

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

Составитель  
Е. А. Овсянникова

## **ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

### **Методические материалы**

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
направления подготовки 27.03.02 Управление качеством  
в качестве электронного учебного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты: Шумкина Т. Ф. – к.х.н., доцент, доцент кафедры начертательной геометрии и графики ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»  
Коротков А. Н. – председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 27.03.02 Управление качеством

**Овсянникова Евгения Александровна**

**Инженерная графика** [Электронный ресурс] : методические материалы для обучающихся направления подготовки 27.03.02 Управление качеством очной формы обучения / сост. Е. А. Овсянникова; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2019. – Систем. требования : Pentium IV ; ОЗУ 8 Мб ; Windows 95 ; мышь. – Загл. с экрана.

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

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

© КузГТУ, 2019  
© Овсянникова Е. А.,  
составление, 2019

## Содержание

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение.....                                                                                                        | 4   |
| Раздел 1. Общие сведения. Точка. Прямая. Общие требования к чертежам.....                                            | 5   |
| Раздел 2. Плоскость.....                                                                                             | 41  |
| Раздел 3. Методы преобразования ортогональных проекций.....                                                          | 74  |
| Раздел 4. Поверхность.....                                                                                           | 103 |
| Раздел 5. Аксонометрические проекции.....                                                                            | 145 |
| Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины «Инженерная графика»..... | 162 |

## Введение

В настоящее время инженерная графика – одна из учебных дисциплин, составляющих основу инженерного образования, обучающая методам изображения предметов и общим правилам выполнения чертежей. 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 «Инженерная графика» является первой общепрофессиональной дисциплиной, которую студенты изучают в ВУЗе.

Все технические чертежи выполняются по правилам, определяемым комплексом государственных стандартов (ГОСТ) под названием «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД). Соблюдение этих правил обязательно для всех организаций и лиц.

Составленный по правилам и нормам международных стандартов чертёж понятен любому инженеру, технически грамотному рабочему независимо от страны, в которой он живёт, и языка, на котором он говорит. Чертёж, называемый «языком техники», является международным средством передачи информации. Естественно, обучение владеть этим «языком» является непременным условием подготовки инженера любой специальности.

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

Основная цель инженерной графики – развитие пространственного представления и воображения, конструктивно-геометрического мышления, выработка знаний и навыков, необходимых студентам для выполнения и чтения технических чертежей, составления конструкторской и технической документации.

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

## Раздел 1. Общие сведения. Точка. Прямая.

### Общие требования к чертежам

Виды проецирования, используемые для разработки графических моделей. Центральные, параллельные и ортогональные проекции и их свойства. Эпюр Монжа. Комплексный чертёж точки и прямой. Прямые общего и частного положения. Натуральная величина отрезка прямой. Принадлежность точки и прямой плоскости. Взаимное положение двух прямых. Проекции плоских углов.

Основные требования к чертежам на основе ГОСТ. Правила выполнения рабочих и сборочных чертежей

### Практическое занятие Теоретические положения

#### *Виды проецирования. Эпюр Монжа. Модель точки и прямой.*

##### *Прямоугольные координаты точек*

Геометрически закономерное изображение пространственного предмета на плоскости достигается с помощью метода проецирования.

Выделяют два основных метода проецирования:

- 1) центральное (коническое) проецирование;
- 2) параллельное (цилиндрическое) проецирование.

При методе **центрального проецирования** аппаратом являются плоскость проекций  $\Pi$  и центр проецирования  $S$ , удалённый на некоторое расстояние от плоскости проецирования.

Для построения проекции некоторой точки  $A$  следует через центр проецирования  $S$  и заданную точку  $A$  провести прямую до её пересечения с плоскостью проекций  $\Pi$  в точке  $A_{\Pi}$ . Точка  $A_{\Pi}$  называется центральной проекцией точки  $A$ , а прямая, проходящая через точки  $S$  и  $A$  – проецирующей прямой. Аналогично можно найти проекции любой точки пространства, например, точек  $B$ ,  $C$  и  $D$ . Точка  $D$  лежит в проекционной плоскости, поэтому её проекция совпадает с самой точкой (рис. 1).

Проекционный чертёж должен обладать свойством обратимости, т. е. позволять по проекциям точек определять их положение в пространстве. Если задана проекция  $A_{\Pi}$  точки  $A$  и центр проецирования  $S$ , можно построить проецирующую прямую, любая точка которой будет проецироваться в точку  $A_{\Pi}$ . Таким образом, можно

сделать вывод о том, что одна проекция точки не определяет её положения в пространстве.

Если задать второй центр проецирования (точку  $S'$ ), то можно найти еще одну проекцию  $A_1'$  точки  $A$ . Проведя проецирующие прямые  $S'A_{\Pi'}$  и  $SA_{\Pi}$ , найдем точку их пересечения, которая и будет определять положение точки  $A$  в пространстве (рис. 2).

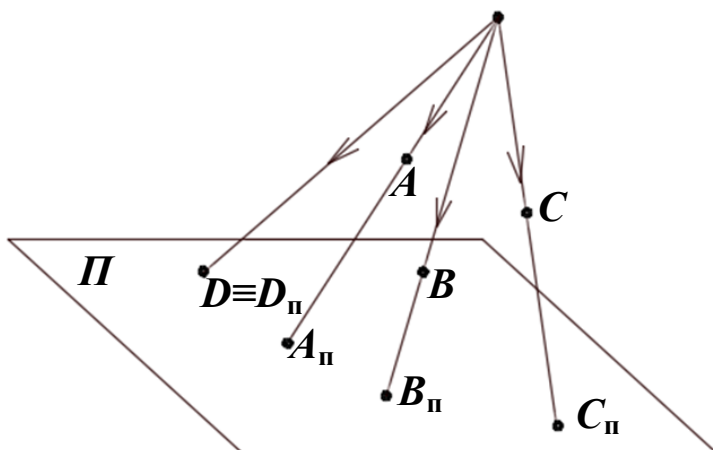


Рис. 1. Центральные проекции точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$

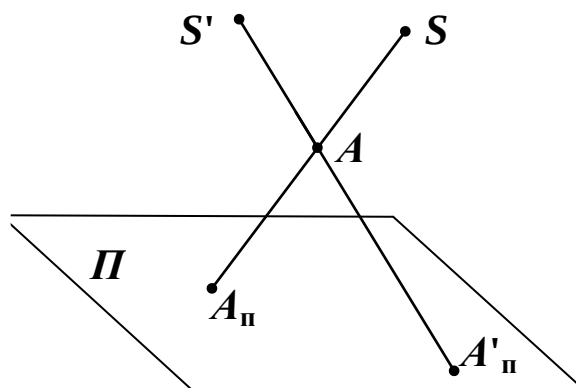


Рис. 2. Центральные проекции точки  $A$

**Параллельное проецирование** получается из центрального, если за центр проецирования принять точку, удалённую на бесконечное расстояние. В этом случае проецирующие прямые будут параллельны между собой. Направление проецирования  $S$  и плоскость проекций  $\Pi$ , определяют аппарат метода проецирования (рис. 3).

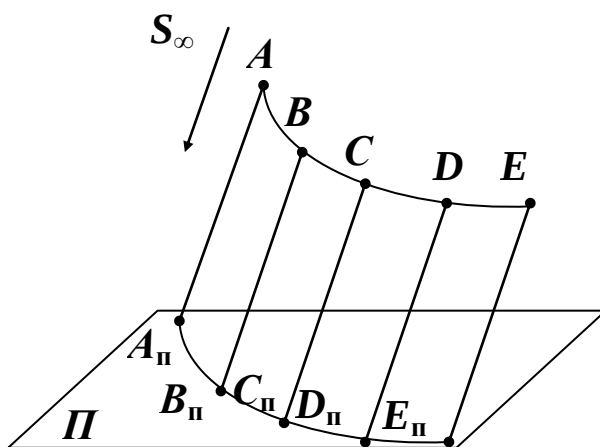


Рис. 3. Параллельные проекции точек  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $E$

Так же, как и при центральном проецировании, одна проекция точки не определяет положение этой точки в пространстве. Для по-

лучения её второй проекции необходимо задать ещё одно направление проецирования  $S'$ .

Если направление проецирования не перпендикулярно плоскости проекций, то проецирование называется косоугольным. Если же направление проецирования перпендикулярно плоскости проекций, то проецирование называется прямоугольным или ортогональным. При ортогональном проецировании проекцией  $A'$  точки  $A$  на плоскость является основание перпендикуляра, опущенного из этой точки на плоскость.

**Эпюра Монжа** или комплексный чертёж – это чертёж, 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  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  происходит искажение формы и размеров проецируемой фигуры.

Поэтому вместо изображения на чертеже пространственного макета пользуются эпюром, т. е. плоским чертежом.

Эпюр Монжа получается преобразованием пространственного макета путем совмещения плоскостей  $\Pi_1$  и  $\Pi_3$  с фронтальной плоскостью проекций  $\Pi_2$ . Для совмещения плоскости  $\Pi_1$  с  $\Pi_2$  поворачиваем её на  $90^\circ$  вокруг оси  $x$  в направлении движения часовой стрелки (рис. 4).

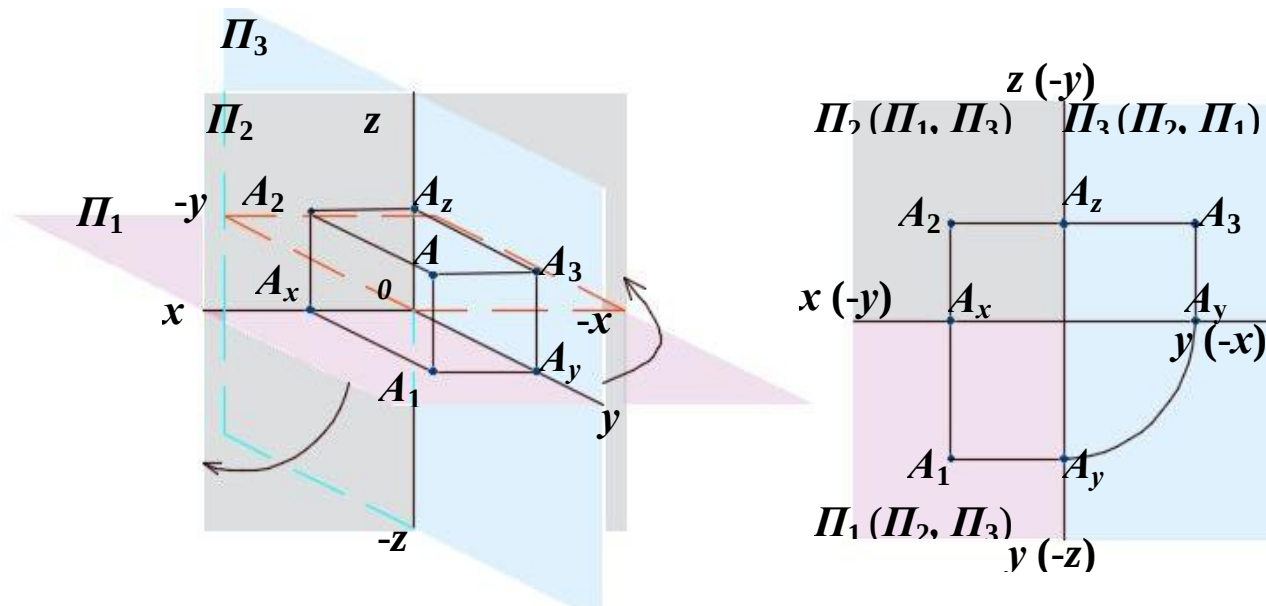


Рис. 4. Порядок получения эпюра Монжа

После совмещения горизонтальной плоскости, поворачиваем вокруг оси  $z$  также на угол  $90^\circ$  профильную плоскость  $\Pi_3$  в направлении противоположном движению часовой стрелки. Вместе с полями 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 рис. 4, где также указана последовательность взаимного положения 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 половина фронтальной плоскости проекции, за ней располагается задняя левая половина горизонтальной плоскости проекции, далее следует верхняя задняя половина профильной плоскости.

Так как плоскости не имеют границ, то в совмещённом 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 чертёж пространственного макета примет вид, показанный на рис. 5.

В прямоугольной системе координат проекции точки всегда расположены на прямых, перпендикулярных осям  $x$ ,  $y$  и  $z$  (рис. 6). Прямые линии, соединяющие разноимённые проекции точки на эпюре, называются *линиями проекционной связи*.

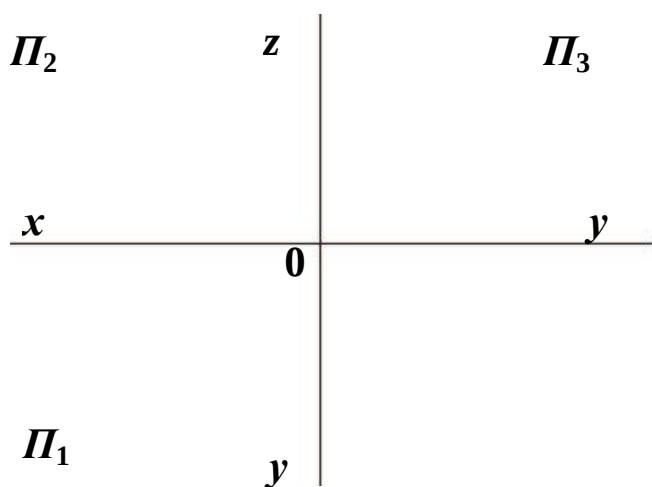


Рис. 5. Эпюр Монжа

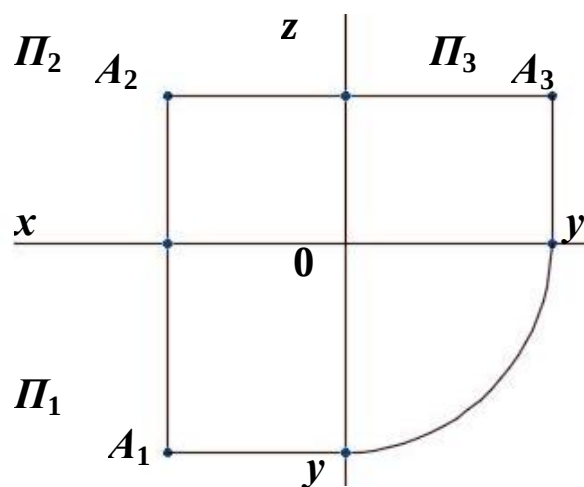


Рис. 6. Точка в системе трёх плоскостей проекций

Положение прямой в пространстве определяется двумя её точками. Соединенные одноимённые проекции двух любых точек прямой представляют собой проекции этой прямой.

Ортогональной проекцией прямой линии на плоскость в общем случае является прямая линия (прямая  $AB$  на рис. 7). Исключение составляет, когда прямая перпендикулярна к плоскости проекций. В этом случае прямая проецируется в точку (прямая  $CD$  на рис. 7).

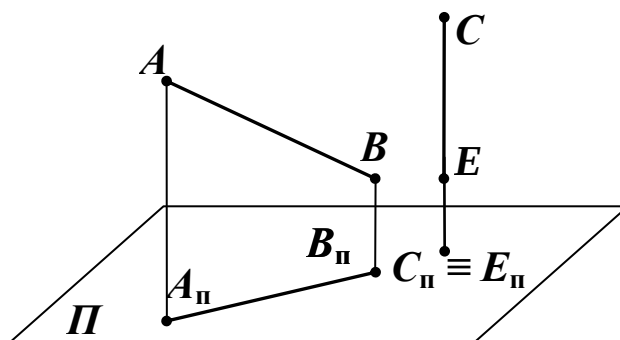


Рис. 7. Ортогональные проекции прямых  $AB$  и  $CD$

### ***Прямые общего и частного положения***

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

Прямые не параллельные ни одной из плоскостей проекций являются ***прямыми общего положения***.

Проекции прямой общего положения обладают следующими свойствами:

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

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

***Восходящая прямая*** – прямая, которая, удаляясь от наблюдателя, повышается над горизонтальной плоскостью проекций  $\Pi_1$  (рис. 8, а). Проекции восходящей прямой направлены в одну сторону: слева направо или наоборот.

***Нисходящая прямая*** – прямая, которая, удаляясь от наблюдателя, понижается над горизонтальной плоскостью проекций  $\Pi_1$  (рис. 8, б). Проекции нисходящей прямой расходятся от оси  $x$ .

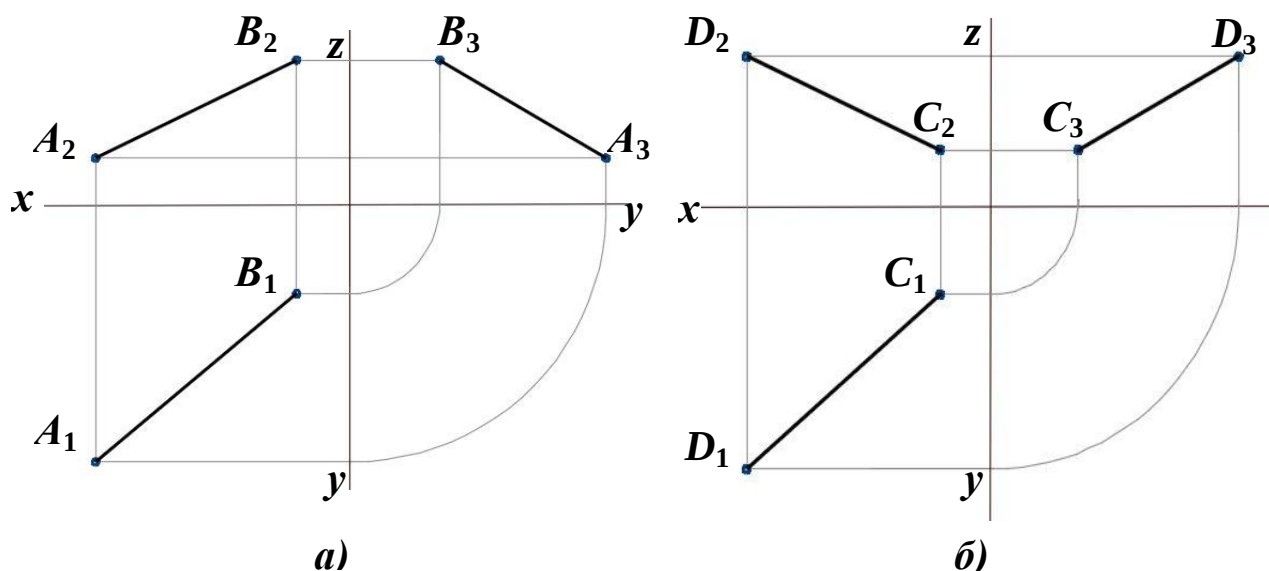


Рис. 8. Восходящая прямая (а), нисходящая прямая (б)

Зная две проекции отрезка прямой, можно определить её 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. 9).

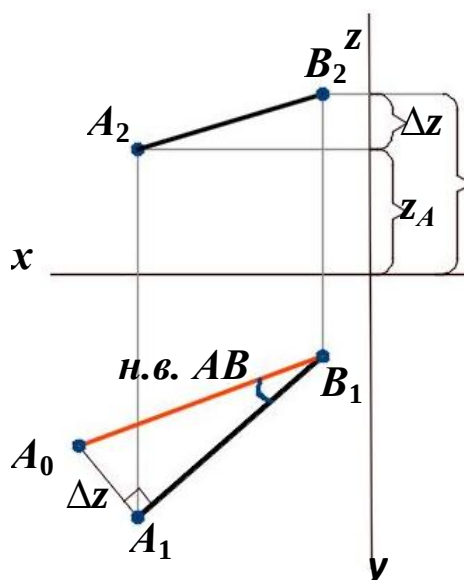


Рис. 9. Определение натуральной величины отрезка **AB**

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  $A_1B_1$  (см. на рис. 9 перпендикуляр из точки  $A_1$ ). Откладываем на нём от точки  $A_1$  отрезок  $A_1A_0$ , равный разности координат  $z_A$  и  $z_B$  точек  $A$  и  $B$  ( $\Delta z$ ), и полученную точку  $A_0$  соединяем с точкой  $B_1$  прямой  $A_0B_1$ . гипотенуза  $A_0B_1$  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  $A_2B_2$  или профильную проекцию  $A_3B_3$ . Тогда второй катет будет соответственно равен разности координат  $\Delta y$  (рис. 10, а) или  $\Delta x$  (рис. 10, б) концов  $A$  и  $B$  отрезка.

Натуральная величина углов наклона отрезка прямой к плоскостям проекций также определяется способом прямоугольного треугольника (см. рис. 9, 10, а, б). Углы  $\alpha$  и  $\beta$  – натуральная величина углов наклона отрезка  $AB$  к плоскостям проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ , угол  $\gamma$  – угол наклона отрезка  $AB$  к плоскости проекций  $\Pi_3$ .

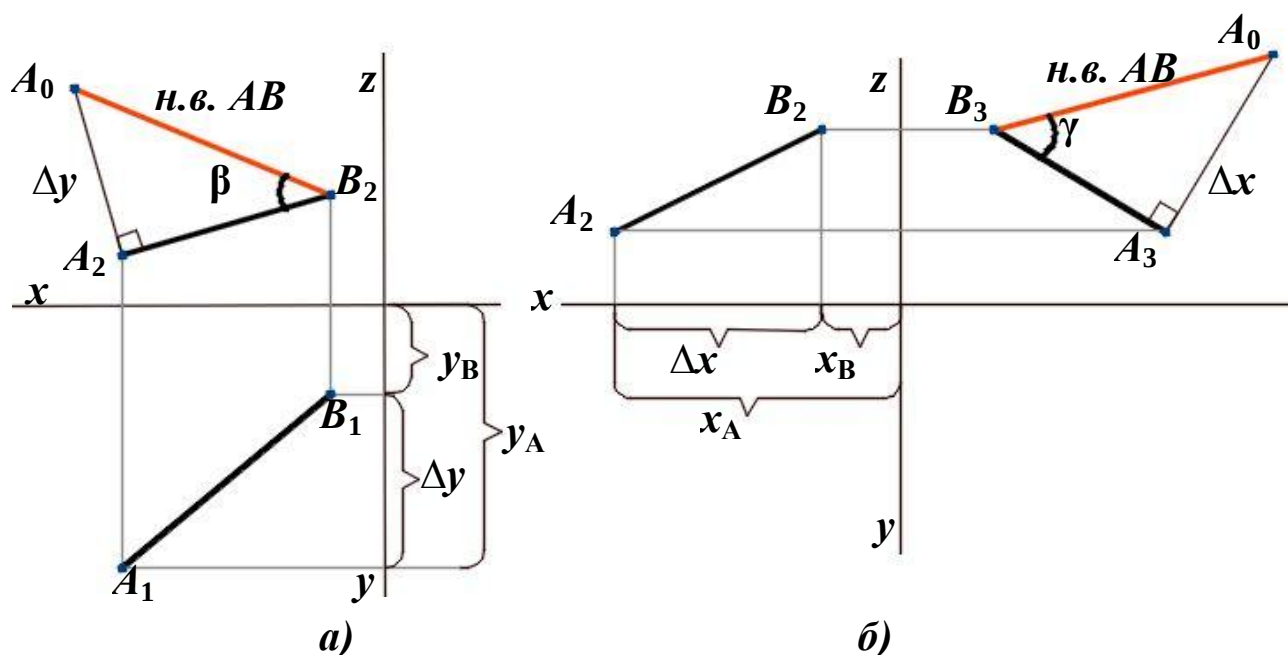


Рис. 10. Определение натуральной величины отрезка прямой  $AB$

### Следы прямой

Следом прямой называется точка пересечения прямой с плоскостью проекций.

В системе трёх плоскостей проекций  $\Pi_1$ ,  $\Pi_2$ ,  $\Pi_3$  прямая общего положения имеет три следа: горизонтальный, фронтальный и профильный.

На рис. 11 представлена прямая общего положения  $CD$ . Она пересекается с плоскостью  $\Pi_1$  в точке  $N$ , а с плоскостью  $\Pi_2$  – в точке  $L$ . Точка  $N$  – горизонтальный след прямой  $CD$ , точка  $L$  – фронтальный след прямой  $CD$ .

Чтобы построить горизонтальный след прямой, необходимо продолжить её 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 её продолжением) в точке  $N_1$ , которая является горизонтальной проекцией горизонтального следа, совпадающего с самим следом  $N$  прямой  $CD$  на плоскости  $\Pi_1$ .

Чтобы построить фронтальный след прямой, необходимо продолжить её 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 её продолжением) в точке  $L_2$  (фронтальной проекцией фронтального следа, совпадающего с самим следом  $L$  прямой  $CD$  на плоскости  $\Pi_2$ ).

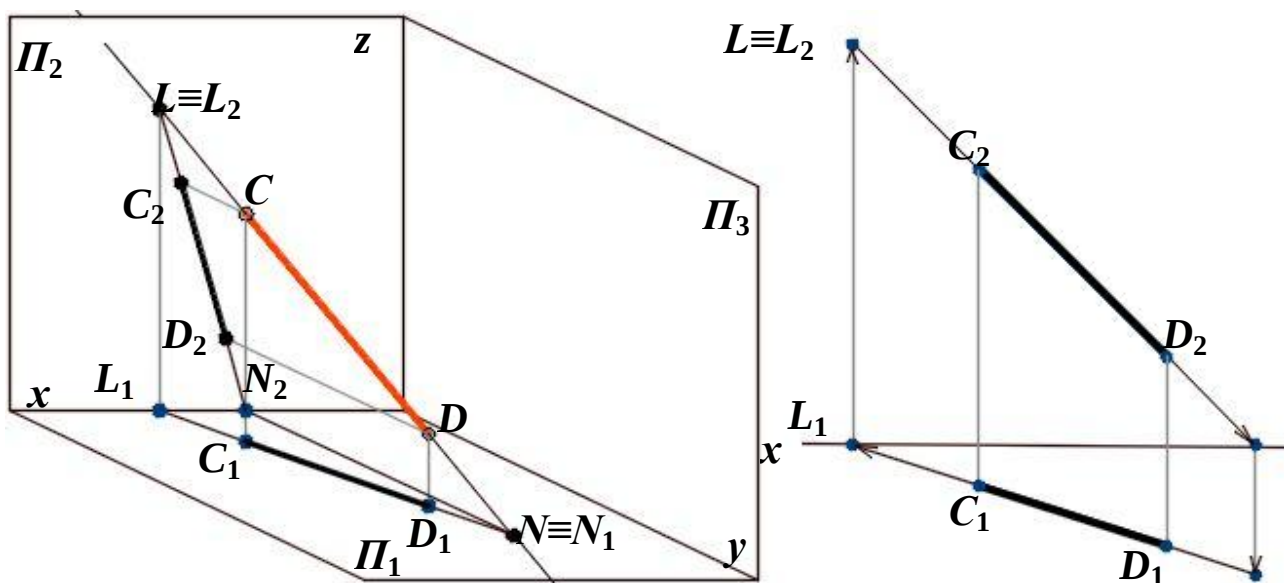


Рис. 11. Построение следов прямой  $CD$

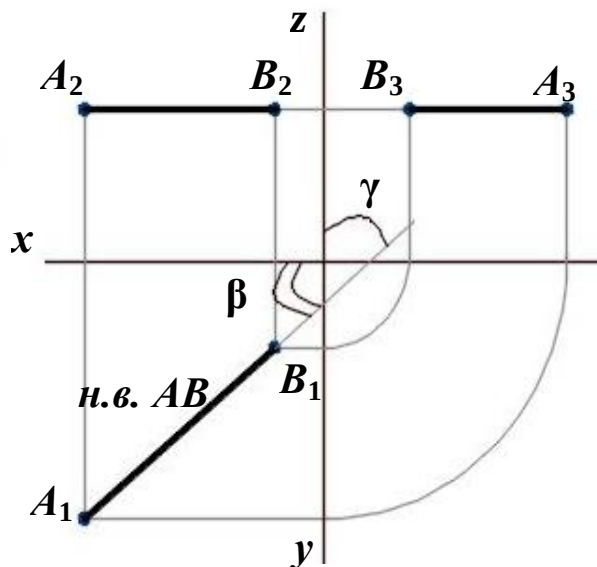
Построение профильного следа проводится аналогичным образом [1].

**Прямые частного положения** – прямые параллельные или перпендикулярные плоскостям проекций. Различают прямые уровня и проецирующие прямые.

**Прямые уровня** – прямые, параллельные одной из плоскостей проекций.

Прямая, параллельная горизонтальной плоскости проекций  $\Pi_1$ , называется **горизонталью** (или **горизонтальной прямой**), (рис. 12).

Угол  $\beta$  – угол наклона горизонтали к фронтальной плоскости проекций  $\Pi_2$ ; угол  $\gamma$  – угол наклона горизонтали к профильной плоскости проекций  $\Pi_3$ ; угол  $\beta + \text{угол } \gamma = 90^\circ$ .



*Признак горизонтали:*

$A_2B_2 \parallel \text{оси } x$

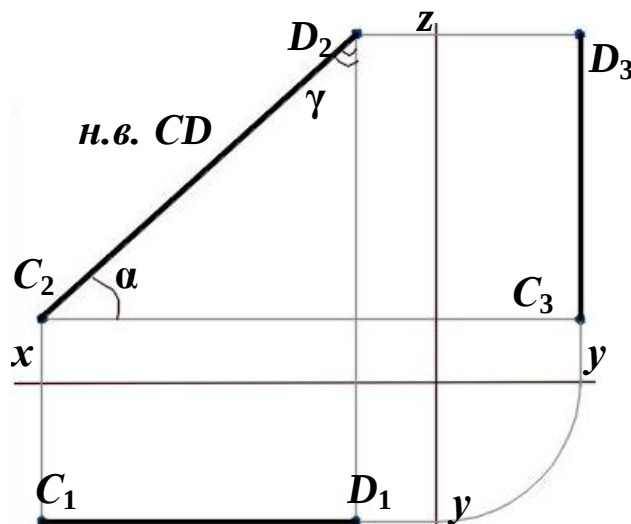
$A_3B_3 \parallel \text{оси } y$

*Свойство горизонтали*

$A_1B_1 = |AB|$  – натуральная величина

Рис. 12. Горизонталь

Прямая, параллельная фронтальной плоскости проекций  $\Pi_2$ , называется **фронталью** (или **фронтальной прямой**) (рис. 13).



*Признак фронтالي:*

$C_1D_1 \parallel \text{оси } x$

$C_3D_3 \parallel \text{оси } z$

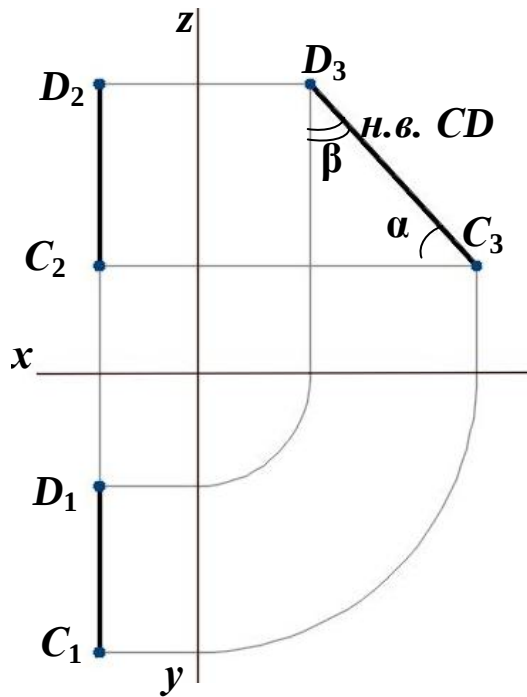
*Свойство фронтали*

$C_2D_2 = |CD|$  – натуральная величина

Рис. 13. Фронталь

Угол  $\alpha$  – угол наклона фронтали к горизонтальной плоскости проекций  $\Pi_1$ ; угол  $\gamma$  – угол наклона фронтали к профильной плоскости проекций  $\Pi_3$ ; угол  $\alpha + \text{угол } \gamma = 90^\circ$ .

Прямая, параллельная профильной плоскости проекций  $\Pi_3$ , называется **профильной прямой** (рис. 14).



*Признак профильной прямой*  
 $C_1D_1$  и  $C_2D_2$  перпендикулярны оси  $x$ ;

*Свойство профильной прямой*  
 $C_3D_3 = |CD|$  – натуральная величина

Рис. 14. Профильная прямая

Углы  $\alpha$  и  $\beta$  – углы наклонной профильной прямой к плоскостям проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ ; угол  $\alpha + \text{угол } \beta = 90^\circ$ .

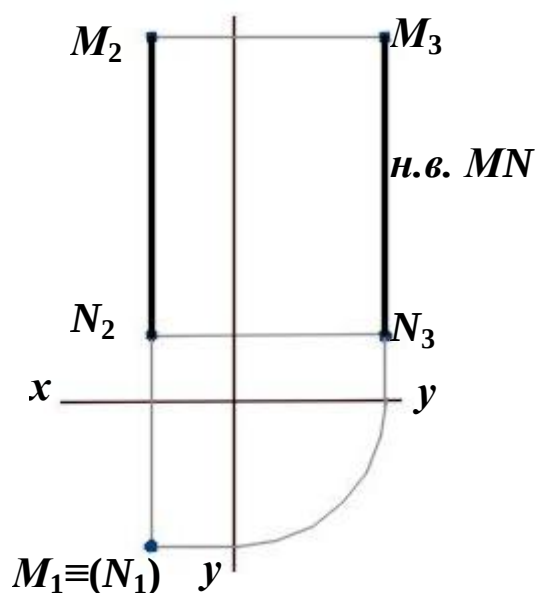
Прямые уровня имеют по два следа: у горизонтали отсутствует горизонтальный след, у фронтали – фронтальный, профильная прямая не имеет профильного следа.

**Проецирующие прямые** – прямые, перпендикулярные плоскостям проекций.

Прямая, перпендикулярная горизонтальной плоскости, называется **горизонтально проецирующей** (рис. 15).

Прямая, перпендикулярная фронтальной плоскости проекций, называется **фронтально проецирующей** (рис. 16).

Прямая, перпендикулярная профильной плоскости проекций, называется **профильно проецирующей** (рис. 17).

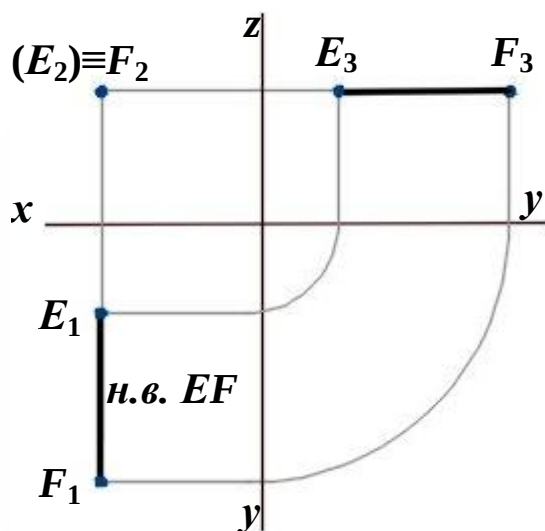


$$MN \perp \Pi_1$$

*н.в. MN*

$M_2N_2$  и  $M_3N_3$  соответствуют  
натуральной величине  
прямой  $MN$

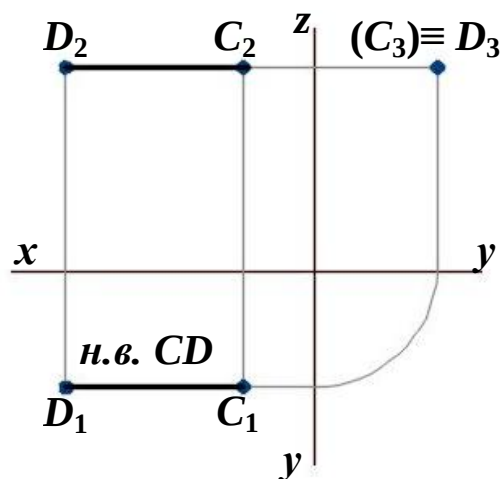
Рис. 15. Горизонтально проецирующая прямая



$$EF \perp \Pi_2$$

$E_1F_1$  и  $E_3F_3$  – соответствуют  
натуральной величине прямой  
 $EF$

Рис. 16. Фронтально проецирующая прямая



$C_2D_2$  и  $C_1D_1$  перпендикулярны осям  $x$  и  $y$

$C_2D_2$  и  $C_1D_1$  – соответствуют  
натуральной величине;

Рис. 17. 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 1м<sup>2</sup>, 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 табл. 1 представлены обозначения и размеры основных форматов.

Таблица 1

Обозначения и размеры форматов

| Обозначение формата | 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 рис. 18. Производственные чертежи, выполняемые на листах формата А4, располагают только вертикально, а основную надпись на них – только вдоль короткой стороны. На чертежах других форматов основную надпись можно располагать вдоль длинной и вдоль короткой стороны.

The diagram shows a technical drawing title block with overall dimensions of 185 (width) and 5x11=55 (height). The layout is as follows:

|           |  |  |  |  |    |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |    |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
|-----------|--|--|--|--|----|--|--|--|--|--------------------------------|--|--|--|--|----|--|--|--|--|------------------|--|--|--|--|--------|--|--|--|--|----|--|--|--|--|----|--|--|--|--|
| 7         |  |  |  |  | 10 |  |  |  |  | 23                             |  |  |  |  | 15 |  |  |  |  | 10               |  |  |  |  | 5x3=15 |  |  |  |  | 17 |  |  |  |  | 18 |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |    |  |  |  |  | <b>ИГ 00.00.00</b>             |  |  |  |  |    |  |  |  |  |                  |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |    |  |  |  |  | <b>Геометрическое черчение</b> |  |  |  |  |    |  |  |  |  | Литер            |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |    |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |    |  |  |  |  | Масса            |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |    |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |    |  |  |  |  | Масштаб          |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
| Изм.      |  |  |  |  |    |  |  |  |  | Лист                           |  |  |  |  |    |  |  |  |  | N докум.         |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
| Разраб.   |  |  |  |  |    |  |  |  |  | Иванов                         |  |  |  |  |    |  |  |  |  | Подпись          |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
| Провер.   |  |  |  |  |    |  |  |  |  | Петров                         |  |  |  |  |    |  |  |  |  | Дата             |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
| Н. контр. |  |  |  |  |    |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |    |  |  |  |  | Лист             |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
| Т. контр. |  |  |  |  |    |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |    |  |  |  |  | Листов           |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
| Утв.      |  |  |  |  |    |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |    |  |  |  |  | <b>УКД - 161</b> |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |    |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |    |  |  |  |  | 20               |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |
|           |  |  |  |  |    |  |  |  |  |                                |  |  |  |  |    |  |  |  |  | 30               |  |  |  |  |        |  |  |  |  |    |  |  |  |  |    |  |  |  |  |

Vertical dimensions on the right: 15, 5, 25, 5.

Рис. 18. 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 размеры изделия в натуре. 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. 2). 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 определённая 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 всём поле чертежа. Толщины тонких линий определяются в зависимости от основной сплошной линии и представлены в табл. 2. Следует также помнить, что штрихпунктирные линии должны начинаться и заканчиваться штрихом, а не точкой. Центр окружности отмечается пересечением штрихов. Осевые и центровые линии должны выходить за контуры изображения на 3-5 мм. Все линии должны быть одинаковой яркости и хорошо просматриваться на чертеже.

### ***ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертёжные»***

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. 19).



Рис. 19. Шрифты чертёжные

Стандартом определены следующие типы шрифтов:

Тип А без наклона;

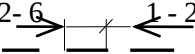
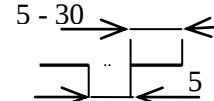
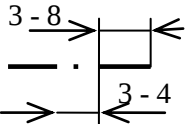
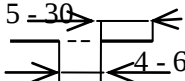
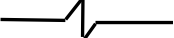
Тип А с наклоном  $75^0$ ;

Тип Б без наклона;

Тип Б с наклоном  $75^0$ .

Таблица 2

## Линии

| Наименование                           | Начертание                                                                          | Толщина<br>линии /<br>толщина<br>сплошной<br>линии | Основное назначение                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Сплошная основная</i>               |    | $S$                                                | Линии видимого контура.<br>Линии перехода видимые.<br>Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)                                                      |
| <i>Сплошная тонкая</i>                 |    | От $S/3$ до $S/2$                                  | Линии контура наложенного сечения.<br>Линии штриховки.<br>Выносные и размерные линии.<br>Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах, сечениях                  |
| <i>Сплошная волнистая</i>              |    |                                                    | Линии обрыва.<br>Линии разграничения разреза и сечения                                                                                                                      |
| <i>Штриховая</i>                       |    |                                                    | Линии невидимого контура.<br>Линии перехода невидимые                                                                                                                       |
| <i>Штрихпунктирная тонкая</i>          |   |                                                    | Линии осевые и центровые.<br>Линии сечения, являющиеся осями симметрии для вынесенных или наложенных сечений                                                                |
| <i>Штрихпунктирная утолщённая</i>      |  | От $S/2$ до $2/3 S$                                | Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию.<br>Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция») |
| <i>Штрихпунктирная с двумя точками</i> |  | От $S/3$ до $S/2$                                  | Линии сгиба на развёртках.<br>Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях                                                                   |
| <i>Сплошная тонкая с изломами</i>      |  |                                                    | Длинные линии обрыва                                                                                                                                                        |
| <i>Разомкнутая</i>                     |  | От $1,5S$ до $2S$                                  | Линии сечений и разрезов                                                                                                                                                    |

Размер шрифта  $h$  – это высота прописных букв в миллиметрах, 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  $75^\circ$  типа Б (рис. 20).

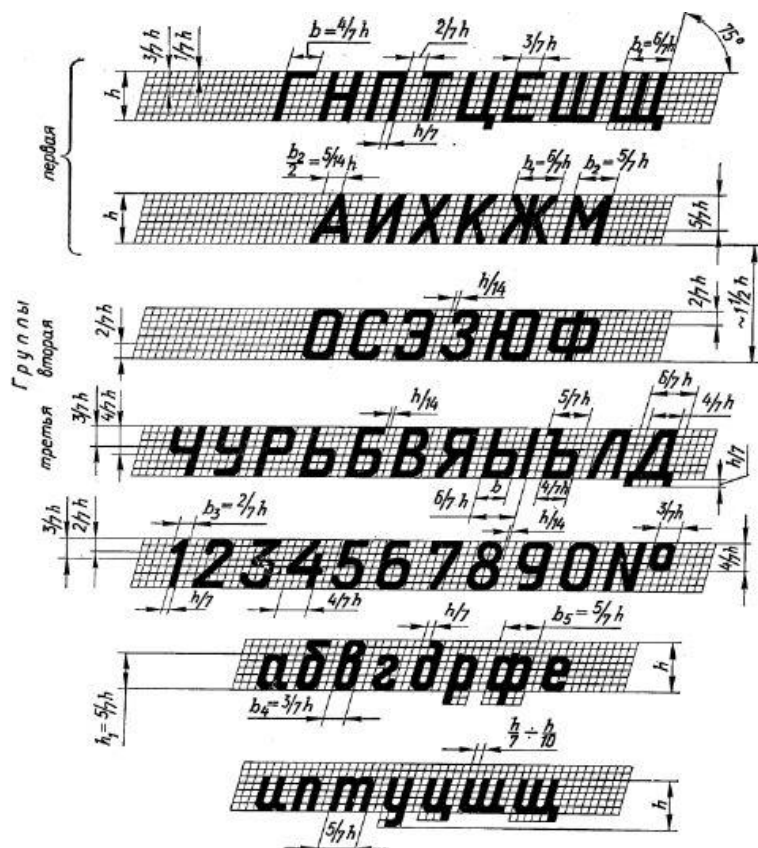


Рис. 20. Группы букв чертёжного шрифта с наклоном  $75^\circ$  типа Б

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

рукцию знаков, обозначающих уклон, конусность, диаметр, перпендикуляр, квадрат, градус, угловая минута и секунда.

Основные параметры букв шрифта приведены в табл. 3.

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

Шрифт типа Б с наклоном около  $75^0$  ( $d = 1/10 h$ ) кроме наклона имеет те же параметры, что и без наклона (табл. 3).

### ***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-цифровое 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. 4).

Штриховки на чертежах выполняют в виде параллельных прямых, проводимых под углом  $45^0$  к осевой линии или к линии рамки чертежа. Расстояние между линиями штриховки должно составлять 1...10 мм с учётом площади штриховки. Линии штриховки могут иметь наклон вправо и влево. Узкие площади сечений, ширина которых на чертеже менее 2 мм, допускается показывать зачерченными.

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

Размеры на чертежах указывают размерными числами (в мм) и размерными линиями. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления изделия. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на разных изображениях. Размеры наносят от общей базы (рис. 21, а), от нескольких баз (рис. 21, б) или цепочкой (рис. 21, в).

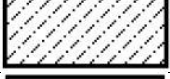
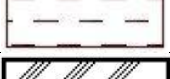
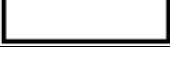
Таблица 3

## Основные параметры букв шрифта

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

Таблица 4

## Графические обозначения некоторых материалов в сечениях

| Обозначение                                                                         | Материал                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Металлы и твёрдые 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                                                                                                     |

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. 21, з).

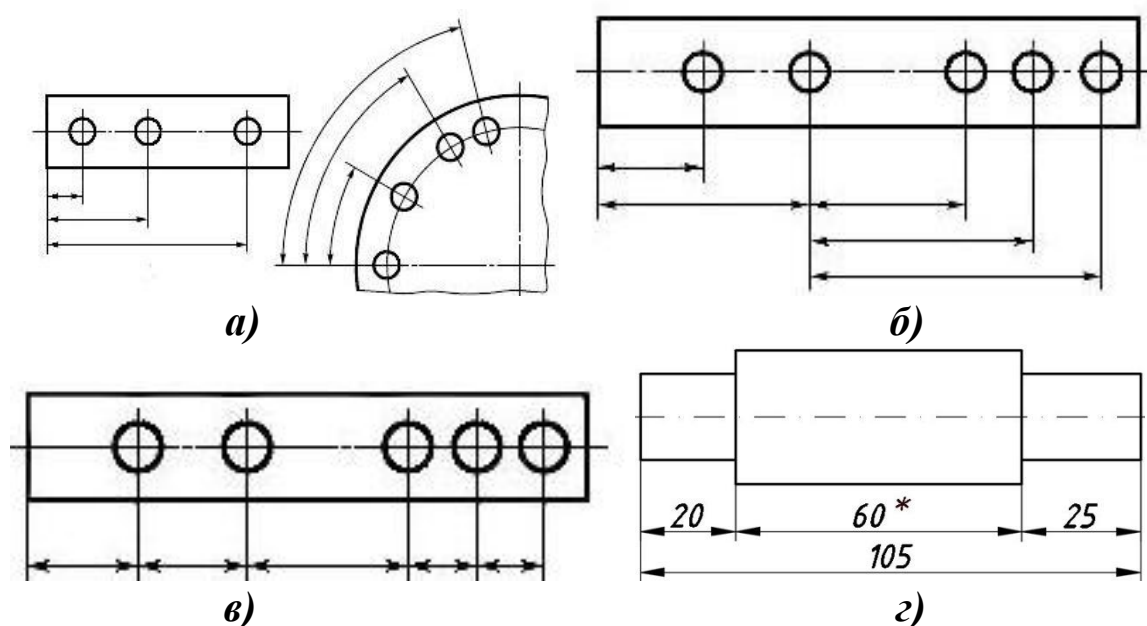


Рис. 21. Нанесение размеров

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 изображён наиболее полно;
- при нанесении размера радиуса перед размерным числом ставят прописную *R*,
- размера диаметра – знак « $\varnothing$ »; высота цифр и знаков должна быть равна высоте прописных букв;
- конусность (острый угол треугольника) должна быть направлена в сторону вершины конуса;
- уклон (острый угол) должен быть направлен в сторону уклона;
- размеры нескольких одинаковых элементов изделия наносят один раз, с указанием количества (на горизонтальной полке) этих элементов.

### **Знаки**

Квадрат обозначается знаком « $\square$ » при отсутствии других проекций, определяющих его форму. Для удобства чтения чертежа на боковой плоскости проводят диагонали тонкой линией (рис. 22).

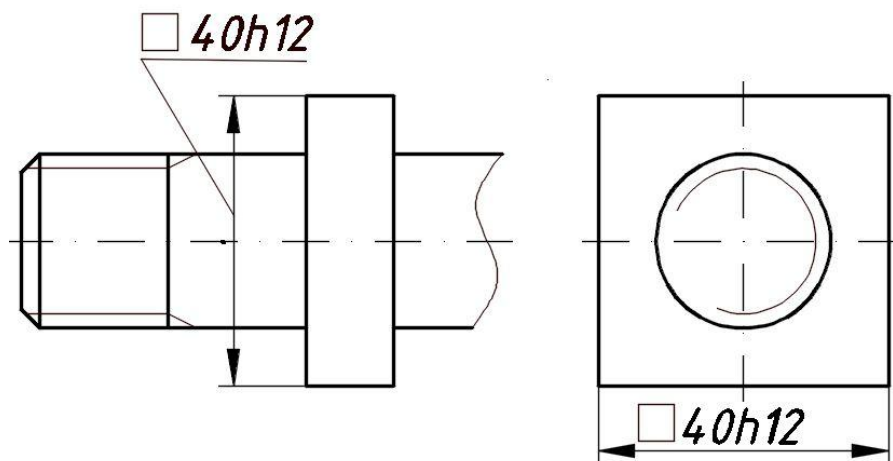


Рис. 22. Пример обозначения квадрата на чертежах

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. 23).

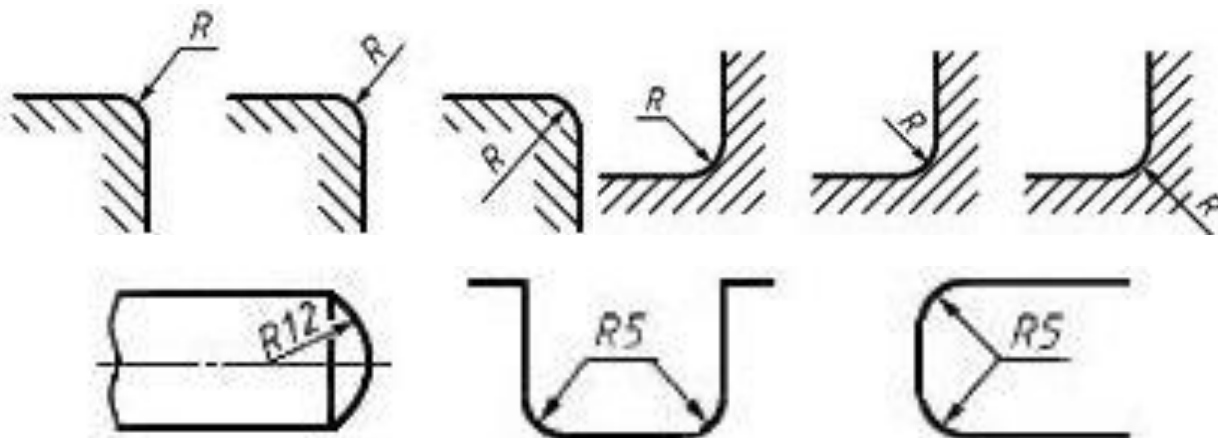


Рис. 23. Пример обозначения радиусов на чертежах

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. 24).

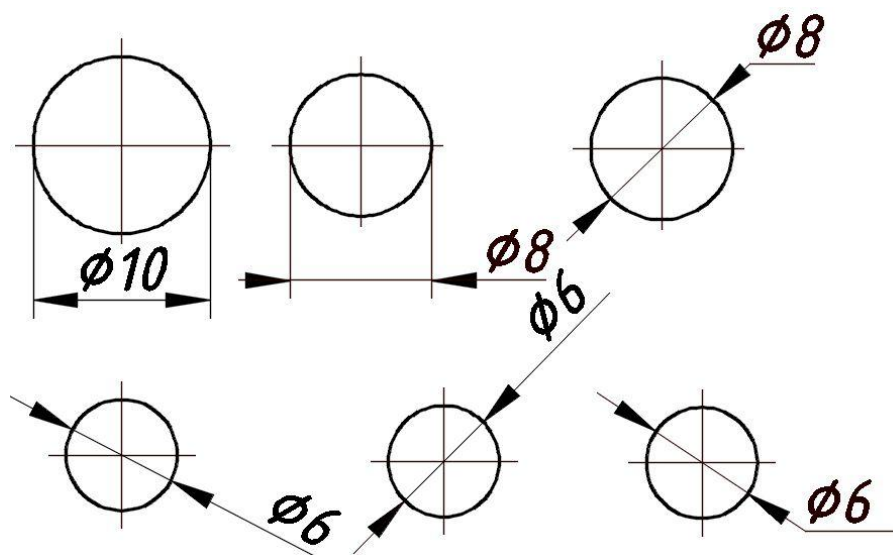


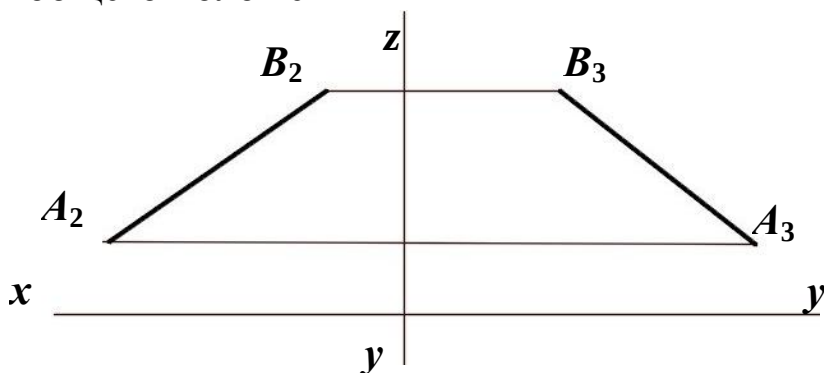
Рис. 24. Пример обозначения диаметров окружностей

### Практическая часть:

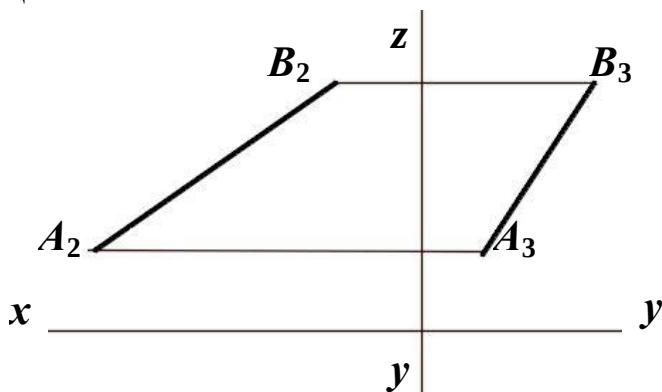
Решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4.

1. По заданным координатам проекций точки построить её эюр и определить координаты недостающих проекций  $A_1$  (45, 25),  $A_2$  (45, 35),  $A_3$  – ?

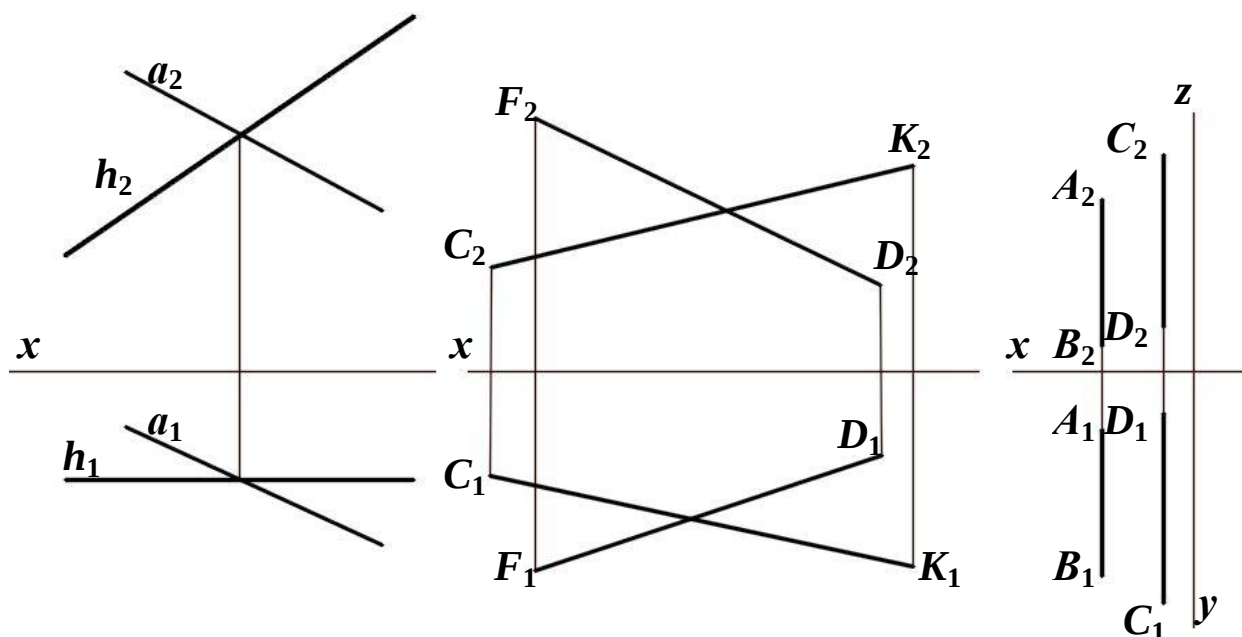
2. По двум проекциям прямой достроить третью и определить тип прямой общего положения



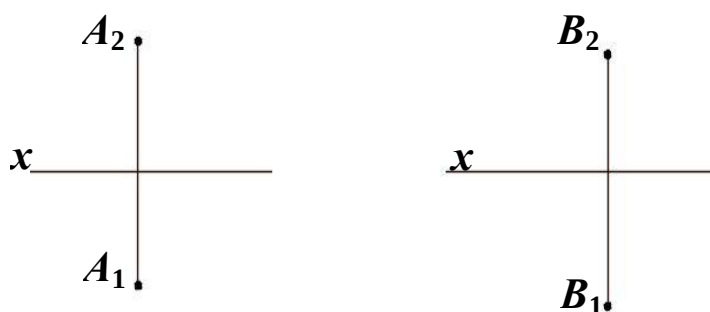
3. Определить натуральную величину прямой и углы наклона к плоскостям проекций



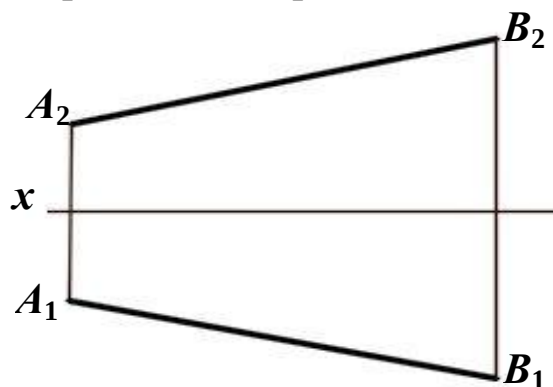
4. Определить взаимное положение отрезков прямых в пространстве



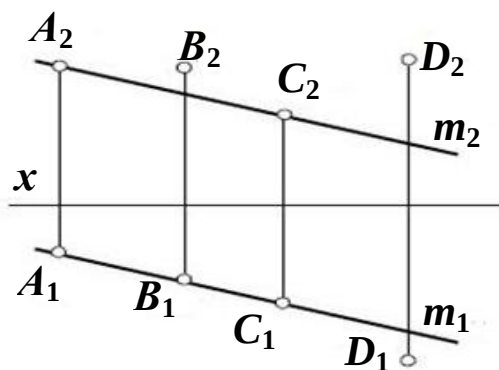
5. Через точку  $A$  провести горизонталь по углом  $60^\circ$  к фронтальной плоскости проекций, через точку  $B$  – фронталь по углом  $30^\circ$  к горизонтальной плоскости проекций.



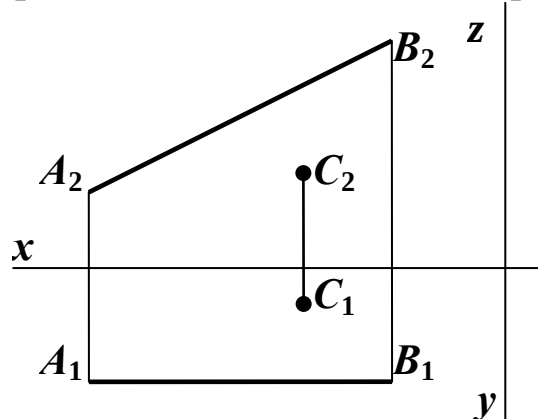
6. Отложить на прямой  $AB$  отрезок  $AC$  длиной 25 мм.



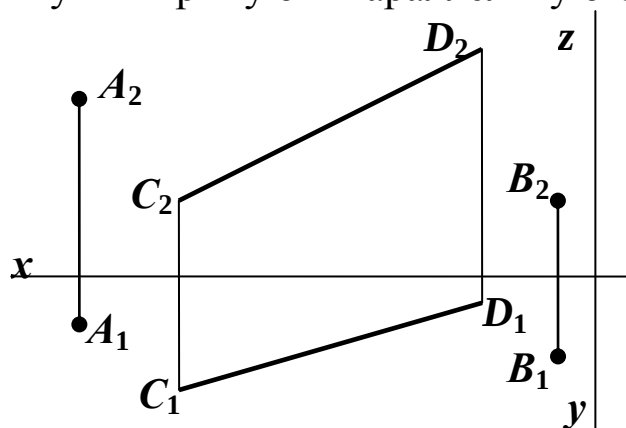
7. Определить принадлежность точек  $A, B, C$  и  $D$  прямой  $m$ .



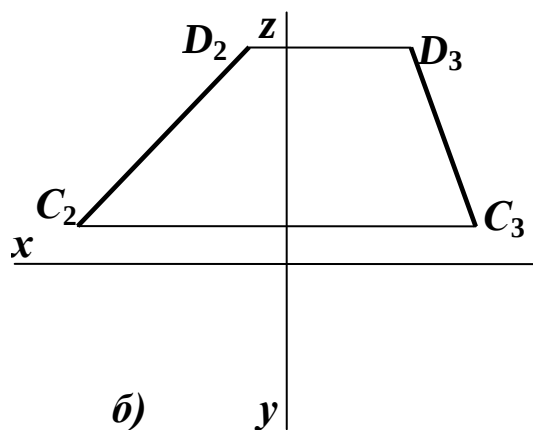
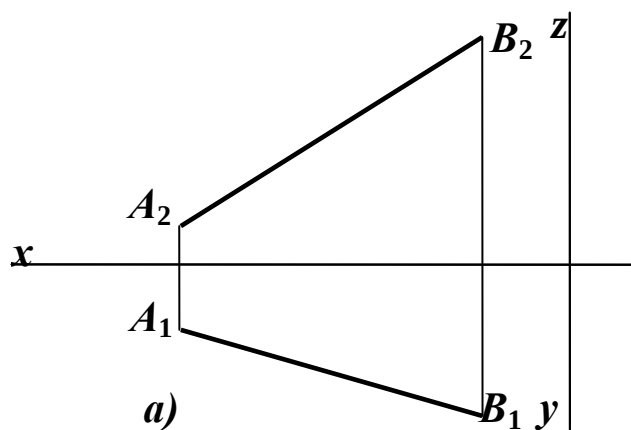
8. Определить расстояние от точки  $C$  до прямой  $AB$



9. Через точку  $A$  провести горизонталь  $h$ , пересекающую прямую  $CD$ , через точку  $B$  – прямую  $n$  параллельную  $CD$ .



10. Построить следы прямой.



## Самостоятельная работа:

### Дз 1. «Геометрическое черчение», решение задач

На листе формата А3 по представленному преподавателем варианту (табл. 7, 8) выполнить построение сопряжения и швеллера. Пример выполнения задания представлен на рис. 27.

### *Сопряжение*

**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. 25, а).

Касание называется внешним, если центры окружностей  $O_1$  и  $O_2$  лежат по разные стороны от касательной  $t$  (рис. 25, б) и внутренним, если центры находятся по одну сторону от общей касательной (рис. 25, в).

Для построения сопряжений необходимо определить центр сопряжения  $O$  и точки сопряжения  $A$  и  $B$  (рис. 25, 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, либо в пересечении перпендикуляра, опущенного из центра сопряжения  $O$  на сопрягаемую прямую.

### *Построение касательных*

Построение касательных к окружностям основано на том, что касательная перпендикулярна к радиусу, проведенному в точки касания. Примеры построения касательных к окружностям приведены в табл. 5.

### *Построение сопряжений*

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

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

Примеры построения сопряжений дугой заданного радиуса приведены в табл. 6.

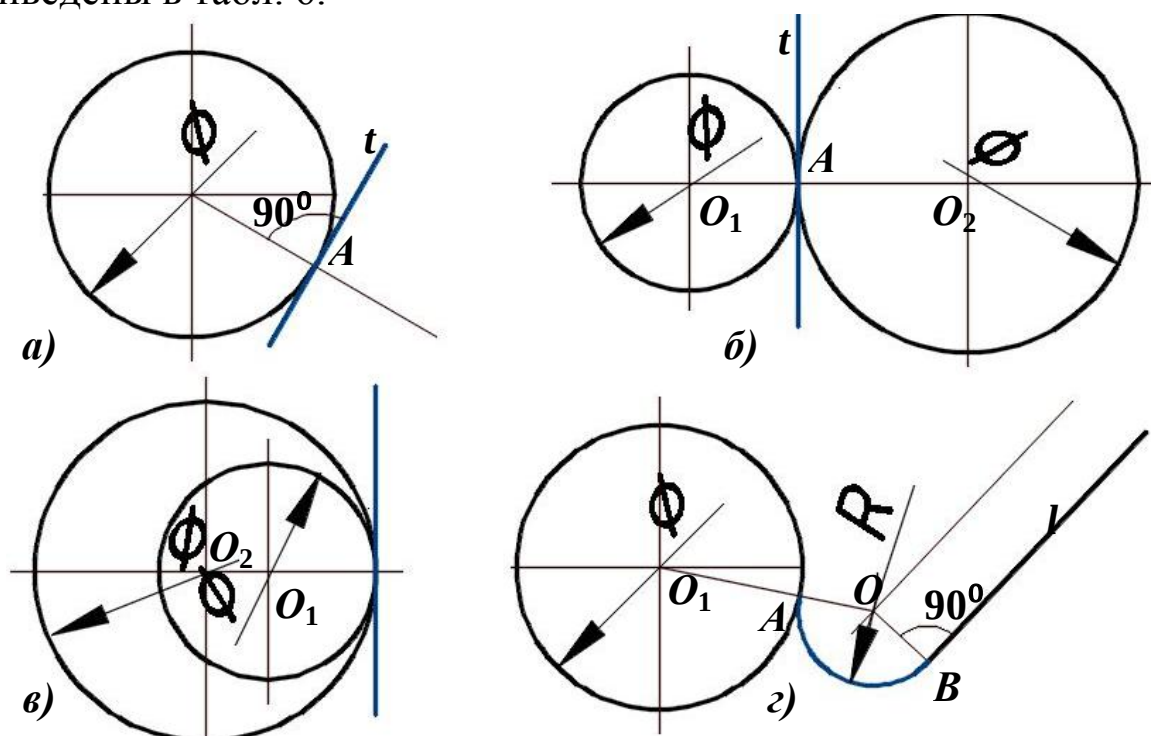


Рис. 25. Касательная к окружности, сопряжение

### **Построение уклона и конусности**

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

Уклон  $i$  прямой  $AC$  относительно  $AB$  определяется как отношение противолежащего катета  $BC$  к прилежащему  $AB$  и выражается формулой:

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

Проведения прямой, направление которой задано уклоном, необходимо на чертеже задать точку, определяющую положение прямой. Такой точкой является точка  $D$ , заданная размерами  $(b-d)/2$  и  $t$ .

Величина уклона выражается в виде дроби или процента.

Построение прямой  $DE$  с уклоном 10% показано на рис. 26. Построение можно выполнить отдельно, на свободном поле чертежа, а затем через данную точку на чертеже провести линию, параллельную построенной.

По ГОСТ 2.307-68 перед размерным числом, определяющим уклон, наносят знак « $\searrow$ », острый угол которого должен быть направлен в сторону уклона, а значение уклона записывается на полке линии-выноски, расположенной параллельно линии.

Таблица 5

## Порядок построения касательных к окружностям

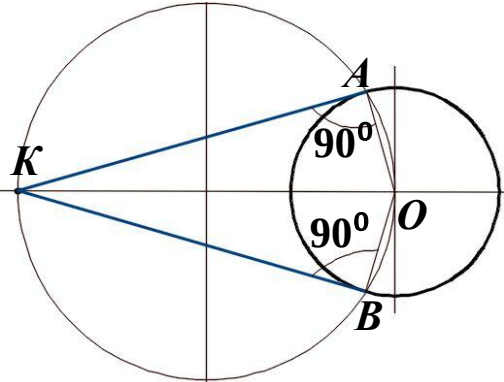
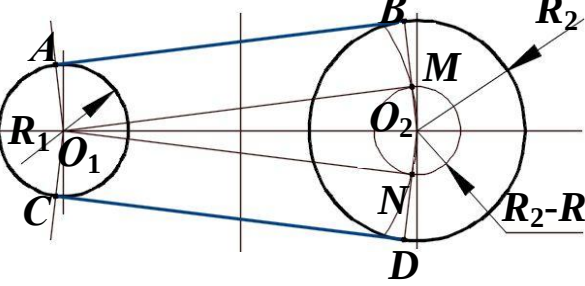
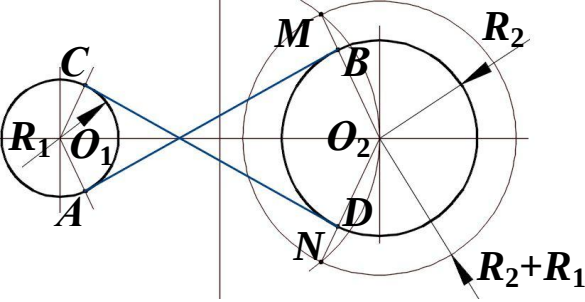
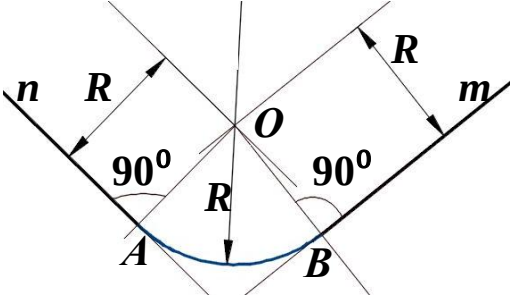
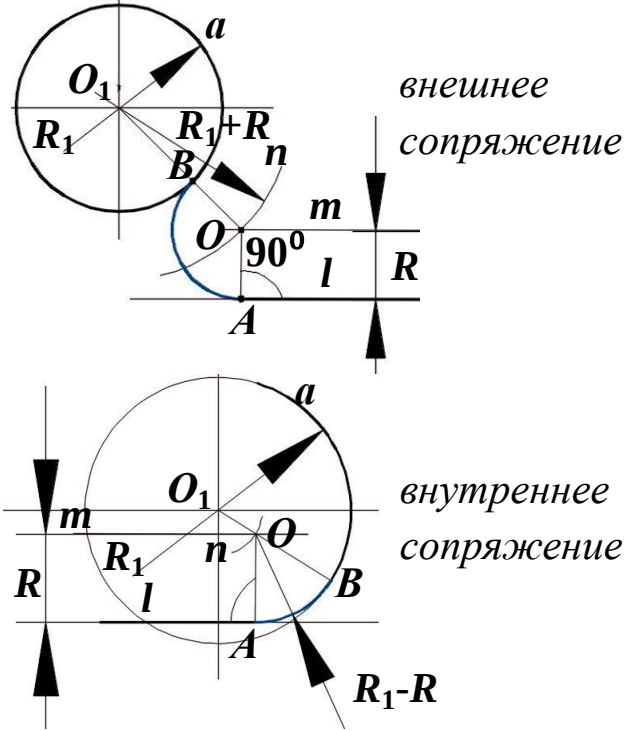
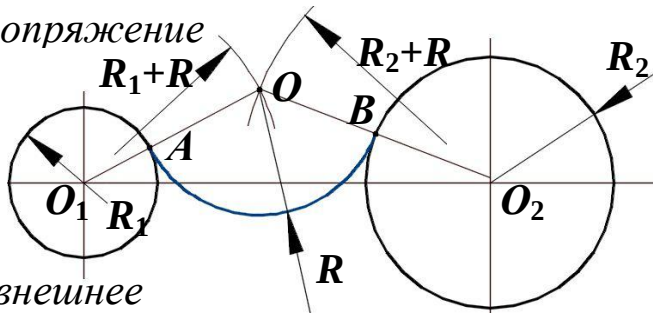
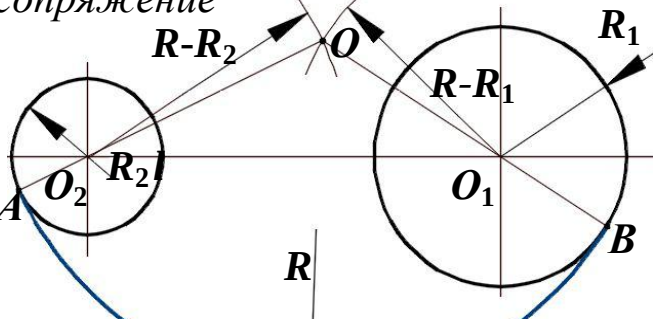
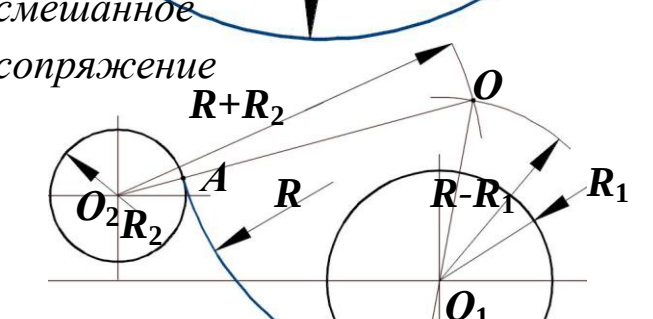
| Требуется построить                                                         | Построения                                                                           | Пояснения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Касательную из точки $K$ к окружности с центром в точке $O$                 |    | Точки касания $A$ и $B$ находятся в пересечении вспомогательной окружности радиуса $KO/2$ с данной окружностью. $KA$ и $KB$ – касательные                                                                                                                                                                                                                                                |
| Внешнюю касательную к двум окружностям с центрами в точках $O_1$ и $O_2$    |   | $O_1M$ 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 $O_2N$ окружностью радиуса $R_2$ . Точки касания $A$ и $C$ получаются при пересечении радиусов $O_1A$ и $O_1C$ , проведённых параллельно $O_2B$ и $O_2D$ . $AB$ и $CD$ – внешние касательные |
| Внутреннюю касательную к двум окружностям с центрами в точках $O_1$ и $O_2$ |  | Точки касания $A, B, C, D$ находятся аналогично предыдущему способу с той разницей, что вспомогательная окружность проводится суммой радиусов $R_2 + R_1$ . $AB$ и $CD$ – внутренние касательные                                                                                                                                                                                         |

Таблица 6

| Порядок построения сопряжений                                     |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дано                                                              | Построения                                                                          | Пояснения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 1                                                                 | 2                                                                                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Две пересекающиеся прямые                                         |   | <p>Центр сопряжения <math>O</math> находится в точке пересечения вспомогательных прямых, отстоящих от заданных прямых <math>m, n</math> на расстоянии <math>R</math>. Точки сопряжения <math>A</math> и <math>B</math> есть основания перпендикуляров, опущенных из центра <math>O</math> на заданные прямые</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Прямая $l$ и окружность $a$ радиуса $R_1$ с центром в точке $O_1$ |  | <p>Центр сопряжения <math>O</math> находится в точке пересечения вспомогательной прямой <math>m</math>, отстоящей от заданной прямой <math>l</math> на расстоянии <math>R</math>, и вспомогательной дуги <math>n</math>, радиуса <math>R_1+R</math> и центром в точке <math>O_1</math>, в случае <i>внешнего сопряжения</i> или вспомогательной дуги радиуса <math>R_1-R</math> в случае <i>внутреннего сопряжения</i>.</p> <p>Точка сопряжения <math>A</math> есть основание перпендикуляра, опущенного из центра <math>O</math> на прямую <math>l</math>. Точка сопряжения <math>B</math> определяется в точке пересечения линии, соединяемой центр <math>OO_1</math> с данной окружностью</p> |

## Продолжение таблицы 6

| 1                                                                                                                          | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Две окружности радиусов <math>R_1</math> и <math>R_2</math> с центрами в точках <math>O_1</math> и <math>O_2</math></p> | <p>внутреннее сопряжение</p>  <p>внешнее сопряжение</p>  <p>смешанное сопряжение</p>  | <p>Центр сопряжения <math>O</math> находится в точке пересечения вспомогательных дуг окружностей (положение центров этих дуг и величины их радиусов см. из чертежей). Точки сопряжения <math>A</math> и <math>B</math> определяются в точках пересечения заданных окружностей с прямыми, соединяющими центры, соответственно <math>OO_1</math> и <math>OO_2</math></p> |

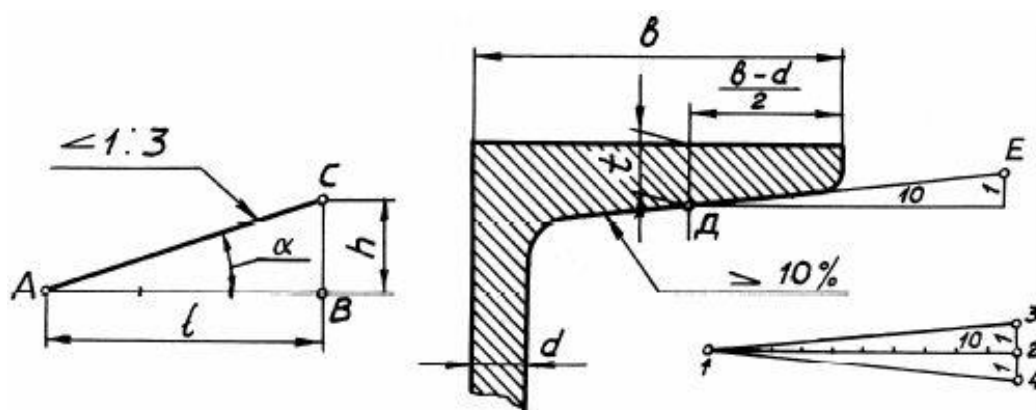
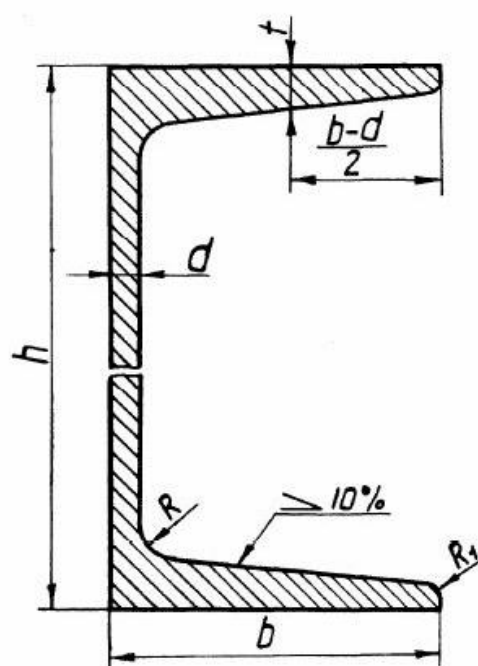


Рис.26. Построение уклона

Таблица 7

Варианты заданий для построения уклона

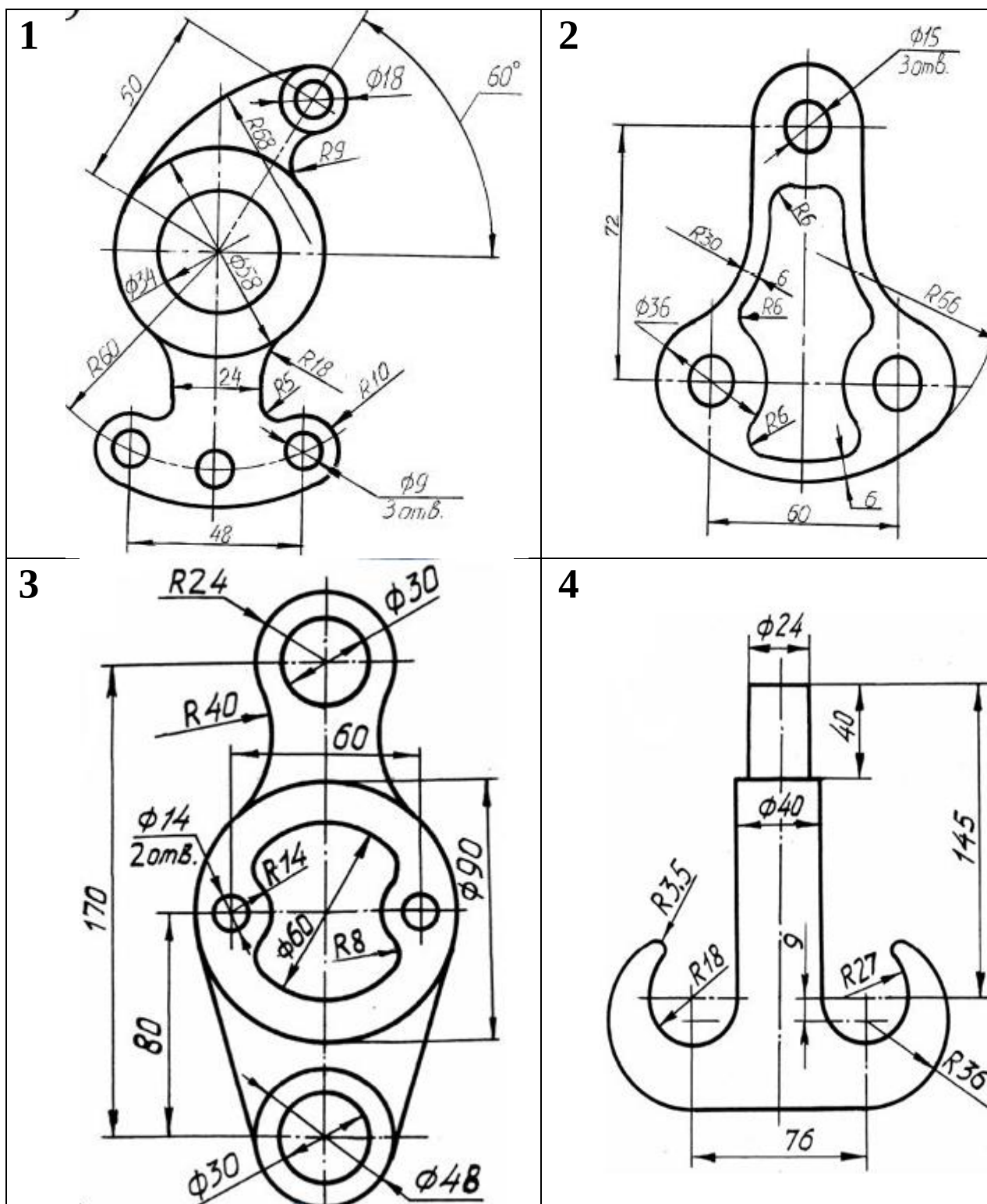
Профили проката  
Швеллеры (ГОСТ 8440 – 72)



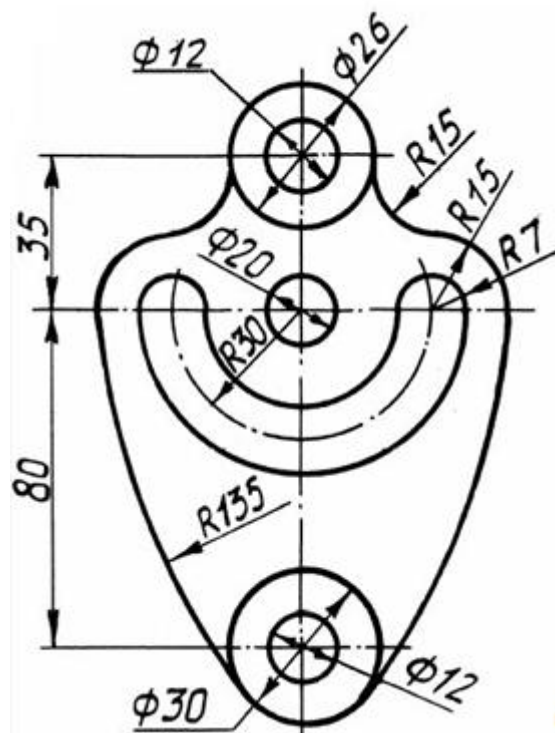
| № варианта | Номер профиля | $h$ | $b$ | $d$ | $t$  | $R$  | $R_1$ |
|------------|---------------|-----|-----|-----|------|------|-------|
| 1          | 5             | 50  | 32  | 4,4 | 7,0  | 6,0  | 2,5   |
| 2          | 6,5           | 65  | 36  | 4,4 | 7,2  | 6,0  | 2,5   |
| 3          | 8             | 80  | 40  | 4,5 | 7,4  | 6,5  | 2,5   |
| 4          | 10            | 100 | 46  | 4,5 | 7,6  | 7,0  | 3,0   |
| 5          | 12            | 120 | 52  | 4,8 | 7,8  | 7,5  | 3,0   |
| 6          | 14            | 140 | 58  | 4,9 | 8,1  | 8,0  | 3,0   |
| 7          | 14a           | 140 | 62  | 4,9 | 8,1  | 8,0  | 3,0   |
| 8          | 16            | 160 | 64  | 5,0 | 8,4  | 8,5  | 3,5   |
| 9          | 16a           | 160 | 68  | 5,0 | 9,0  | 8,5  | 3,5   |
| 10         | 18            | 180 | 70  | 5,1 | 8,7  | 9,0  | 3,5   |
| 11         | 18a           | 180 | 74  | 5,1 | 9,3  | 9,0  | 3,5   |
| 12         | 20            | 200 | 76  | 5,2 | 9,0  | 9,5  | 4,0   |
| 13         | 20a           | 200 | 80  | 5,2 | 9,7  | 9,5  | 4,0   |
| 14         | 22            | 220 | 82  | 5,4 | 9,5  | 10,0 | 4,0   |
| 15         | 22a           | 220 | 87  | 5,4 | 10,2 | 10,0 | 4,0   |
| 16         | 24            | 240 | 90  | 5,6 | 10,0 | 10,5 | 4,0   |
| 17         | 24a           | 240 | 95  | 5,6 | 10,7 | 10,5 | 4,0   |
| 18         | 27            | 270 | 95  | 6,0 | 10,5 | 11,0 | 4,5   |
| 19         | 30            | 300 | 100 | 6,5 | 11,0 | 12,0 | 5,0   |
| 20         | 33            | 330 | 105 | 7,0 | 11,7 | 13,0 | 5,0   |

Рис. 27. Пример выполнения Дз1(Геометрическое черчение)

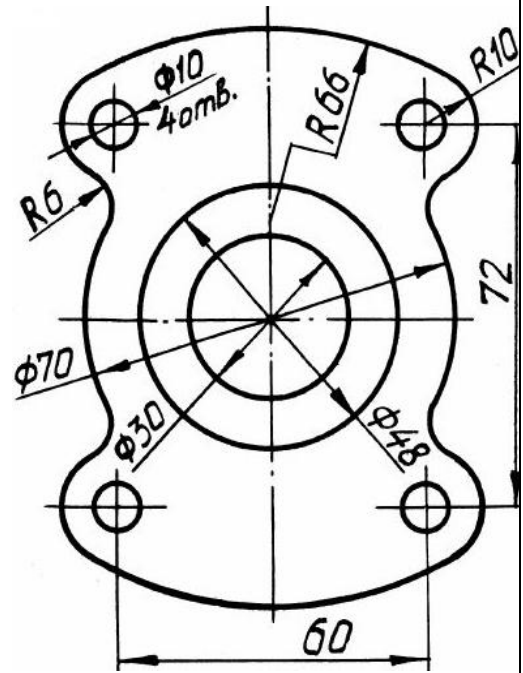
## Варианты заданий для построения сопряжения



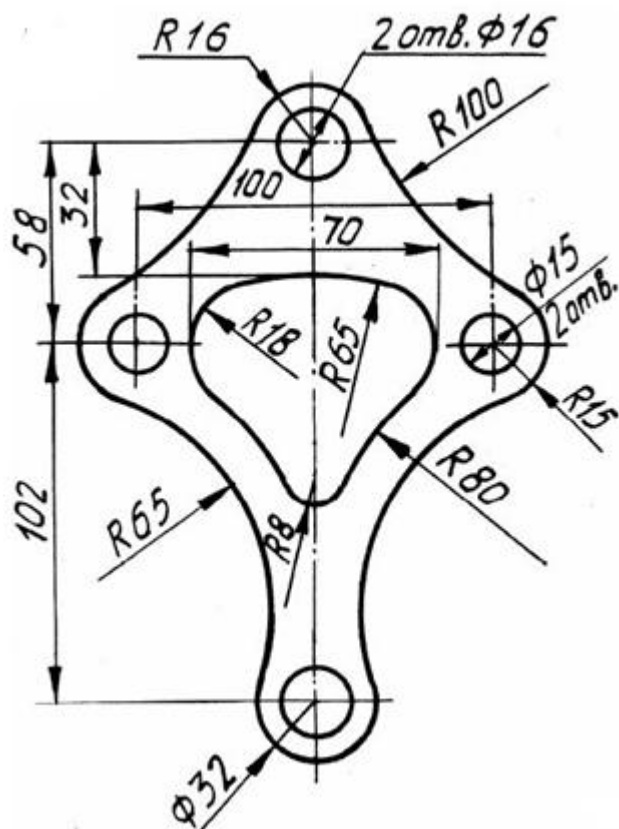
5



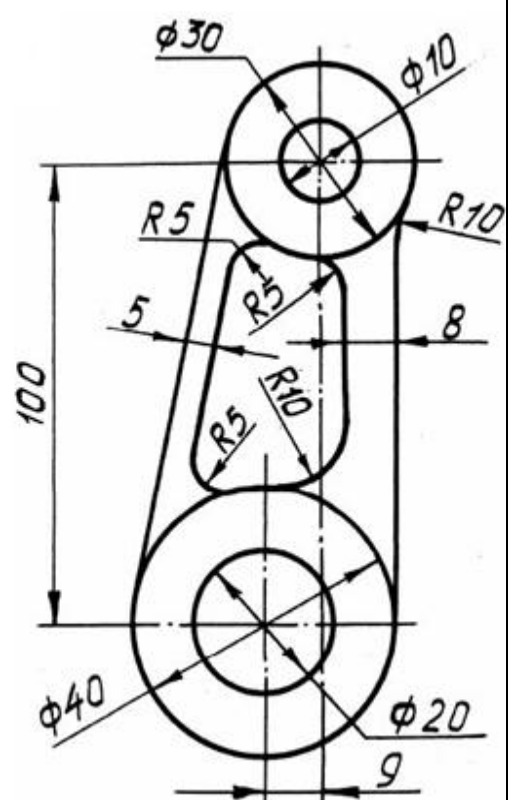
6



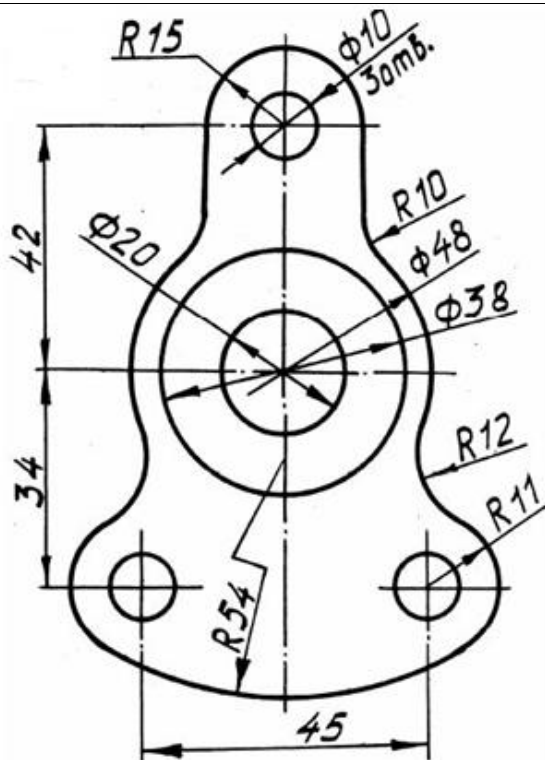
7



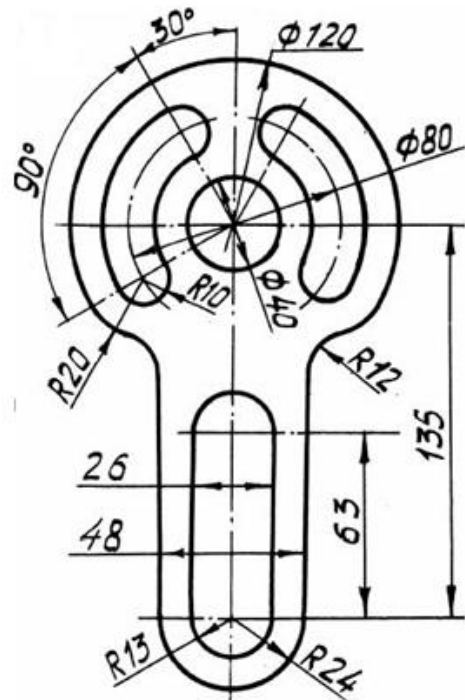
8



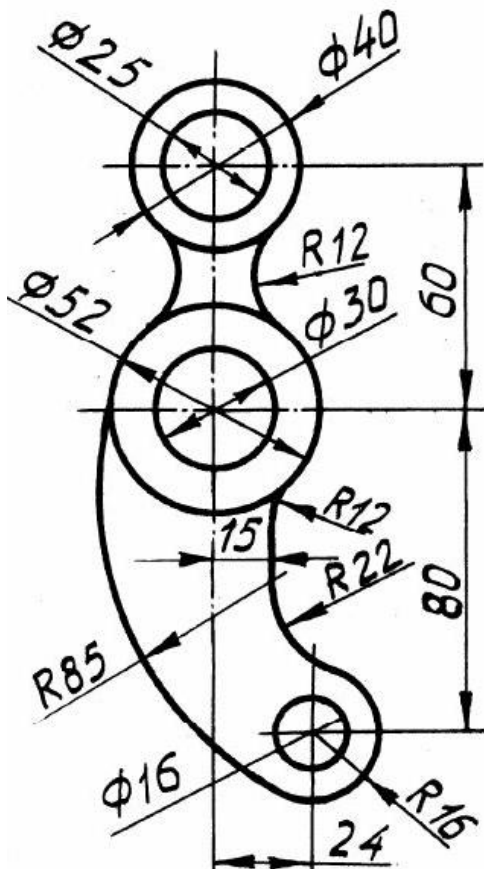
9



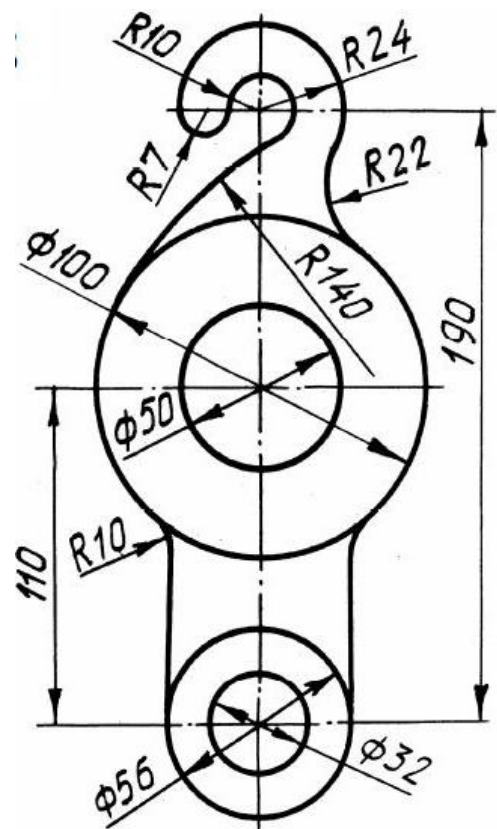
10

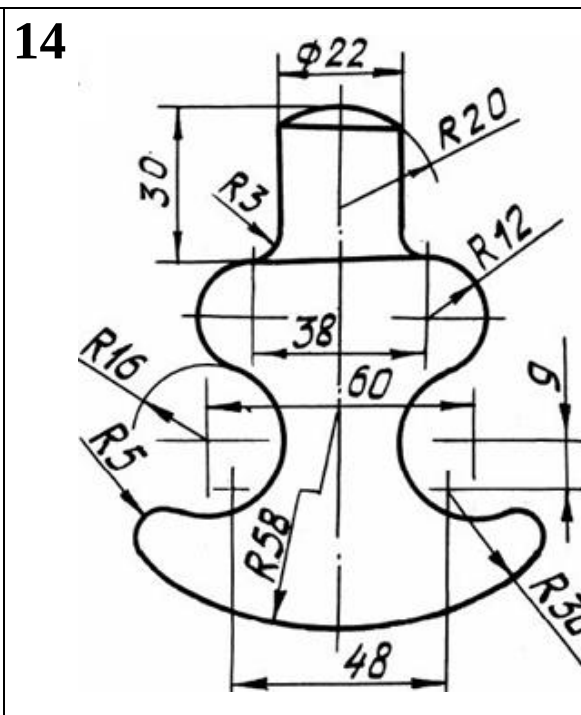
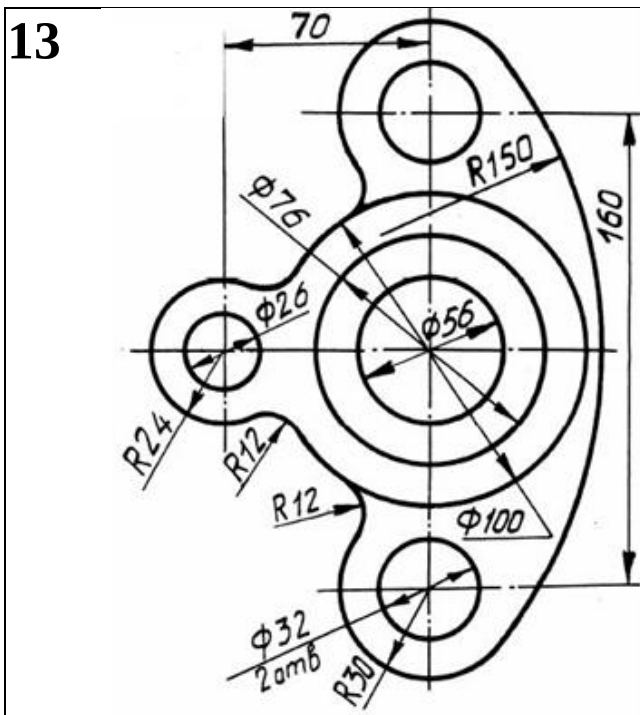


11



12





### 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 такое сопряжение? Назовите основные этапы построения.

## Раздел 2. Плоскость

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

### Практическое занятие: Теоретические положения

Плоскость на эпюре Монжа можно задать:

- проекциями трёх точек, не лежащих на одной прямой (рис. 28, а);
- проекциями точки и прямой (рис. 28, б);
- проекциями двух пересекающихся прямых (рис. 28, в);
- проекциями двух параллельных прямых (рис. 28, г);
- проекциями плоской фигуры (рис. 28, д);
- проекциями двух пересекающихся прямых принадлежащих плоскостям проекций – следами плоскостей (рис. 28, е);
- проекциями точки и двойной прямой (рис. 28, 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 и следы плоскости.

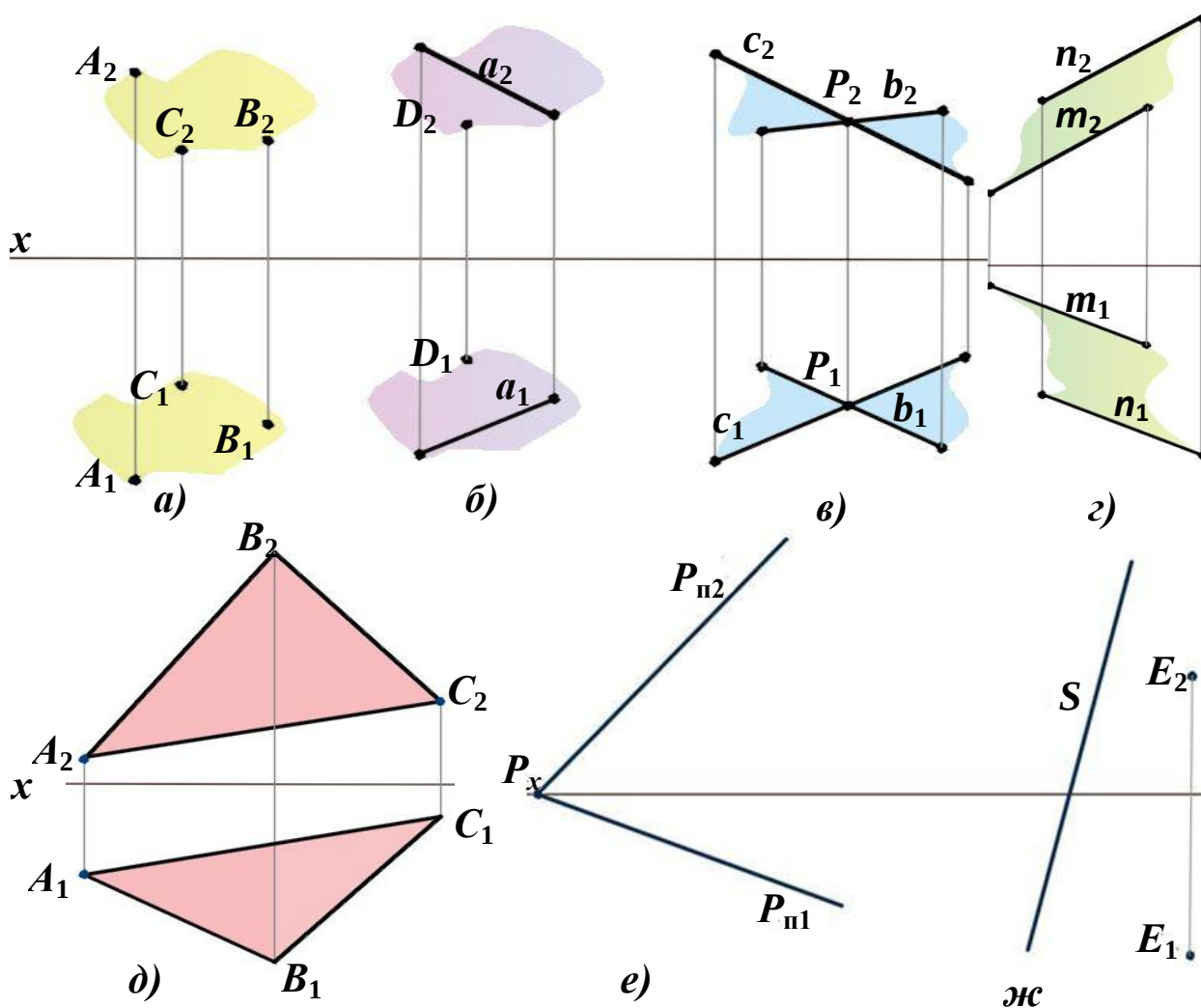


Рис. 28. Способы задания плоскости на комплексном чертеже (эпюре Монжа)

**Линии уровня плоскости** – это горизонтали и фронталы, принадлежащие плоскости (рис. 29).

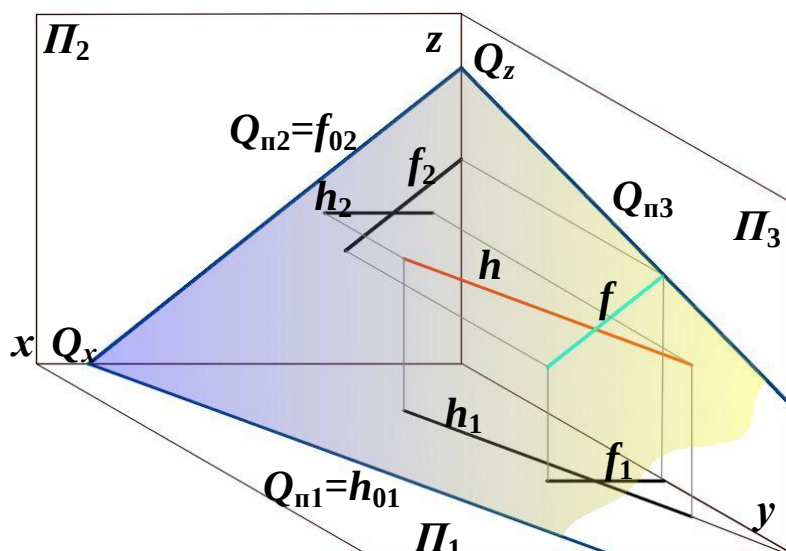


Рис. 29. Горизонталь и фронталь в плоскости

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

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

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

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

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

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

Построение горизонталей на чертеже обычно начинают с фронтальной проекции, а фронталей – с горизонтальной проекции (рис. 30).

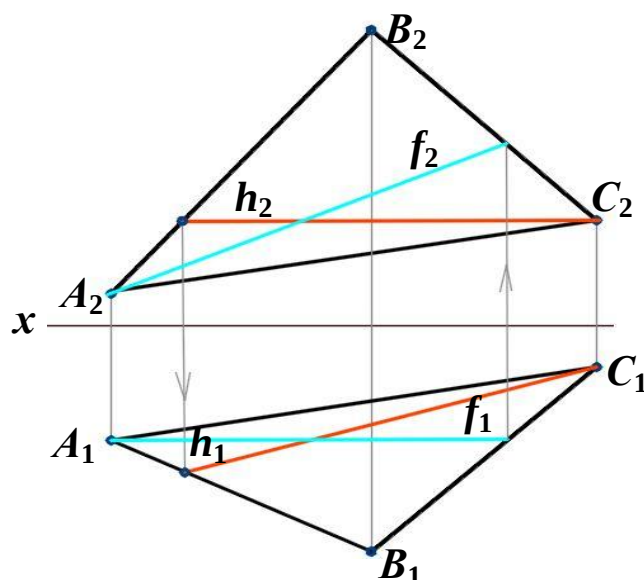


Рис. 30. Линии уровня в плоскости треугольника  $ABC$

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  $Q_x$  на оси проекций – *точке схода следов* (точке пересечения трёх

плоскостей  $Q$ ,  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ ). Построение следов плоскости показано на рис. 31.

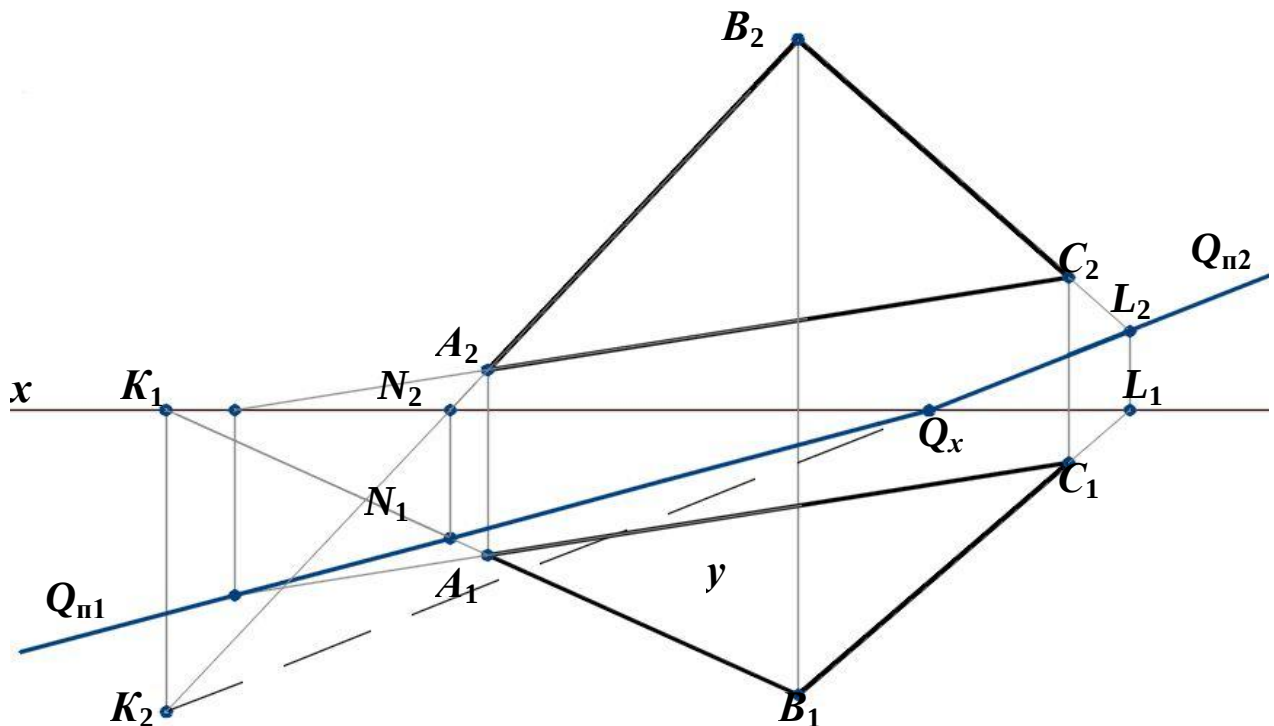


Рис. 31. Построение следов плоскости

В любой плоскости есть множество точек, имеющих совпавшие проекции. Такие точки лежат на одной прямой – линии пересечения данной плоскости с тождественной. Эту особую прямую называют **двойной прямой** плоскости. Для построения двойной прямой, достаточно построить двойные точки для любых двух прямых этой плоскости (рис. 32).

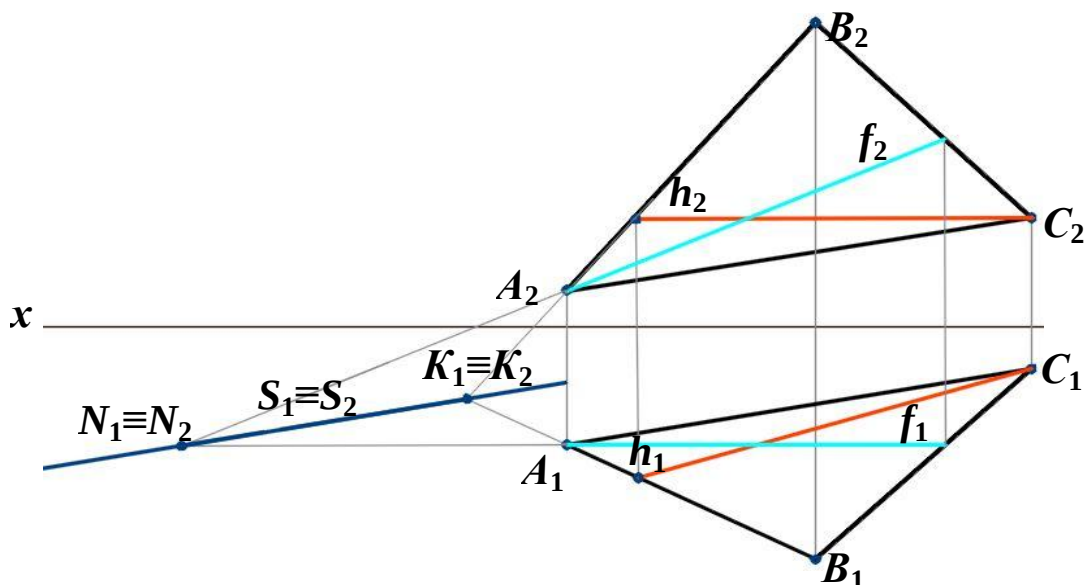


Рис. 32. Двойная прямая ( $S_1 \equiv S_2$ )

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

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, фронталы также взаимно параллельны.

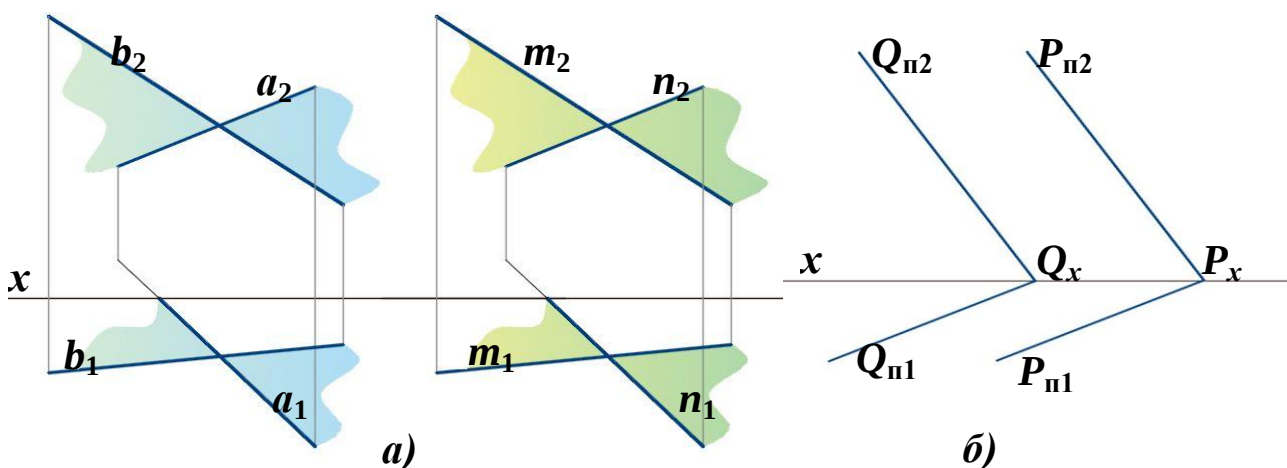


Рис. 33. Параллельные плоскости

### ***Первая позиционная задача (пересечение двух плоскостей)***

Для построения линии пересечения двух плоскостей достаточно найти две их общие точки. На чертежах такого типа задачи ре-

шаются с помощью вспомогательных секущих плоскостей (проецирующих или плоскостей уровня).

*Алгоритм решения задач на пересечение двух плоскостей.*

1. Плоскости  $R$  (задана следами) и  $P$  ( $\triangle ABC$ ) пересекаются двумя вспомогательными горизонтальными плоскостями уровня  $H$  и  $Q$  (рис. 34);

2. Плоскость  $H$  пересекает плоскости  $R$  и  $P$  по двум горизонталям, в результате получаем точку пересечения  $1$  – общую точку для плоскостей  $R$  и  $P$ ;

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

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

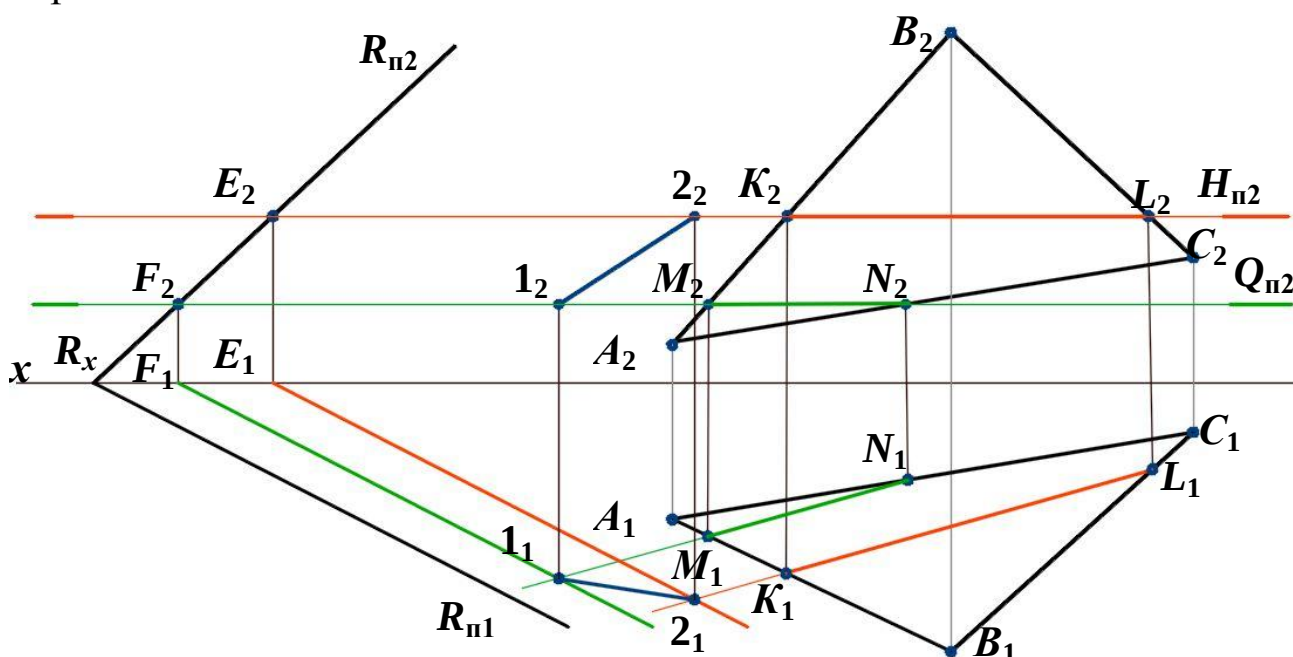


Рис. 34. Построение линии пересечения двух плоскостей

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

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

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

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

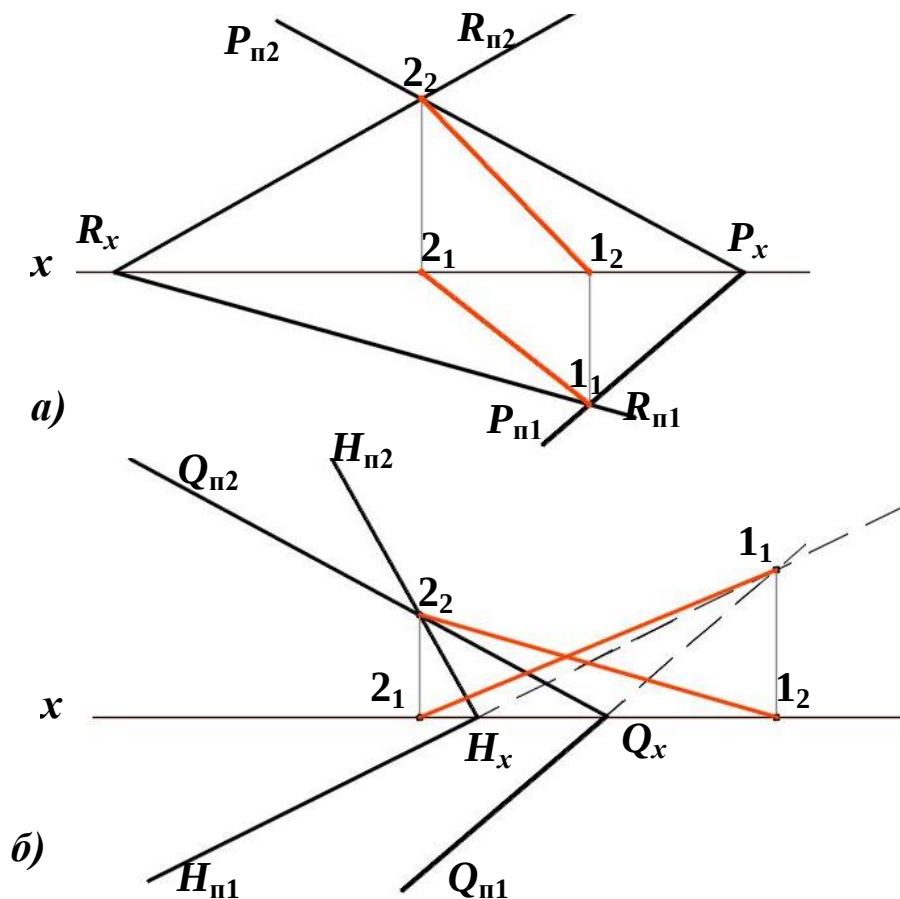


Рис. 35. Построение линии пересечения двух плоскостей

### ***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).

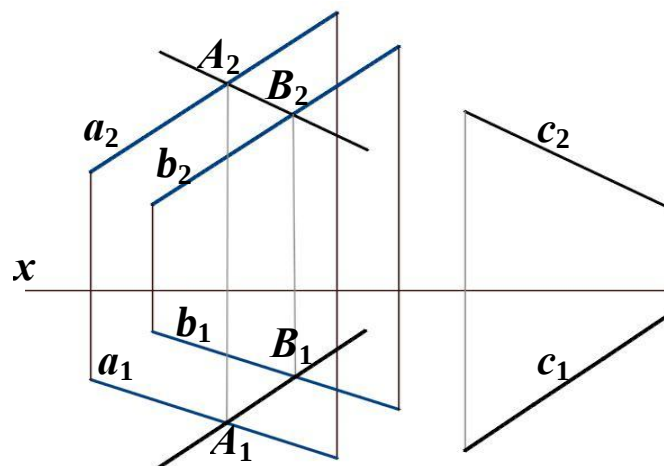


Рис. 36. Прямая параллельная плоскости

## **Вторая позиционная задача (пересечение прямой с плоскостью)**

*Алгоритм решения позиционных задач на пересечение прямой с плоскостью.*

1. Через одну из проекций прямой проводят вспомогательная проецирующую плоскость. На рисунке 37, *а* через фронтальную проекцию прямой ( $m_2$ ) проведена фронтальная проекция фронтально проецирующей плоскости  $R$ ;

2. Находят проекцию линии ( $1_22_2$  и  $1_12_1$ ) взаимного пересечения заданной плоскости  $\Delta ABC$  и вспомогательной  $R$ ;

3. Точка пересечения (встречи) прямой с плоскостью лежит на пересечении заданной прямой  $m$  и линии пересечения  $12$  плоскостей  $R$  и  $\Delta ABC$ . 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  $m_2$  и получают фронтальную проекцию  $K_2$  точки пересечения  $K$  прямой  $m$  с плоскостью  $\Delta ABC$ .

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  $BC$  и  $m$ . Так как при направлении взгляда сверху линия  $B_2C_2$  располагается выше, чем прямая  $m_2$ , то и на горизонтальной проекции до точки  $K_1$  прямая  $m_2$  невидима. Аналогично, анализируя расположение прямых в пространстве  $AB$  и  $m$ , устанавливается невидимая часть прямой  $m$  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.

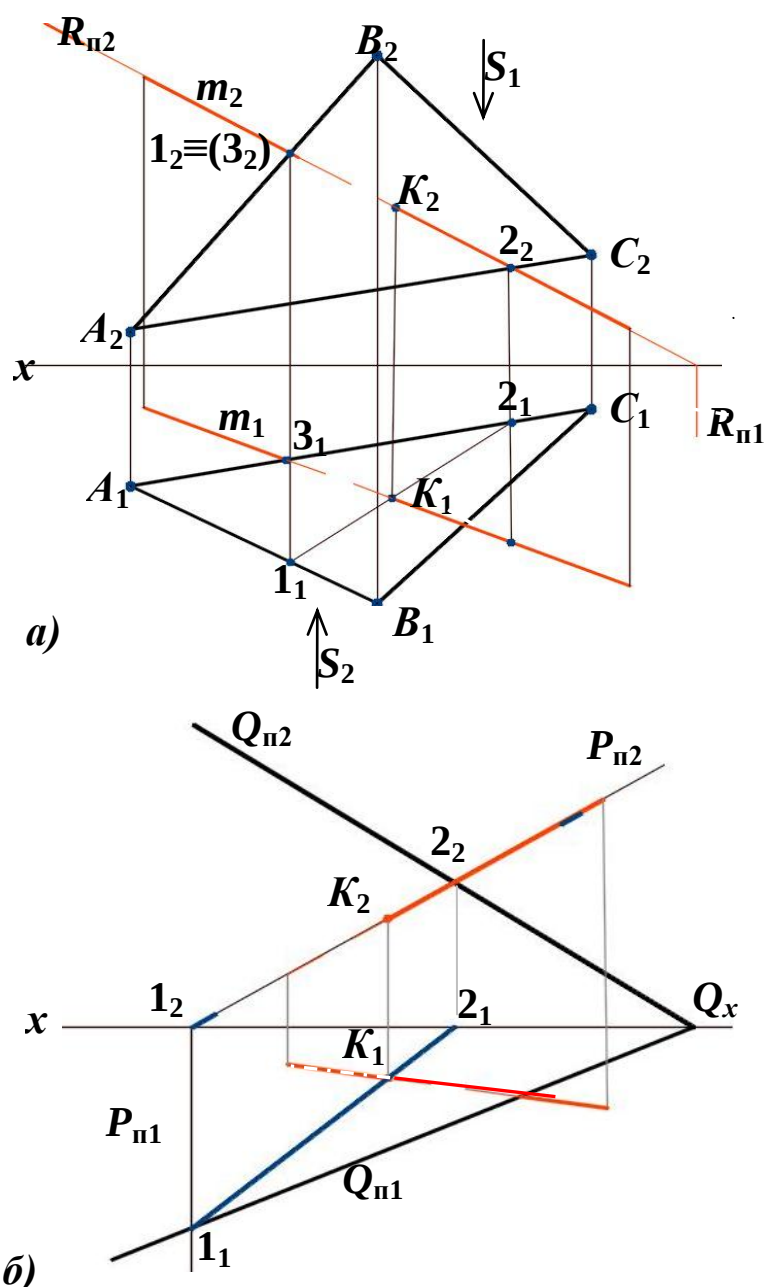


Рис. 37. Пересечение прямой с плоскостью

### ***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, фронталы и профильные прямые плоскости. При этом построение перпендикуляров на эпюре производят к проекциям главных линий, соответствующих натуральной величине (на основании *теоремы о проецировании прямого угла*) (рис. 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).

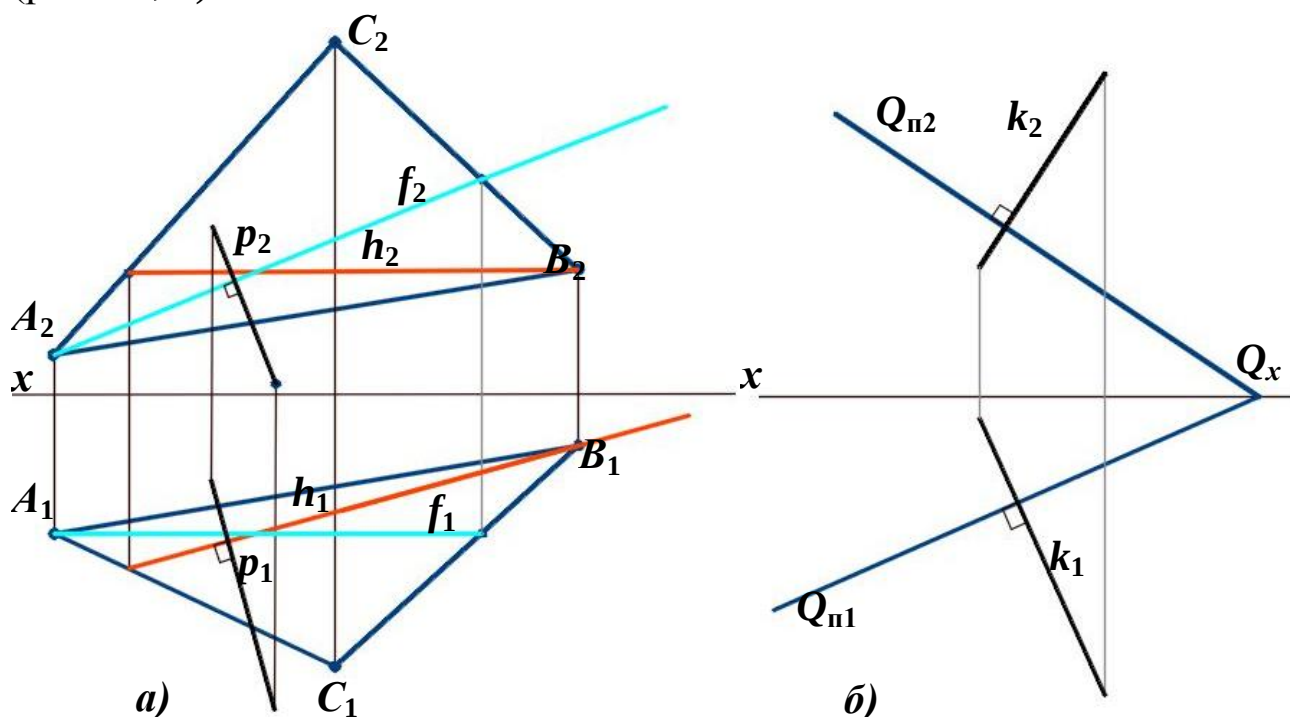


Рис. 38. Перпендикулярность прямой и плоскости

*Две плоскости перпендикулярны*, если одна плоскость содержит прямую, перпендикулярную другой плоскости (рис. 39).

$$R(a \cap b) \perp Q(\triangle ABC)$$

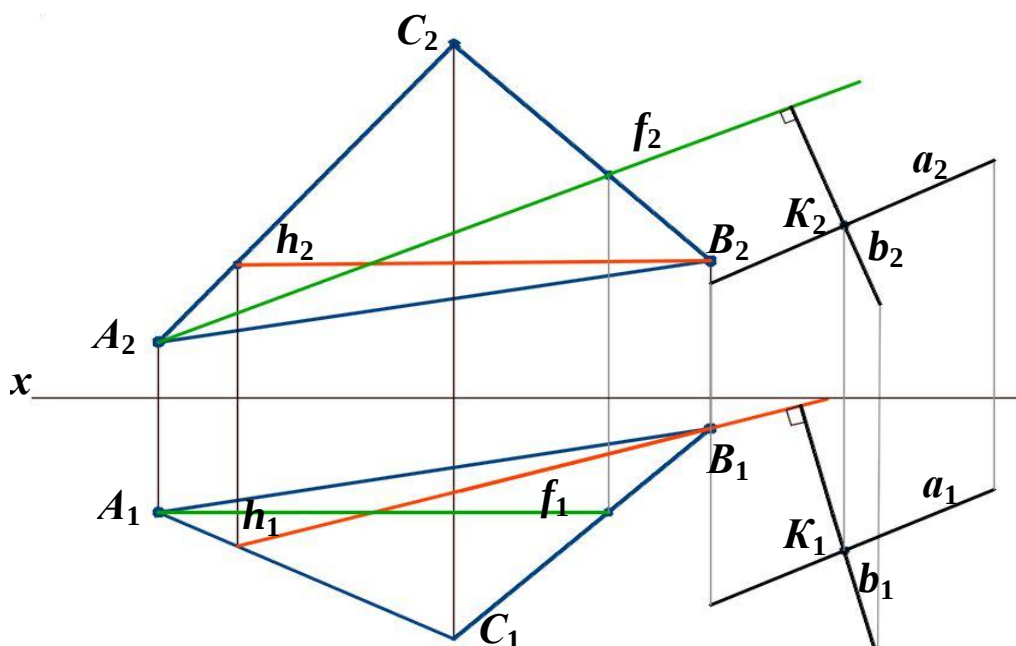
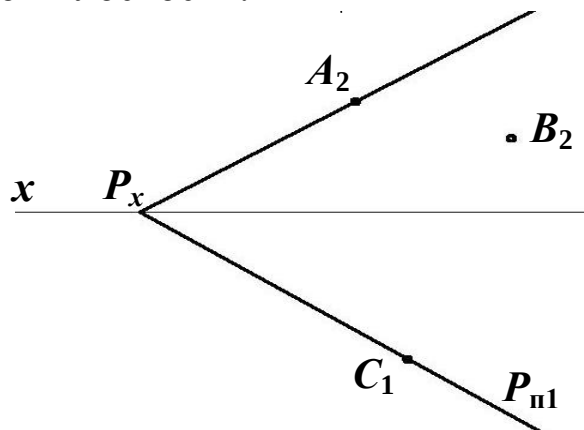


Рис. 39. Перпендикулярность двух плоскостей

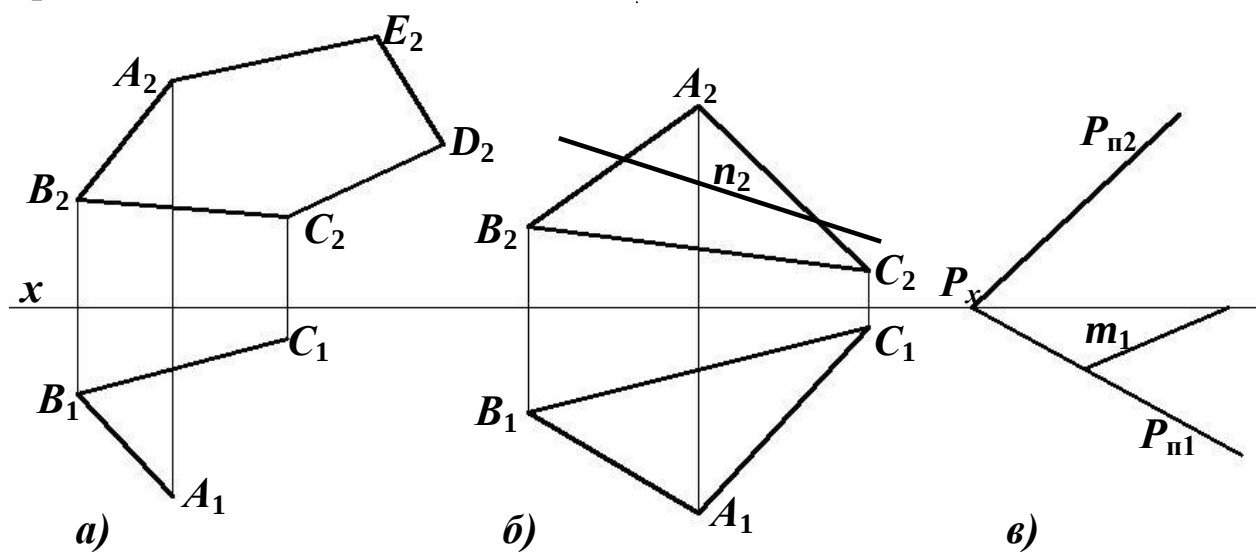
## Практическая часть:

Решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4.

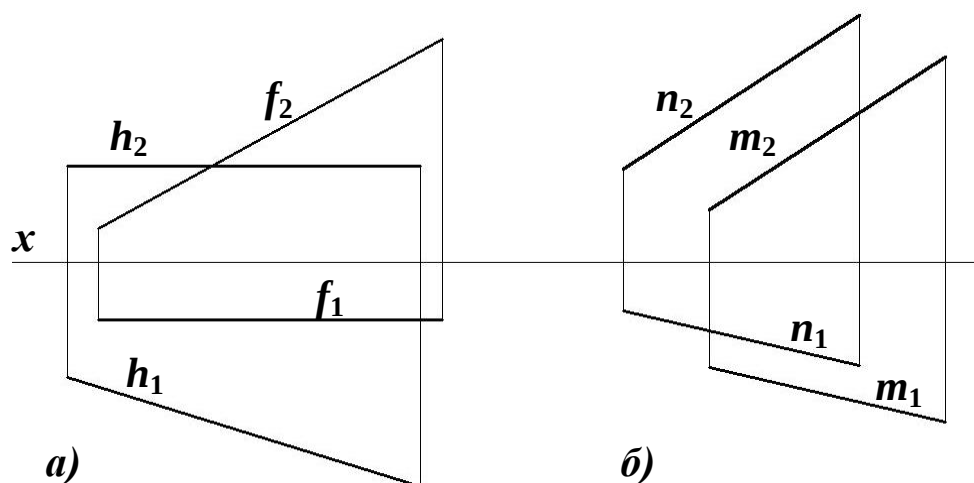
1. Определить положение заданной плоскости относительно плоскостей проекций. Построить проекции треугольника  $ABC$ , расположенного в этой плоскости.



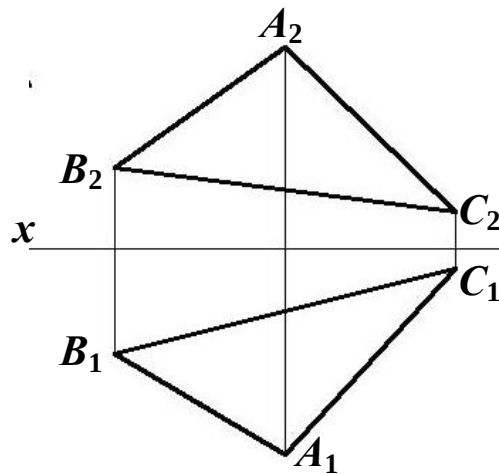
2. Достроить недостающие проекции а) точек и б, в) прямых, принадлежащих плоскости



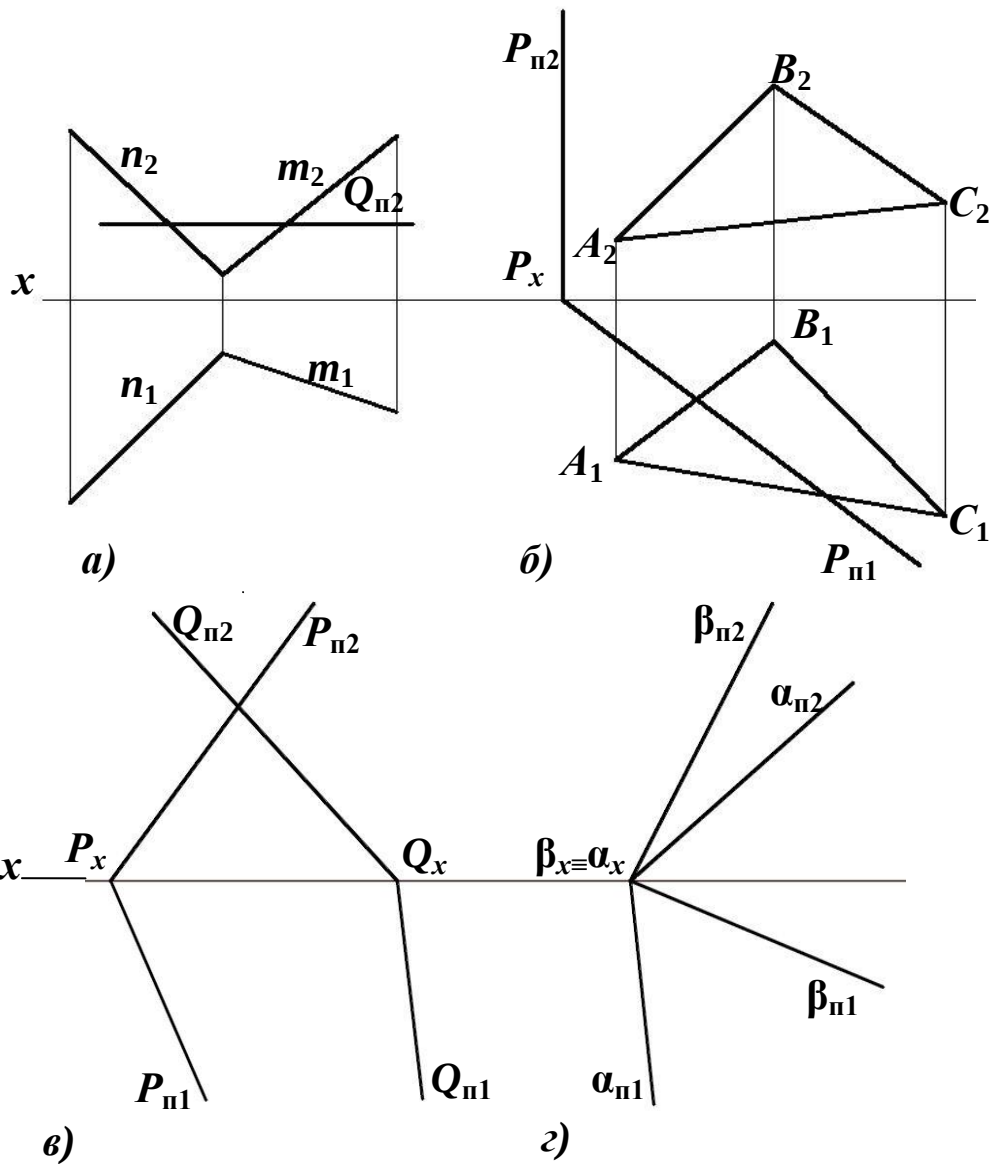
3. Построить следы плоскости

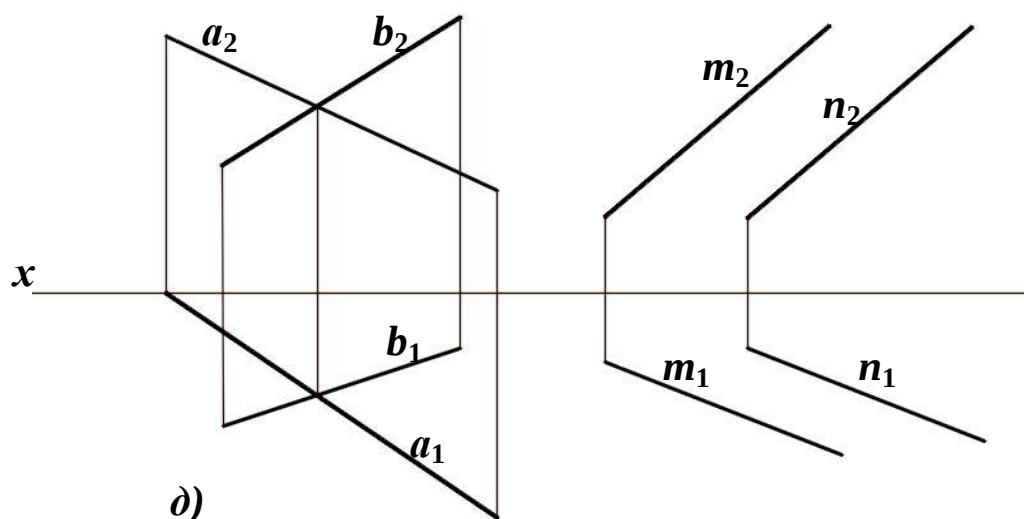


4. В плоскости треугольника построить линии наибольшего наклона, линию наибольшего ската.

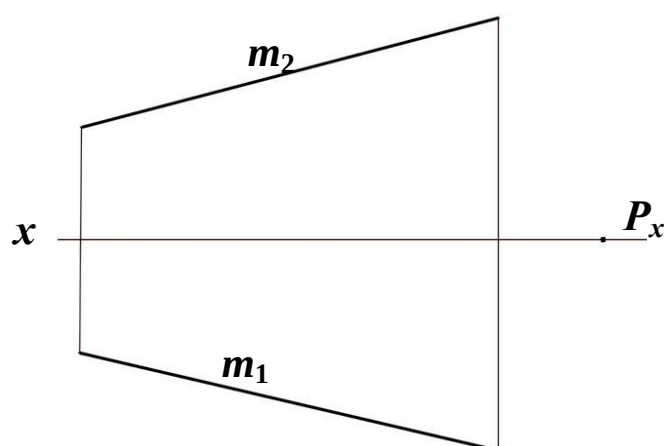


5. Построить линию пересечения двух плоскостей.

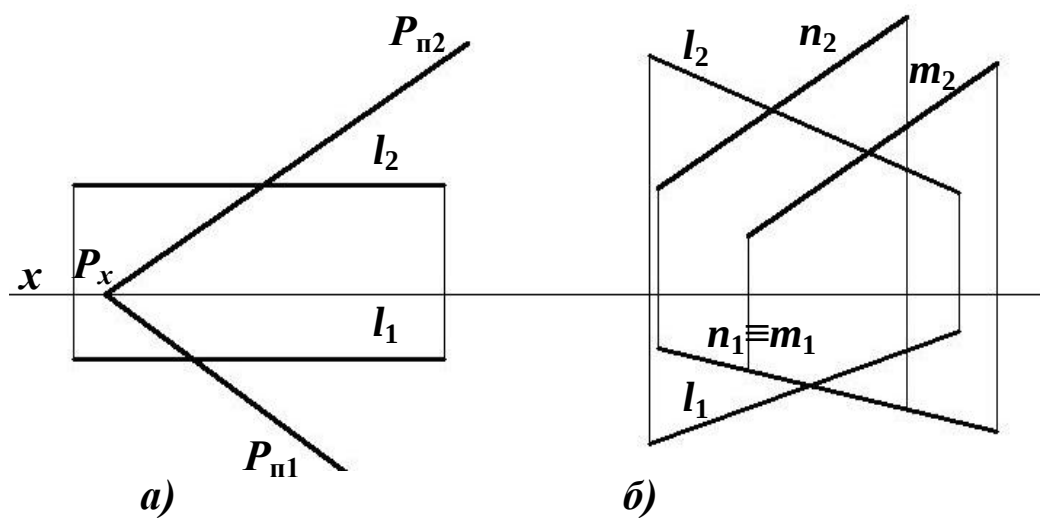


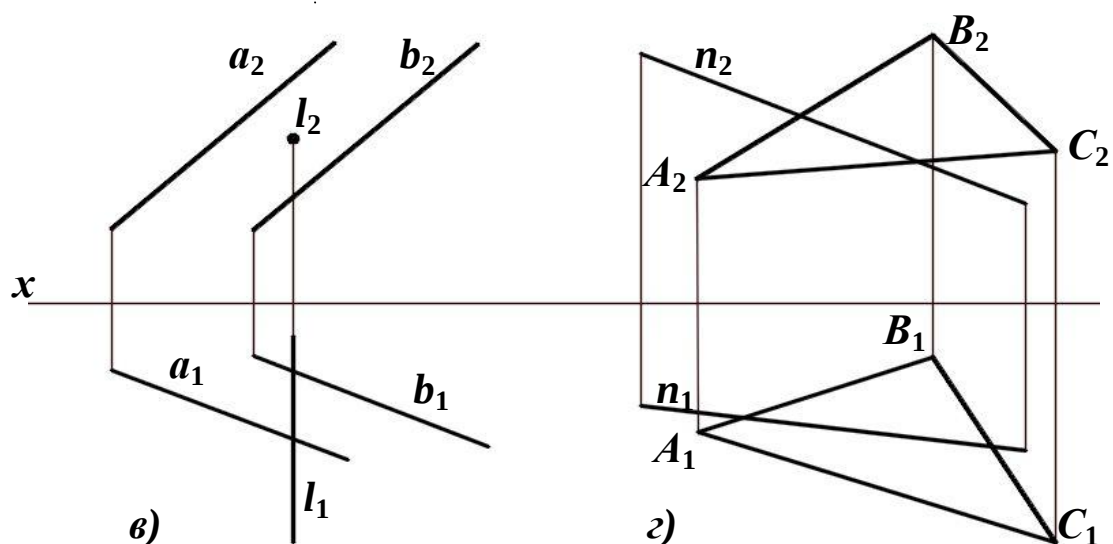


6. Построить следы плоскости  $P$ , перпендикулярной к прямой  $m$ , если известна точка схода следов  $P_x$ . По заданным проекциям определить тип плоскости.

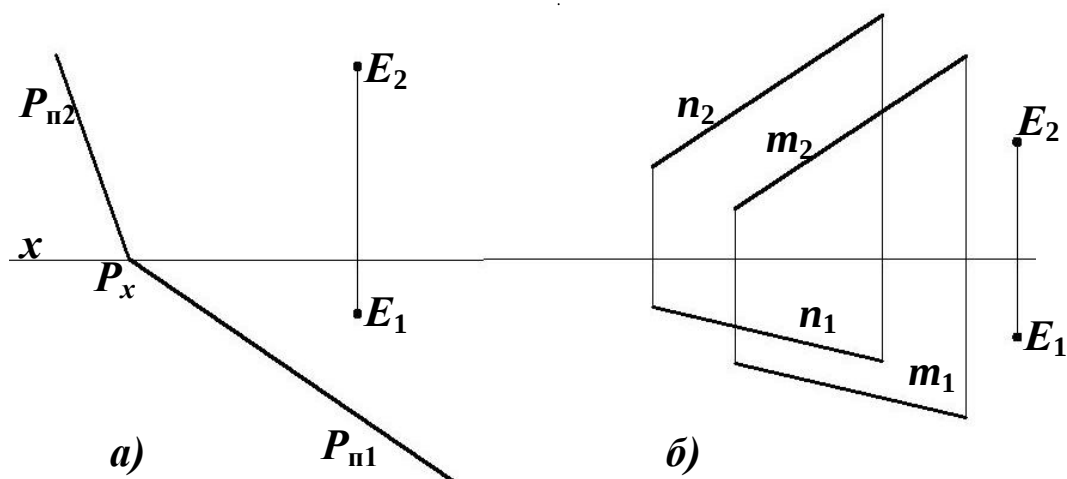


7. Найти точку пересечения прямой с плоскостью.

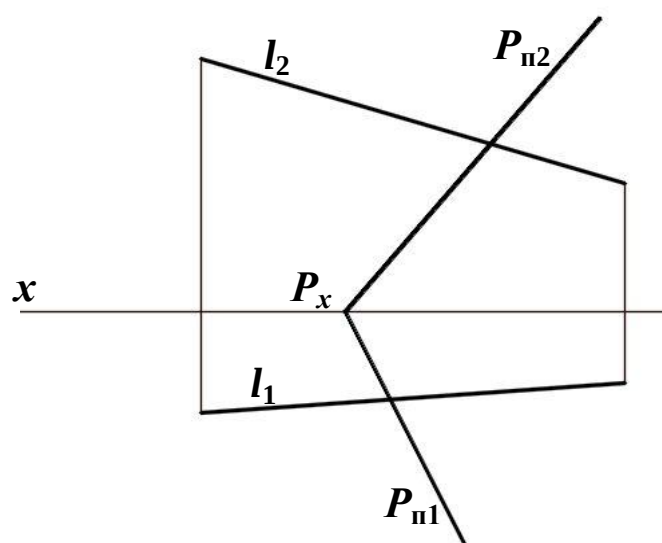




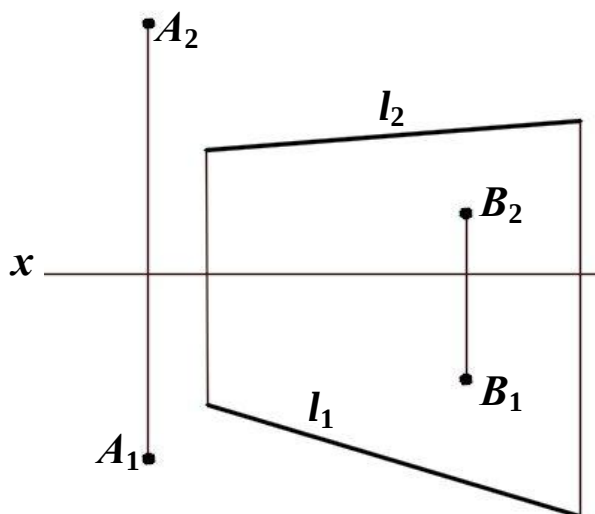
8. Построить через точку  $E$  прямую, перпендикулярную заданной плоскости.



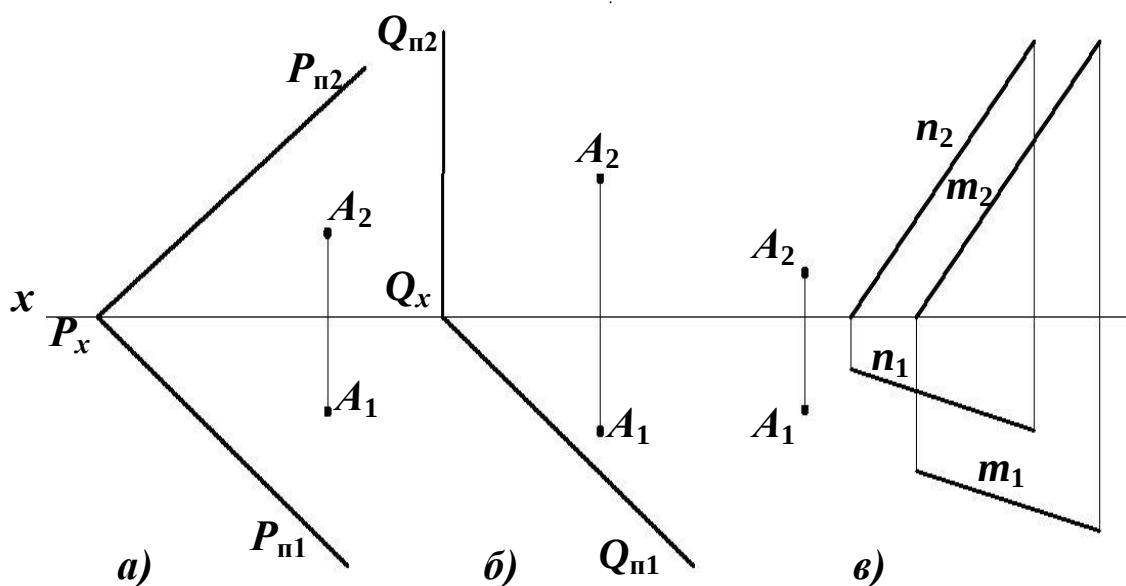
9. Даны прямая  $l$  и плоскость  $P$ . Провести через прямую  $l$  плоскость, перпендикулярную к заданной.



10. Через точку  $A$  провести прямую, параллельную заданной плоскости.



11. Через точку  $A$  построить плоскость, параллельную заданной.



### Самостоятельная работа:

#### Дз2 «Виды, разрезы, сечения»

На листах формата А3 по представленным преподавателем вариантам задания выполнить построение трёх проекций детали, необходимые виды разрезов. Нанести размеры. Примеры выполнения задания представлены на рис. 51 – 52. Варианты заданий представлены в табл. 9, 10.

**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 обращённой к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

Устанавливаются следующие названия видов, получаемых на основных плоскостях проекций (рис. 40, а): вид спереди (главный вид) (1); вид сверху (5); вид слева (3); вид справа (4); вид снизу (2); вид сзади (6).

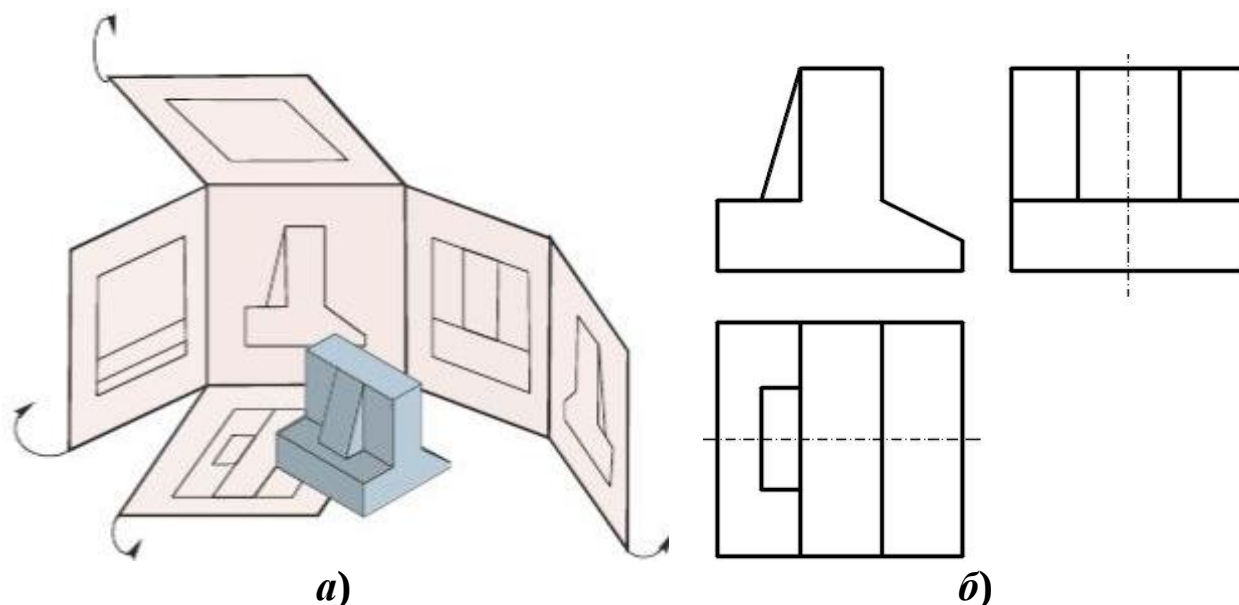


Рис. 40. Основные виды:

а) виды детали, б) основные три вида детали

Для уменьшения количества изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий. 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 изо-

бражения. Над стрелкой и над полученным изображением (видом) следует нанести одну и ту же прописную букву (рис. 41, а, 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. 41, б).

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой (см. рис. 41, б), а у связанного с дополнительным видом изображения предмета должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (стрелка Б, см. рис. 41, б).

Изображение отдельного, ограниченного места поверхности предмета называется **местным видом** (вид Г, см. рис. 41, а).

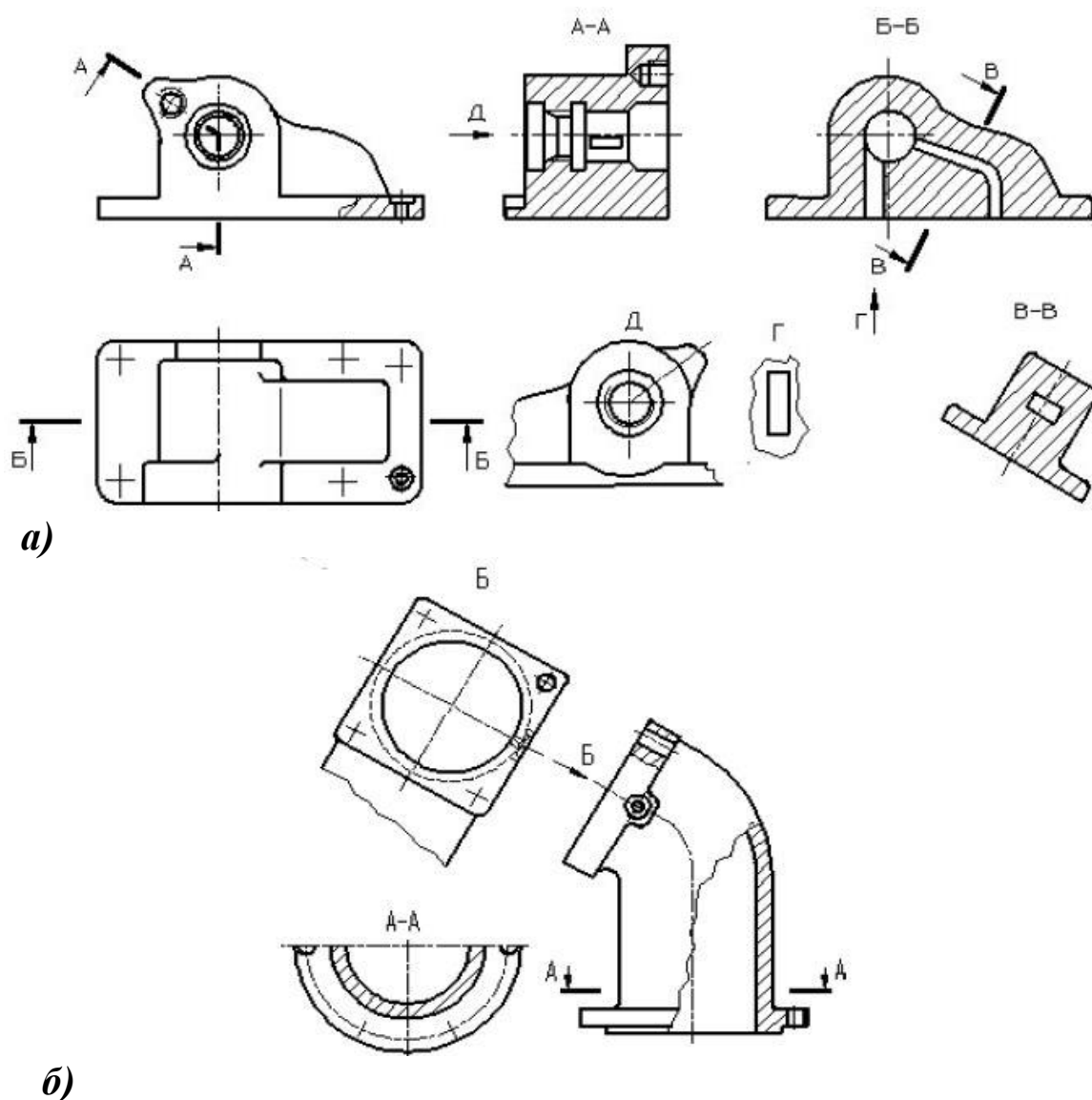


Рис. 41. Изображение видов детали с нарушением проекционной связи и обозначение дополнительного вида

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.

**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. В строительных чертежах горизонтальным разрезам могут присваиваться другие названия, например, "план".
- **вертикальные** – секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (рис. 42);
- **наклонные** – секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (рис. 43).

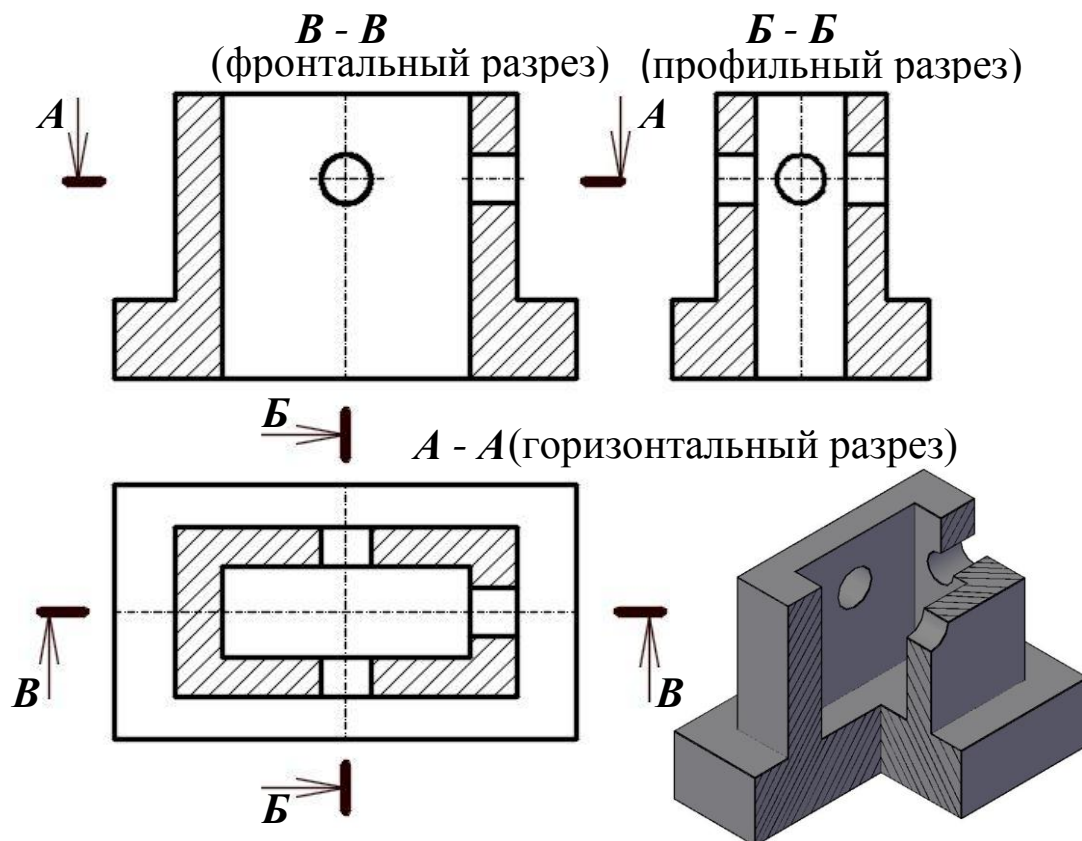


Рис. 42. Разрезы вертикальные и горизонтальный

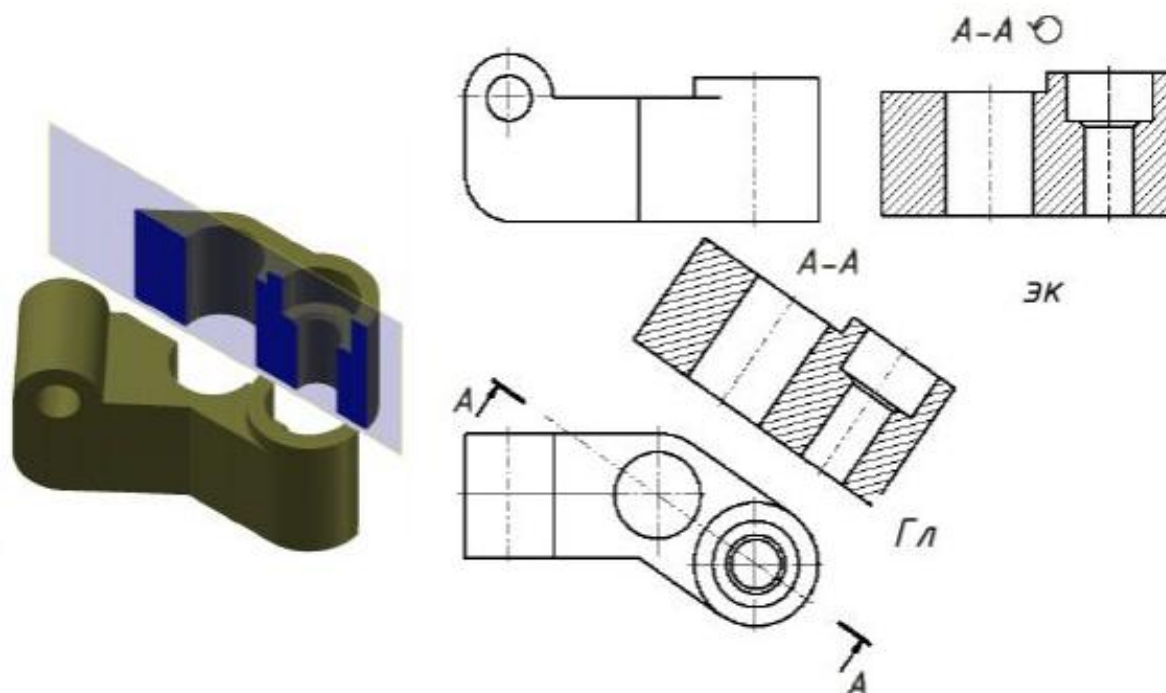


Рис. 43. Наклонный разрез

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на:

- ✓ **простые** – при одной секущей плоскости (например, разрез В – В, Г – Г, рис. 44);
- ✓ **сложные** – при нескольких секущих плоскостях (например, разрезы А – А, Б – Б, рис. 44).

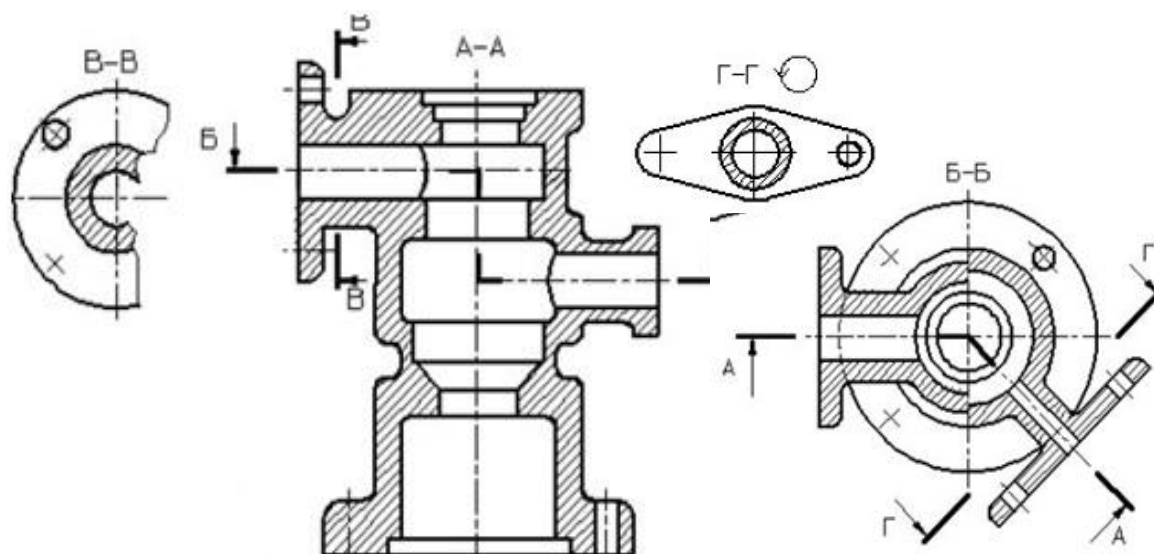


Рис. 44. Простые (разрезы В – В, Г – Г) и сложные разрезы (разрезы А – А, Б – Б)

Вертикальный разрез называется **фронтальным**, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (рис. 45, *а*), и **профильным**, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (рис. 45, *б*).

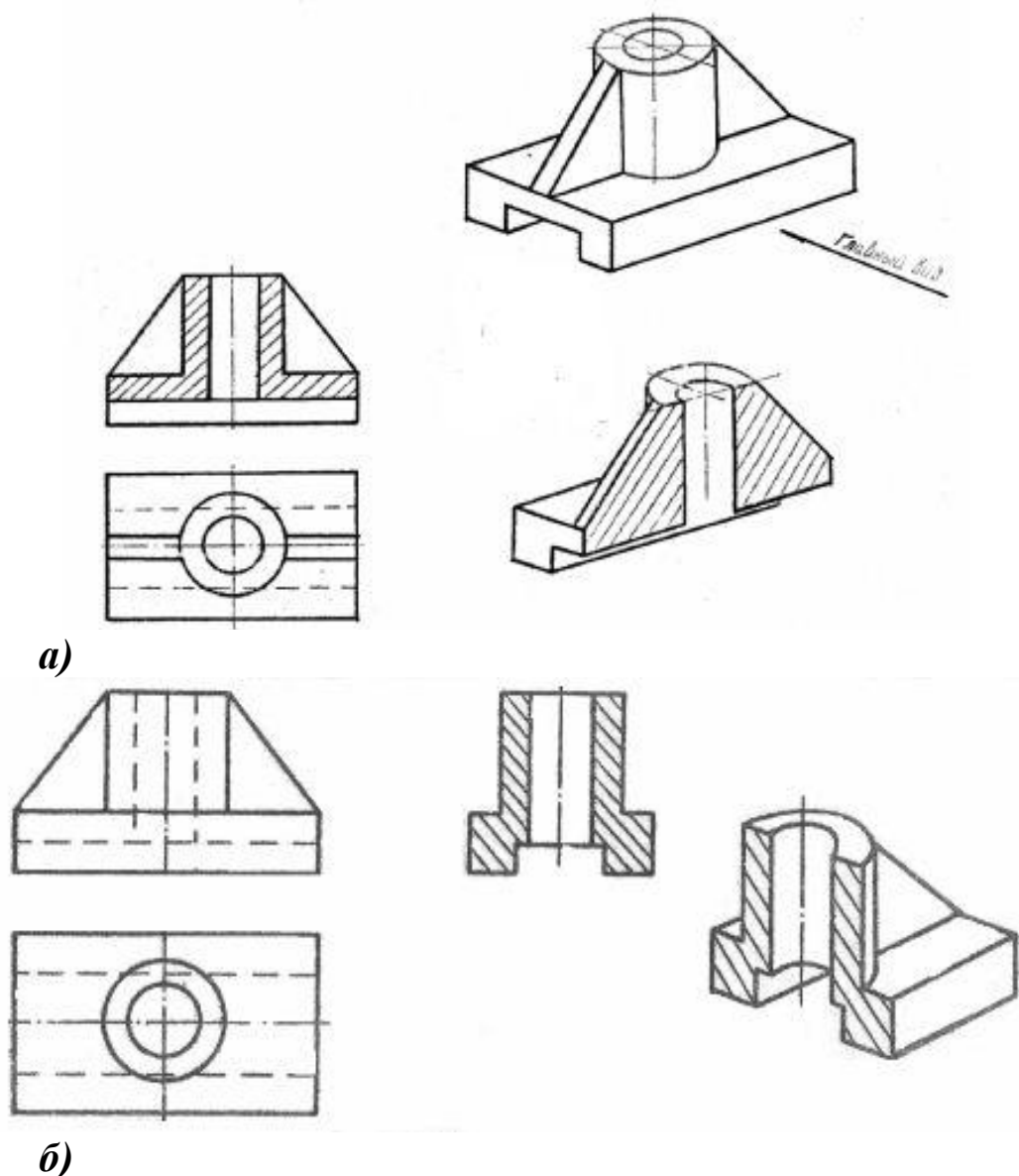


Рис. 45. Фронтальный (*а*) и профильный (*б*) разрезы

Если разрез представляет симметричную фигуру, целесообразно вычерчивать его не весь, а половину, совмещая с половиной соответствующего вида (рис. 46).

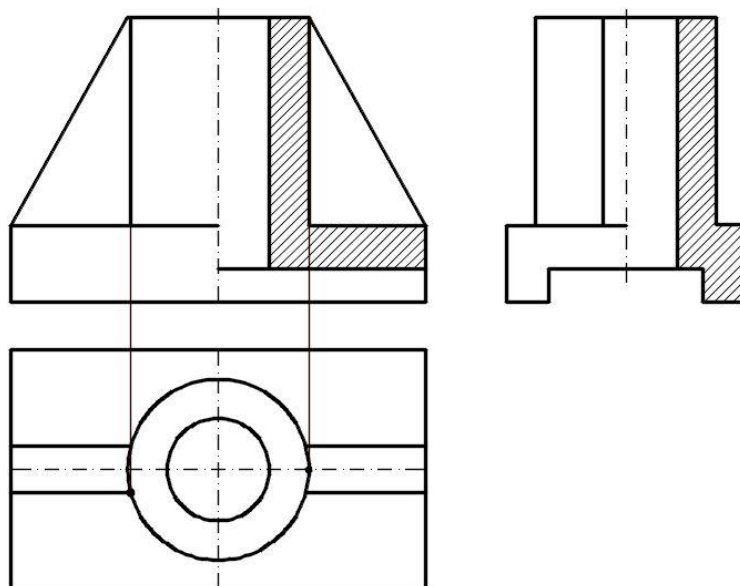


Рис. 46. Совмещение видов с разрезами

При симметричном изображении вида детали, если разрез представляет симметричную фигуру, то при соединении части вида с частью разреза границей вида и разреза служит осевая линия.

В случае если на осевую линию проецируется линия видимого контура, то вид и разрез должна разделять сплошная тонкая волнистая линия, проведённая рядом с осью симметрии так, чтобы была видна линия видимого контура, проецирующаяся на осевую линию (рис. 47).

Тонкие стенки, рёбра жёсткости и т. п. на чертежах показываются рассечёнными, но (для большей наглядности чертежа) не штрихуются, штриховка наносится на основные геометрические тела, составляющие деталь.

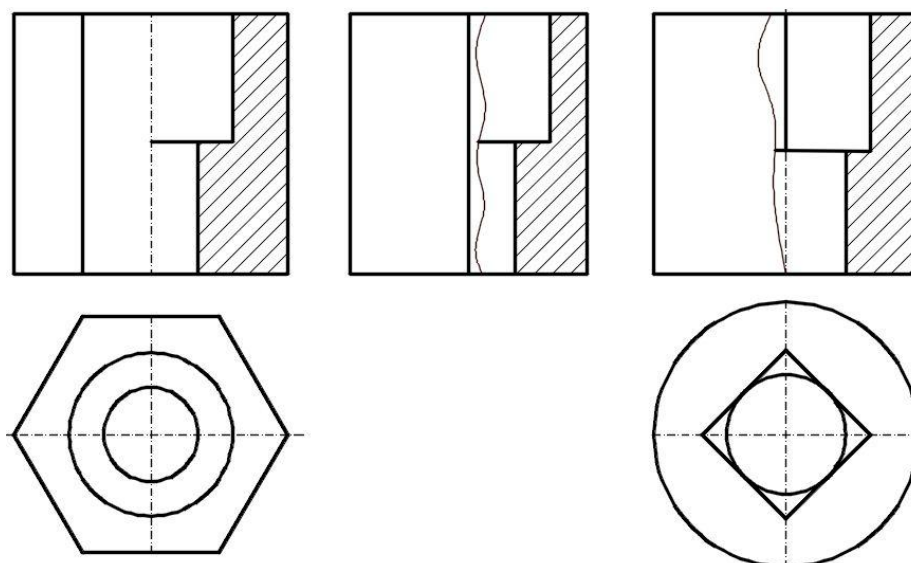


Рис. 47. Смещение разреза относительно осевой линии

К сложным разрезам относятся ступенчатые, ломаные, радиальные и комбинированные разрез.

**Ступенчатый разрез** – это изображение предмета, мысленно рассечённого параллельными плоскостями (рис. 48).

Секущие плоскости в ступенчатых разрезах условно совмещают в одну плоскость, и изображение строят так, что все сечения как бы лежат в одной плоскости проекции.

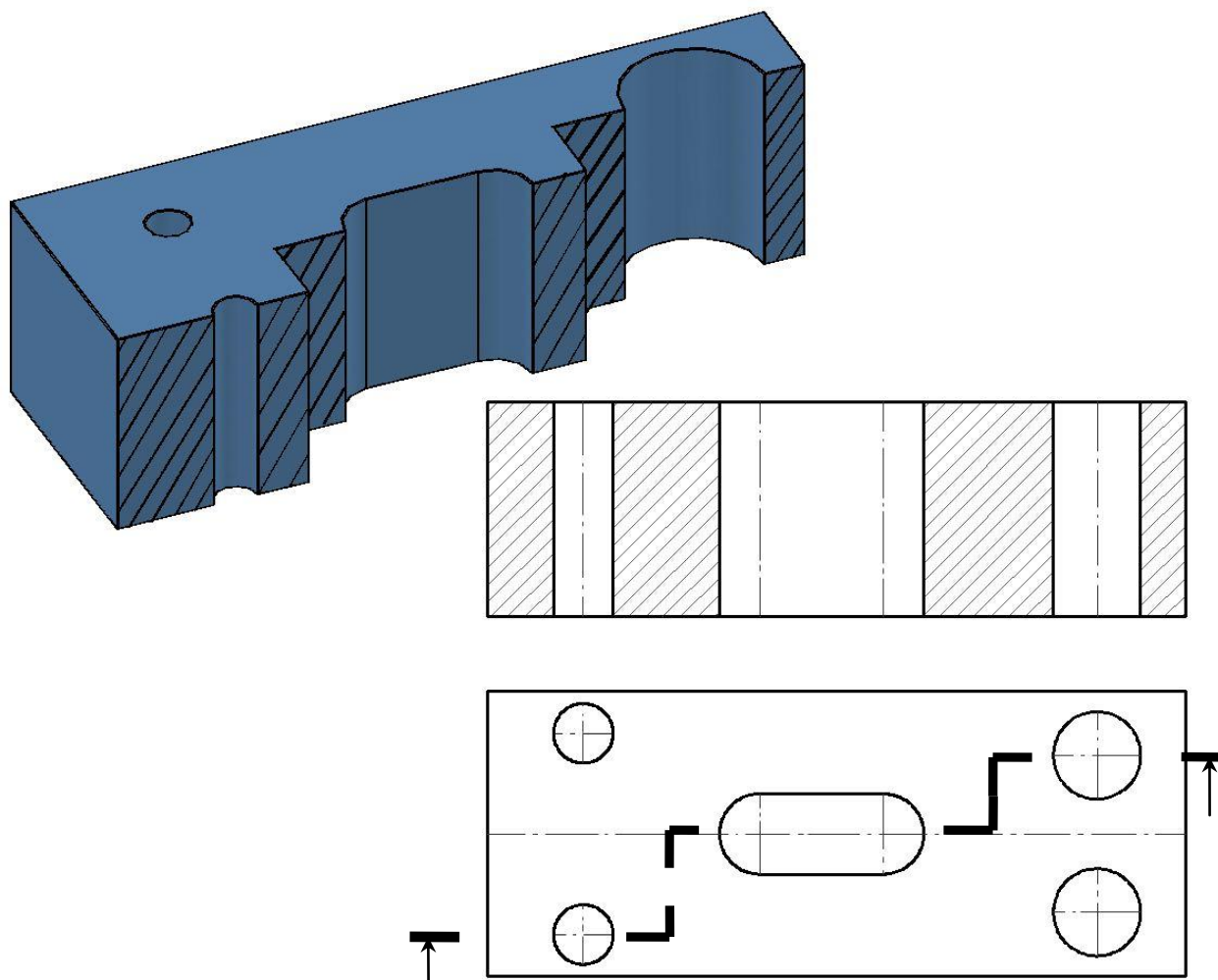


Рис. 48. Ступенчатый сложный разрез

Положение секущей плоскости и их буквенное обозначение всегда указывают на чертеже и изображают разомкнутой линией в виде начального и конечного штрихов и перегибов в местах перехода плоскости. Начальные и конечные разомкнутые линии не должны пересекать очерк соответствующего изображения.

**Ломаный разрез** – это изображение предмета мысленно рассеченного плоскостями, которые пересекаются между собой под углом, отличным от прямого.

При выполнении ломаного разреза наклонную секущую плоскость условно поворачивают до совмещения в одну плоскость, (рис. 49). В большинстве случаев данная плоскость параллельна плоскости проекции, и в связи с этим ломаный разрез можно помещать на месте соответствующего вида (рис. 44 разрез А – А).

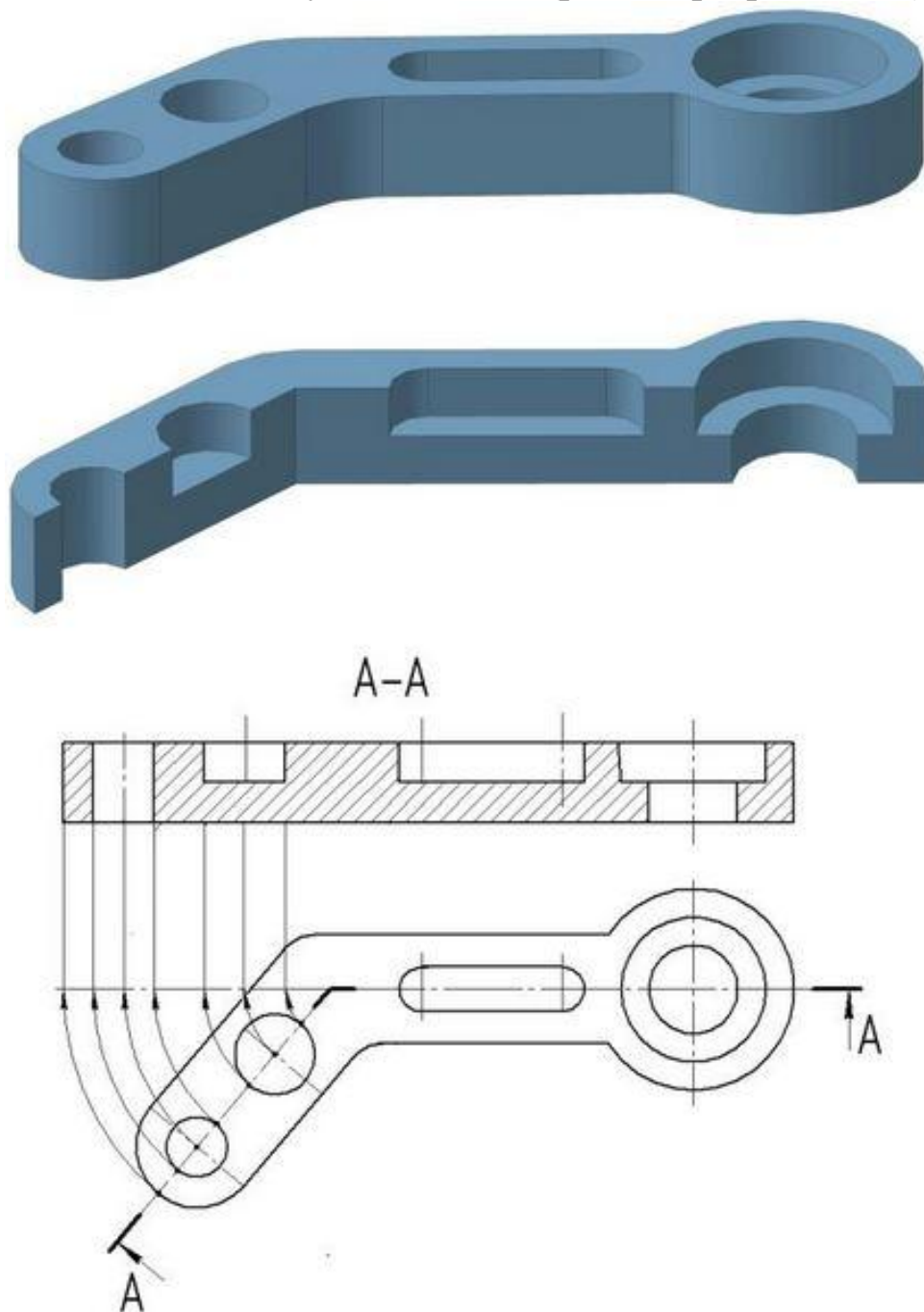


Рис. 49. Ломаный сложный разрез

**Радиальный разрез** – это изображение предмета, мысленно рассеченного группой плоскостей, проходящий через ось предмета (рис. 50 разрез А – А).

**Комбинированный разрез** – это сочетание ступенчатого и ломаного разрезов.

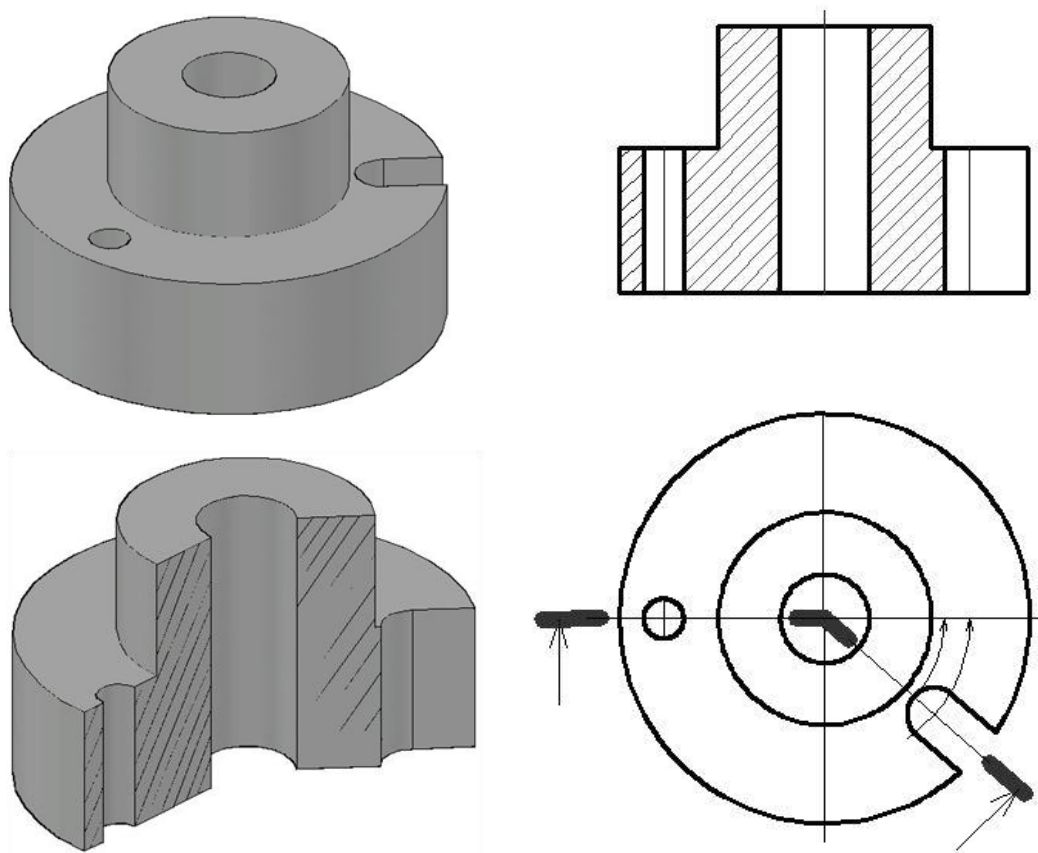


Рис. 50. Радиальный сложный разрез

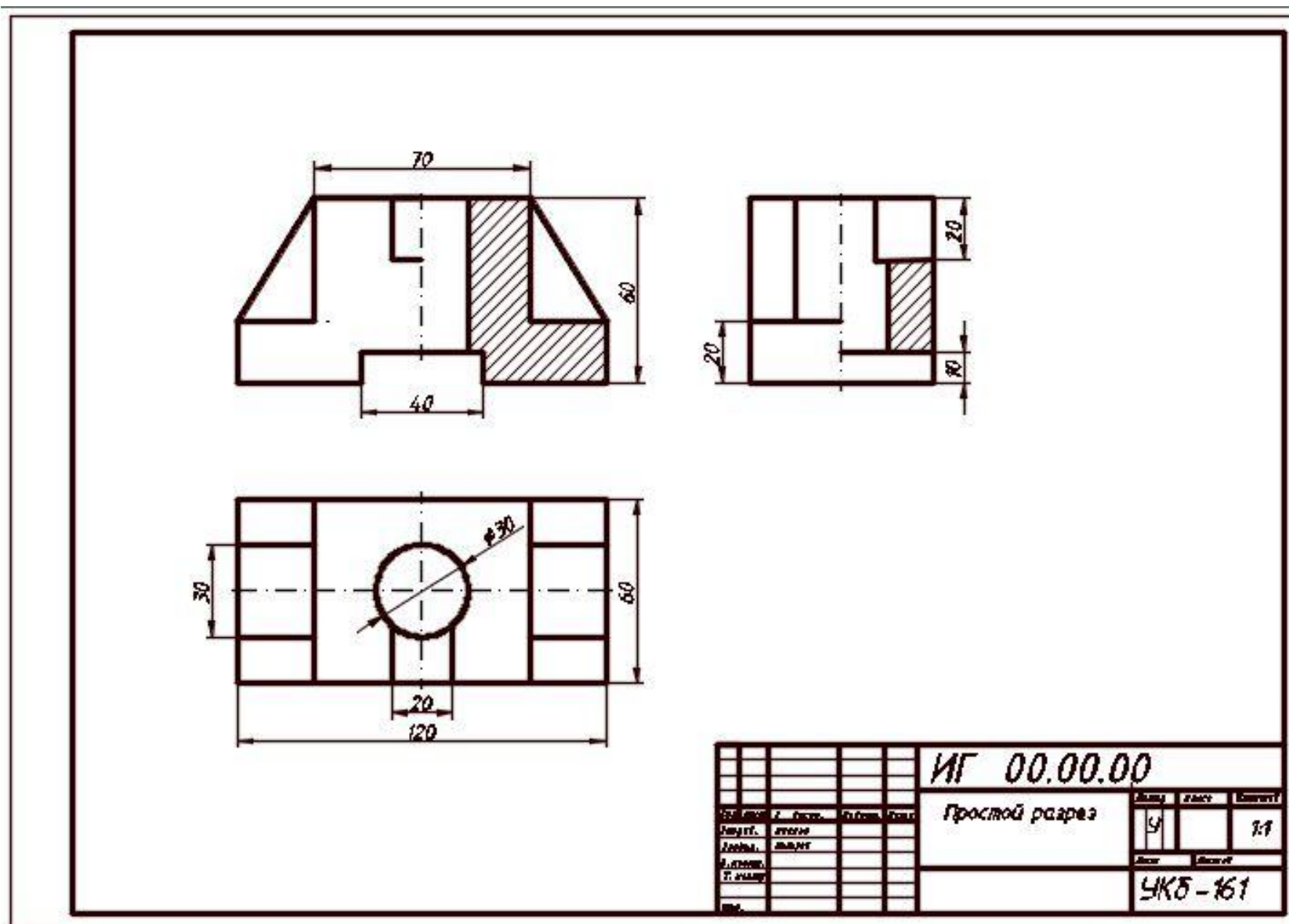


Рис. 51. Пример выполнения Дз2 (Простой разрез)

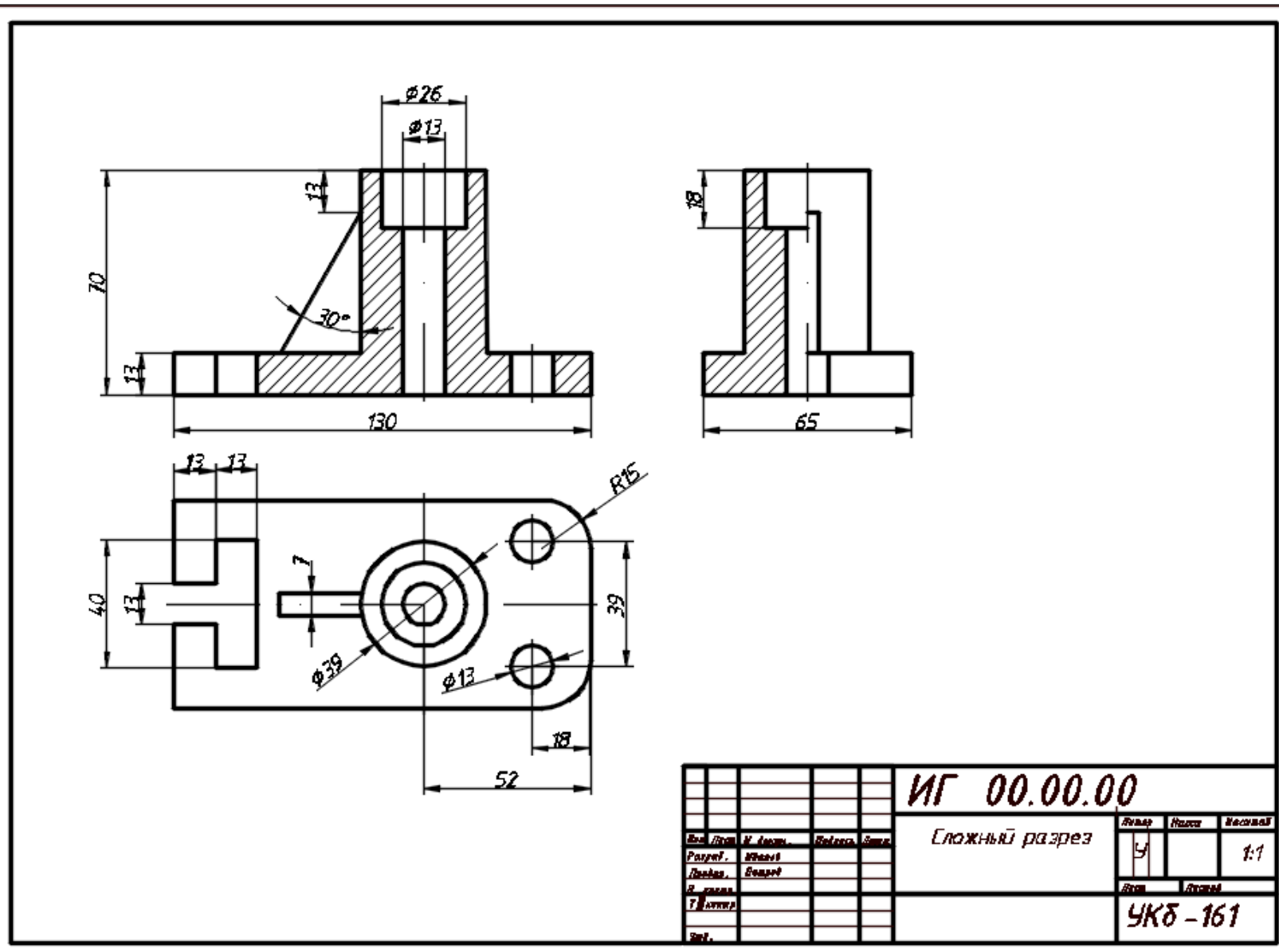
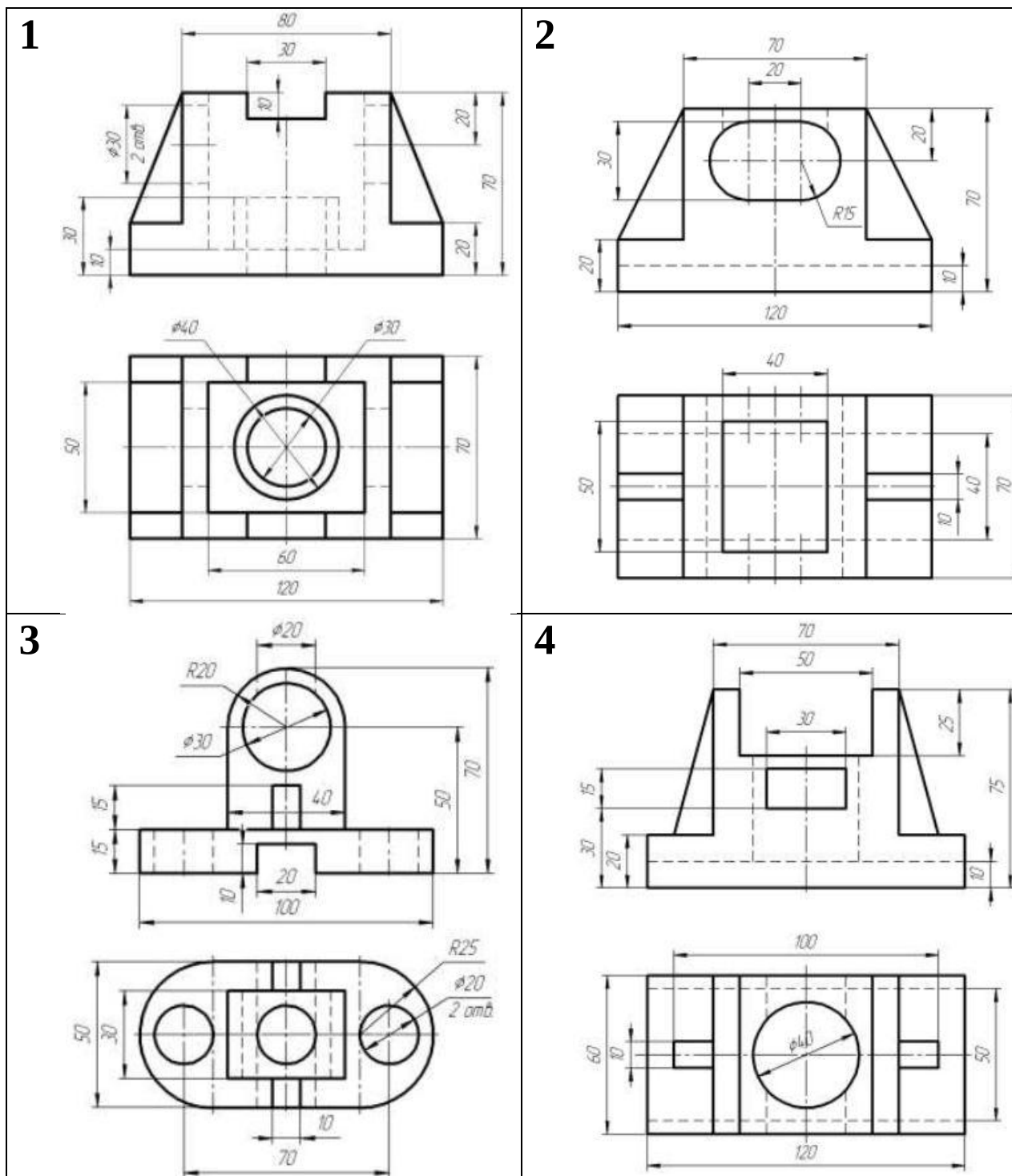


Рис. 52. Пример выполнения Дз2 (Сложный разрез)

## Варианты заданий «Простой разрез»



Technical drawing of a mechanical part, showing front and top views with dimensions.

**Front View (Top):**

- Overall width: 72
- Overall height: 60
- Top flange width: 54
- Top flange thickness: 10
- Central hole diameter:  $\phi 30$
- Central hole width: 40
- Base thickness: 8
- Base width (excluding base): 40

**Top View (Bottom):**

- Overall width: 90
- Overall height: 60
- Central hole diameter:  $\phi 20$
- Central hole width: 10
- Base thickness: 10
- Base width (excluding base): 110
- Base hole diameter:  $\phi 8$
- Base hole width: 2 mm

6

The image shows the orthographic projection of a mechanical part, consisting of a front view (top) and a top view (bottom).  
**Front View (Top):** The part has an overall width of 60 and a total height of 35. The main body is 20 high. There are two side flanges, each 15 high. A central hole has a diameter of  $\phi 10$ . A dashed line indicates a V-shaped internal feature with a depth of 15. A dimension of 2 mm is shown for a small feature near the center.  
**Top View (Bottom):** The part has an overall width of 110 and a total depth of 60. The main body is 80 wide. There are two side flanges, each 6 wide. A central square feature has a side length of 20. A circular feature with a diameter of  $\phi 50$  is centered on the main body.

Technical drawing of a mechanical part, showing front and top views with dimensions.

**Front View (Top):**

- Overall height: 35
- Base thickness: 10
- Base width: 40
- Top radius: R20
- Central hole diameter:  $\phi 20$
- Left side height: 20

**Top View (Bottom):**

- Overall width:  $\phi 65$
- Overall height: 50
- Central hole diameter:  $\phi 16$
- Inner hole diameter:  $\phi 24$
- Distance from center to top/bottom edges: 30
- Distance from center to left/right edges: 40

Technical drawing of a mechanical part, showing front and top views with dimensions.

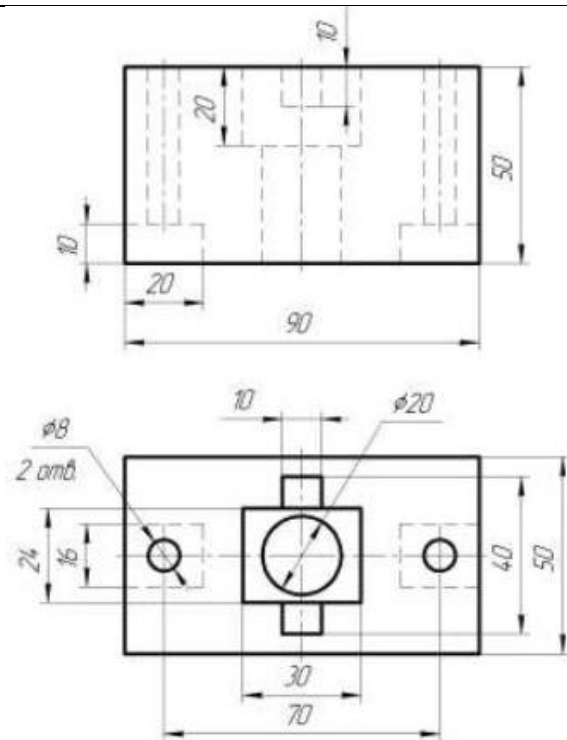
**Front View (Top):**

- Overall height: 60
- Top flange diameter:  $\phi 30$
- Inner hole diameter:  $\phi 20$
- Base diameter: 20
- Base thickness: 10

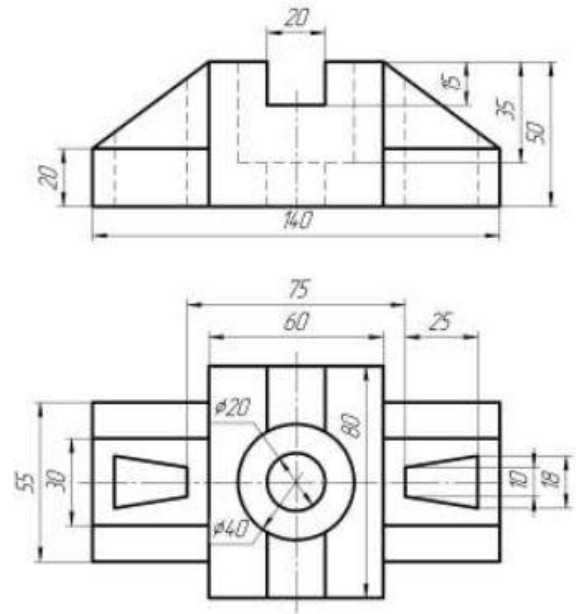
**Top View (Bottom):**

- Overall width: 80
- Overall height: 60
- Central hole diameter:  $\phi 100$
- Central hole thickness: 10
- Four small holes (diameter  $\phi 12$ ) arranged in a square pattern with side spacing of 20 mm.

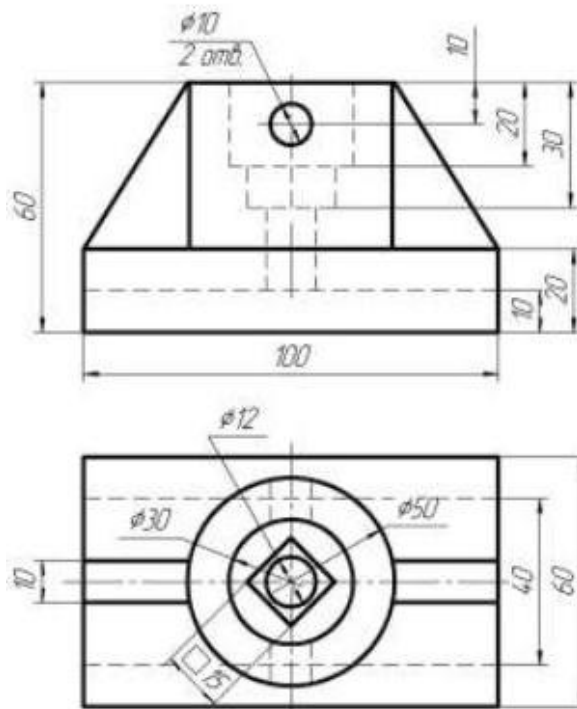
9



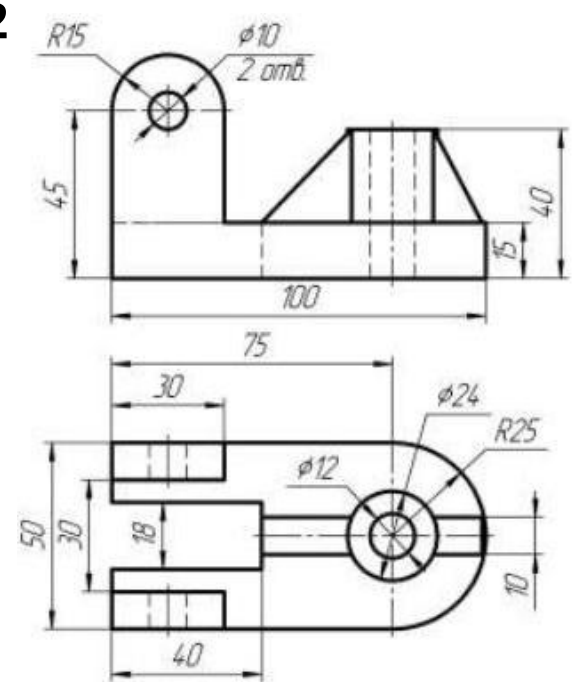
10



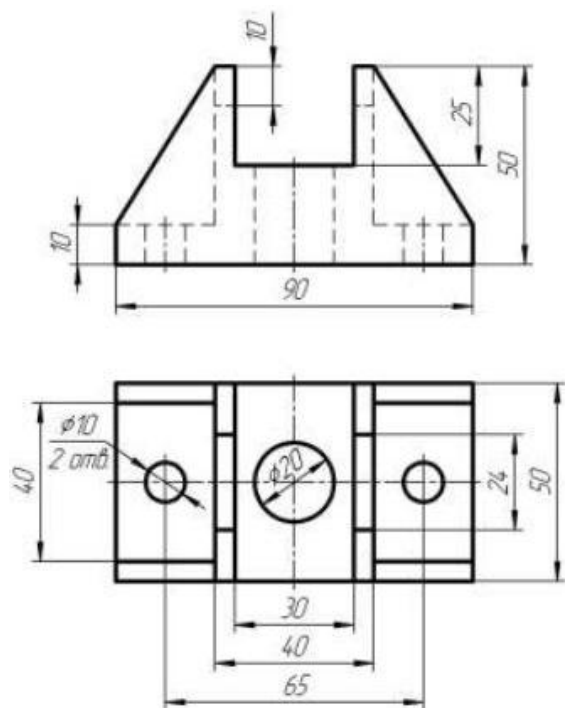
11



12



13



14

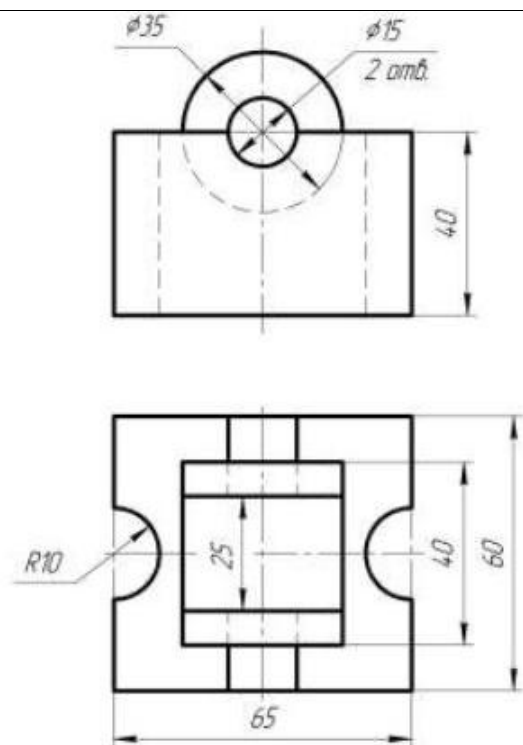
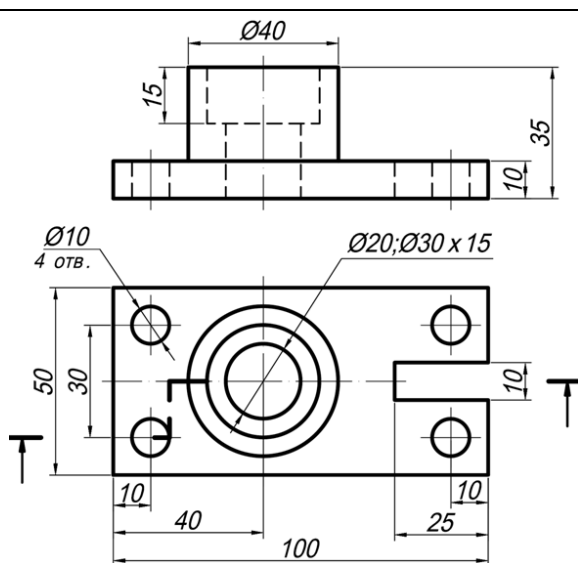


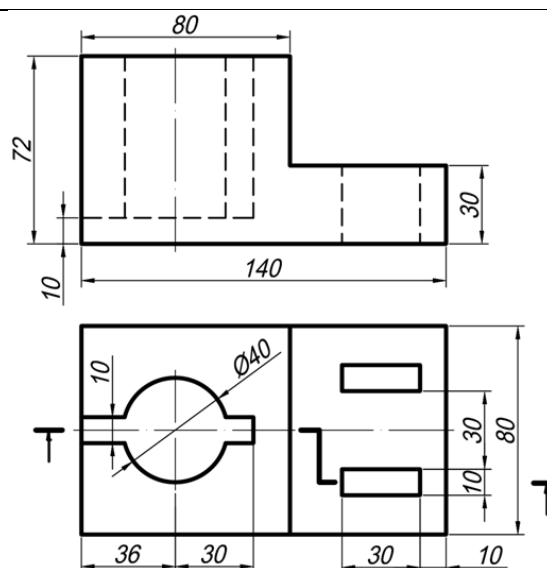
Таблица 10

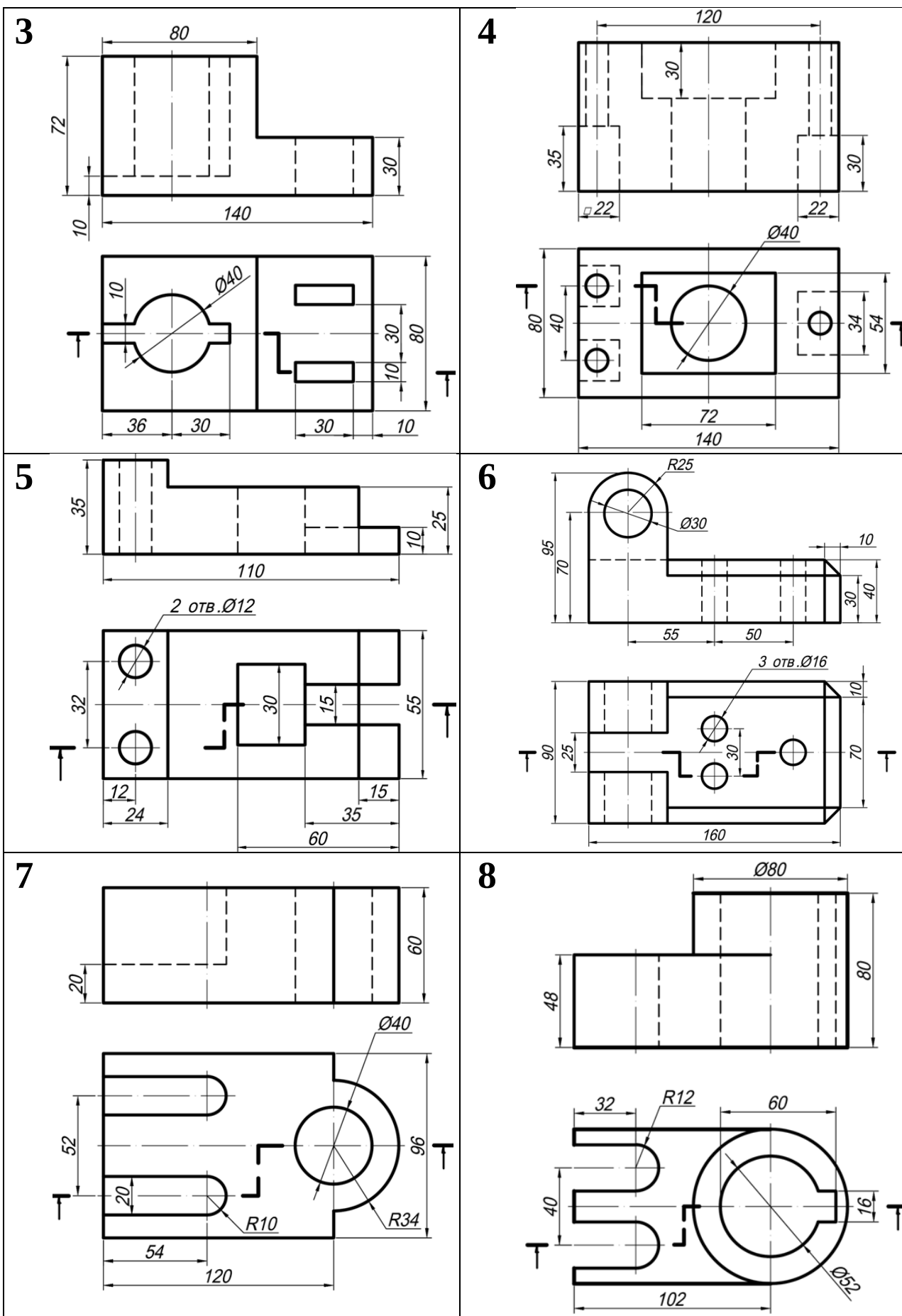
## Варианты заданий «Сложный разрез»

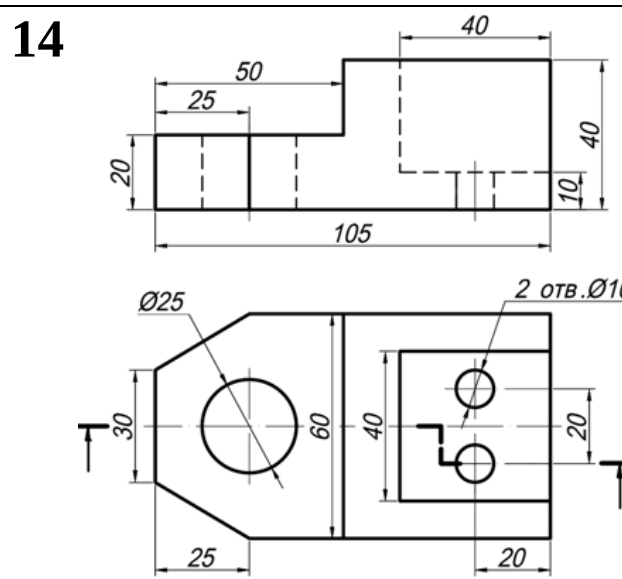
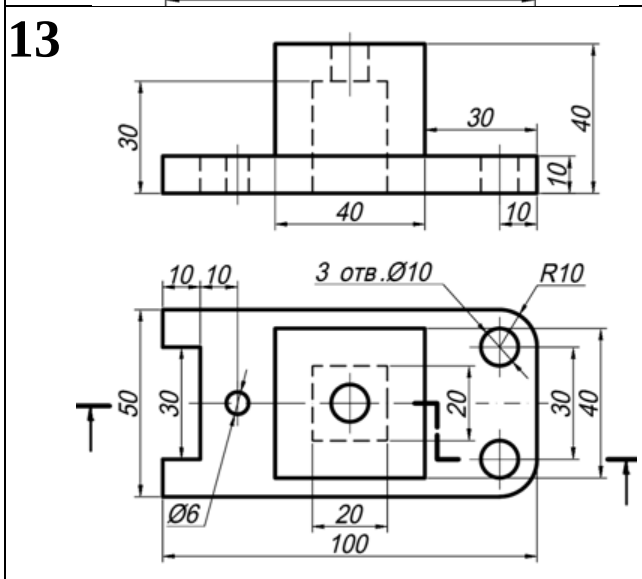
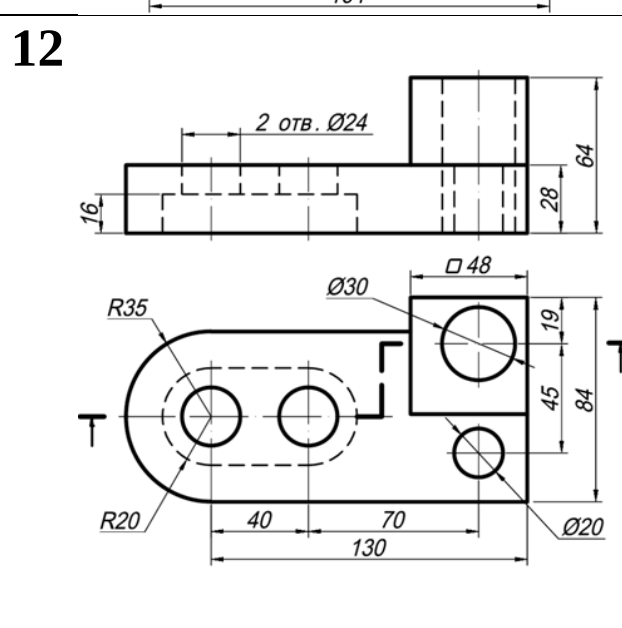
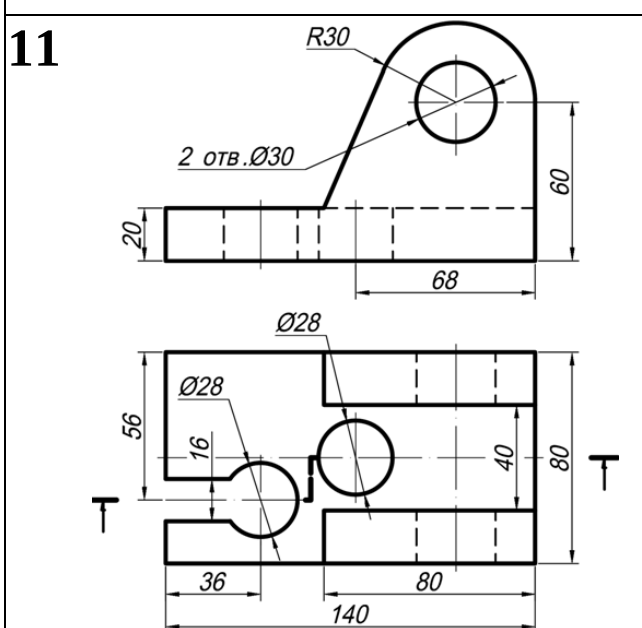
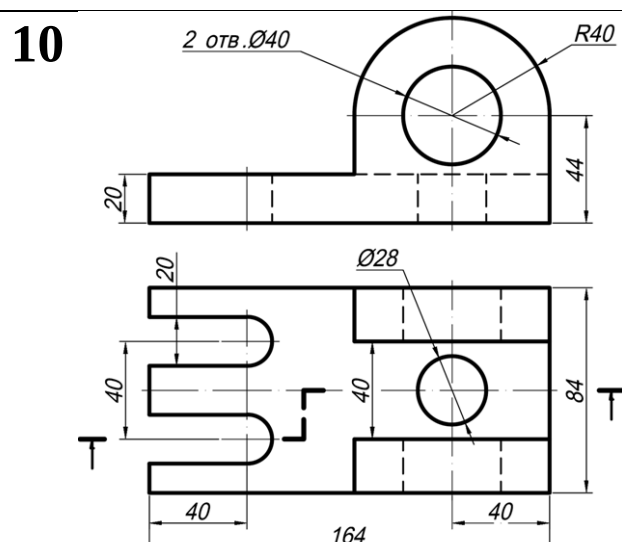
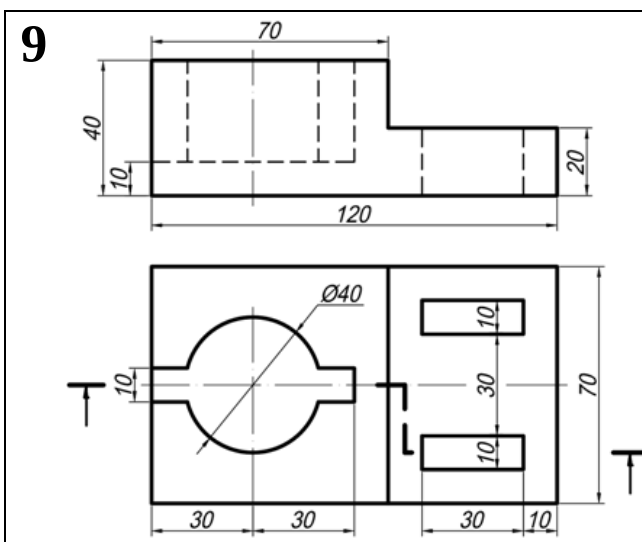
1



2







## 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, фронтонали 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 чём 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?
23. Что такое простой разрез? Классификация простых разрезов.
24. Что такое сложный разрез? Классификация сложных разрезов.
25. Что такое вид? Основные виды.

### Раздел 3. Методы преобразования ортогональных проекций

Метод перемены плоскостей проекций. Плоскопараллельное перемещение. Метод вращения.

#### Практическое занятие Теоретические положения:

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

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

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

На практическом занятии решаем типовые задачи методом замены плоскостей проекций.

Суть метода заключается в том, что одна из плоскостей проекций системы  $\Pi_1/\Pi_2$  (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 четырёх основных задач методом замены плоскостей проекций.

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

**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  $\Pi_4$ , параллельно отрезку  $AB$  и перпендикулярно плоскости  $\Pi_1$  (рис. 53). 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  $AB$ .

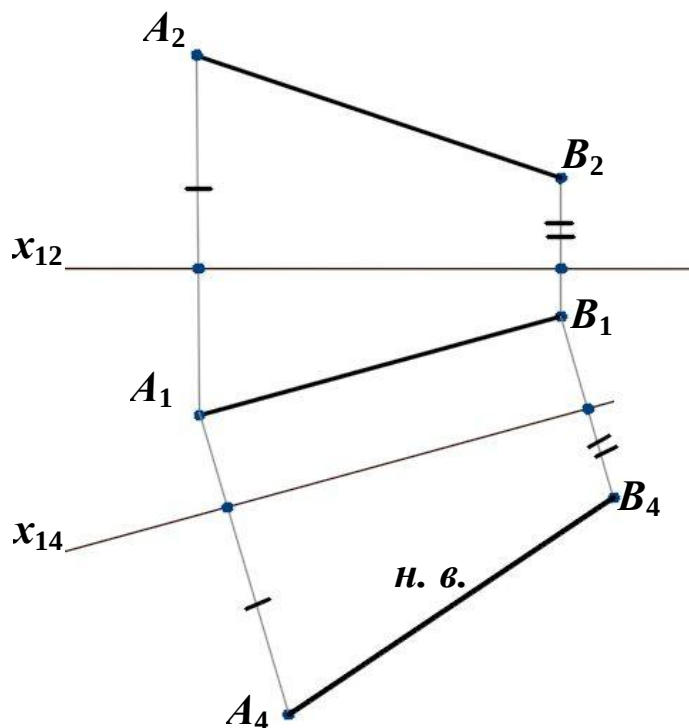


Рис. 53. Определение натуральной величины отрезка  $AB$  методом замены плоскостей проекций

**Задача 2.** Определить расстояние от точки  $M$  до прямой общего положения, заданной отрезком  $AB$ .

Как видно из рис. 54 для решения данной задачи необходимо выполнить две последовательные замены. Сначала проводят плоскость  $\Pi_4$ , располагая новую ось  $x_{14}$  параллельно проекции  $A_1B_1$ , преобразуя таким образом отрезок  $AB$  в прямую уровня в системе плоскостей  $\Pi_1/\Pi_4$ . Затем проводят еще одну плоскость  $\Pi_5$  перпендикулярно проекции  $A_4B_4$ , в результате отрезок прямой на плос-

кость  $\Pi_5$  проецируется в точку, а расстояние от точки  $M$  до отрезка  $AB$  – в натуральную величину.

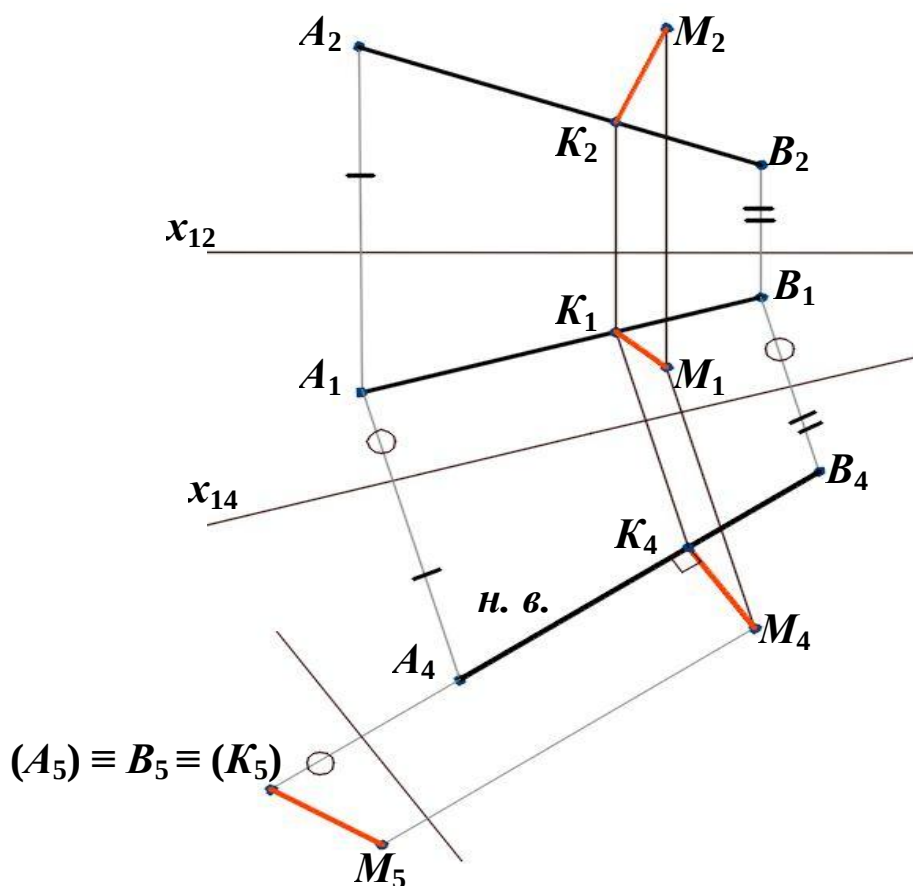


Рис. 54. Определение расстояния от точки  $M$  до отрезка прямой  $AB$  методом замены плоскостей проекций

**Задача 3.** Преобразовать плоскость общего положения в проецирующую.

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

На рисунке 55,  $a$  проведена новая ось  $x_{14}$  системы плоскостей проекций  $\Pi_1/\Pi_4$  перпендикулярно к следу  $Q_{\Pi 1}$  плоскости  $Q$ . Точка пересечения следа  $Q_{\Pi 1}$  с осью  $x_{14}$  является новой точкой схода следов  $Q_{x_{14}}$  плоскости  $Q$ . Угол  $\alpha$  является углом наклона плоскости  $Q$  к горизонтальной плоскости проекций  $\Pi_1$ .

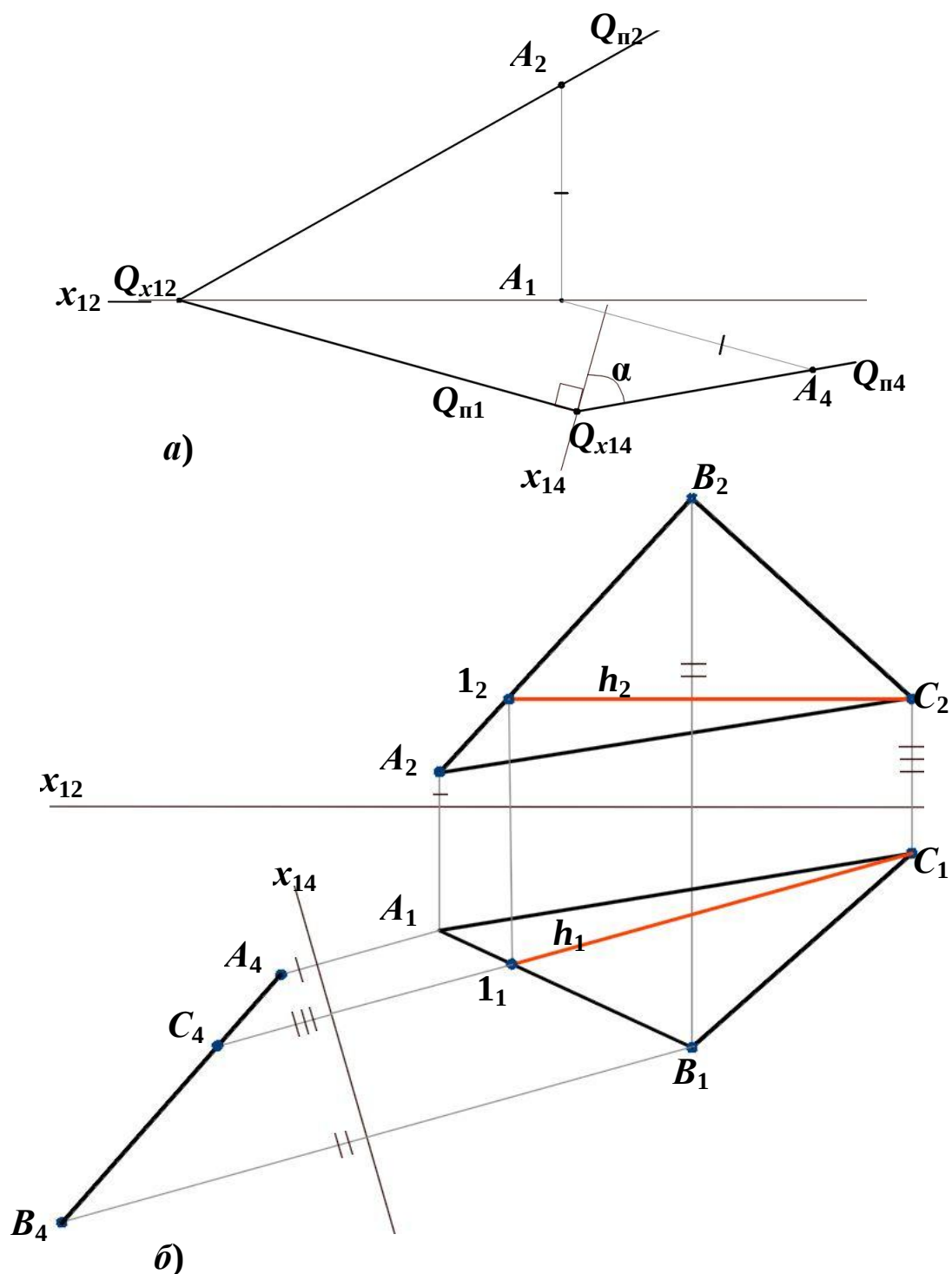


Рис. 55. Преобразование плоскости общего положения в проецирующую методом замены плоскостей проекций

Для построения проекции следа  $Q_{n4}$ , обладающего собирательным свойством, на следе  $Q_{n2}$ , взята произвольная точка  $A_2$  и спроецирована на плоскость  $Q_{n4}$ . Соединив точки  $A_4$  и  $Q_{x14}$ , получим след  $Q_{n4}$ . Таким образом,  $Q_{n1}$  и  $Q_{n4}$  являются следами проецирующей плоскости  $Q$  в системе плоскостей проекций  $\Pi_1/\Pi_4$ .

На рисунке 55, 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 56 плоскость треугольника  $ABC$ , занимающая общее положение, аналогично предыдущей задаче, преобразована в проецирующую в системе плоскостей  $\Pi_1/\Pi_4$ . Далее новая плоскость  $\Pi_5$  введена перпендикулярно плоскости проекций  $\Pi_4$  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.

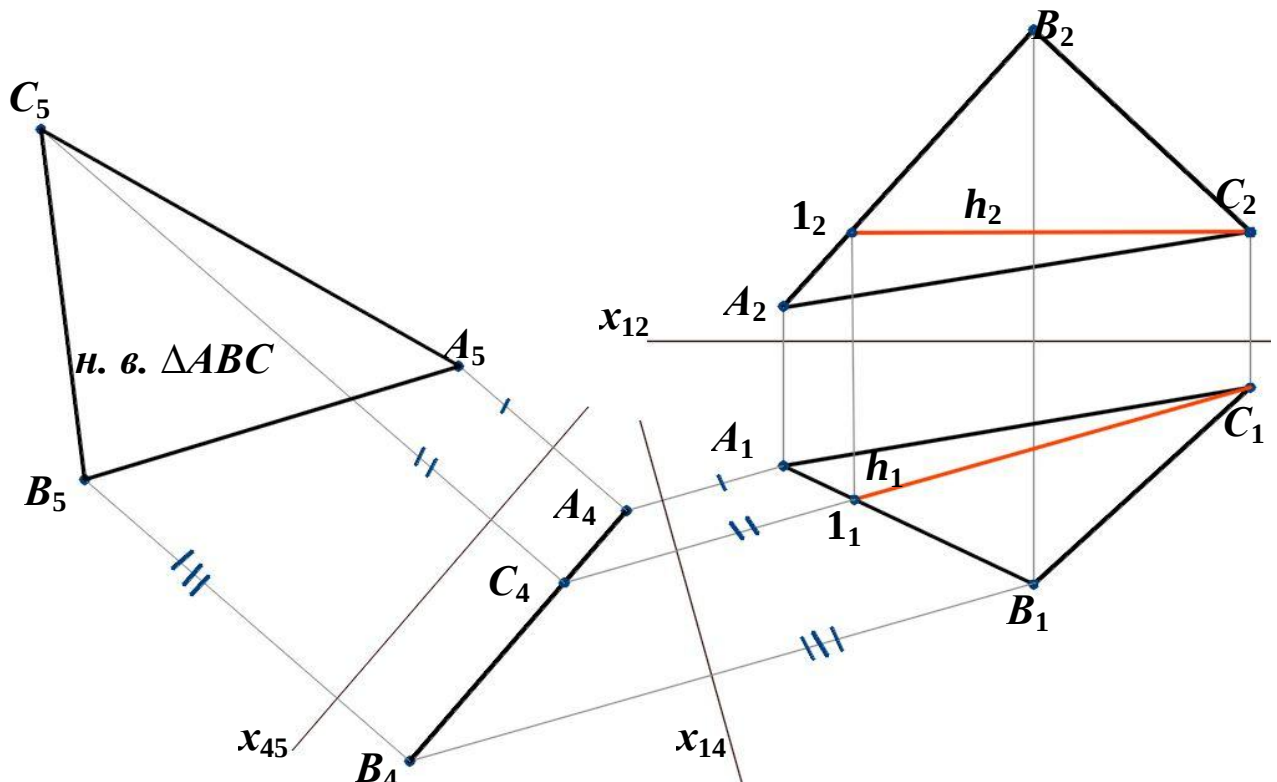


Рис. 56. Определение натуральной величины треугольника  $ABC$  методом замены плоскостей проекций

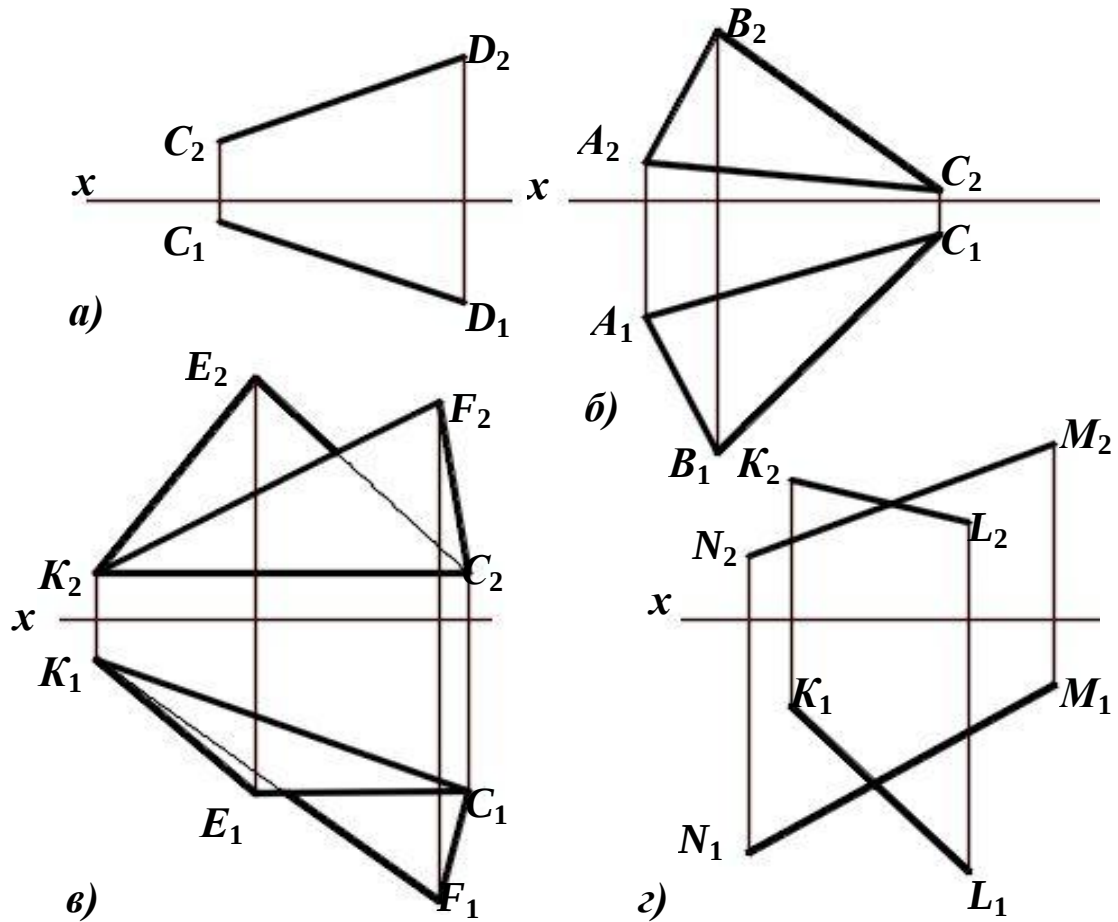
### Практическая часть:

Решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4.

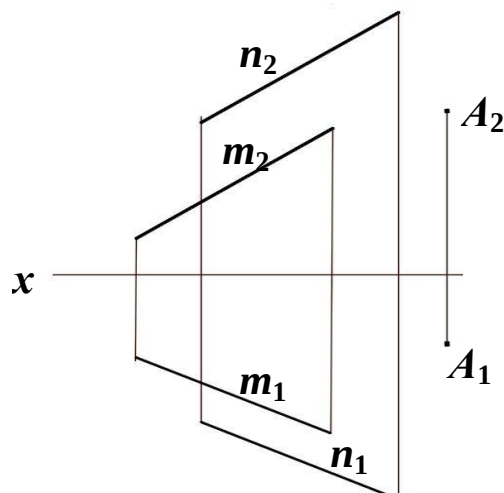
Методом перемены плоскостей проекций определить:

а) натуральную величину отрезка прямой  $CD$ ;

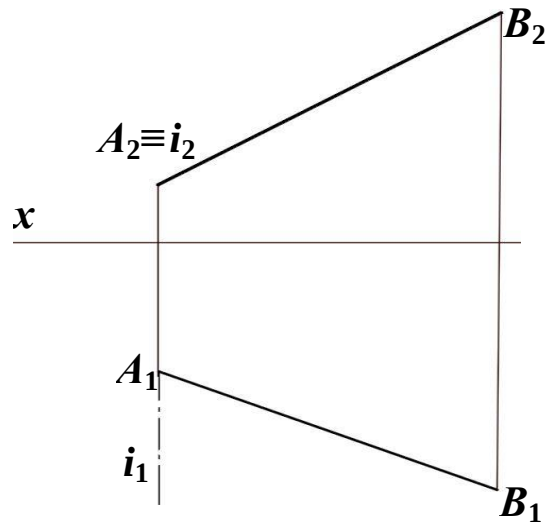
- б) натуральную величину плоскости треугольника  $ABC$ ;  
 в) натуральную величину двугранного угла;  
 г) расстояние между скрещивающимися прямыми.



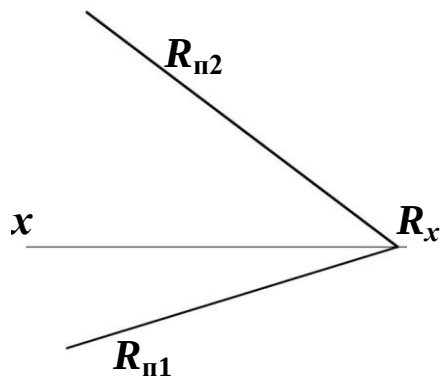
2. Определить расстояние от точки  $A$  до плоскости заданной параллельными прямыми  $m$  и  $n$ .



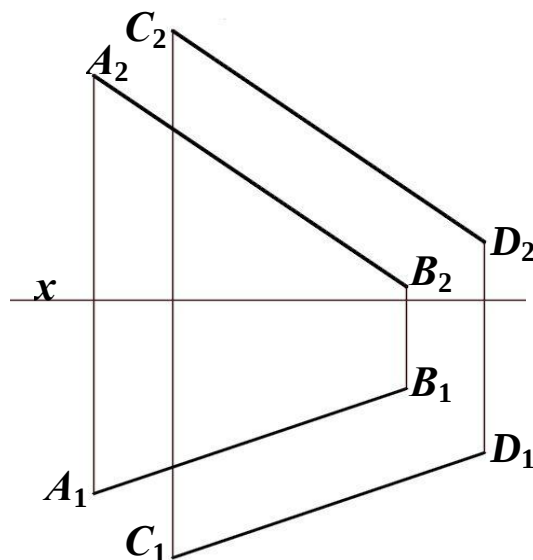
3. Методом вращения определить натуральную величину прямой  $AB$  и углы её наклона к плоскостям проекций  $\Pi_1$  и  $\Pi_2$ .



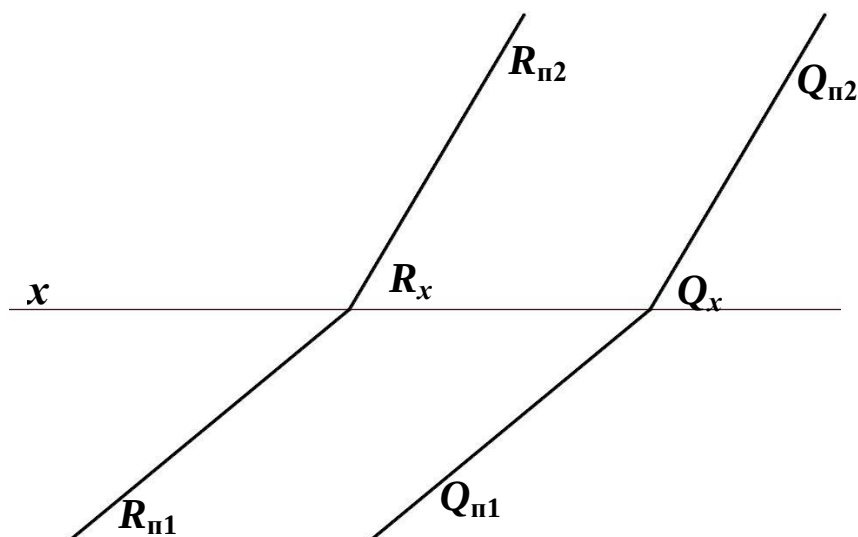
4. Методом преобразования чертежа преобразовать плоскость  $R$  в проецирующую.



5. Методом плоскопараллельного перемещения параллельные прямые  $AB$  и  $CD$  переместить в такое положение, при котором их фронтальные проекции проецируются в одну прямую линию.



6. Определить расстояние между параллельными плоскостями.



### Самостоятельная работа:

#### ДЗЗ «Резьбовые изделия и резьбовое соединение», решение задач

На основе нормативов и правил выполнения резьбы и резьбовых соединений, а также в соответствии с правилами оформления и выполнения чертежей на листе формата А3 выполнить изображения шпильки, гайки, шайбы, отверстий под шпильку и соединения шпилькой. Пример оформления графической работы представлен на рис. 78. Варианты задания в табл. 12. Все необходимые параметры для расчёта и вычерчивания представлены в табл. 13 – 18.

В машиностроении широко применяют детали, имеющие резьбы, каждая из которых наиболее полно отвечает назначению и условиям функционирования резьбового соединения. Резьбы, применяемые для неподвижных соединений, называются крепёжными.

Выполнение чертежей резьбовых соединений и изделий связано с соблюдением условностей и правил, установленных ГОСТ 2.311 – 68 и ГОСТ 2.315 – 68.

#### **Основные параметры, типы резьб и область применения**

**Резьба** – поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

**Профиль резьбы** – контур сечения резьбы в плоскости, проходящей через ее ось.

**Шаг резьбы ( $p$ )** – расстояние между соседними одноимёнными боковыми сторонами профиля в направлении, параллельном оси резьбы.

**Ход резьбы** – расстояние между ближайшими одноимёнными боковыми сторонами профиля, принадлежащего одной и той же винтовой поверхности, в направлении параллельном оси резьбы.

**Резьбы подразделяются:**

1. В зависимости от количества заходов – *однозаходные* и *многозаходные*.

2. На *цилиндрические* и *конические* – по форме поверхности, на которой они нарезаются.

3. По месту образования на *наружную* (на наружной поверхности), *внутреннюю* (на внутренней поверхности).

4. По направлению – на *правые* и *левые*.

5. В зависимости от профиля – на:

а) *метрическую* – профиль – равносторонний треугольник с углом при вершине  $60^\circ$  (рис. 57, а);

б) *трубную* – профиль – равнобедренный треугольник с углом при вершине  $55^\circ$  и закруглёнными вершинами (рис. 57, б);

в) *трапецидальную* – равнобокая трапеция – угол между боковыми сторонами равен  $30^\circ$  (рис. 57, в);

г) *упорную* – профиль – неравнобокая трапеция с углами наклона её сторон к прямой, перпендикулярной к оси стержня,  $3^\circ$  и  $30^\circ$  (рис. 57, г).

д) *прямоугольную* – профиль – прямоугольник (рис. 57, д);

е) *круглую* (рис. 57, е).

6. По назначению резьбы разделяются на *крепежные* и *ходовые*

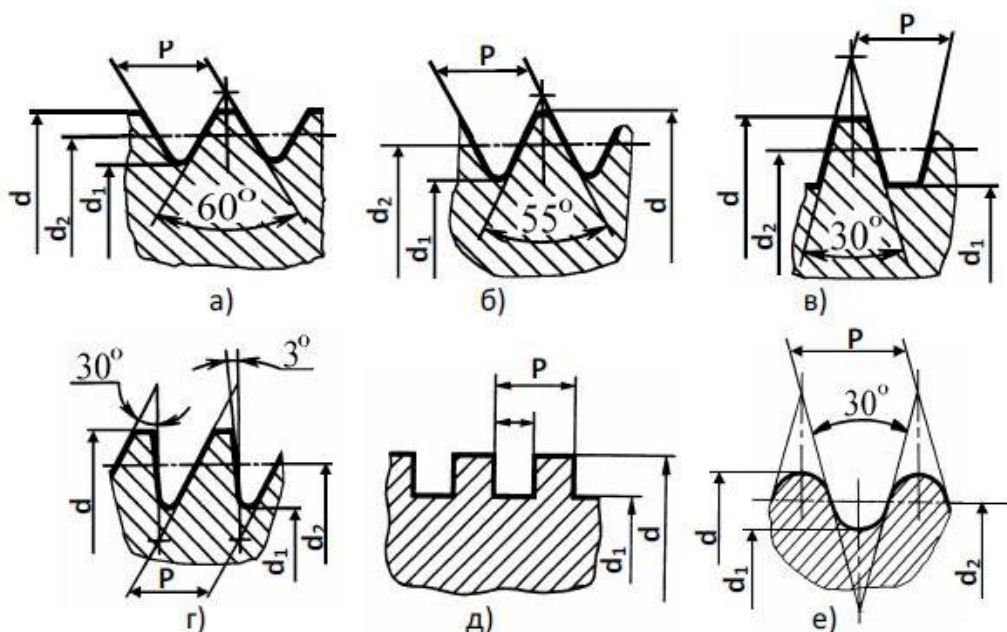


Рис. 57. Профили резьбы

### ***Крепёжные резьбы:***

а) основной крепёжной 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 грузоподъёмных машин).

### ***Ходовые резьбы***

Ходовые резьбы используют для преобразования вращательного движения в поступательное.

В качестве ходовых применяют резьбы:

а) трапецеидальную (ГОСТ 9484 – 81);

б) упорную (ГОСТ 10177 – 82);

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

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

### ***Условные изображения резьбы***

Резьбу на чертежах изображают условно (по ГОСТ 2.311 – 68).

На стержне (рис. 55): наружный диаметр показывают сплошными основными линиями, внутренний диаметр – сплошными тонкими линиями, которые наносят на расстоянии не менее 0,8 мм и не более шага резьбы от основных линий.

На плоскости, перпендикулярной к оси стержня, внутренний диаметр резьбы изображают в виде дуги, приблизительно равной

3/4 окружности, разомкнутой в любом месте, но концы дуги не должны совпадать с осевыми линиями (рис. 58).

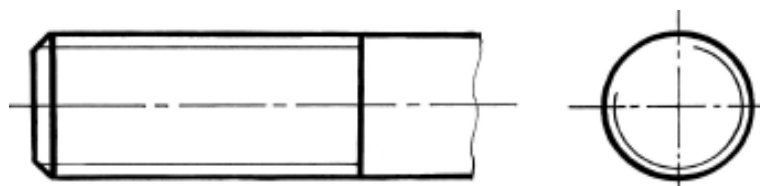


Рис. 58. Условное изображение наружной резьбы

В отверстии: внутренний диаметр – сплошными основными линиями, наружный диаметр – сплошными тонкими линиями. Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы сплошной основной линией (или штриховой, если она невидима) (рис. 59).

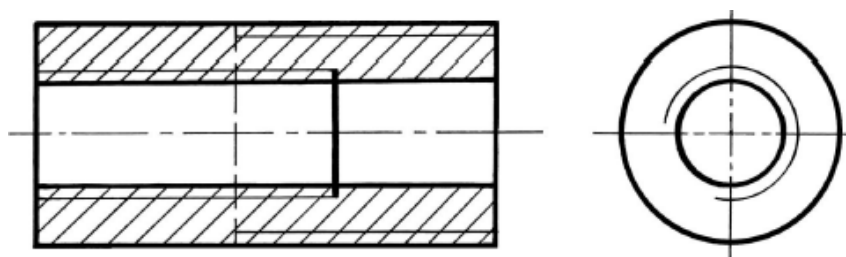


Рис. 59. Условное изображение внутренней резьбы

При вычерчивании стержней и отверстий с конической резьбой количество концентрических окружностей на чертеже наносят, как показано на рис. 60.

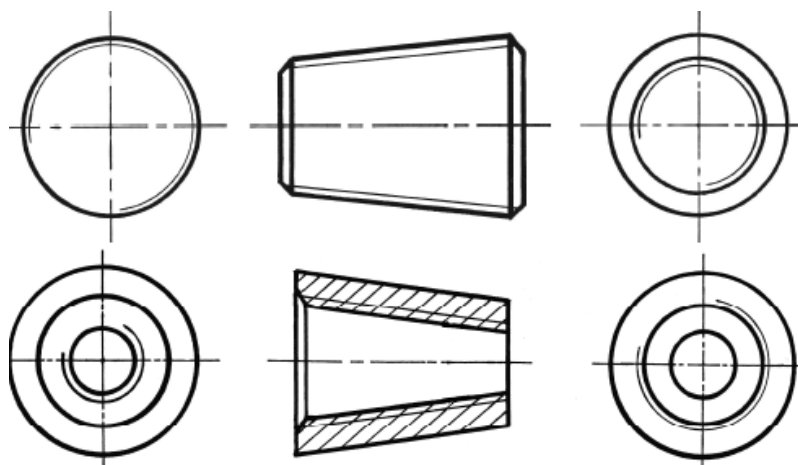


Рис. 60. Условное изображение конической резьбы

К *элементам резьбы* относят сбеги, недоводы, недорезы, проточки, фаски.

**Сбег резьбы** – это участок неполного профиля в зоне перехода резьбы с гладкой части детали. Участок, включающий в себя сбег и недовод, называется **недорезом** (рис. 61).

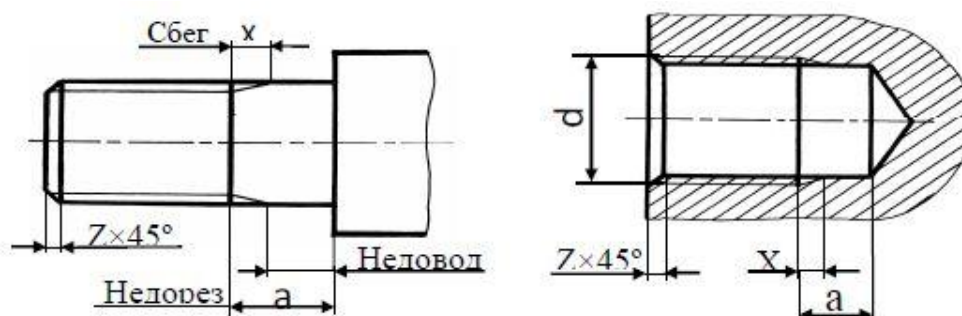


Рис. 61. Элементы резьб

Для упрощения нарезания резьбы и удобства соединения между собой резьбовых деталей на конце стержня и в начале отверстия выполняют **фаски**. Фаски на стержнях и в отверстиях с резьбой имеют форму усечённого конуса с углом при вершине  $90^\circ$ . Фаску изображают только на проекции, параллельной оси резьбы.

На проекции, перпендикулярной оси резьбы, фаску не показывают. Размеры фасок на стержне с резьбой и в отверстии с резьбой устанавливает ГОСТ 10549 – 80 (для всех видов резьб, кроме метрической). Размеры фасок для наружной метрической резьбы крепёжных изделий устанавливает ГОСТ 12414 – 66. Определяющим размером служит наружный диаметр стержня.

При нарезании на станках с помощью резца, чтобы избежать сбег резьбы, выполняют **наружные** и **внутренние проточки**. На детали проточку изображают упрощённо и дополняют чертёж выносным элементом (рис. 62). Размеры сбегов, недорезов и проточек устанавливает ГОСТ 27148 – 86.

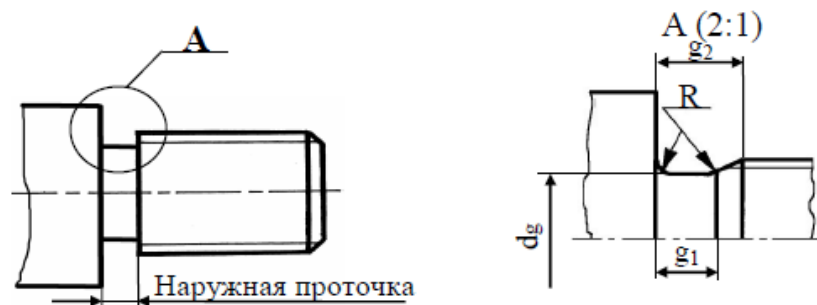


Рис. 62. Проточка наружная с выносным элементом

По условному изображению резьбы невозможно определить тип резьбы и её условные параметры, поэтому ГОСТы на резьбы

предусматривают условные обозначения, в которых указывают тип резьбы, наружный диаметр, шаг, её допуск, направление и число заходов.

По ГОСТ 2.311 – 68 обозначение всех резьб, кроме конической и трубной цилиндрической, относят к наружному диаметру и представляют над размерной линией, на её продолжении или на полке линии – выноски.

**Обозначение стандартных резьб:**

**а) метрическая резьба.**

В обозначение входит буква **М**, значение наружного диаметра (мм), поле допуска по ГОСТ 16093 – 81 (рис. 63, а), а также значение шага, если мелкий шаг (рис. 63, б).

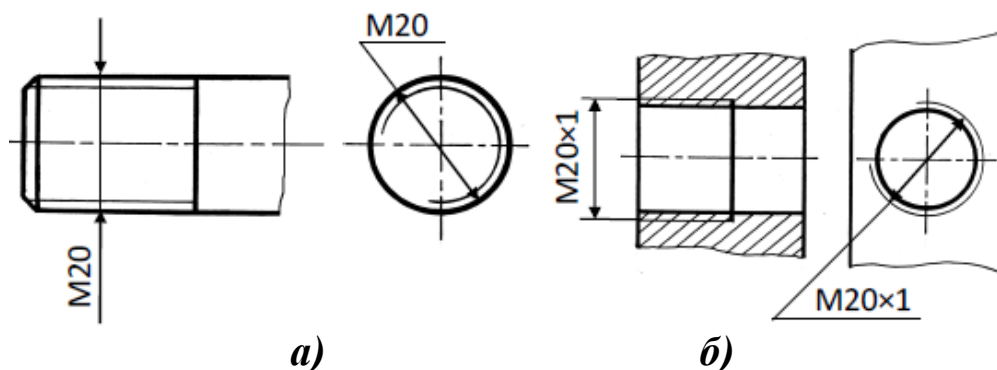


Рис. 63. Метрическая резьба

**Примеры условного обозначения:**

M12-6q – 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, M12×1-6 q.

Для левой резьбы после условного обозначения ставят буквы ЛН. Например, M12×1ЛН-6 q;

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 А и Б.

**Примеры условного обозначения:**

1) G1-A; класс точности А, размер диаметра 1 дюйм – условный проход трубы – Ду (рис. 64);

2) G1ЛН-Б; левая резьба, класс точности Б, с диаметром 1 дюйм.

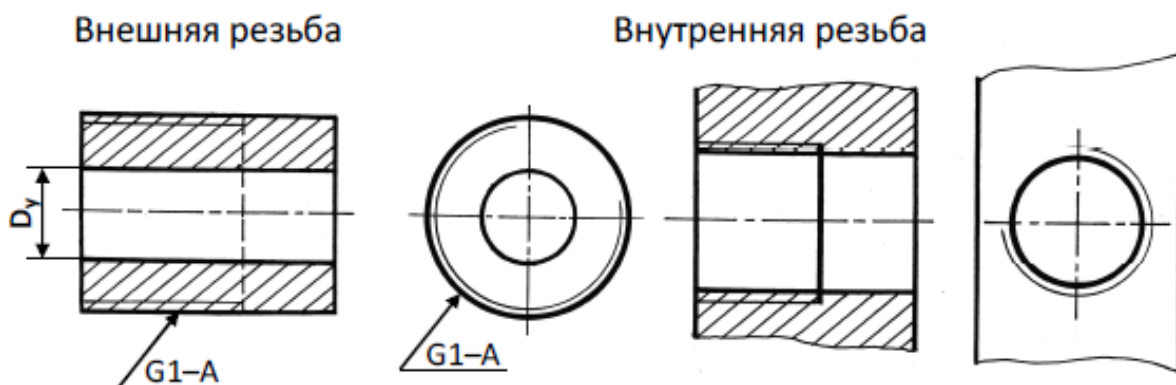


Рис. 64. Трубная цилиндрическая резьба

в) *трубная коническая резьба* обозначается буквой **R** (наружная) и буквой **Rc** (внутренняя) с указанием номинального диаметра резьбы (дюймы) (рис.65).

Пример: R 3/4 или 3/4 LH – наружная левая,  
Rc 3/4 – внутренняя (см. рис. 65),  
Rc 3/4 LH – внутренняя левая;

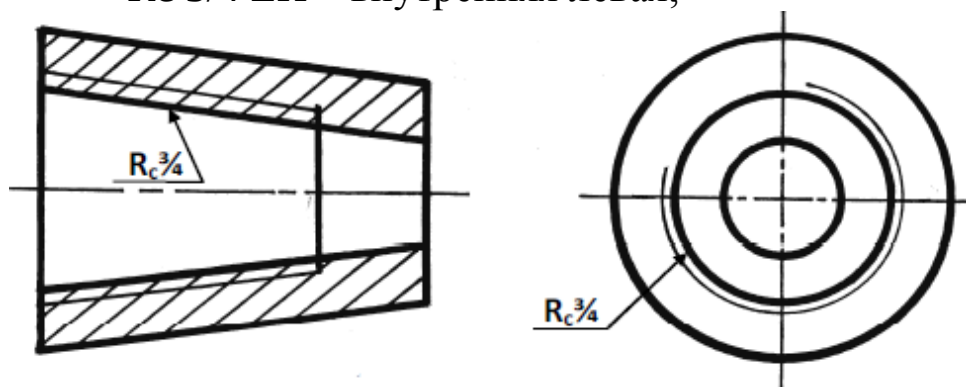


Рис. 65. Трубная коническая резьба

г) *трапецеидальная резьба* – обозначают буквой **Tr** наружный диаметр (мм), шаг (мм) и поле допуска (ГОСТ 9662 – 81, ГОСТ 24789 – 81) (рис. 66).

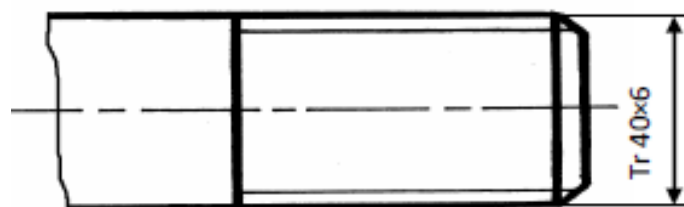


Рис. 66. Трапецеидальная резьба

**Примеры условного обозначения:**

1. Tr 40x6 – 7e – номинальный диаметр 40 мм, шаг 6 мм, однозаходная, с полем допуска 7e, наружная.

2. Tr 40x6 LH – 7e – то же левая.

3. Tr 40x18 (P6)-8H – номинальный диаметр 40 мм, трёхзаходная, с шагом 6 мм, ход 18 мм, внутренняя.

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.67).



Рис. 67. Упорная резьба

**Примеры условного обозначения.**

1. S 80x16–7h – номинальный диаметр 80 мм, шагом 16 мм, наружная, с полем допуска 7 h.

2. S 80x32 (P 16) LH –7h – номинальный диаметр 80 мм, двухзаходная со значением хода 32 мм, левая, с полем допуска 7h;

е) *специальная 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 64x5-6q (рис. 68).



Рис. 68. Специальная резьба со стандартным профилем

Если резьба имеет нестандартный профиль, например прямоугольный, то его выполняют в увеличенном масштабе и на изображении проставляют все необходимые размеры (рис. 69).

**Примечание:** на студенческих чертежах допускается не ставить поле допуска.

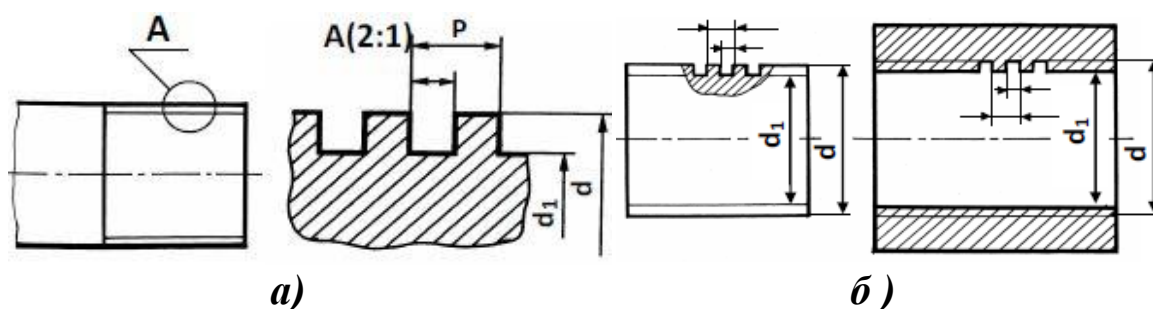


Рис. 69. Специальная резьба с нестандартным профилем  
наружная (а) и внутренняя (б)

### ***Крепёжные 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. 70).

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 определённые размеры головки. При одном и том же диаметре резьбы  $d$  болт может быть изготовлен различной длины, которая стандартизирована.

Обычно резьбовые крепёжные детали изображаются на чертеже так, чтобы ось их резьбы располагалась параллельно основной надписи чертежа (рис. 71).

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 неё 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.

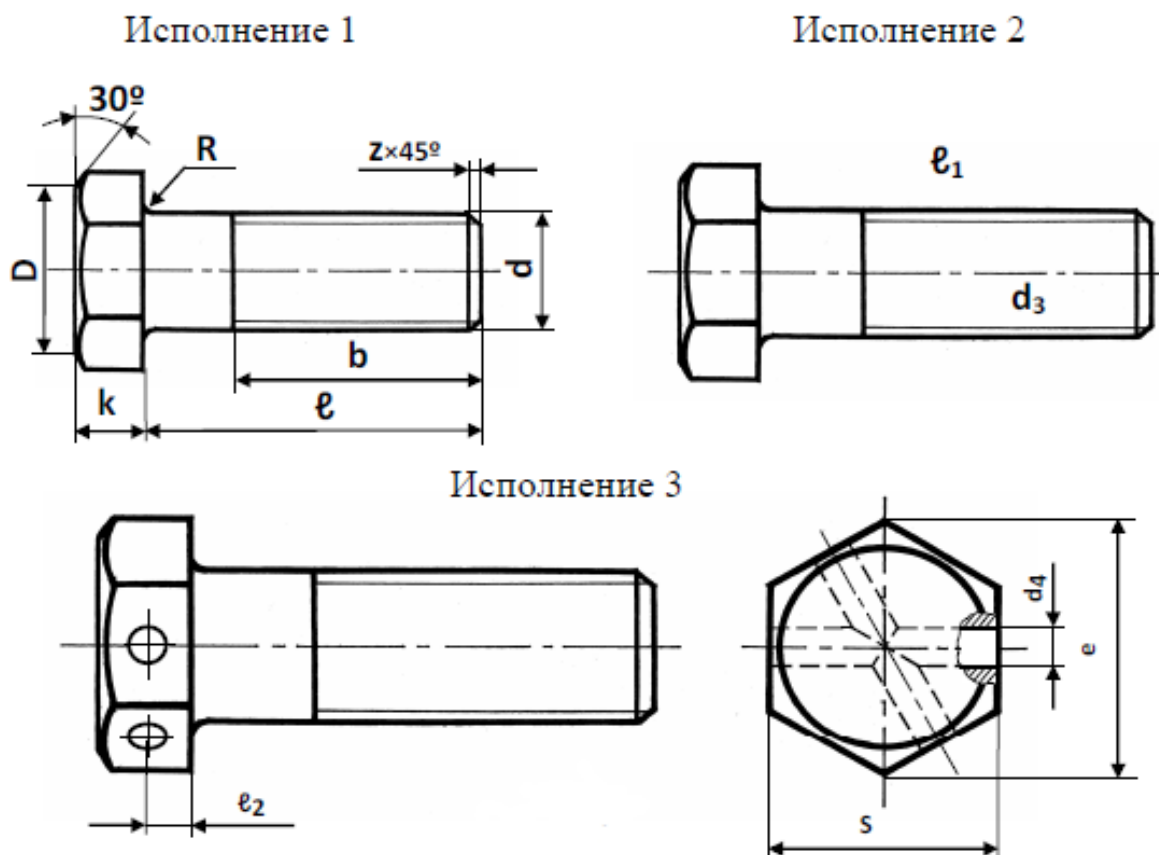


Рис. 70. Болт в разных исполнениях

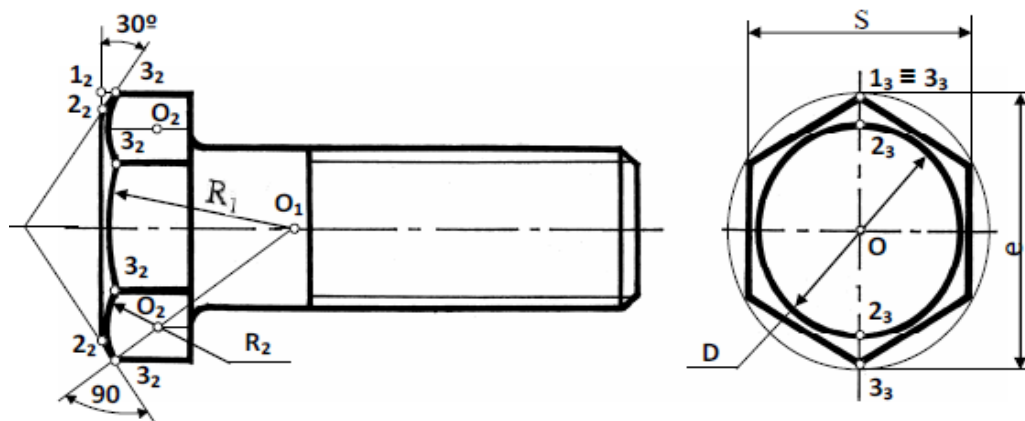


Рис. 71. Порядок вычерчивания болта

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

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

### **Гайка**

**Гайка** – деталь с резьбовыми отверстиями и плоскими гранями, используемая для навинчивания на стержень болта, шпильки при осуществлении разъёмного 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. 72).

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

**Упрощённо гайку обозначают:** Гайка 2М20х1,5 ГОСТ 5915 – 70 – гайка 2 исполнения с диаметром резьбы 20 мм, с мелким шагом

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

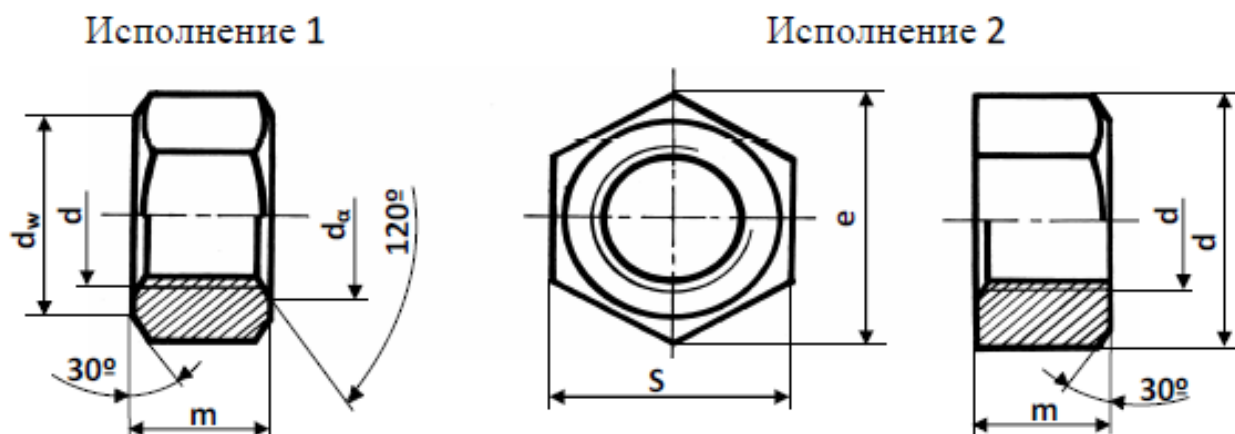


Рис. 72. Гайка

### Шайба

**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.

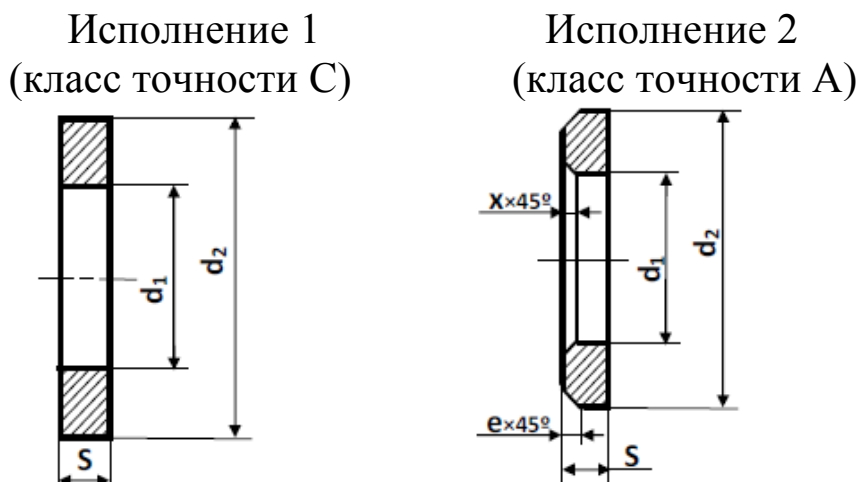


Рис. 73. Шайба

Наиболее часто применяют шайбы двух исполнений (рис.73):  
 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.

### **Шпилька**

**Шпилька** представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах. Та часть шпильки, которая ввинчивается в резьбовое отверстие детали, называется ввинчиваемым (посадочным) концом, а часть, на которую надеваются присоединяемые детали, шайба и навинчивается гайка, называется гаечным или стяжным концом (рис. 74). Конструкция и размеры шпилек регламентированы ГОСТ 22032 – 76 ... ГОСТ 22038 – 76.

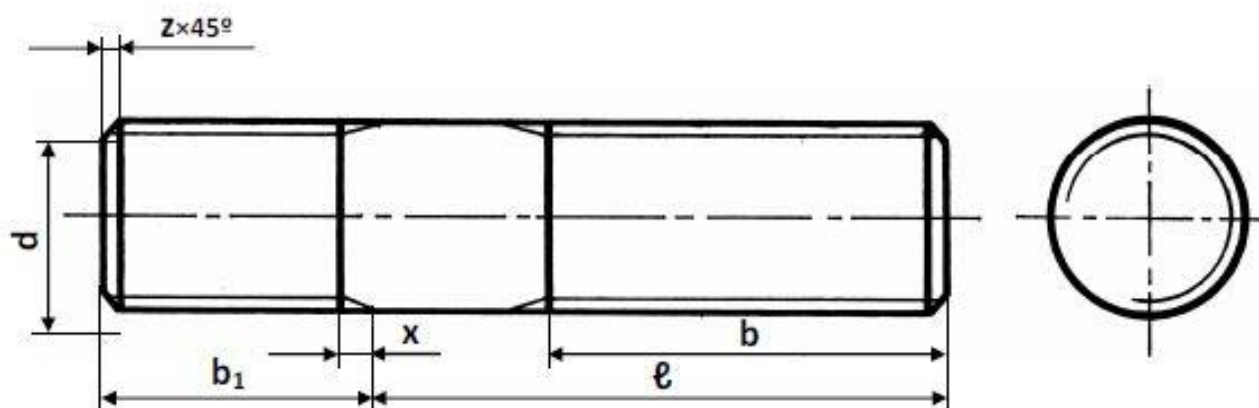


Рис. 74. Шпилька

Длина  $l_1$ , ввинчиваемого конца шпильки зависит от материала, в которую она ввинчивается (табл. 10). Чем менее прочен материал детали, тем больше длина ввинчиваемого конца.

Примеры условного обозначения шпильки диаметром резьбы  $d = 16$  мм, с крупным шагом резьбы, длиной  $l = 70$  мм:

*Шпилька M16 × 70 ГОСТ 22032 – 76;*

То же с мелким шагом резьбы  $p = 1,5$  мм:

*Шпилька M16 × 1,5 × 70 ГОСТ 22032 – 76.*

Таблица 11

## Применение шпилек в зависимости от материала деталей

| Шпильки<br>нормальной точ-<br>ности ГОСТ | Длина<br>ввинчиваемого<br>резьбового конца | Область<br>применения                                                                                      |
|------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 22032 – 76                               | $l_1 = d$                                  | Для резьбовых отверстий в<br>стальных, бронзовых и ла-<br>тунных деталях и деталях<br>из титановых сплавов |
| 22034 – 76                               | $l_1 = 1,25d$                              | Для резьбовых отверстий в<br>деталях из ковкого и серо-<br>го чугуна                                       |
| 22038 – 76                               | $l_1 = 2d$                                 | Для резьбовых отверстий в<br>деталях из лёгких сплавов<br>(алюминия, магния)                               |

**Крепёжные соединения****Болтовое соединение**

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

Длину болта рассчитывают по формуле

$$l = n_1 + n_2 + S_1 + m + 2p + z,$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – толщина соединяемых деталей в мм;

$S_1$  – толщина шайбы в мм;

$m$  – высота гайки в мм;

$2p$  – длина выступающего конца болта над гайкой в мм,

$z$  – фаска;

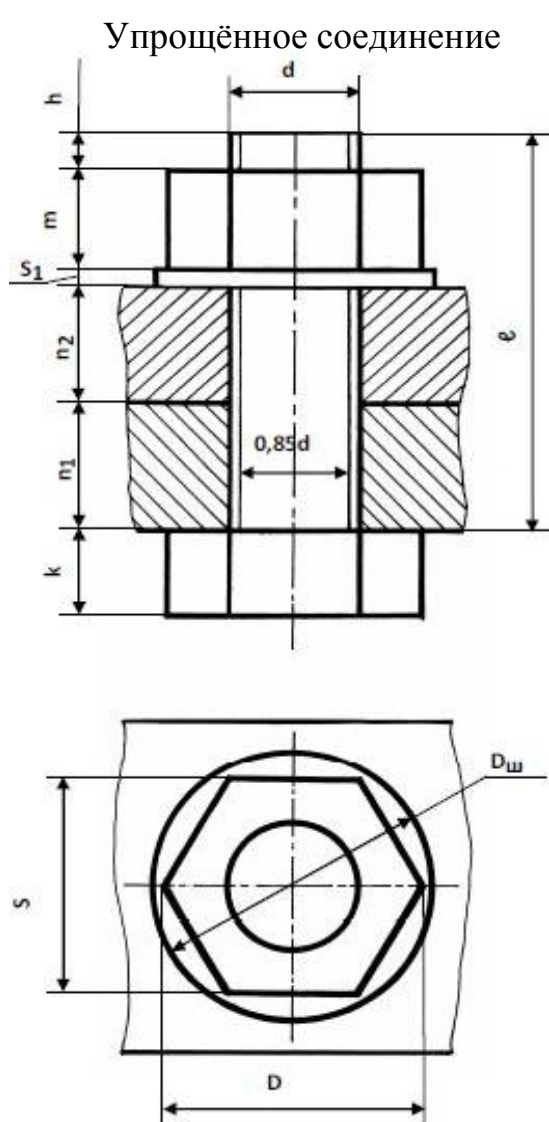
$$2p + z = h.$$

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 крепёжными деталями изображают упрощённо или условно (если диаметр резьбы на чертеже менее 2 мм).

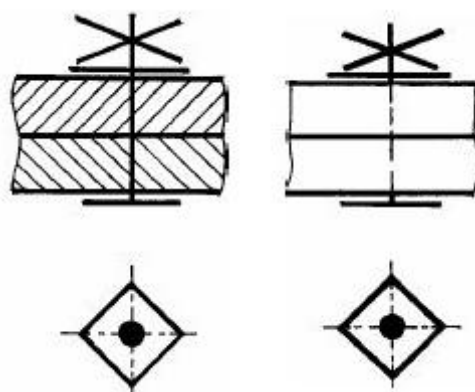
Упрощённое изображение болтового соединения строят по относительным размерам, являющимися функциями диаметра резьбы (рис. 75) и округляемым при расчётах до целых чисел.



### Условное соединение

в сечение

на виде



$d$

$z = 0,1d$

$D = 2,0d$

$m = 0,8d$

$l$  – по ГОСТ

$k = 0,7d$

$D_{ш} = 0,3d = 2p + z$

$S_1 = 0,15d$

$S$  – по ГОСТ

Рис. 75. Упрощённое изображение болтового соединения

### Соединение деталей шпилькой

Соединение деталей шпилькой относят к неподвижным разъёмным 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:

$$l = n + S_1 + m + 2p + z.$$

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 рис. 76.

Вначале сверлят отверстие диаметром  $d_1$  на глубину  $b_2 = b_1 + 2p + a$ . Отверстие заканчивается конической поверхностью с углом у вершины конуса  $120^\circ$  (рис. 76, а).

Резьбу в отверстии нарезают метчиком по наружному диаметру  $d$  (рис. 76, 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.

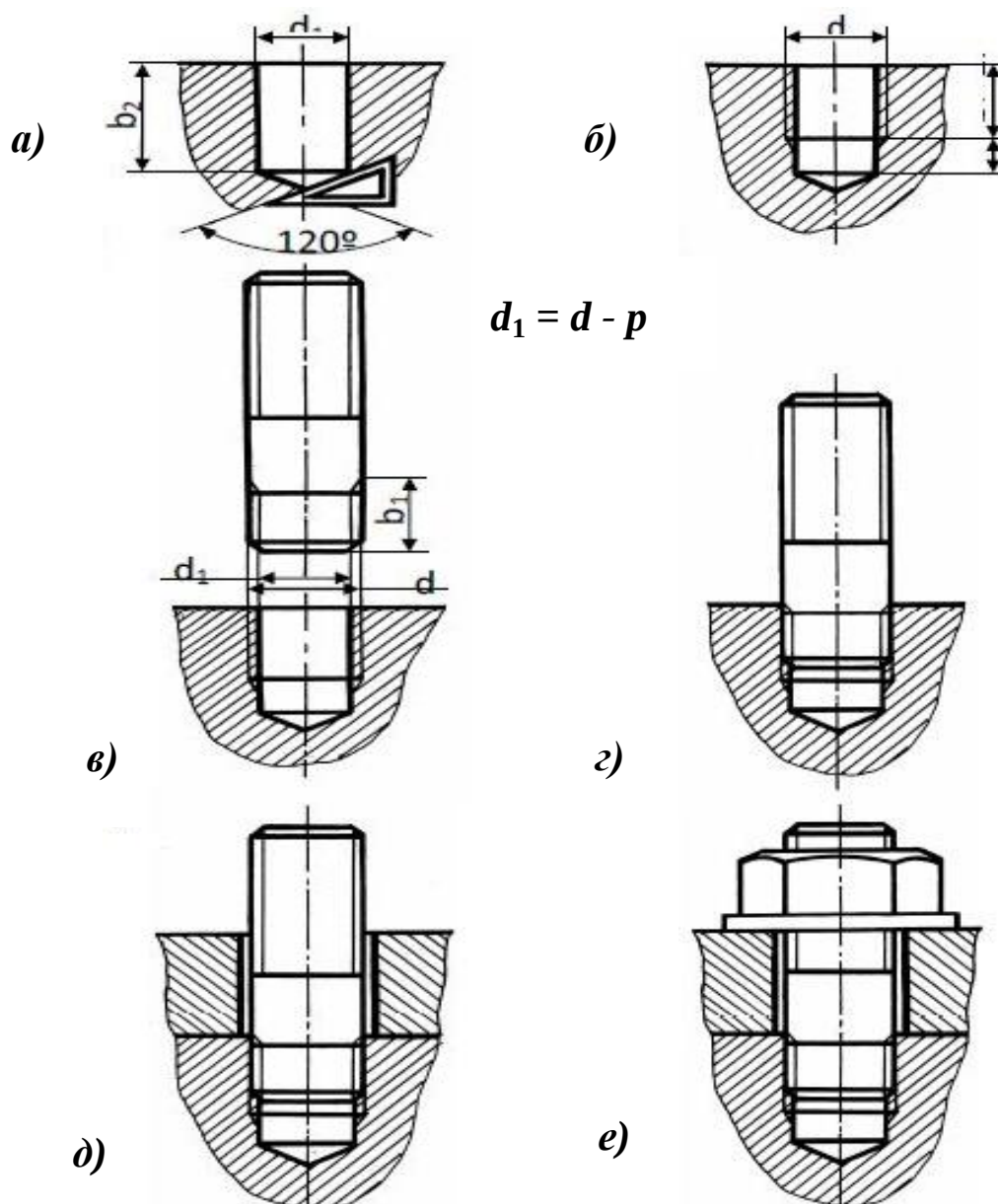


Рис. 76. Технологическая последовательность соединения шпилькой

Номинальные диаметры резьбы шпильки и резьбового отверстия принимают одинаковыми (рис. 76, в).

Шпилька ввинчивается в резьбовое отверстие на всю длину резьбы  $b_1$ , т.е. граница резьбы ввинчиваемого конца совпадает с линией разъёма соединяемых деталей (рис. 76, г).

Сверху устанавливается деталь с отверстием немного больше диаметра, чем диаметр шпильки (рис. 76, д).

На свободный конец шпильки надевается шайба и навинчивается гайка (рис. 76, е).

Такое изображение применяют на сборочных чертежах только в ответственных случаях. В основном пользуются упрощённым или условным изображением (рис. 77).

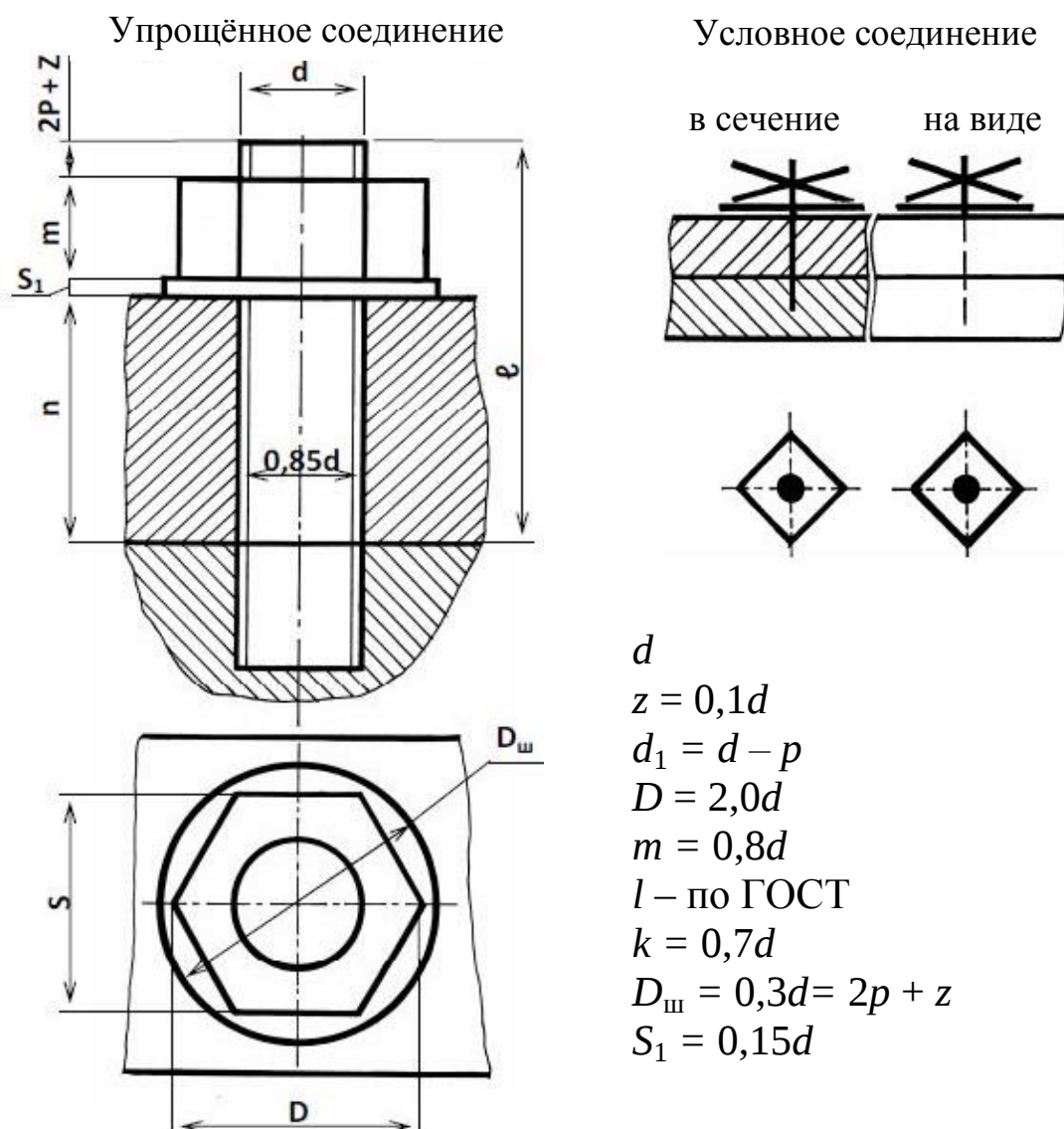


Рис. 77. Упрощённое изображение соединения шпилькой

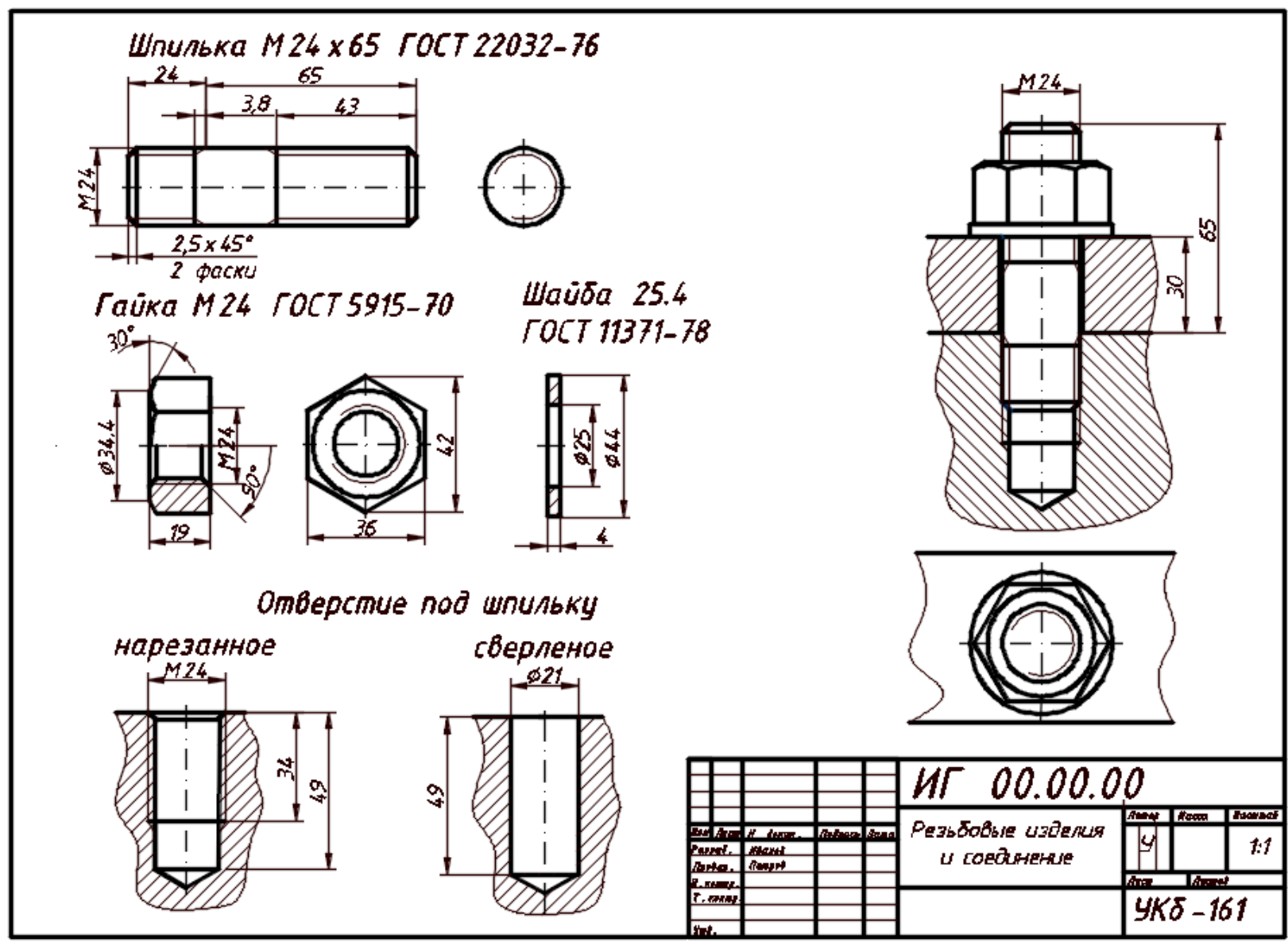


Рис. 78. Пример выполнения ДЗ3 (Резьбовые изделия и соединение)

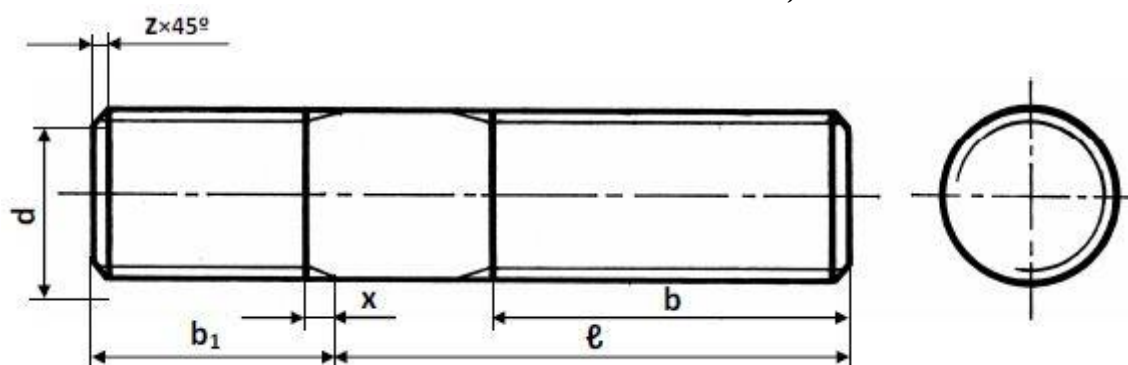
Таблица 12

## Варианты заданий

| № варианта | Шпилька           |      |          | Гайка                |                   |      |         | Шайба<br>ГОСТ11371-78 |              | Толщи-<br>на при-<br>соеди-<br>няемых<br>деталей<br>п |
|------------|-------------------|------|----------|----------------------|-------------------|------|---------|-----------------------|--------------|-------------------------------------------------------|
|            | размеры<br>резьбы |      | ГОСТ     | Ис-<br>пол-<br>нение | размеры<br>резьбы |      | ГОСТ    | Испол-<br>нение       | диа-<br>метр |                                                       |
|            | диа-<br>метр      | шаг  |          |                      | диа-<br>метр      | шаг  |         |                       |              |                                                       |
| 1          | 12                | 1,25 | 22032-76 | 1                    | 12                | 1,25 | 5927-70 | 1                     | 12           | 25                                                    |
| 2          | 27                | 2    | 22032-70 | 1                    | 27                | 2    | 5927-70 | 2                     | 27           | 45                                                    |
| 3          | 24                | 3    | 22034-70 | 1                    | 24                | 3    | 5915-70 | 1                     | 24           | 40                                                    |
| 4          | 16                | 2    | 22034-70 | 2                    | 16                | 2    | 5915-70 | 1                     | 16           | 40                                                    |
| 5          | 20                | 1,5  | 22034-70 | 1                    | 20                | 1,5  | 5927-70 | 2                     | 20           | 40                                                    |
| 6          | 24                | 2    | 22034-70 | 1                    | 24                | 2    | 5927-70 | 2                     | 24           | 45                                                    |
| 7          | 14                | 1,5  | 22032-70 | 2                    | 14                | 1,5  | 5927-70 | 2                     | 14           | 48                                                    |
| 8          | 22                | 2,5  | 22032-70 | 1                    | 22                | 2,5  | 5927-70 | 1                     | 22           | 42                                                    |
| 9          | 30                | 2    | 22034-70 | 1                    | 30                | 2    | 5927-70 | 1                     | 30           | 48                                                    |
| 10         | 27                | 2    | 22034-70 | 1                    | 27                | 2    | 5915-70 | 1                     | 27           | 39                                                    |
| 11         | 30                | 3,5  | 22034-70 | 1                    | 30                | 3,5  | 5927-70 | 2                     | 30           | 58                                                    |
| 12         | 14                | 1,5  | 22032-70 | 2                    | 14                | 1,5  | 5927-70 | 2                     | 14           | 48                                                    |
| 13         | 24                | 2    | 22032-70 | 1                    | 24                | 2    | 5927-70 | 2                     | 24           | 45                                                    |
| 14         | 30                | 3,5  | 22032-70 | 1                    | 30                | 3,5  | 5927-70 | 1                     | 30           | 53                                                    |
| 15         | 16                | 2    | 22032-70 | 1                    | 16                | 2    | 5927-70 | 1                     | 16           | 25                                                    |
| 16         | 14                | 2    | 22032-70 | 1                    | 14                | 2    | 5915-70 | 1                     | 14           | 28                                                    |
| 17         | 18                | 1,5  | 22032-70 | 1                    | 18                | 1,5  | 5927-70 | 1                     | 18           | 38                                                    |
| 18         | 12                | 1,75 | 22034-70 | 1                    | 12                | 1,75 | 5915-70 | 1                     | 12           | 35                                                    |
| 19         | 20                | 1,5  | 22034-70 | 2                    | 20                | 1,5  | 5927-70 | 2                     | 20           | 45                                                    |
| 20         | 16                | 1,5  | 22034-70 | 1                    | 16                | 1,5  | 5915-70 | 1                     | 16           | 30                                                    |

Таблица 13

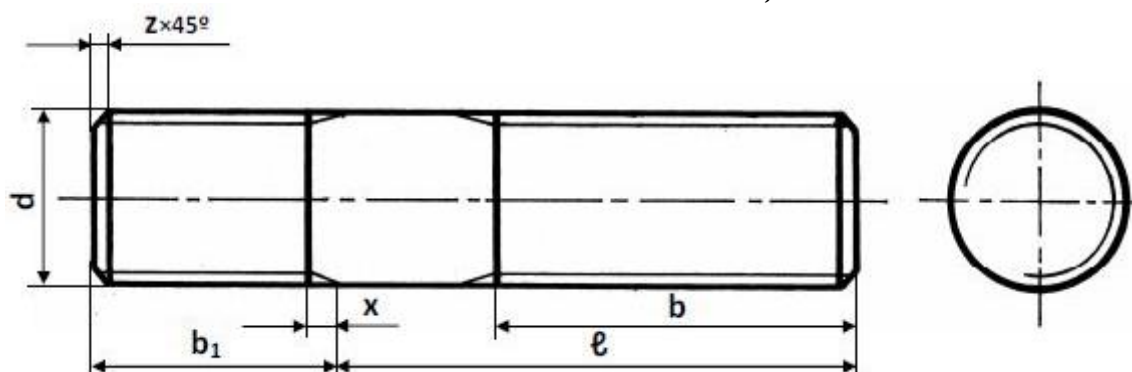
## Шпилька ГОСТ 22032-76

*Шпилька с ввинчиваемым концом 1d*

|                                       |         |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------|---------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 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 конца $b_1=1d$    |         | 10   | 12   | 14   | 16  | 18  | 20  | 22  | 24  | 27  | 30  |
| Длина гаечного конца $b=2d+6$ при $l$ |         | 35   | 38   | 42   | 48  | 55  | 60  | 65  | 70  | 75  | 85  |
| Фаска, $z$                            |         | 1,6  | 1,6  | 1,62 | 2,0 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3,0 | 3,0 |

Таблица 14

## Шпилька ГОСТ 22034-76

*Шпилька с ввинчиваемым концом  $1,25d$* 

|                                       |         |      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------------------------|---------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 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 конца $b_1=1,25d$ |         | 12   | 15   | 18   | 20  | 22  | 25  | 28  | 30  | 35  | 38  |
| Длина гаечного конца $b=2d+6$ при $l$ |         | 35   | 38   | 42   | 48  | 55  | 60  | 65  | 70  | 75  | 85  |
| Фаска, $z$                            |         | 1,6  | 1,6  | 1,62 | 2,0 | 2,0 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 3,0 | 3,0 |

Таблица 15

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

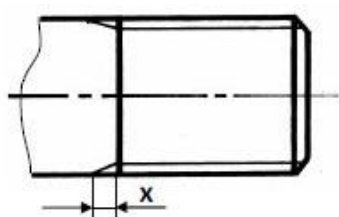
|  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | $d$ | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 8,0 | 10  | 12  | 14  |
|  | $z$ | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,4 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
|  | $d$ | 16  | 18  | 20  | 22  | 24  | 27  | 30  |     |
|  | $z$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

Ряд длин болтов по ГОСТ 7789 - 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 – 70 – ГОСТ 22034 - 70  $l$ : 32, 35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120.

Таблица 16

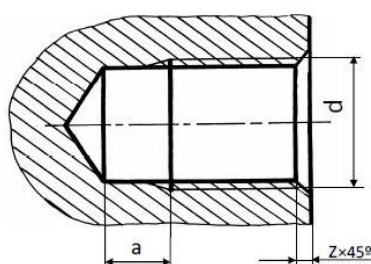
Сбеги для наружной метрической резьбы по ГОСТ 10549-80



|            |      |     |      |     |     |     |     |
|------------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Шаг, $p$   | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2,0 | 2,5 | 3   | 3,5 |
| Сбег, $x$  | 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 |

Таблица 17

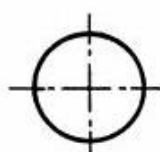
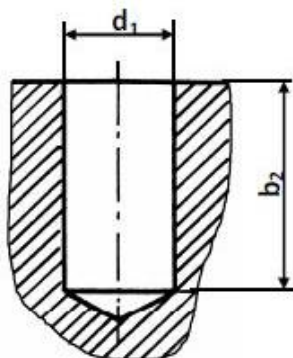
Недореzy и фаски для внутренней метрической резьбы по ГОСТ 10549-80



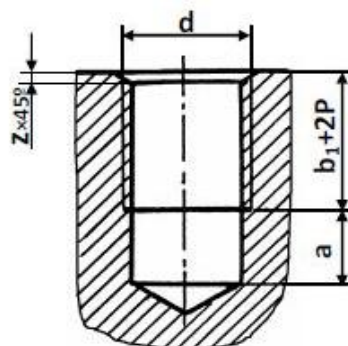
|            |      |     |      |     |     |     |     |
|------------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Шаг, $p$   | 1,25 | 1,5 | 1,75 | 2,0 | 2,5 | 3   | 3,5 |
| Недореzy   | 8    | 9   | 11   | 11  | 12  | 15  | 17  |
| Фаска, $z$ | 1,6  | 1,6 | 1,6  | 2   | 2,5 | 2,5 | 3   |

Таблица 18

Глухое резьбовое отверстие под шпильку  
сверлёное



нарезное



$$d = d - p$$

$$b_2 = b_1 + 2p + a$$

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите методы преобразования комплексных чертежей и для чего их применяют?
2. В чём 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?
14. Что такое резьба? Основные элементы резьбы?
15. Назовите как классифицируется резьба?
16. Какие бывают крепёжные изделия?

## Раздел 4. Поверхность

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

### Практическое занятие: Теоретические положения

В зависимости от формы образующей и закона её перемещения в пространстве поверхности можно разделить на отдельные группы. *Линейчатые поверхности* – поверхности, которые могут быть образованы с помощью прямой линии. *Нелинейчатые поверхности* – поверхности, которые могут быть образованы только с помощью кривой линии. *Развёртывающиеся поверхности* – поверхности, которые после разреза их по образующей могут быть совмещены с плоскостью без наличия разрывов и складок. *Неразвёртывающиеся поверхности* – поверхности, которые не могут быть совмещены с плоскостью без наличия разрывов и складок. *Поверхности с постоянной образующей* – поверхности, образующая которых не изменяет своей формы в процессе образования поверхности. *Поверхности с переменной образующей* – поверхности, образующая которых изменяется в процессе образования поверхности [1]. Рассмотрим построение точек и линий на поверхности на примере поверхностей вращения. К *поверхностям вращения* относятся поверхности, образующиеся вращением линии  $l$  вокруг прямой  $i$ , представляющей собой ось вращения. Они могут быть линейчатыми, например конус или цилиндр вращения, и нелинейчатыми или криволинейными, например сфера.

Определитель поверхности вращения включает образующую  $l$  и ось  $i$ . Каждая точка образующей при вращении описывает окружность, плоскость которой перпендикулярна оси вращения. Такие окружности поверхности вращения называются параллелями. Наибольшую из параллелей называют экватором. Экватор определяет горизонтальный очерк поверхности, если  $i \perp \Pi_1$ . В этом случае параллелями являются горизонтали  $h$  этой поверхности. Кривые поверхности вращения, образующиеся в результате пересечения по-

верхности плоскостями, проходящими через ось вращения, называ-  
ются меридианами. Все меридианы одной поверхности конгруэнт-  
ны. Фронтальный меридиан называют главным меридианом; он оп-  
ределяет фронтальный очерк поверхности вращения. Профильный  
меридиан определяет профильный очерк поверхности вращения.

Поверхности вращения нашли самое широкое применение  
в технике. Они ограничивают поверхности большинства машино-  
строительных деталей.

Коническая поверхность вращения образуется вращением  
прямой  $l$  вокруг пересекающейся с ней прямой – оси  $i$  (рис. 79, а).

Цилиндрическая поверхность вращения образуется вращением  
прямой  $l$  вокруг параллельной ей оси  $i$  (рис. 79, б). Эту поверхность  
называют ещё цилиндром или прямым круговым цилиндром.

Сфера, образуется вращением окружности вокруг её диаметра  
(рис. 79, в). Точка  $A$  на поверхности сферы принадлежит главному  
меридиану  $f$ , точка  $B$  – экватору  $h$ , а точка  $M$  построена на вспомо-  
гательной параллели  $h'$ .

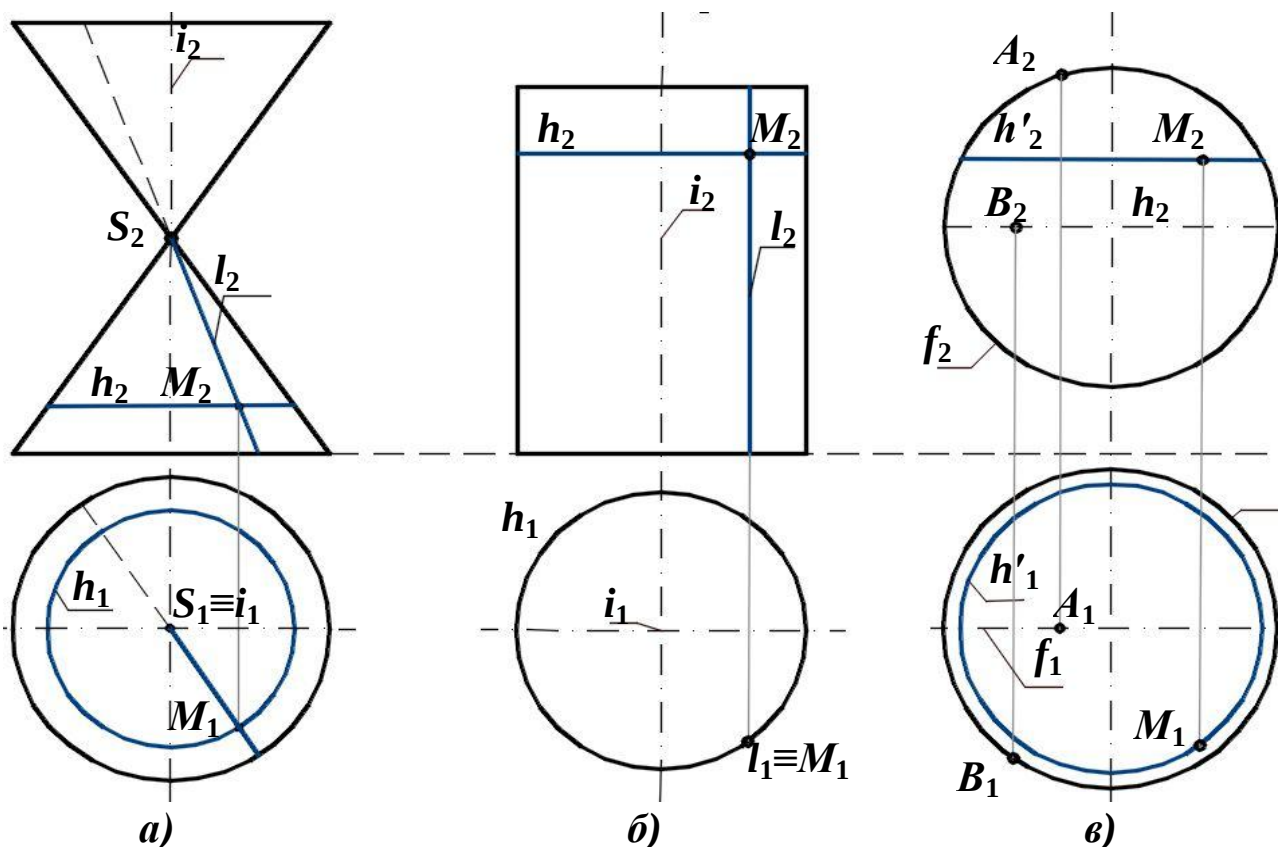


Рис. 79. Поверхности вращения

Тор образуется вращением окружности или её дуги вокруг оси,  
лежащей в плоскости окружности. Если ось расположена в преде-

лах образующей окружности, то такой тор называется закрытым (рис. 80, *а*). Если ось вращения находится вне окружности, то такой тор называется открытым (рис. 80, *б*). Открытый тор называется ещё кольцом.

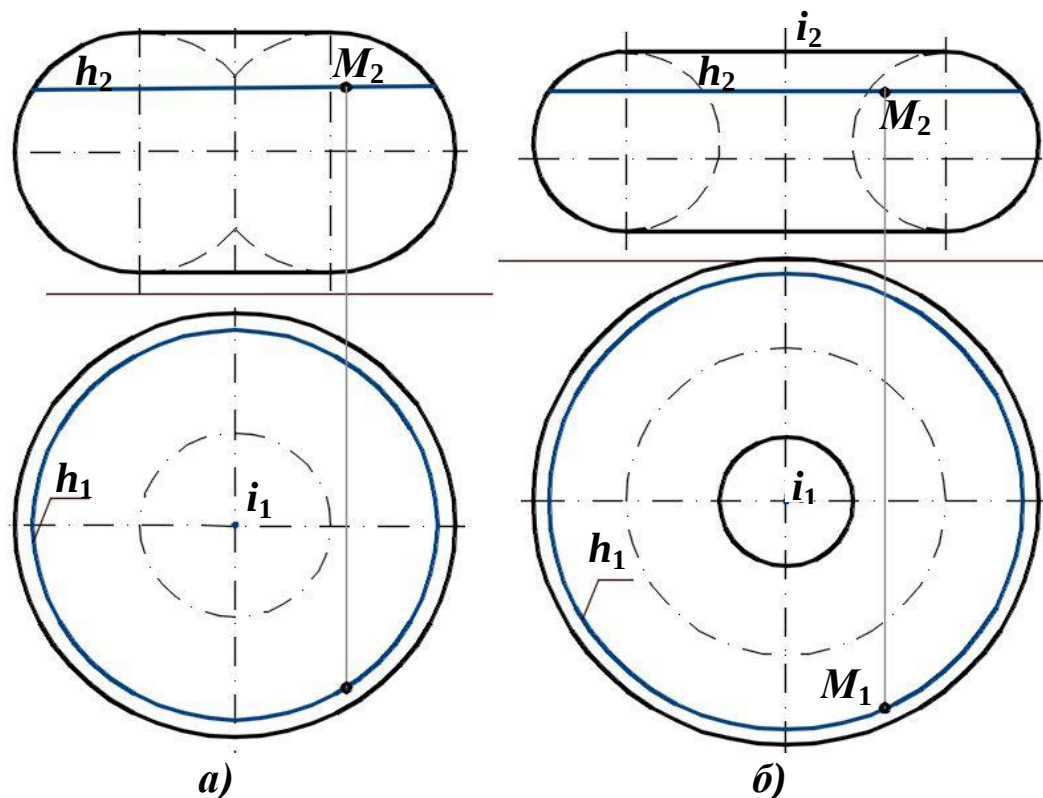


Рис. 80. Тор образуется вращением окружности или её дуги вокруг оси

Поверхности вращения могут быть образованы и другими кривыми второго порядка. Эллипсоид вращения (рис. 81, *а*) образуется вращением эллипса вокруг одной из его осей; параболоид вращения (рис. 81, *б*) – вращением параболы вокруг ее оси; гиперболоид вращения однополостный (рис. 81, *в*) образуется вращением гиперболы вокруг мнимой оси, а двуполостный (рис. 81, *г*) – вращением гиперболы вокруг действительной оси.

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. 79, *б*). В результате получим его верхнее и нижнее основания. Если плоскости обреза перпендику-

лярны оси вращения, цилиндр будет прямым, если нет – цилиндр будет наклонным.

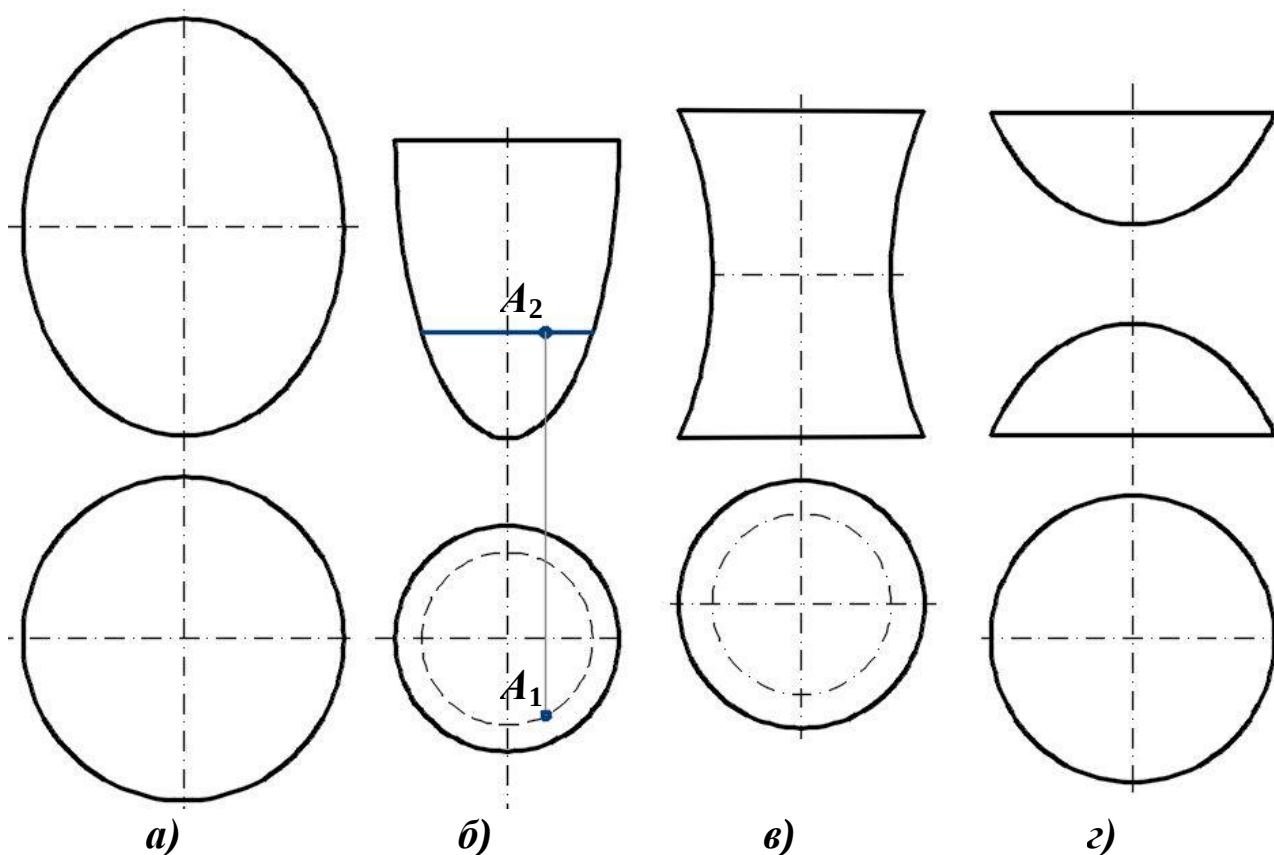


Рис. 81. Поверхности вращения, образованные кривыми второго порядка

Чтобы получить круговой конус (см. рис. 79, а), необходимо выполнить обрез по вершине и за пределами её. 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 усечённым. С помощью плоскости обреза можно получить призму и пирамиду. Например, шестигранная пирамида будет прямой, если все её рёбра 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 усечённая. Призму можно получить, ограничив участок призматической поверхности двумя плоскостями обреза. Если плоскость обреза перпендикулярна рёбрам, например восьмигранной призмы, она прямая, если не перпендикулярна – наклонная. Выбирая соответствующее положение плоскостей обреза, можно получать раз-

личные 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 её точки принадлежат этой поверхности*** (рис. 82, 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 её принадлежали этой поверхности. Задачи на построение линий, принадлежащих поверхности, являются составной частью задач на построение линий пересечения поверхностей плоскостью и пересечения двух поверхностей.

Точка может принадлежать поверхности и не принадлежать. ***Точка принадлежит поверхности, если она лежит на линии, расположенной на этой поверхности.*** Задача на определение принадлежности точки поверхности решается следующим способом. Если заданы проекции элементов поверхности и точки, необходимо на одной из плоскостей проекций через заданную точку провести линию, принадлежащую поверхности, и построить проекцию этой линии на одной плоскости проекций. Если вторая проекция пройдет через вторую проекцию точки – точка принадлежит поверхности, если не пройдет – не принадлежит. Строить точку на криволинейных поверхностях вращения удобнее всего с помощью параллелей поверхности. На рис. 82 точка *M* построена на параллели *h*<sub>6</sub>.

Эту задачу можно рассмотреть на примере рис. 79, *a*. На комплексном чертеже задана коническая поверхность очерковыми линиями. Задана также точка *M* горизонтальной и фронтальной проекциями. Через горизонтальную проекцию точки проведём горизонтальную проекцию *h*<sub>1</sub> окружности, принадлежащей конической поверхности. Построив фронтальную проекцию *h*<sub>2</sub> этой окружности, убеждаемся, что она прошла через фронтальную проекцию точки *M*. Это и подтверждает, что точка принадлежит конической поверхности.

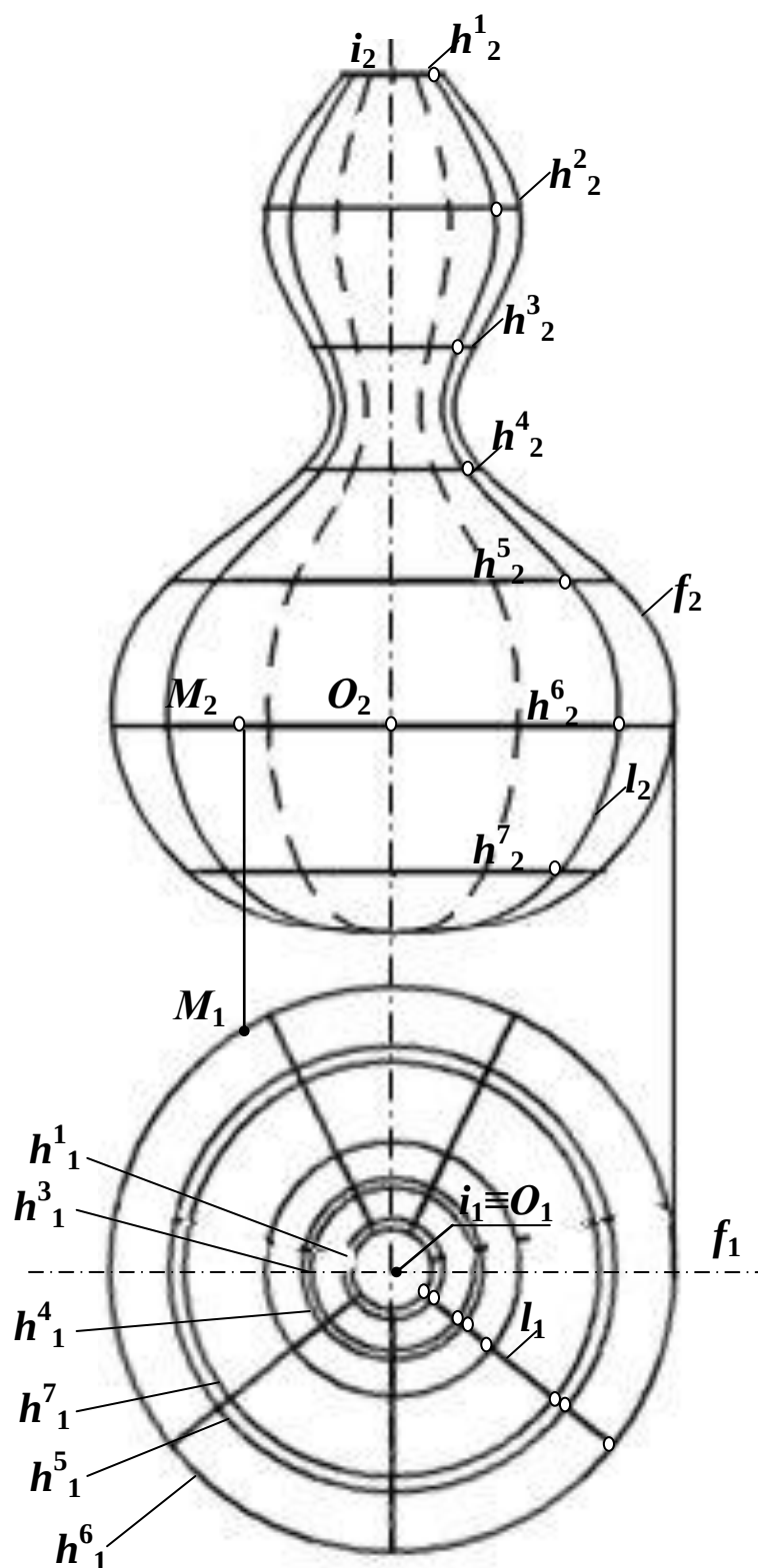


Рис. 82. Точки и линия  $l$  на поверхности вращения

На рис. 79, 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. 80).

### ***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 рёбрах 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  $Q$  с пирамидой  $SABC$ .

Решение: так как в данном случае секущая плоскость  $Q$  занимает фронтальное проецирующее положение, плоская ломаная линия. Чтобы построить эту линию, достаточно определить точки пересечения плоскостью рёбер и сторон основания, и соединить построенные точки с учётом их видимости (рис. 83, *а*).

Так как грань  $SAC$  относительно плоскости  $\Pi_1$  невидима, то и линия  $I_1Z_1$  тоже невидима.

**Задача 2.** Построить пересечение цилиндра с плоскостью.

Решение: в случае пересечения цилиндрической поверхности вращения плоскостью могут быть получены следующие линии (рис. 83, *б*): – окружность, если секущая плоскость  $R$  перпендикулярна оси вращения поверхности; – эллипс, если секущая плоскость  $R$  не перпендикулярна и не параллельна оси вращения; – две образующие прямые, если секущая плоскость  $T$  параллельна оси поверхности. На плоскость  $\Pi_1$ , перпендикулярную оси вращения поверхности, окружность и эллипс на поверхности цилиндра проецируются в окружность, совпадающую с проекцией всей поверхности.

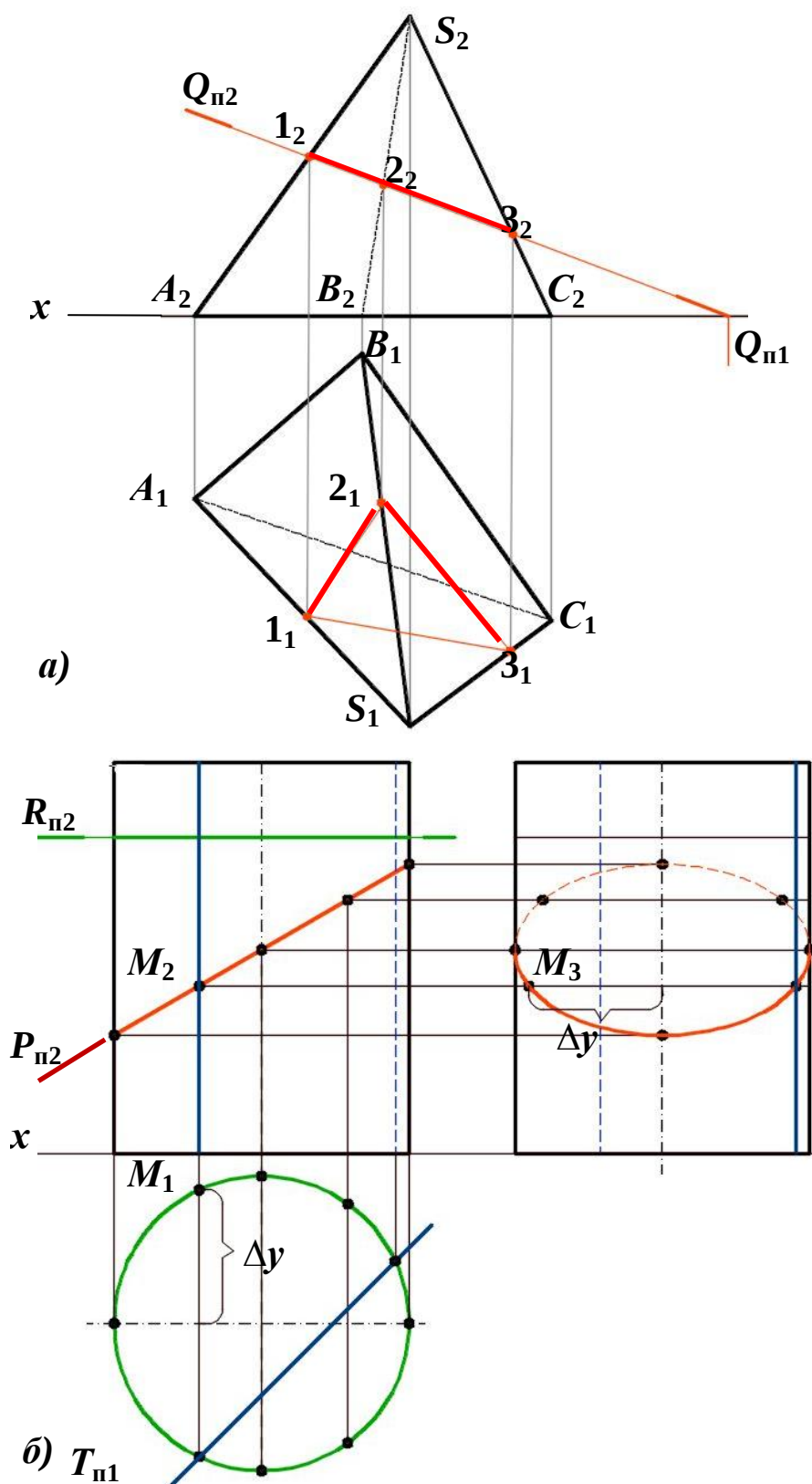


Рис. 83. Пересечение поверхностей плоскостью

**Задача 3.** Построить пересечение конической поверхности плоскостью.

**Решение:** при пересечении конической поверхности вращения плоскостью могут быть получены следующие линии (рис. 84, а – в):

- окружность, если секущая плоскость  $H$  перпендикулярна оси вращения (рис. 84, *а*);
- эллипс, если секущая плоскость  $P$  пересекает все образующие поверхности (рис. 84, *а*);
- парабола, если секущая плоскость ( $R$ ) параллельна только одной образующей ( $a$ ) поверхности (рис. 84, *б*);
- гипербола, если секущая плоскость ( $W$ ) параллельна двум образующим ( $a_1$  и  $b_1$ ) поверхности (рис. 84, *в*);
- две образующие (прямые), если секущая плоскость ( $Q$ ) проходит через вершину  $S$  поверхности (рис. 84, *в*).

Проекции кривых линий сечений плоскостью конуса строятся по отдельным точкам (точки 1 – 4 на рис. 84, *а*).

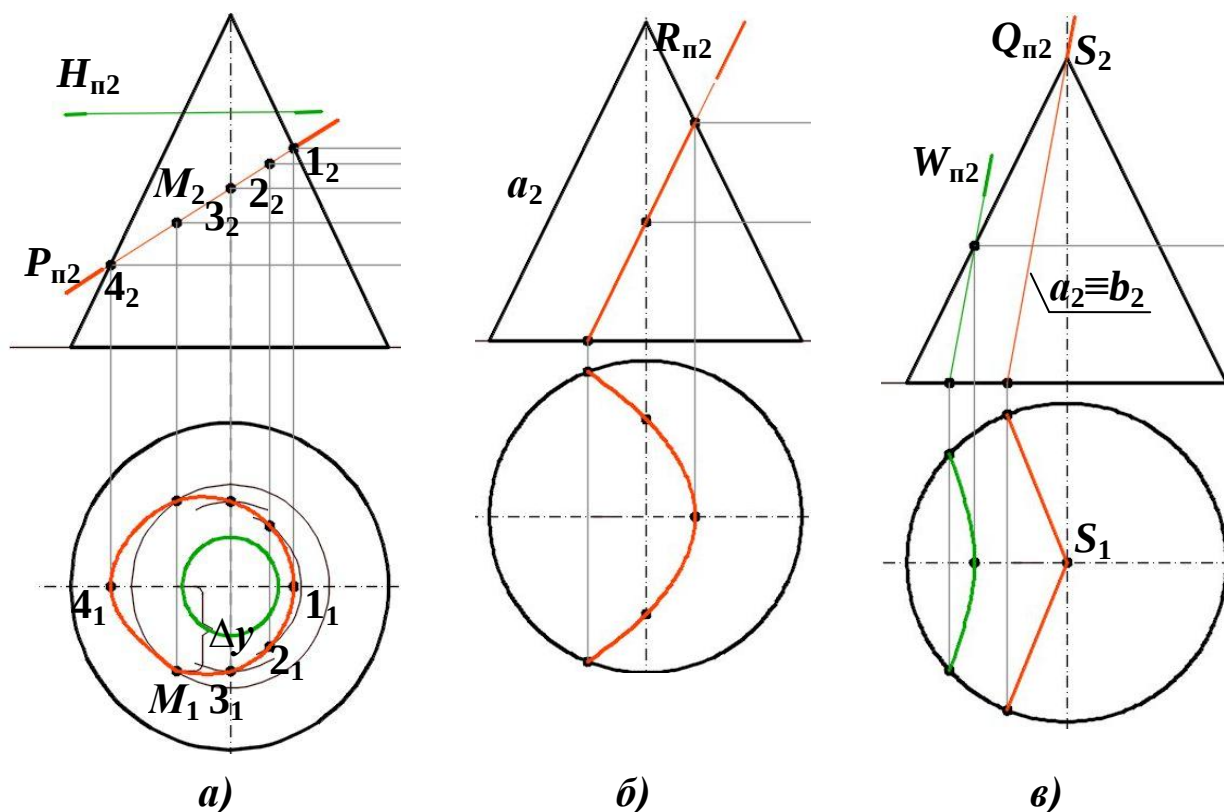


Рис. 84. Пересечение конической поверхности плоскостью

**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. 85, *а*).

Если секущая плоскость занимает проецирующее положение, то на плоскости проекций, которой секущая плоскость перпендику-

лярна (рис. 85, *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  $\Pi_1$  лежат на экваторе сферы.

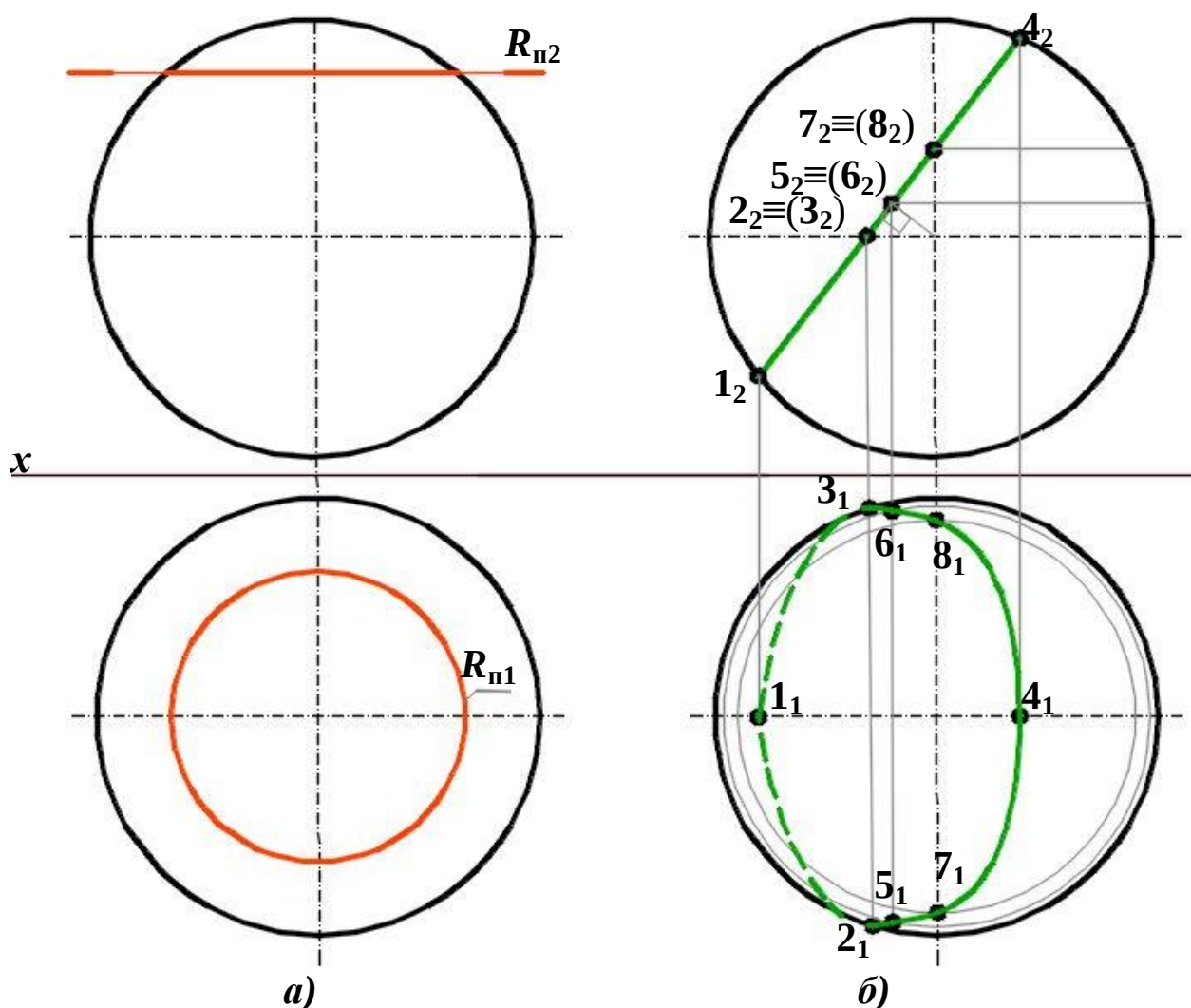


Рис. 85. Пересечение сферы плоскостью

### ***Пересечение поверхностей плоскостями общего положения***

**Задача 5.** Построить пересечение сферы плоскостью общего положения  $Q$  ( $Q_{n1}$  и  $Q_{n2}$ ).

**Решение:** для решения задачи (рис. 86) плоскость общего положения  $Q$  ( $Q_{n1} Q_{n2}$ ) преобразуют способом замены плоскостей проекций в проецирующую.

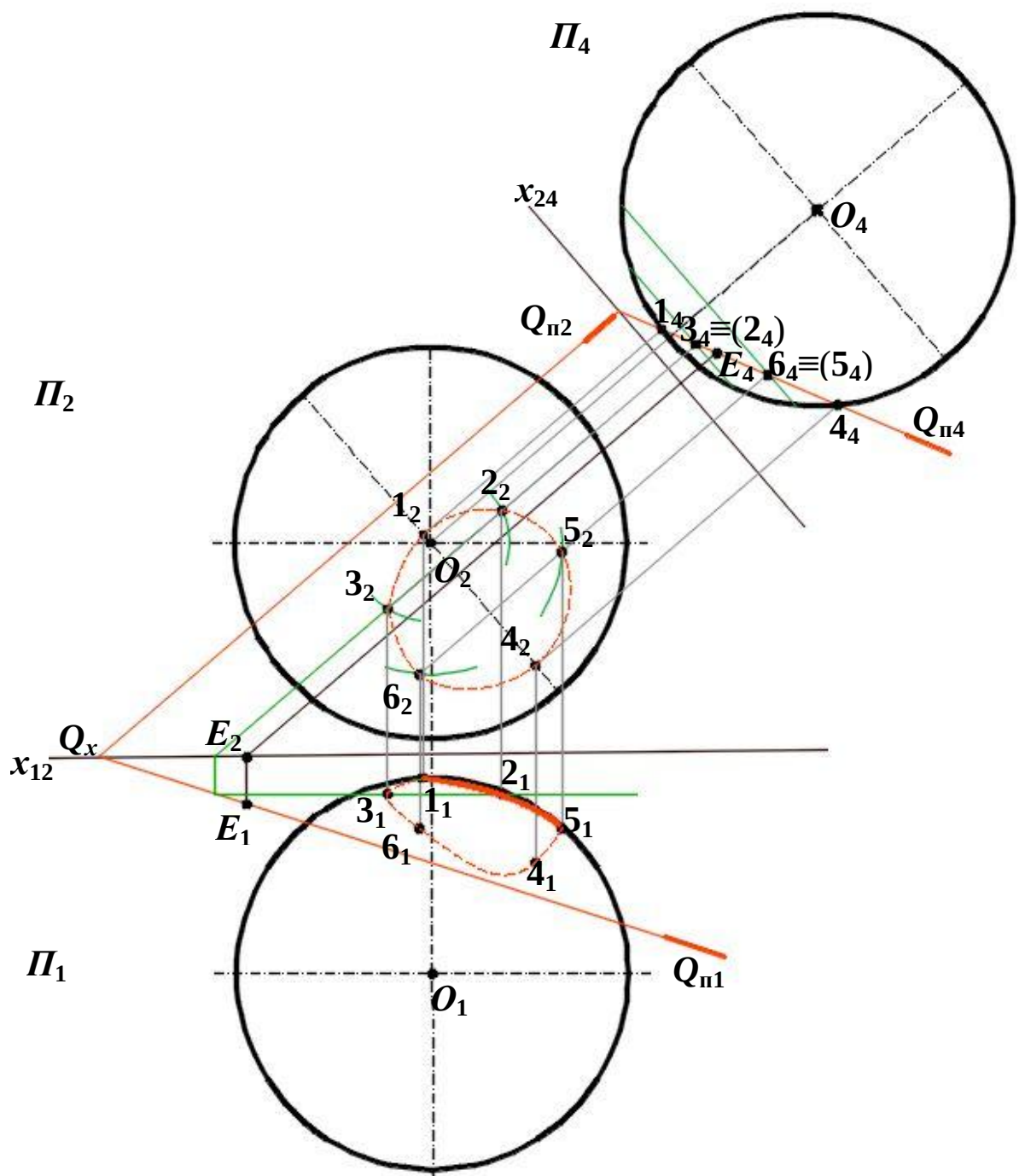


Рис. 86. Пересечение сферы плоскостью общего положения

Заменяют фронтальную плоскость проекции  $P_2$  на  $P_4$ . Проводят ось  $x_{24}$  перпендикулярно к фронтальному следу  $Q_{п2}$  плоскости  $Q$ . Строят плоскость  $Q$  в новой системе плоскостей  $P_2/P_4$ . Для этого берут на горизонтальном следе  $Q_1$  плоскости  $Q$  произвольную точку  $E$  ( $E_1$ ). Находят фронтальную проекцию  $E_2$  точки  $E$ , затем строят проекцию точки  $E$  и в системе  $P_2/P_4$ . Через проекцию  $E_4$  и точку схода следов на оси  $Q_{x24}$  проводят фронтальный след  $Q_{п4}$  плоскости. Проекцию сферы переносят в систему  $P_2/P_4$ . Для этого проводят

через фронтальную проекцию  $O_2$ , центра  $O$  сферы линию проекционных связей перпендикулярно к оси  $x_{12}$  и отмечают на ней (на линии проекционных связей) координату  $y$  точки  $O$ . Полученную проекцию обозначают  $O_4$ . Затем строят проекцию сферы заданного радиуса в системе  $\Pi_2/\Pi_4$ . После преобразования плоскости  $Q$  в проецирующее положение задача сводится к решению предыдущей задачи (см. рис. 85), т. е. сначала строят фронтальную проекцию фигуры сечения, а затем, используя признак принадлежности точки плоскости, строят горизонтальную проекцию фигуры сечения сферы плоскостью общего положения.

**Задача 6.** Построить пересечение поверхности конуса плоскостью общего положения  $Q$ .

**Решение:** на рисунке 87 изображены прямой круговой конус и секущая плоскость  $Q$  общего положения. Ось конуса расположена перпендикулярно к плоскости  $\Pi_1$  основание конуса лежит на плоскости  $\Pi_1$ . Решение задачи значительно упростится, если секущая плоскость  $Q$  будет проецирующего положения. Для этого преобразуют эпюр способом перемены плоскостей проекций так, чтобы секущая плоскость  $Q$  стала фронтально проецирующей. Замену фронтальной плоскости проекций производят для того, чтобы ось конуса осталась перпендикулярной к плоскости  $\Pi_1$ .

Преобразованный эпюр показывает, что секущая плоскость пересекает боковую поверхность конуса. Для нахождения проекций сечения необходимо найти проекции эллипса, получаемого от сечения конической поверхности плоскостью. На фронтальную плоскость проекции  $\Pi_4$  эллипс проецируется в отрезок  $1_4 10_4$ . Точки **1** и **10** являются низшей и высшей точками эллипса сечения плоскости с конической поверхностью, т. е. концами большой оси эллипса.  $1_4 10_4$  – натуральная величина большой оси эллипса. Малая ось эллипса перпендикулярна к большой оси и делит её пополам. Большая ось эллипса  $1_1 10_1$  параллельна плоскости проекций  $\Pi_4$ , а малая ось перпендикулярна  $\Pi_4$  и проецируется на неё в точку  $4_4 \equiv (5_4)$ . Затем задают на эллипсе сечения ещё ряд точек **3, 4, 5, 6, 7, 8, 9**. По их фронтальным проекциям на плоскость  $\Pi_4$  находят горизонтальные проекции (проводя через точки на конической поверхности горизонтали). По горизонтальным проекциям находят фронтальные проекции на плоскость проекций  $\Pi_2$  (проводя горизонтали через проекции точек **1<sub>1</sub>, 2<sub>1</sub>, 4<sub>1</sub>, 6<sub>1</sub>, 8<sub>1</sub>, 10<sub>1</sub>**).

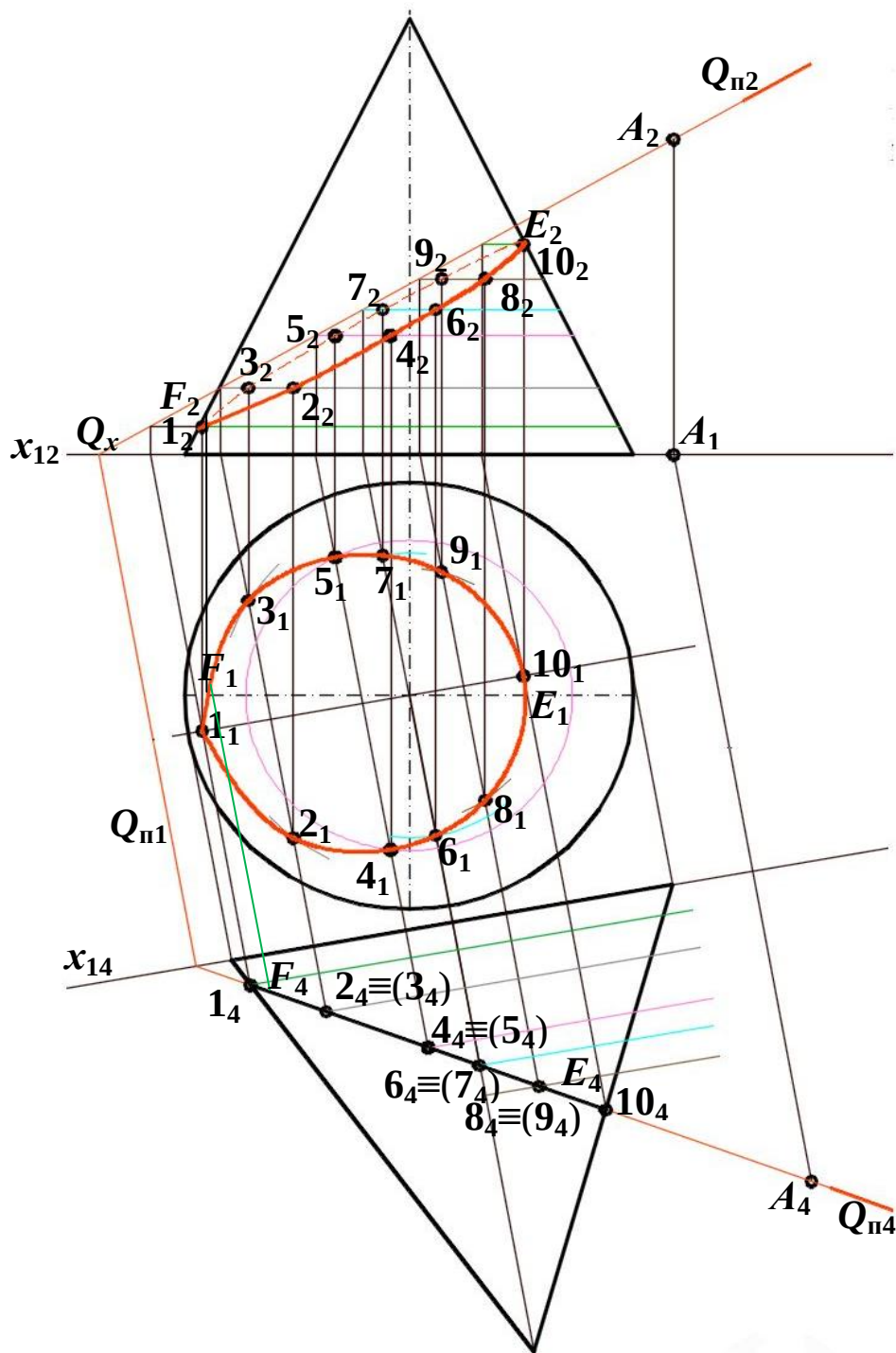


Рис. 87. Пересечение поверхности конуса  
плоскостью общего положения

Для нахождения границы видимости кривой на фронтальной проекции находят проекции очерковых образующих, на которых лежат искомые точки, на фронтальную плоскость проекций  $\Pi_4$ . На пересечении этих образующих с плоскостью  $Q$  и будут искомые точки (проекции  $F_4$  и  $E_4$ ). По проекциям  $F_4$  и  $E_4$  находят горизонтальные проекции  $F_1$  и  $E_1$ , а затем фронтальные проекции  $F_2$  и  $E_2$ .

Видимая часть кривой на фронтальной проекции – от точки  $F$  через точки **1, 2, 4, 6, 8, 10** до точки  $E$ . Остальная часть невидимая.

### ***Пересечение прямой с поверхностью***

При пересечении прямой с поверхностью тела получаются две точки, одновременно принадлежащие как прямой, так и поверхности тела. Эти точки называются точками входа и выхода. Для нахождения этих точек в общем случае следуют согласно алгоритму:

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

Рассмотрим несколько типовых задач.

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

Решение: прямую  $m$  (рис. 88) заключают во фронтально проецирующую плоскость.

Фронтальная проекция фигуры сечения совпадает с фронтальной проекцией следа плоскости  $Q_{п2}$ . Отмечают проекции точек  $1_2, 2_2, 3_2$  пересечения рёбер пирамиды ( $SA, SB, SC$ ), в которых фронтальный след плоскости  $Q$  пересекает эти рёбра. Зная положение фигуры сечения  $1_2, 2_2, 3_2$  на фронтальной проекции, определяют горизонтальную проекцию фигуры сечения  $1_1, 2_1, 3_1$ . Соединив горизонтальные проекции  $1_1, 2_1, 3_1$  точек **1, 2, 3** прямолинейными отрезками  $1_1 2_1, 2_1 3_1, 3_1 1_1$ , получают фигуру сечения – треугольник **123**.

Далее определяют точки пересечения горизонтальной проекции фигуры сечения  $1_1 2_1 3_1$  с горизонтальной проекцией  $m_1$  прямой  $m$  – точки  $M_1$  и  $N_1$ . Затем строят фронтальные проекции  $M_2$  и  $N_2$  точек пересечения прямой  $m$  с поверхностью пирамиды  $SABC$ .

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

Решение: при решении задачи достаточно отметить проекции точек пересечения  $M$  и  $N$  прямой  $m$  с поверхностью цилиндра на горизонтальной проекции – точки  $M_1$  и  $N_1$ . Так как образующие прямого кругового цилиндра являются горизонтально проецирующими прямыми, фронтальные проекции точек пересечения прямой  $m$  с поверхностью цилиндра  $M_2$  и  $N_2$  находят с помощью линий проекционной связи, как это показано на рис. 89.

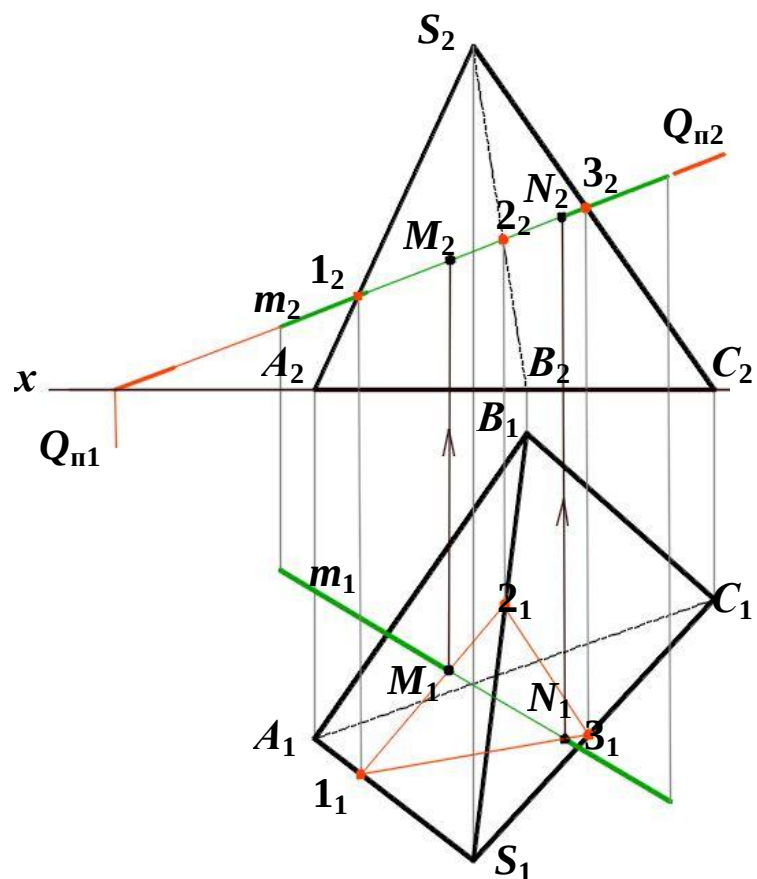


Рис. 88. Пересечение прямой  $m$  с пирамидой  $SABC$

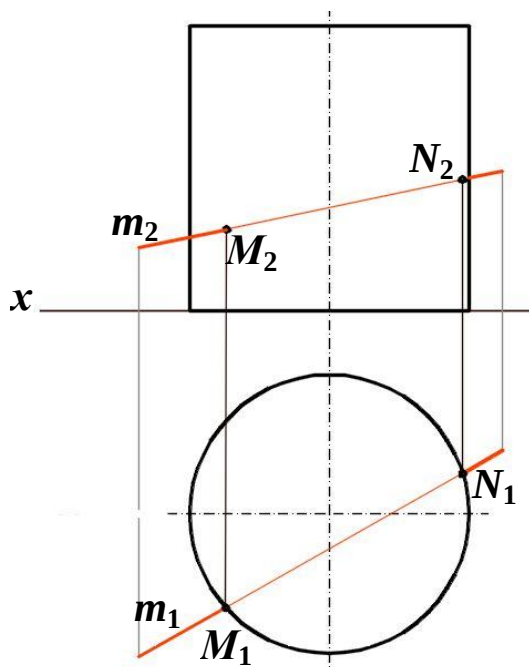


Рис. 89. Пересечение прямой  $m$  с прямым круговым цилиндром

При решении задач в качестве вспомогательных плоскостей также могут использоваться и *плоскости общего положения*. При этом вспомогательную секущую плоскость, проводимую через пря-

мую 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  $l$  с поверхностью прямого кругового конуса.

**Решение:** прямую  $l$  (рис. 90) заключают в плоскость  $Q$ , проходящую через вершину конической поверхности  $S$ . Плоскость  $Q$  задана пересекающимися прямыми  $l$  и  $n$ , проходящими через точку 1, которая выбирается произвольно на заданной прямой  $l$ .

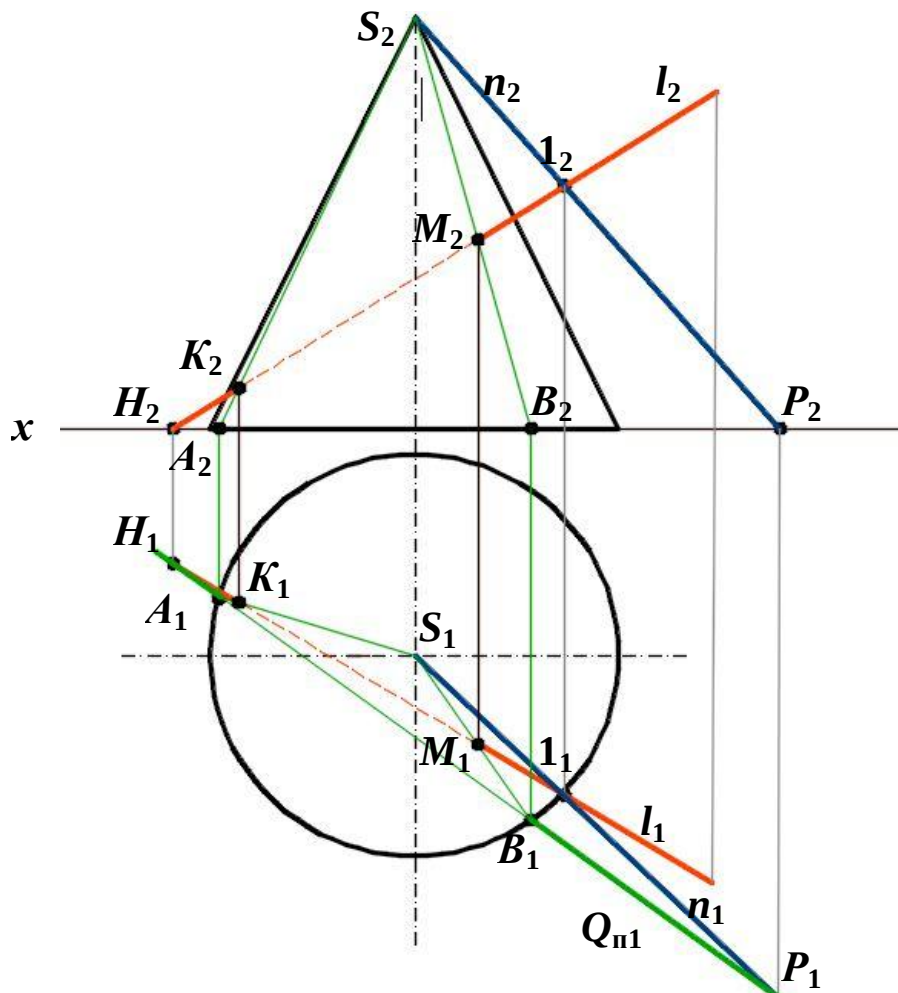


Рис. 90. Пересечение прямой  $l$  с прямым круговым конусом

Для определения горизонтального следа плоскости  $Q$  находят горизонтальные следы прямых  $l$  и  $n$ . Следы отмечают точками, на-

пример,  $P_1$  и  $H_1$ , в которых горизонтальный след  $Q_{\pi 1}$  плоскости  $Q$  пересекает основание конической поверхности. Проекции  $S_1A_1$  и  $S_1B_1$  – образующие поверхности конуса, по которым она пересекается плоскостью  $Q$ . Точки  $K_1$  и  $M_1$  – горизонтальные проекции искомых точек пересечения. Зная положение  $K_1$  и  $M_1$ , определяют  $K_2$  и  $M_2$ .

### ***Пересечение поверхностей***

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

***Задача 1. Построить линию пересечения конуса и сферы.***

Рассмотрим применение ***вспомогательных секущих плоскостей*** на примере построения линии пересечения сферы с конусом вращения (рис. 91). Для построения линии пересечения заданных поверхностей удобно в качестве вспомогательных поверхностей использовать серию горизонтальных плоскостей, перпендикулярных оси конуса, которые пересекают цилиндр и конус по окружностям. На пересечении этих окружностей находят точки искомой линии пересечения.

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

тельных сфер. При этом могут быть использованы концентрические и неконцентрические сферы.

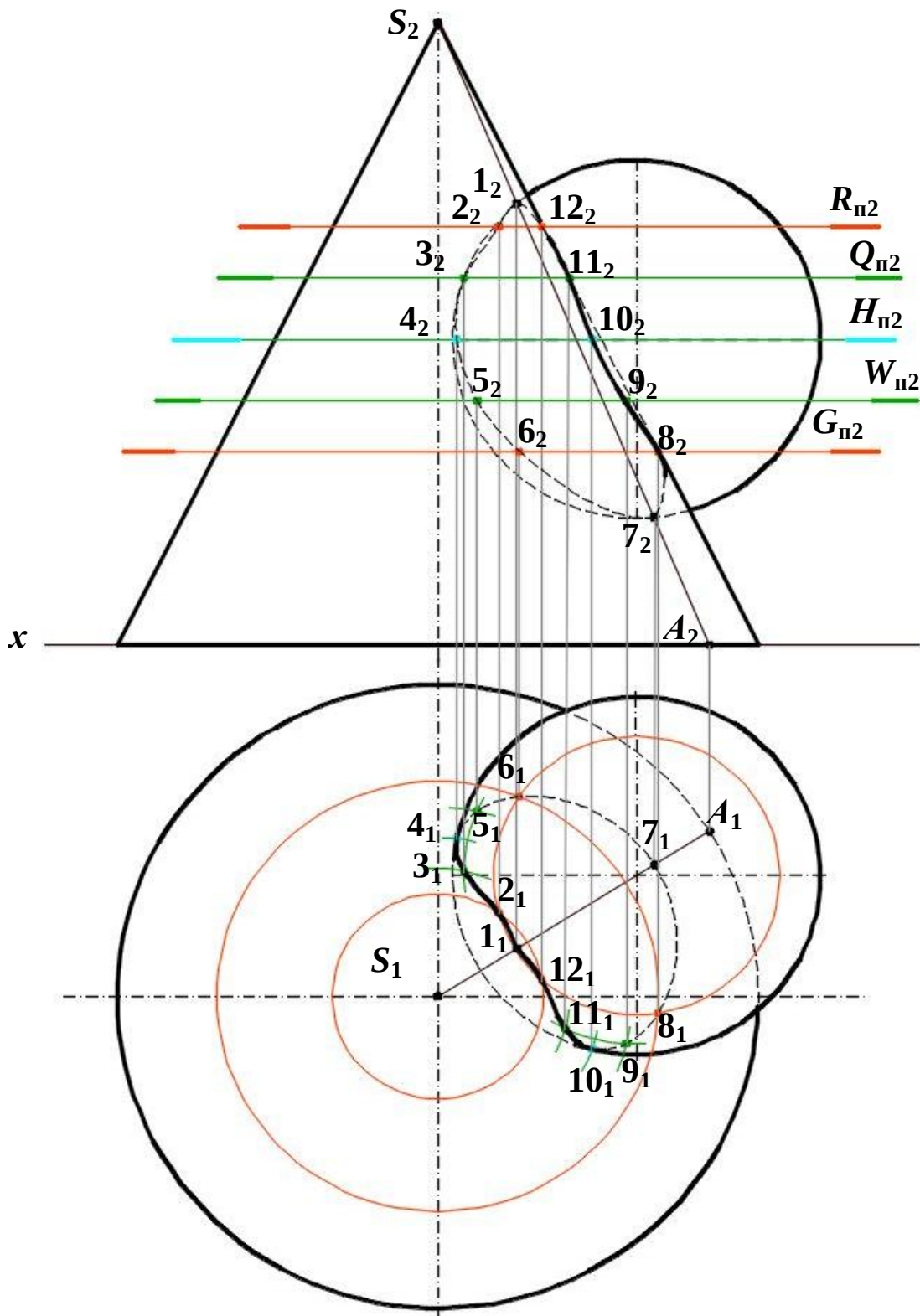


Рис. 91. Построение линии пересечения конуса и сферы с помощью вспомогательных секущих плоскостей

*Задача 2. Построить линию пересечения конуса и цилиндра.*

Рассмотрим применение **вспомогательных концентрических сфер** – сфер с постоянным центром (рис.92). 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).

**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. 93).

Ось конуса параллельна плоскости  $\Pi_2$ , ось тора перпендикулярна плоскости  $\Pi_2$ , окружность центров осевых круговых сечений тора и ось конуса лежат в одной плоскости, параллельной плоскости  $\Pi_2$ . Две пары очевидных характерных точек:  $A_2$  и  $B_2$ ,  $M_2$  и  $N_2$  – являются точками пересечения проекций очерков тора и конуса.

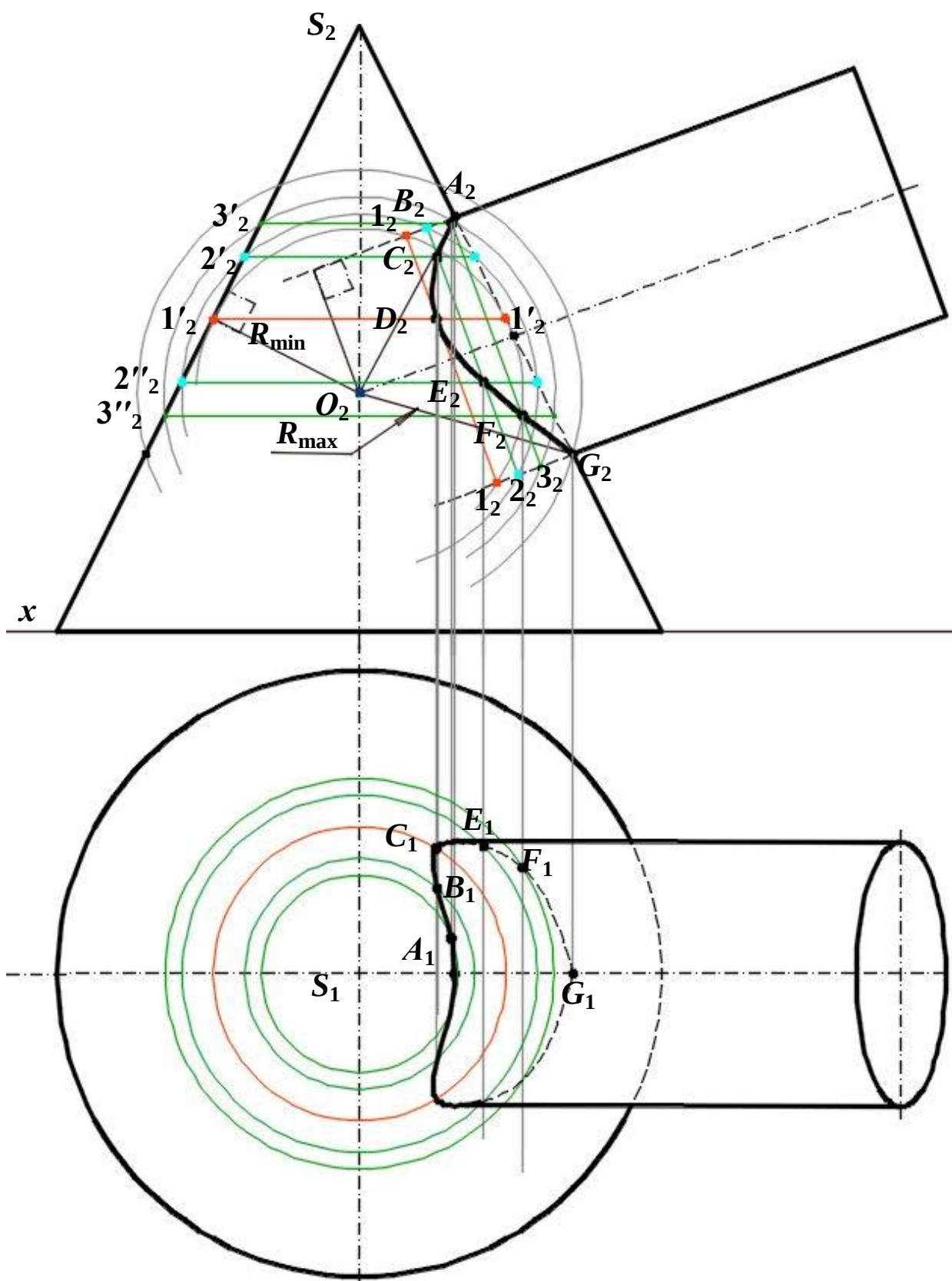


Рис. 92. Построение линии пересечения конуса и цилиндра с помощью концентрических сфер

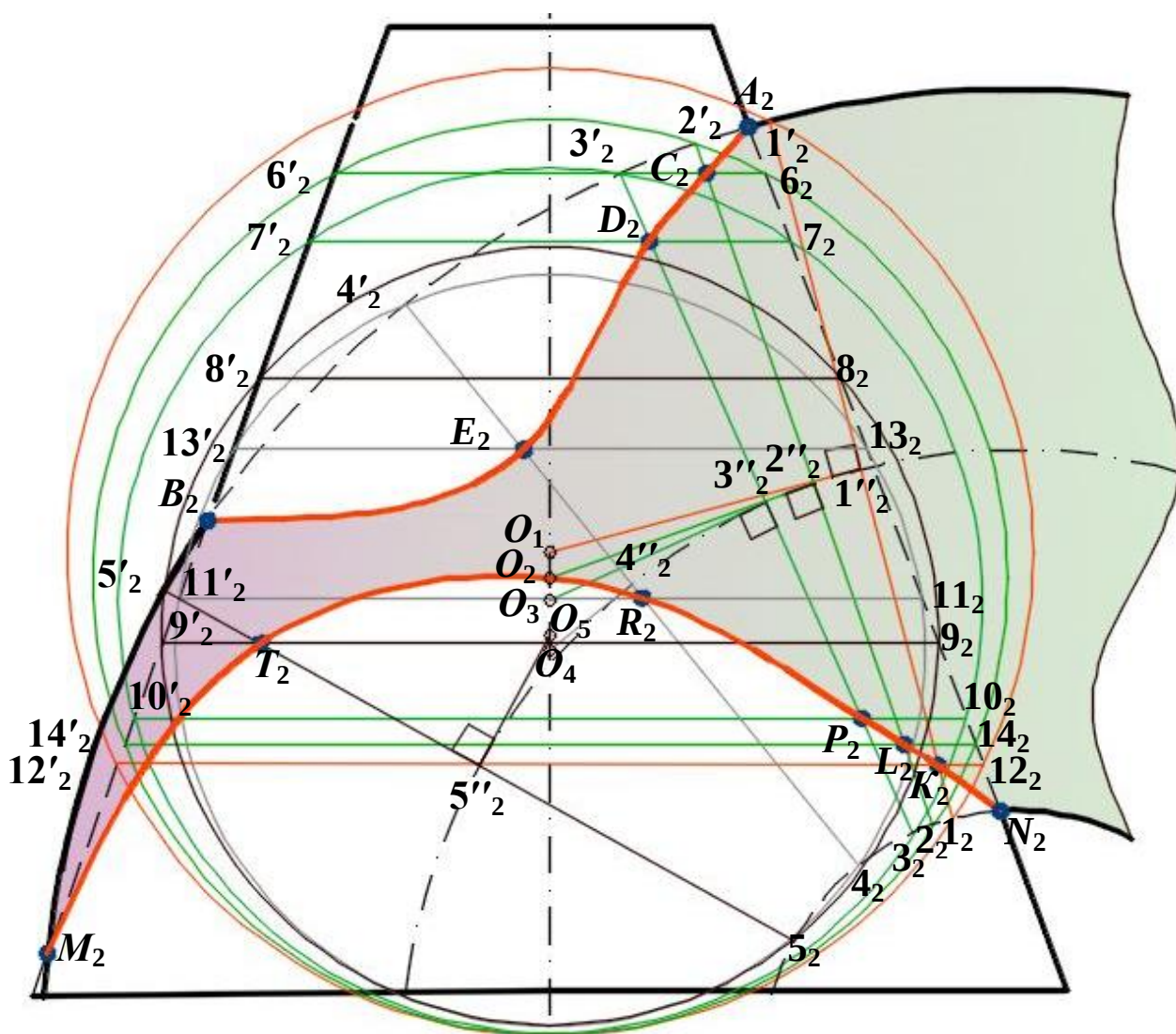


Рис. 93. Построение линии пересечения поверхностей конуса и тора с помощью эксцентрических сфер

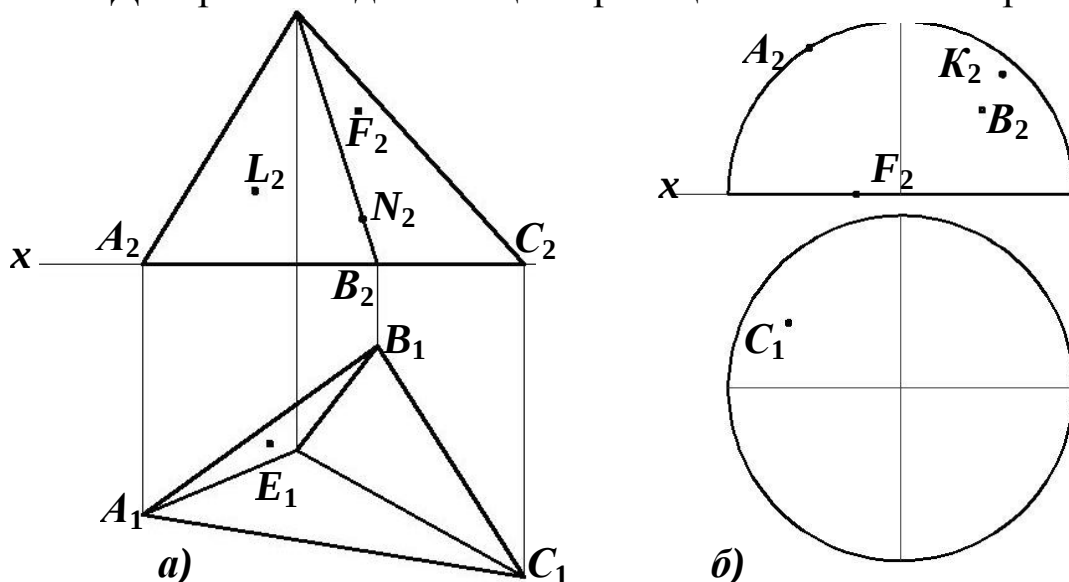
Для построения проекций промежуточных точек, например проекций  $C_2$  и  $L_2$ , выполняют следующие построения: выбирают на поверхности тора окружность, например с проекцией  $2_2 2'_2$  центром в точке с проекцией  $2''_2$ . Перпендикуляр к плоскости этой окружности из точки с проекцией  $2''_2$  является линией центров множества сфер, которые пересекают тор по окружности с проекцией  $2_2 2'_2$ . Из множества этих сфер выбирают сферу с центром на оси конуса. Его проекция  $O_2$ . Эта сфера радиусом  $R_1$  пересекает конус по окружностям с проекциями  $6_2 6'_2$  и  $14_2 14'_2$ . Пересечение проекций  $2_2 2'_2$  и  $6_2 6'_2$ ,  $14_2 14'_2$  являются проекциями пар общих точек тора и конуса, т.е. линии их пересечения. На чертеже обозначены проекции  $C_2$  и  $L_2$  одних из указанных точек – точки на видимом участке линии пересечения. Построение проекций второй пары точек линии пере-

сечения, из которых обозначены проекции  $D_2$  и  $P_2$ , выполнено с помощью отрезка  $3_23'_2$  – проекции окружности на поверхности тора. Вспомогательная сфера для построения проекций  $D_2$  и  $P_2$  – то сфера радиуса  $R_2$  с центром, проекция которого  $O_3$ . Конус эта сфера пересекает по окружностям с проекциями  $7_27'_2$  и  $10_210'_2$ . В пересечении проекций  $3_23'_2$  и  $7_27'_2$ ,  $10_210'_2$  окружностей находим проекции  $D_2$  и  $P_2$  искомых точек и симметричных им на невидимой части пересекающихся поверхностей. Построение проекций точек  $E_2$ ,  $K_2$  и  $T_2$  выполняются аналогично.

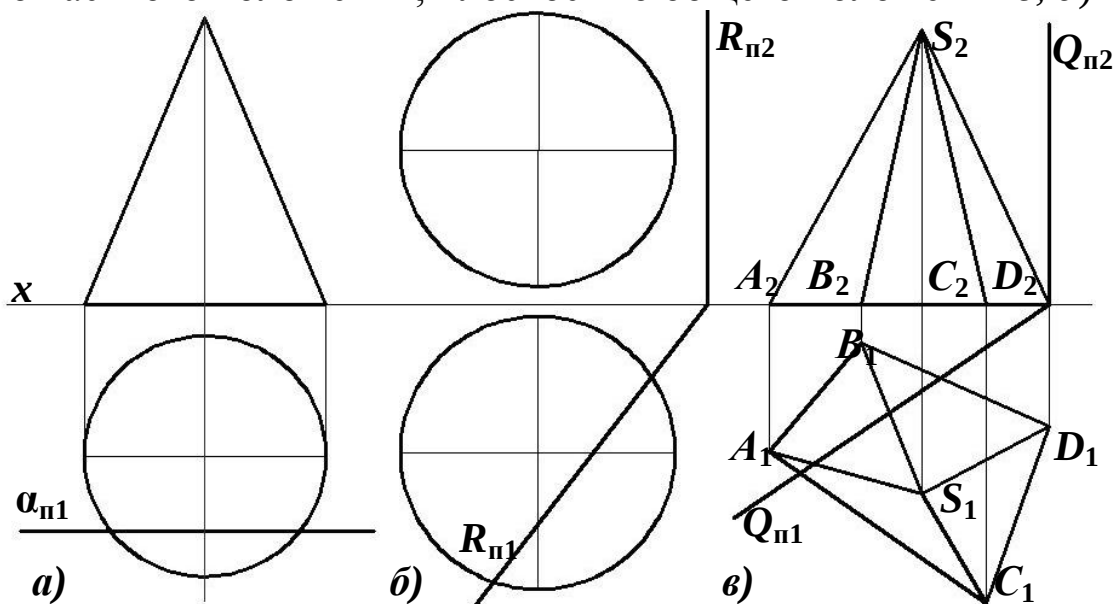
### Практическая часть:

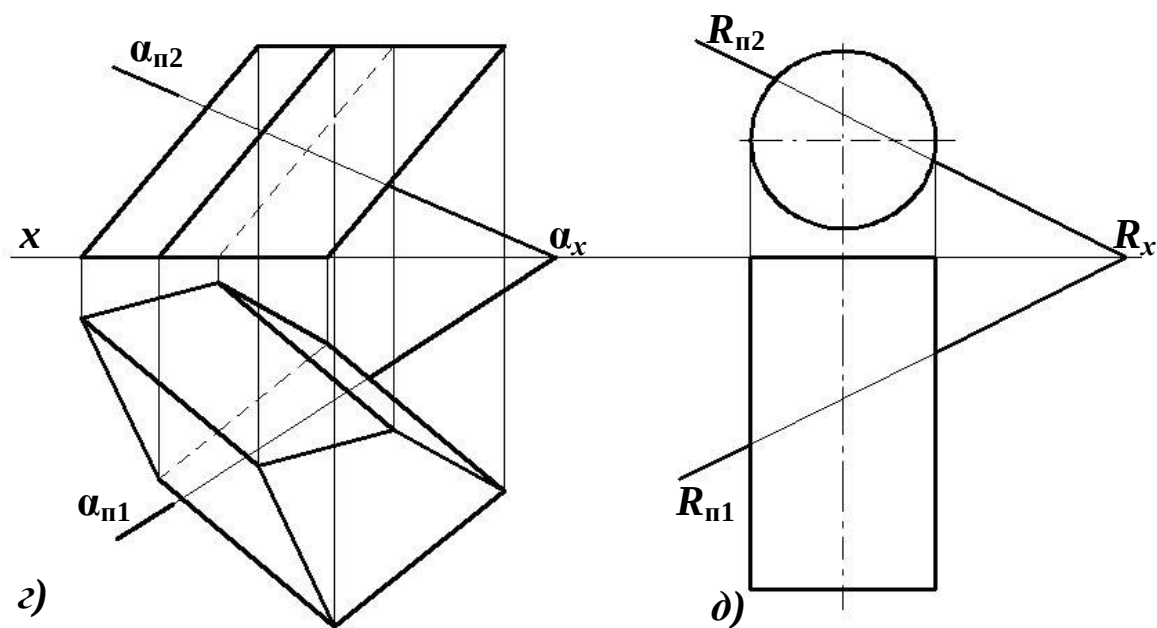
Решение задач выполняется в тетради в клетку формата А4.

1. Достроить недостающие проекции точек на поверхностях.

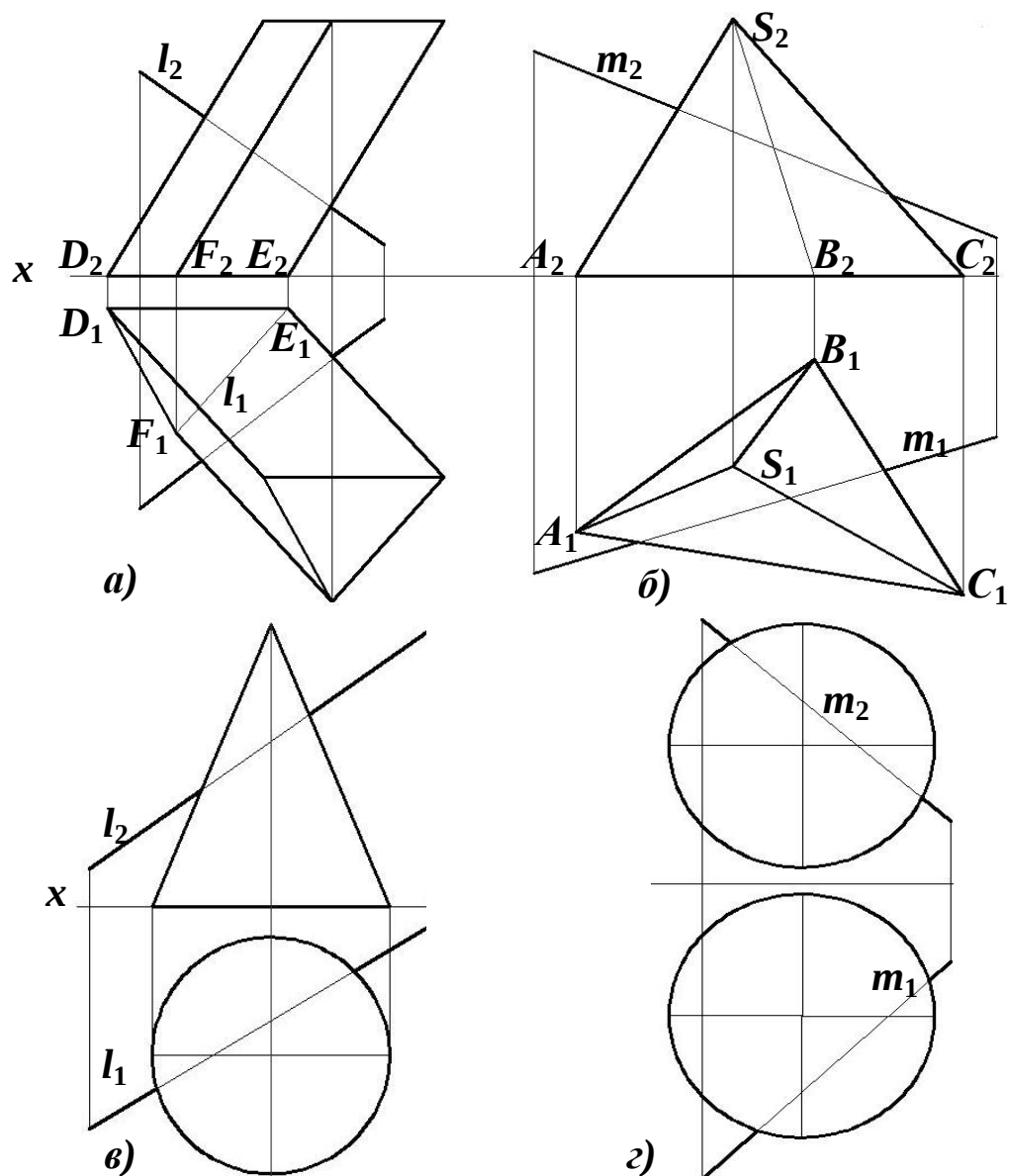


2. Построить сечение поверхности плоскостью  $a$ , б, в) плоскостью частного положения; плоскостью общего положения  $г$ , д)

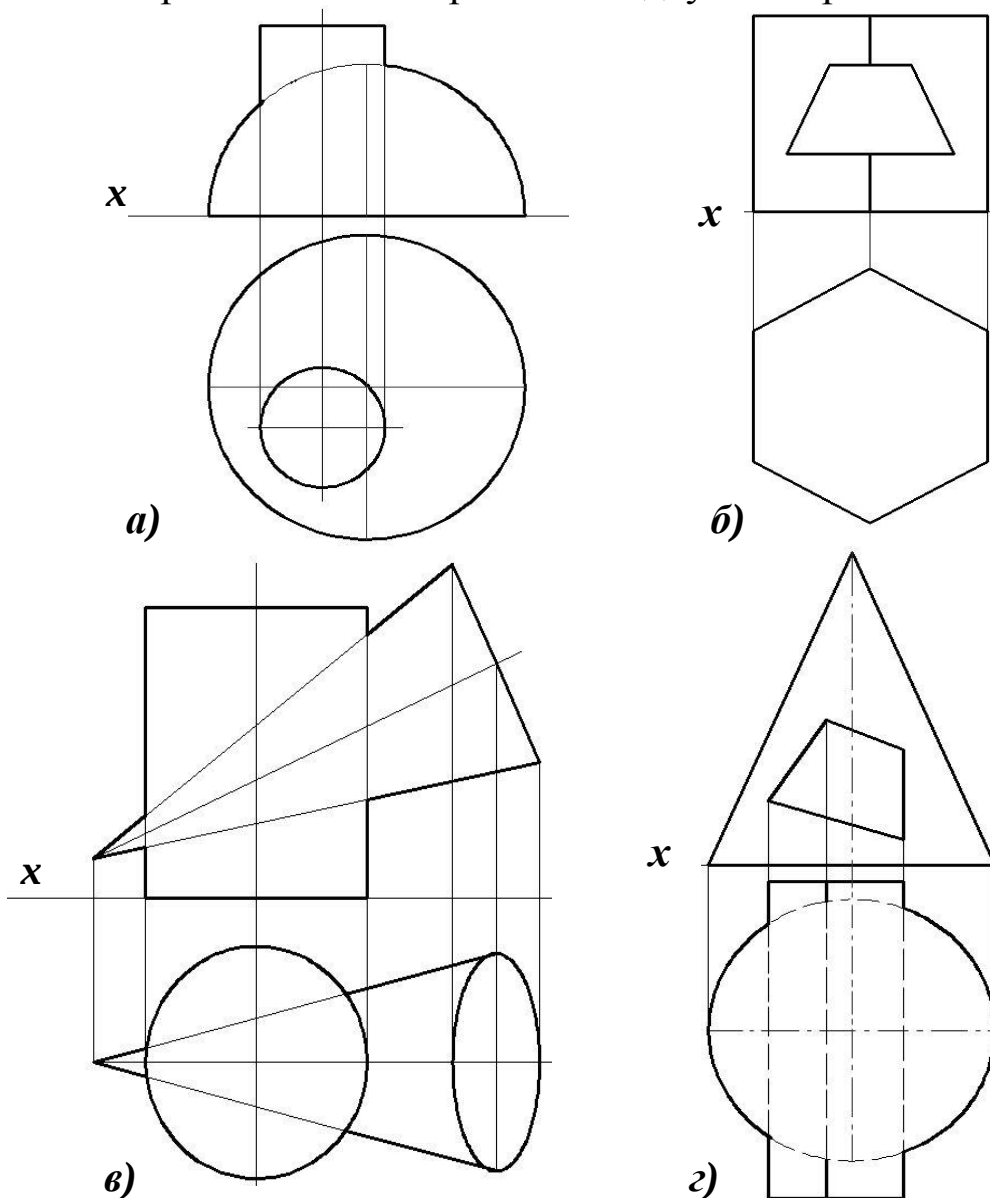




3. Построить точки пересечения прямой с поверхностью.



4. Построить линию пересечения двух поверхностей.



### Самостоятельная работа:

**Дз4 «Эскизирование деталей вентиля, сборочный чертёж, спецификация», решение задач**

На основе нормативов и правил выполнения эскизов, сборочных чертежей и спецификации выполнить эскизы нестандартных деталей вентиля (гайка накидная, крышка, шпиндель), затем по эскизам выполнить сборочный чертёж на примере сальникового узла вентиля (см. рис. 95, 96, 101 и 103). Стандартные детали, входящие в сборочный чертёж необходимо подобрать с помощью справочной литературы [3, 6] и вычертить. Составить спецификацию.

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

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

- ✓ чертежи деталей (–), сборочные (СБ), общего вида (ВО), теоретические (ТЧ), габаритные (ГЧ), электромонтажные (МЭ), монтажные (МЧ), упаковочные (УЧ);
- ✓ схемы (по ГОСТ 2.701–76);
- ✓ спецификации (–);
- ✓ ведомости спецификаций (ВС), ссылочных документов (ВД), покупных изделий (ВП), согласования применяемости покупных изделий (ВИ), держателей подлинников (ДП), технического предложения (ПТ), эскизного проекта (ЭП), технического проекта (ТП);
- ✓ пояснительная записка (ПЗ);
- ✓ технические условия (ТУ);
- ✓ программа и методика испытаний (ПМ);
- ✓ таблицы (ТБ);
- ✓ расчёты (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 чертёж общего вида в составе технического проекта; на этапе рабочего проектирования – чертежи деталей и сборочные, спецификации.

В учебном процессе разрабатывают такие конструкторские документы, как чертежи деталей, общего вида, сборочные, схемы, таблицы, спецификации, расчёты, пояснительные записки к курсовым и дипломным проектам. Эти документы разрабатывают по со-

держанию близкими к производственным конструкторским документам.

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

**Эскиз** – чертёж, выполненный от руки в глазомерном масштабе, но с соблюдением пропорций элементов детали. При выполнении эскиза не рекомендуется пользоваться какими бы то ни было чертёжными инструментами.

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

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

Детали изображаются в положении обработки их на станке или в рабочем положении. Детали токарной обработки располагают только в положении обработки. Каждый эскиз должен быть снабжён основной надписью установленного образца. В ней необходимо указать материал, из которого изготовлена данная деталь в соответствии с ГОСТом.

### ***Порядок выполнения эскиза***

Составление эскиза состоит из трёх основных этапов:

**1 этап** – выполнение проекций (вычерчивание эскиза в необходимых проекциях и с необходимыми разрезами).

Этот этап можно начать с выяснения названия и назначения детали, установления технологического или рабочего положения, выяснения конструкции детали. Определяется число видов, разрезов, сечений, необходимых для полной передачи формы и устройства

детали. Определяется формат листа для данной детали, после чего выполняется рамка и основная надпись. На этом же этапе устанавливаются соотношения габаритных размеров (глазомерно) и на листе выделяются прямоугольные площадки для каждого вида проекций в соответствии с рис. 94, а.

Затем проводят оси симметрии, после чего рисуют основные формы детали, увязывая все проекции между собой. Далее проводятся все линии, необходимые для показания всех подробностей в устройстве детали. На этом же этапе выполняют все необходимые разрезы, которые рекомендуется не заштриховывать в соответствии с рисунками 94, б и 94, в.

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

Этап 2 состоит в том, чтобы правильно расставить размерные и выносные линии в соответствии с рис. 94, г. Тут же можно проставить знаки диаметра, радиуса, градуса, конусности, уклона и т.д.

**3 этап** – тщательное измерение детали и чёткое нанесение размеров на заранее поставленные размерные линии (рис. 94, д).

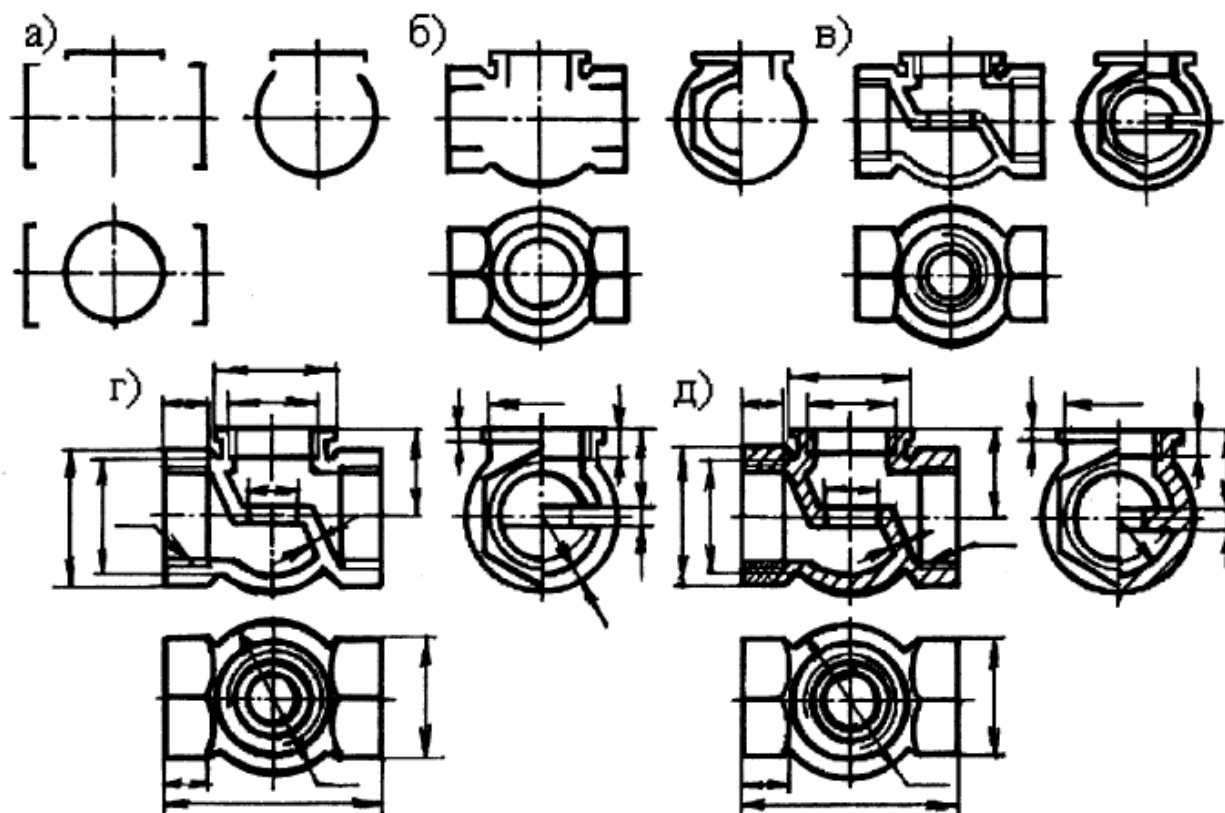


Рис. 94. Этапы эскизирования

### ***Обмер деталей***

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

### ***Нанесение размеров***

Размеры на эскизах наносятся в соответствии с ГОСТ 2.307-68.

При эскизировании все размеры можно разбить на две группы: *сопряжённые* и *свободные*.

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

***Свободные размеры*** определяют положение поверхностей деталей, которые входят в непосредственный контакт с поверхностями деталей и не влияют на характер соединения.

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

### ***Особенности выполнения эскиза шпинделя***

Детали, имеющие форму тел вращения, обрабатываются в основном на токарных и аналогичных им станках.

Оси, валы, втулки, шпиндели, изготавливаемые в процессе обработки вращением, располагаются так, чтобы их ось была параллельна основной надписи чертежа. В этом случае детали могут иметь только одно изображение, второе заменяется условными знаками диаметра, квадрата и т.д. Для пояснения отдельных элементов применяются местные разрезы, сечения, выносные элементы.

Детали, ограниченные поверхностями вращения разного диаметра, обычно вычерчиваются так, чтобы участки с большими диаметрами находились левее участков с меньшими диаметрами, что соответствует расположению детали на станке при её обработке.

На рис. 95 приведён пример выполнения эскиза шпинделя.

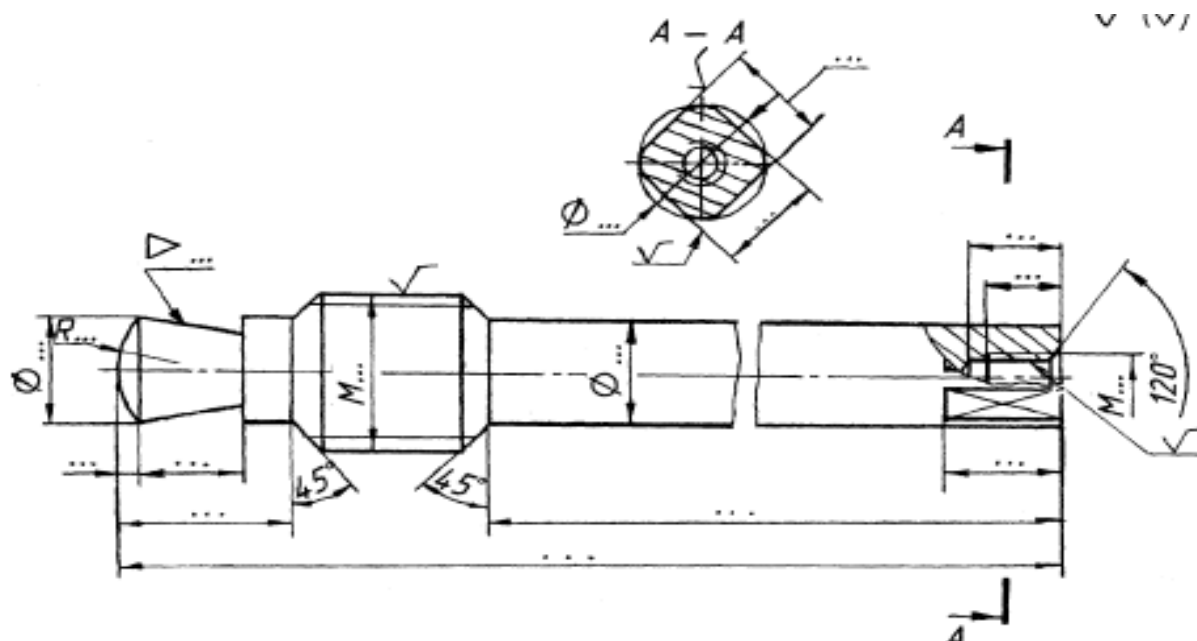


Рис. 95. Пример выполнения эскиза шпинделя

### ***Особенности выполнения эскизов накидной гайки и крышки корпуса***

При вычерчивании эскиза накидной гайки или крышки корпуса деталь располагается как на токарном станке в процессе обработки (рис. 96). Даются две проекции, поскольку деталь ограничена поверхностями вращения и имеет один шестигранный элемент. Главное изображение (фронтальная проекция) дает представление о форме детали, поскольку содержит проекции образующих, принадлежащих поверхностям вращения (цилиндрам и конусам). Вид соединён с разрезом. Приведены также выноски стандартных конструктивных элементов.

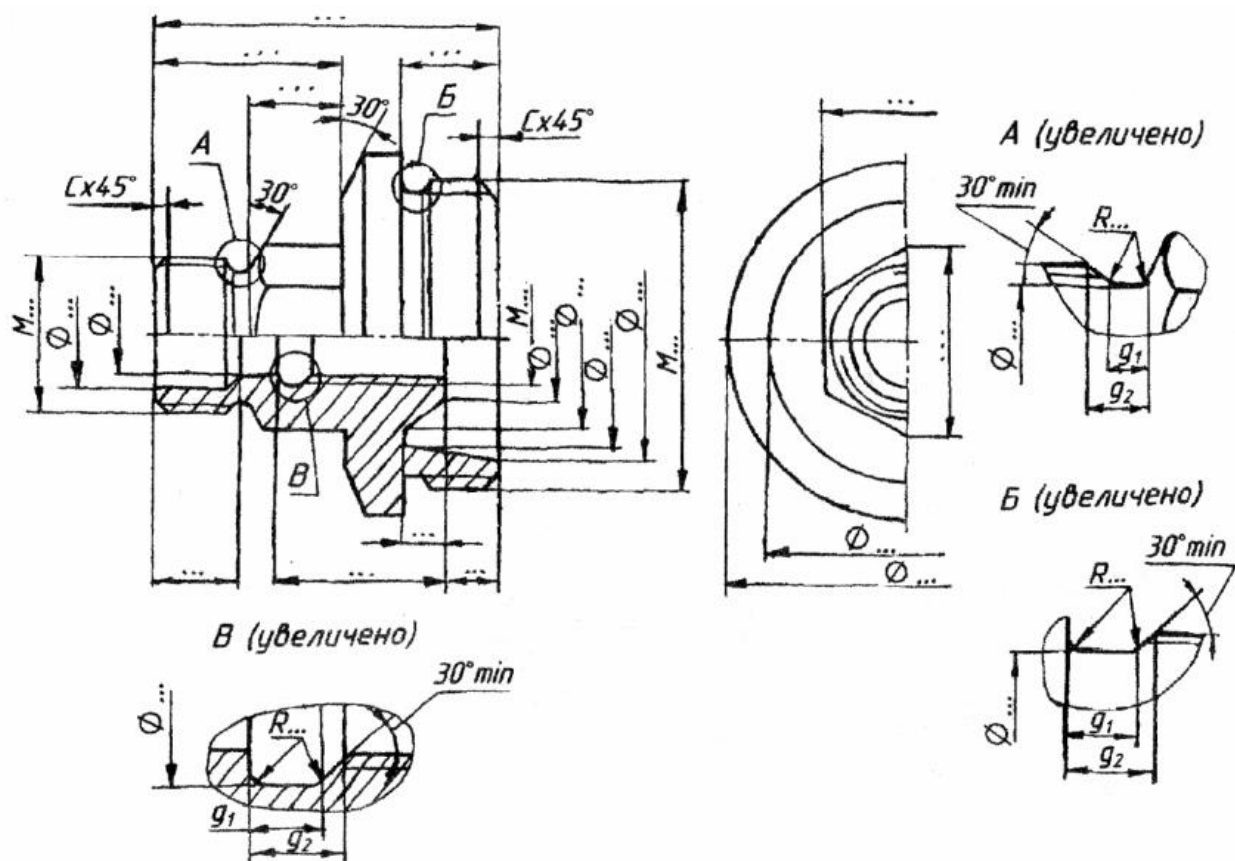


Рис.96. Пример выполнения эскиза крышки

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

### ***Особенности выполнения эскизов корпуса***

Корпус не имеет внутренней симметрии, лобовые перегородки вентиля направлены в разные стороны. В этих случаях рекомендуется делать полный разрез, как это показано на основном виде (рис. 97).

Профильная проекция может быть выполнена в виде совмещения вида и разреза, так как корпус проецируется на профильную плоскость симметрично относительно вертикальной оси. На горизонтальной проекции делать разрез не следует, так как наличие седловины, лобовых перегородок и переходов от седловины к корпусу может привести к неправильному пониманию разреза.

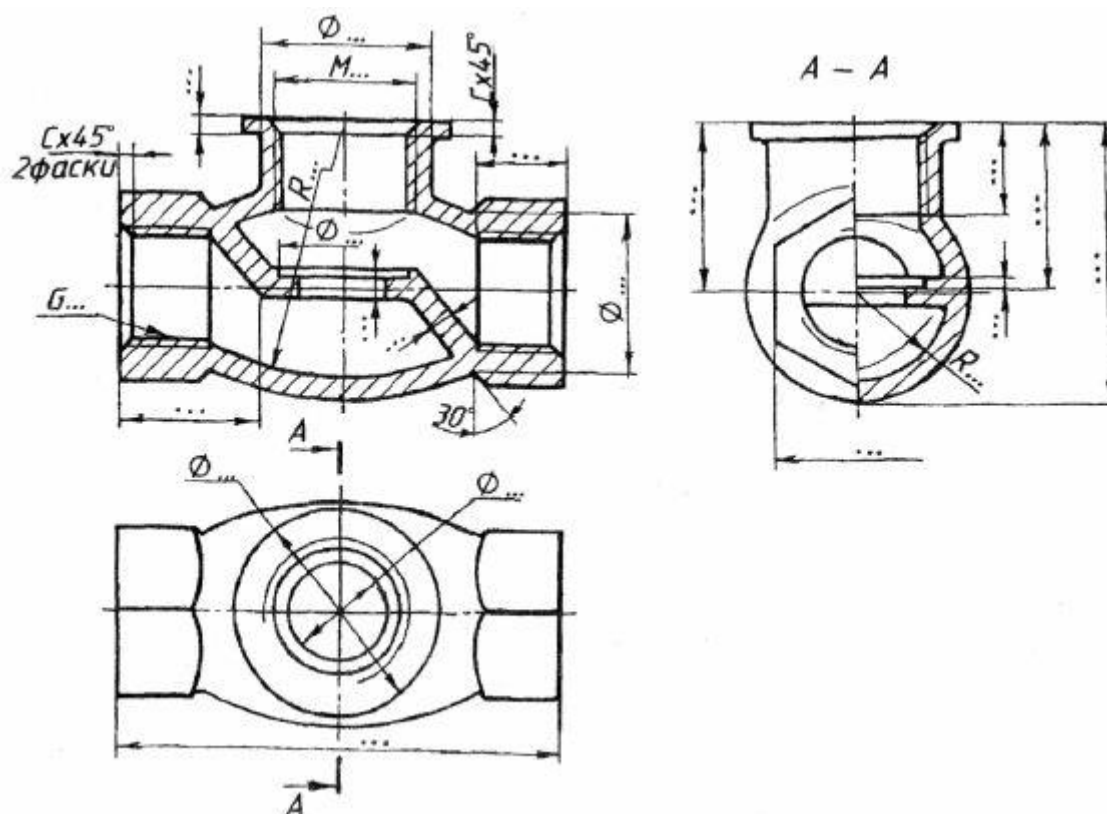


Рис. 97. Пример выполнения эскиза корпуса

Толщина стенок определяется как полуразность наружного и внутреннего диаметров корпуса и одинакова для всего корпуса.

Радиусы литейных скруглений также одинаковы; отдельные могут быть больше, причём одинаковы снаружи и внутри корпуса. Радиусы этих скруглений и радиус образующей тора можно определить согласно рис. 98 (1). Стенки перегородки наклонены обычно на угол  $45^\circ$ .

Поверхности, где нет скруглений, обработаны (см. рис 98, (2)).

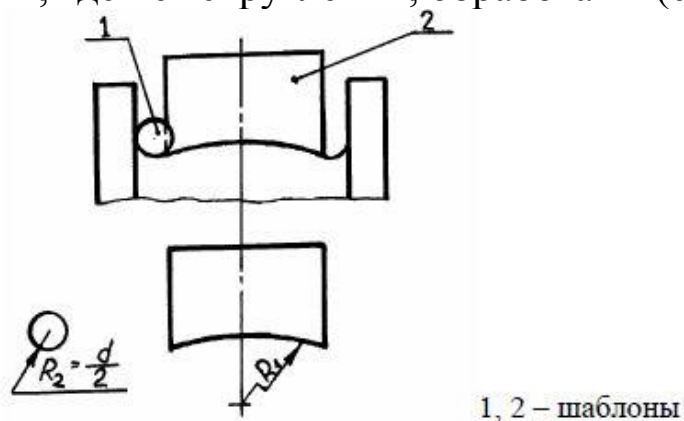


Рис.98. Радиусы скруглений

### ***Выполнение сборочного чертежа***

На сборочном чертеже должно быть такое число изображений с необходимыми разрезами, сечениями, по которым можно судить о расположении и взаимной связи (соединении) деталей, понять работу изделия, определить процесс сборки (монтаж) и разборки (демонтаж), прочесть форму детали. На основании ГОСТ 2.109-73 сборочный чертёж должен также содержать размеры и другие параметры и требования, которые должны быть проконтролированы по данному чертежу.

Начинать сборочный чертёж необходимо с организации поля чертежа: провести рамку и оградить место основной надписи, предварительно определив формат чертежа и наметив необходимое число изображений, выбрав основной вид сборочного изделия. Большое значение для ясности сборочного чертежа имеет правильный выбор главного изображения, которое должно давать наиболее полное представление о конструкции и принципе работы изделия в целом. Главное изображение располагается в таком положении, которое занимает сборочная единица во время работы.

Затем выбирается масштаб чертежа согласно ГОСТ 2.302-68. Решив эти задачи, следует приступить к разметке поля чертежа. Здесь необходимо учесть места, на которых будут расположены основные и дополнительные виды, а также нанесены номера позиций. После чего наносятся основные оси симметрии и приступают к вычерчиванию чертежа тонкими линиями (каранашом Т или 2Т). Начинать надо с вычерчивания основной корпусной детали, в порядке процесса сборки. Вычерчивание всех деталей ведется по элементам на всех видах одновременно с соблюдением проекционной связи. Вентиль вычерчивается в закрытом состоянии.

При последовательном вычерчивании деталей постепенно получается чертёж сборки. Как только линии вычерчиваемой детали закроют линии предыдущей, закрытые линии надо сразу удалить.

Затем производится обводка чертежа (карандашом ТМ или М), штриховка сечений.

Соприкасающиеся между собой детали заштриховываются с наклоном в разные стороны, но обязательно в одну сторону на всех проекциях, относящихся к одной и той же детали, и независимо от числа изображений. Узкие площадки сечений на чертеже шириной 2 мм и менее чернят.

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

Каждая составная часть, входящая в изделие, должна иметь свою позицию (номер), указанную в спецификации этой сборочной единицы. Номера позиций указываются на полках линий-выносок, проводимых от точек на изображениях составных частей сборочной единицы. Номера позиций располагаются параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируются в колонку или строчку по возможности на одной линии. Допускается делать общую линию-выноску с расположением полок в одну колонку для групп крепёжных деталей, относящихся к одному месту крепления (например, болты, гайки, шайбы и т.д.). Сплошные тонкие линии-выноски не должны пересекаться между собой и проводиться параллельно линиям штриховки, если они наносятся по заштрихованному участку. По возможности линии-выноски не должны пересекать размерные и выносные линии, а также изображения других деталей.

Шрифт номеров позиций должен быть на 1-2 размера крупнее, чем шрифт для размерных чисел на том же чертеже.

Многие изделия имеют типовые составные части. К ним относятся сальниковые уплотнения. Примеры их выполнения показаны на рис. 99. На сборочных чертежах принято нажимную втулку сальника ставить в самое верхнее положение, предполагая, что набивка ещё не сжата ею. Сальниковое уплотнение состоит из втулки сальника или крышки, набивки и крепёжных деталей. Набивка сжимается втулкой сальника с помощью накидной гайки или резьбовой втулки, а в некоторых случаях, с помощью фланца, который прикреплен к крышке или корпусу шпильками.

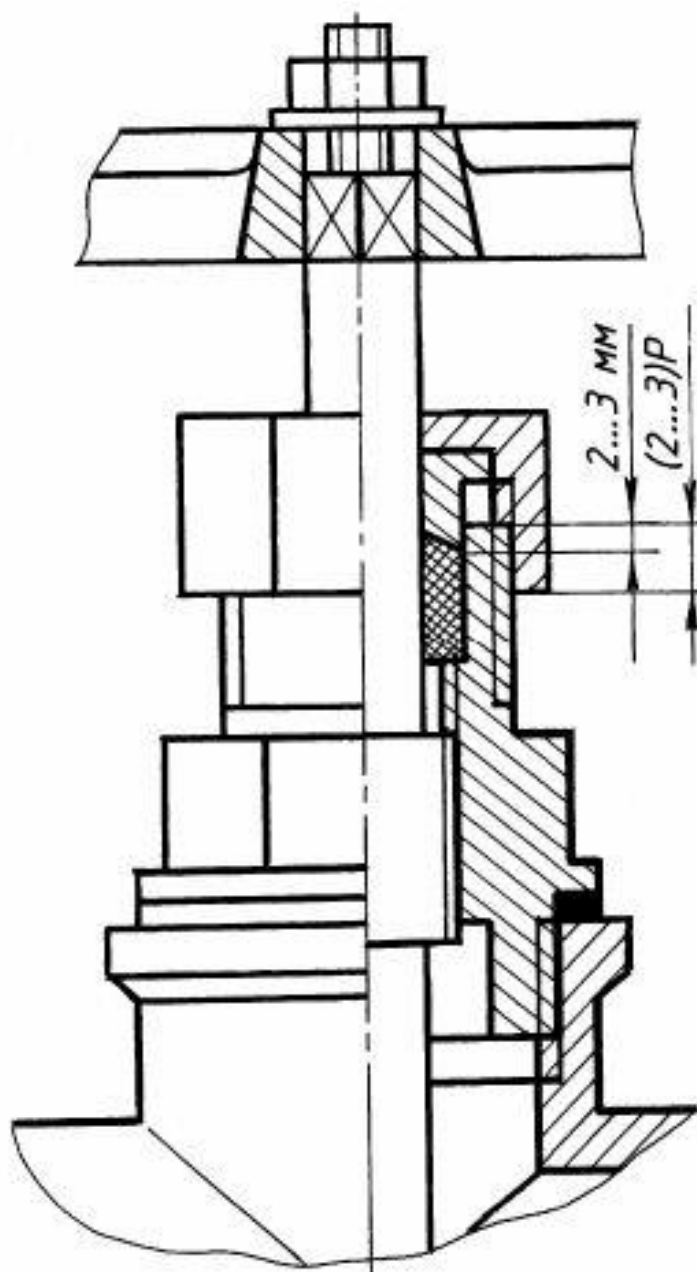


Рис. 99. Пример выполнения сальникового уплотнения

Клапаны (золотники) имеют типовые крепления на шпинделях. Крепления могут осуществляться или обжимкой клапана, или проволоочной скобой, или кольцом из проволоки. Головка шпинделя может крепиться в прорези клапана (в соответствии с рис. 100).

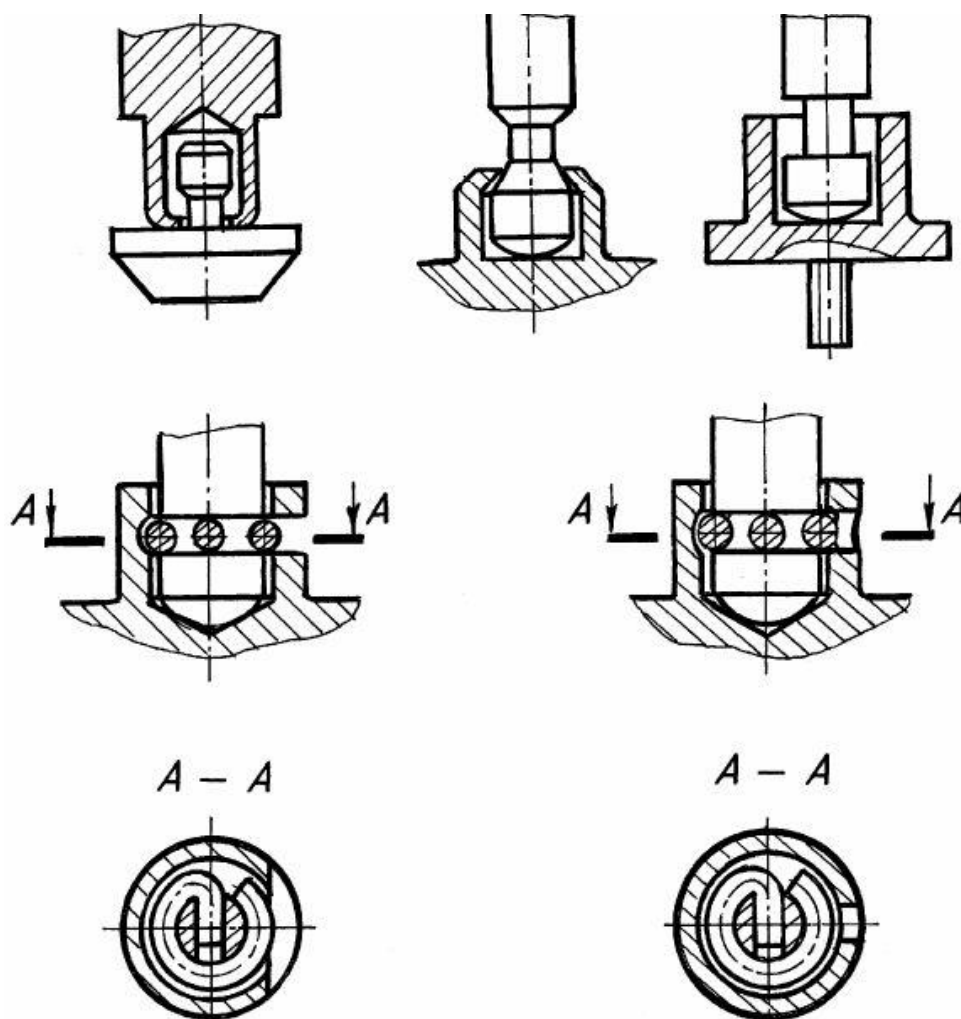


Рис. 100. Типовые крепления золотника на головке шпинделя

Сборочный чертёж (рис. 101) выполняется, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов ЕСКД. На сборочных чертежах допускается не показывать:

- фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки и другие мелкие элементы;
- зазоры между стержнем и отверстием;
- крышки, щиты, кожухи, перегородки и т.п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают надпись, например, *Детали поз. 3, 4 не показаны*.



## 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. 102).

| Формат | Зона | Лист | Обозначение | Наименование | кол. | Примечание |
|--------|------|------|-------------|--------------|------|------------|
|        |      |      |             |              |      |            |
|        |      |      |             |              |      |            |
|        |      |      |             |              |      |            |
|        |      |      |             |              |      |            |
|        |      |      |             |              |      |            |
|        |      |      |             |              |      |            |
|        |      |      |             |              |      |            |
|        |      |      |             |              |      |            |
|        |      |      |             |              |      |            |
|        |      |      |             |              |      |            |

|           |        |           |         |      |                                                  |       |       |         |
|-----------|--------|-----------|---------|------|--------------------------------------------------|-------|-------|---------|
| ИЗМ.      | Лист   | И. док-т. | Подпись | Дата | <b>ИГ 00.00.00</b><br>Геометрическое<br>черчение | Литер | Масса | Масштаб |
| Разраб.   | Иванов |           |         |      |                                                  | У     |       |         |
| Провер.   | Петров |           |         |      |                                                  |       |       |         |
| Н. контр. |        |           |         |      |                                                  |       |       |         |
| Т. контр. |        |           |         |      |                                                  |       |       |         |
| Утв.      |        |           |         |      |                                                  |       |       |         |

**УКБ-161**

Рис. 102. Форма спецификации

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

В раздел «Документация» вносятся документы, составляющие основной комплект конструкторских документов каждого изделия,

кроме спецификации. Например, *Сборочный чертеж*, *Пояснительная записка*, *Кинематическая схема* и т.д.

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

В разделе «Стандартные изделия» записываются вначале изделия, применяемые по государственным стандартам, затем по отраслевым стандартам и по стандартам предприятия. В пределах каждой категории стандартов запись производится по группам изделий, объединенных по функциональному назначению (например, крепёжные 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.

Допускается совмещать спецификацию со сборочным чертежом, выполненным на листе формата А4.

На рис. 103 приведена спецификация вентиля к сборочному чертежу, выполненному на рис. 101.

| Формат                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Зона | Лист | Обозначение            | Наименование                   | Кол. | Примеч. |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------------------------|--------------------------------|------|---------|------|------|------|------|---------|------|--|---------|--|--|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |      |                        | <u>Документация</u>            |      |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| А3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |      |      | 70 02 01.П210.05.00 СБ | Сборочный чертеж               |      |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |      |                        | <u>Детали</u>                  |      |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 1    |      | 70 02 01.П210.05.01    | Корпус                         | 1    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2    |      | 70 02 01.П210.05.02    | Штуцер                         | 1    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 3    |      | 70 02 01.П210.05.03    | Гайка накидная                 | 1    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 4    |      | 70 02 01.П210.05.04    | Втулка нажимная                | 1    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 5    |      | 70 02 01.П210.05.05    | Шпиндель                       | 1    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 6    |      | 70 02 01.П210.05.06    | Клапан                         | 1    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |      |                        | <u>Стандартные изделия</u>     |      |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 7    |      |                        | Маховик 1-50-6<br>ГОСТ 5260-75 | 1    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 8    |      |                        | Гайка М4 ГОСТ5915-70           | 2    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 9    |      |                        | Шайба 4 ГОСТ11371-78           | 2    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 10   |      |                        | Прокладка 1,5х15<br>МН 3138-62 | 1    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 11   |      |                        | Прокладка 1,5х25<br>МН 3138-62 | 1    |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |      |                        | <u>Материалы</u>               |      |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 12   |      |                        | Пенька ГОСТ 9993-74            |      | 0,02кг  |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1"> <tr> <td>Изм.</td><td>Кол.</td><td>Лист</td><td>Нач.</td><td>Подпись</td><td>Дата</td><td></td></tr> <tr> <td>Разраб.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Проверил</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <div> <div>Вентиль</div> <div> <div>Лист</div> <div>Лист</div> <div>Лист</div> </div> <div> <div>9</div> <div></div> <div>1</div> </div> </div> |      |      |                        |                                |      |         | Изм. | Кол. | Лист | Нач. | Подпись | Дата |  | Разраб. |  |  |  |  |  |  | Проверил |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Изм.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Кол. | Лист | Нач.                   | Подпись                        | Дата |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Разраб.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |      |                        |                                |      |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Проверил                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |      |                        |                                |      |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |      |                        |                                |      |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |      |      |                        |                                |      |         |      |      |      |      |         |      |  |         |  |  |  |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рис. 103. Пример выполнения спецификации к сборочному чертежу

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что называется поверхностью?
2. На какие две группы можно разделить поверхности по виду образующей? Приведите 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.
18. Что такое эскиз?
19. Для каких деталей выполняют эскизы?
20. В каком масштабе выполняют эскизы?

21. Что такое рабочий чертёж?
22. Дайте определения следующим терминам: деталь, сборочная единица, сборочный чертёж, спецификация.
23. Какие размеры наносят на сборочный чертёж?
24. Что такое выносной элемент?
25. Какие разделы присутствуют в спецификации?
26. Как проставляются линии-выноски и номера позиций на сборочном чертеже?

## Раздел 5. Аксонометрическая проекция

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

### Практическое занятие: Теоретические положения

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

Плоскость  $\alpha$  называется **плоскостью аксонометрических проекций** или **картинной плоскостью** (рис. 104).

Оси координат  $x$ ,  $y$  и  $z$  проецируются на картинную плоскость в прямые  $x_\alpha$ ,  $y_\alpha$  и  $z_\alpha$ , называемые **аксонометрическими осями**.

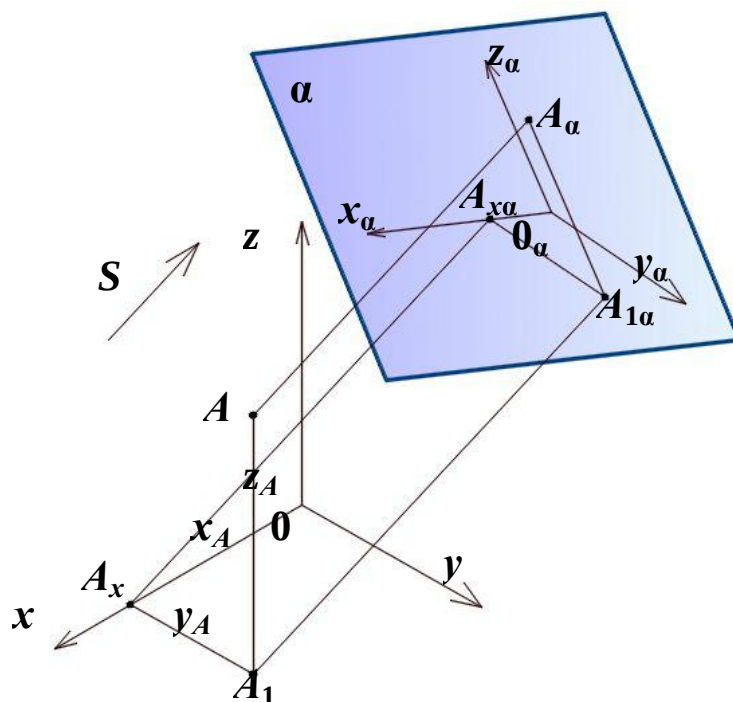


Рис. 104. Плоскость аксонометрических проекций

Отношения  $k_x = e_{x_\alpha} / e_x$ ,  $k_y = e_{y_\alpha} / e_y$ ,  $k_z = e_{z_\alpha} / e_z$  называются **коэффициентами искажения по аксонометрическим осям**. Коэффициенты искажения зависят от угла  $\phi$  наклона направления проецирования  $s$  к картинной плоскости.

### **Прямоугольная изометрическая проекция**

Положение аксонометрических осей представлено на рис. 105.

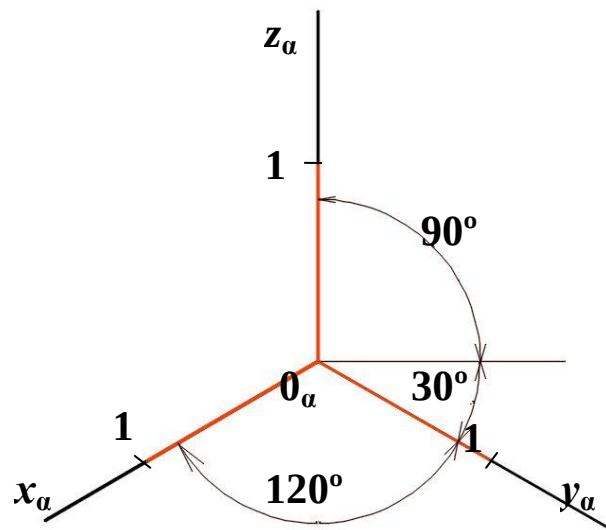
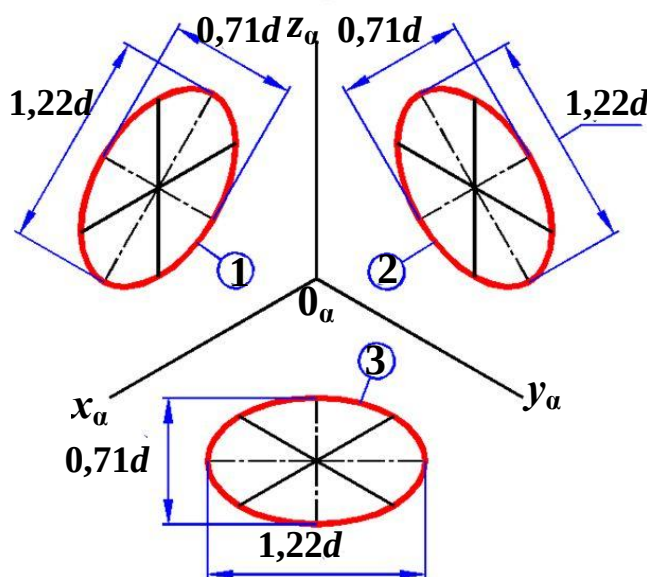


Рис. 105. Расположение аксонометрических осей прямоугольной изометрической проекции

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

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 106). 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.



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

Рис. 106. Окружность в прямоугольной изометрии

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.

Пример изометрической проекции детали представлен на рис. 107.

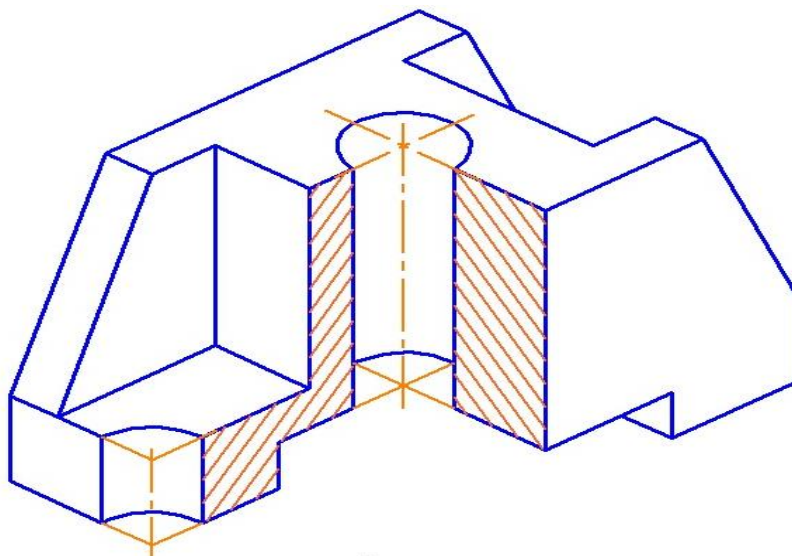


Рис. 107. Изометрическая проекция детали

### ***Прямоугольная диметрическая проекция***

Расположение осей для диметрической проекции представлено на рис. 108.

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  $z$  и с коэффициентом искажения 0,5 по оси  $y$ .

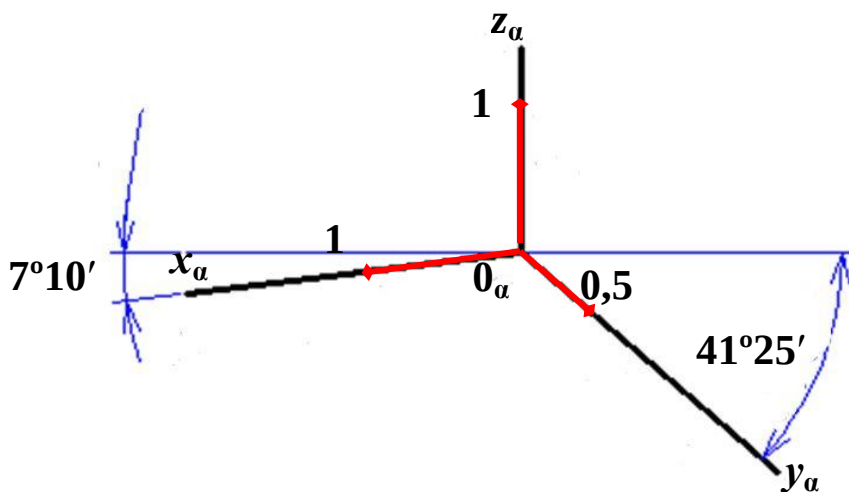
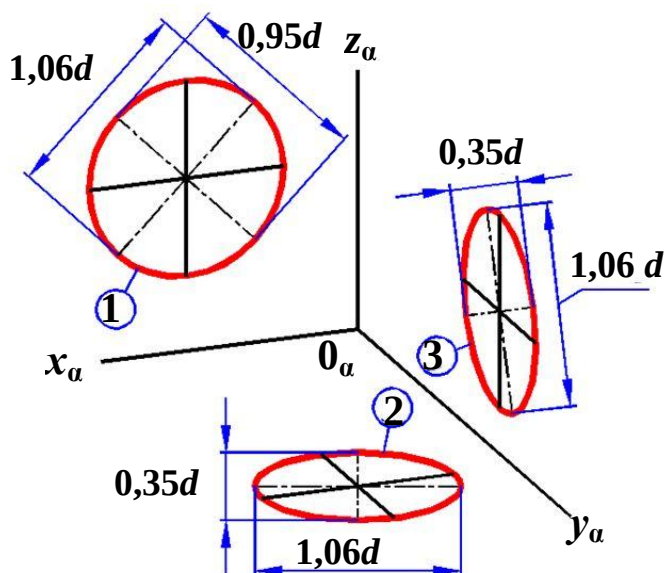


Рис. 108. Расположение аксонометрических осей прямоугольной диметрической проекции

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 109).

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.



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

Рис. 109. Окружность в прямоугольной диметрии

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

Пример изометрической проекции детали представлен на рис. 110.

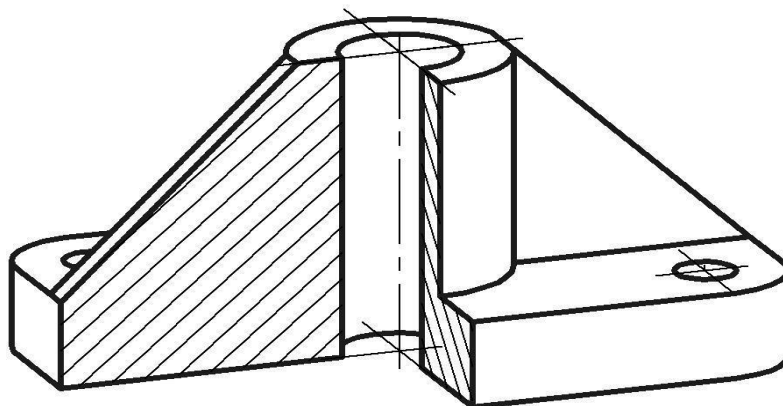


Рис. 110. Диметрическая проекция детали

### ***Косоугольная фронтальная изометрическая проекция***

Положение аксонометрических осей представлено на рис. 111.

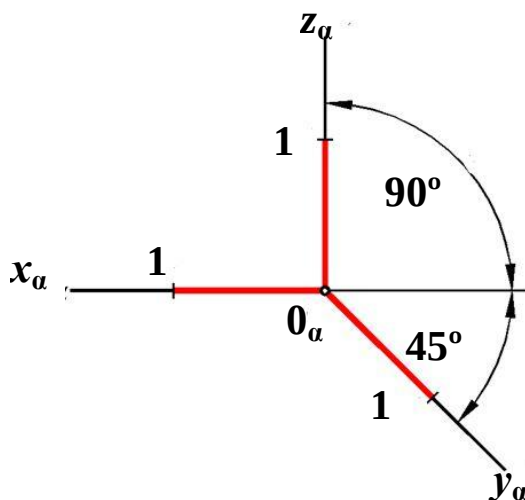
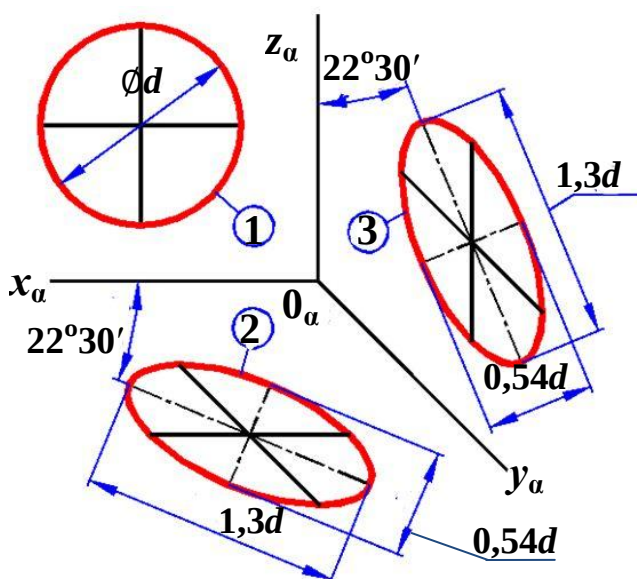


Рис. 111. Расположение аксонометрических осей косоугольной фронтальной изометрической проекции

Допускается применять фронтальные изометрические проекции с углом наклона оси  $y$   $30^\circ$  и  $60^\circ$ . Фронтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекции, проецируются без изменения.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 112).



- 1 – окружность;
- 2 – эллипс (большая ось расположена под углом  $22^\circ30'$  к оси  $x$ );
- 3 – эллипс (большая ось расположена под углом  $22^\circ30'$  к оси  $z$ ).

Рис. 112. Окружность в косоугольной фронтальной изометрии

Так как проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$  и  $z$ , то большая ось эллипсов 2, 3 равна 1,3 диаметра окружности, а малая ось – 0,54 диаметра окружности.

Фронтальная изометрическая проекция представлена на рис.113.

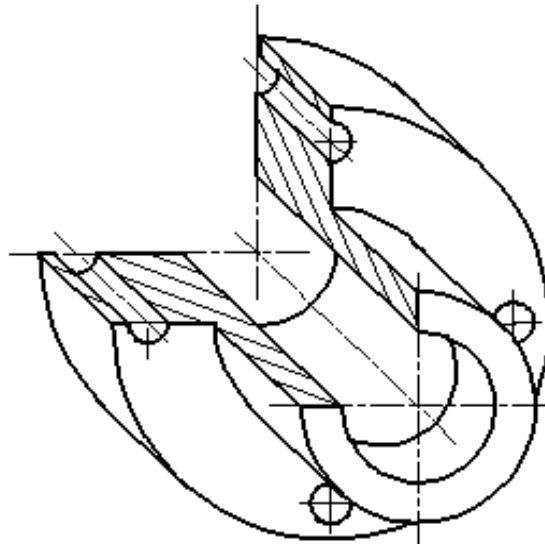


Рис. 113. Фронтальная изометрическая проекция детали

### ***Горизонтальная изометрическая проекция***

Положение аксонометрических осей представлено на рис. 114. Горизонтальную изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$  и  $z$ .

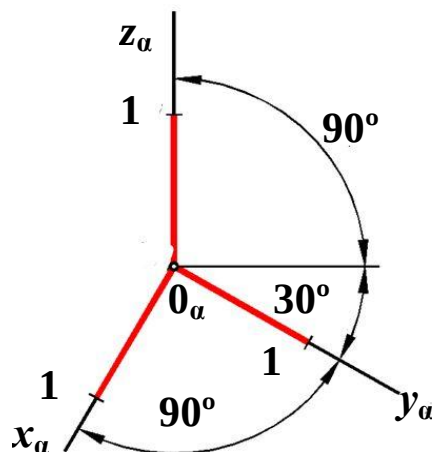
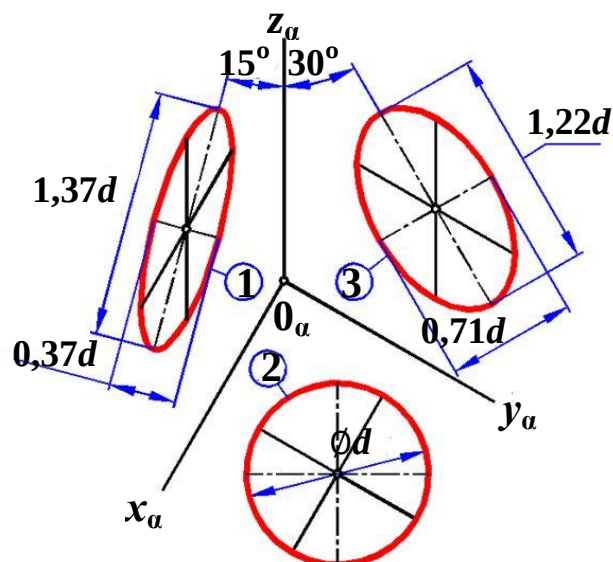


Рис. 114. Расположение аксонометрических осей косоугольной горизонтальной изометрической проекции

Допускается применять горизонтальные изометрические проекции с углом наклона оси  $y$   $45^\circ$  и  $60^\circ$ , сохраняя угол между осями  $x$  и  $y$   $90^\circ$ .

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекции, проецируются без изменения. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной и профильной плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 115).



1 – эллипс (большая ось расположена под углом  $15^\circ$  к оси  $z$ );  
 2 – окружность;  
 3 – эллипс (большая ось расположена под углом  $30^\circ$  к оси  $z$ ).

Рис. 115. Окружность в косоугольной горизонтальной изометрии

Так как проекцию выполняют без искажения по осям  $x$ ,  $y$  и  $z$ , то большая ось эллипса 1 равна  $1,37$  диаметра окружности, а малая ось –  $0,37$  диаметра окружности, большая ось эллипса 3 равна  $1,22$  диаметра окружности, а малая ось –  $0,71$  диаметра окружности.

Горизонтальная изометрическая проекция представлена на рис. 116.

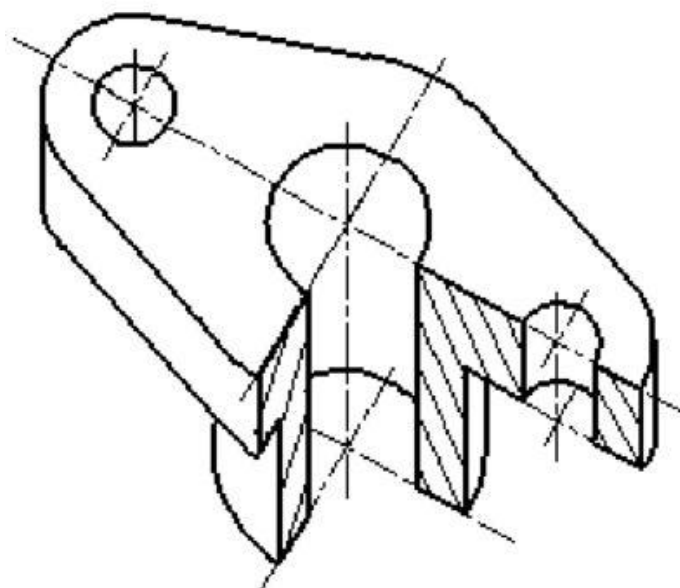


Рис. 116. Горизонтальная изометрическая проекция детали

### ***Косоугольная фронтальная диметрическая проекция***

Положение аксонометрических осей представлено на рис. 117. Допускается применять фронтальные диметрические проекции с углом наклона оси  $y$   $30^\circ$  и  $60^\circ$ . Коэффициент искажения по оси  $y$  равен 0,5, а по осям  $x$  и  $z$  – 1.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекции, проецируются без изменения. Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рис. 118).

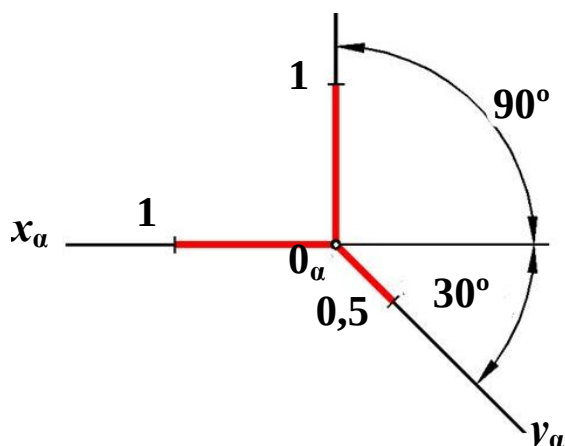
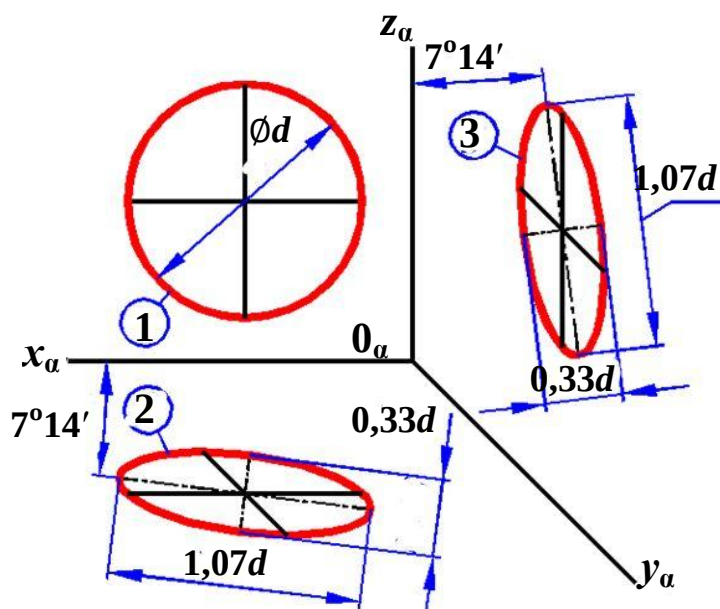


Рис. 117. Расположение аксонометрических осей косоугольной фронтальной диметрической проекции



- 1 – окружность;
- 2 – эллипс (большая ось расположена под углом  $7^\circ 14'$  к оси  $x$ );
- 3 – эллипс (большая ось расположена под углом  $7^\circ 14'$  к оси  $z$ ).

Рис. 118. Окружность в косоугольной фронтальной диметрии

Так как проекцию выполняют без искажения по осям  $x$  и  $z$ , то большая ось эллипсов 2, 3 равна 1,07 диаметра окружности, а малая ось – 0,33 диаметра окружности.

Фронтальная диметрическая проекция представлена на рис. 119.

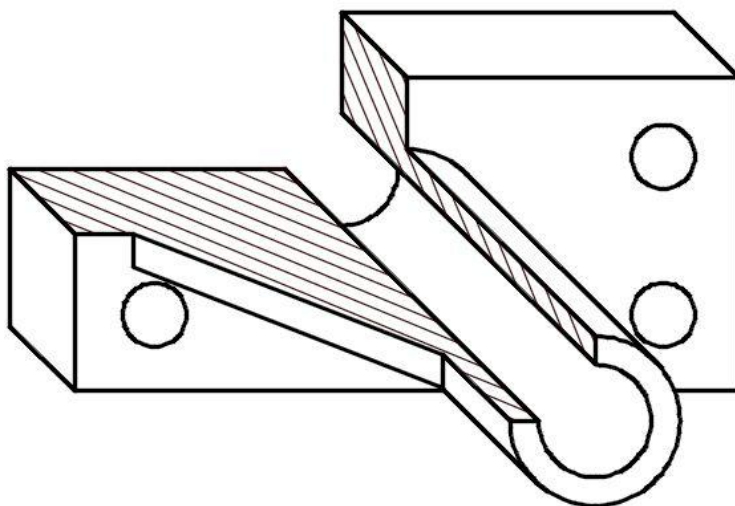


Рис. 119. Фронтальная диметрическая проекция детали

### ***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. 120).

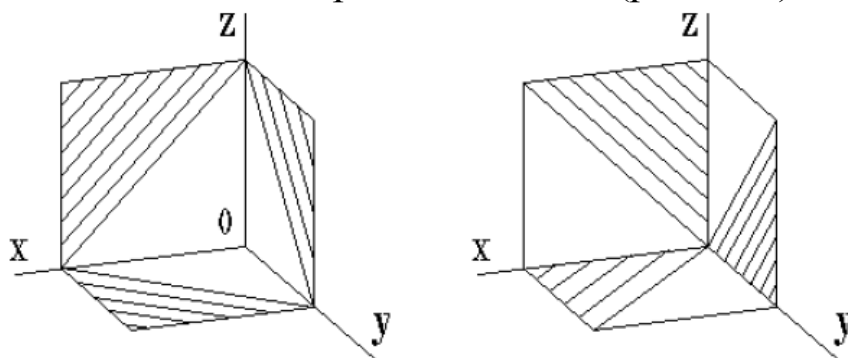


Рис. 120. Штриховка сечений в аксонометрических проекциях

При нанесении размеров выносные линии проводят параллельно аксонометрическим осям, размерные линии – параллельно измеряемому отрезку (рис. 121).

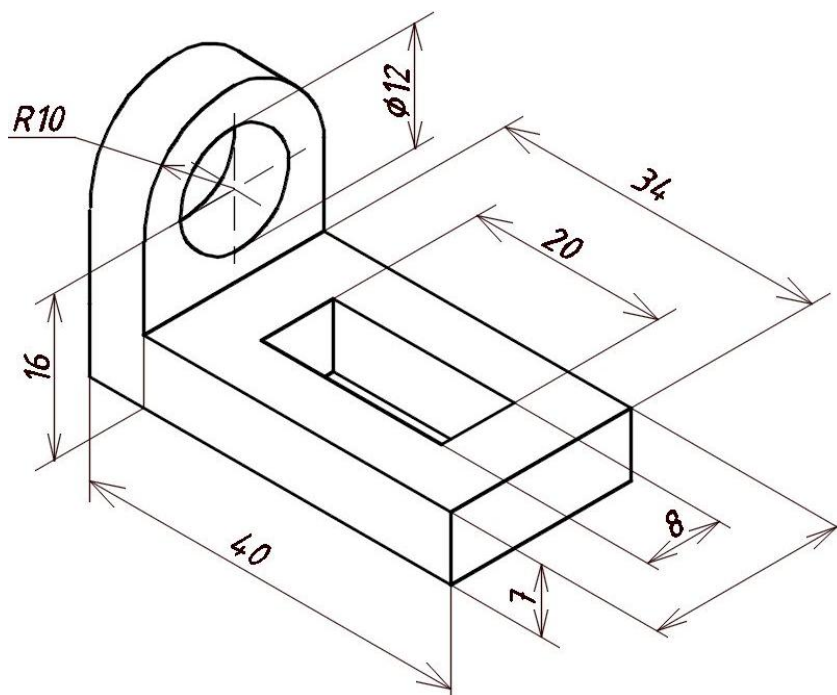
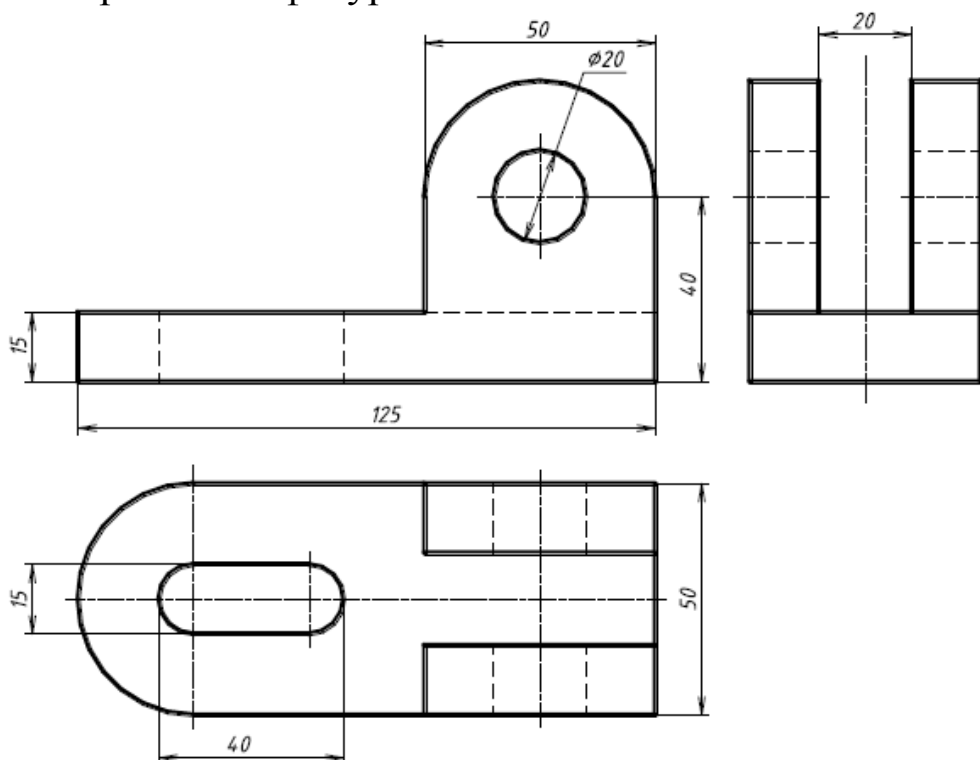


Рис. 121. Нанесение размеров на аксонометрических проекциях

### Практическая часть

Построение выполнить на листах формата А3.

1. Построить прямоугольные диметрическую проекцию заданной геометрической фигуры.



2. Построить изометрическую проекцию детали с вырезом четверти, представленной для выполнения Дз2 (Простой разрез)

## Самостоятельная работа:

### Дз5 «Рабочий чертёж детали», решение задач

Выполнить рабочие чертежи 2-х оригинальных деталей с чертежа общего вида или сборочного чертежа. Задание выполняется на листах формата А3.

Часто по сборочным чертежам приходится выполнять рабочие чертежи деталей. Процесс разработки и выполнение рабочих чертежей деталей называется детализированием.

Детализирование чертежа предусматривает два этапа работы:

- чтение сборочного чертежа;
- выполнение рабочих чертежной деталей.

Под чтением сборочного чертежа понимается воспроизведение по чертежу реального образа изображенного изделия и его частей.

Для этого необходимо:

1. Прочитать основную надпись, технические требования и, если они есть, описание конструкции изделия и принципа её работы.

2. Прочитать спецификацию и найти на чертеже все детали. Определить количество и наименование оригинальных, стандартизованных и покупных деталей, входящих в изделие. Разобрать форму каждой детали и способ соединения деталей друг с другом.

3. Прочитать все изображения. Найти связи между ними. Установить какую информацию даёт каждое основное и дополнительное изображения. Сопоставить масштабы изображений. Определить положение секущих плоскостей, при помощи которых выполнены разрезы, сечения и направления, по которым даны местные и дополнительные виды. Выяснить назначение каждого выносного элемента.

4. Просмотреть нанесенные на чертеже размеры. Определить возможные перемещения подвижных частей.

5. Установить у всех деталей и их элементов рабочие (сопрягаемые и прилегающие) и нерабочие (свободные) поверхности, форму каждой поверхности и её положение.

6. Выбрать базы для нанесения размеров.

7. Измерить размер детали.

8. Согласовать базы и сопряженные размеры.

Для изготовления детали нужен её рабочий чертеж. Деталью называется изделие, изготовленное из однородного по наименова-

нию и марке металла, без применения сборочных операций. Рабочим чертежом детали называется документ, содержащий изображение детали, размеры и другие данные, необходимые для изготовления, ремонта и контроля детали.

Для стандартных изделий рабочие чертежи не выполняют, так как все их размеры и другие данные записывают в условном обозначении.

При выполнении рабочего чертежа детали следует помнить, что главное изображение отдельной детали может не совпадать с расположением этой детали на главном изображении сборочного чертежа. Рабочий чертеж детали может иметь большее количество изображений, так как по нему будут изготавливать деталь.

Порядок выполнения рабочего чертежа детали по сборочному чертежу изделия аналогичен выполнению чертежа с натуры. При этом форма и размеры детали определяются при чтении сборочного чертежа.

Наименование детали и её обозначение определяется по спецификации сборочного чертежа.

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

1. Литейные и штамповочные скругления, уклоны, конусности.
2. Проточки и канавки для выхода резьбонарезного и шлифовального инструмента.
3. Внешние, внутренние фаски, облегчающие процесс сборки изделия и т.п.

Гнезда для винтов и шпилек на сборочных чертежах изображаются упрощённо, а на рабочем чертеже детали гнездо должно быть вычерчено в соответствии с ГОСТ 10549-80.

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

При выполнении чертежа на нескольких листах на всех листах одного чертежа указывают одно и то же обозначение.

Массу изделия указывают в килограммах без указания единицы измерения.

Допускается указывать массу в других единицах измерения с указанием их, например: 0,25т; 15т.

### ***Основные требования к рабочим чертежам***

К основным требованиям, которым должен удовлетворять рабочий чертёж относят:

- оформление рабочего чертежа;
- изображения и обозначения формы детали;
- изображения и обозначения материала;
- основную надпись;
- технические требования.

### ***Оформление рабочих чертежей***

Независимо от конструктивного и технологического вида детали её чертёж должен быть оформлен с соблюдением требований стандартов, определяющих форматы (ГОСТ 2.301–68), масштабы (ГОСТ 2.302–68), линии (ГОСТ 2.303–68), шрифты (ГОСТ 2.304–68), обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах (ГОСТ 2.306–68).

### ***Изображения и обозначения формы детали***

Рабочий чертёж должен содержать необходимое количество изображений и размеров, определяющих форму детали. Изображения должны с наибольшей выразительностью и в удобном масштабе передавать формы наружных и внутренних поверхностей детали. Рабочий чертёж должен удовлетворять общим требованиям установленным стандартами ЕСКД.

### ***Изображения и обозначения материалов***

Материал, из которого изготовлена деталь, на чертеже должен быть графически обозначен на всех разрезах и сечениях детали. В некоторых случаях должна быть указана лицевая сторона материала, направление волокон, основы и т.п. Наименование материала, его марка, сорт, ГОСТ и другие сведения должны быть указаны в основной надписи. Например, Сталь 45 ГОСТ 1050–74.

Если в условное обозначение материала входит сокращённое наименование данного материала «Бр», «КЧ», «СЧ» и другие то полные наименования «Бронза», «Ковкий чугун», «Серый чугун» и

др. не указывают, например: «КЧ 30–6 ГОСТ 1215–79», «СЧ 18-36 ГОСТ 1412–70».

### ***Обозначение, состояния материала***

Требования, представляемые к материалу и его качеству должны быть указаны в технических требованиях, если материал детали подлежит термической обработке или на его поверхность должно быть нанесено покрытие, то об этом на чертеже необходимо сделать соответствующие надписи (ГОСТ 2.109–73 – основные требования к чертежам, ГОСТ 2.316–68 – ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований).

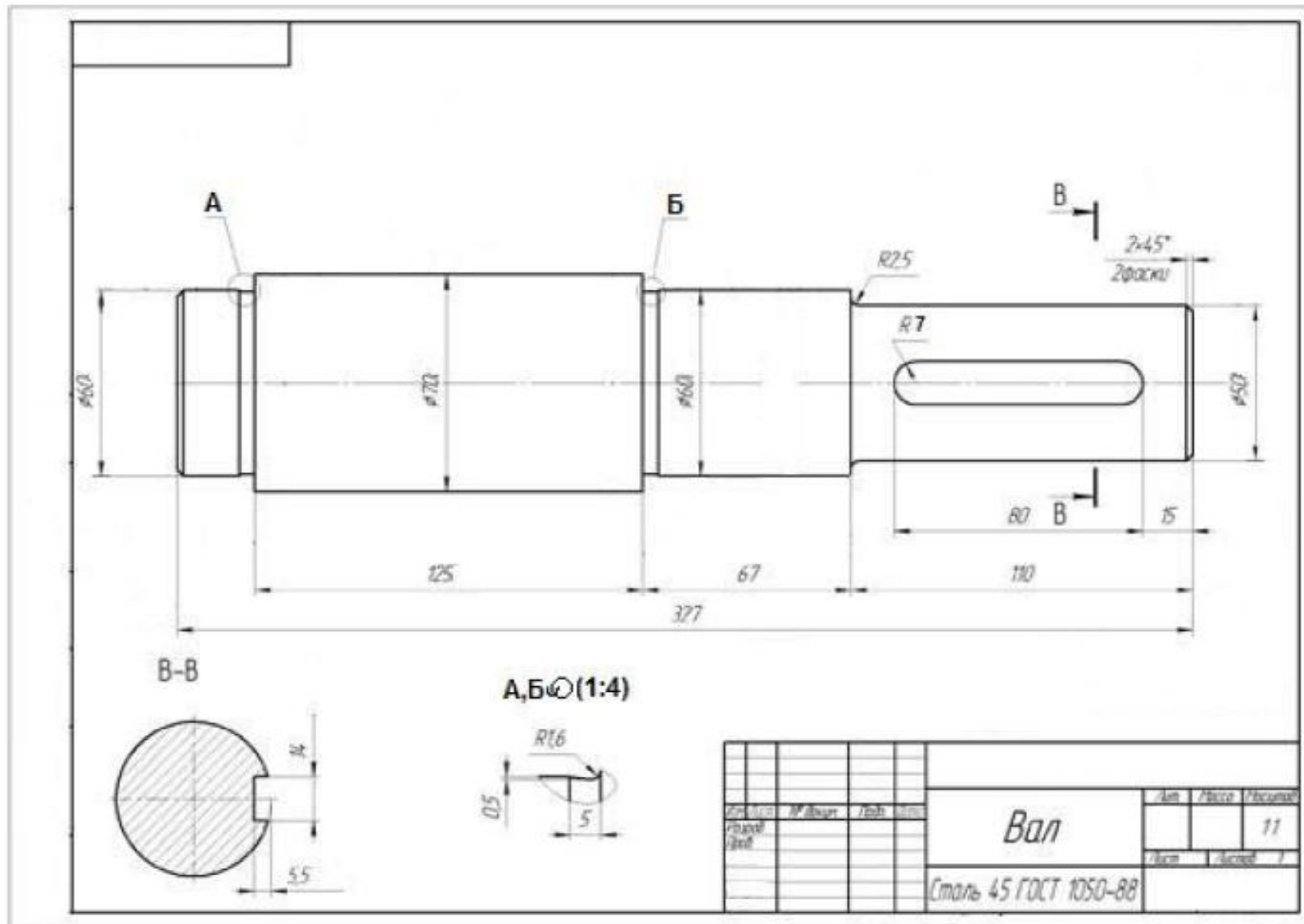
### ***Основная надпись, технические требования***

Каждый чертёж содержит основную надпись, которую необходимо заполнить по правилам стандартов ЕСКД. Текстовая часть технических требований, надписи с обозначением изображений, обозначение элементов изделия и другие указания, относящиеся к детали или её изображению, выполняются в соответствии со стандартами ЕСКД.

При заполнении основной надписи необходимо учитывать, что если чертёж выполняется на нескольких листах, то на всех листах одного чертежа указывают одно и то же обозначение.

Примеры выполнения рабочих чертежей представлены на рис. 122-123.

### Пример выполнения Дз5 (рабочий чертёж корпуса)



Пример выполнения ДЗ5 (рабочий чертёж вала)

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое аксонометрические проекции? Классификация аксонометрических проекций.
2. Как расположены оси прямоугольной изометрии?
3. Как расположены оси прямоугольной диметрии?
4. Как наносят штриховку и размеры в аксонометрических проекциях?
5. Как изображаются окружности по ГОСТ 2.317–2011 в прямоугольной изометрической проекции.
6. Как изображаются окружности по ГОСТ 2.317–2011 в прямоугольной диметрической проекции?
7. Что называют детализированием. Перечислите этапы детализирования?
8. Какая работа предшествует детализированию?
9. Каково содержание рабочего чертежа детали?
10. Как определяют по чертежу действительные размеры деталей?
11. Основные требования к рабочим чертежам.
12. Как выполняют конструктивные элементы деталей?
13. Изготавливают ли рабочие чертежи на стандартные детали, детали из фасонного или сортового материала?
14. Как изображаются детали из стекла или других прозрачных материалов?
15. Чем отличается рабочий чертёж детали от эскиза?

*К экзамену необходимо выполнить все виды работ.*

**Перечень основной и дополнительной учебной литературы,  
необходимой для освоения дисциплины  
«Инженерная графика»:**

**Основная литература**

1. Аксенова, О. Ю. Инженерная графика [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся направления 27.03.02 «Управление качеством», а также других технических направлений / О. Ю. Аксенова, Е. А. Овсянникова ; ФГБОУ ВО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. начертат. геометрии и графики. – Кемерово : КузГТУ, 2019. – 132 с. –  
Доступна электронная версия:  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91732&type=utchposob:common>
2. Сорокин, Н. П. Инженерная графика. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 392 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74681>. –  
Загл. с экрана. (22.04.2019)
3. Чекмарев, А. А. Инженерная графика [Текст] : учебник [для вузов] / А. А. Чекмарев. – Москва : Высшая школа, 2005. – 365 с.
4. Единая система конструкторской документации. Общие правила выполнения чертежей. ГОСТ 2.301-68 - 2.321-84 [Электронный ресурс]. – Москва : Изд-во стандартов, 2004. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM )

**Дополнительная литература**

4. Серга, Г. В. Инженерная графика. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 228 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103070>. –  
Загл. с экрана. (22.04.2019)
5. Латышенко, Л. И. Инженерная графика (конспект лекций) [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов направления подготовки бакалавров «Управление качеством» / Л. И. Латышенко ; ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. начертат. геометрии и графики. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – 77 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) – Доступна электронная версия:  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=91293&type=utchposob:common>
6. Чекмарев, А. А. Инженерная графика [Текст] : справочные материалы / А. А. Чекмарев, В. К. Осипов. – Москва : ВЛАДОС, 2004. – 414 с.
7. Инженерная графика [Электронный ресурс] : электронный учебный справочник для студентов направлений подготовки бакалавров

150700.62 «Машиностроение», 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. начертат. геометрии и графики ; сост.: Л. И. Латышенко. – Кемерово : КузГТУ, 2014. – 54 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) – Доступна электронная версия:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90090&type=utchiposob:common>

8. Бедина, Л. Н. Инженерная графика. Нанесение размеров на эскизах и рабочих чертежах [Текст] : учебное пособие для студентов вузов всех специальностей, кроме строительных / Л. Н. Бедина, Т. Ф. Шумкина ; ГОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т». – Кемерово : Издательство КузГТУ, 2009. – 63 с. – Доступна электронная версия: <http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90390&type=utchiposob:common>