

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

Кафедра начертательной геометрии и графики

Составители
О. Ю. Аксенова
И. Г. Челнакова

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
15.05.01 Проектирование технологических машин и
комплексов в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2018

Рецензенты Шумкина Т. Ф. – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры начертательной геометрии и графики КузГТУ
Коротков А. Н. – председатель учебно-методической комиссии специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Аксенова Олеся Юрьевна

Челнакова Инна Геннадьевна

Начертательная геометрия и инженерная графика [Электронный ресурс]: методические материалы для обучающихся специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов очной формы обучения / сост. О. Ю. Аксенова, И. Г. Челнакова; 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 работы при изучении дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика».

© КузГТУ, 2018

© Аксенова О. Ю.,
Челнакова И. Г.,
составление, 2018

Содержание

Введение.....	3
1 семестр	
Раздел 1. Общие сведения. Точка. Прямая. Общие требования к чертежам. Геометрические построения в чертежах.....	5
Раздел 2. Плоскость.....	43
Раздел 3. Методы преобразования ортогональных проекций.....	64
Раздел 4. Поверхность.....	74
Раздел 5. Аксонометрические проекции.....	105
2 семестр	
Раздел 6. Изображения: виды, разрезы, сечения	113
Раздел 7. Типы технических соединений.....	135
Раздел 8. Виды изделий, комплектность конструкторской документации и стадии её разработки.....	181
Раздел 9. Деталирование.....	214
Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика».....	221

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. Геометрические построения в чертежах

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 P_1 и P_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 P_1 и P_3 с фронтальной плоскостью проекций P_2 . Для совмещения плоскости P_1 с P_2 поворачиваем ее на 90° вокруг оси x в направлении движения часовой стрелки (рис. 1).

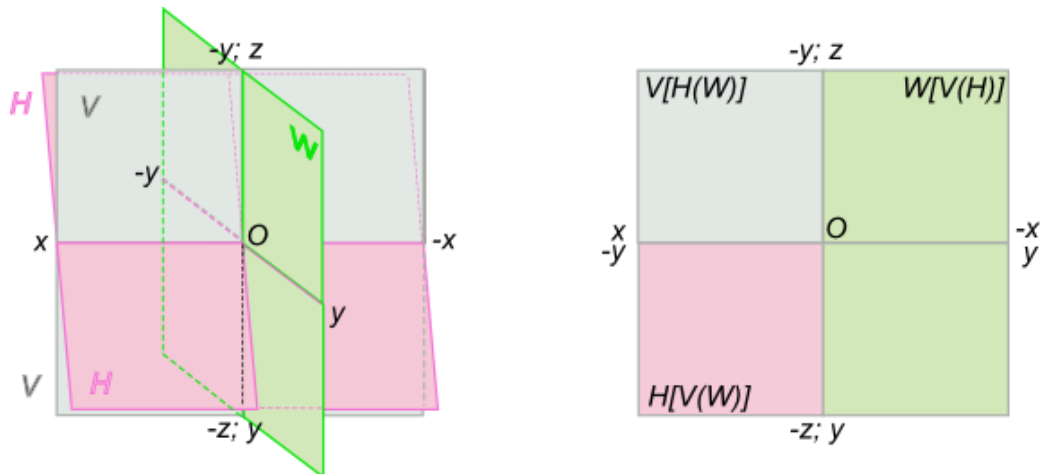


Рис. 1. Порядок получения эпюра Монжа

После совмещения горизонтальной плоскости, поворачиваем вокруг оси z также на угол 90° профильную плоскость Π_3 в направлении противоположном движению часовой стрелки. Вместе с полами 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.

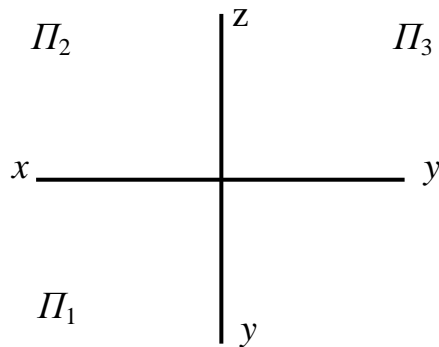


Рис. 2. Эпюр Монжа

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**.

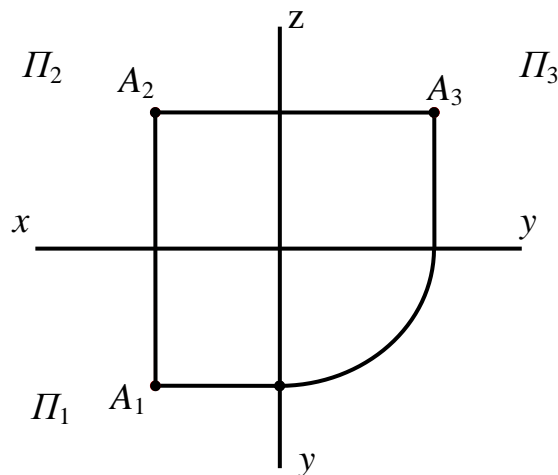


Рис. 3. Точка в системе трех плоскостей проекций

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).

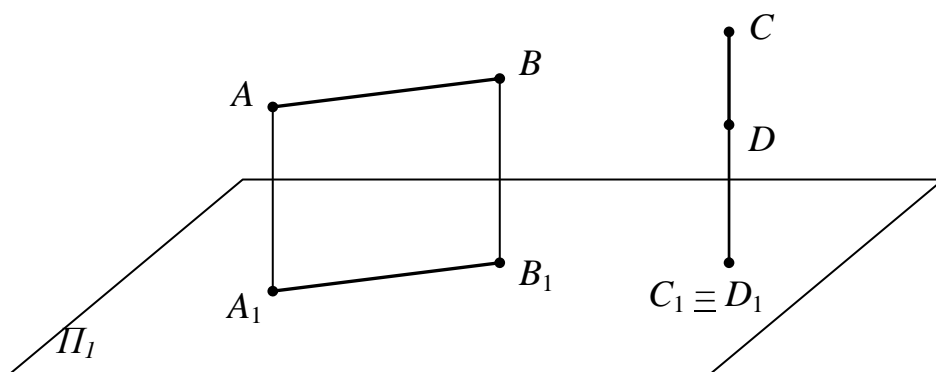


Рис. 4. Ортогональные проекции прямых AB и CD

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 .

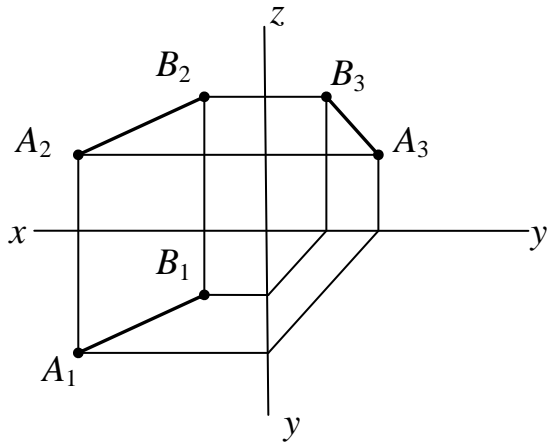


Рис. 5. Восходящая прямая

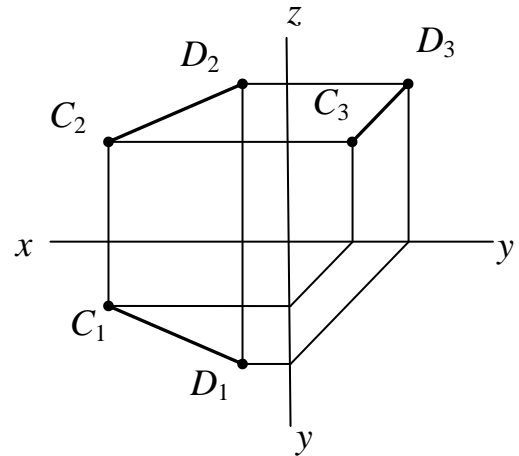
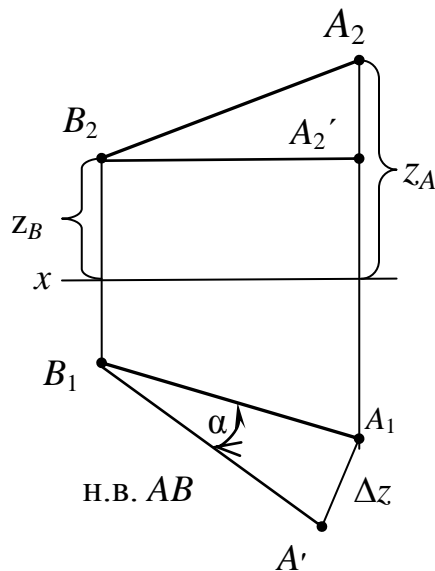


Рис. 6. Нисходящая прямая

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).

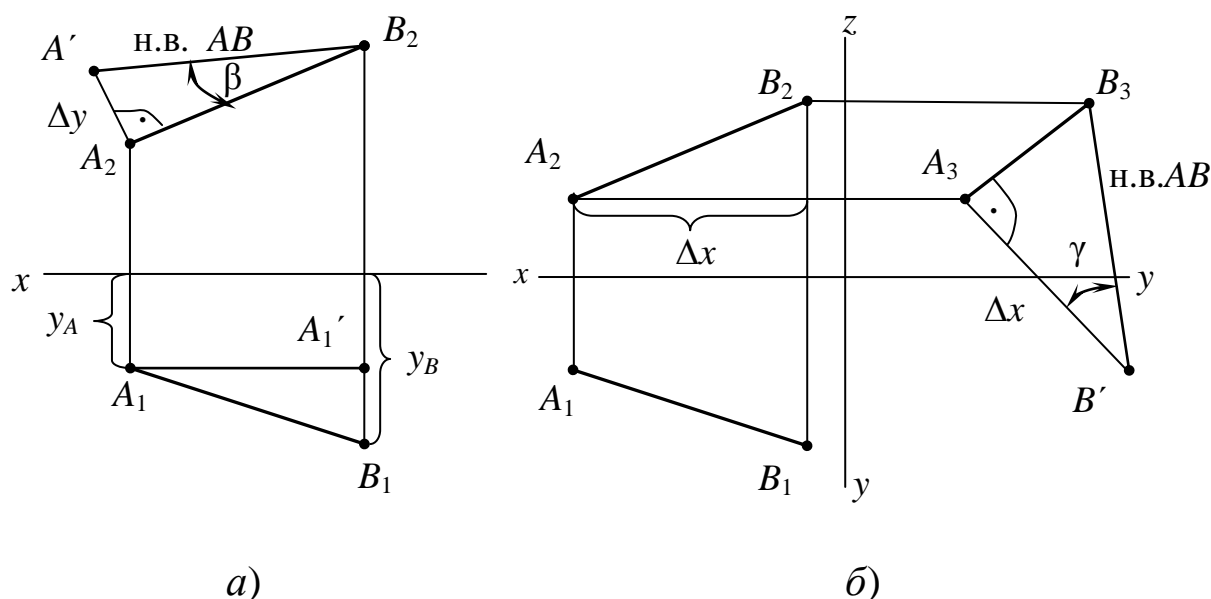


Рис. 8. Определение натуральной величины отрезка прямой AB

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 плоско-

сти 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 .

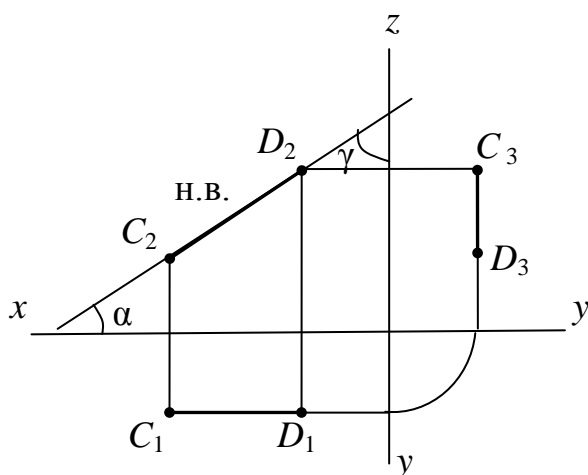
Чтобы построить горизонтальный след прямой, необходимо продолжить ее фронтальную проекцию до пересечения с осью x в точке N_2 , которая будет фронтальной проекцией горизонтального следа. Затем из точки N_2 восстанавливаем перпендикуляр к оси x до пересечения его с горизонтальной проекцией C_1D_1 (или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

$C_1D_1 \parallel \text{оси } x$

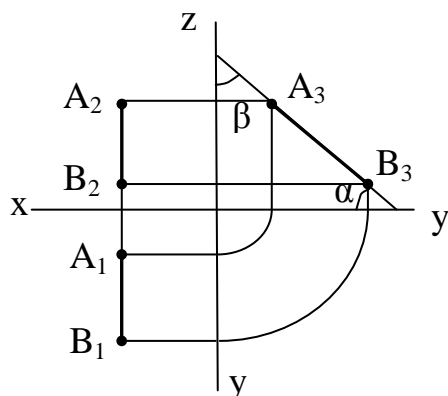
$C_3D_3 \parallel \text{оси } z$

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

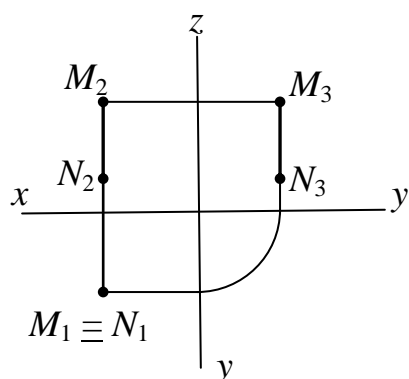
Рис. 12. Профильная прямая

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).

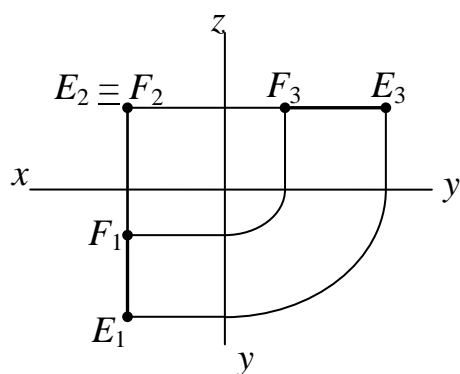


$$MN \perp \Pi_1$$

M_2N_2 и M_3N_3 соответствует натуральной величине прямой MN

Рис. 13. Горизонтально проецирующая прямая

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

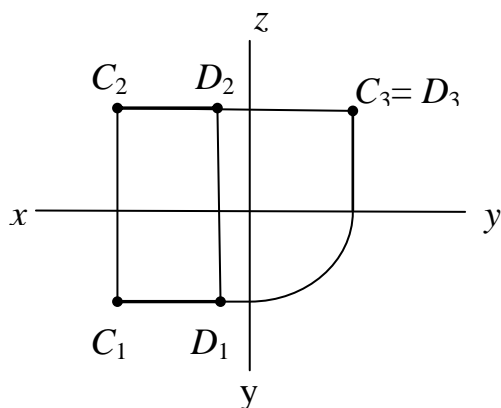


$$EF \perp \Pi_2$$

E_1F_1 и E_3F_3 – соответствуют натуральной величине прямой EF

Рис. 14. Фронтально проецирующая прямая

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



$$CD \perp P_3$$

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

Разраб. Смирнов

Проверил

Н. контр. Утв.

70

МТЗ - 09

Лист 1

Листов 1

5x11=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	Назначение
Сплошная толстая основная		s (0,5...1,4 мм)	Линии видимого контура, линии перехода видимые
Сплошная тонкая		$s/3 \dots s/2$	Линии выносные и размерные, линии штриховки, линии-выноски и др.
Сплошная волнистая		$s/3 \dots s/2$	Линии обрыва, линии разграничения вида и разреза
Штриховая		$s/3 \dots s/2$	Линии невидимого контура, линии перехода невидимые
Штрихпунктирная тонкая		$s/3 \dots s/2$	Линии осевые и центровые. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений
Штрихпунктирная утолщенная		$s/2 \dots 2/3 s$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие обработке или покрытию и др.
Разомкнутая		$s \dots 1,5 s$	Линии сечений
Сплошная тонкая с изломами		$s/3 \dots s/2$	Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		$s/3 \dots s/2$	Линии сгиба на развертках, линии для изображений изделий в крайних положениях и др.

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).

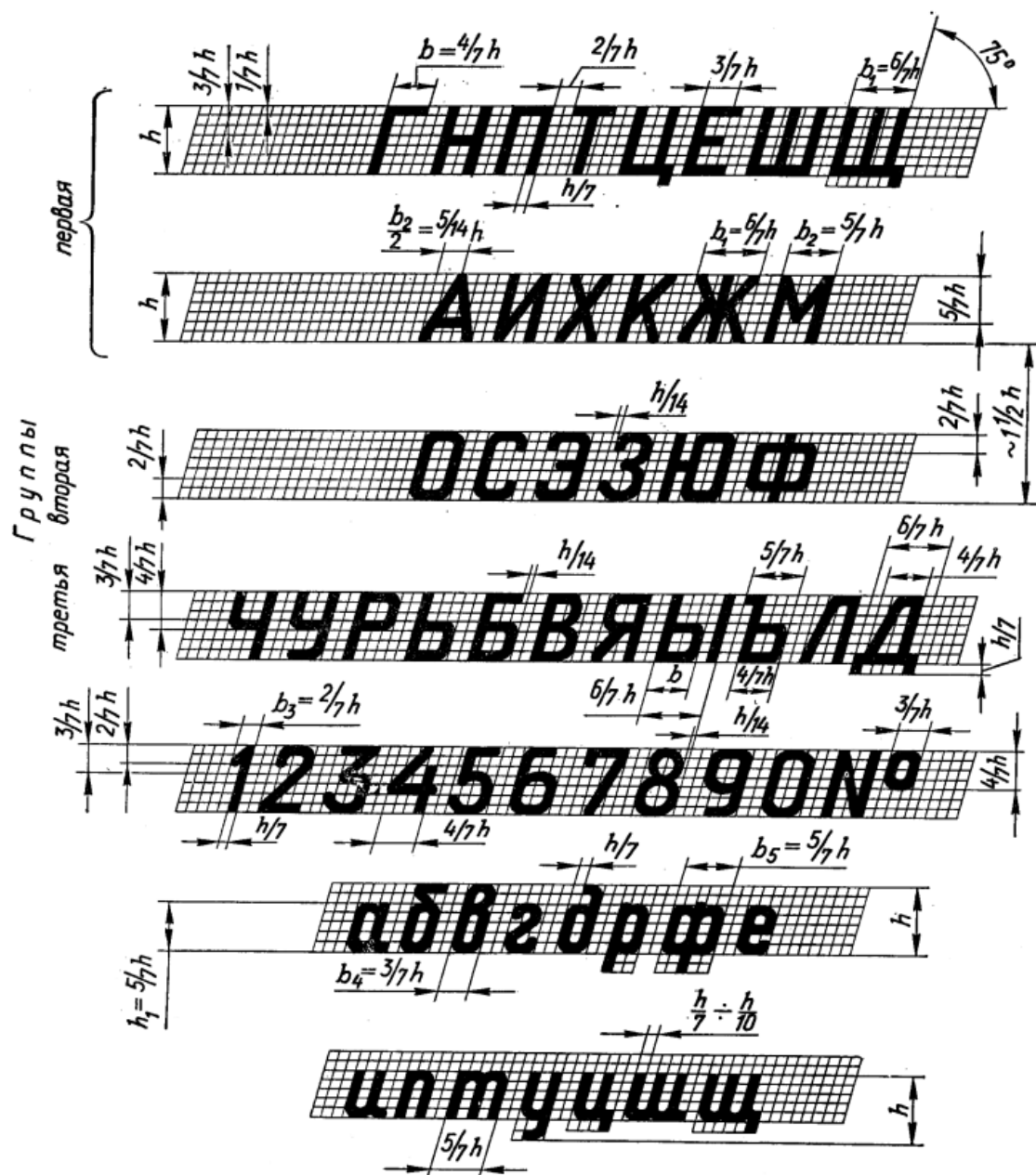


Рис. 18. Группы букв чертежного шрифта с наклоном 75° типа Б

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

меру 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.


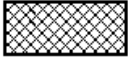

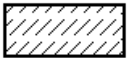

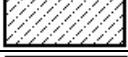


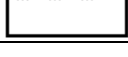
Буквенно-графическое изображение марок и материалов применяют на эскизах и чертежах деталей и записывают в графу

«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 изго-

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

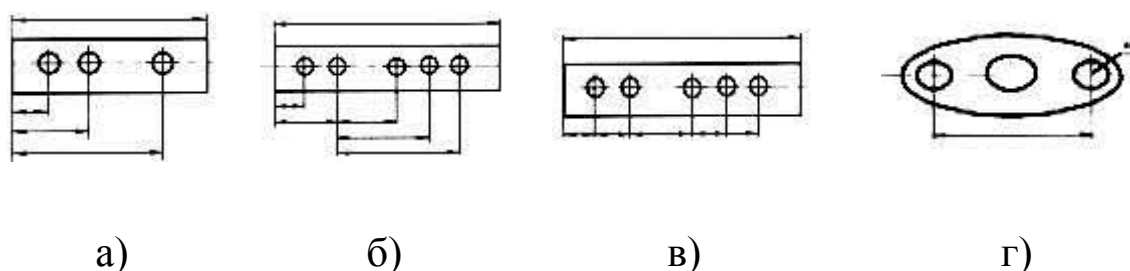


Рис. 19. Нанесение размеров

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

высоте прописных букв; конусность (острый угол треугольника) должна быть направлена в сторону вершины конуса; уклон (острый угол) должен быть направлен в сторону уклона; размеры нескольких одинаковых элементов изделия наносят один раз, с указанием количества (на горизонтальной полке) этих элементов.

Знаки

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

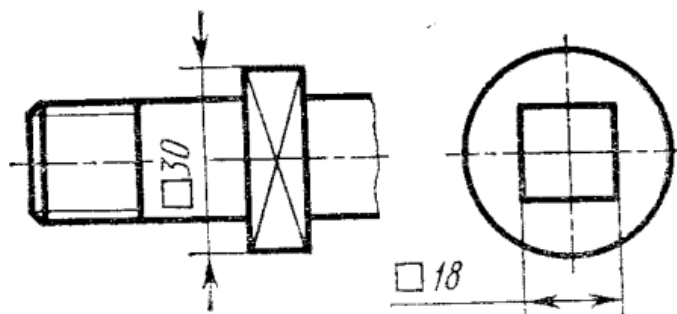


Рис. 20. Пример обозначения квадрата на чертежах

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



Рис. 21. Пример обозначения радиусов на чертежах

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

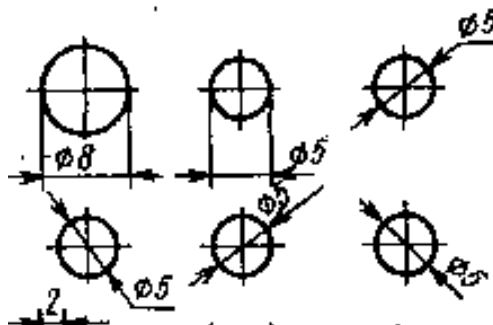


Рис. 22. Пример обозначения радиусов окружностей

Геометрические построения в чертежах

Сопряжением называется плавный переход от одной линии к другой, выполненный при помощи промежуточной линии. Основным свойством сопрягающихся линий является наличие общей касательной в точке сопряжения, которая перпендикулярна радиусу окружности в этой точке (рис. 23, а, б, в).

Касание называется внешним, если центры окружностей O_1 и O_2 лежат по разные стороны от касательной t (рис. 23, б) и внутренним, если центры находятся по одну сторону от общей касательной (рис. 23, в).

Для построения сопряжений необходимо определить центр сопряжения O и точки сопряжения A и B (рис. 23, г).

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

Точки сопряжения определяются либо в пересечении линий, соединяющих центры заданной окружности и сопрягающей дуги (точка A ; рис. 23, г), либо в пересечении перпендикуляра, опущенного из центра сопряжения O на сопрягаемую прямую (точка B ; рис. 23, г).

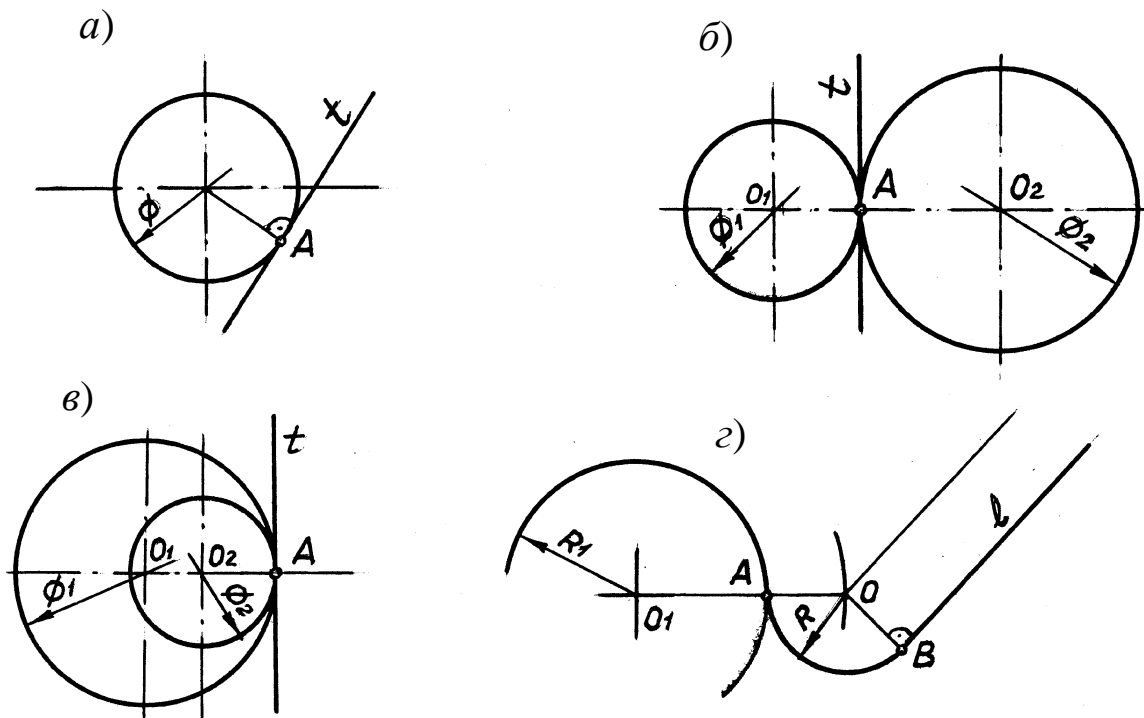


Рис. 23. Примеры сопряжений

Построение касательных

Построение касательных к окружностям основано на том, что касательная перпендикулярна к радиусу, проведенному в точку касания.

Примеры построения касательных к окружностям приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Порядок построения касательных к окружностям

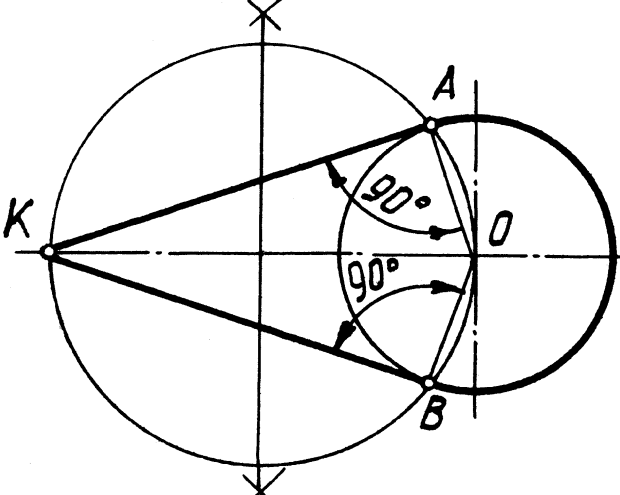
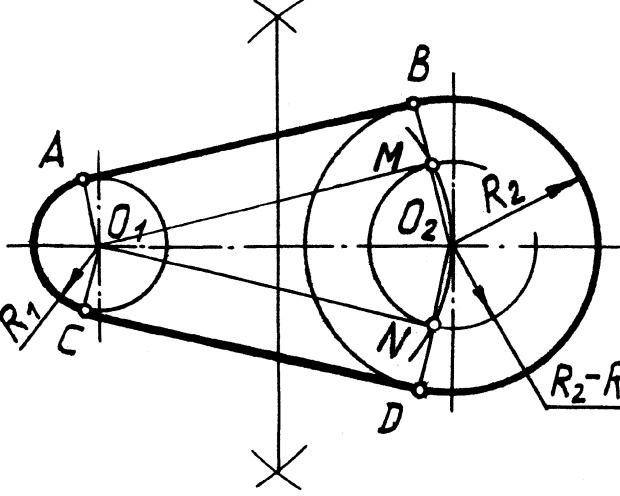
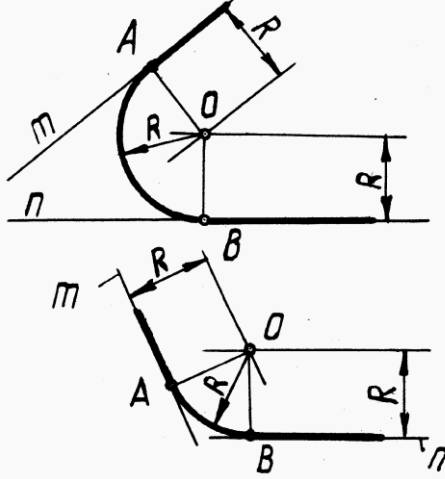
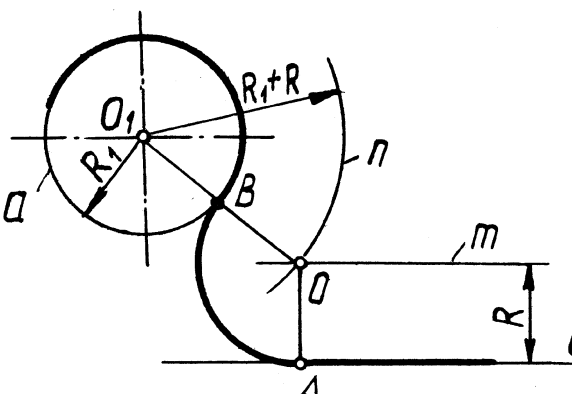
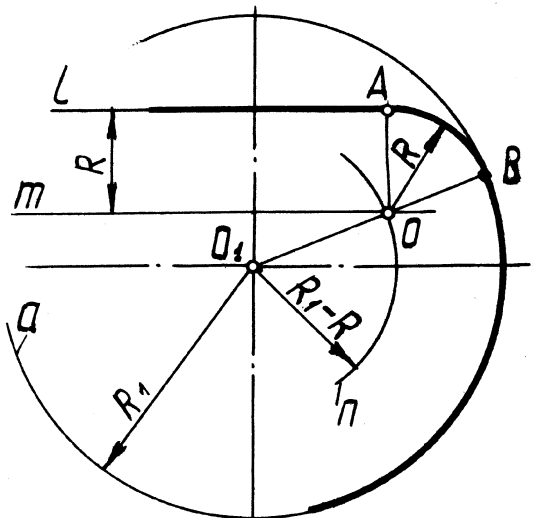
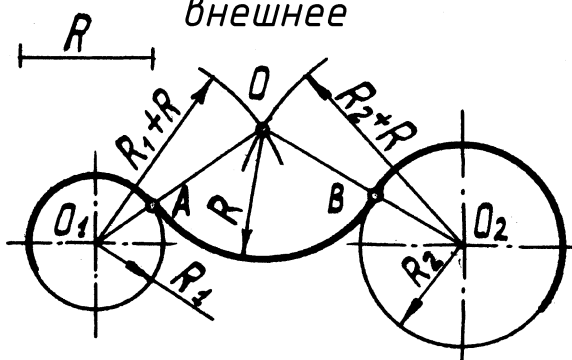
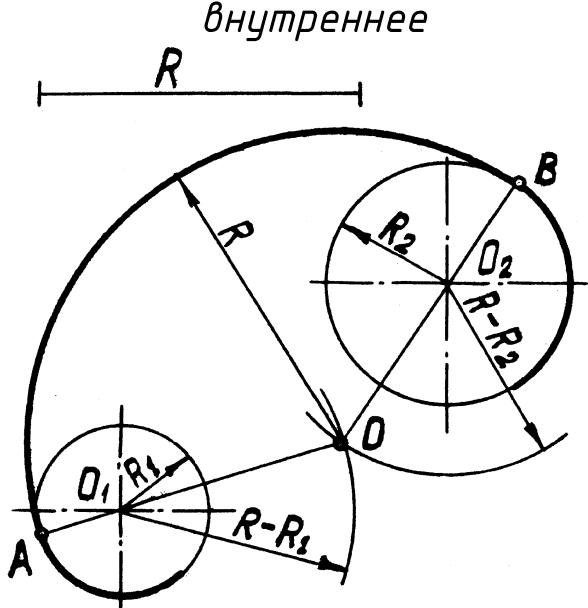
Требуется построить	Построения	Пояснения
Касательную из точки K к окружности с центром в точке O		<p>Точки касания A и B находятся в пересечении вспомогательной окружности радиуса $\frac{KO}{2}$ с данной окружностью. KA и KB – касательные</p>
Внешнюю касательную к двум окружностям с центрами в точках O_1 и O_2		<p>O_1M и O_1N – касательные из точки O_1 к вспомогательной окружности радиуса $R_2 - R_1$ (см. предыдущий пример). Точки касания B и D получаются при пересечении радиусов O_2M и O_2N с окружностью радиуса R_2. Точки касания A и C получаются при пересечении радиусов O_1A и O_1C, проведенных параллельно O_2B и O_2D. AB и CD – внешние касательные</p>

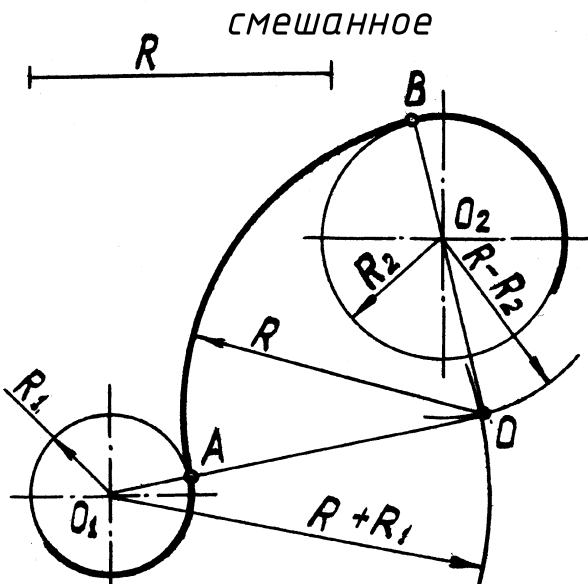
Таблица 7 – Порядок построения сопряжений

Дано	Построения	Пояснения
Две пересекающиеся прямые		<p>Центр сопряжения O находится в точке пересечения вспомогательных прямых, отстоящих от заданных прямых m, n на расстоянии R. Точки сопряжения A и B есть основания перпендикуляров, опущенных из центра O на заданные прямые.</p>
Прямая L и окружность a радиуса R_1 с центром в точке O_1	<p style="text-align: center;"><i>внешнее</i></p> 	<p>Центр сопряжения O находится в точке пересечения вспомогательной прямой m, отстоящей от заданной прямой L на расстоянии R и вспомогательной дуги n радиуса R_1+R с центром в точке O_1 в случае внешнего сопряжения или вспомогательной дуги радиуса R_1-R в случае внутреннего сопряжения. Точка сопряжения A есть основание перпендикуляра, опущенного из центра O на прямую L. Точка сопряжения B определяется в точке пересечения линии, соединяемой центры OO_1 с данной окружностью</p>
	<p style="text-align: center;"><i>внутреннее</i></p> 	

Продолжение табл. 7

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

Продолжение табл. 7

Дано	Построения	Пояснения
		

Построение уклона и конусности

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

Уклон i прямой AC относительно прямой AB (рис. 24, а) определяется как отношение противолежащего катета BC к прилежащему AB и выражается формулой:

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

Для проведения прямой, направление которой задано уклоном, необходимо на чертеже задать точку, определяющую положение прямой. Такой точкой является точка D (рис. 24, б), заданная размерами $\frac{b-d}{2}$ и t .

Величина уклона выражается в виде дроби или в процентах. Построение прямой DE с уклоном 10 % показано на чертеже (рис. 24, б). Построение можно выполнить отдельно, на свободном поле чертежа, а затем через данную точку на чертеже провести линию, параллельную построенной.

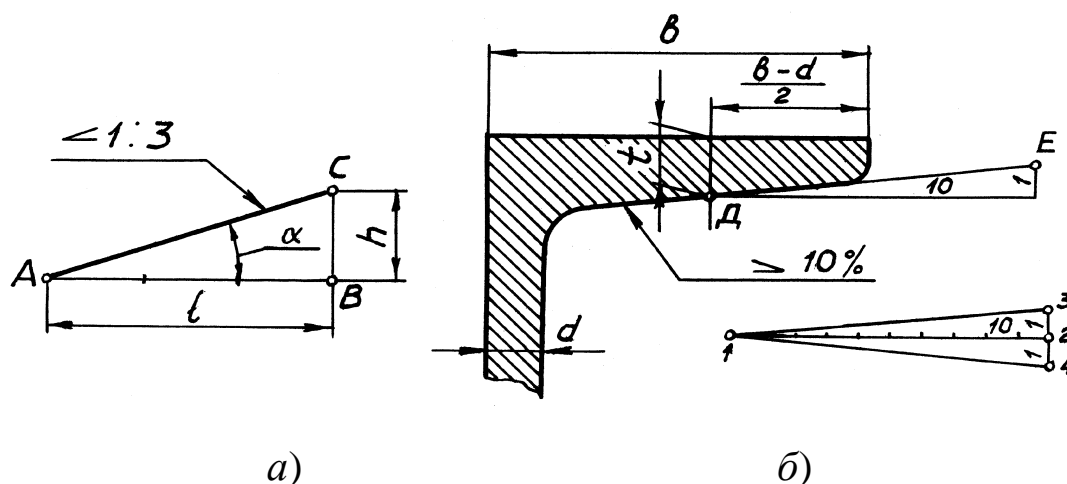


Рис. 24. Построение уклона

По ГОСТ 2.307-68 перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак « \leq », острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона (рис. 24), а значение уклона записывается на полке линии-выноски, расположенной параллельно линии, по отношению к которой записывают значение уклона.

Конусность K – определяется как отношение разности диаметров D и d двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними (рис. 25).

$$K = \frac{D-d}{L} = 2 \operatorname{tg} \alpha; \quad K = 2i.$$

При $d = 0$ $K = \frac{D}{L}.$

Обычно на чертеже конуса дается диаметр большего основания конуса.

Конусность, как и уклон, выражается простой дробью, десятичной или в процентах. Величины конусности стандартизованы. Перед размерным числом, определяющим величину конусности, наносят знак « \triangleleft », острый угол которого направлен в сторону вершины конуса. Знак конусности и числовое значение его наносят над осевой линией или на полке линии – выноски, расположенной параллельно оси конуса.

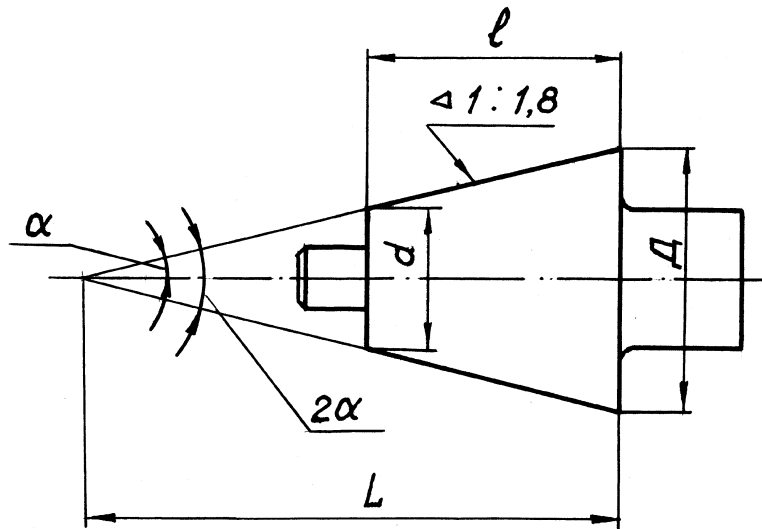
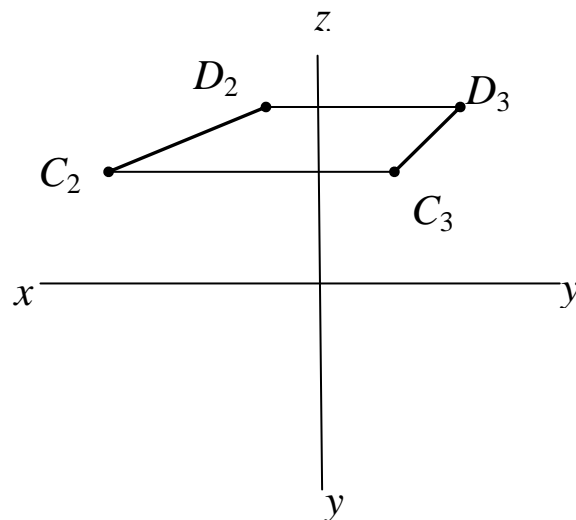


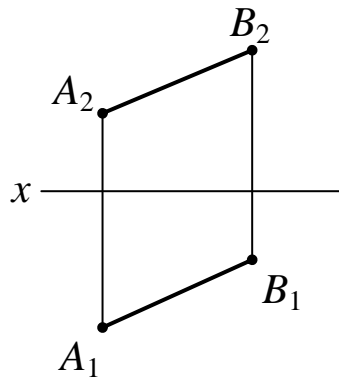
Рис. 25. Построение конусности

Практическая часть:

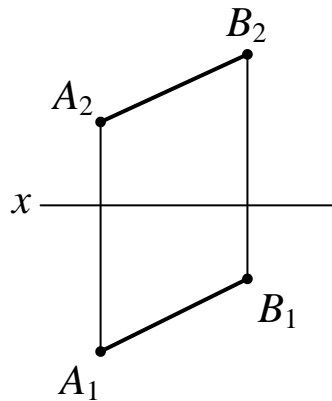
1. По заданным координатам проекций точки построить ее эпюр и определить координаты недостающих проекций $A_1 (40, 30)$, $A_2 (40, 35)$, $A_3 - ?$
2. По двум проекциям прямой достроить третью и определить тип прямой общего положения



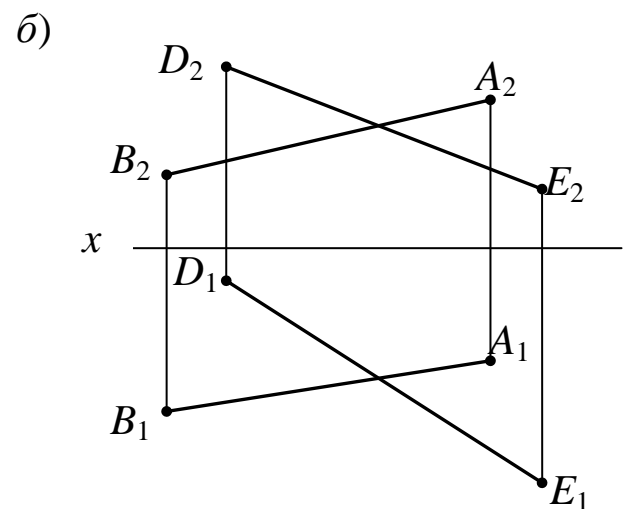
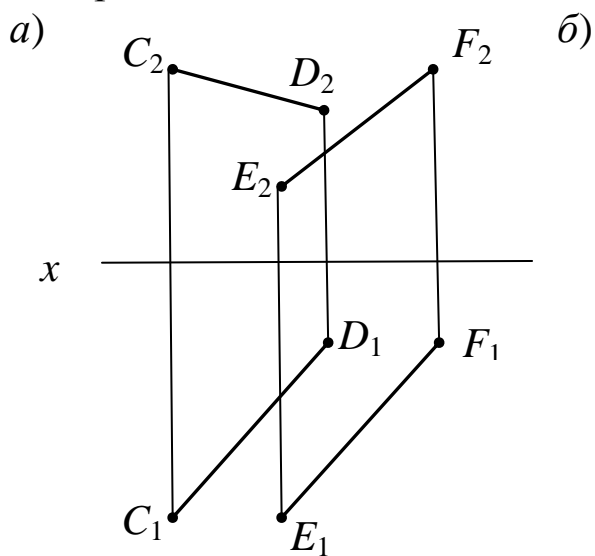
3. Определить натуральную величину прямой и углы наклона к плоскостям проекций



4. Построить следы прямой



5. Определить взаимное положение отрезков прямых в пространстве

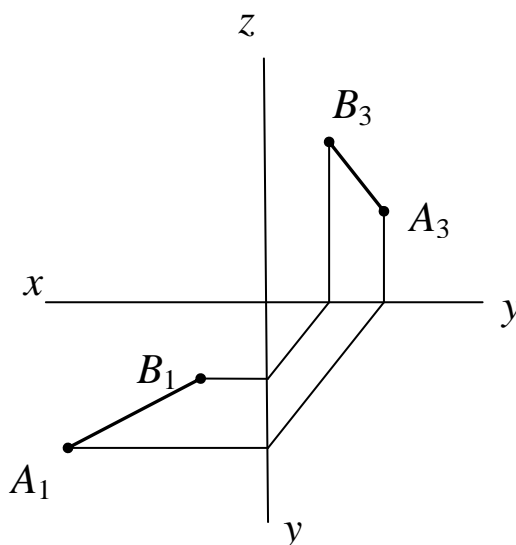


Самостоятельная работа:

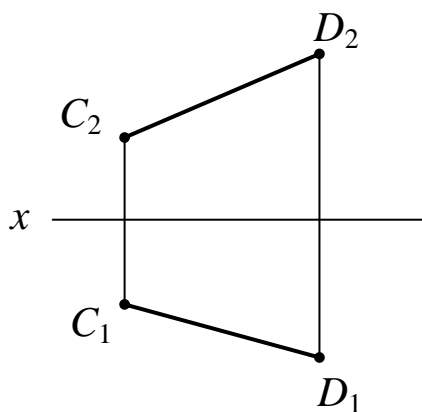
Дз 1. «Геометрическое черчение» состоит из выполнения графической работы на листе формата А4 и решения задач в тетради в клетку формата А4.

Задачи:

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

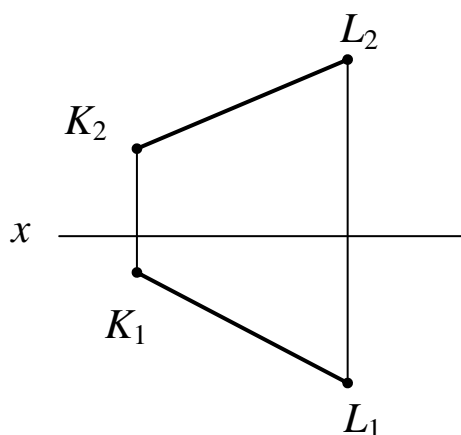


3. Определить натуральную величину прямой и углы наклона к плоскостям проекций

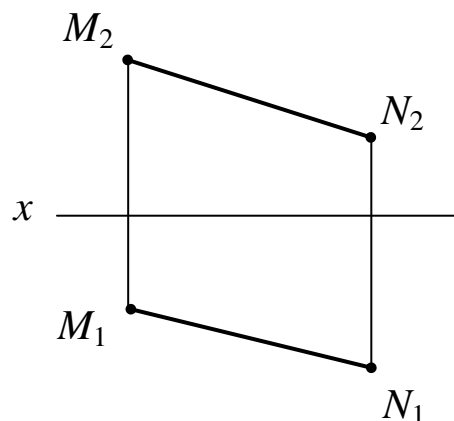


4. Построить следы прямой.

а)



б)



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

Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта, выданному преподавателем (приложение 1, в конце текущей лабораторной работы).

Порядок выполнения графической работы:

1. На листе формата А4 оформить рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104-68, форма 1;

2. Изучив правила построения касательных и сопряжений выполнить чертеж детали, имеющей сопрягаемые формы. Линии построения сопряжений оставить на чертеже.

3. Нанести размеры и оформить чертеж согласно ГОСТ 2.303-68 (линии).

Пример графической работы представлен на рисунке 26.

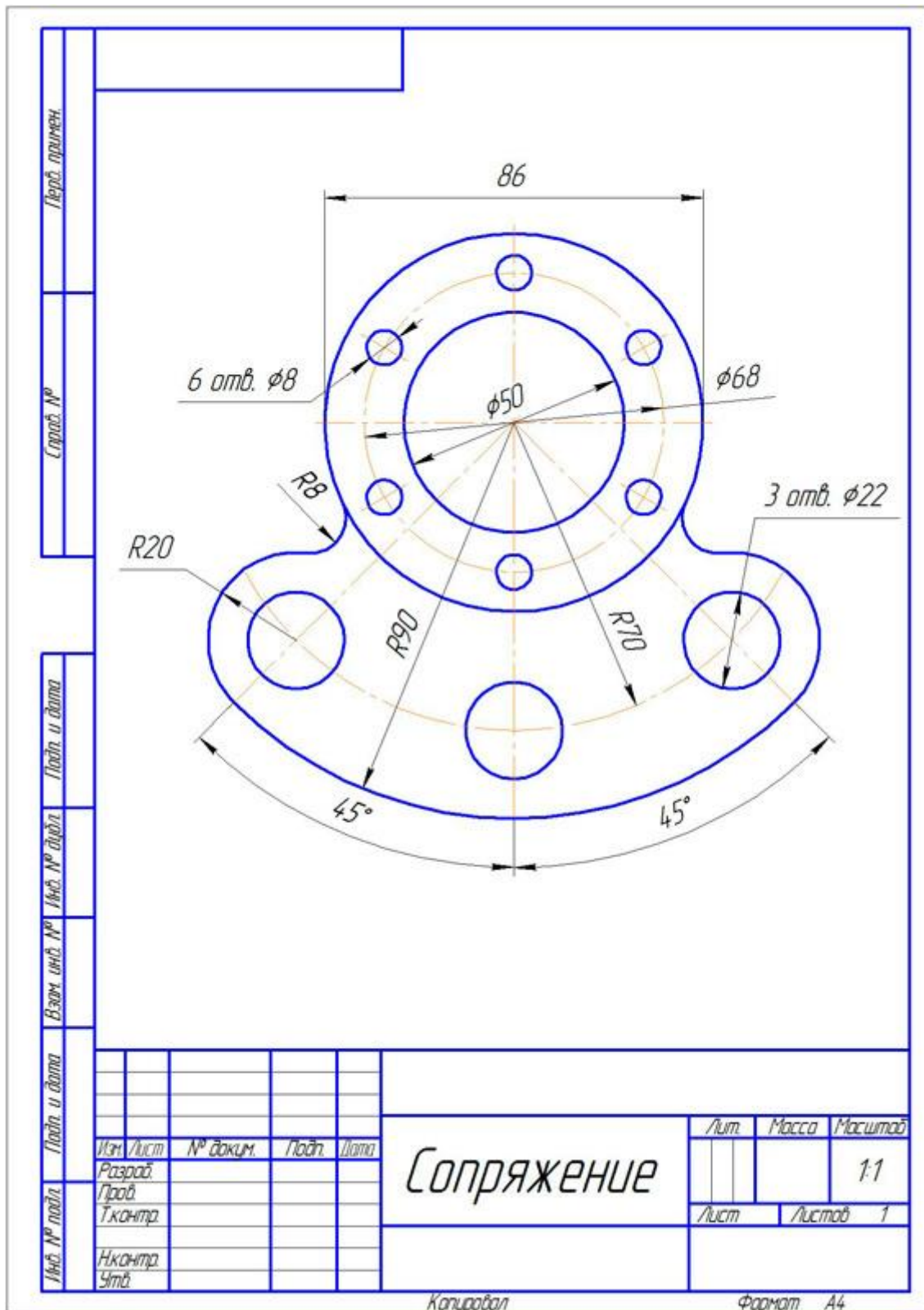


Рис. 26. Пример графической работы «Геометрическое черчение»

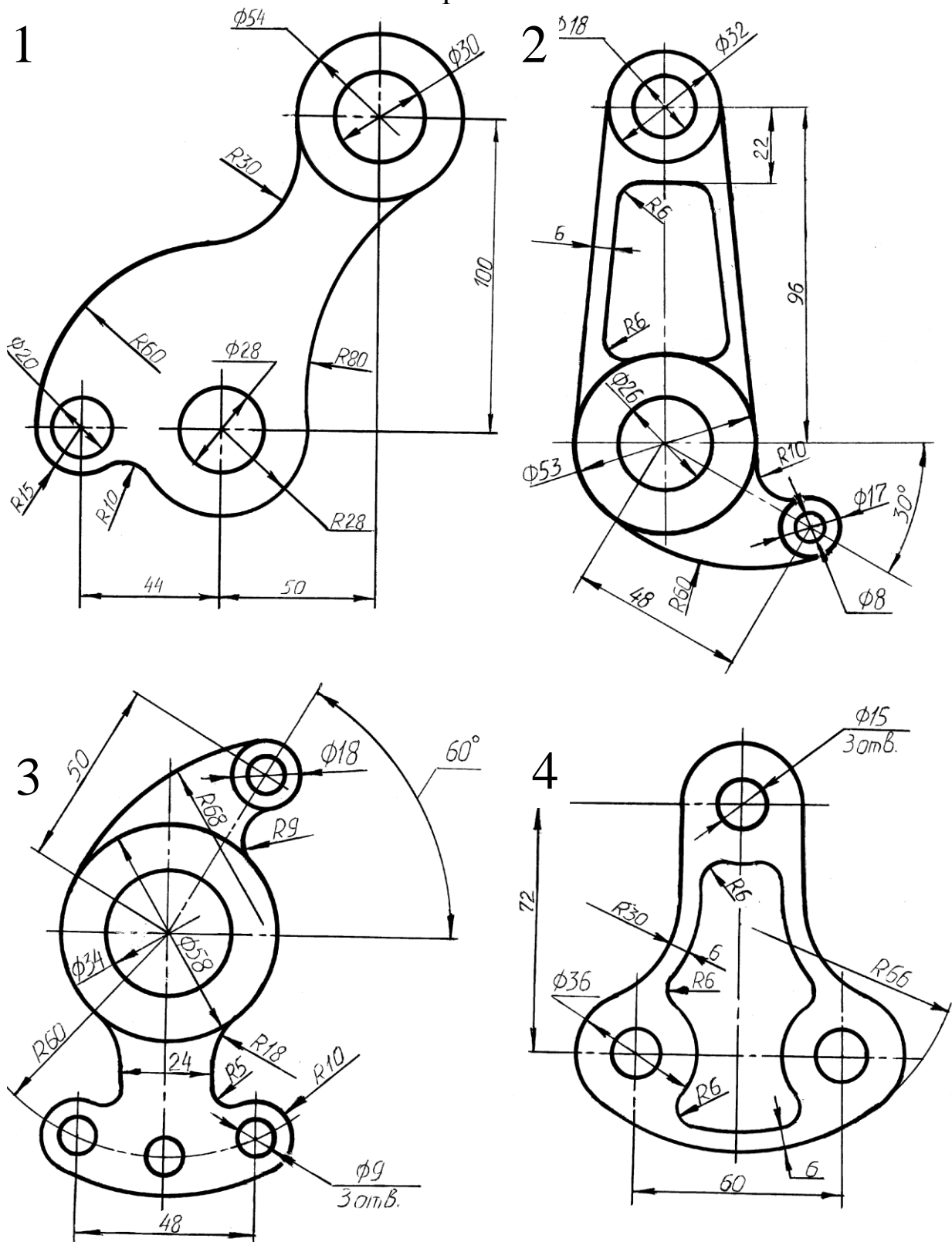
Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой эпюр точки?
2. Сколько проекций определяет положение точки в пространстве?
3. От чего зависит положение проекций точки на эпюре?
4. Чем определяется положение прямой в пространстве?
5. Что значит прямые общего положения (восходящие и нисходящие прямые)?
6. Как определить натуральную величину прямой и углы наклона к плоскостям проекций (метод прямоугольного треугольника)?
7. Следы прямой. Как построить следы прямой?
8. 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?

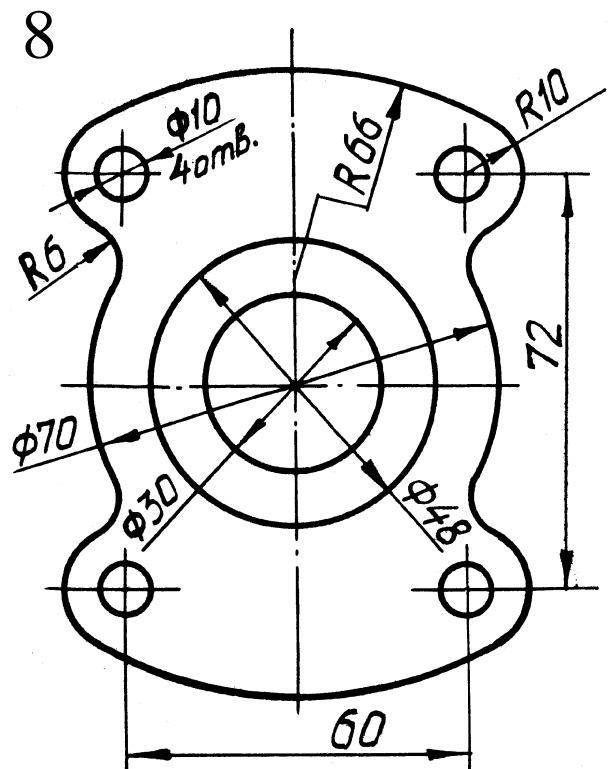
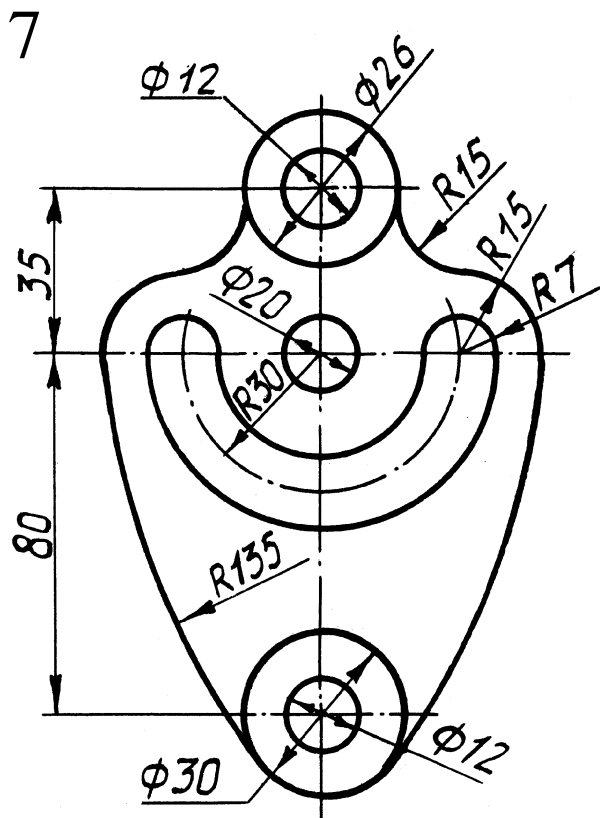
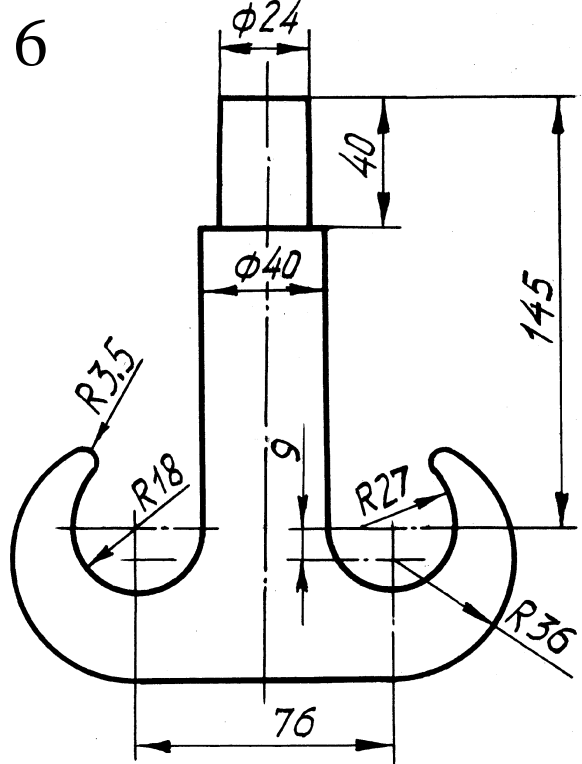
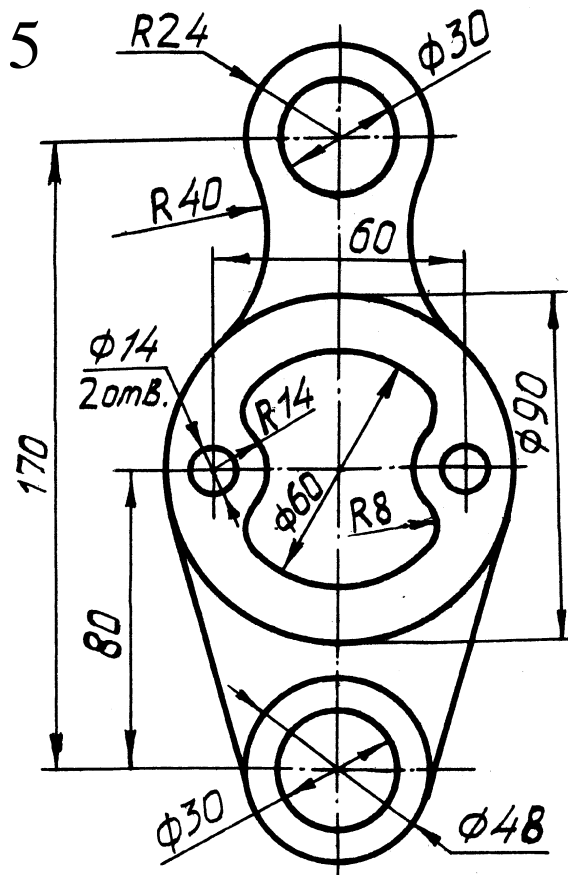
23. Что называют сопряжением?
24. Построить сопряжение дуги окружности с прямой линией.
25. Построить сопряжение двух пересекающихся прямых дугой окружности.
26. Построить сопряжение внешнее двух окружностей дугой окружности.
27. Построить сопряжение внутреннее двух окружностей дугой окружности.
28. Построить сопряжение построить касательную к окружности.
29. Что называется уклоном и конусностью?
30. Как построить уклон 10 %?
31. Как обозначаются уклон и конусность на чертежах?

Приложение 1

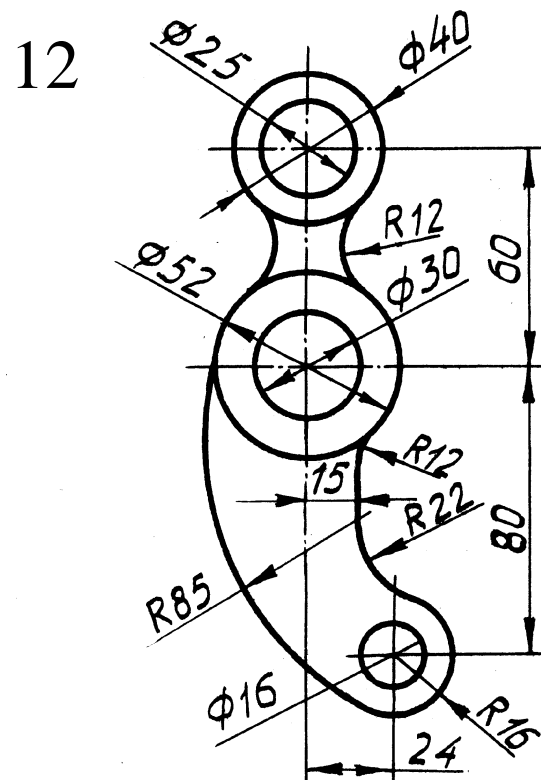
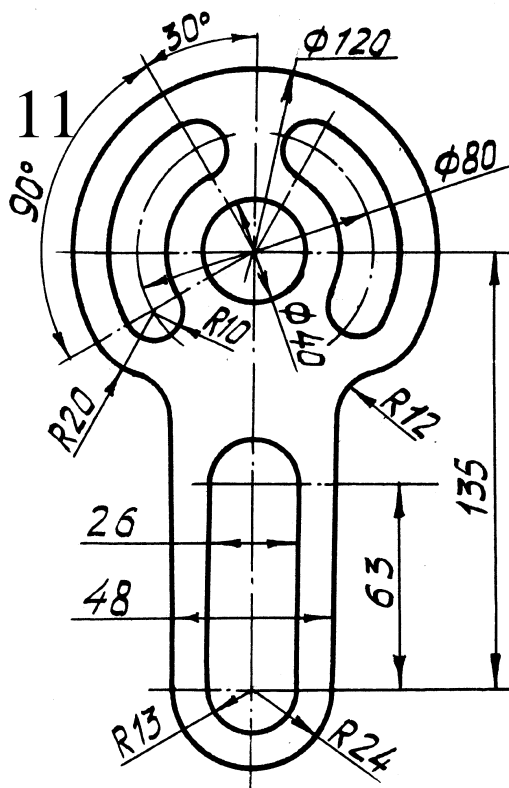
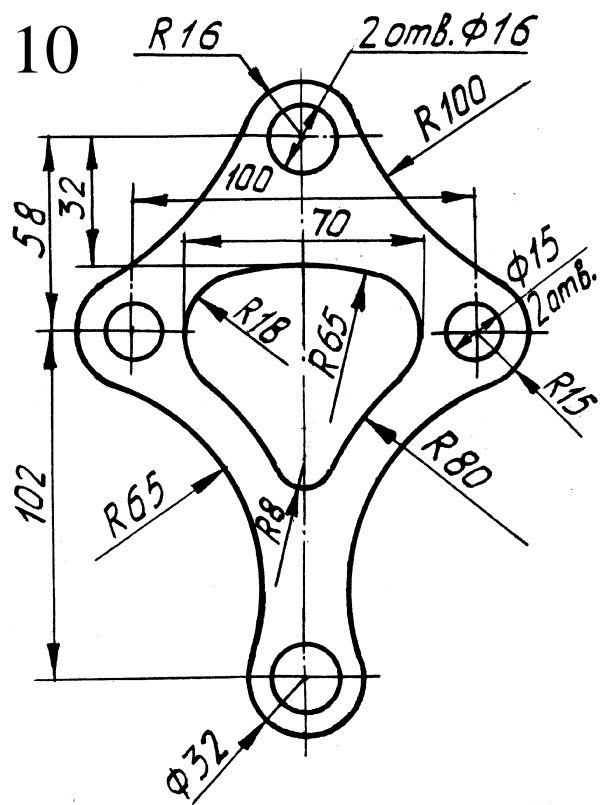
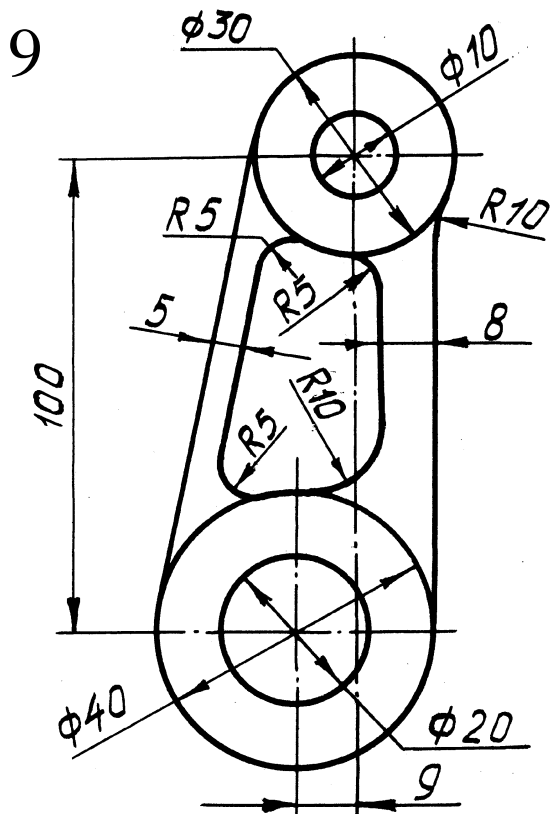
Сопряжения



Продолжение прил. 1



Продолжение прил. 1



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. 27, а);
- проекциями точки и прямой (рис. 27, б);
- проекциями точки и двойной прямой (рис. 27, в);
- проекциями двух пересекающихся прямых (рис. 27, г);
- проекциями двух параллельных прямых (рис. 27, д);
- проекциями двух пересекающихся прямых принадлежащих плоскостям проекций – следами плоскостей (рис. 27, е);
- проекциями треугольника (рис. 27, 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.

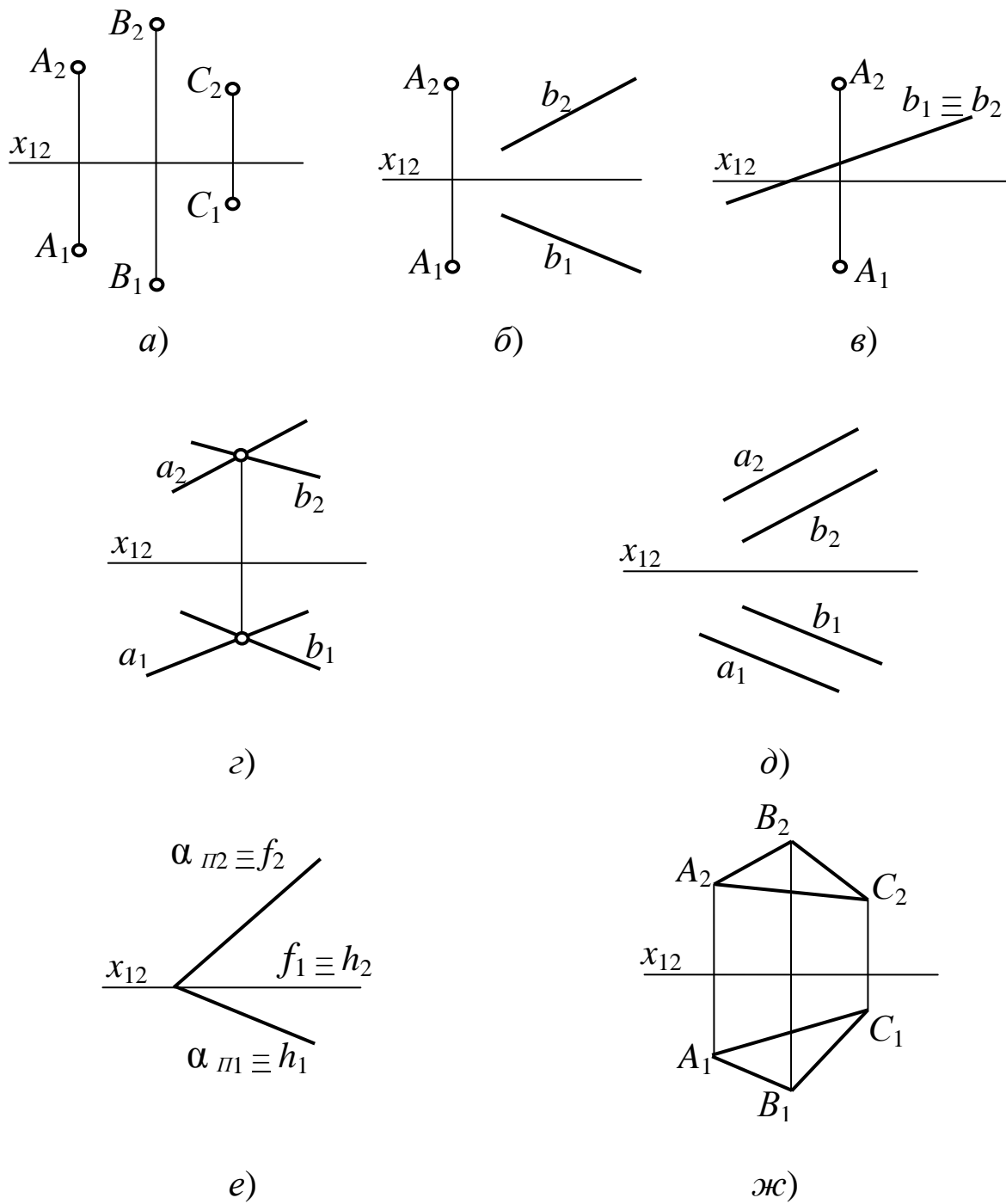


Рис. 27. Способы задания плоскости на комплексном чертеже (эпюре Монжа)

Линии уровня плоскости – это горизонтали и фронтолы, принадлежащие плоскости (рис. 28).

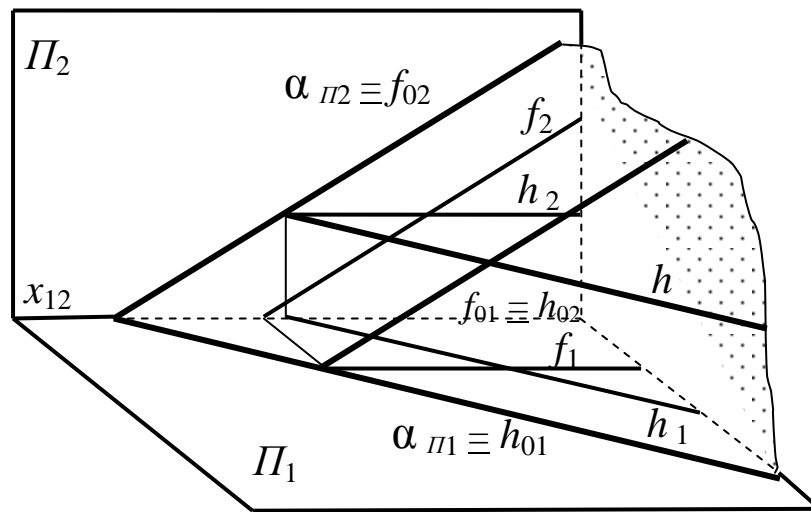


Рис. 28. Модель плоскости

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. 29). В приведённом примере фронталью является сторона треугольника AB .

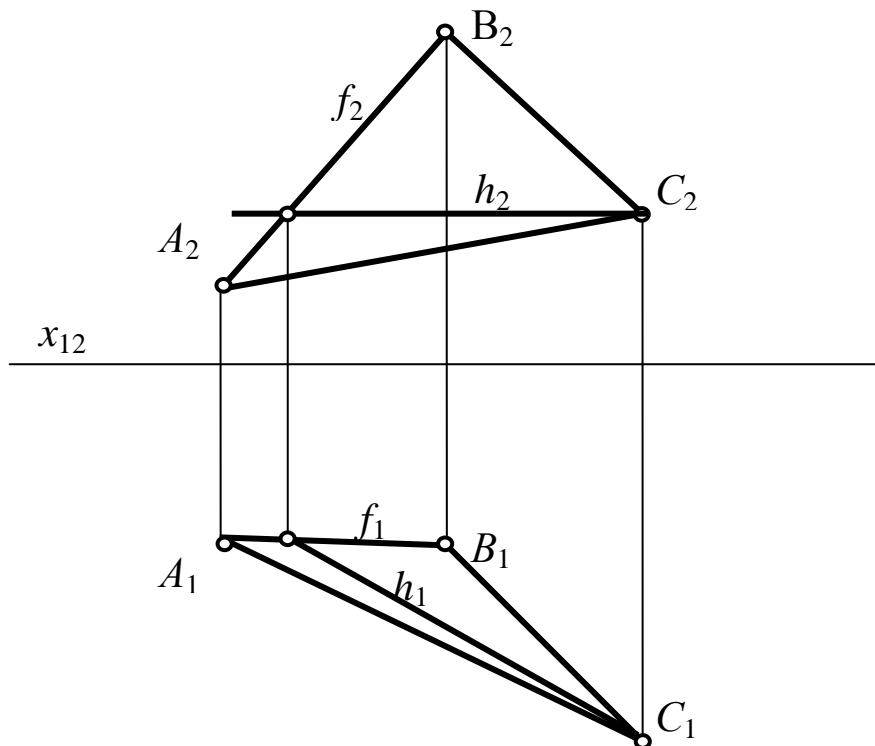


Рис. 29. Линии уровня в плоскости треугольника ABC

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 30.

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. 31).

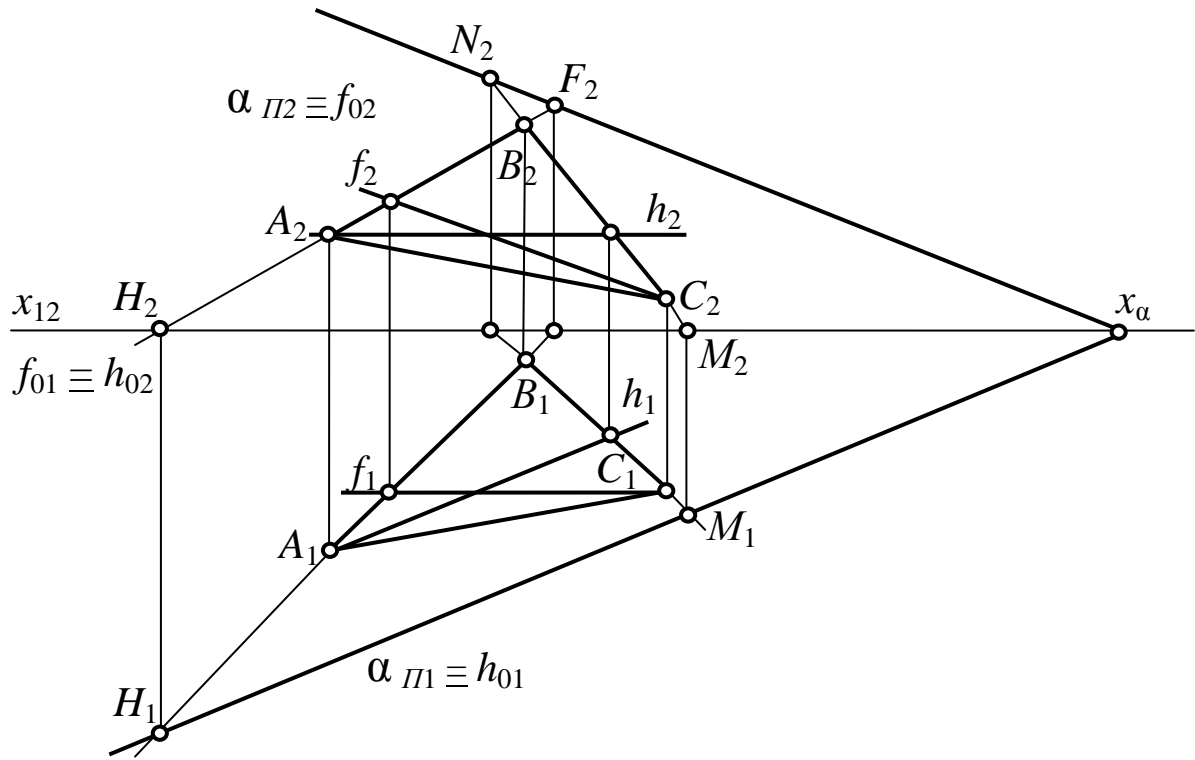


Рис. 30. Построение следов плоскости

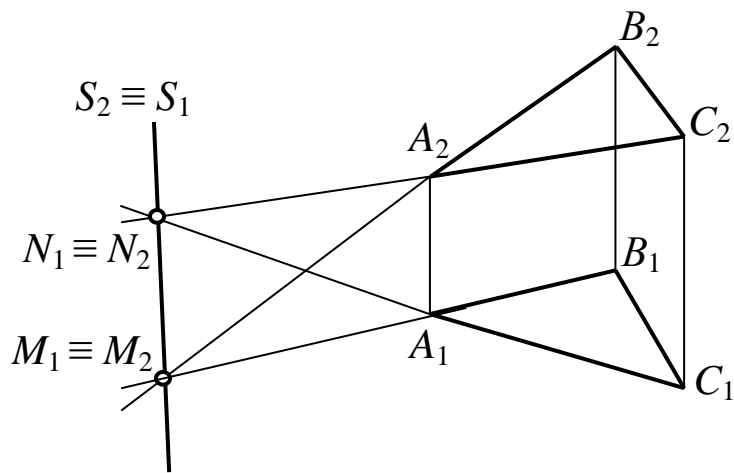


Рис. 31. Двойная прямая (\$S_1 \equiv S_2\$)

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

На рисунке 32 показано построение всех названных особых линий плоскости.

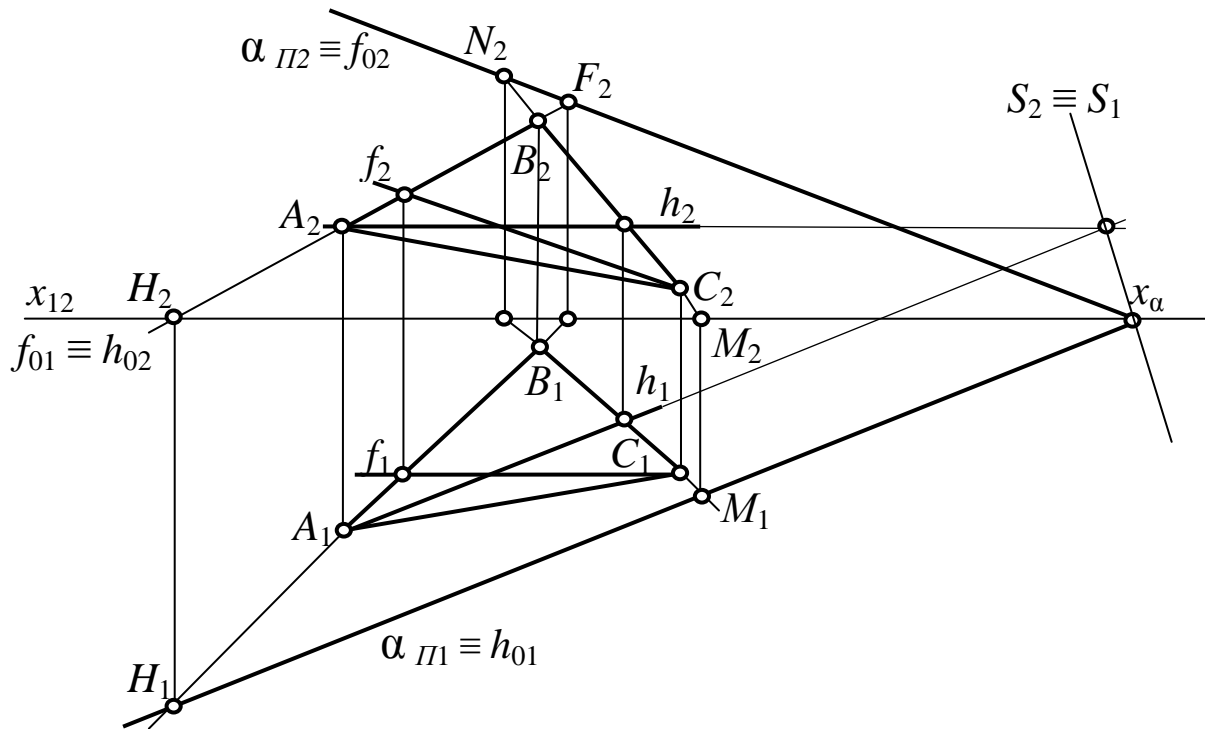


Рис. 32. Особые линии плоскости

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. 33, а). В качестве таких прямых могут служить, например, следы плоскости (рис. 33, б).

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

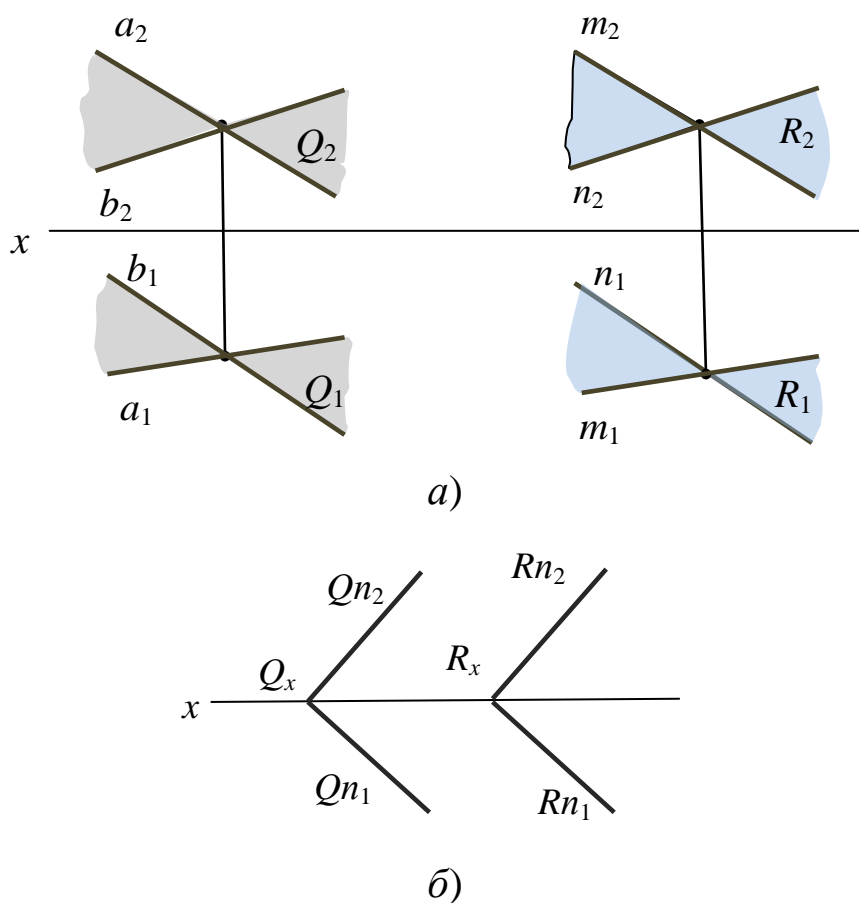


Рис. 33. Параллельные плоскости

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 $Q(a \cap b)$ рассекаются двумя вспомогательными горизонтальными плоскостями уровня φ и ω (рис. 34).

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

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

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

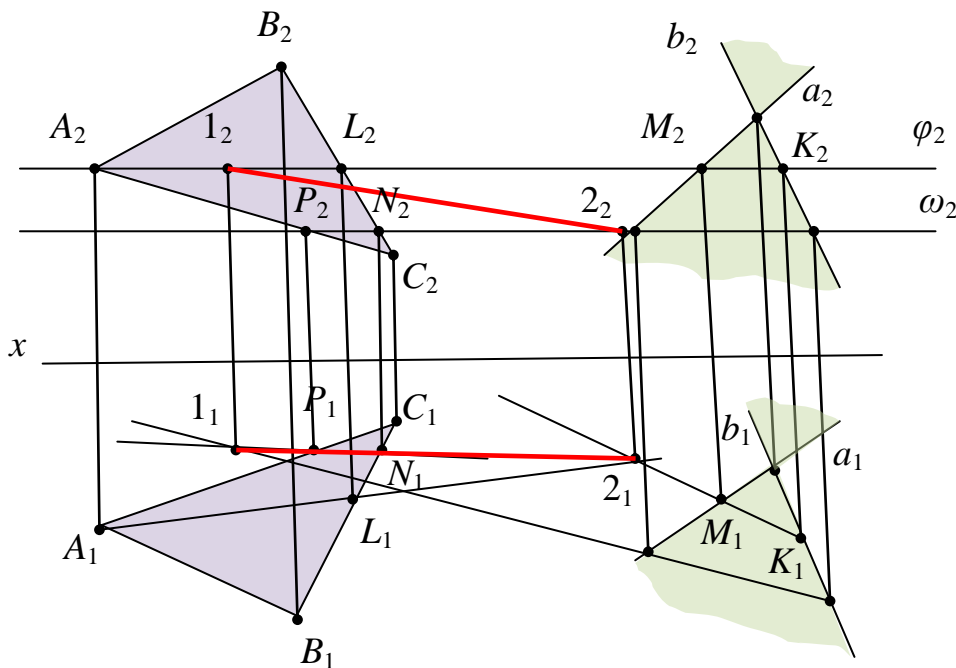


Рис. 34. Построение линии пересечения двух плоскостей

При задании пересекающихся плоскостей следами линию взаимного пересечения находят по точкам пересечения одноименных следов плоскостей. Для этого нужно (рис. 35 а, б):

1. Продлить на эюре следы плоскостей до их взаимного пересечения (1_1 и 2_2).

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

3. Соединить попарно горизонтальные и фронтальные проекции точек 1 и 2.

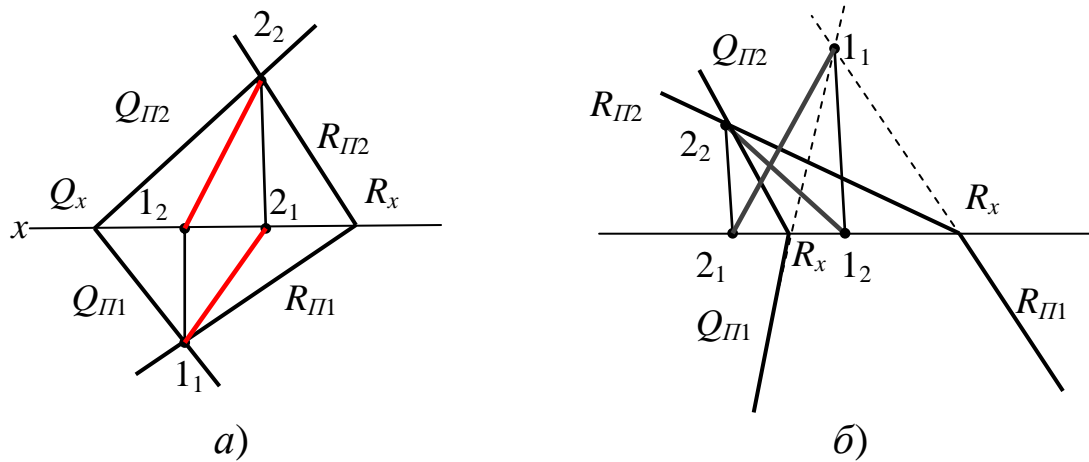


Рис. 35. Построение линии пересечения двух плоскостей

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. 36).

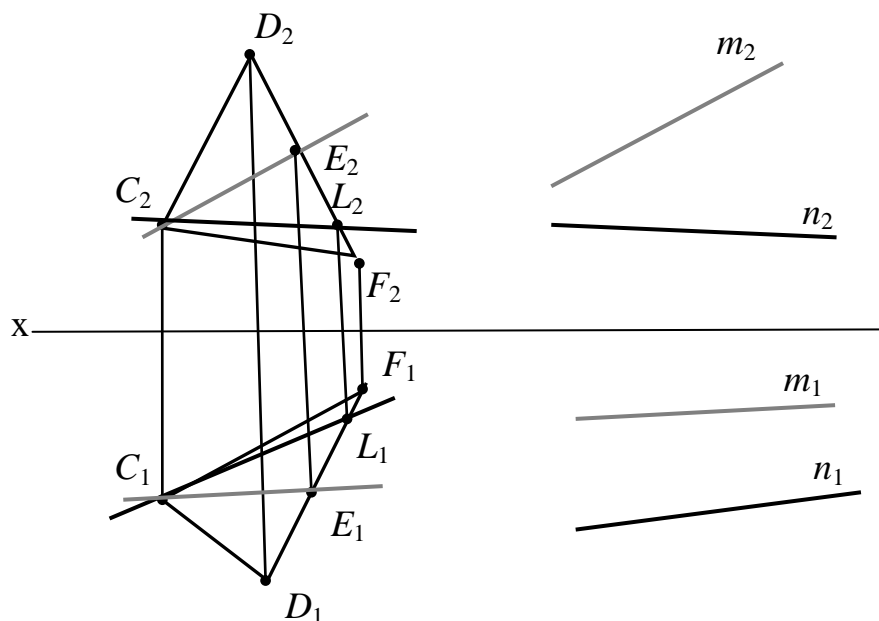


Рис. 36. Прямая параллельна плоскости

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 37, 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 $\triangle ABC$ и вспомогательной Q .

3. Точка пересечения (встречи) прямой с плоскостью лежит на пересечении заданной прямой b и линии пересечения DE плоскостей Q и $\triangle ABC$. 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 $\triangle ABC$.

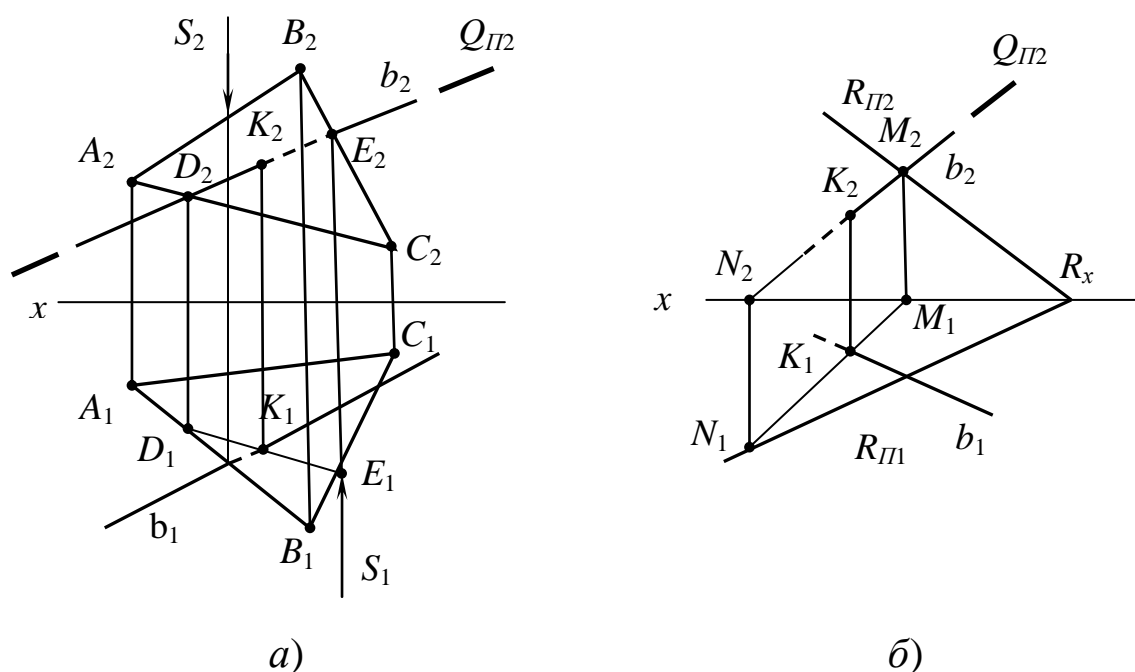


Рис. 37. Пересечение прямой с плоскостью

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. 37, 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

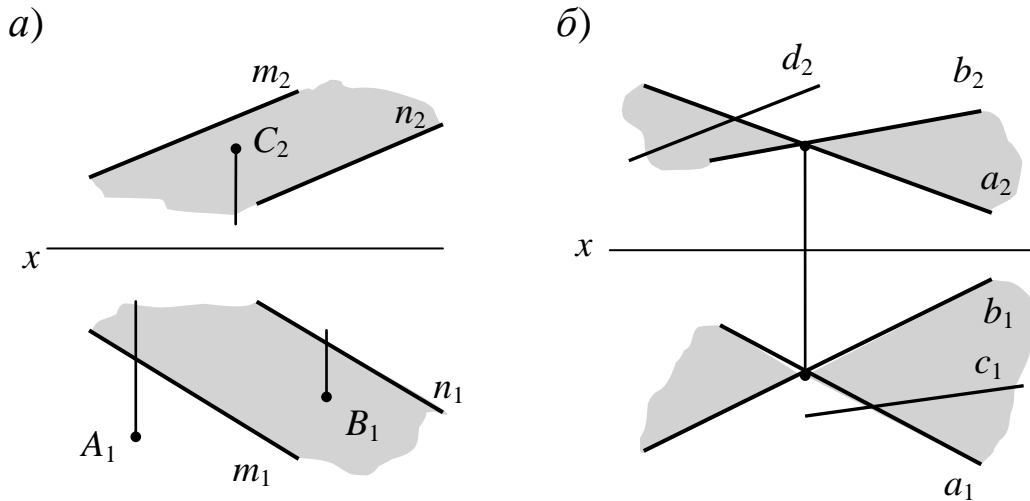
Прямая перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна двум пересекающимся прямым этой плоскости (рис. 38 а, б).

В качестве пересекающихся прямых плоскости при решении графических задач в начертательной геометрии используют главные (или особые) линии плоскости – горизонтали, фронтали 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. 38, а).

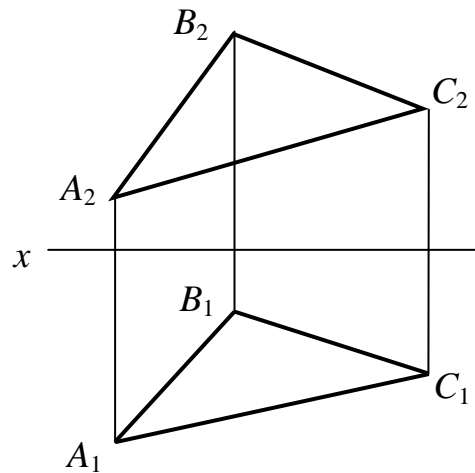
Если плоскость задана следами, в таком случае следы плоскости и будут образовывать пересекающиеся прямые данной плоскости, т. к. они являются главными линиями нулевого уровня (рис. 38, б).

Практическая часть:

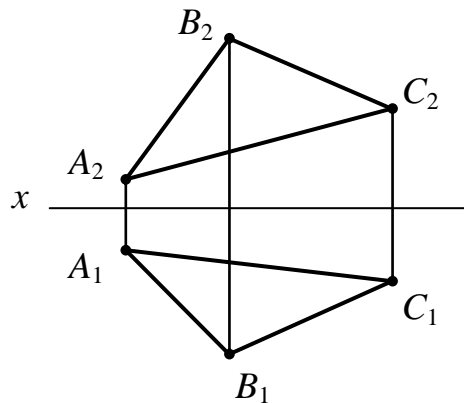
1. Достроить недостающие проекции *a)* точек и *б)* прямых, принадлежащих плоскости



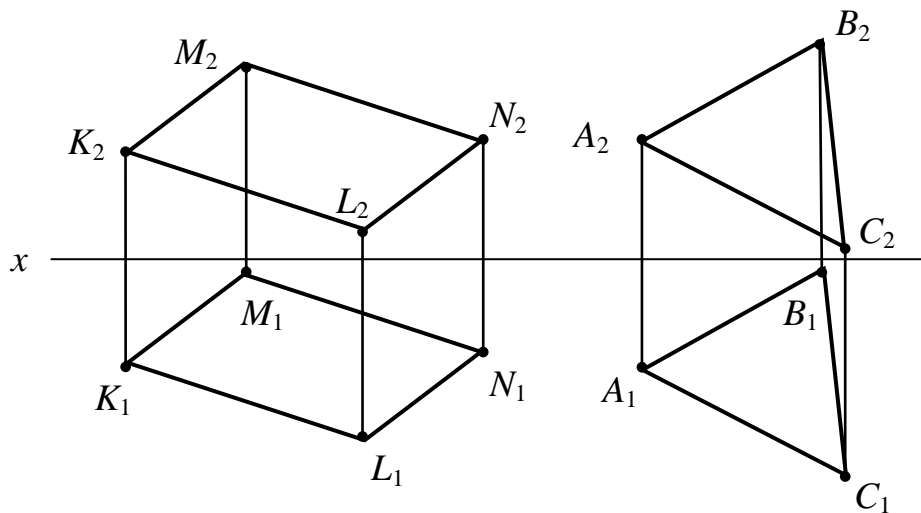
2. Построить следы плоскости



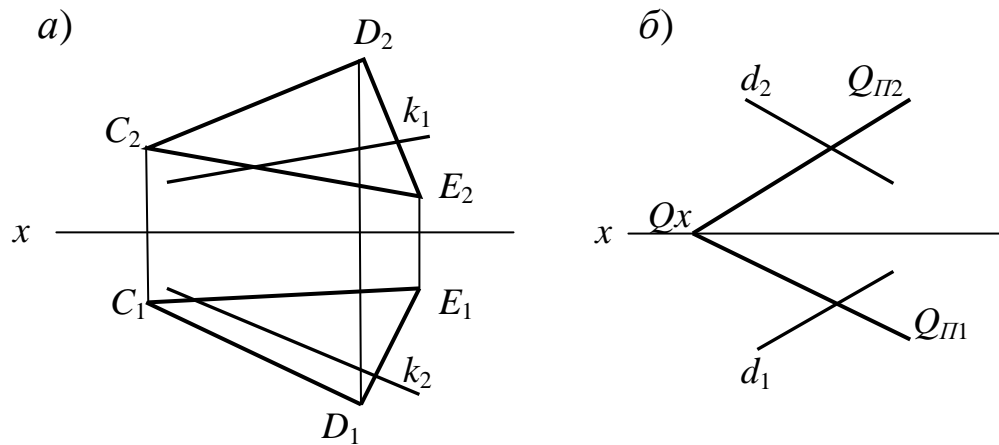
3. В плоскости треугольника построить линии наибольшего наклона, линию наибольшего ската.



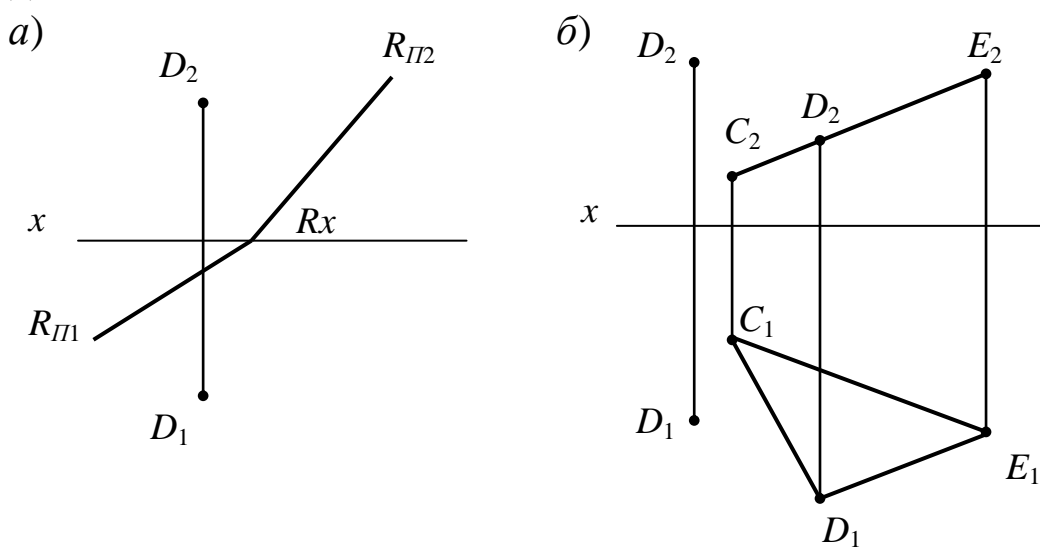
4. Построить линию пересечения двух плоскостей.



5. Найти точку пересечения прямой с плоскостью.



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



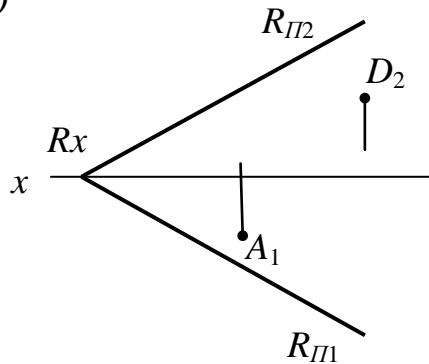
Самостоятельная работа:

Дз2 «Пересечение плоскостей», состоит из выполнения графической работы на листе формата А3 и решения задач в тетради в клетку формата А4.

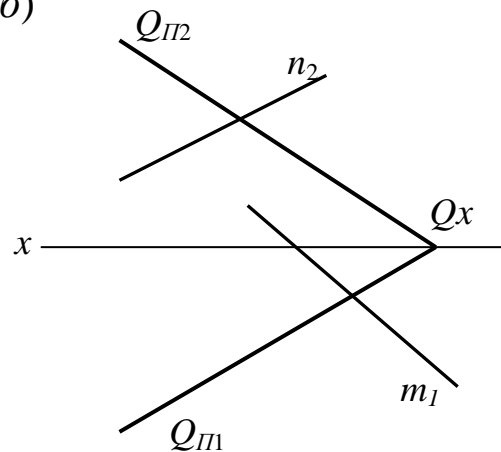
Задачи:

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

а)

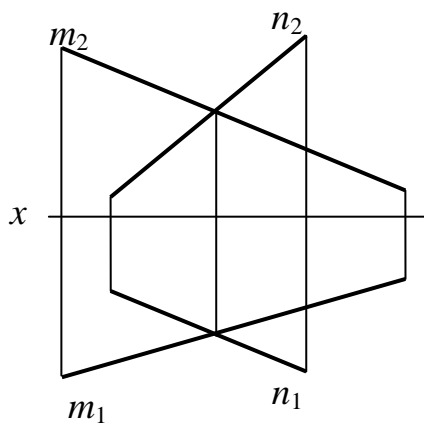


б)

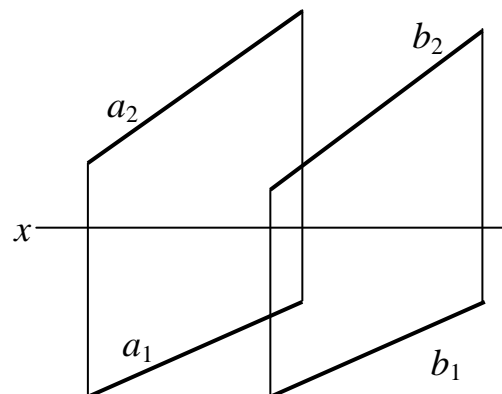


2. Построить следы плоскости.

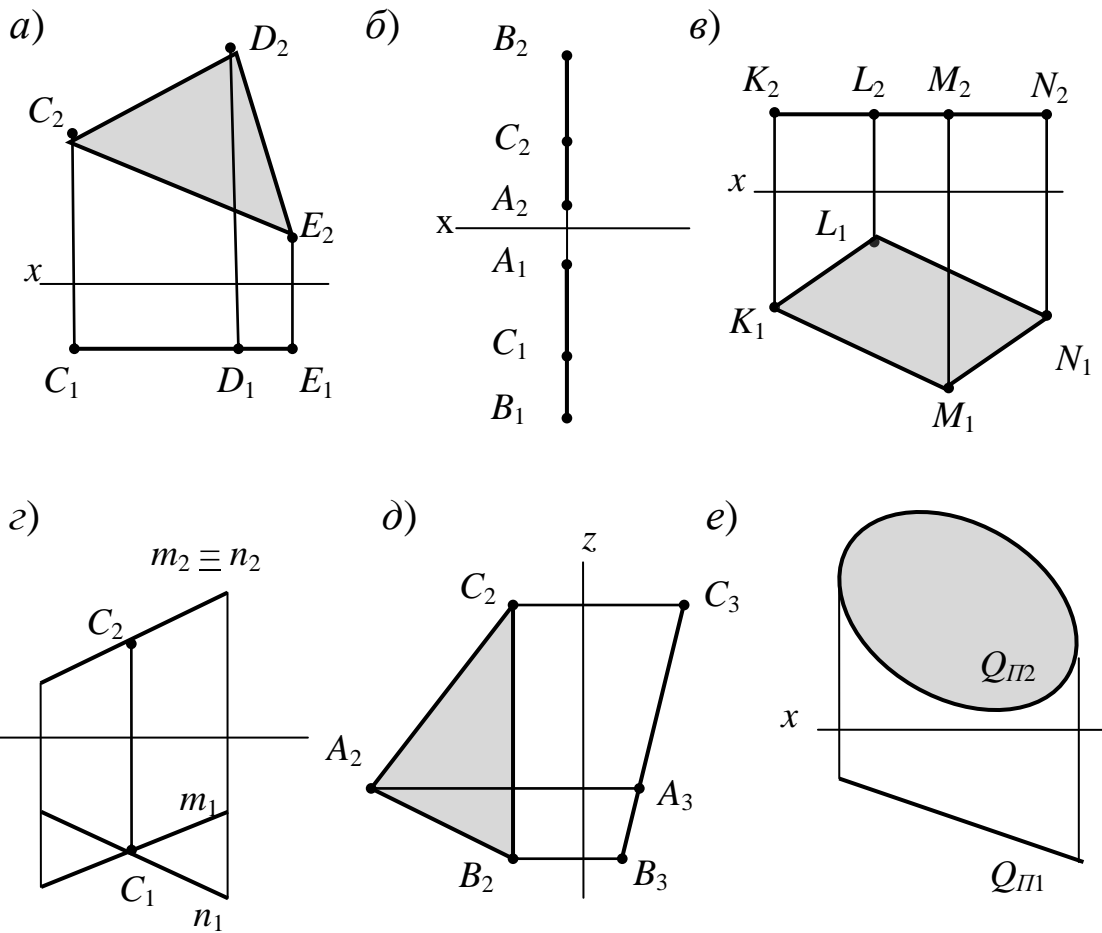
а)



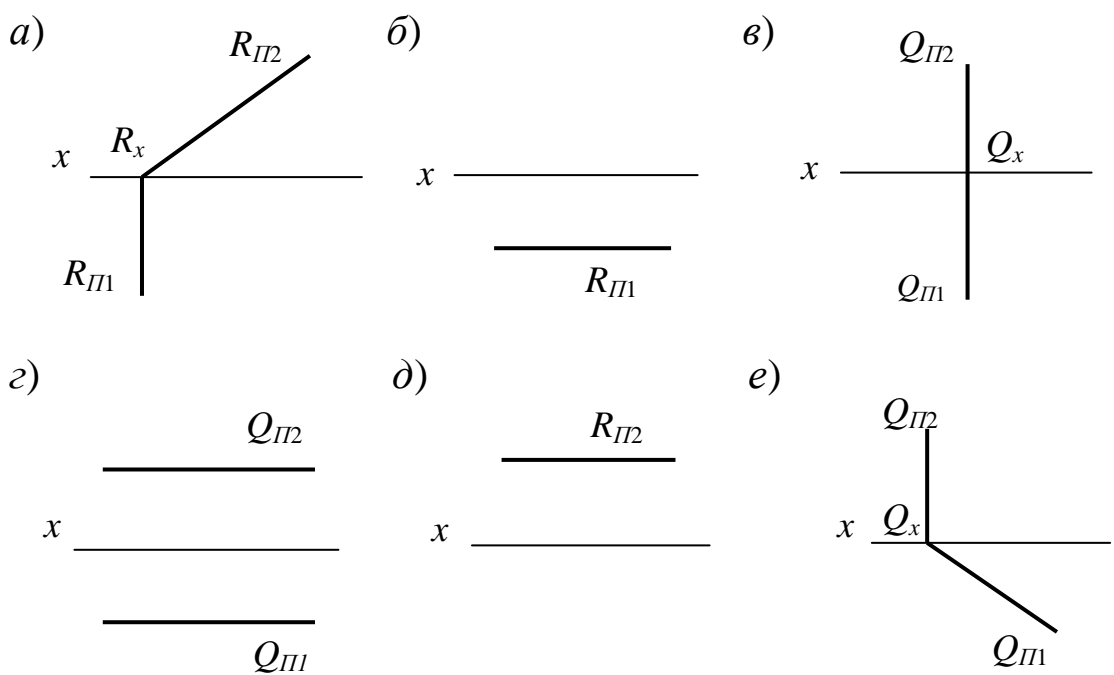
б)



3. По заданным проекциям определить тип плоскости.

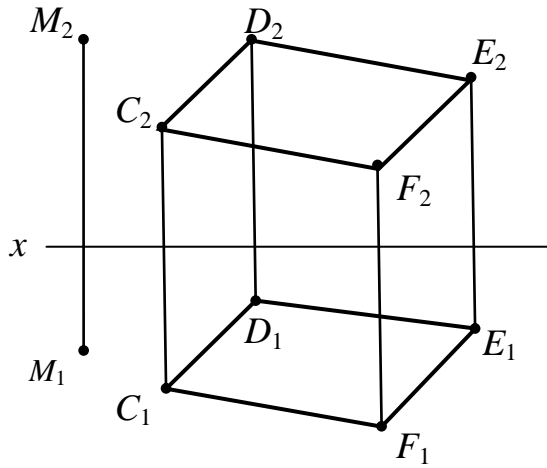


4. По заданным проекциям следов определить тип плоскости.

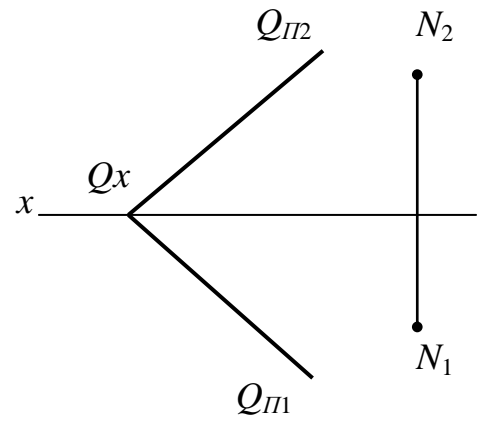


5. Через точку М (N) построить плоскость, параллельную заданной.

а)

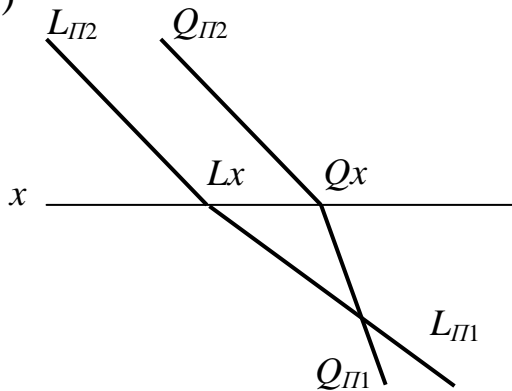


б)

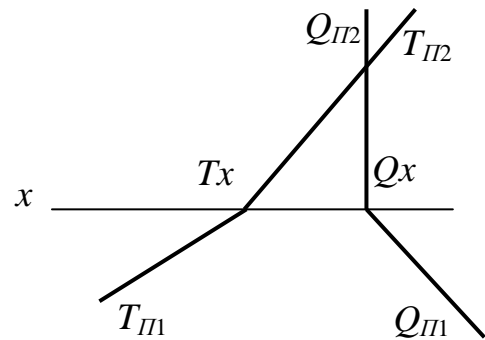


6. Построить линию пересечения двух плоскостей.

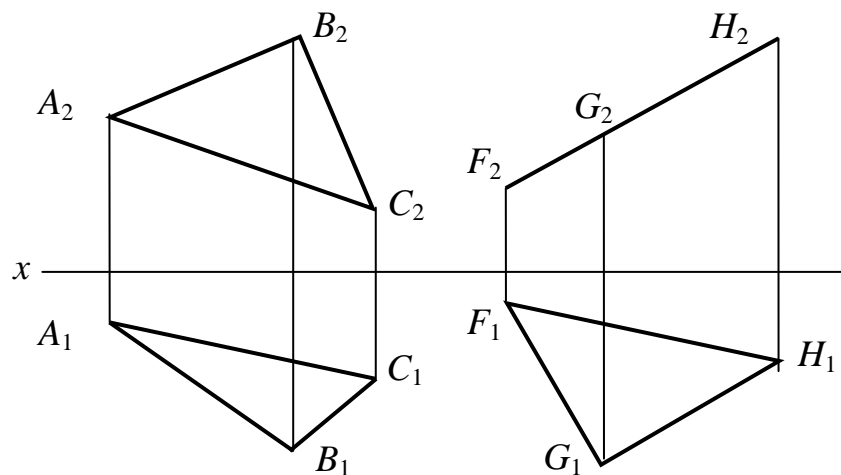
а)



б)

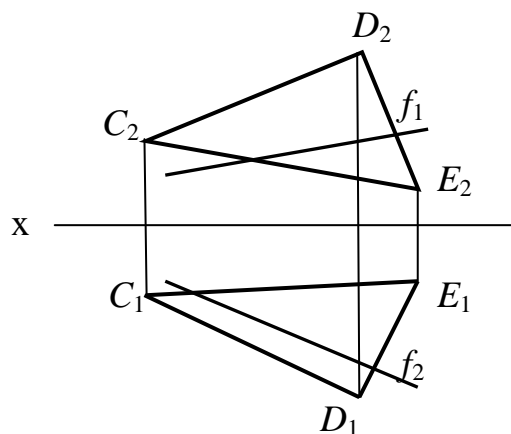


в)

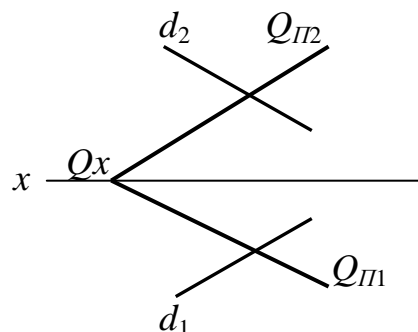


7. Найти точку пересечения прямой с плоскостью.

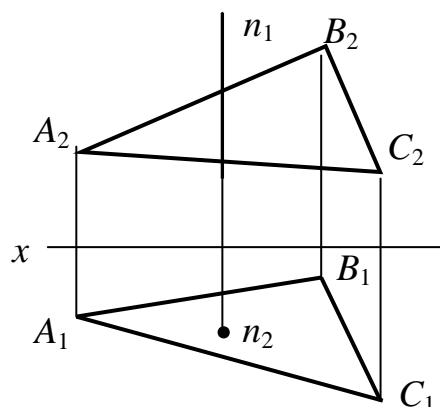
а)



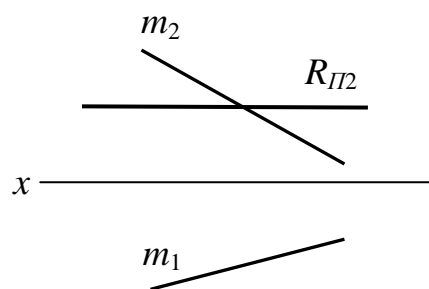
б)



в)



г)



Пояснения и задание к выполнению графической работы «Пересечение плоскостей»:

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

Порядок выполнения графической работы:

1. На листе формата А3 оформить рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104-68, форма 1;

2. Изучив алгоритмы 1-й и 2-й позиционных задач, вычертить условие и решение задачи тонкими линиями. Линии построения оставить на чертеже.

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

Пример графической работы представлен на рисунке 40.

Таблица 8 – Варианты заданий

№ варианта	Значение координат, мм														
	X _A	Y _A	Z _A	X _B	Y _B	Z _B	X _C	Y _C	Z _C	X _D	Y _D	Z _D	X _E	Y _E	Z _E
1	170	120	80	140	45	135	70	60	50	185	45	55	60	70	75
2	10	40	80	80	110	120	140	80	40	140	20	110	10	80	60
3	50	90	100	110	20	10	180	115	100	80	115	10	180	30	120
4	20	40	30	90	15	130	140	95	95	140	15	65	20	60	45
5	45	110	120	15	20	30	145	90	55	135	30	110	25	70	70
6	10	60	130	150	10	90	70	100	50	150	100	130	20	40	90
7	50	50	20	140	20	120	180	110	60	110	110	120	70	10	20
8	60	60	10	145	20	120	185	100	45	185	10	20	55	30	50
9	30	10	80	125	70	120	90	120	15	140	15	50	30	35	30
10	40	80	20	130	20	20	170	95	100	70	35	110	180	50	65

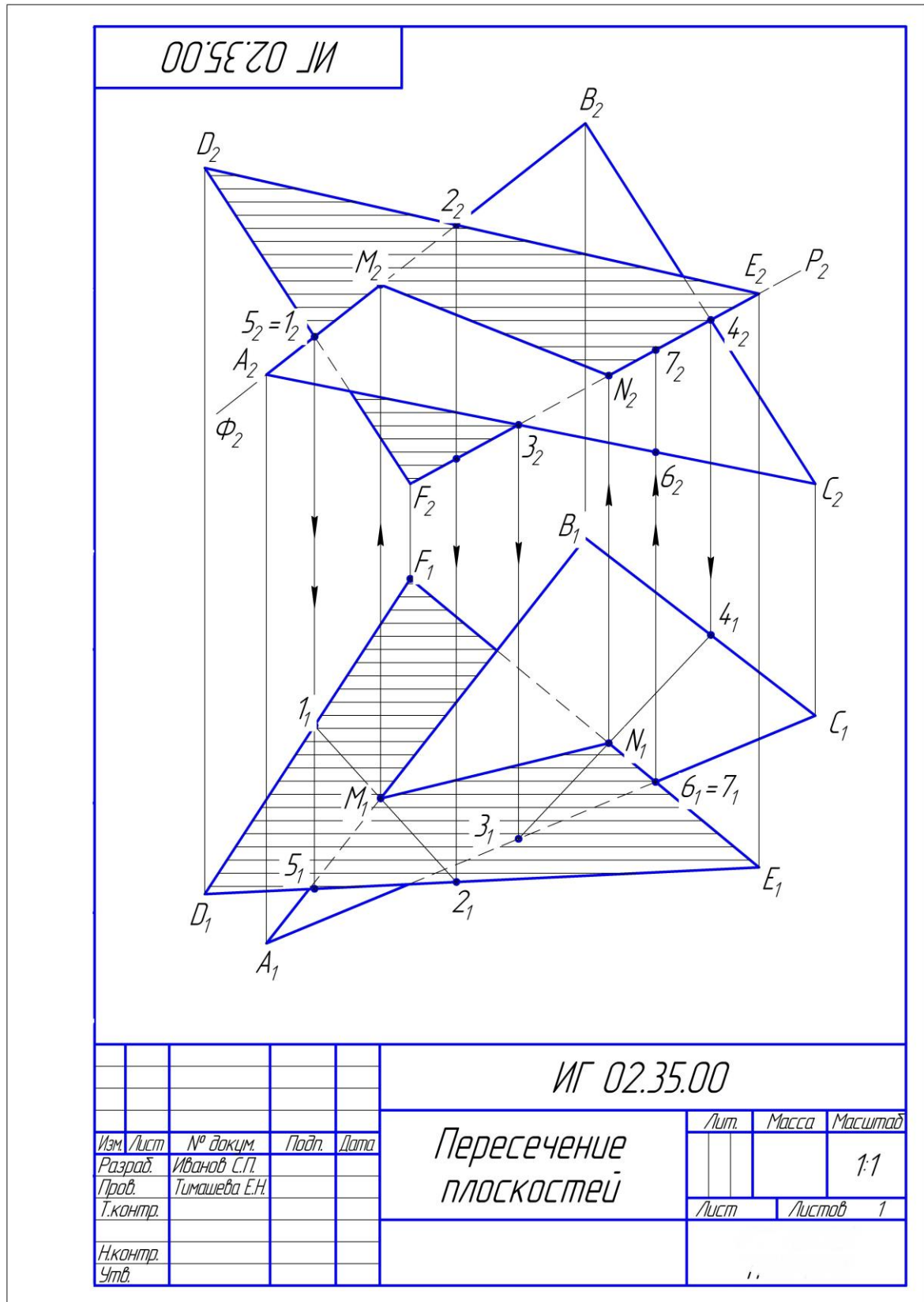


Рис. 40. Пример графической работы «Пересечение плоскостей»

Вопросы для самоконтроля

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

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. 41). 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 .

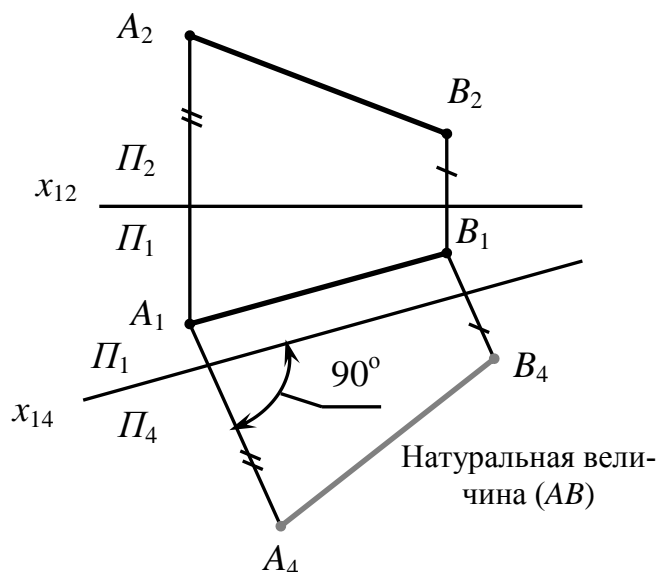


Рис. 41. Определение натуральной величины отрезка AB
методом замены плоскостей проекций

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

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

B_1C_1 , преобразуя таким образом отрезок BC в прямую уровня в системе плоскостей Π_1/Π_4 . Затем проводят еще одну плоскость Π_5 перпендикулярно проекции B_4C_4 , в результате отрезок прямой на плоскость Π_5 проецируется в точку, а расстояние от точки A до отрезка BC – в натуральную величину.

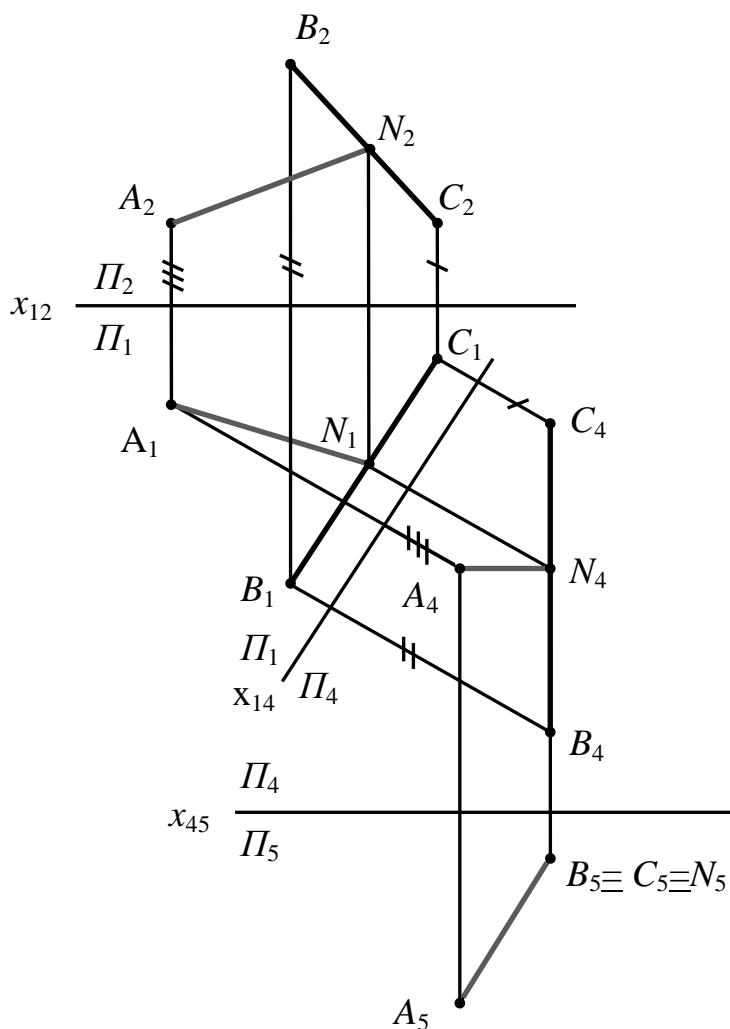


Рис. 42. Определение расстояния от точки A до отрезка прямой BC методом замены плоскостей проекций

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 43, a проведена новая ось x_{14} системы плоскостей проекций Π_1/Π_4 перпендикулярно к следу R_{Π_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 .

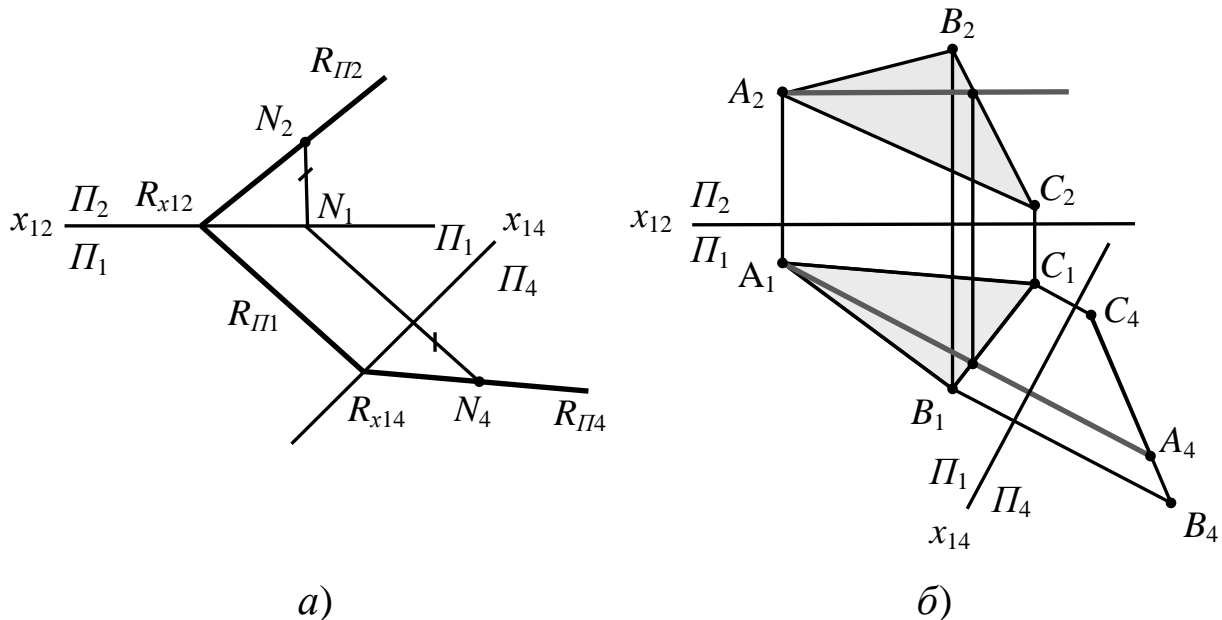


Рис. 43. Преобразование плоскости общего положения в проецирующую методом замены плоскостей проекций

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 44 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.

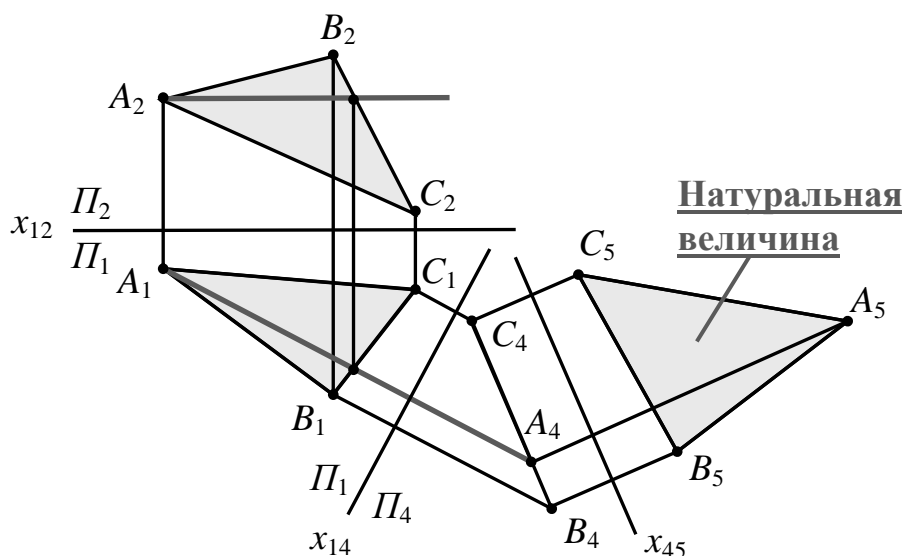
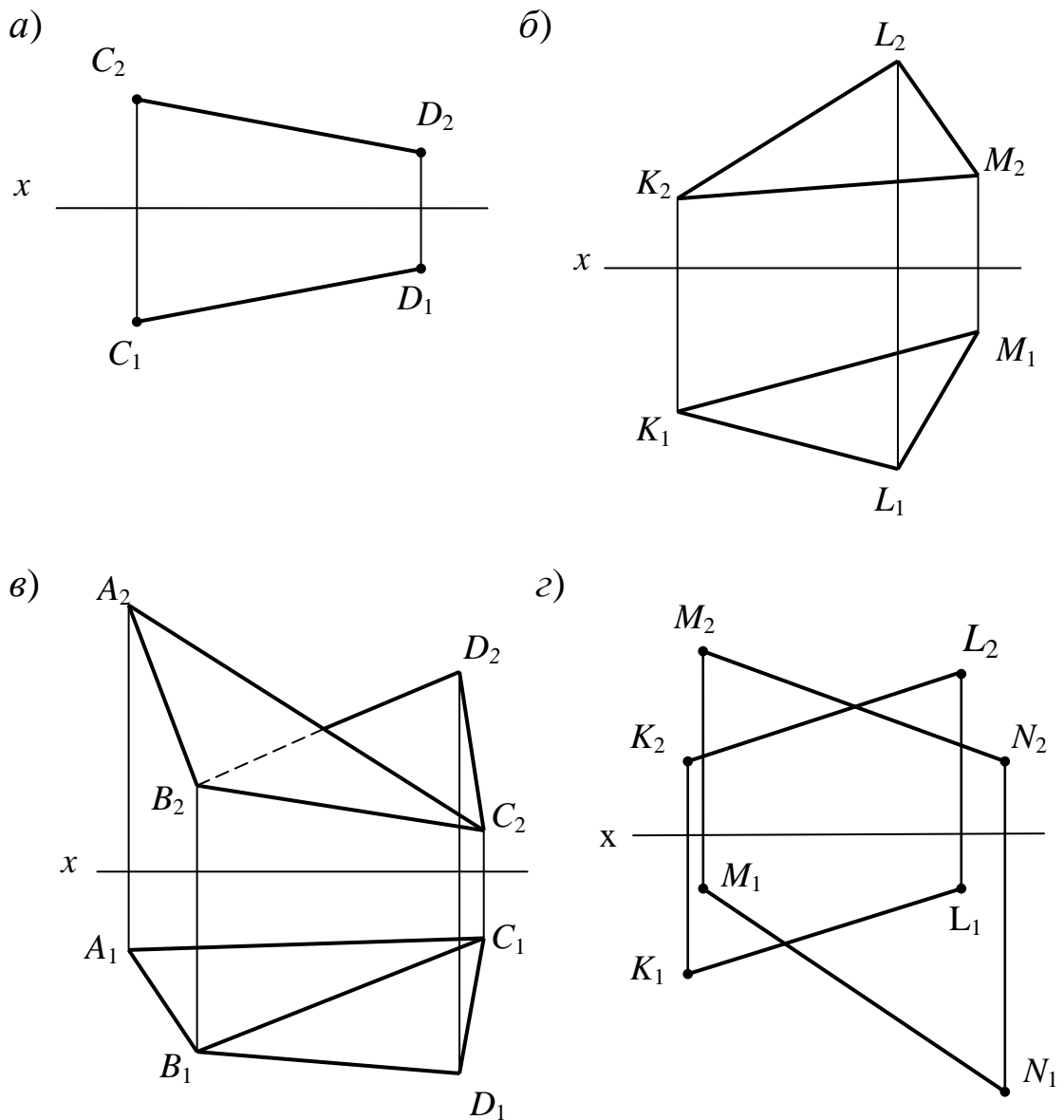


Рис. 44. Определение натуральной величины треугольника ABC методом замены плоскостей проекций

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.

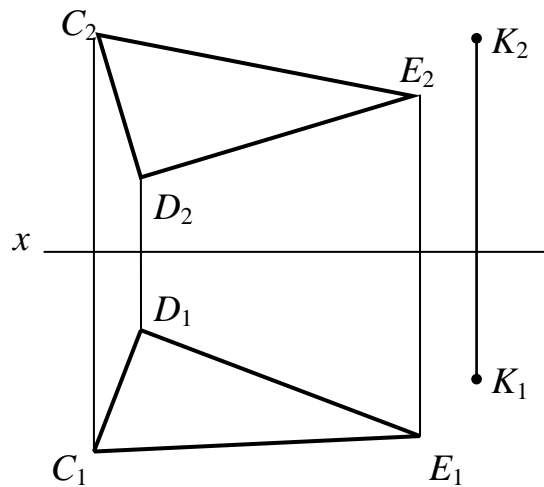


Самостоятельная работа:

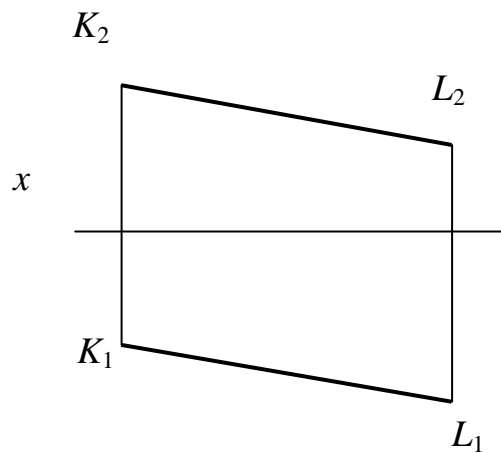
Дз3 «Метрические задачи» состоит из решения задач в тетради в клетку формата А4.

Задачи:

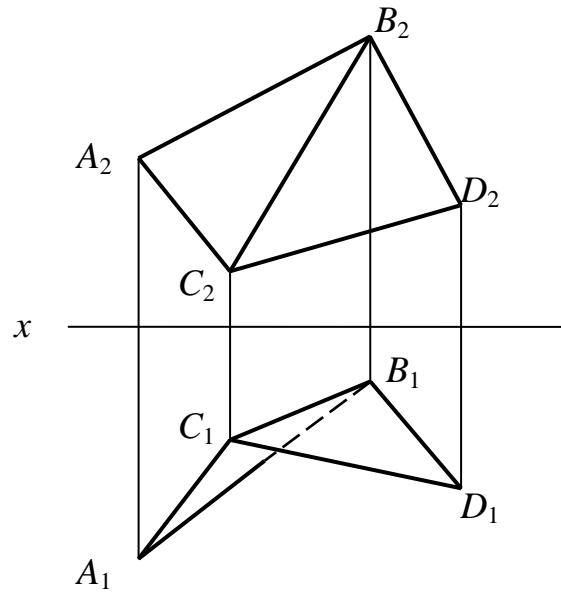
1. Определить расстояние от точки K до плоскости треугольника CDE .



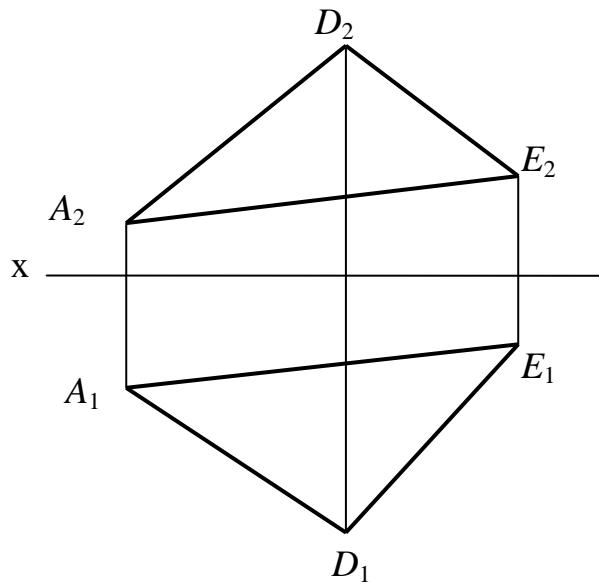
2. Методом вращения определить натуральную величину прямой KL и углы ее наклона к плоскостям проекций Π_1 и Π_2 .



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

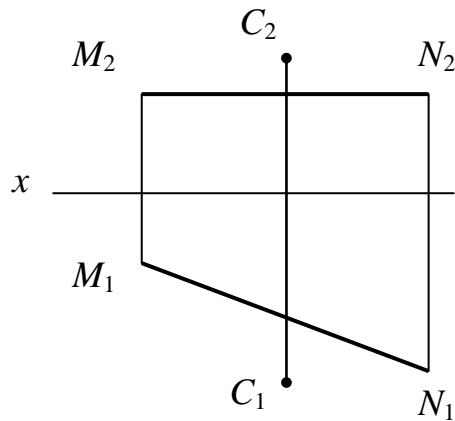


4. Методом преобразования чертежа путем изменения вида проецирования преобразовать плоскость треугольника ADE в проецирующую.

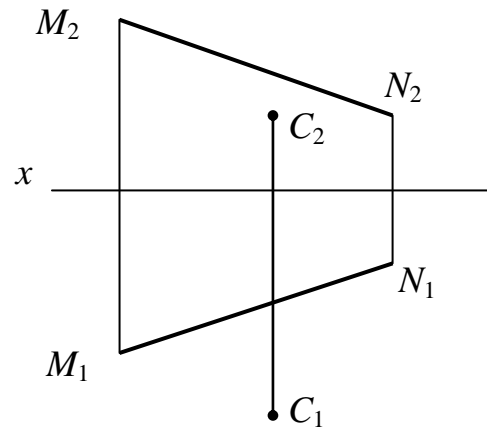


5. Определить расстояние от точки C до прямой MN .

а)

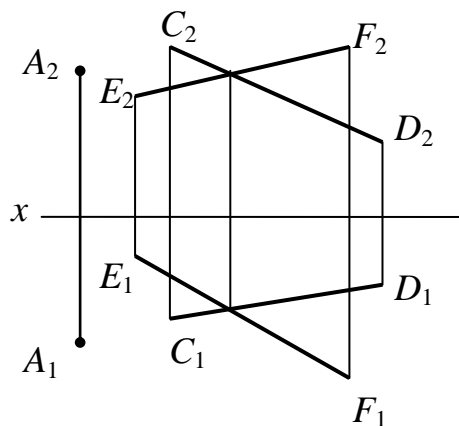


б)

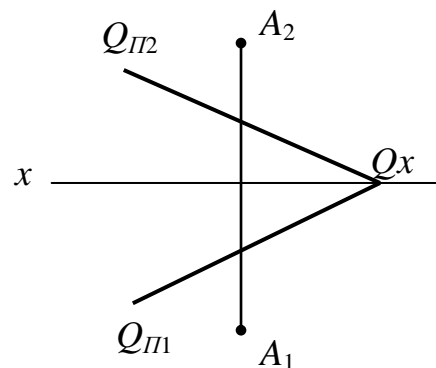


6. Определить расстояние от точки A до заданных плоскостей.

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 криволиней-

ными, 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 $i \perp P_1$. 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 пересекающей ее прямой – оси i (рис. 45, *а*).

Цилиндрическая поверхность вращения образуется вращением прямой l вокруг параллельной ей оси i (рис. 45, *б*). Эту поверхность называют еще цилиндром или прямым круговым цилиндром.

Сфера, образуется вращением окружности вокруг ее диаметра (рис. 45, *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. 46, *а*). Если ось вращения находится вне окружности, то такой тор называется открытым (рис. 46, *б*). Открытый тор называется еще кольцом.

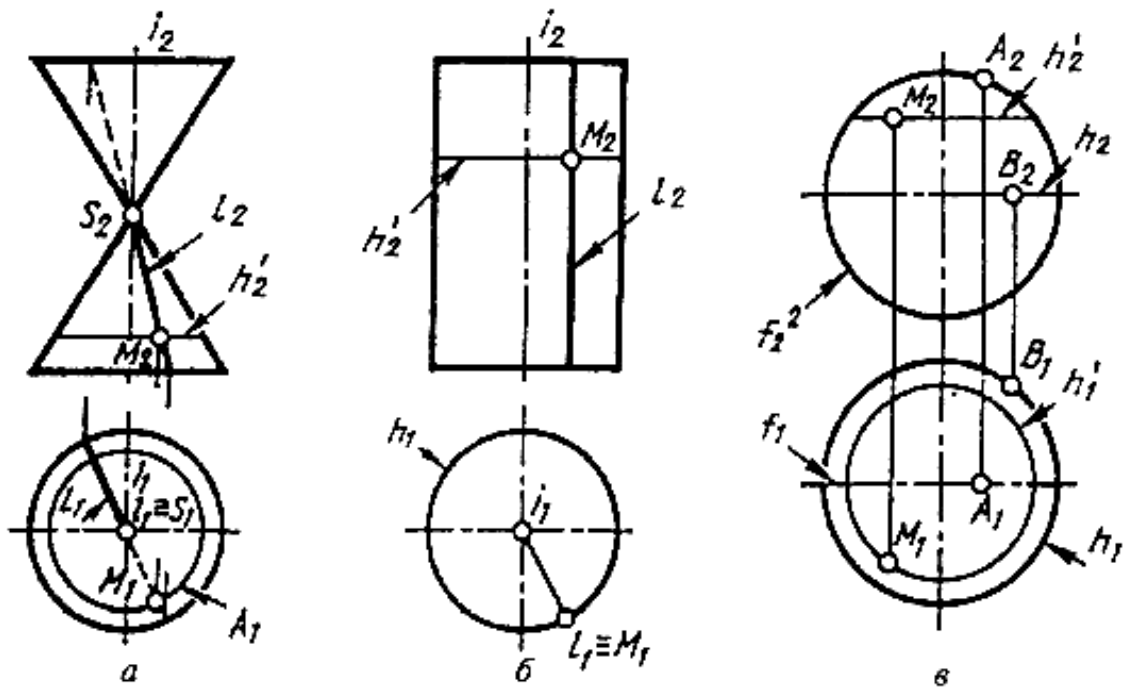


Рис. 45. Поверхности вращения

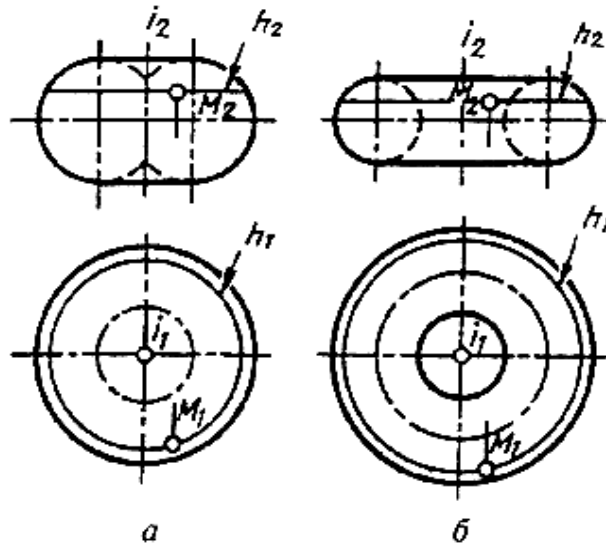


Рис. 46. Тор образуется вращением окружности или ее дуги вокруг оси

Поверхности вращения могут быть образованы и другими кривыми второго порядка. Эллипсоид вращения (рис. 47, а) образуется вращением эллипса вокруг одной из его осей; параболоид вращения (рис. 47, б) – вращением параболы вокруг ее оси; ги-

перболоид вращения однополостный (рис. 47, *в*) образуется вращением гиперболы вокруг мнимой оси, а двуполостный (рис. 47, *г*) – вращением гиперболы вокруг действительной оси.

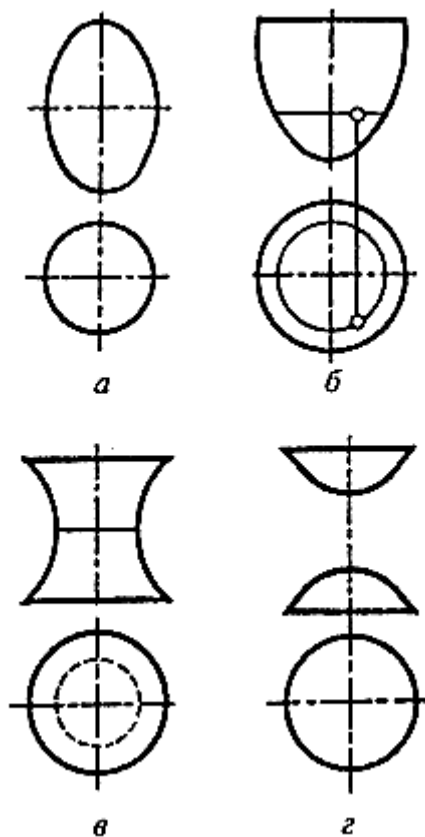


Рис. 47. Поверхности вращения, образованные кривыми второго порядка

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. 45, *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. 45, *а*), необходимо выполнить обрез по вершине и за пределами ее. Если плоскость обреза основания цилиндра будет перпендикулярна оси вращения

– конус будет прямой, если нет – наклонный. Если обе плоскости обреза не проходят через вершину – конус получим усеченным.

С помощью плоскости обреза можно получить призму и пирамиду. Например, шестигранная пирамида будет прямой, если все ее ребра имеют одинаковый наклон к плоскости обреза. В других случаях она будет наклонной. Если она выполнена с помощью плоскостей обреза и ни одна из них не проходит через вершину – пирамида усеченная.

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

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

Принадлежность прямой и точки поверхности

В общем случае линия может принадлежать поверхности или не принадлежать. ***Линия принадлежит поверхности, если все ее точки принадлежат этой поверхности*** (рис. 48, 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.

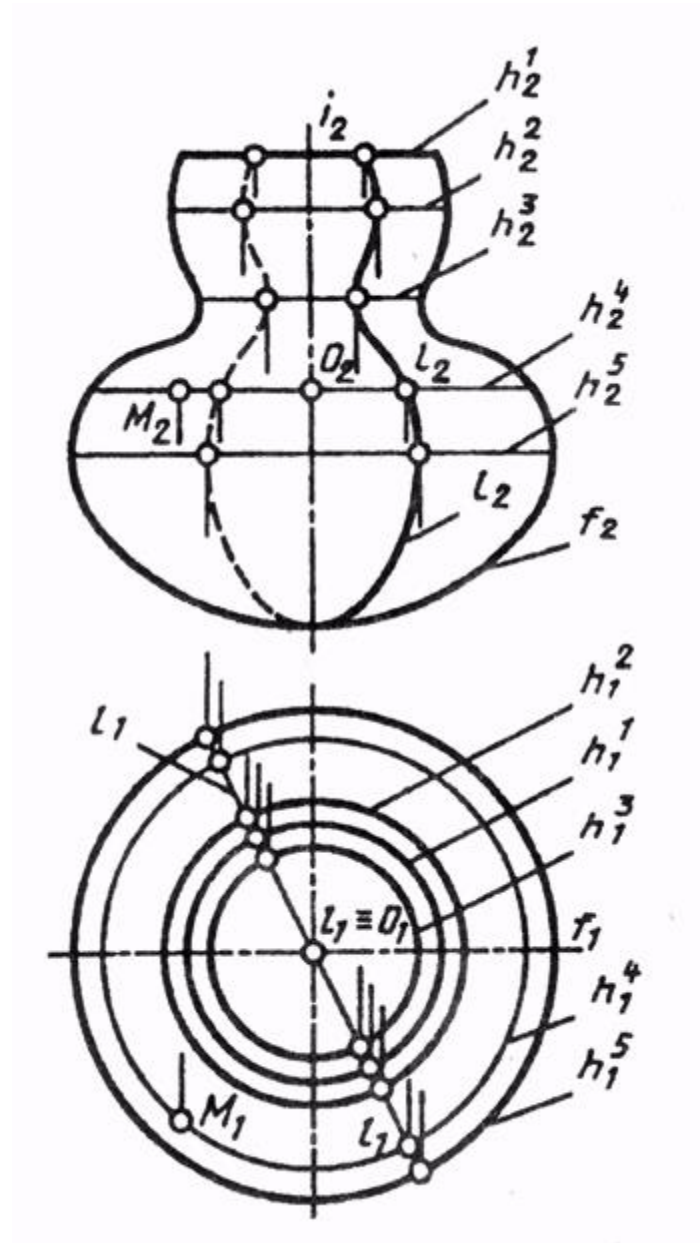


Рис. 48. Точки и линия l на поверхности вращения

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. 48 точка M построена на параллели h^4 .

Эту задачу можно рассмотреть на примере рис. 45, *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. 45, *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. 46).

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. 49, *а*).

Так как грань SAC относительно плоскости P_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. 49, *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 P_1 , перпендикулярную оси вращения поверхности, окружность и эллипс на поверхности цилиндра проецируются в окружность, совпадающую с проекцией всей поверхности.

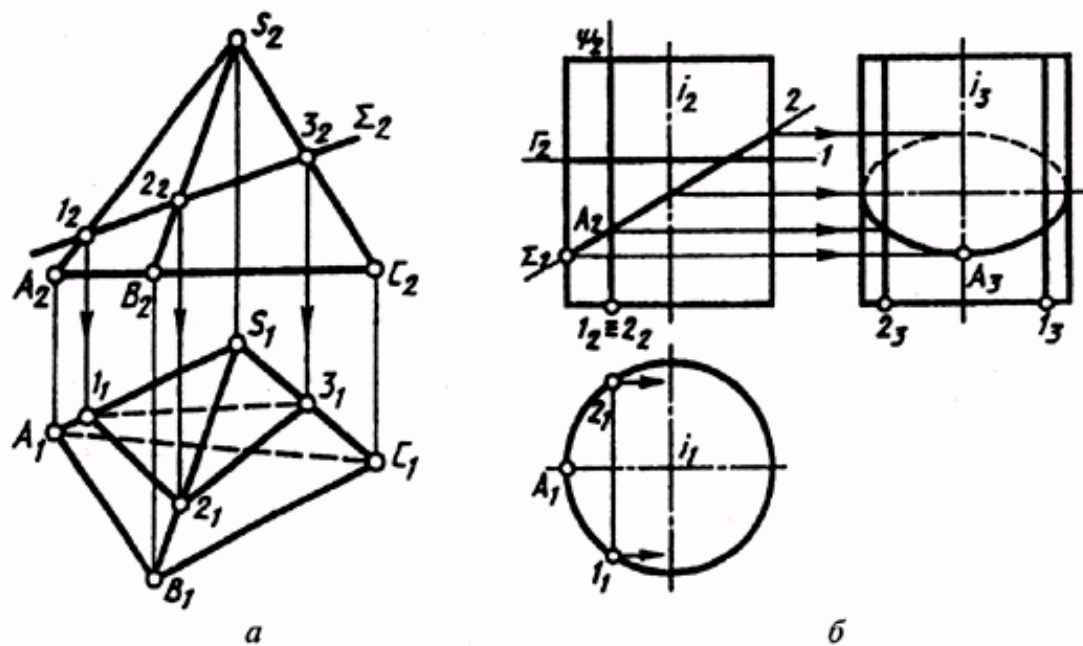


Рис. 49. Пересечение поверхностей плоскостью

Задача 3. Построить пересечение конической поверхности плоскостью.

Решение: при пересечении конической поверхности вращения плоскостью могут быть получены следующие линии (рис. 50, $a - d$):

- окружность, если секущая плоскость Γ перпендикулярна оси вращения (рис. 50, a);
- эллипс, если секущая плоскость Σ пересекает все образующие поверхности (рис. 50, b);
- парабола, если секущая плоскость (Σ^2) параллельна только одной образующей (S^1) поверхности (рис. 50, $в$);
- гипербола, если секущая плоскость (Σ^3) параллельна двум образующим (S^5 и S^6) поверхности (рис. 50, $г$);
- две образующие (прямые), если секущая плоскость (Σ^4) проходит через вершину S поверхности (рис. 50, d).

Проекции кривых линий сечений плоскостью конуса строятся по отдельным точкам (точки 2, 4 на рис. 50, $б$).

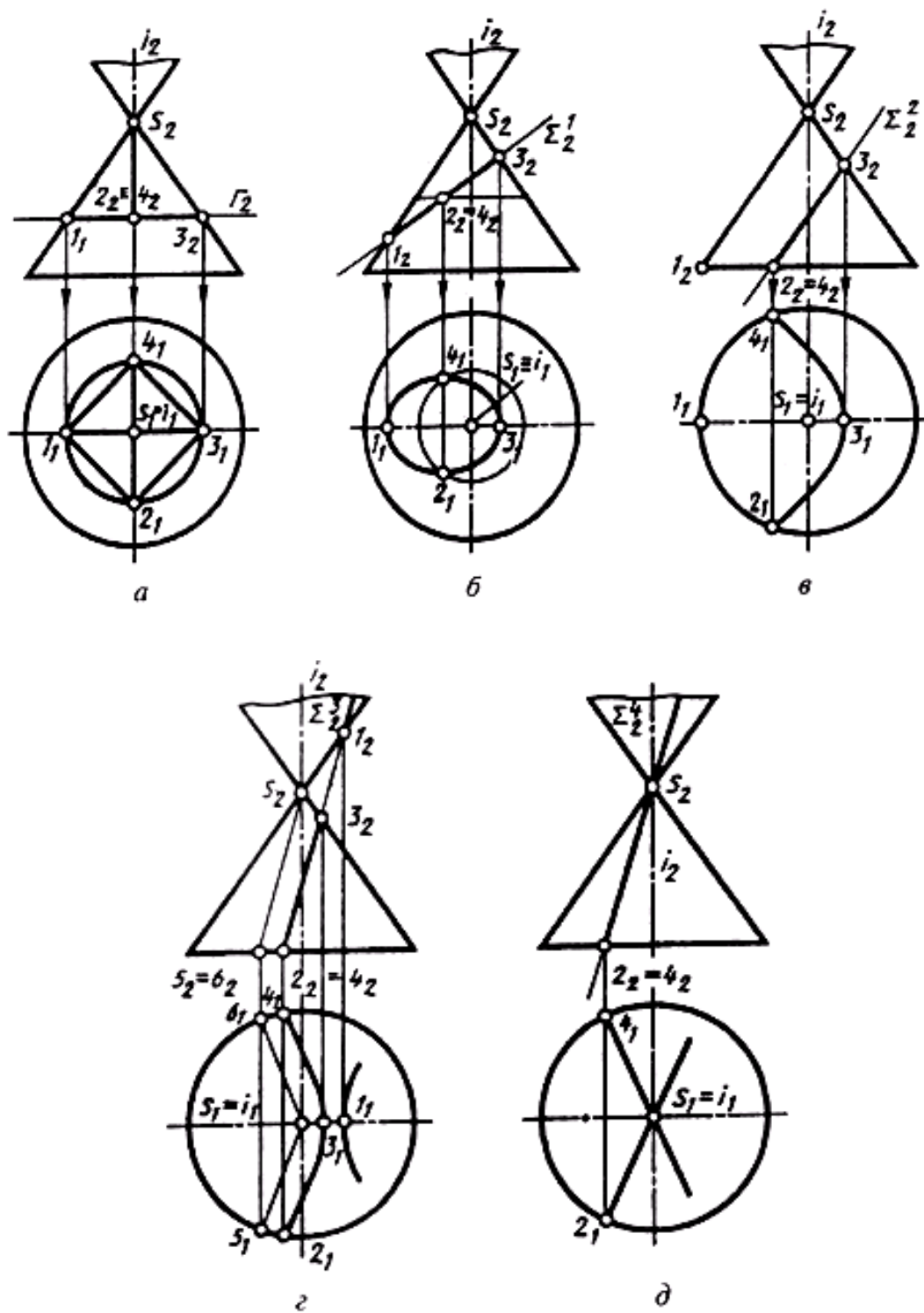


Рис. 50. Пересечение конической поверхности плоскостью

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. 51, *a*).

Если секущая плоскость занимает проецирующее положение, то на плоскости проекций, которой секущая плоскость перпендикулярна (рис. 51, *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.

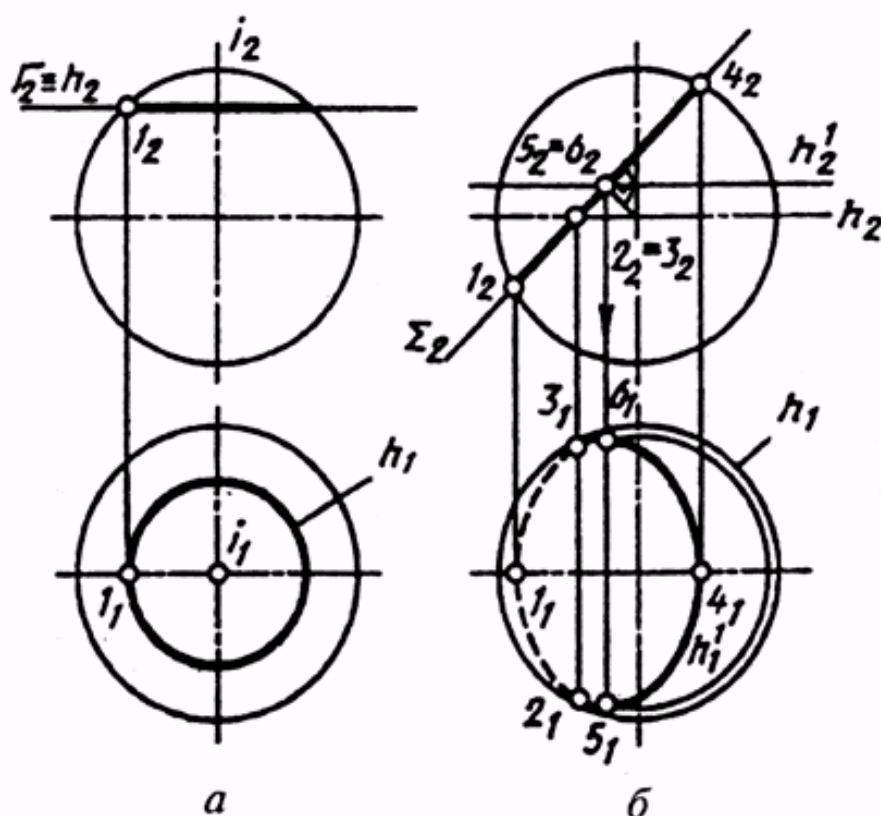


Рис. 51. Пересечение сферы плоскостью

Пересечение поверхностей плоскостями общего положения

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

Решение: для решения задачи (рис. 52) плоскость общего положения P (P_1P_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. 52), т. е. сначала строят горизонтальную проекцию фигуры сечения, а затем, используя признак принадлежности точки плоскости, строят фронтальную проекцию фигуры сечения сферы плоскостью общего положения.

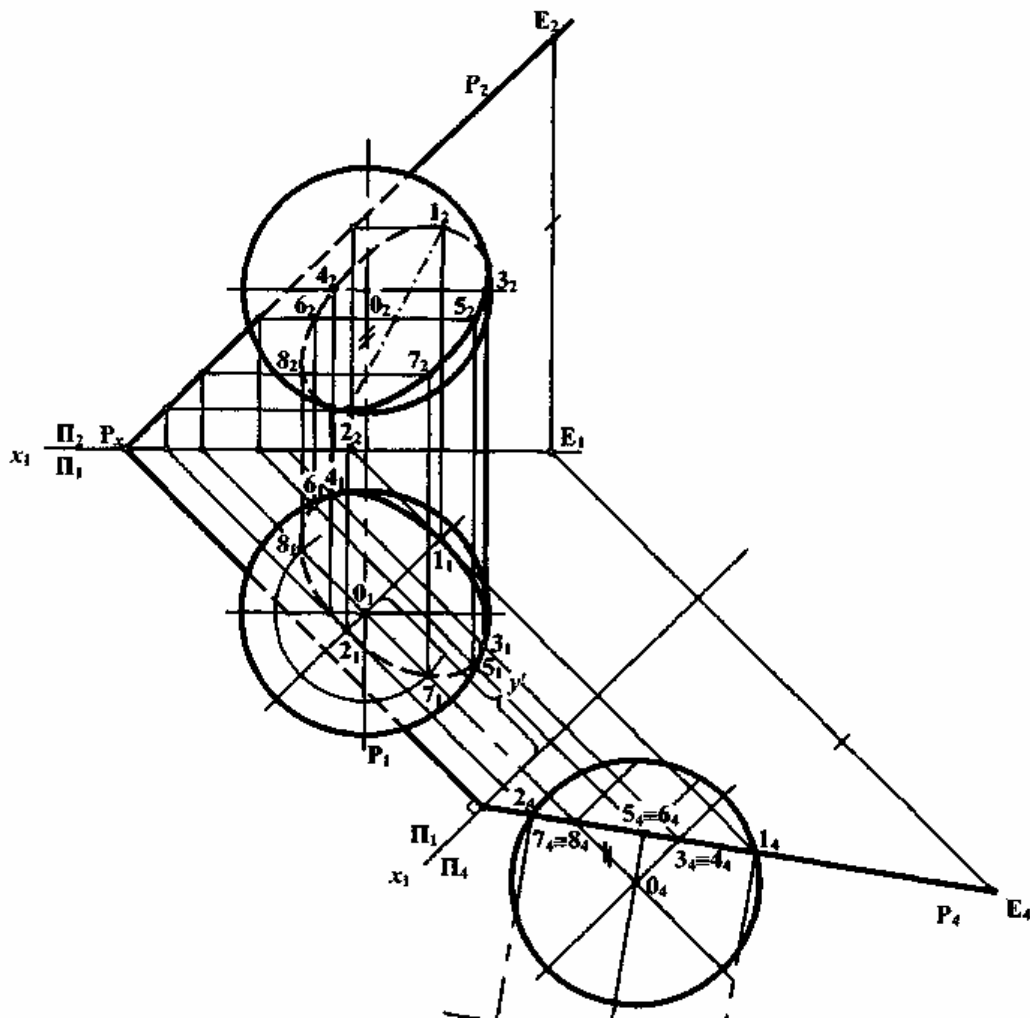


Рис. 52. Пересечение сферы плоскостью общего положения

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

Решение: на рисунке 53 изображены прямой круговой конус и секущая плоскость P общего положения. Ось конуса расположена перпендикулярно к плоскости Π_1 основание конуса лежит на плоскости Π_1 .

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

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

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

На фронтальную плоскость проекции Π_4 эллипс проецируется в отрезок A_4B_4 . Точки A и B являются низшей и высшей точками эллипса сечения плоскости с конической поверхностью, т. е. концами большой оси эллипса. A_4B_4 – натуральная величина большой оси эллипса. Малая ось эллипса перпендикулярна к большой оси и делит её пополам. Большая ось эллипса A_1B_1 параллельна плоскости проекций Π_4 , а малая ось перпендикулярна Π_4 и проецируется на неё в точку $1_4 \equiv 2_4$. 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.

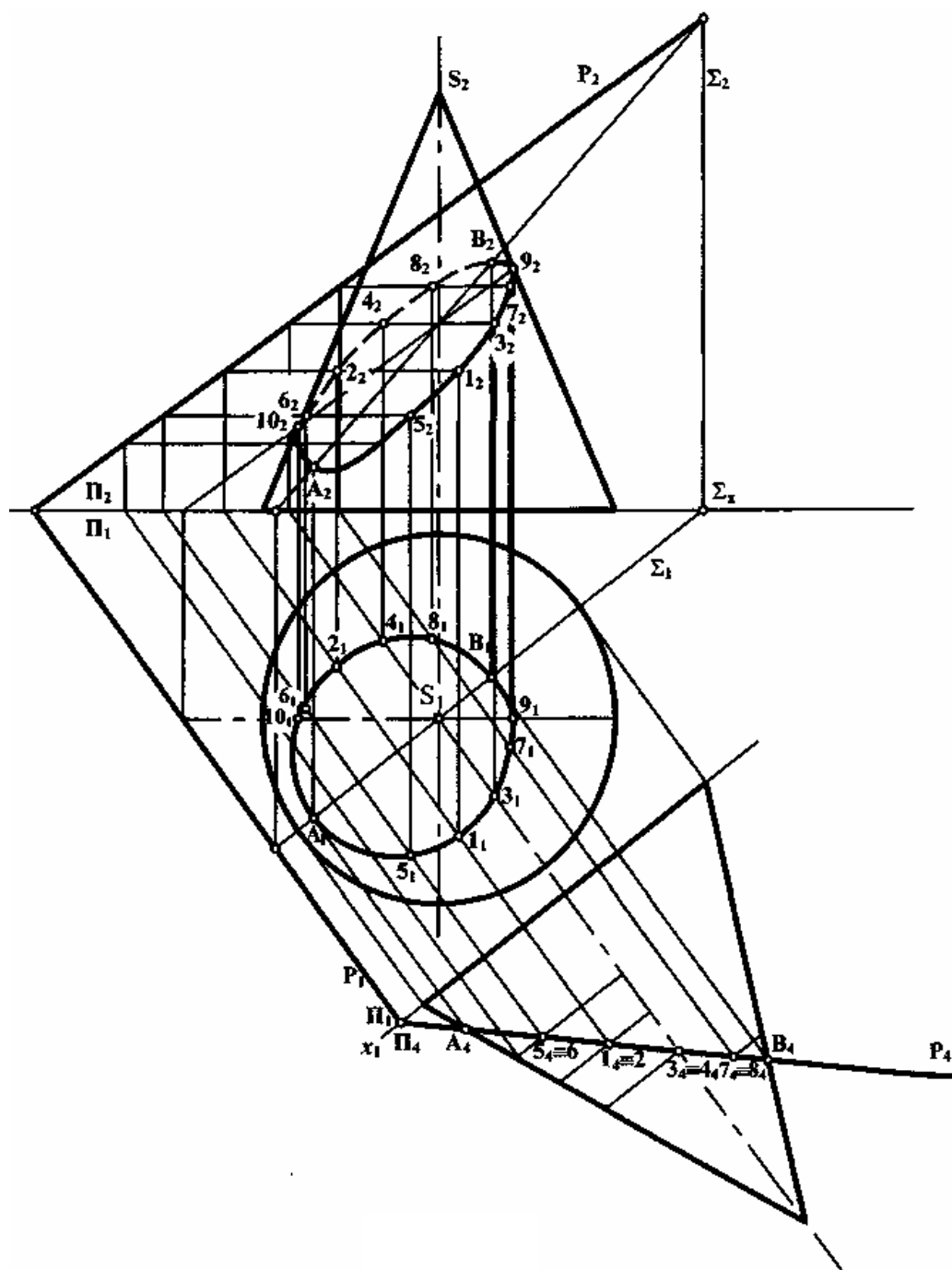


Рис. 53. Пересечение поверхности конуса
плоскостью общего положения

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. 54) 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 пересече-

ния прямой m с поверхностью цилиндра M_2 и N_2 находят с помощью линий проекционной связи, как это показано на рисунке 55.

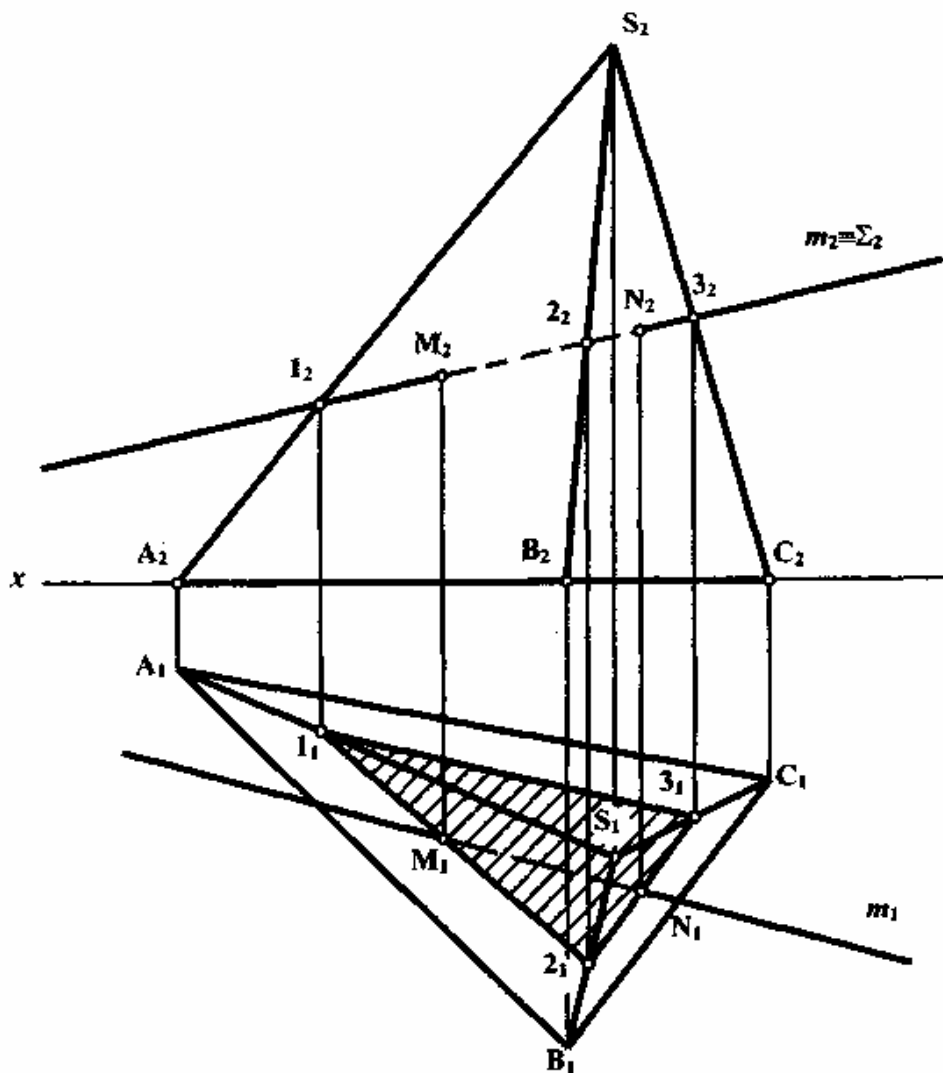


Рис. 54. Пересечение прямой m с пирамидой $SABC$

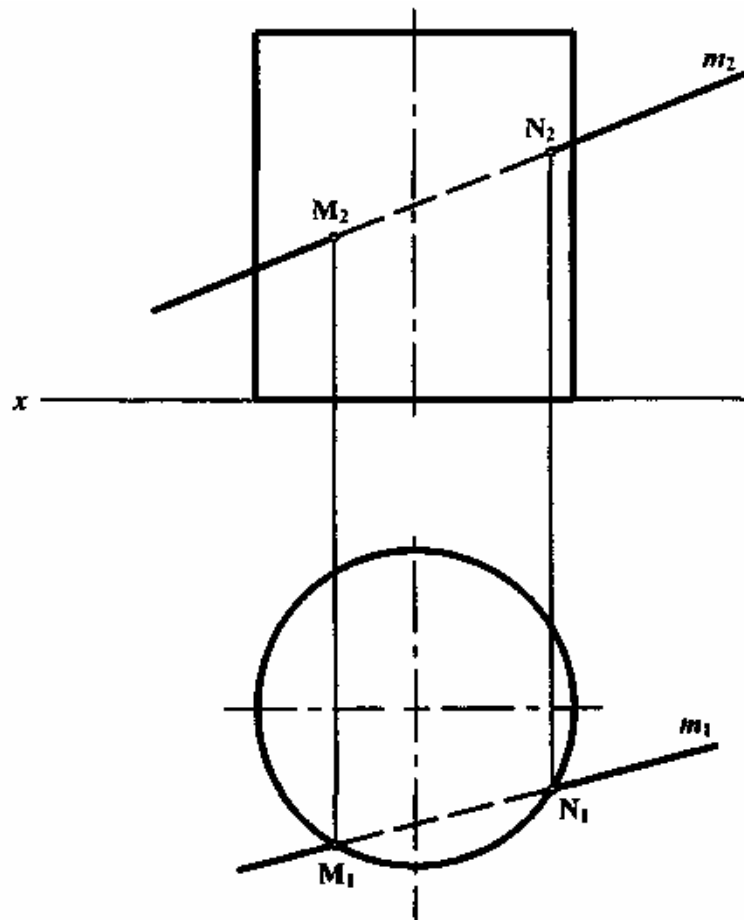


Рис. 55. Пересечение прямой m с прямым круговым конусом

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

Для определения горизонтального следа плоскости P находят горизонтальные следы прямых m и n . Следы отмечают точками, например, 1_1 и 2_1 , в которых горизонтальный след P_{Π} 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 .

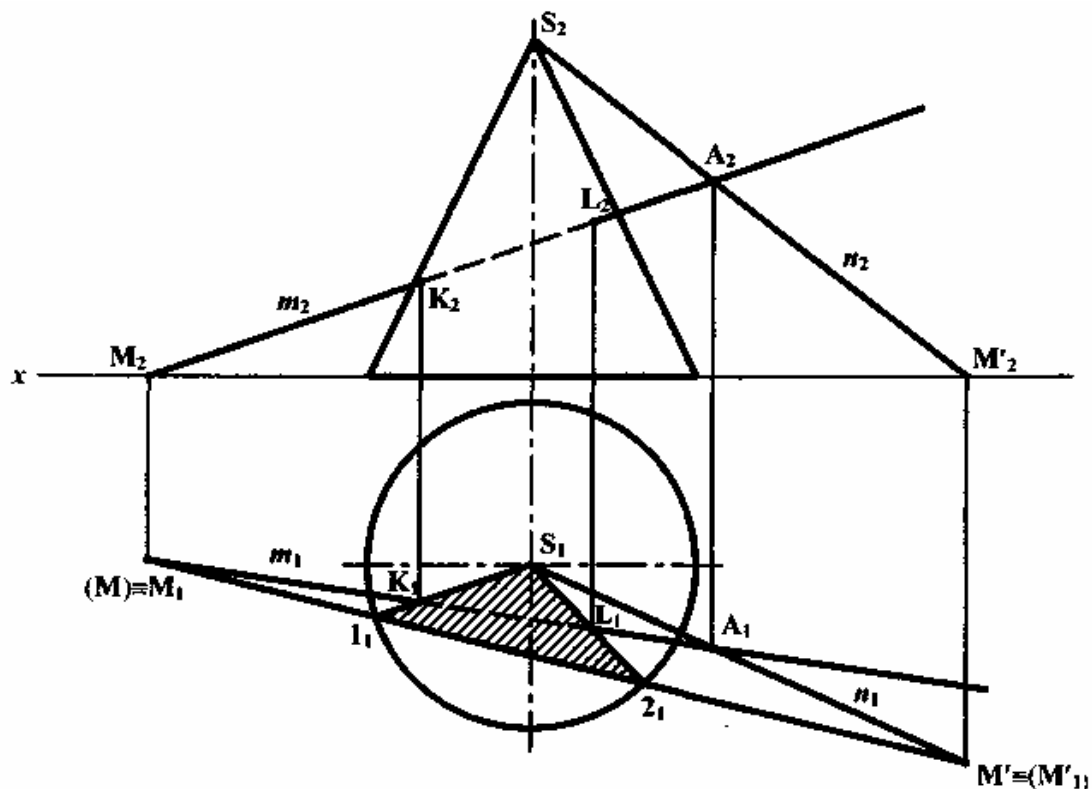


Рис. 56. Пересечение прямой m с прямым круговым конусом

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 с 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. 57).

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 по-

мощью вспомогательных сфер. При этом могут быть использованы концентрические и неконцентрические сферы.

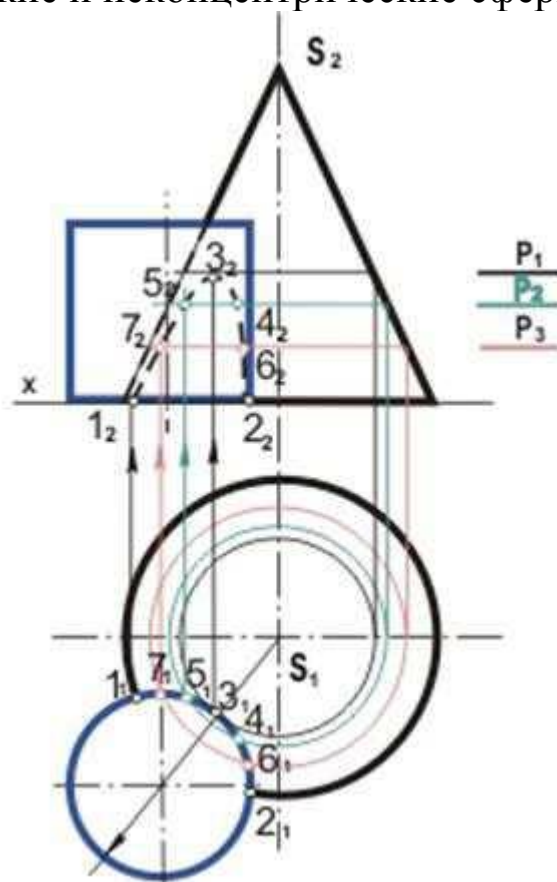


Рис. 57. Построение линии пересечения конуса и цилиндра с помощью вспомогательных секущих плоскостей

Задача 2. Построить линию пересечения двух конусов.

Рассмотрим применение *вспомогательных концентрических сфер* – сфер с постоянным центром (рис.58).

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).

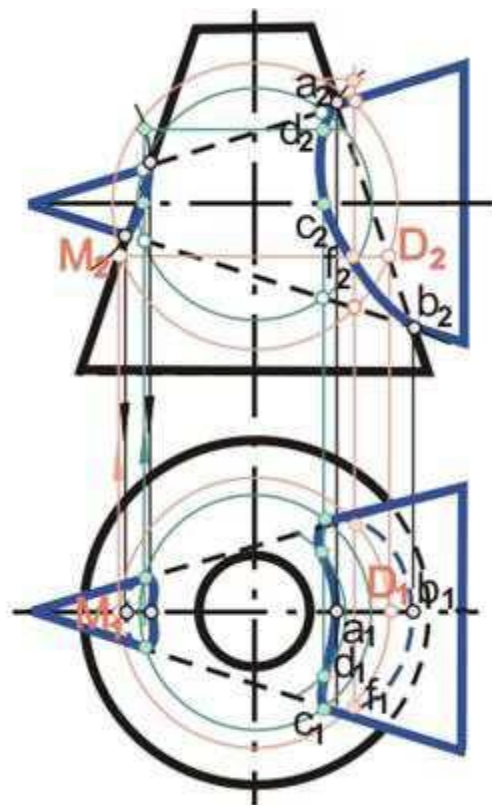


Рис. 58. Построение линии пересечения двух конусов с помощью концентрических сфер

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. 59).

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. Её 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.

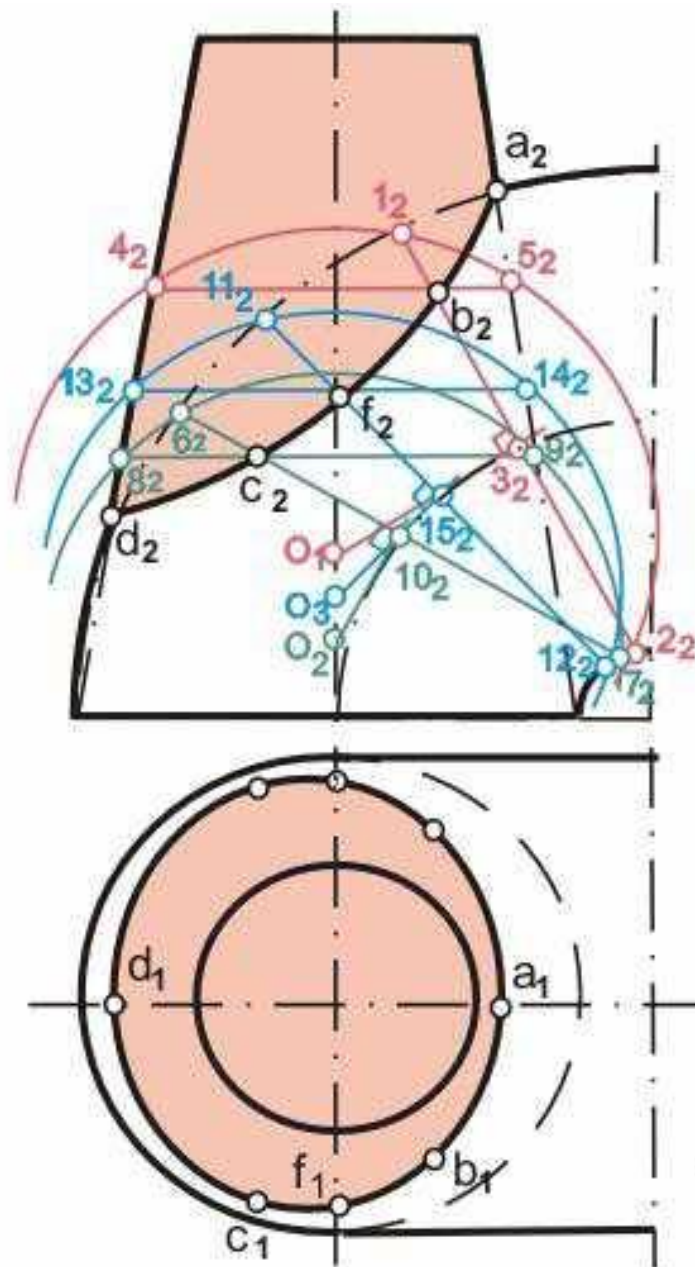
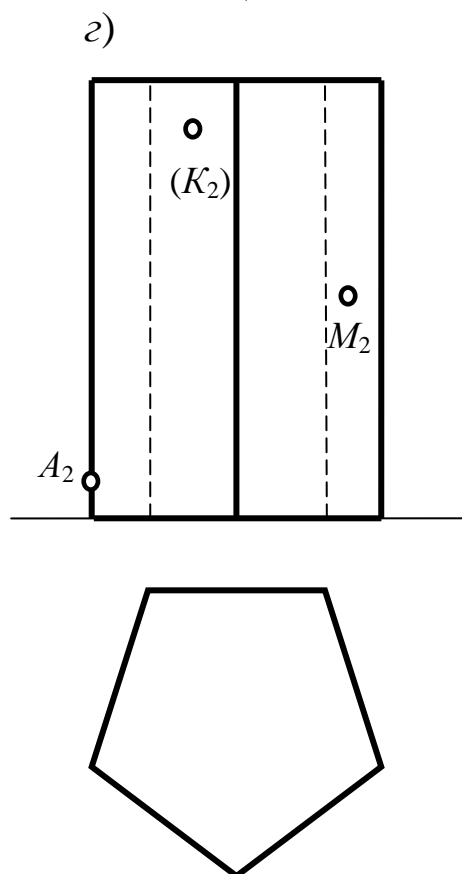
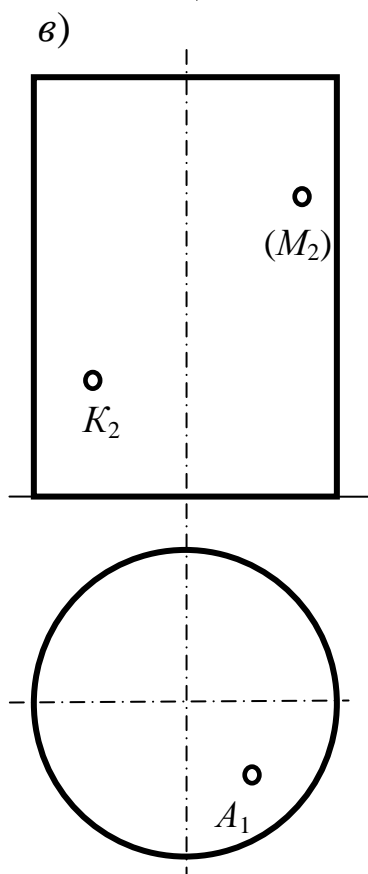
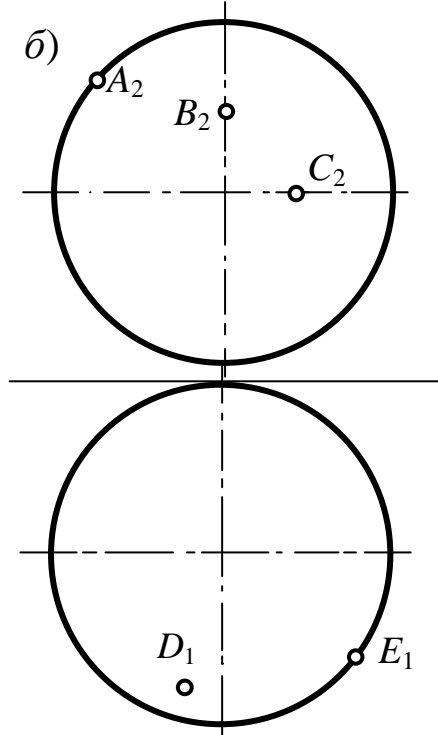
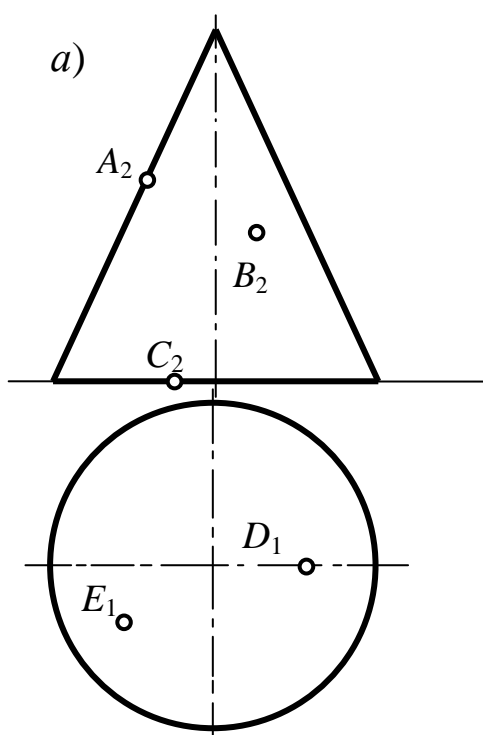


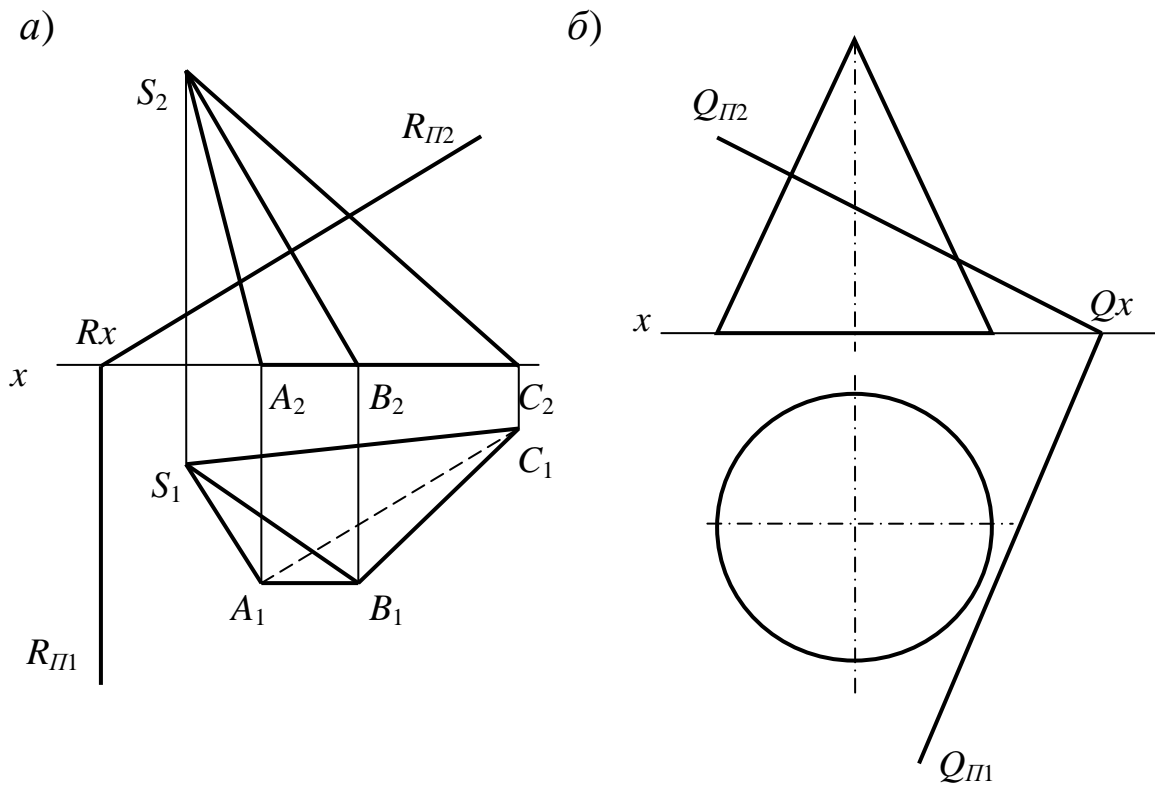
Рис. 59. Построение линии пересечения поверхностей конуса и тора с помощью эксцентрических сфер

Практическая часть:

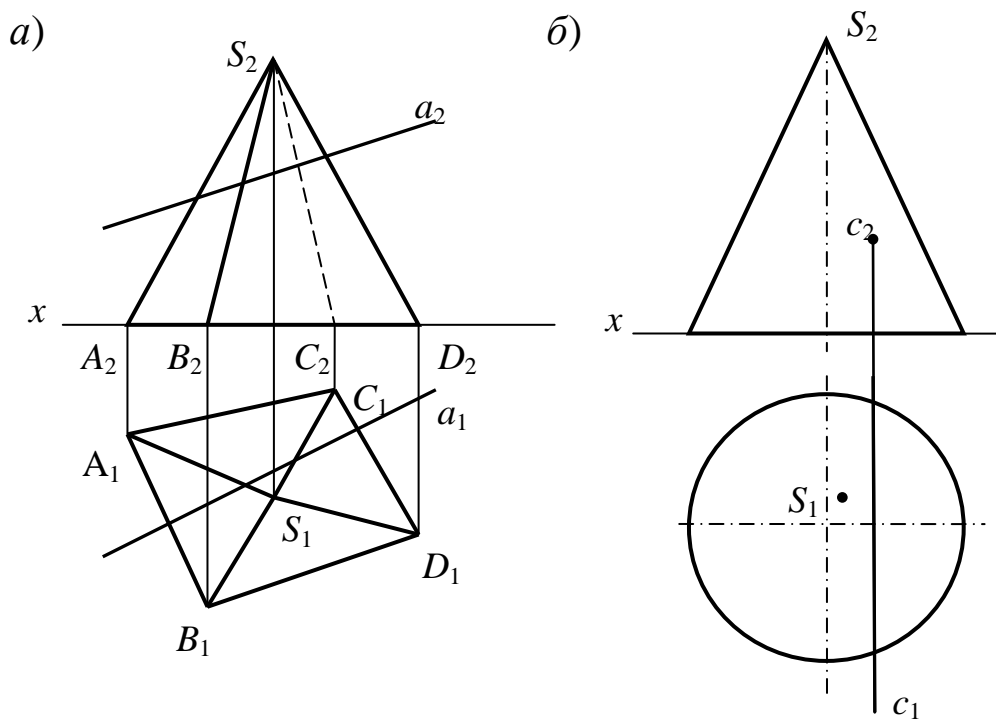
1. Достроить недостающие проекции точек на поверхностях.



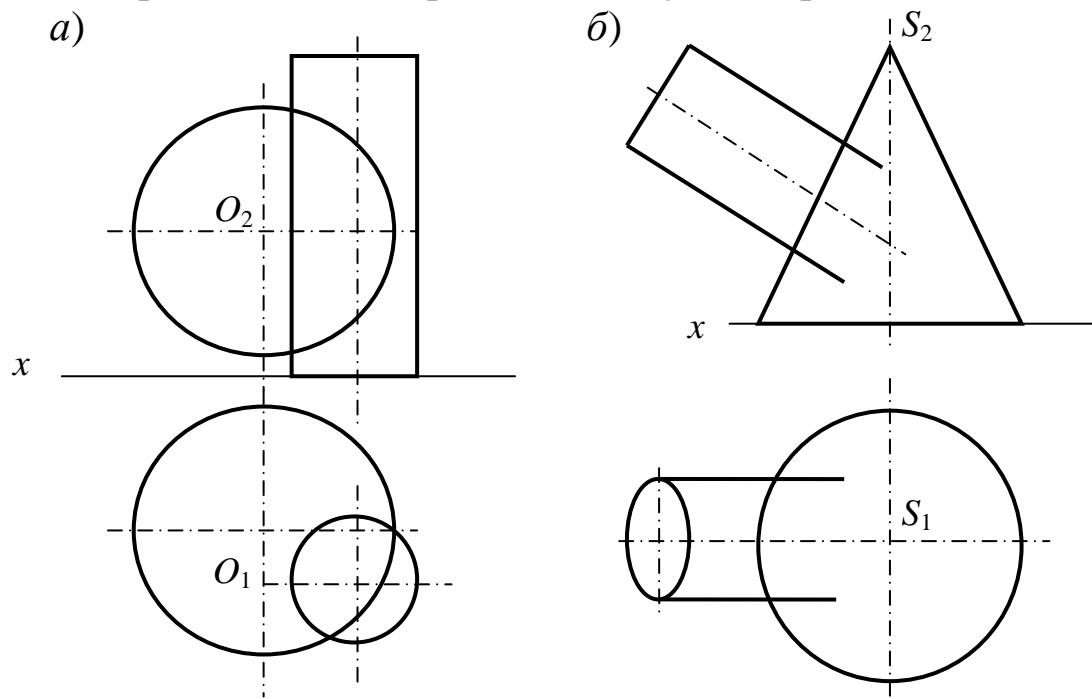
2. Построить сечение поверхности плоскостью *a*) плоскостью частного положения; *б*) плоскостью общего положения



3. Построить точки пересечения прямой с многогранником.



4. Построить линию пересечения двух поверхностей.

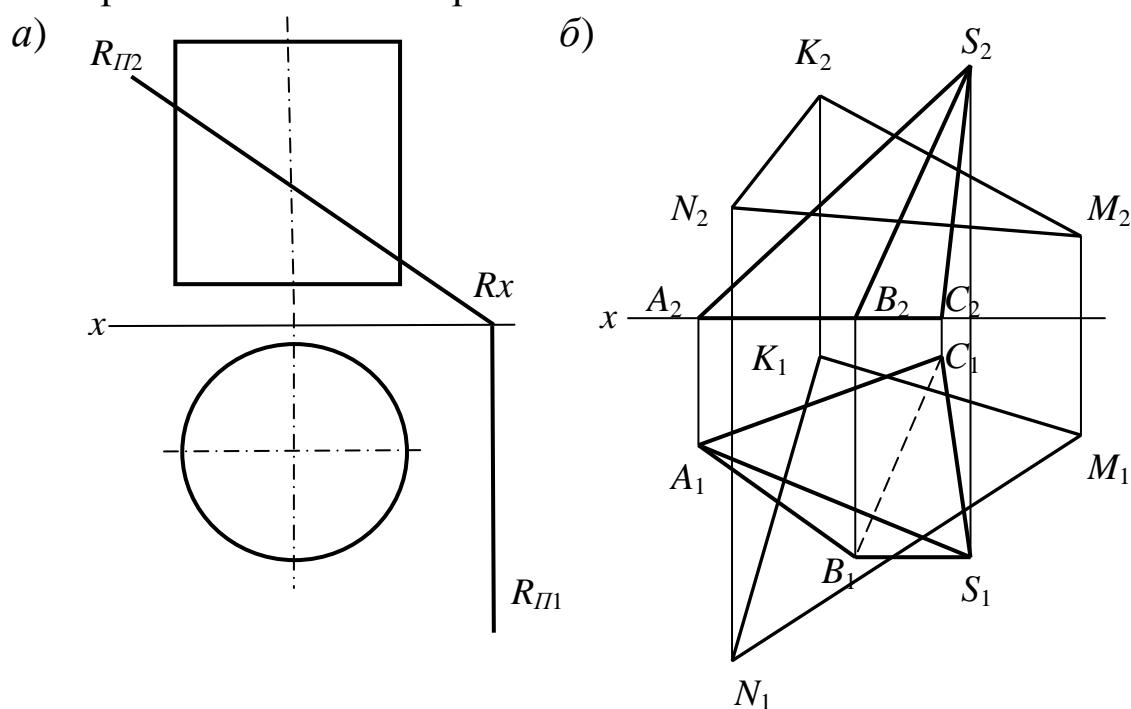


Самостоятельная работа:

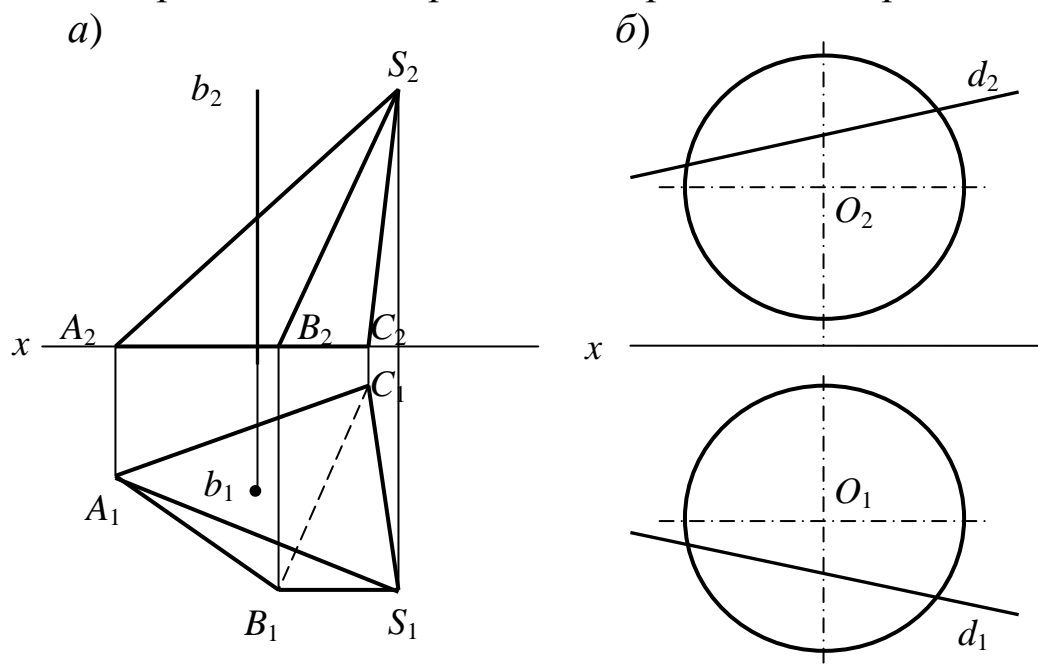
Дз4 «Эпюр» состоит из выполнения графической работы на листе формата А4 и решения задач в тетради в клетку формата А4.

Задачи:

1. Построить сечение поверхности плоскостью:



2. Построить точки пересечения прямой с поверхностью.



Пояснения и задание к выполнению графической работы «Эпюр»:

Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта, выданному преподавателем (табл. 9).

Порядок выполнения графической работы:

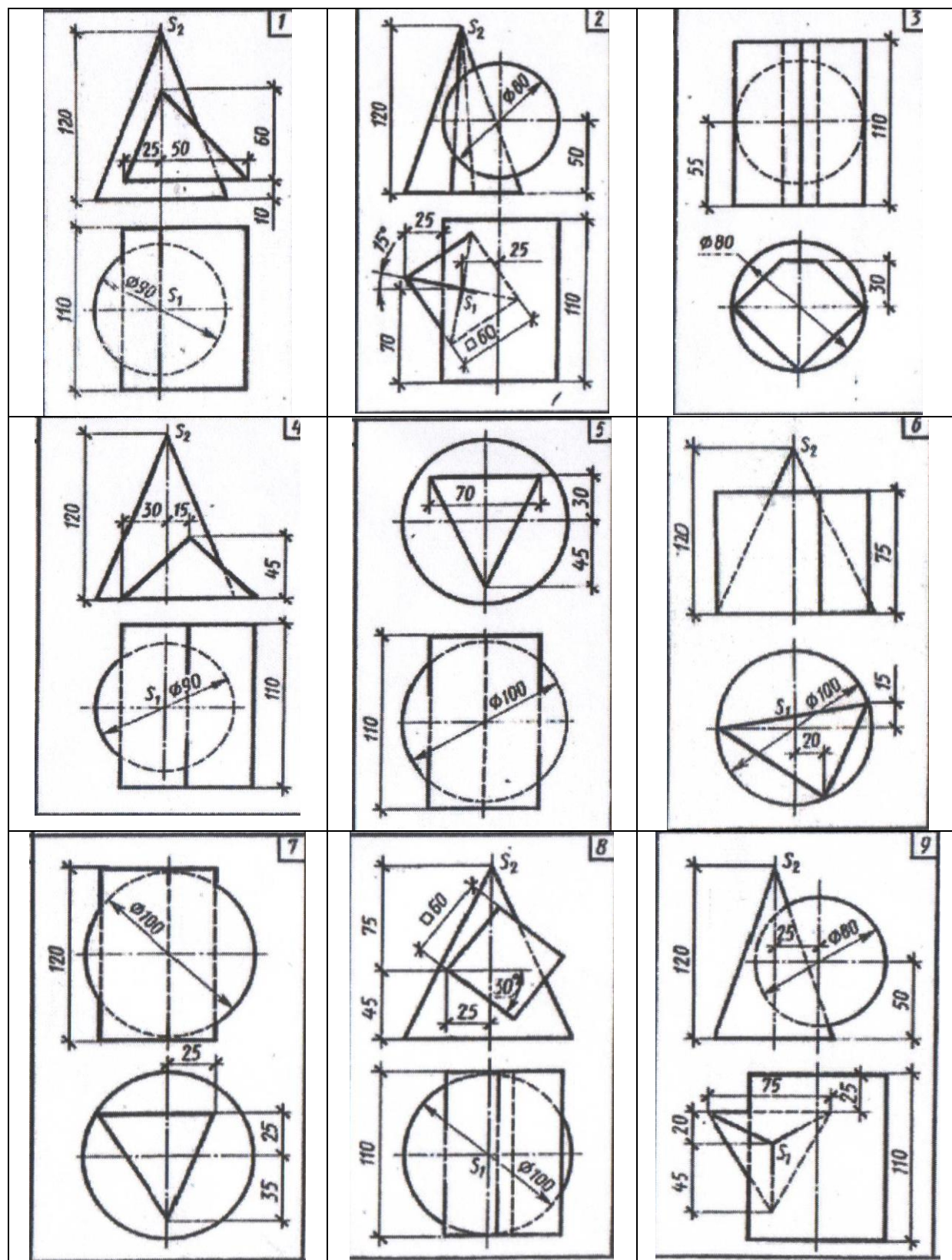
1. На листе формата А3 оформить рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104-68, форма 1;

2. Изучив теоретические положения построения линий пересечения поверхностей, выполнить построение линии пересечения двух поверхностей. Линии построения оставить на чертеже.

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

Пример графической работы представлен на рисунке 60.

Таблица 9 – Варианты задания



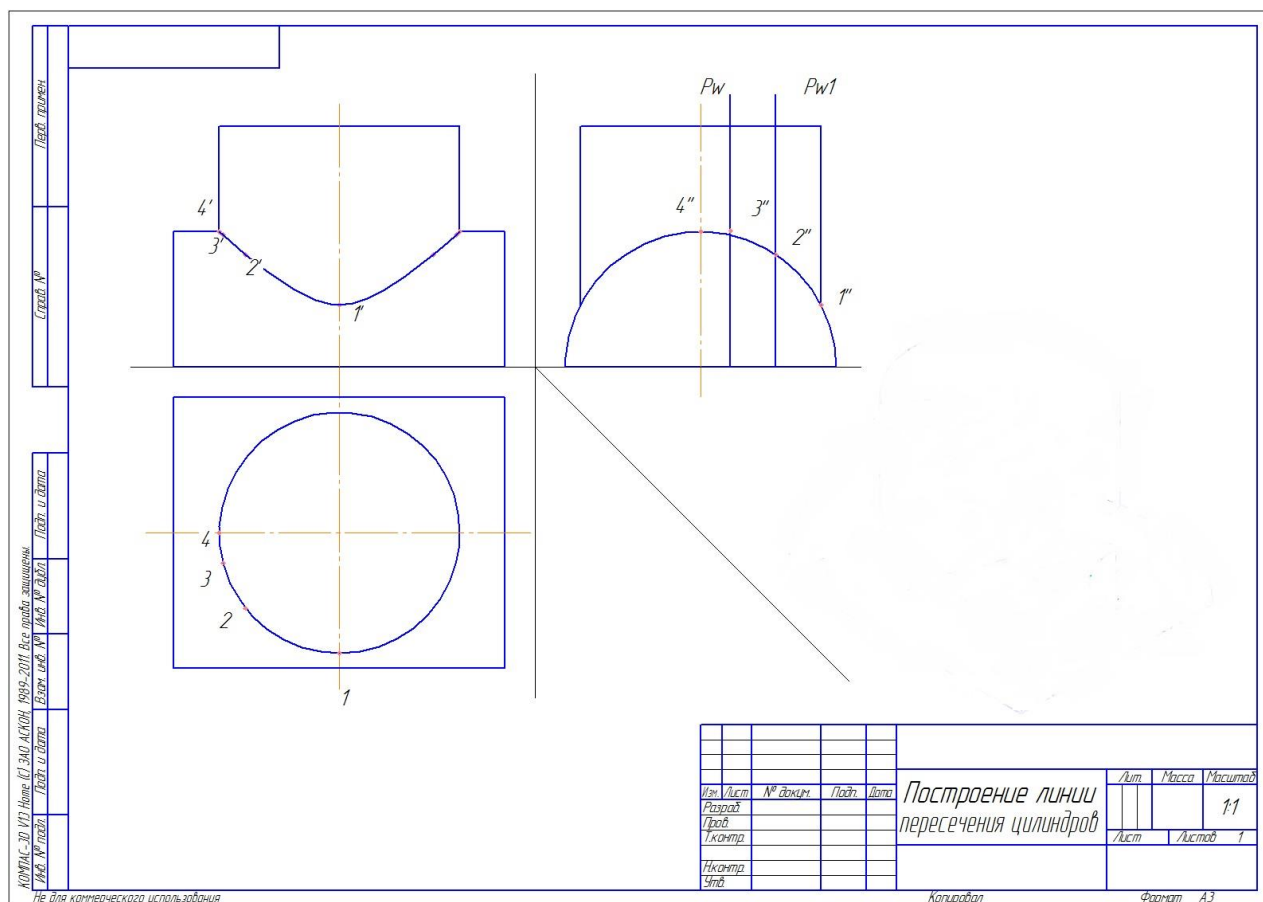


Рис. 60. Пример графической работы «Эпюрь»

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. *Axon* – 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 61.

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.

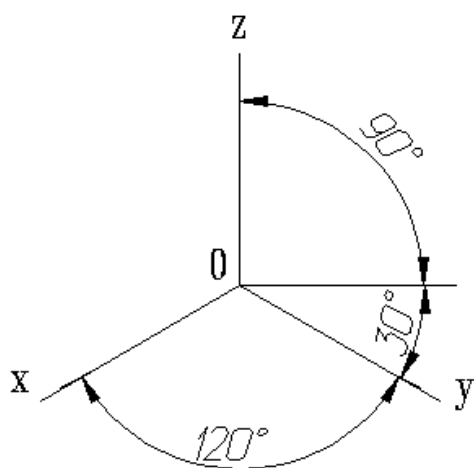
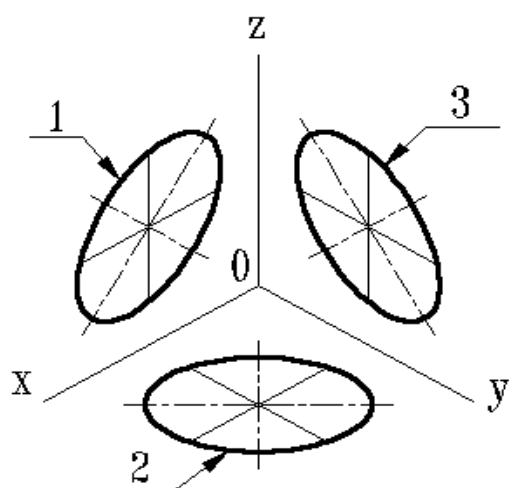


Рис. 61. Расположение аксонометрических осей прямоугольной изометрической проекции

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 62). 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. 62. Окружность в прямоугольной изометрии

Пример изометрической проекции детали представлен на рисунке 63.

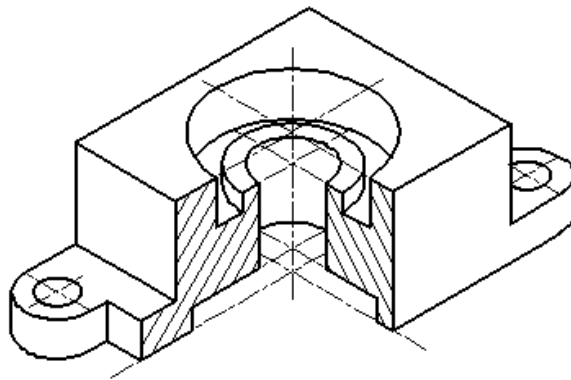


Рис. 63. Изометрическое изображение детали

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 .

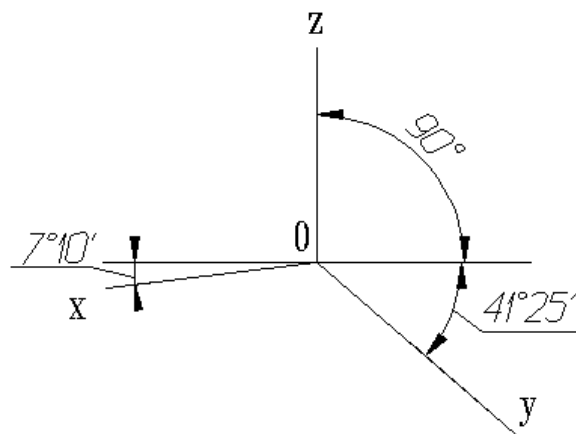


Рис. 64. Расположение аксонометрических осей прямоугольной диметрической проекции

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 65).

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.

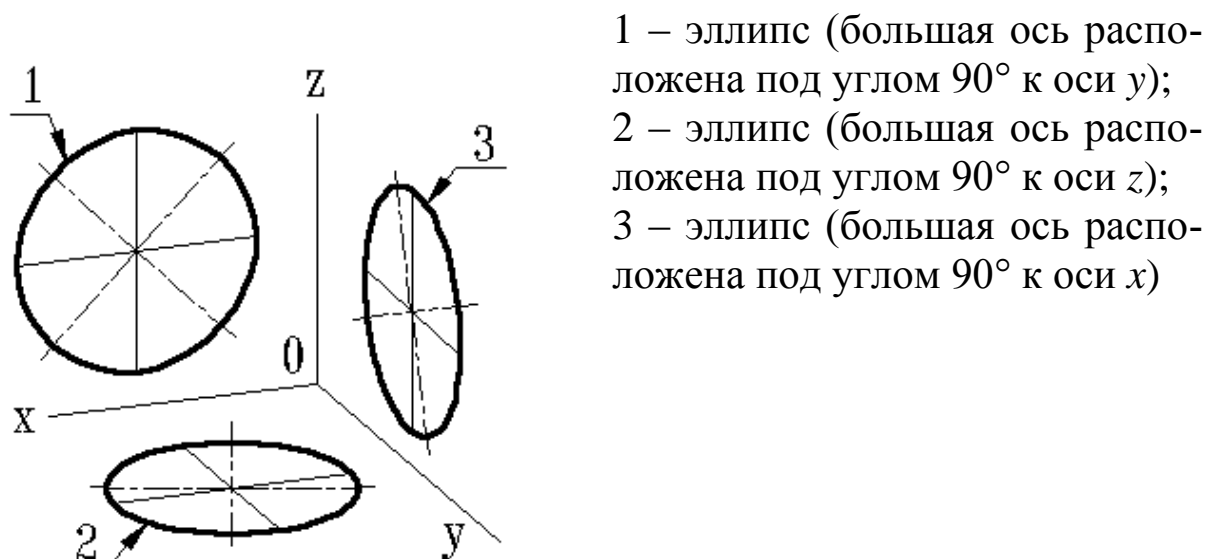


Рис. 65. Окружность в диметрии

Пример диметрической проекции детали приведен на рис. 66.

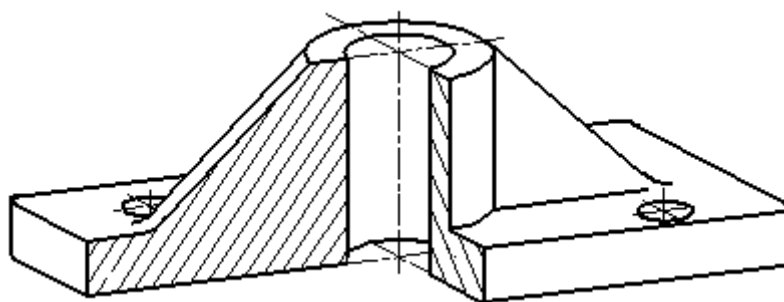


Рис. 66. Диметрическое изображение детали

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. 67).

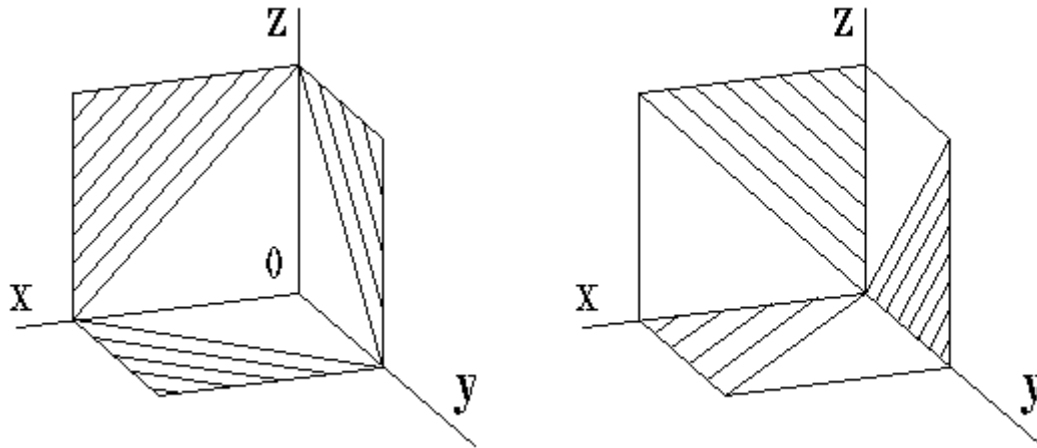


Рис. 67. Штриховка сечений в аксонометрических проекциях

При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии – параллельно измеряемому отрезку (рис. 68).

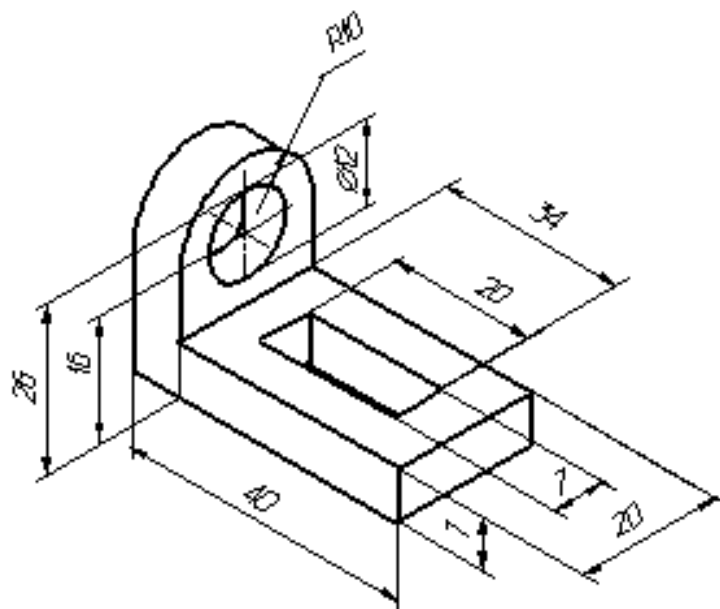
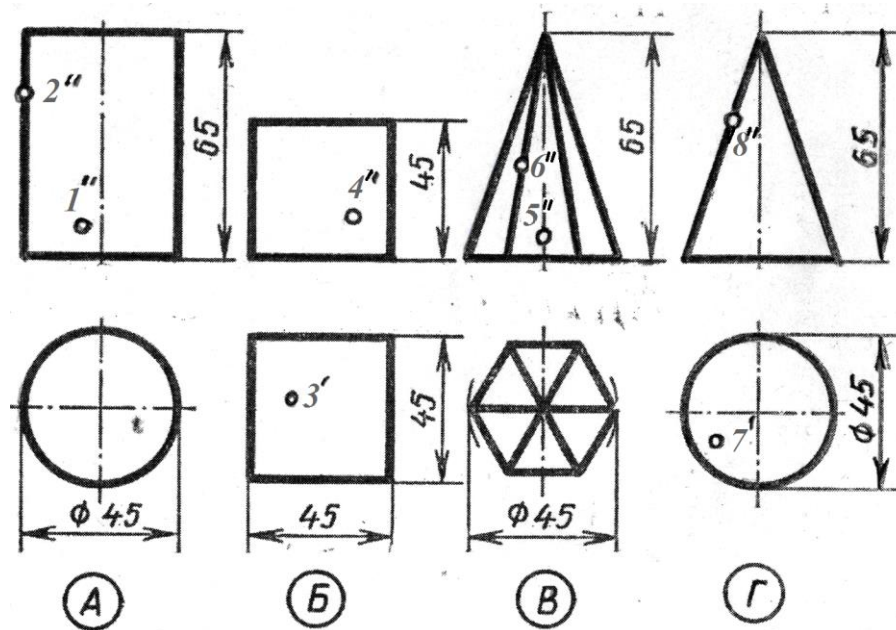


Рис. 68. Нанесение размеров на аксонометрических проекциях

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» состоит из решения задач, которое выполняется на листе формата А3.

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

Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта, выданному преподавателем (табл. 10).

Порядок выполнения графической работы:

1. На листе формата А3 оформить рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104-68, форма 1.

2. Изучив теоретические положения построения аксонометрических проекций, выполнить построение прямоугольной изометрии геометрических поверхностей и найти заданные точки на них. Линии построения оставить на чертеже.

3. Оформить чертеж согласно ГОСТ 2.303-68 (линии).
Пример графической работы представлен на рисунке 69.

Таблица 10 – Варианты задания

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

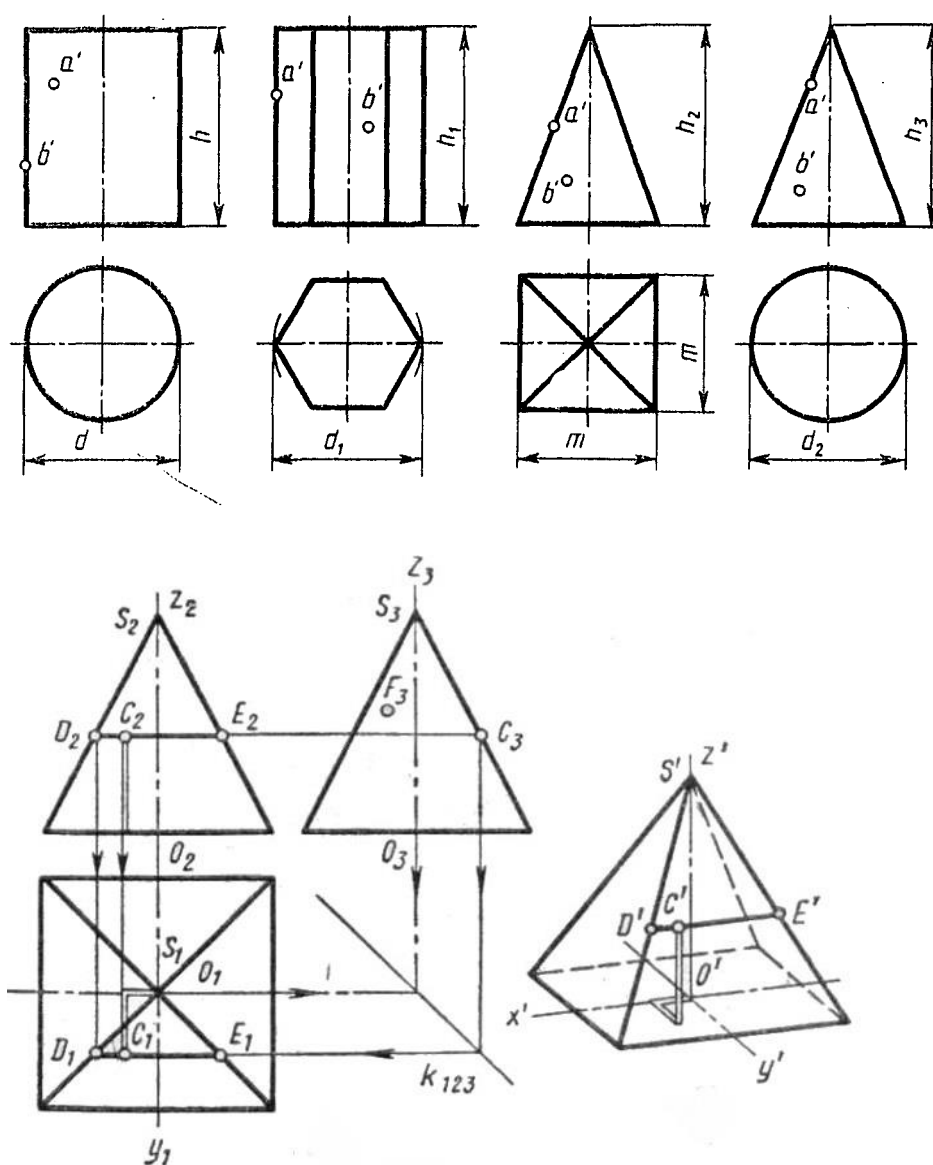


Рис. 69. Пример графической работы
«Построение аксонометрической проекции»

Вопросы для самоконтроля

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

2 семестр

Раздел 6. Изображения: виды, разрезы, сечения

Назначение технического рисунка. Отличие его от аксонометрических изображений. Технические рисунки моделей. Придание рисунку рельефности (штриховкой, шраффировкой). Элементы технического конструирования в конструкции и рисунке детали. Основные, дополнительные и местные виды. Простые разрезы. Сложные разрезы. Сечения

Лабораторное занятие:

Теоретические положения

Технический рисунок – наглядное изображение, обладающее основными свойствами аксонометрических проекций или перспективного рисунка, выполненное без применения чертежных инструментов, в глазомерном масштабе, с соблюдением пропорций и возможным оттенением формы.

Технический рисунок предназначен для быстрого создания наглядного изображения детали или конструкции.

Технический рисунок в практике конструирования имеет большое значение, являясь первичной формой изображения. Наглядность изображения зависит от выбираемого вида аксонометрической проекции: прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, или фронтальная косоугольная (кабинетная) диметрия.

Выбирая вид аксонометрической проекции принимают во внимание геометрические фигуры детали или конструкции:

- когда в детали преимущественно окружности, параллельные горизонтальной плоскости проекций, то предпочтительнее прямоугольная изометрия (рис. 70);

- если дана деталь, у которой в центре квадратная форма, то при изображении ее в прямоугольной изометрии она не получает наглядного изображения. В этом случае, деталь следует изобразить в прямоугольной диметрии (рис. 71);

- если дана деталь цилиндрической формы, которая расположена так, что все окружности параллельны фронтальной плоскости проекций, то при изображении ее во фронтальной косоугольной (кабинетной) диметрии она получает наиболее наглядное изображение (рис. 72).

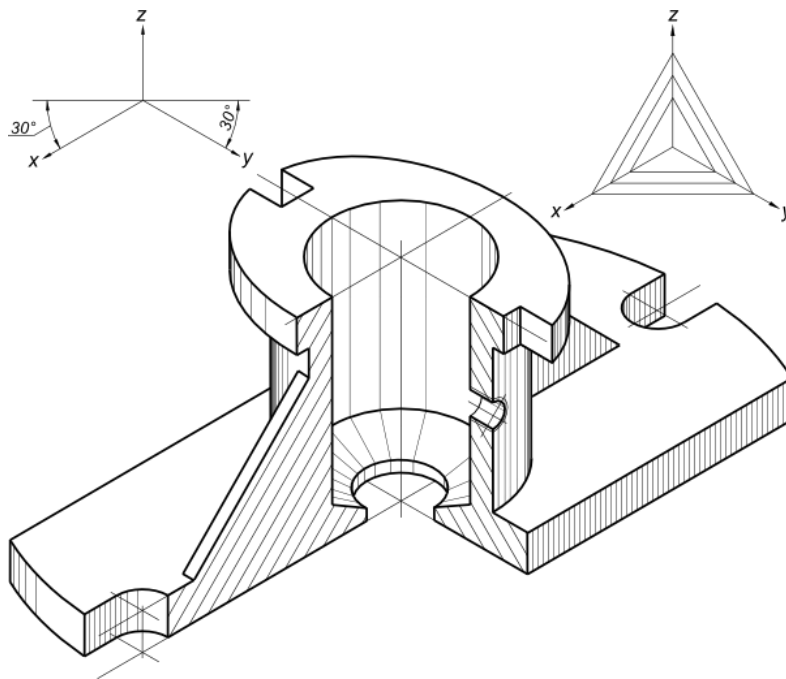


Рис. 70. Технический рисунок (прямоугольная изометрия)

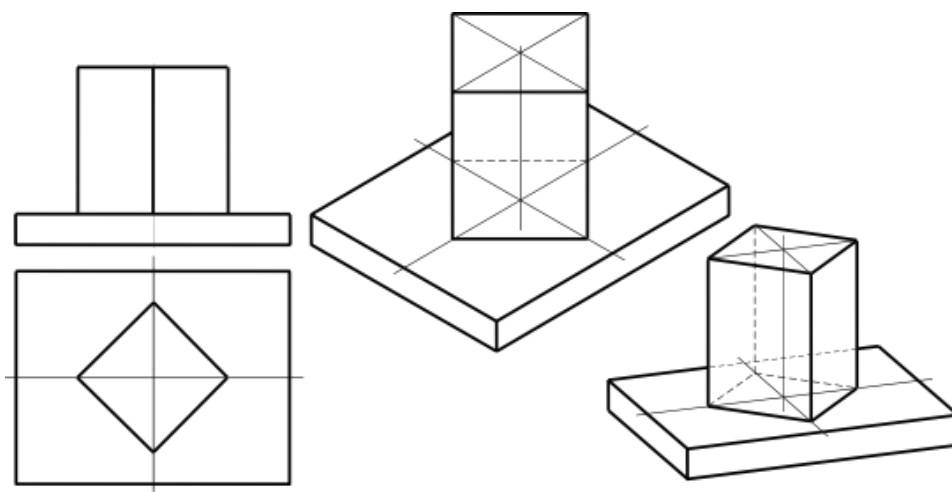


Рис. 71. Технический рисунок (прямоугольная диметрия)

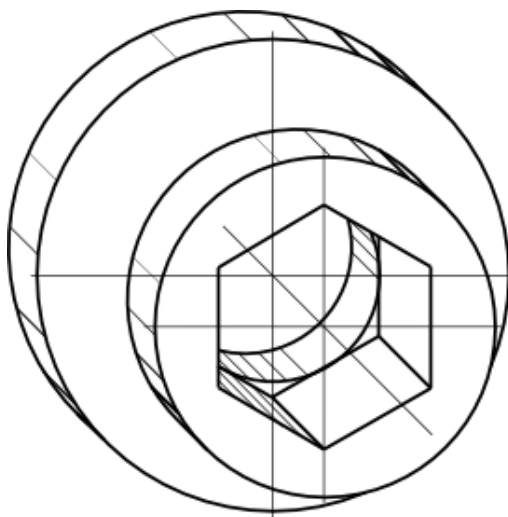


Рис. 72. Технический рисунок
(фронтальная косоугольная диметрия)

Технические рисунки служат для проверки правильности прочтения сложной формы, отображенной на чертеже.

Технические рисунки обязательно входят в комплект документации, подготавливаемой для передачи в зарубежные страны. Они используются в технических паспортах изделий.

Технический рисунок можно выполнять без выявления объема оттенением, с оттенением объема, а также с передачей цвета и материала изображаемого объекта (рис. 73).

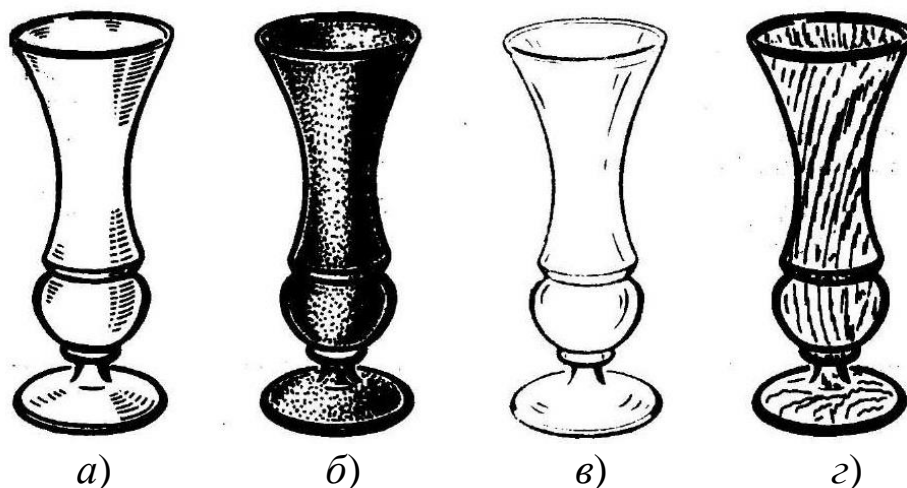


Рис. 73. Технические рисунки деталей, выполненных из металла
(а), камня (б), стекла (в), древесины (г)

На технических рисунках допускается выявлять объем предметов приемами шатировки (параллельными штрихами), шрафировки (штрихами, нанесенными в виде сетки) и точечным оттенением (рис. 74).

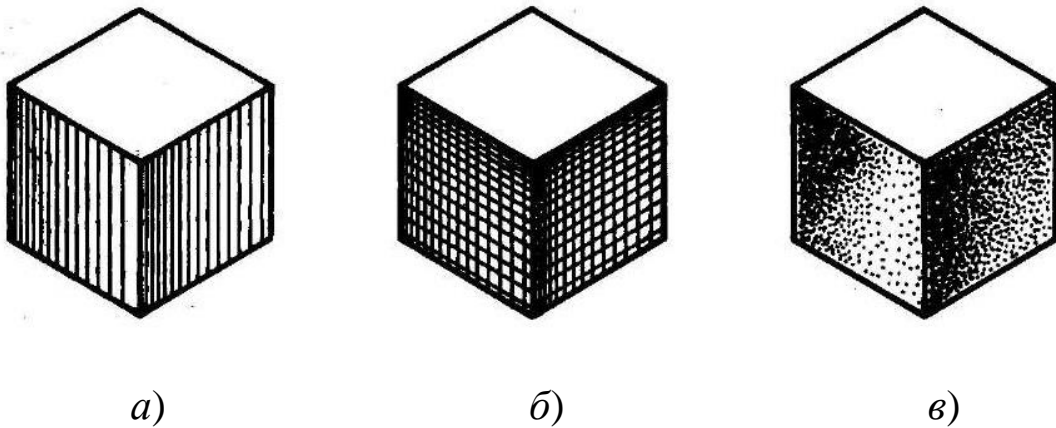


Рис. 74. Технические рисунки с выявлением объема шатировкой (а), шрафировкой (б) и точечным оттенением (в)

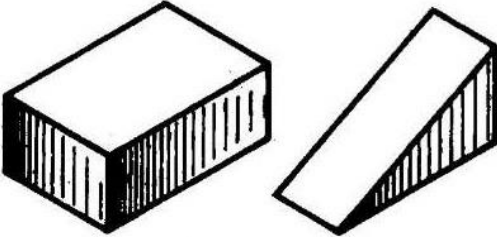
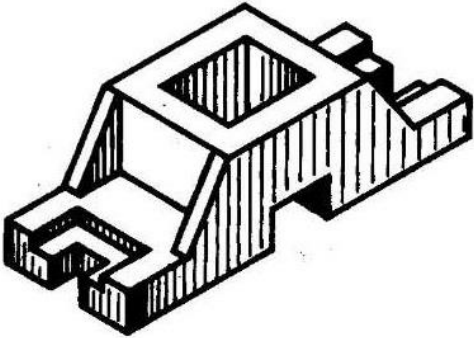
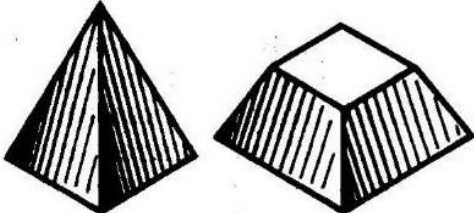
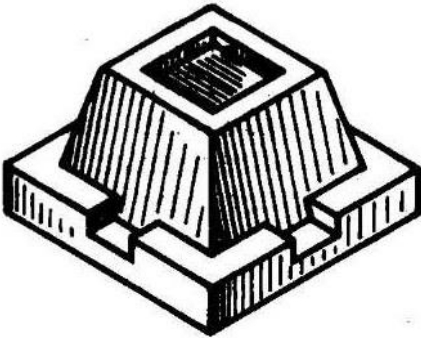
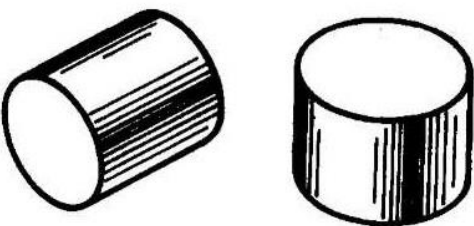
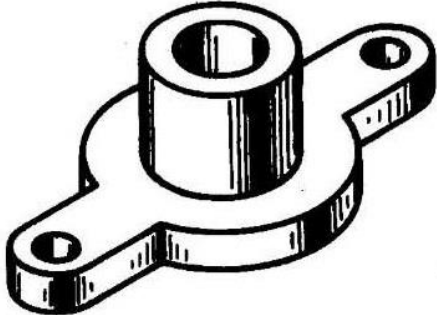
Наиболее часто используемый прием выявления объемов предметов – шатировка.

Принято считать, что лучи света падают на предмет сверху слева (см. рис. 74). Освещенные поверхности не заштриховываются, а затененные покрываются штриховкой (точками). При штриховке затененных мест штрихи (точки) наносятся с наименьшим расстоянием между ними, что позволяет получить более плотную штриховку (точечное оттенение) и тем самым показать тени на предметах. В таблице 11 показаны примеры выявления формы геометрических тел и деталей приемами шатировки.

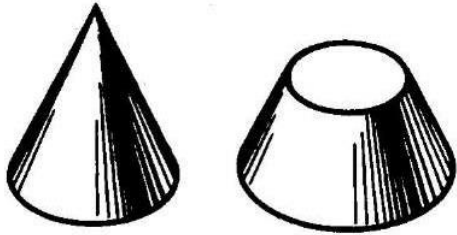
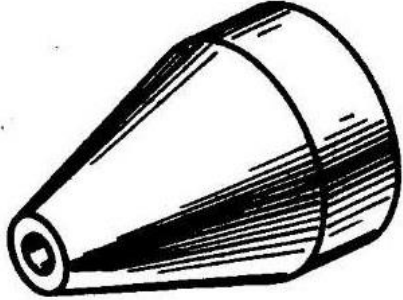

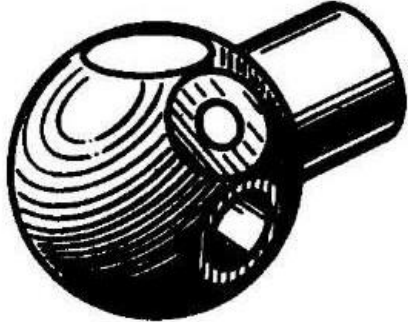
Технические рисунки не являются метрически определенными изображениями, если на них не проставлены размеры.

Технический рисунок отличается от аксонометрического изображения тем, что он выполняется от руки (без чертежных инструментов) с соблюдением пропорций и масштаба на глаз. Форма предмета выявляется с помощью оттенения.

Таблица 11 – Оттенение формы приемами шатировки

Шатировка изображений геометрических тел	Шатировка изображений деталей, форма которых состоит из различного сочетания геометрических тел
<p data-bbox="411 456 539 490">Призмы</p> 	<p data-bbox="807 456 1390 528">Форма изделия состоит из призматических поверхностей</p> 
<p data-bbox="395 920 555 954">Пирамиды</p> 	<p data-bbox="815 920 1382 1037">Форма изделия состоит из сочетания призматической и пирамидальной поверхностей</p> 
<p data-bbox="395 1435 555 1469">Цилиндры</p> 	<p data-bbox="807 1435 1390 1552">Форма изделия состоит из сочетания цилиндрических и призматических поверхностей</p> 

Продолжение табл. 11

Шатировка изображений геометрических тел	Шатировка изображений деталей, форма которых состоит из различного сочетания геометрических тел
<p style="text-align: center;">Конусы</p> 	<p>Форма изделия состоит из сочетания цилиндрической и конической поверхностей</p> 
<p style="text-align: center;">Шары</p> 	<p>Форма изделия состоит из сочетания сферической и цилиндрической поверхностей</p> 

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. 75, *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. 75, *б*).

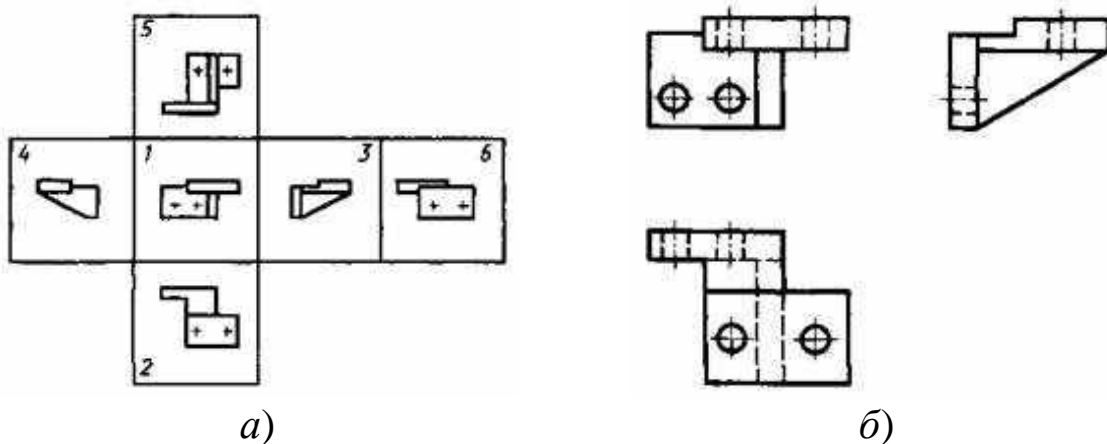


Рис. 75. Основные виды:
а) виды детали, *б*) основные три вида детали

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. 76, вид Д).

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. 77).

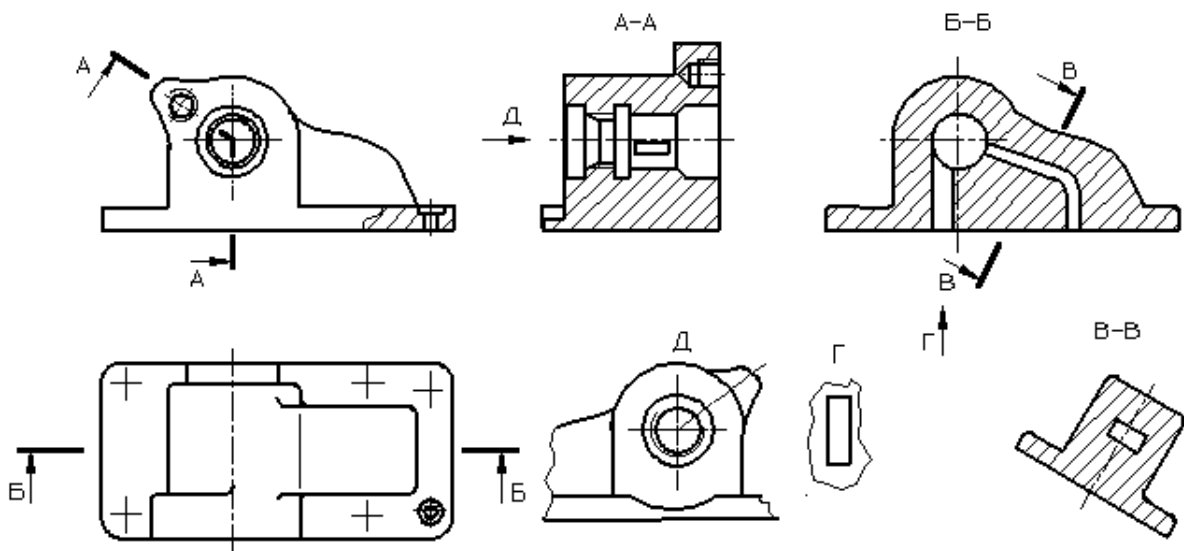


Рис. 76. Изображение видов детали с нарушением проекционной связи

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой (см. рис. 77), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка Б, см. рис. 77).

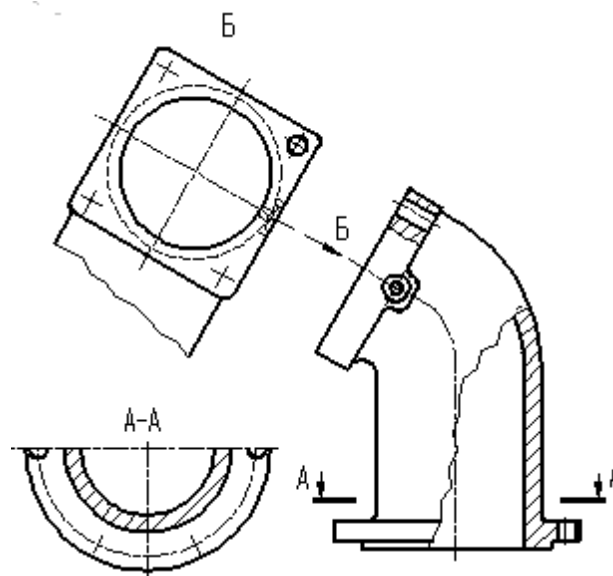


Рис. 77. Расположение и обозначение дополнительного вида

Когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и обозначение вида не наносят (рис. 78).

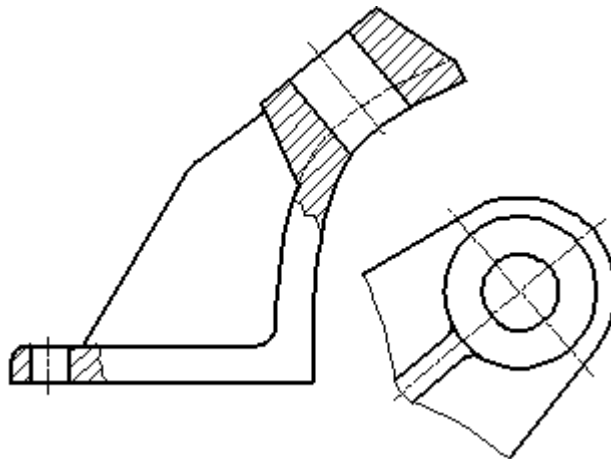




Рис. 78. Дополнительный вид, построенный без нарушения проекционной связи

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. 76).

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. 79.

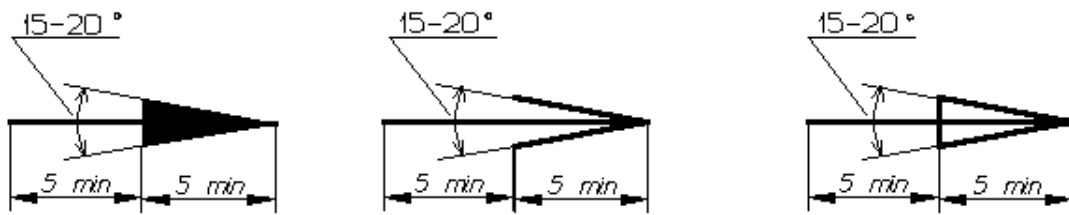


Рис. 79. Размеры стрелок, определяющих направление взгляда

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. 80, 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. 80);

✓ **наклонные** – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (например, разрез А-А, рис. 81).

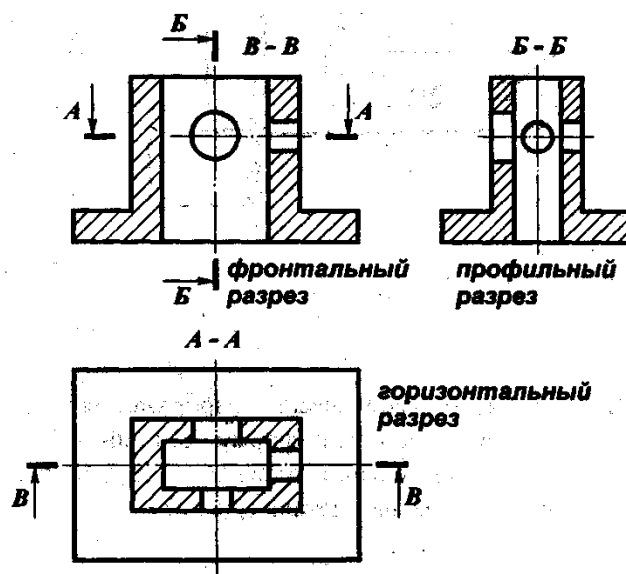


Рис. 80. Простые разрезы (горизонтальный и вертикальные)

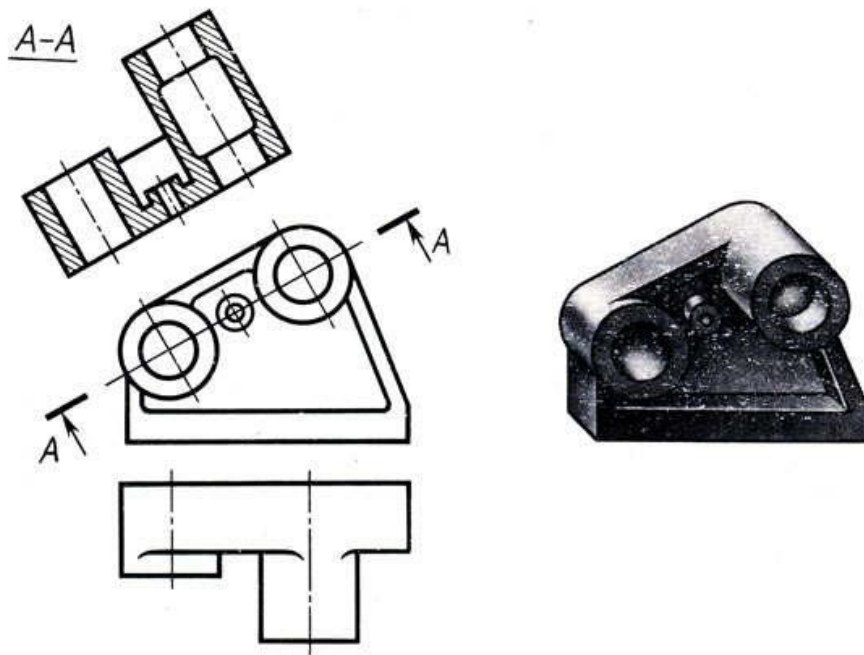


Рис. 81. Наклонный разрез

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. 82).

Вертикальный разрез называется **фронтальным**, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций, и **профильным**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (см. рис. 80).

Разрезы называются **продольными**, если секущие плоскости направлены вдоль длины или высоты предмета (рис. 83), и **поперечными**, если секущие плоскости направлены перпендикулярно длине или высоте предмета (например, разрезы А-А и Б-Б, рис. 84).

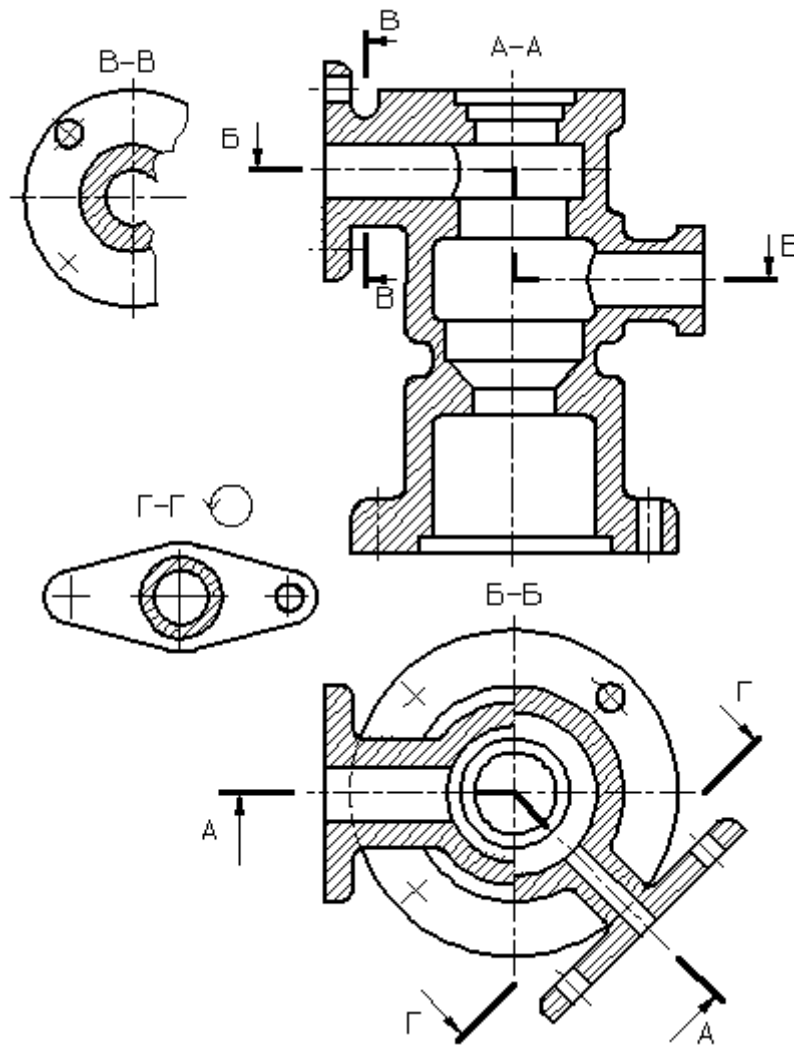


Рис. 82. Простые (разрезы В-В, Г-Г) и сложные разрезы (разрезы А-А, Б-Б)

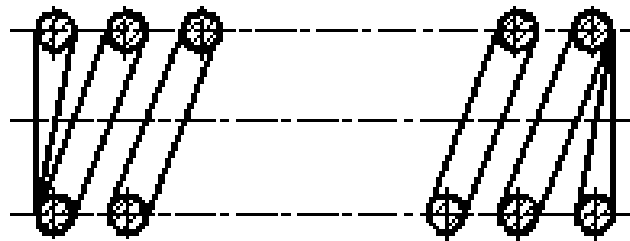


Рис. 83. Продольный разрез пружины

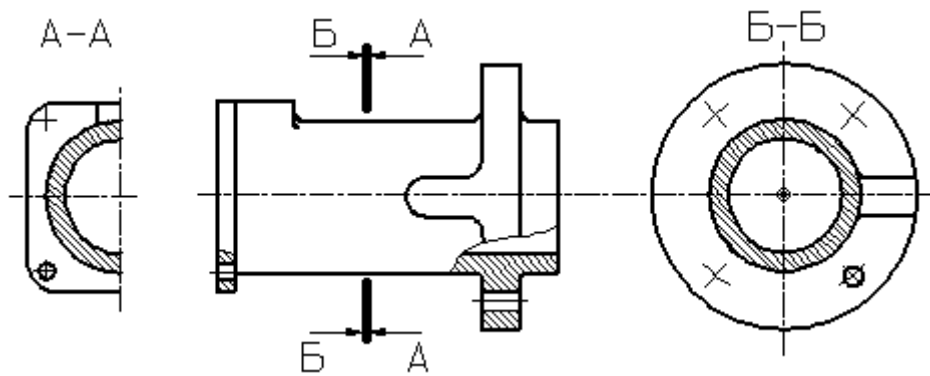


Рис. 84. Поперечный разрез детали

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. 76, 77, 80, 81, 82, 84); 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 84, 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. 85).

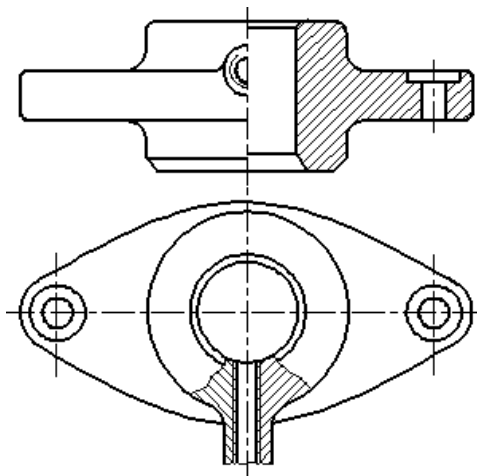


Рис. 85. Совмещение на изображении части вида и разреза

Разрез, служащий для выяснения устройства предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, называется **местным**. Местный разрез выделяется на виде сплошной волнистой линией (рис. 86).

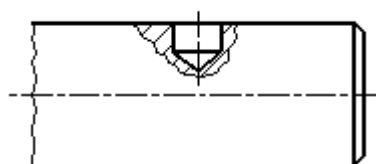


Рис. 86. Местный разрез

Сечение – изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями (рис. 87). На сечении показывается только то, что получается непосредственно в секущей плоскости.

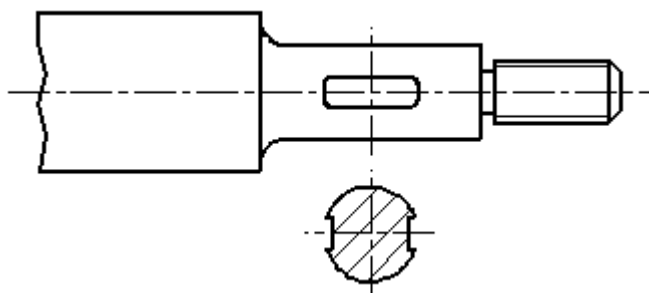


Рис. 87. Сечение детали

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 88 между разрезом и сечением существует различие.

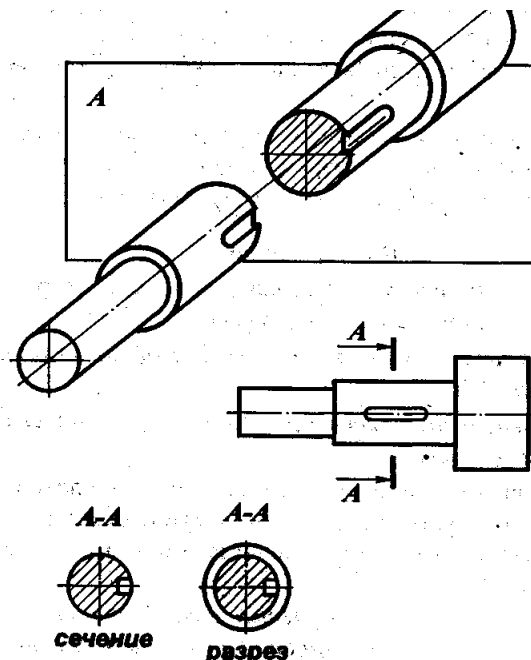


Рис. 88. Сечение и разрез детали

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 89, 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. 89, а).

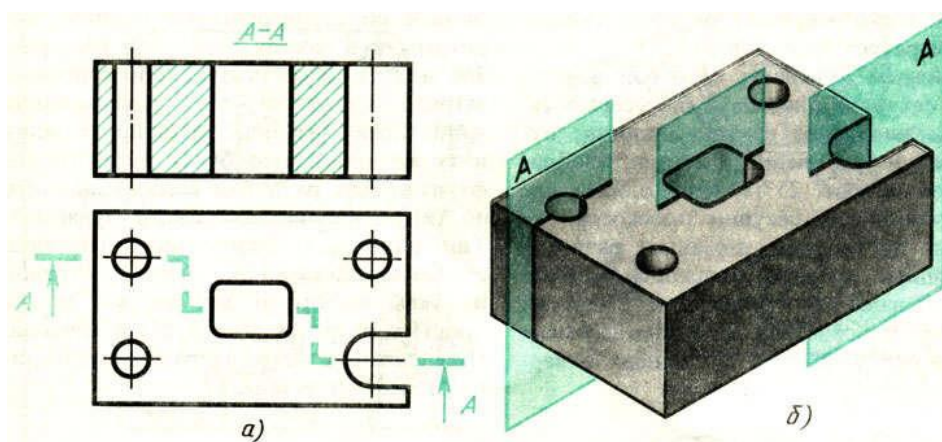


Рис. 89. Ступенчатый разрез

Ломаным называют сложный разрез, если секущие плоскости пересекаются.

Для выявления формы прорези, отверстий и углубления в детали, изображенной на рис. 90, в необходимы две пересекающиеся секущие плоскости.

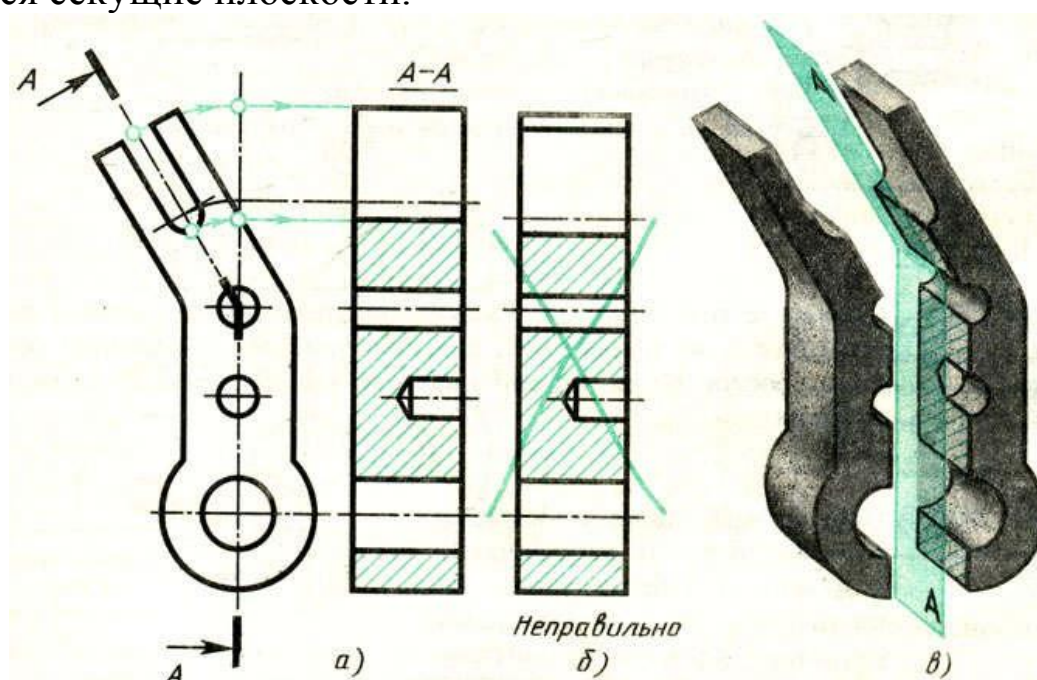


Рис. 90. Ломаный разрез

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. 90, *а*). Без поворота плоскости разрез проецируется, как показано на рисунке 90, *б* и деталь представляется в искаженном виде.

Радиальный разрез – изображение предмета, мысленно рассеченного группой плоскостей, проходящих через ось предмета (рис. 91).

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. 89, 90 и 91). 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.

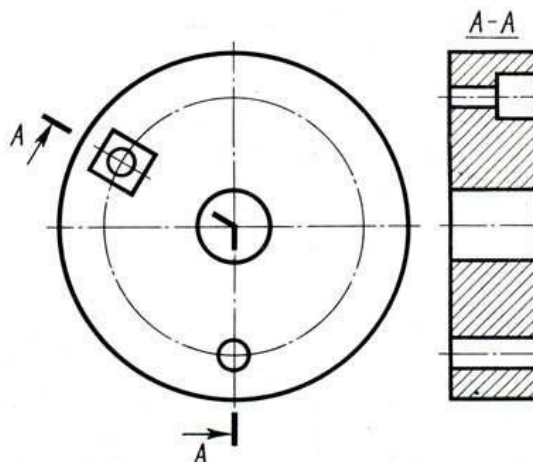


Рис. 91. Радиальный разрез

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 технический рисунок по макету детали, предложенной преподавателем (пример технического рисунка представлен на рисунке 92).

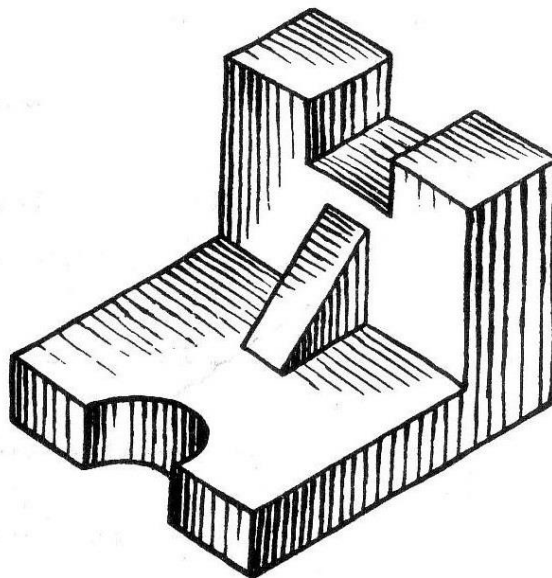


Рис. 92. Технический рисунок детали

Самостоятельная работа:

Дзб «Проекционное черчение» состоит из выполнения графической работы на листе формата А3.

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

Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта, выданному преподавателем (см. приложение 1 в конце текущей лабораторной работы).

Порядок выполнения графической работы:

1. На листе формата А3 оформить рамку и основную надпись по ГОСТ 2.104-68, форма 1.
 2. Изучив теоретические положения, выполнить построение трех проекций детали (по двум заданным).
 3. Выполнить необходимые разрезы.
 4. Нанести размеры в соответствии с ГОСТ 2.307-2011.
 5. Построить прямоугольную изометрию детали с вырезом $\frac{1}{4}$.
 6. Оформить чертеж согласно ГОСТ 2.303-68 (линии).
- Пример графической работы представлен на рисунке 93.

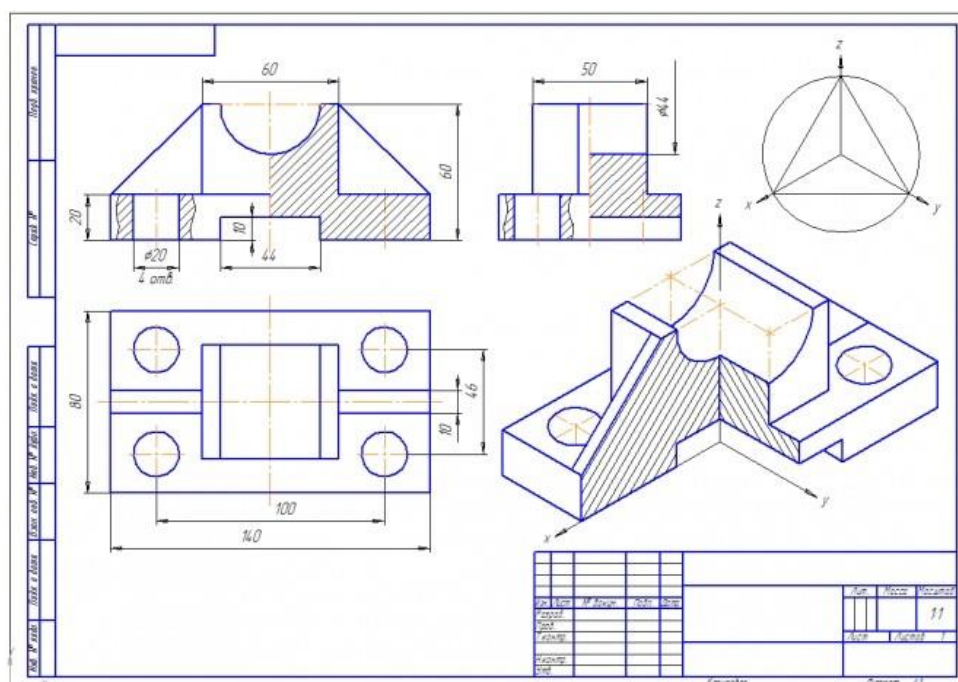
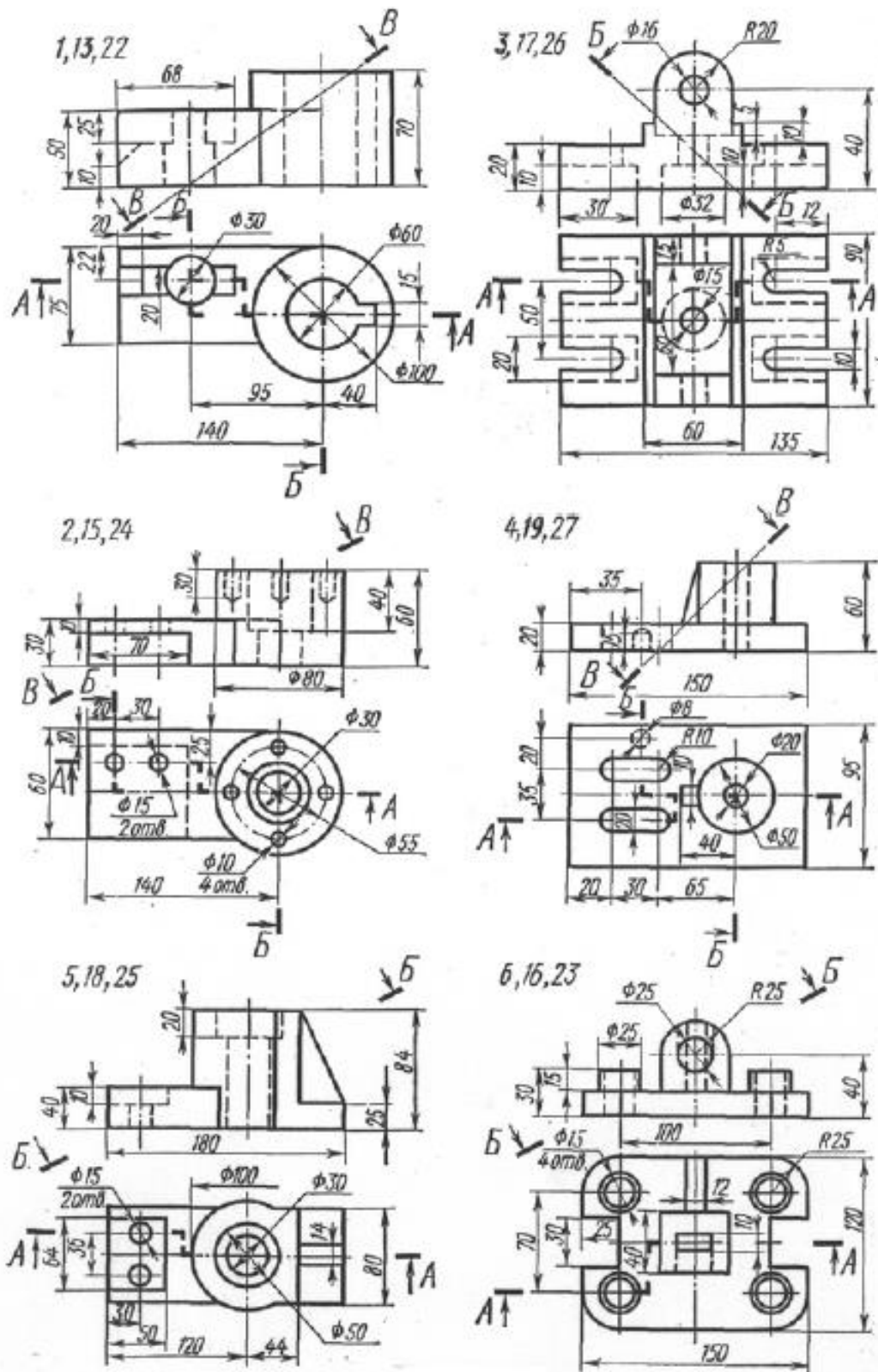
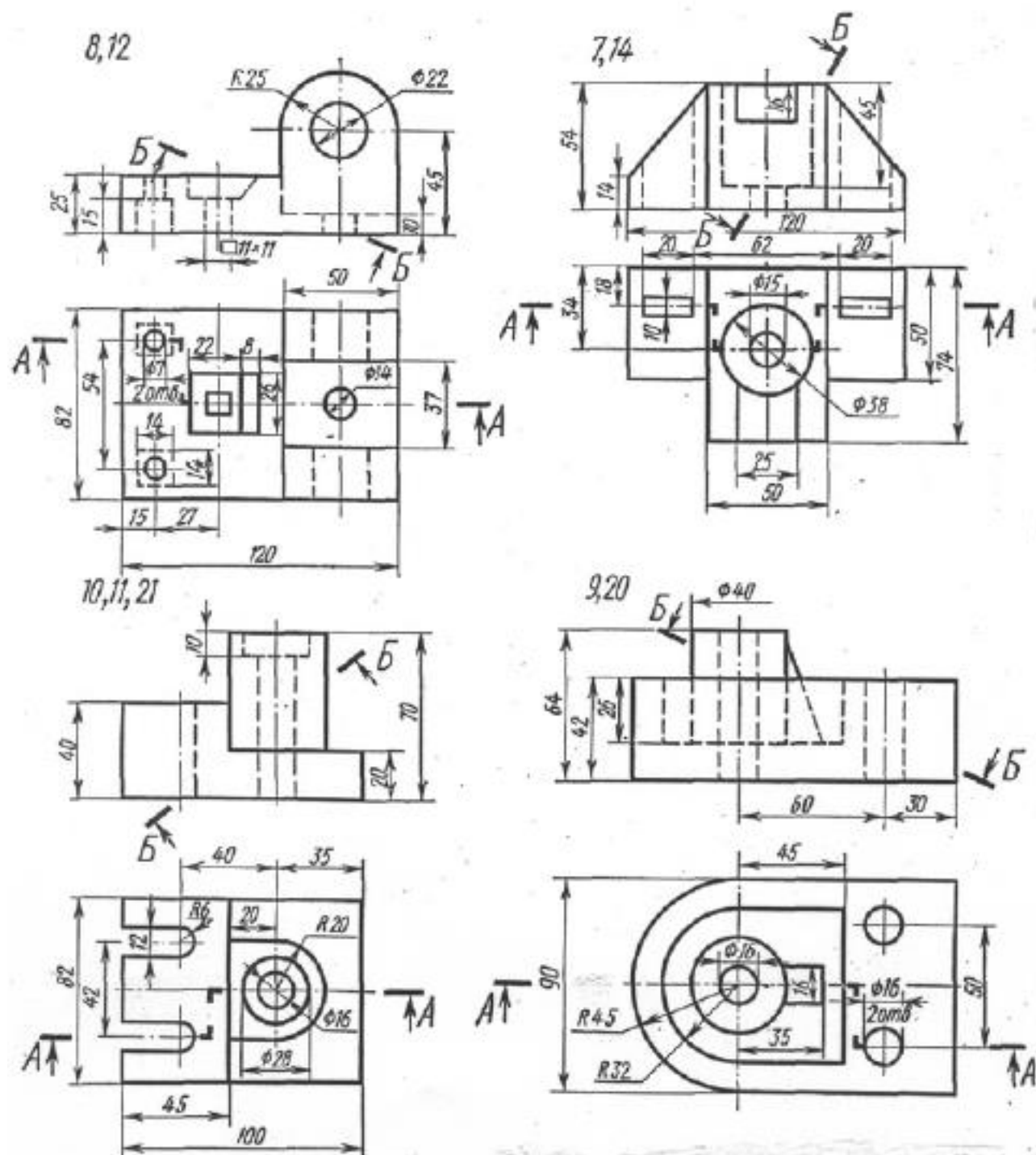


Рис. 93. Пример Дзб «Проекционное черчение»

Приложение 1





Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение «Технический рисунок» – это...?
2. Какими способами придают техническому рисунку наглядность?
3. В чем заключается отличие технического рисунка от аксонометрических проекций?
4. Что такое вид детали, и какие виды вы знаете?
5. Сколько всего видов имеет деталь, и какие и сколько основных принято изображать?
6. Что такое разрез, простой разрез, их классификация?
7. Дать определение фронтальному, профильному и горизонтальному разрезам.
8. Какие разрезы называют продольными, поперечными и наклонными?
9. В каком случае допускается совмещение на чертеже вида и разреза, как обозначают разрезы и в каком случае?
10. Что такое сечение, в чём отличие между сечения от разреза?
11. Что такое сложный разрез?
12. Классификация сложных разрезов.
13. Дайте определение ступенчатого разреза?
14. Что такое ломаный разрез?
15. Что такое радиальный разрез?
16. Что такое комбинированный разрез?
17. Как обозначают сложные разрезы на чертежах?

Раздел 7. Типы технических соединений

Разъемные и неразъемные соединения деталей. Разъемные соединения: резьбы, крепежные изделия и соединения. Неразъемные соединения: соединения сваркой

Лабораторное занятие:

Теоретические положения

Классификация типов технических соединений представлена на рисунке 94.

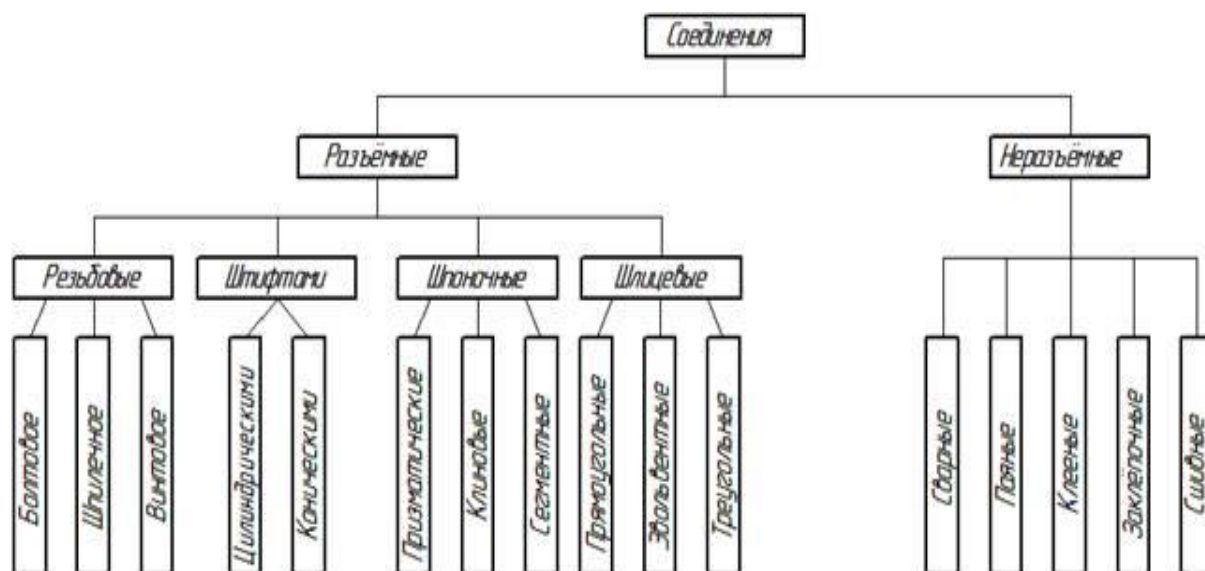


Рис. 94. Типы технических соединений

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. 95, а), у многозаходной – ход равен шагу, умноженному на число заходов (рис. 95, б). Под шагом однозаходной резьбы понимают ход – расстояние, на которое переместится деталь с резьбой, например гайка при неподвижном болте, за один оборот.

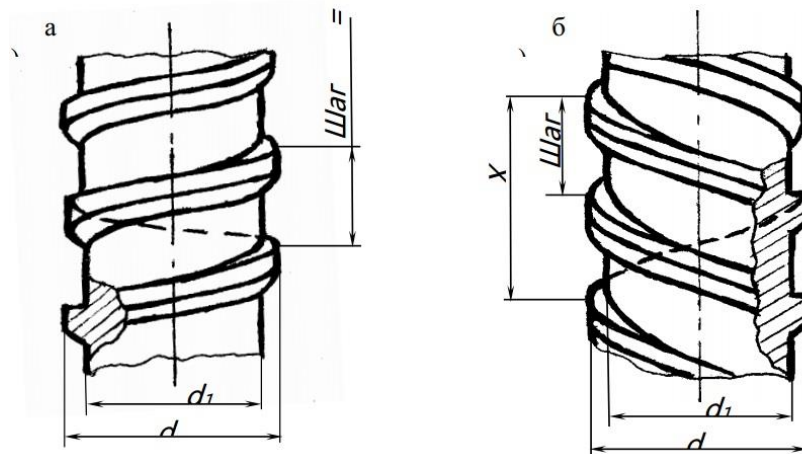


Рис. 95. Шаг резьбы однозаходной и многозаходной резьбы

Направление резьбы может быть **правым**, если видимые витки поднимаются слева направо, т. е. (см. рис. 95, а) и **левым**, если видимые витки поднимаются справа налево (рис. 95, б).

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

Внутренний диаметр резьбы (d_1) – диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или описан-

ного вокруг вершин внутренней резьбы.

В зависимости от профиля резьбы подразделяются на:

а) **метрическую** – профиль – равносторонний треугольник с углом при вершине 60° (рис. 96, а);

б) **трубную цилиндрическую** – профиль – равнобедренный треугольник с углом при вершине 55° и закругленными вершинами (рис. 96, б);

в) **трапецидальную** – равнобокая трапеция – угол между боковыми сторонами равен 30° (рис. 96, в);

г) **упорную** – профиль – неравнобокая трапеция с углами наклона ее сторон к прямой, перпендикулярной к оси стержня, 3° и 30° (рис. 96, г).

д) **прямоугольную** – профиль – прямоугольник (рис. 96, д);

е) **круглую** (рис. 96, е).

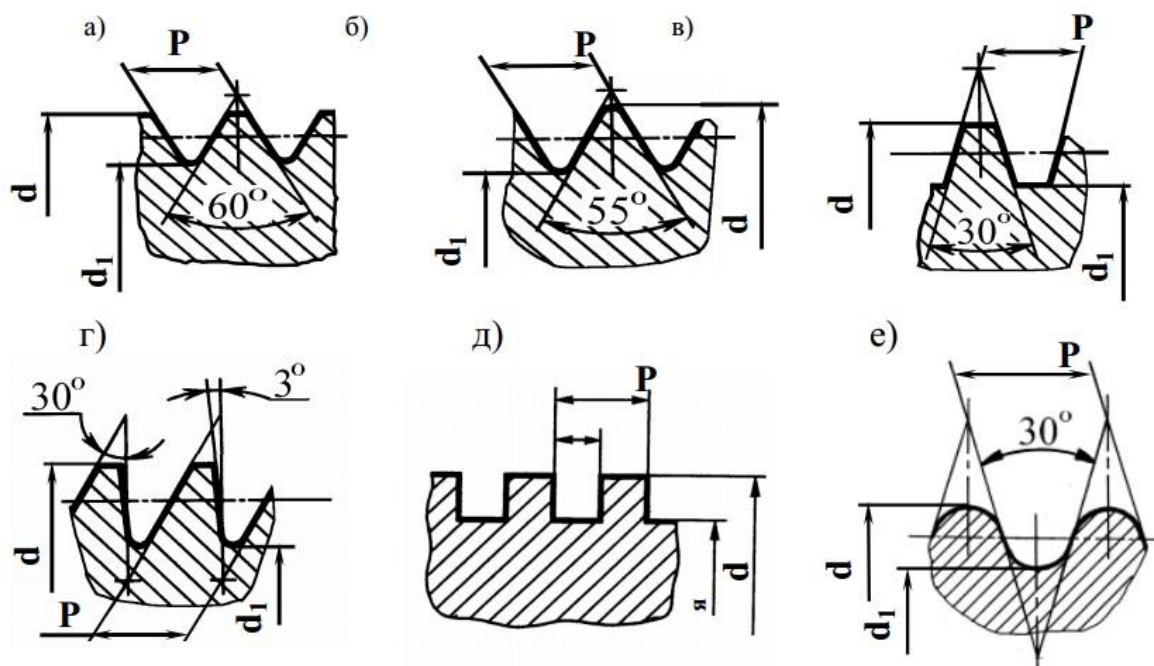


Рис. 96. Классификация резьбы по профилю

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 паровой 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. 97, 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. 97, 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).

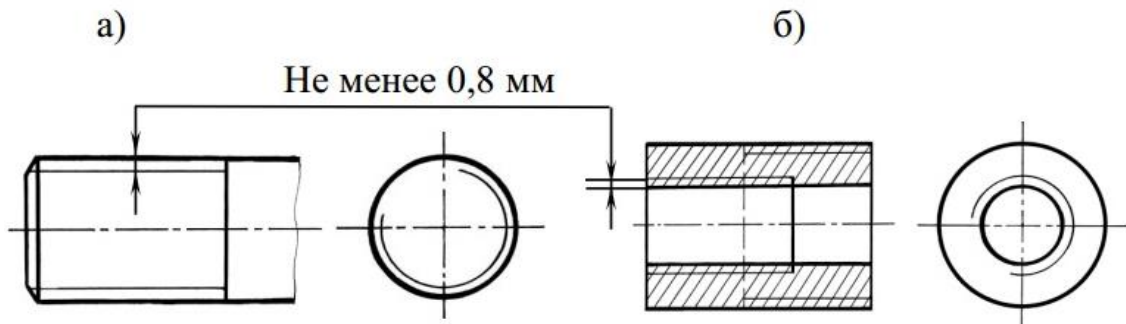


Рис. 97. Условное изображение резьбы на чертежах

При вычерчивании стержней и отверстий с конической резьбой количество концентрических окружностей на чертеже наносится, как показано на рисунке 98.

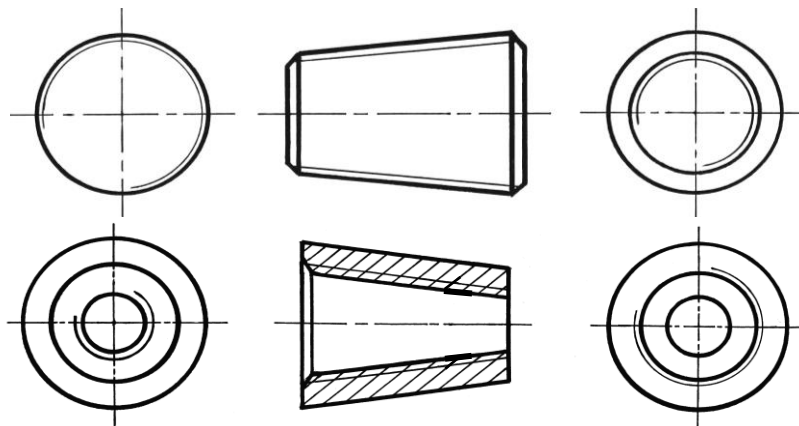


Рис. 98. Изображение конической резьбы на чертежах

К **элементам резьбы** относятся фаски, сбеги, недоводы, недорезы, проточки (рис. 99).

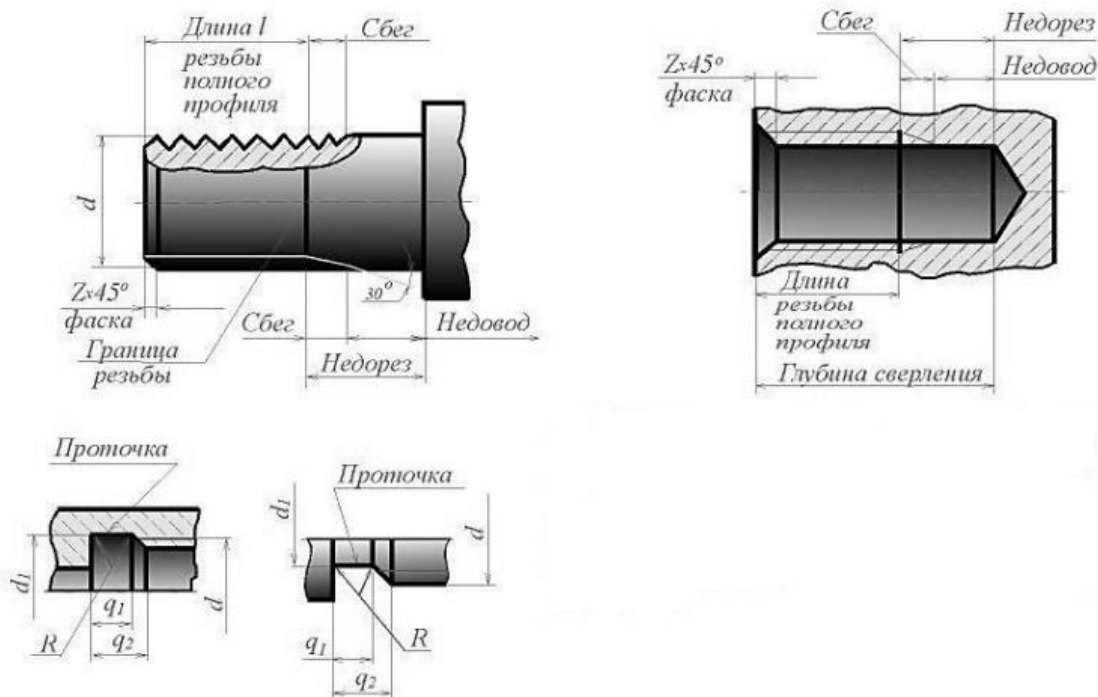


Рис. 99. Элементы резьбы

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 резь-**

бы. 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. 99). **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. 100).

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 М12×1 LH-6 q (см. рис. 100);

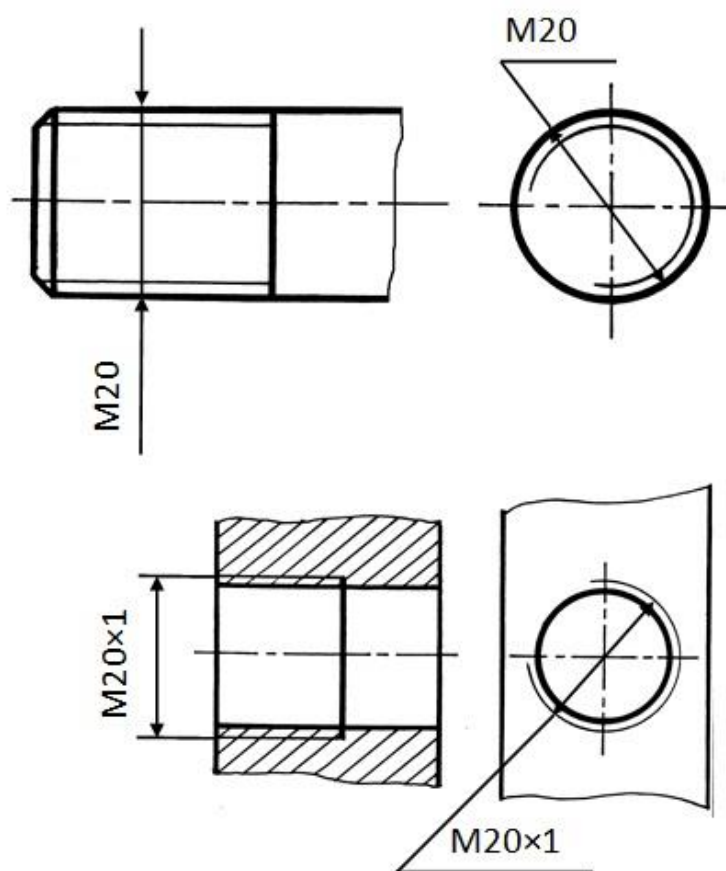


Рис. 100. Обозначение метрической резьбы

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. 101);
- 2) *G1LH-B*; левая резьба, класс точности *B*, с диаметром 1 дюйм;

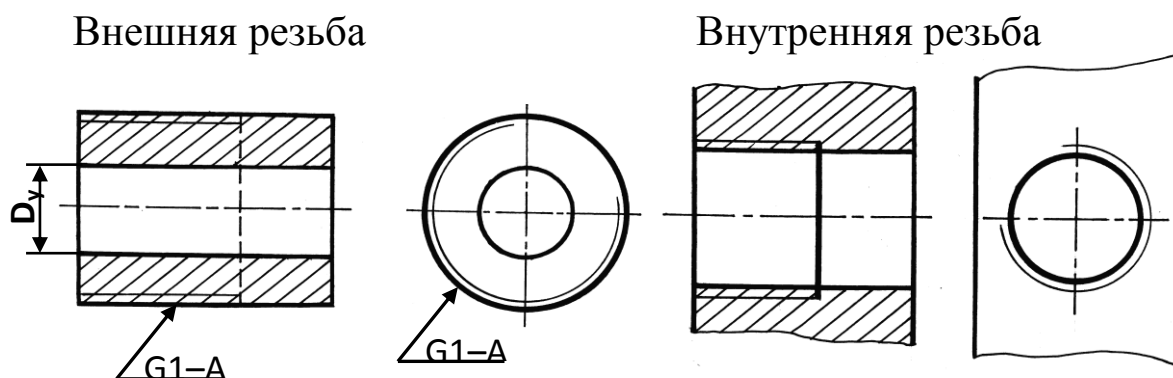


Рис. 101. Обозначение трубной цилиндрической резьбы

в) трубная коническая резьба обозначается буквой R (наружная) и буквой R_c (внутренняя) с указанием номинального диаметра резьбы (дюймы) (рис. 102).

Пример: R 3/4 или 3/4 LH – наружная левая,

R_c 3/4 – внутренняя (см. рис. 102),

R_c 3/4 LH – внутренняя левая;

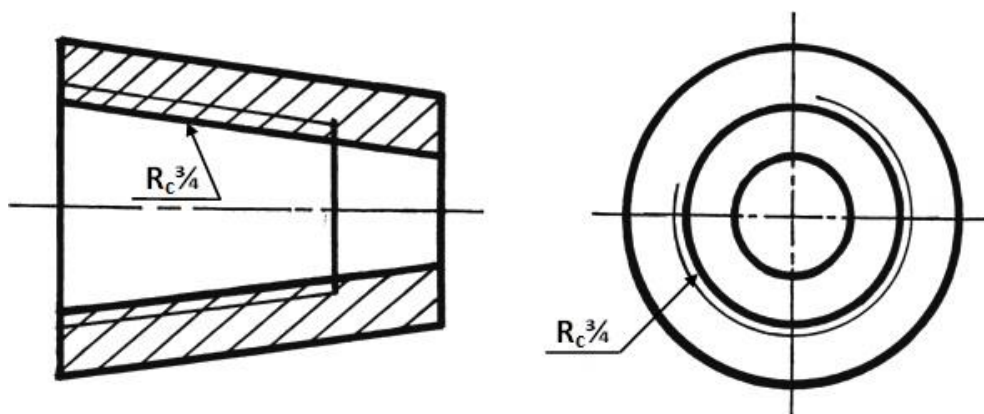


Рис. 102. Обозначение трубной конической резьбы

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. 103);

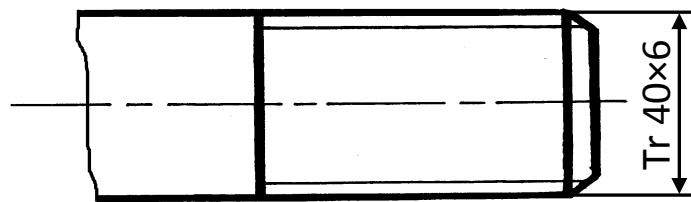


Рис. 103. Обозначение трапецеидальной резьбы

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. 104).

Примеры условного обозначения.

1. S 80×16-7h – номинальный диаметр 80 мм, шагом 16 мм, наружная, с полем допуска 7h.
2. S 80×32 (P16) LH-7h – номинальный диаметр 80 мм, двухзаходная со значением хода 32 мм, левая, с полем допуска 7h;

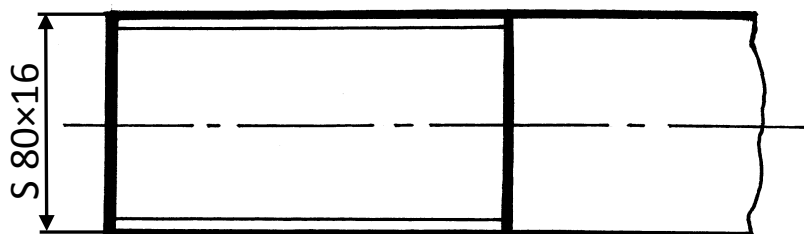


Рис. 104. Обозначение упорной резьбы

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. 105).

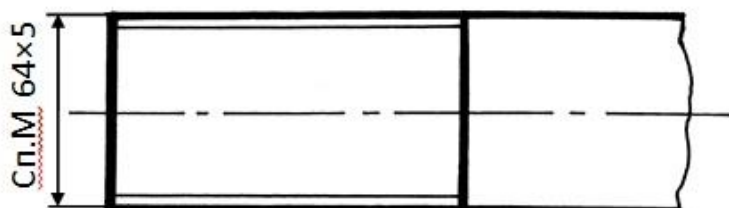


Рис. 105. Обозначение специальной резьбы

Если резьба имеет нестандартный профиль, например прямоугольный, то его выполняют в увеличенном масштабе и на изображении проставляют все необходимые размеры (рис. 106).

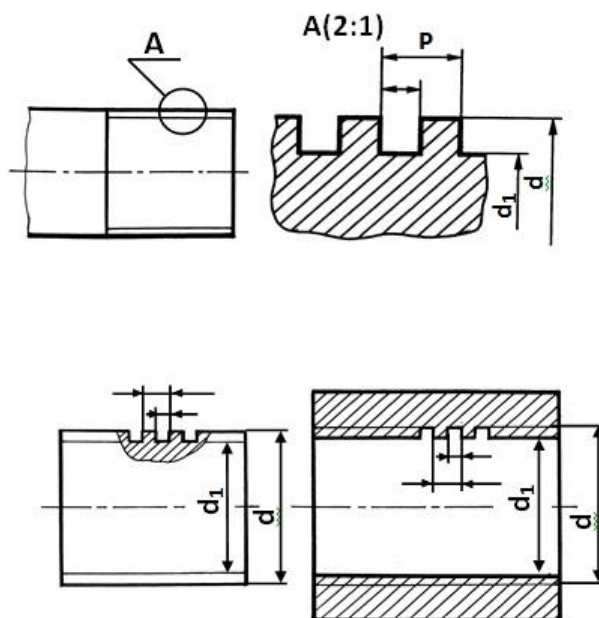


Рис. 106. Изображение профиля нестандартной резьбы

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. 107).

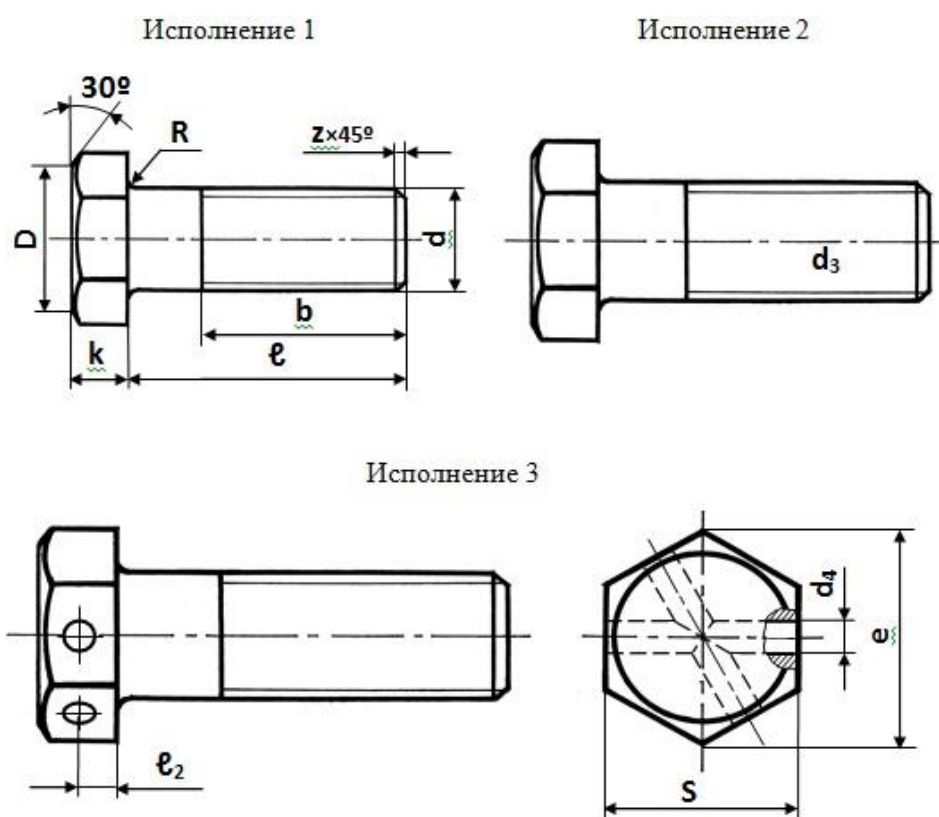


Рис. 107. Болты

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. 108).

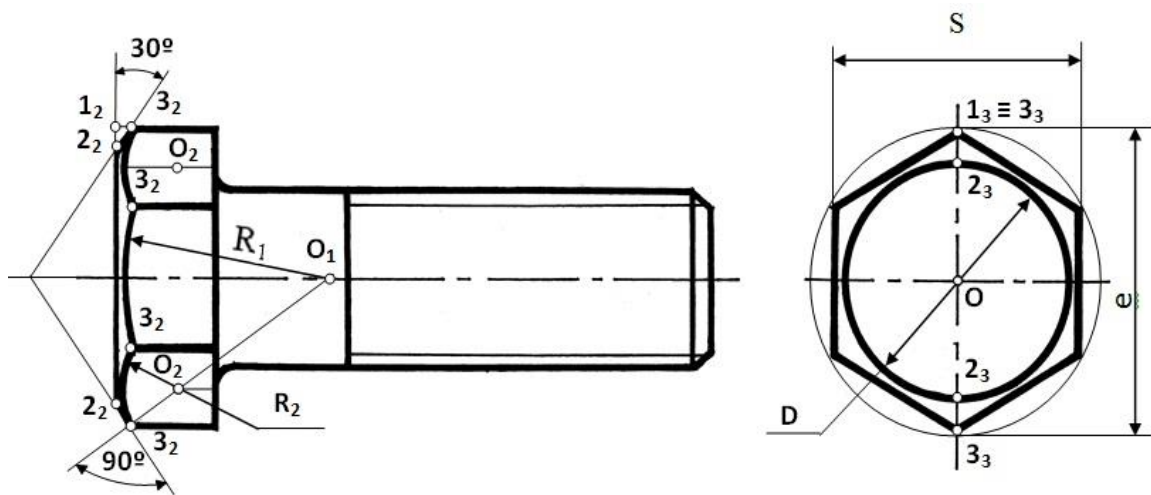


Рис. 108. Изображение крепежных деталей на чертеже

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 $l = 60$ 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 $D = (0,9 \dots 0,95)S$ 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 и 3_2 и немного ($0,5 \dots 1$ 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. 109).

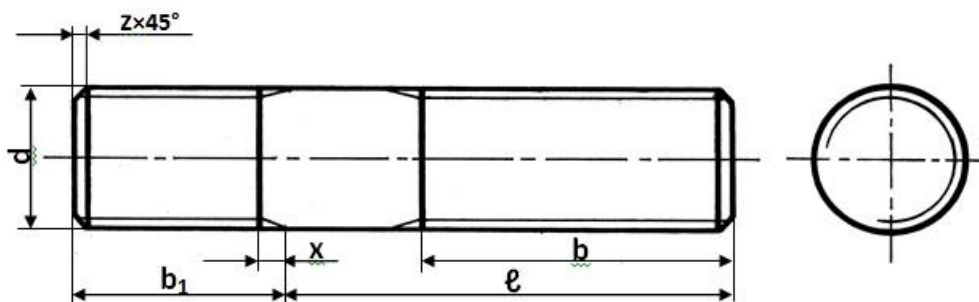


Рис. 109. Шпилька

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. 110).

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 ша-

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

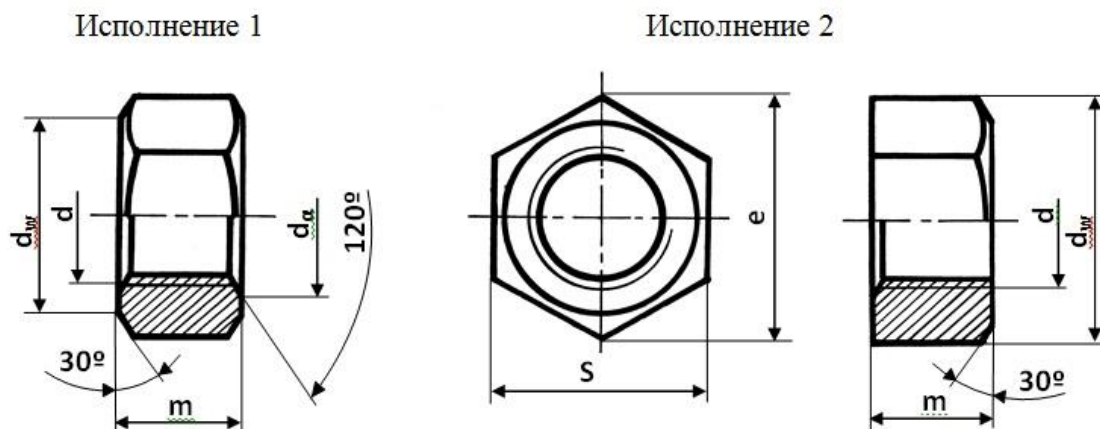


Рис. 110. Гайка

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. 111): 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.

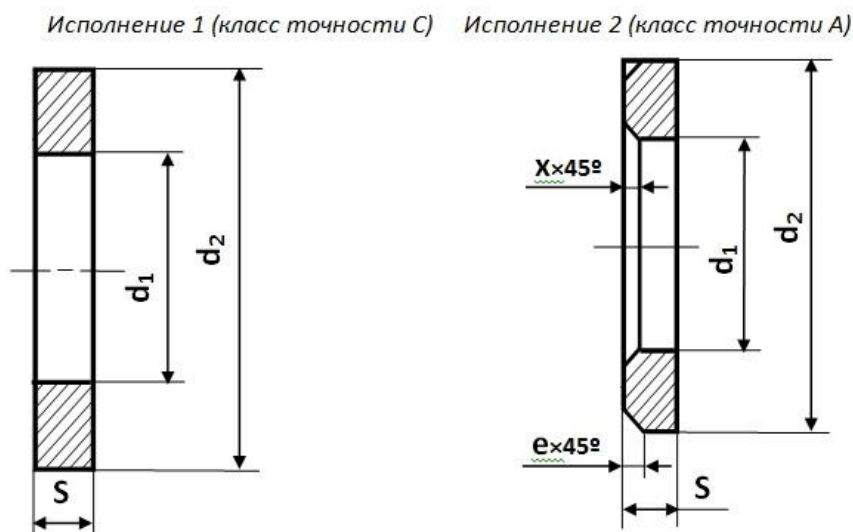


Рис. 111. Шайба

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 .

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. 112) и округляемым при расчетах до целых чисел.

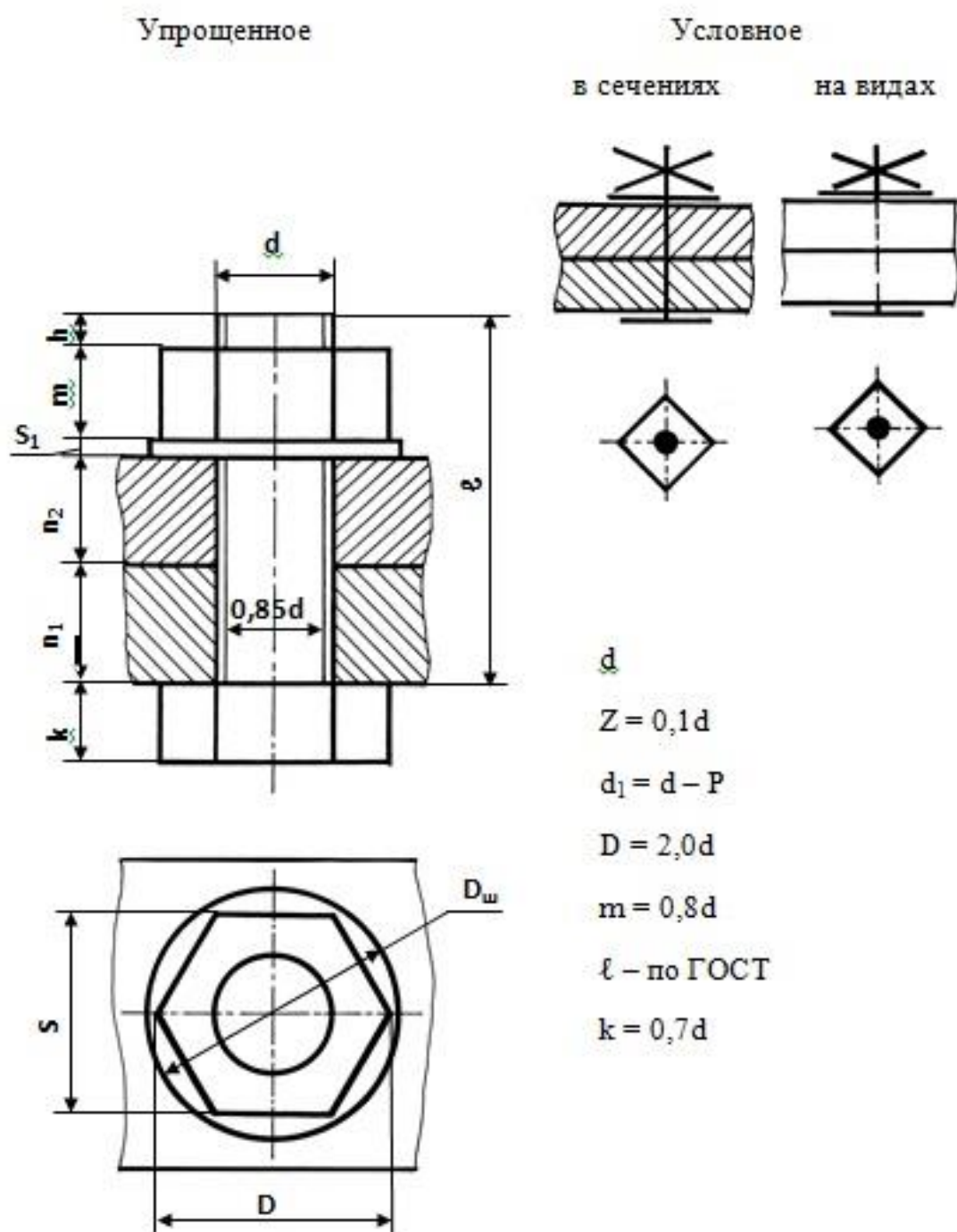


Рис. 112. Болтовое соединение

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 113. 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. 113, *а*). Резьбу в отверстии нарезают метчиком по наружному диаметру d (рис. 113, *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. 113, *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. 113, *з*).

Сверху устанавливается деталь с отверстием немного больше диаметра, чем диаметр шпильки (рис. 113, *д*). На свободный конец шпильки надевается шайба и навинчивается гайка (рис. 113, *е*).

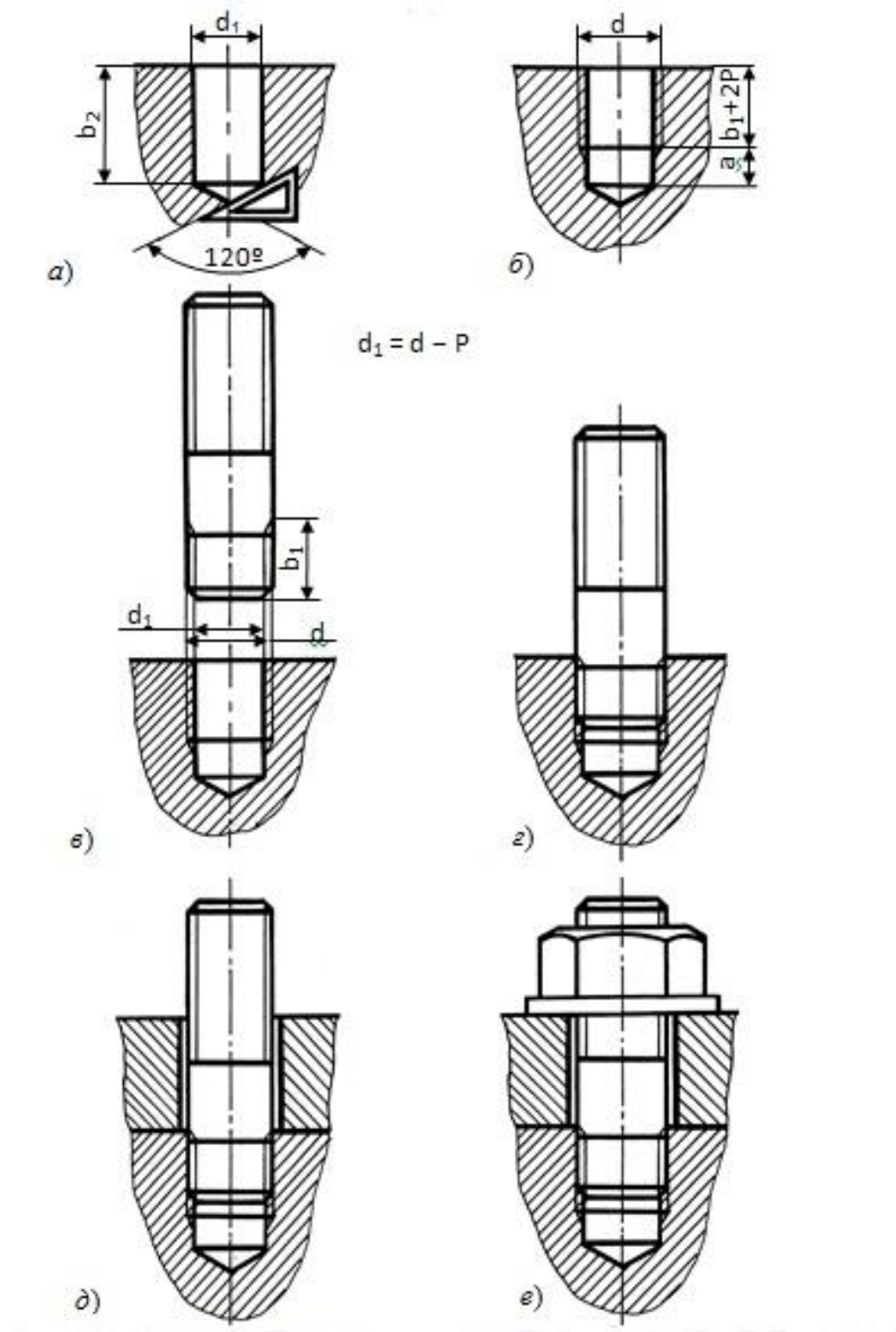


Рис. 113. Технологическая последовательность выполнения отверстия с резьбой под шпильку и порядок сборки шпильчного соединения

Такое изображение применяют на сборочных чертежах только в ответственных случаях. В основном пользуются упрощенным или условным изображением (рис. 114).

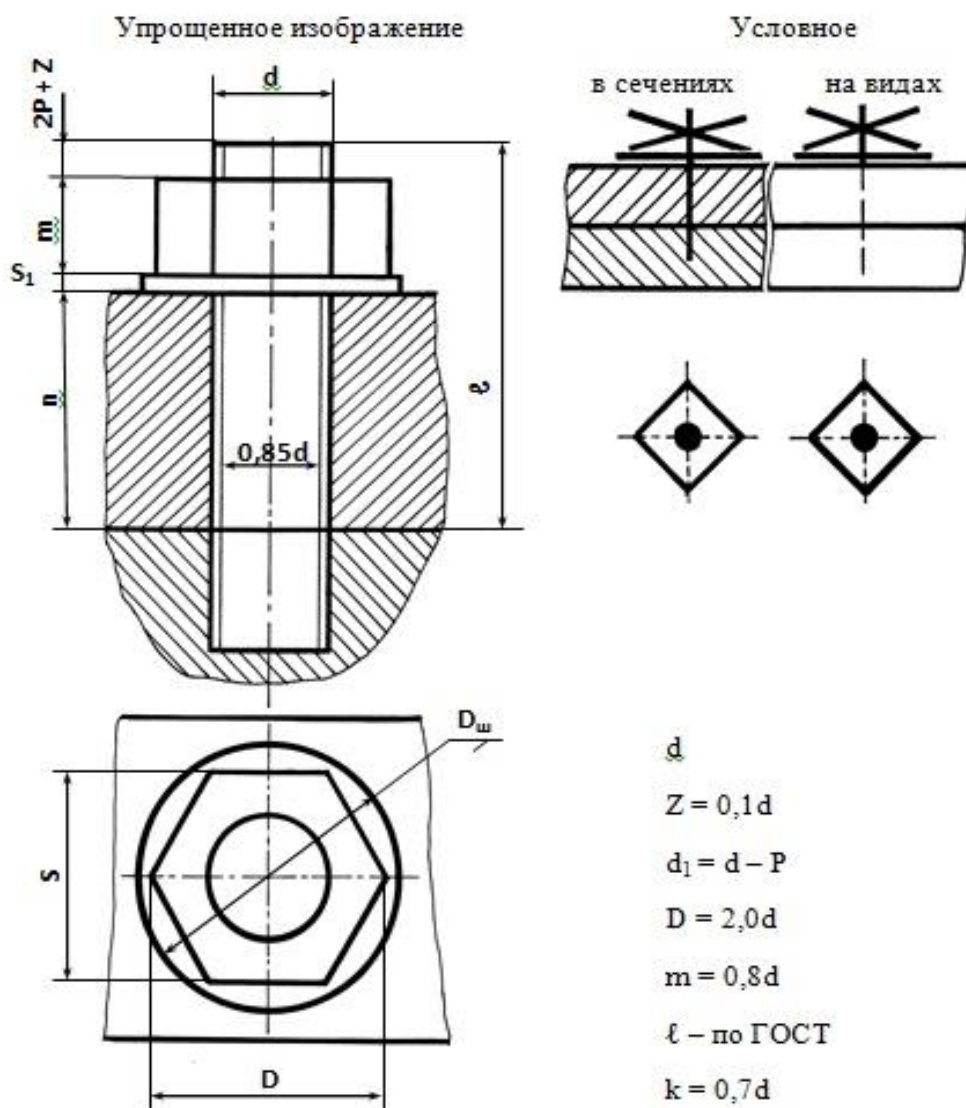


Рис. 114. Упрощенное и условное изображения соединения шпилькой

Соединения сваркой

Сварные соединения являются наиболее распространенным видом неразъемных соединений и занимают одно из ведущих мест в современной технологии.

Соединение деталей сваркой называется **сварным соединением**.

Сварка – это технологический процесс образования неразъемного соединения деталей в результате молекулярного проникновения металлов свариваемого изделия и плавящегося электрода, находящихся в жидком или высокопластичном состоянии с последующей совместной кристаллизацией металлов при остывании. Затвердевший металл образует сварной шов.

Сваркой соединяются все марки сталей, чугуна, меди, латуни, бронзы, алюминиевых сплавов и термопластические пластмассы (винипласт, капрон, полиэтилен, полистирол, плексиглас и др.).

Сварной шов – часть сварного соединения, образовавшаяся в результате процесса сварки. Сварные швы, выполненные в заводских условиях, называют **заводскими**, а выполненные непосредственно на строительной площадке перед установкой конструкции в проектное положение – **монтажными**.

В зависимости от характера применяемых источников тепла и способа соединения деталей сварку подразделяют на несколько видов (табл. 12). Источником тепла может быть электродуга, газовая горелка, ток высокой частоты, взрыв, трение деталей между собой, луч света т. д.

При газовой сварке используют теплоту пламени, полученную от сгорания газа (ацетилена, водорода и др.) в струе кислорода. В процессе сварки добавляют присадочный материал в виде металлического прутка, который под действием температуры плавится и заполняет зазор в стыке соединяемых деталей. Наплавленный металл затвердевает и образует шов сварного соединения.

При электрической сварке для местного расплавления свариваемых деталей используют тепловую энергию электрической дуги.

Эта дуга возникает между свариваемыми деталями и стальным или угольным электродом. Стальные электроды во время сварки плавятся и образуют шов сварного соединения, угольные – служат только в качестве электрода.

При контактной сварке используют теплоту преобразованного электрического тока. Разогретые места свариваемых деталей сжимают между собой механической внешней силой.

Таблица 12 – Виды сварки

ГОСТ	Вид сварки	Способ сварки
5264-80 8713-79	Ручная электродуговая Автоматическая и полуавтоматическая под флюсом	А; Аф; Ам; Ас; Апш; Апк; П; Пс; Ппш; Ппк
11533-75	Автоматическая и полуавтоматическая под флюсом (с острым и тупым углами) Электродуговая в защитных газах	ИН; ИНп; ИП; УП
11534-75	Электрозаклепочная	ЭФЗ; ЭУЗ; ЭПлЗ; ЭНиЗ
14771-76 14776-79	Дуговая алюминия и алюминиевых сплавов Электрошлаковая	Ан-З; Ан-Зтф; А-З; П-З; Аф; Рн-З
14806-80 15164-78 15878-79	Электросварка контактная Швы сварных соединений трубопроводов	ШЭ; ШМ; ШП Кт; Кр; Кв; Кс; Ксо; Ксс П-З; Ан-З; А-З; Ан-З/А-З; Ан-З/П-З;
16038-80	Швы сварных соединений трубопроводов из меди и медно-никелевого сплава Сварные соединения из винипласта и полиэтилена	Р; Ан-З/Р; Рн-З; Рн-З/П-З;
16310-80 16098-80	Швы сварных соединений из двухслойной коррозионно-стойкой стали	Пн-З/Р; П-Ф; А-Ф; Ксо; И; Г П-З; Ан-З; Рн-З/П-З; Рн-З; Р ЭП; НГП Р; А; Афп; З; Ш

Условные обозначения способов сварки:

Автоматическая (А) под флюсом без применения подкладок, подушек и подварочного шва: *Аф* – на флюсовой подушке; *Ам* – на меднофлюсовой подушке; *Ас* – на стальной подкладке; *Апиш* – с предварительным наложением подварочного шва; *Апк* – с предварительной подваркой корня шва; *Ар* – с ручной подваркой с одной стороны; *Ан-З* – в защитных газах неплавящимся электродом, однофазная; *Ан-Зтф* – то же, трехфазная; *А-З* – плавящимся электродом в защитных газах; *Ан-З/А-З* – первый проход неплавящимся электродом в защитных газах, последующие – плавящимся электродом в защитных газах.

Полуавтоматическая (П) под флюсом без применения подкладок, подушек и подварочного шва: *Пс* – на стальной подкладке; *Пр* – с ручной подваркой; *П-З* – в защитных газах плавящимся электродом; *Пф* – под флюсом; *Ппиш* – с предварительным наложением подварочного шва; *Ппк* – с предварительной подваркой корня шва.

Ручная (Р) электродуговая: *Рн-З* – неплавящимся электродом в защитных газах; *Рн-З/П-З* – первый проход неплавящимся электродом в защитных газах; последующая – полуавтоматическая; плавящимся электродом в защитных газах.

Основными видами сварных соединений являются стыковые, угловые, тавровые и внахлестку:

- **стыковые (С)** – детали соединяются встык по торцевым поверхностям (рис. 115, а);

- **угловые (У)** – детали располагаются под углом и соединяются по кромкам снаружи угла (рис. 115, б);

- **тавровое (Т)** – детали образуют форму буквы Т (рис. 115, в);

- **внахлестку (Н)** – детали частично перекрывают друг друга (рис. 115, г).

Швы этих соединений обозначают буквой с индексом, соответствующим определенному характеру выполнения шва (табл. 13, 14). Выполняются швы сварных соединений без скоса кромок, со скосом одной кромки, со скосом двух кромок и в стыковых соединениях с отбортовкой двух кромок.

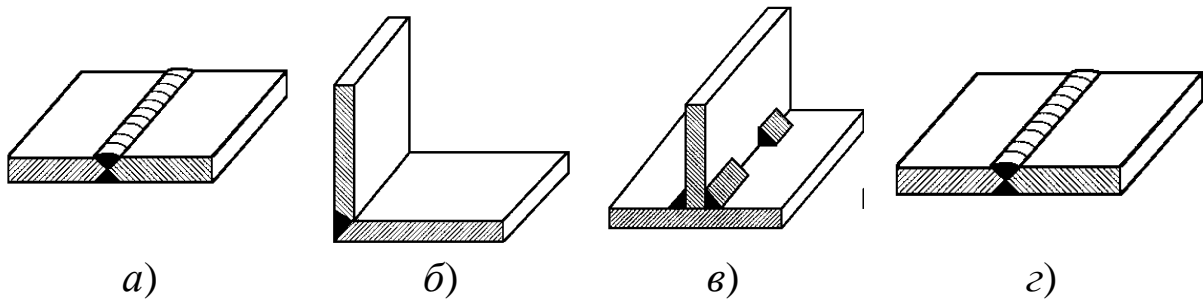


Рис. 115. Основные типы сварных соединений

Для каждого способа сварки разработаны стандарты, в которых указаны конструктивные элементы швов, их условные изображения и обозначения.

По характеру выполнения швы могут быть точечными, прерывистыми, непрерывными, т. е. сплошными. Прерывистый шов выполняется либо цепным, либо в шахматном порядке.

Сплошные видимые швы сварных соединений изображаются сплошной основной линией (рис. 116, а); а невидимые – штриховой (рис. 116, б). При этом за лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают ту, с которой производят сварку основного шва. За лицевую сторону двустороннего шва с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

Видимые одиночные сварные точки независимо от способа сварки условно изображают пересекающимися тонкими сплошными линиями длиной 5...10 мм (рис. 116, а). Невидимые одиночные точки не изображают на чертежах.

При наличии на чертеже нескольких одинаковых швов условные обозначения наносят у одного изображения, а от остальных – проводят линии-выноски с полками (рис. 117, а, б).

Одинаковым швам присваивают один номер, который наносят на линии-выноске с полкой, на которой находится обозначение шва, и указывают число швов (рис. 117, а).

У остальных швов наносят только номер шва соответственно над полкой или под полкой линии-выноски, в зависимости от видимости сварного шва (рис. 117, б).

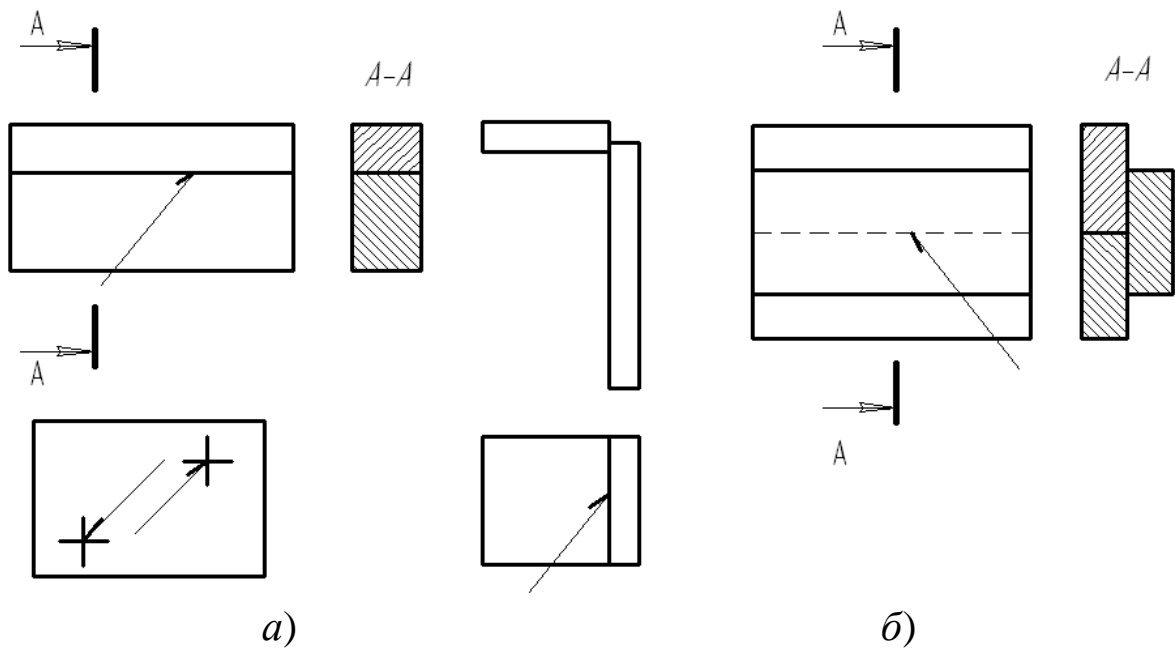


Рис. 116. Условные изображения швов

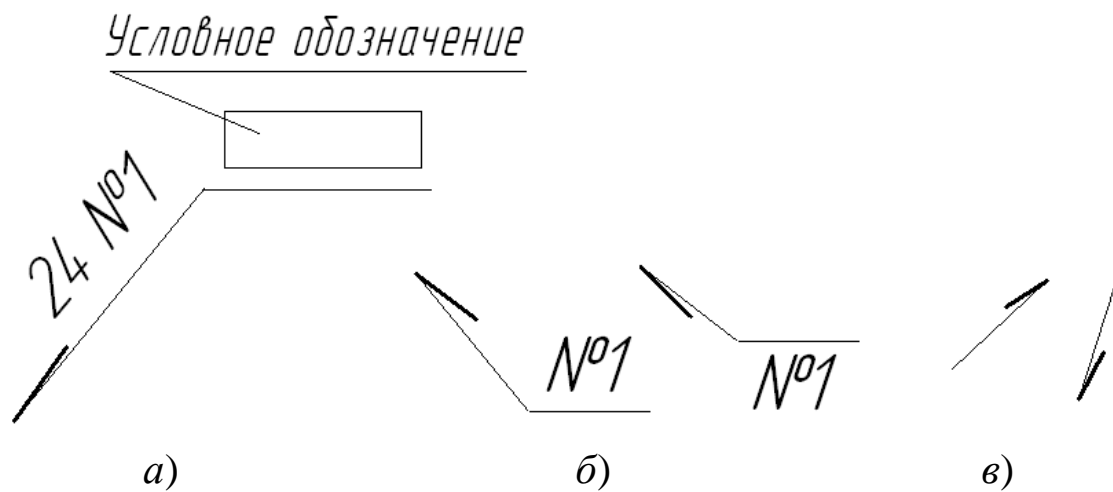


Рис. 117. Условные изображения при наличии на чертеже одинаковых швов

Если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или обратной), порядковый номер им не присваивается, а швы без обозначения отмечают линиями-выносками, без полок (рис. 117, в).

Линия-выноска для обозначения сварного шва наносится со стороны ведения сварки и предпочтительно на том изображении детали, где сварной шов вычерчен в натуральную величину.

На чертеже симметричного изделия допускается отмечать швы только на одной части изображения.

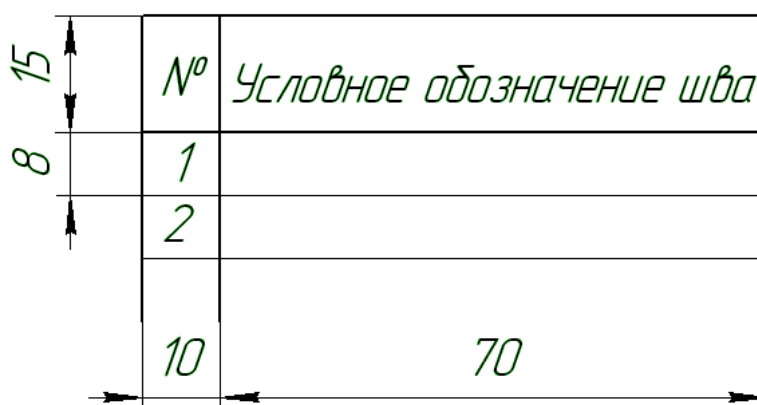
Условное обозначение шва наносят:

- на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны (см. рис. 117, а);

- под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны (см. рис. 117, б). При этом предпочтительно линию-выноску проводить от изображения видимого шва.

Линия-выноска, проведенная от изображения шва или одиночной сварной точки, всегда заканчивается односторонней стрелкой (см. рис. 117). Если сварной шов невидимый, то односторонняя стрелка наносится сверху линии-выноски, если шов невидимый – снизу (см. рис. 117, а, б).

Одинаковые требования, предъявляемые ко всем швам или группе швов, приводят один раз в технических требованиях или таблице швов (рис. 118). В этом случае на изображении указывают только порядковый номер сварного шва.



	№	Условное обозначение шва
1		
2		
10		

Рис. 118. Таблица швов

Условное обозначение стандартных сварных соединений по ГОСТ 2.312-72 наносится по схеме, в соответствии с рисунком 119.

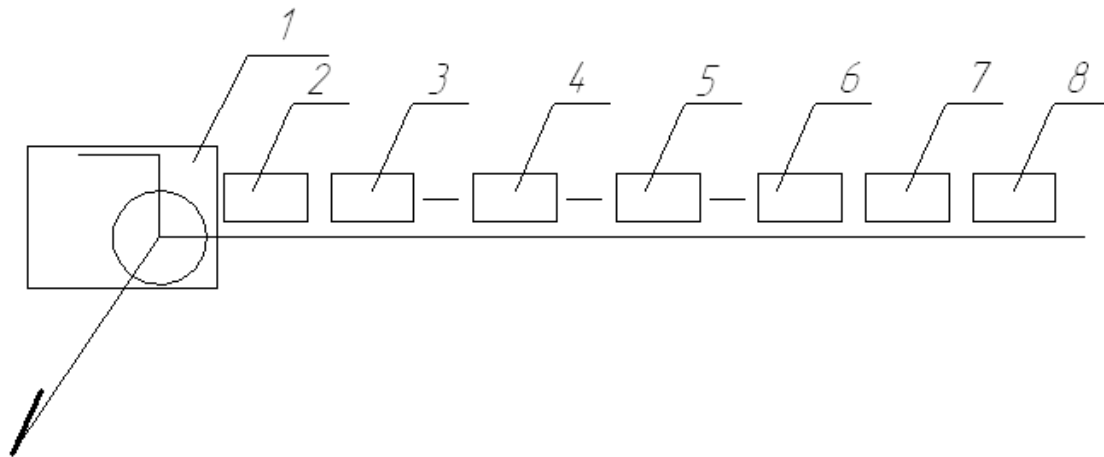


Рис. 119. Схема условного обозначения стандартных сварных швов

В условное обозначение швов сварных соединений через знаки «дефис» входят:

1. Вспомогательные знаки шва по замкнутой линии и монтажного шва (см. табл. 13).

2. Обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (например, ГОСТ 5264-80; см. табл. 12).

3. Буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (например С2, см. табл. 14).

4. Условное обозначение способа сварки по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (например, А, но можно и не указывать).

5. Знак катета сварного шва « \triangle » (равнобедренный прямоугольный треугольник) и размер катета (толщины) шва, согласно стандарту, на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (например, $\triangle 5$, табл. 14). Толщина шва должна находиться в пределах от 4 мм до 1,2 толщины соединяемых элементов или равна. Знак выполняется сплошными тонкими линиями. Высота знака должна быть одинаковой с высотой цифр, входящих в обозначение шва.

6. Для прерывистого шва — размер длины провариваемого участка, знак / или Z и размер шага (например, 5/40; 6Z 70).

Таблица 13 – Вспомогательные знаки
для обозначения сварки швов


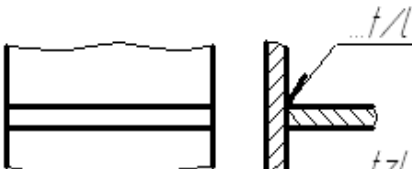

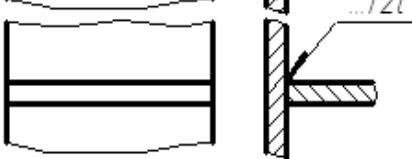
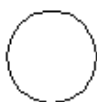
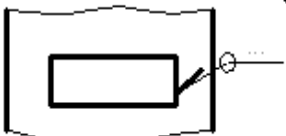



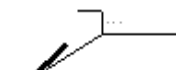

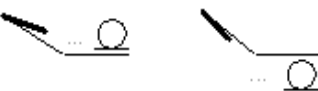

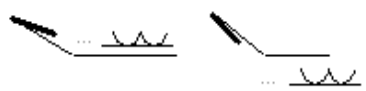


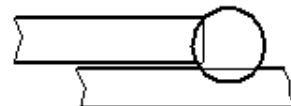
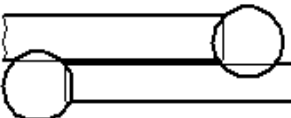
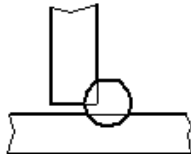
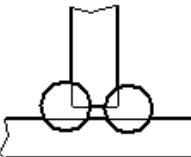
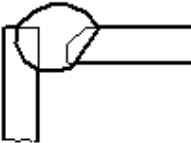
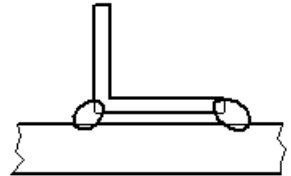
Знак	Значение знака	Нанесение знака в обозначении шва на чертеже
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии 60°	
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением	
	Шов по замкнутой линии. Диаметр знака – 3...5 мм	
	Шов по незамкнутой линии.	
	Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа	
	Шов выполнить при монтаже изделия, т.е. при установке его по монтажному чертежу на месте его применения	
	Усиление шва снять Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу	

Таблица 14 – Буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений

Тип соединения	Обозначение	Форма кромок	Толщина свариваемых элементов, мм
Стыковое	C2		1...6
	C6		3...60
Внахлестку	H1		2...60
	H2		2...60
Тавровое	T1		2...30
	T3		2...30
Угловое	У6		3...60
Нахлесточное нестандартное	Нн		4...40

Для одиночной сварной точки – размер расчетного диаметра точки (например, 6).

Для шва контактной точечной электросварки или электрозаклепного – размер расчетного диаметра точки или электрозаклепки; знак / или Z и размер шага (например, 5/60; 4Z 80).

Для шва контактной роликовой электросварки – размер расчетной ширины шва (например, Кр-5).

Для прерывистого шва контактной роликовой электросварки – размер расчетной ширины шва, знак умножения «×», размер длины провариваемого участка, знак / и размер шага (например, $5 \times 10/60$).

7. Остальные вспомогательные знаки (см. табл. 13).

8. Шероховатость механической обработки поверхности шва (в учебных целях можно не указывать).

Практическая часть:

На основе нормативов и правил выполнения резьбы и резьбовых соединений, а также в соответствии с правилами оформления и выполнения чертежей, выполнить изображения шпильки, отверстий под шпильку. Пример оформления графической работы представлен на рис. 120. Варианты задания в таблице 15. Все необходимые параметры для расчета и вычерчивания представлены в табл. 16-23.

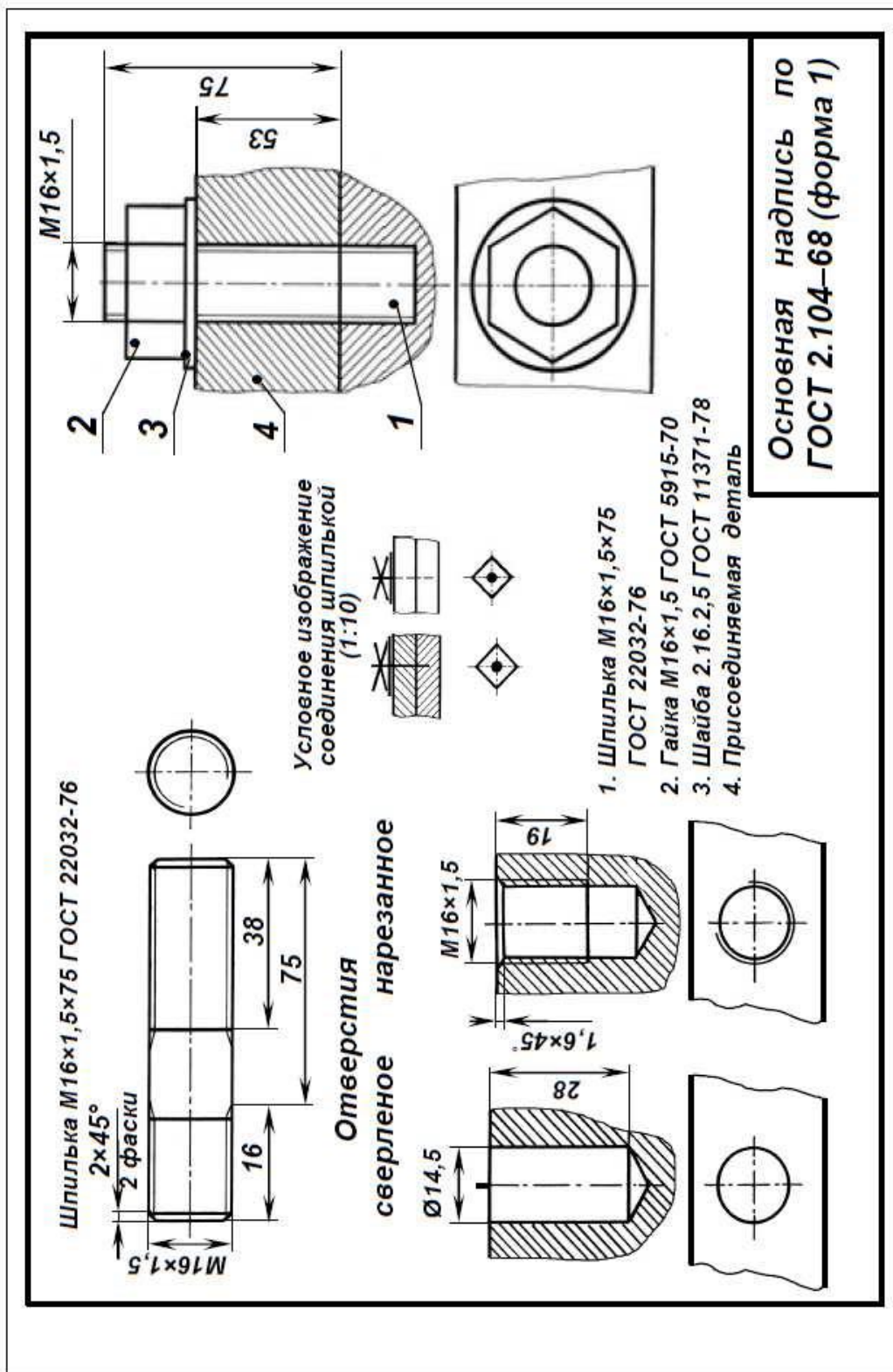


Рис. 120. Пример графической работы (Дз7)

Таблица 15 – Варианты заданий

№ варианта	Шпилька			Гайка				Шайба ГОСТ 11371-78		Толщина присоеди- няемых деталей, п
	размеры резьбы		ГОСТ	исполнение	размеры резьбы		ГОСТ			
	диа- метр	шаг			диа- метр	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

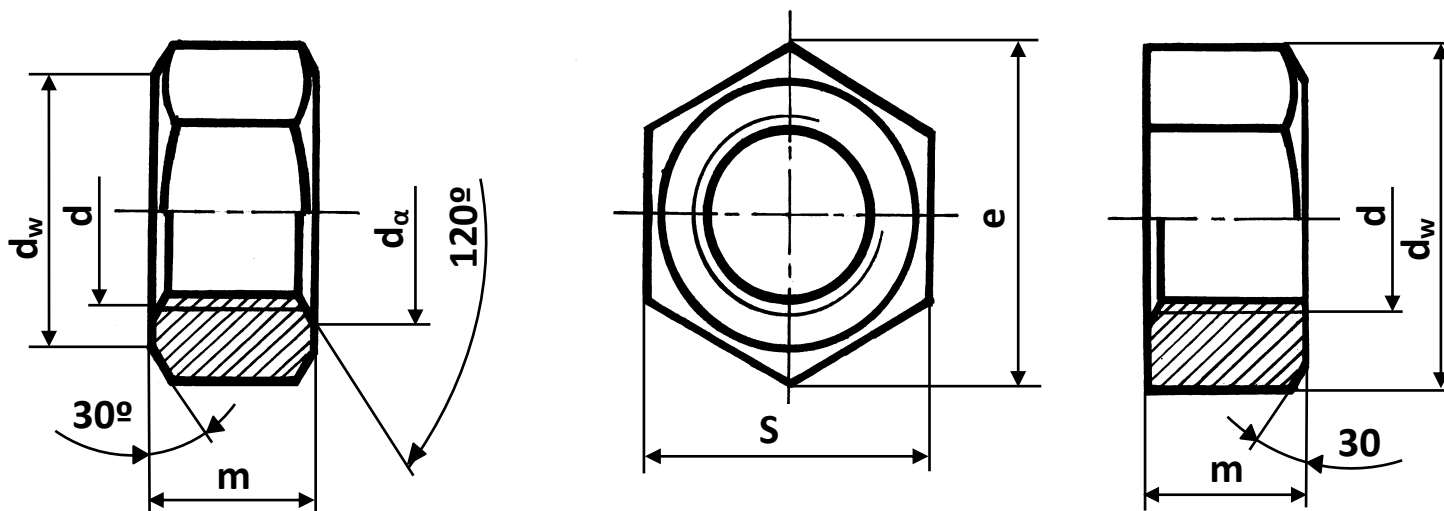


Таблица 16

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

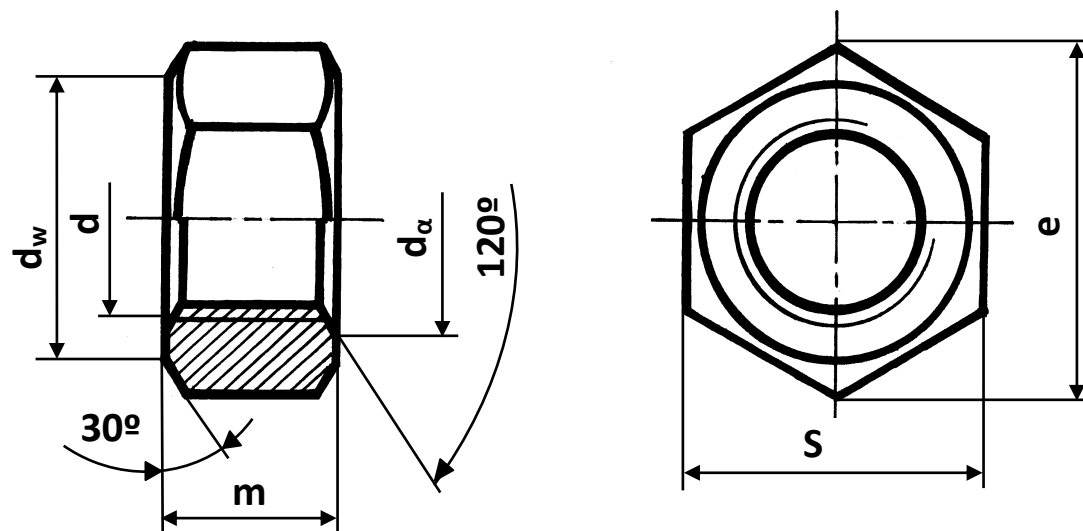


Таблица 17

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 _α	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

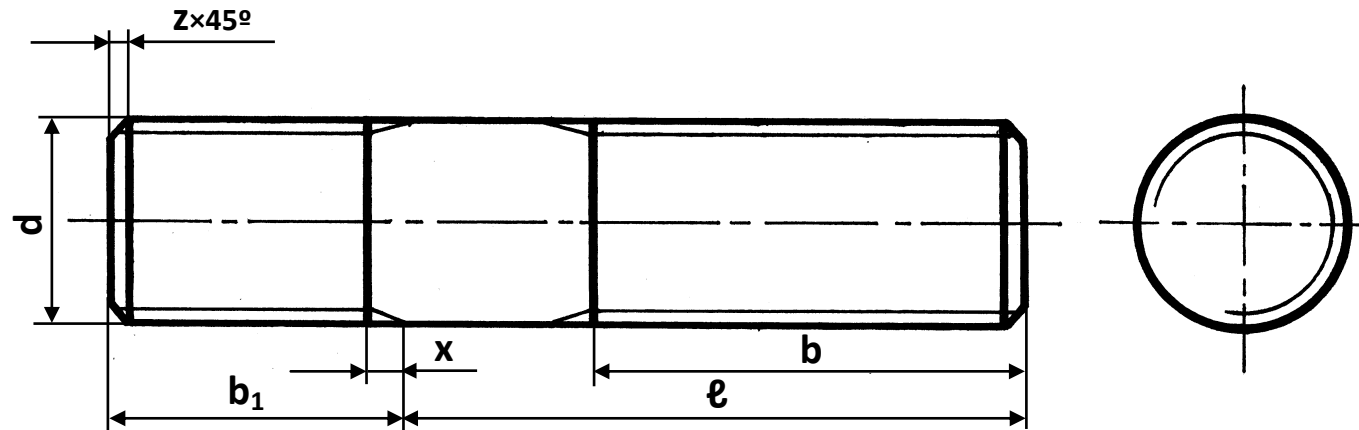
Шпильки с ввинчиваемым концом длиной $1d$ ГОСТ 22032-76

Таблица 18

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

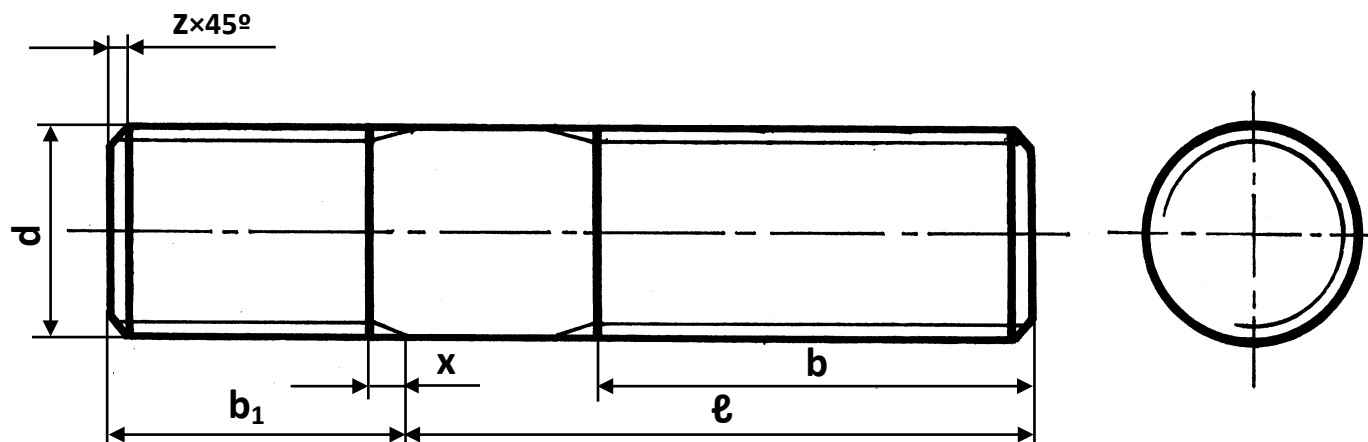
Шпильки с ввинчиваемым концом длиной $1,25 d$ ГОСТ 22034-76

Таблица 19

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

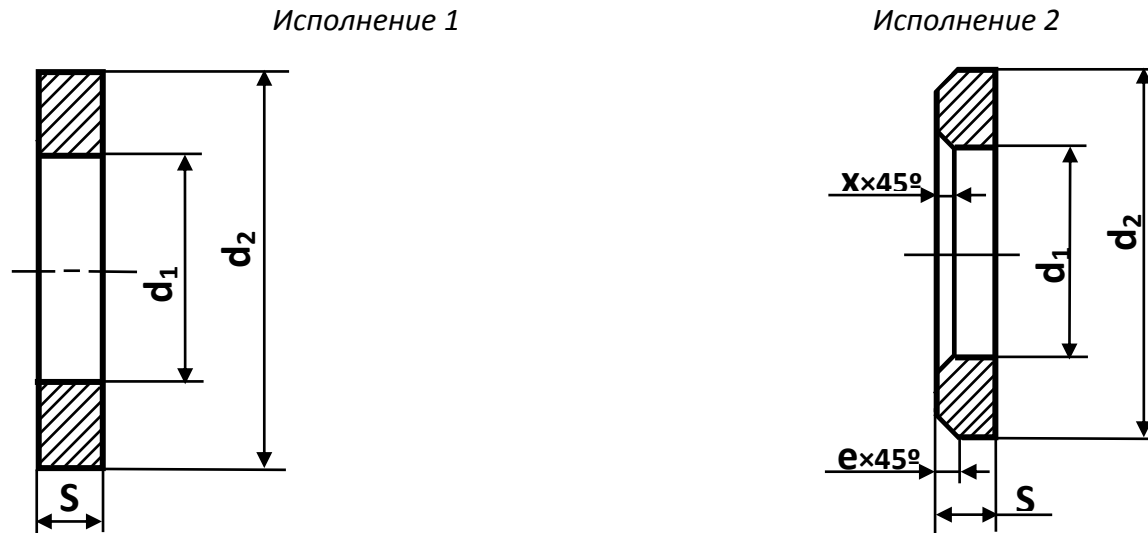


Таблица 20

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

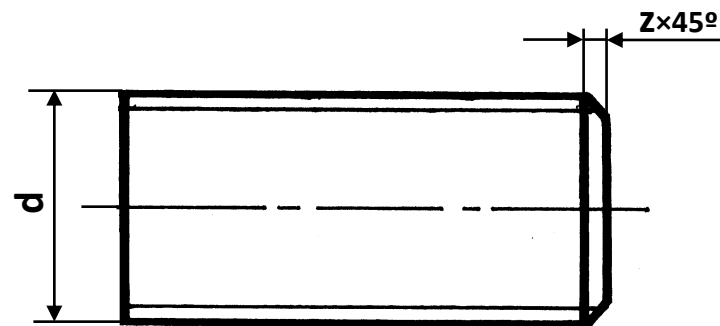


Таблица 21

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 22034-76 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

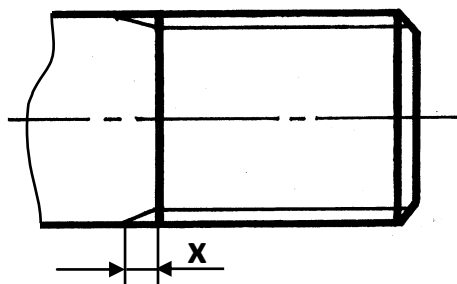


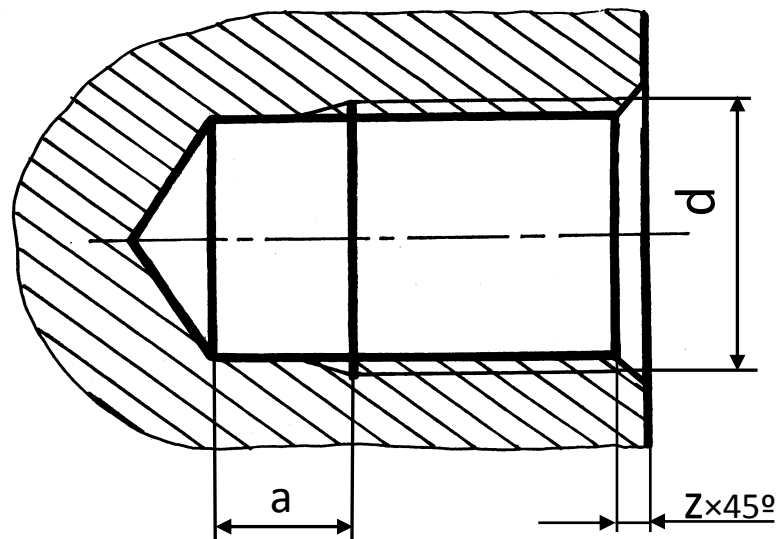
Таблица 22

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

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

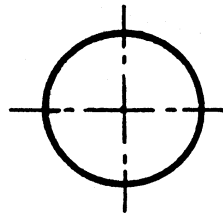
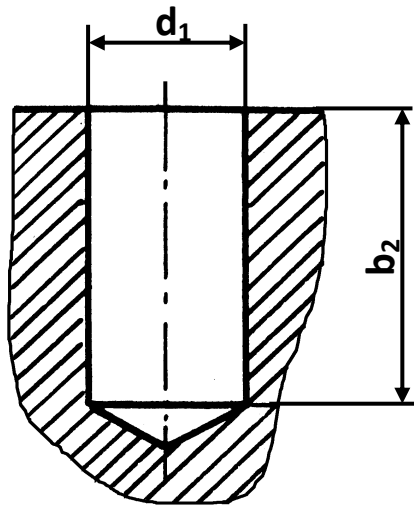
Таблица 23

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

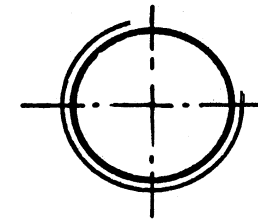
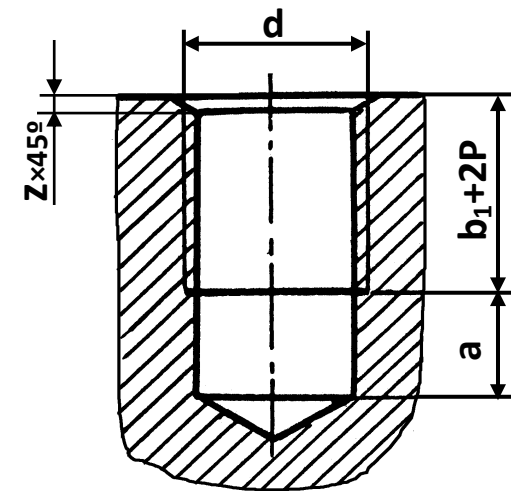


Глухое резьбовое отверстие под шпильку

Сверленное



Нарезанное



$$d_1 = d - P$$

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

Самостоятельная работа:

Дз 7 «Резьбовое соединение» состоит из завершения построений на листе А3, начатом на аудиторном (лабораторном) занятии. Графические построения выполнять в продолжение работы, начатой на лабораторном занятии.

Пояснения и задание к выполнению графической работы «Резьбовое соединение»:

Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта, выданному преподавателем (табл. 15).

Порядок выполнения графической работы:

1. 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. 120).

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

Дз 8 «Соединение сваркой» состоит из выполнения графической работы на листе формата А3.

Пояснения и задание к выполнению графической работы «Соединение сваркой»:

Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта, выданному преподавателем (табл. 16). По изображению аксонометрической проекции сборочной единицы, детали которой соединены сваркой, необходимо вычертить минимальное количество изображений для данной сборочной единицы. Выполнить необходимые разрезы для прочтения контуров внутренних элементов детали. Нанести размеры на данных изображениях. Нанести условные обозначения швов сварных соединений согласно ГОСТ 2.312-72.

Порядок выполнения графической работы:

1. По данному аксонометрическому изображению сборочной единицы определить главный вид сборочной единицы и расположить ее на месте вида спереди.

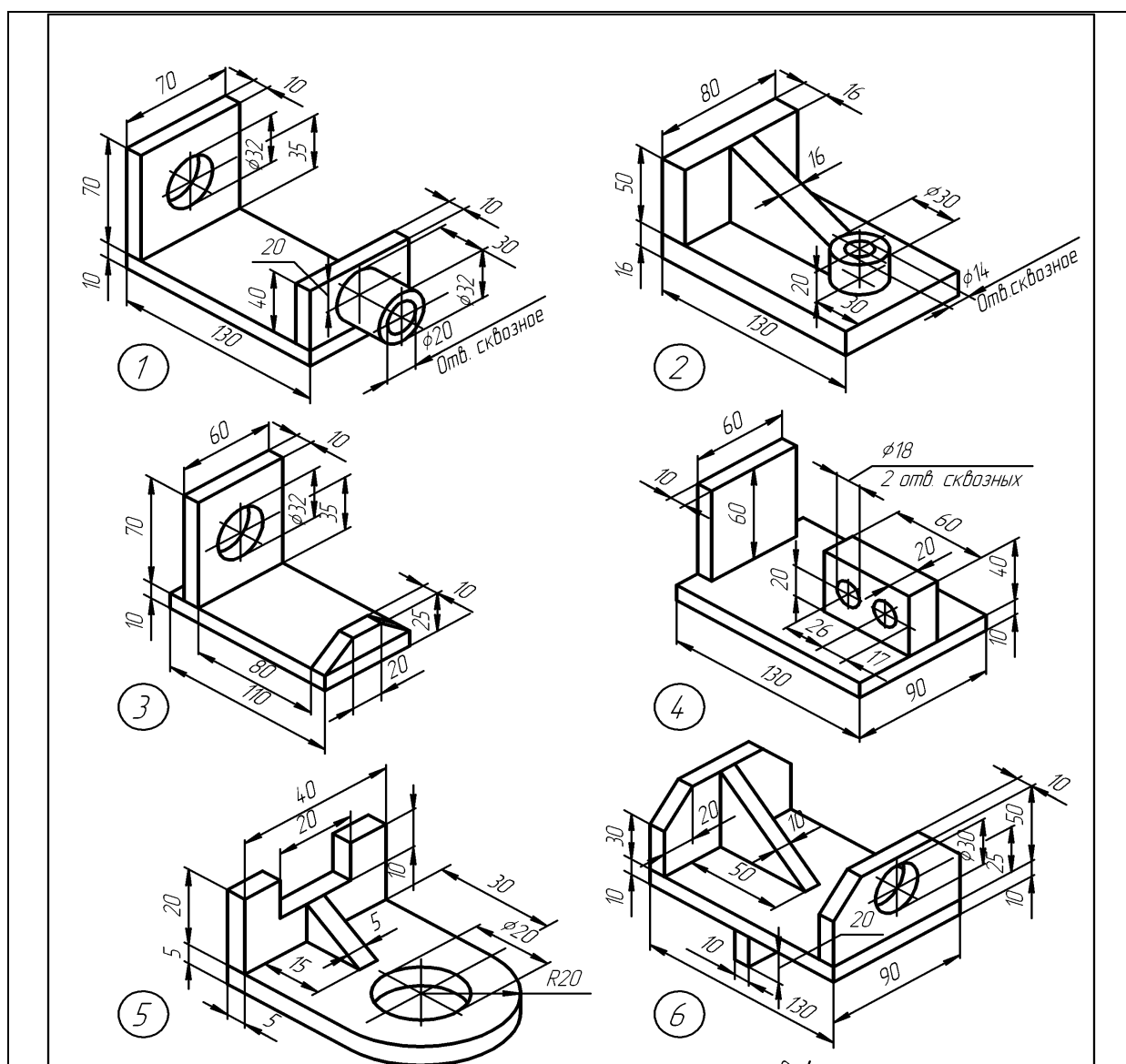
2. Установить необходимое и достаточное количество изображений для выяснения взаимного расположения деталей в процессе сборки и выявления формы сварного шва.

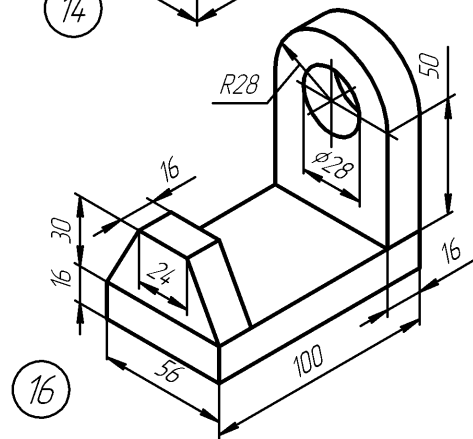
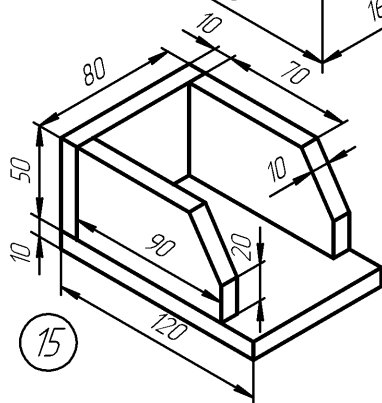
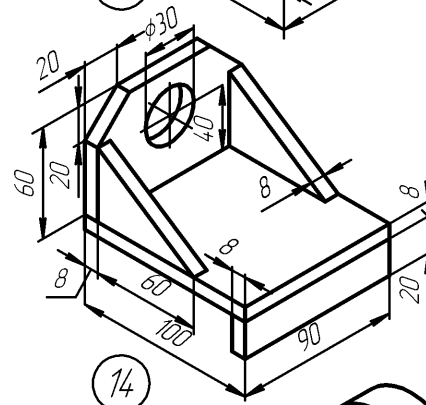
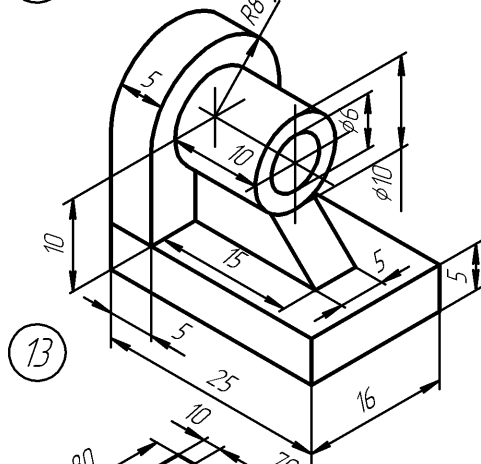
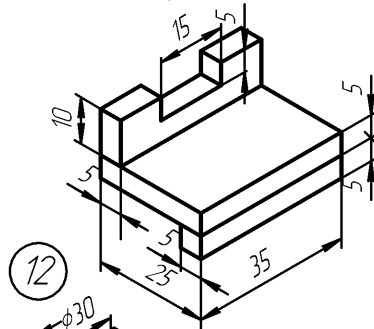
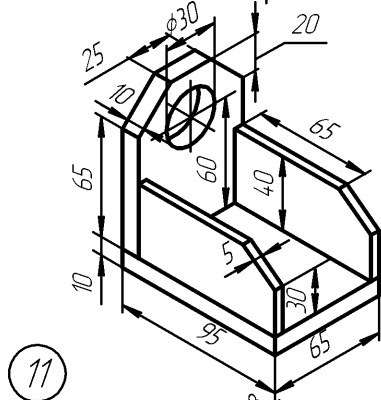
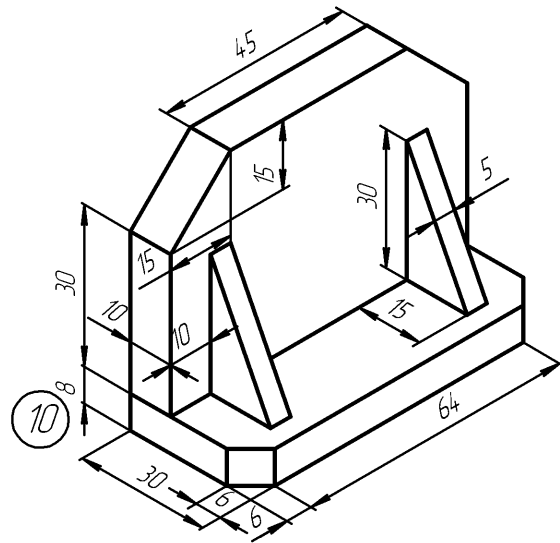
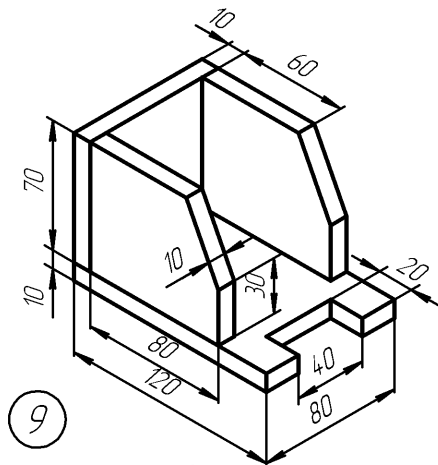
3. Выполнить необходимые разрезы для прочтения контуров внутренних элементов детали.

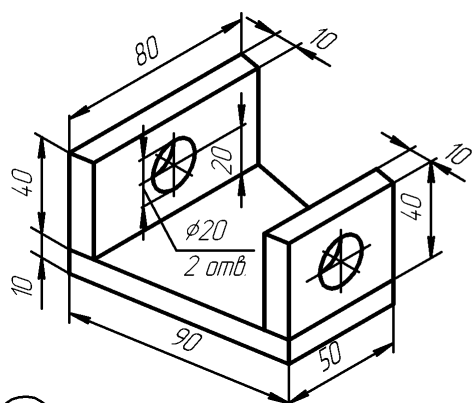
4. Нанести необходимые размеры на данных изображениях.

5. Нанести условные изображения и обозначения швов сварных соединений согласно ГОСТ 2.312-72.

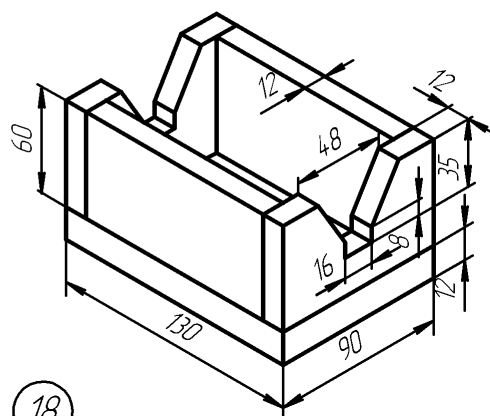
Таблица 16 – Варианты задания



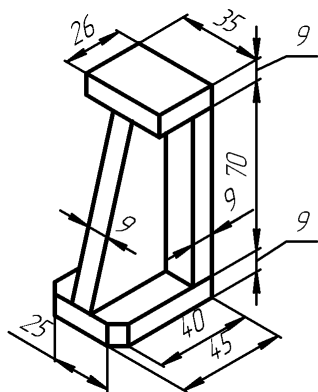




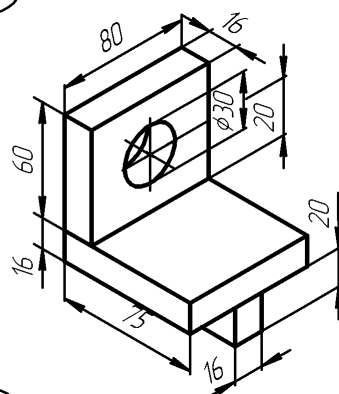
17



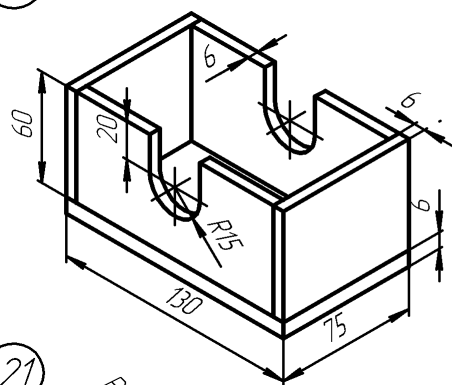
18



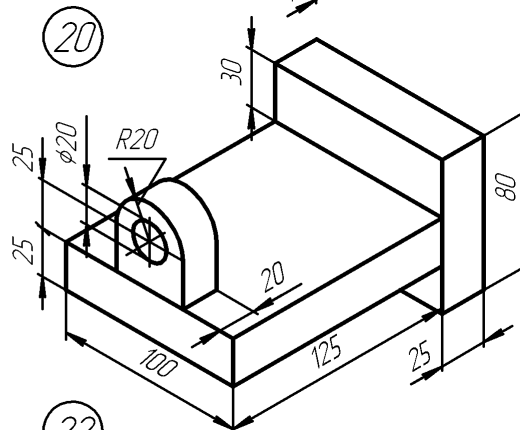
19



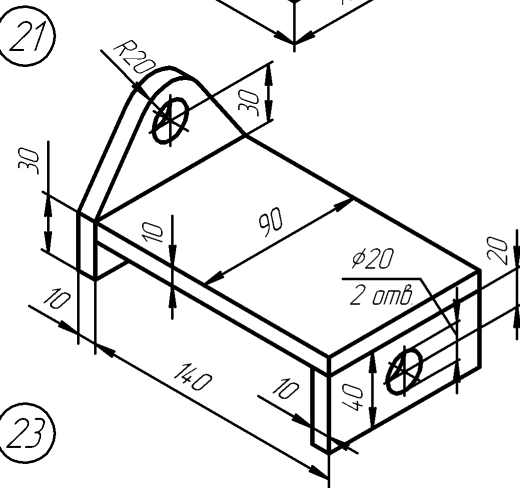
20



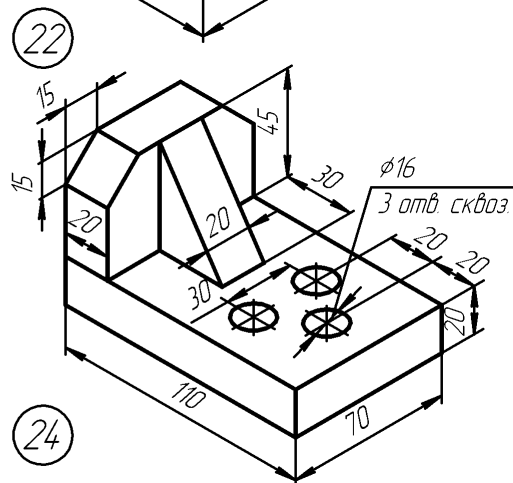
21



22



23



24

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?
11. Что называется сваркой?
12. Что называется сварным швом?
13. Изображения и обозначения сварных швов.
14. Типы швов сварных соединений.
15. Чем отличается стыковой сварной шов от углового?
16. Вспомогательные знаки в обозначении сварных швов.
17. В каком случае сварной шов носит название монтажного, а в каком – заводского?

Раздел 8. 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. п.);

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 применимости 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 техниче-

ского 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

Эскиз – это чертеж, выполненный от руки без применения чертежных инструментов, в глазомерном масштабе с сохранением пропорций между элементами детали.

Выполняя эскиз с натуры, следует аналитически относиться к форме и расположению отдельных ее элементов, так, например, дефекты литья (неравномерность толщины стенок, смещение центров отверстий, неровные края, асимметрия частей детали и т. п.) не должны отражаться на эскизе.

Рекомендуется следующая последовательность выполнения эскизов:

1. Внимательно осмотреть деталь, установить ее назначение и материал, определить геометрическую форму отдельных элементов детали.

2. Выбрать главный вид, который должен давать наиболее полное и наглядное представление о детали.

3. С учетом сохранения пропорций габаритов детали (длины, высоты, ширины) и полного использования листа бумаги нанести в проекционной связи габаритные прямоугольники для

размещения выбранных видов; в прямоугольниках проводят оси симметрии детали.

4. Вычертить внешние контуры корпуса детали.

5. Вычертить внутренние элементы детали в разрезе.

6. Нанести размерные и выносные линии (причем никаких измерений при этом не производить), условные знаки, определяющие характер поверхности: диаметр, радиус, конусность, тип резьбы согласно ГОСТ 2.307-68*.

7. При помощи измерительных инструментов определить размеры элементов детали, нанести размерные числа.

8. Проставить шероховатость поверхностей согласно ГОСТ 2.309-73*.

Оформить эскиз. Заполнить основную надпись согласно ГОСТ 2.104-68*.

В основной надписи следует указать наименование детали, марку материала, из которого она изготовлена, номер ГОСТ на материал. Наименование детали записывается в именительном падеже, в единственном числе. В наименованиях, состоящих из нескольких слов, на первое место ставится имя существительное, например: колесо зубчатое, крышка верхняя, гайка накидная.

Стандартизованные элементы детали (резьба, проточки, фаски, округления) должны иметь оформление и размеры, предусмотренные соответствующими стандартами.

Эскиз должен быть выполнен в соответствии со стандартами ЕСКД. Линии на эскизе должны быть ровными и четкими. Эскиз выполняется на бумаге в клетку формата А4 или А3. Дуги окружностей разрешается проводить циркулем с последующей обводкой их от руки. Выполняется эскиз мягким карандашом.

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 помо-

щью 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.

Эскиз вала

Вал – стержень, вращающийся в опорах и предназначенный для передачи вращающего момента от одной детали к другой.

Некоторые валы (гибкие, трансмиссионные, торсионные) не поддерживают вращающиеся детали. Так как передача крутящих моментов связана с возникновением сил, действующих на валы от посаженных на них деталей и опор, валы обычно подвержены

действию, кроме крутящих моментов, также поперечным силам и изгибающим моментам.

Рассмотрим отдельные элементы вала (рис. 122).

К конструктивным элементам относятся:

- лыска – плоский срез на поверхности вращения;
- фаска – скошенная кромка стержня, отверстия;
- паз шпоночный – углубление продолговатой формы, выполняемое фрезерованием;
- галтель и переходник – переход от меньшего сечения вала к большему (служит для снижения концентрации внутренних напряжений в месте перехода);
- шлицы – выступы на валу (зубья), которые входят в соответствующие пазы ступицы.

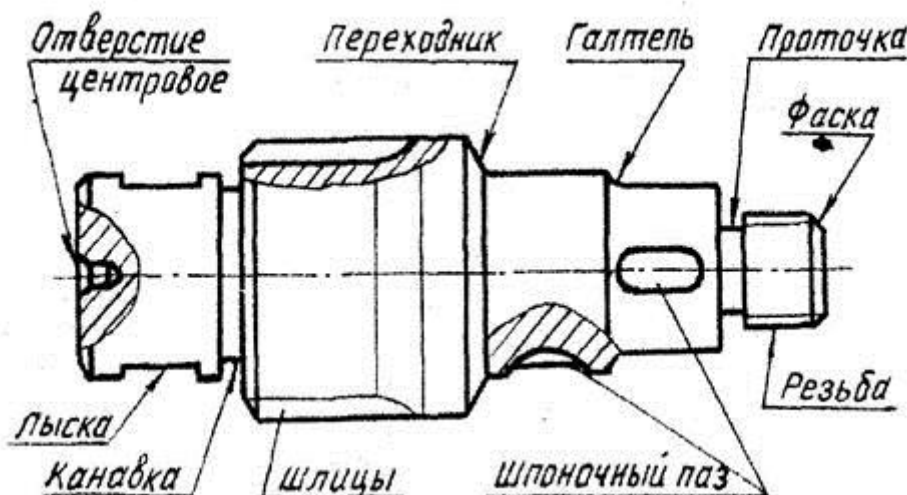


Рис. 122. Основные элементы вала

К технологическим элементам относятся:

- проточка (канавка) – кольцевое углубление на стержне или в отверстии;
- центровое отверстие – отверстие в торце заготовки, обрабатываемое специальным сверлом на центровальном станке, предназначено для закрепления заготовок в центрах металлорежущих станков.

Эскиз вала выполняют с натуры на бумаге в клеточку формата А3.

Главный вид вала располагают так, чтобы его ось была параллельна основной надписи чертежа. Изображение вала располагают на чертеже вправо стороной, более трудоемкой для токарной обработки. Разрезы, сечения, дополнительные виды определяются наличием конструктивных и технологических элементов. Если вал не является полым, то полного продольного разреза вала не выполняют.

Для изображения шпоночных пазов, шлицев, лысок, сквозных отверстий выполняют вынесенные сечения, для изображения центровых отверстий – местные разрезы. Форму канавки показывают в масштабе увеличения на выносном элементе. После выполнения изображения вала проставляют размеры согласно ГОСТ 2.307-68*.

Размеры на чертеже наносят от обработанных поверхностей или от линий, которые называют базами (рис. 123).

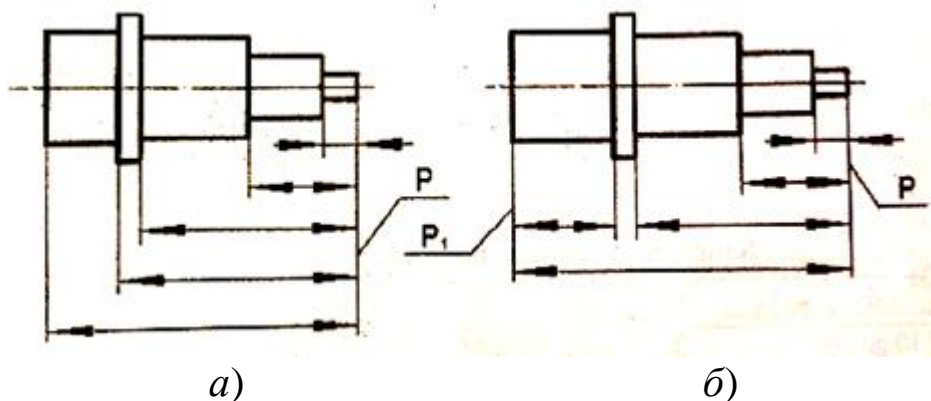


Рис. 123. Простановка размеров: а – с одной стороны; б – с главной и вспомогательной базой (Р – база)

Не допускается проставлять размеры на чертеже в виде замкнутой цепочки. В размерной цепи менее ответственный размер должен отсутствовать (свободный размер). За счет свободного размера компенсируются все неточности изготовления элементов детали.

Не допускается включения ширины фасок и канавок в общую размерность. Размеры фасок и канавок должны быть заданы отдельно (рис. 124).

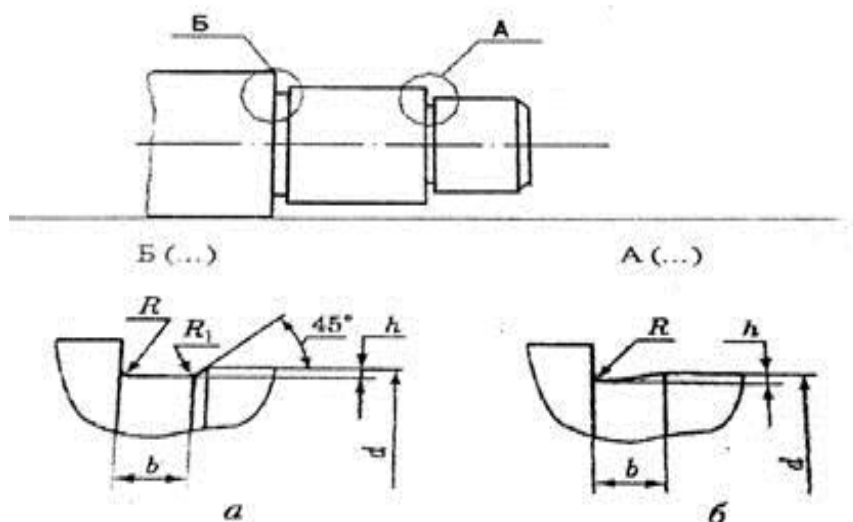


Рис. 124. Канавки для выхода шлифовального круга

Такие элементы детали, как центровые отверстия, фаски, галтели, канавки, шпоночные пазы, шлицы выполняют по определенным, установленным стандартами, размерам. Поэтому размеры этих элементов выбирают из таблиц в зависимости от диаметра вала.

Эскиз зубчатого колеса

Для передачи вращательного движения от одного вала к другому чаще всего применяют зубчатые передачи. Зубчатая передача состоит из двух колес, на поверхности которых чередуются впадины и выступы (зубья). Принцип работы передачи основан на зацеплении зубчатых колес, когда зубья одного из них входят во впадины другого.

Зубчатая передача между параллельными валами осуществляются цилиндрическими зубчатыми колесами. При пересекающихся осях называется конические зубчатые колеса. Меньшее из

пары зубчатых колес называется шестерней. Термин «Зубчатое колесо» является общим для обоих колес.

Цилиндрическое зубчатое колесо малого диаметра обычно имеет форму сплошного цилиндра с отверстием для установки на вал. При несколько больших диаметрах колеса для облегчения его конструкции выполняются массивными только обод, на котором расположены зубы и ступица (втулка) с отверстием для вала. Остальная часть колеса представляет собой тонкий диск с отверстиями. Зубчатое колесо представлено на рисунке 125.

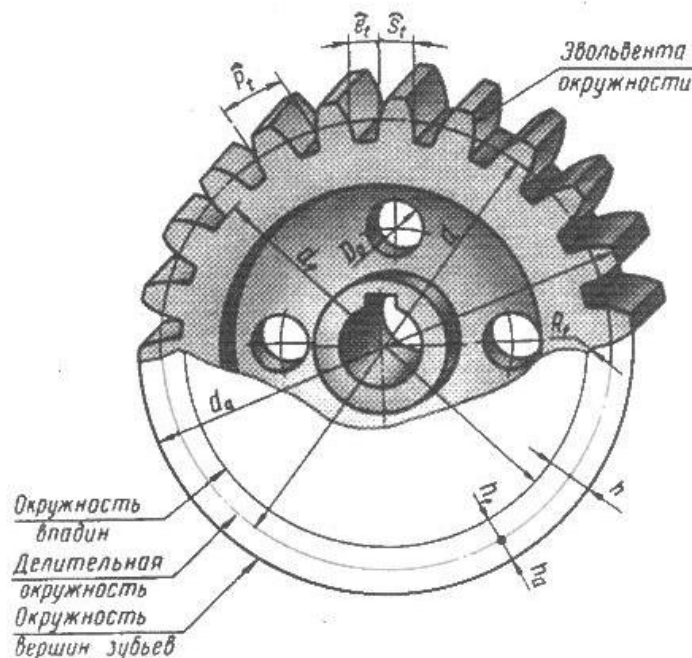


Рис. 125. Зубчатое колесо

Конструктивные и геометрические параметры зубчатого колеса определяются расчетом, приведенным ниже:

Пример расчёта геометрических параметров зубчатого колеса: число зубьев $z = 51$; диаметр окружности вершин зубьев $d_a = 159$ мм.

Модуль зубчатого колеса определяется по формуле:

$$m = d_a / (z + 2) = 159 / (51 + 2) = 3 \text{ мм}$$

Диаметр делительной окружности

$$d = m \times z = 3 \times 51 = 153 \text{ мм}$$

Высота головки зуба $h_a = m = 3 \text{ мм}$

Высота ножки зуба $h_f = 1,25m = 1,25 \times 3 = 3,75 \text{ мм}$

Диаметр окружности впадин

$$d_f = d - 2,5m = 153 - 2,5 \times 3 = 145,5 \text{ мм}$$

Расчёт конструктивных элементов вала

Для расчёта конструктивных элементов колеса, кроме геометрических параметров, необходимо знать диаметр вала d_v и длину шпоночного паза в месте посадки зубчатого колеса l .

Диаметр отверстия колеса под вал D_v и длину шпоночного паза в месте посадки зубчатого колеса.

Длину ступицы $L_{ст}$ принять на 5...10 мм больше длины шпоночного паза (табл. 17).

Ориентировочные соотношения конструктивных размеров зубчатого колеса приведены в таблице 17.

На чертежах зубчатых колес принято изображать главный вид с полным разрезом отверстие со шпоночным пазом. При любом положении секущей плоскости зуб принято изображать не расчетным.

На чертеже колеса из геометрических параметров проставляют следующие размеры: диаметр окружности вершин d_a и ширину зубчатого венца B .

Диаметр делительной окружности d (мм), модуль m (мм) и число зубьев z указываются в таблице, расположенной в правом верхнем углу чертежа.

По рассчитанным параметрам выполняется эскиз зубчатого колеса на листе в клетку формата А4 (рис. 126).

Таблица 17 – Ориентировочные соотношения
размеров зубчатого колеса

Элементы зубчатого колеса	Расчетная формула
Диаметр отверстия под вал	$D_B = d_B = 60 \text{ мм}$
Длина ступицы	$L_{CT} = l + (5 \dots 10) \text{ мм} = 30 + 5 \dots 10 = 40 \text{ мм}$
Ширина зубчатого венца	$B = L_{CT} = 40 \text{ мм}$
Толщина обода зубчатого венца	$d_1 = 2,5 \times m = 2,5 \times 3 = 7,5 \text{ мм} \rightarrow 8 \text{ мм}$
Толщина диска	$d_2 = 0,3 \times B = 0,3 \times 40 = 12 \text{ мм}$
Наружный диаметр ступицы	$D_{CT} = 1,6 \times d_B = 1,6 \times 60 = 96 \text{ мм}$
Диаметр обода	$D_K = d_f - 2 \times d_1 = 145,5 - 2 \times 7,5 = 130,5 \text{ мм} \rightarrow 131 \text{ мм}$
Диаметр центральной окружности	$D_1 = 0,5 \times (D_K + D_{CT}) = 0,5 \times (130,5 + 96) = 113,25 \text{ мм} \rightarrow 113 \text{ мм}$
Диаметр отверстия в диске	$D_0 = (D_K - D_{CT}) / 4 = (130,5 - 96) / 4 = 8,625 \text{ мм} \rightarrow 9 \text{ мм}$

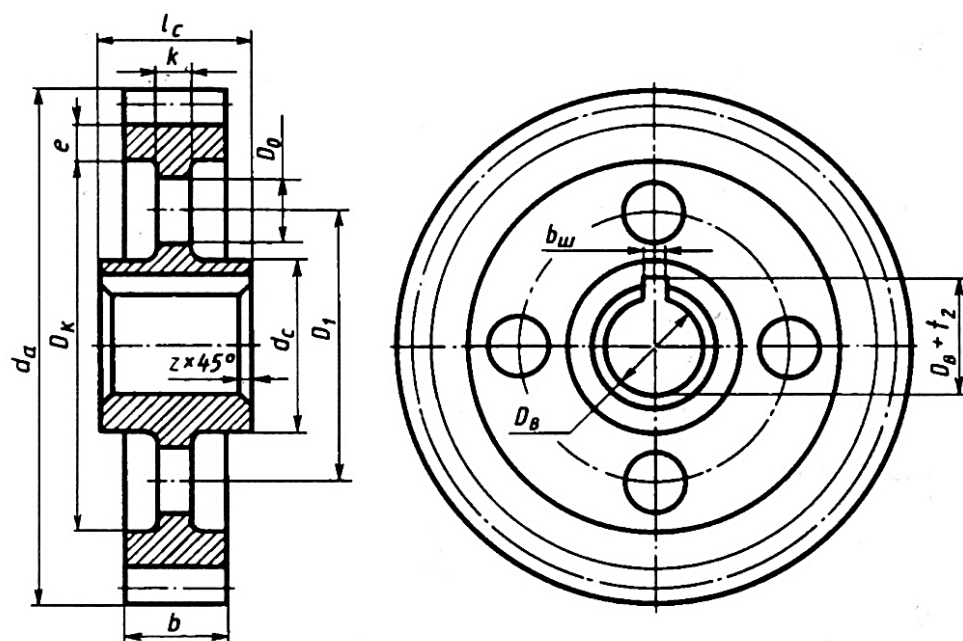


Рис. 126. Эскиз зубчатого колеса

Шпоночное соединение

Для подвижного или неподвижного соединения зубчатых колес с валом применяются шпонки, которые представляют с собой деталь призматической, сегментной или клиновидной формы с прямоугольным поперечным сечением.

В шпоночном соединении часть шпонки входит в паз вала, а часть – в паз ступицы (втулки) колеса (рис. 127). Между пазом втулки и верхней гранью шпонки должен быть небольшой зазор, определяемый размерами пазов на валу t_1 и ступице t_2 .

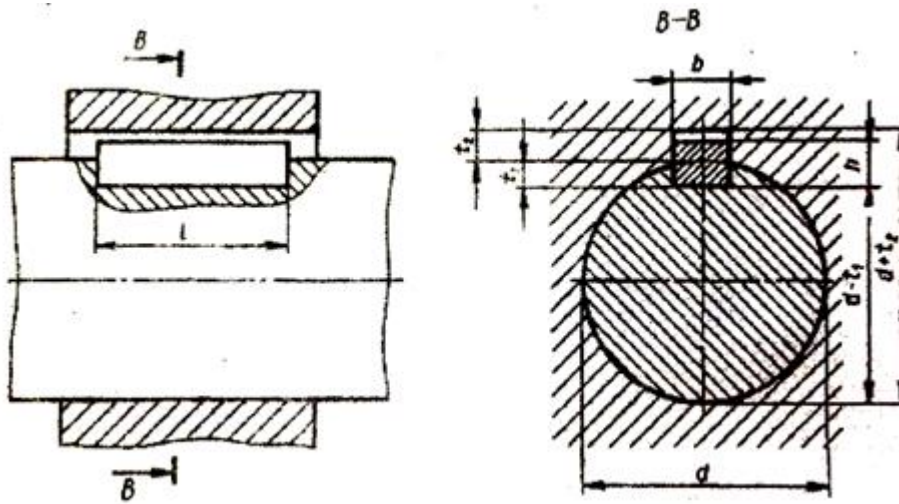


Рис. 127. Соединение с помощью призматической шпонки

В продольном разрезе шпонки показывают не рассечёнными. Форма и размеры шпонок и пазов стандартизованы и зависят от диаметра вала и условий эксплуатации соединяемых деталей. Длину шпонки выбирают из стандартного ряда длин на 5...10 мм меньше длины ступицы зубчатого колеса $L_{ст}$.

Наибольшее распространение имеют призматические шпонки со скругленными концами. Размеры призматических шпонок выбираются по ГОСТ 23360-78.

Условное обозначение призматической шпонки с размерами $b = 18$ мм; $h = 11$ мм; $l = 110$ мм:

- шпонка 18×11×110 ГОСТ 23360-78.

Для соединения с валом деталей, имеющих короткие ступицы, применяются сегментные шпонки. Размеры сегментных шпонок установлены ГОСТ 24071-80.

Выполнение чертежей зубчатых передач (цилиндрической, конической, червячной)

Расчет основных геометрических параметров зубчатой передачи выполняется по исходным данным зубчатой передачи (модуль, число зубьев зубчатого колеса, угол наклона линии зубчатого колеса; число витков и т. д.). Исходные данные для расчета зубчатых передач расположены на полке линии выноски от зубчатого колеса на чертеже общего вида. Для цилиндрической передачи расчет основных геометрических параметров осуществляется по формулам, расположенным в таблице 18, в соответствии с ГОСТ 16532-70. Расчетные формулы для конической (ГОСТ 19624-74) и червячной передачи (ГОСТ 19650-74) приведены, соответственно, в таблицах 19, 20. Чертежи зубчатых передач изображены на рис. 128, 129 и 130.

Таблица 18 – Расчет основных геометрических параметров и конструктивных элементов зубчатых колес цилиндрических передач с внешним зацеплением

Параметр	Расчетная формула и указания
Делительное межосевое расстояние, a	$a = (z_1 + z_2)m / 2 \cos \beta$ <p>где z_2 и z_1 – число зубьев шестерни и колеса соответственно; m – модуль по ГОСТ 9563–60*, мм; β – угол наклона линии зуба рейки; $\beta = 0$ – для прямозубых колес; $\beta = 8 \dots 20^\circ$ – для косозубых колес; $\beta = 25 \dots 35^\circ$ – для шевронных колес</p>

Продолжение табл. 18

Параметр	Расчетная формула и указания
Делительные диаметры: шестерни, d_1 колеса, d_2	$d_1 = \frac{z_1 m}{\cos\beta}$, мм $d_2 = \frac{z_2 m}{\cos\beta}$, мм
Передаточное число, u	$u = z_2 / z_1$
Диаметр вершин зубьев: шестерни, d_{a1} колеса, d_{a2}	$d_{a1} = \frac{(z_1 + 2)m}{\cos\beta}$, мм $d_{a2} = \frac{(z_2 + 2)m}{\cos\beta}$, мм
Диаметр впадин зубьев: шестерни, d_{f1} колеса, d_{f2}	$d_{f1} = \frac{(z_1 - 2,5)m}{\cos\beta}$, мм $d_{f2} = \frac{(z_2 - 2,5)m}{\cos\beta}$, мм
Исходный контур по ГОСТ 13755–81: высота зуба, h высота головки зуба, h_a высота ножки зуба, h_f	$h = 2,25m$, мм $h_a = m$, мм $h_f = 1,25m$, мм
Радиальный зазор, c	$c = 0,25m$, мм
Окружной шаг зубьев, Pt	$Pt = \pi m$, мм, где $\pi = 3,14$ рад
Толщина зуба, St	$St = Pt / 2$, мм
Ширина венца зубчатого колеса, b	$b = (8... 10)m$, мм
Толщина обода, δ_0	$\delta_0 = (2...3)m$, мм – для литых колес; $\delta_0 = (2,5...4)m$, мм – для штампованных колес
Толщина диска зубчатого колеса, K	$K = 0,5b$, мм – для обыкновенных колес; $K = (0,3...0,35)b$, мм – для шевронных колес
Длина ступицы, $l_{ст}$	$l_{ст} = (1,0...1,5)d_1$, мм, d_1 где – диаметр посадочного отверстия зубчатого колеса (определяется расчетом)
Наружный диаметр ступицы, $d_{ст}$	$d_{ст} = (1,5...1,7)d_1$, мм

Таблица 19 – Расчет основных геометрических параметров и конструктивных элементов ортогональных конических передач с прямыми зубьями

Параметр	Расчетная формула и указания
Число зубьев исходного плоского колеса, z_c	$z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$, где z_1 и z_2 – число зубьев шестерни и колеса соответственно
Внешнее конусное расстояние, R_e	$R_e = 0,5m_e z_c$, мм, где m_e – внешний окружной модуль по ГОСТ 9563–60*
Ширина зубчатого венца, b	$b \leq 0,3R_e$, мм
Среднее конусное расстояние, R_m	$R_m = R_e - 0,5b$, мм
Средний окружной модуль, m_m	$m_m = m_e R_m / R_e$, мм
Средний делительный диаметр, d_m	$d_m = m z$, мм, где m – модуль; z – число зубьев колеса/шестерни
Угол делительного конуса: шестерни, δ_1 колеса, δ_2	$\delta_1 = \arctg(z_1 / z_2)$, $\delta_2 = \Sigma - \delta_1$, где Σ – межосевой угол ортогональной передачи, $\Sigma = 90^\circ$
Внешняя высота головки зуба, h_{ae}	$h_{ae} = h_a^* m_e$, мм, где h_a^* – коэффициент высоты головки по ГОСТ 13754–81, $h_a^* = 1$ мм
Внешняя высота ножки зуба, h_{fe}	$h_{fe} = 1,2m_e$, мм
Внешняя высота зуба, h_e	$h_e = 2,2m_e$, мм
Угол головки зуба, Θ_a	$\Theta_a = \arctg(h_{ae} / R_e)$
Угол ножки зуба, Θ_f	$\Theta_f = \arctg(h_{fe} / R_e)$

Продолжение табл. 19

Параметр	Расчетная формула и указания
Угол конуса впадин, δ_f	$\delta_f = \delta - \Theta_f$
Внешний делительный диаметр, d_e	$d_e = m_e z$, мм
Внешний диаметр вершин зубьев, d_{a_e}	$d_{a_e} = d_e + 2h_{a_e} \cos \delta$, мм
Расстояние от вершины конуса до плоскости внешней окружности вершин зубьев, B	$B = 0,5d_e - h_{a_e} \sin \delta$, мм
Исходный контур по ГОСТ 13754–81: радиальный зазор, c^*	$c^* = 0,2m_e$, мм
Толщина обода, S	$S = \delta_0$, мм, δ_0 – см. табл. 18
Толщина диска зубчатого колеса, K	См. соответствующий параметр в табл. 18
Длина ступицы, $l_{ст}$	См. соответствующий параметр в табл. 18
Наружный диаметр ступицы, $d_{ст}$	См. соответствующий параметр в табл. 18
Выступ ступицы, t	$t = 0,1m$, мм

Таблица 20 – Расчет основных геометрических параметров
и конструктивных элементов червячной передачи
с цилиндрическим червяком

Параметр	Расчетная формула и указания
Делительный диаметр: червяка, d_1	$d_1 = mq$ или $d_1 = \frac{z_1 m}{\operatorname{tg} \gamma}$, где m – осевой модуль по ГОСТ 2144–76; q – коэффициент диаметра червяка; z_1 – число витков червяка; γ – делительный угол подъема цилиндриче- ского червяка по ГОСТ 2144–76*
колеса, d_2	$d_2 = z_2 m$, мм, где z_2 – число зубьев червячного колеса
Высота витка червяка, h_1	$h_1 = h^* m$, мм, где h^* – коэффициент витка червяка, $h^* = 2,2$
Высота головки витка червяка, h_{a1}	$h_{a1} = h_a^* m$, мм, где h_a^* – коэффициент высоты головки витка, $h_a^* = 1,0$
Диаметр вершин: червяка, d_{a1} колеса, d_{a2}	$d_{a1} = d_1 + 2h_a^* m$, мм $d_{a2} = d_2 + 2h_a^* m$, мм
Диаметр впадин: червяка, d_{f1} колеса, d_{f2}	$d_{f1} = d_1 - 2h_f^* m$, мм, где h_f^* – коэффициент высоты ножки витка, $h_f^* = 1,2$ $d_{f2} = d_2 - 2h_f^* m$, мм

Продолжение табл. 20

Параметр	Расчетная формула и указания
Наибольший диаметр червячного колеса, d_{am2}	$d_{am2} \leq d_{a2} - \frac{6m}{z_1 + 2}$, мм
Ширина венца червячного колеса, b_2	$b_2 \leq 0,75d_{a1}$, мм при $z_1 \leq 3$ $b_2 \leq 0,67d_{a1}$, мм при $z_1 \leq 4$
Межосевое расстояние, a_ω	$a_\omega = a = 0,5m(z_2 + q)$, мм (значения по ГОСТ 2144–76*)
Радиус выемки поверхности червячного колеса: делительной, R_2 вершин, R_{a2} впадин, R_{f2}	$R_2 = 0,5d_1$, мм $R_{a2} = 0,5d_1 - m$, мм $R_{f2} = 0,5d_1 + 1,2m$, мм
Радиус кривизны переходной кривой червяка, ρ_{f1}	$\rho_{f1} = \rho_{f1}^* m$, мм, где ρ_{f1}^* – коэффициент радиуса кривизны переходной кривой, $\rho_{f1}^* = 0,3$
Радиус кривизны линии притупления витка, ρ_{k1}	$\rho_{k1} \approx 0,1m$, мм
Радиальный зазор, c	$c = c^* m$, мм, где c^* – коэффициент радиального зазора, $c^* = 0,2$
Передаточное число, u	$u = \frac{z_2}{z_1}$, по ГОСТ 2144–76*
Условный угол обхвата червяка, δ	$\delta = \arcsin \left[\frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m} \right]$

Продолжение табл. 20

Параметр	Расчетная формула и указания	
Условный угол обхвата червяка, δ	$\delta = \arcsin \left[\frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m} \right]$	
Длительный угол подъема витка, γ	$\gamma = \arctg(z_1 / q)$	
Длина нарезанной части червяка, b_1	$b_1 = (11 + 0,06z_2)m$, мм для $z_1 = 1$ или 2	$b_1 = (12,5 + 0,09z_2)m$, мм для $z_1 = 4$
Толщина обода, δ_0	См. соответствующий параметр в табл. 18	
Толщина диска червячного колеса, K	$K = \frac{1}{3}b_2$, мм	
Длина ступицы, $l_{ст}$	См. соответствующий параметр в табл. 18, но не менее b_2	
Наружный диаметр ступицы, $d_{ст}$	См. соответствующий параметр в табл. 18	
Внутренний диаметр обода, D_0	$D_0 = d_{a2} - (6...10)m$, мм	
Диаметр расположения технологических отверстий в дисках колес, D_1	$D_1 = 0,5(D_0 + d_{ст})$, мм	
Диаметр технологических отверстий, d_0	$d_0 = 0,25(D_0 - d_{ст})$, мм	

Шпонки подбирают по ГОСТу.

Зубья и витки колес и червяков вычерчивают в осевых разрезах и сечениях. В остальных случаях зубья и витки не вычерчиваются, ограничивая изображение окружностью по диаметру выступов. При необходимости профиль зуба или витка показывают на выносном элементе или ограниченном участке изображения детали. При изображении на чертеже зубчатых передач начальные и расчетные окружности, образующие начальных и расчетных окружностей, а также окружности больших оснований начальных конусов проводят тонкими штрихпунктирными лини-

ями (рис. 128, 129 и 130). Окружности и образующие поверхностей выступов зубьев и витков показывают сплошными основными линиями на всем протяжении, включая зацепление.

На разрезе в зоне зацепления, если секущая плоскость проходит через оси зубчатых колес, принято зуб ведущего колеса показывать расположенным перед зубом ведомого колеса. Для червячных передач виток червяка также показывают расположенным перед зубом червячного колеса. Во всех случаях невидимые контуры допускается не наносить.

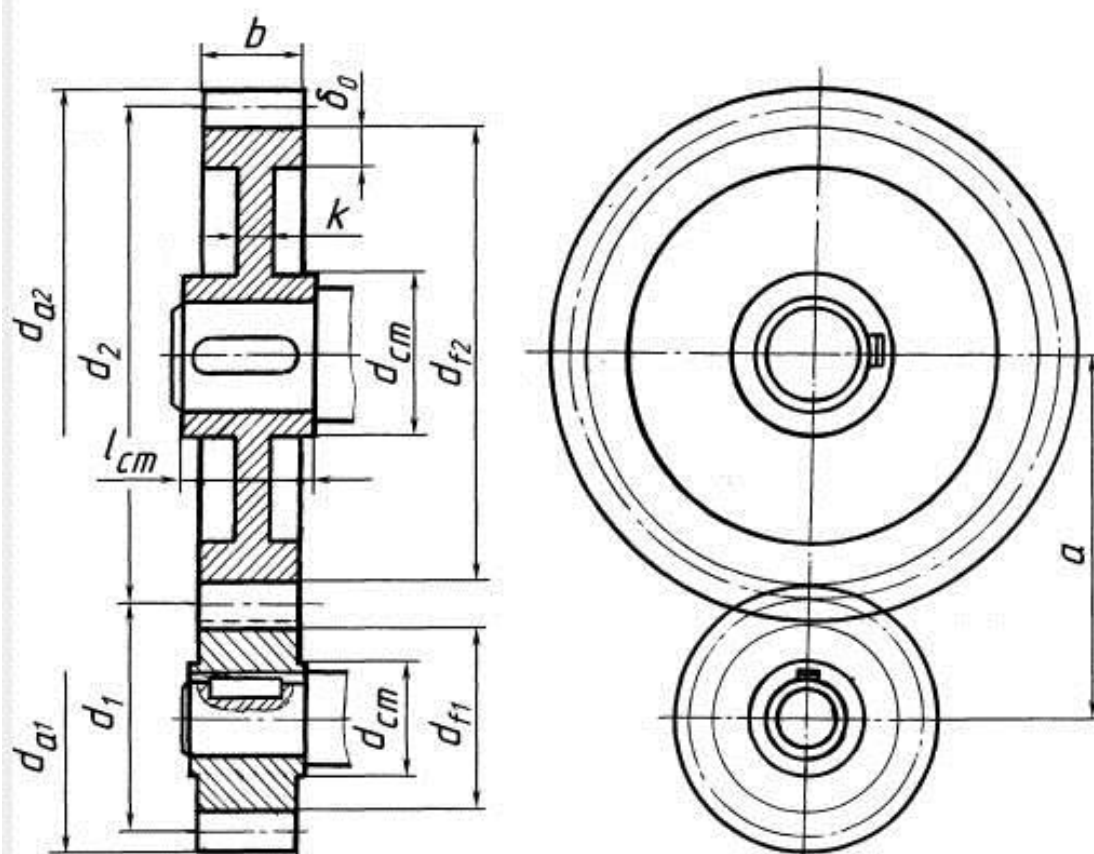


Рис. 128. Цилиндрическая зубчатая передача

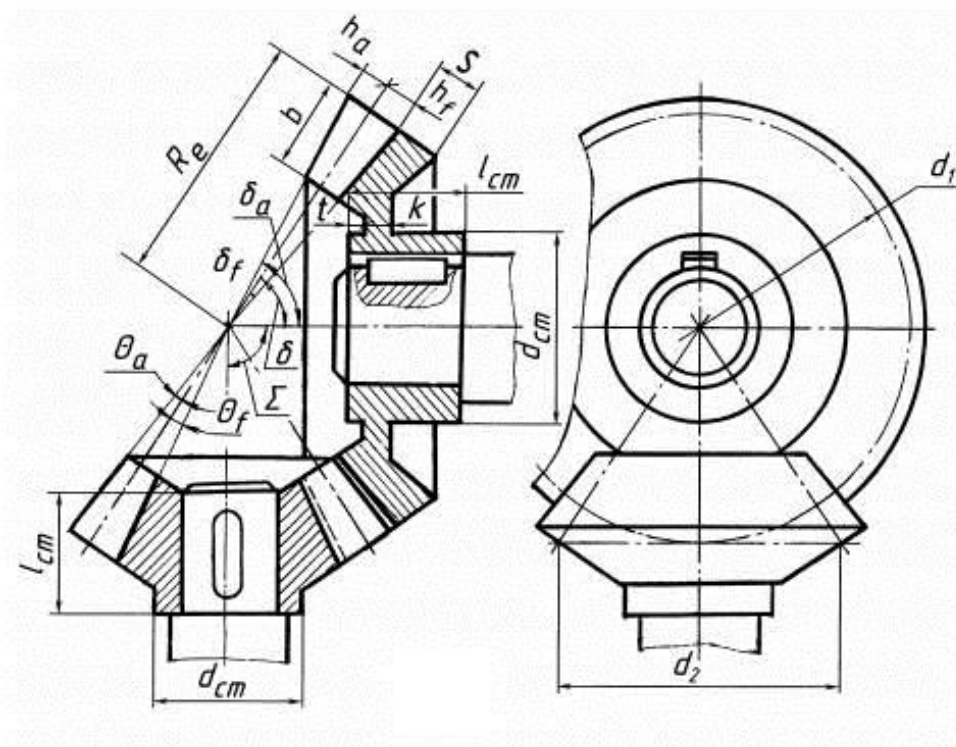


Рис. 129. Коническая зубчатая передача

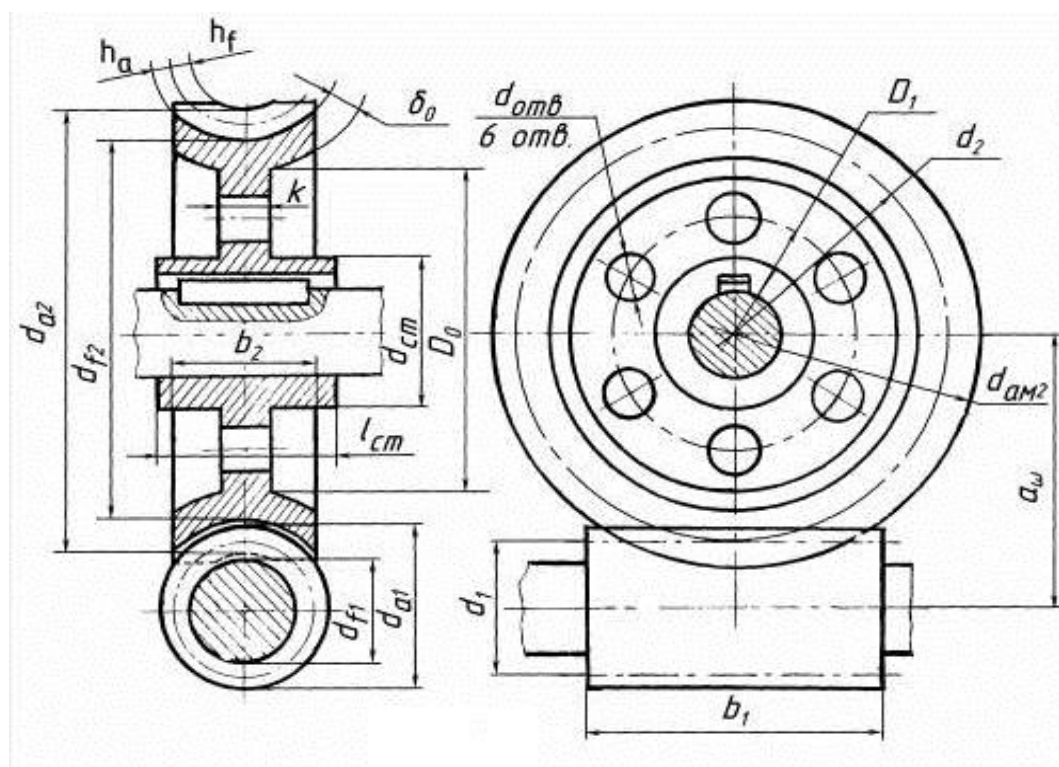


Рис. 130. Червячная зубчатая передача

Кинематическая схема

Схемой называется конструкторский документ, который содержит составные части изделия и связи между ними в виде условных изображений или обозначений. Схема дает пояснение основных принципов действия и последовательности процессов при работе устройства, механизма и т. д. Требования к оформлению и выполнению схем установлены ГОСТ 2.701-84.

В зависимости от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, различают схемы: вакуумные – В, гидравлические – Г, кинематические – К, пневматические – П, энергетические – Р, электрические и др.

В зависимости от назначения схемы бывают различных типов: структурные – 1, функциональные – 2, принципиальные – 3, монтажные – 4 и т.д.

Код схемы (буква и цифра) дается в основной надписи (форма 1, ГОСТ 2.104-68) для буквенного цифрового обозначения документа с расшифровкой после наименования изделия шрифтом меньшего размера.

Схемы выполняют на листах, размеры которых соответствуют размерам форматов по ГОСТ 2.301-68. Изображенные на схеме элементы обозначают в соответствии со стандартом и вносят в таблицу перечня элементов на первом листе схемы над основной надписью по форме 1 на расстоянии не менее 12 мм от нее или на отдельных листах формата А4 в виде самостоятельного документа.

Общие требования к выполнению кинематических схем регламентируют ГОСТ 2.703-68 и ГОСТ 2.770-68. Принципиальная кинематическая схема представляет собой совокупность кинематических элементов и их соединений, предназначенных для осуществления регулирования, управления и контроля заданных движений и исполнительных органов.

Все элементы схемы показывают условными графическими обозначениями ГОСТ 2.770-68.

Соотношение размеров взаимодействующих элементов в изделии должно примерно соответствовать соотношению размеров условных графических обозначений на схеме.

На принципиальной кинематической схеме валы, оси, стержни, шатуны, кривошипы и т.п. изображают сплошной основной линией толщиной $S = 1$ мм; зубчатые колеса, червяки, звездочки, кулачки – сплошной линией толщиной $S/2$; контур изделия, в который вписана схема – линией толщиной $S/3$.

Каждому кинематическому элементу схемы присваивается порядковый номер, начиная от источника движения. Порядковый номер элемента проставляют на полке линии–выноски арабскими цифрами. Под полкой указывают основные характеристики и параметры данного кинематического элемента.

Нумерацию валов определяют, начиная с ведущего вала, римскими цифрами. Пример оформления кинематической схемы приведен на рисунке 131.

Сборочный чертеж

Сборочный чертеж – это графический конструкторский документ, дающий полное представление о расположении и взаимной связи составных частей изделия и предоставляющий возможность осуществления его сборки и контроля.

Соединения деталей в сборочном узле выполняются с помощью крепежных деталей и изображаются на сборочном чертеже упрощенно или условно согласно ГОСТ 2.315-68.

Размеры опорных поверхностей под крепежные детали выбирают по ГОСТ 1287-67.

Сборочный чертеж содержит:

а) изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей изделия и дающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;

б) размеры (габаритные, монтажные, присоединительные, справочные);

в) техническую характеристику изделия и технические требования;

г) номера позиций составных частей изделия;

При выполнении сборочного чертежа применяют условности и упрощения.

Допускается не показывать:

а) фаски, проточки, радиусы закруглений, выступы, углубления, рифления, насечки и другие мелкие элементы;

б) зазор между стержнем и отверстием;

в) крышки, щиты, маховики и т. п., закрывающие составные части изделия. В этом случае над изображением делают соответствующую надпись, например: «Детали поз. 8, 9, 10 не показаны».

Покупные и широко применяемые изделия изображаются внешними очертаниями. Сварное, паяное, клееное соединение, изготовленное из однородного материала, в сборе с другими изделиями в разрезах и сечениях штрихуются как монолитное тело.

На сборочном чертеже стандартные детали: крепежные изделия, подшипники и уплотнительные устройства (манжеты) – изображаются упрощенно или условно (рис. 132, а, б).

Номера позиций деталей, входящих в изделие, указывают на полках линий-выносок. Линии-выноски на чертеже выполняют сплошной тонкой линией толщиной $S/2$. Длина полки линий-выносок составляет 6...8 мм. Линию-выноску заканчивают точкой на изображении соответствующей детали либо стрелкой, если размер или характер изображения не позволяет поставить точку. Линии-выноски не должны пересекаться между собой, размерными и выносными линиями, быть параллельными или совпадать с линиями штриховки. Номера позиций следует группировать в вертикальную колонку или в горизонтальную строчку, высота цифр номеров при этом должна быть на один-два размера больше, чем размер шрифта размерных чисел на том же чертеже.

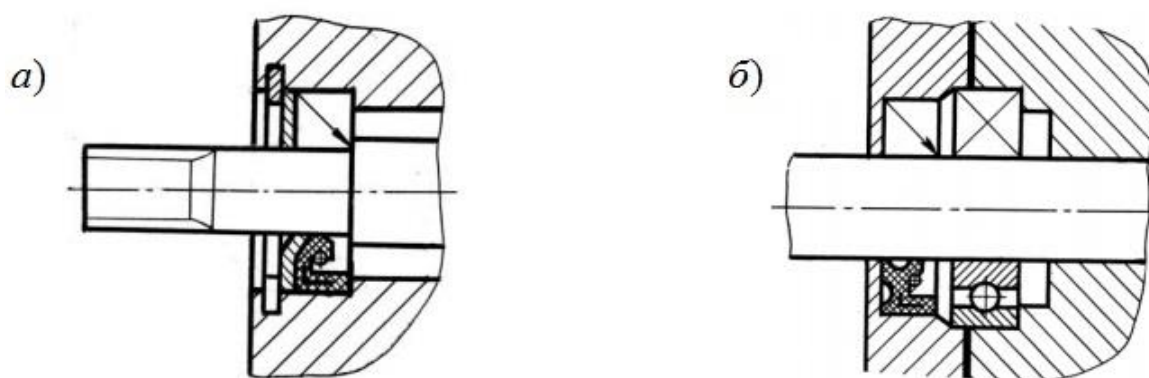


Рис. 132. Изображение уплотнительных устройств и подшипников на сборочно чертеже

Спецификация

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. 133) 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.

The image shows a technical drawing of a specification form, labeled "Рис. 133. Спецификация". It consists of two views of the same form, showing its layout and dimensions.

Top View:

- Overall width: 155 (divided into 6, 6, 8, 70, 63, 10, 22).
- Overall height: 85 (divided into 15 and 70).
- Columns (from left to right):
 - Формат (Format) - width 6
 - Зона (Zone) - width 6
 - Поз. (Position) - width 8
 - Обозначение (Designation) - width 70
 - Наименование (Name) - width 63
 - Кол. (Quantity) - width 10
 - Примечание (Remarks) - width 22

Bottom View:

- Overall width: 155 (divided into 7, 10, 23, 15, 10, 50, 15, 15, 20, 15).
- Overall height: 85 (divided into 5, 40, 5, 15, 5, 15, 15).
- Columns (from left to right):
 - Изм./Лист (Change/Sheet) - width 7
 - № докум. (Doc. No.) - width 10
 - Подп. (Signature) - width 23
 - Дата (Date) - width 15
 - Лит. (Lit.) - width 10
 - Лист (Sheet) - width 50
 - Листов (Sheets) - width 15
 - Лист (Sheet) - width 15
 - Листов (Sheets) - width 20
- Labels:
 - (1) - below the "Изм./Лист" column
 - (2) - below the "№ докум." column
 - (3) - below the "Лит." column
 - (4) - below the "Подп." column
 - (5) - below the "Дата" column
 - (6) - below the "Лит." column
 - (7) - below the "Лист" column

Рис. 133. Спецификация

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. п.). 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 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.

Практическая часть:

Изучив теоретические положения текущей лабораторной работы по предложенному преподавателем варианту задания (рис. 134) на листе формата А4 выполнить эскиз зубчатого колеса (рис. 135) в тонких линиях. Предварительно провести необходимые расчеты.

Самостоятельная работа:

Дз 9 «Эскиз зубчатого колеса» состоит из завершения построений на листе А4, начатом на аудиторном (лабораторном) занятии. Графические построения выполнять в продолжение работы, начатой на лабораторном занятии.

Пояснения и задание к выполнению графической работы «Эскиз зубчатого колеса»:

Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта чертежа общего вида, выданному преподавателем на аудиторном занятии (см. рис. 134).

Порядок выполнения графической работы:

1. По расчетам, полученным на аудиторном занятии, выполнить (или завершить) построение эскиза зубчатого колеса.
2. Оформить чертеж согласно ГОСТ 2.303-68 (линии).
3. Нанести размеры согласно ГОСТ 2.307-2017.
4. Выполнить таблицу с характеристиками зубчатого колеса (см. рис. 135).

Рис. 134. Пример чертежа общего вида

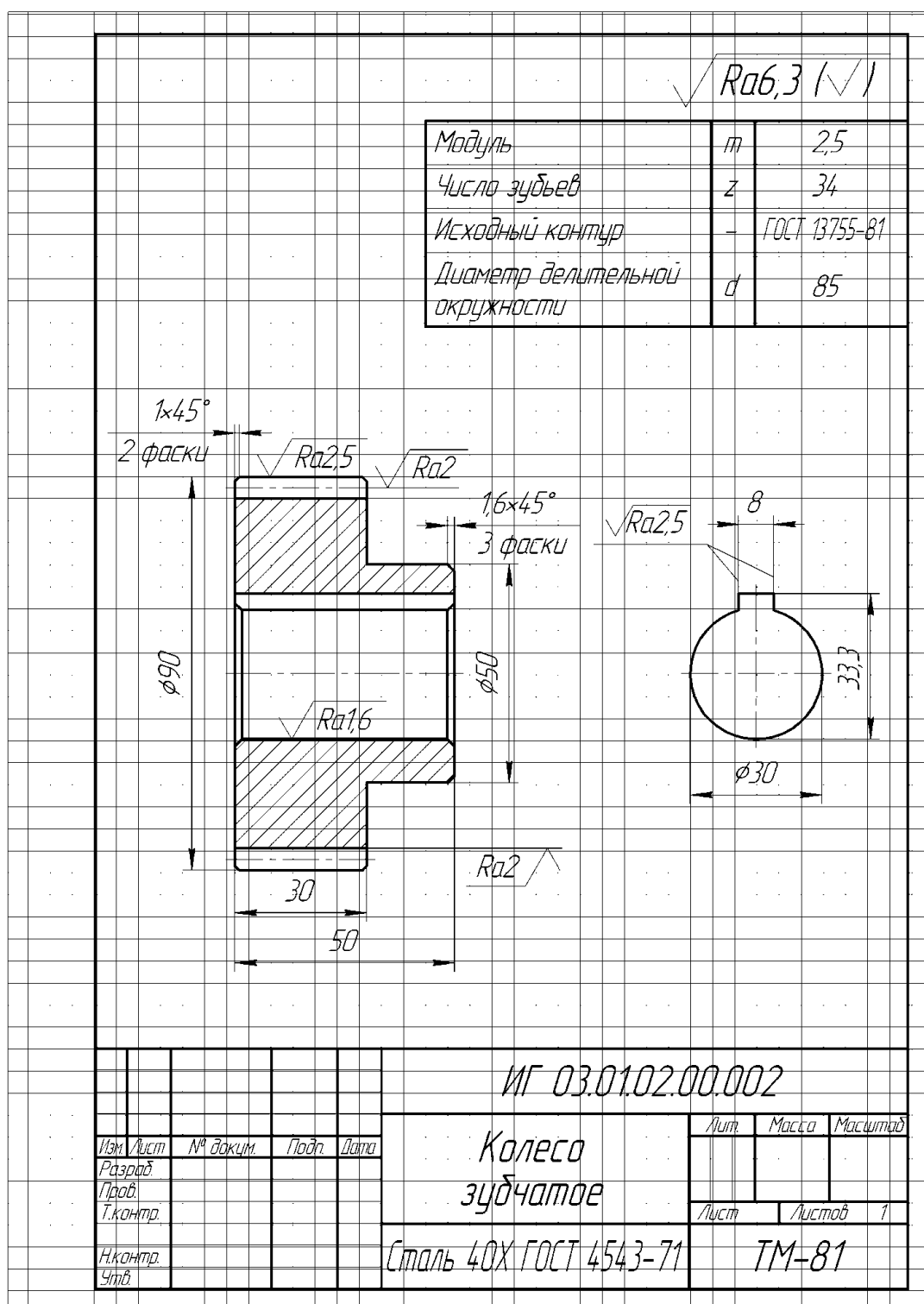


Рис. 135. Пример эскиза зубчатого колеса (Дз 9)

Дз 10 «Выполнение сборочного чертежа и спецификации цилиндрической зубчатой, конической зубчатой или червячной зубчатой передачи» состоит из выполнения графической работы на листе формата А3.

Пояснения и задание к выполнению графической работы «Выполнение сборочного чертежа и спецификации цилиндрической зубчатой, конической зубчатой или червячной зубчатой передачи»

Графическая работа выполняется по индивидуальному номеру варианта, выданному преподавателем для Дз 9 (см. рис. 134). По чертежу общего вида выполнить сборочный чертеж зубчатой (цилиндрической, или конической) передачи. Составить спецификацию. Сборочный чертеж изделия выполняется по чертежу общего вида в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-73* по размерам, взятым с чертежа общего вида и расчетным данным основных геометрических параметров зубчатой передачи, а также размеров на конструктивные элементы (шпоночные пазы, отверстия под подшипники, под крепежные изделия и т. д.).

Порядок выполнения графической работы:

1. По чертежу общего вида для расчета геометрических параметров зубчатых колес определить характеристики: число зубьев z ; диаметр окружности вершин зубьев d_a .
2. Произвести расчет геометрических параметров зубчатых колес с помощью табл. 18, 19, 20 и справочной литературы [4].
3. Выполнить построение зубчатой передачи.
4. Нанести размеры согласно ГОСТ 2.307-2011.
5. Оформить чертеж согласно ГОСТ 2.303-68.
6. Составить спецификацию.

Пример графического задания (Дз 10) представлен на рисунке 136.

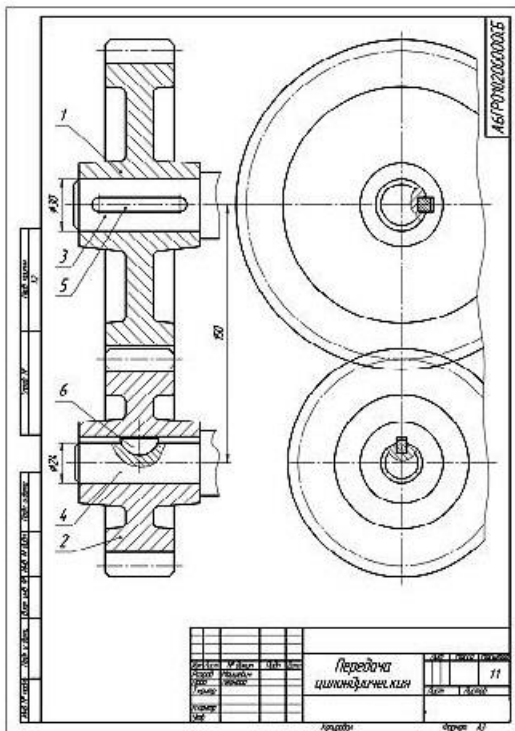


Рис. 136. Пример выполнения Дз 10
(Сборочной чертеж зубчатой передачи

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 9. Деталирование

Общие сведения. Выполнение чертежа общего вида. Сборочный чертеж. Выполнение спецификации к сборочному чертежу. Порядок выполнения сборочного чертежа. Чтение и деталирование сборочного чертежа

Лабораторное занятие:

Теоретические положения

Деталирование – 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, гнёзд 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.

Практическая часть:

По чертежу общего вида выполнить рабочий чертеж детали. Чертеж общего вида (рис. 137) выдает преподаватель индивидуально и указывает позиции деталей, для которых необходимо выполнить рабочие чертежи. Рабочий чертеж одной позиции детали выполняется на занятии. Рабочий чертеж и аксонометрическая проекция другой позиции детали выполняется в Дз 11. Пример рабочего чертежа детали по чертежу общего вида представлен на рис. 138.

[illegible]

Рис. 138. Рабочий чертеж крышки вентиля

Самостоятельная работа:

Дз 11 «Рабочий чертеж детали» состоит из выполнения графической работы на листе формата А3.

Пояснения и задание к выполнению графической работы «Рабочий чертеж»:

По чертежу общего вида, выданному преподавателем (см. рис. 137), в соответствии с требованиями ЕСКД к чтению и детализированию сборочных чертежей необходимо выполнить рабочий чертеж нестандартной детали (номер позиции указывает преподаватель на аудиторном занятии) и аксонометрическую проекцию с вырезом $\frac{1}{4}$ детали.

Порядок выполнения графической работы:

1. По чертежу общего вида выполнить рабочий чертеж детали, указанной преподавателем.
2. Конструктивные элементы: фаски, проточки, канавки и т.п. вычертить, пользуясь справочной литературой [4].
4. Нанести размеры согласно ГОСТ 2.307-2011.
5. Построить аксонометрическую проекцию детали с вырезом $\frac{1}{4}$ детали.
5. Оформить чертеж согласно ГОСТ 2.303-68 (Линии).

Пример графического задания (Дз 11) представлен на рисунке 139.

Вопросы для самоконтроля

1. Что называют детализированием и в чем заключается процесс детализирования?
2. Какая работа предшествует детализированию?
3. Перечислите этапы детализирования?
4. Каково содержание рабочего чертежа детали?
5. Как определяют по чертежу действительные размеры деталей?

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. 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
2. Тарасов, Б. Ф. Начертательная геометрия. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 256 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/3735>.
3. Шмидт, В. Ф. Начертательная геометрия [Электронный ресурс]. – Воронеж : Воронежская государственная лесотехническая академия, 2008. – 75 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=143345.

Дополнительная литература

4. Ломоносов, Г. Г. Инженерная графика [Текст] : учебник для студентов горных специальностей вузов / Г. Г. Ломоносов. – Москва : Недра, 1984. – 287 с.
5. Гордон, В. О. Курс начертательной геометрии [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский; под ред. В. О. Гордона. – Москва : Высшая школа, 2008. – 272 с.
6. Кобылянский, М. Т. Начертательная геометрия, инженерная графика [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов всех технических специальностей и направлений очной формы обучения / М. Т. Кобылянский ; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. начертат. геометрии и графики. – Кемерово, 2013. – 114 с. Доступна электронная версия: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91112&type=utchposob:common>

7. Единая система конструкторской документации : Общие правила выполнения чертежей. ГОСТ 2.301-68 (СТ СЭВ 1181-78), ГОСТ 2.320-82 (СТ СЭВ 3332-81) [Текст]. – Москва : , 1984. – 239 с.

8. Сорокин, Н. П. Инженерная графика. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 392 с.