

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Институт информационных технологий

Р. П. Гришель, Е. Н. Шнейдеров

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники для студентов, получающих высшее образование с
сокращёнными сроками обучения, интегрированными со средним специальным
образованием, по специальностям, закреплённым за УМО по образованию
в области информатики и радиоэлектроники в качестве пособия*

Минск БГУИР 2014

УДК [514.18+744+004.92](076)
ББК 22.151.3я73+30.11я73
Г85

Рецензенты:

кафедра радиоэлектроники учреждения образования
«Минский государственный высший радиотехнический колледж»
(протокол №5 от 27.12.2012);

первый проректор учреждения образования «Международный
государственный экологический университет имени А. Д. Сахарова»,
кандидат технических наук, профессор В. И. Красовский

Гришель, Р. П.

Г85 Начертательная геометрия и инженерная графика : пособие /
Р. П. Гришель, Е. Н. Шнейдеров. – Минск : БГУИР, 2014. – 96 с. : ил.
ISBN 978-985-543-012-5.

Рассмотрены теоретические сведения и даны методические указания по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика», необходимые для изучения общеинженерных и специальных технических дисциплин, а также в последующей инженерной деятельности, составляющие основу общеинженерной подготовки. Пособие помогает сформировать навыки графического решения задач, связанных с пространственными формами, учит читать и технически грамотно выполнять чертежи.

Предназначено для студентов вечерней и заочной форм обучения по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика».

**УДК [514.18+744+004.92](076)
ББК 22.151.3я73+30.11я73**

ISBN 978-985-543-012-5

© Гришель Р. П., Шнейдеров Е. Н., 2014
© УО «Белорусский государственный
университет информатики и
радиоэлектроники», 2014

Содержание

Введение	5
Начертательная геометрия.....	7
1.1 Методы проецирования	7
1.2 Система плоскостей проекций	9
1.3 Основные геометрические фигуры.....	10
1.3.1 Точка	10
1.3.2 Прямая, отрезок	11
1.3.3 Плоскость	13
1.3.4 Поверхности, тела	14
1.4 Решение метрических задач	16
1.4.1 Перемена плоскостей проекций.....	16
1.4.2 Определение натуральной величины отрезка	17
1.4.3 Определение натуральной величины плоского многоугольника	17
1.5 Решение позиционных задач.....	18
1.5.1 Взаимное положение прямой (отрезка) и точки	18
1.5.2 Взаимное положение прямых линий (отрезков)	18
1.5.3 Взаимное положение прямой (отрезка) и плоскости.....	19
1.5.4 Параллельность прямой и плоскости	19
1.5.5 Пересечение прямой (отрезка) с плоскостью частного положения	19
1.5.6 Пересечение прямой (отрезка) с плоскостью общего положения	20
1.5.7 Взаимное положение плоскостей	20
1.5.8 Пересечение плоскостей общего положения	20
1.5.9 Сечение многогранников плоскостью	21
1.5.10 Сечение многогранников плоскостью частного положения	22
1.5.11 Сечение тел вращения плоскостью общего положения.....	22
1.6 Развёртки геометрических тел	24
1.6.1 Развёртка гранёной поверхности	24
1.6.2 Развёртка конической и цилиндрической поверхностей	25
1.7 Построение аксонометрических проекций	26
1.7.1 Изометрическая проекция	26
1.7.2 Диметрическая проекция	27
1.7.3 Косоугольные проекции	27
1.8 Задачи.....	28
1.8.1 Пересечение плоскостей	28
1.8.2 Пересечение геометрических тел	29

Инженерная графика	34
2.1 Требования к оформлению чертежей	34
2.1.1 Форматы.....	35
2.1.2 Масштабы	35
2.1.3 Линии	35
2.1.4 Шрифты	37
2.1.5 Основные надписи.....	38
2.2 Обозначения на чертежах	40
2.2.1 Виды.....	40
2.2.2 Разрезы.....	42
2.2.3 Сечения	46
2.2.4 Размеры.....	47
2.2.5 Выносные элементы	52
2.3 Соединения деталей на чертежах.....	52
2.3.1 Резьбовые соединения.....	53
2.3.2 Паяные и клеенные соединения	55
2.3.3 Сварные соединения.....	56
2.3.4 Соединения заклёпками	58
2.4 Чертежи сборочных единиц.....	59
2.5 Схемы.....	65
2.5.1 Виды и типы схем.....	65
2.5.2 Схемы электрические принципиальные.....	65
2.6 Задачи.....	69
2.6.1 Чертёж детали	69
2.6.2 Схемы электрические принципиальные.....	77
2.6.3 Сборочный чертёж.....	84
Приложение А Размеры и коды часто используемых графических обозначений элементов схем электрических принципиальных	93
Литература.....	95

Введение

Дисциплина «Начертательная геометрия и инженерная графика» является одной из дисциплин, составляющих основу общинженерной подготовки, поэтому овладение её основами развивает способность к пространственному воображению, без которого невозможно инженерное творчество. Пособие помогает сформировать навыки графического решения задач, связанных с пространственными формами, учит читать и технически грамотно выполнять чертежи.

Знания, умения и навыки, приобретённые в процессе изучения дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика», необходимы для изучения общинженерных и специальных технических дисциплин, а также в последующей инженерной деятельности. Овладение чертежом как средством воображения технической мысли и производственным документом происходит на протяжении всего процесса обучения в вузе. Начальным этапом является выше-названная дисциплина, а затем следует ряд общинженерных и специальных. Закрепляются знания при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Задачи изучения дисциплины:

- развитие способности к пространственному воображению и моделированию;
- овладение способами графического решения задач, связанных с пространственными формами (точками, линиями, поверхностями, геометрическими телами);
- формирование практических навыков чтения и выполнения чертежей и схем технических изделий в соответствии со стандартами ЕСКД;
- освоение графических пакетов прикладных компьютерных программ.

В результате изучения дисциплины студенты должны

знать:

- теоретические основы построения графических модулей (изображений) методом прямоугольного проецирования, включая аксонометрические проекции, элементов построенных форм (точек, прямых, плоскостей), структуру ЕСКД и стандарты этой системы;

уметь:

- выполнять построения изображений (видов, разрезов, сечений, изометрических и диметрических проекций) на чертежах деталей и сборочных единицах изделий с учётом правил и условностей ЕСКД;
- решать задачи на взаимную принадлежность и взаимное пересечение геометрических фигур, на определение начальной величины отдельных поверхностей этих фигур;
- наносить номинальные размеры на рабочих чертежах деталей и сборочных единиц по правилам ЕСКД;
- читать чертежи деталей и сборочных единиц, состоящих из 10...15 простых деталей;

- оформлять чертежи деталей, сборочных единиц, спецификацию в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД;
- работать с графическими редакторами на персональных компьютерах;

иметь представление:

- о методах изображения видов соединений деталей, наиболее распространённых в дисциплине;
- о методах выполнения схем алгоритмов на персональных ЭВМ.

Пособие составлено в соответствии с требованиями образовательных стандартов Республики Беларусь для студентов, получающих высшее образование в области информатики и радиоэлектроники, интегрированное со средним специальным образованием. Настоящее пособие будет способствовать профессиональной подготовке студентов специальностей: «Вычислительные машины, системы и сети», «Программное обеспечение информационных технологий», «Промышленная электроника», «Информационные системы и технологии (в экономике)», «Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств», «Экономика и организация производства (радиоэлектроника и информационные услуги)», «Техническое обеспечение безопасности» вечерней и заочной форм обучения.

Авторы выражают благодарность доценту кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» С. М. Боровикову за ценные рекомендации по формированию структуры пособия.

НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ

Начертательная геометрия – наука, которая разрабатывает способы построения изображений геометрических тел (объектов) на плоскости и способы решения задач геометрического характера по заданным изображениям этих тел.

1.1 Методы проецирования

Окружающие предметы – сооружения, автомобили, механизмы, детали – можно изображать на плоскости различными способами. Одним из таких способов является рисование. При рисовании предмет изображается от руки так, как это воспринимается зрением или воображением, поэтому рисунок передаёт форму предмета и его отдельные части с искажением. Соответственно невозможно определить точно форму и размер отверстий или отдельных элементов детали. Такой передачей формы и размеров изделия пользуются в технике только для вспомогательных изображений.

В отличие от рисунка чертёж может передавать форму предмета не одним, а несколькими изображениями (проекциями, видами). При этом каждая отдельная проекция (вид) на чертеже показывает только одну сторону предмета. Такой вид изображения помогает точно установить формы и размеры геометрической фигуры.

Проекция – изображение геометрического тела на плоскости, полученное с помощью прямых линий, проведённых через множество точек на поверхности предмета до пересечения их с плоскостью проекций.

Точки пересечения прямых линий с плоскостью называют **проекциями точек объекта**, а плоскость, на которую проецируются точки (т. е. на которой строится изображение объекта), – **плоскостью проекций**.

Процесс получения проекций называется **проецированием**.

Проецирующая прямая (проецирующий луч) – прямая, проведённая через точку на поверхности объекта по заданному направлению к плоскости проекций.

Если проецирующие прямые выходят из одной точки (центра), то такое проецирование называется **центральной**, а полученное изображение – **центральной проекцией**. Пример центральной проекции треугольника показан на рисунке 1.

Для получения центральной проекции необходимо задаться плоскостью проекций и точкой S , не лежащей в этой плоскости. Из точки пересечения проецирующих прямых S , называемой **центром проекций**, проводят прямые через наиболее характерные точки предмета до пересечения с плоскостью проекций V . В результате изображение получается увеличенным (размеры изображения не соответствуют действительным размерам объекта) и даёт представление только о форме объекта, но не о его размерах.

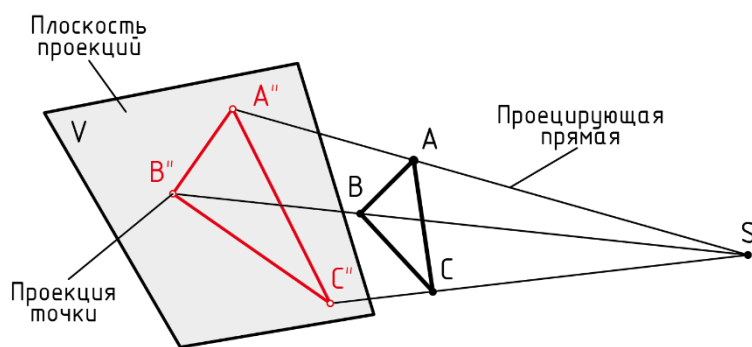


Рисунок 1 – Центральная проекция треугольника

Для получения **прямоугольной (ортогональной) проекции** центр проекций также переносят в бесконечность (рисунок 2). В этом случае проецирующие прямые параллельны и составляют с плоскостью проекций прямой угол.

Производственные чертежи выполняют методом прямоугольного проецирования. Объект располагают перед плоскостью проекций так, чтобы большинство его линий и плоских поверхностей были параллельны этой плоскости. Тогда эти линии и поверхности будут изображаться на плоскости проекций в действительном виде.

Изображение на одну плоскость V в общем случае не даёт представления об объёме объекта, поэтому прямоугольные проекции выполняют не на одной плоскости, а на двух или трёх взаимно перпендикулярных плоскостях. В том случае можно не только представить форму объекта, но и найти размеры всех его элементов. Основные принципы построения таких чертежей изложены **Гаспаром Монжем** – крупным французским учёным конца XVIII – начала XIX вв., одним из основателей знаменитой политехнической школы в Париже (1789 – 1794 гг.) и участником работ по введению метрической системы мер и весов.

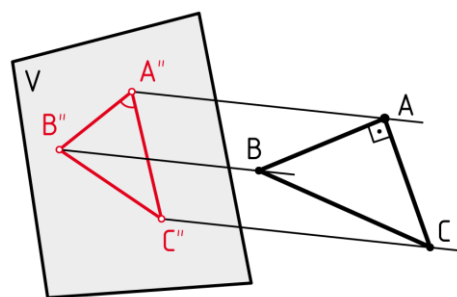


Рисунок 2 – Прямоугольная проекция треугольника ABC

Постепенно накопившиеся отдельные правила и приёмы таких изображений были приведены в систему и развиты в труде Г. Монжа «Geometrie descriptive».

1.2 Система плоскостей проекций

Для получения изображений объектов на чертежах использован метод параллельного прямоугольного проецирования на взаимно перпендикулярные плоскости проекций.

На рисунке 3 наглядно изображены три взаимно перпендикулярные плоскости проекций:

- **горизонтальная плоскость** проекций H , которая располагается снизу от наблюдателя;
- **фронтальная плоскость** проекций V , которая располагается перед наблюдателем;
- **профильная плоскость** проекций W , которая располагается справа от наблюдателя.

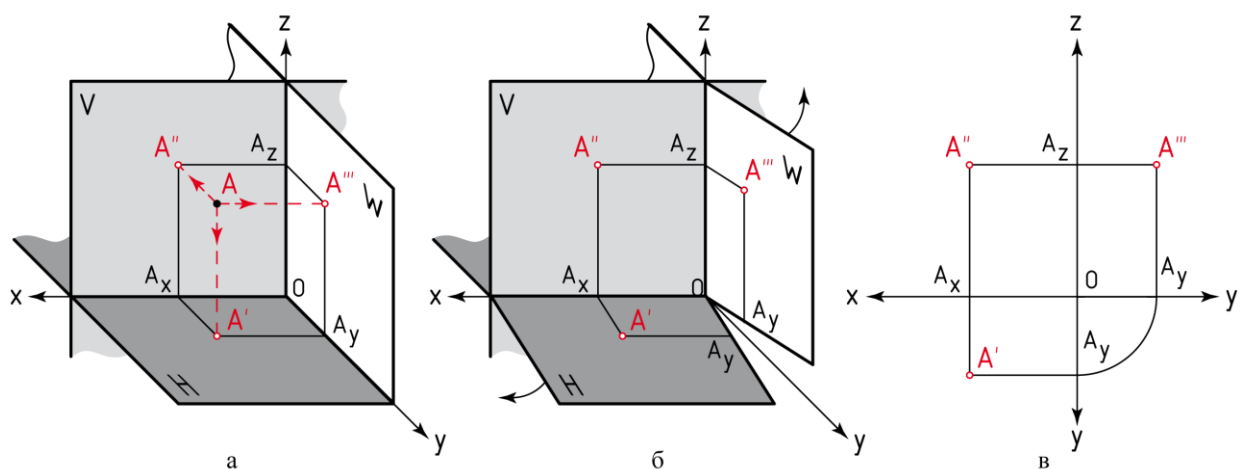


Рисунок 3 – Проекция точки A на систему плоскостей проекций H , V и W

Плоскости проекций, пересекаясь в пространстве, делят его на восемь частей, которые называют октантами. Для получения изображений предмет располагают в I октанте (европейская система) между наблюдателем и плоскостями проекций. Проецируя предмет на каждую из взаимно перпендикулярных плоскостей проекций H , V и W , строят соответственно горизонтальную, фронтальную и профильную его проекции.

Плоскости проекций пересекаются между собой по линиям, которые называют осями проекций (ось x , ось y и ось z). Эти оси в свою очередь пересекаются в точке O – точке начала координат. Оси проекций принимают за оси координат, определяющих положение точки в пространстве, и называют натуральной системой прямоугольных координат.

Для получения плоского чертежа трёхгранный угол мысленно разрезают по оси y , плоскости проекций H и W вместе с полученными на них проекциями совмещают с неподвижной плоскостью V , при этом плоскость H вращают вокруг оси x , плоскость W – вокруг оси z в направлениях, указанных стрелками. Полученный чертёж называется **эпюром** (с франц. *epure* – чертёж).

1.3 Основные геометрические фигуры

1.3.1 Точка. *Проекцией точки* называется точка пересечения проецирующего луча с плоскостью проекции. В инженерной практике для построения проекций различных предметов используют все три плоскости проекции. Для того чтобы получить проекцию точки на плоскость, необходимо провести из точки перпендикуляр к плоскости проекций. По отношению к плоскостям проекций точка может занимать **общие положения** (находиться вне каждой из них) и **частные положения** (находиться на одной из этих плоскостей либо на двух или на трёх одновременно).

На рисунке 4 построены прямоугольные проекции точки A :

- горизонтальная проекция точки A' ;
- фронтальная проекция точки A'' ;
- профильная проекция точки A''' .

Расстояния от точки A до каждой плоскости проекций определяют её положение в пространстве и называются её прямоугольными координатами:

- координата x_A (OA_x) – расстояние до профильной плоскости проекций W (**абсцисса**);
- координата y_A (OA_y) – расстояние до фронтальной плоскости проекций V (**ордината**);
- координата z_A (OA_z) – расстояние до горизонтальной плоскости проекций H (**аппликата**).

Каждая проекция точки, принадлежащая определённой координатной плоскости, может быть построена по двум её координатам: проекцию A' , принадлежащую плоскости H , определяют координаты x и y ; проекцию A'' , принадлежащую плоскости V , определяют координаты x и z ; проекцию A''' , принадлежащую плоскости W , определяют координаты z и y .

При построении чертежа с нанесением осей проекций отрезки $A'A_y$ и A_yA''' связывают дугой окружности или с помощью вспомогательной прямой, проведённой через точку O под углом 45° (см. рисунок 4).

Две проекции точки полностью определяют положение точки в пространстве относительно прямоугольных плоскостей проекций (по двум проекциям точки всегда можно получить третью проекцию).

Также следует обратить внимание на необходимость проведения **линии связи** – прямой, расположенной перпендикулярно оси проекций и связывающей проекции.

Самой распространённой задачей с точкой является построение прямоугольных проекций точки A по её заданным координатам (x_A, y_A, z_A). Для этого от начала координат O отмеряются расстояния, соответствующие заданным значениям x_A, y_A и z_A , далее через полученные точки A_x, A_y и A_z проводятся горизонтальные или вертикальные линии связи. Пересечения этих линий в соответствующих плоскостях будут искомыми проекциями точки.

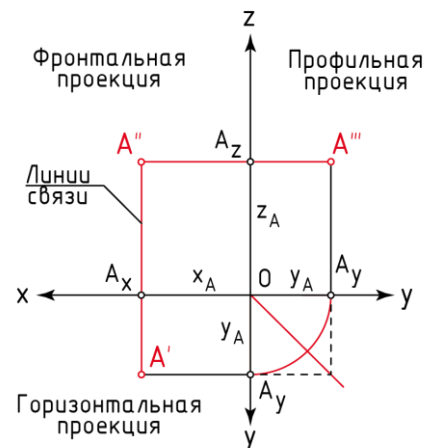


Рисунок 4 – Проекция точки A общего положения

1.3.2 Прямая, отрезок. Положение прямой в пространстве определяется положением двух её точек, для построения проекций отрезка прямой линии достаточно построить проекции его концевых точек.

Отрезки (прямые), произвольно наклонённые к плоскостям проекций (рисунок 5), называют **отрезками общего положения**. Отрезки (прямые), параллельные или перпендикулярные к плоскостям проекций, называют **отрезками частного положения**.

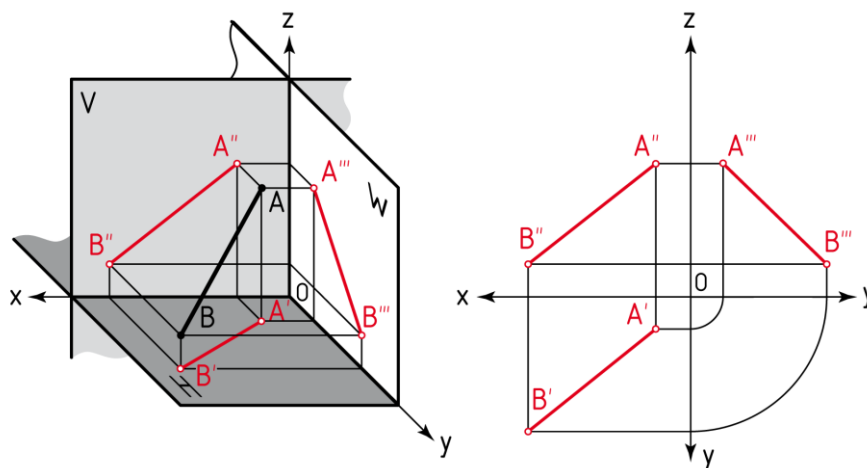


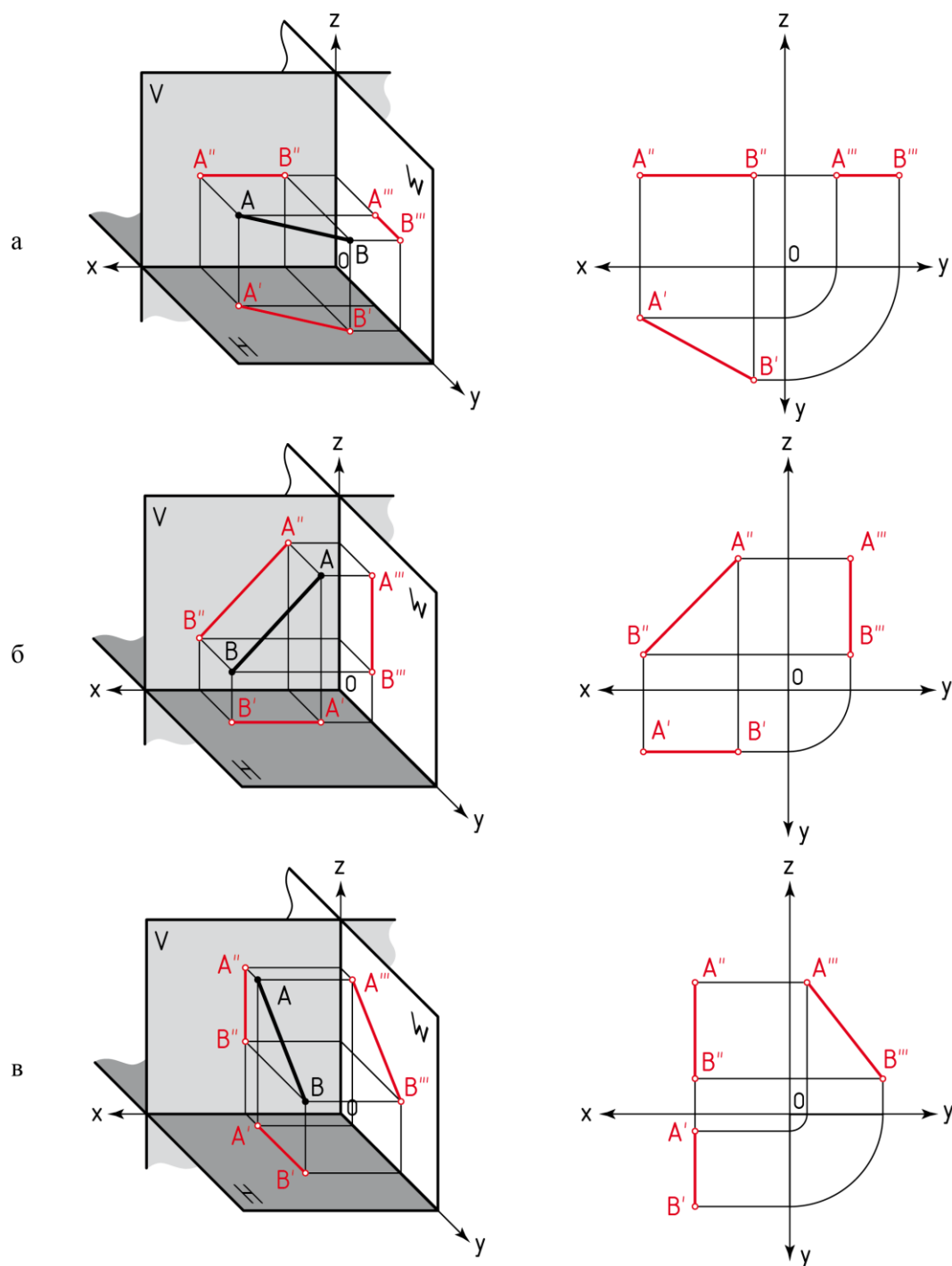
Рисунок 5 – Проекция отрезка AB на систему плоскостей проекций H , V и W

Отрезки (прямые), параллельные какой-либо плоскости проекций, называют **отрезками (прямыми) уровня**. Причём если отрезок параллелен горизонтальной плоскости проекций (рисунок 6, а), его называют **горизонтальным отрезком (прямой) уровня** или **горизонталью**, если фронтальной (рисунок 6, б) – **фронтальным отрезком (прямой) уровня** или **фронталью**, профильной (рисунок 6, в) – **профильным отрезком (прямой) уровня**.

Отрезок уровня проецируется без искажения (изменения длины) на ту плоскость проекций, которой он параллелен. На двух других плоскостях он изображается в виде отрезков, параллельных предполагаемому направлению соответствующих осей проекций. Так, у горизонтального отрезка уровня (см. рисунок 5, а) его фронтальная проекция параллельна оси x , профильная – оси y . У фронтального отрезка уровня (см. рисунок 5, б) горизонтальная проекция параллельна оси x , профильная – оси z .

Слово «уровень» в наименовании отрезка (прямой) уровня может быть опущено. Так, например, горизонтальный отрезок уровня называют **горизонтальным отрезком** и т. д.

Отрезки (прямые), перпендикулярные к какой-либо плоскости проекций, называют **проецирующими**. При этом добавляется наименование той плоскости, к которой отрезок перпендикулярен. В данном случае проекция перпендикулярного отрезка на плоскости, к которой он перпендикулярен, представляет собой точку, иначе говоря, проекция отрезка на плоскости вырождается в точку.



а – горизонтальный отрезок уровня; б – фронтальный отрезок уровня;
в – профильный отрезок уровня

Рисунок 6 – Проекции отрезков частного положения

Точки пересечения прямой с плоскостью проекций называются **следами прямой** (рисунок 7). Прямые общего положения имеют три следа: горизонтальный, фронтальный и профильный. Прямые частного положения, как правило, имеют два следа. Проецирующие прямые имеют один след.

На рисунке 7 показано построение на чертеже фронтального и горизонтального следов прямой AB .

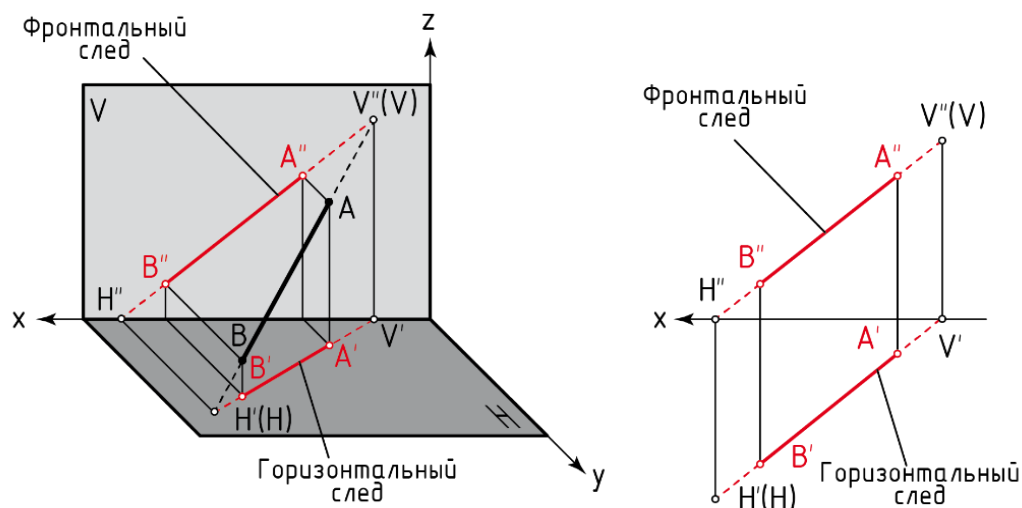


Рисунок 7 – Построение следов прямой AB

1.3.3 Плоскость. Плоскость на чертежах может быть задана несколькими способами:

- 1) проекциями трёх точек, не лежащих на одной прямой;
- 2) проекциями прямой (отрезка) и точки, не лежащей на прямой;
- 3) проекциями двух параллельных прямых (отрезков);
- 4) проекциями двух пересекающихся прямых (отрезков);
- 5) проекциями любой плоской фигуры (треугольника, квадрата и т. д.).

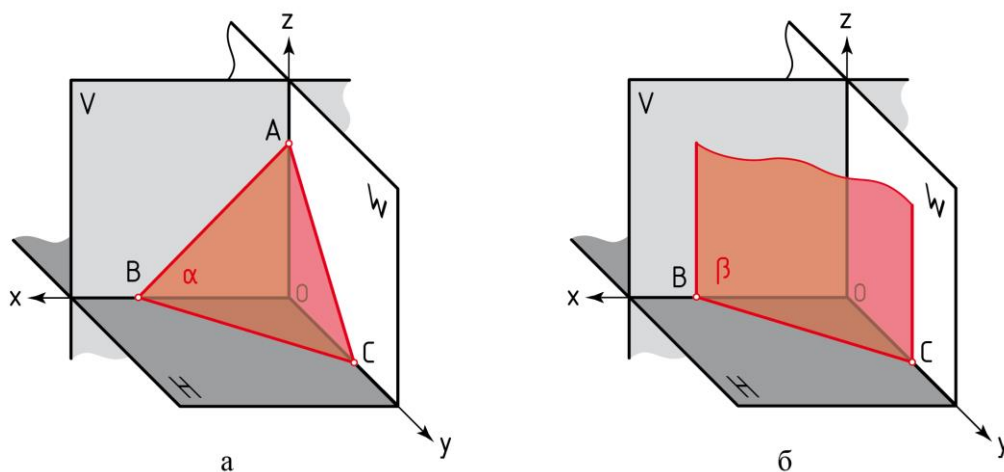
Следом плоскости называется линия пересечения плоскости с плоскостью проекции. **Горизонтальным следом плоскости** называется линия пересечения плоскости с плоскостью проекций H , **фронтальным следом плоскости** – с плоскостью проекций V , а **профильным следом плоскости** – с плоскостью проекций W .

Плоскость, не параллельная и не перпендикулярная ни одной из плоскостей проекций (т. е. расположенная под углом ко всем плоскостям проекций), называется **плоскостью общего положения** (рисунок 8, а). Плоскость общего положения имеет три следа, расположенные под углом ко всем плоскостям проекций.

Плоскостями частного положения называются плоскости, расположенные параллельно одной плоскости проекций и, следовательно, перпендикулярно двум остальным, а также плоскости, расположенные перпендикулярно одной плоскости проекций (рисунок 8, б).

Плоскость, перпендикулярная к одной из плоскостей проекций, называется **проецирующей**. Такая плоскость изображается на плоскости проекций, к которой она перпендикулярна, в виде прямой линии (см. рисунок 8, б).

Плоскость, параллельная какой-либо из плоскостей проекций, называется **плоскостью уровня** (рисунок 9). Плоскости уровня являются проецирующими, т. к. они, будучи параллельными одной плоскости проекций, перпендикулярны к двум другим и поэтому изображаются на них в виде прямых линий.



а – плоскость общего положения; б – горизонтально проецирующая плоскость
Рисунок 8 – Следы плоскости в прямоугольных проекциях

1.3.4 Поверхности, тела. *Поверхность* –

множество взаимосвязанных точек в пространстве, чаще всего представляющее собой плоскость, подвергнутую каким-либо деформациям (растяжениям, сжатиям, изгибам и т. п.). Плоскость является частным случаем поверхности. Несколько пересекающихся плоскостей тоже являются ломаной поверхностью.

Тело – множество точек пространства, ограниченных замкнутой поверхностью, которая является его границей.

Многогранник – геометрическое тело, поверхность которого ограничена плоскостями – **гранями**. Линии пересечения граней называются **рёбрами**. По количеству граней (включая основания), образующих его поверхность, многогранник называют четырёх-, пяти-, шестигранником и т. д. На чертеже многогранник задают проекциями его граней и рёбер (рисунок 10), которые образуют характерные очерки многогранника (**очерк** – линии видимого контура, ограничивающие область проекции на поле чертежа).

Призма и пирамида – геометрические многогранники (тела), которые часто применяются при формообразовании различных деталей. Основанием призмы (пирамиды) может быть любой многоугольник, по количеству сторон которого её называют треугольной, четырёхугольной и т. д. Такое название соответствует изображению многогранника на чертеже, по которому определяется многоугольник основания, что позволяет создать в воображении соответствующий пространственный образ.

Призма как геометрическое тело имеет два параллельных основания, боковые грани и параллельные ребра. Призму называют **правильной**, если её основаниями являются правильные многоугольники, **прямой**, если её ребра перпендикулярны основанию, и **наклонной** – в остальных случаях.

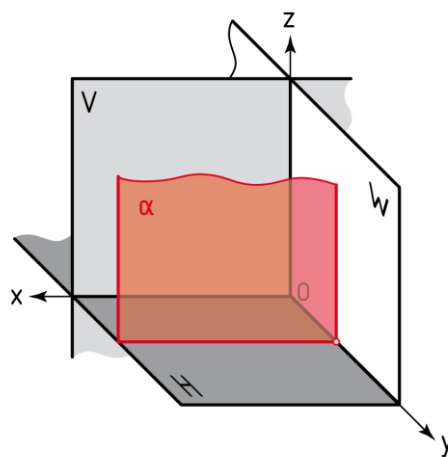


Рисунок 9 – Плоскость уровня

Пирамида как геометрическое тело имеет основание и вершину, объединяющую все её ребра. Пирамиду называют **правильной**, если её основанием является правильный многоугольник, а высота пирамиды проходит через его центр. Пирамида называется **наклонной**, если основание высоты не лежит в центре окружности, в которую вписан многоугольник её основания. Пирамида со срезанной вершиной имеет два основания и называется **усечённой**.

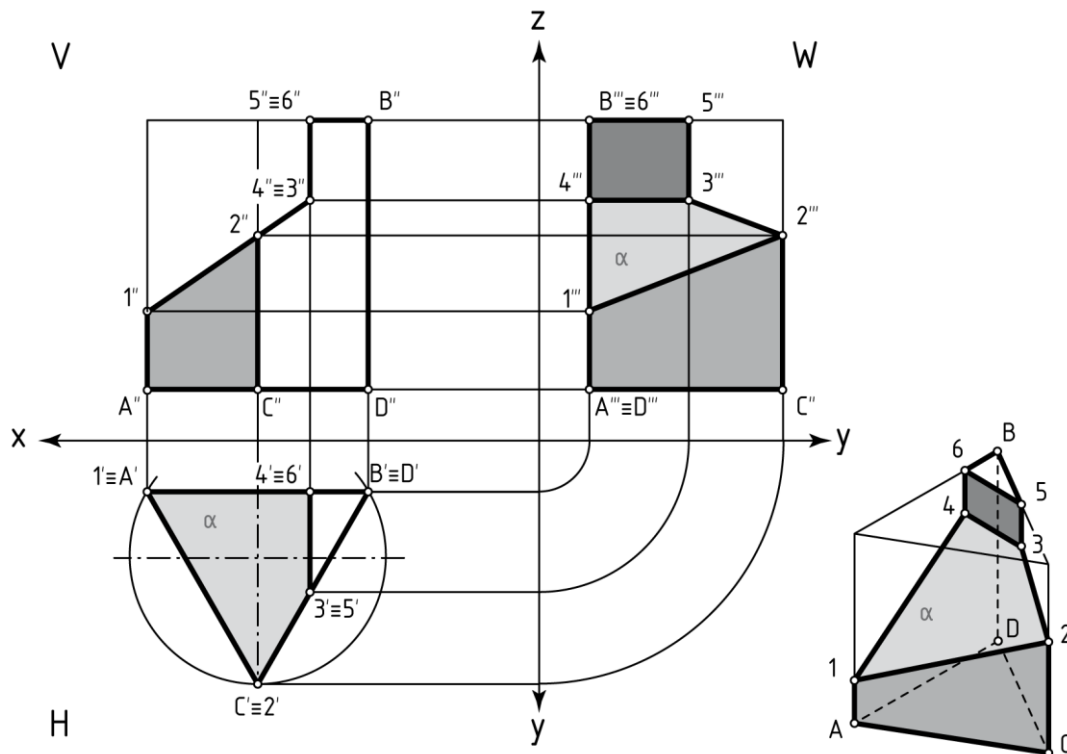


Рисунок 10 – Прямоугольные проекции треугольной призмы со срезами плоскостей

Конус – геометрическое тело вращения, состоящее из круга – **основания конуса**, точки, не лежащей в плоскости этого круга, – **вершины конуса** и всех отрезков, соединяющих вершину конуса с точками основания. Конус называется **прямым**, если прямая, соединяющая вершину конуса с центром основания, перпендикулярна плоскости основания.

Цилиндр – геометрическое тело, которое состоит из двух кругов, совмещаемых параллельным переносом, и всех отрезков, соединяющих соответствующие точки этих кругов. Круги называются **основаниями цилиндра**, а отрезки, соединяющие соответствующие точки окружностей кругов, – **образующими цилиндра**. Цилиндр называется **прямым**, если его образующие перпендикулярны плоскостям основания.

Тор – геометрическая фигура, образованная вращением круга вокруг прямой, лежащей в плоскости этого круга, но не пересекающей его.

Шар – геометрическое тело вращения, образованное вращением полукруга около его неподвижного диаметра. Этот диаметр называется **осью** шара, а оба конца указанного диаметра – **полюсами шара**. Также шар можно определить, как совокупность всех точек пространства, находящихся от центра на расстоянии, не больше заданного. Это расстояние называется **радиусом** шара.

1.4 Решение метрических задач

Метрическими называются задачи на измерение величин отрезков, углов натуральных величин плоских фигур.

При изображении различных геометрических фигур всегда стремятся располагать их по отношению к плоскостям проекций так, чтобы они занимали частные положения. Это позволяет непосредственно по проекциям судить о размерах и форме изображаемых фигур, определять взаимное положение фигур, а также решать другие метрические задачи.

В тех случаях, когда не удаётся расположить изображаемую фигуру или отдельные её части (например рёбра, грани) в частных положениях, для решения метрических задач прибегают к **преобразованию проекций**. Одним из способов преобразования проекций является **перемена плоскостей проекций**.

1.4.1 Перемена плоскостей проекций. Способ заключается в том, что изображаемую фигуру (отрезок прямой, многоугольник, тело), не меняя её положения в пространстве, проецируют на новую дополнительную плоскость проекций, заменившую одну из основных плоскостей H или V . Дополнительная плоскость проекций образует с плоскостями H или V новые системы двух взаимно перпендикулярных плоскостей проекций. Положение дополнительной плоскости проекций выбирают в зависимости от поставленной задачи.

Сущность способа перемены плоскостей проекций рассмотрим на примере определения длины отрезка AB прямой общего положения (рисунок 11).

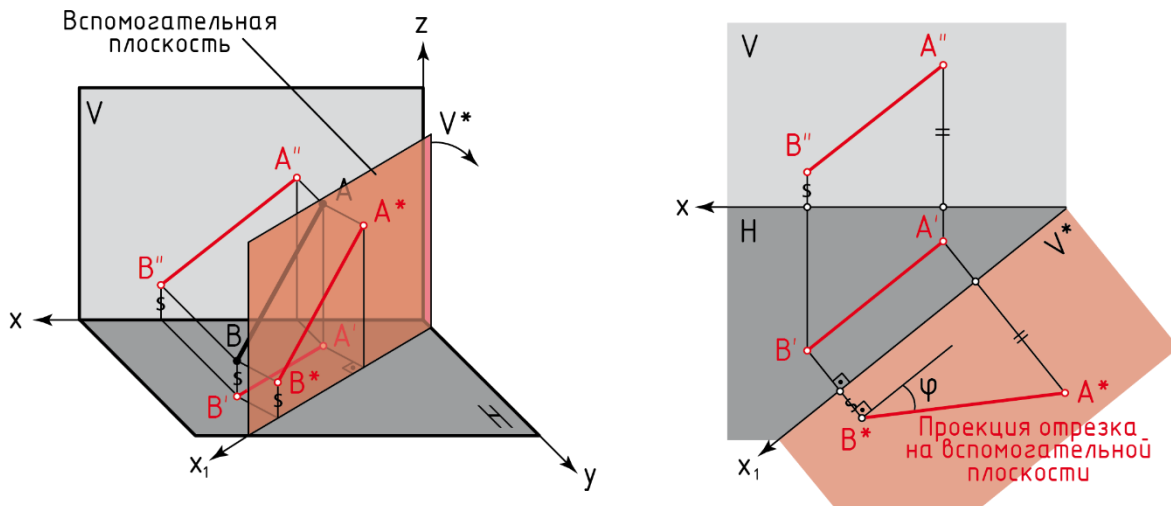


Рисунок 11 – Построение вспомогательной проекции отрезка

Известно, что отрезок прямой проецируется на плоскость проекций без искажения, если он ей параллелен. Поэтому для определения длины отрезка прямой необходимо задать дополнительную плоскость, например V^* , параллельную отрезку AB . Плоскость V^* должна быть также перпендикулярна плоскости H . Расстояние от плоскости V^* до отрезка AB выбирают произвольно.

Плоскости проекций H и V^* образуют новую систему двух взаимно перпендикулярных плоскостей проекций $H \perp V^*$. Плоскости H и V^* пересекаются по прямой x_1 – новой оси проекций. В данном примере новая ось $x_1 \parallel A'B'$.

Проекцию отрезка AB на дополнительную плоскость V^* строят обычным путём. Через точки A и B проводят прямые, перпендикулярные плоскости V^* , и в пересечении этих прямых с плоскостью V^* получают новые проекции точек A и B . Их обозначают A^* и B^* . Соединив точки A^* и B^* прямой линией, получают новую проекцию отрезка A^*B^* .

1.4.2 Определение натуральной величины отрезка. На рисунке 11 видно, что отрезок общего положения AB является отрезком уровня в новых плоскостях проекций $H \perp V^*$. Так как отрезок AB параллелен плоскости проекций V^* , то он проецируется на неё без искажения. Это значит, что длина полученной проекции A^*B^* равна длине самого отрезка AB . При этом угол φ является натуральной величиной угла между отрезком AB и плоскостью проекций H .

1.4.3 Определение натуральной величины плоского многоугольника. Плоская фигура проецируется на плоскость проекций без искажения, если она расположена параллельно этой плоскости. Поэтому, чтобы определить натуральную величину плоской фигуры, надо спроецировать её на дополнительную плоскость, параллельную заданной фигуре.

Например, определим натуральную величину четырёхугольника $ABCD$ (рисунок 12), который расположен перпендикулярно плоскости V и наклонен к плоскости H . Вначале воспользуемся дополнительной плоскостью H^* , которую зададим параллельно плоскости четырёхугольника и перпендикулярно плоскости V , т. е. проведём ось проекций $x_1 \parallel A'C'$.

Для построения проекции четырёхугольника на плоскости H^* проведём через точки A'', B'', C'', D'' линии связи, перпендикулярные оси x . На этих линиях от оси x_1 отложим отрезки, взятые с горизонтальной проекции, и получим точки A^*, B^*, C^* и D^* . Эти точки последовательно соединим прямыми линиями и получим четырёхугольник $A^*B^*C^*D^*$, равный натуральной величине четырёхугольника $ABCD$.

Определение натуральных величин неплоских геометрических фигур определяется методом построения развёртки и более подробно рассмотрено в подразделе 1.6 настоящего пособия.

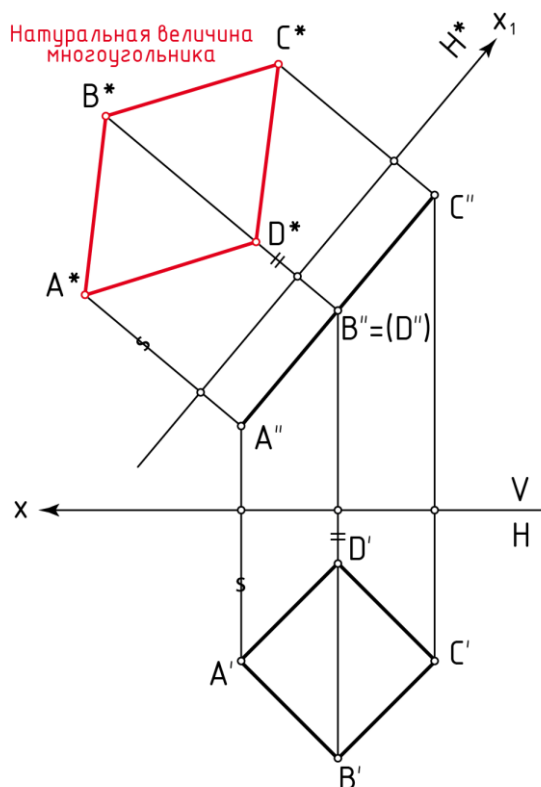
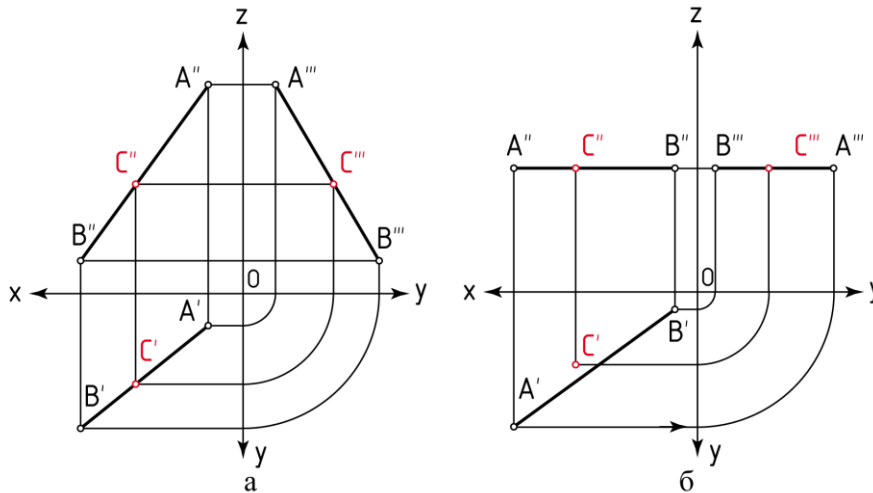


Рисунок 12 – Определение натуральной величины многоугольника

1.5 Решение позиционных задач

В позиционных задачах определяется положение геометрических фигур (точек, прямых, плоскостей и других геометрических тел) относительно плоскости проекций, а также устанавливается их взаимное расположение.

1.5.1 Взаимное положение прямой (отрезка) и точки. Если точка принадлежит прямой (отрезку), то её проекции лежат на одноименных проекциях этой прямой и на одной линии проекционной связи. На рисунке 13, а показано построение точки C , лежащей на отрезке AB .



а – прямая общего положения; б – профильная прямая

Рисунок 13 – Точка, принадлежащая отрезку

На рисунке 13, б показан частный случай расположения точки и прямой, когда только две проекции точки лежат на одноименных проекциях прямой, и сама точка не принадлежит прямой, т. к. третья проекция точки не лежит на проекции прямой.

1.5.2 Взаимное положение прямых линий (отрезков). Прямые линии или их отрезки могут занимать относительно друг друга следующие положения: быть параллельными, пересекаться или скрещиваться. О взаимном положении двух прямых (отрезков) судят по расположению их проекций.

Если прямые **параллельны**, то их одноименные проекции параллельны между собой. Если две прямые **пересекаются**, то их одноименные проекции также пересекаются и точки пересечения любой пары одноименных проекций располагаются на общей для них линии связи.

Если две прямые не параллельны друг другу и не пересекаются, то, следовательно, они **скрещиваются**. Одноименные проекции скрещивающихся прямых могут пересекаться, но в отличие от пересекающихся прямых пара точек пересечения одноименных проекций не лежит на общей линии связи. Это происходит потому, что точка пересечения одноименных проекций скрещивающихся прямых представляет собой проекцию двух точек.

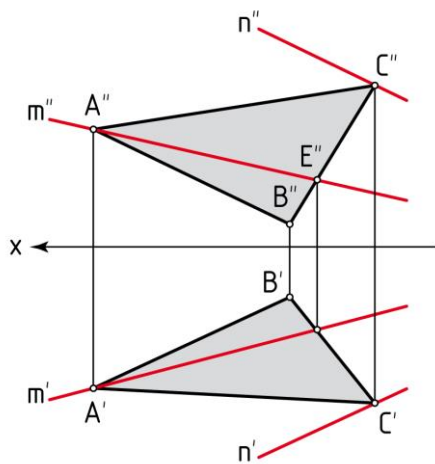


Рисунок 14 – Принадлежность прямой плоскости

На рисунке 14 проекции прямой m проходят через проекции A – проекции вершины A треугольника ABC – и проекции E – проекции точки пересечения прямой AE со стороной BC треугольника ABC . Прямая AE имеет с треугольником ABC две общие точки A и E , следовательно, прямая AE принадлежит плоскости, которая задана треугольником ABC .

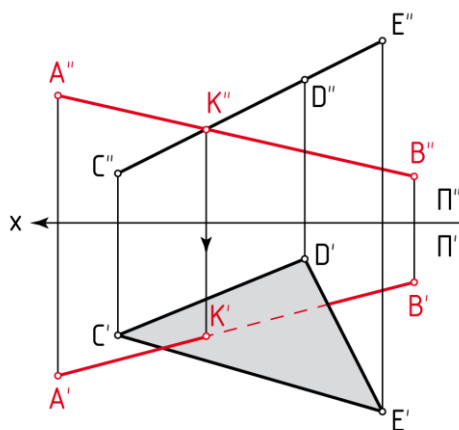


Рисунок 15 – Пересечение прямой и плоскости частного положения

На рисунке 15 фронтальная проекция K'' точки пересечения прямой AB с треугольником CDE определяется в пересечении проекций $A''B''$ и $C''E''$, т. к. треугольник проецируется на плоскость Π'' в виде прямой линии. Найдя точку K'' определяем положение проекции K' . Так как прямая AB в направлении от K к B находится под треугольником, то на чертеже часть горизонтальной проекции прямой проведена штриховой линией.

1.5.3 Взаимное положение прямой (отрезка) и плоскости. При определении взаимного положения прямой и плоскости возможны следующие варианты: прямая принадлежит плоскости, прямая параллельна плоскости, прямая пересекает плоскость.

Прямая принадлежит плоскости, если выполняется хотя бы одно из условий:

- она проходит через две точки, принадлежащие данной плоскости;
- она проходит через точку, принадлежащую данной плоскости, и параллельна прямой, находящейся в этой плоскости.

На рисунке 14 проекции прямой n параллельны проекциям стороны AB треугольника ABC ($n' \parallel A'B'$ и $n'' \parallel A''B''$) и проходят через одноименные проекции точки C , принадлежащей треугольнику ABC . Следовательно, прямая n принадлежит плоскости, которая задана треугольником ABC , т. к. она проходит через точку, принадлежащую треугольнику, и параллельна одной из его сторон.

1.5.4 Параллельность прямой и плоскости. Прямая параллельна плоскости, если она параллельна прямой, лежащей в этой плоскости.

1.5.5 Пересечение прямой (отрезка) с плоскостью частного положения. Плоскость частного положения (проецирующая плоскость), перпендикулярная к плоскости проекций, проецируется на плоскость в виде прямой линии. На этой прямой (проекция плоскости) должна находиться соответствующая проекция точки, в которой некоторая прямая пересекает такую плоскость.

На рисунке 15 фронтальная проекция K'' точки пересечения прямой AB с треугольником CDE определяется в пересечении проекций $A''B''$ и $C''E''$, т. к. треугольник проецируется на плоскость Π'' в виде прямой линии. Найдя точку K'' определяем положение проекции K' . Так как прямая AB в направлении от K к B находится под треугольником, то на чертеже часть горизонтальной проекции прямой проведена штриховой линией.

1.5.6 Пересечение прямой (отрезка) с плоскостью общего положения.

Для построения точки пересечения прямой с плоскостью общего положения пользуются следующим алгоритмом:

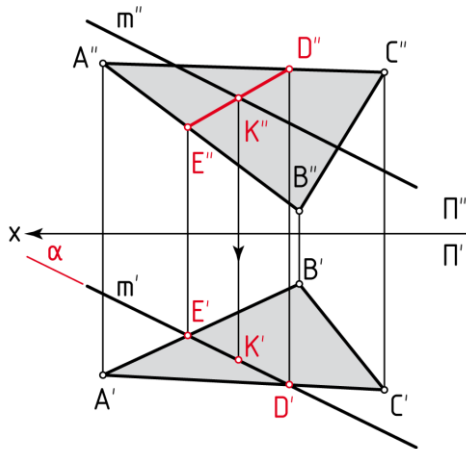


Рисунок 16 – Пересечение прямой и плоскости общего положения

а) через данную прямую проводят некоторую вспомогательную плоскость α ;

б) строят прямую пересечения данной плоскости и вспомогательной α ;

в) определяют положение точки пересечения прямых – данной прямой и построенной прямой.

На рисунке 16 показано построение точки пересечения прямой m с плоскостью общего положения, заданной треугольником ABC .

Через прямую m проведена вспомогательная горизонтально-проецирующая плоскость α , в данном случае указанная только одним следом, проходящим через проекцию m' . Плоскость α пересекает ABC по прямой DE . По точкам $D'E'$ найдены фронтальные проекции $E''D''$ и тем самым определена прямая ED , по которой вспомогательная плоскость α пересекает данную плоскость ABC . Затем найдена точка K'' , в которой фронтальная проекция прямой, непосредственно пересекает проекцию $E''D''$. После этого остаётся найти горизонтальную проекцию точки пересечения – точку K' .

1.5.7 Взаимное положение плоскостей. При определении взаимного положения плоскостей возможны следующие варианты: плоскости параллельны друг другу (частный случай – плоскости совпадают), плоскости пересекаются (частный случай – плоскости перпендикулярны). Результатом пересечения плоскостей является прямая, называемая *линией пересечения*.

Построение линии пересечения двух плоскостей сводится к нахождению двух точек, общих для этих двух плоскостей. Для построения линии пересечения этого достаточно, т. к. линия пересечения (прямая) задаётся двумя точками. При пересечении проецирующей плоскости с плоскостью общего положения одна из проекций линии пересечения совпадает со следом плоскости, находящимся в той плоскости проекций, к которой перпендикулярна проецирующая плоскость.

1.5.8 Пересечение плоскостей общего положения. Чаще всего плоскости общего положения задаются проекциями треугольников, лежащих в этих плоскостях. Алгоритм построения линии пересечения плоскостей, заданных проекциями треугольников имеет следующий вид:

а) определяем точку M пересечения отрезка AC с плоскостью треугольника DEF , применив горизонтально-проецирующую плоскость α . Для выполнения этой операции используем алгоритм пункта 1.5.5 (см. рисунок 16);

б) определяем точку N пересечения отрезка BC с плоскостью треугольника DEF , применив горизонтально-проецирующую плоскость β . Для выполнения этой операции используем алгоритм пункта 1.5.5 (см. рисунок 16);

в) строим линию пересечения двух треугольников MN и определяем видимость. Точки M и N при решении задачи могут оказаться за пределами треугольников, их соединяют прямой линией (при необходимости продлевают). Линией пересечения является та часть линии MN , которая принадлежит двум треугольникам одновременно.

На рисунке 17 дано построение линии пересечения двух треугольников ABC и DEF с указанием видимых и невидимых участков этих треугольников.

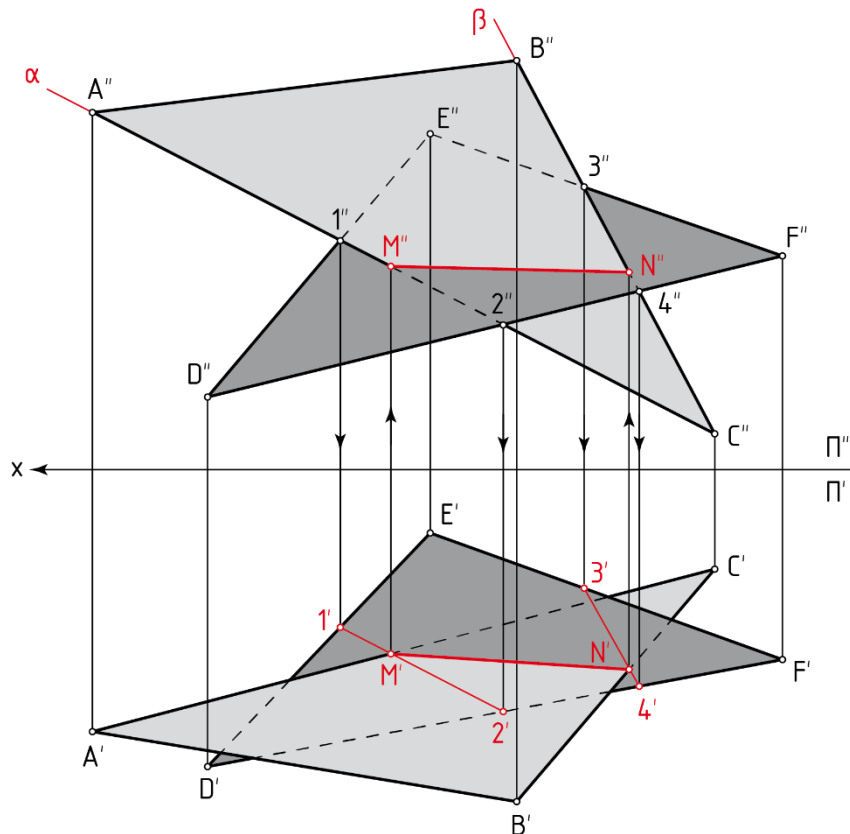


Рисунок 17 – Пересечение плоскостей общего положения

1.5.9 Сечение многогранников плоскостью. Основная форма геометрических тел может быть изменена путём плоских срезов. При пересечении многогранника плоскостью получается плоская фигура, множество точек которой принадлежит как плоскости, называемой *секущей плоскостью*, так и геометрическому телу. Плоская фигура называется *сечением*, а ограничивающая её замкнутая линия – *линией сечения*.

Число сторон сечения равно числу пересечённых граней. Стороны сечения представляют собой линии пересечения граней многогранника и секущей плоскости, а его вершины – точки пересечения рёбер многогранника с секущей плоскостью. Таким образом, для решения задачи на построение сечения многогранника плоскостью необходимо уметь: 1) строить линии пересечения двух плоскостей; 2) определять точки пересечения прямой с плоскостью.

1.5.10 Сечение многогранников плоскостью частного положения. Рассмотрим данную ситуацию на примере построения пирамиды, усечённой горизонтально-проецирующей плоскостью α (рисунок 18).

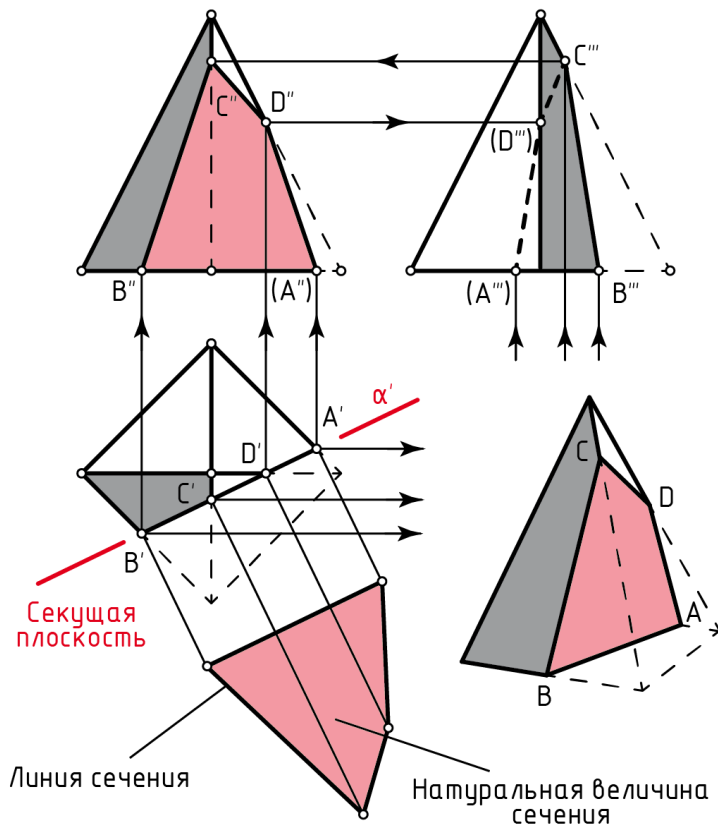


Рисунок 18 – Сечение пирамиды плоскостью частного положения

Горизонтальные проекции фигуры сечения и плоскости α совпадают. По ним можно заключить, что плоскость α пересекает основание пирамиды по отрезку AB , а три её боковые грани – по отрезкам BC , CD и AD , т. е. фигура сечения представляет собой четырёхугольник $ABCD$. Фронтальную проекцию фигуры сечения получают, проведя через точки A' , B' , C' и D' линии связи и продолжив их до пересечения с фронтальными проекциями соответствующих рёбер пирамиды в точках A'' , B'' и D'' . Фронтальную проекцию точки C , принадлежащей ребру, параллельному плоскости W , находят, построив вначале её профильную проекцию – точку C''' . Профильные проекции точек A , B и D строят по двум име-

ющимся проекциям. Соединив одноимённые проекции вершин четырёхугольника $ABCD$ и отметив видимые и невидимые его стороны, получают проекции четырёхугольника на плоскостях V и W .

Для определения натуральной величины сечения $ABCD$ используют дополнительную плоскость проекций, параллельную секущей плоскости α .

1.5.11 Сечение тел вращения плоскостью общего положения. Особенностью таких тел является наличие неплоской поверхности. Чаще всего для построения линии пересечения такой поверхности плоскостью общего положения следует применять *вспомогательные плоскости*. Точки искомой линии определяются в пересечении линий, по которым вспомогательные секущие плоскости пересекают данную поверхность и плоскость.

В качестве примера рассмотрим пересечение прямого конуса с фронтальной плоскостью α .

На рисунке 19, а представлен общий принцип применения вспомогательной плоскости. Фронтальные проекции случайных точек C'' и D'' усечённого конуса принадлежат секущей плоскости и поверхности конуса одновременно (принадлежат линии пересечения). Для нахождения горизонтальных проекций этих

точек строится линия пересечения конуса с фронтальной вспомогательной плоскостью β , проведённой через точки C и D . Построив известную нам линию пересечения плоскости β с конусом (линия пересечения представляет собой окружность) с помощью линий связи, найдём горизонтальные проекции C' и D' .

Точки A и B (см. рисунок 19) называются **характерными** – габаритные точки, определяющие наибольшие размеры линии сечения по высоте и ширине; точки, лежащие на крайних образующих и образующих, проекции которых совпадают с осевыми линиями. По расположению этих точек можно представить характер искомой линии пересечения.

Точки C и D (см. рисунок 19) называются **промежуточными** – точки, которые располагаются между характерными. Их количество может быть разным и зависит от построений.

На рисунке 19, б показано детальное построение линии пересечения прямого конуса фронтально-проецирующей плоскостью α и построение натуральной величины сечения.

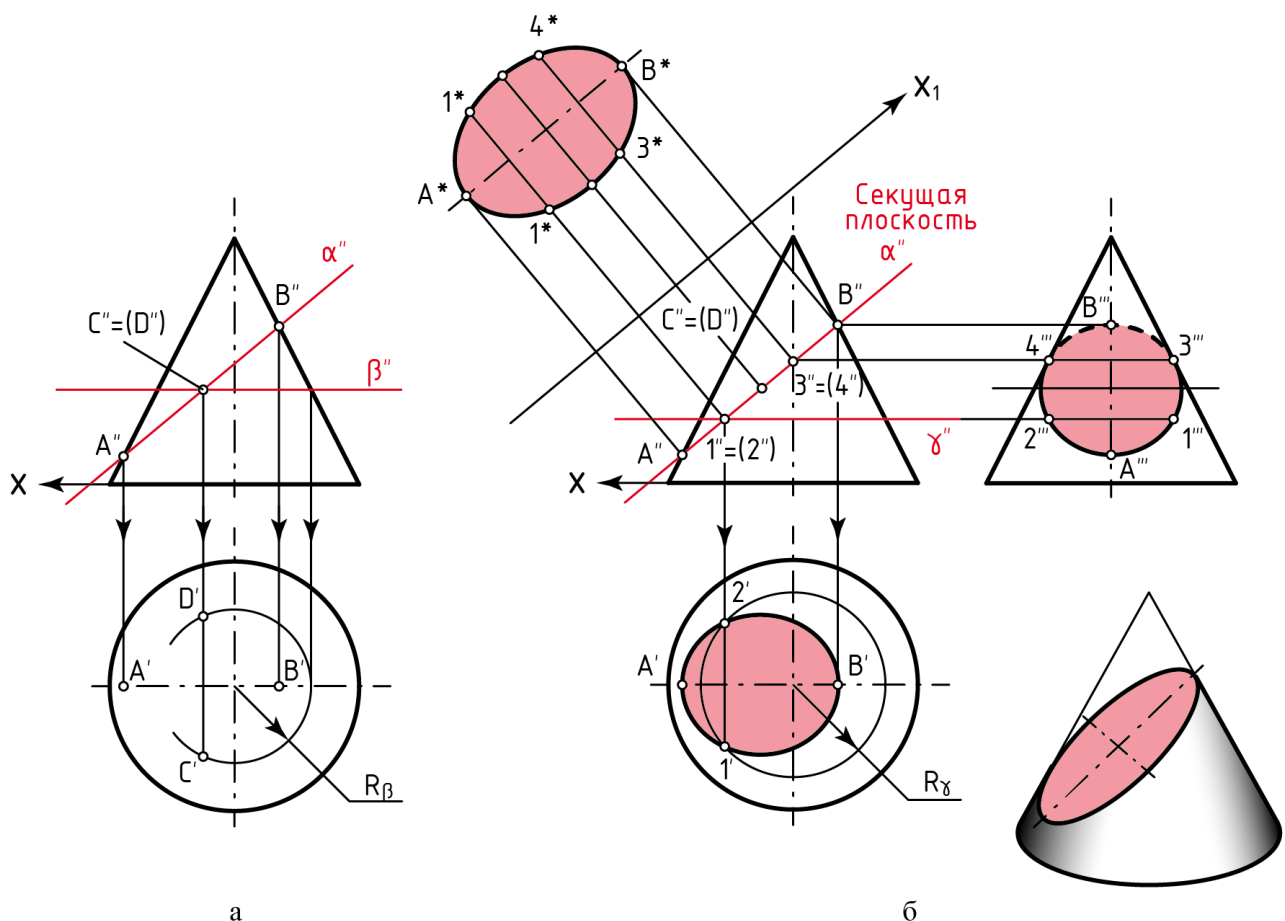


Рисунок 19 – Сечение прямого конуса фронтально-проецирующей плоскостью

1.6 Развёртки геометрических тел

Развёрткой называют плоскую фигуру, полученную путём совмещения всей поверхности, ограничивающей предмет, с одной плоскостью. Развёртки, как правило, необходимы при изготовлении изделий из листового материала.

Для построения развёртки необходимы натуральные величины геометрических фигур (граней), из которых состоит поверхность предмета. Если необходимые геометрические фигуры на проекциях искажены, то перед построением развёртки определяют их натуральную величину.

При построении развёртки стремятся сделать её более компактной, чтобы при изготовлении изделий израсходовать меньше материала.

1.6.1 Развёртка гранёной поверхности. Рассмотрим построение развёртки гранёных поверхностей на примере правильной треугольной пирамиды, усечённой горизонтально-проецирующей плоскостью α (рисунок 20). Поверхность усечённой пирамиды состоит из трёх боковых граней (ABS , $ACES$ и $BDES$), две из которых усечены, усечённого основания (четырёхугольника $ABDC$) и фигуры среза CED . Развёртку построим, разрезав пирамиду по рёбрам SE , ED , DB , CE и AC .

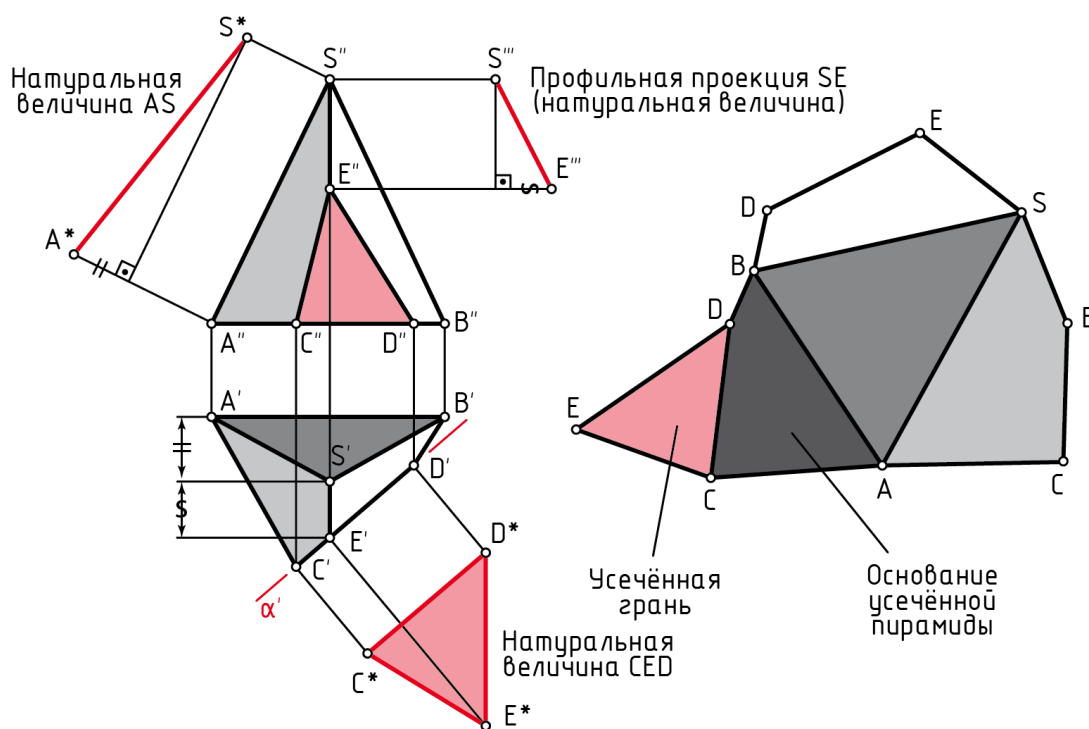


Рисунок 20 – Развёртка усечённой пирамиды

Для построения развёртки необходимо определить натуральные величины всех боковых рёбер пирамиды и фигуры среза CED . У заданной пирамиды боковые ребра SA и SB равны, поэтому определяют длину одного из них, например ребра SA . Усечённое ребро SE параллельно профильной плоскости W , поэтому

его профильная проекция $S'''E'''$ равна натуральной величине ребра SE . Для определения натуральной величины усечённой грани CDE использована дополнительная плоскость, параллельная плоскости среза α . Новая проекция $C^*D^*E^*$ равна натуральной величине CDE .

Усечённые боковые грани $ACES$ и $BDES$ имеют форму неправильных четырёхугольников. На развёртке их проще всего вычертить, если предварительно построить развёртку боковой поверхности целой (неусечённой) пирамиды, т. к. боковые рёбра такой пирамиды равны. Затем на усечённом боковом ребре откладывают отрезок SE , на ребре основания – AC и BD . Соединив прямыми линиями точки C, E и E, D , получают контур развёртки боковой поверхности усечённой пирамиды.

Основание усечённой пирамиды – четырёхугольник $ABDC$. Предварительно на развёртке строят основание, после чего на соответствующих сторонах можно отложить боковые грани. Фигура сечения CDE присоединена к основанию пирамиды своей стороной CD , которая является общей для этих фигур.

Развёртка может иметь иную форму, если поверхность пирамиды разрезать по другим рёбрам.

1.6.2 Развёртка конической и цилиндрической поверхностей. Рассмотрим построение конической и цилиндрической поверхностей на примере полной развёртки усечённого прямого кругового цилиндра (рисунок 21), поверхность которого состоит из боковой цилиндрической поверхности, нижнего основания, части верхнего основания и фигуры среза – неполного эллипса. Для построения развёртки необходимо определить только натуральную величину фигуры среза. Она получена на дополнительной плоскости, параллельной плоскости среза, – проекция $A^*B^*C^*D^*E^*$.

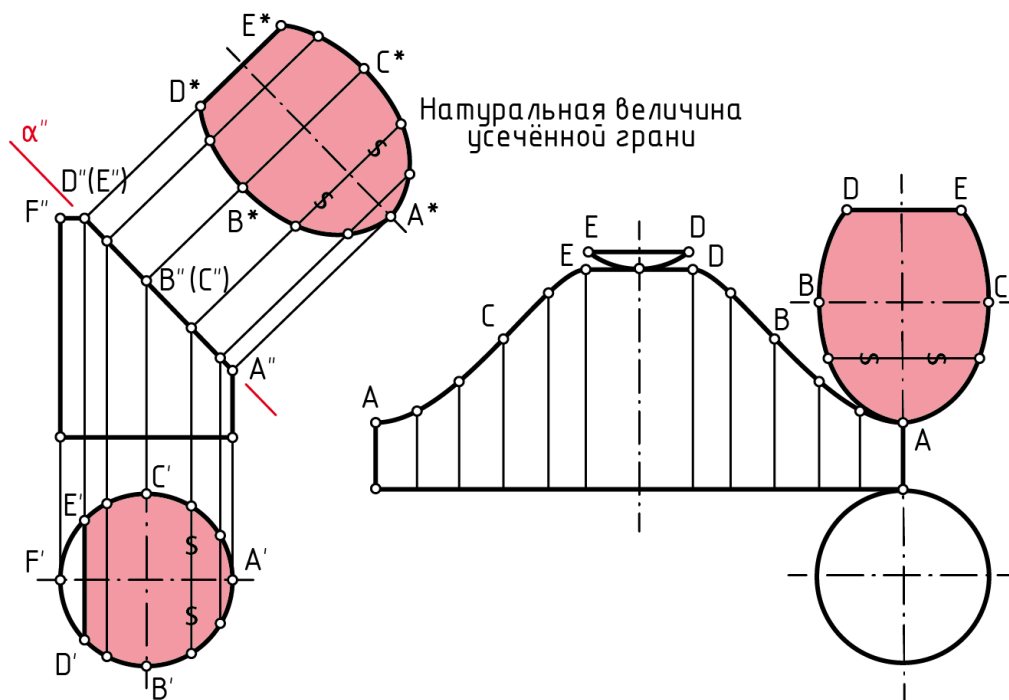


Рисунок 21 – Развёртка усечённого цилиндра

Построение развёртки начинают с изображения боковой поверхности целого цилиндра. Затем на развёртке вычерчивают линию среза – лекальную кривую. Для этого на боковую поверхность цилиндра и её развёртку наносят 12 образующих. На образующих развёртки откладывают их длину – отрезки, взятые с фронтальной проекции соответствующих образующих. Соединив последовательно концы усечённых образующих, получают линию среза.

К развёртке боковой поверхности присоединяют нижнее основание (круг диаметром $F'A'$), часть верхнего основания и фигуру сечения – неполный эллипс. Контур эллипса строят на развёртке с помощью хорд.

1.7 Построение аксонометрических проекций

Во многих случаях при выполнении технических чертежей оказывается необходимым наряду с изображением предметов в системе ортогональных проекций иметь изображения более наглядные. Для их построения применяют проекции, называемые **аксонометрическими**, или сокращённо – **аксонометрией**.

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что геометрическое тело вместе с осями прямоугольных координат, к которым эта система точек отнесена в пространстве, параллельно проецируется на некоторую плоскость. Следовательно, аксонометрическая проекция – прежде всего, проекция только на одной плоскости, а не на двух или более, как это имеет место в системе ортогональных проекций.

1.7.1 Изометрическая проекция. Положение аксонометрических осей приведено на рисунке 22, а. В такой проекции все три коэффициента искажения равны ($k_x = k_y = k_z = 0,82$). Однако для упрощения, как правило, проецирование выполняют без искажения по осям, т. е. приняв все коэффициенты равными 1.

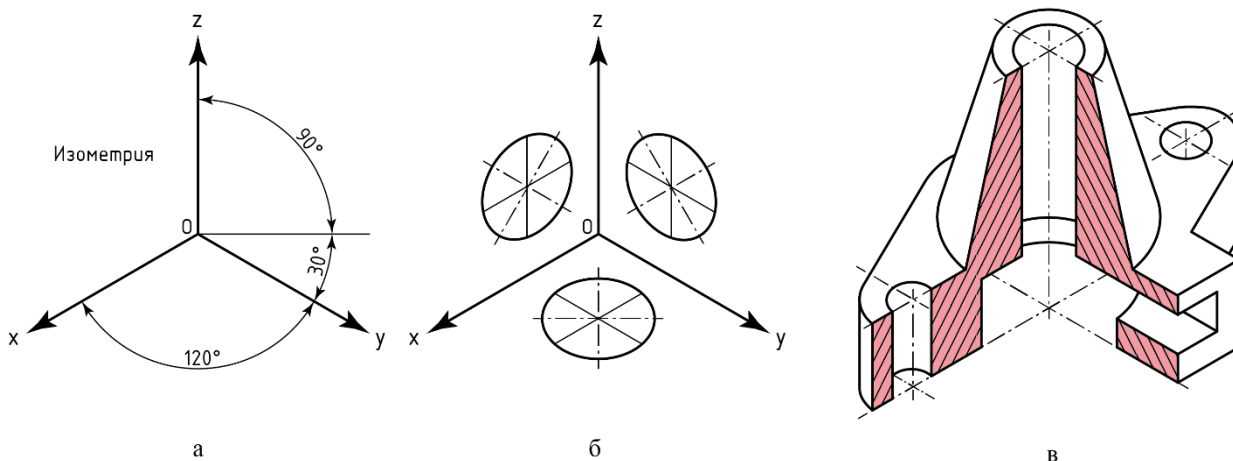


Рисунок 22 – К понятию изометрической проекции

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рисунок 22, б).

Если изометрическую проекцию выполняют без искажения по осям x, y, z , то большая ось эллипса равна 1,22, а малая ось – 0,71 диаметра окружности. Если изометрическую проекцию выполняют с искажением по осям x, y, z , то большая ось эллипса равна диаметру окружности, а малая ось – 0,58 диаметра окружности.

Пример изометрической проекции детали приведён на рисунке 22, в.

1.7.2 Диметрическая проекция. Положение диметрических осей приведено на рисунке 23, а. В такой проекции коэффициент искажения по оси y равен 0,47, а по осям x и z – 0,94. Однако для упрощения, как правило, диметрическую проекцию выполняют без искажения по осям x и z и с коэффициентом искажения 0,5 по оси y .

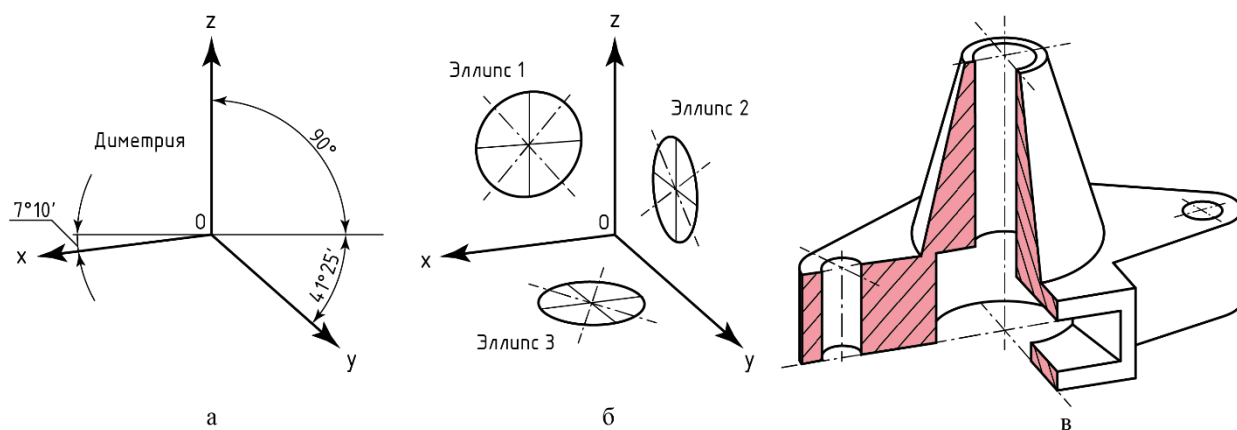


Рисунок 23 – К понятию диметрической проекции

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных плоскостям проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в эллипсы (рисунок 23, б).

Если диметрическую проекцию выполняют без искажения по осям x и z , то большая ось эллипсов равна 1,06 диаметра окружности, а малая ось эллипса 1 – 0,95, эллипсов 2 и 3 – 0,35 диаметра окружности. Если диметрическую проекцию выполняют с искажением по осям x и z , то большая ось эллипсов равна диаметру окружности, а малая ось эллипса 1 – 0,9, эллипсов 2 и 3 – 0,33 диаметра окружности.

Пример диметрической проекции детали приведён на рисунке 23, в.

1.7.3 Косоугольные проекции. К косоугольным проекциям относят *фронтальную изометрическую проекцию, горизонтальную изометрическую проекцию и фронтальную диметрическую проекцию*. Косоугольными они называются потому, что угол между проецирующей прямой и плоскостью проекций отличается от прямого.

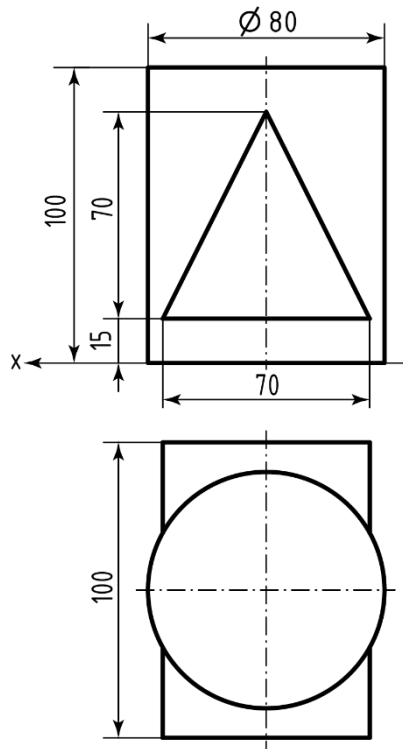
1.8 Задачи

1.8.1 Пересечение плоскостей. Построить фронтальную и горизонтальную проекции линии пересечения двух плоскостей общего положения ABC и DEF , заданных треугольниками, согласно варианту.

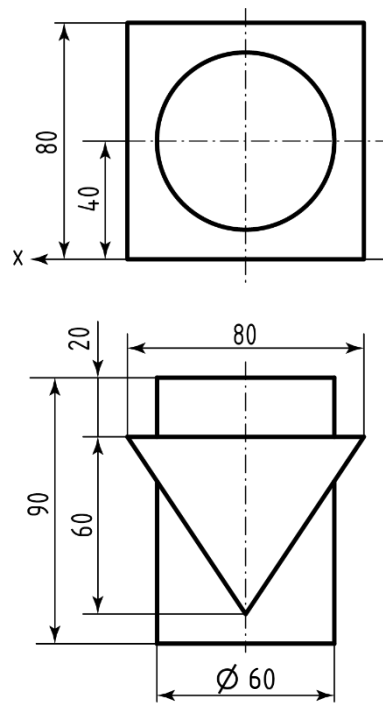
Вариант	Координаты (x, y, z) точек					
	A	B	C	D	E	F
1	(130; 75; 70)	(100; 10; 10)	(30; 45; 50)	(130; 20; 40)	(100; 80; 80)	(10; 20; 30)
2	(130; 50; 65)	(30; 75; 65)	(80; 20; 0)	(130; 70; 40)	(15; 30; 60)	(100; 10; 0)
3	(130; 80; 0)	(70; 10; 80)	(20; 20; 25)	(130; 55; 55)	(20; 45; 75)	(70; 0; 0)
4	(130; 0; 40)	(75; 70; 70)	(20; 30; 10)	(120; 70; 0)	(90; 0; 80)	(20; 15; 70)
5	(130; 60; 35)	(20; 50; 90)	(85; 10; 10)	(120; 40; 50)	(60; 0; 80)	(20; 70; 10)
6	(120; 0; 75)	(20; 55; 15)	(65; 80; 0)	(130; 30; 0)	(20; 0; 35)	(85; 80; 80)
7	(20; 10; 0)	(130; 5; 20)	(65; 70; 60)	(10; 40; 30)	(75; 20; 75)	(130; 80; 20)
8	(115; 80; 0)	(85; 20; 65)	(10; 40; 50)	(125; 10; 10)	(45; 70; 70)	(10; 0; 10)
9	(130; 65; 70)	(10; 40; 50)	(55; 0; 0)	(120; 40; 0)	(70; 0; 80)	(10; 65; 50)
10	(120; 0; 70)	(10; 30; 30)	(70; 70; 0)	(130; 20; 0)	(90; 80; 80)	(30; 0; 20)
11	(120; 10; 40)	(10; 80; 75)	(30; 10; 0)	(75; 80; 0)	(120; 40; 20)	(50; 0; 80)
12	(130; 70; 20)	(20; 70; 70)	(50; 10; 0)	(35; 80; 5)	(120; 50; 40)	(85; 10; 70)
13	(130; 80; 0)	(90; 10; 70)	(10; 10; 20)	(120; 40; 30)	(70; 10; 0)	(10; 50; 60)
14	(130; 65; 80)	(20; 35; 10)	(90; 10; 0)	(105; 10; 55)	(130; 45; 20)	(35; 80; 0)
15	(0; 60; 60)	(130; 40; 35)	(35; 5; 10)	(0; 40; 30)	(35; 0; 0)	(115; 25; 50)
16	(120; 30; 70)	(15; 30; 80)	(100; 70; 15)	(40; 30; 20)	(130; 10; 40)	(85; 70; 70)
17	(130; 60; 70)	(20; 50; 40)	(90; 10; 10)	(0; 20; 40)	(60; 20; 10)	(130; 60; 40)
18	(130; 20; 60)	(10; 20; 60)	(100; 70; 10)	(0; 40; 5)	(50; 5; 60)	(120; 60; 70)
19	(130; 10; 10)	(80; 80; 75)	(20; 40; 50)	(115; 0; 65)	(20; 10; 65)	(0; 60; 20)
20	(10; 20; 60)	(70; 70; 0)	(130; 0; 60)	(50; 20; 10)	(5; 40; 40)	(80; 80; 70)
21	(130; 65; 60)	(15; 80; 40)	(80; 20; 0)	(130; 20; 75)	(90; 80; 20)	(45; 65; 25)
22	(130; 0; 60)	(15; 65; 45)	(65; 0; 0)	(110; 20; 70)	(25; 20; 40)	(55; 60; 15)
23	(15; 60; 70)	(130; 50; 55)	(45; 10; 10)	(110; 75; 20)	(25; 75; 20)	(10; 30; 55)
24	(30; 70; 50)	(110; 40; 80)	(85; 0; 0)	(65; 0; 85)	(130; 30; 55)	(110; 60; 15)
25	(130; 60; 25)	(20; 60; 75)	(45; 15; 10)	(115; 35; 40)	(85; 65; 10)	(20; 0; 60)
26	(20; 15; 40)	(130; 0; 70)	(85; 65; 0)	(10; 55; 70)	(35; 20; 20)	(110; 20; 20)
27	(105; 55; 70)	(10; 35; 50)	(55; 10; 10)	(120; 25; 25)	(80; 60; 0)	(40; 25; 90)
28	(20; 20; 0)	(70; 60; 60)	(130; 10; 0)	(35; 10; 55)	(110; 0; 35)	(95; 60; 0)
29	(110; 60; 5)	(20; 25; 45)	(130; 0; 60)	(20; 25; 30)	(55; 0; 0)	(130; 50; 40)
30	(130; 30; 10)	(50; 60; 70)	(20; 0; 30)	(10; 10; 60)	(110; 10; 50)	(85; 60; 0)

1.8.2 Пересечение геометрических тел. Построить горизонтальную и профильную проекции линии пересечения двух геометрических тел, согласно заданному варианту.

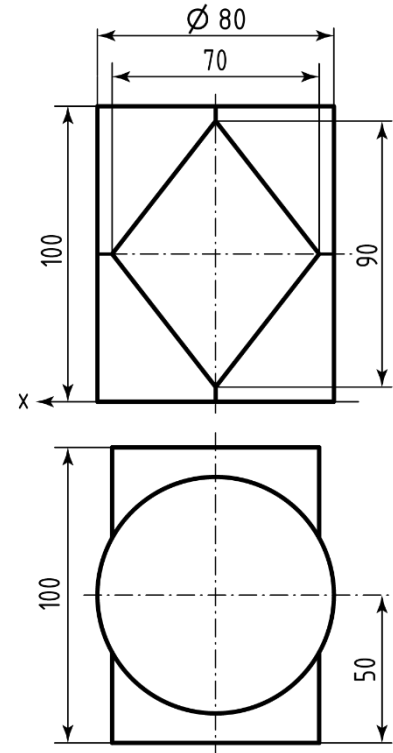
Вариант 1



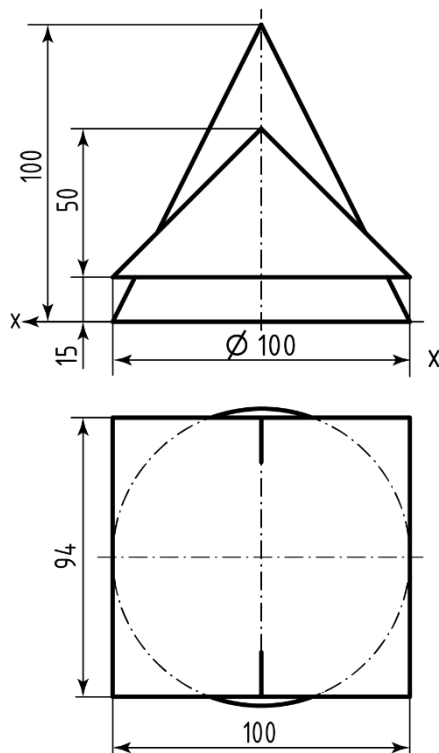
Вариант 2



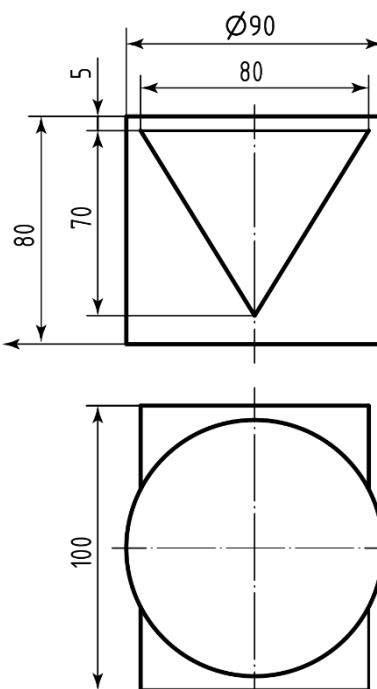
Вариант 3



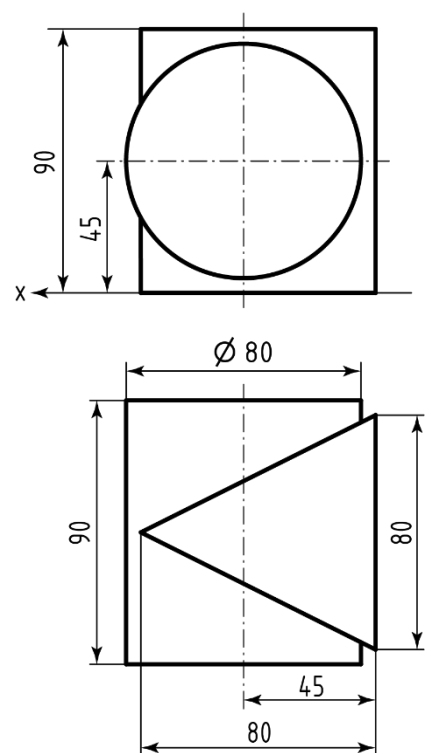
Вариант 4



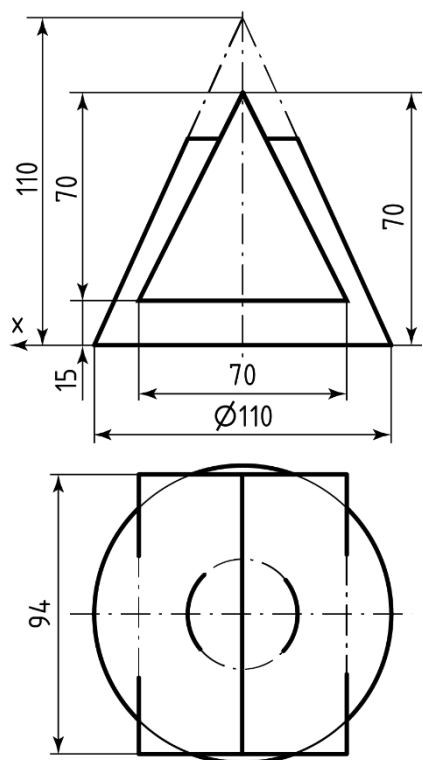
Вариант 5



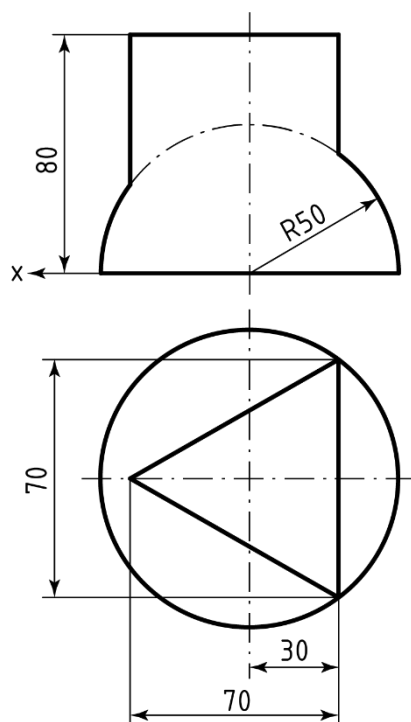
Вариант 6



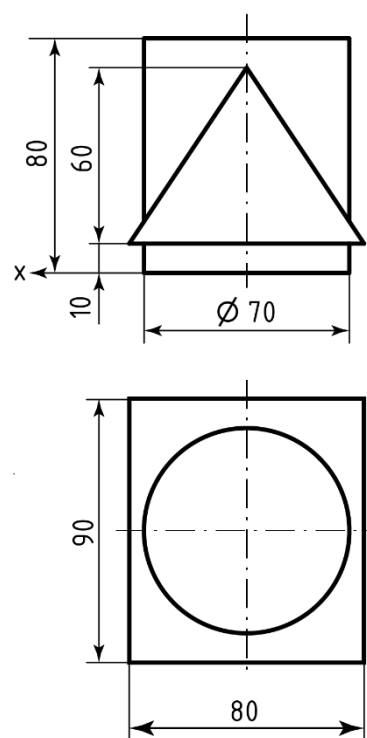
Вариант 7



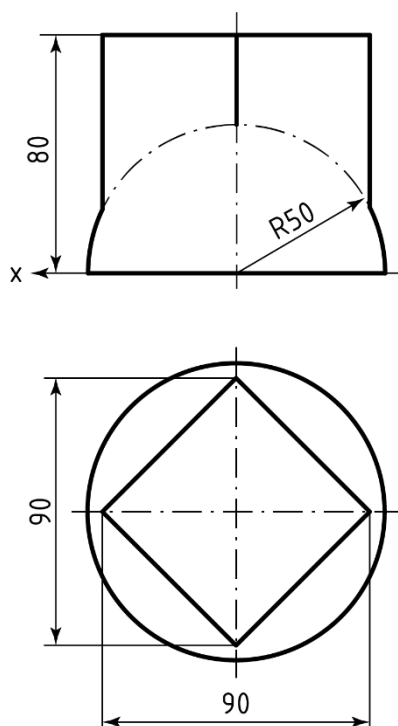
Вариант 8



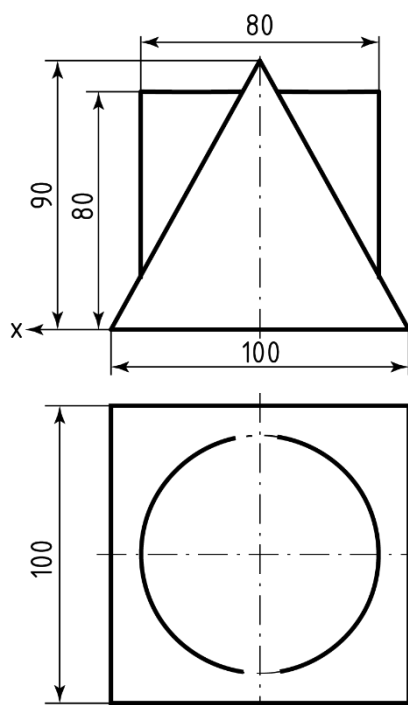
Вариант 9



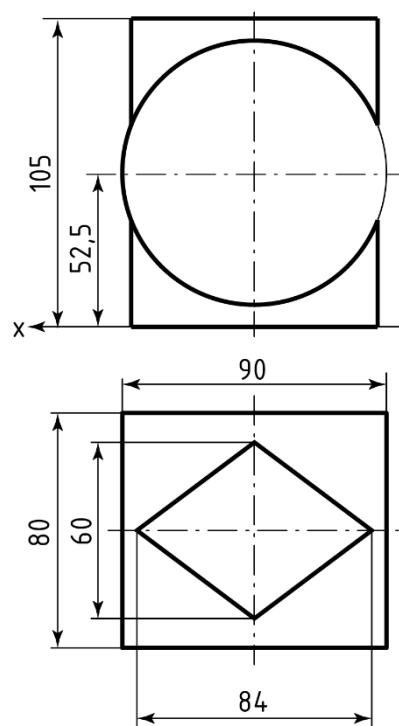
Вариант 10



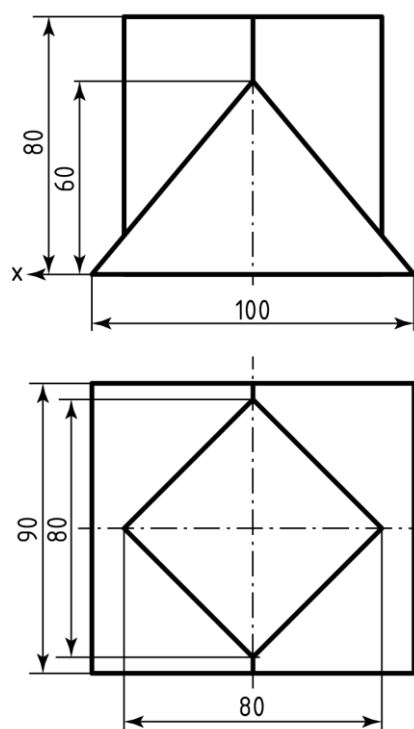
Вариант 11



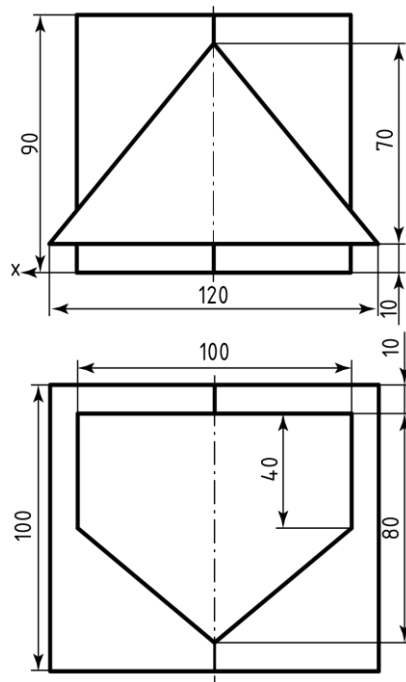
Вариант 12



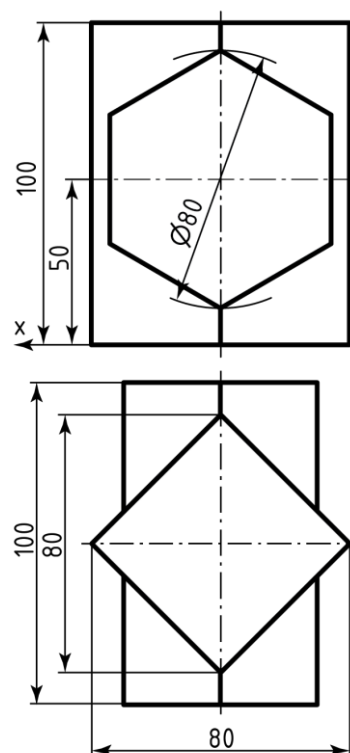
Вариант 13



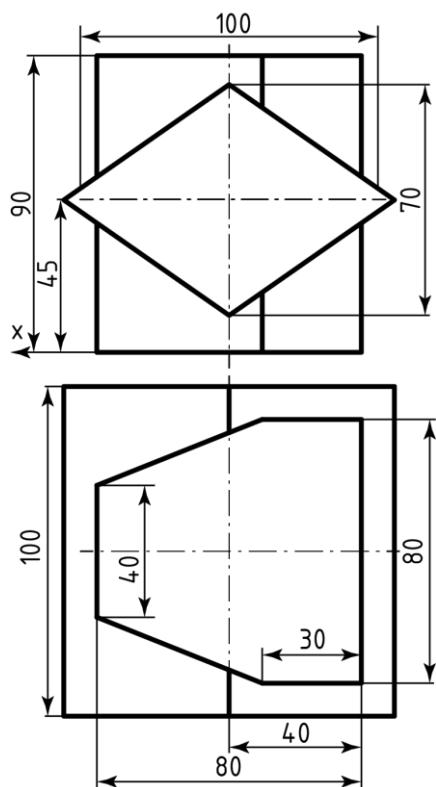
Вариант 14



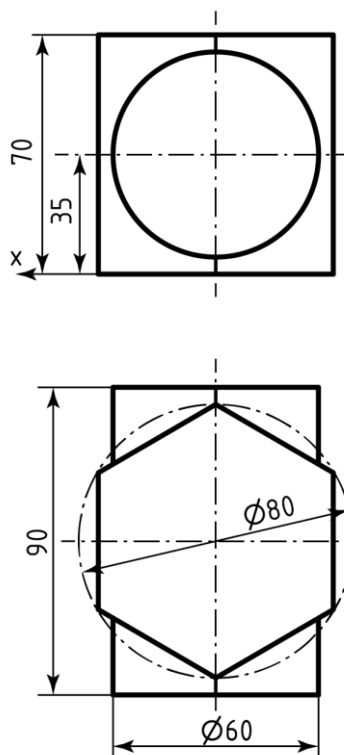
Вариант 15



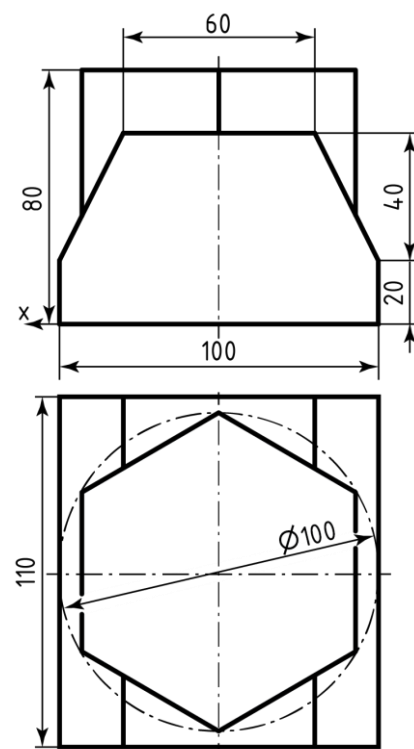
Вариант 16



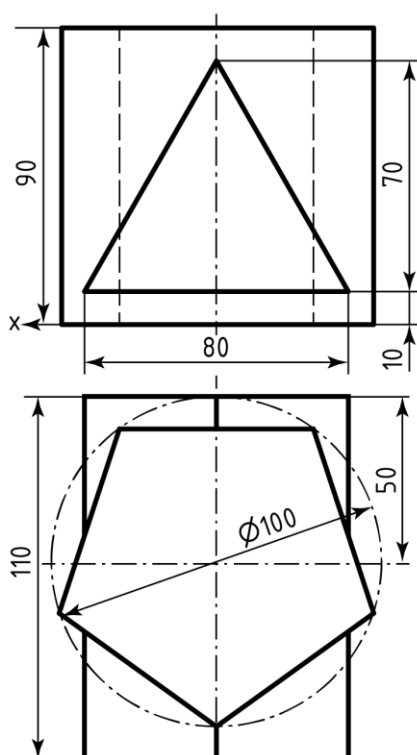
Вариант 17



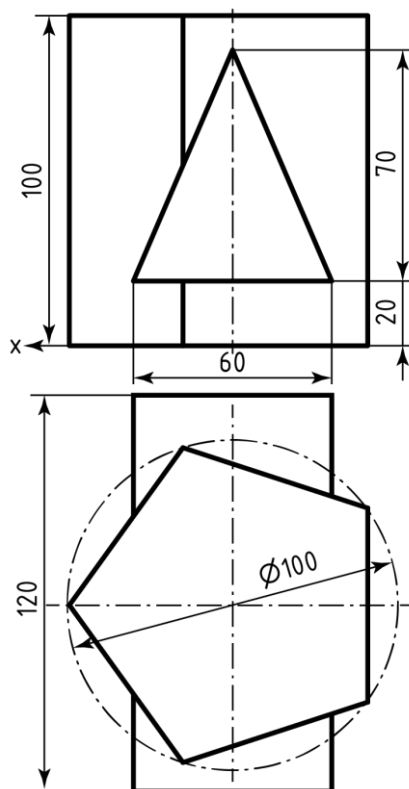
Вариант 18



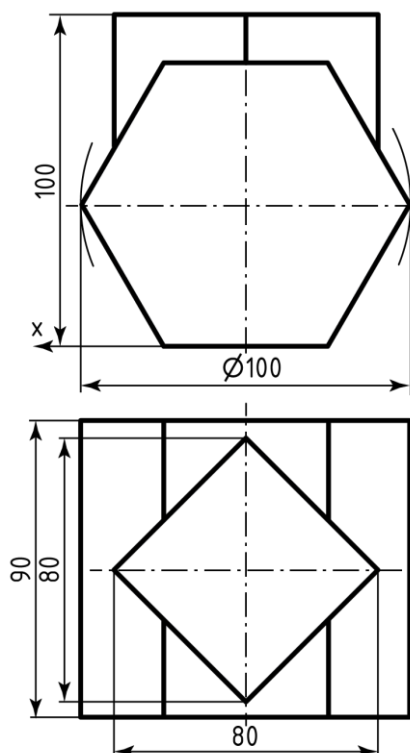
Вариант 19



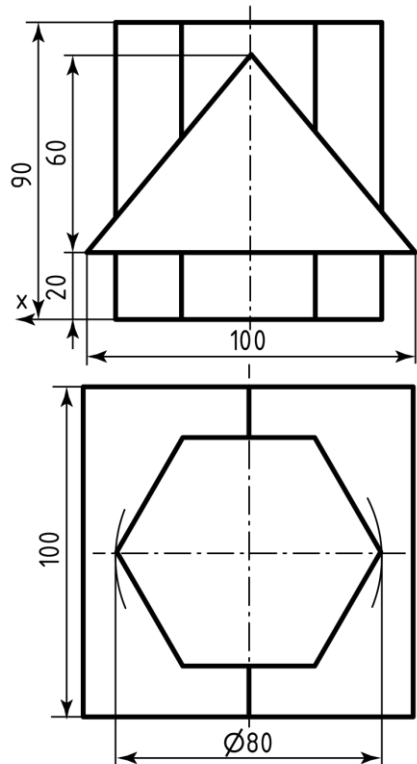
Вариант 20



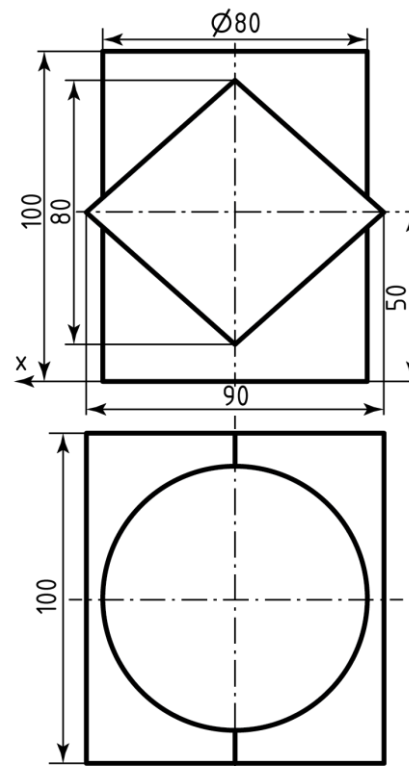
Вариант 21



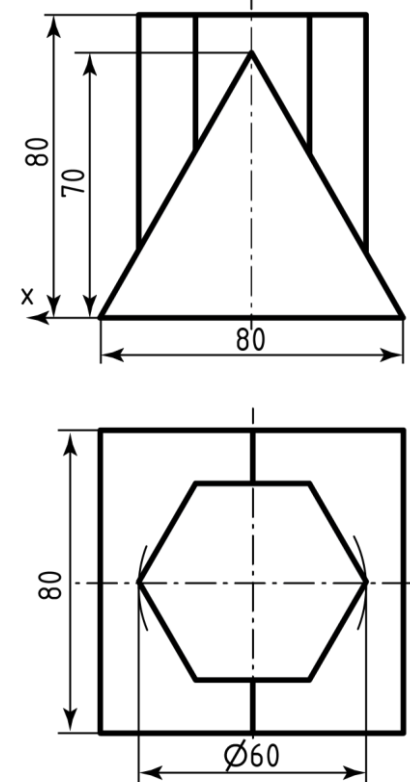
Вариант 22



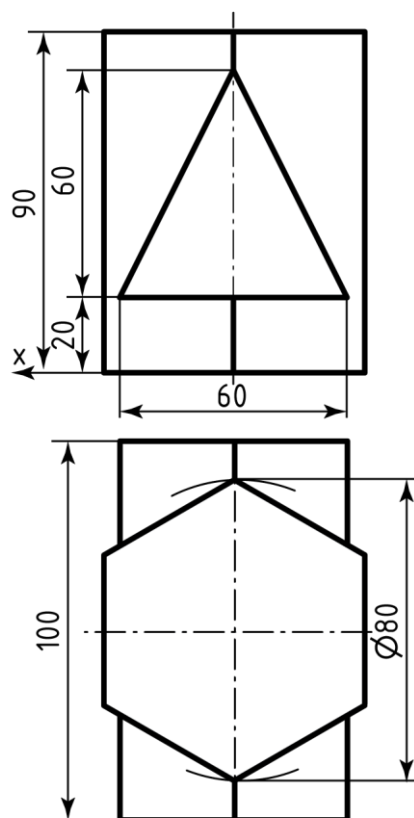
Вариант 23



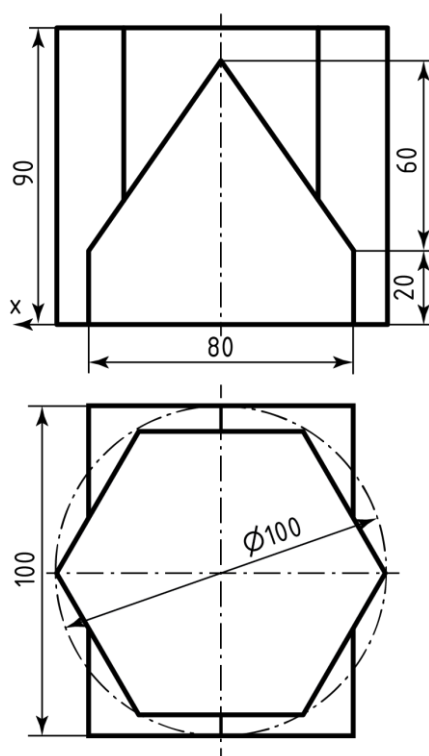
Вариант 24



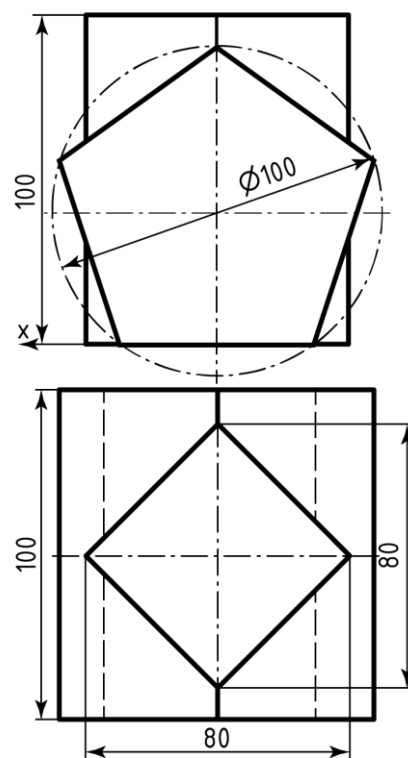
Вариант 25



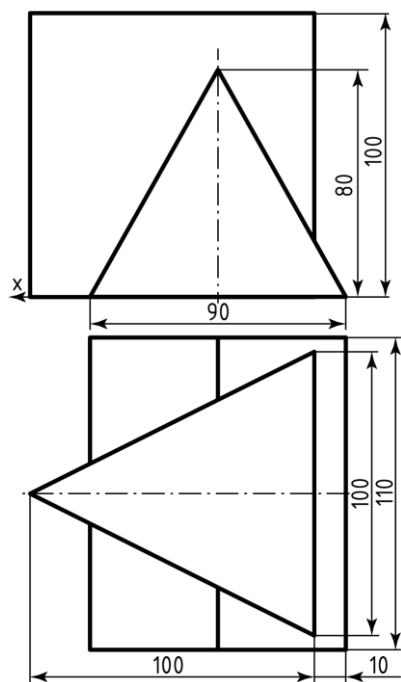
Вариант 26



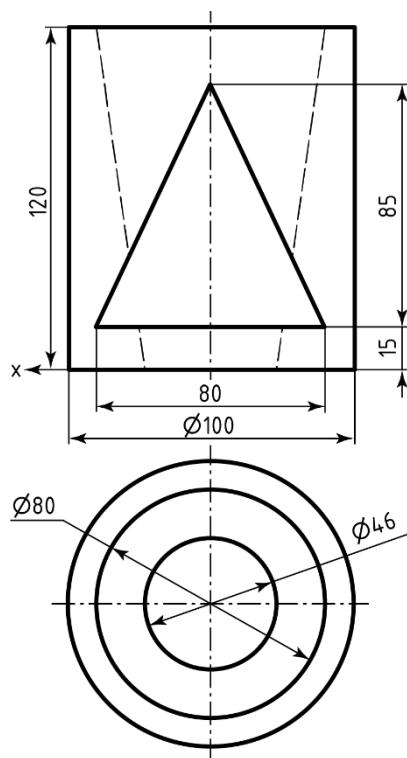
Вариант 27



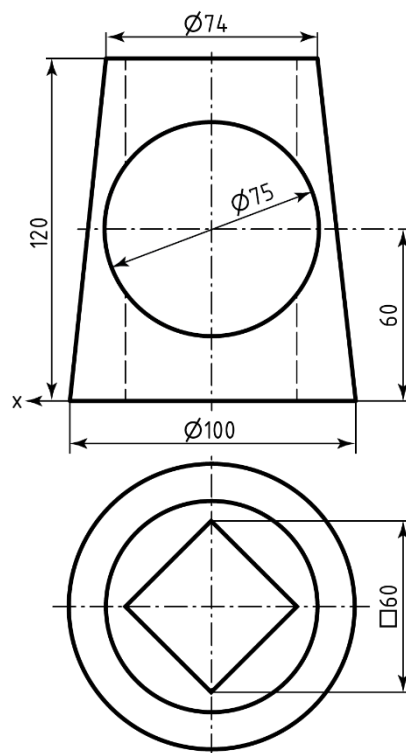
Вариант 28



Вариант 29



Вариант 30



ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Чертёж – графическое изображение изделия (или его части) на плоскости (бумаге) точно и полно передающее его форму, а также содержащее все данные для его изготовления и контроля.

Точное представление о форме изделия можно получить только из чертежа, потому что на чертеже форму предмета передают не одним изображением, как на рисунке или фотографии, а с помощью нескольких изображений (видов).

2.1 Требования к оформлению чертежей

Все чертежи обязательно должны выполняться в соответствии с правилами, установленными ЕСКД. Основные документы:

ГОСТ 2.104–68 ЕСКД. Основные надписи.

ГОСТ 2.301–68 ЕСКД. Форматы.

ГОСТ 2.302–68 ЕСКД. Масштабы.

ГОСТ 2.303–68 ЕСКД. Линии.

ГОСТ 2.304–81 ЕСКД. Шрифты чертёжные.

ГОСТ 2.305–2008 ЕСКД. Изображения – виды, разрезы, сечения.

ГОСТ 2.306–68 ЕСКД. Обозначения графические материалов и правила их нанесения на чертежах.

ГОСТ 2.307–68 ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.

ГОСТ 2.308–79 ЕСКД. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.

ГОСТ 2.309–73 ЕСКД. Обозначение шероховатости поверхностей.

ГОСТ 2.310–68 ЕСКД. Нанесение на чертежах обозначений покрытий, термической и других видов обработки.

ГОСТ 2.311–68 ЕСКД. Изображение резьбы.

ГОСТ 2.312–72 ЕСКД. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.

ГОСТ 2.313–82 ЕСКД. Условные изображения и обозначения неразъёмных соединений.

ГОСТ 2.314–68 ЕСКД. Указание на чертежах о маркировке и клеймении изделий.

ГОСТ 2.315–68 ЕСКД. Изображения упрощённые и условные крепёжных деталей.

ГОСТ 2.316–2008 ЕСКД. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

ГОСТ 2.317–69 ЕСКД. Аксонометрические проекции.

ГОСТ 2.318–81 ЕСКД. Правила упрощённого нанесения размеров отверстий.

ГОСТ 2.320–82 ЕСКД. Правила нанесения размеров, допусков и посадок конусов.

ГОСТ 2.321–84 ЕСКД. Обозначения буквенные.

2.1.1 Форматы. ГОСТ 2.301–68 устанавливает основные форматы чертежей – размеры внешней рамки (в общем случае – размеры листа) чертежа в миллиметрах (мм).

Формат с размерами сторон 1189×841 мм, площадь которого равна 1 м² с соотношением сторон 5:7, принят за самый большой основной формат. Прочие основные форматы получают последовательным делением большей стороны предыдущего формата пополам параллельно его меньшей стороне (таблица 1).

Таблица 1 – Размеры основных форматов

Обозначение	A0	A1	A2	A3	A4	A5
Размеры сторон, мм	1189×841	594×841	594×420	297×420	297×210	148×210

Применяются для выполнения чертежей и дополнительные форматы, формирование и размеры которых можно посмотреть в указанном стандарте (здесь не приведены).

Примечание – Чертежи индивидуальных заданий следует выполнять на форматах А4 или А3. На каждом листе сплошной толстой основной линией чертят рамку на расстоянии 20 мм от левого края листа (для подшивки) и на расстоянии 5 мм от остальных сторон листа.

2.1.2 Масштабы. Масштаб – отношение линейных размеров изображения на чертеже к его действительным размерам.

ГОСТ 2.302–68 устанавливает масштабы изображения и их обозначение на чертежах (таблица 2).

Таблица 2 – Масштабы изображения и их обозначение на чертежах

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

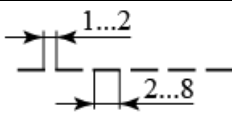
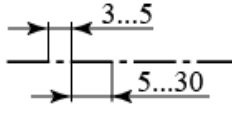
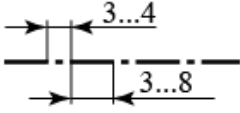
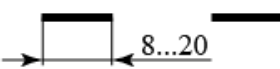
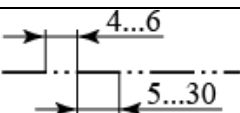
Примечание – Чертежи индивидуальных заданий следует выполнять в натуральную величину 1:1 или в масштабе увеличения 2:1.

2.1.3 Линии. ГОСТ 2.303–68 устанавливает начертание и основные назначения линий на чертежах.

Толщина линий одного и того же типа должна быть одинакова для всех изображений на чертеже. Толщина сплошной толстой основной линии должна быть в пределах от 0,5 до 1,4 мм, а толщина всех прочих линий на чертеже задаётся в зависимости от выбранной сплошной толстой основной линии.

Начертание, назначение и относительная толщина линий, применяемых при выполнении чертежей, указана в таблице 3, а их применение показано на рисунке 24.

Таблица 3 – Начертание, назначение и относительная толщина линий

Наименование	Начертание	Толщина линии, мм	Основное назначение
Сплошная толстая основная		$s = 0,5 \dots 1,4$	Линии видимого контура
Сплошная тонкая		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Линии выносные и размерные, штриховка разрезов и сечений, линии-выноски
Сплошная волнистая		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Линия обрыва изображения (разграничение вида и разреза)
Штриховая		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Линии невидимого контура
Штрихпунктирная тонкая		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Линии осевые и линии симметрии
Штрихпунктирная утолщённая		$\frac{s}{2} \dots \frac{2s}{3}$	Поверхности, подлежащие термообработке или покрытию
Разомкнутая		$s \dots 1,5s$	Линии сечения
Сплошная тонкая с изломами		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		$\frac{s}{3} \dots \frac{s}{2}$	Линии сгиба на развёртках, изображения промежуточных положений частей изделия

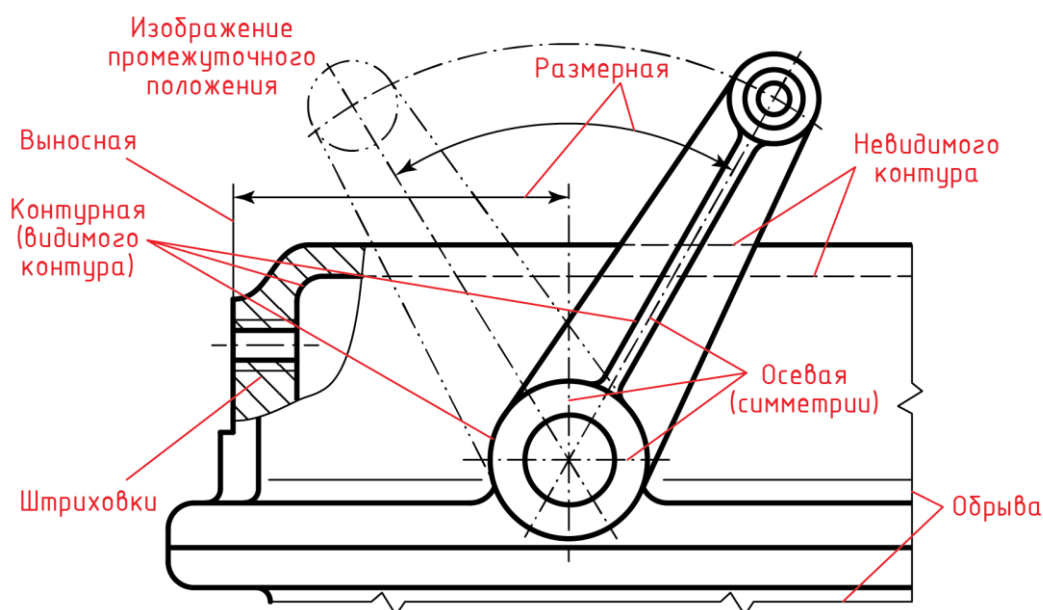


Рисунок 24 – Пример использования линий различного назначения

Примечание – Рекомендуемая толщина линий различного назначения и их начертание для выполнения индивидуальных заданий по начертательной геометрии на формате А3 (А4):

- а) сплошная толстая основная: $s = 0,7 \dots 0,9$ мм;
- б) все тонкие линии: $s/3$;
- в) начертание штриховой линии: длина штрихов – $4 \dots 5$ мм, разрывы между штрихами – 1 мм. При этом на чертеже штрихи линии должны касаться линий видимого контура, и на изгибах линии штрихи должны касаться друг друга;
- г) начертание штрихпунктирной линии: длинные штрихи – $12 \dots 15$ мм, между длинными штрихами под короткий штрих (пунктир) расстояние 3 мм, длина короткого штриха – 1 мм. При этом на чертеже штрихпунктирные линии должны пересекаться длинными штрихами, за видимый контур изображения длинные штрихи выступают на $2 \dots 3$ мм.

2.1.4 Шрифты. Все надписи на чертежах должны быть чёткими и выполнены чертёжным шрифтом в соответствии с ГОСТ 2.304–81.

ГОСТ 2.304–81 устанавливает следующие размеры шрифта: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Они определяются высотой h прописных букв в миллиметрах, измеряемой перпендикулярно к основанию строки. Стандарт устанавливает шрифт прямой и с наклоном 75° двух типов:

- тип А с толщиной линий шрифта $d = 1/14 h$;
- тип Б с толщиной линий шрифта $d = 1/10 h$.

Параметры шрифта типа Б приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры шрифта типа Б

Параметры шрифта	Размеры, мм					
Высота прописных букв	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
Высота строчных букв	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0
Расстояние между буквами	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8
Минимальный шаг строк	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0
Минимальное расстояние между словами	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4
Толщина линий	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4

Примечание – Все надписи на чертежах индивидуальных заданий должны быть выполнены чертёжным шрифтом типа Б (с наклоном или без наклона) размером $h = 7$ мм (графы 5 и 6) и $h = 5$ мм (все остальные графы). На рисунке 25 дан образец букв и цифр шрифта типа Б с наклоном.



Рисунок 25 – Образец букв и цифр шрифта типа Б с наклоном

2.1.5 Основные надписи. ГОСТ 2.104–68 устанавливает формы, размеры и порядок заполнения основных надписей в конструкторских документах. Основные надписи располагают в правом нижнем углу документа.

Основная надпись для чертежей и схем приведена на рисунках 26–28.

7	10	23	15	10	70	5	5	5	17	18
					(2) ГУИР.ХХХХХХ.ХХХ					
					(1) Радиатор	Лит.	Масса	Масштаб		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		(4)	(5)	(6)		
Разраб.	Шнейдеров			21.03				1:1		
Пров.	Гришель			22.03						
Т. контр.						Лист (7)	Листов (8)			
(10)	(11)	(12)	(13)	(3)	Алюминий АД1 ГОСТ 4784-97	(9)	ИИТ, зр.ХХХХХХ			
Н. контр.										
Утв.										

Рисунок 26 – Форма основной надписи для чертежей и схем (форма 1)

7	10	23	15	10	70	5	5	5	17	18
					(2) ГУИР.ХХХХХХ.ХХХ					
					(1) Сборка транзисторная	Лит.	Лист	Листов		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		(4)	(7)	(8)		
Разраб.	Шнейдеров			21.03						
Пров.	Гришель			22.03						
(10)	(11)	(12)	(13)	(3)		(9)	ИИТ, зр.ХХХХХХ			
Н. контр.										
Утв.										

Рисунок 27 – Форма основной надписи для первого листа (форма 2)

7	10	23	15	10	110	10
					(2) ГУИР.ХХХХХХ.ХХХ	Лист (7)
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
(10)	(11)	(12)	(13)	(3)		

Рисунок 28 – Форма основной надписи для последующих листов чертежей, схем и текстовой документации (форма 2а)

Графы (номера указаны в скобках) основной надписи должны содержать строго определённую информацию:

(1) – наименование чертежа (изделия) в соответствии с ГОСТ 2.109–93. Наименование должно быть кратким, записываться в именительном падеже единственного числа. Точка в конце наименования не ставится. В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например «Отсек аккумуляторный»;

(2) – обозначение чертежа (рисунок 29) в соответствии с ГОСТ 2.201–80;

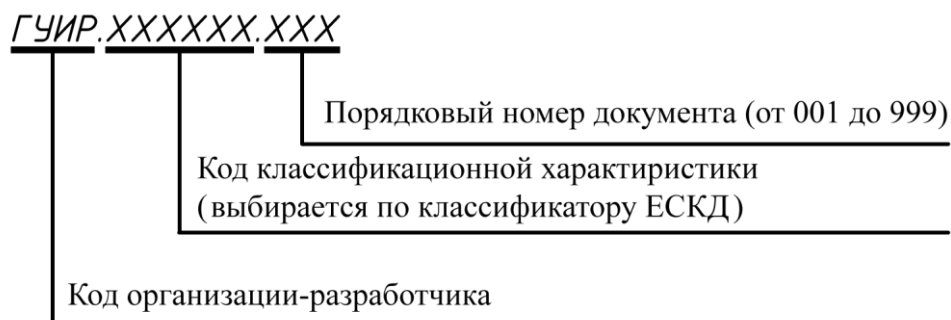


Рисунок 29 – Обозначение чертежа

(3) – обозначение материала, из которого изготовлена деталь (только на чертежах деталей);

(4) – литеры, присваиваемые данному документу (графу заполняют последовательно, начиная с крайней левой клетки);

Примечание – Учебной документации присваивается литера У – «учебная»;

(5) – масса изделия, указываемая в килограммах без указания единицы измерения (согласно ГОСТ 2.109–73 допускается указывать массу в других единицах измерения с указанием их);

(6) – масштаб изображения на чертеже (пункт 2.1.2);

(7) – порядковый номер листа документа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);

(8) – общее количество листов документа;

(9) – наименование или различительный индекс предприятия (отдела), выпускающего документ;

(10) – характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ;

(11) – фамилии лиц, подписавших документ (имя или инициалы обычно не указываются);

(12) – подписи лиц, фамилии которых указаны в графе (11);

(13) – дата подписания документа.

Основную надпись выполняют сплошными толстыми и сплошными тонкими линиями. На листах формата А4 основную надпись по ГОСТ 2.303–68 располагают только вдоль короткой стороны листа.

2.2 Обозначения на чертежах

Изображения на чертеже в зависимости от их содержания разделяются на виды, разрезы и сечения.

2.2.1 Виды. Правила изображения предметов на чертежах устанавливает ГОСТ 2.305–68.

Видом называется изображение обращённой к наблюдателю видимой части поверхности изделия. На видах для уменьшения количества изображений допускается показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий. Это позволяет считать, что вид является проекцией предмета на соответствующей плоскости (например, главный вид – фронтальная проекция и т. д.). По содержанию виды разделяются на **основные, дополнительные и местные**.

Основными видами называются те, которые получают проецированием изделия на шесть основных плоскостей проекций (рисунок 30).

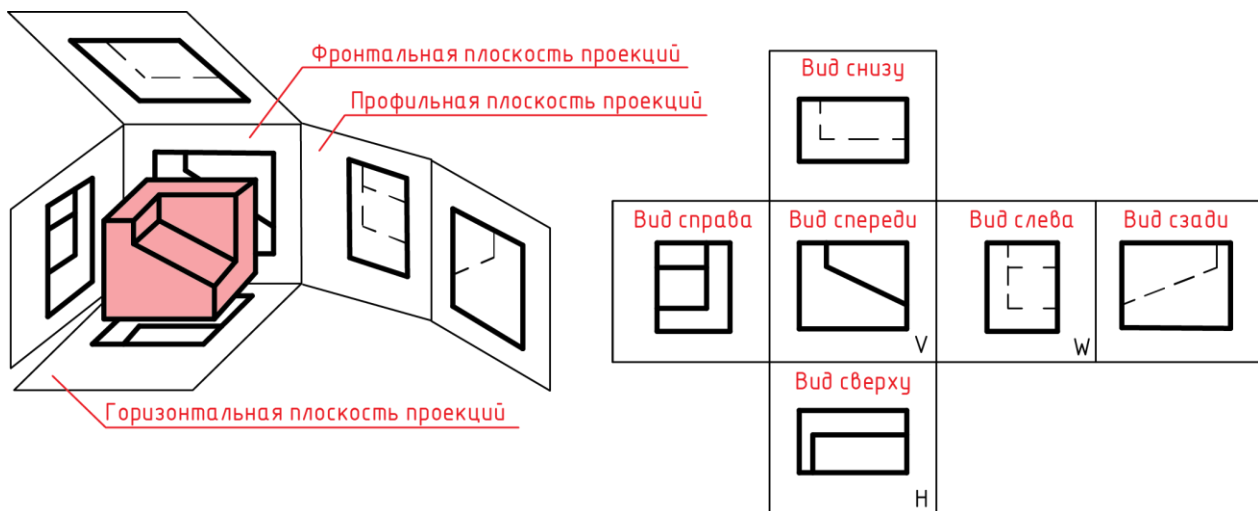


Рисунок 30 – Основные виды

Устанавливаются следующие названия основных видов: **вид спереди** (главный вид); **вид сверху** (под главным видом); **вид слева** (с правой стороны от главного вида); **вид справа** (с левой стороны от главного вида); **вид снизу** (над главным видом); **вид сзади** (с правой стороны от вида слева или с левой стороны от вида справа).

Главным видом (видом спереди) называется основной вид предмета на фронтальной плоскости проекций, дающий наиболее полное представление о его форме и размерах. Для получения такого изображения необходимо соответствующим образом расположить предмет относительно фронтальной плоскости проекций. Относительно главного вида располагают остальные основные виды.

Количество видов на чертеже должно быть наименьшим, но достаточным для полного выявления формы и размеров предмета. Для уменьшения количества видов на них допускается показывать невидимые части поверхности предмета штриховыми линиями.

Основные виды обычно располагаются в проекционной связи, тогда никаких надписей, поясняющих название видов, не делают. Если они не находятся в проекционной связи с главным видом, то направление проектирования должно быть указано стрелкой около соответствующего изображения. Над стрелкой и над полученным изображением следует нанести одну и ту же прописную букву.

Дополнительными видами называются изображения видимой части поверхности предмета на плоскостях, которые не параллельны ни одной из основных плоскостей проекций (рисунок 31). Они применяются в том случае, когда какую-либо часть предмета невозможно показать на основных видах без искажения формы и размеров. Чтобы получить неискажённые изображения, наклонённые к основным плоскостям, элементы изделия проецируют на дополнительную плоскость, параллельную им и совмещённую с плоскостью чертежа, т. е. применяют способ замены плоскостей проекций.

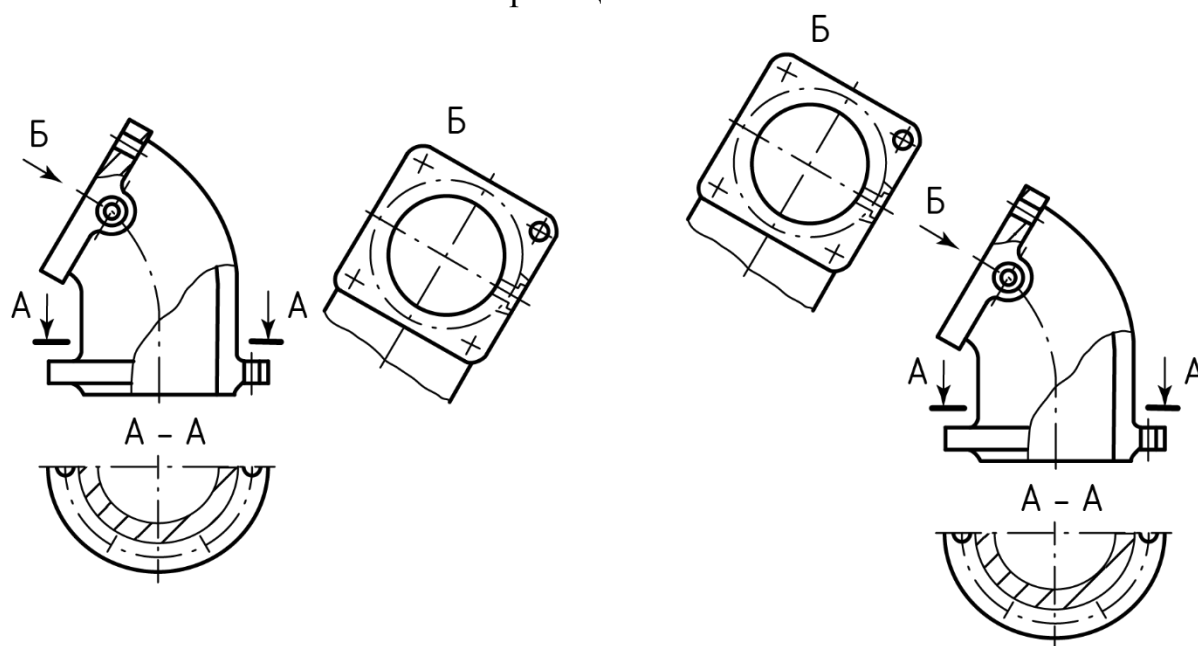


Рисунок 31 – Дополнительные виды

Дополнительный вид должен быть отмечен на чертеже прописной буквой, а у связанного с дополнительным видом изображения изделия должна быть поставлена стрелка, указывающая направление взгляда, с соответствующим буквенным обозначением (см. рисунок 31). В том случае, если дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, над ним не наносят надписи и не указывают стрелкой направление взгляда.

Дополнительный вид допускается разворачивать с сохранением положения, принятого для изделия на главном виде. При этом обозначение вида должно быть обозначено символом $\odot$ диаметром 5 мм. При необходимости указывают угол поворота, например « $\odot 135^\circ$ ».

Местным видом называется изображение отдельного ограниченного места поверхности предмета (рисунок 32). Местный вид может быть ограничен линией обрыва и должен быть отмечен на чертеже подобно дополнительному виду.

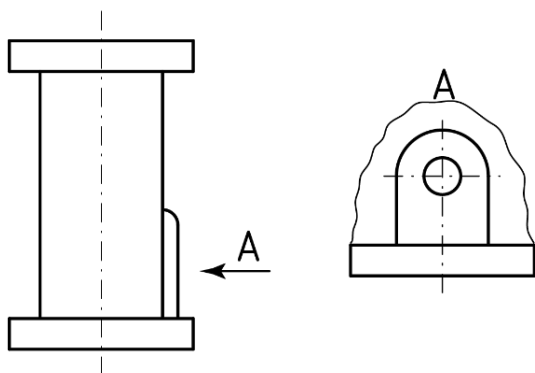


Рисунок 32 – Местный вид

2.2.2 Разрезы. *Разрез* – изображение предмета, мысленно рассечённого одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рисунок 33). Такое изображение строится на плоскости, параллельной секущей плоскости.

В зависимости от положения секущей плоскости разрезы разделяются на **горизонтальные** (секущая плоскость параллельна плоскости H), **вертикальные** (секущая плоскость перпендикулярна плоскости H), **наклонные** (секущая плоскость составляет с плоскостью H угол, отличный от прямого). Вертикальные разрезы могут быть **фронтальными** (секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций V) или **профильными** (секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций W).

В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы разделяются на **простые** (одна секущая плоскость) и **сложные** (несколько секущих плоскостей).

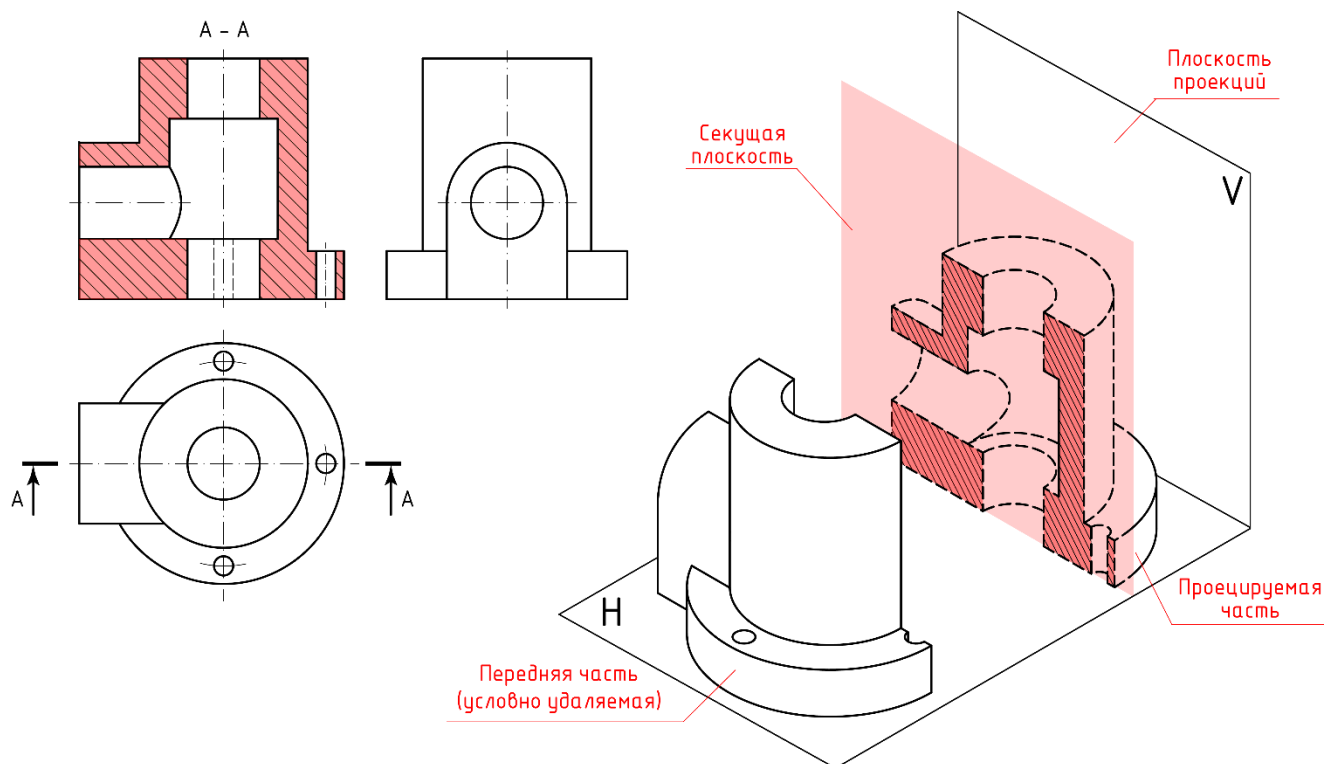


Рисунок 33 – Пример фронтального разреза

В зависимости от положения секущих плоскостей сложные разрезы делятся на **ступенчатые** (рисунок 34), когда секущие плоскости параллельны, и **ломанные**, когда секущие плоскости между собой пересекаются (рисунок 35).

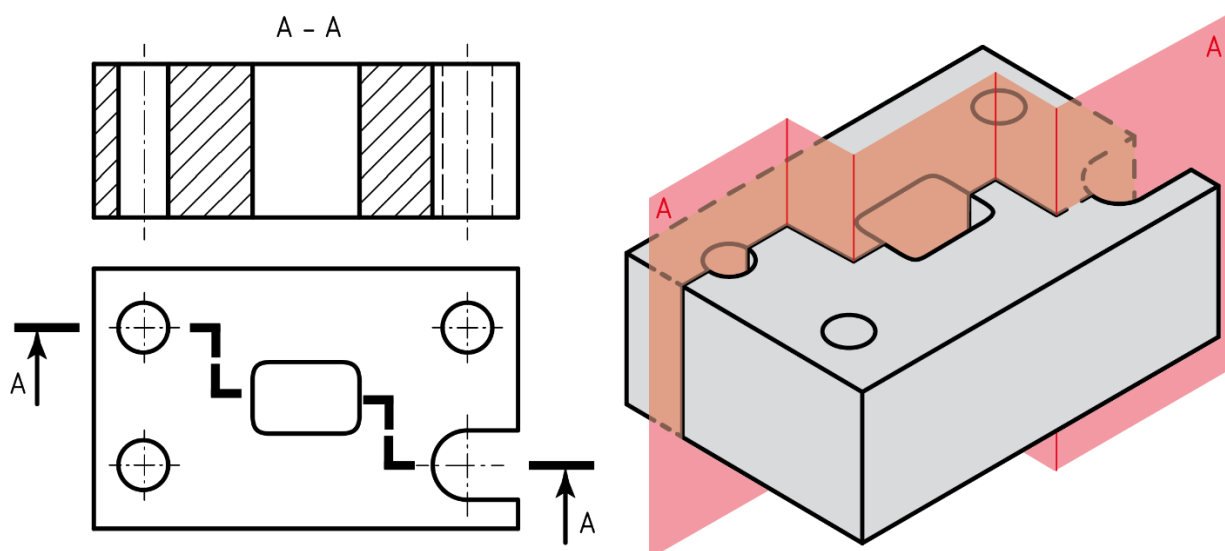


Рисунок 34 – Ступенчатый разрез

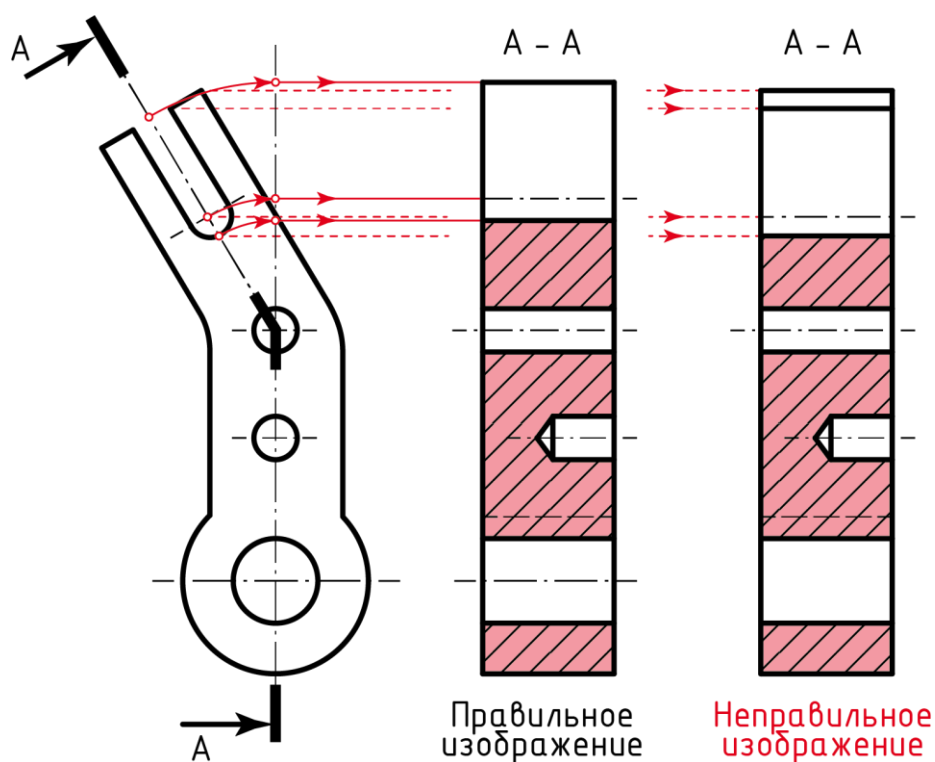


Рисунок 35 – Ломаный разрез

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сечения (см. рисунки 33–35). Для начертания линии сечения используется разомкнутая линия (см. таблицу 3). При сложном разрезе штрихи проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой (см. рисунок 34). На начальном и конечном штрихах перпендикулярно, на расстоянии 2...3 мм от их концов ставятся стрелки, указывающие направление взгляда. Во внешнем углу, образованном стрелкой и продолжением штриха, ставят одну и ту же прописную русскую букву.

Разрез всегда обозначается двумя буквами через тире, например «А – А», «Б – Б» и т. п. Не допускается использование букв Й, О, Ъ, Ы, Ь. При повороте разреза до положения, принятого для изделия на главном изображении, обозначение принимает вид «Д – Д ☉».

Штрихи линии разреза не должны пересекать контур изображения изделия.

Когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии изделия, а соответствующие изображения расположены в проекционной связи и не разделены

другими изображениями, для горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов положение секущей плоскости не отмечают и разрез надписью не обозначают.

Местный разрез служит для определения формы предмета лишь в отдельном ограниченном месте. Он обозначается на соответствующем виде, как показано на рисунке 36, сплошной волнистой линией.

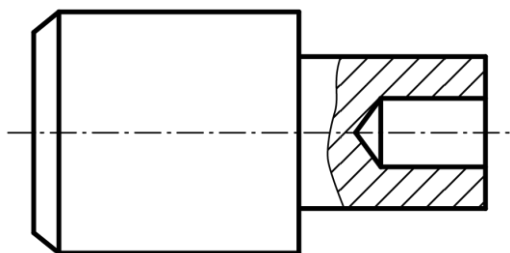
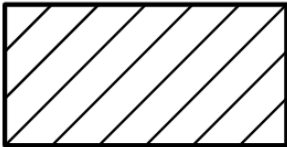
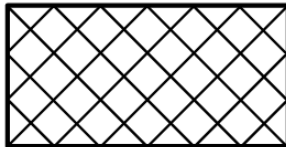
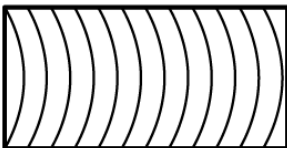
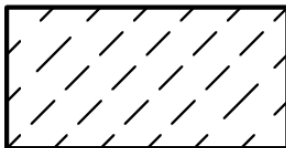
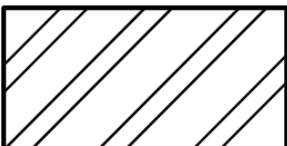
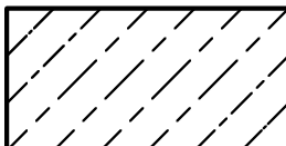
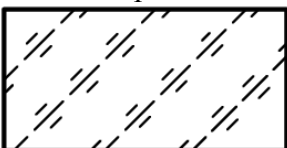
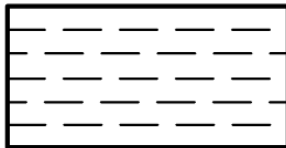


Рисунок 36 – Местный разрез

Рассечённые секущей плоскостью стенки изделия должны штриховаться в соответствии с материалом детали. Правила нанесения штриховки определяет ГОСТ 2.306–68. Графическое обозначение материалов в зависимости от их вида приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Графические обозначения материалов в разрезах и сечениях

Металлы и твёрдые сплавы 	Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных в таблице 
Древесина 	Камень естественный 
Керамика и силикатные материалы для кладки 	Бетон 
Стекло и другие светопрозрачные материалы 	Жидкости 

Те части предмета, которые расположены за плоскостью разреза, не заштриховывают.

Наклонные параллельные линии штриховки должны проводиться под углом 45° к линии контура изображения или к его оси (например в случае овала), или к линиям рамки чертежа. Если линии штриховки, приведённые к линии рамки чертежа под углом 45° , совпадают с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45° следует брать угол 30° или 60° .

Линии штриховки должны наноситься с наклоном влево или вправо, но в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали.

Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки должно быть одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали. Оно выбирается в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений. Как правило, это расстояние выбирается в диапазоне от 1 до 10 мм.

В смежных сечениях со штриховкой одинакового наклона и направления следует изменять расстояние между линиями штриховки (рисунок 37) или сдвигать

эти линии в одном сечении по отношению к другому, не изменяя угла их наклона.

При штриховке в клетку для смежных сечений двух деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным.

На разрезах тонкие стенки, рёбра жёсткости, спицы показывают незаштрихованными, если секущая плоскость проходит вдоль оси или длинной стороны элемента детали (рисунок 38).

На изображении, представляющем собой соединение вида и разреза, рекомендуется размеры, определяющие наружную форму детали, располагать со стороны вида, а внутреннюю – со стороны разреза. При этом размерные линии, относящиеся к внутренним элементам детали, проводят с обрывом и обрыв размерной линии делают дальше оси симметрии.

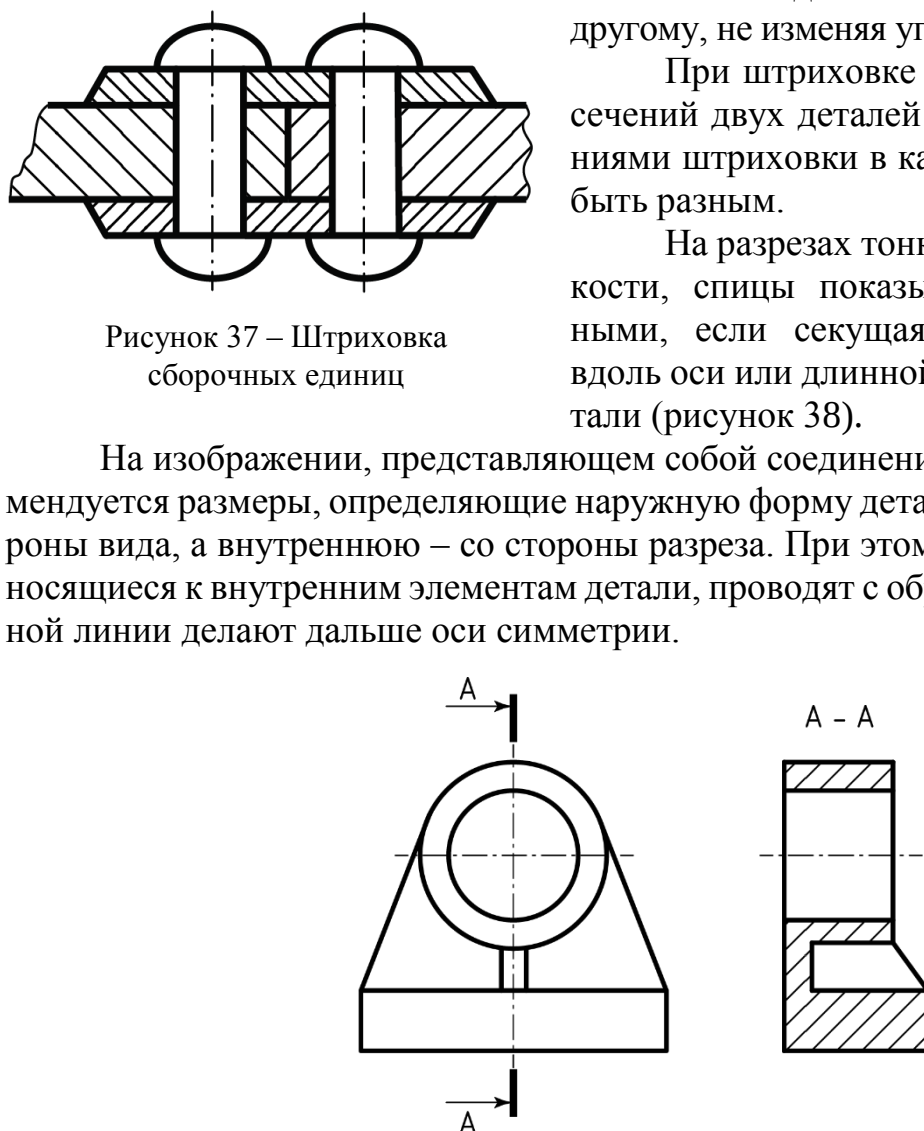


Рисунок 38 – Изображение разрезов тонких стенок и рёбер жёсткости

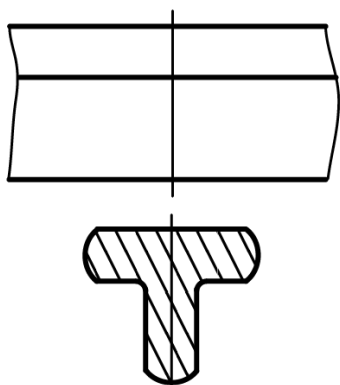


Рисунок 39 – Вынесенное сечение

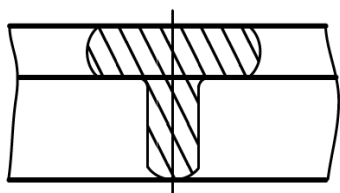


Рисунок 40 – Наложённое сечение

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

Сечения, не входящие в состав разреза разделяются на вынесенные (рисунок 39) и наложенные (рисунок 40).

Вынесенным сечением называется сечение, расположенное на чертеже вне контура вида предмета. Их допускается располагать в разрыве между частями одного и того же вида. Вынесенные сечения предпочтительнее наложенных, которые затемняют чертёж. Контур вынесенного сечения, как и сечения, входящего в состав разреза, изображают сплошными основными линиями.

Наложённым сечением называется сечение, расположенное непосредственно на виде предмета. Контур наложенного сечения изображают сплошными тонкими линиями, причём контур изображения

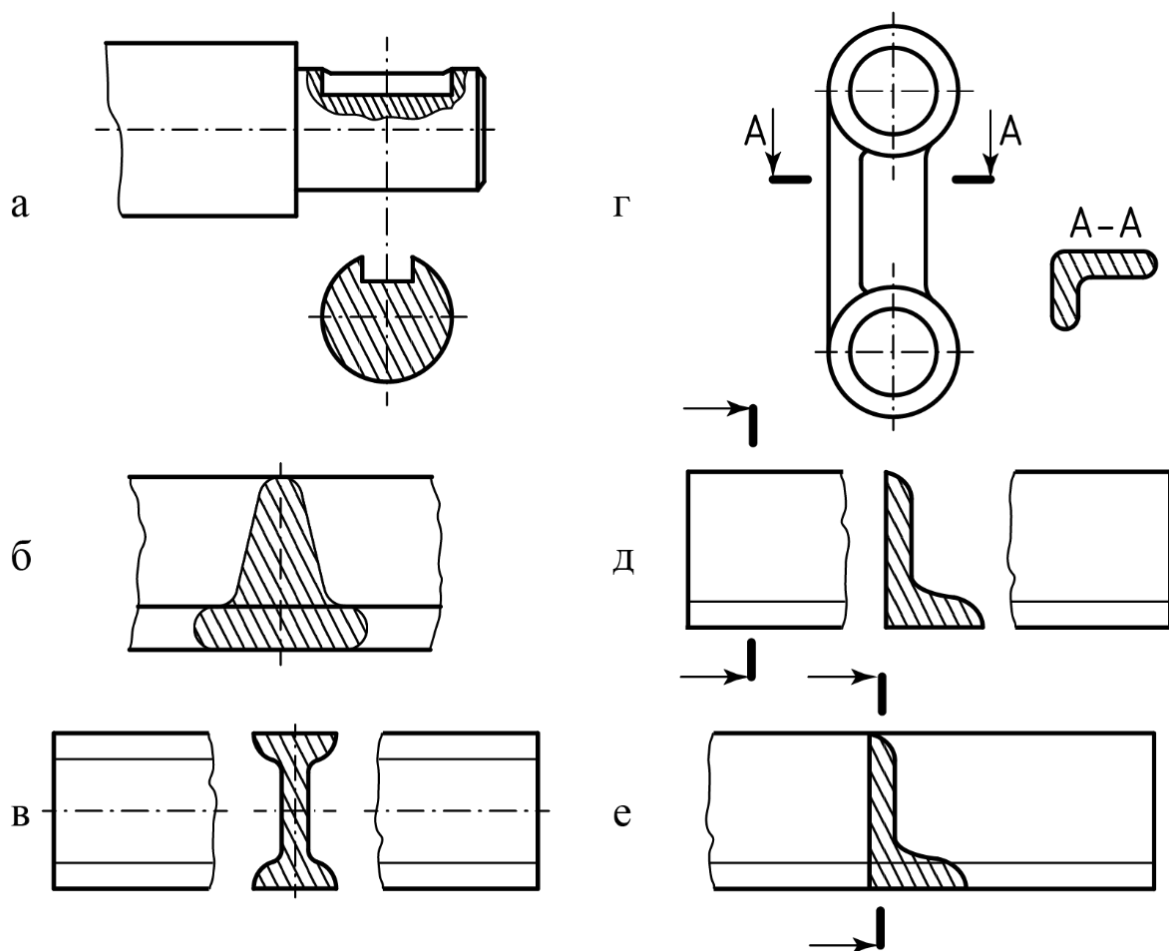
в месте расположения наложенного сечения не прерывают.

При симметричной фигуре сечения, если ось симметрии сечения совпадает с положением секущей плоскости, вынесенное сечение можно располагать так, чтобы его ось симметрии была продолжением проекции секущей плоскости (рисунок 41, а). В этом случае положение секущей плоскости указывают тонкой штрихпунктирной линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят. То же относится и к симметричному наложенному сечению (рисунок 41, б). На рисунке 41, в симметричное сечение расположено в разрыве между частями одного и того же вида.

Во всех остальных случаях применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда, обозначают её одинаковыми прописными буквами русского алфавита. Сечение сопровождают надписью по типу «А – А» (рисунок 41, г). Размеры букв, величина стрелок и другие данные такие же, как и для разрезов.

Построение и расположение сечения должно соответствовать направлению, указанному стрелками. Допускается располагать сечение на любом месте поля чертежа.

Для несимметричных сечений, расположенных в разрыве (рисунок 41, д) или наложенных (рисунок 41, е), линию сечения проводят со стрелками, но буквами не обозначают.



а – вынесенное сечение; б, е – наложенное сечение; в – симметричное сечение;
г – сопровождающая надпись к сечению; д – несимметричное сечение

Рисунок 41 – Виды сечений

2.2.4 Размеры. ГОСТ 2.307–68 устанавливает правила нанесения размеров и предельных отклонений на конструкторских документах.

На чертеже необходимо наносить действительные размеры предмета независимо от масштаба изображения. Общее количество размеров должно быть минимальным, но достаточным для представления и изготовления объекта. Каждый размер указывается на чертеже только один раз.

Размеры на чертежах должны указываться **размерными числами и размерными линиями** предпочтительно вне контура изображения.

При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку, а выносные линии – перпендикулярно к размерным. При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии – радиально.

Размерные числа линейных размеров на чертежах указываются в миллиметрах без обозначения единицы измерения. В случае, когда размер не кратен миллиметру, разрешается использование десятичных дробей. Размерные числа угловых размеров указываются в градусах, минутах и секундах с обозначением единиц измерения (примеры: 15°; 35°15'; 0°0'19").

Размерная линия с обоих концов ограничивается стрелками, которые упираются в выносные, осевые или контурные линии (см. рисунок 24). Размерные числа наносят над размерной линией как можно ближе к её середине. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм.

Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий. Также не допускается использовать линии контура и осевые линии в качестве размерных.

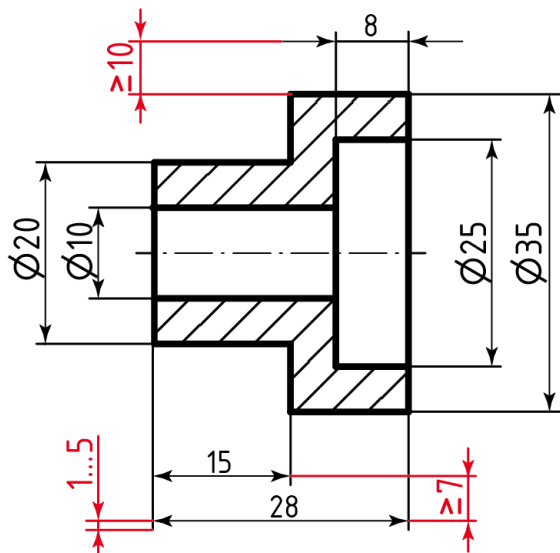


Рисунок 42 – Правила нанесения размеров

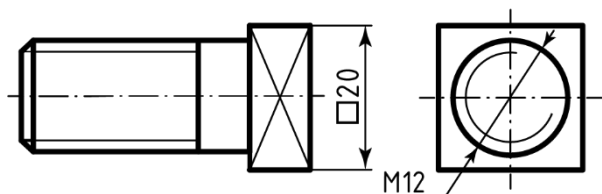


Рисунок 43 – Пример нанесения размеров квадрата

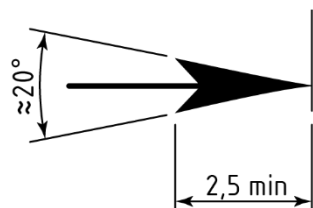


Рисунок 44 – Форма и размер стрелки

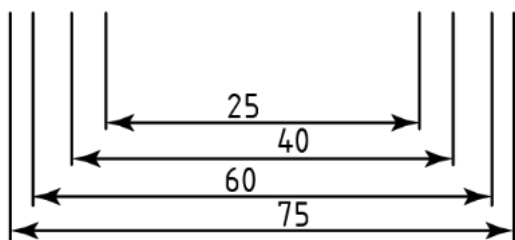


Рисунок 45 – Нанесение нескольких параллельных размерных линий

Минимальные расстояния между параллельными размерными линиями должны быть 7 мм, а между размерной линией и линией контура – 10 мм (рисунок 42).

При указании размера диаметра (во всех случаях) перед размерным числом ставится знак $\varnothing$ (см. рисунок 42), а размера радиуса – знак R . Перед размерным числом диаметра сферы также наносят знак $\varnothing$ или R . Если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, то перед размерным числом указывается знак $\bigcirc$ или надпись «Сфера $\varnothing 18$ ». Диаметр знака сферы равен размеру размерных чисел.

Размеры квадрата наносят, как показано на рисунке 43. Высота знака $\square$ должна быть равна высоте размерных чисел.

Величины элементов стрелок размерных линий выбирают в зависимости от толщины линий видимого контура и вычерчивают их приблизительно одинаковыми на всех чертежах. Форма стрелки и примерное соотношение её элементов показаны на рисунке 44.

При нанесении нескольких параллельных размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рисунок 45).

Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий показаны на рисунке 46. Если необходимо нанести размер в заштрихованной зоне, соответствующее размерное число наносят на полке линии-выноски.

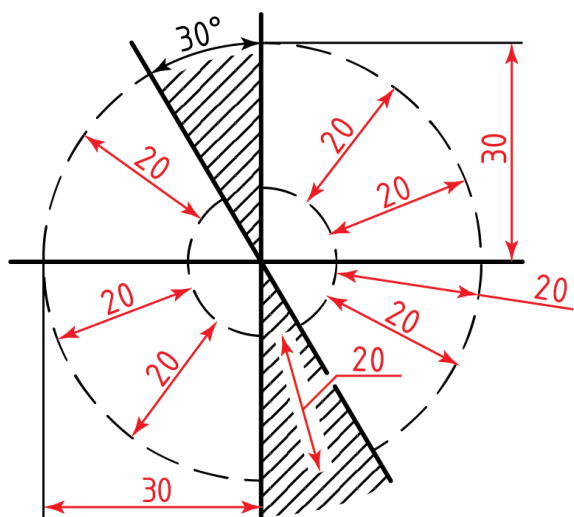


Рисунок 46 – Размерные числа линейных размеров при различных наклонах размерных линий

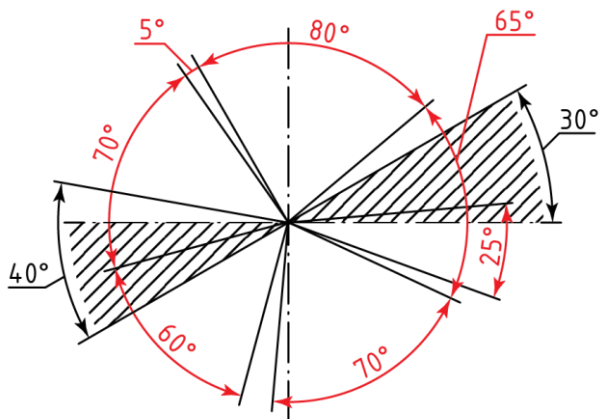


Рисунок 47 – Нанесение угловых размеров

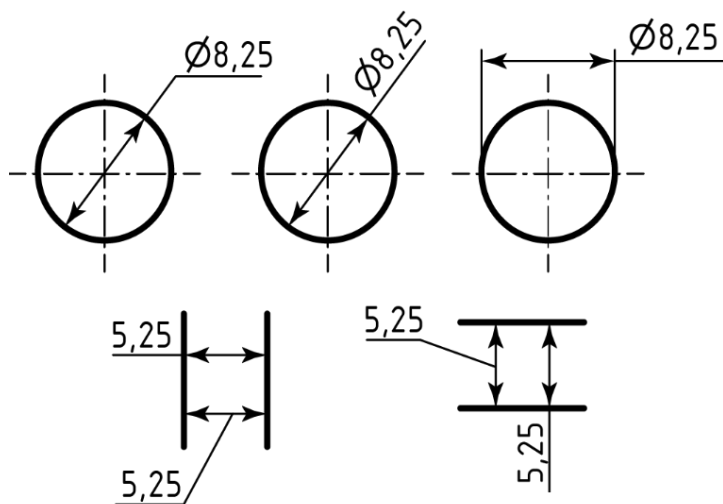


Рисунок 48 – Пример нанесения размеров

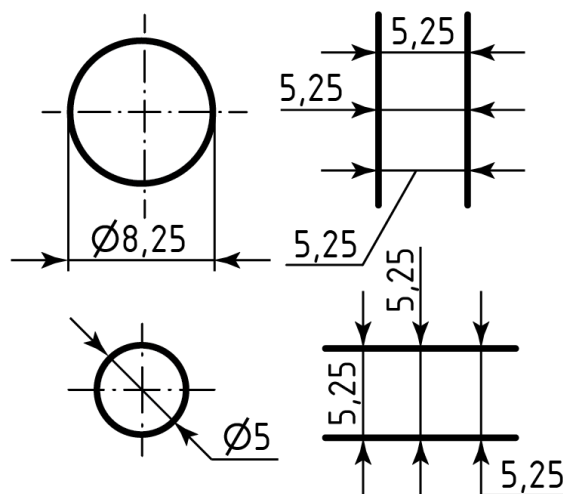


Рисунок 49 – Пример нанесения размеров в случае, если недостаточно места для нанесения стрелок

Угловые размеры наносят так, как изображено на рисунке 47. Если присутствует заштрихованная область, то размерные числа указываются на горизонтально нанесённых полках. В случае недостатка мест для углов небольших размеров размерные числа также помещают на полках линий-выносок в любой зоне.

Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размерное число наносят в соответствии с рисунком 48. Если нет места для нанесения стрелок, то их размещают, как показано на рисунке 49.

Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий (стрелок) на чертеже определяется наибольшим удобством чтения.

При проведении нескольких радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не следует располагать на одной прямой (рисунок 50). При совпадении центров нескольких радиусов их размерные линии допускается не доводить до центра, кроме крайних.

Размеры радиусов наружных скруглений наносят, как показано на рисунке 51, а; внутренних – на рисунке 51, б.

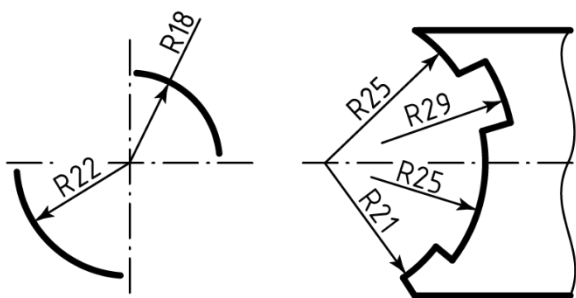


Рисунок 50 – Пример нанесения размеров радиуса

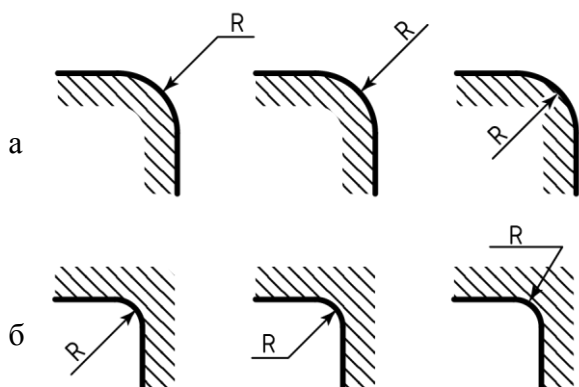


Рисунок 51 – Пример нанесения размеров радиусов наружных и внутренних скруглений

Если радиусы скругления, сгибов и другие на всем чертеже одинаковы или какой-либо радиус является преобладающим, вместо нанесения их размеров рекомендуется в технических требованиях над основной надписью делать запись типа: «Радиусы скруглений 5 мм», «Неуказанные радиусы 10 мм» и т. п.

Размеры фасок наносят под углом 45° , как показано на рисунке 52, а, б. Если угол фаски не равен 45° , то её обозначение осуществляется по общим правилам – линейными и угловыми размерами (рисунок 52, в) или двумя линейными размерами (рисунок 52, г).

Размеры нескольких одинаковых элементов изделия (фаски, отверстия) наносят один раз с указанием на полке линии-выноски количества этих элементов (рисунок 53, а). Допускается указывать количество элементов, как показано на рисунке 53, б.

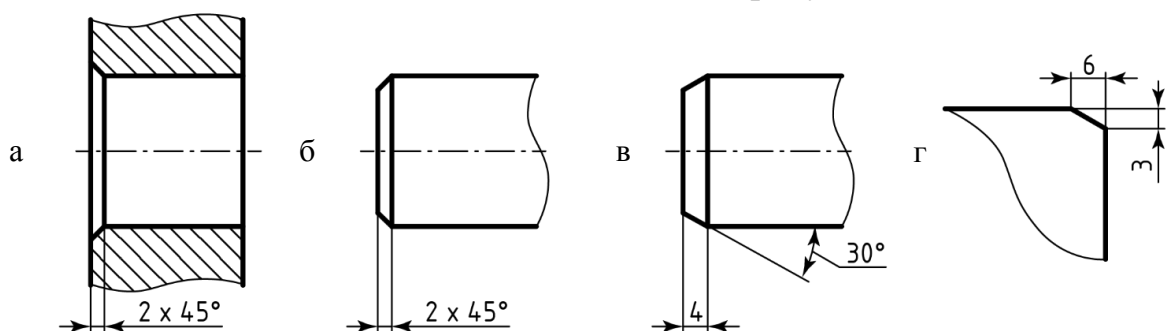


Рисунок 52 – Пример нанесения размеров фасок

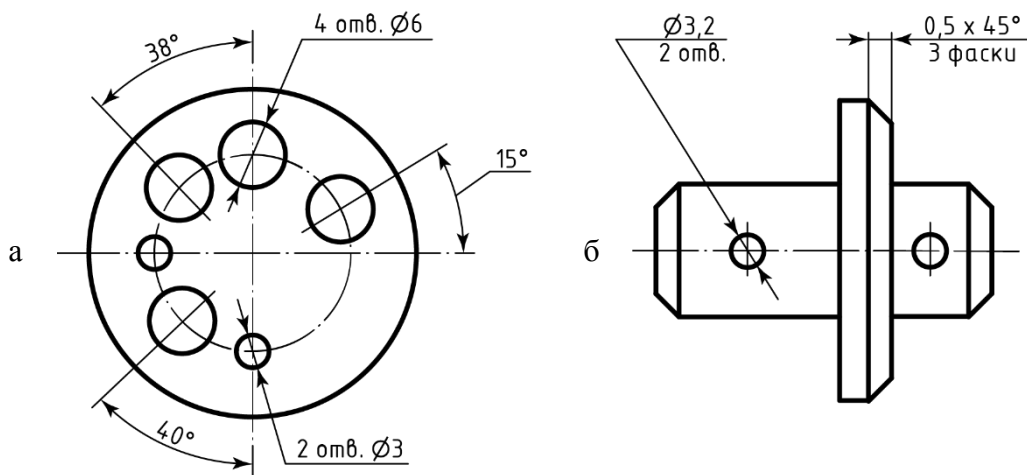


Рисунок 53 – Пример нанесения размеров нескольких одинаковых элементов изделия

При нанесении размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами (например отверстиями), рекомендуется наносить размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде надписи « $m \times n = k$ », где m , n и k – размерные числа (рисунок 54).

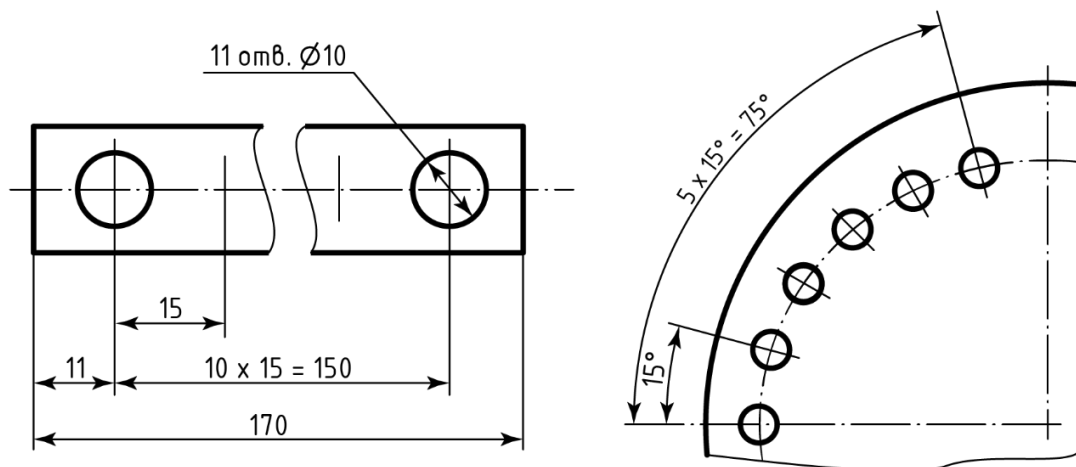


Рисунок 54 – Пример нанесения размеров цепочки одинаковых элементов

При большом количестве размеров, нанесённых от общей базы, допускается наносить линейные и угловые размеры, как показано на рисунке 55. При этом проводят общую размерную линию от отметки «0» и размерные числа наносят в направлении выносных линий у их концов.

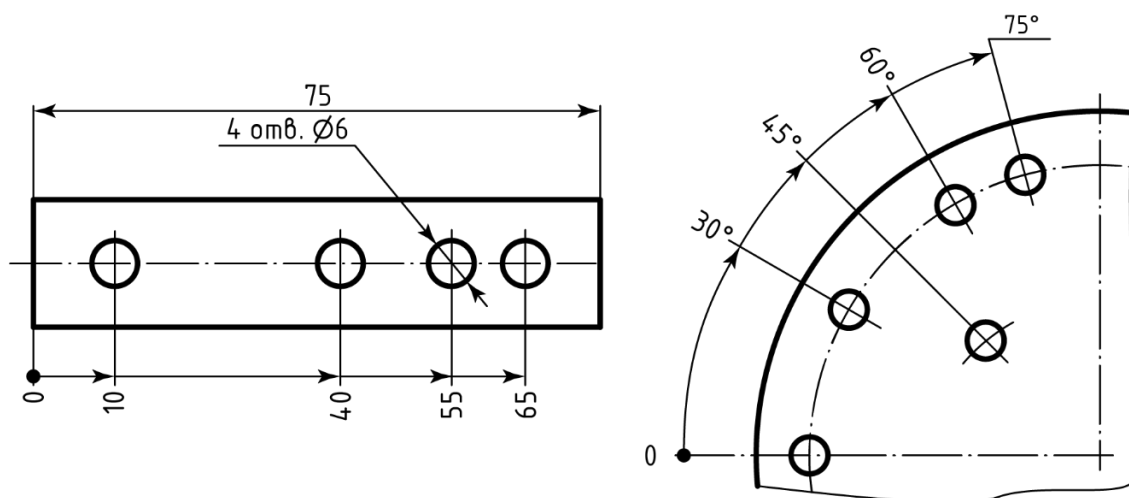


Рисунок 55 – Пример нанесения цепочки размеров от общей базы

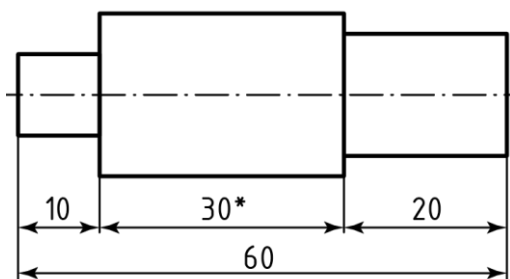


Рисунок 56 – Пример нанесения справочных размеров

На чертежах применяют **справочные размеры**. Справочными называются размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу, их указывают для большего удобства использования (рисунок 56). Справочные размеры обозначаются знаком «*», а в технических требованиях над основной надписью записывают «* Размеры для справок».

2.2.5 Выносные элементы. *Выносной элемент* используют на чертежах для изображения части объекта, требующей графического и других пояснений в отношении формы, размеров и других данных (рисунок 57).

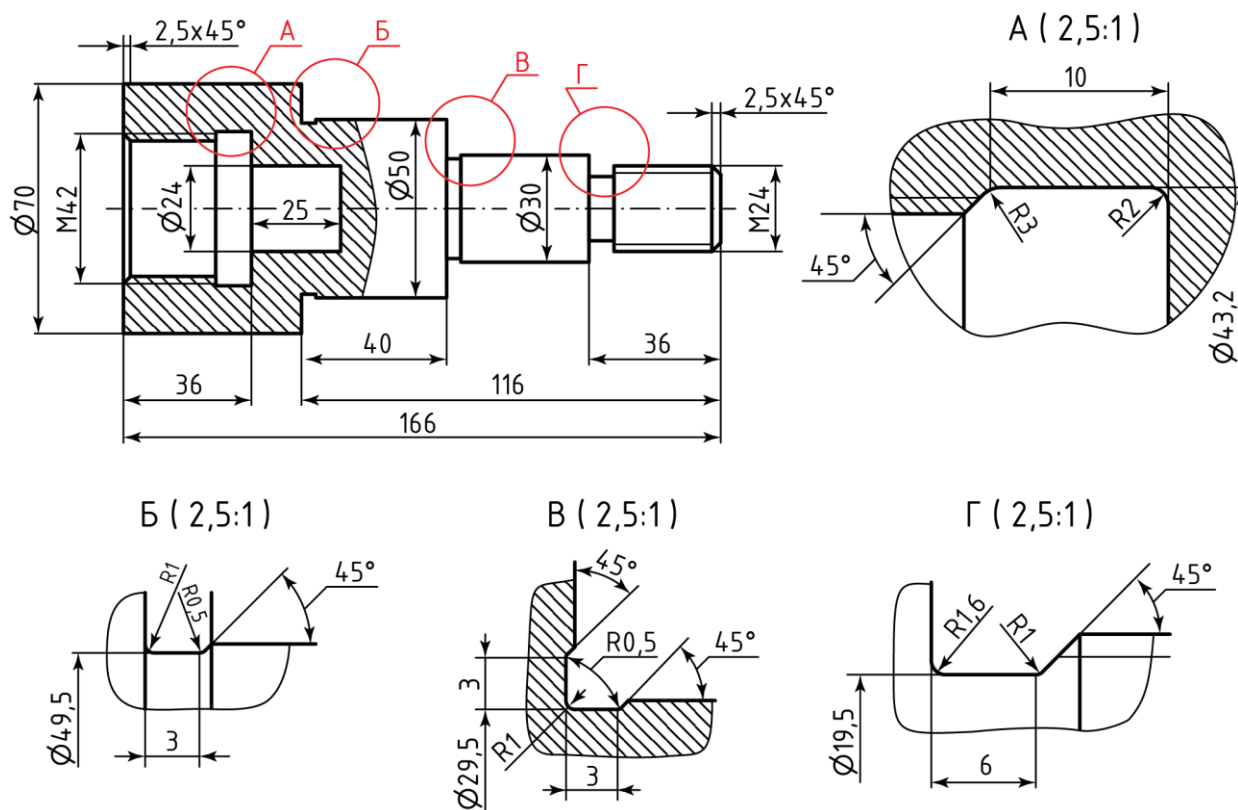


Рисунок 57 – Выносные элементы

Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и отличаться от него по содержанию. Например, изображение может быть видом, а выносной элемент – разрезом.

При применении выносного элемента соответствующее место отмечают на виде, разрезе или сечении замкнутой сплошной тонкой линией (окружностью, овалом) с обозначением выносного элемента прописной буквой или сочетанием прописной буквы с арабской цифрой на полке линии-выноски. Над изображением выносного элемента указывают обозначение и масштаб (ГОСТ 2.302–68), в котором он выполнен.

Выносной элемент располагают как можно ближе к соответствующему месту на изображении предмета.

2.3 Соединения деталей на чертежах

Для соединения деталей используют разъёмные и неразъёмные соединения.

Разъёмными называют соединения, допускающие разборку изделий без разрушения соединяемых или соединяющих деталей (элементов). К ним относятся резьбовые, шпоночные, штифтовые, шлицевые, клиновые соединения и др.

Неразъёмными называют соединения, которые можно разобрать только после их полного или частичного разрушения. К ним относятся заклёпочные и сварные соединения, соединения пайкой, склеиванием, прошивкой и др.

2.3.1 Резьбовые соединения. **Резьбовыми** называют соединения, в которых сопряжённые детали соединены при помощи резьбы или резьбовых крепёжных деталей (болтов, винтов, шпилек, гаек и др.). Основным элементом соединения является резьба с соответствующим профилем, установленным стандартом. **Резьба** – винтовая нарезка, имеющая определённый **профиль**, **шаг** и **диаметр**.

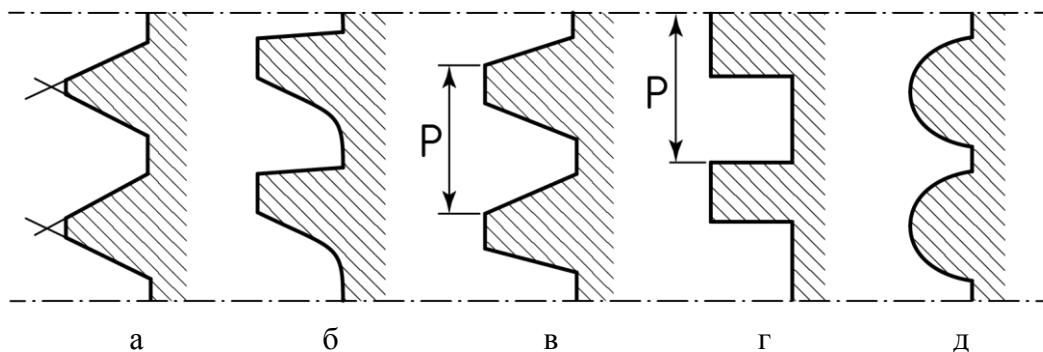
Классификация видов резьбы:

- по форме поверхности, на которой они нарезаны (цилиндрическая и коническая);
- по расположению резьбы на поверхности (наружная – на стержне, внутренняя – в отверстии);
- по форме профиля (треугольная, рисунок 58, а; упорная, рисунок 58, б; трапецеидальная, рисунок 58, в; прямоугольная, рисунок 58, г; круглая, рисунок 58, д);
- по назначению (крепёжная, крепёжно-уплотнительная, ходовая, специальная);
- по величине шага (с мелким и крупным шагом);
- по направлению винтовой линии (левая, правая);
- по количеству заходов (однозаходная, многозаходная);
- стандартная и нестандартная.

Резьбовые соединения широко применяют в изделиях приборостроения. Они имеют высокую надёжность и обеспечивают удобную сборку и разборку изделий без их разрушения и потери первоначальной формы.

Профилем резьбы называется контур сечения витков резьбы, сделанный плоскостью, проходящей через ось вращения резьбы. Вне зависимости от профиля резьба на чертеже изображается одинаково.

Шагом резьбы (P) называется расстояние между одноименными точками на соседних витках резьбы.



а – треугольная; б – упорная; в – трапецеидальная; г – прямоугольная; д – круглая

Рисунок 58 – Форма профиля резьбы

Наружная резьба (рисунок 59) изображается сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими – по внутреннему диаметру. В этом тонкие линии на плоскости, параллельной оси резьбы, проводят на всю длину резьбы, а на плоскости, перпендикулярной оси резьбы, – на 3/4 окружности. Следует отметить, что не допускается начинать сплошную тонкую линию и заканчивать её на осевой линии. Расстояние между тонкой линией и сплошной основной не должно быть меньше 0,8 мм и больше шага резьбы.



а – цилиндрическая; б – коническая

Границу резьбы обозначают сплошной толстой линией (рисунок 61).

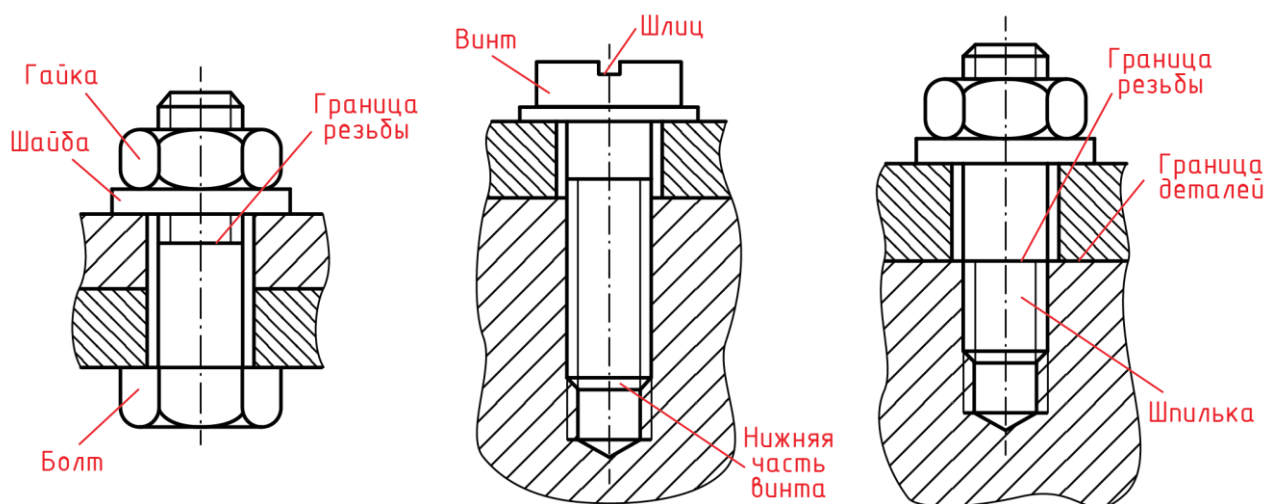


Рисунок 61 – Примеры изображения резьбового соединения

При резьбовом соединении двух деталей внешний и внутренний диаметры резьбы на стержне и в отверстии совпадают. Значит, толстые и тонкие линии, обозначающие резьбу, накладываются. В этом случае резьба на чертеже показывается так, как на стержне: сплошными толстыми основными линиями – по внешнему диаметру – и сплошными тонкими – по внутреннему (см. рисунок 61).

Для обозначения резьбы пользуются стандартами на отдельные её типы. Для всех типов резьбы, кроме конической и трубной цилиндрической, обозначения относятся к наружному диаметру и проставляются над размерной линией, на её продолжении или на полке линии-выноски.

В изделиях приборостроения чаще всего используют метрическую цилиндрическую резьбу общего назначения. Примеры обозначения этой резьбы:

M20×1 : М – резьба метрическая, 20 – номинальный диаметр в миллиметрах, 1 – мелкий шаг в миллиметрах, не указывается: правая, однозаходная;

M24 : М – резьба метрическая, 24 – номинальный диаметр в миллиметрах, не указывается: шаг крупный, правая, однозаходная;

M20LH : М – резьба метрическая, 20 – наружный диаметр в миллиметрах, LH – левая, не указывается: шаг крупный, однозаходная.

2.3.2 Паяные и клееные соединения. *Пайка* – процесс получения неразъёмного соединения деталей путём ввода в зазор между ними расплавленного припоя и его кристаллизации. *Склеивание* – процесс получения неразъёмного соединения деталей путём ввода в зазор между ними клея или клеящего состава.

ГОСТ 2.313–82 устанавливает условные изображения и обозначения неразъёмных соединений. В соединениях, получаемых пайкой и склеиванием, место соединения элементов следует изображать (рисунок 62) сплошной линией толщиной $2s$, где s – толщина сплошной основной линии (см. таблицу 3).

Для обозначения паяного и клееного соединений применяется условный знак, который наносят на линии-выноске сплошной основной линией: (— для пайки (выпуклостью к стрелке), К — для склеивания (плоской частью к стрелке).

Швы, выполняемые по замкнутой линии, следует обозначать окружностью диаметром от 3 до 5 мм, выполняемой тонкой линией (рисунок 62, в, г).

На изображении паяного соединения при необходимости следует указывать размеры шва и обозначение шероховатости поверхности.

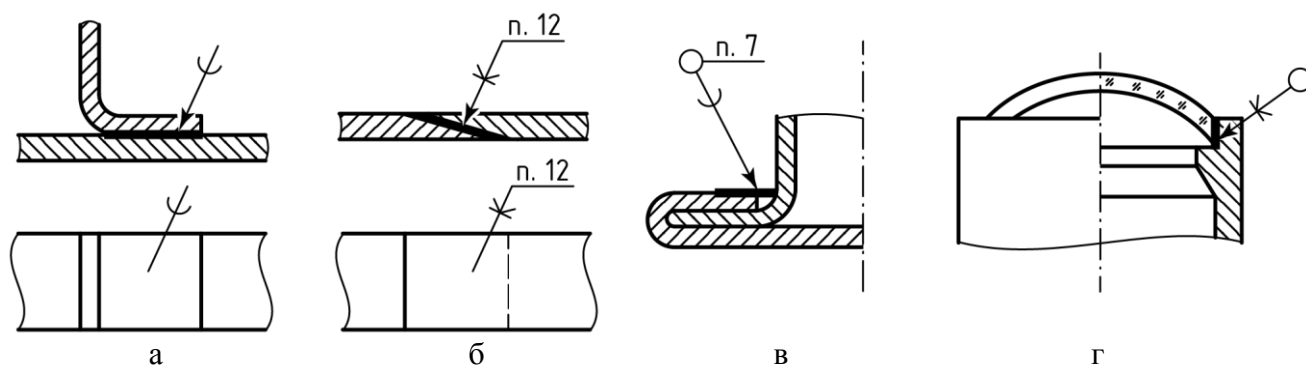


Рисунок 62 – Условные изображения паяного (а, в) и клееного (б, г) соединений

Обозначение припоя и клея (клеящего состава) по соответствующему стандарту или техническим условиям следует приводить в технических требованиях чертежа или в спецификации в разделе «Материалы» записью по типу: «ПОС 61 ГОСТ 21931–76» или «Клей БФ-2 ГОСТ 12172–74».

При необходимости в том же пункте технических требований следует приводить требования к качеству шва. Ссылку на номер пункта следует помещать на полке линии-выноски, проведённой от изображения шва (см. рисунок 59, б, в).

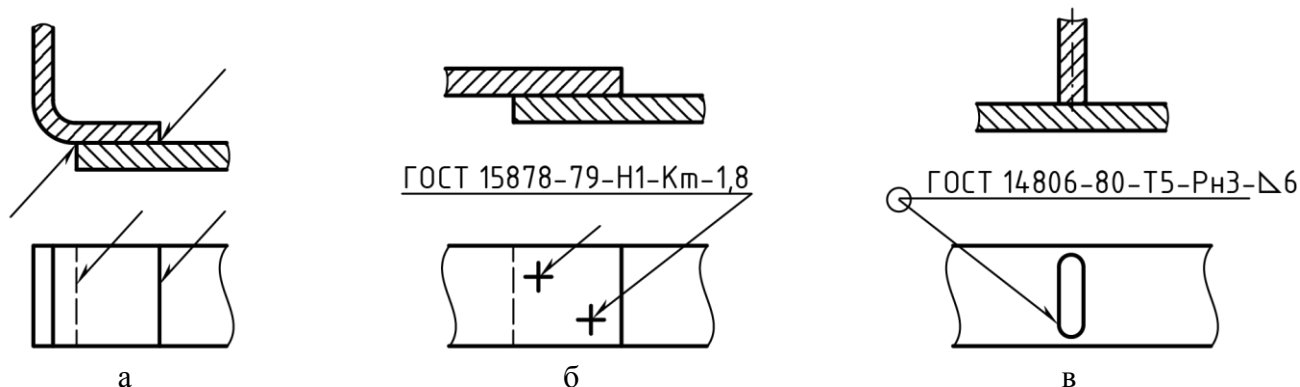
При выполнении швов припоями или клеями различных марок всем швам, выполняемым одним и тем же материалом, следует присваивать один порядковый номер, который следует наносить на линии-выноске. При этом в технических требованиях материал следует указывать записью по типу: «ПОС 4 ГОСТ 21931–76 (№1), ПМЦ 54 ГОСТ 23137–78 (№2), клей ПУ-2 ТУ 342–64 (№3)».

2.3.3 Сварные соединения. *Сварка* – процесс получения неразъёмного соединения деталей путём их местного (контактного) нагрева без применения или с применением механического усилия. Условные изображения и обозначение швов сварных соединений выполняются в соответствии с ГОСТ 2.312–72.

На чертеже сварной шов обозначается линией-выноской, начинающейся односторонней стрелкой, которую проводят от шва (предпочтительно видимого) или одиночной сварной точки (рисунки 63, 64). Как правило, линию-выноску сопровождают условным обозначением, которое для видимого шва размещают на полке линии-выноски, а для невидимого – под полкой линии-выноски (рисунок 63, б).

При электродуговой сварке сварной шов изображают следующим образом (рисунок 63, а): видимый – сплошной основной линией, невидимый – штриховой линией (см. таблицу 3).

При контактной сварке видимую одиночную сварную точку изображают знаком «+» (см. рисунок 63, б) размером 5×5 мм, который выполняют сплошной основной линией. Невидимые одиночные точки не изображают.



а – шовная сварка; б – точечная сварка; в – шовная сварка по контуру

Рисунок 63 – Условное изображение шва сварного соединения

Структура условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки приведена на рисунке 64.

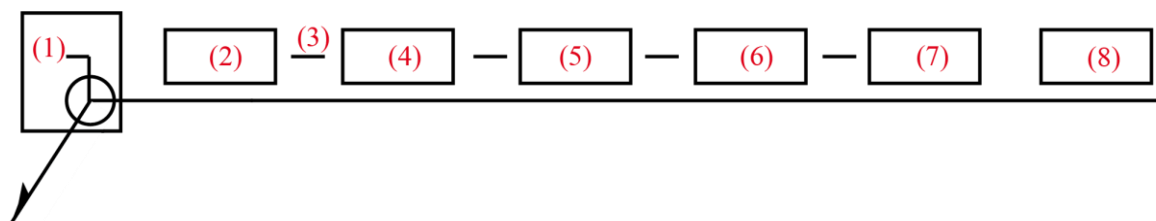


Рисунок 64 – Структура условного обозначения сварного шва или одиночной сварной точки

Здесь:

- (1) – вспомогательные знаки шва по замкнутой линии и монтажного шва;
- (2) – обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;
- (3) – знаки «дефис»;
- (4) – буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;
- (5) – условное обозначение способа сварки по стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;
- (6) – размеры, согласно стандарту, на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;
- (7) – для одиночной сварной точки – размер расчётного диаметра точки;

- для шва контактной точечной сварки – размер расчётного диаметра точки, знак / и размер шага;
- для шва контактной шовной сварки – размер расчётной ширины шва;
- для прерывистого шва контактной шовной сварки – размер расчётной ширины шва, знак умножения, размер длины провариваемого участка, знак / и размер шага;

(8) – вспомогательные знаки (см. раздел 2 ГОСТ 2.312–72).

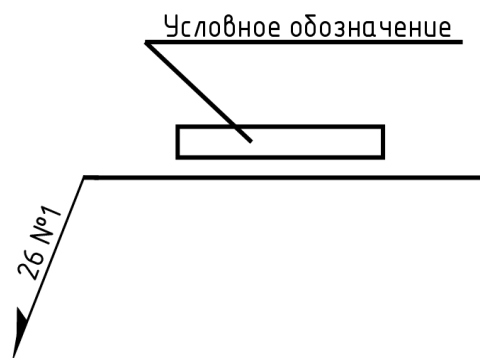


Рисунок 65 – Условное обозначение швов при наличии на чертеже нескольких одинаковых

Пример условного обозначения односторонней сварной точки при контактной точечной сварке изображён на рисунке 63, б. Пример условного обозначения двустороннего сварного шва, выполненного по замкнутой линии без скоса кромок дуговой сваркой, изображён на рисунке 63, в.

При наличии на чертеже одинаковых швов обозначение наносят у одного из изображений. Причём швам присваивают порядковый номер, и на линии-выноске указывается количество одинаковых швов и этот номер (рисунок 65).

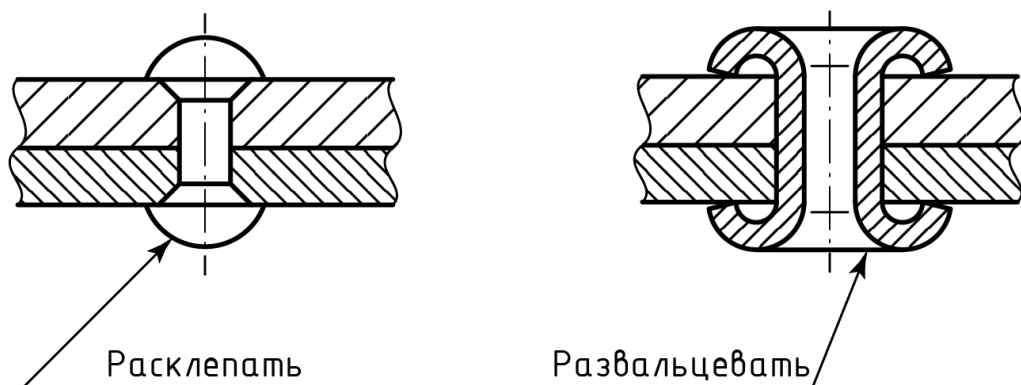
2.3.4 Соединения заклёпками. *Расклёпка* – процесс получения неразъёмного соединения деталей путём деформации *заклёпки* (цилиндрического стержня с головкой) или *цапфы* (выступа на детали, используемого в качестве заклёпки).

В приборостроении для соединения деталей применяют следующие типы заклёпок: *заклёпки сплошные* (с полукруглой головкой по ГОСТ 10299–80, с потайной головкой по ГОСТ 10300–80, с полупотайной головкой по ГОСТ 10301–80, с полукруглой головкой по ГОСТ 10302–80 и с плоской головкой по ГОСТ 10303–80) и *заклёпки пустотелые* (со скруглённой головкой по ГОСТ 12638–80).

Изображение и обозначение соединения заклёпками определено в ГОСТ 2.313–72.

Заклёпки независимо от их вида изображают по их действительным размерам, взятым из соответствующих стандартов. На разрезах сплошные заклёпки изображают нерассечёнными при прохождении секущей плоскости вдоль их оси, пустотелые же заклёпки секутся (рисунок 66). В проекции на плоскость, перпендикулярной к оси, заклёпки можно изображать знаком «+», выполненным сплошными тонкими линиями.

Изображение неразъёмного соединения на чертеже со сплошными заклёпками сопровождают надписью «Расклепать», а на чертеже с пустотелыми заклёпками – «Развальцевать». Надпись располагают на полке линии-выноски, оканчивающейся стрелкой и указывающей на место расклёпки.



а – сплошная заклёпка с полукруглой головкой; б – пустотелая заклёпка

Рисунок 66 – Изображения заклёпок на разрезах

Информация о заклёпках заносится в спецификацию в раздел «Стандартные изделия». В обозначении заклёпки указывается наименование, диаметр, длина (с округлением в большую сторону), класс прочности материала, вид и толщина покрытия, номер стандарта. Примерами обозначения могут служить «Заклёпка 6×14.48.029 ГОСТ 10299–80» для сплошной заклёпки и «Заклёпка 2,5×8.48.029 ГОСТ 12638–80» для пустотелой заклёпки.

При использовании нестандартных заклёпок выполняют их самостоятельный чертёж (чертёж детали) с указанием материала.

2.4 Чертежи сборочных единиц

Сборочный чертёж – конструкторский документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для её сборки (изготовления) и контроля.

Правила оформления сборочных чертежей устанавливает ГОСТ 2.109–73. Сборочный чертёж должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу;
- размеры и другие параметры, которые необходимо выдержать и проконтролировать в процессе изготовления сборочной единицы;
- номера позиций составных частей, входящих в изделие;
- технические требования, которые должны быть выполнены по сборочному чертежу.

Виды, разрезы, сечения, выносные элементы должны давать полное представление о форме и расположении деталей, входящих в изделие. Количество изображений должно быть наименьшим, но достаточным для представления расположения и взаимной связи составных частей и обеспечивающим возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы. Изображения и штриховка сечений и разрезов выполняются согласно правилам, изложенным в

ГОСТ 2.305–68 и ГОСТ 2.306–68. Изображения желательно располагать в проекционной связи, что облегчает чтение чертежа. Однако отдельные изображения могут быть размещены на свободном месте поля чертежа и вне проекционной связи, если это ведёт к уменьшению формата чертежа.

Главное изображение на сборочном чертеже практически всегда является разрезом или представляет собой соединение вида с разрезом, если значительная часть изделия не содержит составных частей, скрытых от наблюдателя, или сборочная единица содержит одинаковые группы составных частей.

Смежные детали в разрезах и сечениях выделяют разной по направлению и плотности штриховкой, но одинаковой для каждой детали на всех изображениях. Изображения на сборочных чертежах выполняют с упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД.

Изделия из прозрачного материала изображают как непрозрачные.

На сборочном чертеже должны быть указаны:

- габаритные размеры изделия (размеры, определяющие внешние очертания изделия). Если один из размеров является переменным вследствие перемещения движущихся частей изделия, то на чертеже указывают размеры при крайних положениях подвижных частей;

- установочные и присоединительные размеры (размеры, определяющие величины элементов, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию, например размеры окружностей и диаметры отверстий под болты, расстояние между осями фундаментных болтов и т. п.);

- размеры и другие параметры, выполняемые или контролируемые по данному чертежу;

- другие необходимые справочные размеры (на чертеже отмечают знаком *, а в технических требованиях записывают: «* Размеры для справок»).

На сборочных чертежах допускается не показывать:

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

- б) зазоры между стержнем и отверстием;

- в) крышки, щиты, кожухи, перегородки и т. п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например «Крышка поз. 3 не показана»;

- г) видимые составные части изделий или их элементы, расположенные за сеткой, а также частично закрытые впереди расположенными составными частями;

- д) надписи на табличках, фирменных планках, шкалах и других подобных деталях, изображая только их контур.

На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы.

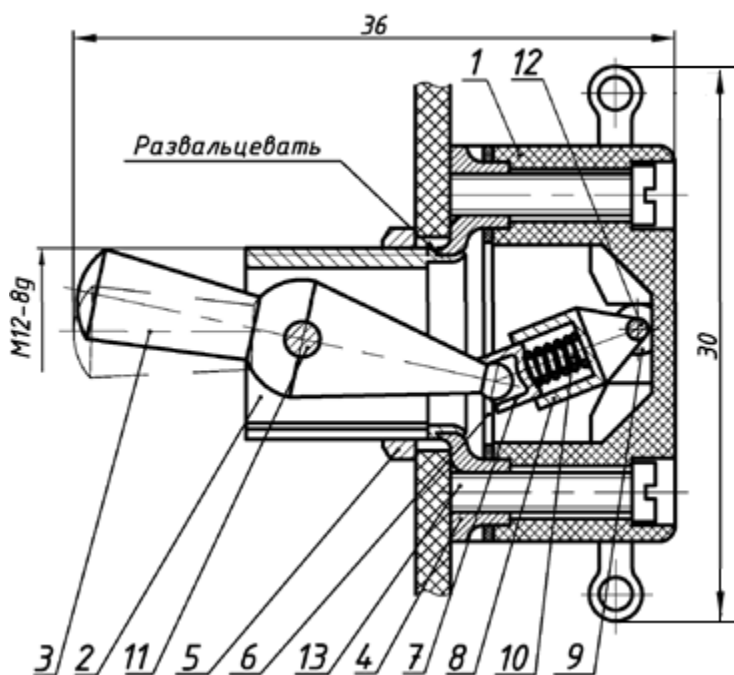


Рисунок 67 – Номера позиций на сборочном чертеже

Номера позиций на сборочном чертеже наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей (рисунок 67). Линии-выноски пересекают контур изображения составной части и заканчиваются точкой, при этом они не должны пересекаться между собой, быть параллельны линиям штриховки, по возможности не должны пересекать изображение других составных частей и размерных линий чертежа. Номера позиций указывают на тех изображениях, на которых соответствующие части проецируются как видимые, как правило, один раз. Номера позиций располагают параллельно основной

надписи чертежа и группируют их в колонку или строку, т. е. по вертикальной или горизонтальной прямой. Размер полок 10...12 мм. Размер шрифта номеров позиций должен быть больше размера шрифта размерных чисел в 1,5 раза.

В основной надписи сборочного чертежа к шифру добавляется код – «СБ», а под наименованием изделия добавляется наименование документа – «Сборочный чертёж».

Основным конструкторским документом для сборочной единицы является табличный текстовый документ под наименованием **спецификация**. Она представляет собой полный перечень составных частей изделия, а также конструкторских документов, по которым должна осуществляться сборка.

Основная надпись для первого листа спецификации выполняется по форме 2 или по форме 2а для каждого последующего (рисунок 68). Спецификации выполняются на листах формата А4.

Спецификация заполняется сверху вниз (рисунок 69) и состоит из разделов, расположение которых зафиксировано в ЕСКД:

- документация;
- комплексы;
- сборочные единицы;
- детали;
- стандартные изделия;
- прочие изделия;
- материалы;
- комплекты.

Раздел «Документация» представляет собой перечень конструкторских документов специфицируемого изделия (исключая спецификацию). В учебных условиях в этом разделе записывается обычно сборочный чертёж.

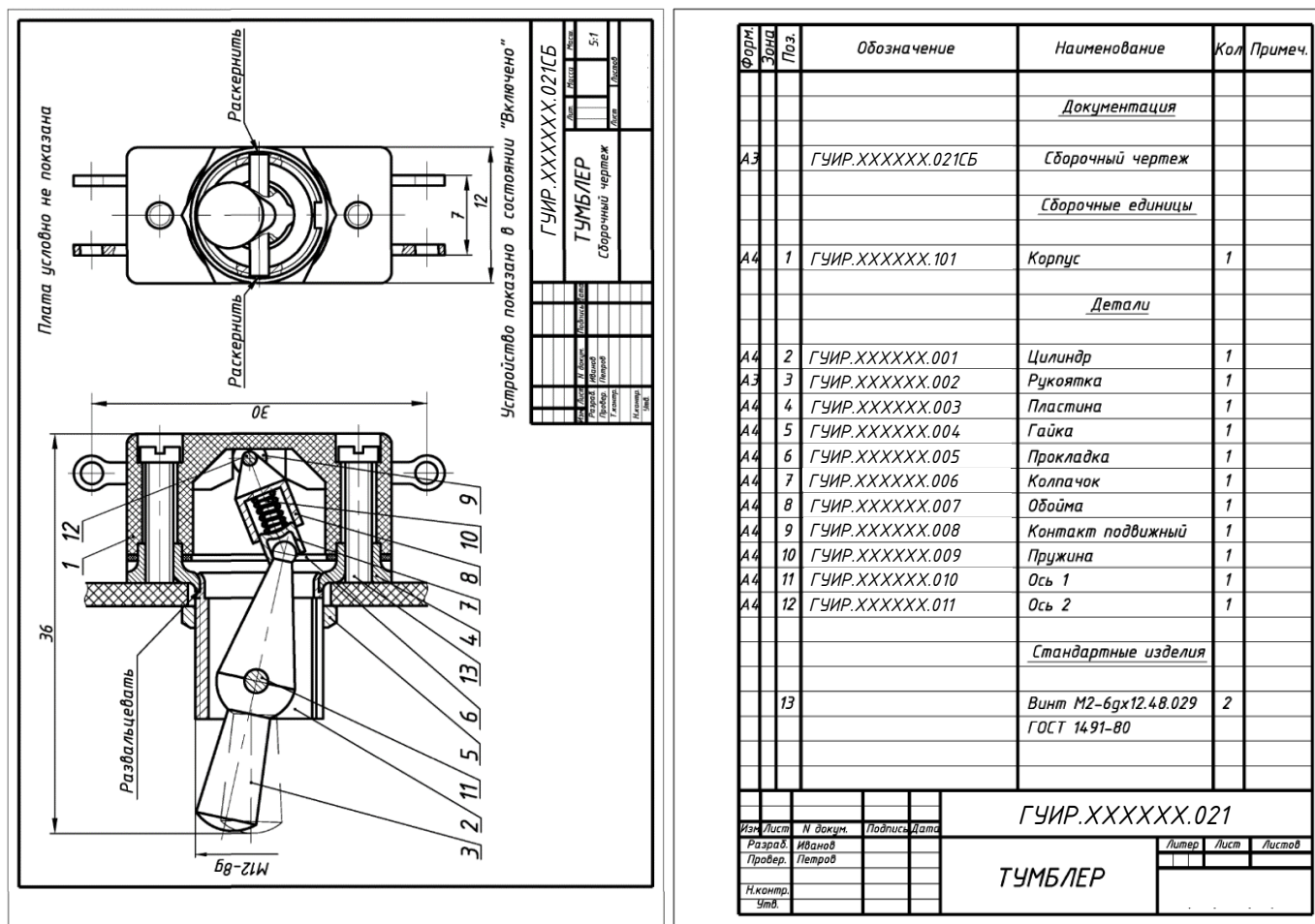


Рисунок 69 – Заполнение спецификации

В графе «Формат» указывается обозначение формата, на котором выполнен документ.

В графе «Обозначения» приводятся обозначения (шифры) документов.

Наименование документа в графе «Наименование» должно соответствовать принятому в ЕСКД.

Каждый документ, на скольких бы листах он не был выполнен, представляет собой одну единицу измерения документации, поэтому число «1» в графе «Кол.» (количество) не записывается.

Записываемые в разделы «Комплексы», «Сборочные единицы», «Детали» изделия непосредственно входят в специфицируемое изделие. Их запись производится в алфавитном порядке сочетания начальных знаков индексов организаций, разработавших эти изделия, и далее – в порядке возрастания цифр (в учебном процессе обычно с этим не сталкиваются, условно считая, что вся документация разработана одной организацией).

В графе «Формат» указываются форматы листов документов по общему правилу, однако если чертёж на данное изделие не выпущен, то в графе приводится запись «б/ч», а все данные об изделии указываются в графе «Наименование» спецификации.

Графа «Зона» заполняется в тех случаях, когда чертёж разбивается на зоны для быстрого отыскания нужного номера позиции на поле чертежа, значительного по размерам.

Графа «Поз.» (позиция) заполняется номерами позиций в порядке возрастания, однако каждый раздел должен иметь в конце резервные свободные строки для внесения возможных изменений, соответственно резервируются и номера позиций.

В графе «Обозначение» приводятся обозначения изделий, которые совпадают для деталей с обозначениями чертежей, но отличаются отсутствием кода для других документов.

В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия, изготовленные по государственным и другим стандартам. В пределах каждой категории стандартов запись производят в графе «Наименование» по группам изделий, объединённых по функциональному назначению, например крепёжные изделия, подшипники и т. д. В пределах каждой группы запись ведётся в алфавитном порядке наименований изделий (болты, винты, гайки, шайбы), а в пределах каждого наименования – в порядке возрастания обозначений стандартов (винты по ГОСТ 1491–80, винты по ГОСТ 17474–80). Изделия одного стандарта записываются в порядке возрастания их основных параметров, например диаметра резьбы, а при одинаковом диаметре резьбы – по величине её шага и т. д.

К прочим изделиям относятся те, которые применены не по основным конструкторским документам и не относятся к стандартным (в учебных работах студенты с ними обычно не встречаются).

В раздел «Материалы» вносят все материалы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. Стандартами устанавливается порядок их записи: металлы чёрные, металлы магнитоэлектрические и ферромагнитные, металлы цветные и благородные, кабели, провода, лаки, краски. В пределах каждого вида запись осуществляют в алфавитном порядке.

Количество материала определяется на всё специфицируемое изделие и записывается с указанием единиц измерения в графе «Количество», при недостатке места – в графе «Примечание».

Так как на стандартные изделия и на материалы чертежи не выпускаются, то графы «Формат» и «Обозначение» не заполняются.

Допускается совмещение спецификации со сборочным чертежом при условии выполнения совмещённого документа на листе формата А4. Обозначение его соответствует обозначению спецификации, т. к. именно она является основным документом. Спецификация размещается ниже графического изображения изделия.

Выполняется она по обычной форме, но отсутствует раздел «Документация», основная надпись заполняется по форме 1 (см. рисунок 26).

2.5 Схемы

Схемы являются неотъемлемой частью конструкторских документов, необходимых для проектирования, изготовления, регулировки, эксплуатации и ремонта изделий.

Схема – конструкторский документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

2.5.1 Виды и типы схем. В производстве пользуются различными видами и типами схем, определёнными в ГОСТ 2.701–84. Вид и тип схемы имеют буквенно-цифровое обозначение – код. Код вида схемы обозначается прописной буквой, коды типа схемы – цифрой. Некоторые обозначения схем приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Обозначение некоторых видов и типов схем

Вид схемы	Код вида схемы	Тип схемы	Код типа схемы
Электрическая	Э	Структурная	1
Гидравлическая	Г	Функциональная	2
Пневматическая	П	Принципиальная	3
Энергетическая	Р	Соединений	4
Оптическая	Л	Подключения	5
Комбинированная	С	Объединённая	0

Таким образом, схема электрическая принципиальная будет иметь код – Э3.

Код схемы записывается в графе «Обозначение» основной надписи после обозначения изделия, например ГУИР.435233.013 Э3.

2.5.2 Схемы электрические принципиальные. *Схема электрическая принципиальная* – схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающая детальное представление о принципе работы изделия. Схемы электрические принципиальные выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.701–84 и ГОСТ 2.702–84.

Схема является конструкторским документом, поэтому, как любой конструкторский документ, выполняется на стандартных форматах по ГОСТ 2.301–68.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей изделия (установки) не учитывают или учитывают приблизительно. Составные части устройства изображают на схеме в виде **условных графических обозначений** (УГО), установленных стандартами ЕСКД (ГОСТ 2.721–74 – ГОСТ 2.759–82).

УГО элементов изображают в размерах, установленных стандартами на условные графические обозначения. Все размеры графических обозначений допускается пропорционально изменять. Размеры УГО элементов, а также толщина их линий должна быть одинаковой на всех схемах для данного изделия.

УГО элементов изображают на схеме в положении, в котором они заданы в соответствующих стандартах, или повернутыми на угол, кратный 90° . В некоторых случаях допускается УГО элементов поворачивать на угол, кратный 45° .

УГО элементов и соединяющие их линии связи следует располагать на схеме таким образом, чтобы обеспечивать наилучшее представление о структуре изделия и взаимодействии его составных частей. Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь наименьшее количество изломов и взаимных пересечений. В отдельных случаях допускается применять наклонные отрезки линий связи, длину которых по возможности ограничивать.

Линии связи выполняют толщиной от 0,2 до 1 мм в зависимости от форматов схемы и размеров УГО элементов. Рекомендуемая толщина 0,3 мм. Графические обозначения на схемах следует выполнять линиями той же толщины, что и линии связи.

При большой насыщенности чертежа расстояние (просвет) между линиями графического обозначения должно быть не менее 1 мм. Расстояние между соседними параллельными линиями связи должно быть не менее 3 мм, а между отдельными УГО элементов – не менее 2 мм.

Каждый элемент, входящий в изделие, имеет *позиционное обозначение*. Позиционное обозначение состоит из букв, определяющих вид элемента, и цифр, указывающих его номер. Вид элемента обозначается одной или двумя буквами латинского алфавита в соответствии с ГОСТ 2.710–81.

Пример однобуквенного кода: *R* (резистор), *C* (конденсатор), *D* (микросхема) и т. д. Для уточнения вида элемента допускается применять двухбуквенный код: *RK* (терморезистор), *RP* (потенциометр), *VD* (диод или стабилитрон), *DD* (микросхема цифровая) и т. д.

Размеры часто используемых в схемах элементов и их коды приведены в приложении.

Порядковые номера элементам следует присваивать, начиная с единицы в пределах группы элементов, которым на схеме присвоены одинаковые буквенные позиционные обозначения, например: *R1*, *R2*, *R3* и т. д.

Порядковые номера должны быть присвоены в соответствии с последовательностью расположения элементов или устройств на схеме сверху вниз в направлении слева направо.

Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с УГО элементов с правой стороны или над ними (рисунок 70).

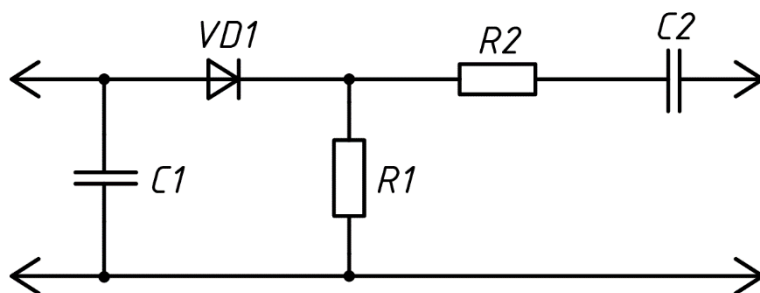


Рисунок 70 – Позиционные обозначения элементов

Схема электрическая принципиальная, выполненная отдельно или вместе с перечнем элементов, имеет основную надпись (штамп) по ГОСТ 2.104–2006, форма 1 (55 × 185 мм, см. рисунок 26). Наименование документа «Схема электрическая принципиальная» записывается в графе «Наименование» после наименования изделия. При этом наименование документа должно быть выполнено шрифтом меньшего размера, чем наименование изделия (рисунок 71).

Форма 1

					ГУИР.435233.013ЭЭ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Усилитель <i>Схема электрическая принципиальная</i>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Шнейдеров			21.03		У		
Пров.	Гришель			22.03				
Т. контр.						Лист	Листов	1
Н. контр.					ИИТ, гр.512601			
Утв.								

Форма 2

					ГУИР.435233.013ПЭЭ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Усилитель <i>Перечень элементов</i>	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.	Шнейдеров			21.03		У		1	2
Пров.	Гришель			22.03					
Н. контр.						ИИТ, гр.512601			
Утв.									

Форма 2а

					ГУИР.435233.013ПЭЭ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			2

Рисунок 71 – Пример заполнения основной надписи

На принципиальной схеме должны быть однозначно определены все элементы, входящие в состав изделия. Данные об элементах (тип, параметры, документ) записываются в таблицу, называемую перечнем элементов.

Перечень элементов – таблица (рисунок 72), в которой записывают данные об элементах и устройствах, изображённых на схеме. Перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа.

При выполнении перечня элементов на первом листе схемы его располагают над основной надписью. Расстояние между перечнем элементов и основной надписью должно быть не менее 12 мм. Продолжение перечня элементов помещают слева от основной надписи, повторяя заголовок таблицы (рисунок 73).

Последующие листы перечня элементов, если они есть, должны иметь основную надпись по ГОСТ 2.104, форма 2а (15 × 185 мм, см. рисунки 27, 71). На них заполняется обозначение документа, такое же, как и на первом листе перечня элементов.

Примечание – Следует обратить особое внимание на то, что обозначение (ГУИР.435233.013) и наименование изделия («Усилитель») одинаковы как на чертеже схемы, так и в перечне элементов.

В графах таблицы перечня элементов указывают следующие данные:

- графа «Поз. обознач.» – позиционные обозначения элементов, устройств и функциональных групп;

- графа «Наименование» – для элемента (устройства) – наименование в соответствии с документом, на основании которого этот элемент (устройство) применён, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, межгосударственный стандарт, стандарт организации, технические условия); – для функциональной группы – наименование;

- в графе «Кол.» – количество элементов (согласно графе «Поз. обознач.»);

- в графе «Примечание» – рекомендуется указывать технические данные элемента (устройства), не содержащиеся в его наименовании.

Примечание – Как правило, в графе «Примечание» рекомендуется указывать зарубежного производителя элементов схемы. Для элементов отечественных производителей эту графу обычно не заполняют.

Связь схемы и перечня элементов производится через позиционные обозначения элементов (см. рисунки 70, 72). Элементы в перечень записывают группами в алфавитном порядке буквенных позиционных обозначений. В пределах каждой группы, имеющей одинаковые буквенные обозначения, элементы располагают по возрастанию порядковых номеров.

В случае, когда одна из составляющих записи повторяется много раз, её допускается выносить в виде общего наименования.

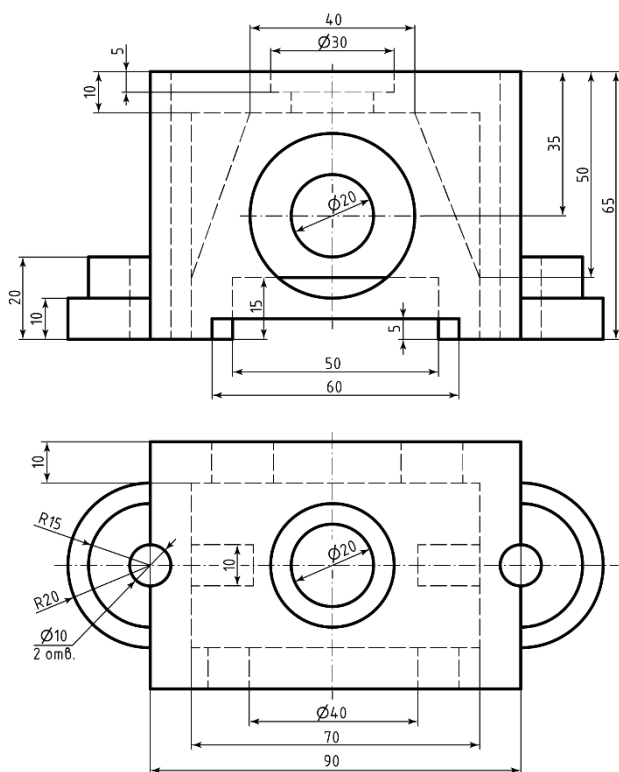
Элементы одного типа с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, допускается записывать в перечень в одну строку, если два элемента, то через запятую, если три и более, то через многоточие.

В графе «Наименование» записывают наименование элемента, тип элемента и его параметры, документ, на основании которого этот элемент применён.

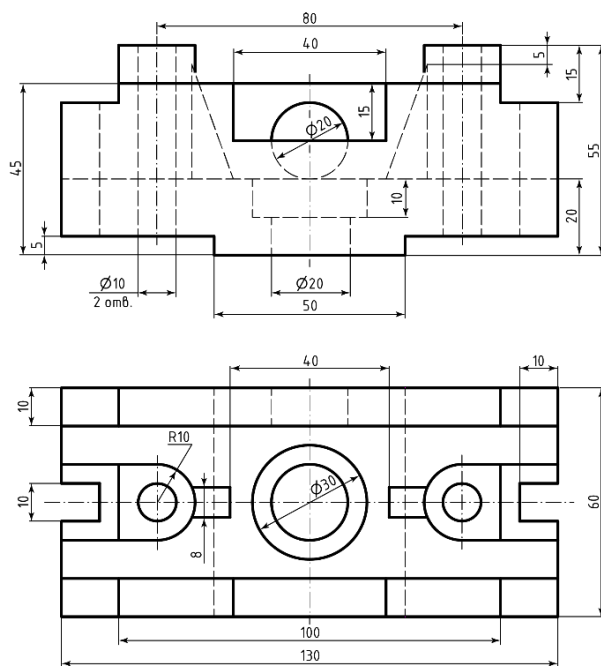
2.6 Задачи

2.6.1 Чертёж детали. На листе формата А3 выполнить фронтальную, горизонтальную и профильную проекции изделия, а также его фронтальный и профильный разрезы, совместив их с видами. Чертёж выполнить в соответствии с правилами оформления чертежей с нанесением размеров.

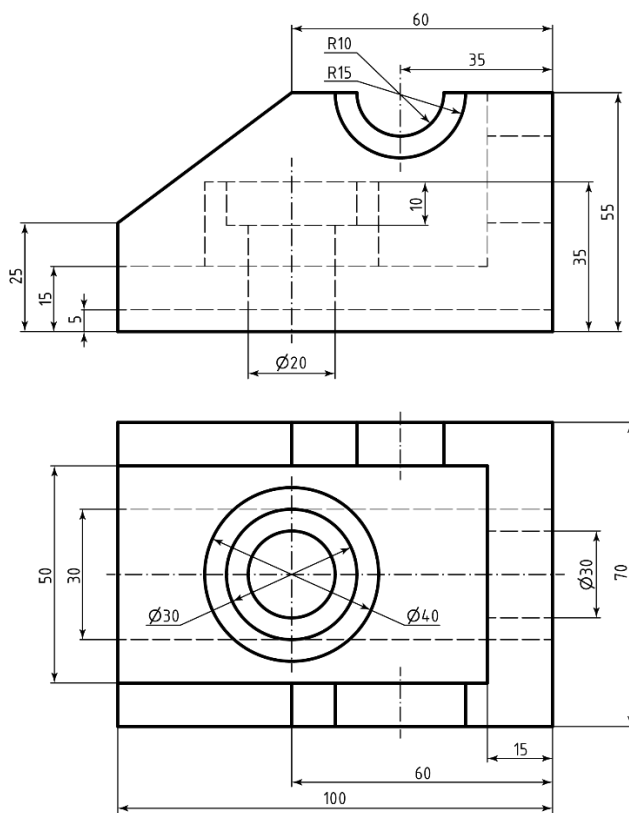
Вариант 1



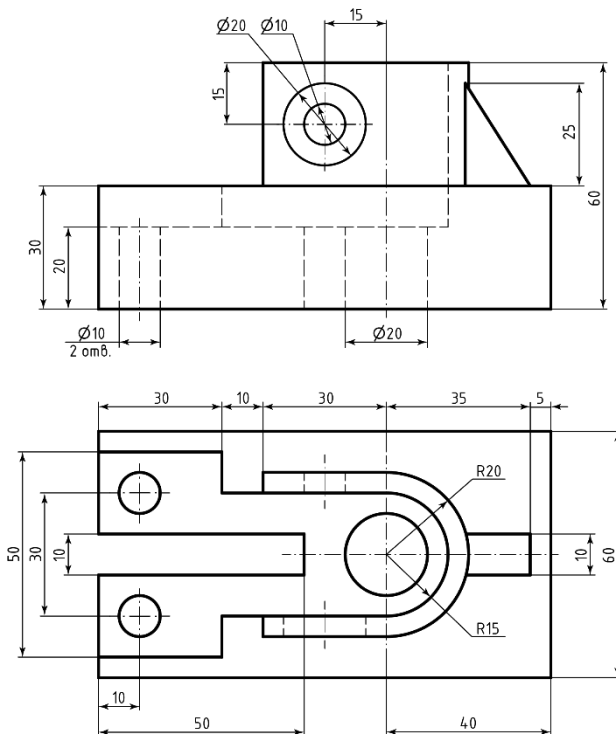
Вариант 2



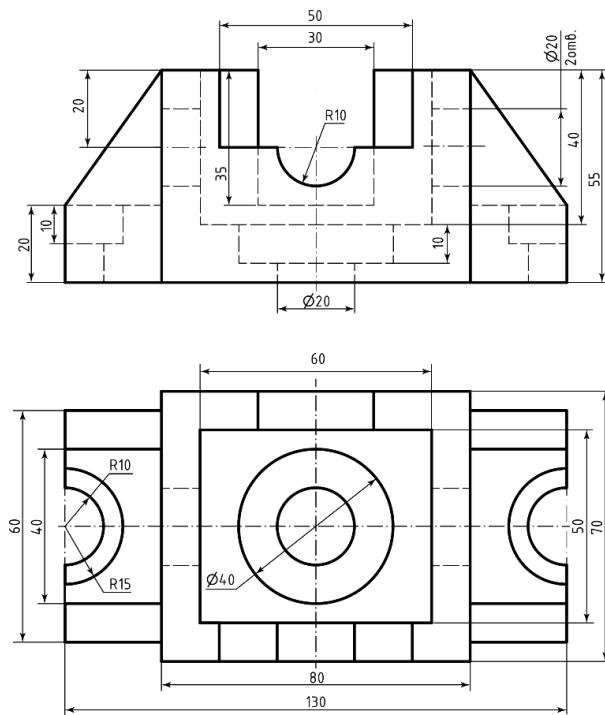
Вариант 3



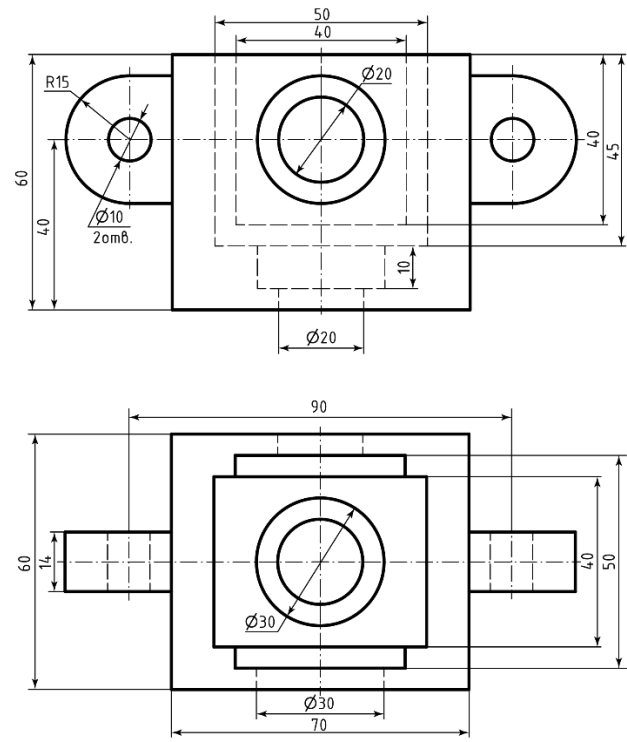
Вариант 4



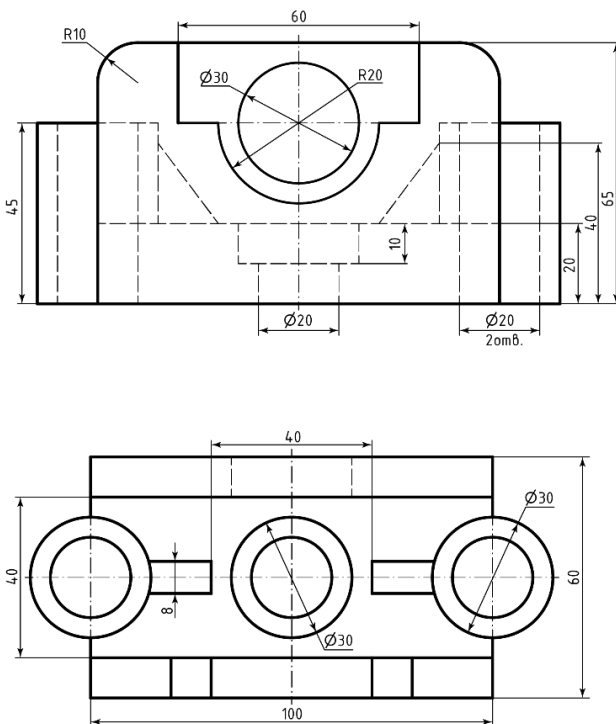
Вариант 5



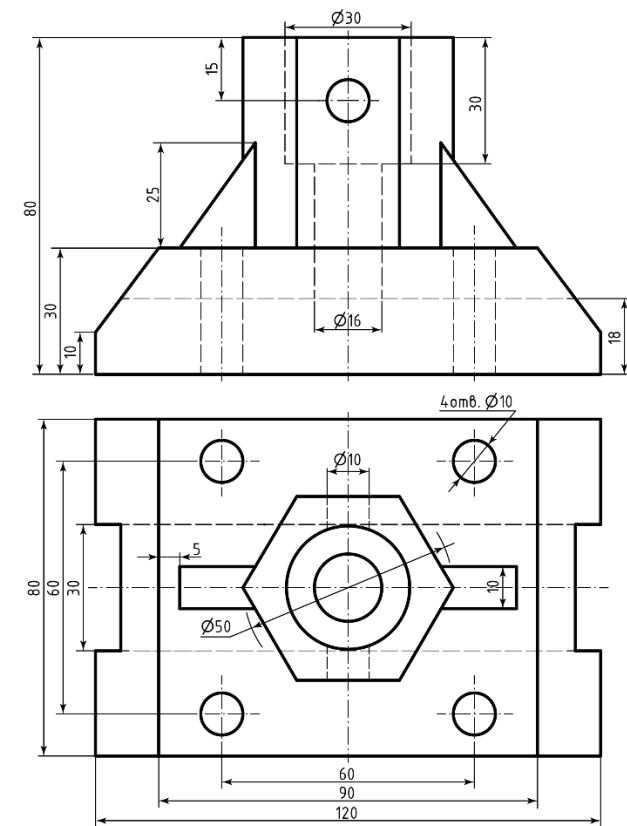
Вариант 6



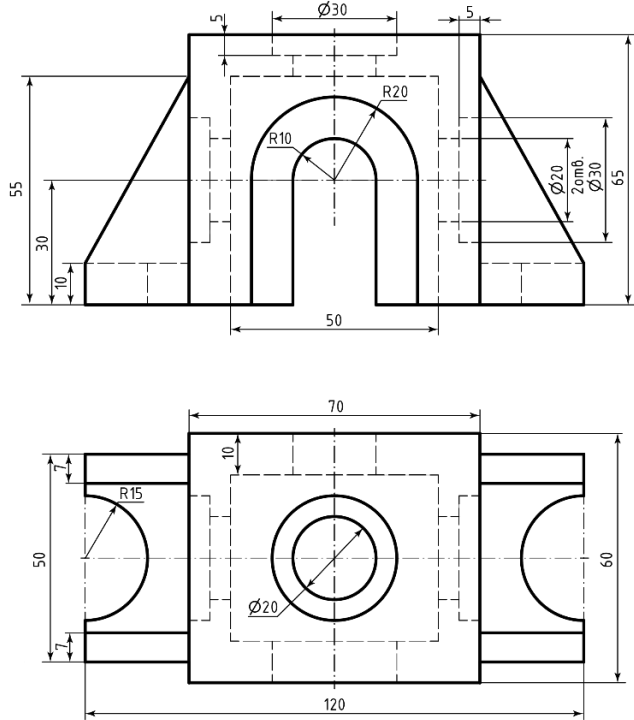
Вариант 7



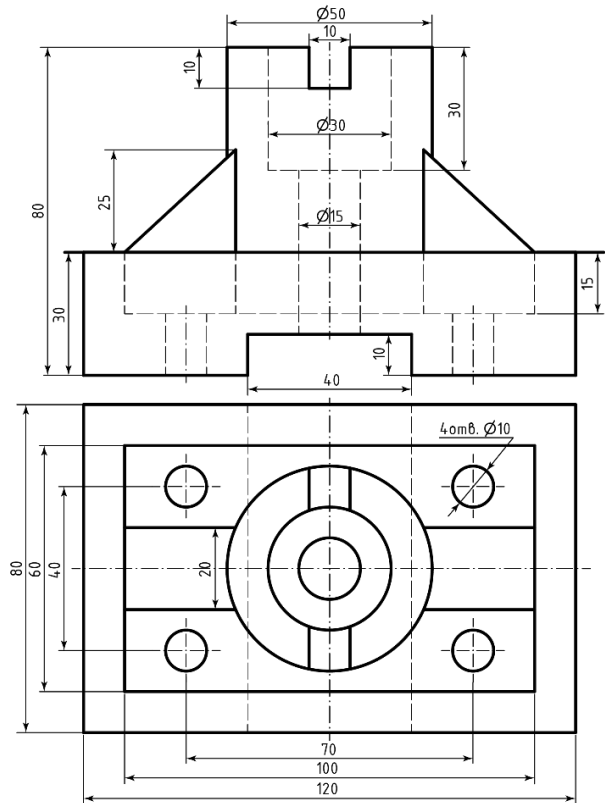
Вариант 8



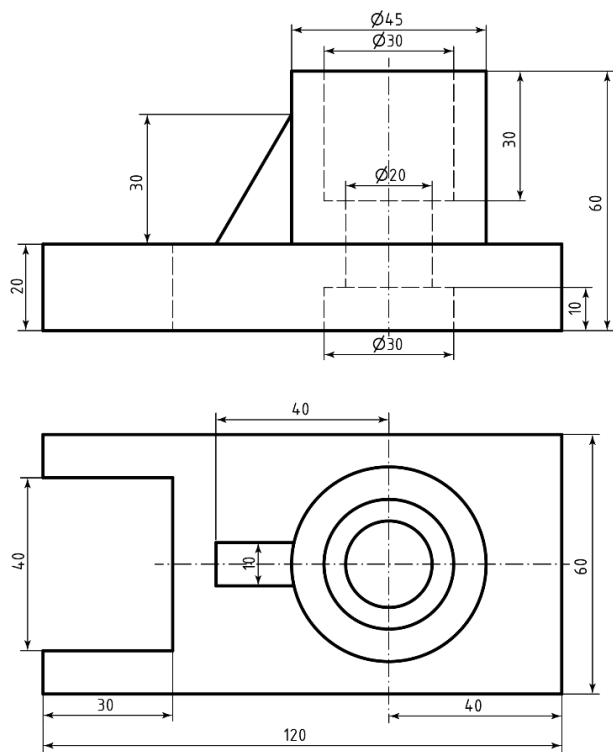
Вариант 9



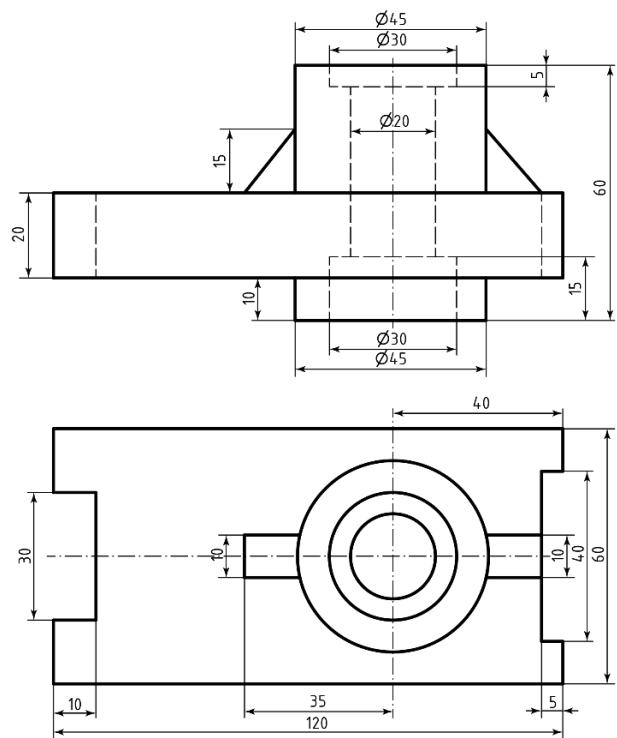
Вариант 10



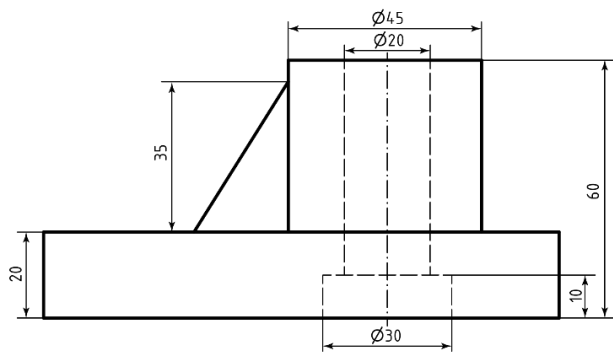
Вариант 11



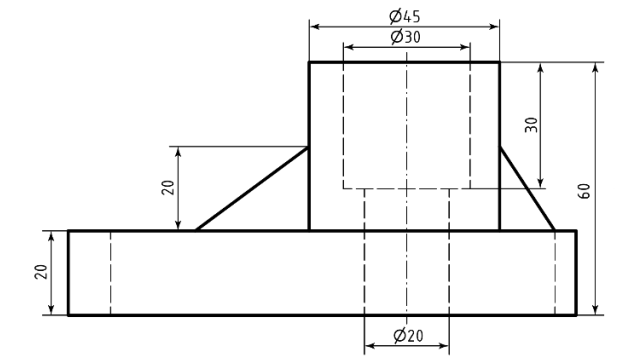
Вариант 12



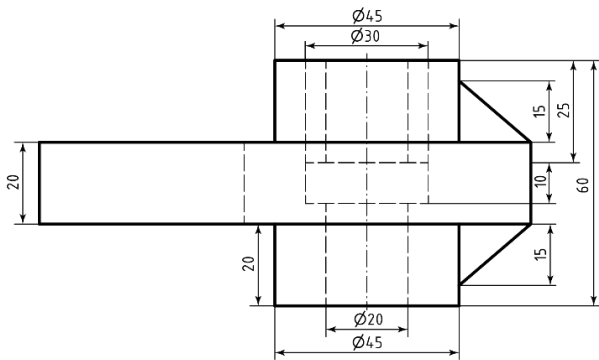
Вариант 13



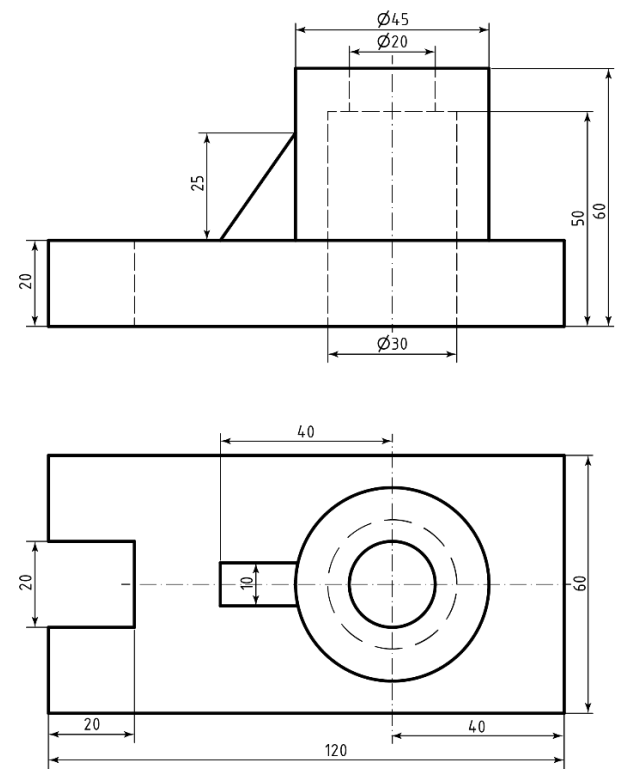
Вариант 14



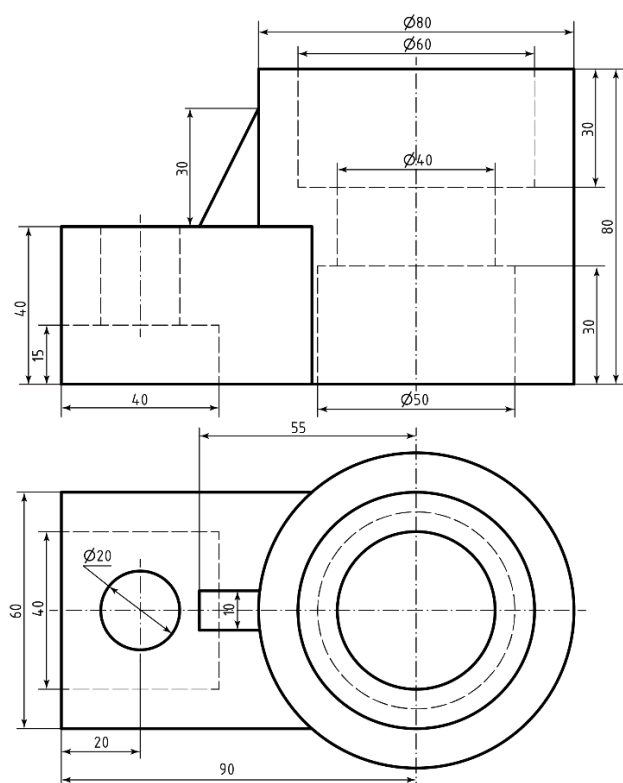
Вариант 15



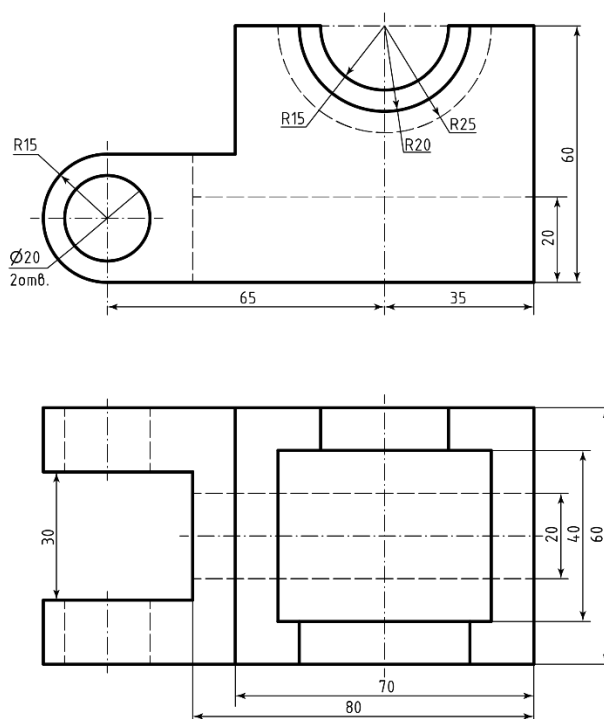
Вариант 16



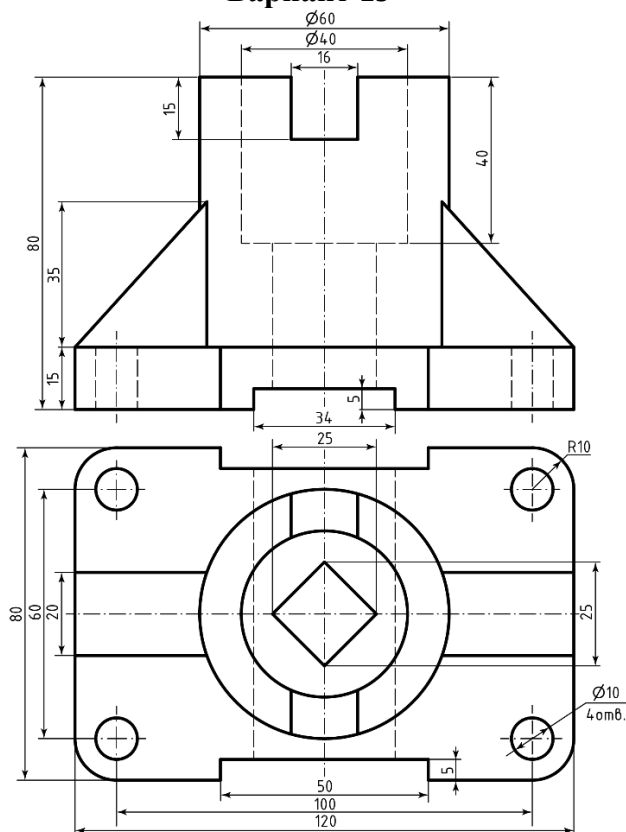
Вариант 17



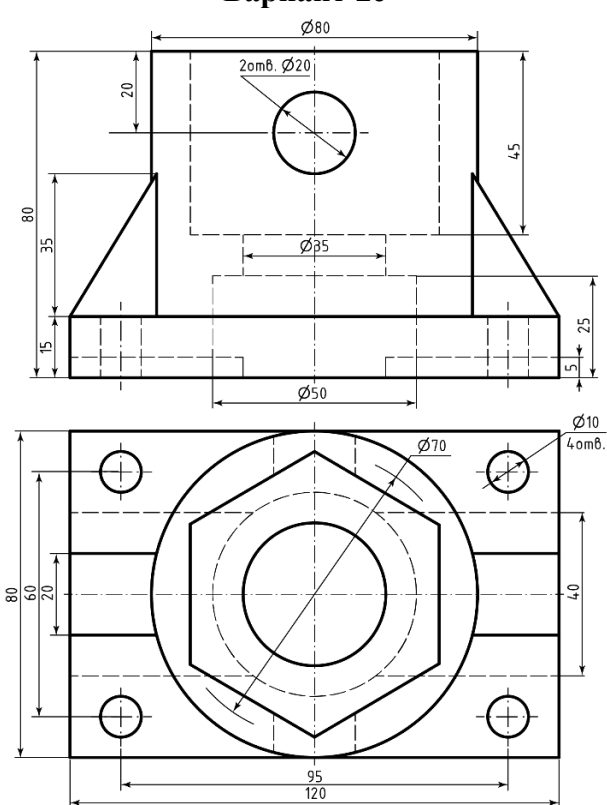
Вариант 18



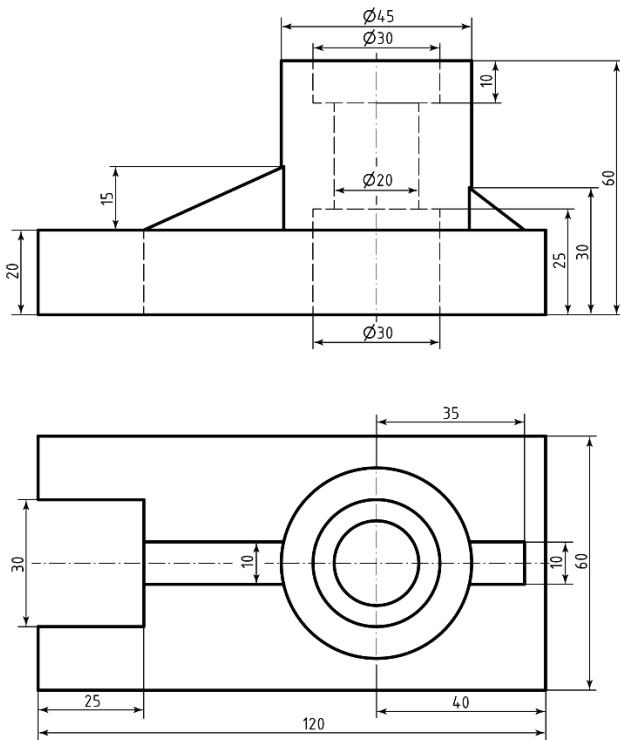
Вариант 19



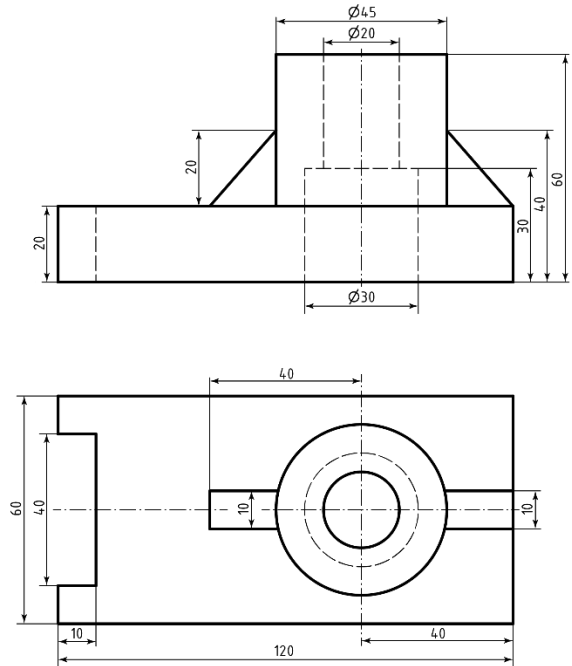
Вариант 20



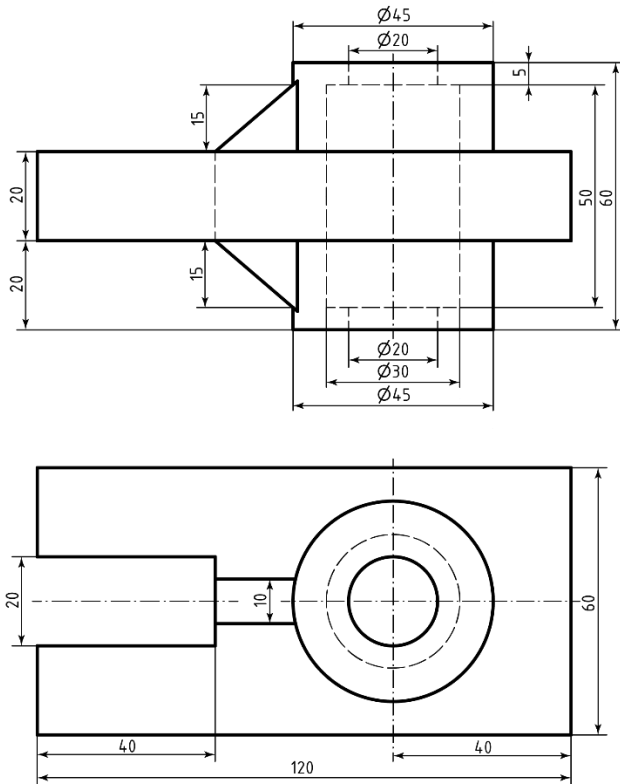
Вариант 25



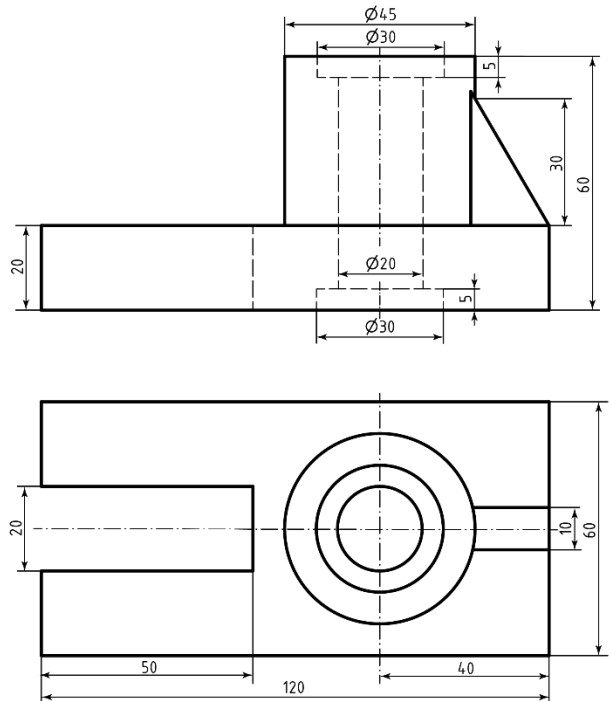
Вариант 26



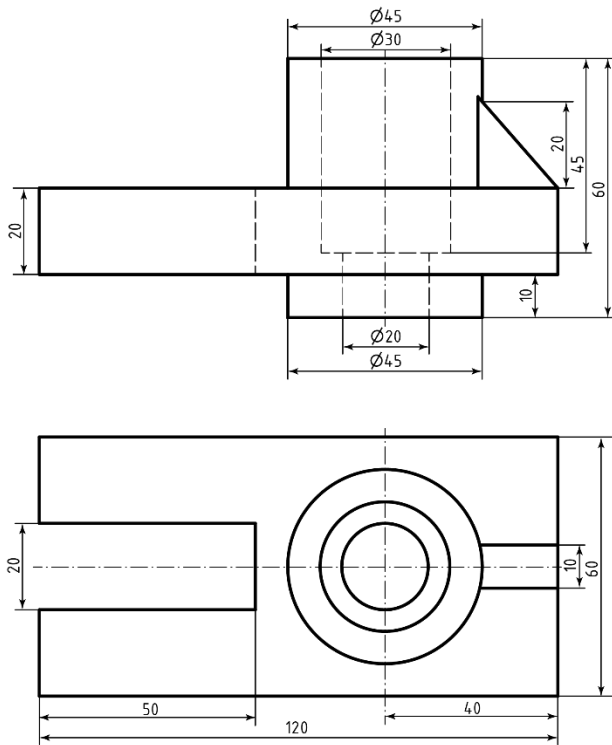
Вариант 27



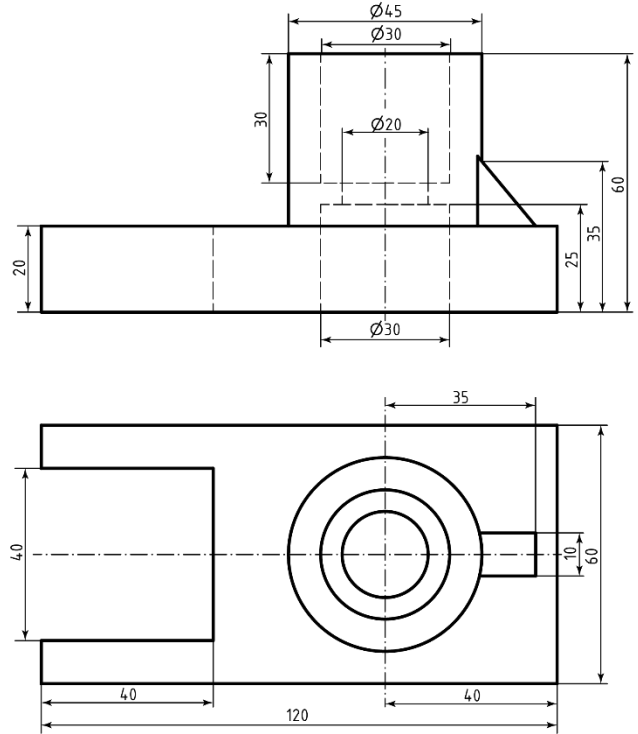
Вариант 28



Вариант 29

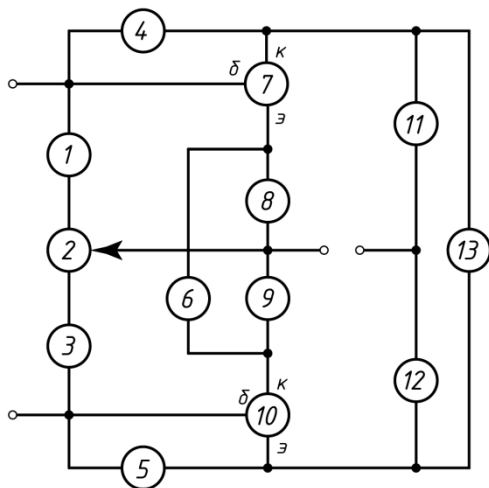


Вариант 30



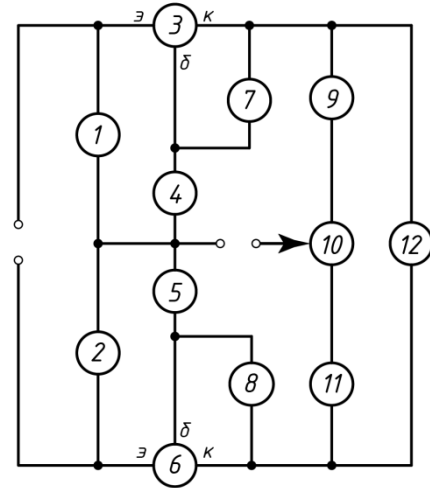
2.6.2 Схемы электрические принципиальные. На листе формата А3 выполнить схему электрическую принципиальную и перечень элементов к ней в соответствии с правилами выполнения схемной документации. При выполнении схемы вместо «кружочков» с номерами следует разместить соответствующие УГО.

Вариант 1 – Усилитель балансный



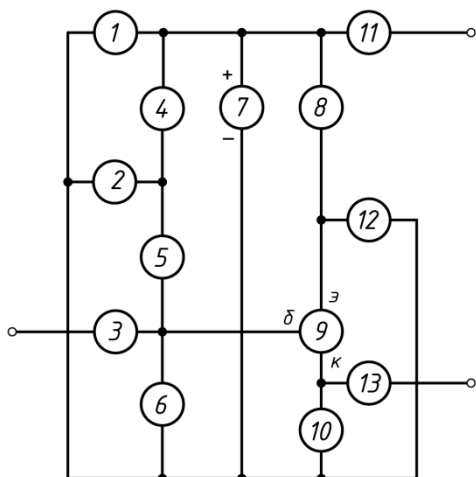
- 1, 3...5 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 82 кОм; $\pm 10\%$)
- 2 – Резистор СПЗ-38 (3 кОм)
- 6 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 200 Ом; $\pm 10\%$)
- 7, 10 – Транзистор 2Н160
- 8, 9, 11, 12 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 20 кОм; $\pm 10\%$)
- 13 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 10 кОм; $\pm 10\%$)

Вариант 2 – Усилитель балансный



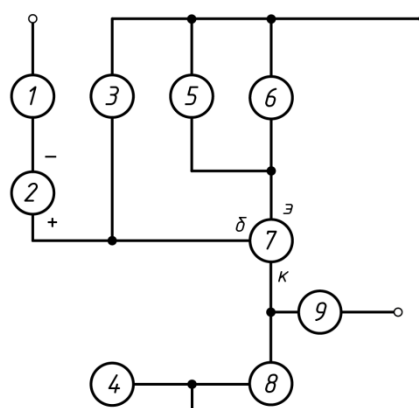
- 1, 2 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 470 Ом; $\pm 10\%$)
- 3, 6 – Транзистор 2Н160
- 4, 5 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 2 кОм; $\pm 10\%$)
- 7, 8, 12 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 39 кОм; $\pm 10\%$)
- 9, 11 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 20 кОм; $\pm 10\%$)
- 10 – Резистор СП5-14 (2 кОм)

Вариант 3 – Усилитель НЧ



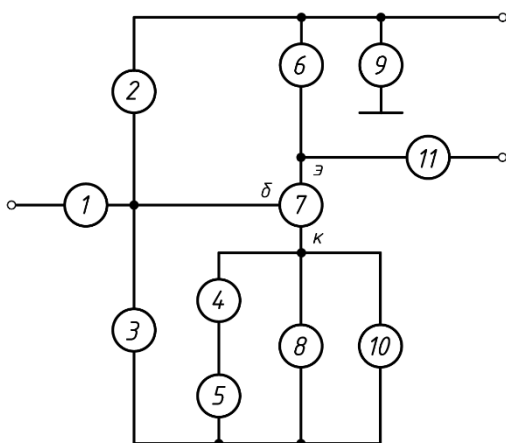
- 1, 2, 12 – Конденсатор К10-17 (М47; 4700 пФ; $\pm 10\%$)
 3 – Конденсатор К10-17 (М47; 200 пФ; $\pm 10\%$)
 4 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 4,7 кОм; $\pm 10\%$)
 5 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 100 кОм; $\pm 10\%$)
 6 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 15 кОм; $\pm 10\%$)
 7 – Конденсатор К50-6 (15 В; 100 мкФ)
 8 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 1 кОм; $\pm 10\%$)
 9 – Транзистор 2N109
 10 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 220 Ом; $\pm 10\%$)
 11 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 470 Ом; $\pm 10\%$)
 13 – Конденсатор К10-17 (М47; 2200 пФ; $\pm 10\%$)

Вариант 4 – Видеоусилитель



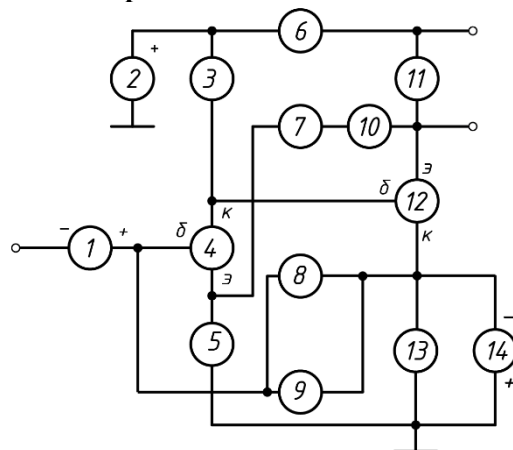
- 1 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 1,2 кОм; $\pm 10\%$)
 2 – Конденсатор К50-6 (15 В; 20 мкФ)
 3 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 0,15 МОм; $\pm 10\%$)
 4 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 0,22 МОм; $\pm 10\%$)
 5 – Конденсатор К10-17 (М47; 150 пФ; $\pm 10\%$)
 6 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 56 Ом; $\pm 10\%$)
 7 – Транзистор КТ312Б
 8 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 510 Ом; $\pm 10\%$)
 9 – Конденсатор МБМ-160 (0,047 мкФ)

Вариант 5 – Усилитель



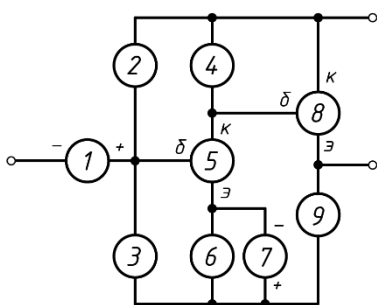
- 1, 11 – Конденсатор К10-17 (М47; 1000 пФ; $\pm 10\%$)
 2 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 4,3 кОм; $\pm 10\%$)
 3 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 3,6 кОм; $\pm 10\%$)
 4 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 56 Ом; $\pm 10\%$)
 5 – Конденсатор К10-17 (М47; 150 пФ; $\pm 10\%$)
 6 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 180 Ом; $\pm 10\%$)
 7 – Транзистор 2N109
 8 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 910 Ом; $\pm 5\%$)
 9 – Конденсатор К10-17 (М47; 1600 пФ; $\pm 10\%$)
 10 – Конденсатор К10-17 (М47; 68 пФ; $\pm 10\%$)

Вариант 6 – Усилитель НЧ



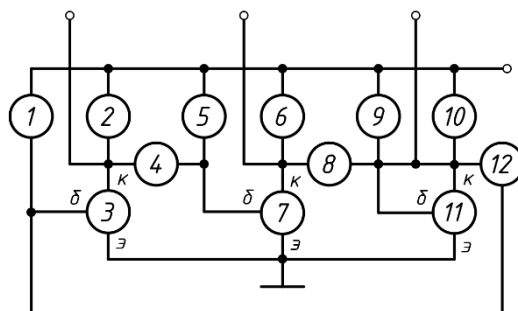
- 1 – Конденсатор К50-6 (25 В; 22 мкФ)
 2 – Стабилитрон 1N5236
 3 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 15 кОм; $\pm 10\%$)
 4, 12 – Транзистор BC556
 5 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 47 Ом; $\pm 5\%$)
 6 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 1,2 кОм; $\pm 10\%$)
 7 – Конденсатор КМ6А М47 (0,047 мкФ; $\pm 10\%$)
 8 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 0,22 МОм; $\pm 10\%$)
 9 – Конденсатор КМ6А М47 (0,16 мкФ; $\pm 10\%$)
 10 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 27 кОм; $\pm 10\%$)
 11 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 10 кОм; $\pm 10\%$)
 13 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 2,4 кОм; $\pm 10\%$)
 14 – Конденсатор К50-6 (25 В; 0,47 мкФ)

Вариант 7 – Усилитель



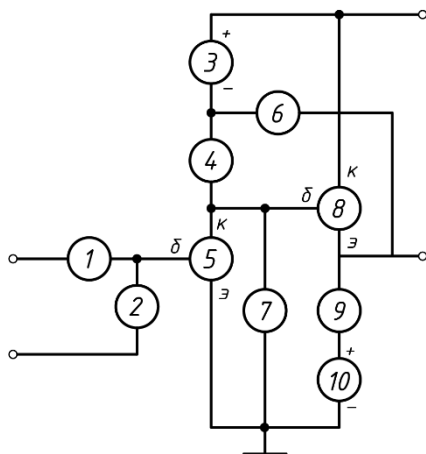
- 1 – Конденсатор К50-6 (25 В; 22 мкФ)
- 2 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 24 кОм; $\pm 10\%$)
- 3, 4 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 6,2 кОм; $\pm 10\%$)
- 5, 8 – Транзистор КТ3107А
- 6, 9 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 2 кОм; $\pm 10\%$)
- 7 – Конденсатор К50-6 (25 В; 47 мкФ)

Вариант 8 – Мультивибратор



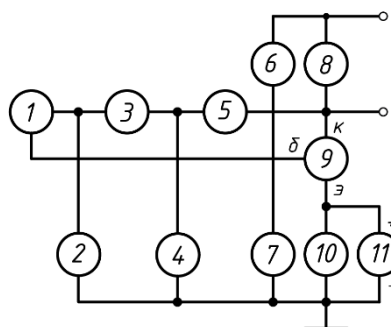
- 1, 5, 9 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 56 кОм; $\pm 10\%$)
- 2, 6, 10 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 3 кОм; $\pm 10\%$)
- 3, 7, 11 – Транзистор КТ3107А
- 7 – Конденсатор КМ6-П33-2000 $\pm 10\%$

Вариант 9 – Генератор



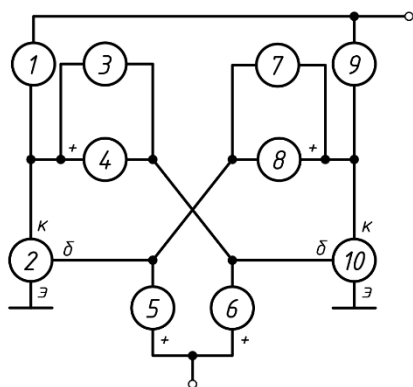
- 1 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 3 кОм; $\pm 10\%$)
- 2 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 2,5 кОм; $\pm 10\%$)
- 3 – Диод 1N273
- 4 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 36 кОм; $\pm 10\%$)
- 5, 8 – Транзистор КТ3107А
- 6 – Конденсатор КМ6-Н90-0,68 $\pm 10\%$
- 7 – Конденсатор КМ6-Н90-0,033 $\pm 10\%$
- 9 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 5,1 кОм; $\pm 10\%$)
- 10 – Гальванический элемент

Вариант 10 – Генератор



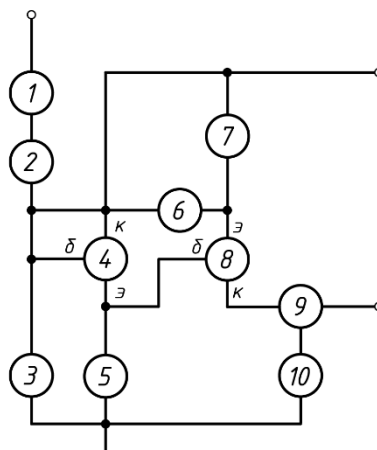
- 1, 3, 5 – Конденсатор КМ6-Н50-0,01 $\pm 10\%$
- 2, 4, 7, 8 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 10 кОм; $\pm 10\%$)
- 6 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 22 кОм; $\pm 10\%$)
- 9 – Транзистор КТ3107А
- 10 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 47 кОм; $\pm 10\%$)
- 1, 3, 5 – Конденсатор К50-6-25-20

Вариант 11 – Триггер



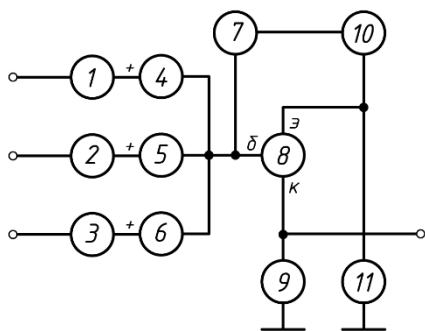
- 1, 9 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 1 кОм; $\pm 10\%$)
 2, 10 – Транзистор КТ3107А
 3, 7 – Конденсатор КМ6-М75-200 $\pm 10\%$
 4, 8 – Стабилитрон Д808
 5, 6 – Диод Д9Г

Вариант 12 – Видеоусилитель



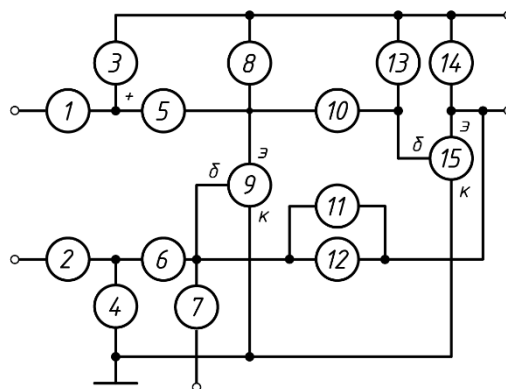
- 1, 6 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 1,3 кОм; $\pm 10\%$)
 2, 10 – Конденсатор МБМ-160-0,05-П
 3 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 0,11 МОм; $\pm 10\%$)
 4, 8 – Транзистор КТ312Б
 5 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 3 кОм; $\pm 10\%$)
 7 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 62 Ом; $\pm 10\%$)
 9 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 620 Ом; $\pm 10\%$)

Вариант 13 – Логический элемент «ИЛИ»



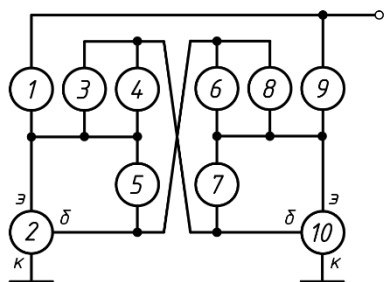
- 1, 2, 3 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 20 кОм; $\pm 10\%$)
 4, 5, 6 – Диод Д9Г
 7, 9 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 6,2 кОм; $\pm 10\%$)
 8 – Транзистор КТ3107А
 10 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 510 Ом; $\pm 10\%$)
 11 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 1,5 кОм; $\pm 10\%$)

Вариант 14 – Мультивибратор



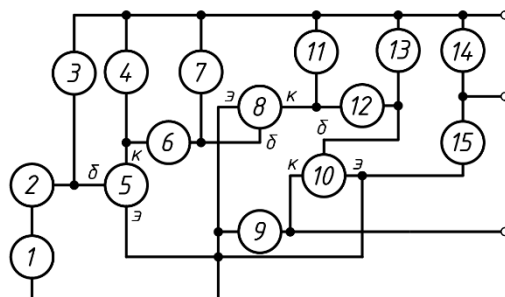
- 1 – Конденсатор КТ-1Е-Н30-160-200 $\pm 10\%$
 2 – Конденсатор КТ-1Е-М75-200-100 $\pm 10\%$
 3, 4 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 30 кОм; $\pm 10\%$)
 5, 6 – Диод Д311
 7, 12 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 22 кОм; $\pm 10\%$)
 8 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 2,2 кОм; $\pm 10\%$)
 9, 15 – Транзистор П416Б
 10 – Конденсатор КТ-1Е-Н30-160-1000 $\pm 10\%$
 11 – Конденсатор КТ-1Е-П33-200-56 $\pm 10\%$
 13 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 47 кОм; $\pm 10\%$)
 14 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 1,8 кОм; $\pm 10\%$)

Вариант 15 – Мультивибратор



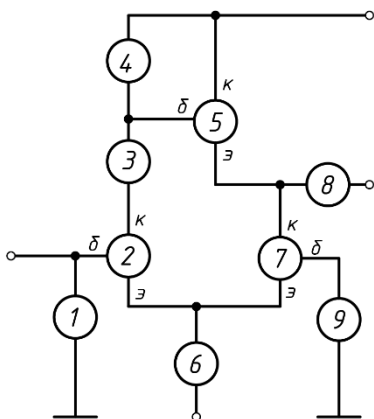
- 1, 9 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 1 кОм; $\pm 10\%$)
- 2, 10 – Транзистор КТ3107А
- 3, 8 – Конденсатор МБМ-160-0,05-П
- 4, 6 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 24 кОм; $\pm 10\%$)
- 5, 7 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 27 кОм; $\pm 10\%$)

Вариант 16 – Приёмник



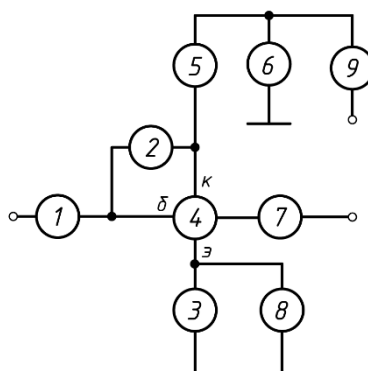
- 1 – Катушка индуктивн. КИГ-0,1 (1000 мкГн; $\pm 10\%$)
- 2, 12 – Конденсатор К10-17А (1,5 мкФ; $\pm 20\%$)
- 3 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 1 МОм; $\pm 5\%$)
- 4, 11 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 7,5 кОм; $\pm 5\%$)
- 5 – Транзистор ММВТ3904LT1
- 6 – Конденсатор К10-17А (4700 пФ; $\pm 20\%$)
- 7 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 2,2 МОм; $\pm 5\%$)
- 8, 10 – Транзистор ВС847BDW
- 9 – Конденсатор К10-17А (5600 пФ; $\pm 10\%$)
- 13 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 560 кОм; $\pm 5\%$)
- 14 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 2,2 кОм; $\pm 5\%$)
- 15 – Конденсатор К10-17А (8 мкФ; $\pm 10\%$)

Вариант 17 – Усилитель



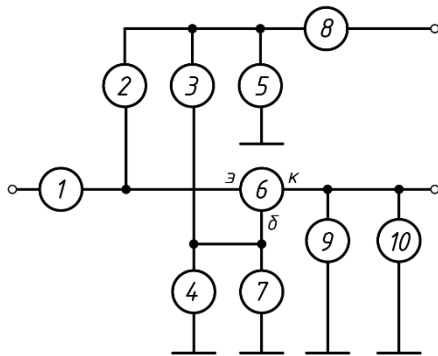
- 1, 9 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 51 Ом; $\pm 5\%$)
- 2, 5, 7 – Транзистор КТ391А
- 3 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 10 Ом; $\pm 5\%$)
- 4, 6 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 560 Ом; $\pm 5\%$)
- 8 – Конденсатор К10-17А (5600 пФ; $\pm 10\%$)

Вариант 18 – Усилитель



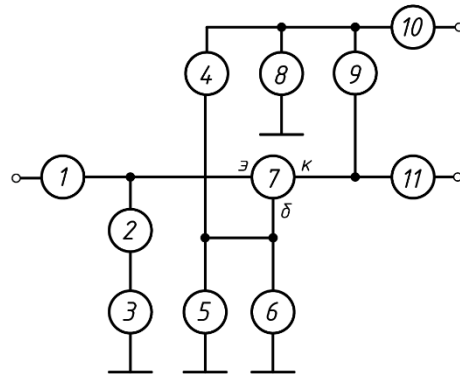
- 1, 8 – Конденсатор К10-17А (20 пФ; $\pm 10\%$)
- 2 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 51 кОм; $\pm 5\%$)
- 3, 4 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 100 Ом; $\pm 5\%$)
- 4 – Транзистор КТ315Б
- 5 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 470 Ом; $\pm 5\%$)
- 6 – Конденсатор К10-17А (500 пФ; $\pm 10\%$)
- 7 – Конденсатор К10-17А (50 пФ; $\pm 10\%$)
- 9 – Конденсатор К10-17А (0,1 мкФ; $\pm 10\%$)

Вариант 19 – Усилитель



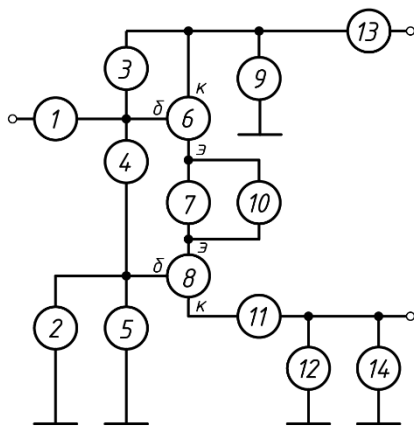
- 1 – Конденсатор К10-17А (20 пФ; $\pm 10\%$)
- 2 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 1 кОм; $\pm 5\%$)
- 3 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 10 кОм; $\pm 5\%$)
- 4 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 15 кОм; $\pm 5\%$)
- 5 – Конденсатор К10-17А (3 нФ; $\pm 10\%$)
- 6 – Транзистор КТ315
- 7 – Конденсатор К10-17А (1 нФ; $\pm 10\%$)
- 8 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 51 кОм; $\pm 5\%$)
- 9 – Конденсатор К10-17А (20 пФ; $\pm 10\%$)
- 10 – Катушка индуктивн. КИГ-0,1 (1000 мкГн; $\pm 10\%$)

Вариант 20 – Усилитель



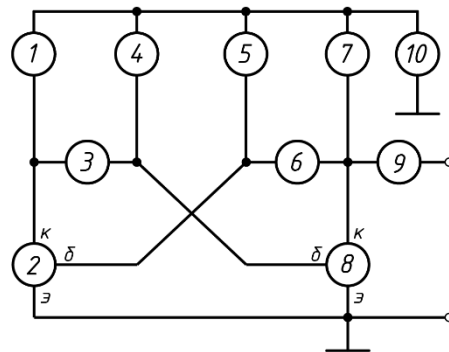
- 1, 11 – Конденсатор К10-17А (1 нФ; $\pm 10\%$)
- 2 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 1 кОм; $\pm 5\%$)
- 3, 9 – Катушка индуктивн. КИГ-0,1 (220 мкГн; $\pm 10\%$)
- 4 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 33 кОм; $\pm 5\%$)
- 5 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 22 кОм; $\pm 5\%$)
- 6 – Конденсатор К10-17А (10 нФ; $\pm 10\%$)
- 7 – Транзистор КТ315
- 8 – Конденсатор К10-17А (33 нФ; $\pm 10\%$)
- 10 – Резистор С2-33Н (0,25 Вт; 2 кОм; $\pm 5\%$)

Вариант 21 – Усилитель



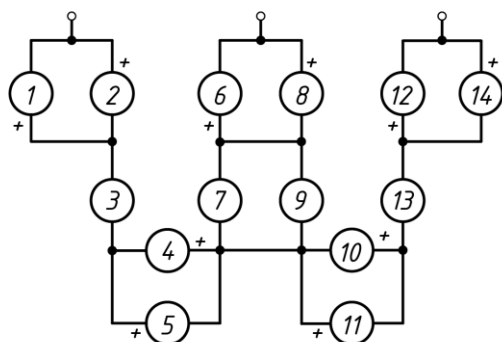
- 1, 2, 10 – Конденсатор К10-17А (15 пФ; $\pm 10\%$)
- 3, 13 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 47 кОм; $\pm 5\%$)
- 4, 7 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 470 Ом; $\pm 5\%$)
- 5, 11 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 110 Ом; $\pm 5\%$)
- 6, 8 – Транзистор КТ315
- 9 – Конденсатор К10-17А (22 пФ; $\pm 10\%$)
- 12 – Конденсатор К10-17А (1 нФ; $\pm 10\%$)
- 14 – Катушка индуктивн. КИГ-0,1 (1000 мкГн; $\pm 10\%$)

Вариант 22 – Мультивибратор



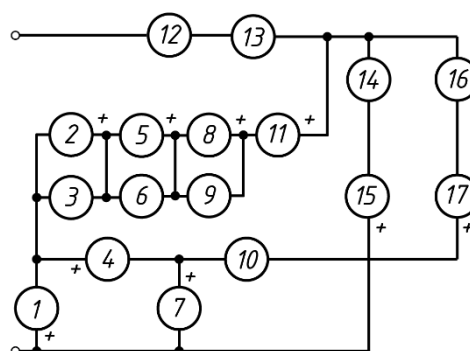
- 1, 7 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 3 кОм; $\pm 5\%$)
- 2, 8 – Транзистор КТ361
- 3, 6, 9 – Конденсатор К10-17А (0,01 пФ; $\pm 10\%$)
- 4, 5 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 36 кОм; $\pm 5\%$)
- 10 – Гальванический элемент 1,5 В

Вариант 23 – Фазоуказатель



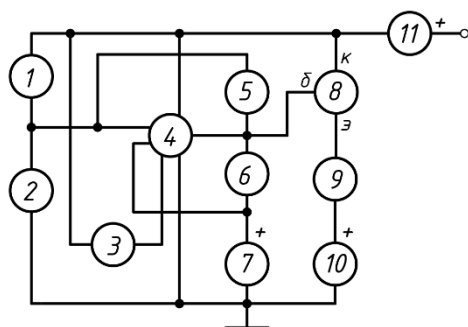
- 1, 6, 12 – Диод КД521А
 2, 4, 5, 8, 10, 11, 14 – Светодиод АЛ307Б
 3, 13 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 68 кОм; $\pm 5\%$)
 7 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 1,5 МОм; $\pm 5\%$)
 9 – Конденсатор К10-17А (0,047 пФ; $\pm 10\%$)

Вариант 24 – Измеритель



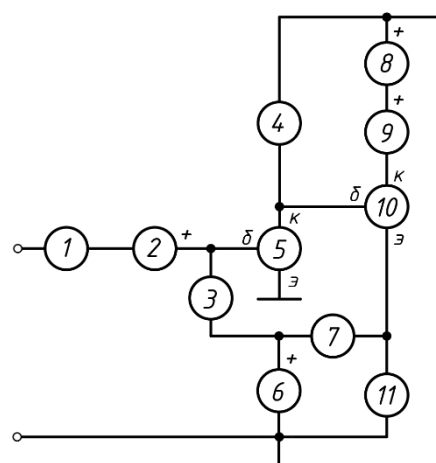
- 1 – Стабилитрон Д816В
 2, 5, 8, 11, 15, 17 – Светодиод АЛ307Б
 3 – С2-33Н (0,125 Вт; 100 кОм; $\pm 5\%$)
 4, 14, 16 – Диод КД102Б
 6 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 220 кОм; $\pm 5\%$)
 7 – Конденсатор К10-17А (470 мкФ; $\pm 10\%$)
 9 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 470 кОм; $\pm 5\%$)
 10 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 4,7 кОм; $\pm 5\%$)
 12, 13 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 68 кОм; $\pm 5\%$)

Вариант 25 – Тестер



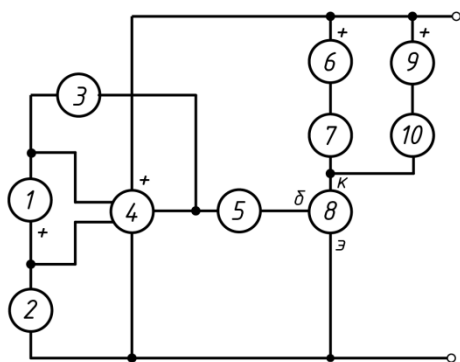
- 1, 2 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 10 кОм; $\pm 5\%$)
 3 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 390 кОм; $\pm 5\%$)
 4 – Операционный усилитель КР1407УД1
 5 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 22 кОм; $\pm 5\%$)
 6 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 18 кОм; $\pm 5\%$)
 7 – Конденсатор К10-17А (47 пФ; $\pm 10\%$)
 8 – Транзистор КТ315
 9 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 1 кОм; $\pm 5\%$)
 10 – Светодиод АЛ307Б
 11 – Диод КД522

Вариант 26 – Передатчик



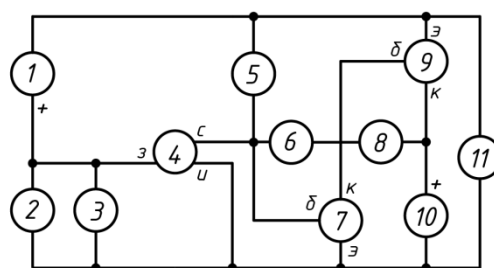
- 1 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 10 кОм; $\pm 5\%$)
 2 – Конденсатор К10-17А (10 мкФ; $\pm 10\%$)
 3, 7 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 3 кОм; $\pm 5\%$)
 4 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 1 кОм; $\pm 5\%$)
 5 – Транзистор КТ315Б
 6 – Конденсатор К10-17А (50 мкФ; $\pm 10\%$)
 8, 9 – Светодиод АЛ307Б
 10 – Транзистор КТ815Б
 11 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 18 Ом; $\pm 5\%$)

Вариант 27 – Ретранслятор



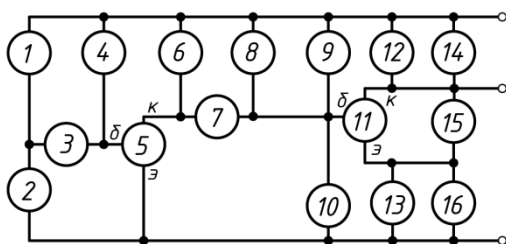
- 1 – Фотодиод SFH2030
- 2, 3 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 4,7 МОм; $\pm 5\%$)
- 4 – Операционный усилитель СА3140
- 5 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 1 кОм; $\pm 5\%$)
- 7 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 2,2 кОм; $\pm 5\%$)
- 6, 9 – Светодиод АЛ307Б
- 8 – Транзистор ВС337
- 10 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 27 Ом; $\pm 5\%$)

Вариант 28 – Импульсная подсветка



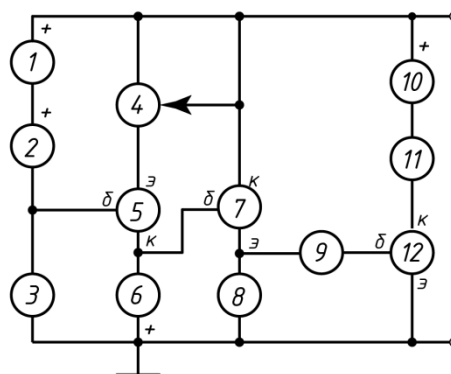
- 1 – Фотодиод SFH2030
- 2 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 10 МОм; $\pm 5\%$)
- 3 – Конденсатор К10-17А (0,1 мкФ; $\pm 10\%$)
- 4 – Транзистор КП501А
- 5 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 5,1 МОм; $\pm 5\%$)
- 6 – Конденсатор К10-17А (22 мкФ; $\pm 10\%$)
- 7 – Транзистор КТ315Б
- 8 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 75 кОм; $\pm 5\%$)
- 9 – Транзистор КТ361Б
- 10 – Светодиод АЛ307Б
- 11 – Гальванический элемент 6 В

Вариант 29 – Ретранслятор



- 1, 6, 9 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 10 кОм; $\pm 5\%$)
- 2 – Микрофон ЕСМ-30А
- 3, 7, 8 – Конденсатор К10-17А (0,1 мкФ; $\pm 10\%$)
- 4, 13 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 100 кОм; $\pm 5\%$)
- 5 – Транзистор КТ313А
- 10 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 3 кОм; $\pm 5\%$)
- 11 – Транзистор КТ368А
- 12 – Катушка индуктивн. КИГ-0,1 (1000 мкГн; $\pm 10\%$)
- 14, 15 – Конденсатор К10-17А (15 пФ; $\pm 10\%$)

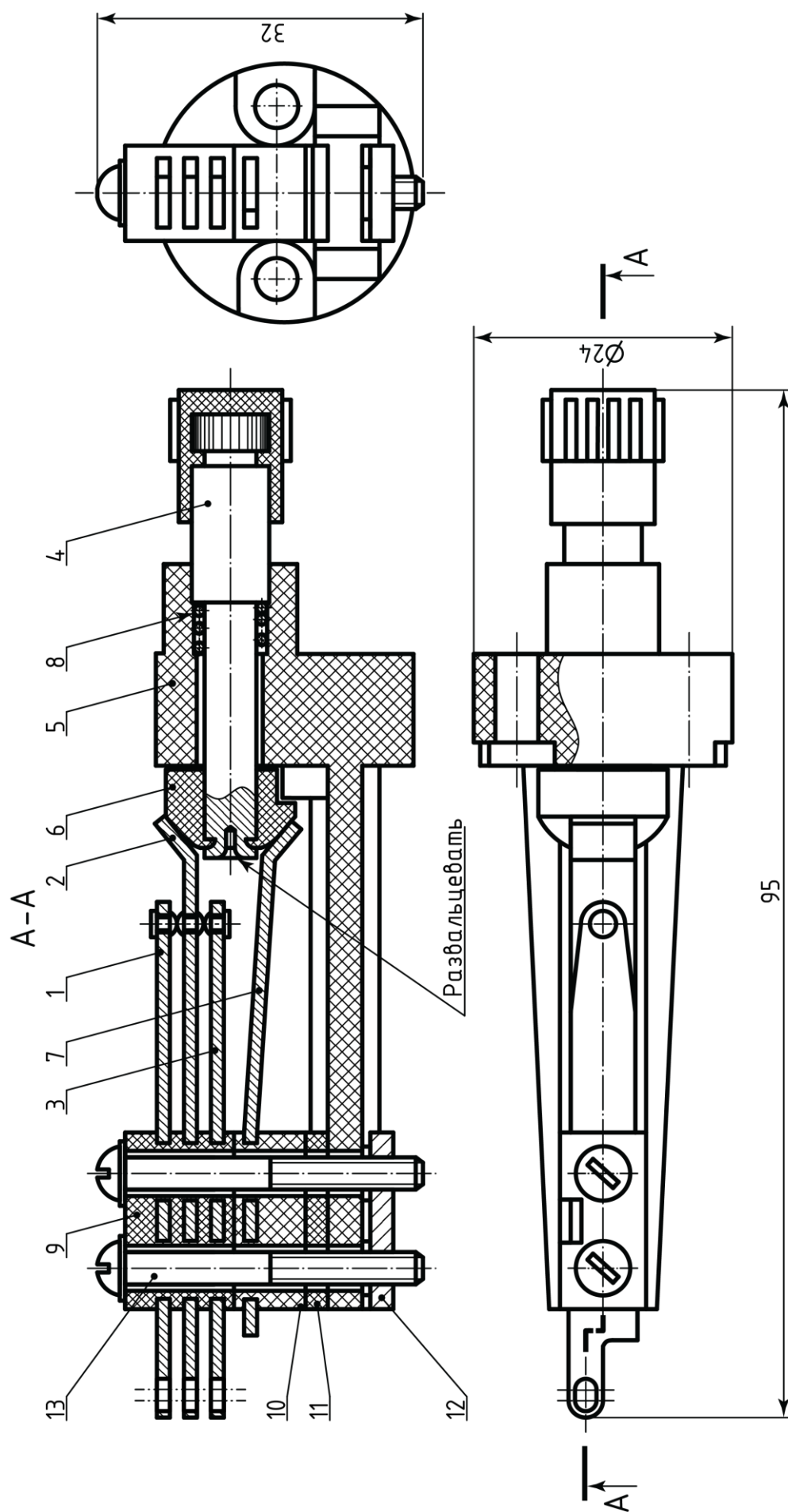
Вариант 30 – Фотореле



- 1, 2 – Диод КД522
- 3 – Резистор С2-33Н (0,125 Вт; 1 кОм; $\pm 5\%$)
- 4 – Резистор СП3-19А (68 кОм; $\pm 10\%$)
- 5 – Транзистор КТ361
- 6 – Фотодиод SFH2030
- 7, 12 – Транзистор КТ315Б
- 8, 9 – Резистор СП3-19А (5,1 кОм; $\pm 10\%$)
- 10 – Светодиод АЛ307Б
- 11 – Резистор СП3-19А (200 Ом; $\pm 10\%$)

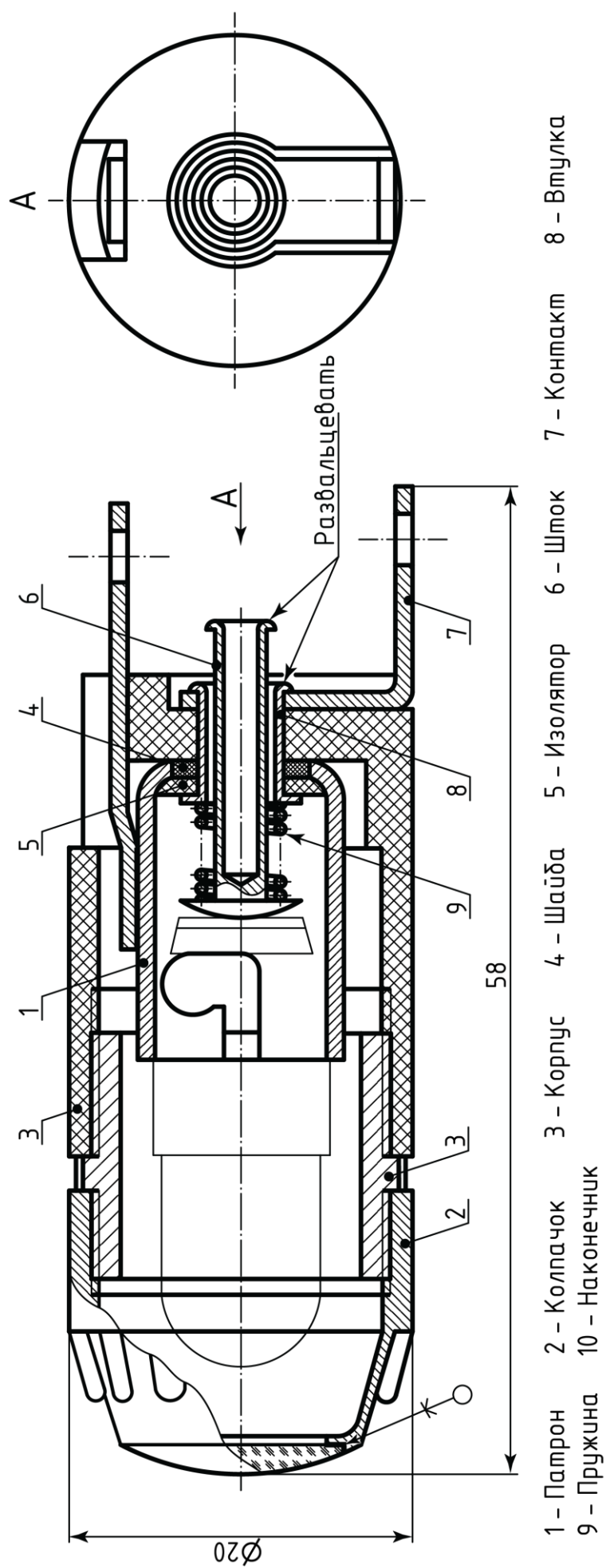
2.6.3 Сборочный чертёж. Выполнить чертёж детали, указанной преподавателем, из представленных сборочных чертежей. Размер детали определить с помощью линейки с учётом указанного преподавателем масштаба.

Вариант 1 – Реле пусковое

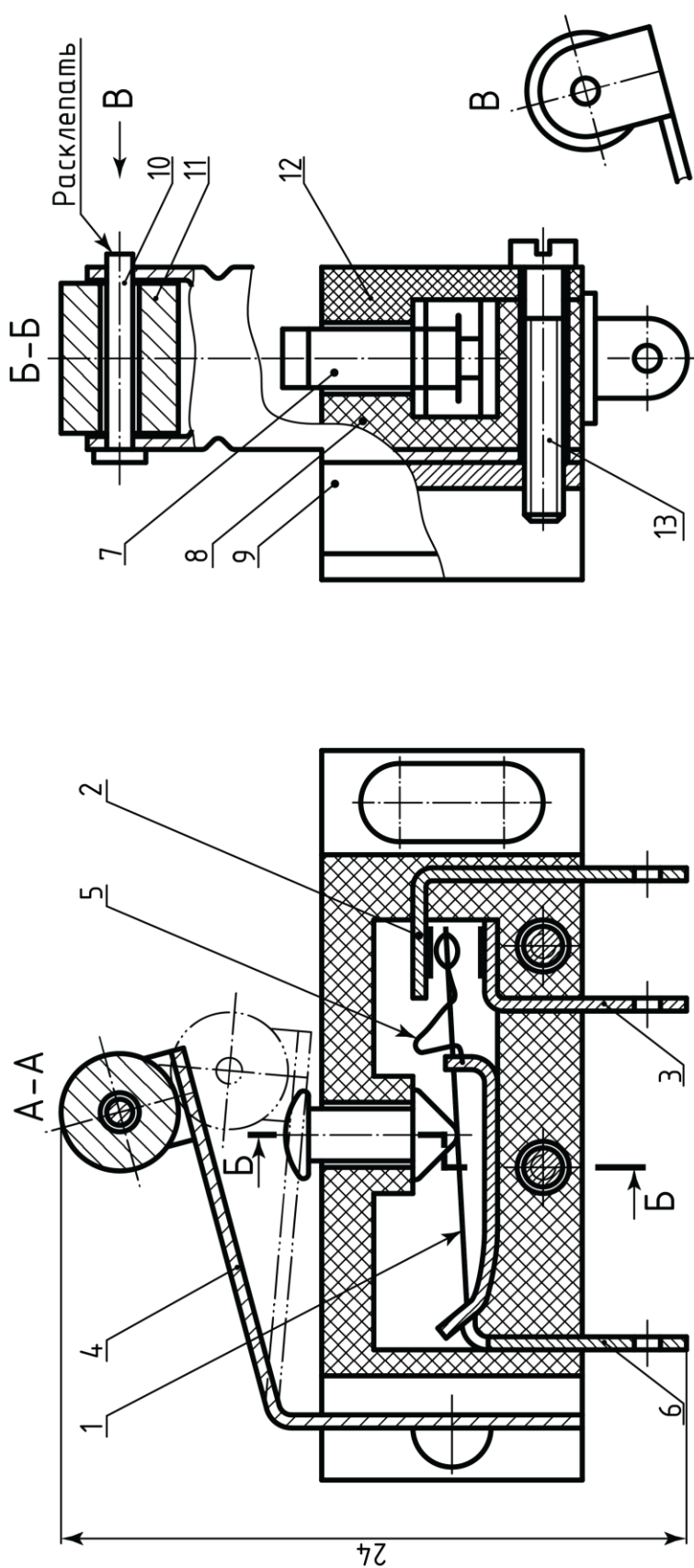


- | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 1 – Токосъёмник 1 | 2 – Контакт упругий | 3 – Токосъёмник 2 | 4 – Рукоятка нажимная | 5 – Корпус | 6 – Наконечник |
| 7 – Лепесток | 8 – Пружина | 9 – Изолятор 1 | 10 – Изолятор 2 | 11 – Пластина 1 | 12 – Пластина 2 |
| 13 – Винт М3-6dх50.48.029 | | | | | |

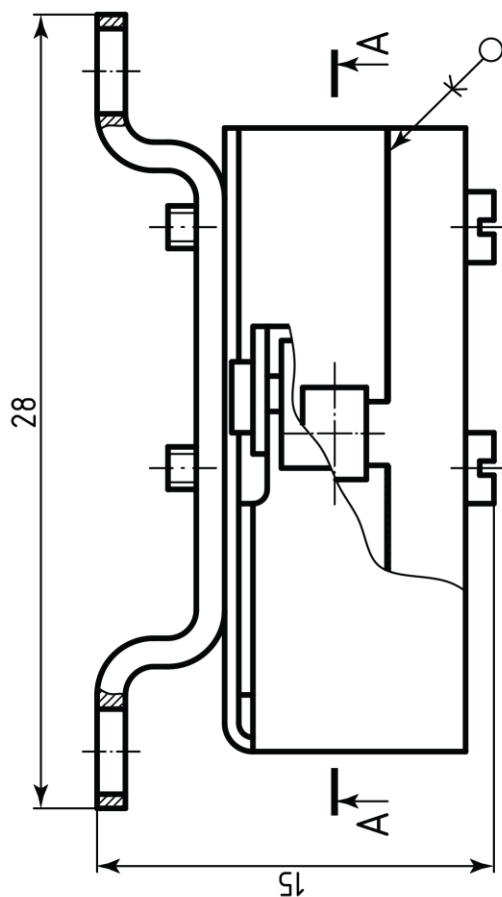
Вариант 2 – Лампа сигнальная



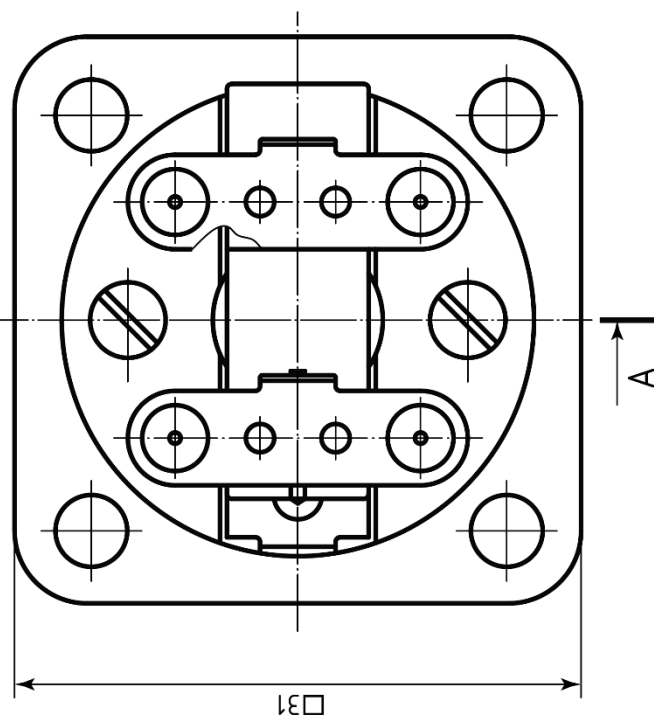
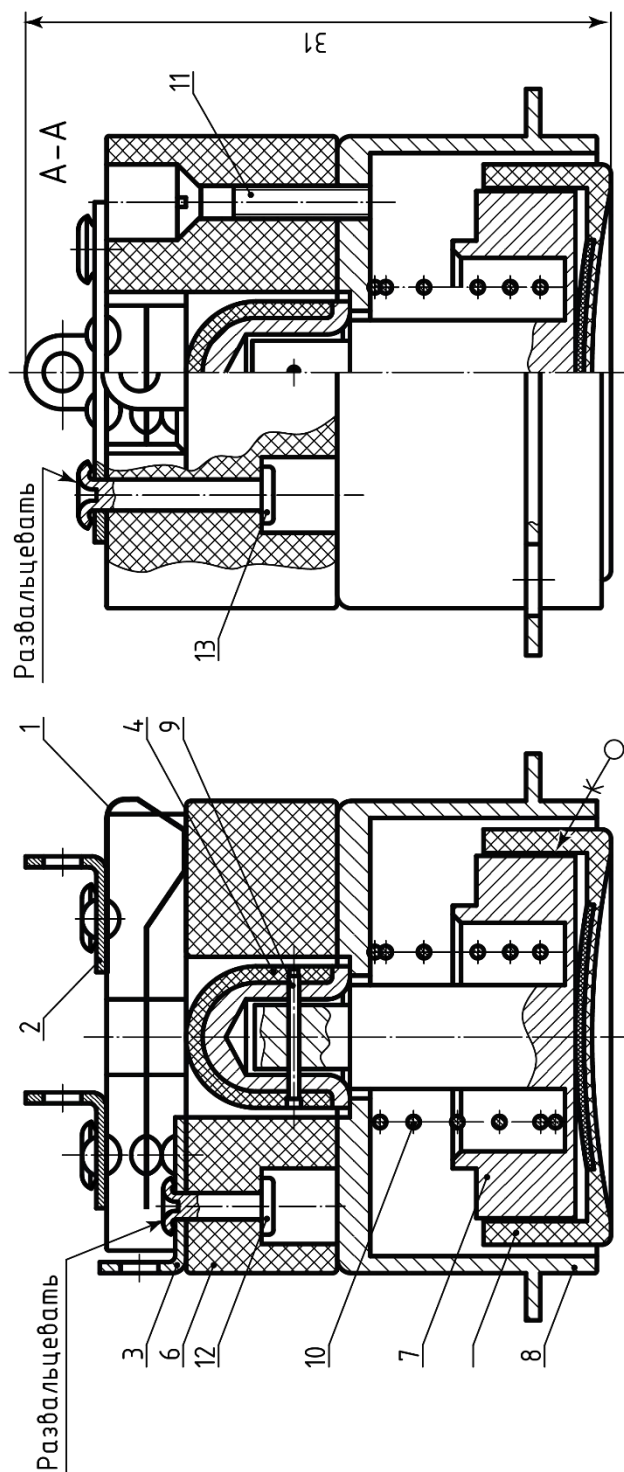
Вариант 3 – Микровыключатель



- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| 1 – Лепесток упругий | 2 – Токосъёмник 1 |
| 3 – Токосъёмник 2 | 4 – Держатель ролика |
| 5 – Пружина пластинчатая | 6 – Токосъёмник 3 |
| 7 – Толкатель | 8 – Корпус |
| 9 – Кронштейн | 10 – Ось |
| 11 – Ролик | 12 – Крышка |
| 13 – Винт M2x0,5-6dx10.48.029 | |

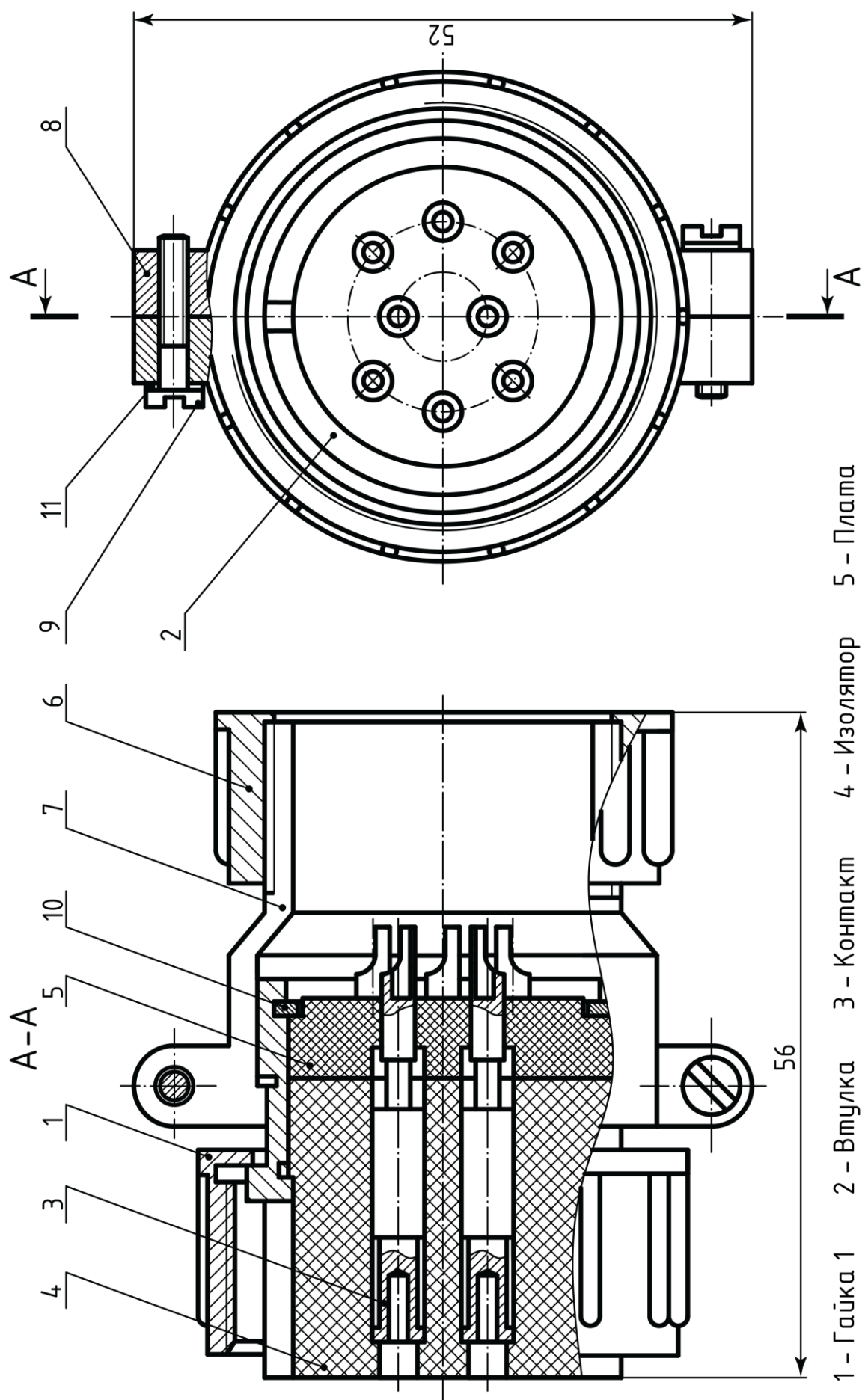


Вариант 4 – Кнопка пусковая



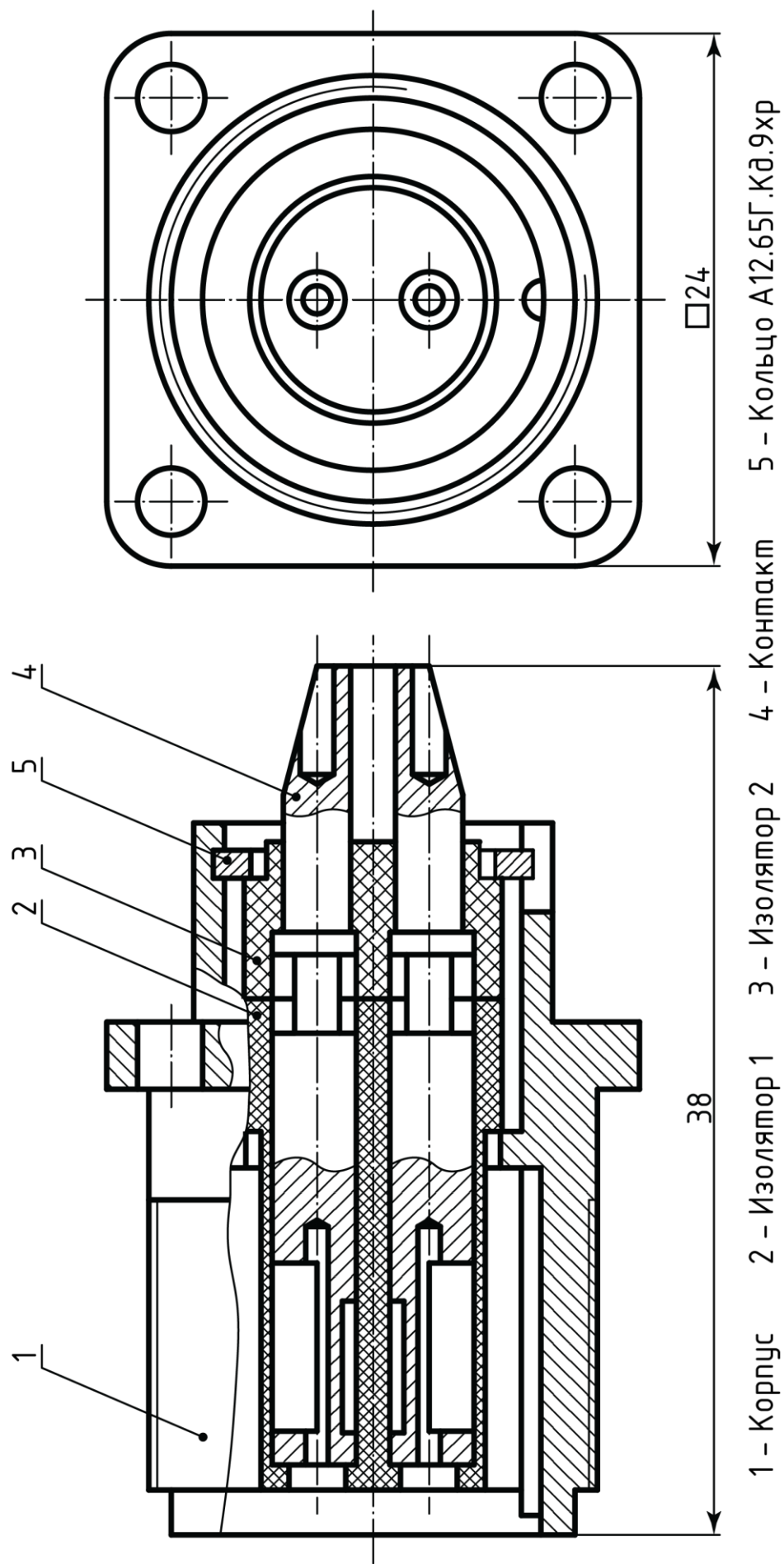
- | | |
|--------------------------------|-----------------|
| 1 – Контакт упругий | 2 – Токоёмник 1 |
| 3 – Токоёмник 2 | 4 – Наконечник |
| 5 – Кнопка | 6 – Корпус |
| 7 – Толкатель | 8 – Основание |
| 9 – Штифт | 10 – Пружина |
| 11 – Винт M2x0,25-6dх10,48.029 | |
| 12 – Заклёпка 1,8х6,36.029 | |
| 13 – Заклёпка 1,8х10,36.029 | |

Вариант 5 – Разъём 8-контактный

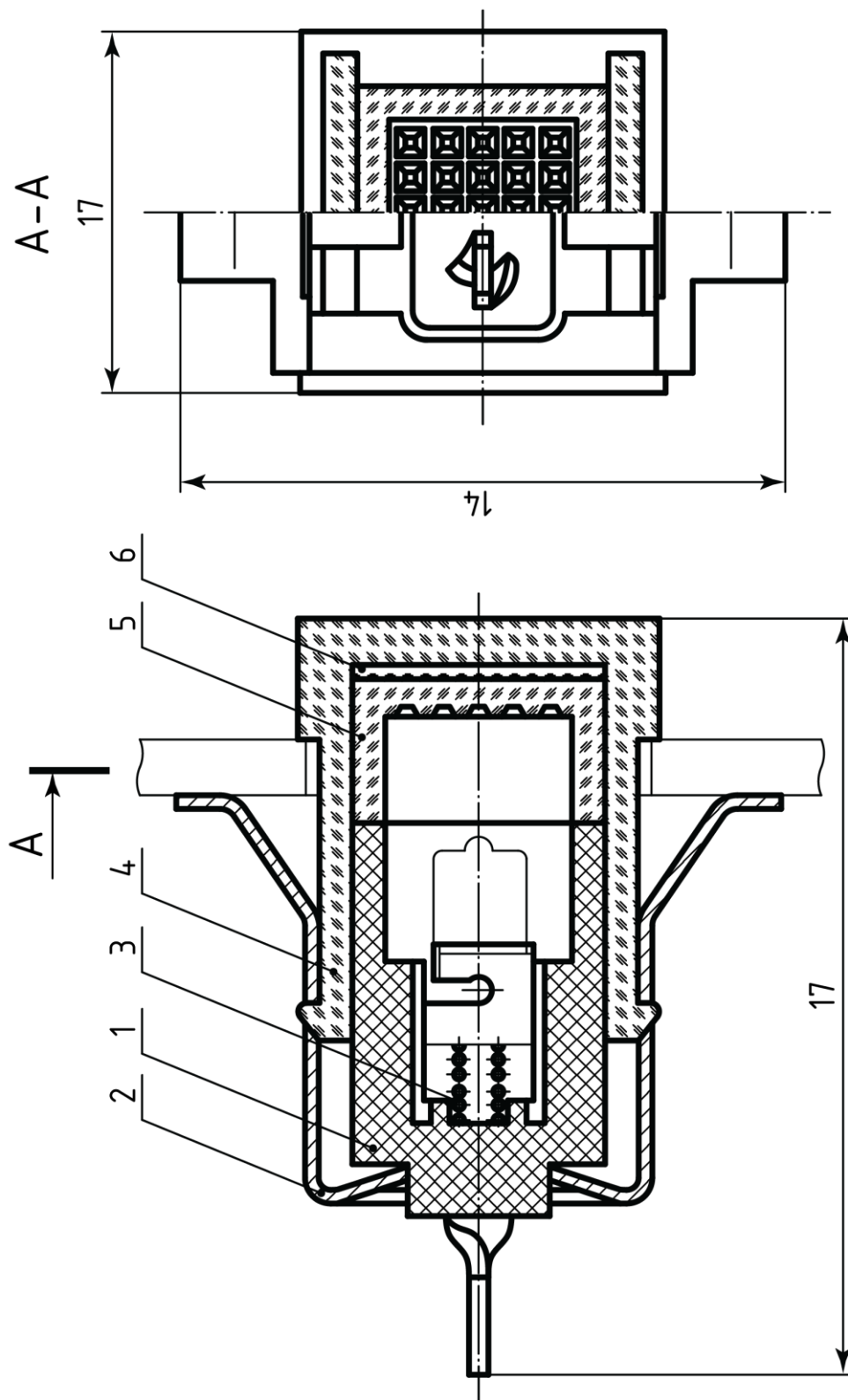


- | | | | | | |
|----------------------------|---|---------------------|--------------|--------------------------|-----------|
| 1 – Гайка | 1 | 2 – Втулка | 3 – Контакт | 4 – Изолятор | 5 – Плата |
| 6 – Гайка | 2 | 7 – Корпус 1 | 8 – Корпус 2 | 9 – Винт М3-6dх14.48.029 | |
| 10 – Кольцо А28.65Г.Кд.9хр | | 11 – Шайба 3.03.029 | | | |

Вариант 6 – Разъём 2-контактный

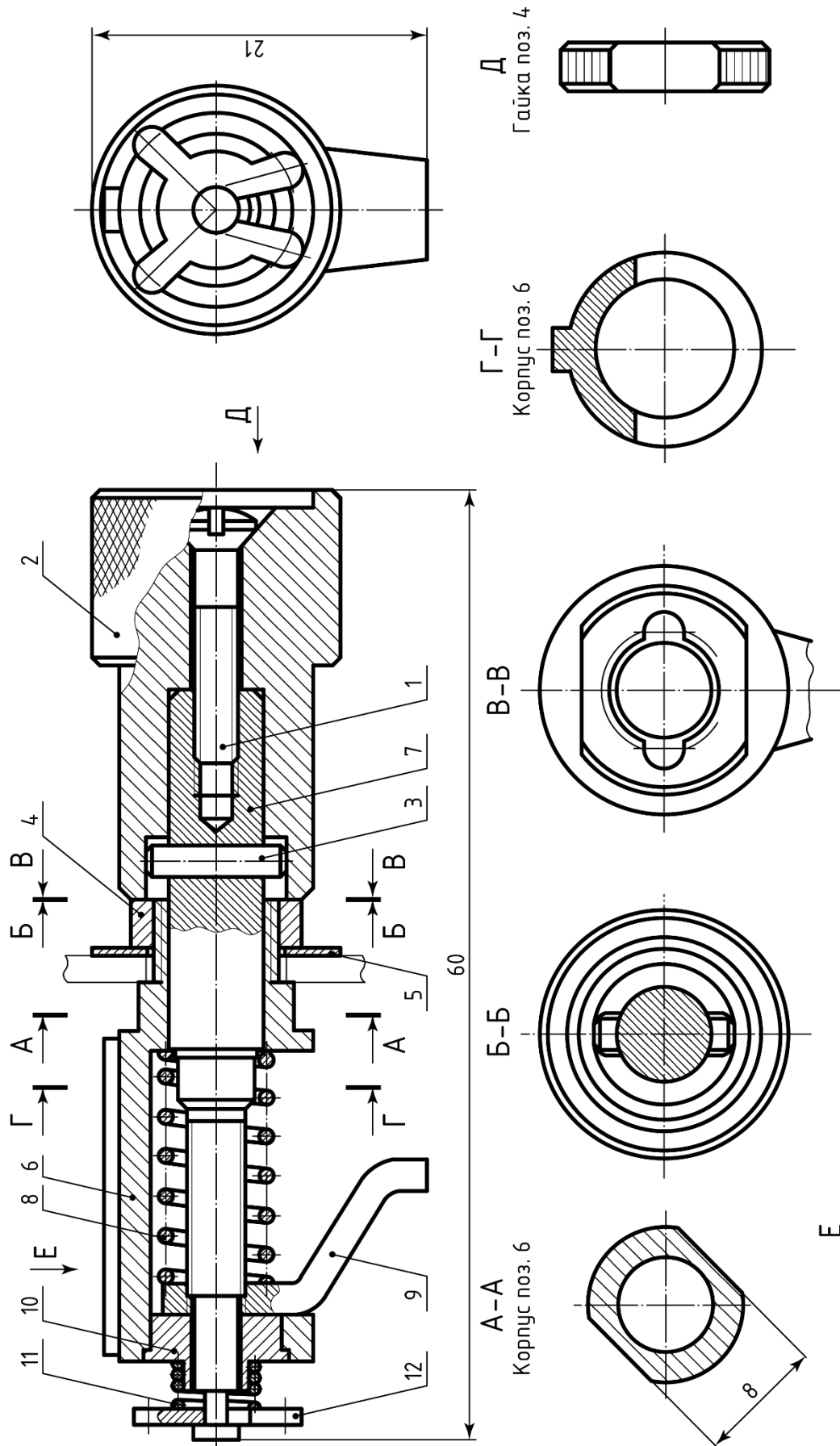


Вариант 7 – Фонарь



- | | | | |
|------------------|--------------------------|-------------|------------|
| 1 – Патрон | 2 – Пружина пластинчатая | 3 – Пружина | 4 – Корпус |
| 5 – Рассеиватель | 6 – Шильдик | | |

Вариант 8 – Замок

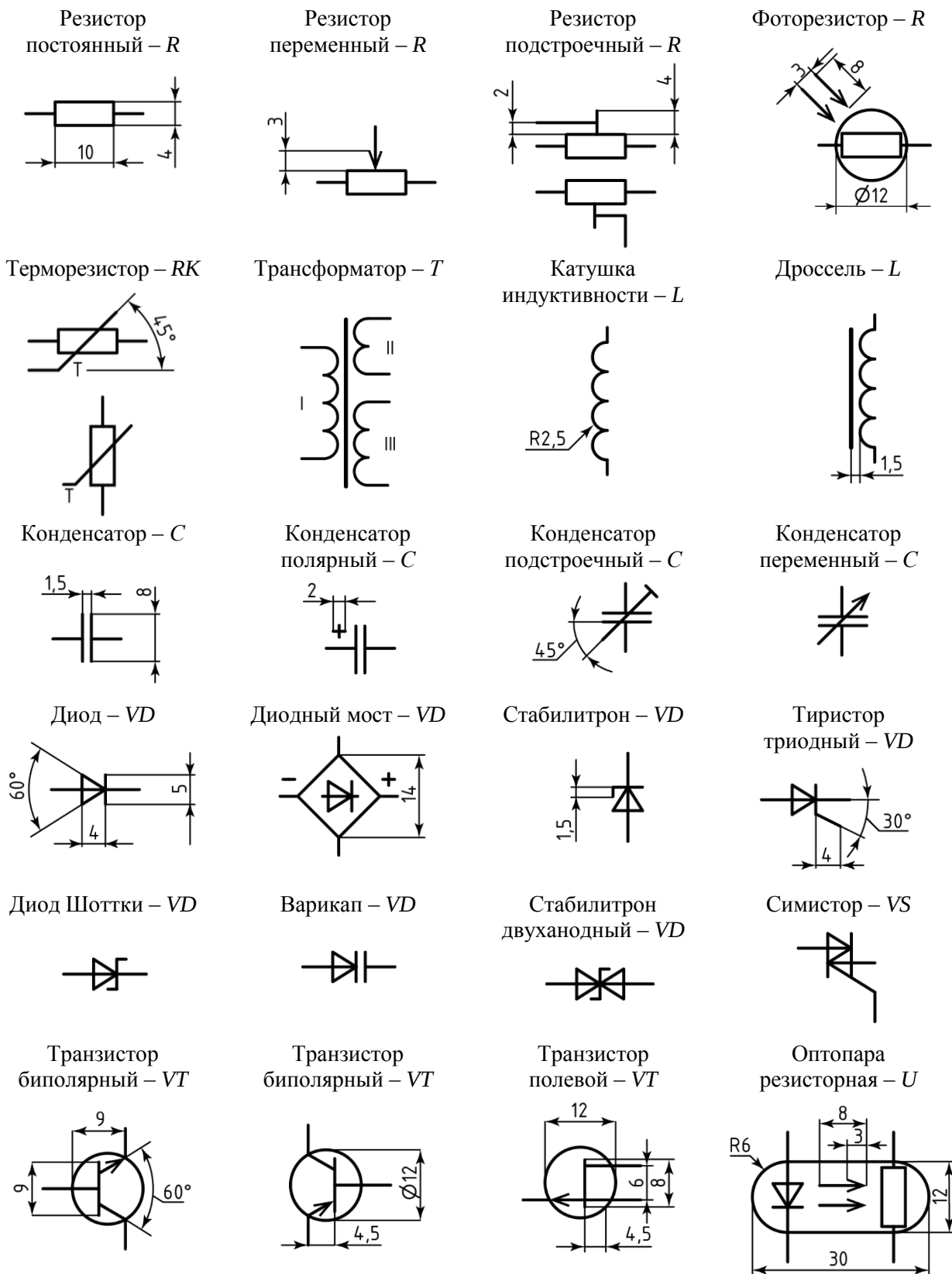


- 1 – Винт МЗ-8дх15.46.026
 2 – Рукоятка
 3 – Штифт
 4 – Гайка
 5 – Шайба
 6 – Корпус
 7 – Шток
 8 – Пружина 1
 9 – Рычаг
 10 – Втулка
 11 – Пружина 2
 12 – Стопор

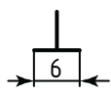
ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

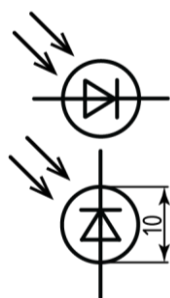
Размеры и коды часто используемых условных графических обозначений
элементов схем электрических принципиальных



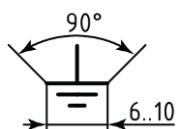
Соединение с общим проводом – GND



Фотодиод – VD



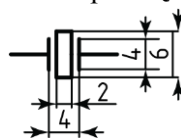
Заземление



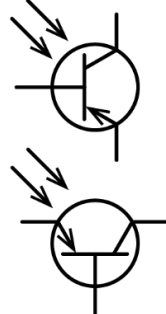
Светодиод – HL



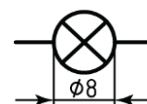
Резонатор – ZQ



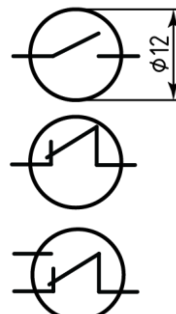
Фототранзистор – VT



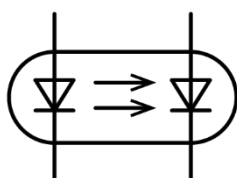
Лампа – EL



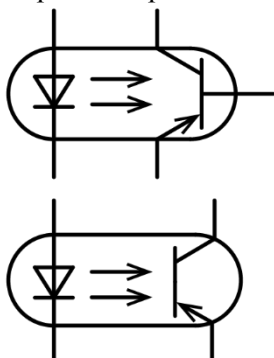
Геркон – SF



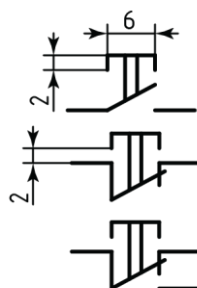
Оптопара диодная – U



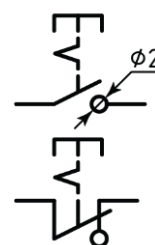
Оптопара транзисторная – U



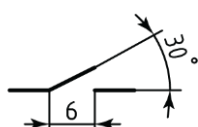
Переключатель кнопочный с самовозвратом – SB



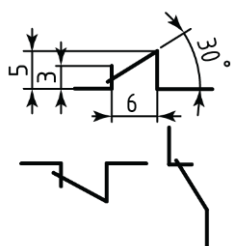
Переключатель кнопочный – SB



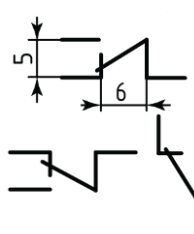
Контакт замыкающий – SA



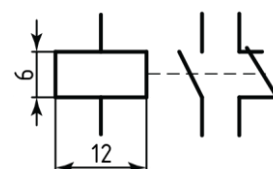
Контакт размыкающий – SA



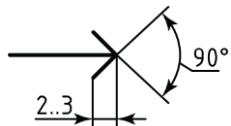
Контакт переключающий – SA



Реле – K



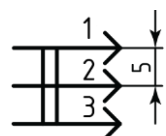
Штырь разъемного соединителя – XP



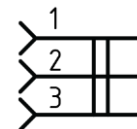
Гнездо разъемного соединителя – XS



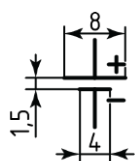
Вилка разъемного соединителя – XP



Розетка разъемного соединителя – XS



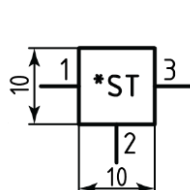
Элемент питания – G



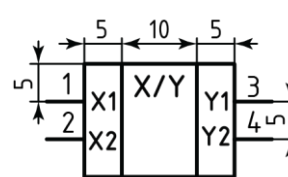
Элементы питания – GB



Микросхема аналоговая – DA



Микросхема цифровая – DD



Литература

- 1 Гордон, В. О. Курс начертательной геометрии / В. О. Гордон, М. А. Семенцов-Огиевский. – М. : Наука, 1988. – 272 с.
- 2 Гордон, В. О. Сборник задач по курсу начертательной геометрии / В. О. Гордон, Ю. Б. Иванов, Т. Е. Солнцева. – М. : Наука, 1971. – 352 с.
- 3 Кувшинов, Н. С. Приборостроительное черчение : учеб. пособие / Н. С. Кувшинов, В. С. Дукмасова. – М. : КНОРУС, 2013. – 400 с.
4. Кувшинов, Н. С. Изделия приборостроения. Альбом рабочих чертежей : учеб. пособие. – Челябинск : ЮУрГУ, 2007. – 127 с.
- 5 Королёв, Ю. И. Начертательная геометрия : учебник для вузов / Ю. И. Королёв. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2010. – 256 с.
- 6 Белякова, Е. И. Начертательная геометрия : учеб. пособие / Е. И. Белякова, П. В. Зелёный ; под общ. ред. П. В. Зелёного. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание, 2010. – 248 с.
- 7 Гурская, И. Ф. Начертательная геометрия и инженерная графика : программа, метод. указания и контрол. задания для студентов безотрывной формы обучения специальностей 2–25 01 10 «Коммерческая деятельность», 2–39 02 02 «Проектирование и производство радиоэлектронных средств», 2–39 02 31 «Техническая эксплуатация радиоэлектронных средств», 2–40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий» и 2–40 02 02 «Электронные вычислительные средства» / сост. И. Ф. Гурская. – Минск : МГВРК, 2005. – 80 с.
- 8 Грудинко, С. А. Основы инженерной графики : учеб. программа, метод. указания и контрол. задания для учащихся заочного отделения специальностей 2-39 02 02 «Проектирование и производство радиоэлектронных средств», 2-39 02 31 «Техническая эксплуатация радиоэлектронных средств», 2-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий» и 2-40 02 02 «Электронные вычислительные средства» / сост. С. А. Грудинко, Н. А. Лашкова. – Минск : МГВРК, 2012. – 134 с.
- 9 Проекционное черчение с задачами : учеб. пособие для техн. спец. вузов / И. В. Манцетова [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск. : Выш. шк., 1978. – 344 с.
- 10 Основные надписи. ГОСТ 2.104–2006 ЕСКД. – Введ. 2007–03–01. – М. : Стандартиформ, 2005.
- 11 Текстовые документы. ГОСТ 2.106–96 ЕСКД. – Введ. 1997–10–01. – М. : Стандартиформ, 2005.
- 12 Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. ГОСТ 2.701–84 ЕСКД. – Введ. 1985–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 2000.
- 13 Правила выполнения электрических схем. ГОСТ 2.702–75 ЕСКД. – Введ. 1977–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 2000.
- 14 Обозначения условные графические в схемах. Размеры условных графических обозначений. ГОСТ 2.747–68 ЕСКД. – Введ. 1971–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1979.

Учебное издание

**Гришель Рафаил Петрович
Шнейдеров Евгений Николаевич**

***НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ
И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА***

ПОСОБИЕ

**Редактор *М. А. Зайцева*
Корректор *Е. И. Герман*
Компьютерная правка, оригинал-макет**

Подписано в печать **XX.XX.2013**. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. **6**. Уч.-изд. л. **6**. Тираж 100 экз. Заказ 284.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6.