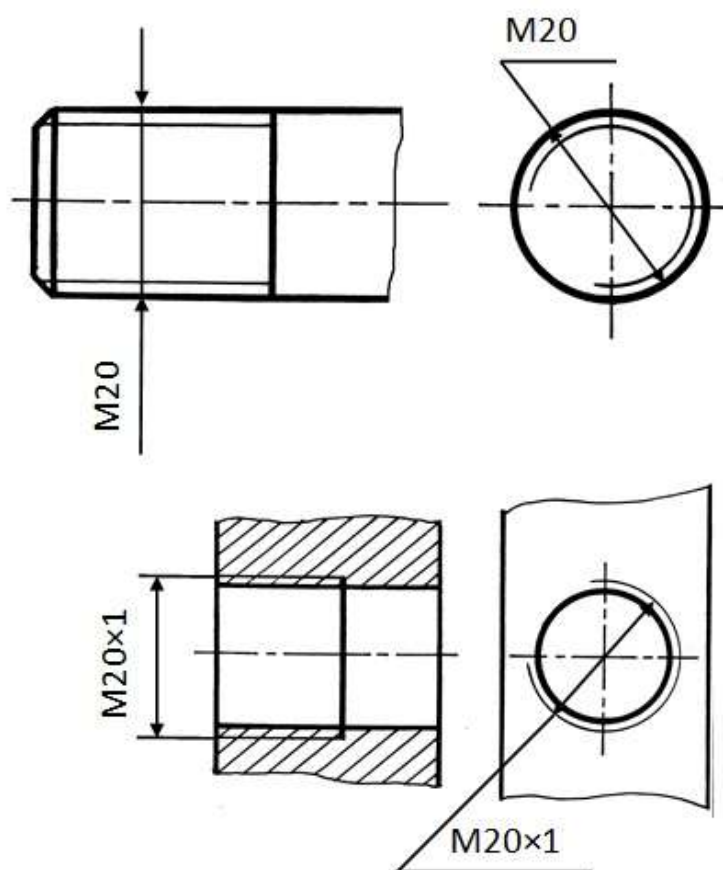


Рис. 114. Обозначение метрической резьбы

б) трубную цилиндрическую резьбу обозначают буквой *G*. В обозначение входят номинальный диаметр резьбы (дюймы), внутренний диаметр трубы и класс точности среднего диаметра. Для трубной цилиндрической резьбы установлены два класса точности *A* и *B*.

Примеры условного обозначения:

1) *G1-A*; класс точности *A*, размер диаметра 1 дюйм – условный проход трубы – *Dy* (рис. 115);

2) *G1LH-B*; левая резьба, класс точности *B*, с диаметром 1 дюйм;

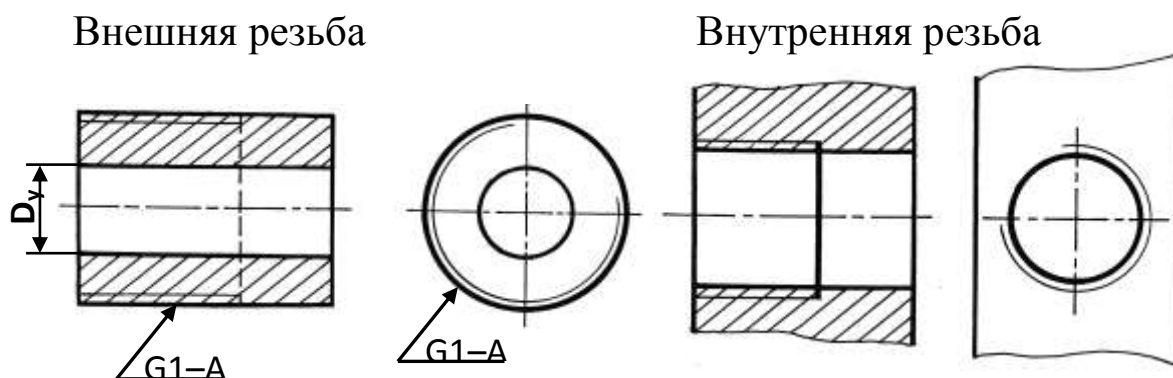


Рис. 115. Обозначение трубной цилиндрической резьбы

в) трубная коническая резьба обозначается буквой R (наружная) и буквой R_c (внутренняя) с указанием номинального диаметра резьбы (дюймы) (рис.116).

Пример: R 3/4 или 3/4 LH – наружная левая,
R_c 3/4 – внутренняя (см. рис. 116),
R_c 3/4 LH – внутренняя левая;

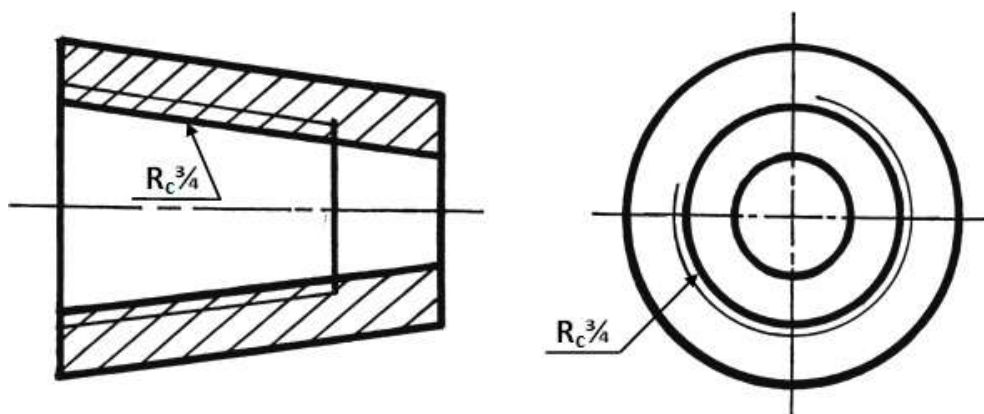


Рис. 116. Обозначение трубной конической резьбы

г) трапецеидальная резьба – обозначают буквой Tr наружный диаметр (мм), шаг (мм) и поле допуска (ГОСТ 9662-81, ГОСТ 24789-81).

Пример условного обозначения резьбы.

1. Tr 40×6-7e – номинальный диаметр 40 мм, шаг 6 мм, однозаходная, с полем допуска 7e, наружная.
2. Tr 40×6 LH-7e – то же левая.
3. Tr 40×18 (P6)-8H – номинальный диаметр 40 мм, трехзаходная, с шагом 6 мм, ход 18 мм, внутренняя.
4. Tr 40×18 (P6) LH-8H – то же, левая резьба (рис.117);

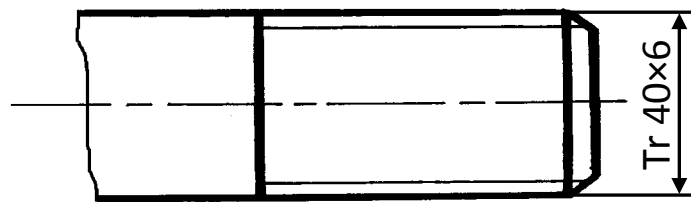


Рис. 117. Обозначение трапецеидальной резьбы

д) упорная резьба – обозначают буквой S, значение номинального диаметра (мм) и шага буквами LH – для левой резьбы; значение хода – для многозаходной резьбы (в скобках проставляется условное обозначение шага – буква P и значение шага, мм), поле допуска среднего диаметра (рис.118).

Примеры условного обозначения.

1. S 80×16-7h – номинальный диаметр 80 мм, шагом 16 мм, наружная, с полем допуска 7 h.
2. S 80×32 (P 16) LH-7h – номинальный диаметр 80 мм, двухзаходная со значением хода 32 мм, левая, с полем допуска 7h;

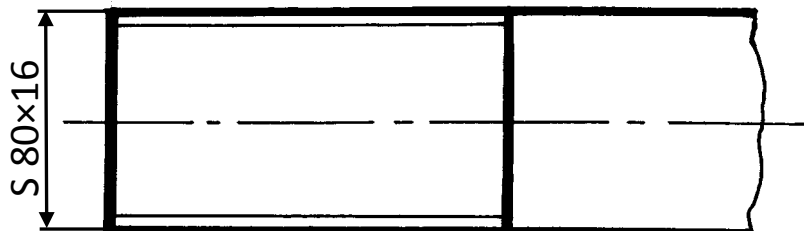


Рис. 118. Обозначение упорной резьбы

е) специальная резьба (нестандартная резьба) обозначается неодинаково. Если резьба имеет стандартный профиль, но размеры диаметра или шага отличны от принятых по стандарту, то к обозначению резьбы добавляют буквы Сп.

Например: Сп.М 64×5-6q (рис. 119).

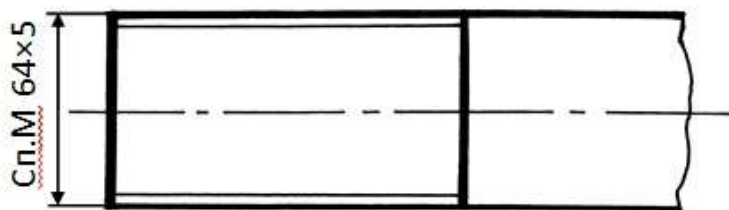


Рис. 119. Обозначение специальной резьбы

Если резьба имеет нестандартный профиль, например прямоугольный, то его выполняют в увеличенном масштабе и на изображении проставляют все необходимые размеры (рис. 120).

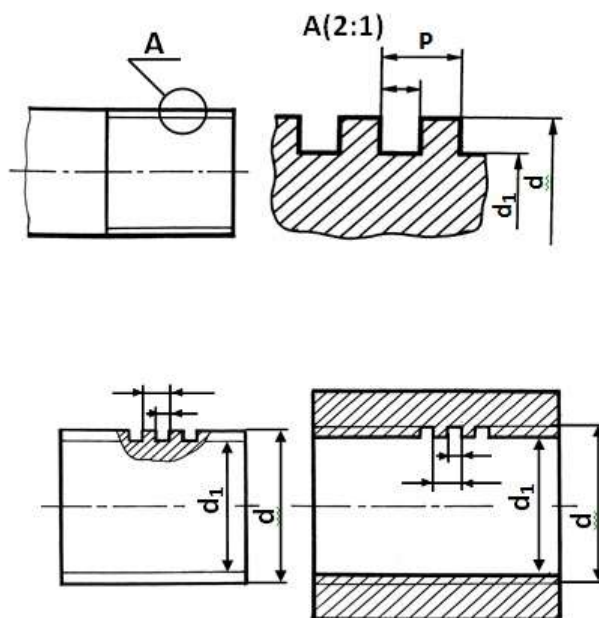


Рис. 120. Изображение профиля нестандартной резьбы

Крепежные изделия

Болт – цилиндрический стержень, имеющий с одной стороны головку, а с другой – резьбу под гайку. Конструкция головки болта имеет фаску, сглаживающую острые края головки и облегчающую наложение гаечного ключа при свинчивании.

Наиболее распространены болты с шестигранной головкой нормальной точности, размеры которых определяют ГОСТ 7798-70, ГОСТ 7795-70, ГОСТ 7805-70, ГОСТ 7796-70 и др.

Болты бывают пяти исполнений, но наибольшее распространение получили болты: исполнение 1 – без отверстия в головке и стержне; исполнение 2 – с отверстием для шплинта в нарезанной части стержня болта; исполнение 3 – с двумя отверстиями в головке болта (в них проводится проволока для соединения группы нескольких одинаковых болтов) (рис. 121).

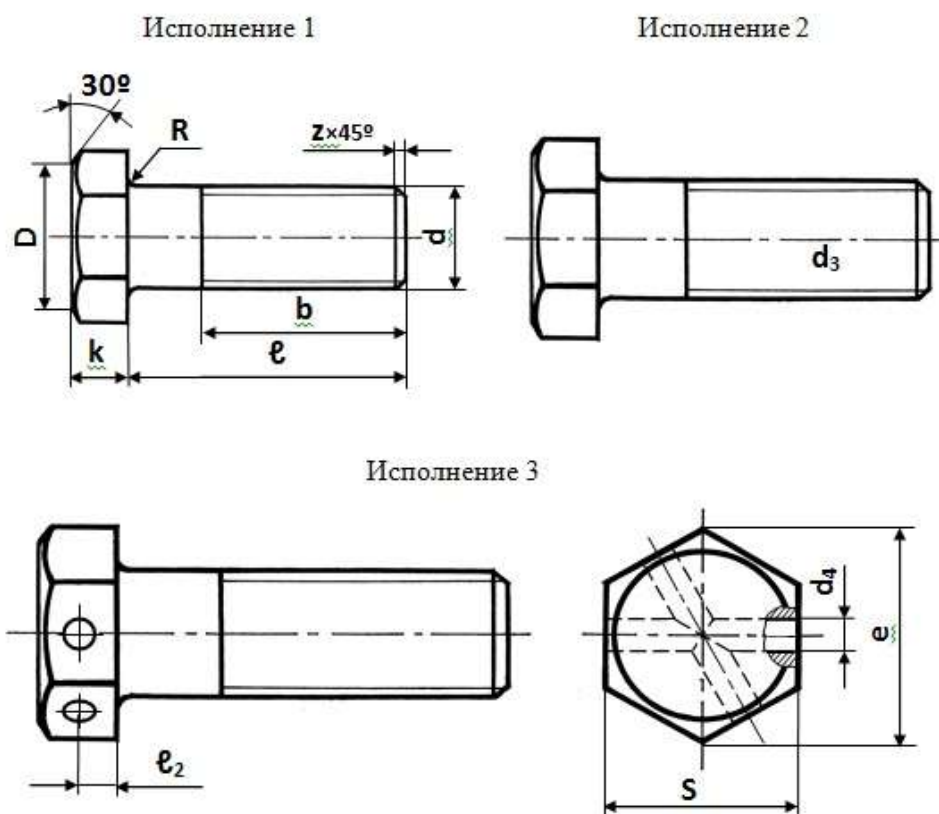


Рис. 121. Болты

Болты исполнения 2 применяют для соединения деталей машин, испытывающих вибрацию, толчки, удары, ведущие к самоотвинчиванию гаек и болтов. Шплинт или проволока будет этому препятствовать.

Каждому диаметру резьбы болта d соответствуют определенные размеры головки. При одном и том же диаметре резьбы d болт может быть изготовлен различной длины, которая стандартизирована.

Обычно резьбовые крепежные детали изображаются на чертеже так, чтобы ось их резьбы располагалась параллельно основной надписи чертежа (рис. 122).

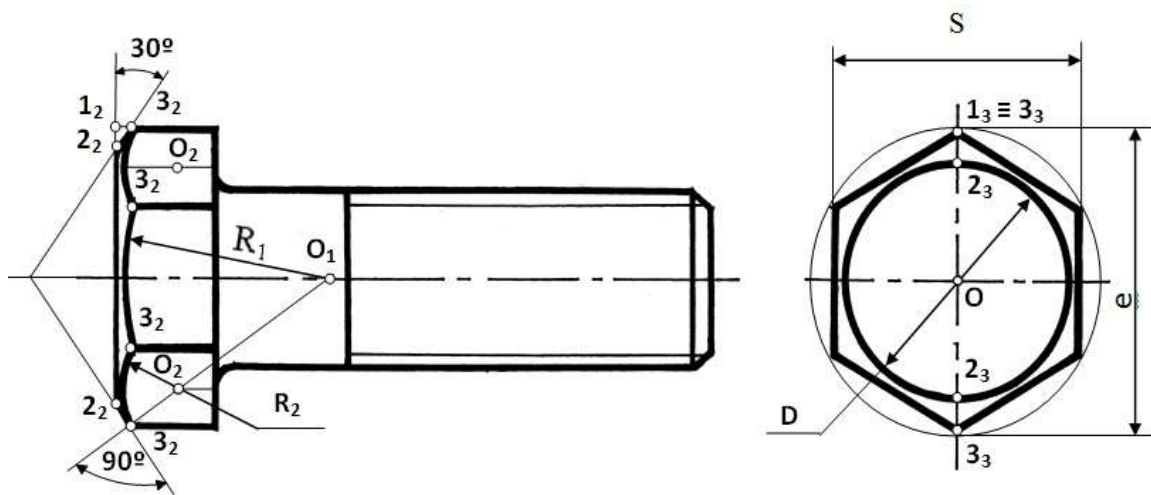


Рис. 122. Изображение крепежных деталей на чертеже

В условное обозначение болта входит: исполнение, диаметр резьбы, шаг (мелкий), длина болта, поле допуска, класс прочности, марка материала, покрытие и его толщина.

В учебных целях болт можно обозначать упрощенно: Болт 2М20×1,5×60 ГОСТ 7798-70. Болт 2 исполнения, диаметром $d = 20$ мм, с мелким шагом резьбы $P = 1,5$ мм, длиной болта $\ell = 60$ мм. То же в исполнении 1 и с крупным шагом. Болт М20×60 ГОСТ 7798-60.

Примечание:

1. Исполнение 1 в условном обозначении не указывают.
2. Болты изготавливают только с метрической резьбой.

3. При изображении болта на чертеже выполняют два вида: на плоскости, параллельной оси болта, и на плоскости, перпендикулярной оси болта со стороны головки болта.

4. Вычерчивать болт начинают с построения головки болта на виде слева. Проводят окружность диаметром e и в нее вписывают правильный шестиугольник, расстояние между двумя противоположными гранями которого определяет размер «под ключ» S . Затем проводят окружность диаметром $D = 0,95 S$.

5. Поле допуска и класс прочности на учебных чертежах не обозначаем.

Для выполнения фаски на головке болта из центра O проводится окружность $D = (0,9-0,95)S$ до пересечения с вертикальной осью в точках 2_3 . Находят проекции точек 2_2 на главном виде и от них проводят линии (под углом 30° к вертикали) до пересечения с ребрами шестигранника в точках 3_2 . Дуги строятся приближенно, из точки 3_2 под углом 90° к линии 2_2-3_2 проводится линия, пересекающая ось в точке O_1 и середину нижней грани в точке O_2 . Эти точки являются центрами для дуг радиусами R_1 и R_2 , заменяющих гиперболы. Дуги соединяют точки 3_2-3_2 и немного ($0,5-1$ мм) не доходят до торцевой грани.

Размеры концов болтов, винтов, шпилек с метрической резьбой должны соответствовать ГОСТ 12414-66.

Шпилька – цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах. На один конец навинчивается гайка – гаечный конец b , а другой конец ввинчивается в деталь – ввинчиваемый конец b_1 (рис. 123).

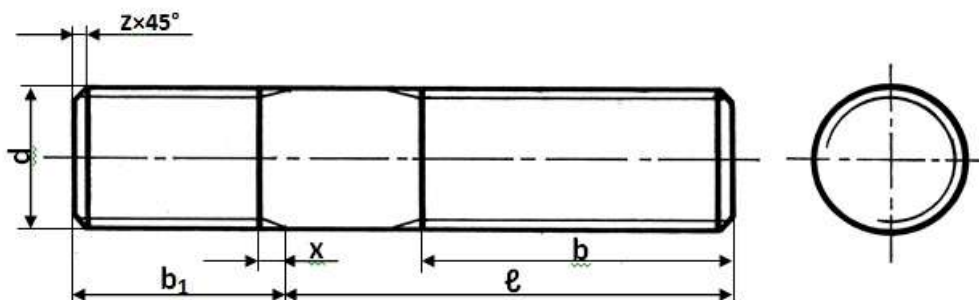


Рис. 123. Шпилька

Применяется шпилька вместо болтов, когда нет места для головки болта и в случае нецелесообразности установки длинного болта при значительной толщине одной из соединяемых деталей. Шпильки выпускают с метрической резьбой. Длина ввинчиваемого конца зависит от ее диаметра и материала детали, в отверстие которого ввинчивается шпилька, например:

$b_1 = d$ для стальных, бронзовых и латунных деталей (ГОСТ 22032-76 и ГОСТ 22033-76);

$b_1 = 1,25 d$ для деталей из ковкого и серого чугуна (ГОСТ 22034-76 и ГОСТ 22035-76)

$b_1 = 2d$ для деталей из легких сплавов (алюминий, силумин) (ГОСТ 22038-76 и ГОСТ 22039-76)

$b_1 = 2,5d$ для деталей из полимерных материалов (ГОСТ 22040-76).

В условное обозначение шпильки входят: исполнение, диаметр резьбы, шаг (мелкий), длина шпильки, поле допуска, класс прочности, марка материала, покрытие и его толщина.

В учебных целях шпильку обозначают упрощенно:

Шпилька исполнение 1.М16×1,5×80 ГОСТ 22032-76. Шпилька диаметром $d = 16$ мм, с мелким шагом резьбы $P = 1,5$ мм, длиной шпильки $\ell = 80$ мм.

Исполнение шпилек см. в ГОСТах.

Гайка – деталь с резьбовыми отверстиями и плоскими гранями, используемая для навинчивания на стержень болта, шпильки при осуществлении разъемного соединения детали.

В зависимости от назначения и условий работы гайки выполняют: шестигранными, круглыми, барашковыми и др. Наибольшее распространение получили шестигранные гайки, которые вычерчиваются как и головки болта.

Наиболее употребительны шестигранные гайки нормальной точности по ГОСТ 5915-70 в двух исполнениях: с двумя и одной наружной фасками (рис. 124).

Гайки изготавливают с метрической резьбой крупного и мелкого шага, с полями допусков резьбы 7Н и 6Н.

Упрощенно гайку обозначают: Гайка 2М20×1,5 ГОСТ 5915-70. Гайка 2 исполнения с диаметром резьбы 20 мм, с мелким

шагом 1,5 мм. То же, в исполнении 1 и с крупным шагом. Гайка М20 ГОСТ 5915-70.

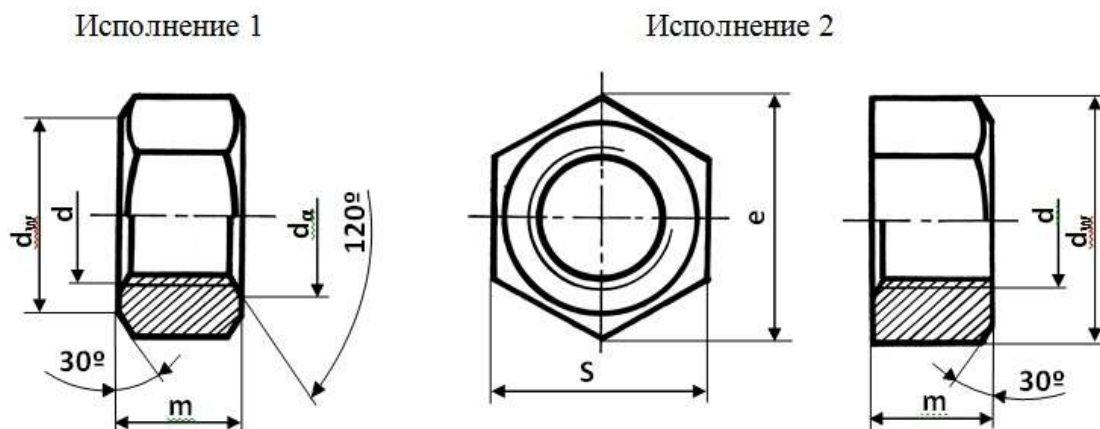


Рис. 124. Гайка

Шайба – изделие, закладываемое под гайку или головку болта, не имеющее резьбы, с отверстием, несколько большим диаметра стержня, сравнительно малой толщины.

Шайбы применяются при следующих условиях:

1) если отверстие под болты или шпильки некруглые (овальные, прямоугольные), когда мала опорная поверхность у гаек;

2) если необходимо предохранить опорную поверхность детали от задиров при затяжке гайки ключом;

3) если детали изготовлены из мягкого материала, в этом случае нужна большая опорная поверхность под гайкой для предупреждения смятия детали.

Размеры стальных плоских шайб для болтов и гаек берут по ГОСТ 11371-78.

Наиболее часто применяют шайбы двух исполнений (рис. 125): исполнение 1 – без фаски, класс точности А и С; исполнение 2 – с одной наружной фаской, класс точности А.

Условно шайбу обозначают: исполнение 1: Шайба А.12.2,5 ГОСТ 11371-78. Шайба класса точности А с диаметром 12 мм и толщиной 2,5 мм; исполнение 2: Шайба 2.12.2,5 ГОСТ 11371-78.

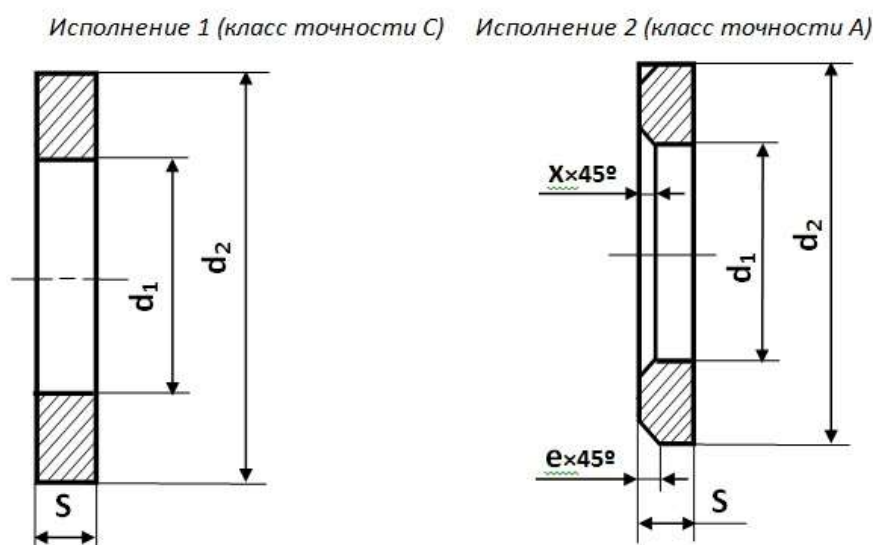


Рис. 125. Шайба

Крепежные соединения

Болтовое соединение применяют для скрепления двух и более деталей. Болт проводят через отверстия всех соединяемых деталей.

Длину болта рассчитывают по формуле

$$\ell = n_1 + n_2 + S_1 + m + 2P + Z,$$

где n_1 и n_2 – толщина соединяемых деталей, мм;

S_1 – толщина шайбы, мм;

m – высота гайки, мм;

$2P$ – длина выступающего (нарезанного) конца болта над гайкой, мм,

Z – фаска;

$$2P + Z = h.$$

Подсчитав длину болта, выбирают по ГОСТу ближайшее большее значение в зависимости от диаметра d (рис. 130).

Внутренний диаметр резьбы $d_1 = d - P$, где P – шаг резьбы. Согласно ГОСТу 2.315-68, на сборочных чертежах соединения крепежными деталями изображают упрощенно или условно (если диаметр резьбы на чертеже менее 2 мм).

Упрощенное изображение болтового соединения строят по относительным размерам, являющимися функциями диаметра резьбы (рис. 126) и округляемым при расчетах до целых чисел.

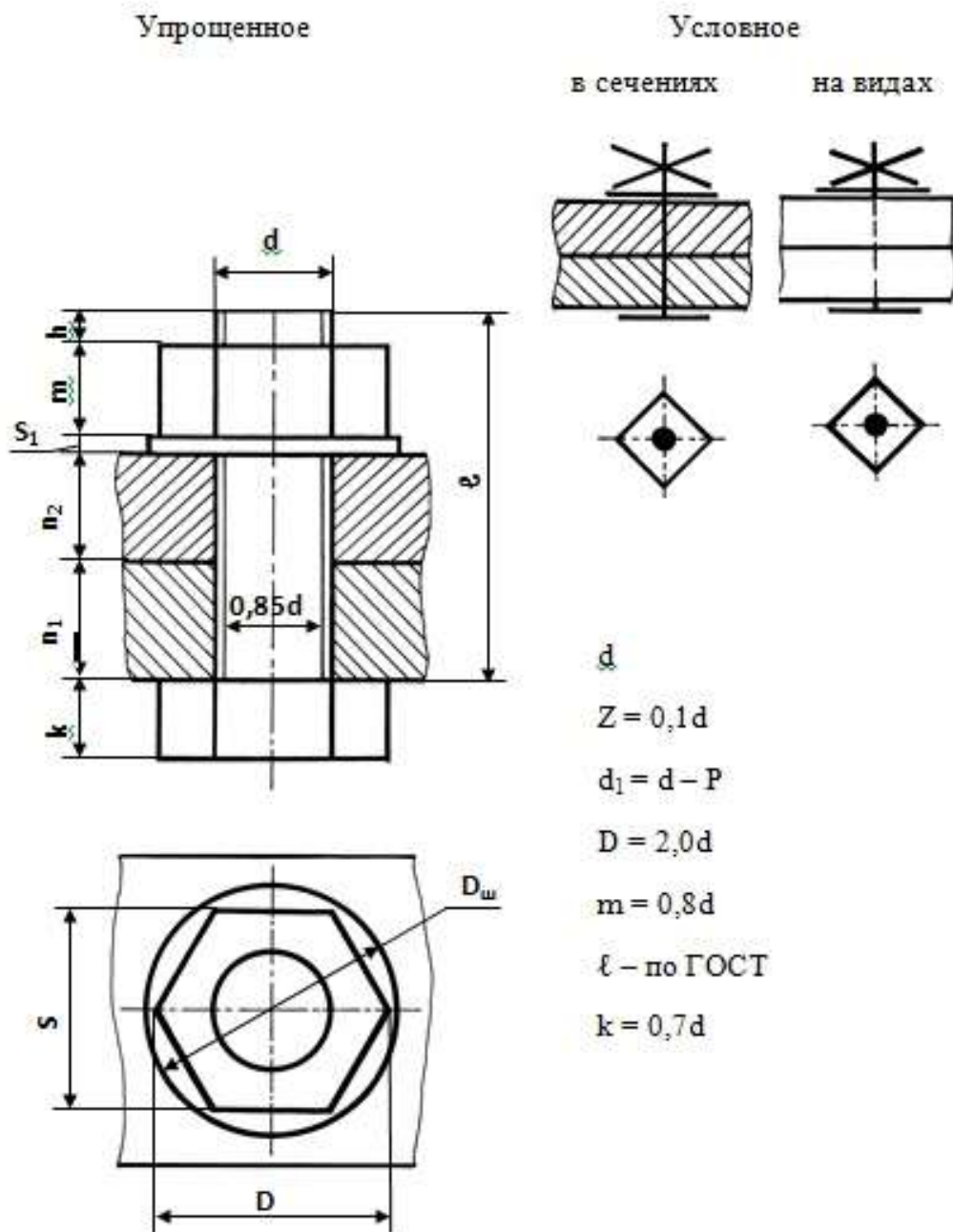


Рис. 126. Болтовое соединение

Соединение деталей шпилькой относят к неподвижным разъемным соединениям. Применяют такое соединение для скрепления двух или более деталей, когда соединение болтом невозможно или нецелесообразно (недопустимость монтажа болтового соединения, невозможность сквозного сверления всех скрепляемых деталей).

Длину шпильки определяют суммой толщины присоединяемой детали, толщиной шайбы, высотой гайки и длиной выступающего конца шпильки над гайкой:

$$\ell = n + S_1 + m + 2P + Z$$

Затем полученную цифру сравнивают со стандартным рядом длин шпилек и принимают ближайшую большую.

Технологическая последовательность выполнения отверстия с резьбой под шпильку и порядок сборки шпилечного соединения показаны на рисунке 127. Вначале сверлят отверстие диаметром d_1 на глубину $b_2 = b_1 + 2P + a$. Отверстие заканчивается конической поверхностью с углом у вершины конуса 120° (рис.127, а). Резьбу в отверстии нарезают метчиком по наружному диаметру d (рис. 127, б), так как на конце метчика имеется заборный конус, предупреждающий поломку метчика в начале резания. Глубина резьбы составляет $b_1 + 2P$. Границу резьбы изображают сплошной основной линией, перпендикулярной к оси отверстия.

Номинальные диаметры резьбы шпильки и резьбового отверстия принимают одинаковыми (рис. 127, в). Шпилька ввинчивается в резьбовое отверстие на всю длину резьбы b_1 , т. е. граница резьбы ввинчиваемого конца совпадает с линией разъема соединяемых деталей (рис. 127, г).

Сверху устанавливается деталь с отверстием немного больше диаметра, чем диаметр шпильки (рис. 127, д). На свободный конец шпильки надевается шайба и навинчивается гайка (рис. 127, е).

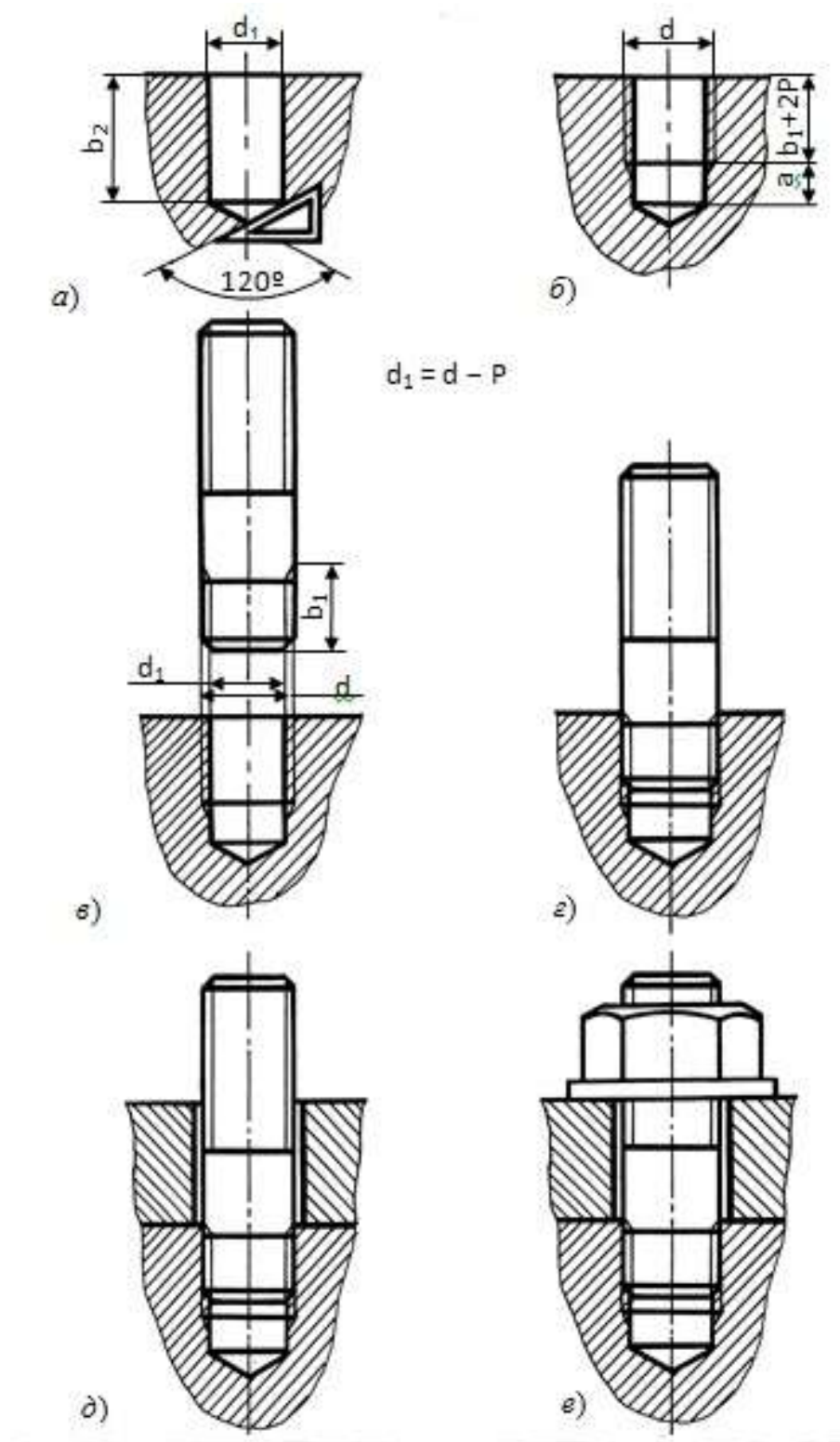


Рис. 127. Технологическая последовательность выполнения отверстия с резьбой под шпильку и порядок сборки шпильчного соединения

Такое изображение применяют на сборочных чертежах только в ответственных случаях. В основном пользуются упрощенным или условным изображением (рис. 128).

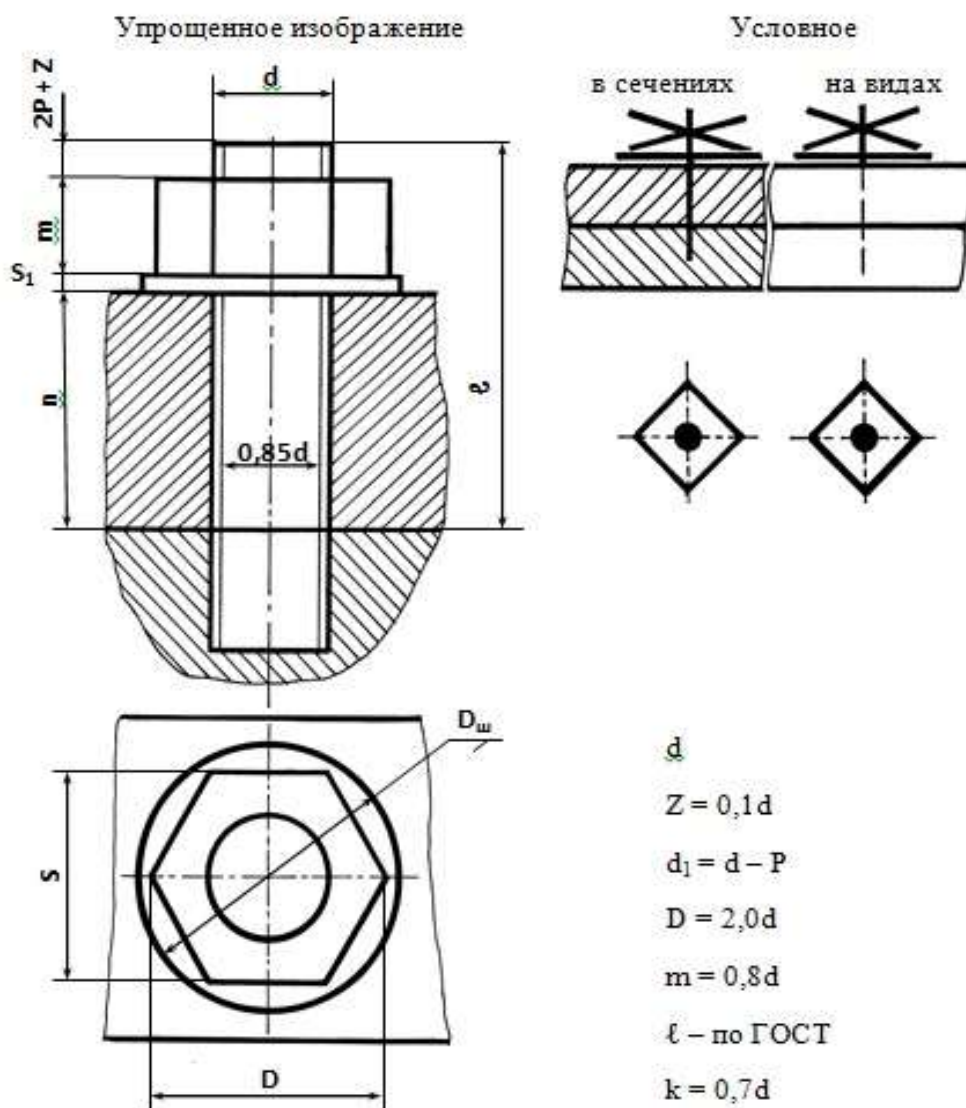


Рис. 128. Упрощенное и условное изображения соединения шпилькой

Практическая часть

На основе нормативов и правил выполнения резьбы и резьбовых соединений, а также в соответствии с правилами оформления и выполнения чертежей, в среде графического редактора AutoCAD выполнить изображения шпильки, отверстий под шпильку. Пример оформления графической работы представлен на рис. 129. Варианты задания в таблице 7. Все необходимые параметры для расчета и вычерчивания представлены в табл. 8-15.

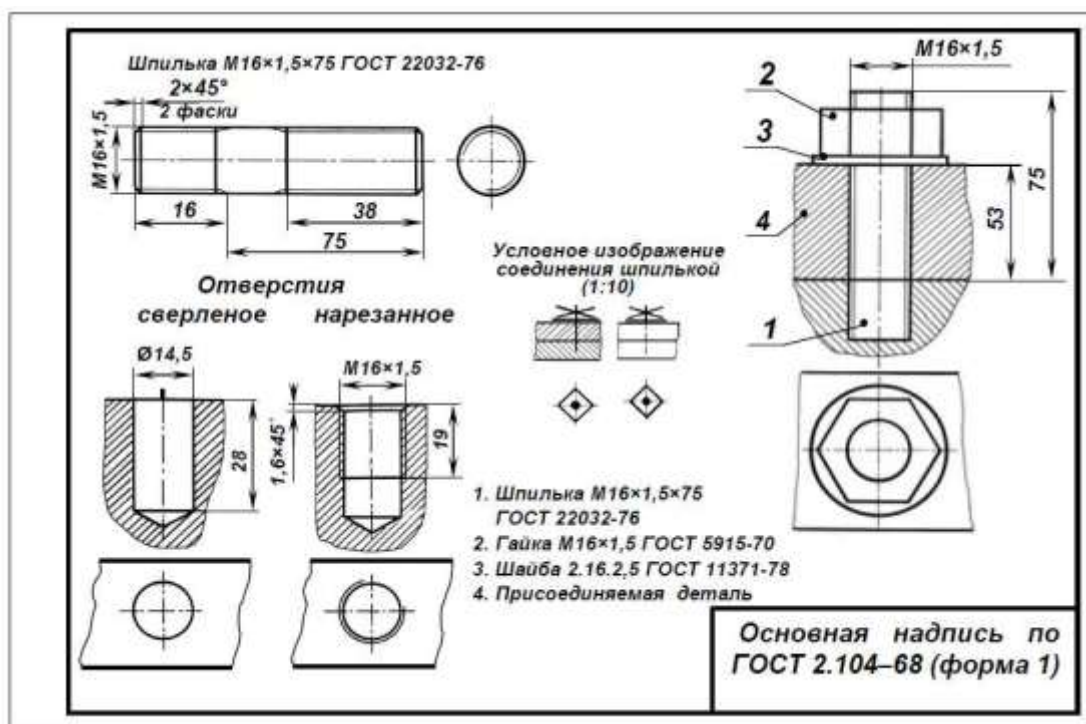


Рис. 129. Пример графической работы (Дз7)

Таблица 7 – Варианты заданий

№ варианта	Шпилька			Гайка				Шайба ГОСТ 11371-78		Толщина присоединяемых деталей п
	размеры резьбы		ГОСТ	исполнение	размеры резьбы		ГОСТ	исполнение	диаметр	
	диаметр	шаг			диаметр	шаг				
1	12	1,25	22032-70	1	12	1,25	5927-70	1	12	25
2	10	1,5	22032-70	1	10	1,5	5927-70	1	10	35
3	16	1,5	22034-70	1	16	1,5	5915-70	1	16	30
4	14	2	22032-70	1	14	2	5915-70	1	14	28
5	20	1,5	22034-70	1	20	1,5	5927-70	2	20	40
6	18	1,5	22032-70	1	18	1,5	5927-70	1	18	38
7	24	3	22034-70	1	24	3	5915-70	1	24	40
8	22	1,5	22032-70	1	22	1,5	5927-70	1	22	53
9	30	3,5	22034-70	1	30	3,5	5927-70	2	30	58
10	27	2	22032-70	1	27	2	5927-70	2	27	45
11	12	1,75	22034-70	1	12	1,75	5915-70	1	12	35
12	10	1,25	22032-70	2	10	1,25	5927-70	2	10	42
13	16	2	22034-70	2	16	2	5915-70	1	16	40
14	14	1,5	22032-70	2	14	1,5	5927-70	2	14	48
15	20	1,5	22034-70	2	20	1,5	5927-70	2	20	45
16	18	2,5	22032-70	1	18	2,5	5915-70	1	18	32
17	24	2	22032-70	1	24	2	5927-70	2	24	45
18	22	2,5	22032-70	1	22	2,5	5927-70	1	22	42
19	30	2	22034-70	1	30	2	5927-70	1	30	48

Гайки шестигранные ГОСТ 5915-70

Исполнение 1

Исполнение 2

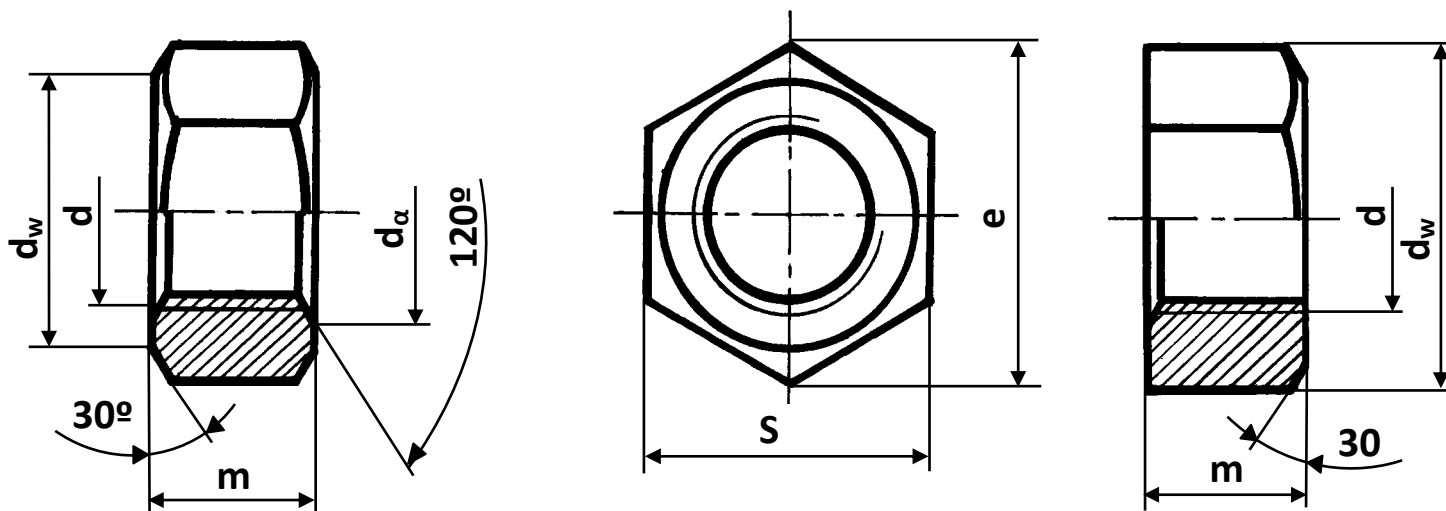


Таблица 8

Номинальный диаметр резьбы d		10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Шаг резьбы	крупный	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5
	мелкий	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2
Размер "под ключ" S по ГОСТ 24671-84		16	18	21	24	27	30	34	36	41	46
Диаметр описанной окружности e, не менее		17,6	19,9	22,8	26,2	29,6	33,0	37,3	39,4	45,2	50,9
Высота гайки m по ГОСТ 24671-81		8,4	10,8	12,8	14,8	16,4	18	19,8	21,5	23,6	25,6
d _a	не менее	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
	не более	10,8	13,0	15,1	17,3	19,4	21,6	23,8	25,9	29,2	32,4
d _w , не менее		14,5	16,5	19,2	22,0	24,8	27,7	31,4	33,2	38,0	42,7

Гайки шестигранные ГОСТ 5927-70
Исполнение 1

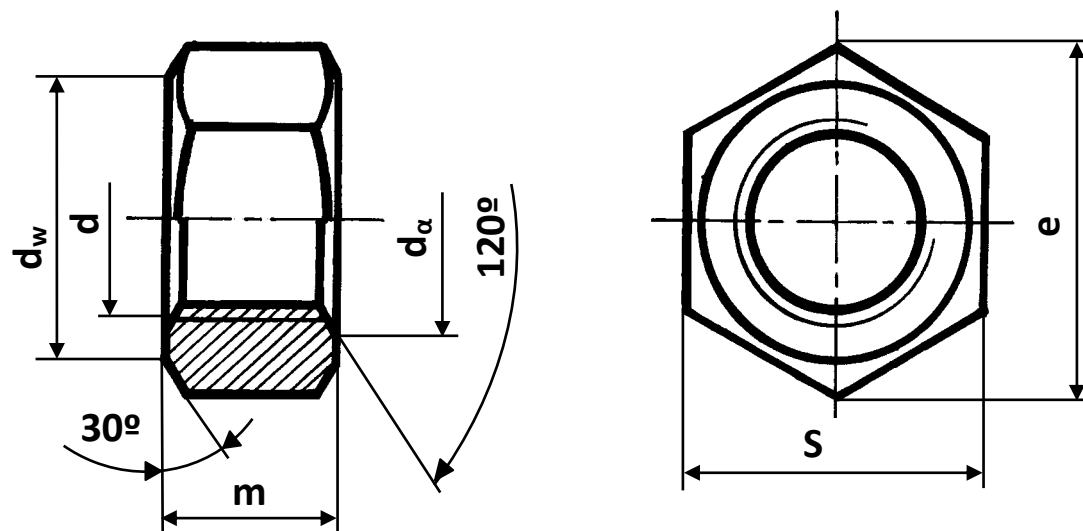


Таблица 9

Номинальный диаметр резьбы d		10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Шаг резьбы	крупный	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5
	мелкий	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2
Размер "под ключ" S по ГОСТ 24671-84		16	18	21	24	27	30	34	36	41	46
Диаметр описанной окружности e, не менее		17,8	20,0	23,4	26,8	30,1	33,5	37,7	40,0	45,6	51,3
Высота гайки m по ГОСТ 24671-81		8,4	10,8	12,8	14,8	16,4	18	19,8	21,5	23,6	25,6
d _a	не менее	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
	не более	10,8	13	15,1	17,3	19,4	21,6	23,8	25,9	29,2	32,4
d _w , не менее		14,6	16,6	19,6	22,5	25,3	28,2	31,7	33,6	38,4	43,1

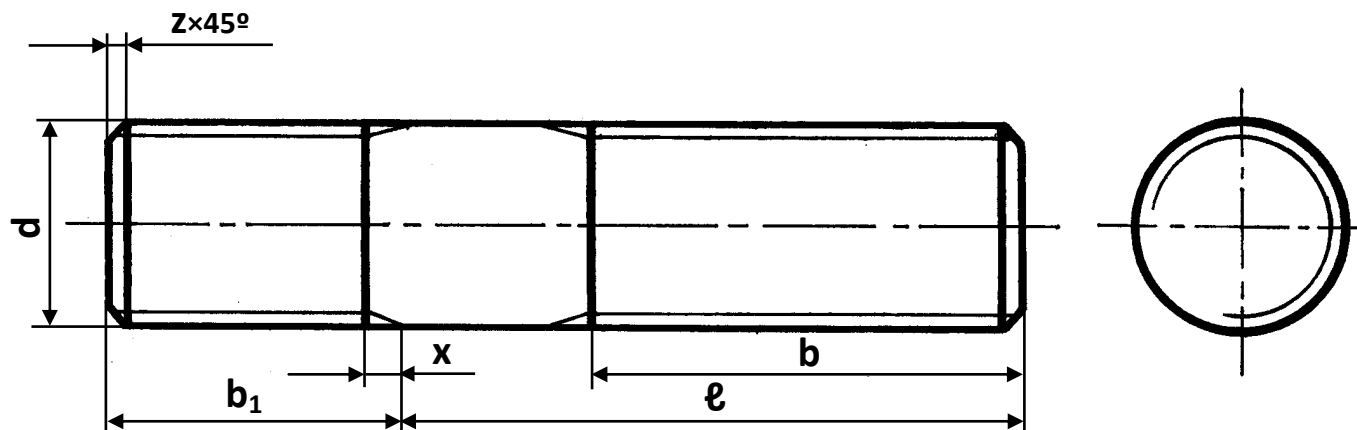
Шпильки с ввинчиваемым концом длиной $1d$ ГОСТ 22032-76

Таблица 10

Номинальный диаметр резьбы d		10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Шаг резьбы	крупный	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5
	мелкий	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2
Длина ввинчиваемого резьбового конца $b_1 = 1d$		10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Длина гаечного конца $b = 2d + 6$ при $\ell \geq$		35	38	42	48	55	60	65	70	75	85
Фаска Z по ГОСТ 12414-66		1,6	1,6	1,62	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0

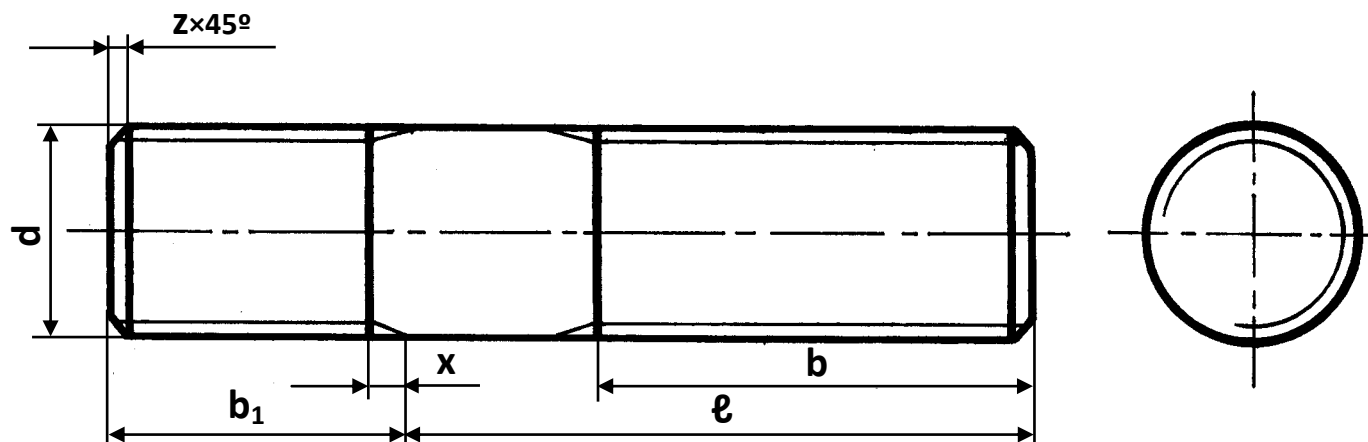
Шпильки с ввинчиваемым концом длиной $1,25 d$ ГОСТ 22034-76

Таблица 11

Номинальный диаметр резьбы d		10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Шаг резьбы	крупный	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5
	мелкий	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2
Длина ввинчиваемого резьбового конца $b_1=1,25 d$		12	15	18	20	22	25	28	30	35	38
Длина гаечного конца $b = 2d + 6$ при $l \geq$		35	38	42	48	55	60	65	70	75	85
Фаска Z по ГОСТ 12414-66		1,6	1,6	1,62	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0

Шайбы ГОСТ 11371-78

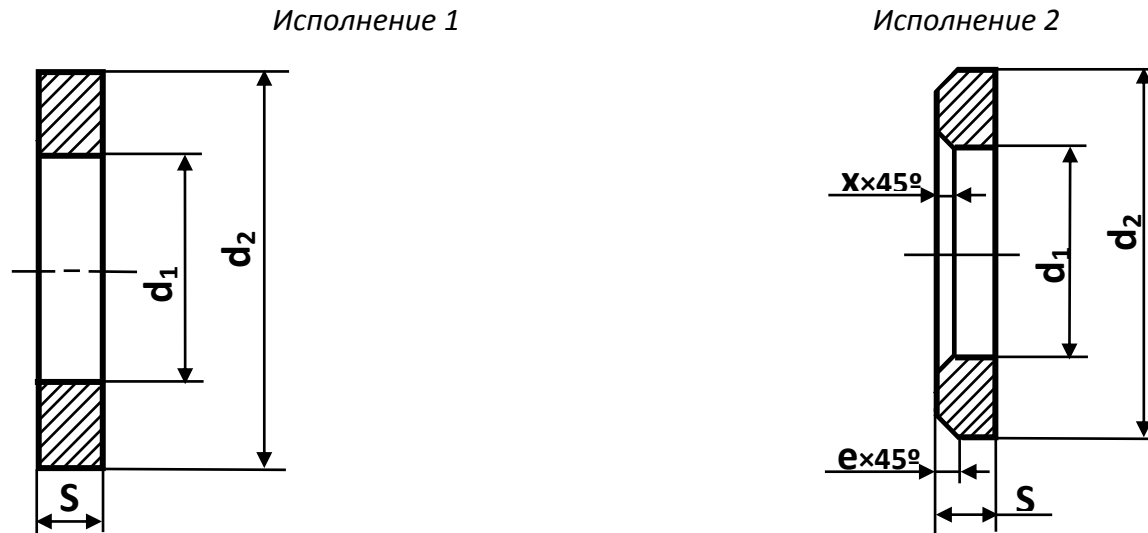


Таблица 12

Номинальный диаметр резьбы крепежной детали	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Диаметр сквозного отверстия d_1	10,5	13	15	17	19	21	23	25	28	31
Наружный диаметр d_2	21	24	28	30	34	37	39	44	50	56
Толщина s	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0
Наружная фаска e , не менее	0,50	0,60	0,60	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00
Внутренняя фаска x , не менее	1,00	1,25	1,25	1,50	1,50	1,50	1,50	2,00	2,00	2,00

Форма и размеры концов болтов и шпилек по ГОСТ 12414-66

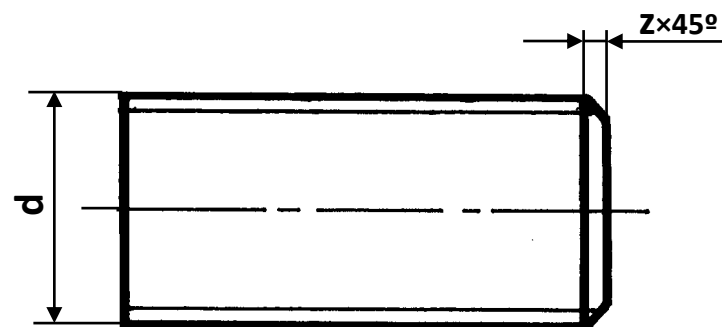


Таблица 13

d	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
z	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,4	1,6	1,6	1,6	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0

Ряд длин болтов по ГОСТ 7789-70 и ГОСТ 7805-70 ℓ : 32, 35, 38, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125

Ряд длин шпилек по ГОСТ 22032-76 и ГОСТ 22034-7 ℓ : 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120

Сбеги для наружной метрической резьбы по ГОСТ 10549-80

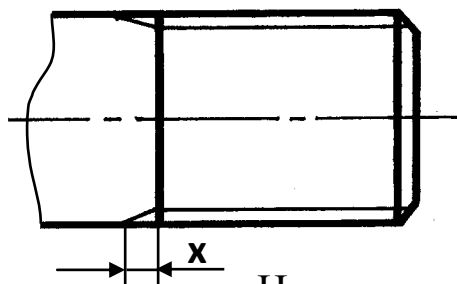


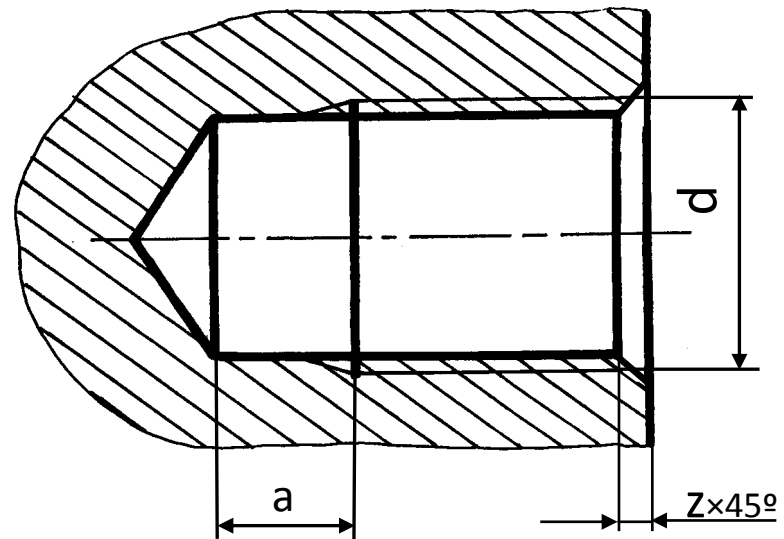
Таблица 14

Шаг P	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5
Сбег $x = 1,25P$	1,6	1,9	2,2	2,5	3,2	3,8	4,5
Фаска Z	1,6	1,6	1,6	2	2,5	2,5	2,5

Недорезы и фаски для внутренней метрической резьбы по ГОСТ 10549-80

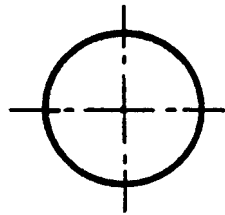
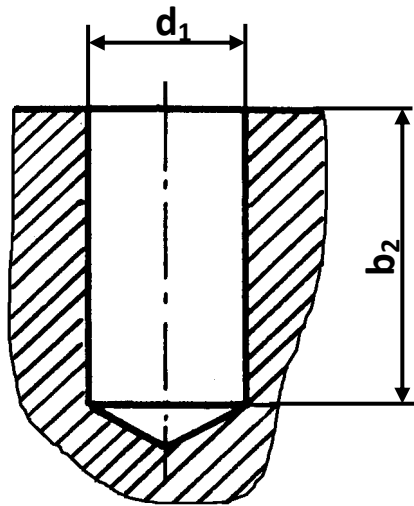
Таблица 15

Шаг Р	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5
Недорез	8	9	11	11	12	15	17
Фаска Z	1,6	1,6	1,6	2	2,5	2,5	3

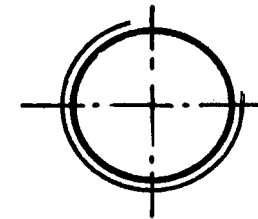
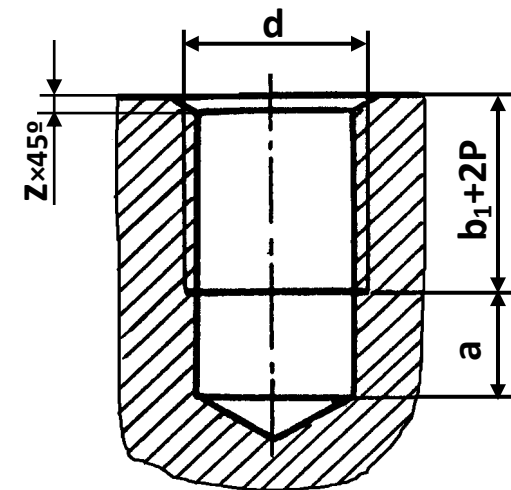


Глухое резьбовое отверстие под шпильку

Сверленное



Нарезанное



$$d_1 = d - P$$

$$b_2 = b_1 + 2P + a$$

Самостоятельная работа

Дз7 «Резьбовое соединение» выполняется в среде графического редактора AutoCAD. На основе нормативов и правил выполнения резьбы и резьбовых соединений, а также в соответствии с правилами оформления и выполнения чертежей, выполнить условное и упрощенное соединения шпилькой (см. рис. 129). Графические построения выполнять в продолжение работы, начатой на лабораторном занятии.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое резьба, шаг резьбы?
2. Что такое фаска, сбег, недорез?
3. По каким критериям классифицируют резьбы?
4. Какие крепежные изделия вы знаете?
5. Дайте определение крепежным изделиям: болт, шпилька, гайка?
6. Что такое длина болта, как ее рассчитать?
7. Что такое длина шпильки, как ее рассчитать?
8. Какая резьба относится к нестандартным?
9. Как обозначаются резьбы на чертежах?
10. Как вычерчивается резьба на чертеже?

Раздел 3.

Виды изделий, комплектность конструкторской документации и стадии её разработки. Эскизирование: порядок выполнения. Требования, предъявляемые к обмеру деталей. Измерительные инструменты и обмер детали. Спецификация.

Лабораторное занятие

Теоретические положения

Виды изделий

В соответствии с ГОСТ 2.101-68 устанавливаются следующие виды изделий:

а) **детали** – изделие, изготавливаемое из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций;

б) **сборочные единицы** – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сочленением, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием, сшивкой, укладкой и т. д.);

в) **комплексы** – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций;

г) **комплекты** – два и более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструментов и принадлежностей, комплект измерительной аппаратуры, комплект упаковочной тары и т. п.

Виды конструкторских документов

Конструкторские документы определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его

разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. К конструкторским документам относят графические и тестовые документы. Их подразделяют на следующие виды (в скобках указан шифр документов):

- чертежи деталей (–), сборочные (СБ), общего вида (ВО), теоретические (ТЧ), габаритные (ГЧ), электромонтажные (МЭ), монтажные (МЧ), упаковочные (УЧ);
- схемы (по ГОСТ 2.701–76);
- спецификации (–);
- ведомости спецификаций (ВС), ссылочных документов (ВД), покупных изделий (ВП), согласования применяемости покупных изделий (ВИ), держателей подлинников (ДП), технического предложения (ПТ), эскизного проекта (ЭП), технического проекта (ТП);
- пояснительная записка (ПЗ);
- технические условия (ТУ);
- программа и методика испытаний (ПМ);
- таблицы (ТБ);
- расчеты (РР);
- инструкции (И...);
- документы прочие (Д...);
- патентный формуляр (ПФ);
- документы эксплуатационные;
- ремонтные документы;
- карта технического уровня и качества изделия (КУ).

Часть из указанных документов являются обязательными, остальные разрабатываются в зависимости от характера, назначения или условий производства изделий. К обязательным документам относятся на этапе разработки ведомости технического предложения, эскизного проекта, технического проекта и пояснительная записка, включая чертеж общего вида в составе технического проекта; на этапе рабочего проектирования – чертежи деталей и сборочные, спецификации.

В учебном процессе разрабатывают такие конструкторские документы, как чертежи деталей, общего вида, сборочные, схемы, таблицы, спецификации, расчеты, пояснительные записки к курсовым и дипломным проектам. Эти документы разрабатывают по содержанию близкими к производственным

конструкторским документам. В некоторых случаях по договорам с предприятиями их разрабатывают в полном соответствии с требованиями стандартов ЕСКД и передают в производство.

Подробное описание и правила выполнения каждого вида конструкторских документов регламентированы в соответствующих стандартах ЕСКД.

Эскизирование

Чертеж, выполненный от руки в глазомерном масштабе, но с соблюдением пропорций элементов детали, называется эскизом. При выполнении эскиза, не рекомендуется пользоваться какими бы то ни было чертежными инструментами.

Перед составлением эскиза следует осмотреть деталь, определить ее рабочее положение, понять ее назначение и обдумать, какие именно проекции следует выполнить, что принять за основной вид, сколько и каких разрезов необходимо выполнить, чтобы дать наиболее полное представление о конструктивных особенностях детали.

Эскиз рекомендуется выполнять на бумаге в клетку с соблюдением размера стандартного формата бумаги по ГОСТ 2.301-68. Каждая деталь должна быть изображена в достаточном числе проекций. При выборе размера изображения руководствуются сложностью устройства каждой детали, а также возможностью и удобством простановки размеров с тем, чтобы изображения заполнили пространство листа на 75%. При выполнении эскиза требуется также соблюдать типы линий, согласно ГОСТ 2.303-68.

Детали изображаются в положении обработки их на станке или в рабочем положении. Детали токарной обработки располагают только в положении обработки. Каждый эскиз должен быть снабжен основной надписью установленного образца. В ней необходимо указать материал, из которого изготовлена данная деталь в соответствии с ГОСТом (вычерчивание эскиза в необходимых проекциях и с необходимыми разрезами).

Этот этап можно начать с выяснения названия и назначения детали, установления технологического или рабочего положения, выяснения конструкции детали. Определяется число видов, разрезов, сечений, необходимых для полной передачи формы и устройства детали. Определяется формат листа для данной детали, после чего выполняется рамка и основная надпись. На этом же этапе устанавливаются соотношения габаритных размеров (глазомерно) и на листе выделяются прямоугольные площадки для каждого вида проекций в соответствии с рис. 130, а.

Затем проводят оси симметрии, после чего вычерчивают основные формы детали, увязывая все проекции между собой.

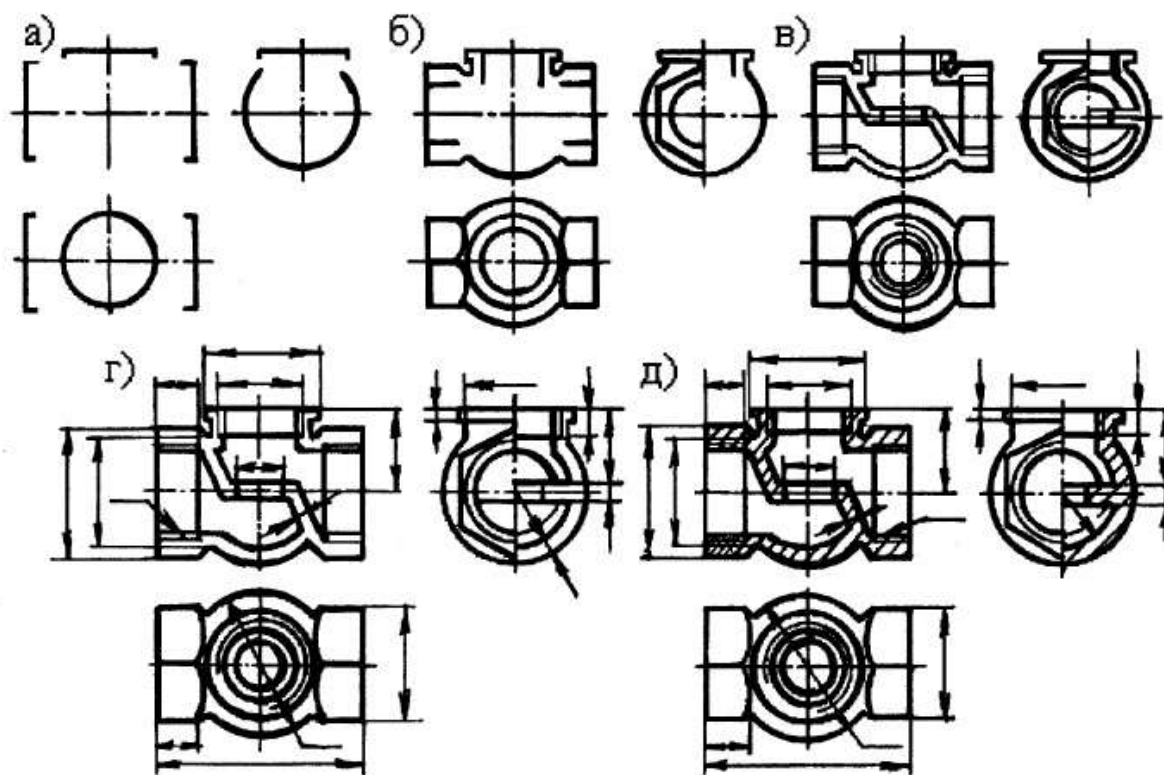


Рис. 130. Порядок выполнения эскиза детали

Далее вычерчиваются все линии, необходимые для отображения подробной конструкции внутреннего устройства детали. На этом же этапе выполняют все необходимые разрезы, которые рекомендуется не заштриховывать в соответствии с рисунками 130, б и 130, в.

2 этап – нанесение размерных и выносных линий в таком количестве, чтобы по нанесенным на них размерам можно было изготовить данную деталь.

Этап 2 состоит в том, чтобы правильно нанести размерные и выносные линии в соответствии с рисунком 130, з. Тут же можно проставить знаки диаметра, радиуса, градуса, конусности, уклона и т. д.

3 этап – тщательное измерение детали и четкое нанесение размеров на заранее поставленные размерные линии (см. рис. 130, д).

Обмер деталей

Для измерения пользуются набором измерительных инструментов: металлическая линейка, кронциркуль, нутромер, штангенциркуль. Замер радиусов скруглений производят с помощью радиусных шаблонов, а шаги резьбы замеряют с помощью резьбовых шаблонов. По размерам наружного или внутреннего диаметра резьбы и по величине шага резьбы, определенного по резьбовому шаблону, подбирают точное значение резьбы по таблицам стандартных резьб. Если выявится несоответствие шага и диаметра стандарту, значит, резьба нестандартная. В этом случае нужно нанести на эскизе детали шаг резьбы, наружный и внутренний ее диаметры.

Нанесение размеров

Размеры на эскизах наносятся в соответствии с ГОСТ 2.307-2011. При эскизировании все размеры можно разбить на две группы: сопряженные и свободные.

Сопряженные размеры входят в размерные цепи и определяют относительное положение детали в собранном изделии. Размеры должны обеспечивать правильное положение детали в механизме, точность ее работы, а также возможность сборки всего механизма, взаимозаменяемость деталей. При этом нужно следить, чтобы сопрягаемые размеры не имели расхождений.

Свободные размеры определяют положение поверхностей деталей, которые входят в непосредственный контакт с поверхностями деталей и не влияют на характер соединения. Размеры конструктивных элементов (фасок, проточек, уклонов и т. д.) нужно назначать по соответствующим стандартам, а не путем измерений.

Особенности выполнения эскиза шпинделя

Детали, имеющие форму тел вращения, обрабатываются в основном на токарных и аналогичных им станках. Оси, валы, втулки, шпиндели, изготавливаемые в процессе обработки вращением, располагаются так, чтобы их ось была параллельна основной надписи чертежа. В этом случае детали могут иметь только одно изображение, второе заменяется условными знаками диаметра, квадрата и т. д. Для пояснения отдельных элементов применяются местные разрезы, сечения, выносные элементы. Детали, ограниченные поверхностями вращения разного диаметра, обычно вычерчиваются так, чтобы участки с большими диаметрами находились левее участков с меньшими диаметрами, что соответствует расположению детали на станке при ее обработке.

На рис. 131 показан пример выполнения эскиза шпинделя.

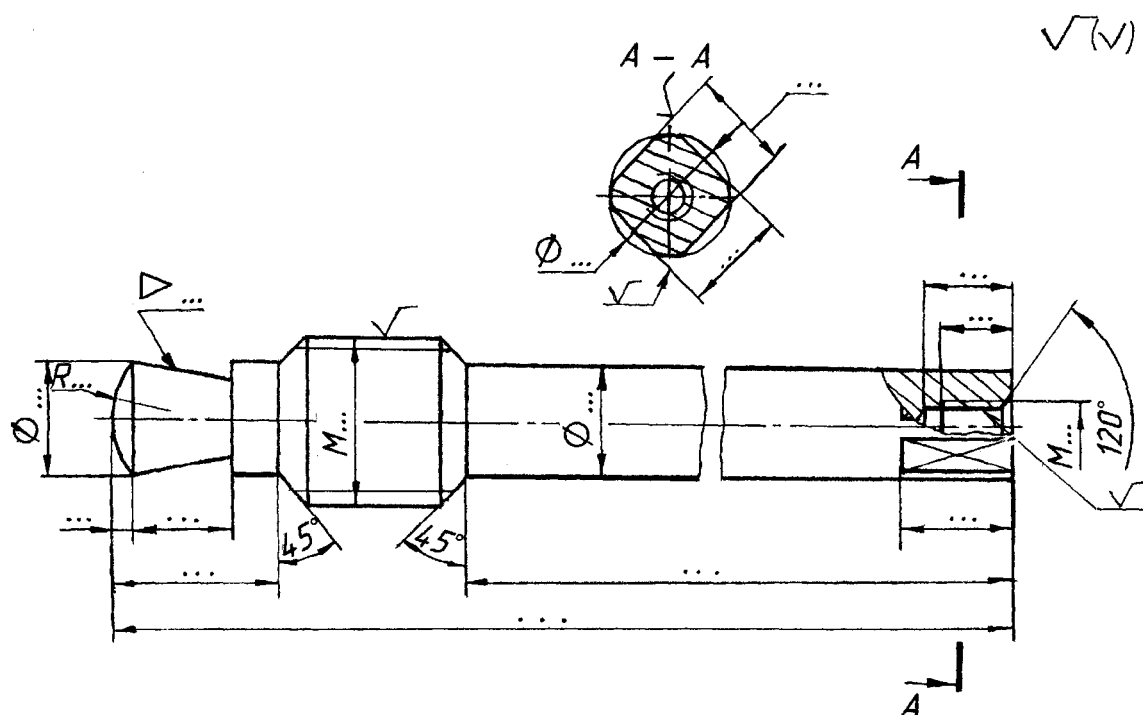


Рис. 131. Пример выполнения эскиза шпинделя

Особенности выполнения эскизов накидной гайки и крышки корпуса

При вычерчивании эскиза накидной гайки или крышки корпуса деталь располагается как на токарном станке в процессе обработки (рис. 132). Даются две проекции, поскольку деталь ограничена поверхностями вращения и имеет один шестигранный элемент. Главное изображение (фронтальная проекция) дает представление о форме детали, поскольку содержит проекции образующих, принадлежащих поверхностям вращения (цилиндрам и конусам). Вид соединен с разрезом. Приведены также выноски стандартных конструктивных элементов.

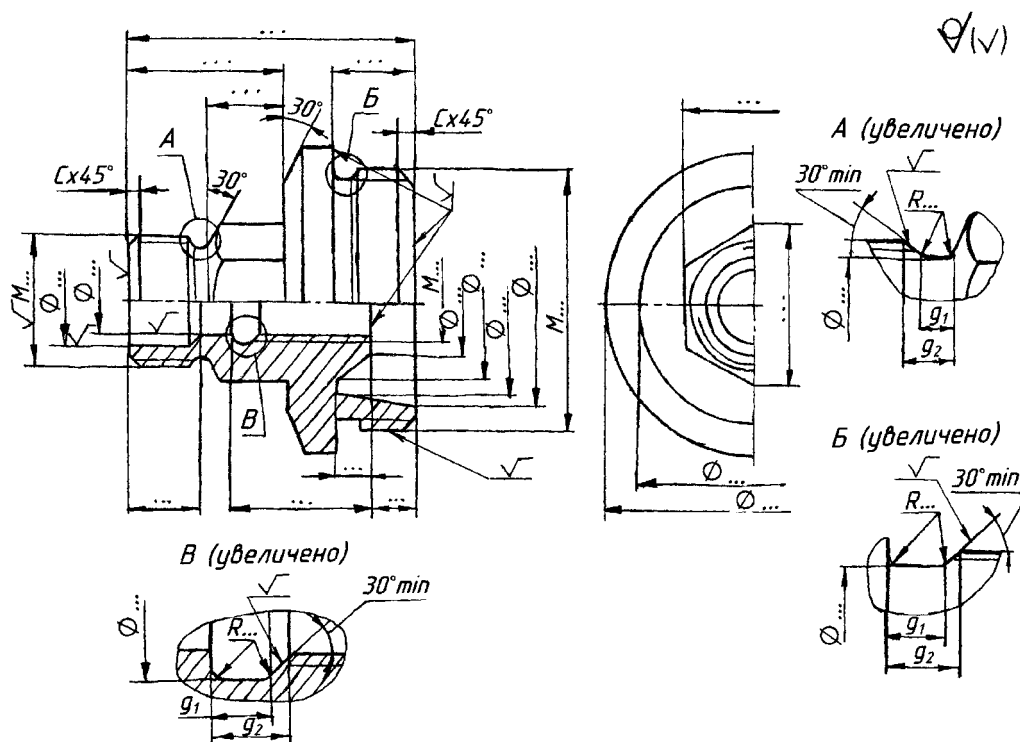


Рис. 132. Пример выполнения эскиза крышки

При выполнении проекций отдельных элементов могут встретиться случаи некоторой асимметрии конструктивных элементов. Иногда эта асимметрия довольно велика и образована конструктором намерено. Иногда она незначительна, вызвана случайными погрешностями изготовления детали. В таком случае асимметрию не следует фиксировать на чертеже. Случайный характер имеют обычно неровности на поверхности больших литых деталей.

Построение чертежа крышки вентиля

Выбираем масштаб изображения с учетом заполнения 80% поля чертежа. При выборе масштаба надо ориентироваться, чтобы произведение масштаба и коэффициента масштаба в размерном стиле всегда было равно 1. Например, если выбираете масштаб 2:1, то в размерном стиле необходимо поставить коэффициент масштаба 0,5 для того чтобы размеры наносились в натуральную величину.

Наносим оси.

Начинаем построения с вида слева. Строим по размерам на эскизе. Вычерчиваем гайку, построив многоугольник с числом граней 6, вписанный в окружность вашего заданного радиуса. Воспользовавшись вспомогательными линиями, строим вид спереди гайки. По вписанной в многогранник окружности строим скос 300. От него проводим линию границы, образованной конической поверхности. По конусу строим линии среза – дуги гиперболы.

Достраиваем контур главного вида. Пользуемся командой соединения вида и разреза. Используя проекционную связь, вычерчиваем элементы детали на виде слева – диаметры цилиндров и линии резьбы. Наносим штриховку. Для этого на панели *Рисование* выбираем соответствующую кнопку и устанавливаем настройки. Нажимаем клавишу *Добавить точки выбора* и выбираем замкнутые контуры, в которых будет расположена штриховка. Нажать клавишу <Enter>. Во вкладке ставим ОК для завершения операции.

Наносим размеры. При совмещении вида и разреза некоторые размерные линии ставят только от одного контура (например, разреза – размер $\varnothing 47$, $\varnothing 50$). Для построения такого вида размера строим зеркальное отображение относительно оси измеряемого контура детали, устанавливаем полностью размер 47, потом заходим в свойства размера, выделив его, и редактируем. Убираем 1-ю стрелку, 1-ю размерную линию, 1-ю выносную линию (рис. 133). Затем редактируем текст размера, поставив знак \varnothing перед 47. В заверении удалим зеркальное отображение линии контура. Заполняем основную надпись.

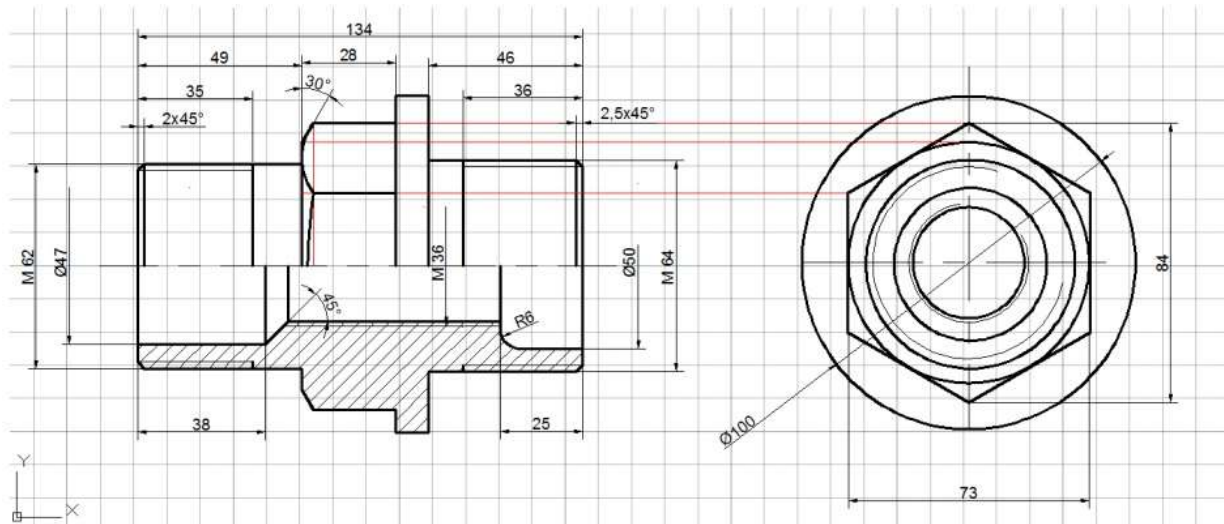


Рис. 133. Чертеж крышки в AutoCAD

Построение шпинделя и гайки выполняем по аналогии с данным чертежом.

Требования по выполнению сборочного чертежа

Чертеж выполняется по действительным размерам, используя масштабы так, чтобы рабочее пространство чертежа было заполнено на 75–80%. Начинать нужно с вычерчивания основной корпусной детали, в порядке процесса сборки.

Соприкасающиеся между собой детали заштриховываются с наклоном в разные стороны, но обязательно в одну сторону на всех проекциях, относящихся к одной и той же детали, и независимо от числа изображений.

Проводятся размерные линии и наносятся размеры. На сборочных чертежах наносят следующие размеры: габаритные (если один из размеров является переменным вследствие перемещения движущихся частей изделия, то на чертеже указывают размеры при крайних положениях подвижных частей), монтажные, установочные и эксплуатационные.

Каждая составная часть, входящая в изделие, должна иметь свою позицию (номер), указанную в спецификации этой сборочной единицы. Номера позиций указываются на полках линий-выносок, проводимых от точек на изображениях составных частей сборочной единицы. Номера позиций

располагаются параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируются в колонку или строчку по возможности на одной линии.

Сплошные тонкие линии-выноски не должны пересекаться между собой и проводиться параллельно линиям штриховки, если они наносятся по заштрихованному участку. По возможности линии-выноски не должны пересекать размерные и выносные линии, а также изображения других деталей. Шрифт номеров позиций должен быть на 1-2 размера крупнее, чем шрифт для размерных чисел на том же чертеже.

Сборочный чертеж выполняется, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов ЕСКД. На сборочных чертежах допускается не показывать:

- фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки и другие мелкие элементы;

- зазоры между стержнем и отверстием;

- крышки, щиты, кожухи, перегородки и т. п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают надпись, например, *Детали поз. 3, 4 не показаны*.

Составить спецификацию изделия на формате А4, либо непосредственно на сборочном чертеже над основной надписью.

При написании номера изделия вместо ХХХХ наносится запись ИИТМиА К-01, где ИИТМиА – институт, К-01 – номер вентиля, указанный на корпусе.

Особенности создания сборочного чертежа с использованием готовых рабочих чертежей в AUTOCAD

При выполнении сборочных чертежей прорабатываются следующие вопросы: «сборка» изображения из составляющих чертежей-фрагментов; оформление сборочного чертежа. Перемещение графических изображений между файлами возможно:

1. Созданием и вставкой блока (здесь не рассматривается);
2. Через буфер обмена с использованием копирования.

Построения проводим в следующей последовательности.

1. Скопировать чертеж шпинделя, отключив слой размеры на формат «Сальниковый узел вентиля».

1. Скопировать главный вид крышки корпуса. Удалить все размеры и штриховку.

2. С помощью команды *Копировать с базовой точкой*, вызываемой из меню панели управления *ПРАВКА*, скопировать изображение крышки в буфер обмена. В качестве базовой точки указать точку соприкосновения с шпинделем.

3. Перейти в открытый формат «Сальниковый узел вентиля».

4. С помощью команды *Вставить* из меню панели управления *ПРАВКА* вставить изображение крышки. В качестве точки вставки указать точку совмещение изображений шпинделя с крышкой.

5. Аналогично вставить изображение гайки накидной.

6. При необходимости – удалить лишние элементы вставленного изображения, или добавить (создать) недостающие.

7. Оформить резьбовые соединения.

8. Вычертить втулку и сальниковую набивку.

9. Подобрать по размеру S на шпинделе и вычертить маховик вместе с крепежными деталями (рис. 134).

Размеры маховиков для трубопроводной арматуры (ГОСТ 5260-75), мм, в таблице 16.

Таблица 16 – Размеры маховиков

Диаметр маховика D	Ступица				Спица			Ширина обода b_1
	H	S	d_1	d_2	h	b	Кол-во, шт.	
50	10	6; 7	14	18	6	5	5	5
65			16	20	7	6		
80	12	7; 9	18	22	10			
100	14	7; 9; 11	22	26	11	7		7
120	16	9; 11; 14	26	30	12	8		8
140	18	11; 14	32	36	13	9		9

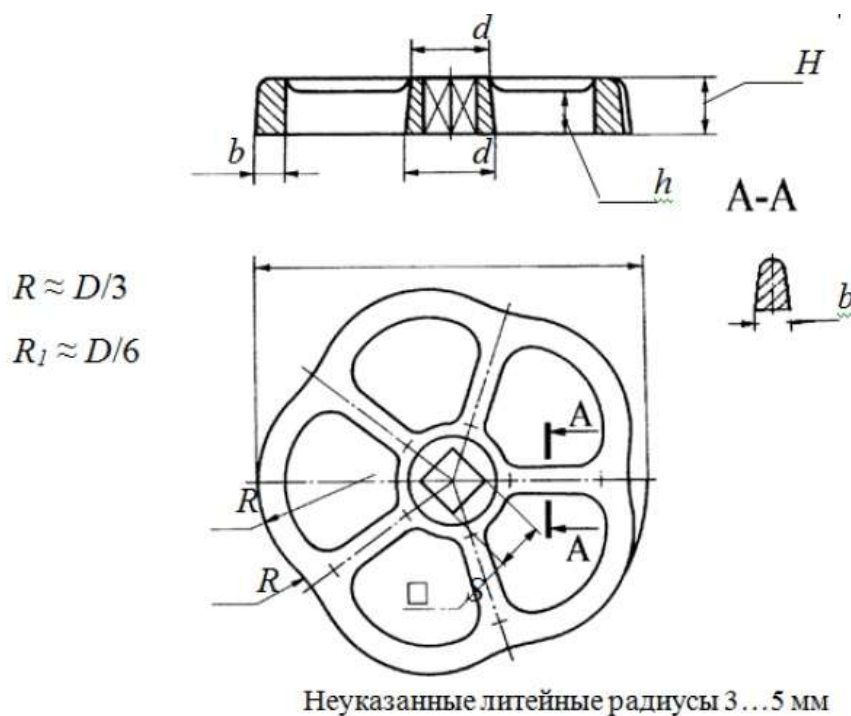


Рис. 134. Маховик

Пример условного обозначения маховика типа I с размерами $D = 100$ мм и $S = 9$ мм: Маховик I – 100×9 ГОСТ 5260–75.

10. Проверить чертеж, убрать «лишние» линии и оформить его в соответствии с требованиями к сборочным чертежам.

11. Составить спецификацию.

В соответствии с ГОСТ 2.108-68 спецификация – документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса и комплекта, является обязательным основным документом. Она необходима для изготовления, комплектования конструкторской документации и планирования запуска в производство изделий. Составляется спецификация на отдельных листах формата А4 по формам 1 (рис. 135) и 1а.

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагаются в следующей последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты. Наличие тех или иных разделов определяется составом специфицируемого изделия. Наименование каждого раздела указывается в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивается.

В раздел «Документация» вносятся документы, составляющие основной комплект конструкторских документов каждого изделия, кроме спецификации. Например, *Сборочный чертеж, Пояснительная записка, Кинематическая схема* и т. д.

В разделы «Комплексы», «Сборочные единицы» и «Детали» вносятся комплексы, сборочные единицы и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Запись указанных изделий рекомендуется производить в алфавитном порядке.

В разделе «Стандартные изделия» записываются вначале изделия, применяемые по государственным стандартам, затем по отраслевым стандартам и по стандартам предприятия. В пределах каждой категории стандартов запись производится по группам изделий, объединенных по функциональному назначению (например, крепежные изделия, подшипники и т. д.). В пределах каждой группы – в алфавитном порядке наименования изделий, а в пределах каждого наименования – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, указывается наименование и материал, а также размеры, необходимые для изготовления.

В разделе «Прочие изделия» вносятся изделия, примененные по техническим условиям, за исключением стандартных. Запись изделий производится по однородным группам; в пределах группы – в алфавитном порядке наименований изделий, а в пределах каждого наименования – в порядке возрастания основных параметров или размеров изделия.

В разделе «Материалы» вносятся все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие.

Графы спецификации заполняются следующим образом.

В графе «Формат» указывается формат документов. Если документ выполнен на нескольких листах различных форматов, то в графе проставляется «звездочка», а в графе «Примечание» перечисляются все форматы в порядке их увеличения. Для документов, записанных в разделах «Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы», графа не заполняется. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, в графе указывается: БЧ. В графе «Зона» указывается обозначение зоны, в которой

находится номер позиции, записываемой составной части (при разбивке поля чертежа на зоны).

В графе «Поз» указываются порядковые номера составных

The image shows a technical drawing of a specification form (Рис. 135. Спецификация) with dimensions and layout details.

Top Section Dimensions:

- Overall height: 15
- Overall width: 70
- Column widths: 6, 6, 8, 70, 63, 10, 22

Bottom Section Dimensions:

- Overall height: 8x5=40
- Overall width: 50
- Column widths: 7, 10, 23, 15, 10, 15, 15, 20

Form Layout:

The form is divided into several sections:

- Top Section:** Contains columns for "Формат", "Зона", "Поз", "Обозначение", "Наименование", "Кол.", and "Примечание".
- Bottom Section:** Contains columns for "Изм/Лист", "№ докум", "Подп", "Дата", "Лит.", "Лист", and "Листов".

Labels and Markings:

- "Вместо" is written vertically on the left side of the top section.
- "(1)" and "(2)" are labels for the bottom section.
- "(3)" is a label for the bottom right section.
- "(4)" and "(5)" are labels for the bottom left section.

Рис. 135. Спецификация

частей.

В графе «Обозначение» указываются обозначения записываемых конструкторских документов. В разделах

«Стандартные изделия», «Прочие изделия» и «Материалы» графа не заполняется.

В графе «Кол» указывается: для составных частей – количество на одно изделие; в разделе «Материалы» – общее количество материалов на одно изделие с указанием единиц измерения.

После каждого раздела спецификации оставляется несколько свободных строк для дополнительных записей. Полезно резервировать и номера позиций, которые проставляются в спецификацию при заполнении резервных строк.

Спецификация строится с использованием примитивов *Линия*, *Полилиния*, *Многострочный текст* и *Смещение*.

1. Чертим горизонтальную линию 185 мм

2. Редактирование – *Смещение* и смещаем отрезок на 15 мм и примерно 10 раз на 8 мм.

3. Проводим командой *Отрезок* вертикальную линию и делаем *Смещение* на заданные расстояния.

4. Инструментом *Многострочный текст* заполняем поля и выравниваем.

Пример выполнения сборочного чертежа и спецификации представлены на рис. 136.

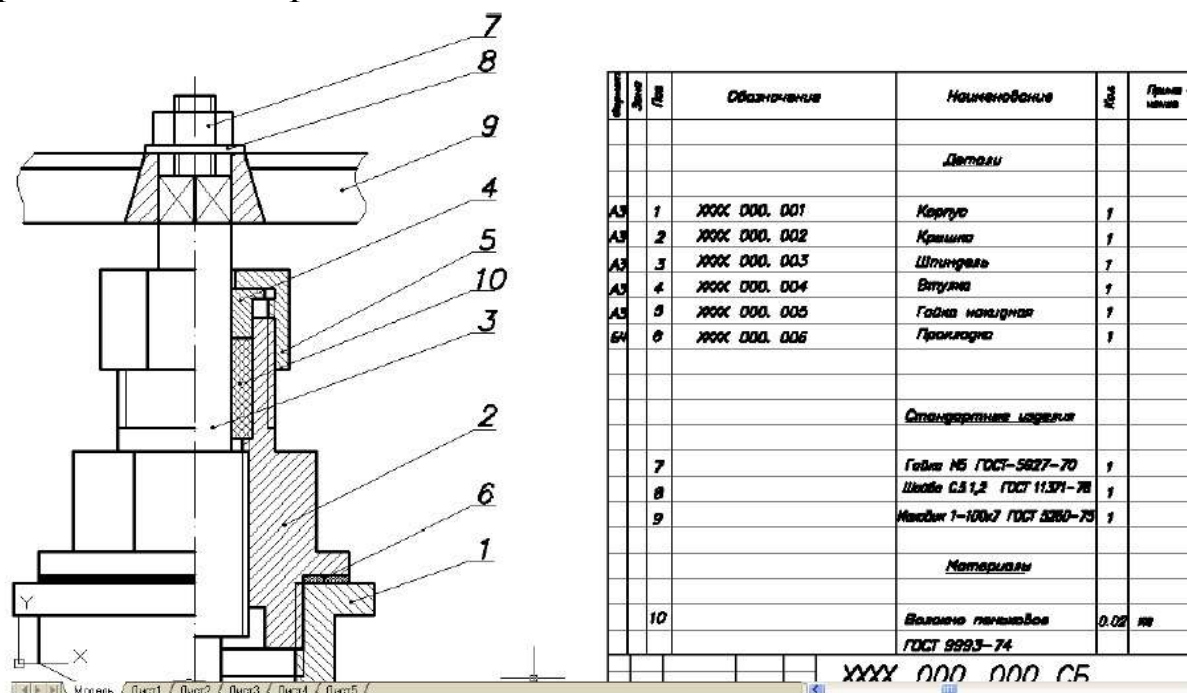


Рис. 136. Сборочный чертеж вентиля (сальниковый узел) и спецификация

Практическая часть

На основе нормативов и правил выполнения эскизов, сборочных чертежей и спецификации выполнить эскизы нестандартных деталей вентиля (гайка накидная, крышка, шпиндель), затем по эскизам в среде графического редактора AutoCAD выполнить рабочие чертежи указанных деталей, нанести размеры.

Самостоятельная работа

Дз8. «Эскизирование деталей вентиля, сборочный чертёж вентиля, спецификация» выполняется в продолжение заданий лабораторного занятия. В среде графического редактора AutoCAD по рабочим чертежам нестандартных деталей (гайка накидная, крышка, шпиндель) выполнить сборочный чертеж на примере сальникового узла вентиля (см. рис. 136). Стандартные детали, входящие в сборочный чертеж необходимо подобрать с помощью справочной литературы [3, 6] и вычертить.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое эскиз?
2. Для каких деталей выполняют эскизы?
3. В каком масштабе выполняют эскизы?
4. Что такое рабочий чертеж?
5. Дайте определения следующим терминам: деталь, сборочная единица, сборочный чертеж, спецификация.
6. Какие размеры наносят на сборочный чертеж?
7. Что такое выносной элемент?
8. Какие разделы присутствуют в спецификации?
9. Как проставляются линии-выноски и номера позиций на сборочном чертеже?

Раздел 4. Деталирование

Общие сведения. Выполнение чертежа общего вида. Сборочный чертеж. Выполнение спецификации к сборочному

чертежу. Порядок выполнения сборочного чертежа. Чтение и детализирование сборочного чертежа.

Лабораторное занятие

Теоретические положения

Детализирование – это процесс выполнения рабочих чертежей деталей, входящих в изделие, по сборочному чертежу изделия.

Рабочий чертеж детали является техническим документом, передающим от конструктора рабочему все требования, которыми должна удовлетворять деталь при поступлении ее на сборку. Требования, предъявляемые к детали, передаются на рабочем чертеже соответствующими изображениями, нанесением размеров, условным обозначением материала, шероховатости поверхностей.

Рабочий чертёж детали выполняют чертежными инструментами в масштабе, выбранном по ГОСТ 2.302–68, с соблюдением правил геометрического и проекционного черчения.

Как правило, рабочие чертежи разрабатывают на все детали, входящие в изделие. Допускается не выполнять рабочие чертежи на:

- детали из сортового и фасонного материала, полученные резкой без последующей обработки;
- детали, изготовленные наплавкой металла или сплава, заливкой поверхности или элементов детали металлом, сплавом, пластмассой, резиной;
- детали, полученные пайкой, сваркой, склеиванием;
- детали упрощённой конструкции с неразъёмными соединениями, являющиеся составными частями изделий единичного производства, полученные сваркой, пайкой, склеиванием и т. п.;
- детали единичного производства, форма и размеры которых определяются по месту, например, на отдельные части ограждений и настила, полосы, трубы и т. п.;
- покупные детали, подвергаемые антикоррозионному или декоративному покрытию.

На все перечисленные детали необходимые данные указывают на сборочных чертежах и в спецификации.

Чтение сборочного чертежа или чертежа общего вида осуществляется в следующей последовательности:

1). Установить наименования изделия, выяснить назначение и принцип его работы.

2). Найти по спецификации стандартные и покупные изделия.

3). Определить все изображения каждой детали. Для этого выясняют по спецификации название каждой детали и относящиеся к ней данные. Определяют форму детали, сопоставляя все её изображения и используя данные на чертеже.

4). Определить назначение деталей и их взаимодействие собой. Выяснить, как перемещаются во время работы подвижные части изделия.

5). Изучить размеры, нанесённые на чертеже (габаритные, монтажные, установочные и др.). Обратить внимание на масштаб изображения.

Рабочий чертеж должен содержать:

- минимальное, но достаточное количество изображений (видов, разрезов, сечений, выносных элементов), полностью раскрывающих форму детали;

- необходимые размеры с их предельными отклонениями;

- шероховатость поверхностей;

- обозначение предельных отклонений формы и расположения поверхностей;

- сведения о материале, термической обработке, покрытии, отделке;

- технические требования.

Главный вид детали выбирается исходя из того, чтобы этот вид давал наибольшее представление о форме детали, о её размерах, а не из расположения детали на чертеже изделия. Кроме того, при выборе главного вида детали следует учитывать способ её изготовления.

На рабочем чертеже деталь изображают в том виде, в каком она поступает на сборку, т. е. до операций, выполняемых во время сборки.

Для деталей, обрабатываемых на токарных станках, расположение главного изображения должно соответствовать расположению детали на станке, при котором выполняется наибольшее количество операций.

На рабочем чертеже должны быть показаны те элементы детали, которые либо совсем не изображены на чертеже общего вида либо изображены упрощённо, условно, схематично. К таким элементам относятся:

литейные и штамповочные скругления, уклоны, конусности; проточки и канавки для выхода резьбонарезающего и шлифовального инструмента;

внешние и внутренние фаски, облегчающие процесс сборки изделия и т. п.

Размеры подобных конструктивных элементов, как и размеры шпоночных пазов, шлицев, гнезд под крепёжные винты, шпильки, центровые отверстия и т. п., должны быть взяты из соответствующих стандартов на эти элементы. Гнезда для винтов и шпилек на чертеже общего вида изображаются упрощенно, а на рабочем чертеже детали гнездо должно быть вычерчено конструктивно.

При нанесении размеров следует помнить, что размерные числа независимо от выбранного масштаба должны соответствовать натуральной величине всех элементов изображаемой детали.

Размеры детали определяются путем замеров (если они не нанесены на чертеже) по чертежу общего вида. При этом нужно следить, чтобы сопрягаемые размеры не имели расхождений.

Размеры конструктивных элементов (фасок, проточек, уклонов и т. д.) нужно назначать по соответствующим стандартам, а не по чертежу общего вида.

Размеры шпоночных пазов, шлицев, гнезд под шпильки и винты, центровых отверстий и др. берутся из соответствующих стандартов на эти элементы.

Диаметры гладких отверстий для прохода крепежных изделий (болтов, винтов, шпилек) принимаются равным 1,1 диаметра их стержня.

Номинальные размеры сопряжённых деталей не должны иметь расхождений. Линейные размеры, проставленные на

чертеже, должны соответствовать ГОСТ 6639–69, а угловые ГОСТ 8908–81.

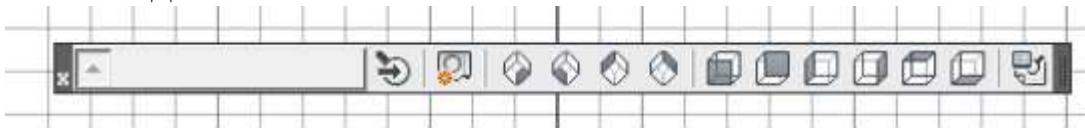
Построение 3D в среде графического редактора AutoCAD

При выполнении трехмерных моделей на экран должны быть выведены следующие панели инструментов:

Моделирование



Вид



Визуальные стили



Перейти в режим 3D моделирования.

Как правило, построение трехмерных моделей выполняется на основе предварительно выполненного чертежа. При этом в основном применяются две команды объемного твердотельного моделирования: **ВЫДАВИТЬ** и **ВРАЩАТЬ**. Для получения твердотельных моделей, независимо от версии программы, выдавливаемые или вращаемые контуры должны быть замкнуты.

Команды же создания стандартных объектов (шар, цилиндр и т. д.) применяются достаточно редко – только в случае наличия подобных объектов в модели.

Основные этапы создания твердотельных моделей на основе чертежа:

- скопировать чертеж в другой файл;
- удалить размеры и штриховку;
- удалить линии или части линий, не участвующие в образовании контура;
- замкнуть все контуры, используя команды JOIN или PEDIT с аналогичной опцией;
- проанализировать конструкцию моделируемого объекта;

- выявить основные элементы объекта;
- выполнить построение отдельных элементов;
- объединить построенные элементы в единый объект;
- присвоить модели цвет и выполнить визуализацию.

Рассмотрим построение 3D модели на примере опоры
 Модель опоры выполняется на основе чертежа (рис. 137).

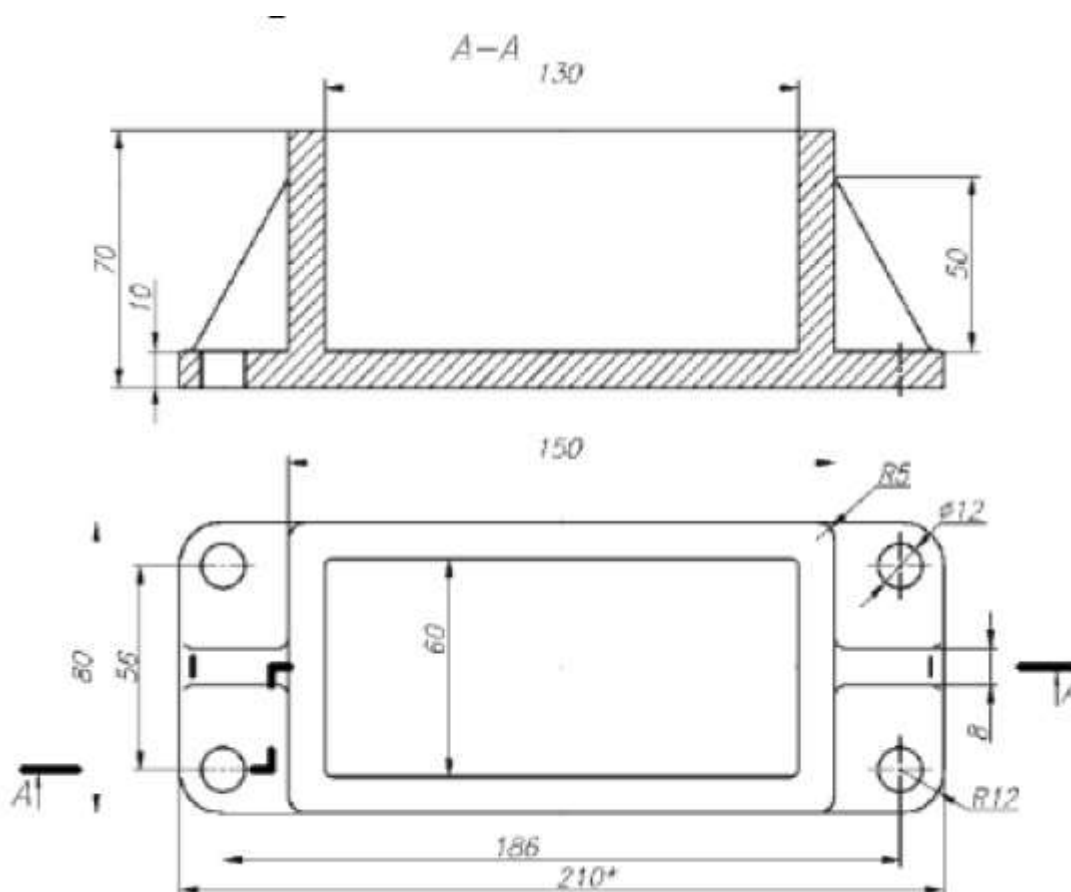


Рис. 137. Чертеж опоры

Опора состоит из следующих элементов: плоское основание со скругленными углами и четырьмя крепежными отверстиями, коробчатый корпус, и два ребра жесткости. Опора имеет две плоскости симметрии.

Последовательность создания модели опоры:

- построение модели основания командой **ВЫДАВИТЬ**;
- построение модели корпуса командой **ВЫДАВИТЬ**;
- построение модели ребер жесткости командой **ВЫДАВИТЬ**;

– выполнение крепежных отверстий.

Копируют чертеж в новый файл, удаляют штриховку и размеры. Преимущественно будет использован вид сверху, а на главном виде будет образован только контур ребра жесткости.

Далее разделяют чертеж на элементарные объекты. Копируют корпус на свободное место вместе с осевыми линиями. Они пригодятся при сборке модели. Удаляют линии корпуса с вида сверху. Продляют линии основания до вертикальной осевой линии и замыкают контур (рис. 138). Контур корпуса замкнуты, так как выполнены командой ПРЯМОУГОЛЬНИК.

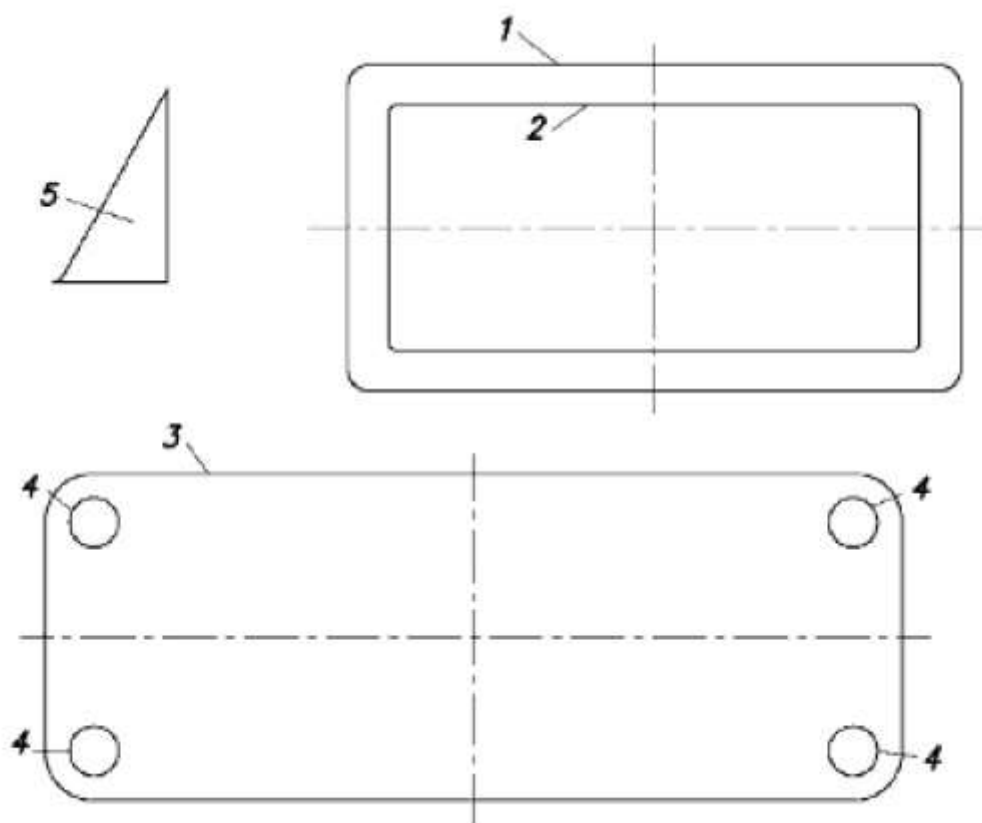


Рис. 138. Чертеж опоры, подготовленный к моделированию

Далее создают модель корпуса. Командой ВЫДАВИТЬ осуществляют выдавливание контура 1 на высоту 70 мм, а контура 2 – на высоту 80 мм. Командой ВЫЧЕСТЬ вычитают внутреннее тело 2 из внешнего тела 1.

Затем создают модель основания. Для этого командой ВЫДАВИТЬ выдавливают контур 3 на высоту 10 мм, а

окружности 4 – на высоту 20 мм. Командой ВЫЧЕСТЬ вычитают цилиндры 4 из основания 3.

Командой ВЫДАВИТЬ выдавливают контур ребер 5 на высоту 8 мм.

Все детали опоры готовы.

Далее собирают опору. Командой 3D ПЕРЕНОС пододвигают корпус. Выбирают корпус, указывают базовую точку на пересечении осевых линий корпуса, с той же привязкой указывают на точки пересечения осевых линий опоры. В результате корпус переместится к опоре. Командой ОБЪЕДИНИТЬ объединяют корпус и опору.

Переходят в вид Слева и поворачивают ребро жесткости на 90 градусов по часовой стрелке. Переходят в вид Спереди и убеждаются, что ребро повернуто в нужное положение. Затем переходят в ЮЗ изометрическую проекцию, вызывают команду ПЕРЕМЕСТИТЬ и выбирают ребро жесткости (рис. 139). В качестве базовой точки указывают середину отрезка прямого угла (точка 1), затем указывают с той же привязкой середину (точка 2) линии пересечения корпуса и основания. В результате ребро жесткости занимает нужное положение.

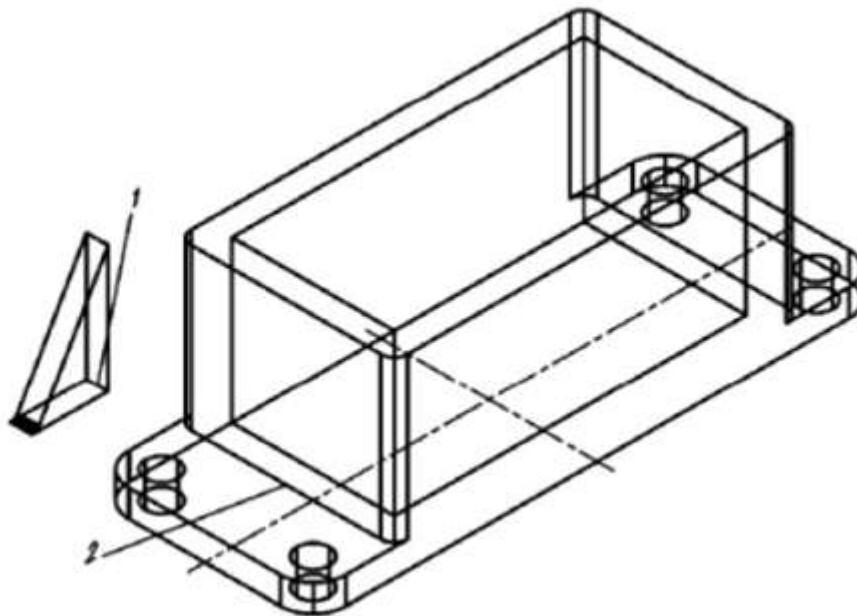


Рис. 139. Выбор точек привязки ребра жесткости

Далее переходят в вид Спереди. При включенном режиме ОРТО командой ЗЕРКАЛО зеркально отображают ребро

жесткости относительно середины основания или корпуса. Командой ОБЪЕДИНИТЬ объединяют ребра жесткости и опору, создают вырез. Вырез образуется вычитанием прямоугольного параллелепипеда. После чего переходят в изометрическую проекцию, присваивают модели светло-серый цвет и выполняют команду КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ (рис. 140).

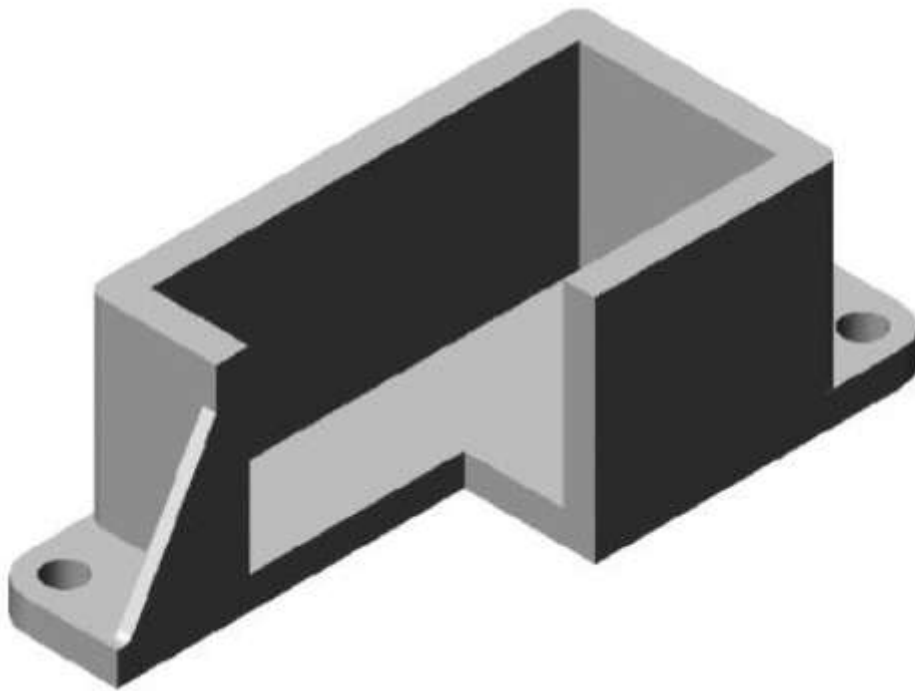


Рис. 140. Модель опоры

Практическая часть

В среде графического редактора AutoCAD в рабочем пространстве 3D моделирование выполнить 3D модель крышки вентиля (рис. 141). За основу принять рабочий чертеж крышки вентиля, выполненный в лабораторном занятии № 3.

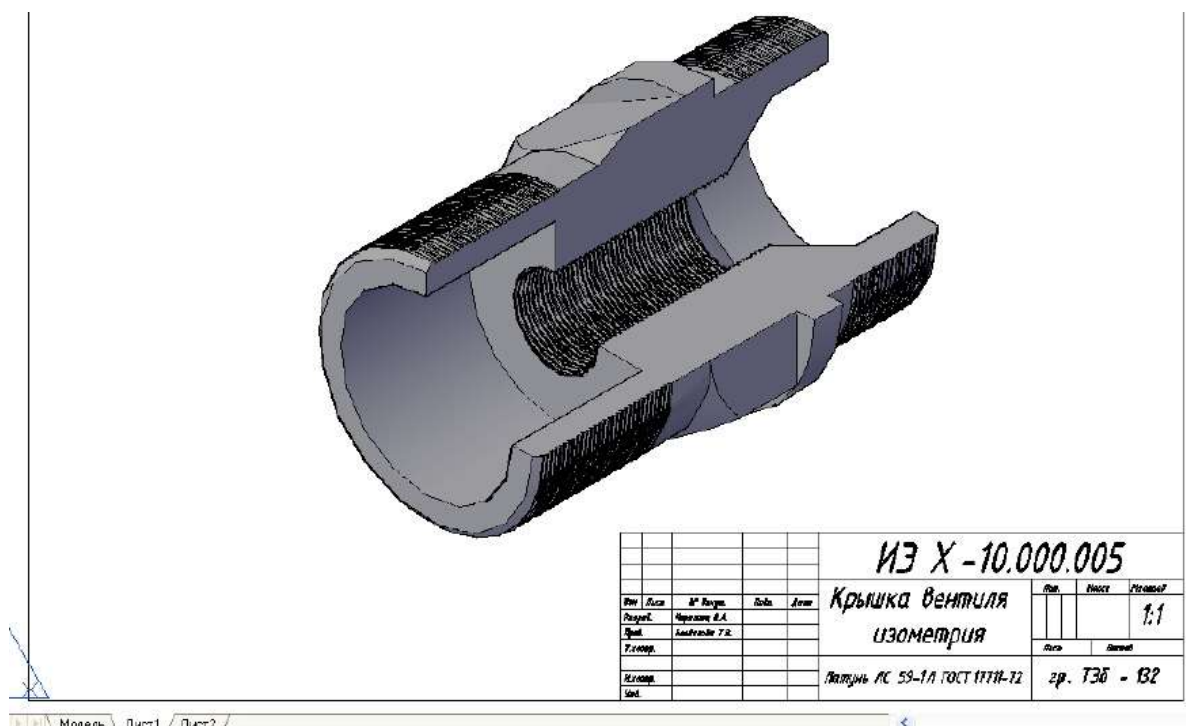


Рис. 141. 3D модель крышки вентиля

Самостоятельная работа

Д 9 «Рабочий чертеж детали» выполняется в среде графического редактора AutoCAD соответствии с требованиями ЕСКД к чтению и детализованию сборочных чертежей.

По чертежу общего вида, выданному преподавателем необходимо выполнить рабочий чертеж нестандартной детали и по рабочему чертежу построить 3D модель данной детали.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют детализованием и в чем заключается процесс детализования?
2. Какая работа предшествует детализованию?
3. Перечислите этапы детализования?
4. Каково содержание рабочего чертежа детали?
5. Как определяют по чертежу действительные размеры деталей?
6. Основные требования к рабочим чертежам

7. Как выполняют конструктивные элементы деталей?
8. Содержание рабочего чертежа детали?
9. Изготавливают ли рабочие чертежи на стандартные детали, детали из фасонного или сортового материала?
10. Как изображаются детали из стекла или других прозрачных материалов?
11. Основные требования к чертежам деталей?
12. Чем отличается рабочий чертеж детали от эскиза?

К экзамену/зачету необходимо выполнить все виды работ.

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

Основная 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. (06.06.2018)

2. Серга, Г. В. Начертательная геометрия. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 444 с. – Режим доступа:

<http://e.lanbook.com/book/101848>. – Загл. с экрана. (05.06.2018)

3. Захарова, И. В. Графические формы и объекты на чертеже: учебное пособие для всех форм обучения по дисциплине "Инженерная графика" / И. В. Захарова, Д. Г. Милютин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2012. – 4, [47] с. ил., табл. – Режим доступа:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=179401&type=nstu:common>. – Загл. с экрана. (01.03.2018)

Дополнительная литература

4. Тарасов, Б. Ф. Начертательная геометрия. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 256 с. – Режим доступа:

<http://e.lanbook.com/book/3735>. – Загл. с экрана. (05.06.2018)

5. Лызлов, А. Н. Начертательная геометрия : задачи и решения [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по техническим направлениям подготовки (специальностям) / А. Н. Лызлов, М. В. Ракитская, Д. Е. Тихонов-Бугров. – Санкт-Петербург : Лань, 2011. – 96 с. – Доступна электронная версия

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=701

6. Брачихин, А. А. Engineering Drawing = Инженерная графика: учебное пособие (курс лекций) [Электронный ресурс]. – Ставрополь : СКФУ, 2015. – 104 с. – Режим доступа:

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=457880. – Загл. с экрана. (06.06.2018)

7. Аксенова, О. Ю. Компьютерная графика [Текст] : учебное пособие для студентов технических вузов по дисциплине "Компьютерная графика" / О. Ю. Аксенова, А. А. Пачкина, И. Г. Челнакова ; ФГБОУ ВО "Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева". – Кемерово : Издательство КузГТУ, 2017. – 176 с. – Доступна электронная версия:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91595&type=utchposob:common>