

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Цифровое проектирование»

ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Методические указания
к проведению практических работ

Севастополь
СевГУ
2023

УДК 744(07)
ББК 30.11я73
П79

Р е ц е н з е н т :

А.Ю. Тараховский – канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой «Цифровое проектирование»

Составитель : Т.А. Перевай

П79 Проекционное черчение : методические указания к проведению практических работ / Севастопольский государственный университет, Политехнический институт, кафедра «Цифровое проектирование ; сост. Т.А. Перевай. – Севастополь: СевГУ, 2023. – 98 с.; ил. – Текст : электронный.

В методических указаниях излагаются требования к содержанию практических работ. Приведены необходимые пояснения к работам и данные для выполнения расчетов.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» всех форм обучения Севастопольского государственного университета.

УДК 744(07)
ББК 30.11я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Цифровое проектирование», протокол № 5 от 31 января 2023 г.

Допущены к изданию ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» в качестве методических указаний к проведению практических работ по теме «Проекционное черчение» для студентов направления подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» всех форм обучения.

© Перевай Т.А., сост., 2023
© ФГАОУВО «Севастопольский
государственный университет», 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
Введение	5
1. Изображения на технических чертежах	6
1.1. Прямоугольное проецирование на несколько плоскостей проекций	6
1.2. Виды	6
1.3. Разрезы	12
1.4. Сечения	22
1.5. Выносные элементы	29
1.6. Графическое обозначение материалов в разрезах и сечениях	30
1.7. Условности и упрощения, применяемые при выполнении изображений	34
Контрольные вопросы для самопроверки	41
2. Наглядные аксонометрические изображения	43
2.1. Сущность метода аксонометрического проецирования	43
2.2. Прямоугольная изометрия	45
2.3. Прямоугольная диметрия	50
2.4. Косоугольные изометрии	53
2.5. Косоугольная фронтальная диметрия	56
2.6. Условности и нанесение размеров в аксонометрии	57
Контрольные вопросы для самопроверки	59
3. Графические задания и методика их выполнения	61
Заключение	98

ПРЕДИСЛОВИЕ

Чертеж является основным конструкторским документом, по которому изготавливается, контролируется, устанавливается и ремонтируется изделие. Любой чертеж представляет собой совокупность графических изображений изделия целиком или отдельных его частей. Поэтому вопросы построения изображений различных деталей на технических чертежах являются фундаментальным моментом при изучении курса инженерной графики.

В настоящем пособии рассмотрены теоретические положения и даны практические рекомендации по построению проекционных изображений. Пособие составлено в соответствии с программой по курсу «Инженерная графика» для высших учебных заведений и состоит из трех разделов.

Первый раздел посвящен вопросам прямоугольного (ортогонального) проецирования. В нем рассмотрена классификация и правила построения графических изображений согласно стандартам ЕСКД. Во втором разделе рассмотрены правила выполнения наглядных аксонометрических изображений. В третьем разделе для индивидуальной работы студентов предлагаются 30 вариантов графических заданий по каждому разделу проекционного черчения. Варианты заданий составлены в одном стиле и равноценны по сложности.

Выполнение предлагаемых заданий позволит студентам приобрести навыки в построении графических изображений, простановки размеров и нанесения штриховки на чертежах, а также способствует развитию пространственного воображения. К каждому графическому заданию приведены краткие методические указания и практические рекомендации по их выполнению. Примеры оформления графических работ в значительной степени облегчают работу студентов над ними.

Второе издание учебного пособия дополнено контрольными вопросами для самостоятельной проверки, помещенными после каждого из двух первых разделов. Кроме того, в нем устранены замеченные опечатки и досадные неточности.

К выполнению каждого графического задания студенты должны приступать после предварительной проработки теоретического материала по настоящему пособию и ответов на соответствующие контрольные вопросы, а также объяснения преподавателем особенностей изучаемого материала.

ВВЕДЕНИЕ

В основе правил построения изображений лежит метод проецирования, подробно рассмотренный в курсе начертательной геометрии. В машиностроении, как правило, применяются параллельные проекции, которые можно разделить на прямоугольные (ортогональные) и аксонометрические.

Прямоугольные проекции наиболее распространены в машиностроении. В прямоугольных проекциях выполняются все производственные чертежи. Такие чертежи достаточно просты в исполнении, и по ним можно представить себе форму предмета и найти размеры всех его элементов. Однако прямоугольные проекции имеют существенный недостаток – отсутствие наглядности. Для того чтобы по этим проекциям представить истинную форму предмета, необходимо обладать достаточно развитым пространственным мышлением. Этот недостаток ортогональных проекций восполняют аксонометрические проекции, которые более сложны в исполнении, однако обладают наглядностью и выразительностью. Поэтому такие проекции широко применяются для наглядного изображения деталей, узлов, агрегатов машин и конструкций приборов на чертеже, особенно на начальных этапах конструирования. Аксонометрические проекции применяются как самостоятельно, так и в комплексе с ортогональными проекциями.

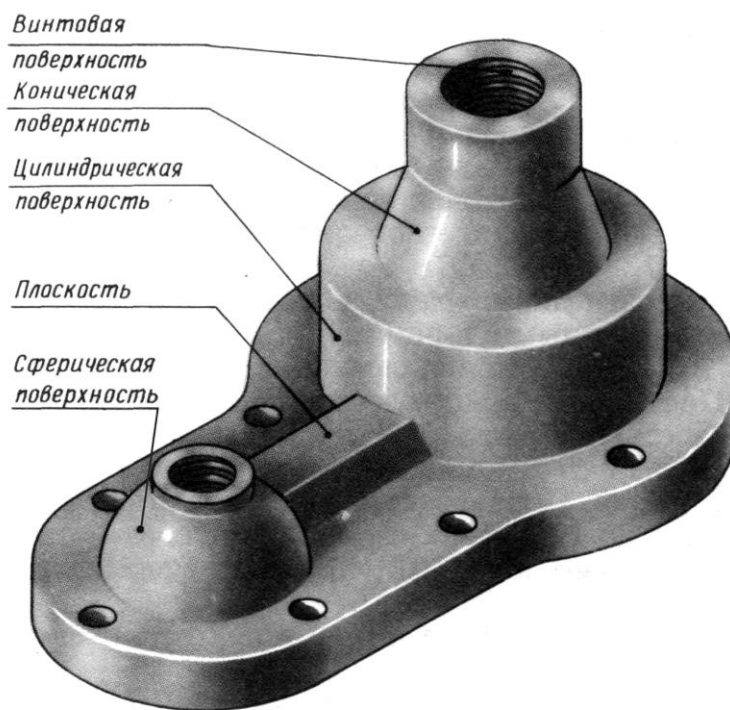


Рис. 1

При выполнении проекционных чертежей полезно помнить, что какую бы сложную форму ни имели реальные изделия (рис. 1), их всегда

можно представить как совокупность плоскостей и поверхностей вращения (цилиндрической, конической, сферической, торовой и винтовой). Таким образом, мысленно разбивая деталь на простейшие геометрические объекты и выполняя их проекционные изображения, можно получить прямоугольную или аксонометрическую проекцию изделия целиком.

1. ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ТЕХНИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖАХ

1.1. Прямоугольное проецирование на несколько плоскостей проекций

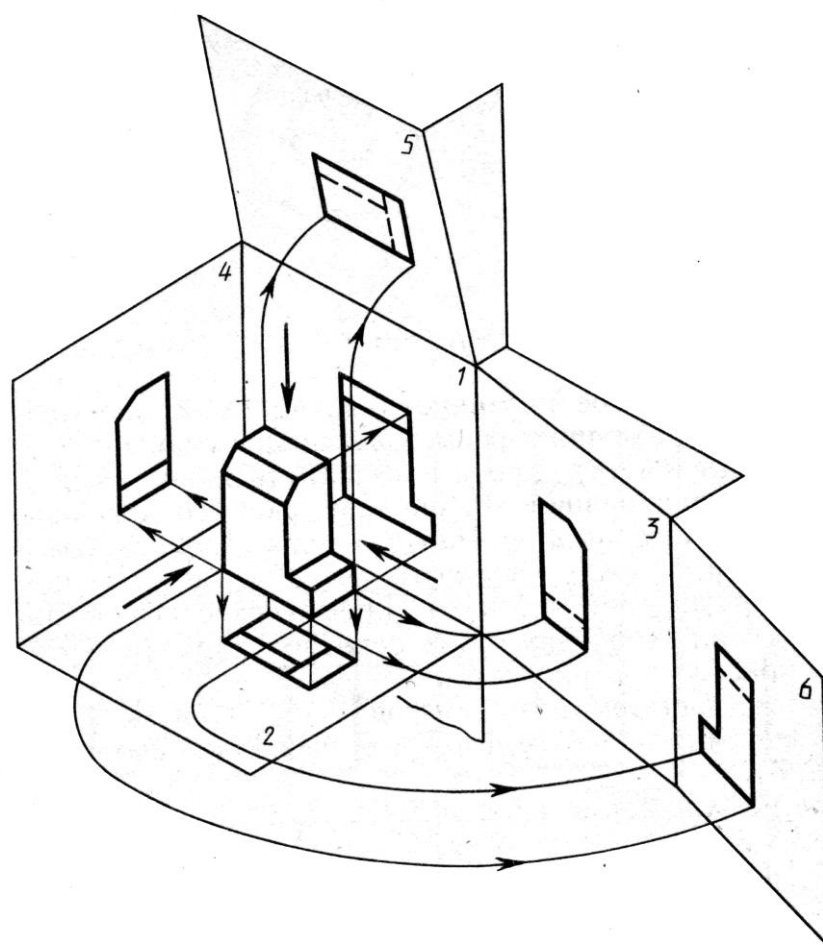
В общем случае чертеж любого предмета должен содержать графические изображения видимых и невидимых его поверхностей. Согласно ГОСТ 2.305 – 68** изображения предметов необходимо выполнять по методу прямоугольного проецирования. При этом предмет предполагается расположенным между наблюдателем и соответствующей плоскостью проекций. Такой метод прямоугольного проецирования называется методом первого угла (или методом *E*). За основные плоскости проекций принимают шесть граней куба (рис. 2, *а*), которые совмещают с плоскостью чертежа, как показано на рис. 2, *б*.

Изображение на фронтальной плоскости проекций принимают на чертеже в качестве главного. Предмет относительно фронтальной плоскости проекций следует располагать так, чтобы изображение на ней (главное изображение) давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета. Изображения на чертеже в зависимости от их содержания согласно стандарту разделяются на виды, разрезы, сечения и выносные элементы.

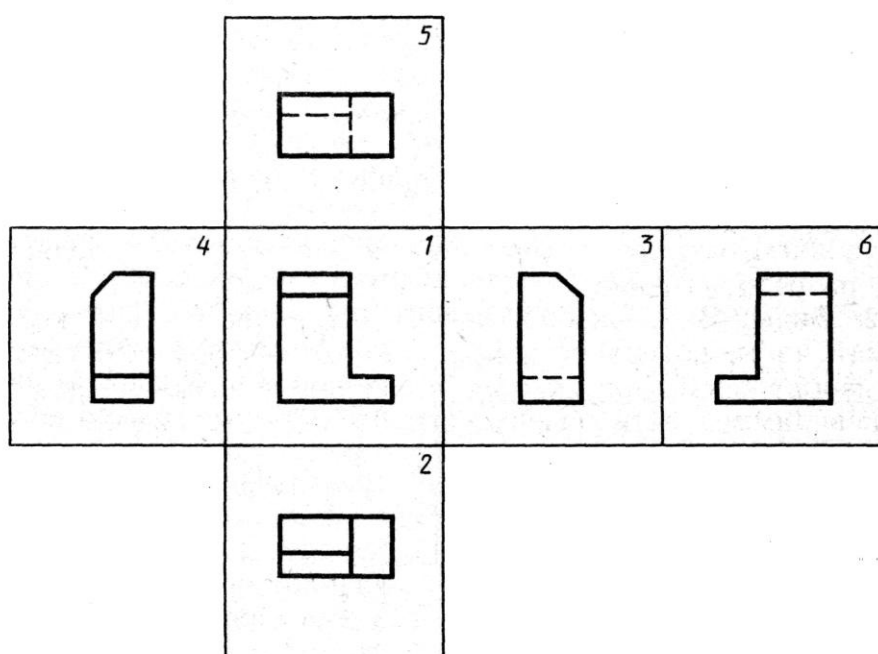
1.2. Виды

Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Все видимые элементы предмета выполняются сплошными толстыми (основными) линиями. Допускается на видах показывать невидимые части поверхности предмета штриховыми линиями для уменьшения количества изображений в тех случаях, когда невидимые очертания предмета являются несложными. Различают основные, дополнительные и местные виды.

Основными называются виды, получаемые проецированием на основные плоскости проекций. К основным видам (рис. 2, *б*) относятся: 1 – вид спереди (или главный вид); 2 – вид сверху; 3 – вид слева; 4 – вид справа; 5 – вид снизу; 6 – вид сзади.



a)



б)

Рис. 2

Показанное на рис. 2, б расположение видов называется расположением в проекционной связи. Если какой-либо вид расположен с нарушением проекционной связи (смещен относительно главного изображения; отделен от главного изображения другими изображениями; вид расположен не на одном листе с главным изображением), то для него указывают стрелкой направление проецирования, обозначаемое прописной буквой кириллицы, той же буквой обозначают построенный вид (рис. 3).

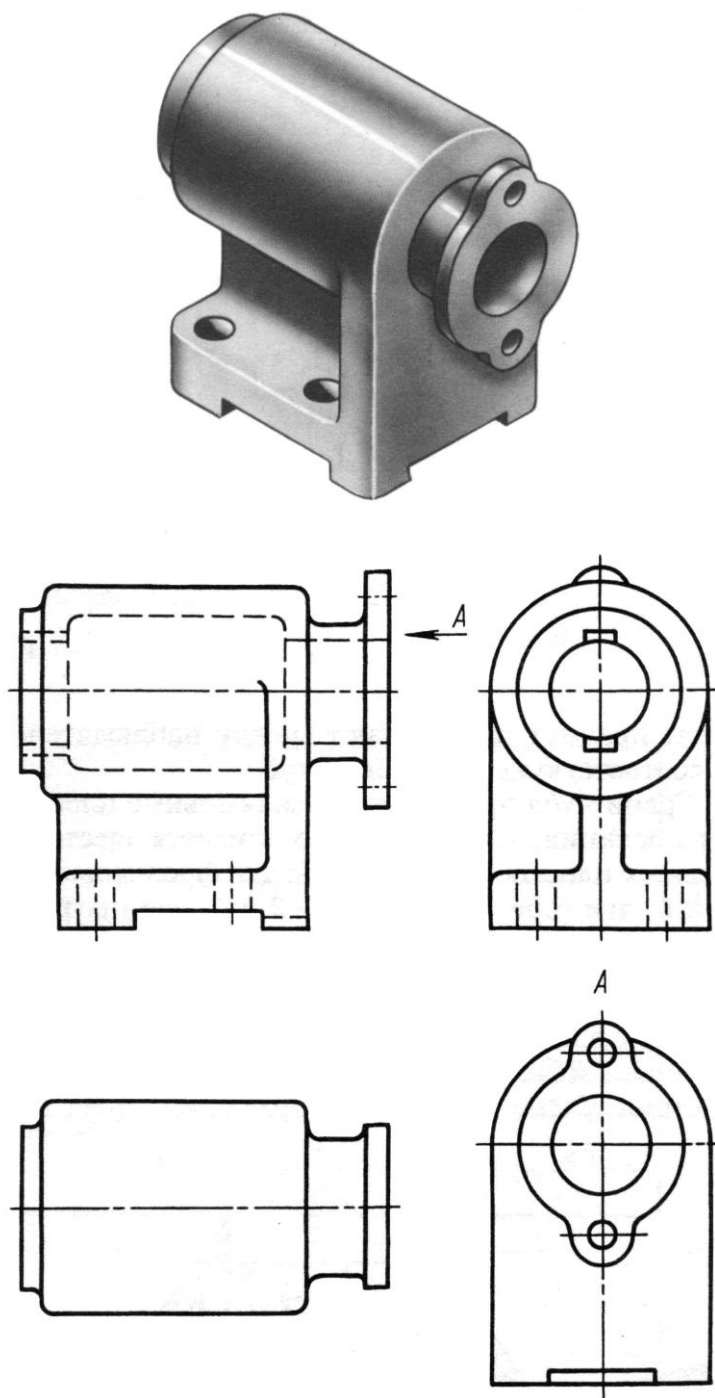


Рис. 3

Дополнительными называют виды, получаемые на плоскостях, не параллельных основным плоскостям проекции. Дополнительные виды применяются в тех случаях, когда какая-либо часть предмета не может быть показана ни на одном из основных видов без искажения формы и размеров и также отмечают стрелкой и надписью (вид *А* на рис. 4). Допускается поворачивать дополнительный вид, при этом к надписи добавляют знак «повернуто» (вид *Б* на рис. 4). При необходимости указывают угол поворота после знака «повернуто». Если дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с изображением, стрелку и надпись над видом не наносят (рис. 5, 6).

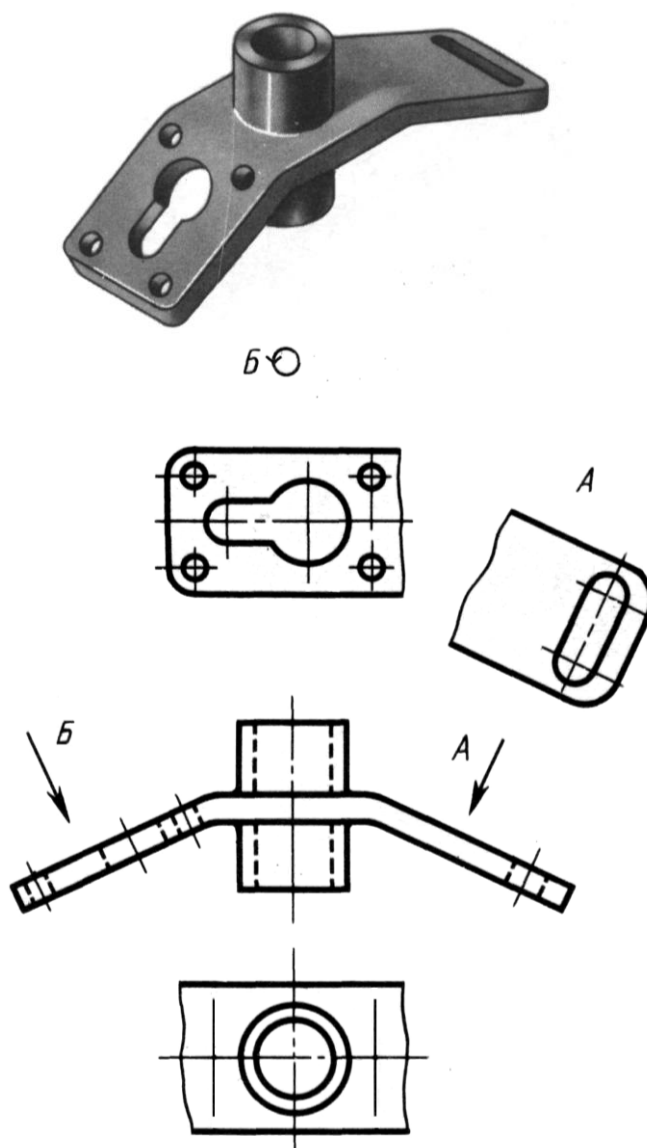


Рис. 4

Местным видом называется изображение ограниченной части поверхности предмета. Если местный вид вычерчивают вместе с частью поверхности предмета, на которой находится изображаемый участок, то он ограничивается сплошной волнистой линией (рис. 7). Если изображаемый

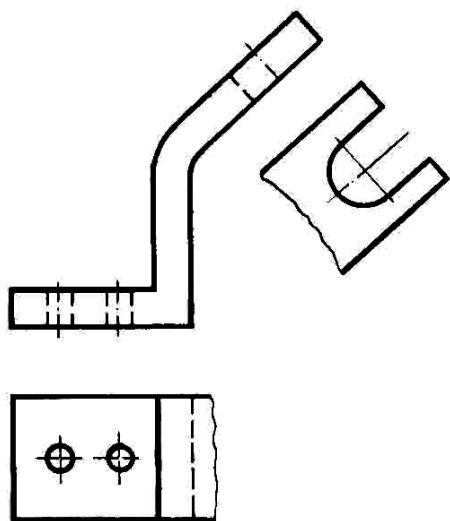


Рис. 5

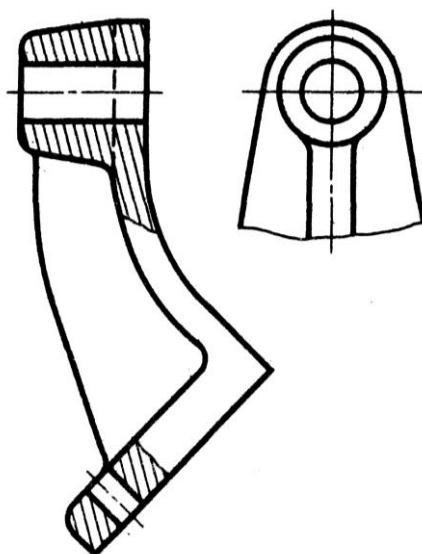


Рис. 6

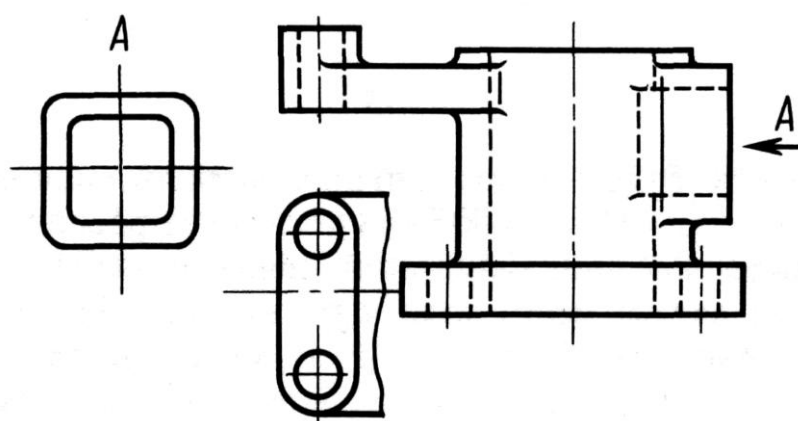
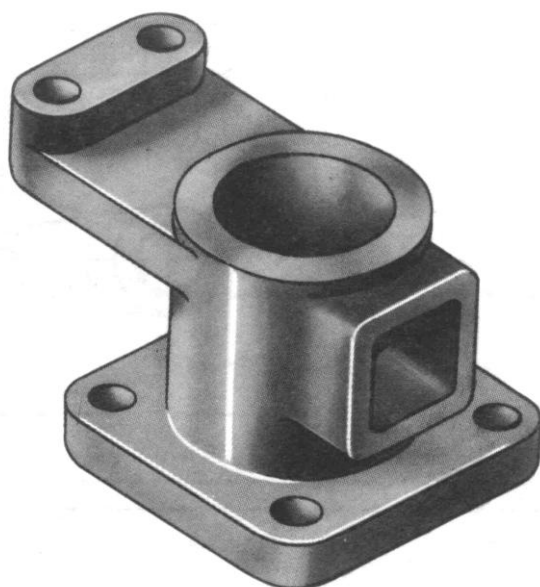
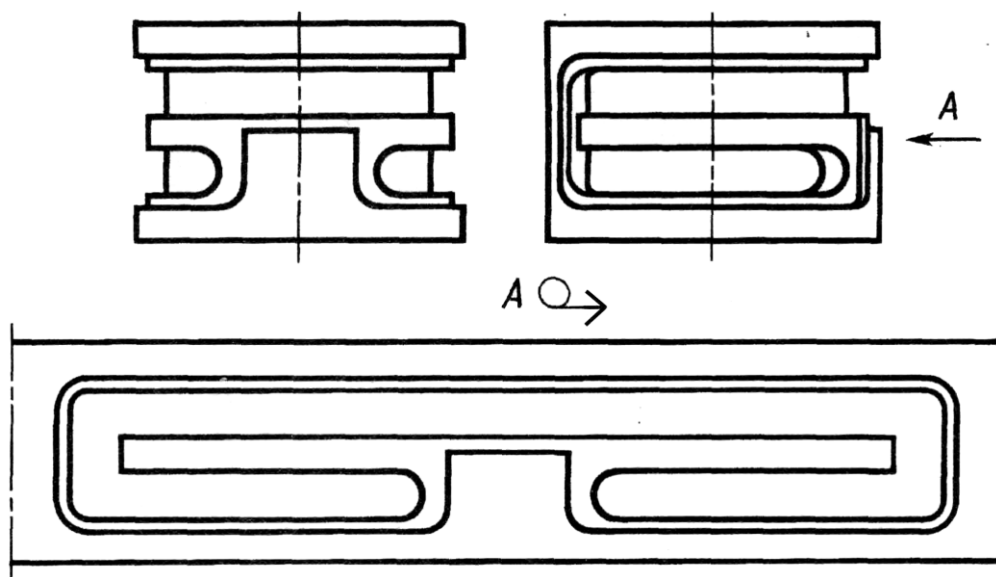


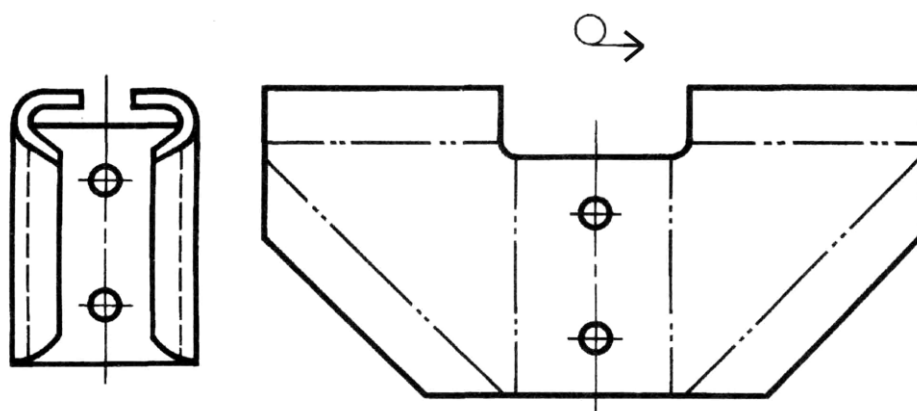
Рис. 7

элемент вычерчивают только по его контуру, без дополнительного указания части поверхности предмета, лежащей за этим контуром, то волнистую линию не проводят (вид *В* на рис. 7). Местный вид указывают на чертеже так же, как и дополнительный вид. В случаях, когда местные виды располагаются в непосредственной проекционной связи с изображением, допускается их не обозначать. Для удобства чтения чертежа рекомендуется располагать местные виды вблизи исходного изображения.

Кроме рассмотренных выше видов, для изображения искривленных (рис. 8, *а*) или гнутых предметов (рис. 8, *б*), которые можно развернуть в одну плоскость без искажения, применяют развертки (или, как их еще называют, развернутые виды). При таком изображении гнутых предметов контуры выполняют сплошной линией, а места изгиба обозначают тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками (рис. 8, *б*). Над изображением развертки помещают знак «развернуто».



а)



б)

Рис. 8

На рис. 9 приведены размеры стрелок, указывающих направление взгляда и знаков «повернуто» и «развернуто».

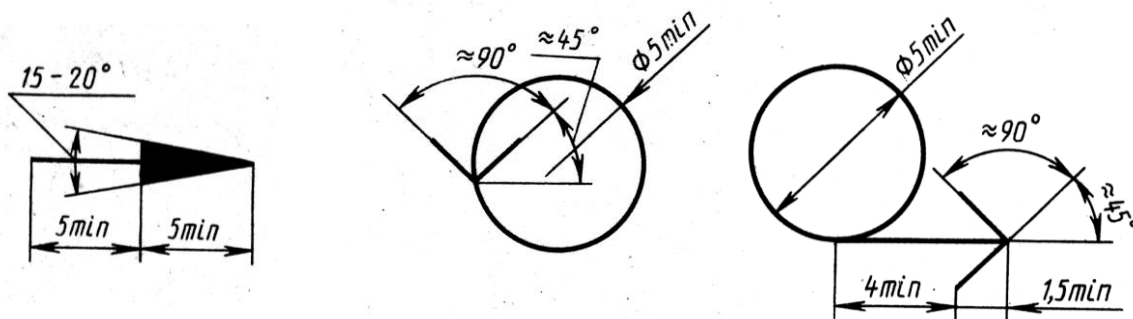


Рис. 9

1.3. Разрезы

Разрезом называется изображение, полученное мысленным рассечением предмета одной или несколькими плоскостями. На разрезе показывают то, что расположено непосредственно в секущей плоскости и за ней (рис. 10). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если этого не требуется для понимания конструкции предмета (рис. 11). Разрез может быть расположен на месте одного из основных видов или на свободном поле чертежа.

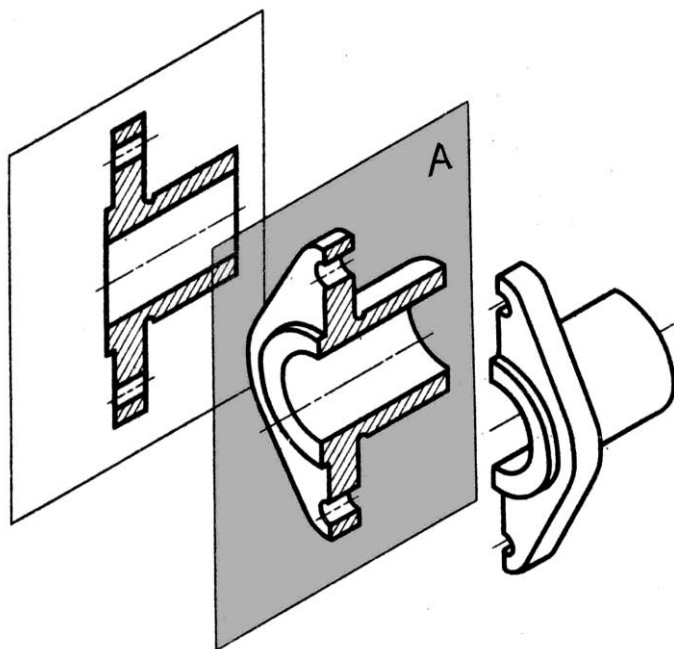


Рис. 10

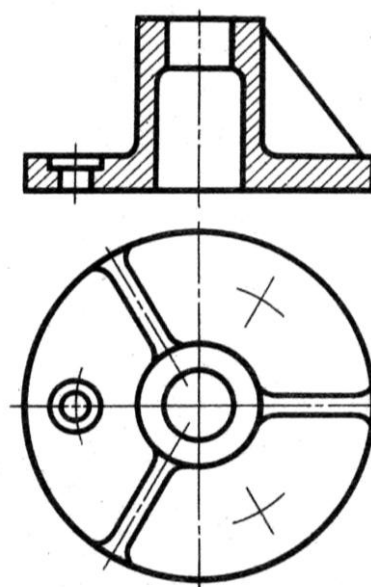


Рис. 11

При выполнении разреза в определенном месте предмета мысленно проводят секущую плоскость, отбрасывают часть предмета, расположенную между наблюдателем и секущей плоскостью, а затем оставшуюся часть проецируют на соответствующую плоскость проекций. После чего наносятся необходимые обозначения.

Разрез является условным изображением, поскольку проведение секущей плоскости и удаление части предмета, лежащей между наблюдателем и секущей плоскостью, производится мысленно.

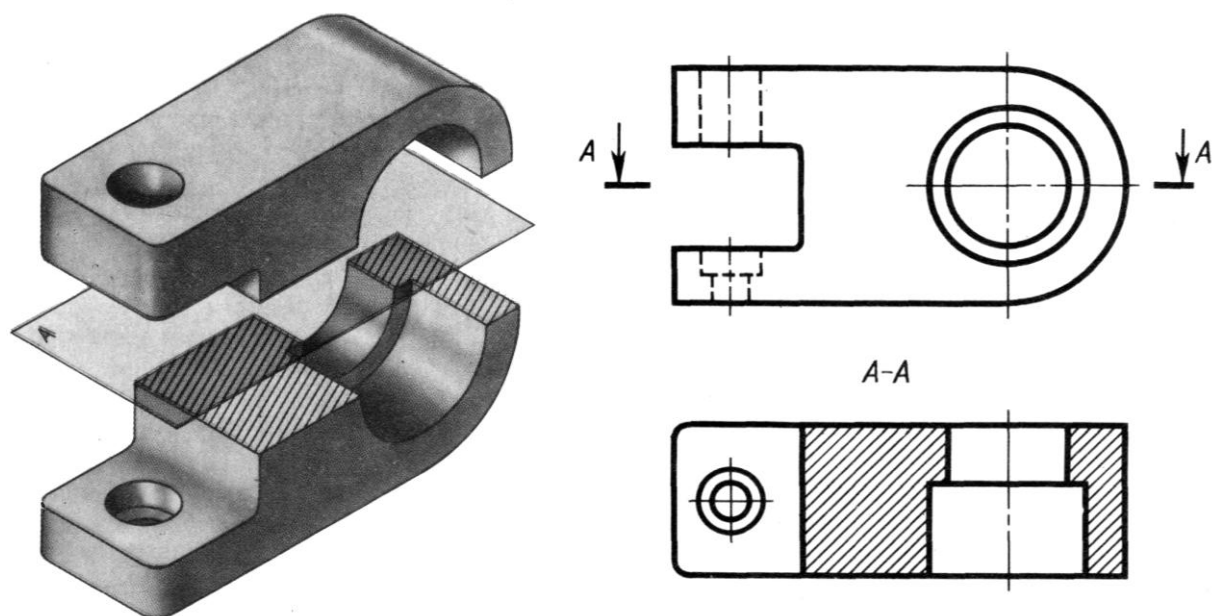


Рис. 12

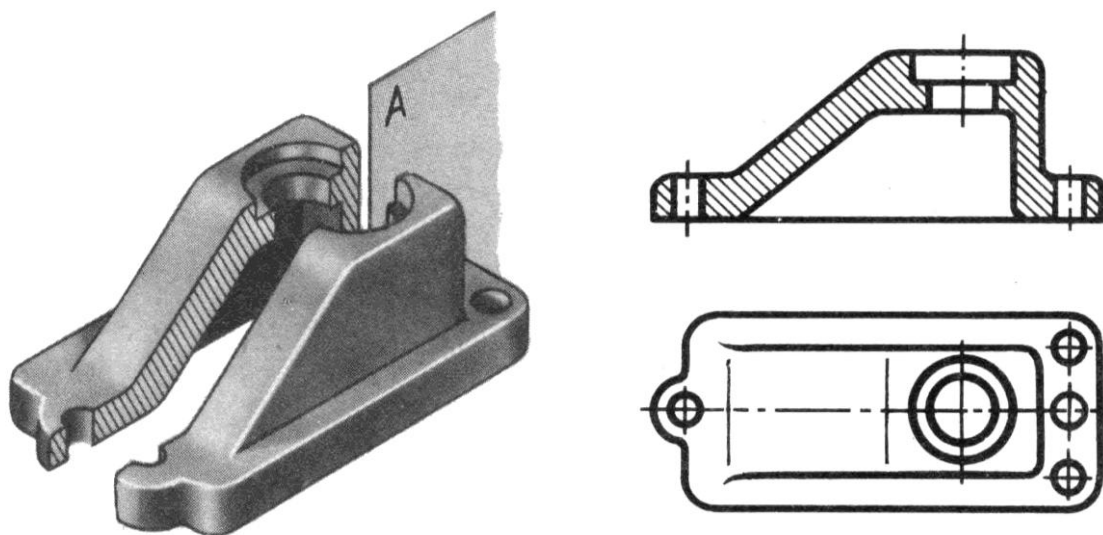


Рис. 13

Выполняя разрезы, следует помнить, что разрез – это искусственный прием, при котором мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не изменяет другие изображения того же предмета. Ка-

ждому разрезу соответствует своя собственная секущая плоскость (или плоскости), причем эти плоскости между собой не связаны и один разрез от другого не зависит.

В зависимости от расположения секущих плоскостей относительно плоскостей проекций различают горизонтальные, вертикальные и наклонные разрезы. Горизонтальный разрез (рис. 12) получается при рассечении предмета горизонтальной плоскостью, вертикальный – при рассечении плоскостью, перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций. При этом вертикальный разрез называют фронтальным (рис. 13), если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекции, и профильным (рис. 14), если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций. На практике встречаются случаи, когда вертикальный разрез выполняется секущей плоскостью, непараллельной ни фронтальной, ни профильной плоскостям проекций (рис. 15). Такой разрез строится и располагается в соответствии с

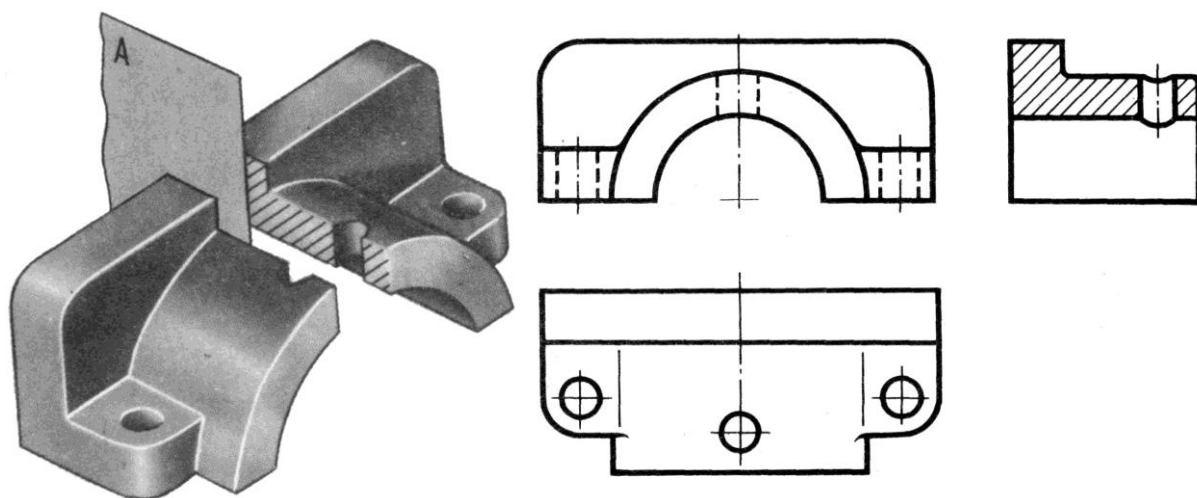


Рис. 14

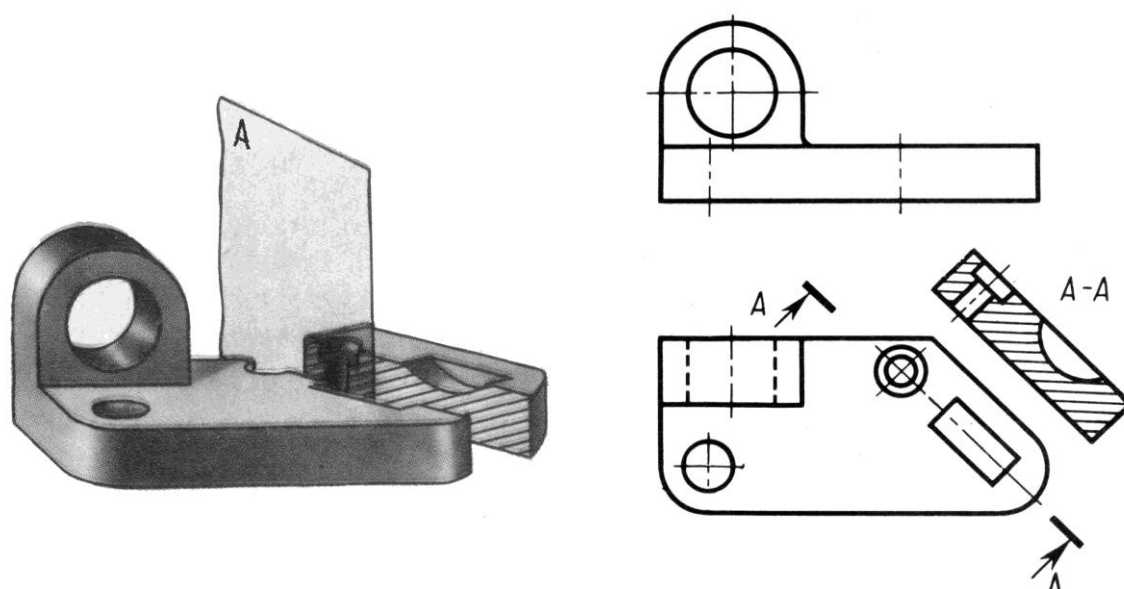


Рис. 15

направлением взгляда, указанным стрелками на линии, обозначающей след секущей плоскости. Допускается изображать такой вертикальный разрез с поворотом. В этом случае к его обозначению добавляют знак «повернуто».

Наклонный разрез (рис. 16) получается при рассечении предмета плоскостью, наклоненной к горизонтальной плоскости проекций. Наклонный разрез допускается изображать с поворотом. В этом случае к его обозначению добавляют знак «повернуто».

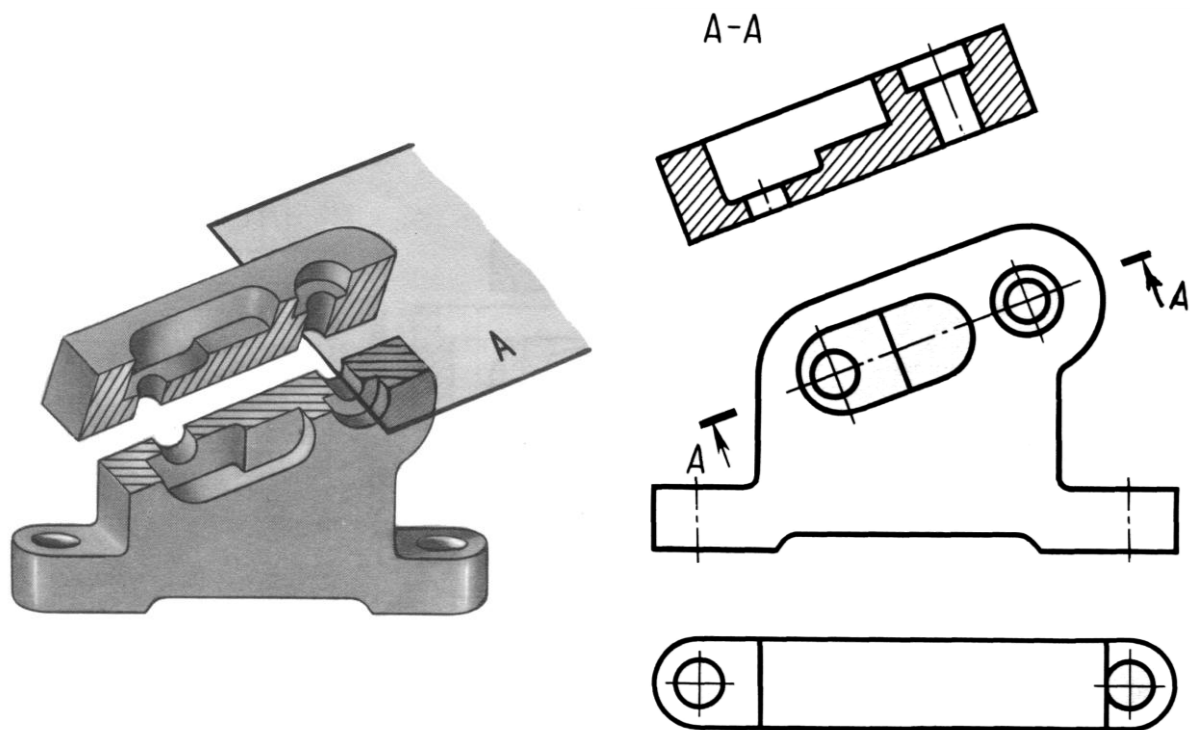


Рис.16

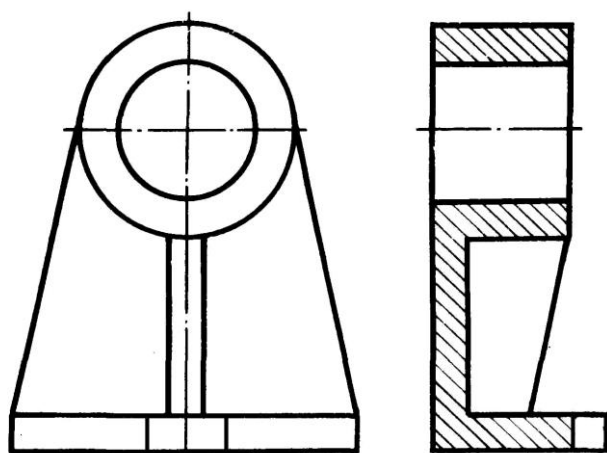


Рис. 17

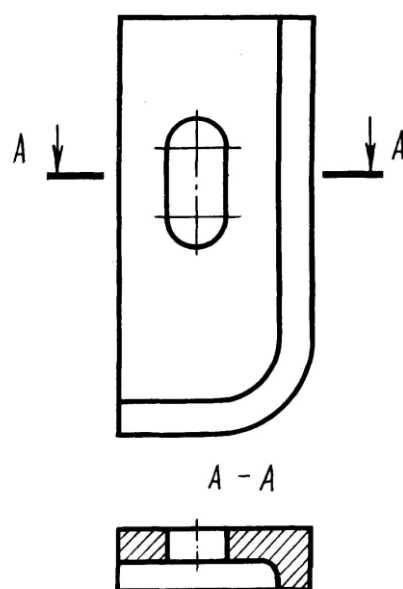


Рис. 18

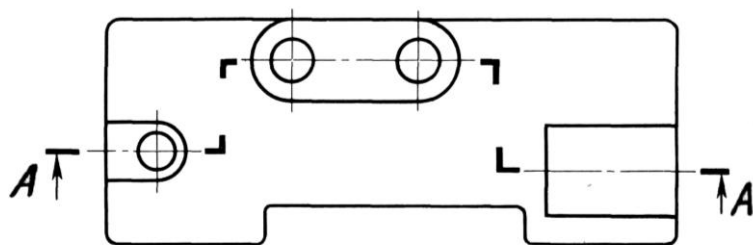
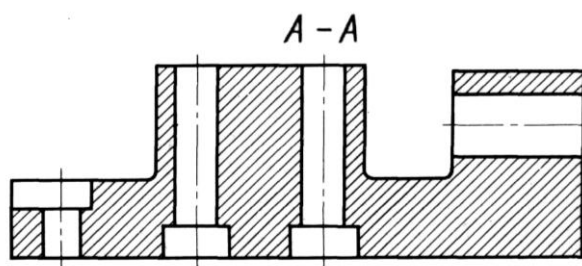
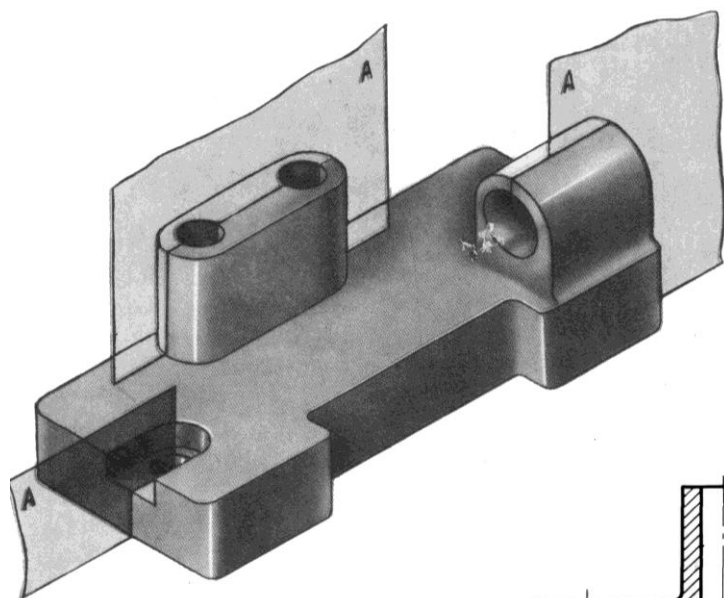


Рис. 19

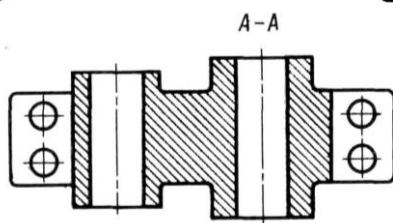
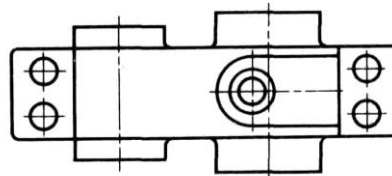
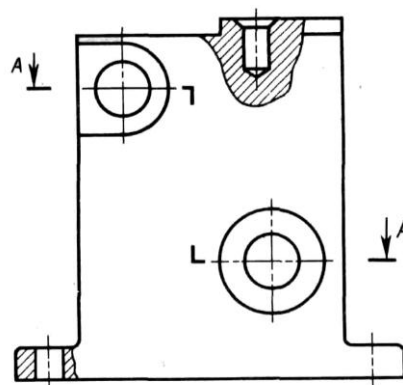
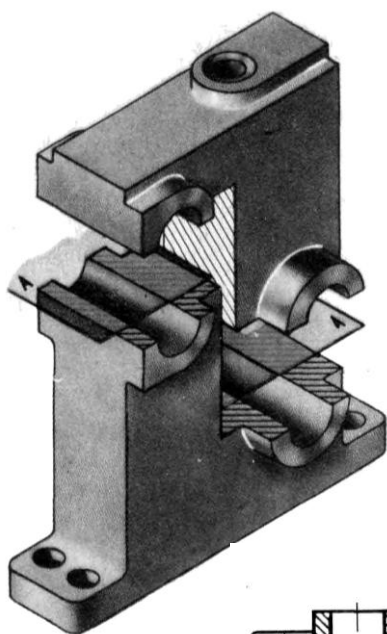


Рис. 20

В зависимости от направления секущих плоскостей разрезы разделяют на продольные и поперечные. Разрез называется продольным (рис. 17), если секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты предмета. Разрез называется поперечным (рис. 18), если секущая плоскость направлена перпендикулярно длине или высоте предмета.

В зависимости от числа секущих плоскостей различают простые и сложные разрезы. Простыми называются разрезы, полученные при мысленном рассечении предмета одной плоскостью. Сложными называются разрезы, полученные при мысленном рассечении предмета двумя или несколькими плоскостями.

Сложный разрез называют ступенчатым, если секущие плоскости параллельны между собой (рис. 19, 20), и ломаным, если секущие плоскости пересекаются под углом, большим 90° (рис. 21, 22). При повороте секущей плоскости элементы предмета, расположенные за ней, вычерчивают так, как они проецируются на соответствующую плоскость, до которой производится совмещение (рис. 23).

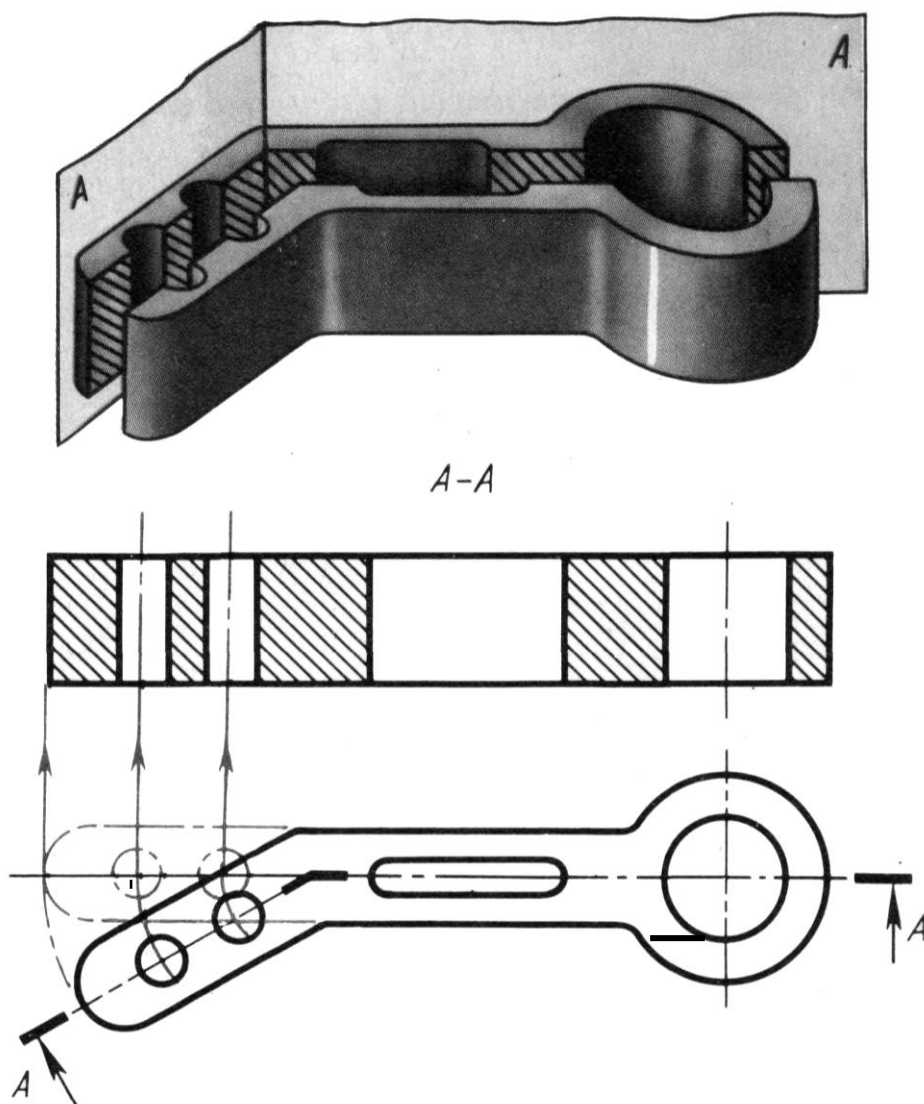


Рис. 21

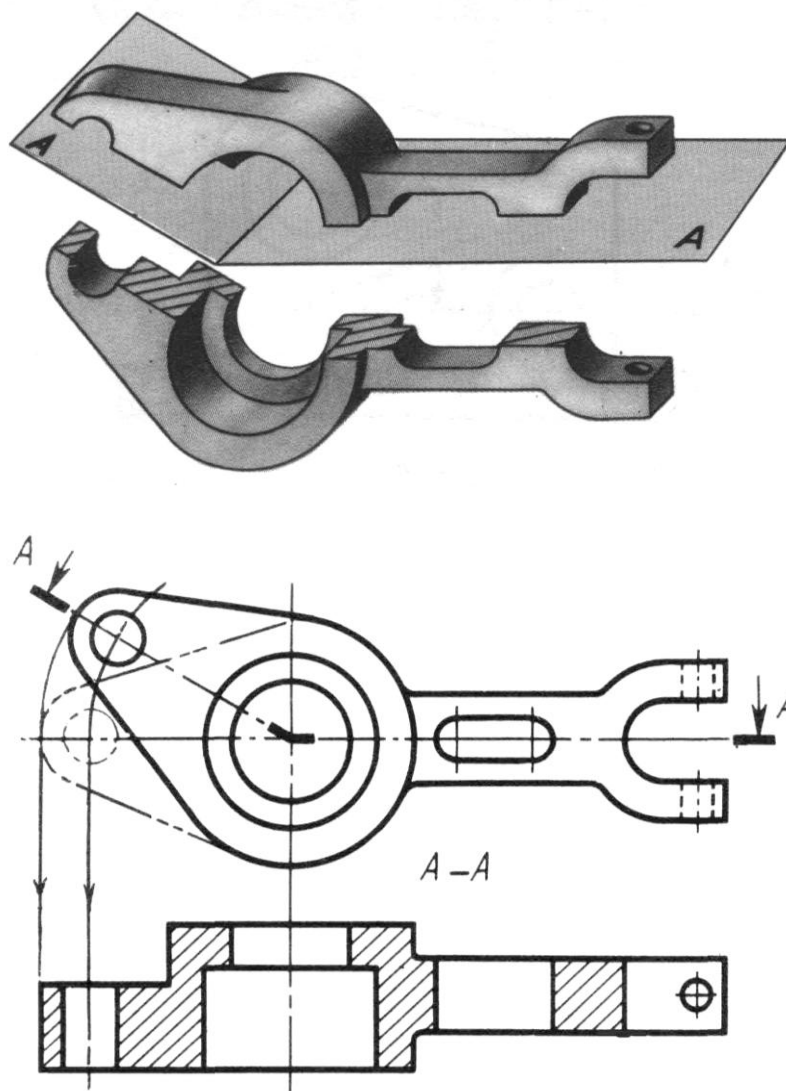


Рис. 22

Допускается применение сложных комбинированных разрезов, представляющих собой сочетание ступенчатого и ломаного (рис. 24).

При необходимости допускается применять развернутые разрезы (рис. 25). В этом случае в качестве секущей применяют цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость. При выполнении такого разреза над изображениями помещают знак «развернуто».

В зависимости от полноты произведенного разреза они подразделяются на полные и местные. Местные разрезы применяют для выяснения устройства детали лишь в отдельном ограниченном месте (рис. 26). Его ограничивают на виде или волнистой линией (рис. 26, а, б), или линией с изломами (рис. 26, в), и эти линии не должны совпадать с какими-либо другими линиями изображения. Концы ломаной линии должны выступать за контур изображения на 2...4 мм.

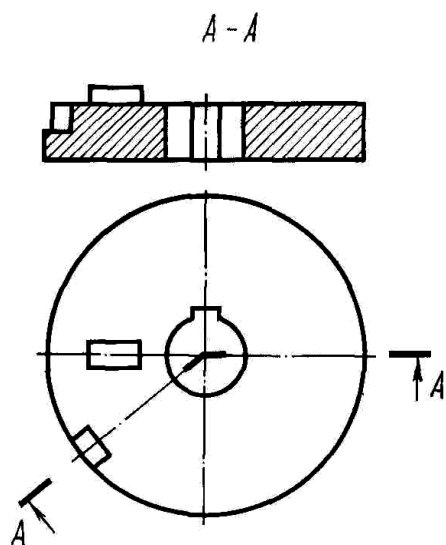


Рис. 23

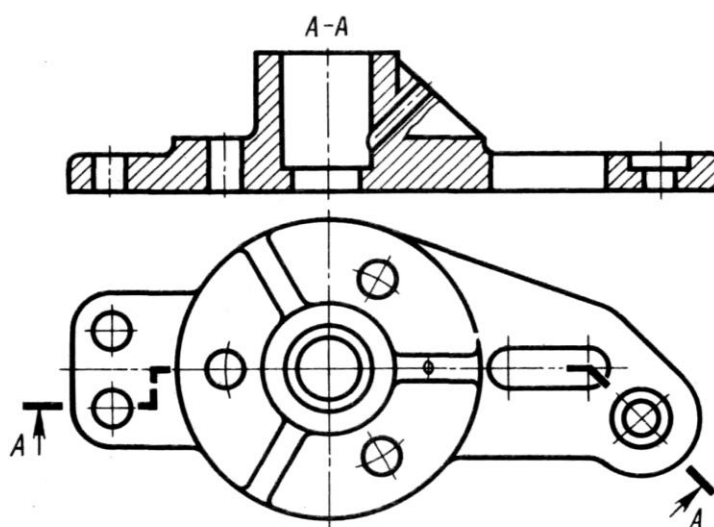


Рис. 24

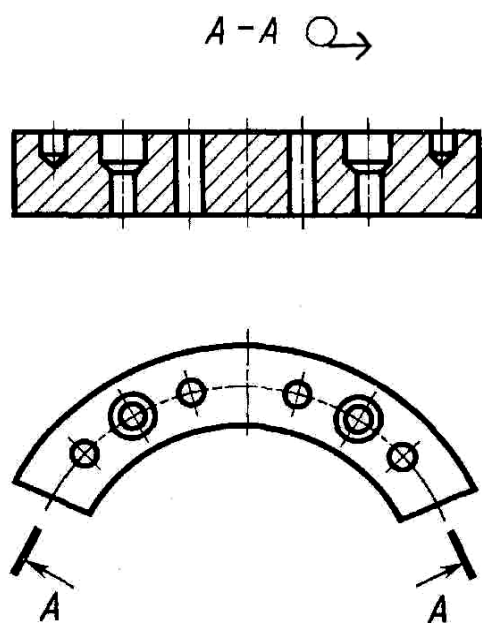
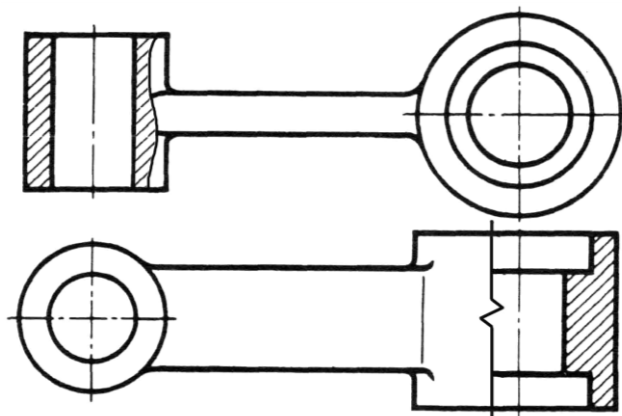


Рис. 25



а)



б)

Рис. 26

Допускается соединять часть вида и часть соответствующего разреза, разделяя их линией с изломами (рис. 27) или волнистой линией (рис. 29). При этом, как правило, разрезы располагают справа от вертикальной или внизу от горизонтальной оси симметрии. На изображениях симметричных изделий (рис. 28) границей вида и разреза служит ось сим-

метрии (штрихпунктирная линия). В случае если на оси симметрии имеется линия видимого или невидимого контура, то ее видимость нужно сохранить, перенеся линию обрыва левее или правее оси симметрии (рис. 29).

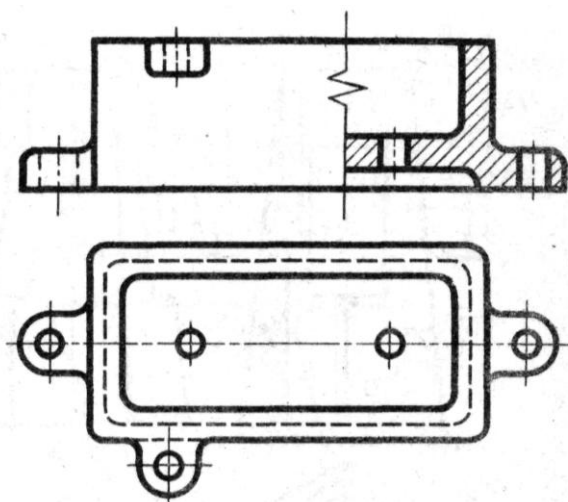


Рис. 27

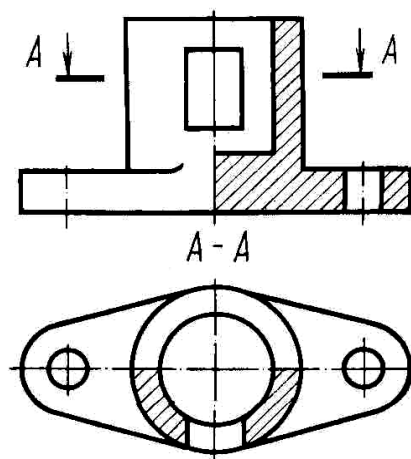


Рис. 28

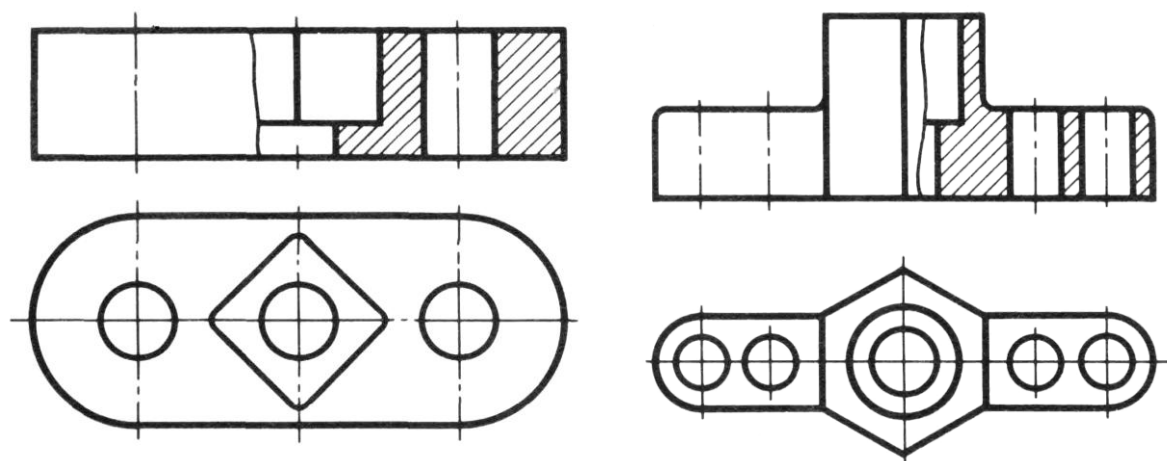


Рис. 29

Отметим, что если разрез выполнен на месте главного вида, то его называют главным изображением, а не главным видом.

Обозначение разреза (рис. 30) содержит указание положения секущей плоскости линией сечения (штрихами разомкнутой линии), указание направления проецирования (стрелками на начальном и конечном штрихах) и обозначение секущей плоскости и разреза одной и той же прописной буквой кириллицы, начиная с *А*, без пропусков и повторений. При сложном разрезе штрихи разомкнутой линии, обозначающие положение

секущих плоскостей, проводят также у мест пересечения секущих плоскостей между собой. Начальный и конечный штрихи разомкнутой линии не должны пересекать контур изображения. Буквы наносят около стрелок (при необходимости и в местах перегиба) с внешней стороны угла. Высота буквенных обозначений должна быть на один-два размера шрифта больше размерных чисел чертежа. Расстояние между изображением детали и штрихом принимается по обстановке, желательно не менее 3 мм. При необходимости начальный и конечный штрихи могут быть расположены внутри контура.

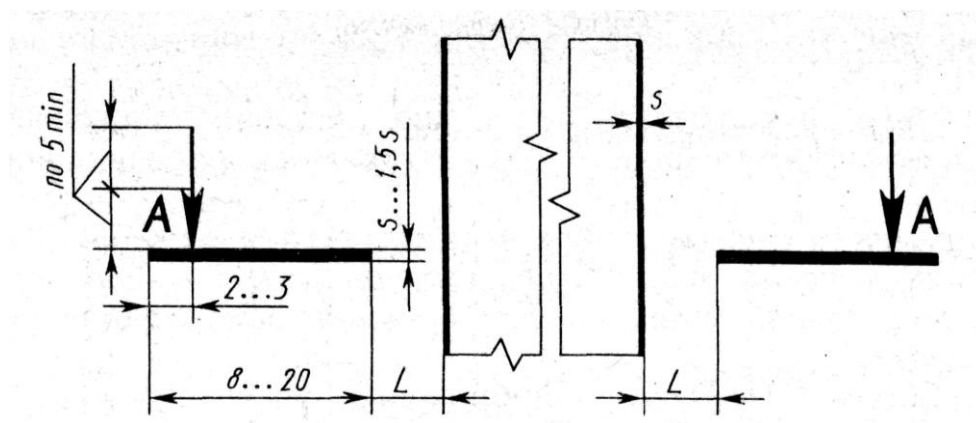


Рис. 30

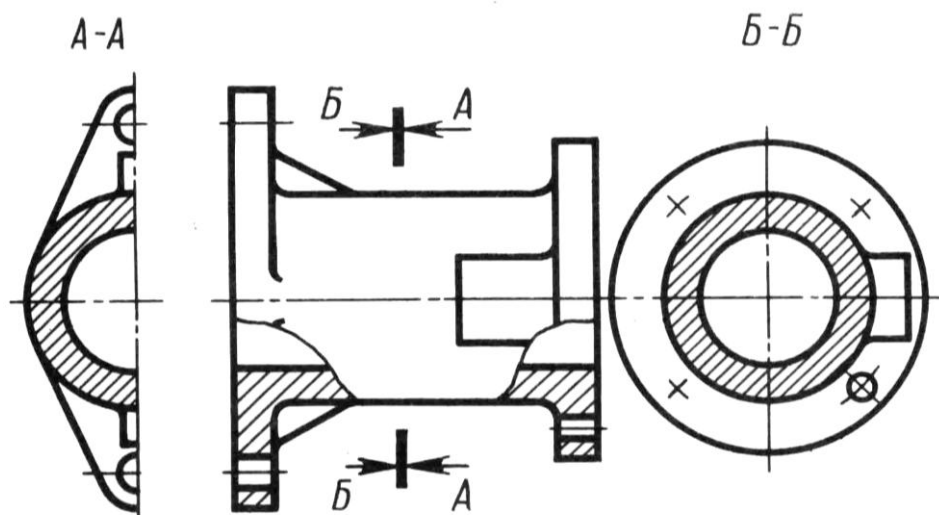


Рис. 31

В случаях, подобных показанному на рис. 31, стрелки, указывающие направление взгляда, наносят на одной линии.

Не указывают положение секущей плоскости, направление проекции

рования и не наносят буквенные обозначения, если секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета и параллельна одной из основных плоскостей проекций, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в непосредственной проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями (см. рис. 13, 14).

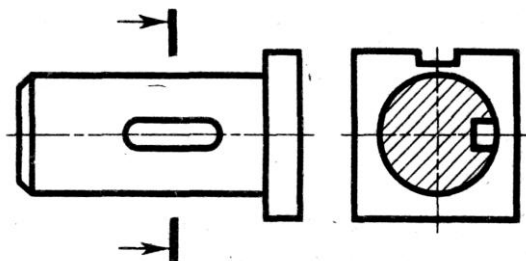


Рис. 32

Допускается указывать положение секущей плоскости и направление проецирования без буквенных обозначений для разреза, находящегося в непосредственной проекционной связи, обеспечивающей однозначное понимание чертежа, как показано на рис. 32.

Правила штриховки разрезов рассмотрены в п. 1.6.

1.4. Сечения

Сечением называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. При необходимости можно применять в качестве секущей цилиндрическую поверхность, развертываемую затем в плоскость. В отличие от разреза, в сечении показывают только то, что получается непосредственно в секущей плоскости. На рис. 33 для сравнения показаны разрез $A - A$ и сечение $B - B$.

Сечения, не входящие в состав разреза, по месту своего расположения разделяют на вынесенные и наложенные. Вынесенным называется сечение, расположенное вне контура основного изображения (рис. 34, а). Наложённым называется сечение, расположенное на проекции предмета (рис. 34, б). Применение вынесенных сечений предпочтительно.

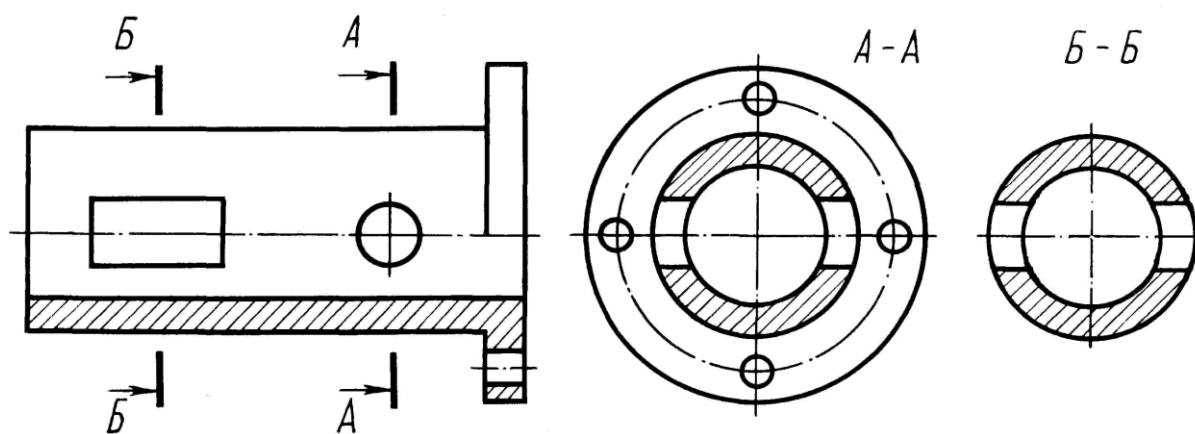
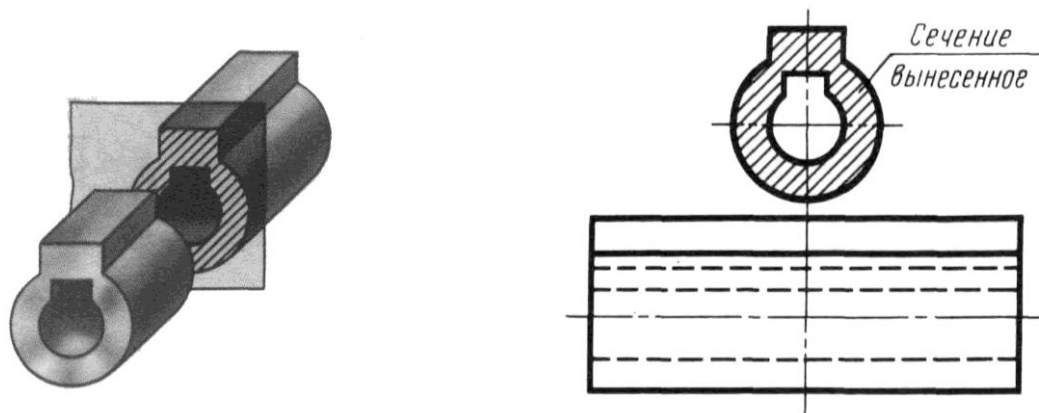
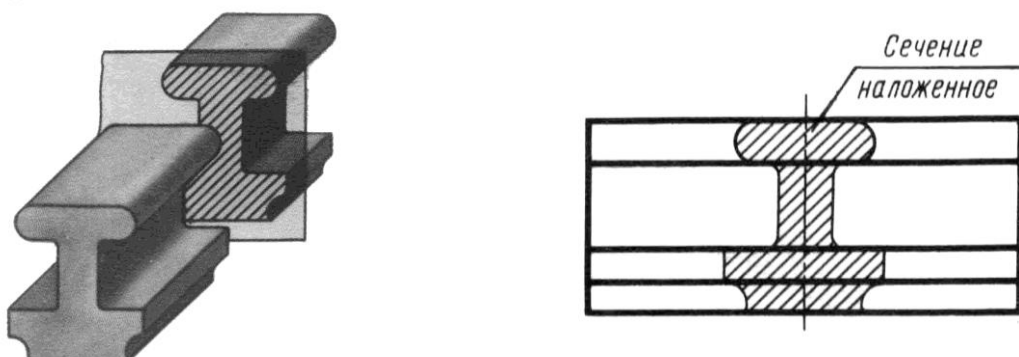


Рис. 33

Наложенные сечения вычерчивают сплошными тонкими линиями непосредственно на самом виде, причем контур изображения в месте расположения наложенного сечения не прерывают (рис. 35). Вынесенные сечения располагают на свободном поле чертежа и ограничивают сплошными основными линиями (рис. 36). Допускается изображать вынесенное сечение в разрыве изображения (рис. 37).



а)



б)

Рис. 34

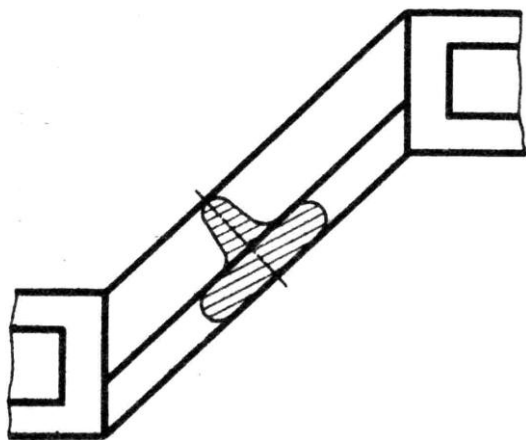


Рис. 35

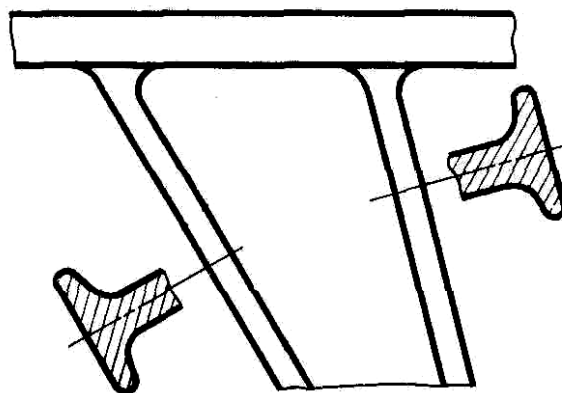


Рис. 36

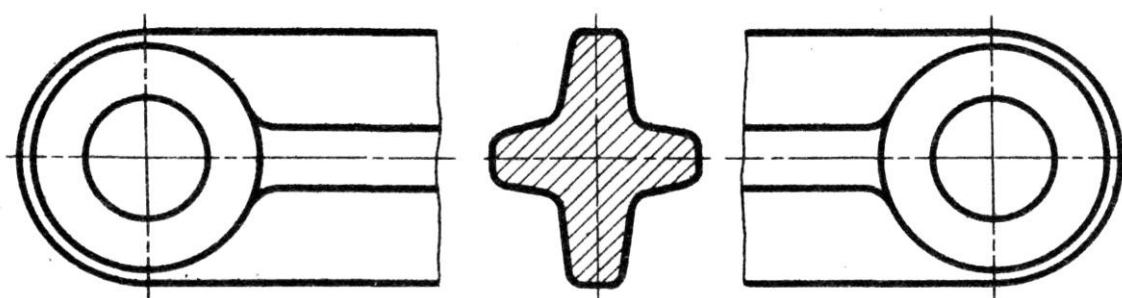


Рис. 37

В зависимости от расположения секущей плоскости относительно оси детали сечения подразделяются на нормальные и наклонные. Нормальным называется сечение в том случае, если секущая плоскость перпендикулярна оси предмета (рис. 38), наклонным – если секущая плоскость наклонена к оси предмета (рис. 39).

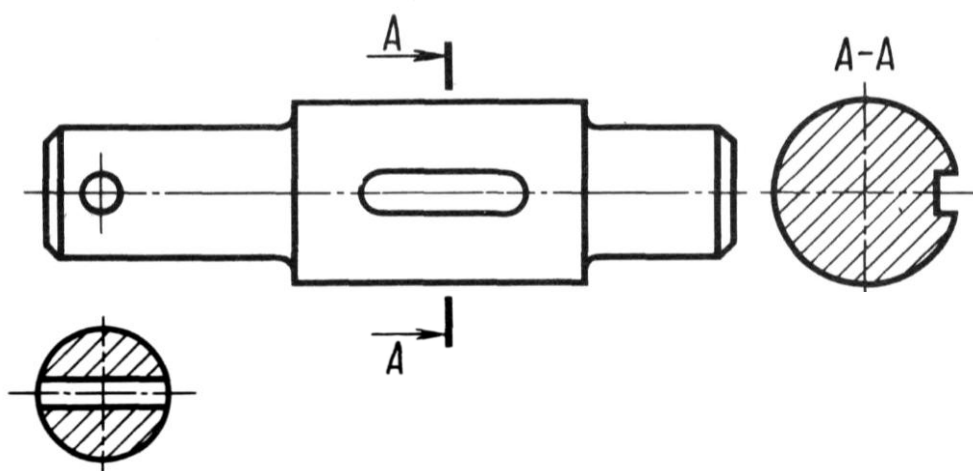


Рис. 38

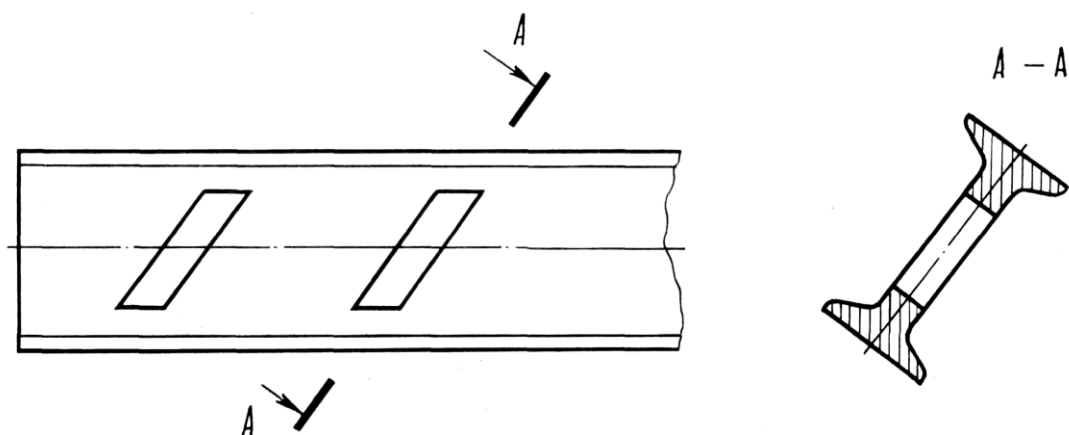


Рис. 39

В зависимости от количества секущих плоскостей различают простые и сложные сечения. Простые сечения получаются при рассечении предмета одной секущей плоскостью, сложные – при рассечении предмета двумя или несколькими плоскостями. Наиболее часто применяют простые сечения. Сложные сечения допускается применять тогда, когда рассекаемые элементы предмета не параллельны друг другу.

В общем случае положение секущей плоскости и надпись над сечением на чертежах указывают так же, как и для разрезов (рис. 38, 39).

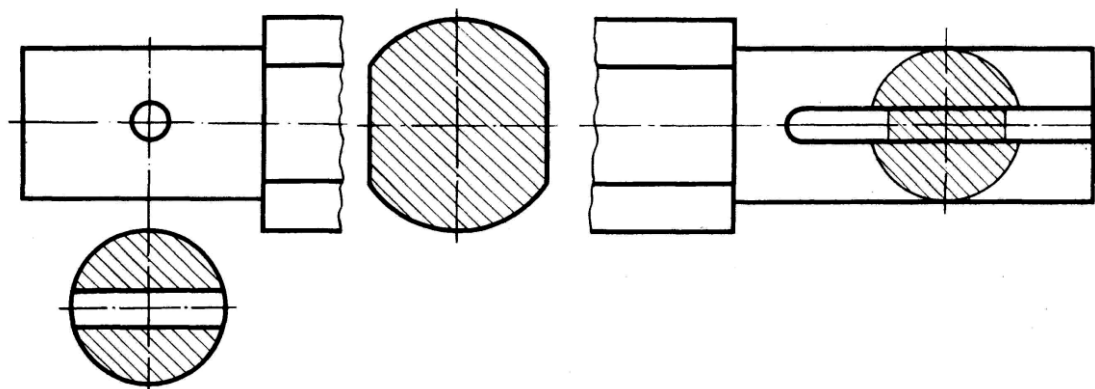


Рис. 40

Если вынесенное сечение имеет симметричную форму и расположено вблизи изображения на продолжении следа секущей плоскости, то след секущей плоскости обозначается тонкой штрихпунктирной линией, буквами не обозначается, направление взгляда не указывается и сечение не подписывается. Для симметричных наложенных сечений и сечений, расположенных в разрыве изображения, след секущей плоскости не указывается и сечение не подписывается (рис. 40). При этом секущую плоскость следует располагать таким образом, чтобы на изображении получалось нормальное поперечное сечение.

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

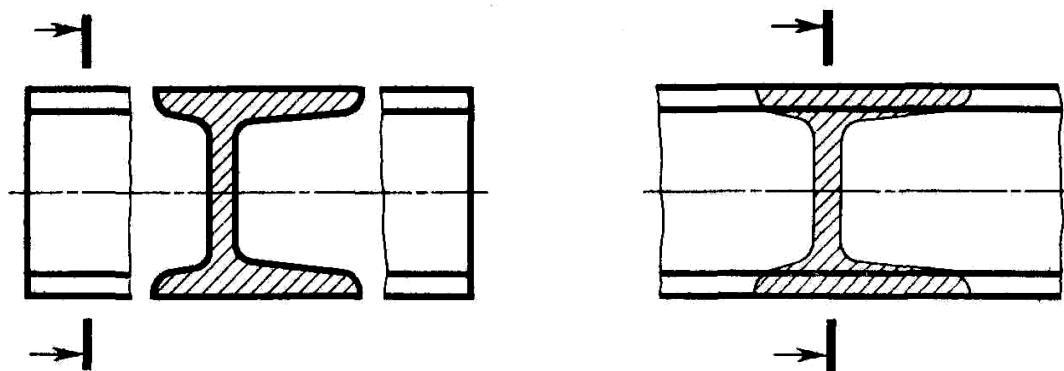
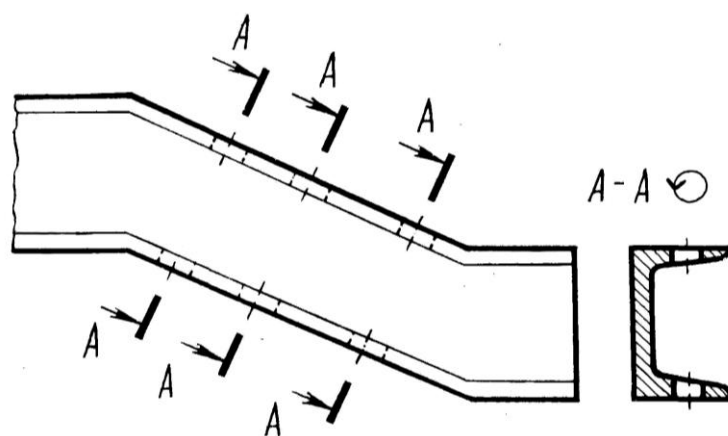
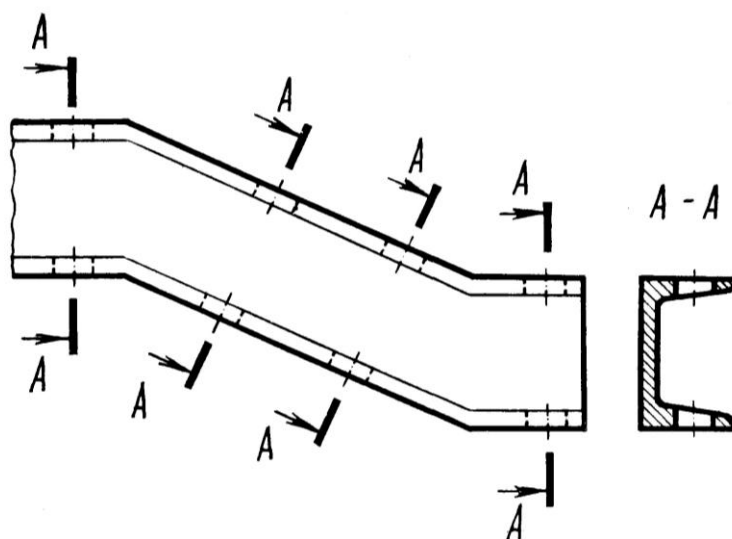


Рис. 41



а)



б)

Рис. 42

Сечения по построению и расположению должны соответствовать направлению, указанному стрелками. Допускается располагать сечение повернутым. В этом случае его изображение сопровождают знаком «повернуто» (рис. 42, *а*). Знак «повернуто» не ставят, если секущие плоскости расположены под разными углами (рис. 42, *б*).

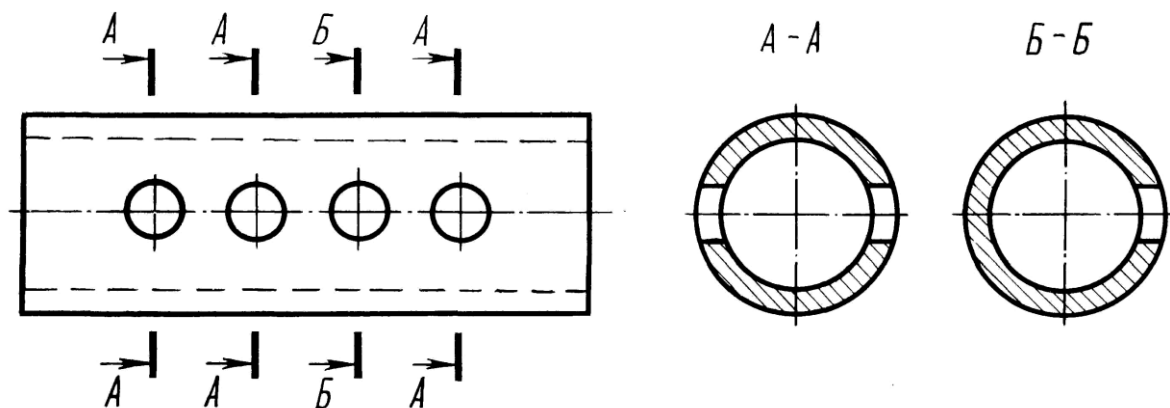


Рис. 43

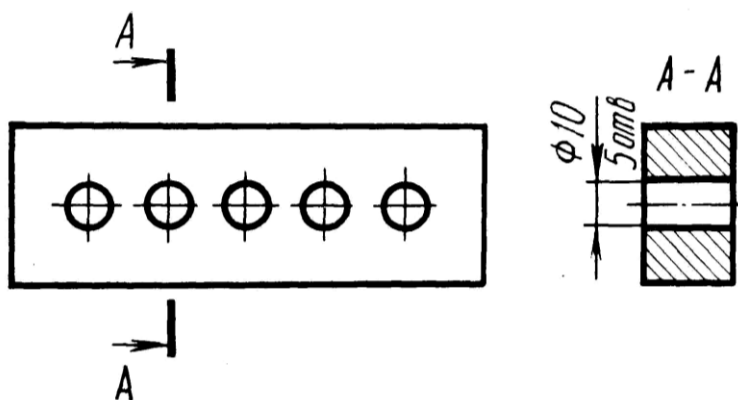


Рис. 44

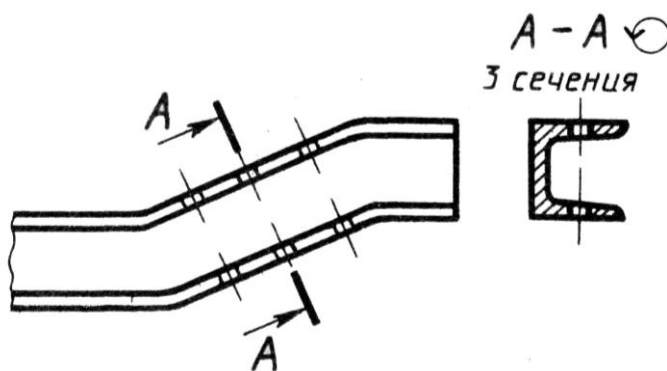


Рис. 45

Если на чертеже имеется несколько одинаковых сечений, относящихся к одному и тому же изделию, то линию сечения обозначают одной

буквой и вычерчивают одно сечение (рис. 43). Если расположение одинаковых сечений точно определено размерами или изображением, то допускается наносить одну линию сечения и вычерчивать одно сечение (рис. 44). Допускается указывать количество сечений в надписи сечения (рис. 45).

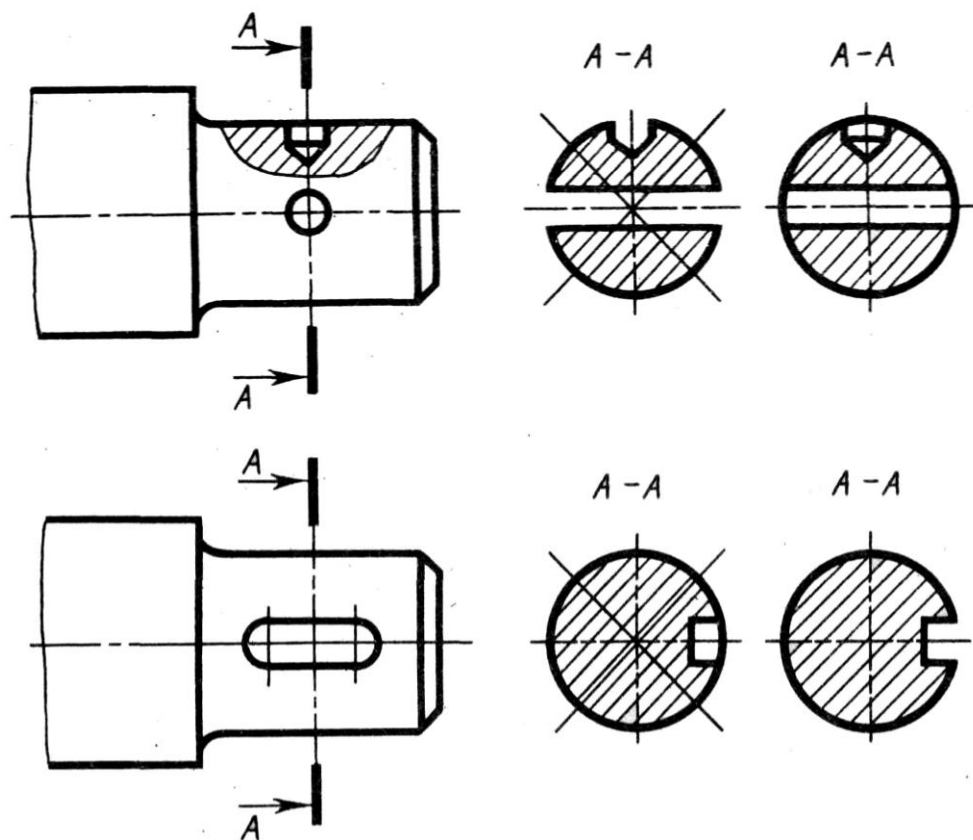


Рис. 46

Если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис. 46).

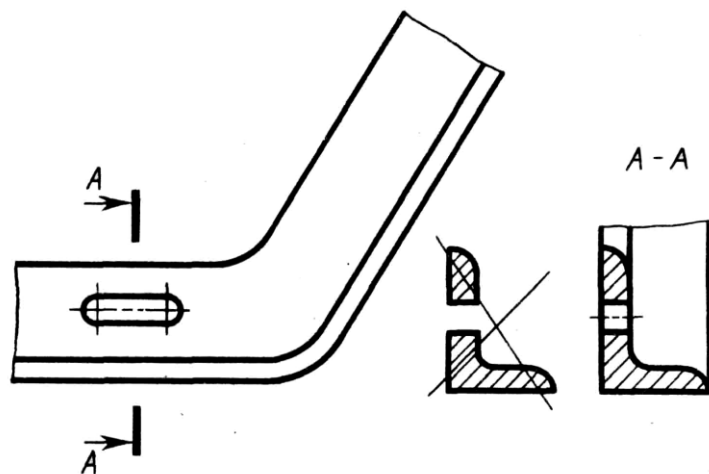


Рис. 47

Если сечение получается состоящим из отдельных частей, то необходимо применить разрез (рис. 47).

Правила штриховки сечений рассмотрены в п. 1.6.

1.5. Выносные элементы

При изображении детали на чертеже в мелком масштабе конструкция отдельных ее частей может быть неясна. Поэтому возникает необходимость в применении выносных элементов, которые позволяют исключить необходимость увеличения масштаба всего изображения для конкретизации отдельных конструктивных особенностей изделия.

Выносным элементом называется дополнительное отдельное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического или иного пояснения в отношении формы, размеров и других данных ввиду мелкого ее изображения.

Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может 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 или овалом) с обозначением прописной буквой кириллицы на полке линии-выноски. Над выносным элементом указывается та же буква и масштаб, в котором выполнен выносной элемент (рис. 48).

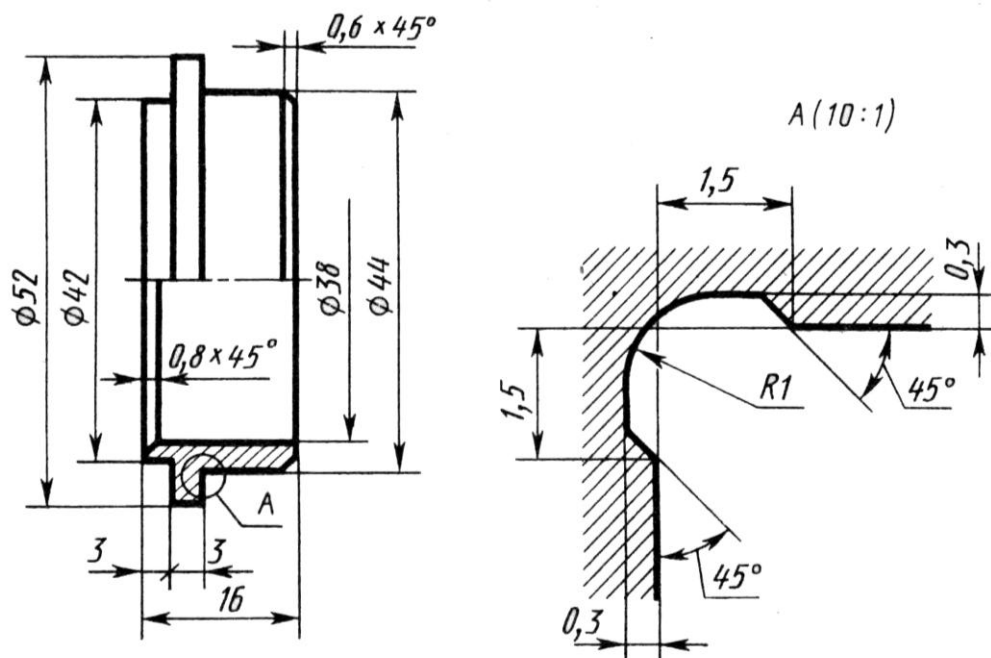


Рис. 48

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

1.6. Графическое обозначение материалов в разрезах и сечениях

Для изготовления изделий в технике применяется большое число различных материалов. Материал, из которого должно быть изготовлено изделие, указывают соответствующим обозначением в основной надписи чертежа. Однако для удобства пользования чертежом в сечениях (в том числе и входящих в состав разрезов) наносят установленные ГОСТ 2.306 – 68* графические обозначения материалов, которые характеризуют их лишь в общих чертах. Некоторые из этих обозначений приведены в таблице, на с. 31.

Штриховка выполняется тонкими сплошными линиями. Параллельные линии штриховок проводят под углом 45° к линии рамки чертежа (рис. 49, *а*) или к оси вынесенного или наложенного сечения (рис. 49, *б*). Расстояние между линиями выбирается в зависимости от площади сечения (чем больше площадь сечения, тем относительно реже штриховка) и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений. Для учебных чертежей рекомендуется принимать расстояние между линиями штриховки, равным 2...3 мм. Расстояние между параллельными линиями штриховки должно быть одинаковым для всех выполненных в одном масштабе изображений данной детали на чертеже. Линии штриховки могут наноситься с наклоном влево или вправо, но в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, независимо от количества листов, на которых расположены чертежи этих сечений.

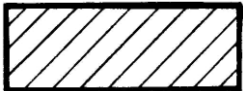
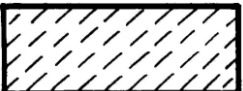
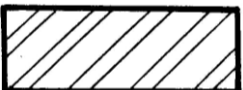
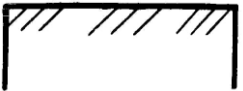
При совпадении направления линий штриховки с контурными или осевыми линиями вместо угла наклона 45° применяют угол 30° или 60° (рис. 50).

Штриховку смежных сечений наносят для одного сечения вправо, для другого – влево или изменяют расстояние между линиями (рис. 51, *а*), кроме того, применяют сдвиги линий штриховки (рис. 51, *б*). При штриховке «в клетку» расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным (рис. 52).

Большие площади, а также при указании профиля грунта рекомендуется штриховать только у контурных линий узкой полоской равномерной толщины (рис. 53).

Узкие площади сечений, шириной на чертеже менее 2 мм, допускается зачернять (рис. 54), оставляя просвет между смежными сечениями 0,8...1,0 мм. Узкие и длинные площади сечений рекомендуется штриховать участками (рис. 55).

Графические обозначения материалов

Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы	
Неметаллические материалы, в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже	
Дерево	
Бетон	
Камень естественный	
Керамика и силикатные материалы для кладки	
Стекло и другие светопрозрачные материалы	
Жидкости	
Грунт естественный	
Засыпка из любого материала	
Сетка	

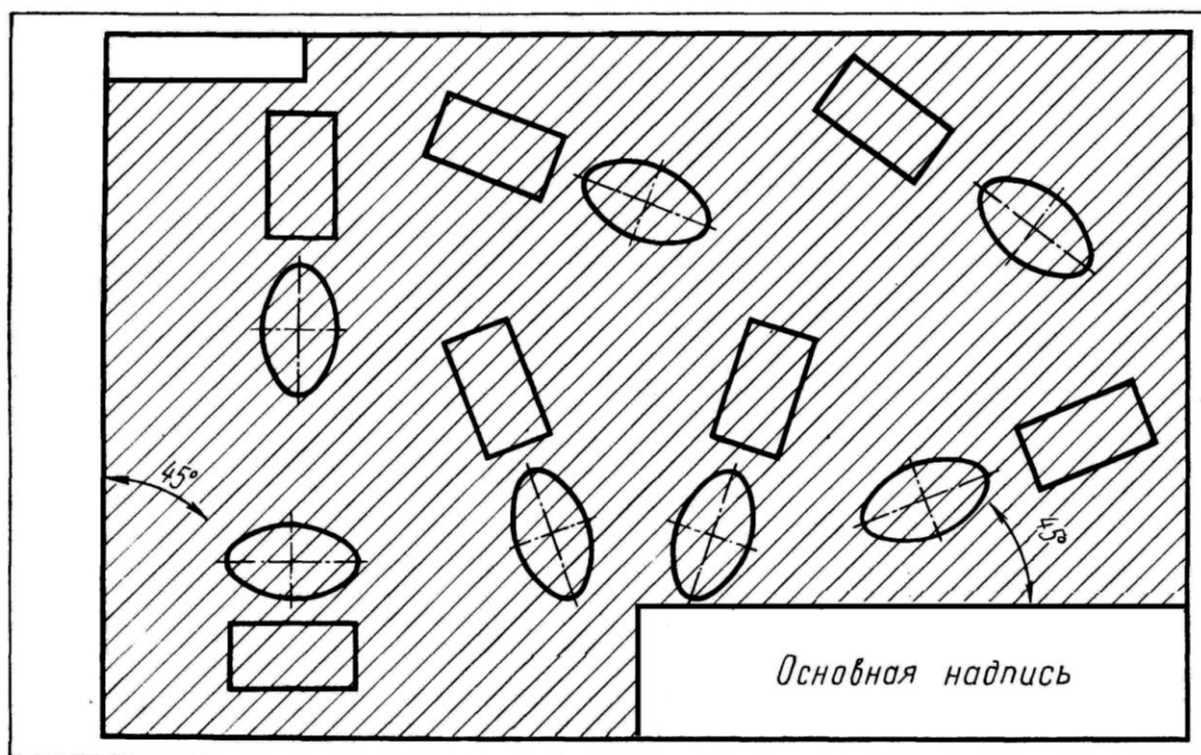
Примечания:

1. Композиционные материалы, содержащие металлы и неметаллические материалы, обозначают как металлы.

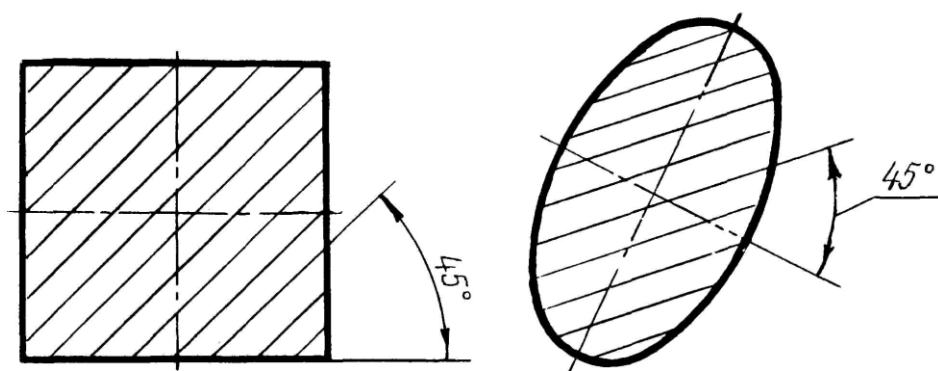
2. Графическое обозначение древесины применяется в тех случаях, когда нет необходимости указывать направление волокон.

3. Графическое обозначение керамики и силикатных материалов следует применять для обозначения кирпичных изделий (обожженных и необожженных), огнеупоров, строительной керамики, электротехнического фарфора, шлакобетонных блоков и т.п.

4. Допускается применять дополнительные обозначения материалов, не предусмотренных в стандарте, поясняя их на чертеже.



а)



б)

Рис. 49

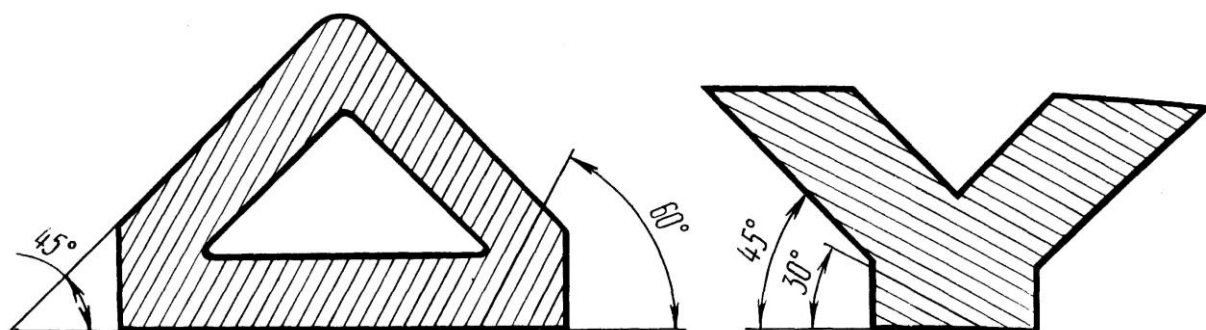
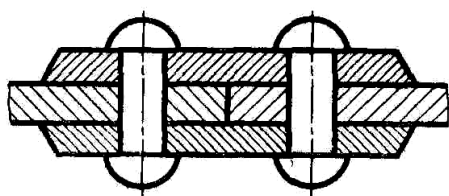
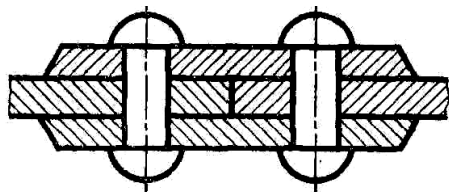


Рис. 50



a)



б)

Рис. 51

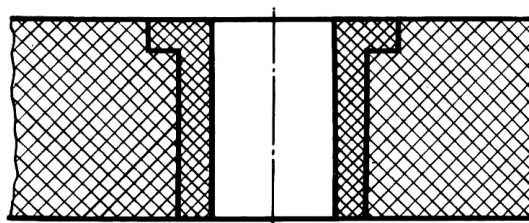


Рис. 52

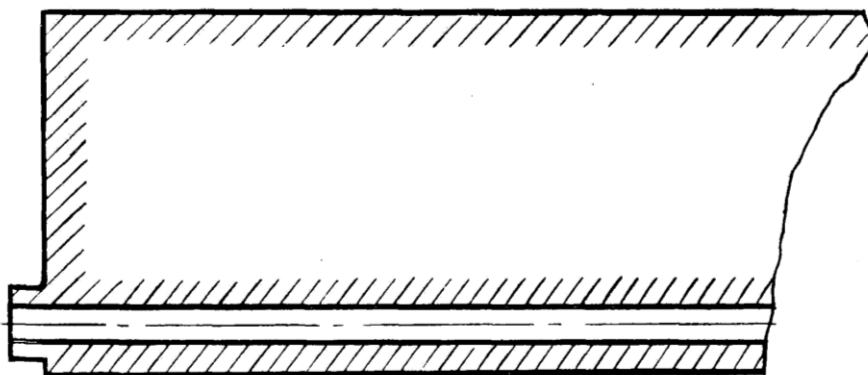


Рис. 53

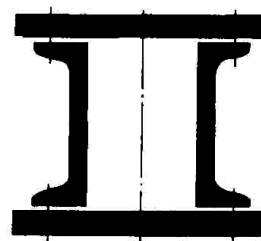
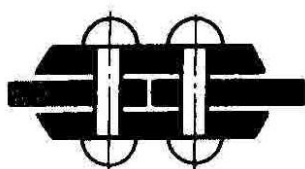


Рис. 54

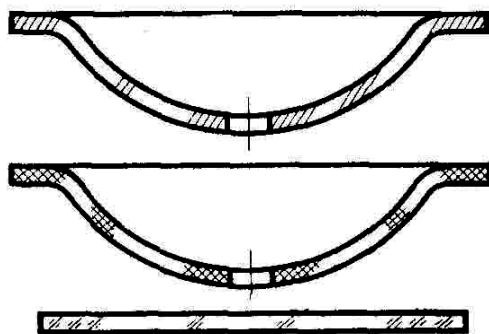


Рис. 55

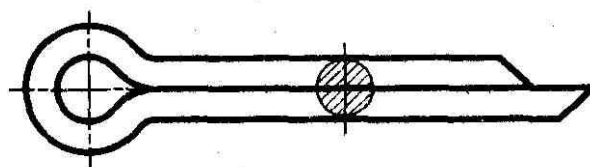


Рис. 56

Соприкасающиеся сечения одной и той же детали штрихуют в одну сторону без изменения шага штриховки (рис. 56).

Графические обозначения, отличные от прямых линий штриховки, выполняют от руки.

1.7. Условности и упрощения, применяемые при выполнении изображений

В целях уменьшения трудоемкости и ускорения процесса разработки чертежей, уменьшения расхода бумаги на их оформление, повышения выразительности чертежей ГОСТ 2.305 – 68** устанавливает следующие условности и упрощения.

Если вид, разрез или сечение представляют собой симметричную фигуру, допускается вычерчивать половину изображения или немного более половины изображения с проведением в последнем случае волнистой линии (рис. 57).

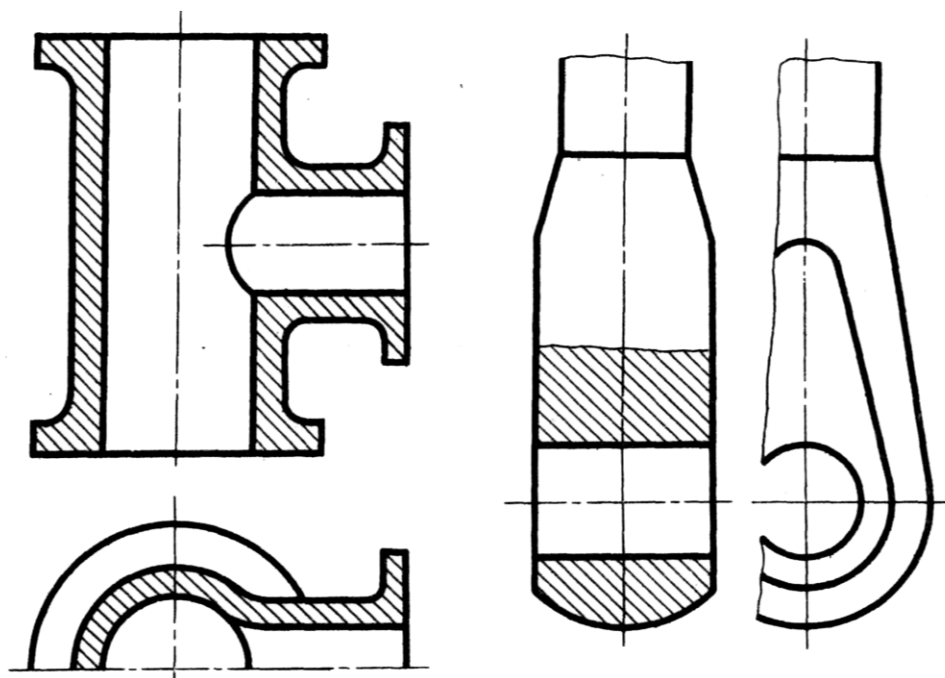


Рис. 57

Если предмет имеет несколько одинаковых, равномерно расположенных элементов (отверстий, зубьев, пазов, спиц и т. д.), то на его изображении полностью показывают один – два таких элемента, а остальные упрощенно или условно (рис. 58, а и рис. 59), с указанием их количества. Допускается также изображать лишь часть такого предмета (рис. 58, б) с надлежащими указаниями о количестве элементов, их расположении и т.д.

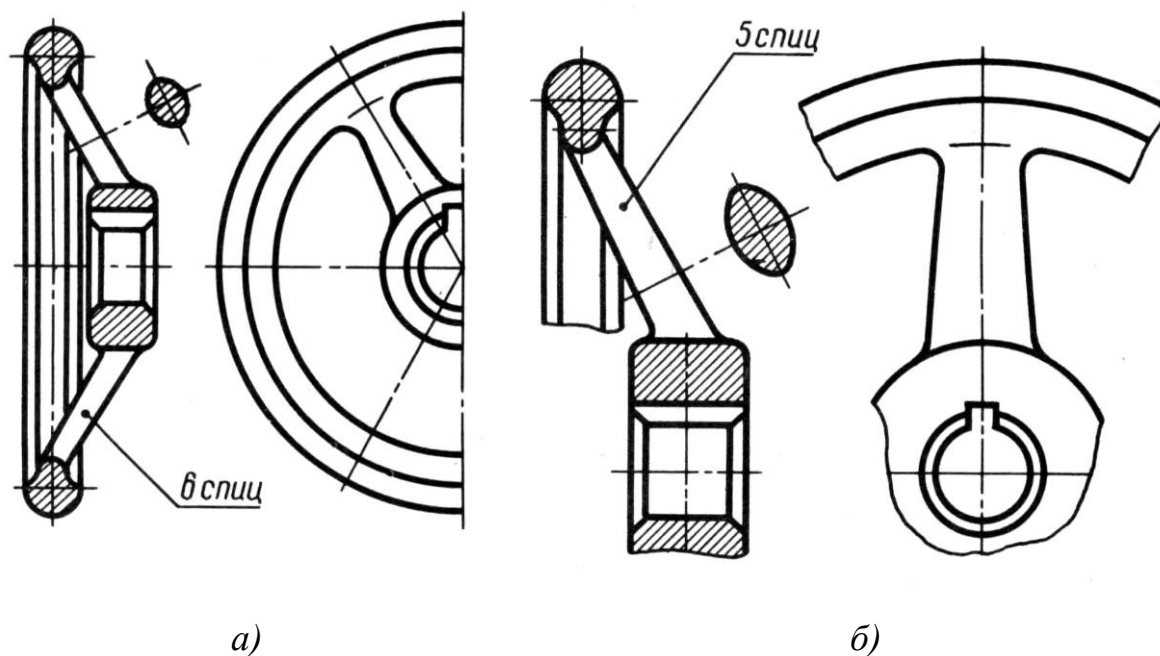


Рис. 58

Плавный переход одной поверхности в другую показывают условно тонкой линией или совсем не показывают (рис. 60).

Допускается упрощенно изображать линии пересечения поверхностей, если по условиям производства не требуется их точного построения. Например, вместо лекальных кривых можно проводить дуги окружности и прямые (рис. 61).

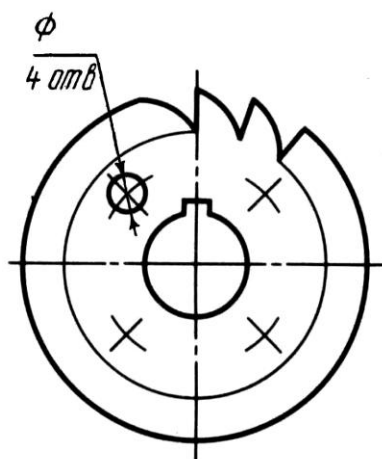


Рис. 59

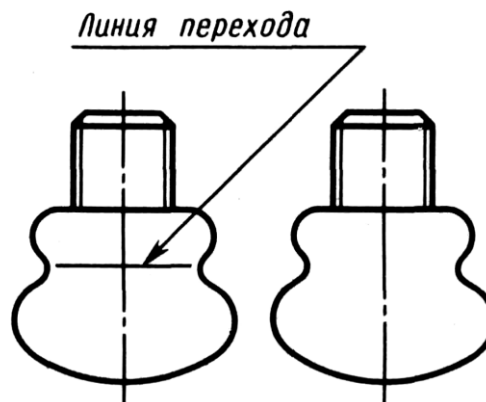


Рис. 60

Болты, винты, шпильки, заклепки, шпонки, непустотелые оси, валы и шпиндели, шатуны, рукоятки и тому подобные детали, зубья зубчатых колес, шлицы и аналогичные элементы деталей в продольном разрезе показывают нерассеченными, т.е. не штрихуют и проводят все линии видимого контура (рис. 62). Шарики всегда изображают нерассеченными (рис. 62).

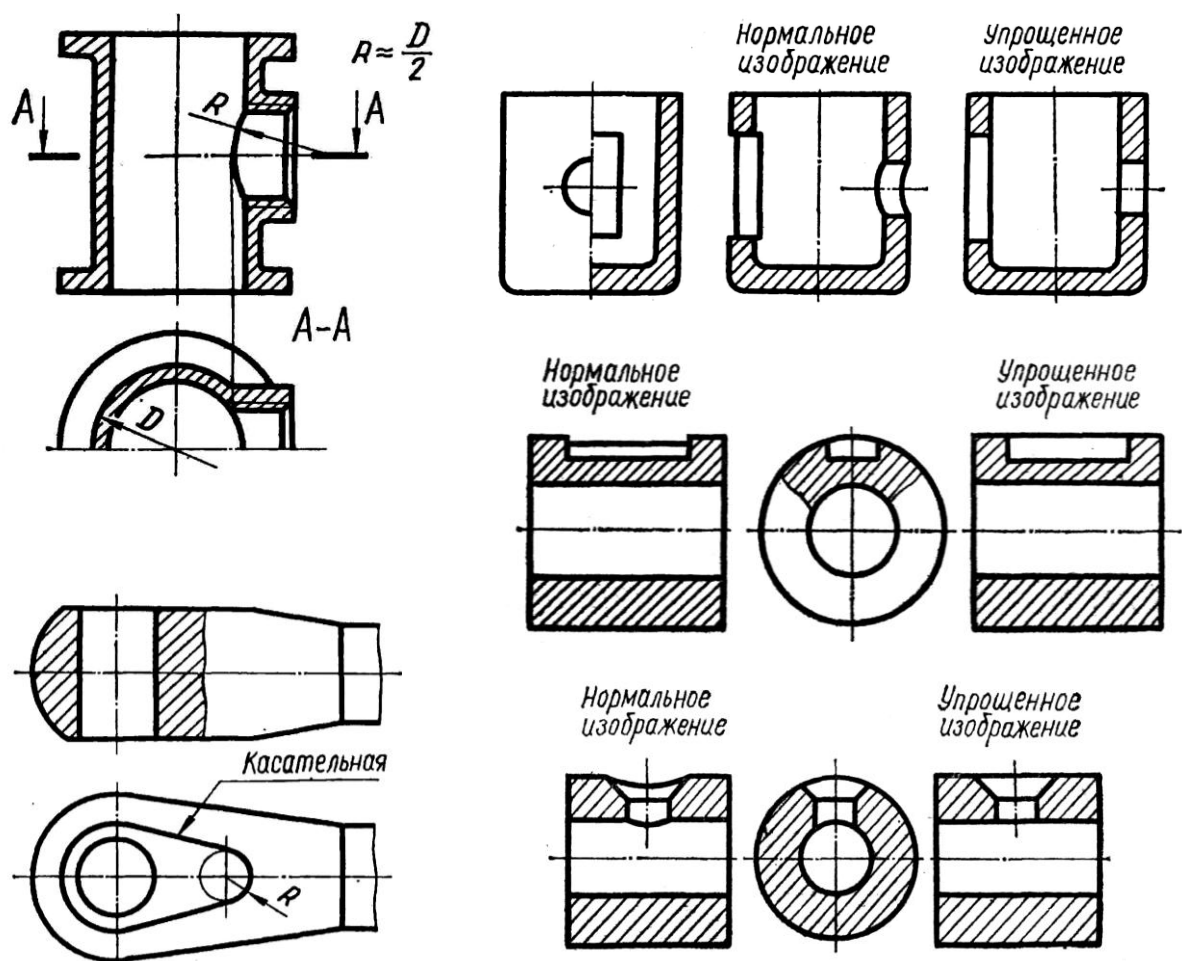


Рис. 61

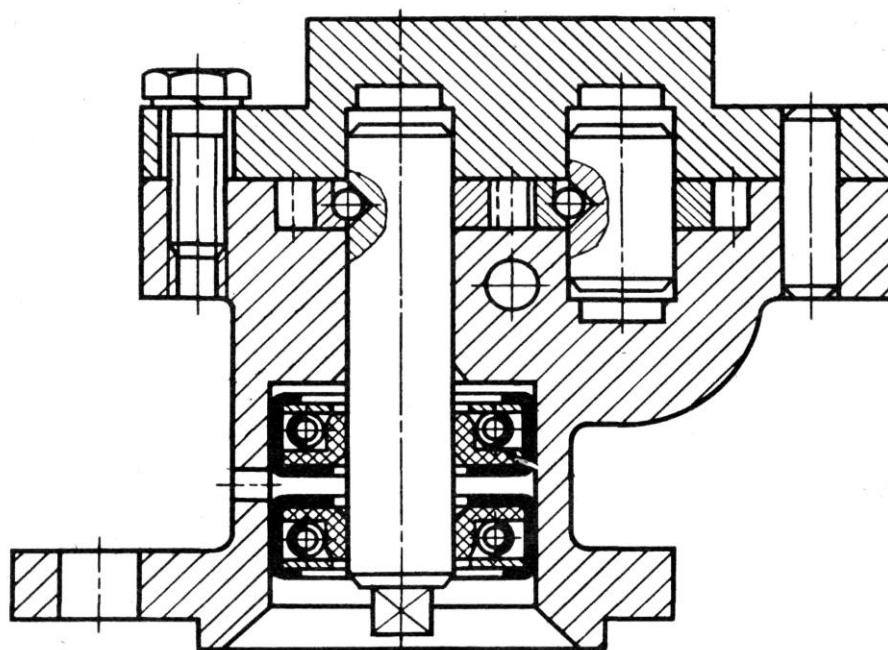


Рис. 62

Такие элементы деталей, как спицы маховиков, шкивов, зубчатых колес, тонкие стенки типа ребер жесткости и т. п., показываются рассеченными, но для большей наглядности не заштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль их оси или длинной стороны элемента (рис. 58, 63). Если в подобных элементах детали имеется отверстие или углубление, то применяют местный разрез (рис. 24, 64).

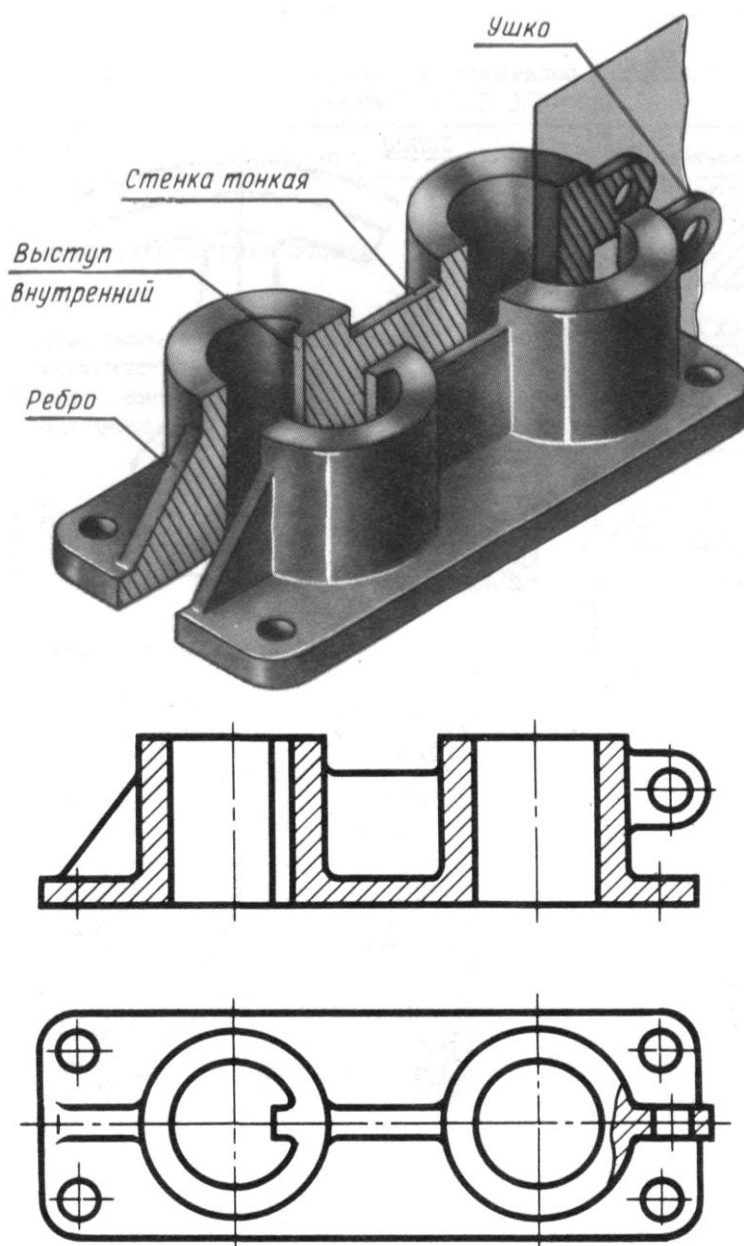


Рис. 63

При изображении деталей, имеющих постоянные или закономерно изменяющиеся поперечные сечения (стержни, валы, трубопроводы, цепи, фасонный прокат, шатуны, опоры и т.п.), для экономии места допускается изображать их с разрывами (рис. 65). Место обрыва ограничивается

сплошной волнистой линией, которая проводится от руки, или, для участков большой протяженности, сплошной линией с изломами.

Плоские участки поверхности детали рекомендуется выделять диагоналями, проводимыми сплошными тонкими линиями (рис. 66).

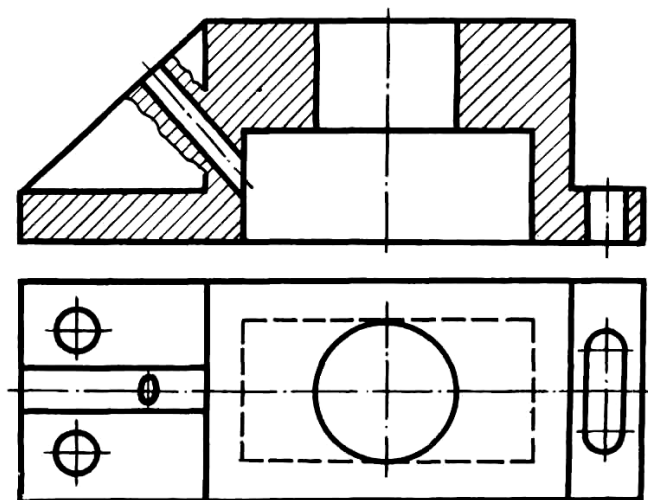


Рис. 64

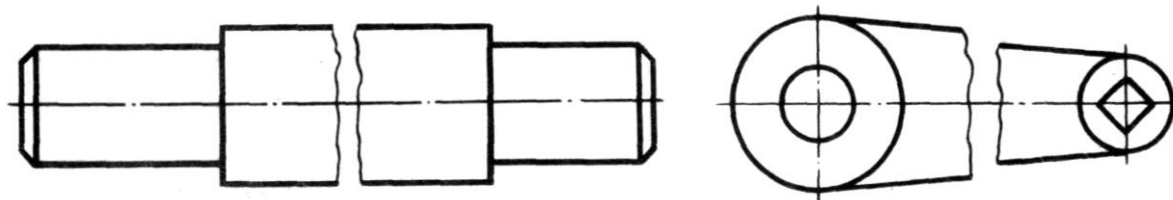


Рис. 65

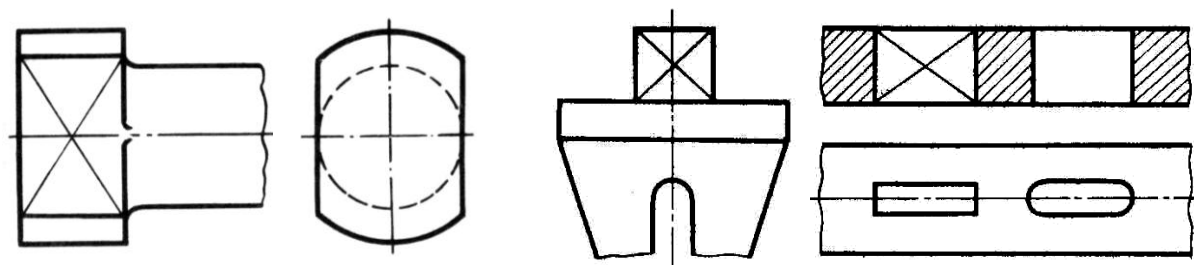


Рис. 66

На чертежах изделий с накаткой, сплошной сеткой, орнаментом, рифлением и т.д. эти элементы допускается изображать частично с возможным упрощением (рис. 67).

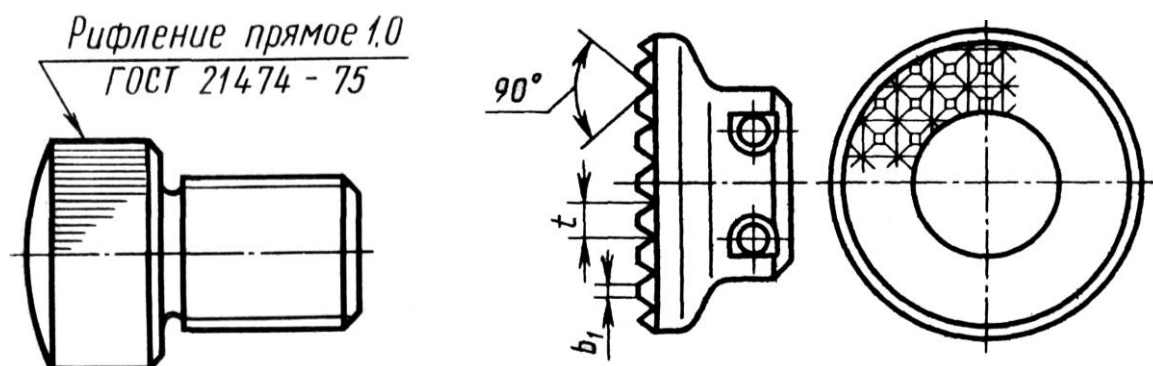


Рис. 67

Для показа конструкции отверстий в ступицах шкивов, зубчатых и червячных колес и т.п. деталей, а также шпоночных пазов на валах допускается вместо второго изображения детали давать лишь контур отверстия (рис. 68, а) или паза (рис. 68, б).

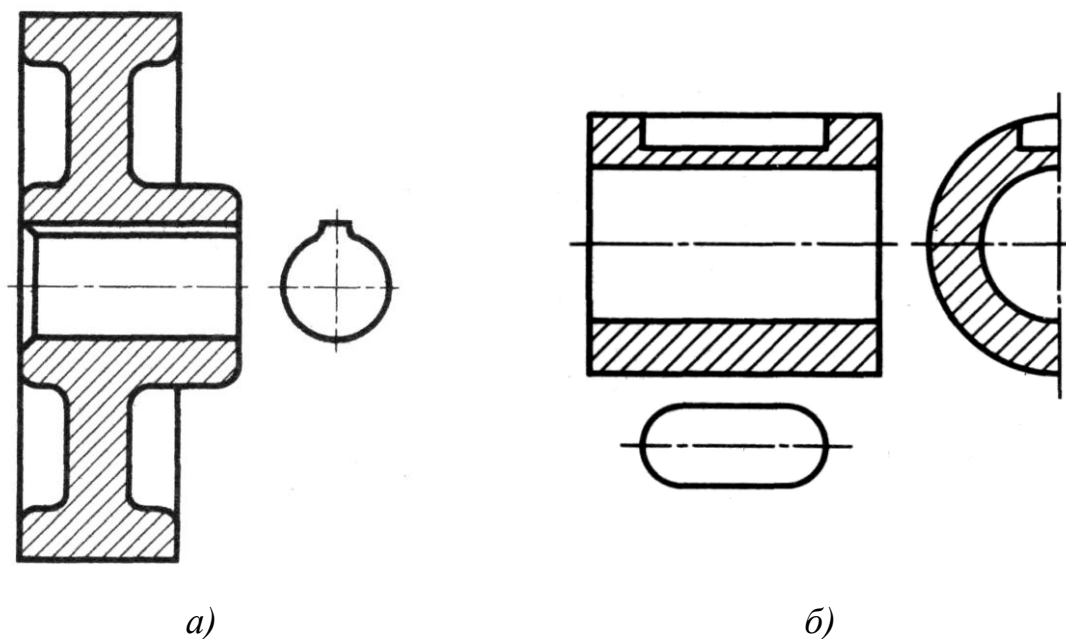


Рис. 68

Пластины, а также элементы деталей (отверстия, фаски, пазы, углубления и т.п.) размером на чертеже 2 мм и менее рекомендуется изображать с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения, в сторону увеличения. Незначительный уклон допускается показывать с увеличением. Незначительную конусность также допускается изображать с увеличением или проводить только одну линию, соответствующую меньшему диаметру конуса (рис. 69).

При выполнении разрезов допускается показывать элементы детали, расположенные перед секущей плоскостью (рис. 70). Такое изображение называется наложенной проекцией. Наложённая проекция выполняется штрихпунктирной утолщенной линией.

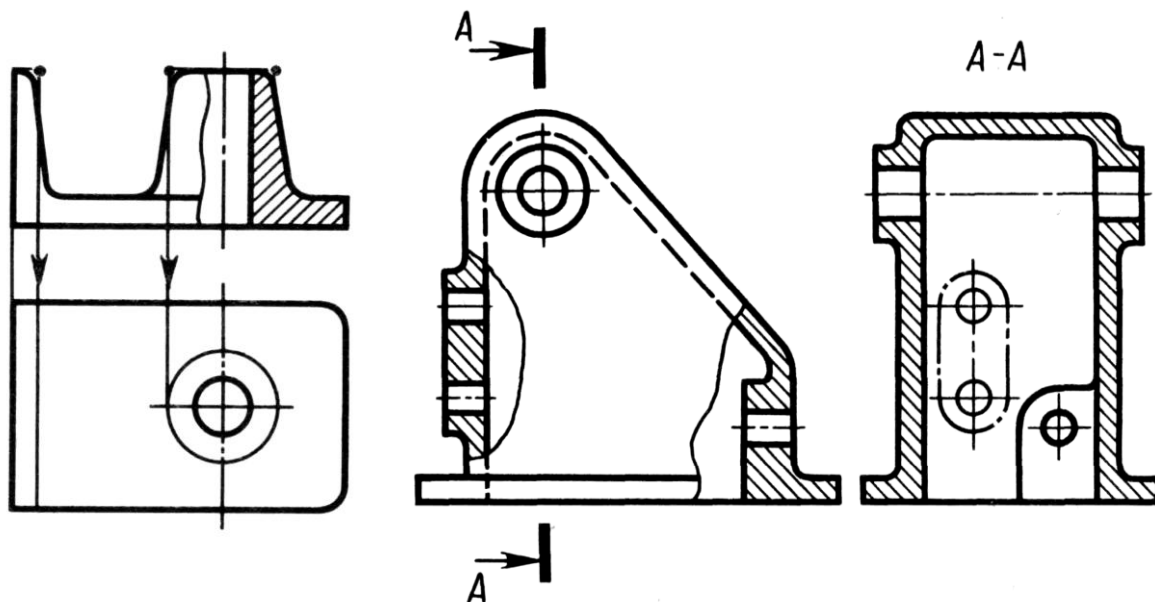


Рис. 69

Рис. 70

Допускается изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, не попадающие в секущую плоскость (рис. 71).

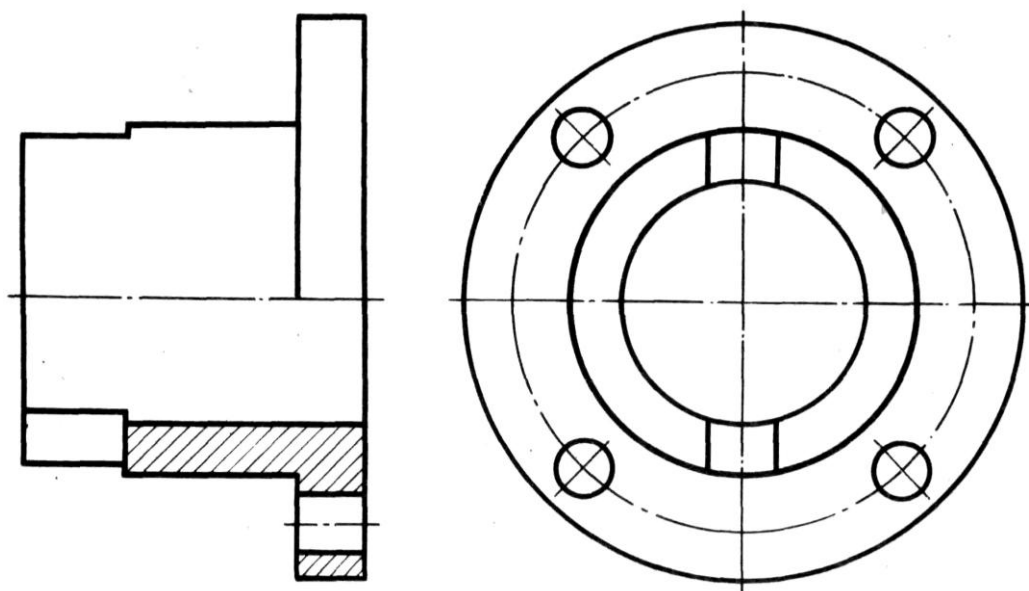


Рис. 71

Применение условностей и упрощений при построении изображений сокращает время, затрачиваемое на разработку графической документации, и ведет к сокращению сроков проектирования, повышению его качества. Однако следует иметь ввиду, что применение упрощений не должно приводить к снижению ясности чертежа.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. В чем состоит сущность метода прямоугольного проецирования?
2. Какое изображение на чертеже необходимо принимать в качестве главного?
3. Какое изображение называется видом?
4. Какие виды называются основными? В каких случаях и как обозначаются основные виды?
5. Какие виды называются дополнительными? В каких случаях и как обозначаются дополнительные виды?
6. Какие виды называются местными? В каких случаях и как обозначаются местные виды? Когда местные виды ограничиваются сплошной волнистой линией?
7. Какие виды называются развернутыми? Как обозначаются развернутые виды?
8. Какое изображение называется разрезом? Что изображается в разрезе? Где на чертеже может быть расположен разрез? Каким образом выполняется построение разреза?
9. Какие различают разрезы в зависимости от расположения секущей плоскости относительно плоскостей проекций?
10. Какие различают разрезы в зависимости от направления секущих плоскостей относительно деталей?
11. Какие различают разрезы в зависимости от числа секущих плоскостей? Какими бывают сложные разрезы? Какая условность соблюдается при выполнении ломаных разрезов? Какие разрезы называются комбинированными?
12. Какие разрезы называются развернутыми?
13. Какие различают разрезы в зависимости от полноты их выполнения? Какой линией ограничиваются местные разрезы? Допускается ли на изображении предмета совмещать половину вида и половину разреза?
14. Как в общем случае обозначаются разрезы?
15. Когда разрезы не обозначаются?
16. Какое изображение называется сечением? Что изображается в сечении? В каком случае стандарт запрещает применение сечений?
17. Какие различают сечения в зависимости от их расположения? Применение каких из этих сечений предпочтительно? Какими линиями ограничиваются вынесенные и наложенные сечения?
18. Какие различают сечения в зависимости от расположения секущей плоскости относительно оси детали?
19. Какие различают сечения в зависимости от количества секущих плоскостей? В каком случае допускается применение сложных сечений?
20. Как в общем случае обозначаются сечения?
21. Когда сечения не обозначаются?
22. В чем состоит особенность изображения контура отверстия или

углубления в сечении, если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление?

23. Какое изображение называется выносным элементом? В каких случаях применяются и где располагаются выносные элементы?

24. Как обозначаются выносные элементы?

25. В каких случаях на чертежах применяются графические обозначения материалов? Какие установлены правила нанесения на чертежах графических обозначений материалов?

26. Чем вызвано применение условностей и упрощений на чертежах, и какое основное требование при этом к ним предъявляется?

27. Какие упрощения допускаются при вычерчивании симметричных фигур?

28. Как упрощенно показывают на чертеже повторяющиеся элементы предмета?

29. Какие условности и упрощения допускаются при изображении проекций линий пересечения поверхностей?

30. В чем состоит особенность изображения продольных разрезов болтов, шпонок, заклепок, зубьев зубчатых колес, шлицев и других аналогичных деталей, а также таких тонкостенных элементов деталей, как ребра жесткости? Каким образом изображаются отверстия или углубления, имеющиеся на подобных деталях или их элементах? Как изображаются шарики, попавшие в секущую плоскость?

31. Каким образом допускается условно сокращать на чертежах изображение предметов большой длины?

32. Каким образом на чертежах условно выделяют плоские поверхности предмета?

33. Какие элементы деталей допускается изображать частично?

34. Какие используют упрощения в изображениях уклонов и конусности?

35. Какое изображение называется наложенной проекцией? Какой линией ограничивается наложенная проекция?

36. В чем состоит особенность изображения на чертежах тонких пластин и элементов деталей, обладающих малыми геометрическими размерами?

37. Какие используются упрощения для сокращения на чертежах числа изображений?

2. НАГЛЯДНЫЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

2.1. Сущность метода аксонометрического проецирования

Сущность метода параллельного аксонометрического проецирования состоит в том, что предмет относят к некоторой прямоугольной системе координат и затем проецируют его параллельными лучами на произвольно выбранную плоскость аксонометрических проекций вместе с этой системой. Плоскость аксонометрических проекций называют также картинной плоскостью.

На рис. 72 показана точка A , отнесенная к системе прямоугольных координат $Oxyz$. Проведем через нее проецирующий луч, параллельный вектору $\vec{s}$, до пересечения его с аксонометрической (картинной) плоскостью P . Точка пересечения проецирующего луча с картинной плоскостью A_P называется аксонометрической проекцией точки A . При проведении таких лучей через точки координатных осей, получаем их проекции $O_P x_P$, $O_P y_P$ и $O_P z_P$ на аксонометрическую плоскость. Вектор $\vec{s}$ определяет направление проецирования. Приведенное построение показывает, что при заданном направлении проецирования каждой точке пространства соответствует единственная аксонометрическая проекция.

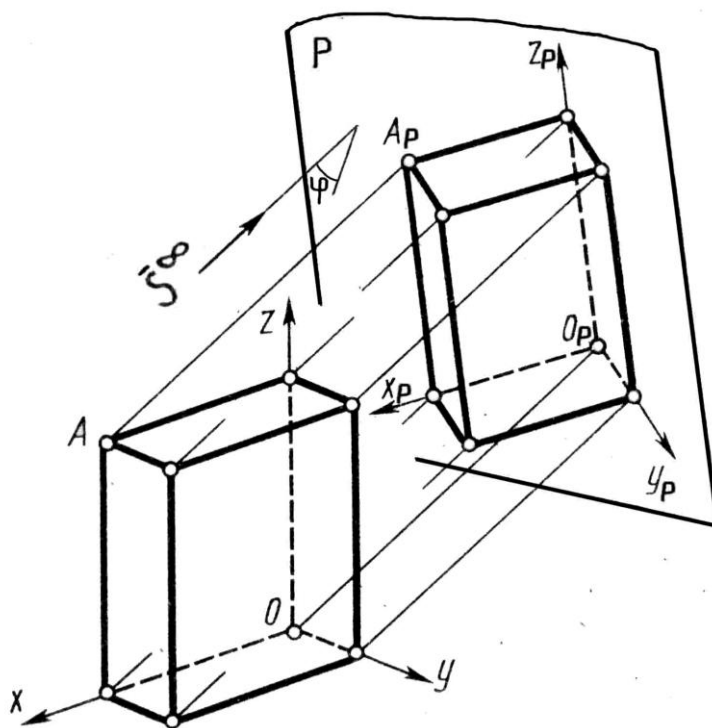


Рис. 72

Аксонометрические проекции различаются по углу φ , который составляет вектор направления проецирования $\vec{s}$ (или проецирующий луч) с аксонометрической плоскостью. Если направление проецирования перпендикулярно к картинной плоскости ($\varphi = 90^\circ$), то такую проекцию называют прямоугольной, в противном случае – косоугольной.

Известно, что положение любой точки в пространстве определяют три ее координаты – x , y и z . На рис. 73 показано построение аксонометрической проекции точки A , положение которой определяют координаты x_A , y_A и z_A . На аксонометрической проекции звенья координатной ломаной $OA_x A_1 A$ в общем случае не равны натуральным длинам соответствующих звеньев. В зависимости от направления проецирующих лучей и положения картинной плоскости, аксонометрическое изображение предмета искажается вдоль каждой из трех осей координат. Искажение отрезков осей координат при их проецировании на картинную плоскость характеризуется коэффициентами искажения.

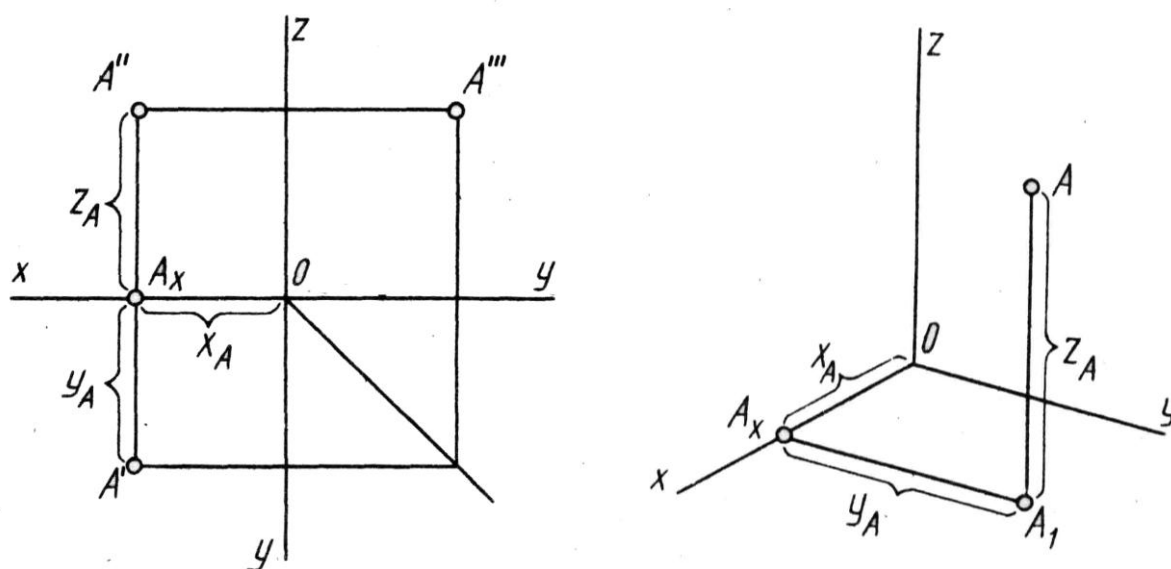


Рис. 73

Коэффициентом (или показателем) искажения называется отношение длины проекции отрезка оси на картинной плоскости к его истинной длине.

Коэффициенты искажения по направлениям каждой из координатных осей или по направлениям, им параллельным, определяются по формулам:

$$k = \frac{O_P X_P}{Ox}; \quad m = \frac{O_P Y_P}{Oy}; \quad n = \frac{O_P Z_P}{Oz}.$$

Можно показать, что между коэффициентами искажения и углом φ существует следующая зависимость:

$$k^2 + m^2 + n^2 = 2 + \operatorname{ctg}^2 \varphi.$$

Для прямоугольной аксонометрии, когда $\varphi = 90^\circ$, это соотношение принимает вид

$$k^2 + m^2 + n^2 = 2.$$

В зависимости от соотношения коэффициентов искажения, различают изометрические, диметрические и триметрические аксонометрические

проекции. Изометрической проекцией (или изометрией) называется такая аксонометрическая проекция, у которой все коэффициенты искажения равны между собой ($k = m = n$). Если равны между собой лишь два коэффициента искажения ($k = m \neq n$), то аксонометрическая проекция называется диметрической (или диметрией). Если же все три коэффициента искажения не равны между собой ($k \neq m \neq n \neq k$), то аксонометрия называется триметрической (или триметрией). Понятно, что изометрические, диметрические и триметрические проекции могут быть как прямоугольными, так и косоугольными.

Обратимость аксонометрической проекции, т.е. возможность определения натуральных размеров изображенного объекта, обеспечивается путем указания на нем показателей искажения (или наличием условий для их определения) и возможности построения аксонометрической координатной ломаной любой точки поверхности, принадлежащей изображенному объекту. Построение аксонометрии при помощи координатных ломаных производят достаточно редко. Ими пользуются в тех случаях, когда нельзя применить какой-либо частный прием, например, для построения линий перехода и других кривых линий. На практике аксонометрическую проекцию предмета строят, проводя отрезки прямых соответствующей длины (с учетом показателей искажения) параллельно аксонометрическим осям.

На аксонометрической проекции могут быть нанесены размеры, обеспечивающие его обратимость. В этом случае нет необходимости в указании показателей искажения по осям.

Разрезы на аксонометрических проекциях выполняют, как правило, путем сечения объекта плоскостями, параллельными координатным. При этом линия, ограничивающая разрез, вычерчивается как линия видимого контура.

Применяемые в отечественной конструкторской документации аксонометрические проекции стандартизованы по ГОСТ 2.317 – 69. К стандартным аксонометрическим проекциям относятся: прямоугольная изометрия, прямоугольная диметрия, косоугольные фронтальная и горизонтальная изометрии и косоугольная фронтальная диметрия.

2.2. Прямоугольная изометрия

В прямоугольной изометрии аксонометрические оси расположены под углами 120° друг к другу. При этом ось Oz располагают вертикально, а оси Ox и Oy под углами 30° к горизонтальному направлению (рис. 74, а).

Рассмотрим различные способы построения изометрических осей. Выполняя построение осей первым способом (рис. 74, б), на горизонтальной прямой, проходящей через центр аксонометрической системы координат, откладываем в обе стороны от точки O семь равных отрезков произвольной длины. Из крайних точек этих отрезков вниз по вертикали откладываем слева и справа по четыре таких же отрезка. Построенные точки соединяем с точкой O и получаем направления аксонометрических осей Ox и Oy .

Построение осей вторым способом (рис. 74, в) выполняется в следующей последовательности. Строим окружность произвольного радиуса R с центром в точке O . Затем из точки пересечения полученной окружности с вертикальной осью, проходящей через точку O , как из центра, проводим дуги окружностей такого же радиуса до пересечения с исходной окружностью. Построенные точки соединяем с точкой O и получаем направления аксонометрических осей Ox и Oy .

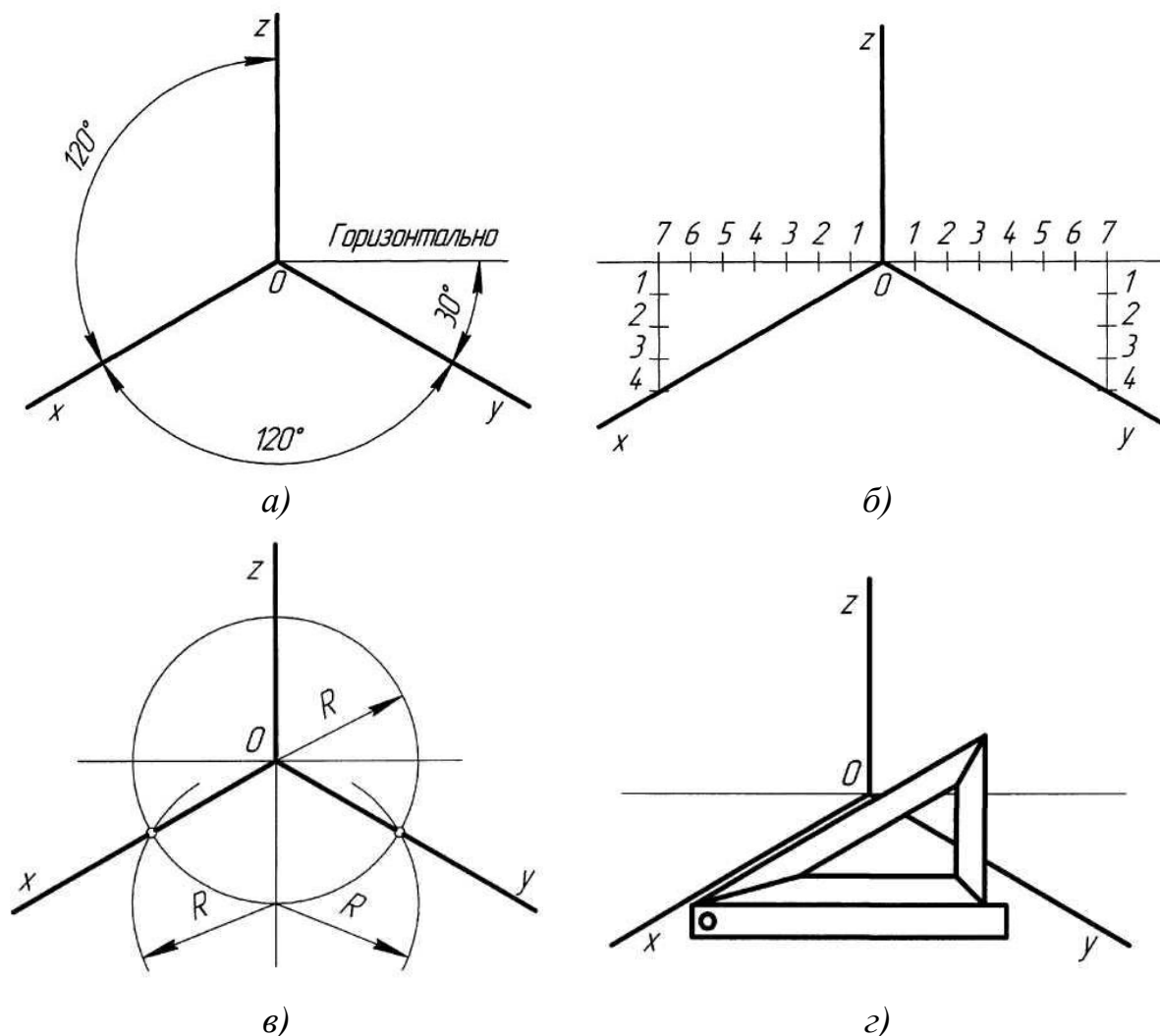


Рис. 74

Третий способ (рис. 74, г) предполагает использование угольника с углами 30° , 60° и 90° . Порядок построения понятен из рисунка.

Для построения изображения предмета в изометрии необходимо все его линейные размеры, параллельные осям, умножить на коэффициент искажения $0,82$, а затем уже откладывать их на аксонометрическом чертеже. Полученное изображение называют нормальным или точным (рис. 75, а). Стандарт предусматривает построение и упрощенной изометрической проекции без сокращения размеров по осям координат. При этом получа-

ется увеличенное в 1,22 раза по отношению к оригиналу изображение предмета без нарушения пропорций между отдельными элементами. Такое изометрическое изображение называется увеличенным (рис. 75, б), а коэффициенты искажения становятся приведенными. На практике, как правило, применяется изометрическая проекция, дающая увеличенное изображение.

Изометрическими проекциями окружностей, расположенных в плоскостях проекций или плоскостях, параллельных им, являются эллипсы (рис. 76). Соотношения больших и малых осей эллипсов во всех плоскостях проекций одинаковы и равны: большие оси – $1,22d$, малые – $0,71d$, где d – диаметр изображаемой окружности.

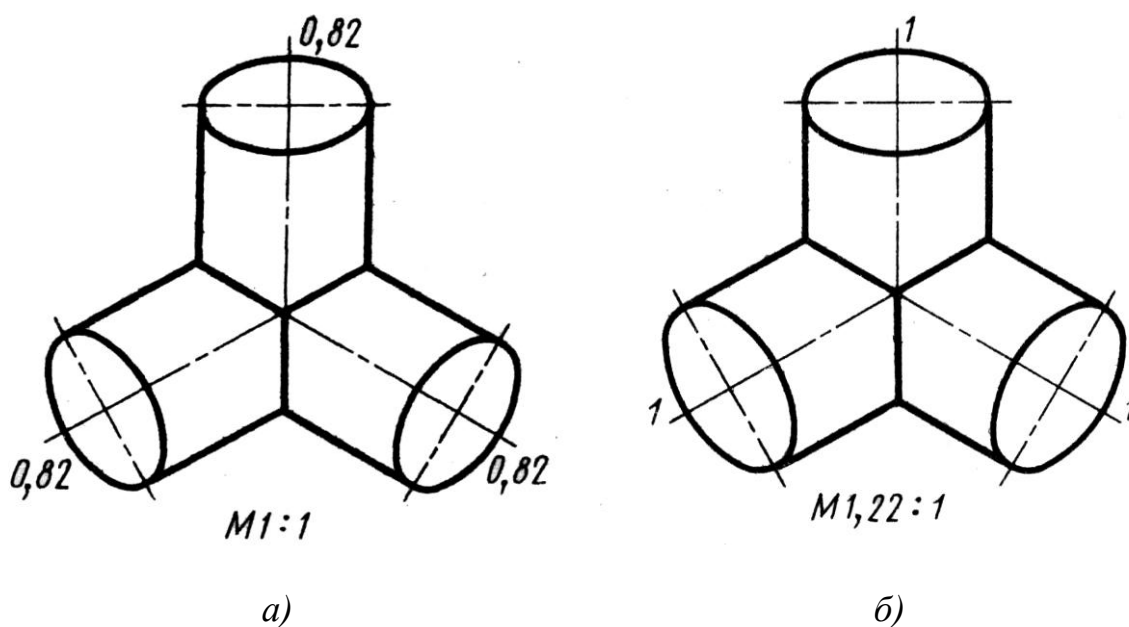


Рис. 75

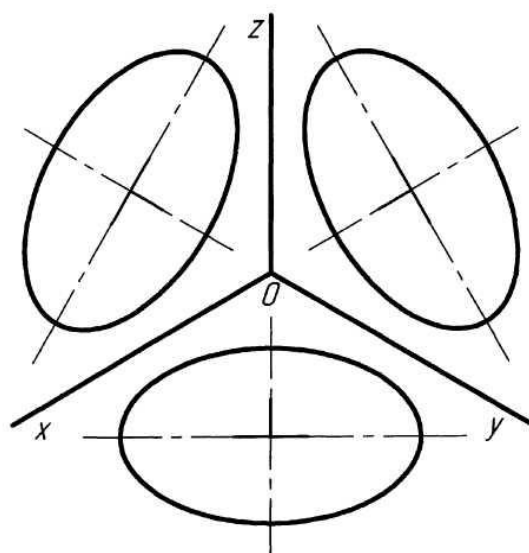


Рис. 76

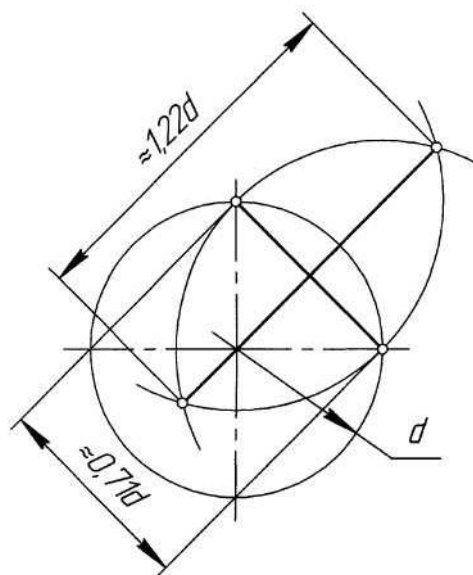


Рис. 77

Расположение осей эллипсов зависит от положения проецируемой окружности. В общем случае для всех видов прямоугольных аксонометрических проекций справедливо правило: большая ось эллипса всегда перпендикулярна к отсутствующей в плоскости данной окружности оси, а малая ось эллипса – направлена вдоль этой оси. Например, большая ось эллипса, в который проецируется окружность, лежащая во фронтальной плоскости проекций, расположена перпендикулярно оси Oy , а малая – направлена по этой оси, поскольку именно ось Oy отсутствует во фронтальной плоскости проекций (рис. 76).

Величина осей эллипса может быть вычислена по указанным соотношениям или определена графически. Графическое определение величин большой и малой осей эллипса в изометрии, в зависимости от диаметра d проецируемой окружности, показано на рис. 77. Как правило, на практике для упрощения построений эллипсы в изометрии заменяют четырехцентровыми овалами. Рассмотрим два способа построения таких овалов.

Для построения овала первым способом (рис. 78) проводим изометрические оси Ox и Oy и откладываем на них в обе стороны от точки O отрезки, равные радиусу заданной окружности (рис. 78, б). Через полученные точки 1, 2, 3, 4 проводим прямые, параллельные аксонометрическим осям, и получаем ромб $ABCD$, который представляет собой изометрию квадрата, описанного вокруг окружности (рис. 78, а). Вершины A и C полученного ромба, лежащие на короткой диагонали, являются центрами больших дуг овала. Соединяем лучами точку A с точками 2 и 3 и на пересечении этих лучей с большой диагональю BD ромба получаем центры малых дуг овала – O_1 и O_2 . Из точек A и C проводим дуги радиусом $R_1 = A2$, а из центров O_1 и O_2 – дуги радиусом $R_2 = O_13$ (рис. 78, в). Аналогично строятся изометрические проекции окружностей, лежащих во фронтальной (рис. 78, з) и профильной (рис. 78, д) плоскостях проекций.

Для построения овала вторым способом (рис. 79) определяем размеры большой и малой осей эллипса по указанным выше формулам. Затем через точку O проводим две взаимно перпендикулярные прямые (рис. 79, а). Из точки O , как из центра, проводим окружности, диаметры которых соответственно равны большой и малой осям эллипса. На вертикальной оси отмечаем точки O_1 и O_2 пересечения ее с большой окружностью, а на горизонтальной оси – точки O_3 и O_4 пересечения ее с малой окружностью. Эти точки являются центрами сопряжения дуг овала. Далее проводим прямые O_1O_3 , O_1O_4 , O_2O_3 , O_2O_4 , на которых расположены точки сопряжения дуг овала. Затем из центров O_1 и O_2 описываем две дуги радиуса $R_1 = O_2C$, а из центров O_3 и O_4 – две другие дуги радиуса $R_2 = O_4B$ (рис. 79, б).

На рис. 80 показан пример построения наглядного изображения детали в прямоугольной изометрической проекции.

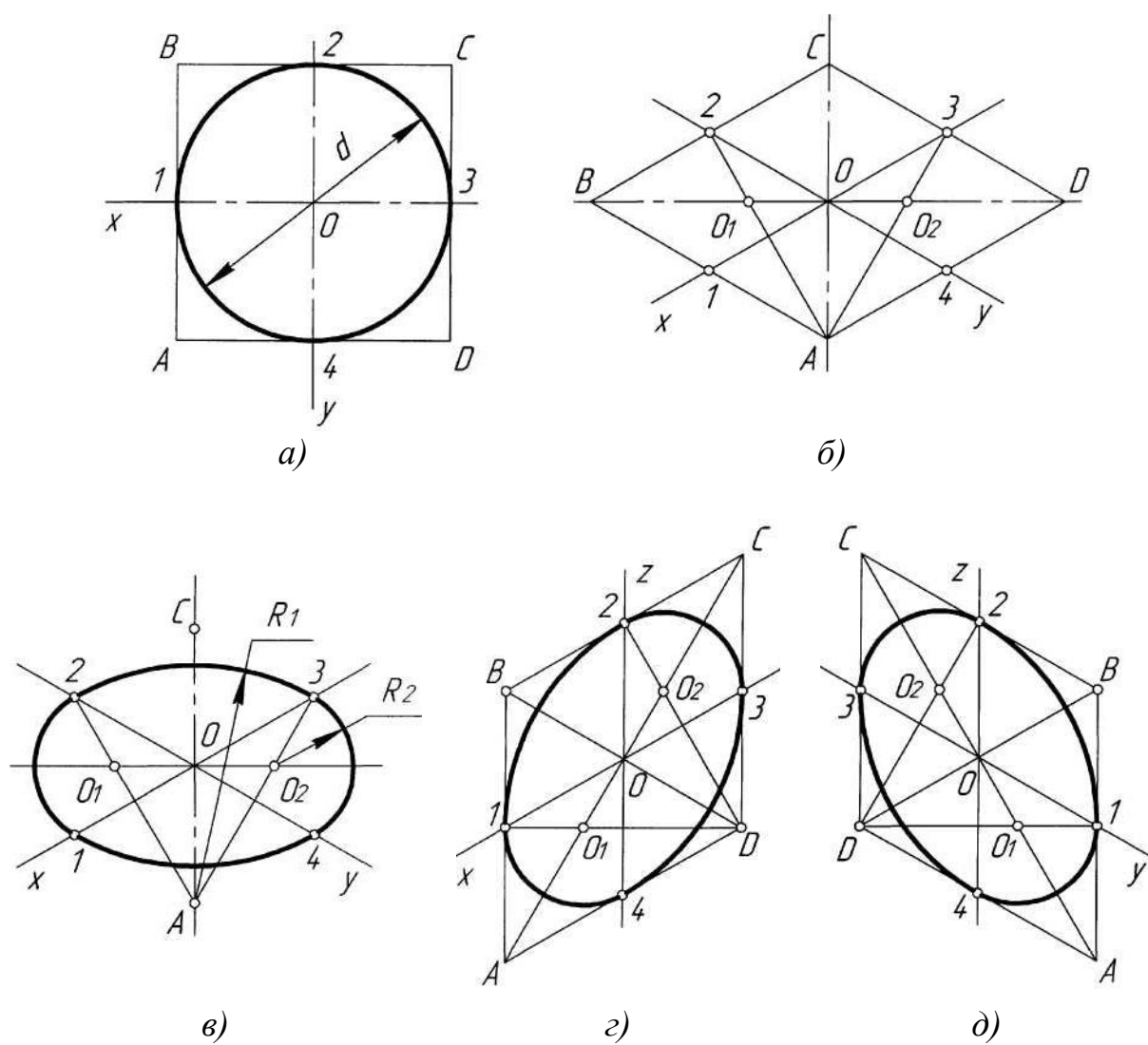


Рис. 78

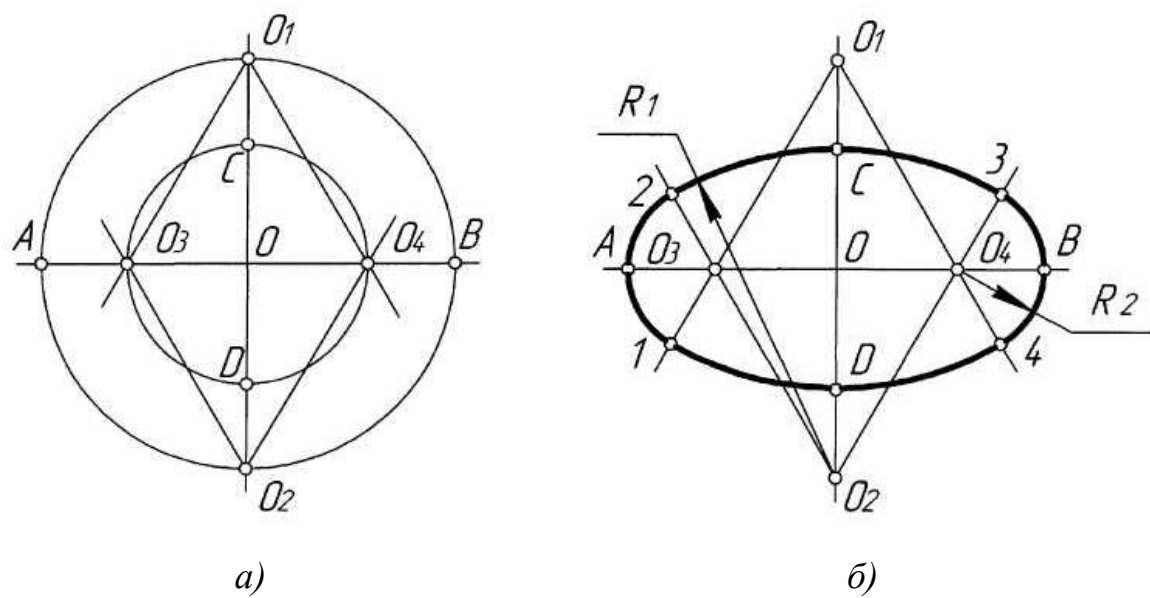


Рис. 79

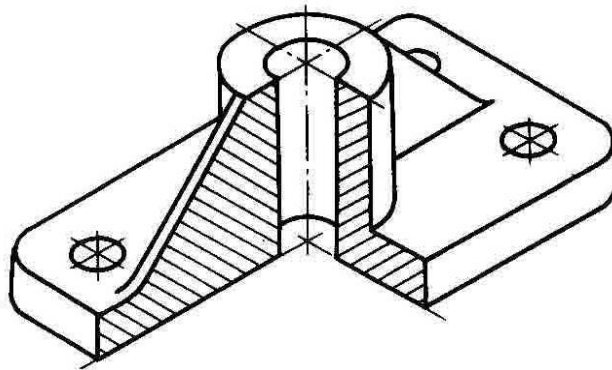


Рис. 80

2.3. Прямоугольная диметрия

Стандарт регламентирует применение прямоугольной диметрической проекции, у которой ось Oz расположена вертикально, ось Ox наклонена под углом $7^{\circ}10'$, а ось Oy – под углом $41^{\circ}25'$ к линии горизонта (рис. 81). При построении прямоугольной диметрии сокращение длин по оси Oy принимают вдвое больше, чем по двум другим, т.е. полагают, что $k = n = 0,94$, $m = 0,5k = 0,47$. На практике от таких дробных коэффициентов искажения, как правило, отказываются, применяя увеличенную в 1,06 раза диметрию. При этом применяют приведенные коэффициенты искажения, которые по осям Ox и Oz равны единице, а по оси Oy вдвое меньше.

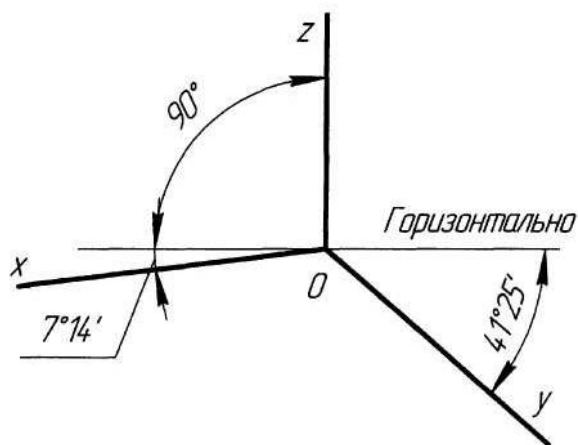


Рис. 81

Построение аксонометрических осей диметрии можно проводить двумя способами (рис. 82). Выполняя построение осей первым способом (рис. 82, а), на горизонтальной прямой, проходящей через точку O , откладываем в обе стороны от точки O восемь равных отрезков произвольной длины. Из крайних точек этих отрезков вниз по вертикали откладываем слева один такой же отрезок, а справа – семь. Построенные точки соединяем с точкой O и получаем направления аксонометрических осей Ox и Oy .

Построение осей вторым способом (рис. 82, б) выполняется в сле-

дующей последовательности. На вертикальной прямой вниз от точки O откладываем отрезок OD произвольной длины, а вверх – отрезок $OA = 2OD$. Затем из точки O , как из центра, проводим дугу окружности радиусом $R_1 = OA$ до пересечения в точке B с дугой, проведенной из центра A радиусом $R_2 = AD$. Прямая OB указывает направление аксонометрической оси Ox . Далее проводим дугу радиусом $R_3 = BA$ с центром в точке B до пересечения с дугой радиуса R_2 в точке C . Прямая OC дает направление оси Oy .

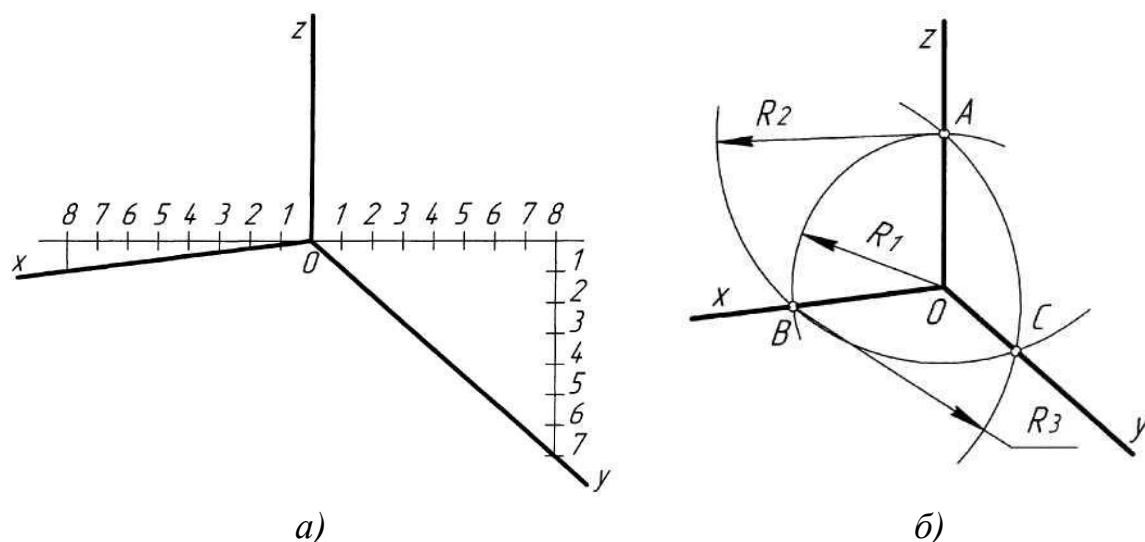


Рис. 82

Диметрическими проекциями окружностей, расположенных в плоскостях проекций или плоскостях, параллельных им, так же как и в изометрии являются эллипсы, большие и малые оси которых расположены согласно правилу, сформулированному в п. 2.2 (рис. 83, *а*). Длина большой оси для всех эллипсов одинакова и равна $1,06d$ (где d – диаметр изображаемой окружности), а длина малой оси различна: для фронтальной плоскостей проекций и плоскостей, параллельных ей, она составляет $0,95d$, для горизонтальной и профильной плоскостей проекций и плоскостей, параллельных им, – $0,35d$.

При построении прямоугольной диметрической проекции эллипсы заменяют четырехцентровыми овалами. Построение четырехцентровых овалов для горизонтальной и профильной плоскостей проекций и плоскостей, параллельных им, производится в следующей последовательности (рис. 83, *б*). Через центр системы координат O проводят две взаимно перпендикулярные прямые и откладывают на горизонтальной оси от точки O влево и вправо половину большой оси эллипса ($AO = OB = 1,06d/2$), а на вертикальной оси – вверх и вниз половину малой оси ($CO = OD = 0,35d/2$). Затем на вертикальной прямой от точки O вверх и вниз откладывают отрезки OO_1 и OO_2 , равные по величине большой оси эллипса ($OO_1 = OO_2 = AB = 1,06d$). Полученные точки O_1 и O_2 являются центрами больших дуг овала. Для определения центров малых дуг O_3 и O_4 , на горизонтальной прямой от точек A и B откладывают отрезки O_3A и O_4B , равные $1/4$ величины малой оси. Из точки O_2 , как из центра, радиусом R_1 , рав-

ным отрезку O_2C , проводят дугу овала до пересечения в точках 1 и 2 с линиями центров O_2O_3 и O_2O_4 . Точки 1 и 2 являются точками сопряжения дуг овала. Аналогично строится дуга из центра O_1 . Из центров O_3 и O_4 проводят замыкающие дуги овала радиусом $R_2 = O_3A = O_4B$.

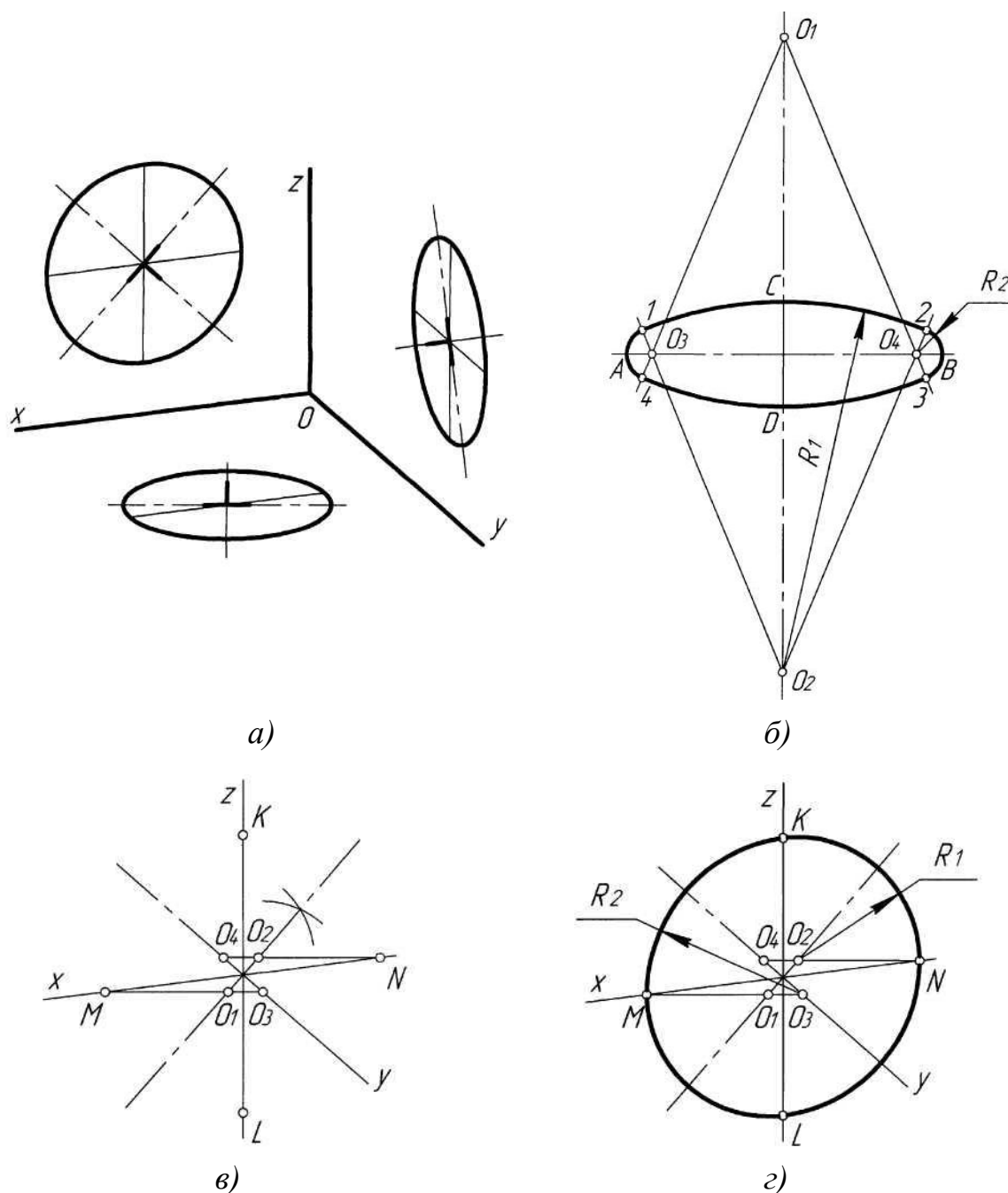


Рис. 83

Построение овала, заменяющего эллипс во фронтальной плоскости проекций, показано на рис. 83, в. Проводят оси диметрии Ox , Oy , Oz и из точки O восставляют перпендикуляр к оси Oy (малая ось эллипса совпадает с направлением оси Oy , а большая – перпендикулярна к ней). На осях Ox и Oz откладывают величину радиуса заданной окружности, т. е. $OM = ON = OK = OL = d/2$, и получают точки M , N , K , L , которые являются точками со-

пряжения дуг овала. Из точек M и N проводят горизонтальные прямые, которые в пересечении с осью Oy и перпендикуляром к ней дают точки O_1, O_2, O_3, O_4 – центры дуг овала. Из центров O_3 и O_4 описывают дуги радиусом $R_2 = O_3M$, а из центров O_1 и O_2 – дуги радиусом $R_1 = ON$ (рис. 83, з).

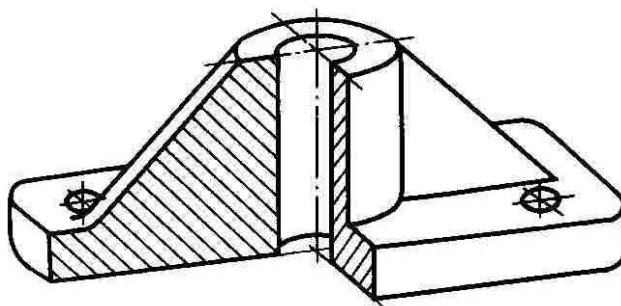


Рис. 84

На рис. 84 показан пример построения наглядного изображения детали в прямоугольной диметрической проекции.

2.4. Косоугольные изометрии

Стандарт предусматривает применение двух видов косоугольной изометрической проекции: фронтальной и горизонтальной.

Направление аксонометрических осей фронтальной косоугольной изометрической проекции показано на рис. 85, а. Угол наклона оси Oy к горизонтальной линии должен составлять 45° . Допускается применять фронтальную изометрию с углами наклона оси Oy в 30° или 60° . Все три показателя искажения по осям Ox, Oy и Oz равны единице.

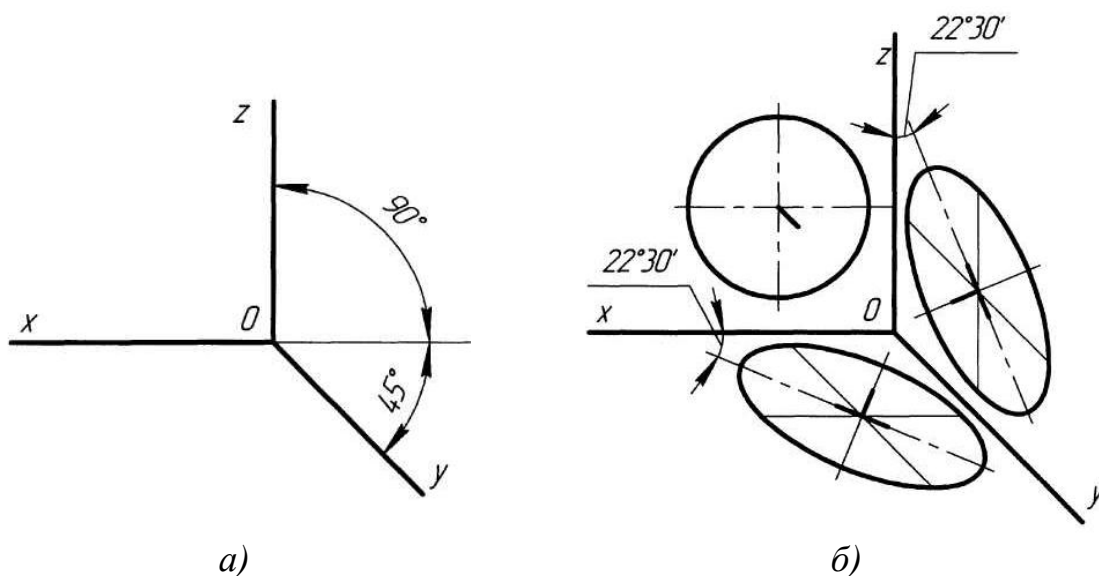


Рис. 85

Окружности, находящиеся в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, изображаются в косоугольной фронтальной изометрии в натуральную величину, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям, проецируются в эллипсы (рис. 85, б). Большая ось эллипса в горизонтальной плоскости составляет угол $22^\circ 30'$ с осью Ox , а в профильной плоскости – такой же угол с осью Oz . Большие оси этих эллипсов равны $1,3d$, а малые – $0,54d$, где d – диаметр изображаемой окружности. Эллипсы заменяются овалами, которые вычерчиваются по двум известным осям следующим образом (рис. 86). На прямой, соединяющей точки A и C , откладывают от точки C отрезок CM , равный разности полуосей овала, т. е. $CM = OK - OC$. Из середины отрезка AM восстанавливают перпендикуляр и продолжают его до пересечения с осями овала в точках O_1 и O_4 . Затем определяют симметричные им точки O_2 и O_3 и проводят линии центров O_1O_3 ; O_1O_4 ; O_2O_3 ; O_2O_4 . Из центра O_4 проводят дугу радиусом $R = O_4C$ до пересечения с линиями центров O_4O_1 и O_4O_2 в точках 1 и 2. Аналогично находят точки сопряжения 3 и 4. Замыкающие дуги овала проводят из центров O_1 и O_2 радиусом $R_1 = O_1A$ или $R_1 = O_2B$.

На рис. 87 показан пример построения наглядного изображения детали во фронтальной косоугольной изометрической проекции.

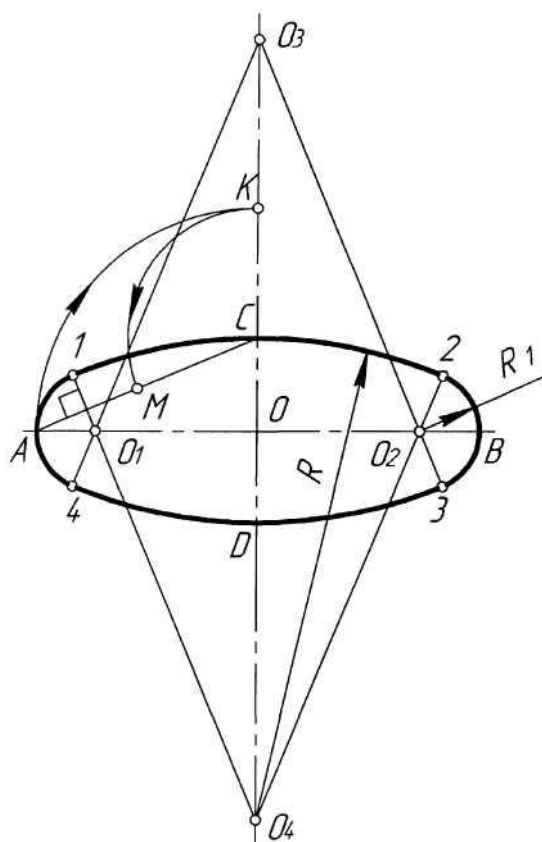


Рис. 86

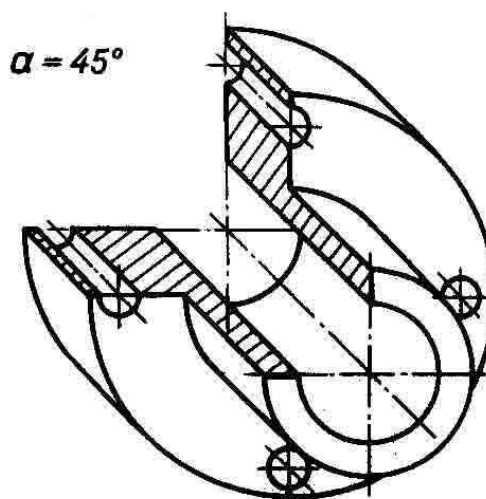


Рис. 87

Направление аксонометрических осей горизонтальной косоугольной изометрической проекции показано на рис. 88, а. Угол наклона оси Oy к

горизонтальной линии должен составлять 30° . Допускается применять горизонтальную аксонометрию с углами наклона оси Oy к горизонтальному направлению в 45° и 60° , сохраняя угол 90° между осями Ox и Oy . Коэффициенты искажения по всем трем осям одинаковы и равны единице.

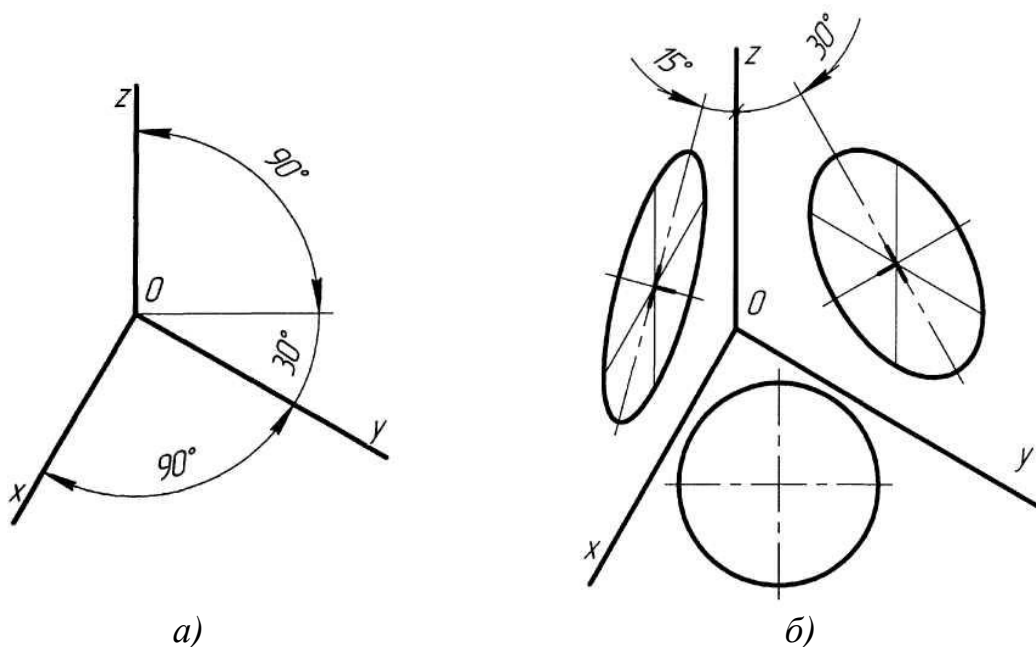


Рис. 88

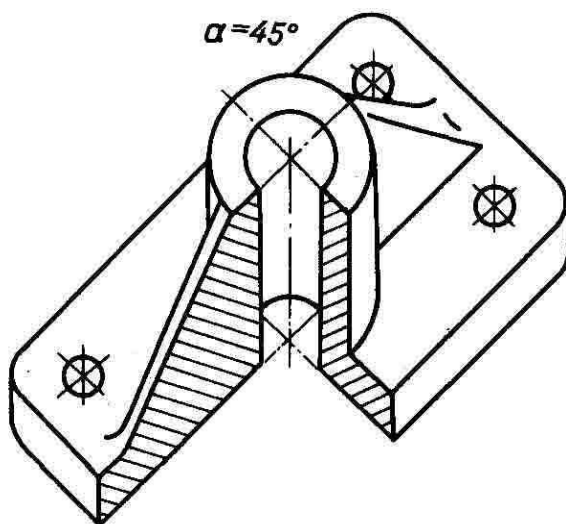


Рис. 89

Окружности, находящиеся в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, изображаются в аксонометрии без искажения, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной и профильной плоскости, проецируются эллипсами (рис. 88, б). Большая ось эллипса, который является проекцией окружности, расположенной во фронтальной плоскости, наклонена к оси Oz под углом 15° , величина большой

оси этого эллипса равна $1,37d$, а малой – $0,37d$. Эллипс строится как овал по двум заданным осям (см. рис. 86). Большая ось эллипса, который является проекцией окружности, расположенной в профильной плоскости, наклонена к оси Oz под углом 30° , величина большой оси равна $1,22d$, а малой – $0,71d$. Сопряженные диаметры эллипсов, то есть диаметры, параллельные аксонометрическим осям, во всех случаях равны d . Построение эллипса выполняют по правилам построения проекций окружностей в прямоугольной изометрии.

На рис. 89 показан пример построения наглядного изображения детали в горизонтальной косоугольной изометрической проекции.

2.5. Косоугольная фронтальная диметрия

В косоугольной фронтальной диметрии ось Oz расположена вертикально, ось Ox – горизонтально, а ось Oy наклонена к горизонтальной оси под углом 45° (рис. 90, а). Допускается применение косоугольной фронтальной диметрии с углами наклона оси Oy , равными 30° или 60° . Коэффициенты искажения по осям Ox и Oz равны $k = n = 1$, а по оси Oy коэффициент $m = 0,5$. Следовательно, все плоские фигуры, размещенные параллельно фронтальной плоскости проекций, изображаются во фронтальной диметрии без искажения размеров и углов.

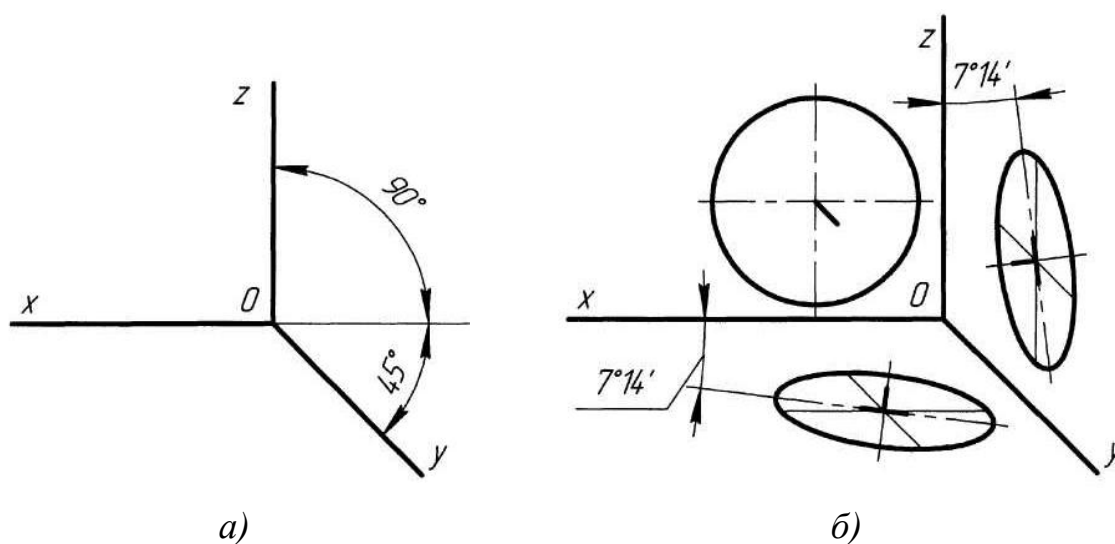


Рис. 90

В косоугольной диметрии окружность, лежащая во фронтальной плоскости, изображается без искажения (рис. 90, б). Это обстоятельство представляет существенное преимущество при вычерчивании фронтальной диметрии деталей цилиндрической формы или с большим числом цилиндрических отверстий.

Окружности, принадлежащие горизонтальной и профильной плоскостям, изображаются в виде эллипсов такой же формы и размеров, как и в прямоугольной диметрии, то есть большая ось этих эллипсов равна $1,06d$, а малая – $0,35d$. В отличие от прямоугольной диметрии, большая ось эллипса в горизонтальной плоскости наклонена к оси Ox под углом $7^{\circ}14'$, а в профильной плоскости – под тем же углом к оси Oz (рис. 90, б). Упрощенное построение эллипсов в виде овалов выполняют по тем же правилам, что и в прямоугольной диметрии.

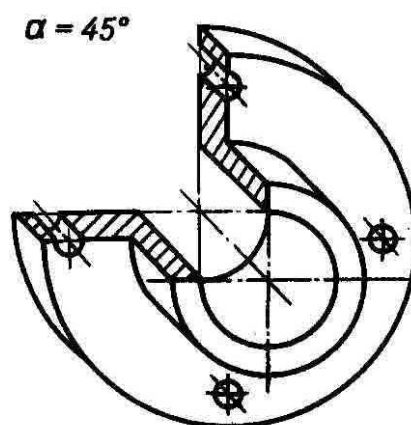


Рис. 91

На рис. 91 показан пример построения наглядного изображения детали во фронтальной косоугольной диметрической проекции.

2.6. Условности и нанесение размеров в аксонометрии

При нанесении размеров на чертежах, выполненных в аксонометрических проекциях, выносные линии проводятся параллельно аксонометрическим осям, а размерные линии – параллельно измеряемому отрезку (рис. 92).

В отличие от проекционных чертежей, в аксонометрии при рассечении поверхности предмета заштриховывают ребра жесткости, спицы маховиков, колес и другие подобные элементы (рис. 93), попавшие в секущую плоскость. Места плавных переходов изображают тонкими линиями.

Линии штриховки рассеченных поверхностей в аксонометрических проекциях выполняют параллельно одной из диагоналей квадратов, стороны которых расположены в соответствующих координатных плоскостях параллельно аксонометрическим осям. Направление штриховки рекомендуется выбирать в соответствии со схемами, показанными на рис. 94.

Резьбу в аксонометрических проекциях изображают условно по ГОСТ 2.311 – 68. В случае необходимости, допускается частично изображать профиль резьбы (рис. 93).

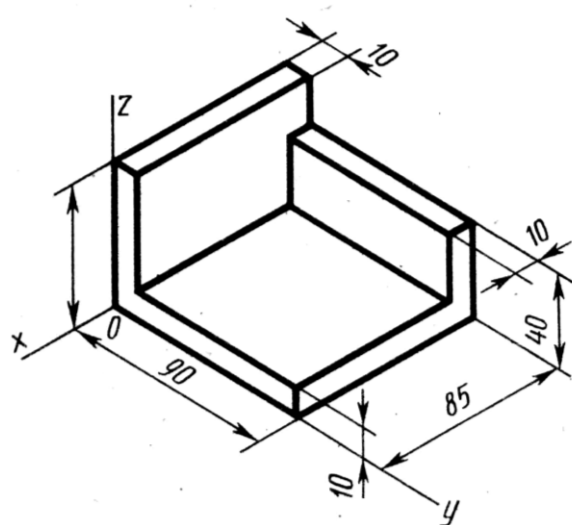


Рис. 92

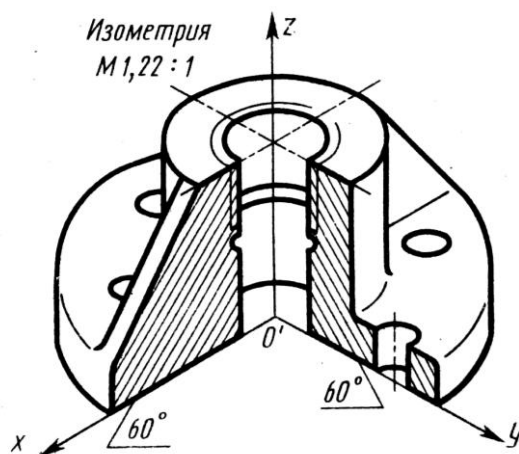
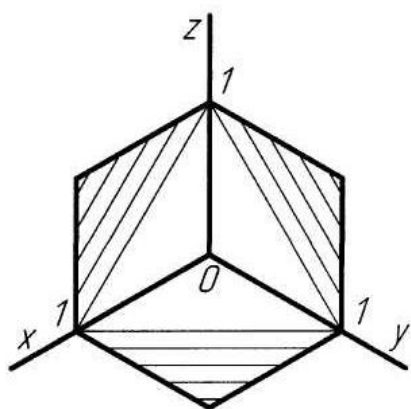
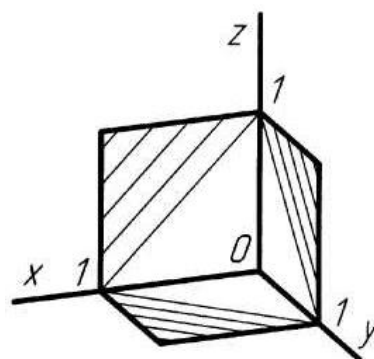


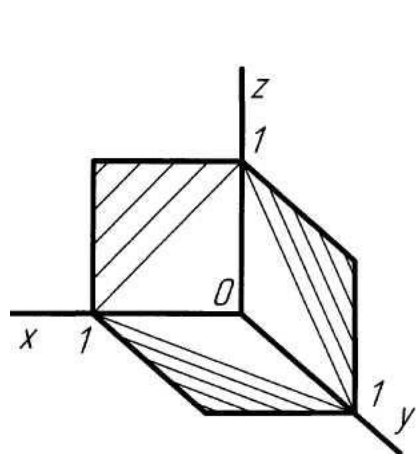
Рис. 93



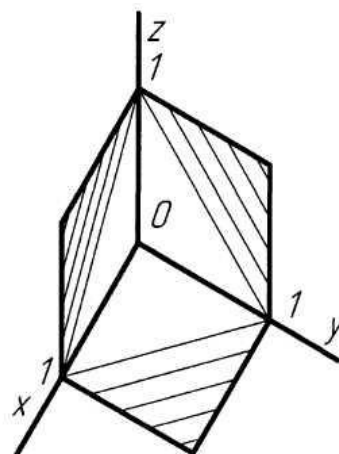
Прямоугольная изометрия



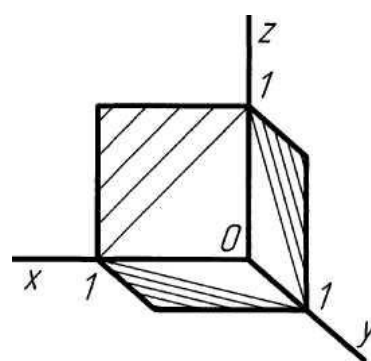
Прямоугольная диметрия



Косоугольная фронтальная изометрия



Косоугольная горизонтальная изометрия



Косоугольная фронтальная диметрия

Рис. 94

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Чем отличаются аксонометрические проекции от ортогональных? В чем состоит сущность метода аксонометрического проецирования?
2. Какие существуют аксонометрические проекции в зависимости от угла, который составляют проецирующие лучи с плоскостью аксонометрических проекций?
3. Что называется показателем искажения? Как определяются показатели искажения по направлениям каждой из координатных осей? Какая зависимость существует между показателями искажения и углом, который составляют проецирующие лучи с плоскостью аксонометрических проекций?
4. Какие существуют аксонометрические проекции в зависимости от соотношения показателей искажения?
5. В чем отличие нормальной аксонометрии от увеличенной? Что называется приведенными показателями искажения?
6. Каким образом обеспечивается обратимость аксонометрической проекции?
7. Какие аксонометрические проекции относятся к стандартным?
8. Как располагаются координатные оси в прямоугольной изометрии, и какими способами можно выполнить построение этих осей? Чему равны нормальные и приведенные показатели искажения в прямоугольной изометрии?
9. Как проецируются окружности в прямоугольной изометрии, и какими способами можно выполнить их построение?
10. Как располагаются координатные оси в прямоугольной диметрии, и какими способами можно выполнить построение этих осей? Чему равны нормальные и приведенные показатели искажения в прямоугольной диметрии?
11. Как проецируются окружности в прямоугольной диметрии, и какими способами можно выполнить их построение?
12. Как располагаются координатные оси в косоугольной фронтальной изометрии? Чему равны показатели искажения в косоугольной фронтальной изометрии?
13. Как проецируются окружности в косоугольной фронтальной изометрии, и каким образом можно выполнить их построение?
14. Как располагаются координатные оси в косоугольной горизонтальной изометрии? Чему равны показатели искажения в косоугольной горизонтальной изометрии?
15. Как проецируются окружности в косоугольной горизонтальной изометрии, и каким образом можно выполнить их построение?
16. Как располагаются координатные оси в косоугольной фронталь-

ной диметрии? Чему равны показатели искажения в косоугольной фронтальной диметрии?

17. Как проецируются окружности в косоугольной фронтальной диметрии, и каким образом можно выполнить их построение?

18. Какие установлены правила нанесения размеров на аксонометрических проекциях предмета?

19. В чем состоит особенность выполнения штриховки рассеченных поверхностей в аксонометрических проекциях?

20. Как изображается резьба в аксонометрических проекциях.

3. ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ И МЕТОДИКА ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ

Задание 1. Построение видов по наглядному изображению

Построить три вида детали по ее наглядному изображению, нанести размеры.

Методические указания к выполнению задания

Работа выполняется на листе формата А3, оформляется рамкой, основной надписью формы 1 (по ГОСТ 2.104 – 68*).

Перед выполнением графического задания необходимо изучить теоретический материал, содержащийся в пп. 1.1, 1.2 и 1.7 настоящего пособия, ознакомиться с конструкцией изделия по ее наглядному изображению и определить основные геометрические тела, из которых она состоит. Затем выполнить построение видов в тонких линиях, в необходимых случаях построить линии перехода от одной поверхности к другой (линии их пересечения). Изучить правила простановки размеров (по ГОСТ 2.307 – 68*) и нанести их на чертеже. В заключение выполняется обводка всех изображений чертежа.

Пример выполнения задания показан на рис. 95.

Задание 2. Построение видов и простых разрезов по наглядному изображению

Построить три вида детали по ее наглядному изображению и выполнить необходимые простые разрезы, совместив их с видами, нанести обозначения и размеры.

Методические указания к выполнению задания

Работа выполняется на листе формата А3, оформляется рамкой, основной надписью формы 1 (по ГОСТ 2.104 – 68*).

Перед выполнением графического задания необходимо изучить теоретический материал, содержащийся в пп. 1.1 – 1.3, 1.6 и 1.7 настоящего пособия, ознакомиться с конструкцией изделия по ее наглядному изображению и определить основные геометрические тела, из которых она состоит. Затем в тонких линиях построить виды, выполнить простые разрезы, необходимые для выявления всех невидимых поверхностей предмета, построить линии перехода от одной поверхности к другой (линии их пересечения), нанести штриховку и обозначения. Изучить правила простановки размеров (по ГОСТ 2.307 – 68*) и нанести их на чертеже. В заключение выполняется обводка всех изображений чертежа.

Пример выполнения задания показан на рис. 96.

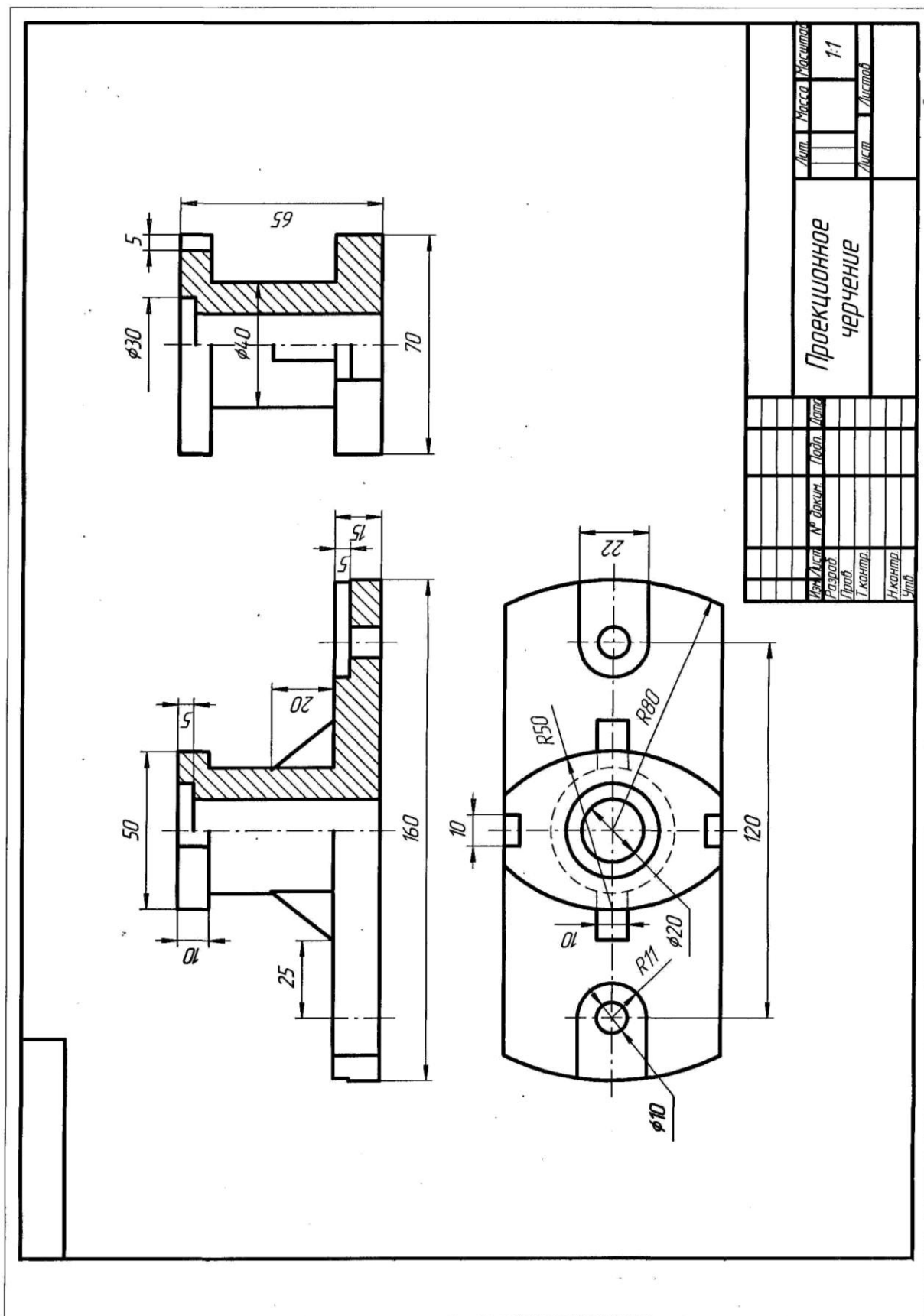
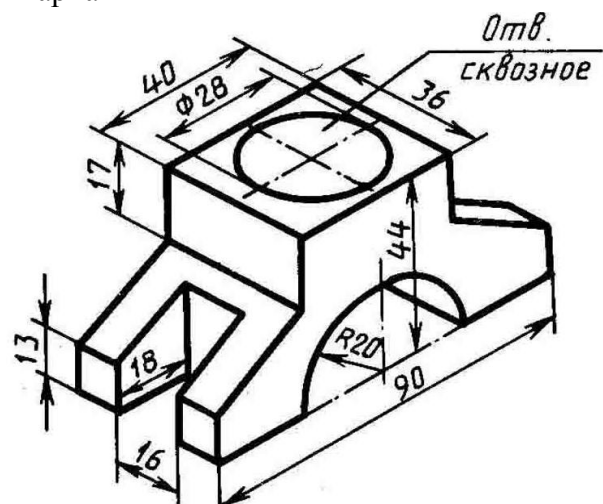


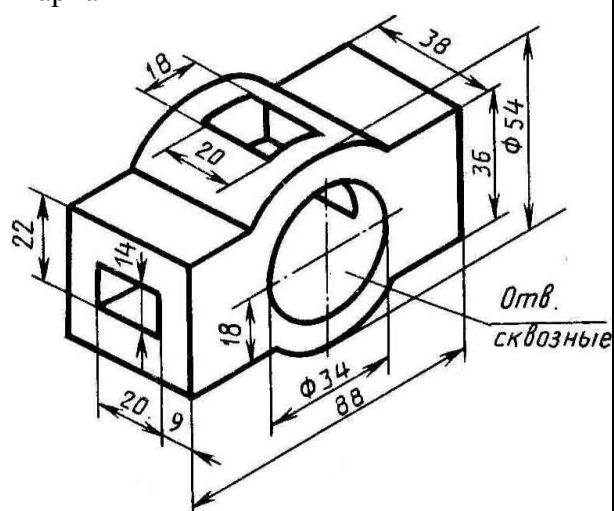
Рис. 96

Варианты задания 1

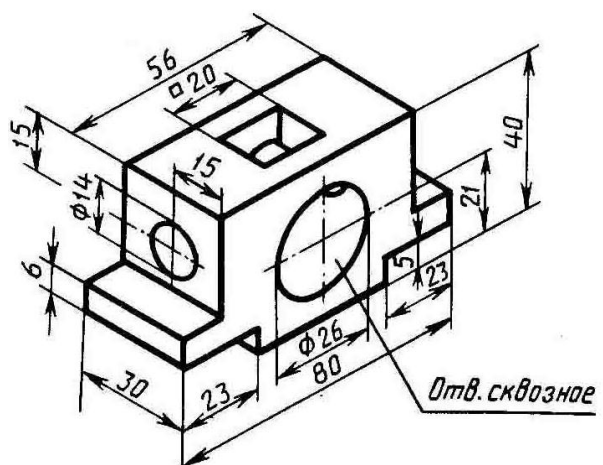
Вариант 1



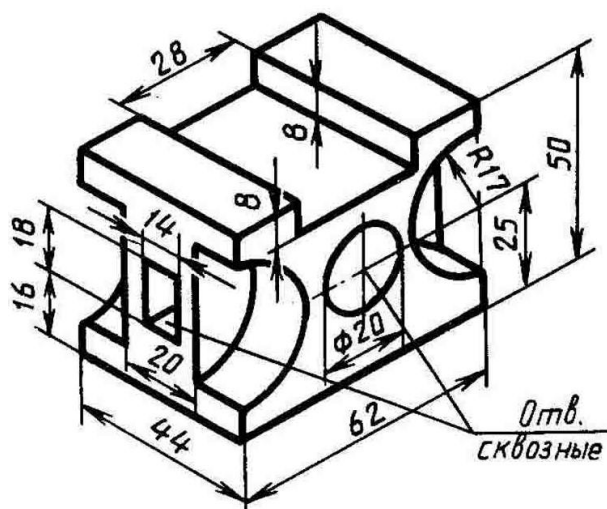
Вариант 2



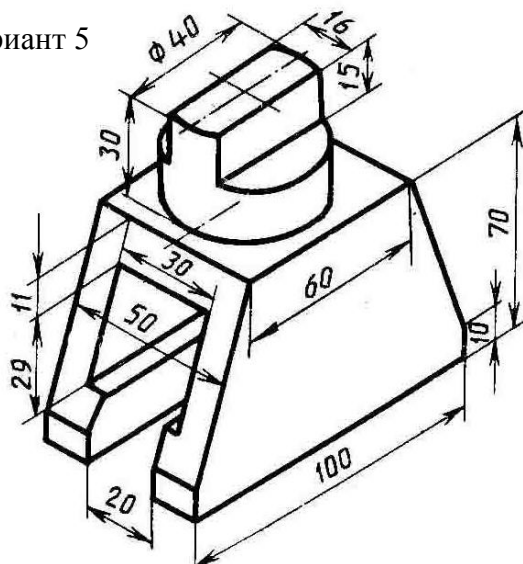
Вариант 3



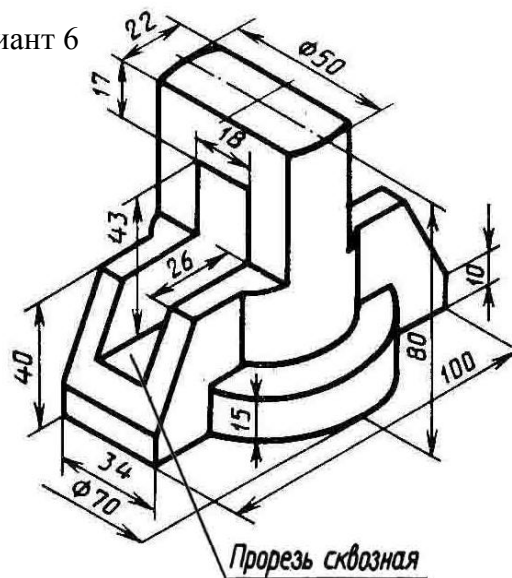
Вариант 4



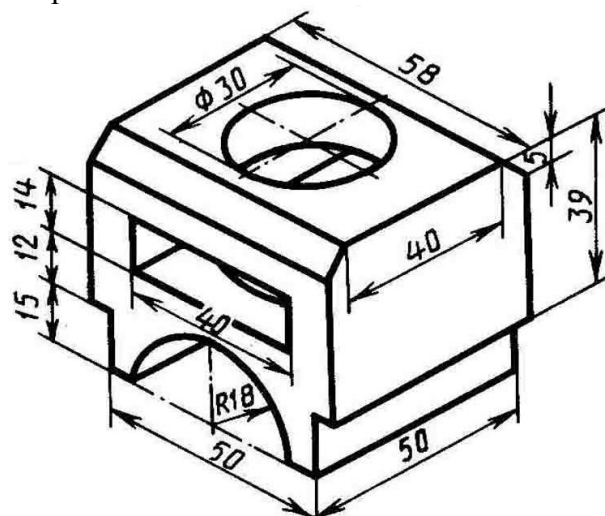
Вариант 5



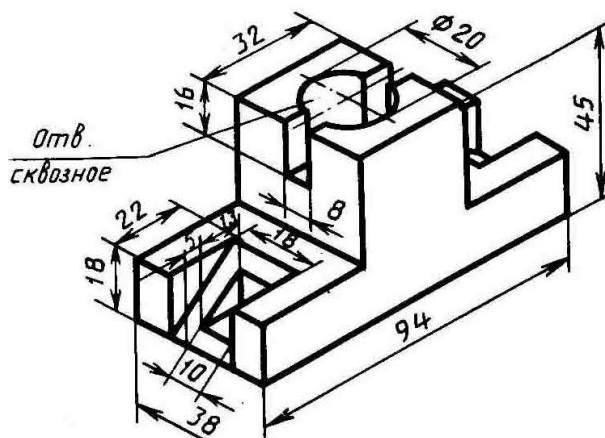
Вариант 6



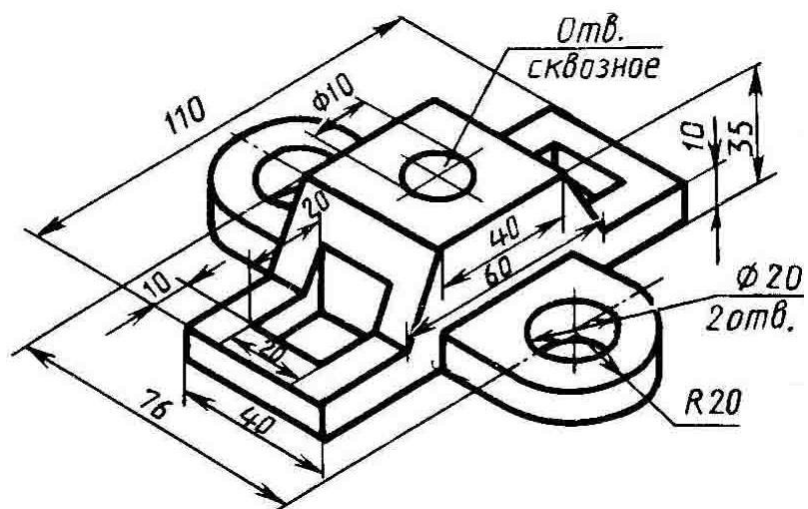
Вариант 7



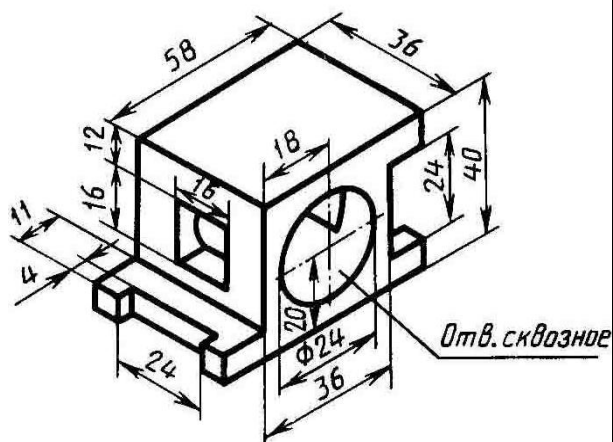
Вариант 8



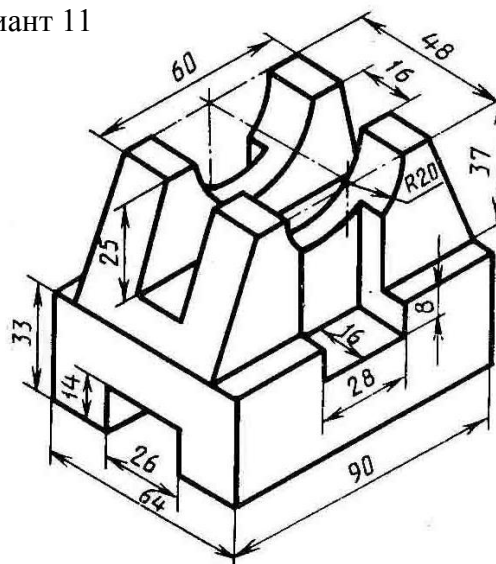
Вариант 9



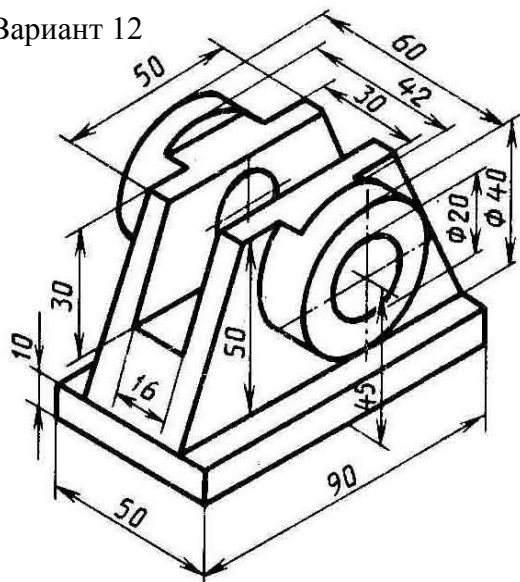
Вариант 10



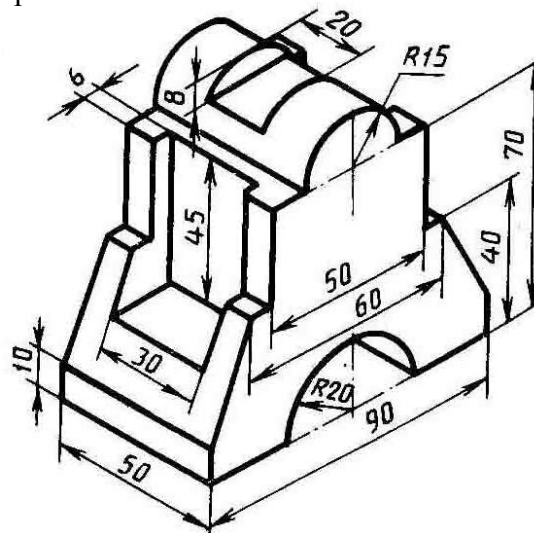
Вариант 11



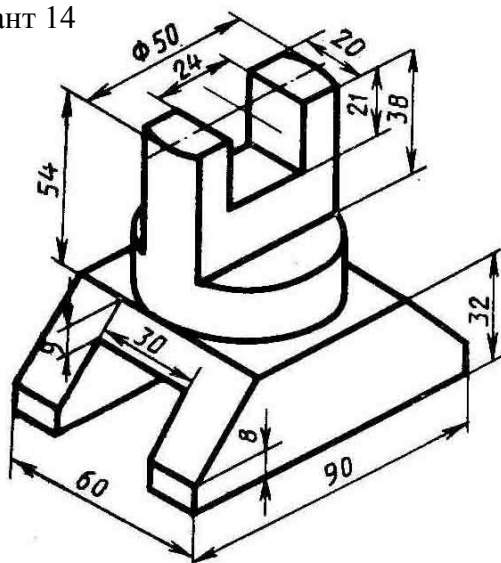
Вариант 12



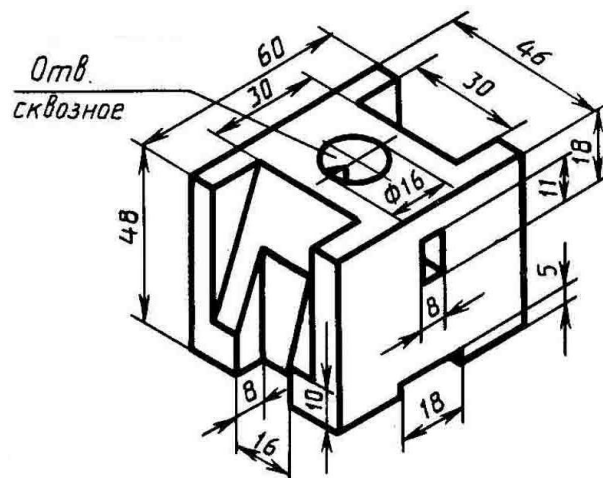
Вариант 13



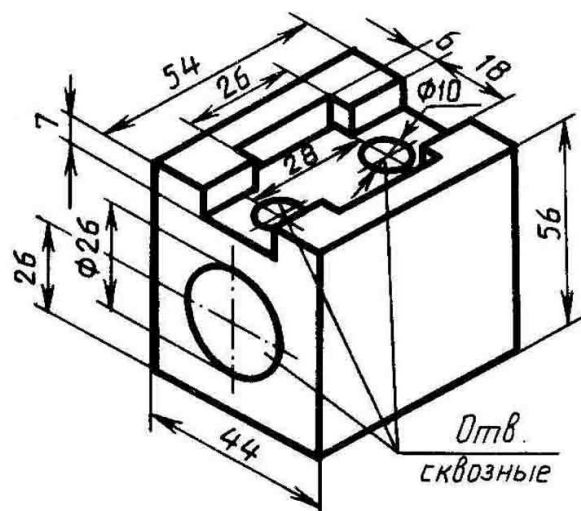
Вариант 14



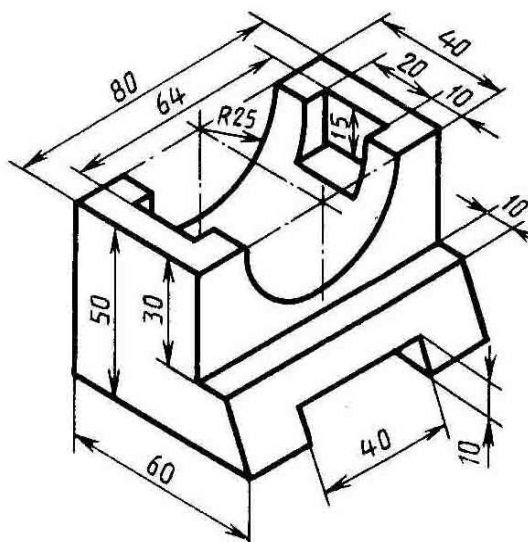
Вариант 15



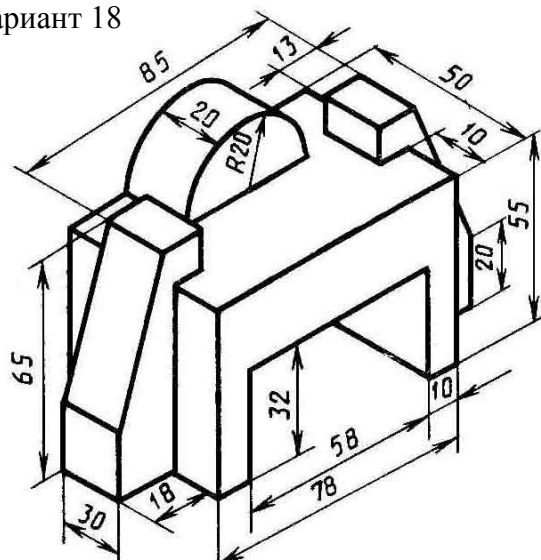
Вариант 16



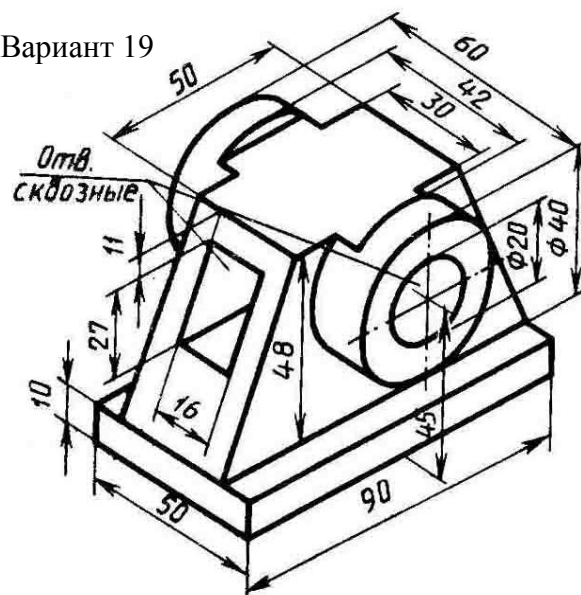
Вариант 17



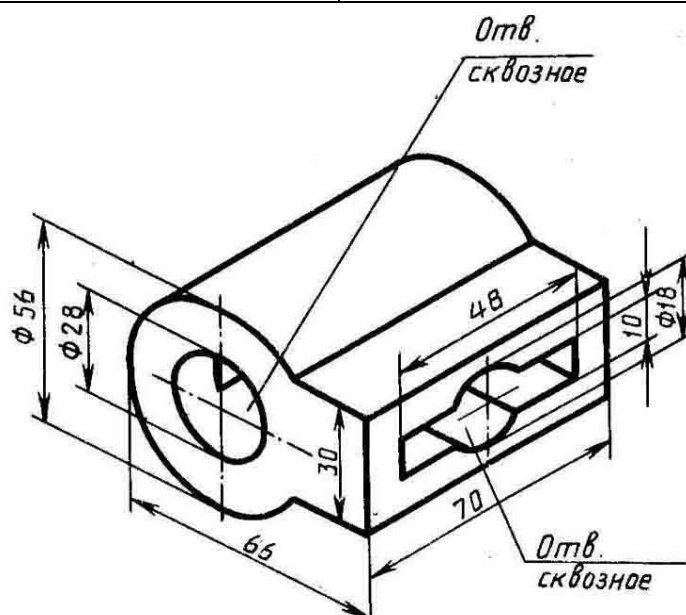
Вариант 18



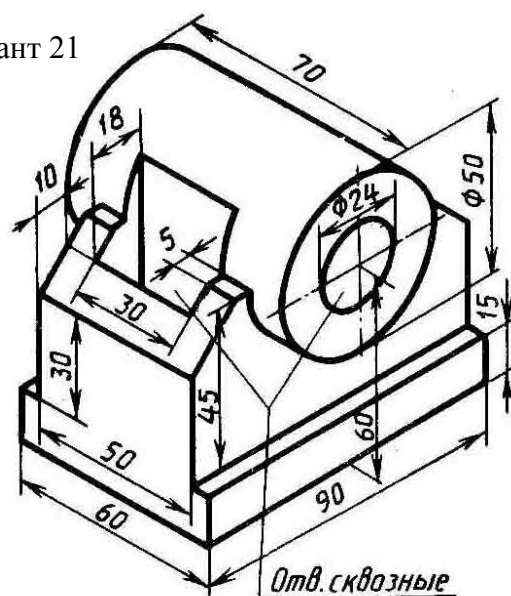
Вариант 19



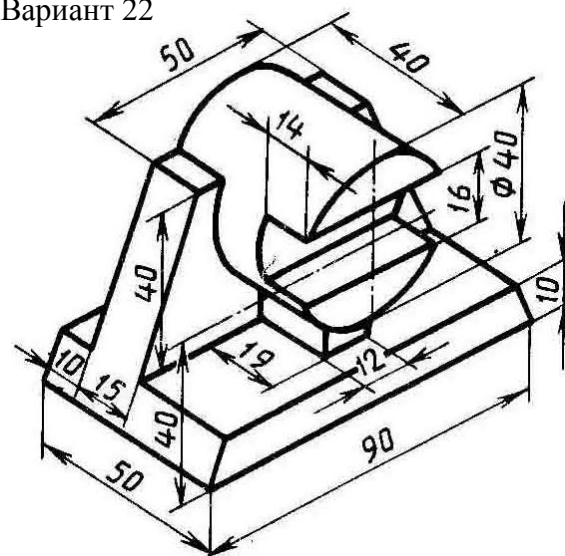
Вариант 20



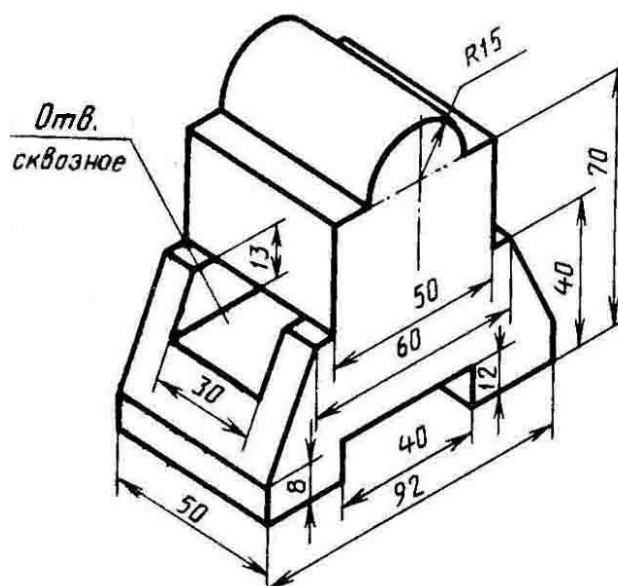
Вариант 21



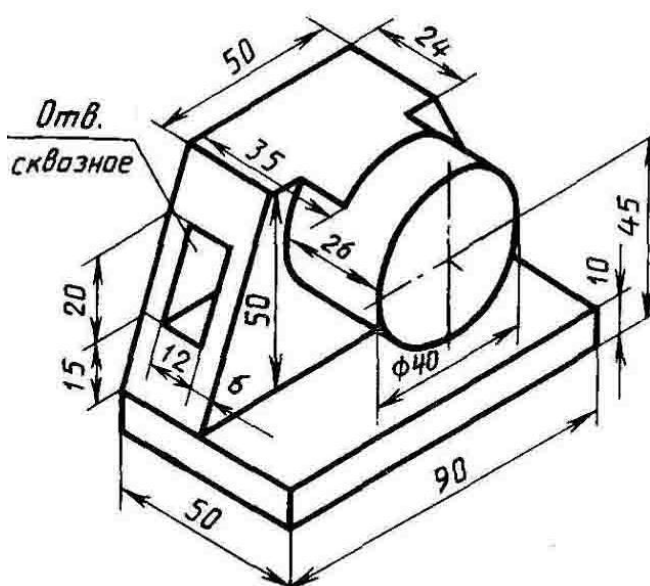
Вариант 22



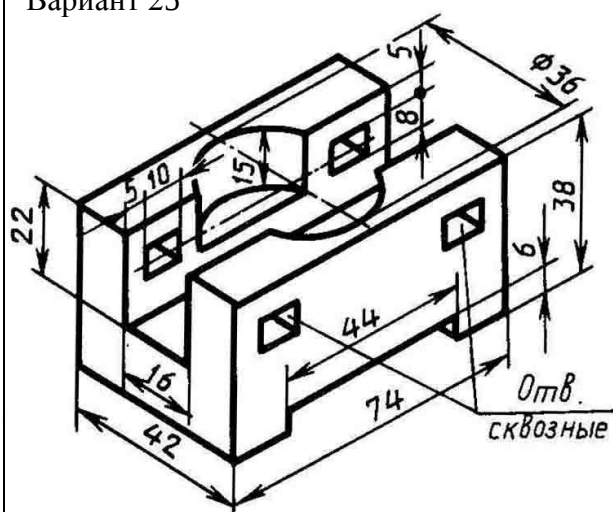
Вариант 23



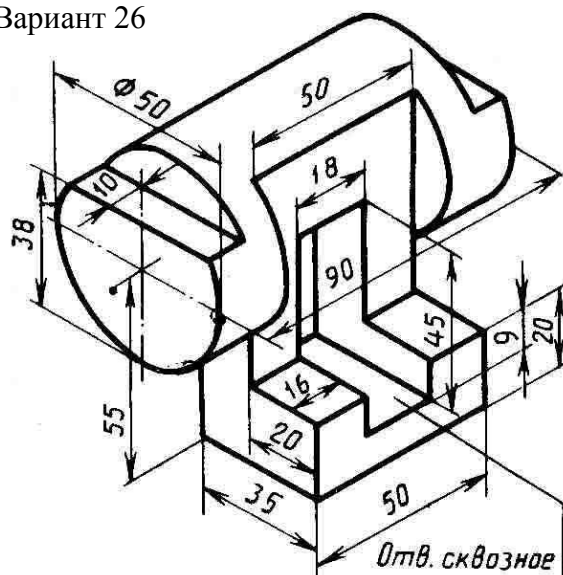
Вариант 24



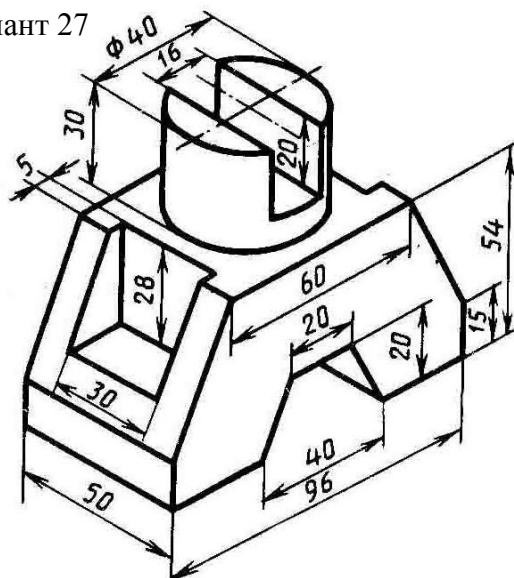
Вариант 25



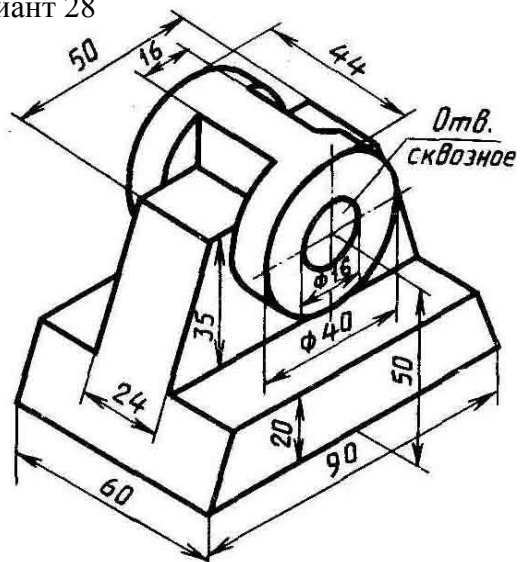
Вариант 26



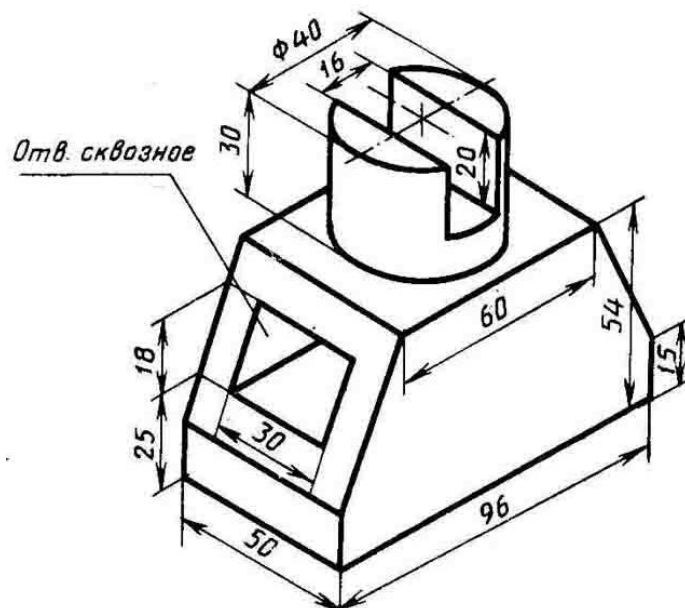
Вариант 27



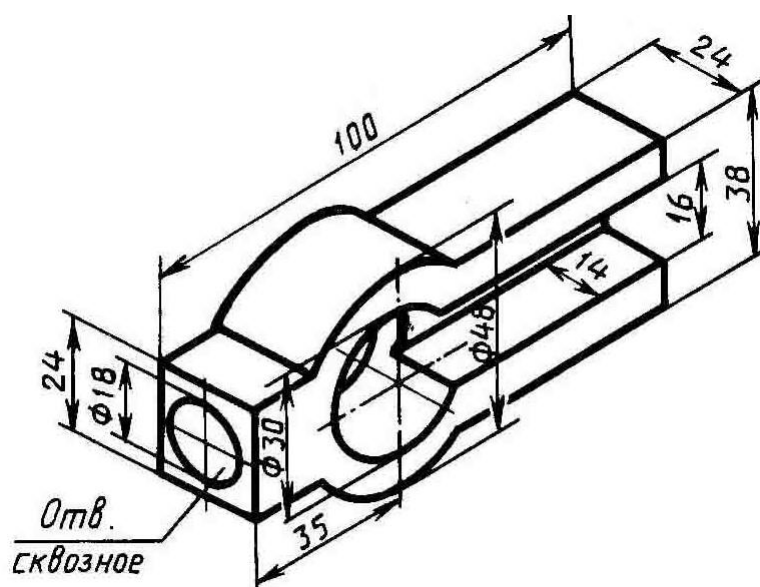
Вариант 28



Вариант 29

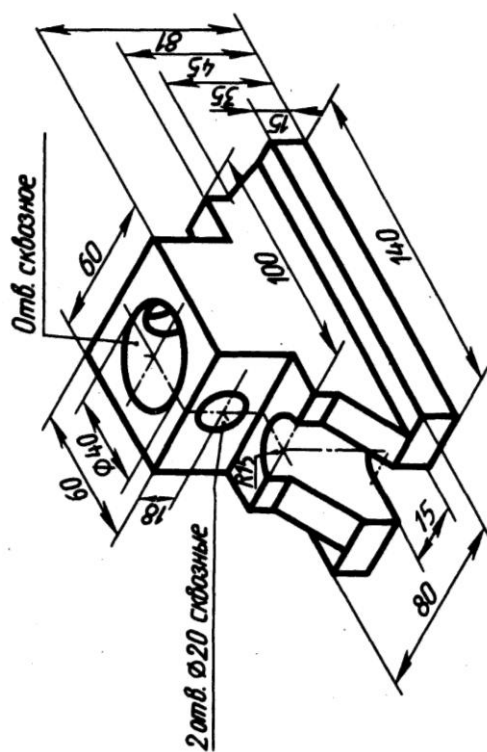


Вариант 30

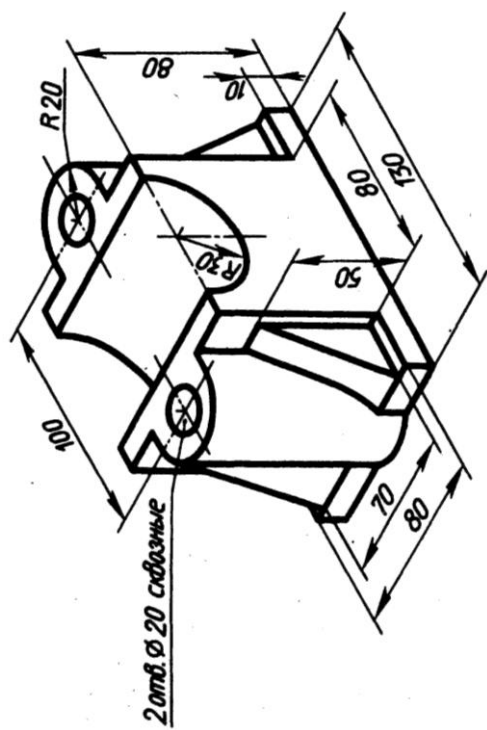


Варианты задания 2

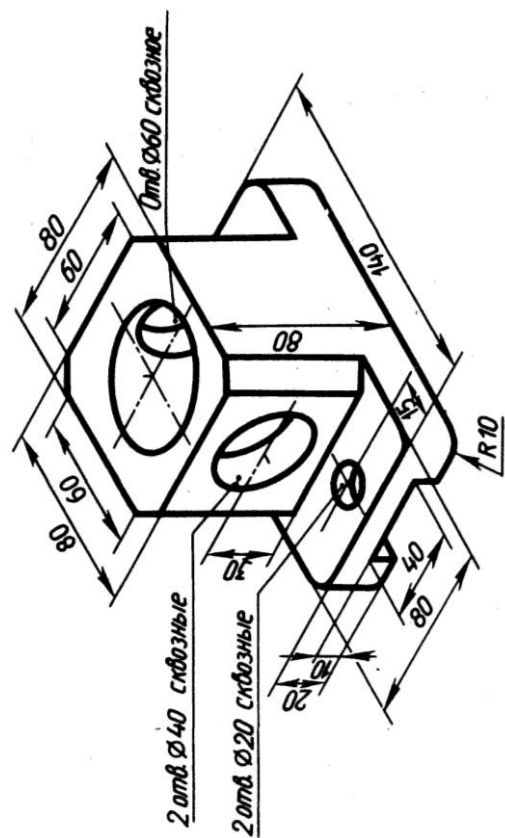
Вариант 1



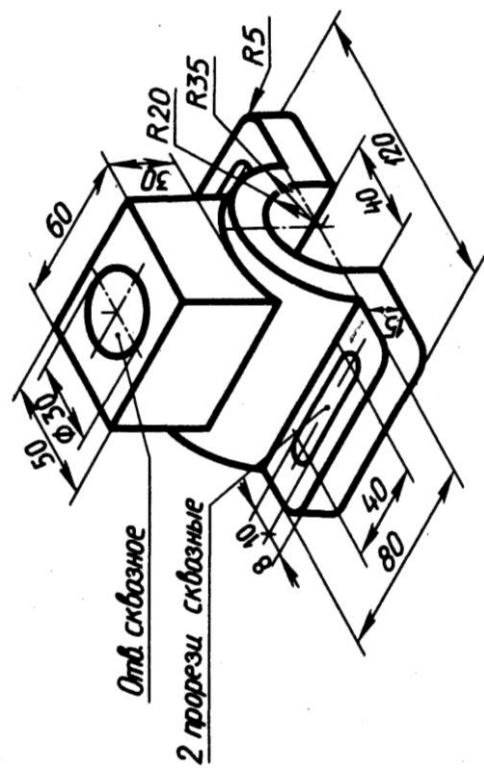
Вариант 2



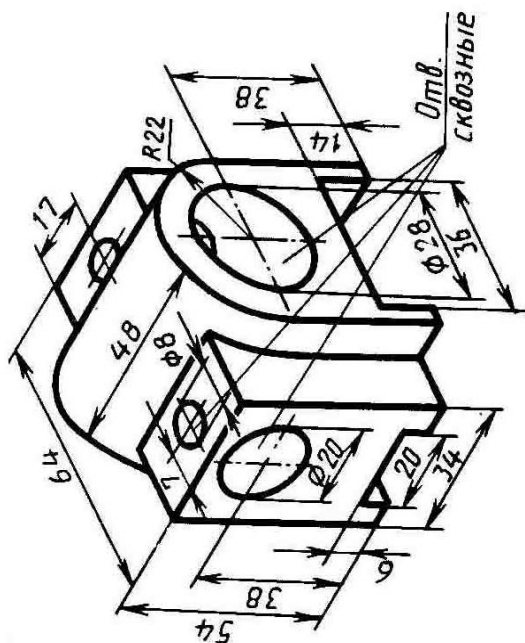
Вариант 3



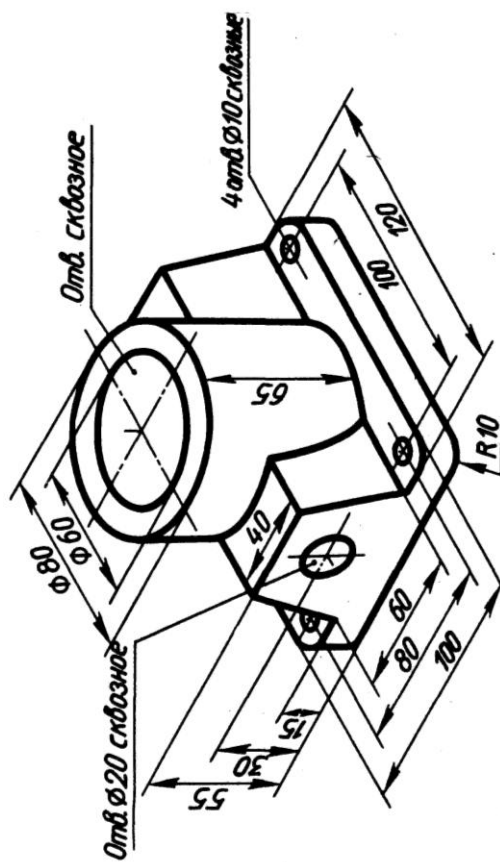
Вариант 4



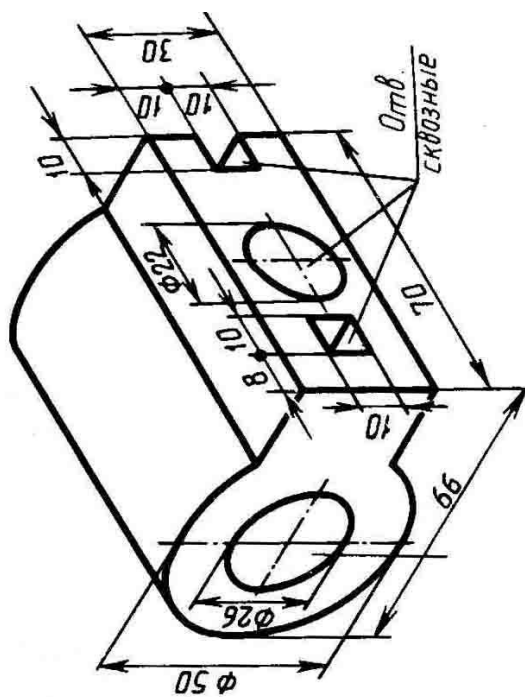
Вариант 6



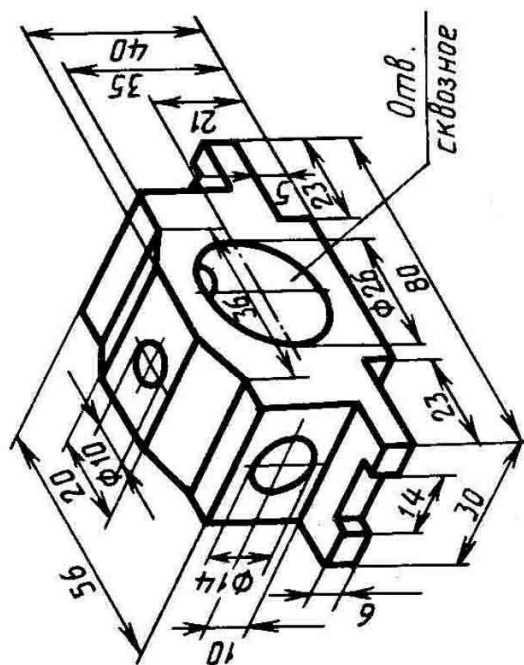
Вариант 8



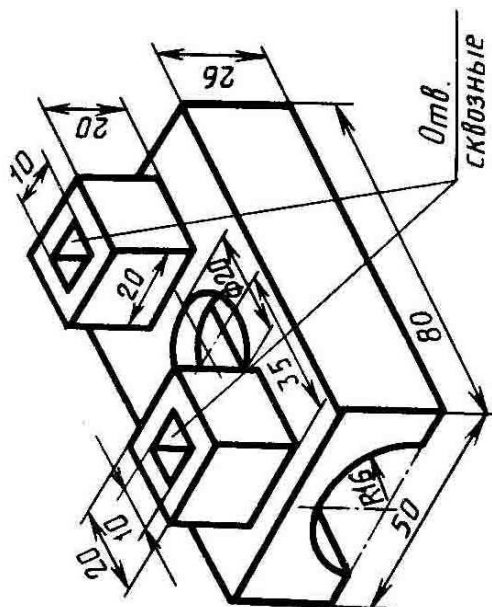
Вариант 5



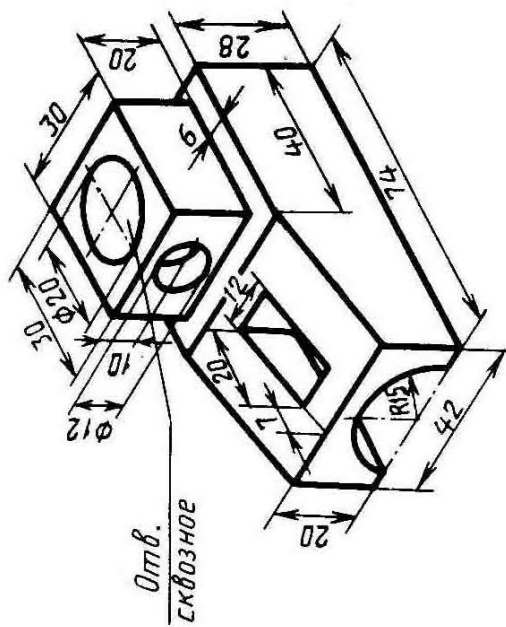
Вариант 7



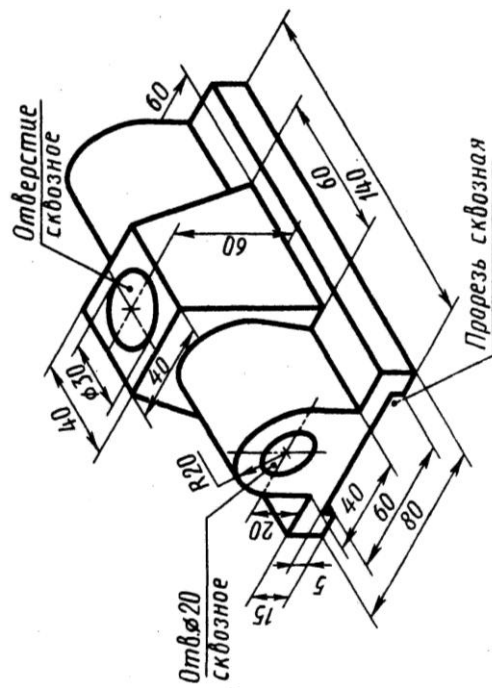
Вариант 9



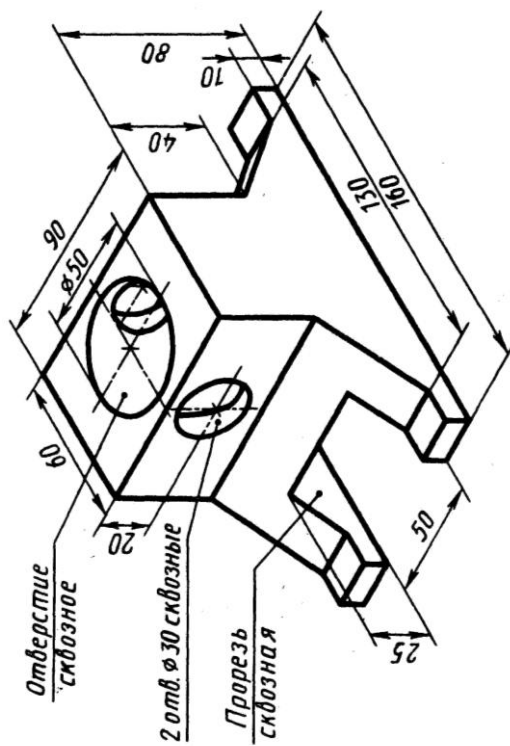
Вариант 10



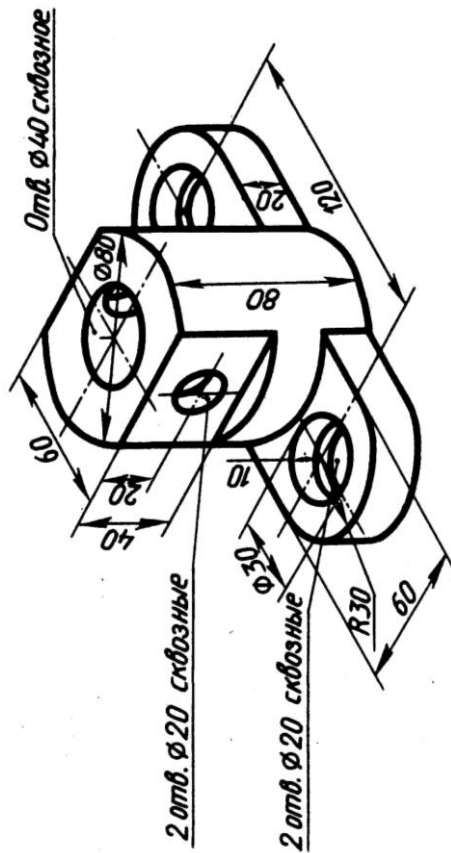
Вариант 11



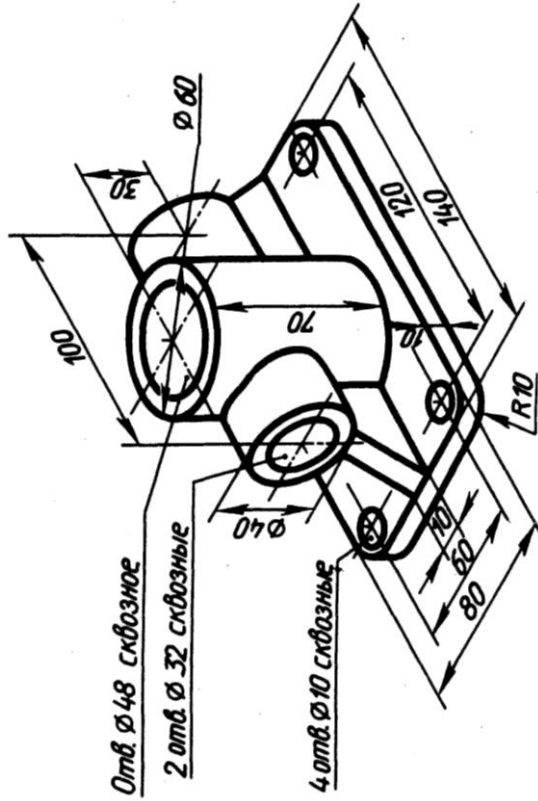
Вариант 12



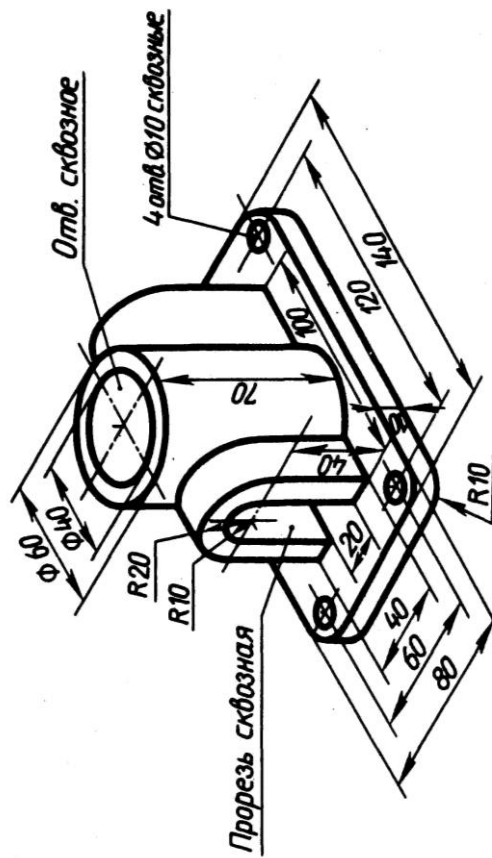
Вариант 13



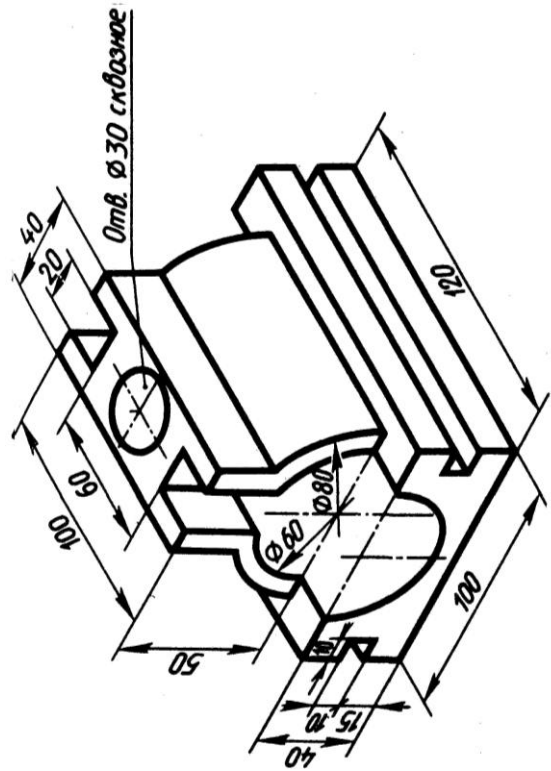
Вариант 14



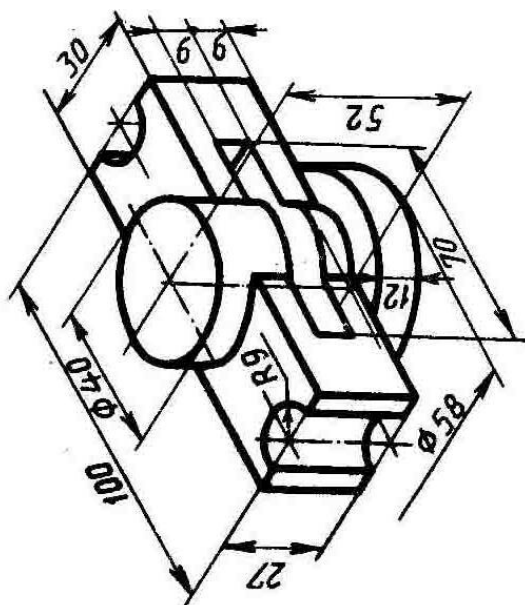
Вариант 15



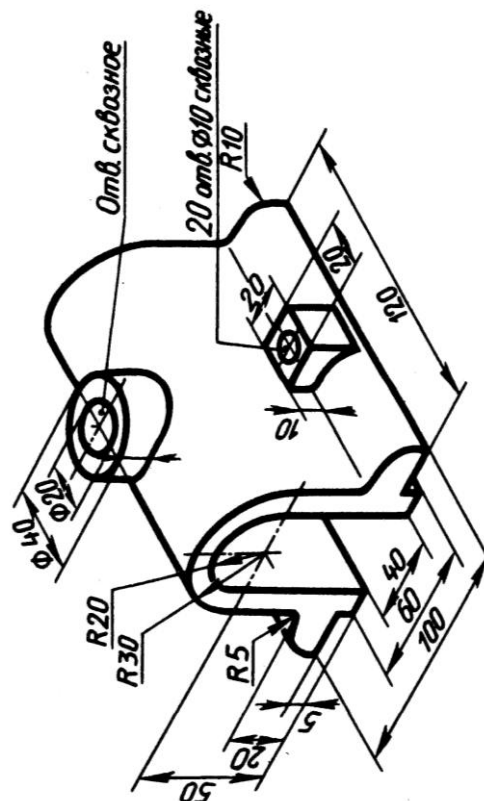
Вариант 16



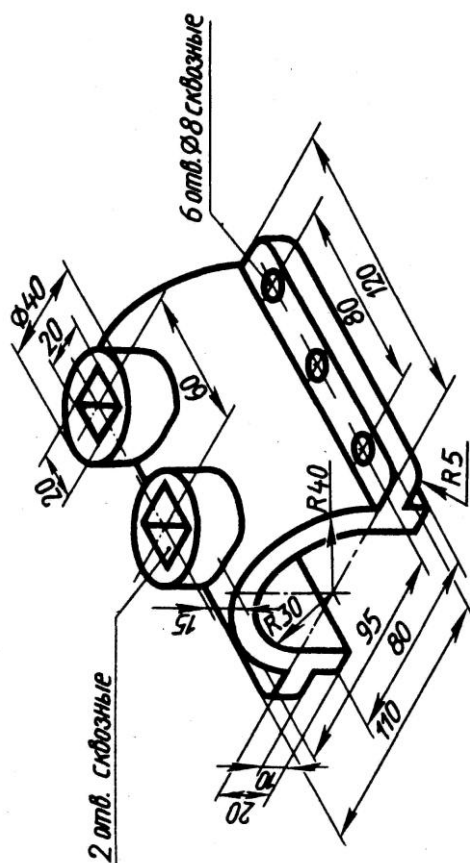
Вариант 18



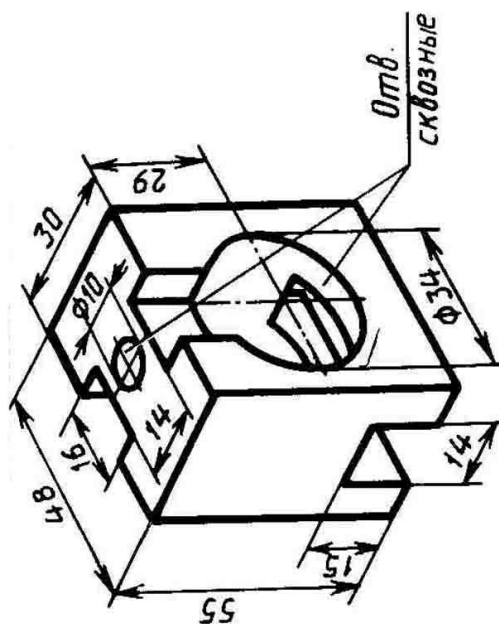
Вариант 20



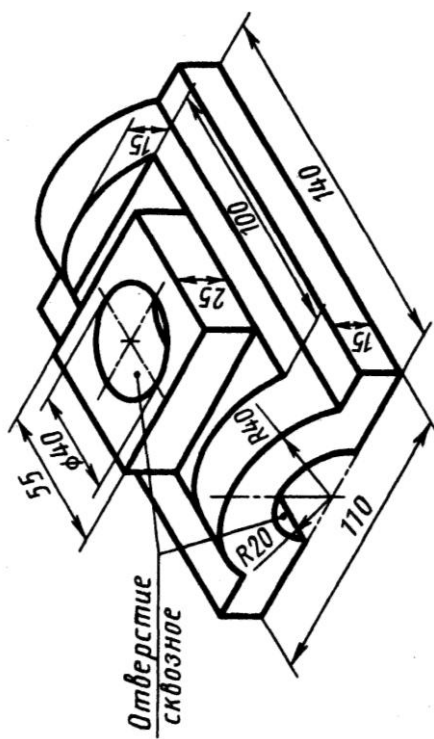
Вариант 17



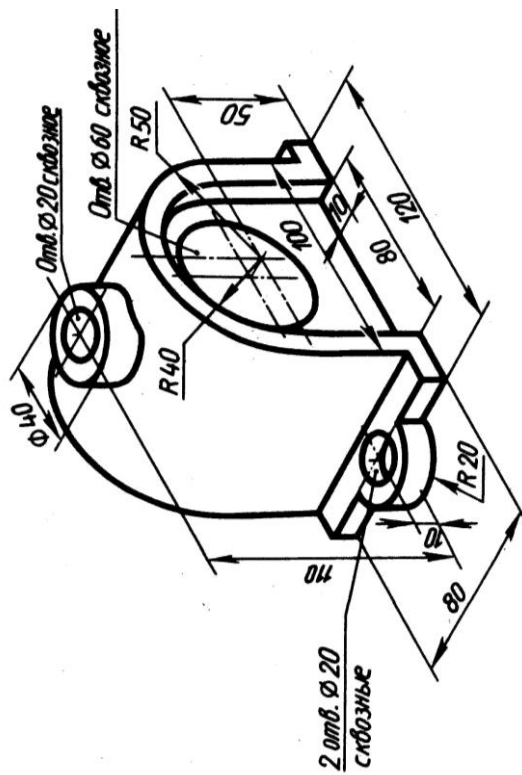
Вариант 19



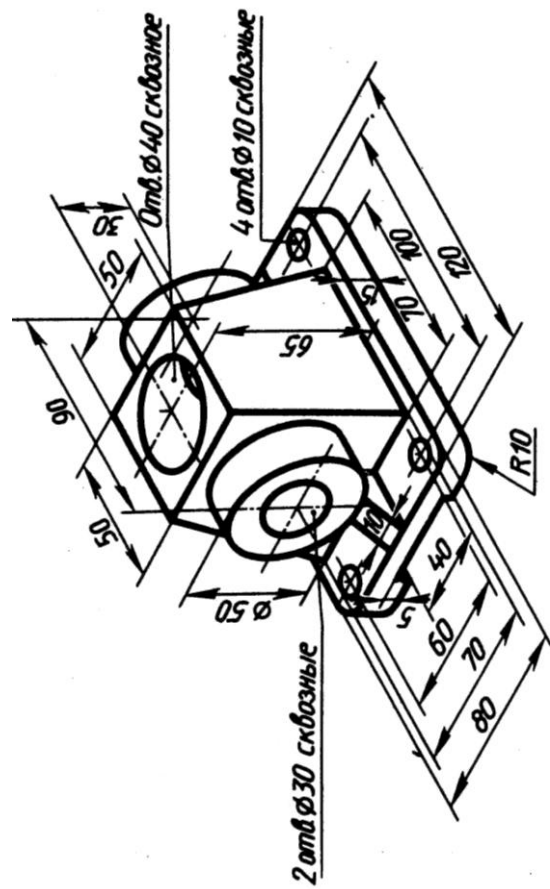
Вариант 21



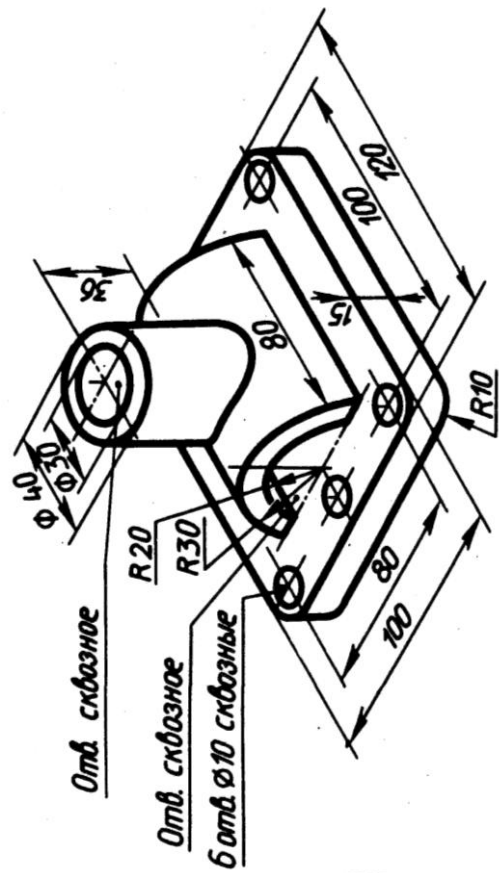
Вариант 22



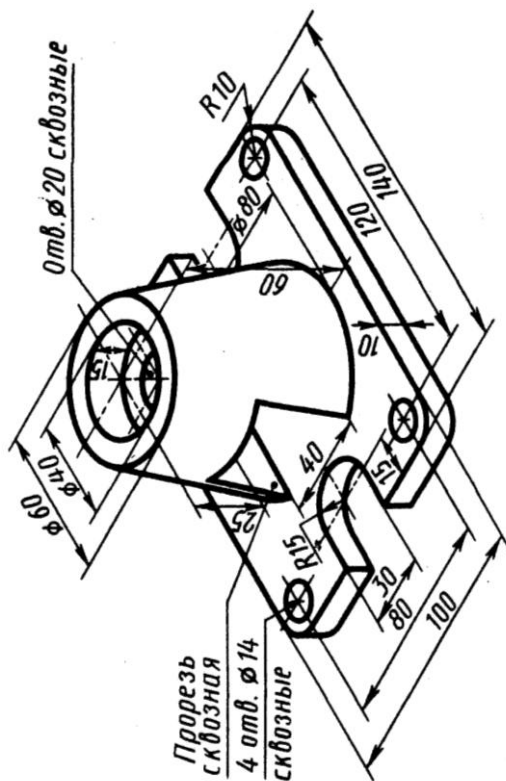
Вариант 23



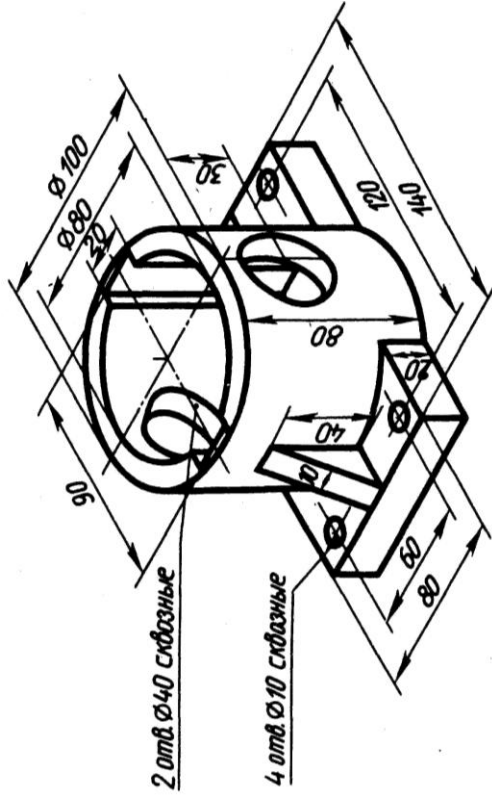
Вариант 24



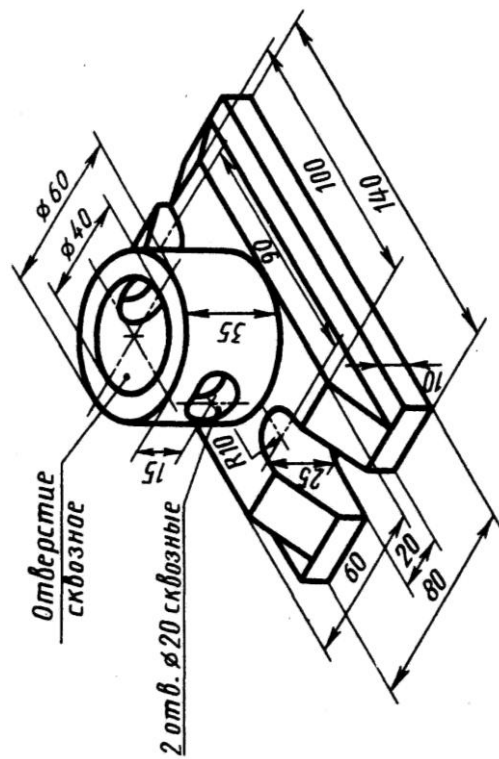
Вариант 25



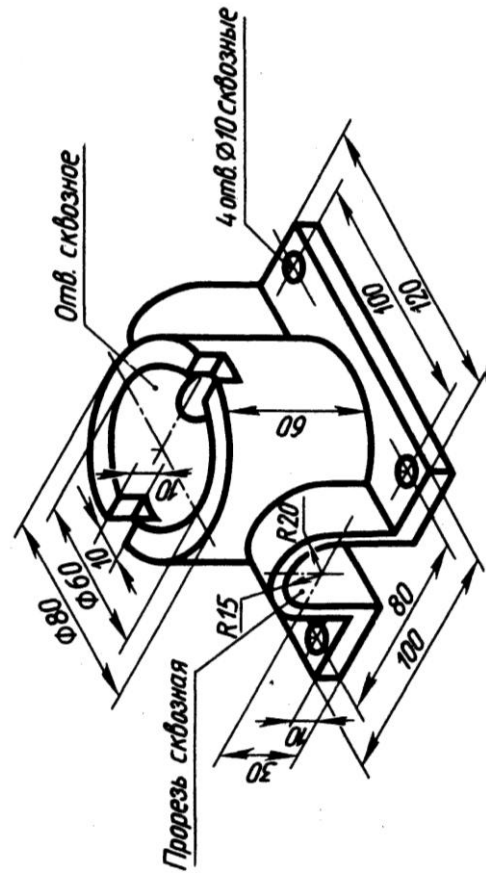
Вариант 26

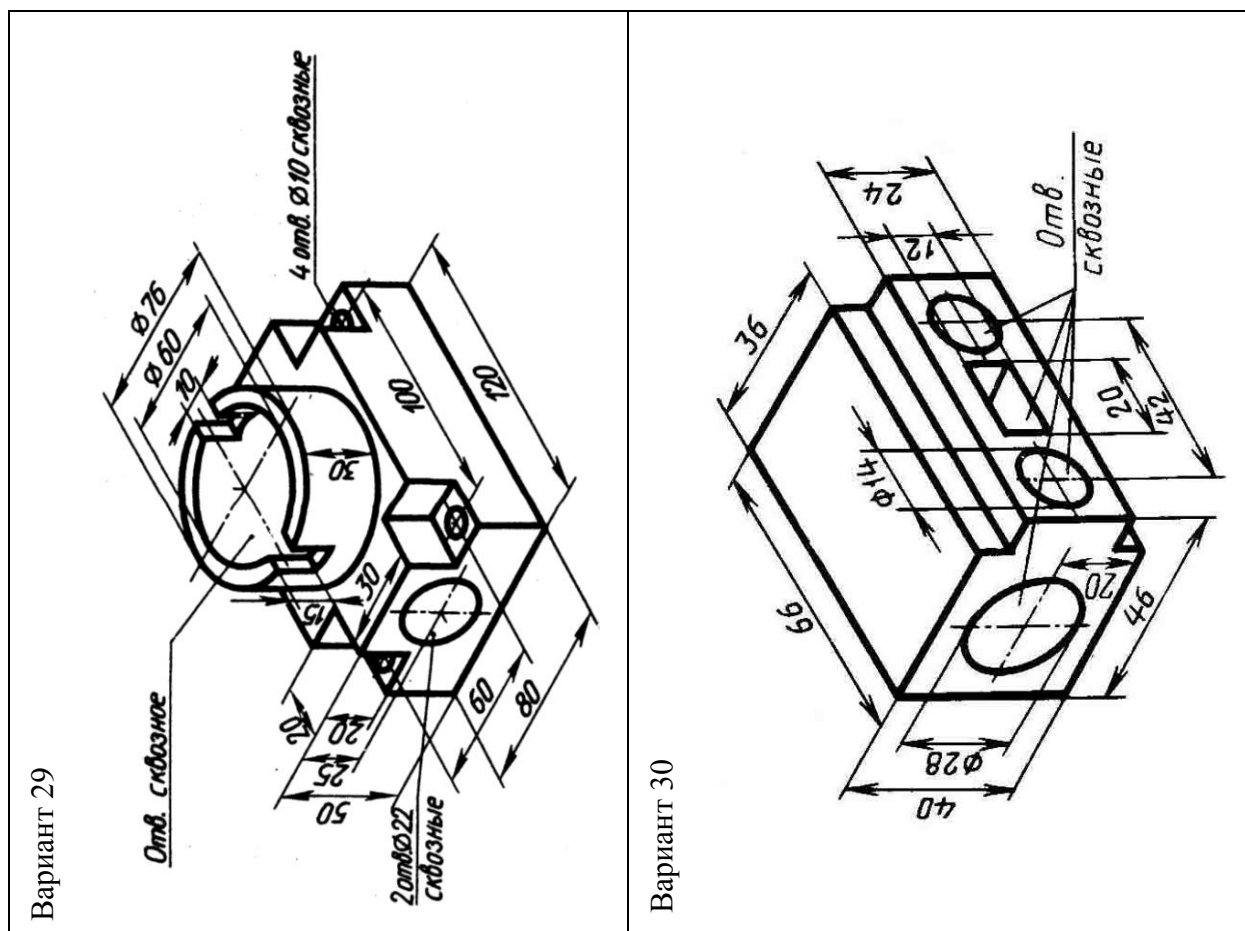


Вариант 27



Вариант 28





Задание 3. Построение простых разрезов

По двум видам детали построить ее третий вид и выполнить необходимые простые разрезы, совместив их с видами, нанести обозначения и размеры.

Методические указания к выполнению задания

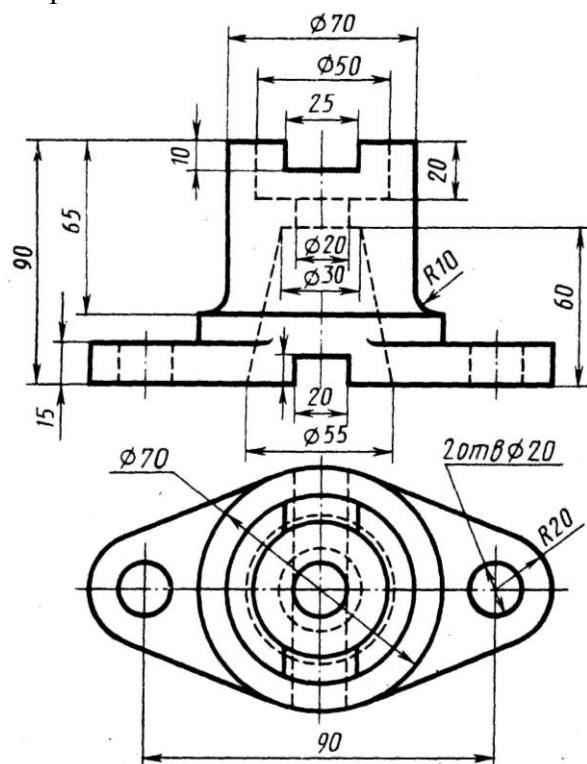
Работа выполняется на листе формата А3, оформляется рамкой, основной надписью формы 1 (по ГОСТ 2.104 – 68*).

Перед выполнением графического задания необходимо изучить теоретический материал, содержащийся в пп. 1.3, 1.6 и 1.7 настоящего пособия, ознакомиться с конструкцией изделия по ее проекционному чертежу и определить основные геометрические тела, из которых она состоит. Затем в тонких линиях построить вид слева, выполнить простые разрезы, необходимые для выявления всех невидимых поверхностей предмета, построить линии перехода от одной поверхности к другой (линии их пересечения), нанести штриховку и обозначения. В заключение выполняется обводка всех изображений чертежа.

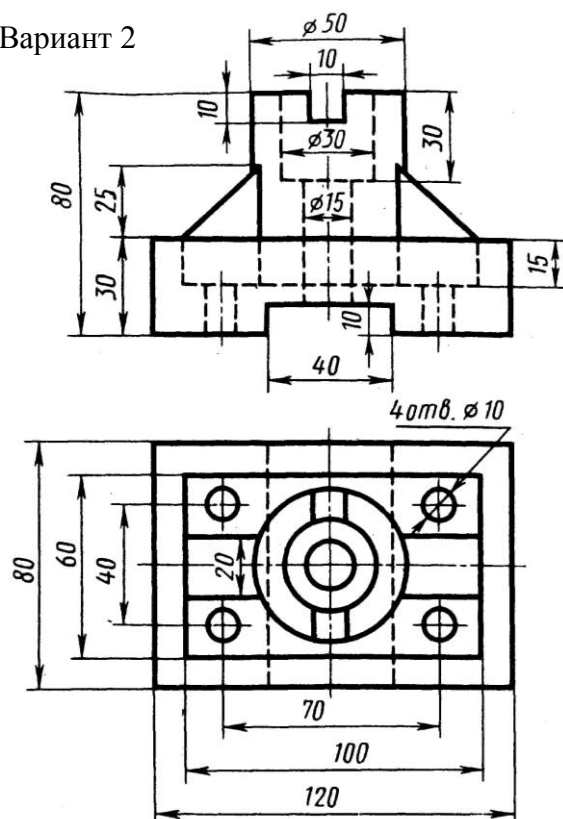
Пример выполнения задания показан на рис. 97.

Варианты задания 3

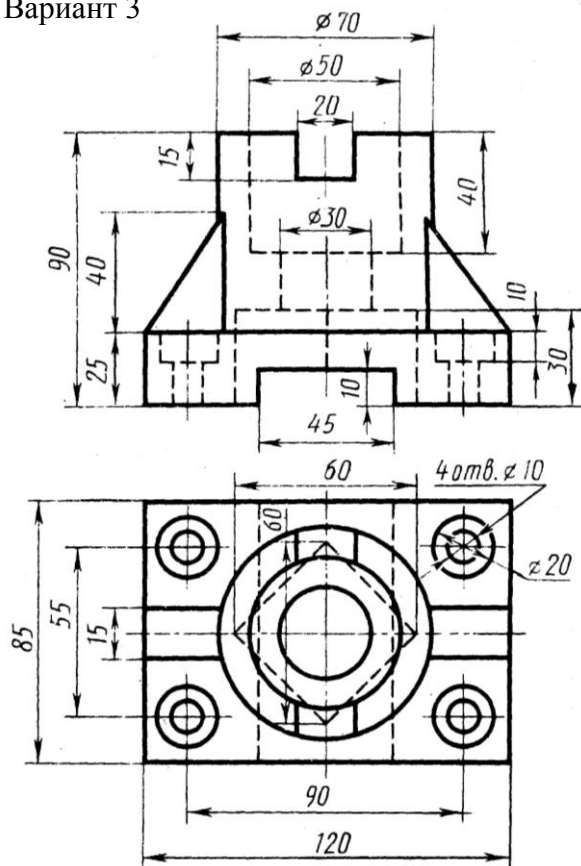
Вариант 1



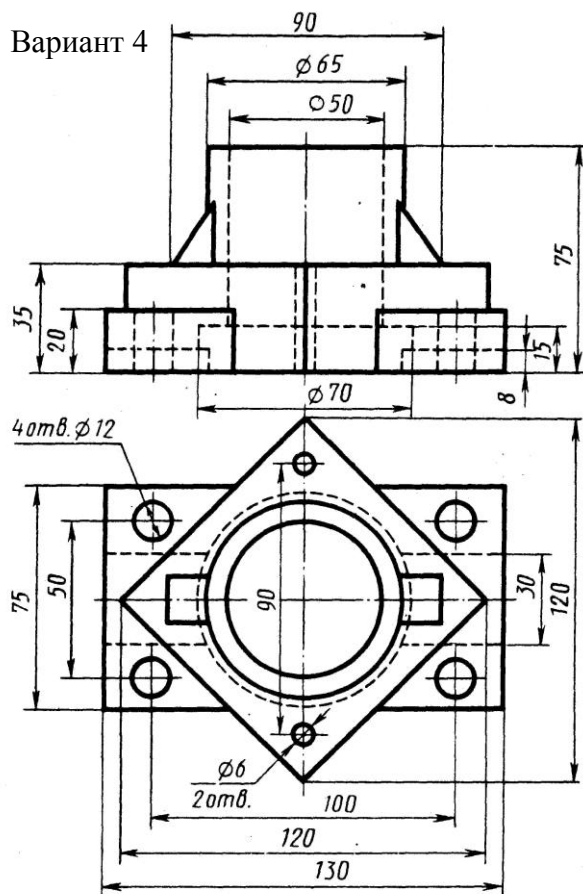
Вариант 2



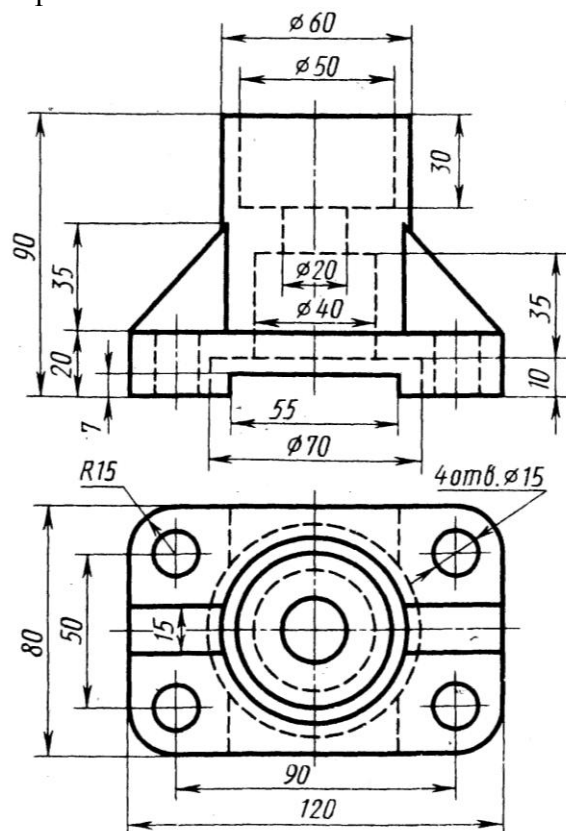
Вариант 3



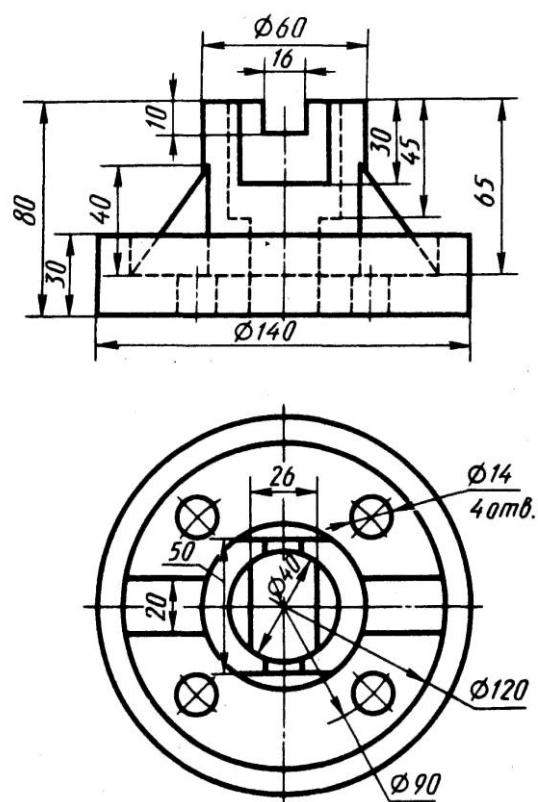
Вариант 4



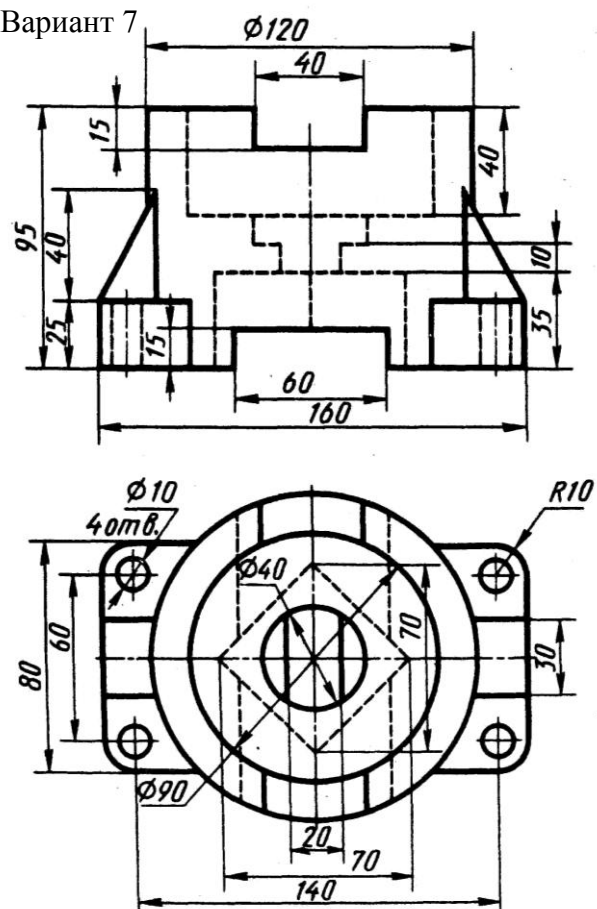
Вариант 5



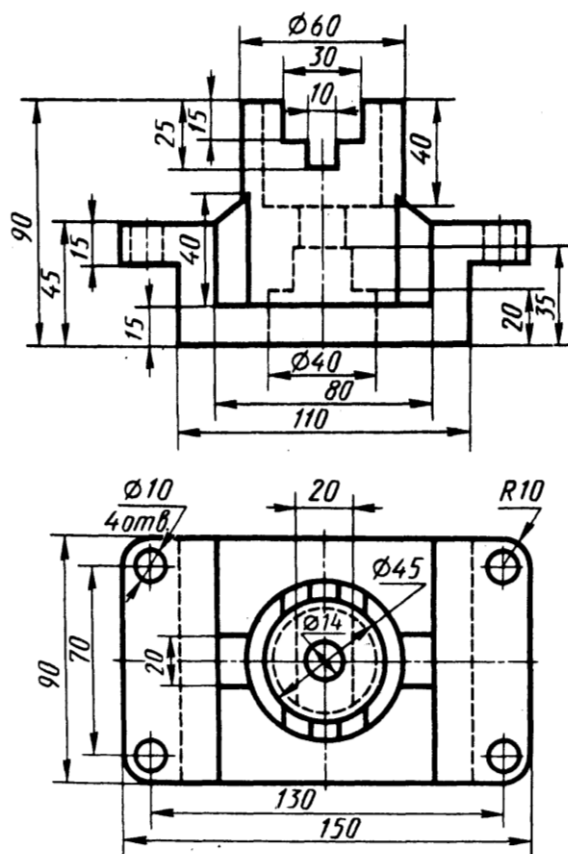
Вариант 6



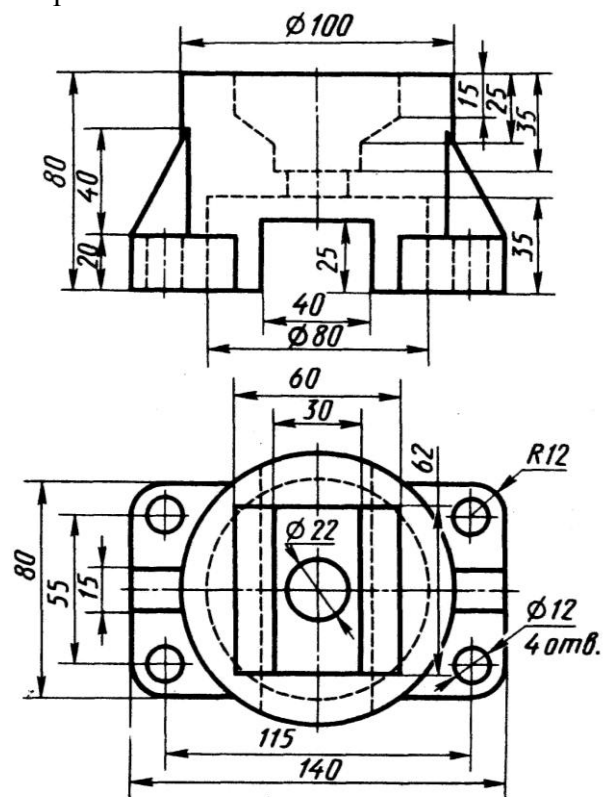
Вариант 7



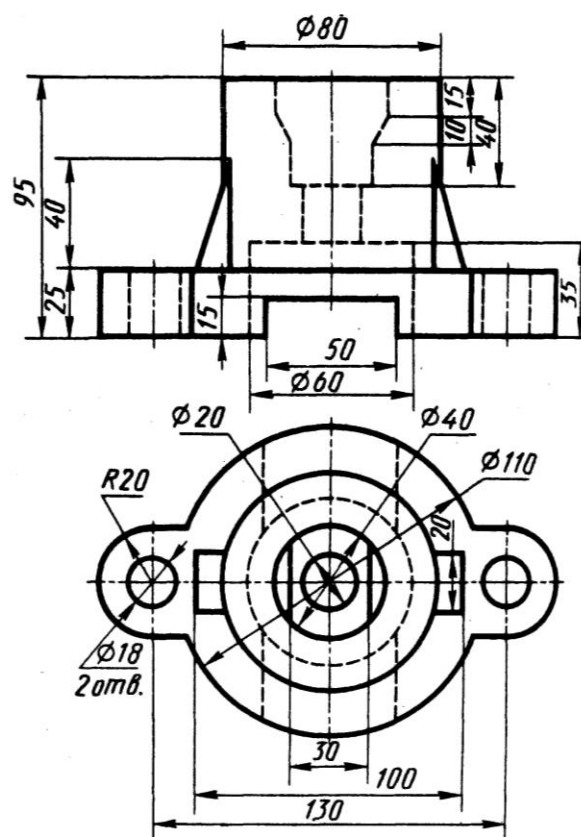
Вариант 8



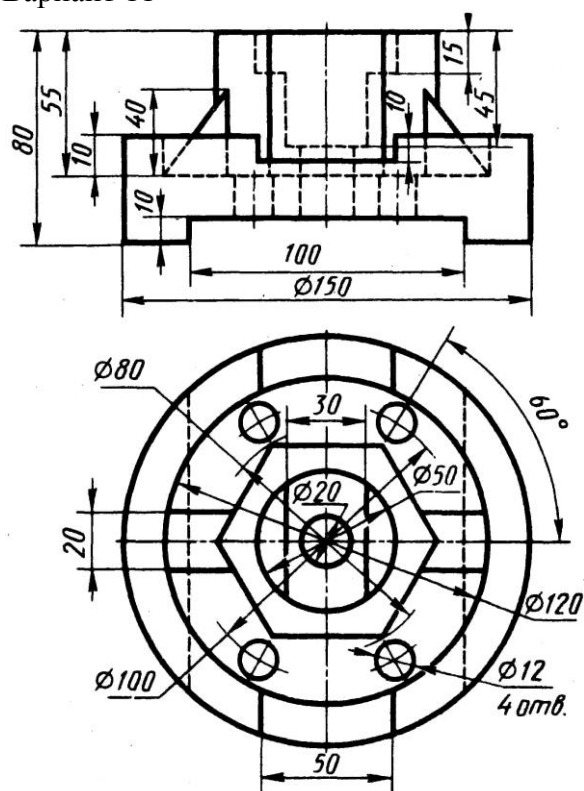
Вариант 9



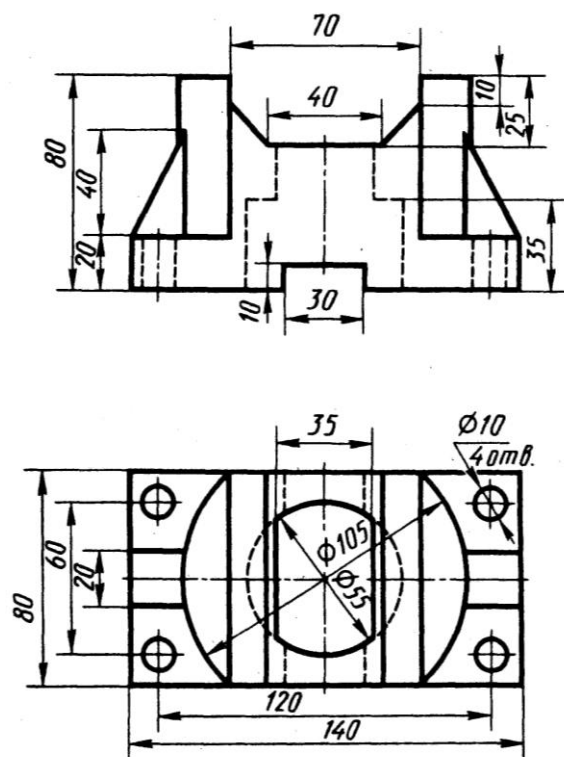
Вариант 10



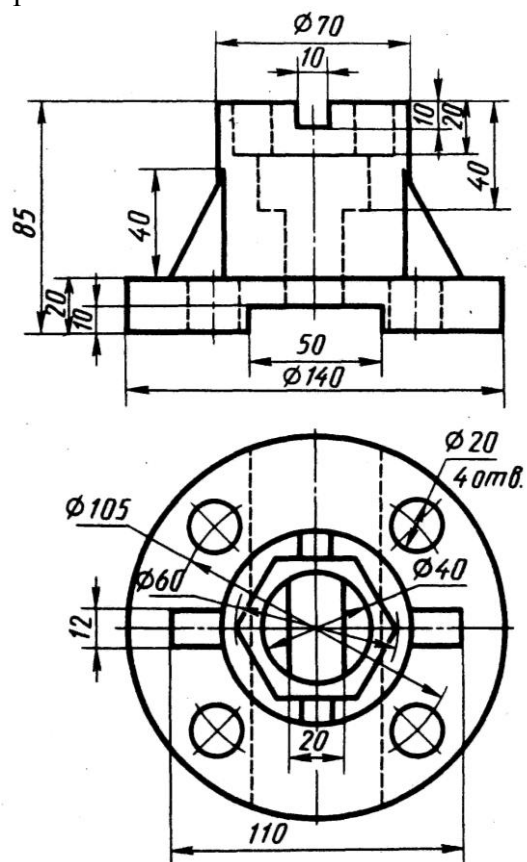
Вариант 11



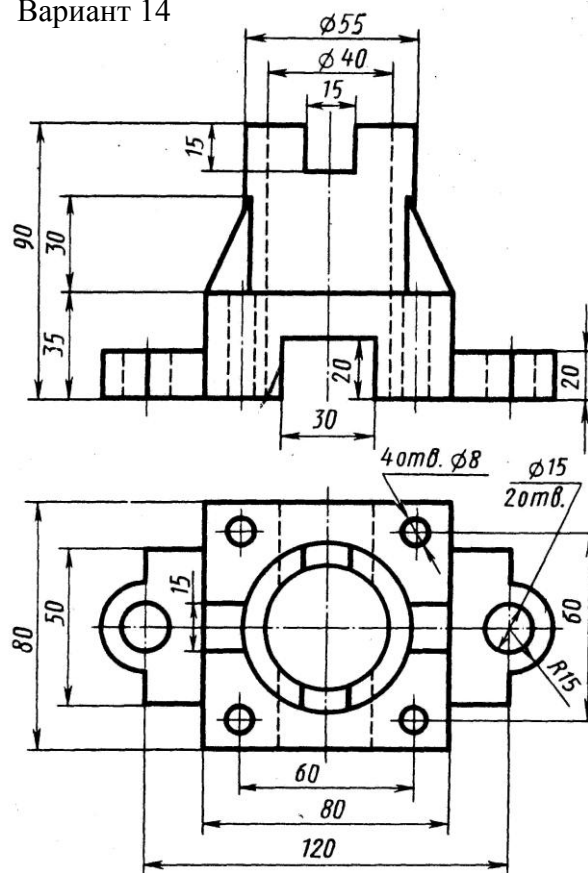
Вариант 12



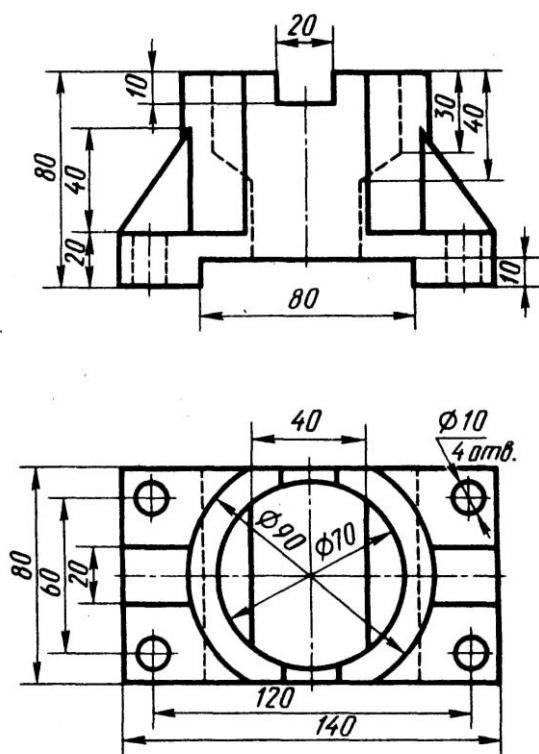
Вариант 13



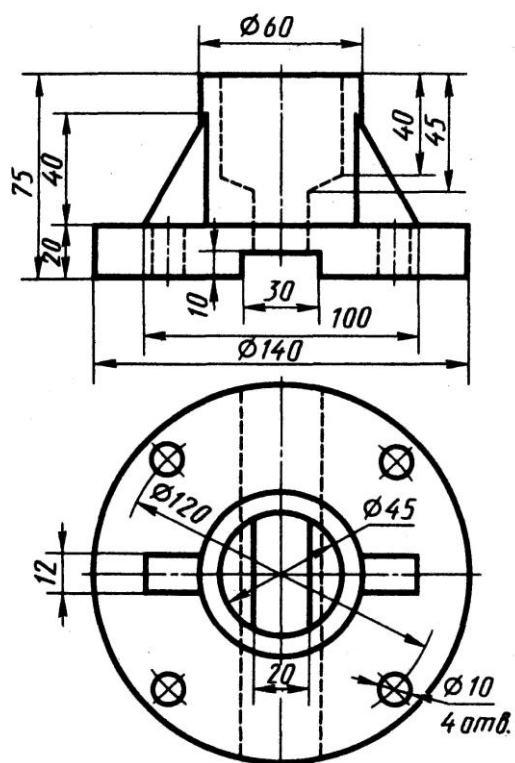
Вариант 14



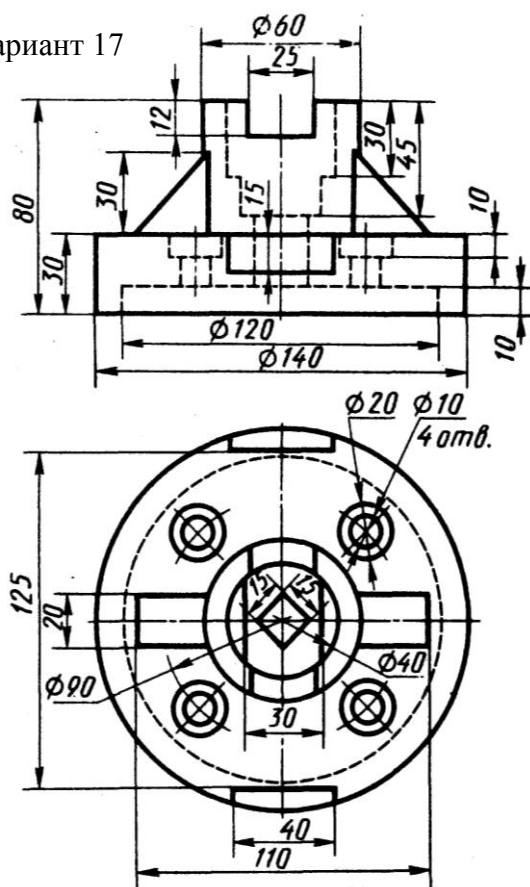
Вариант 15



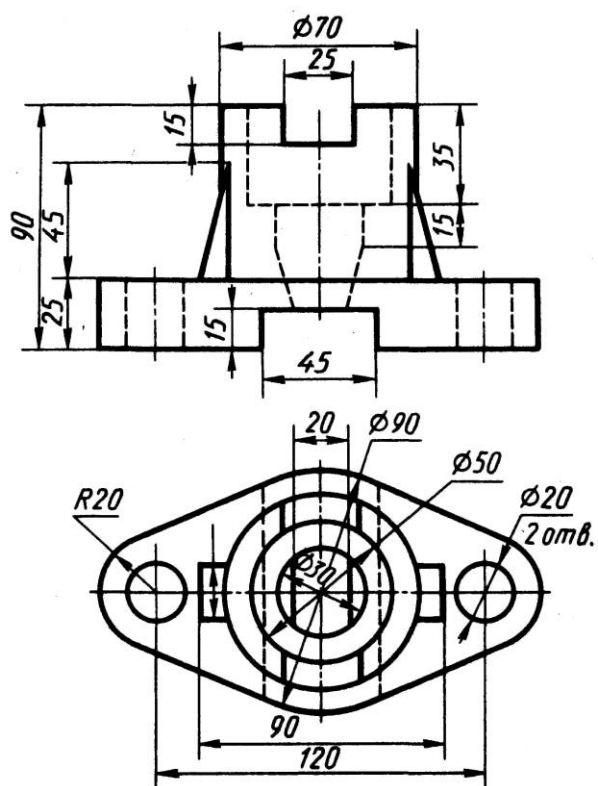
Вариант 16



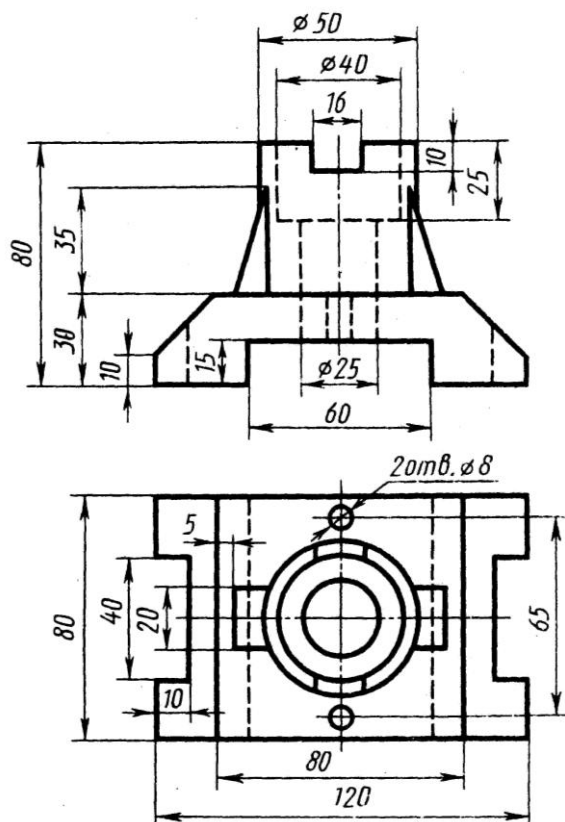
Вариант 17



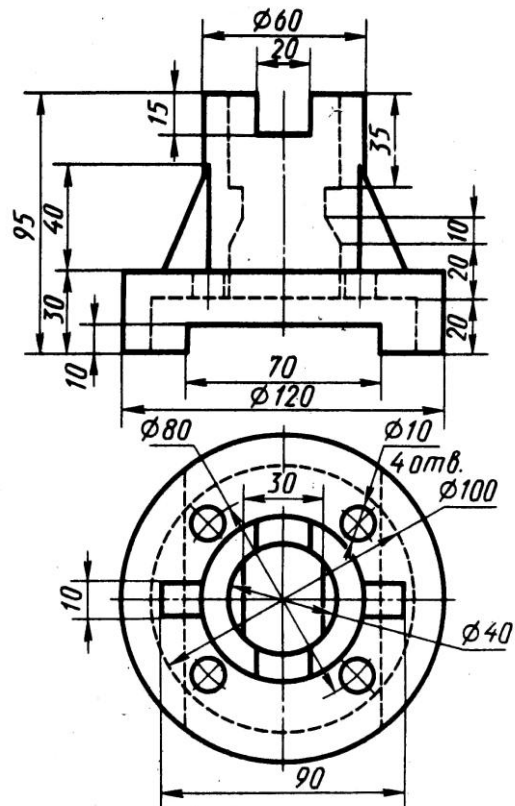
Вариант 18



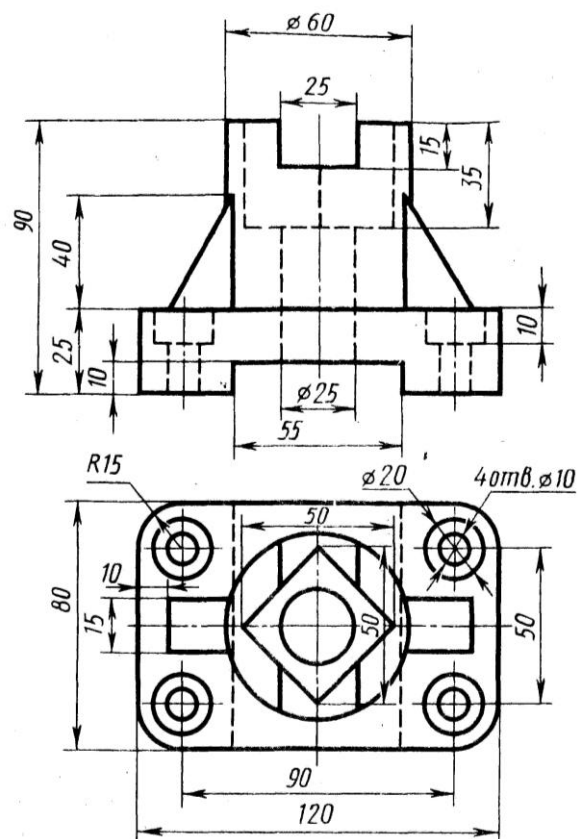
Вариант 19



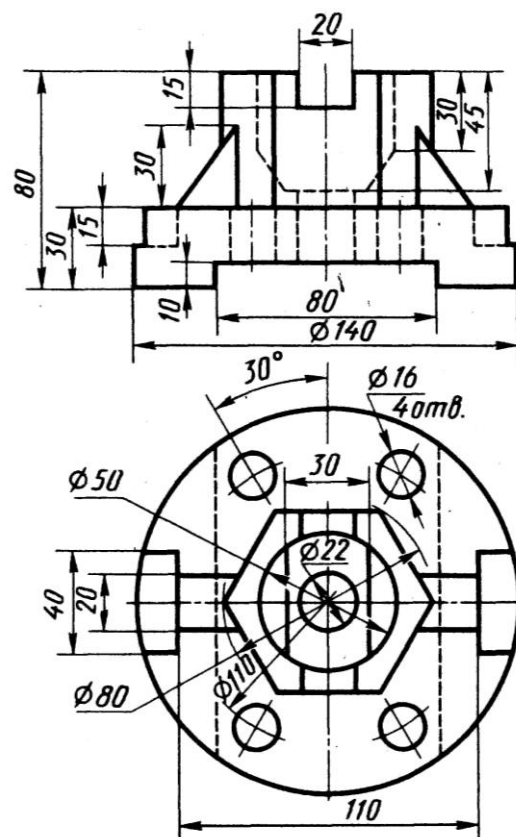
Вариант 20



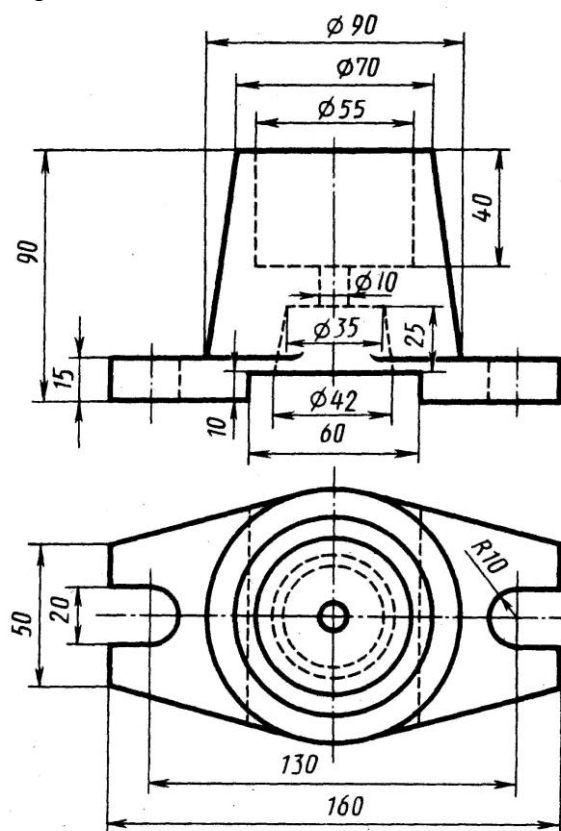
Вариант 21



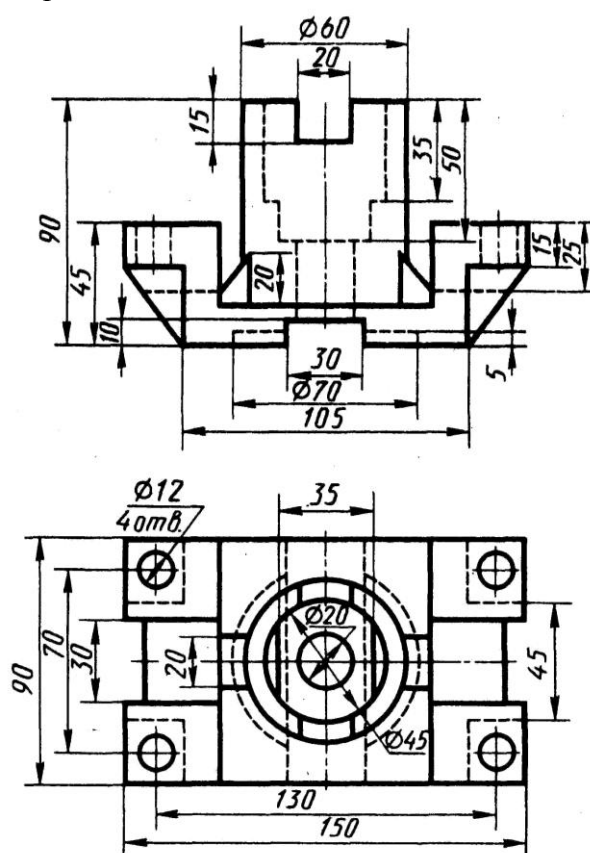
Вариант 22



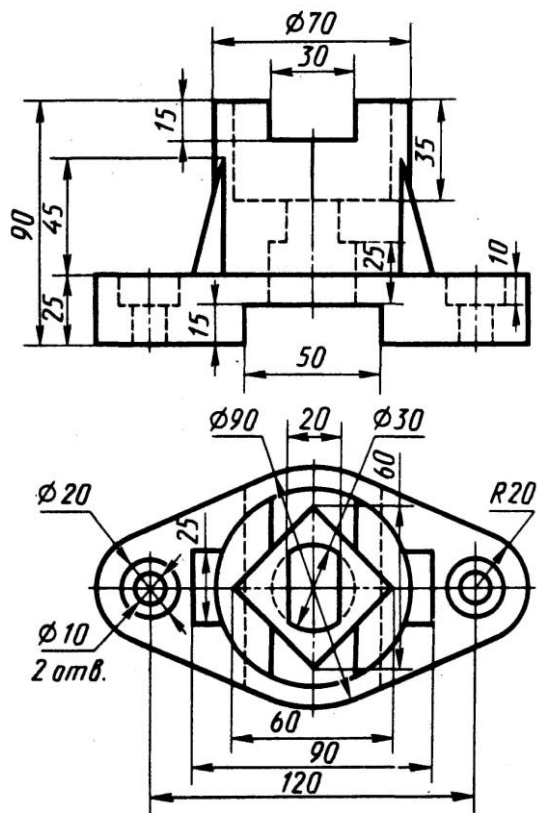
Вариант 23



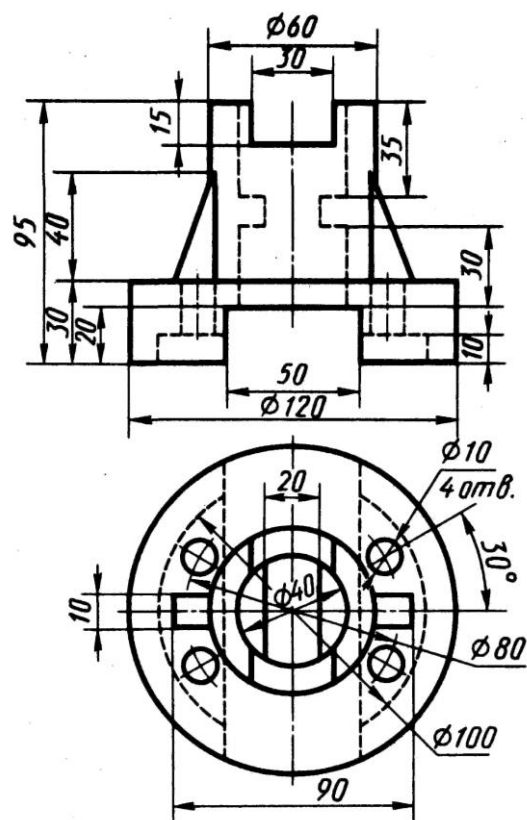
Вариант 24



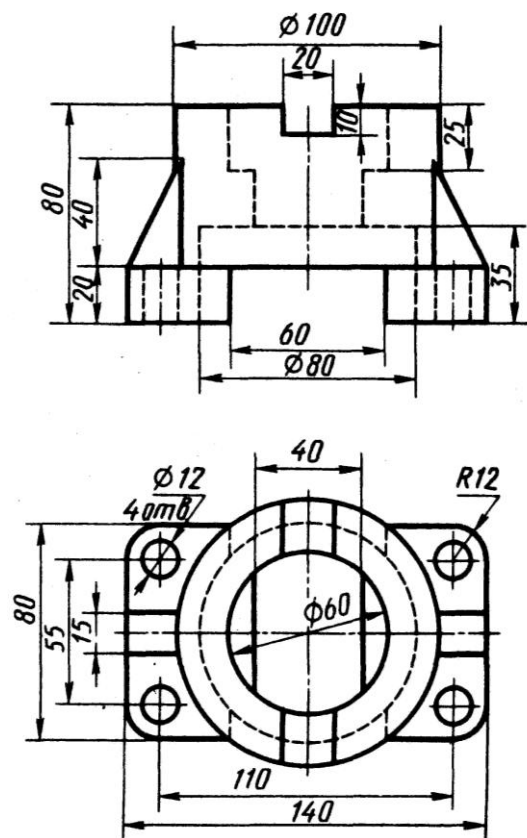
Вариант 25



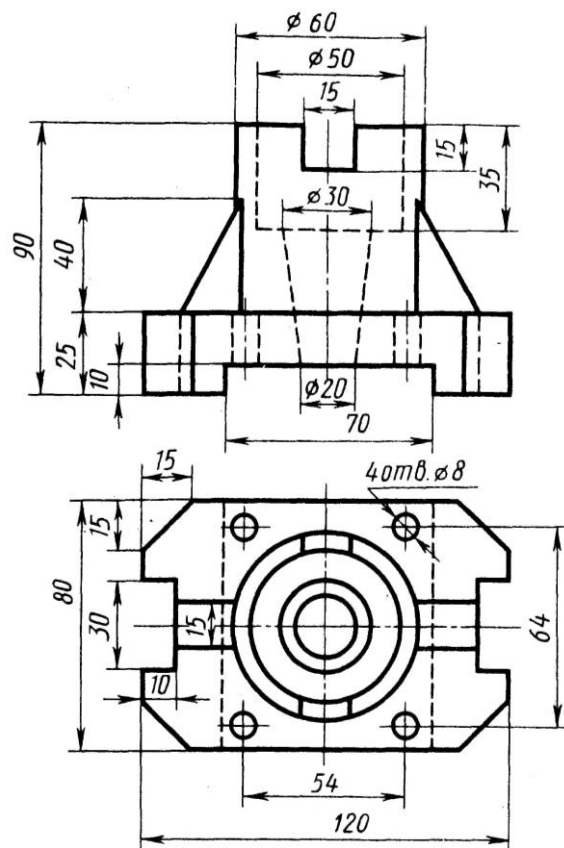
Вариант 26



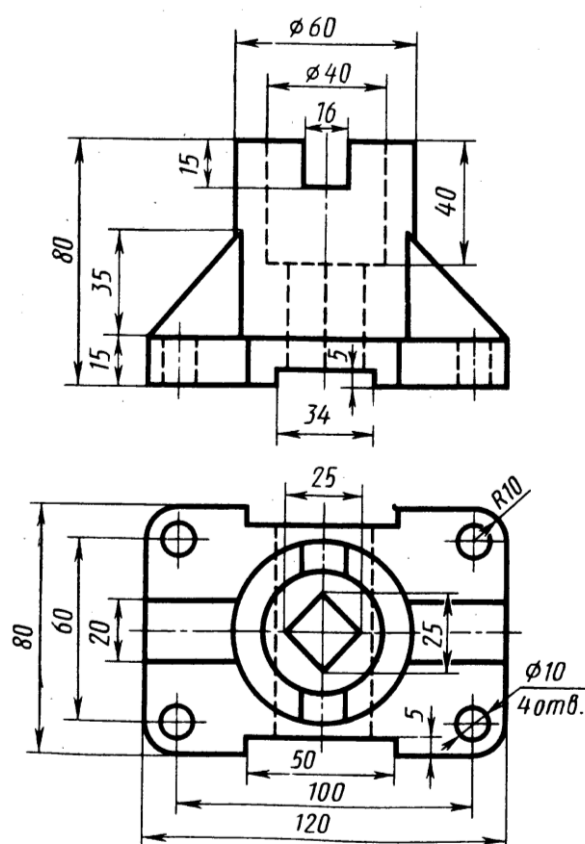
Вариант 27



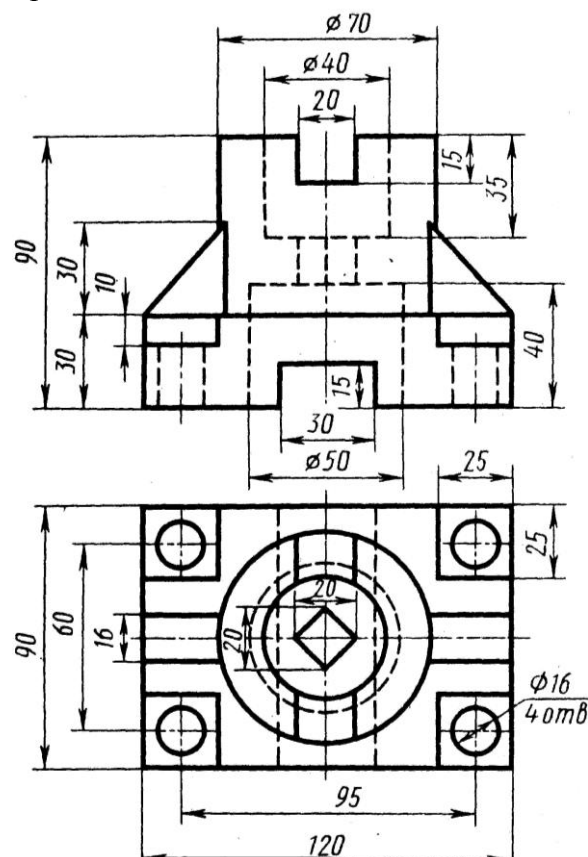
Вариант 28



Вариант 29



Вариант 30



Задание 4. Построение сложных разрезов

По двум видам детали построить ее третий вид и заменить соответствующий вид указанным сложным разрезом, нанести необходимые обозначения и размеры.

Методические указания к выполнению задания

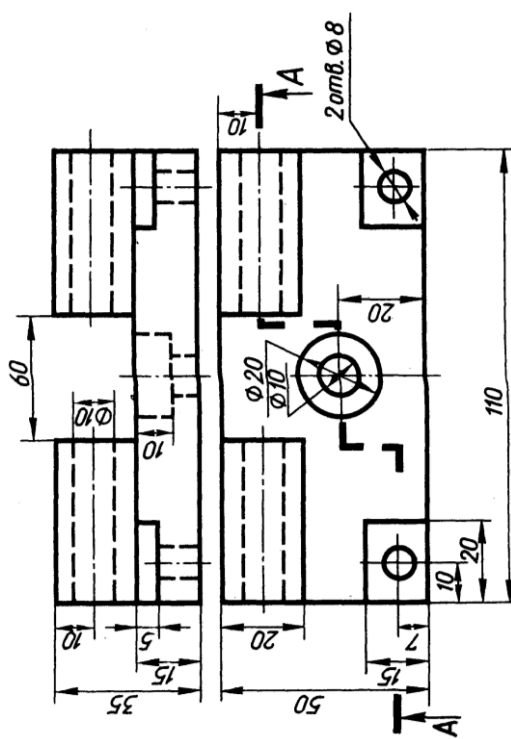
Работа выполняется на листе формата А3, оформляется рамкой, основной надписью формы 1 (по ГОСТ 2.104 – 68*).

Перед выполнением графического задания необходимо изучить теоретический материал, содержащийся в п.п. 1.3., 1.6. и 1.7. настоящего пособия, ознакомиться с конструкцией изделия по ее проекционному чертежу и определить основные геометрические тела, из которых она состоит. Затем в тонких линиях построить недостающий вид, выполнить указанный сложный разрез, разместив его на главном изображении, нанести штриховку и обозначения. В заключение выполняется обводка всех изображений чертежа.

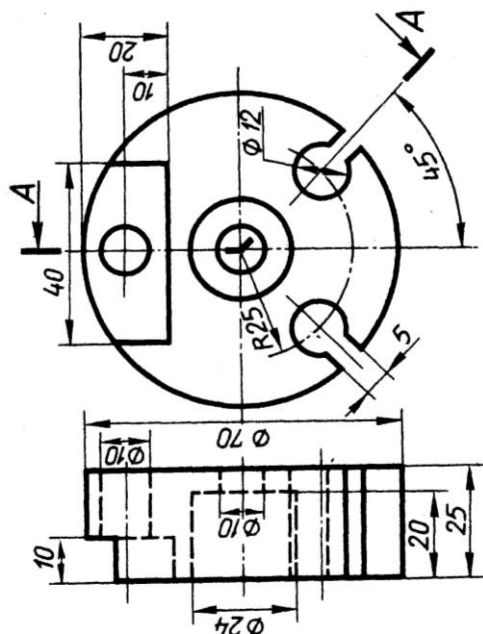
Пример выполнения задания показан на рис. 98.

Варианты задания 4

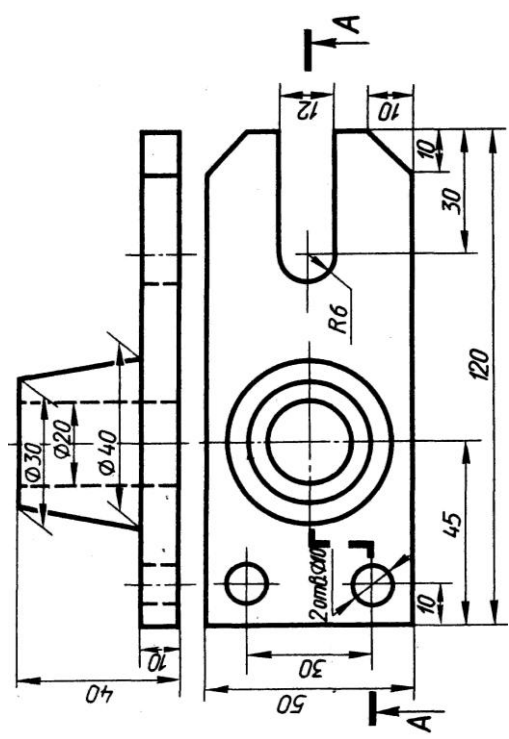
Вариант 1



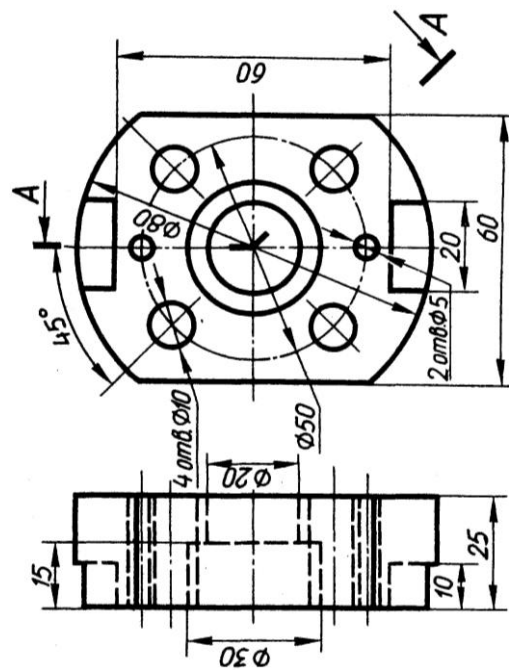
Вариант 2



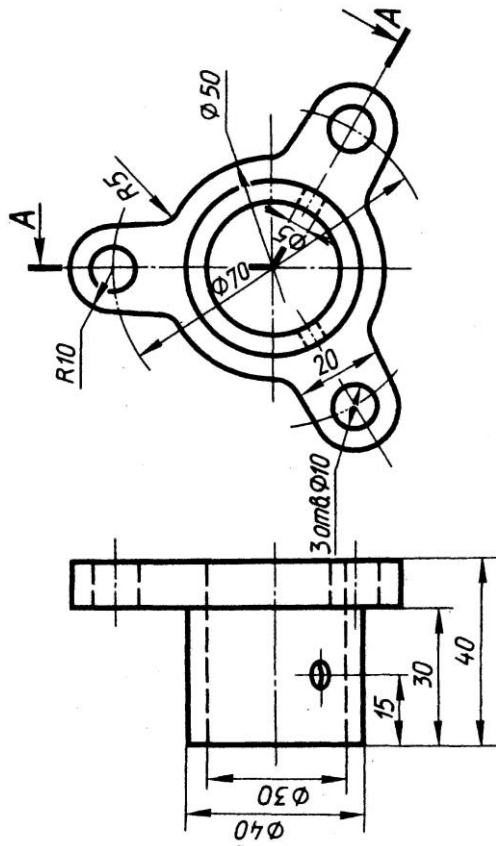
Вариант 3



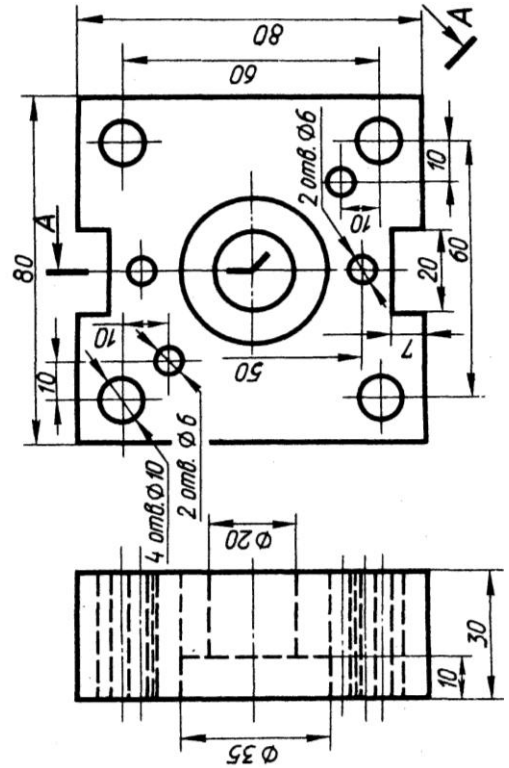
Вариант 4



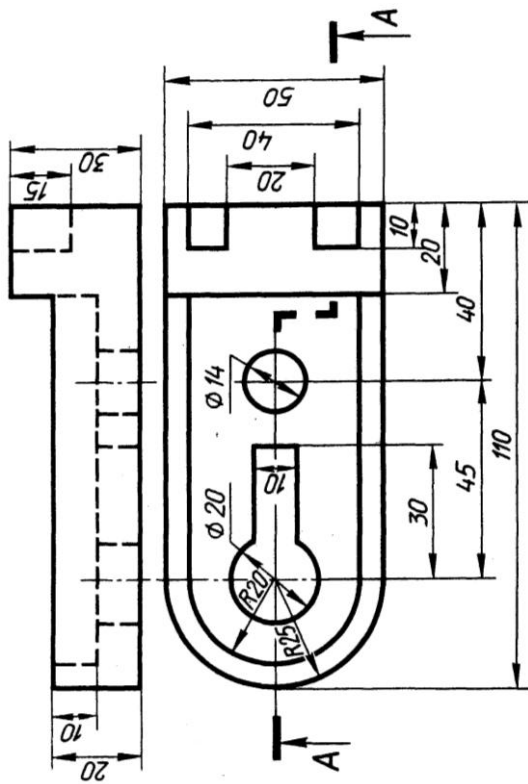
Вариант 6



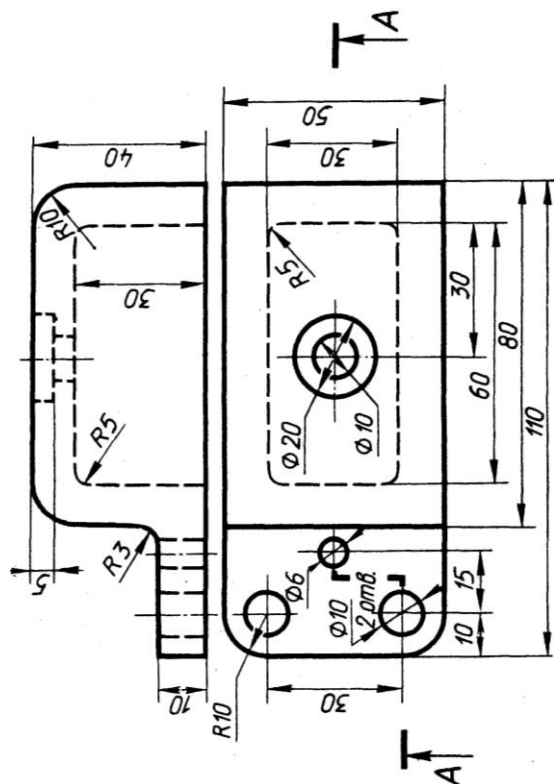
Вариант 8



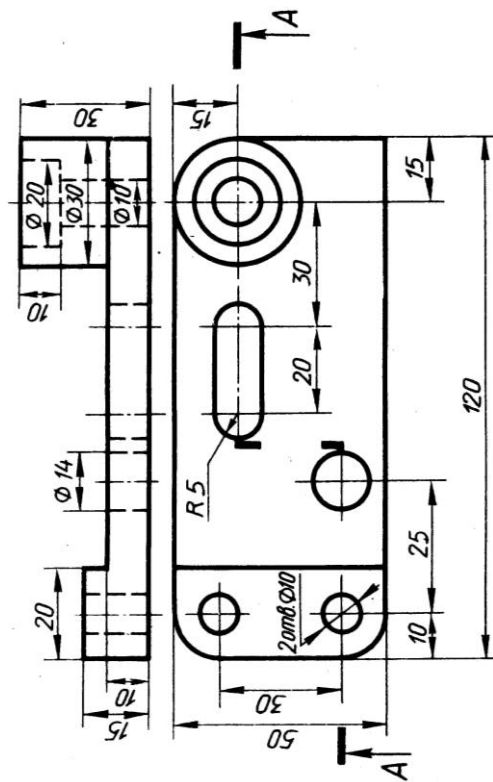
Вариант 5



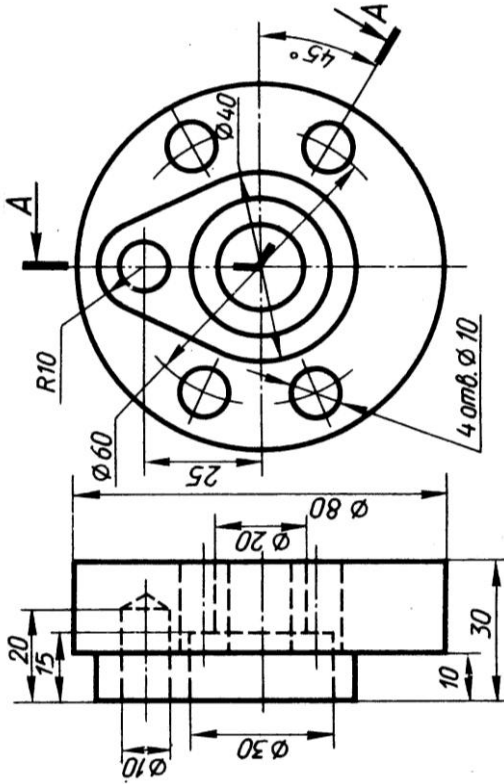
Вариант 7



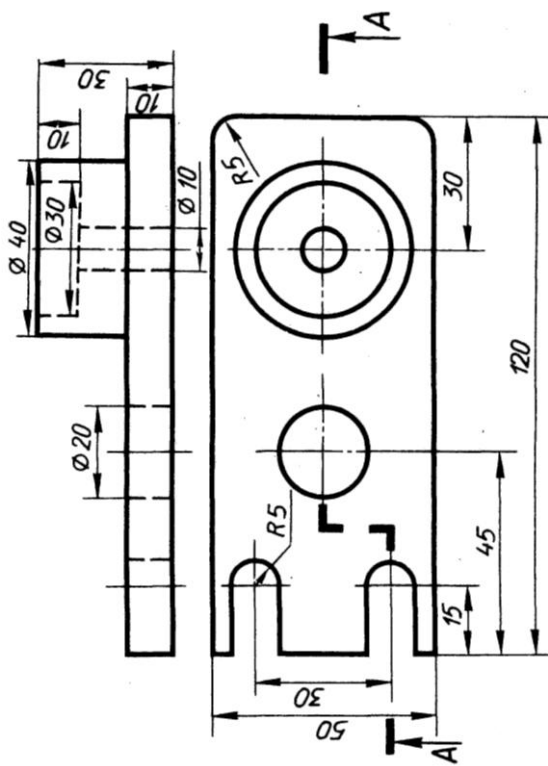
Вариант 9



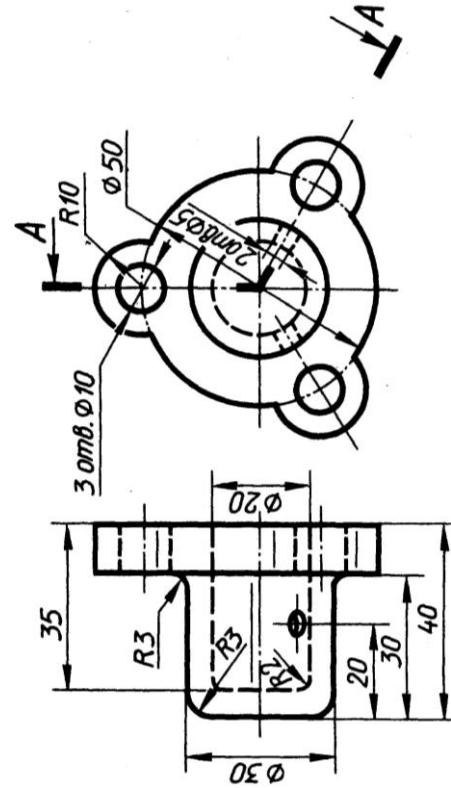
Вариант 10



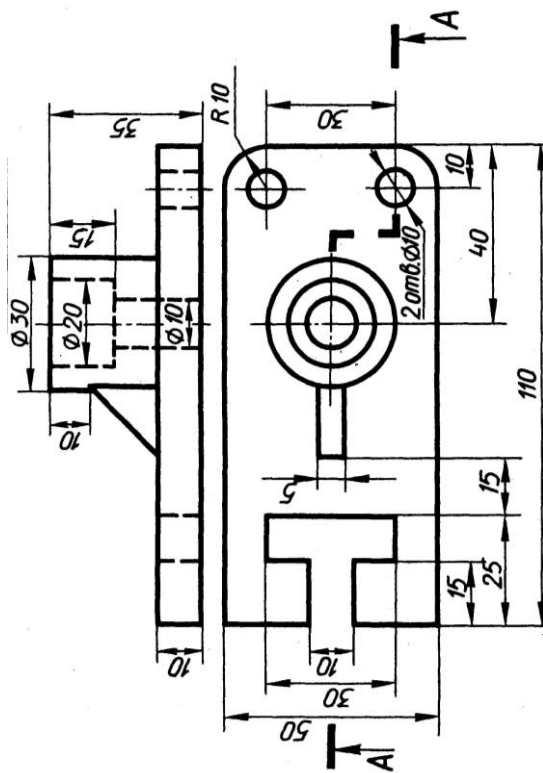
Вариант 11



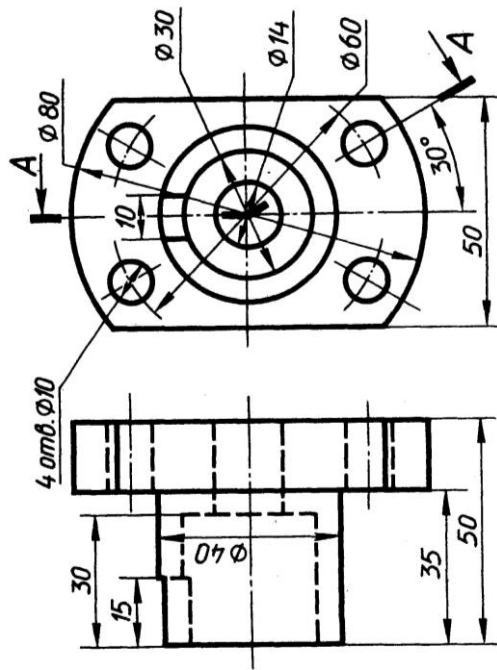
Вариант 12



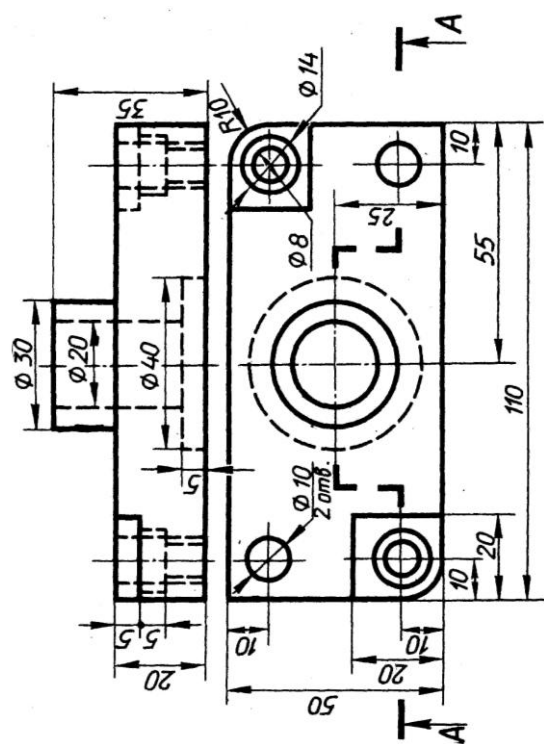
Вариант 13



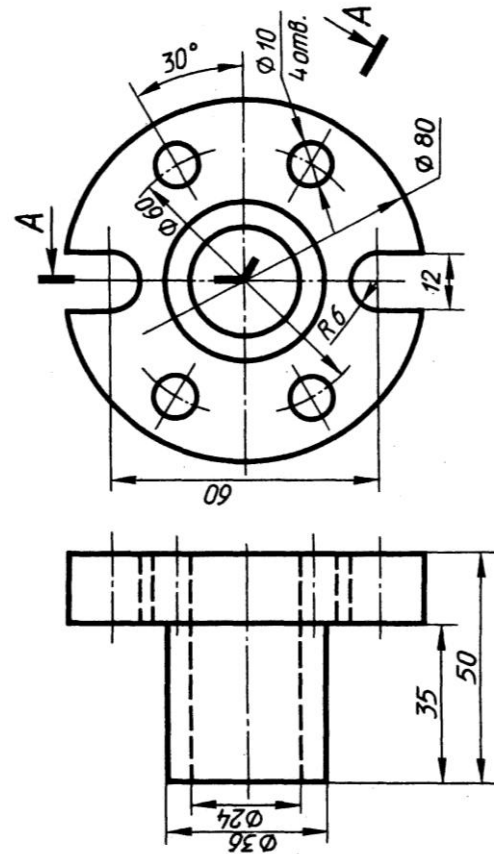
Вариант 14



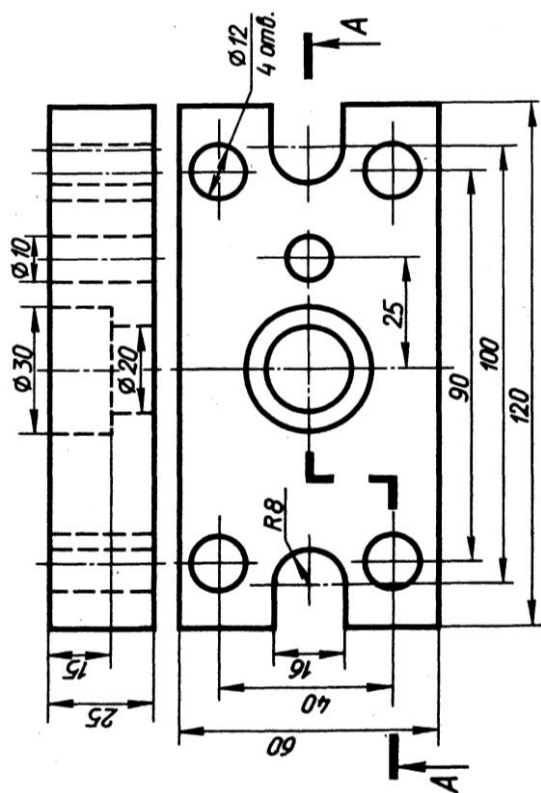
Вариант 15



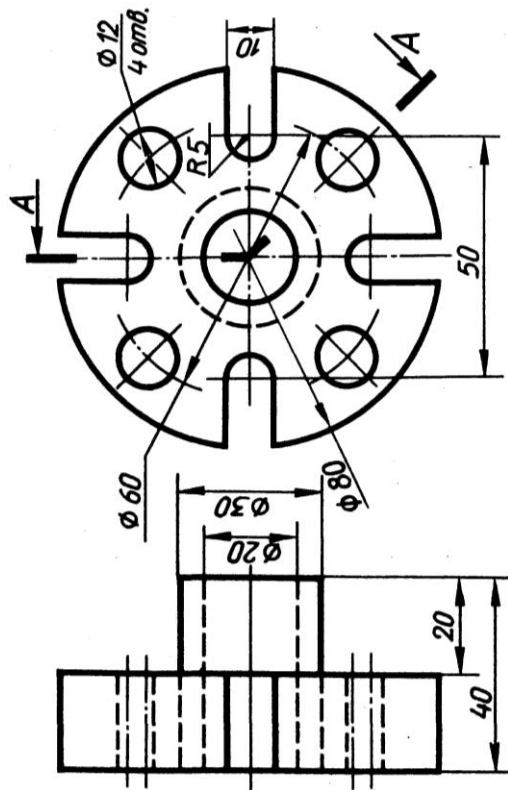
Вариант 16



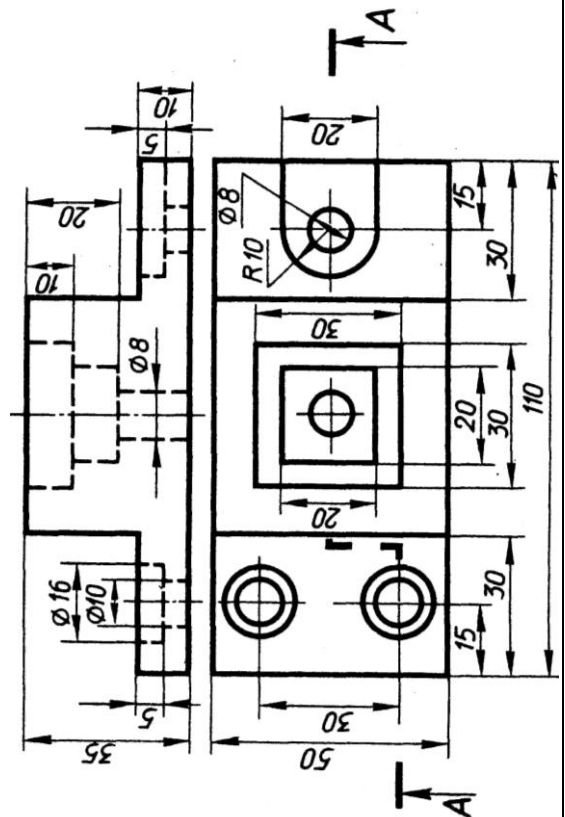
Вариант 17



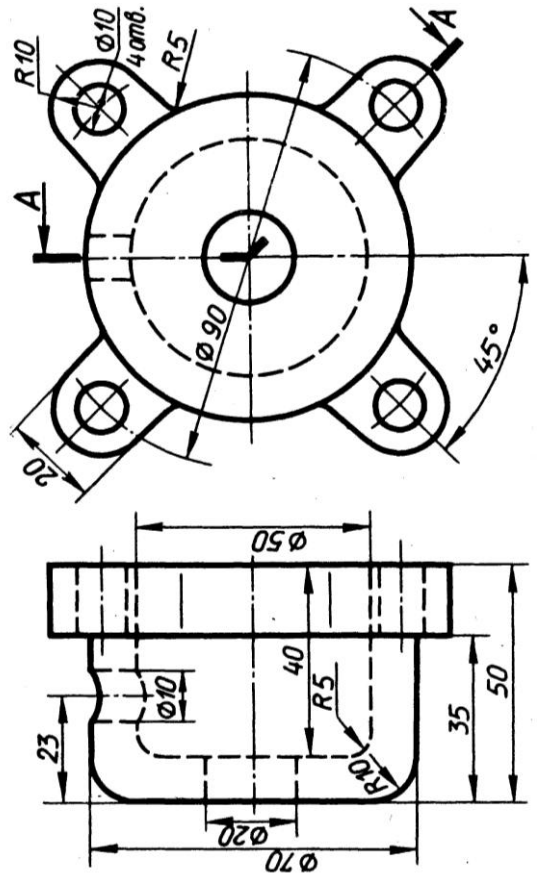
Вариант 18



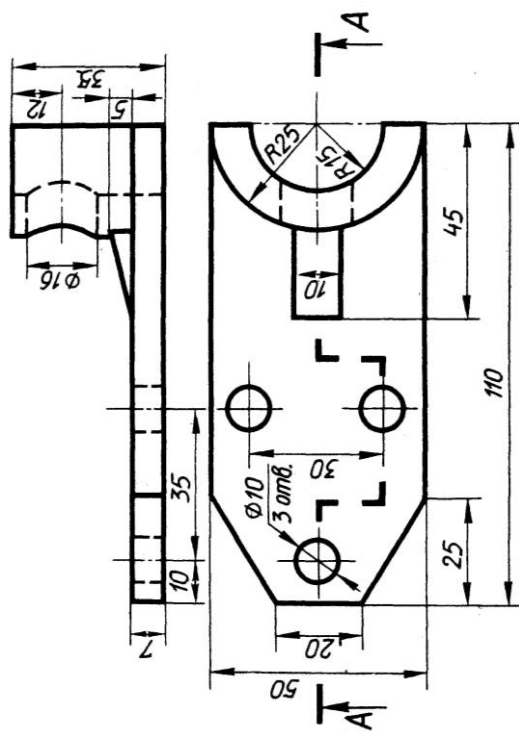
Вариант 19



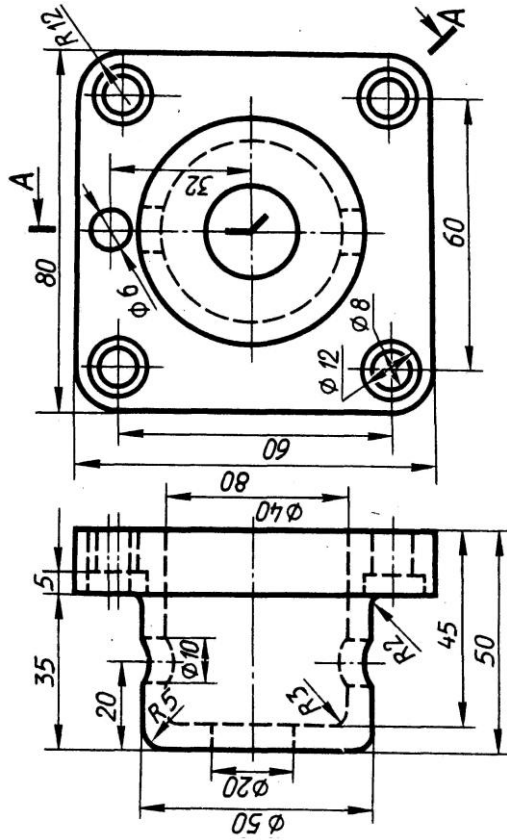
Вариант 20



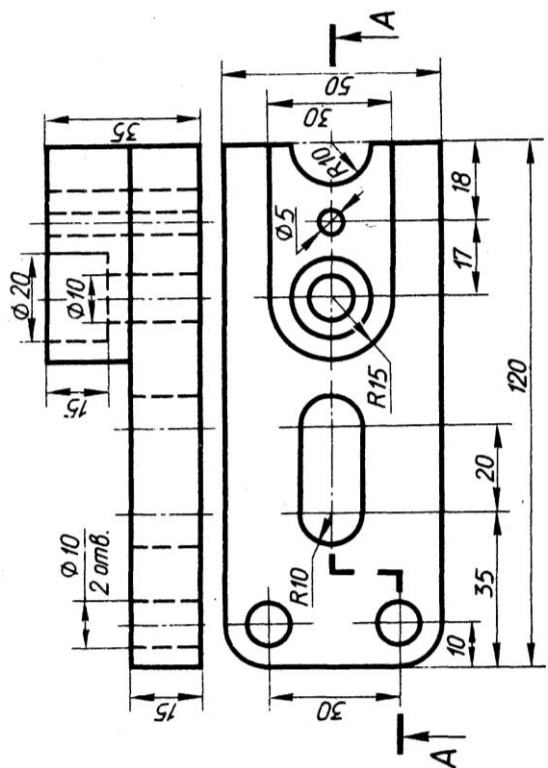
Вариант 25



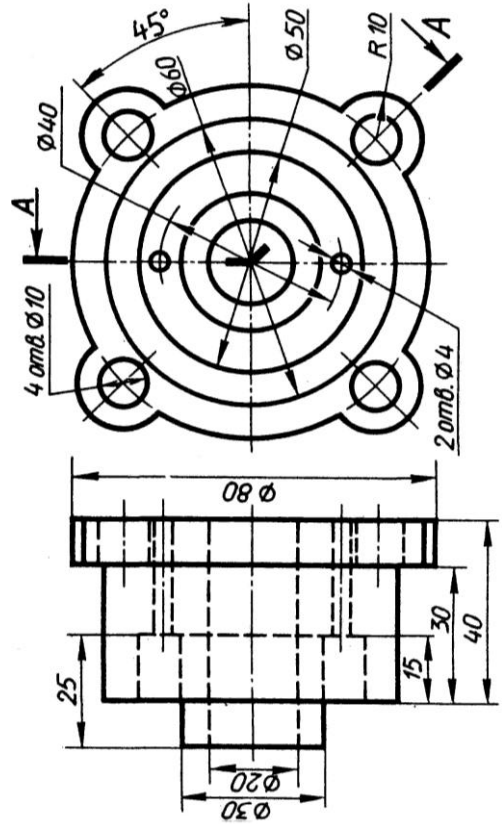
Вариант 26



Вариант 27



Вариант 28



Задание 6. Построение аксонометрической проекции детали

Построить аксонометрическую проекцию детали, выполнить разрез.

Методические указания к выполнению задания

Работа выполняется на одном из форматов предыдущего задания или на отдельном листе формата А3 по усмотрению студента. В последнем случае она оформляется рамкой, основной надписью формы 1 (по ГОСТ 2.104 – 68^{*}). Деталь для построения аксонометрической проекции выбирается преподавателем индивидуально для каждого студента среди одной из деталей, вычерченных при выполнении предыдущих заданий. Вид аксонометрической проекции определяет студент.

Перед выполнением графического задания необходимо изучить теоретический материал, содержащийся в пп. 2.1 – 2.6 настоящего пособия, определить основные геометрические тела из которых состоит изделие, выбрать одну из стандартных аксонометрий, построить аксонометрические оси и выполнить построение аксонометрии детали в тонких линиях. После выполнения аксонометрического изображения определяются плоскости разреза (параллельно аксонометрическим осям), строится разрез и наносится штриховка. После всех необходимых построений выполняется обводка изображений чертежа.

Пример выполнения задания показан на рис. 99.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение отметим, что современные возможности электронно-вычислительной техники, систем программирования и технических средств преобразования и отображения графической информации позволяют переходить от традиционных, ручных методов проектирования к новым компьютерным системам разработки и выполнения конструкторской документации.

К сожалению, в настоящее время все больше распространяется суждение о том, что изучение традиционных приемов выполнения графической документации теряет свою актуальность и целесообразность. Действительно, ручные методы черчения все больше отходят на второй план, уступая место более производительному и точному автоматизированному проектированию, но применение этих систем невозможно без наличия пространственного воображения, умения читать конструкторскую документацию, находить верные проектные решения. Этот фундамент и закладывается при изучении начертательной геометрии и инженерной графики, позволяющих подготовить основу для автоматизации проектных и конструкторских работ. При этом любой инженер обязан мастерски владеть одним из важнейших и наиболее информативных языков техники – языком чертежа.

ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

*Методические указания
к проведению практических работ*

Составитель : Перевай Татьяна Анатольевна

В авторской редакции

Изд. № 11/2023. Объем 6,25 п.л. Усл. печ. л. 5,81. Уч.-изд. л. 6,13.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»