Металлообработка

ACADEMIA

А. М. Бродский, Э. М. Фазлулин,
В. А. Халдинов

ТЕХНИЧЕСКАЯ ГРАФИКА (МЕТАЛЛООБРАБОТКА)

Начальное профессиональное образование

Учебник

соответствует ФГОС

А.М.БРОДСКИЙ, Э.М.ФАЗЛУЛИН,
В.А.ХАЛДИНОВ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ГРАФИКА

(МЕТАЛЛООБРАБОТКА)

УЧЕБНИК

Рекомендовано
Федеральным государственным автономным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы начального профессионального
образования по всем профессиям технического профиля

Регистрационный номер рецензии 506
от 23 декабря 2011 г. ФГАУ «ФИРО»

ACADEMIA

Москва
Издательский центр «Академия»
2013

УДК 744(075.32)
ББК 30.11я722
Б881

Авторы:

А. М. Бродский — гл. 1 и 2; В. А. Халдинов — гл. 3;
Э. М. Фазлулин — гл. 4 и 5.

Рецензент —

преподаватель специальных дисциплин ГОУ СПО «Политехнический колледж № 8 имени дважды Героя Советского Союза И. Ф. Палова» г. Москвы, канд. хим. наук, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники *В. А. Прохоров*

Бродский А. М.

Б881 Техническая графика (металлообработка) : учебник для нач. проф. образования / А. М. Бродский, Э. М. Фазлулин, В. А. Халдинов. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 336 с.

ISBN 978-5-7695-9230-0

Приведены приемы наиболее часто встречающихся геометрических построений, основные положения начертательной геометрии, общие правила выполнения чертежей, правила выполнения чертежей некоторых машиностроительных деталей и их соединений, а также различных схем.

Учебник может быть использован при освоении общепрофессиональной дисциплины ОП «Техническая графика» по профессиям, связанным с металлообработкой.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

УДК 744(075.32)
ББК 30.11я722

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

ISBN 978-5-7695-9230-0

© Бродский А. М., Фазлулин Э М., Халдинов В. А., 2013
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2013
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2013

Уважаемый читатель!

Данный учебник является частью учебно-методического комплекта по профессиям, связанным с металлообработкой.

Учебник предназначен для изучения общепрофессиональной дисциплины ОП «Техническая графика».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и общепрофессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Учебно-методический комплект разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта начального профессионального образования с учетом его профиля.

Глава 1

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

1.1. ПОСТРОЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРЯМЫХ

На практике довольно часто приходится выполнять некоторые простейшие геометрические построения. Это необходимо не только при составлении чертежа, но и при выполнении разметки перед изготовлением детали, а также при подготовке инструмента для ее контроля в процессе обработки и эксплуатации. Овладение черчением следует начинать со знакомства с приемами достаточно точных геометрических построений.

Пусть имеются прямая *MN* (рис. 1.1) и точка *C*, не лежащая на этой прямой. Требуется через точку *C* провести прямую, параллельную прямой *MN*.

На прямой *MN* выделяют произвольный отрезок *AB*. Из точки *C*, как из центра, проводят дугу окружности радиусом R_1, равным отрезку *AB*, а из точки *B* — дугу окружности радиусом R_2, рав-

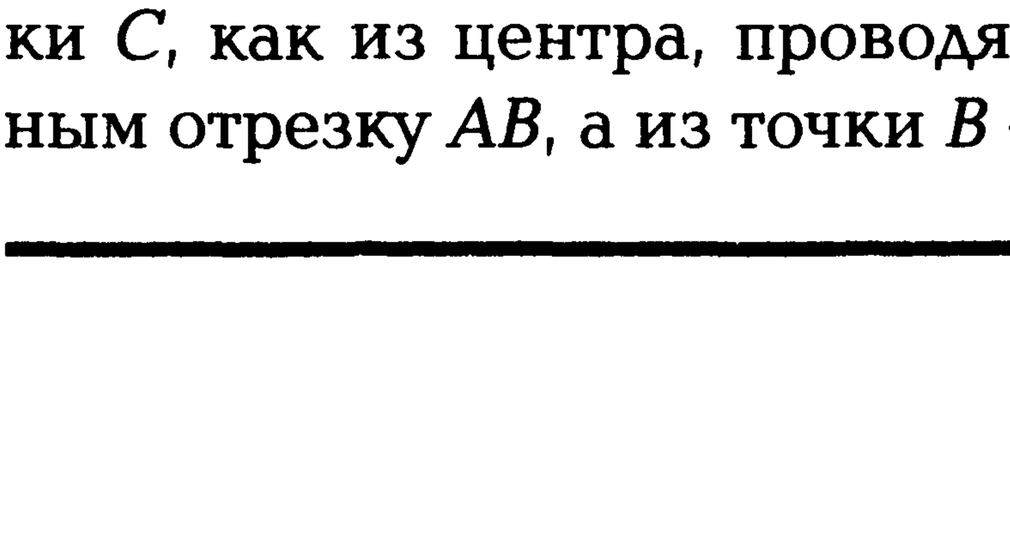


Рис. 1.1

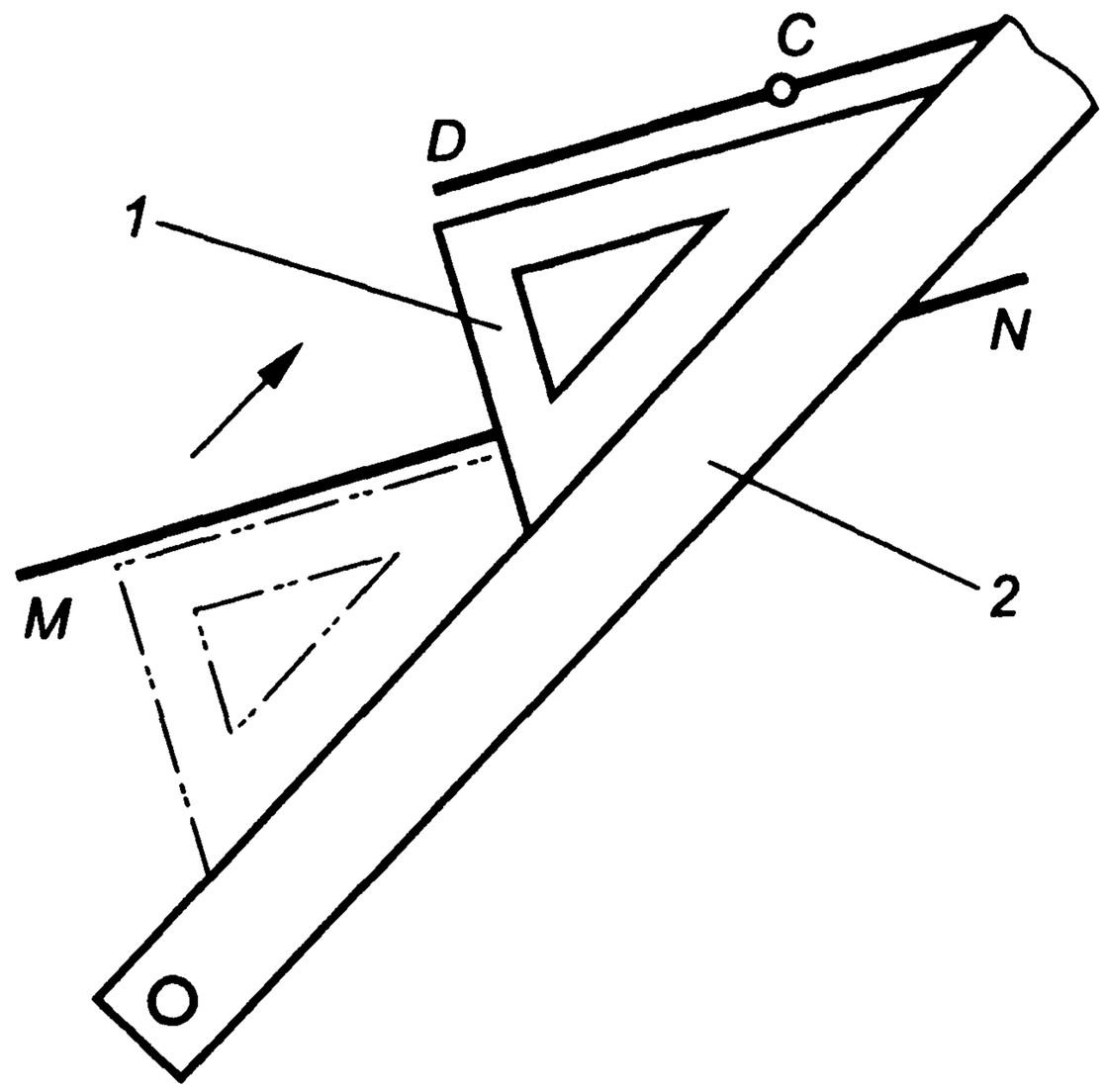


Рис. 1.2

ным отрезку AC. Пересечение двух дуг в точке D позволяет провести прямую CD, параллельную прямой MN.

Построение основано на свойствах параллелограмма, противоположные стороны которого, как известно, равны и параллельны. Действительно, $CD = AB$, а $BD = AC$. Следовательно, четырехугольник $ACDB$ — параллелограмм, а $CD \parallel AB$.

На практике проведение прямой, параллельной заданной, часто осуществляется с помощью чертежных инструментов: двух угольников или линейки и угольника. Например, имея угольник и линейку, построение производят следующим образом. Одну из сторон угольника *1* (рис. 1.2) располагают вдоль прямой MN, а к другой его стороне прикладывают линейку *2*. Сдвигают угольник вдоль линейки, и при совмещении стороны угольника с точкой C проводят прямую CD.

1.2. ПОСТРОЕНИЕ ВЗАИМНО-ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПРЯМЫХ

Пусть имеется прямая AB (рис. 1.3) и принадлежащая ей точка C. Требуется провести через точку C прямую, перпендикулярную к прямой AB.

Из точки C дугой окружности с произвольным радиусом R_1 на прямой AB откладывают два равных отрезка: CD и CE. Из точек D и E, как из центров, проводят две дуги окружности радиусом R_2, размер которого несколько больше, чем длина отрезка $CD = CE$. Пересечение дуг в точке N позволяет провести перпендикуляр CN к прямой AB. Вторая точка пересечения дуг — точка M — может служить для контроля точности построения.

Построение основано на свойствах равнобедренного треугольника, в котором, как известно, медиана, проведенная к основанию, является и высотой. Рассмотрев треугольник DEN, можно утверждать, что он равнобедренный ($DN = EN = R_2$), а точка C делит его основание DE пополам ($CD = CE = R_1$). Следовательно, CN — медиана (и высота) треугольника DEN.

Если условия не позволяют отложить от заданной точки C на прямой AB достаточные по размеру отрезки в обе стороны, то можно использовать другой прием.

Пусть задан отрезок AB (рис. 1.4) и принадлежащая ему точка C. Требуется провести перпендикуляр к отрезку AB, проходящий через точку C.

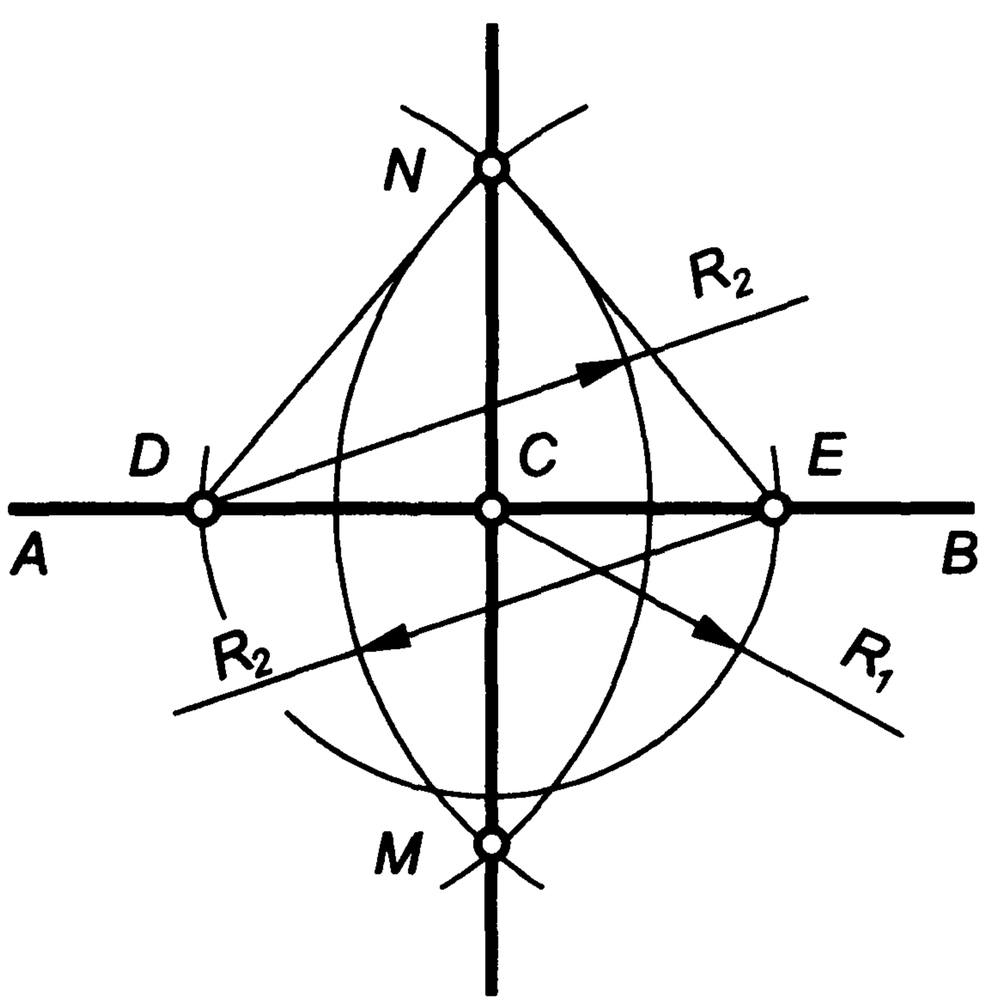


Рис. 1.3

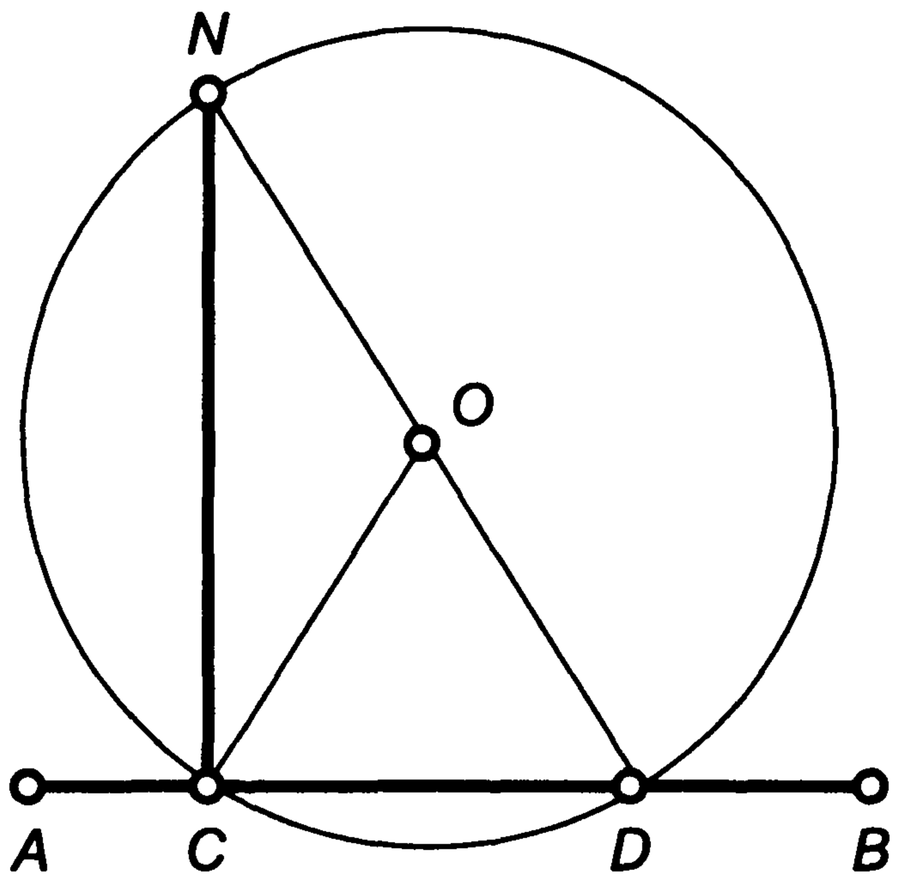


Рис. 1.4

Точка *C* располагается близко к концу *A* этого отрезка. Если нельзя продолжить отрезок *AB*, то использование рассмотренного ранее приема проведения перпендикуляра невозможно или оно даст очень неточный результат. В этом случае произвольно выбирают точку *O*, из которой, как из центра, проводят окружность радиусом *OC*. Пересечение окружности с отрезком *AB* определяет положение точки *D*, через которую проводят диаметр *DN* окружности, и точку *N* соединяют с точкой *C*. Отрезок *CN* — искомый перпендикуляр к отрезку *AB*.

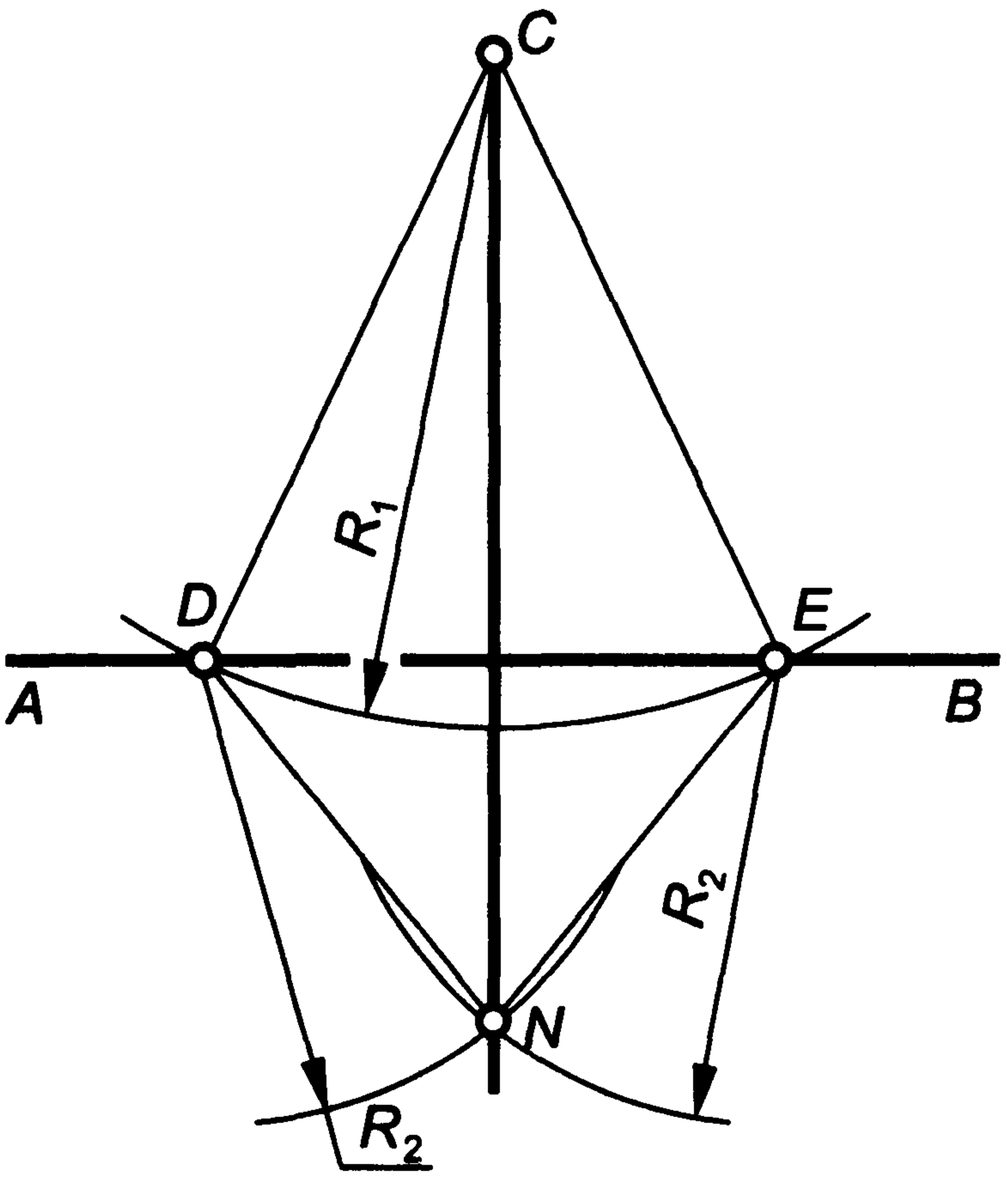


Рис. 1.5

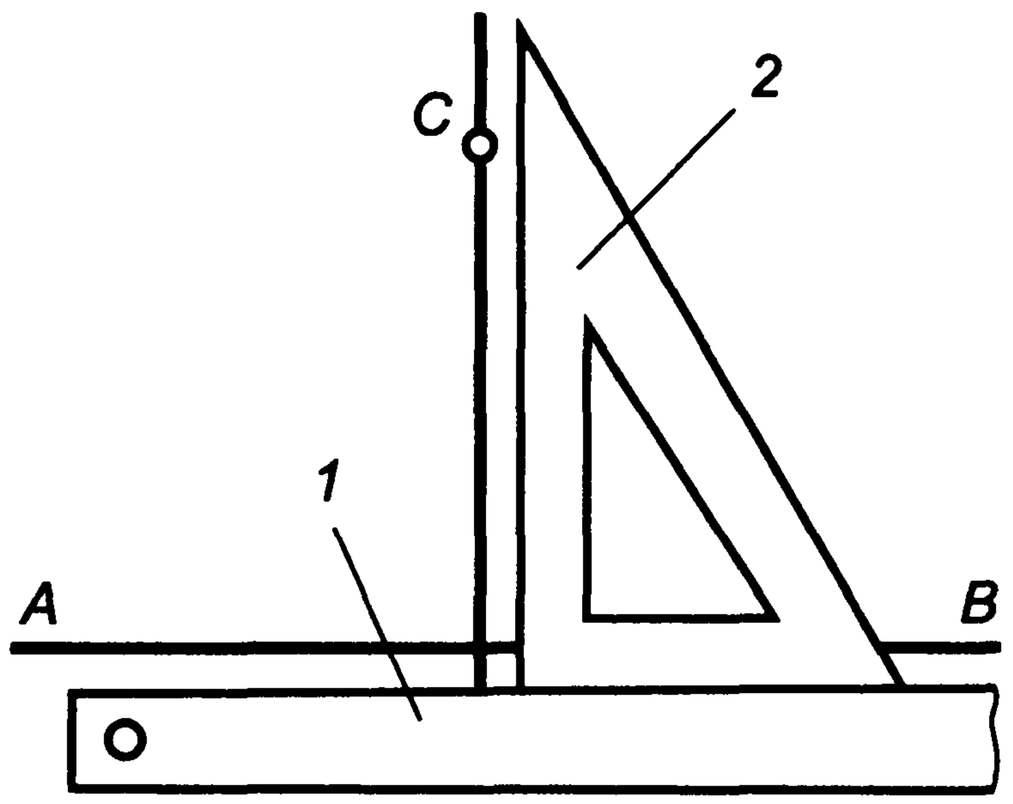


Рис. 1.6

Угол NCD является прямым, так как вписан в окружность с центром в точке O и опирается на диаметр DN.

Если необходимо провести перпендикуляр к прямой AB (рис. 1.5) из точки C, не принадлежащей прямой AB, поступают следующим образом.

Из точки C, как из центра, проводят дугу окружности радиусом R_1, размер которого несколько больше, чем расстояние от точки C до прямой AB. Пересечение дуги с прямой AB определяет положение точек D и E, из которых, как из центров, проводят дуги окружностей произвольным радиусом R_2. Пересечение этих дуг дает точку N, которую соединяют с точкой C. Отрезок CN — искомый перпендикуляр к прямой AB.

Из равенства треугольников CDN и CEN ($CD = CE = R_1$, $DN = EN = R_2$, CN — общая сторона) следует, что CN — биссектриса угла DCE. При этом в равнобедренном треугольнике CDE ($CD = CE$) биссектриса является и высотой, т. е. прямая CN перпендикулярна к прямой AB.

При построении перпендикуляра к прямой можно использовать чертежные инструменты: два угольника или угольник и линейку. Например, для проведения перпендикуляра через точку C (рис. 1.6) к прямой AB следует линейку *1* ориентировать вдоль прямой AB, а угольник *2* приложить к линейке одним из катетов, совместив его второй катет с точкой C.

Упражнение. Из точки C, произвольно расположенной вне прямой AB, с помощью линейки и угольника опустить перпендикуляр на прямую AB. Проверить точность построения с помощью циркуля и линейки.

1.3. ДЕЛЕНИЕ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ

Пусть необходимо разделить отрезок AB (рис. 1.7) пополам.

Для этого из концов A и B отрезка, как из центров, следует провести дуги окружностей радиусом R, размер которого должен быть несколько больше, чем половина длины отрезка AB, а точки M и N пересечения дуг соединить прямой. Точка C пересечения прямой MN с прямой AB разделит заданный отрезок пополам.

Точка C является точкой пересечения диагоналей ромба $AMBN$, которая, как известно, делит их пополам.

Пусть отрезок AB (рис. 1.8) необходимо разделить точкой C таким образом, чтобы размеры полученных участков находились в

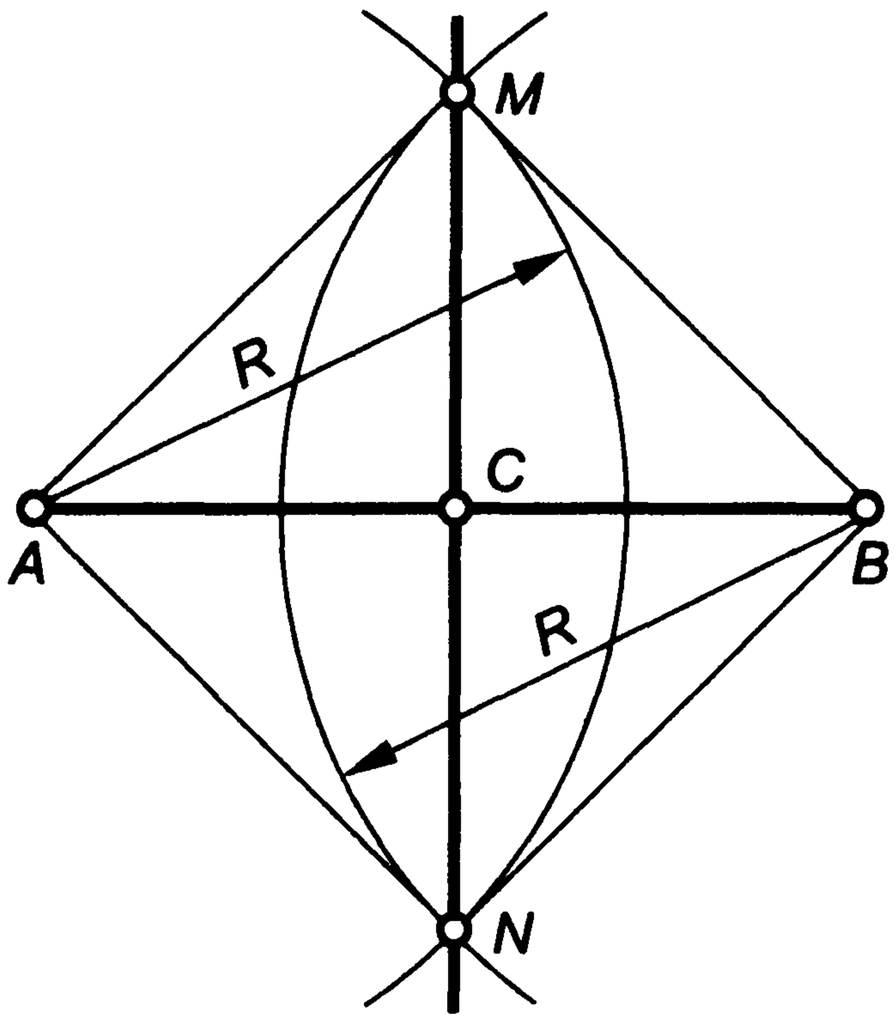


Рис. 1.7

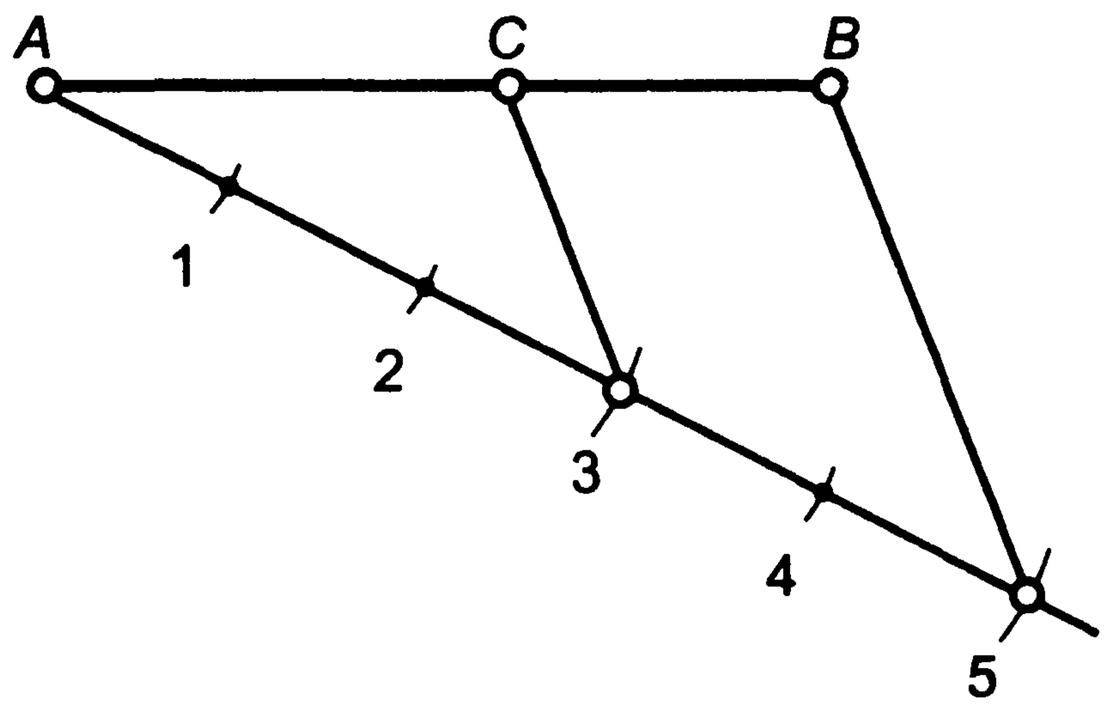


Рис. 1.8

некотором заданном отношении, например в отношении 3 : 2, считая от точки *A*.

Через точку *A* под произвольным углом к *AB* проводят луч, на котором откладывают требуемое число произвольных по размеру, но равных между собой отрезков. В рассматриваемом примере таких отрезков должно быть пять (3 + 2). Конец последнего отрезка (точку *5*) нужно соединить с точкой *B*, и из точки на луче, соответствующей заданному отношению (точки *3*), провести прямую, параллельную прямой *B5*. Пересечение луча, исходящего из точки *3*, с отрезком *AB* определяет положение точки *C*, которая делит отрезок *AB* в отношении $AC : CB = 3 : 2$.

Построение основано на известном положении: при пересечении сторон угла параллельными прямыми на его сторонах отсекаются пропорциональные отрезки.

Упражнение. Отрезок *AB*, равный 60 мм, разделить точкой *C* в отношении $AB : CD = 3 : 4$.

1.4. ПОСТРОЕНИЕ УГЛОВ

Пусть требуется построить угол с вершиной в точке *B* (рис. 1.9), составляющий 35° с лучом *BC*.

Один из возможных вариантов решения задачи — использование транспортира. Совместив обозначенную на транспортире точку с вершиной *B* и направив его прямолинейную сторону вдоль луча

BC, по шкале с делениями, отмечают точку, через которую должна пройти вторая сторона угла. Убрав транспортир, проводят луч *BA*.

С помощью транспортира можно построить любой угол от 0 до 360°. Если заданный угол превышает 180°, то по транспортиру отмечают угол, составляющий в сумме с углом 180° требуемое значение. Например, если необходимо построить угол, равный 215°, то его представляют как сумму углов 180 и 35°.

Значение угла может быть задано графически. Пусть требуется на прямой *FG* (рис. 1.10) построить угол с вершиной в точке *O*, равный углу *ABC*.

Из точек *B* и *O*, как из центров, следует провести дуги окружностей с произвольными равными радиусами *R*. Дуга, проведенная из точки *B*, пересекает стороны угла в точках *D* и *E*, а дуга, проведенная из точки *O*, — в точках *K* и *L*. Измерив циркулем длину хорды *DE*, проведем дуги окружностей радиусом *DE* из точек *K* и *L* до пресечения их с окружностью с центром в точке *O*. Точки пересечения *M*, *N*, *P* и *Q* определяют направления сторон углов *MOL*, *LON*, *QOK* и *KOP*, равных по значению заданному углу *ABC*. Таким образом, задача имеет четыре решения. Для получения однозначного решения в условии задачи необходимо уточнить положение искомого угла относительно прямой *FG*.

Равенство заданного и построенных углов следует из равенства треугольников *ABC* и, например, *MOL* (*BD* = *BE* = *OM* = *ON* = *R*, а *DE* = *ML*).

Достаточно точно можно разделить угол пополам или на любое четное число частей. Пусть угол *ABC* (рис. 1.11), равный α, необходимо разделить пополам.

Из вершины *B* угла, как из центра, проводим дугу окружности с произвольным радиусом R_1, которая пересечет стороны этого угла в точках *D* и *E*. Из этих точек, как из центров, проведем дуги окружностей с равными произвольными радиусами R_2. Пересече-

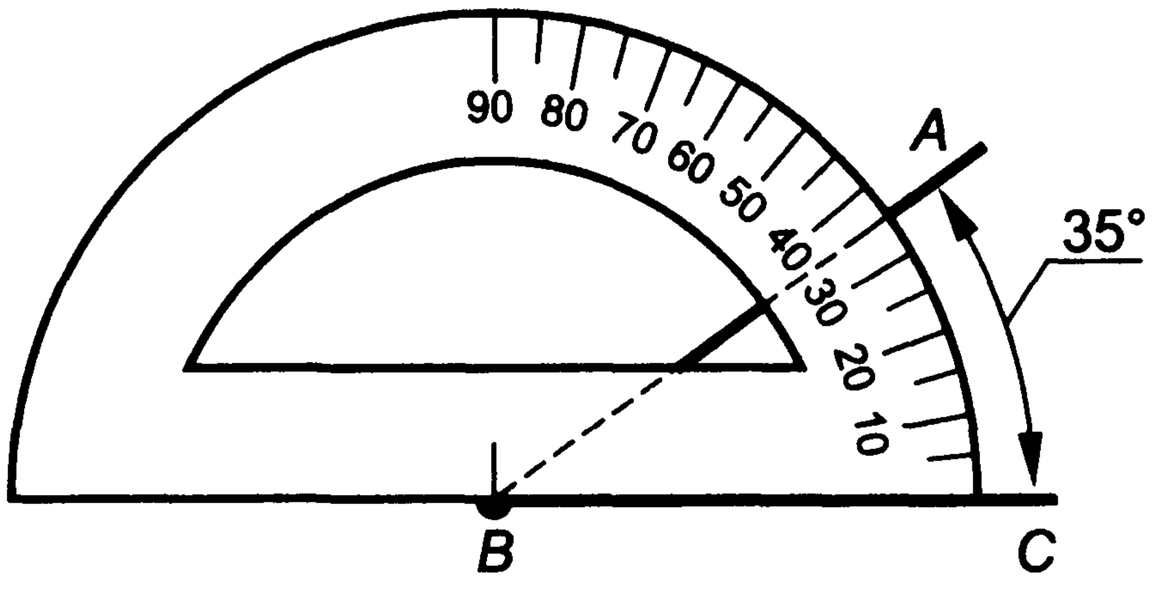


Рис. 1.9

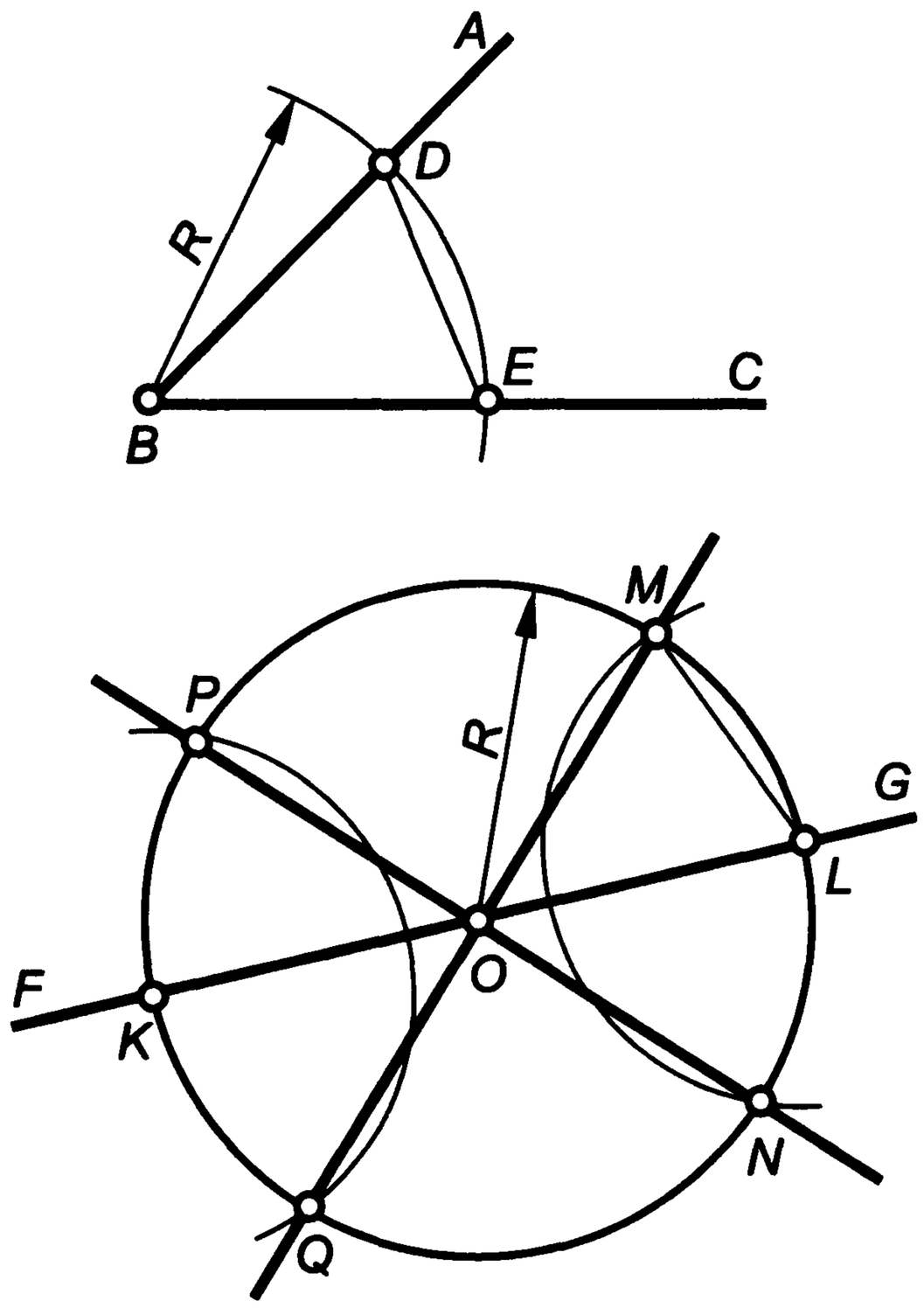


Рис. 1.10

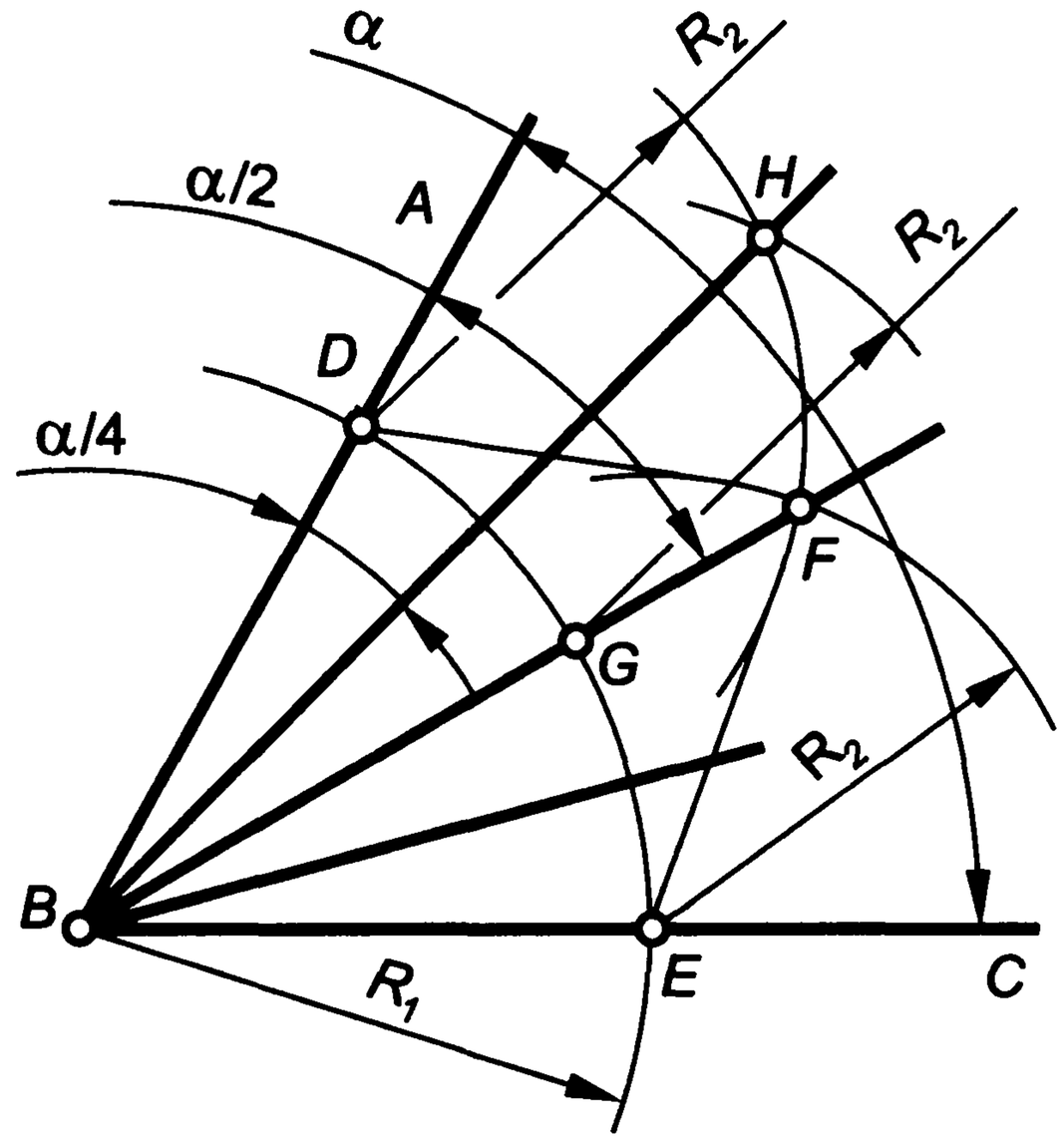


Рис. 1.11

ние этих дуг в точке F позволит провести биссектрису BF угла ABC и получить углы ABF и FBC, равные $\alpha/2$.

Равенство углов ABF и FBC следует из равенства треугольников BDF и BEF ($BD = BE = R_1$, $DF = EF = R_2$, а сторона BF — общая).

Используя точки D и G пересечения дуги радиусом R_1 с лучом BF, можно аналогично разделить пополам угол ABF, получив при этом углы ABH и HBF, равные $\alpha/4$. При построении точки H удобно использовать дуги окружностей радиусом R_2.

1.5. ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ НА РАВНЫЕ ЧАСТИ, ПОСТРОЕНИЕ ПРАВИЛЬНЫХ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

Деление окружности на 4 и 8 частей

Концы взаимно-перпендикулярных диаметров AC и BD (рис. 1.12) делят окружность с центром в точке O на четыре равные части. Соединив концы этих диаметров, получим квадрат $ABCD$.

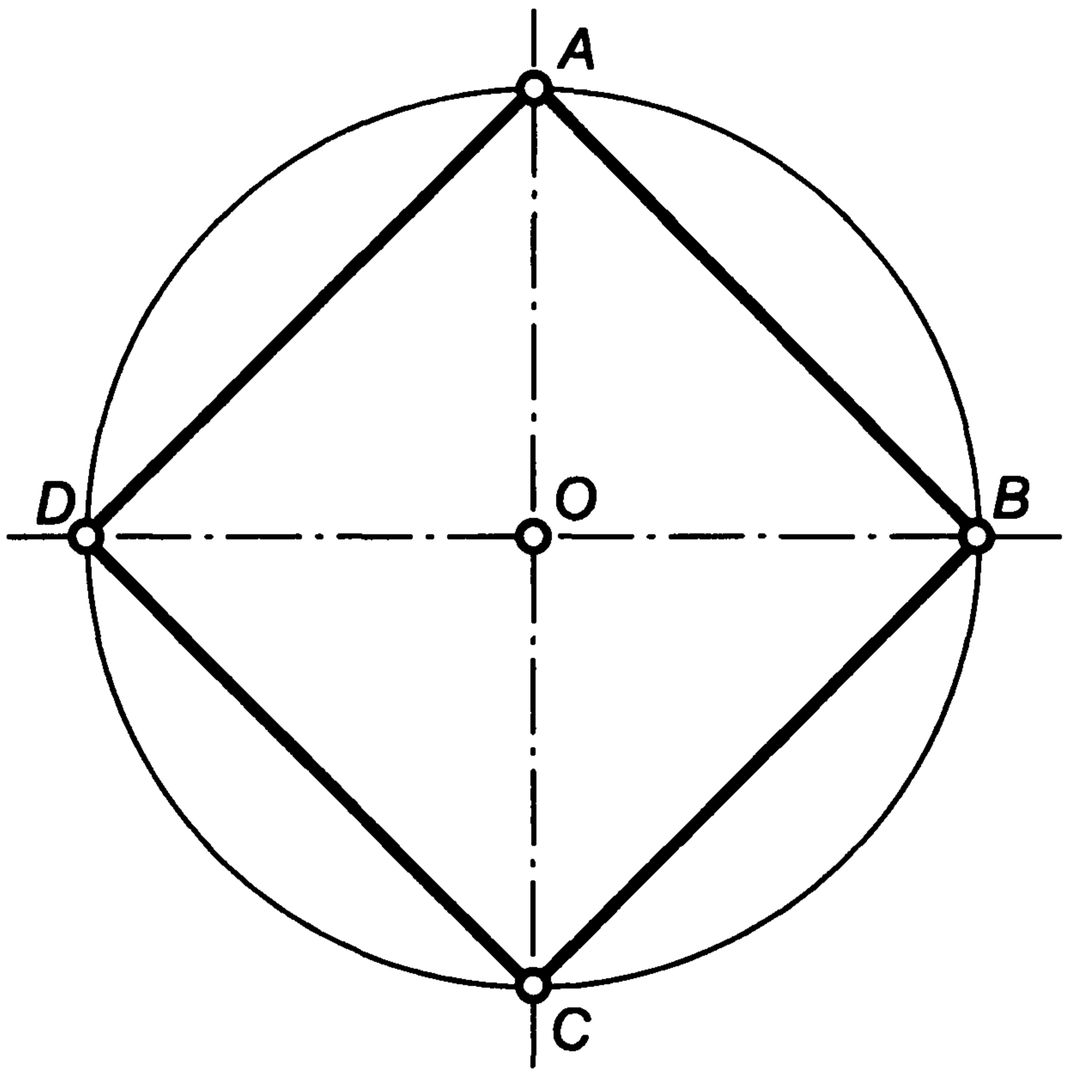


Рис. 1.12

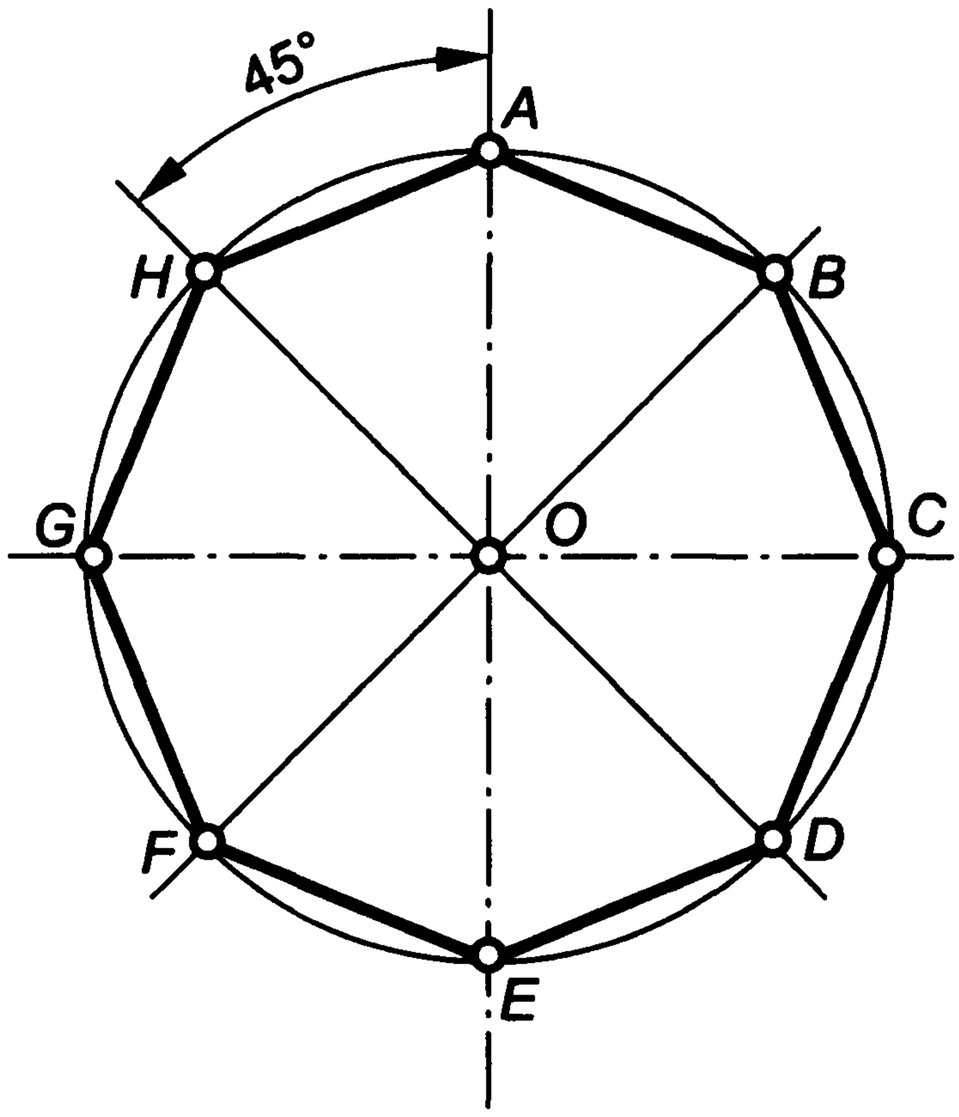


Рис. 1.13

Если углы между взаимно-перпендикулярными диаметрами *AE* и *CG* (рис. 1.13) разделить пополам и провести взаимно-перпендикулярные диаметры *DH* и *BF*, то концы этих диаметров разделят окружность с центром в точке *O* на восемь равных частей. Соединив концы полученных диаметров, получим правильный восьмиугольник *ABCDEFGH*.

Деление окружности на 3, 6 и 12 частей

Для деления окружности на шесть частей используют равенство стороны правильного шестиугольника радиусу описанной окружности.

Например, если задана окружность с центром в точке *O* (рис. 1.14) радиусом *R*, то из концов одного из диаметров этой окружности (точек *A* и *D*), как из центров, следует провести дуги окружностей радиусами *R*. Точки пересечения этих дуг с заданной окружностью разделят ее на шесть равных частей.

Последовательно соединив найденные точки, получим правильный шестиугольник *ABCDEF*.

Если окружность с центром в точке *O* (рис. 1.15) необходимо разделить на три равные части, то радиусом, равным радиусу окружности, проводят дугу лишь из одного конца ее диаметра, например из точки *D*. Точки *B* и *C* пересечения этой дуги с заданной окружностью и точка *A* разделят эту окружность на три равные части. Последовательно соединив точки *A*, *B* и *C*, получим равносторонний треугольник *ABC*.

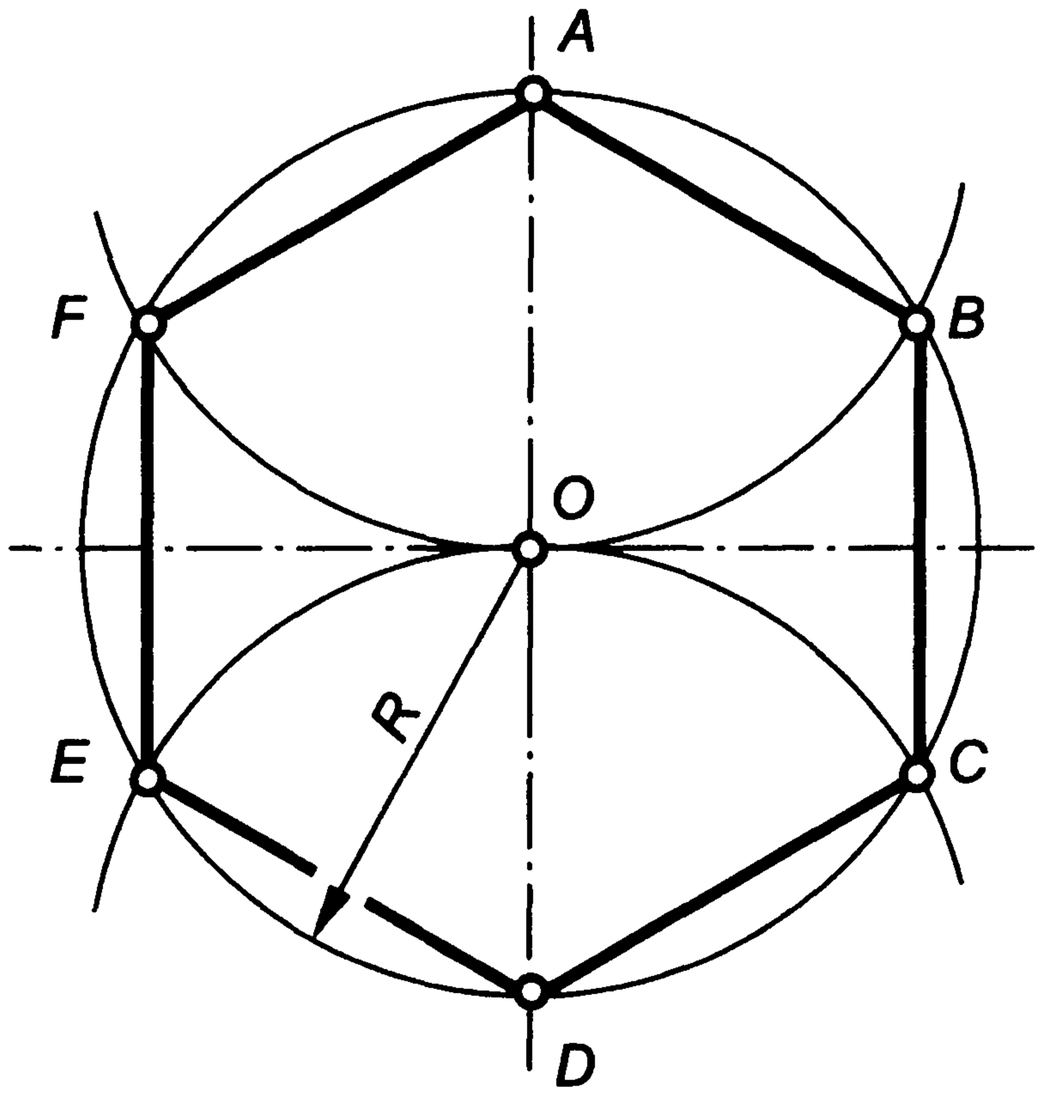


Рис. 1.14

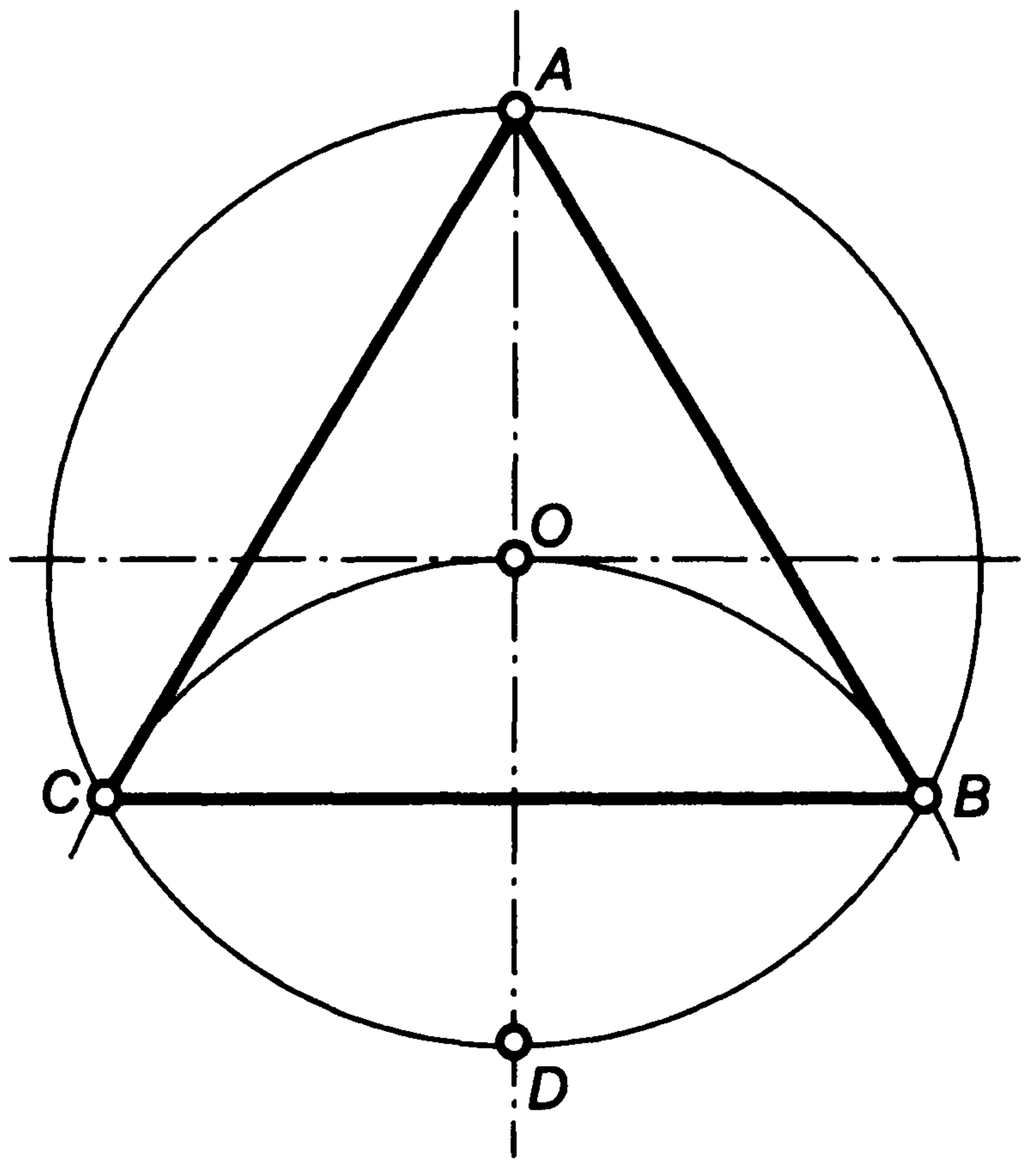


Рис. 1.15

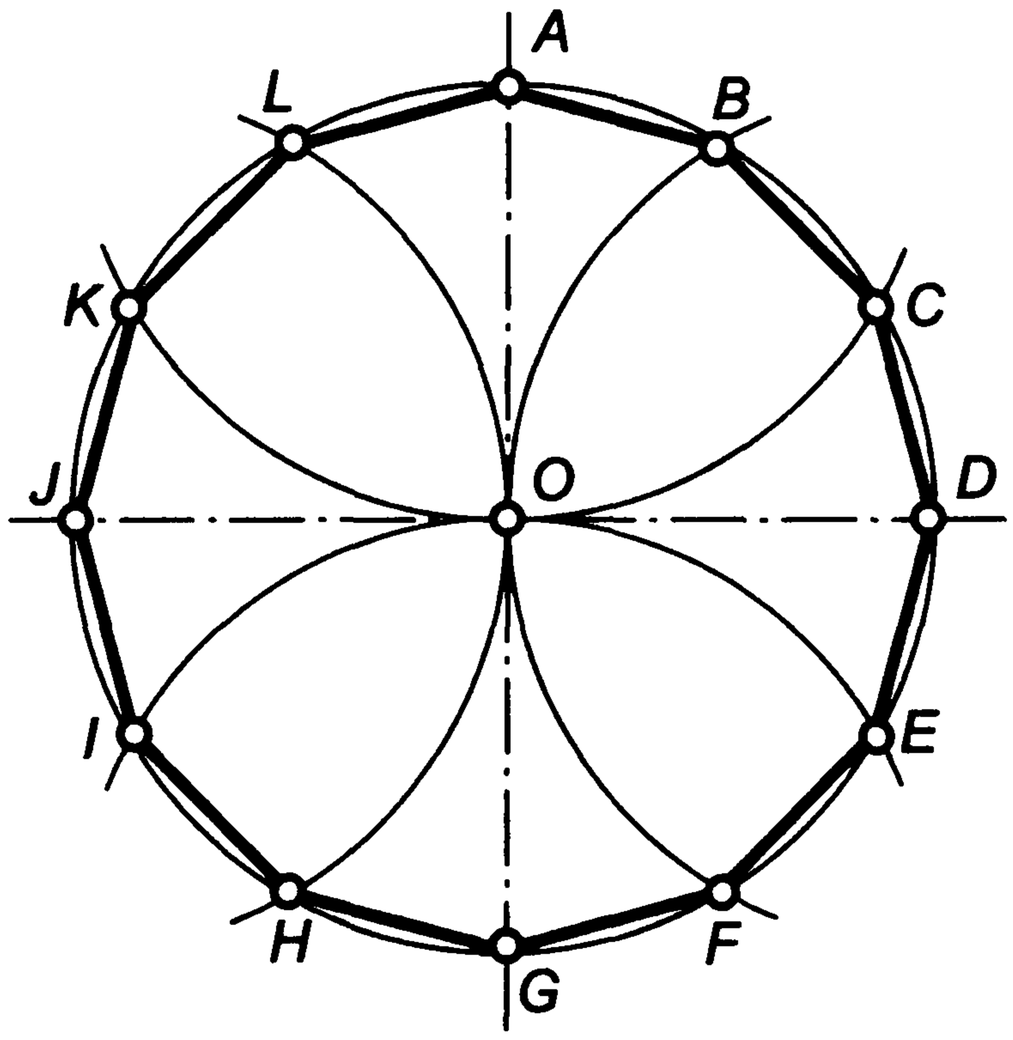


Рис. 1.16

Чтобы разделить окружность на двенадцать частей, следует деление окружности на шесть частей повторить дважды (рис. 1.16), используя концы ее взаимно-перпендикулярных диаметров: точки *A* и *G*, *D* и *J*. Точки пересечения проведенных дуг с заданной окружностью разделят ее на 12 частей. Последовательно соединив построенные точки, получим правильный двенадцатиугольник *ABCDEFGHIJKL*.

Упражнение. Построить правильный шестиугольник, вписанный в окружность диаметром 50 мм.

Деление окружности на 5 частей

Чтобы разделить окружность с центром в точке O (рис. 1.17) на пять частей, поступают следующим образом. Один из двух взаимно-перпендикулярных радиусов окружности, например OM, делят пополам описанным ранее способом. Из середины отрезка OM — точки N — радиусом R_1, равным отрезку AN, проводят дугу окружности и отмечают точку P пересечения этой дуги с диаметром, которому принадлежит радиус OM. Отрезок AP равен стороне вписанного в окружность правильного пятиугольника, поэтому из точки A радиусом R_2, равным отрезку AP, проводят дугу окружности. Точки B и E пересечения этой дуги с заданной окружностью позволяют отметить две вершины пятиугольника. Еще две вершины (C и D) являются точками пересечения дуг окружностей радиусом R_2 с центрами в точках B и E с заданной окружностью с центром в точке O.

Вершины правильного пятиугольника $ABCDE$ делят заданную окружность на пять равных частей.

Упражнения. 1. Построить правильный пятиугольник, вписанный в окружность диаметром 50 мм.

2. Построить правильный пятиугольник, вписанный в окружность диаметром 50 мм таким образом, чтобы одна из его сторон располагалась вертикально.

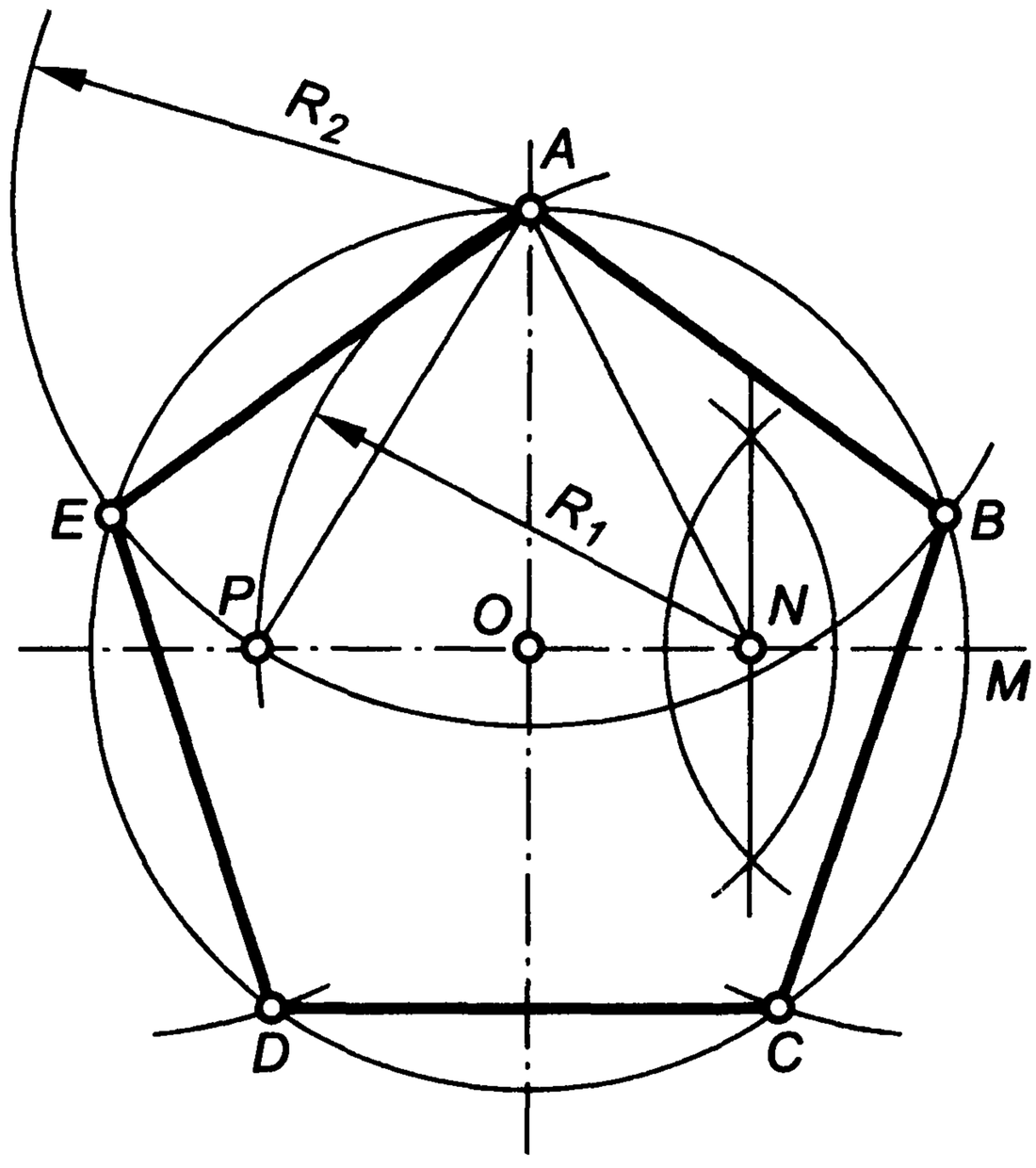


Рис. 1.17

Деление окружности на произвольное число равных частей

Если ни один из рассмотренных вариантов не удовлетворяет условию поставленной задачи, то используют прием, позволяющий разделить окружность на произвольное число равных частей и соответственно построить вписанные в нее правильные многоугольники с произвольным числом сторон.

Рассмотрим такое построение на примере деления окружности с центром в точке *O* (рис. 1.18, *а*) на семь равных частей. Сначала проведем два взаимно-перпендикулярных диаметра, один из которых, например проходящий через точку *A*, следует разделить на семь равных частей (см. подразд. 1.3), ограниченных точками *1*...*7*. Из точки *A*, как из центра, радиусом *R*, равным диаметру заданной окружности, проведем дугу, пересечение которой с продолжением второго диаметра определит точки P_1 и P_2. Затем через точки P_1 и P_2 (см. рис. 1.18, *б*) и четные точки, полученные при делении диаметра *A7* (точки *2*, *4* и *6*), проведем прямые. Точки *B*, *C*, *D* и *E*, *F*, *G* пересечения этих прямых с заданной окружностью и точка *A* делят окружность с центром в точке *O* на семь равных частей. Последовательно соединив построенные точки, получим вписанный в окружность правильный семиугольник *ABCDEFG*.

1.6. СОПРЯЖЕНИЯ

Под сопряжением понимают плавный переход одной линии в другую. Чаще всего сопряжения представляют собой сочетания прямых и дуг окружностей. Например, изображенная на рис. 1.19 линия состоит из нескольких элементов: прямая *AB* плавно переходит в дугу окружности радиусом R_1, затем — в дугу окружности радиусом R_2 и заканчивается прямой *DE*. Плавность перехода достигается за счет того, что последовательно расположенные линии касаются друг друга. Прямая *AB* касается окружности с центром O_1 в точке *B*, окружность с центром O_1 касается окружности с центром O_2 в точке *C*, а окружность с центром O_2 касается прямой *DE* в точке *D*.

Если сопряжения состоят из прямых и дуг окружностей, то для правильного и точного их изображения необходимо определить основные параметры: радиусы сопряжений (R_1 и R_2 на рис. 1.19), центры сопряжений (точки O_1 и O_2) и точки сопряжений (точки *B*, *C* и *D*). *Радиусы и центры сопряжений* характеризуют размеры и

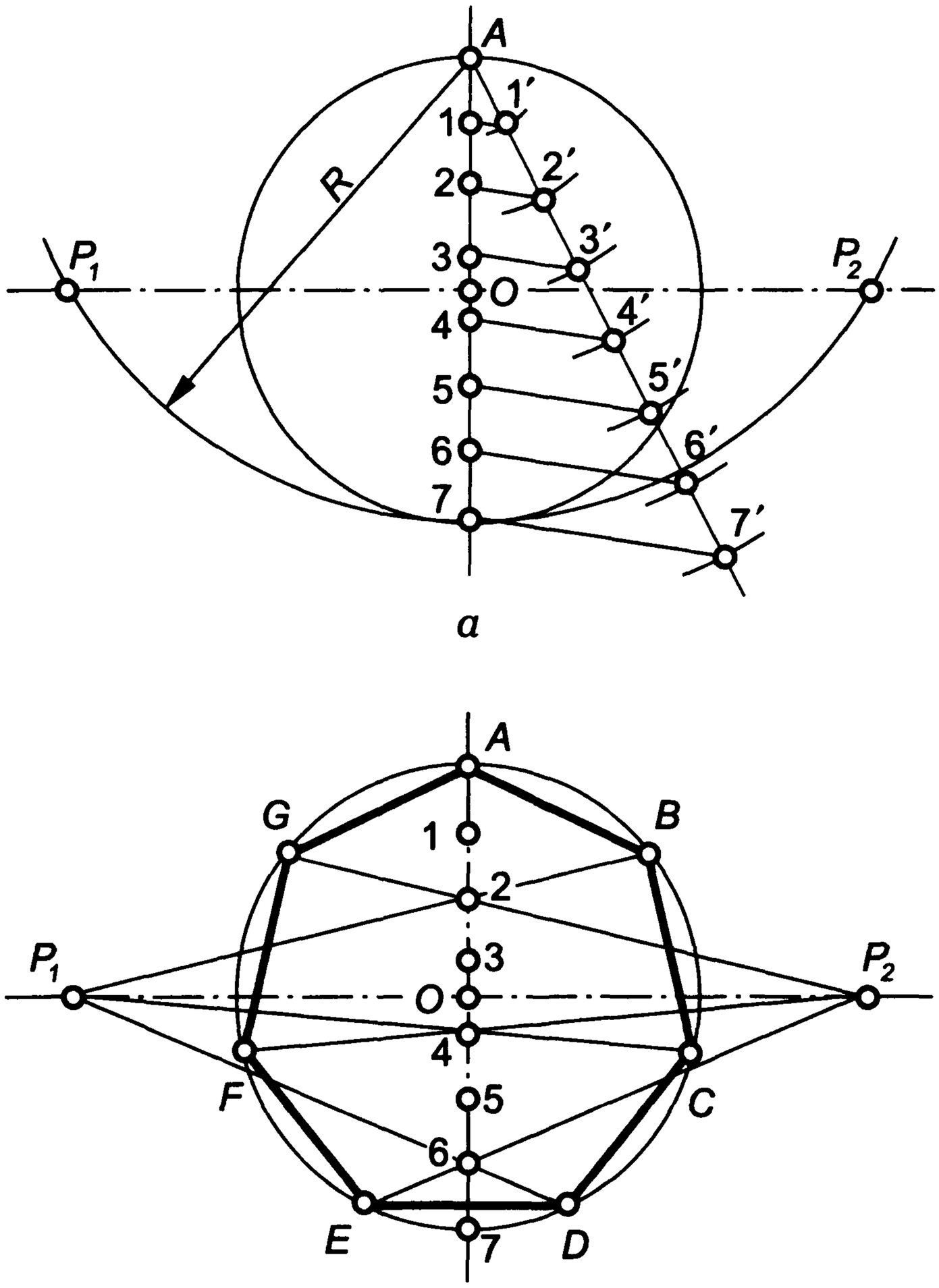


Рис. 1.18

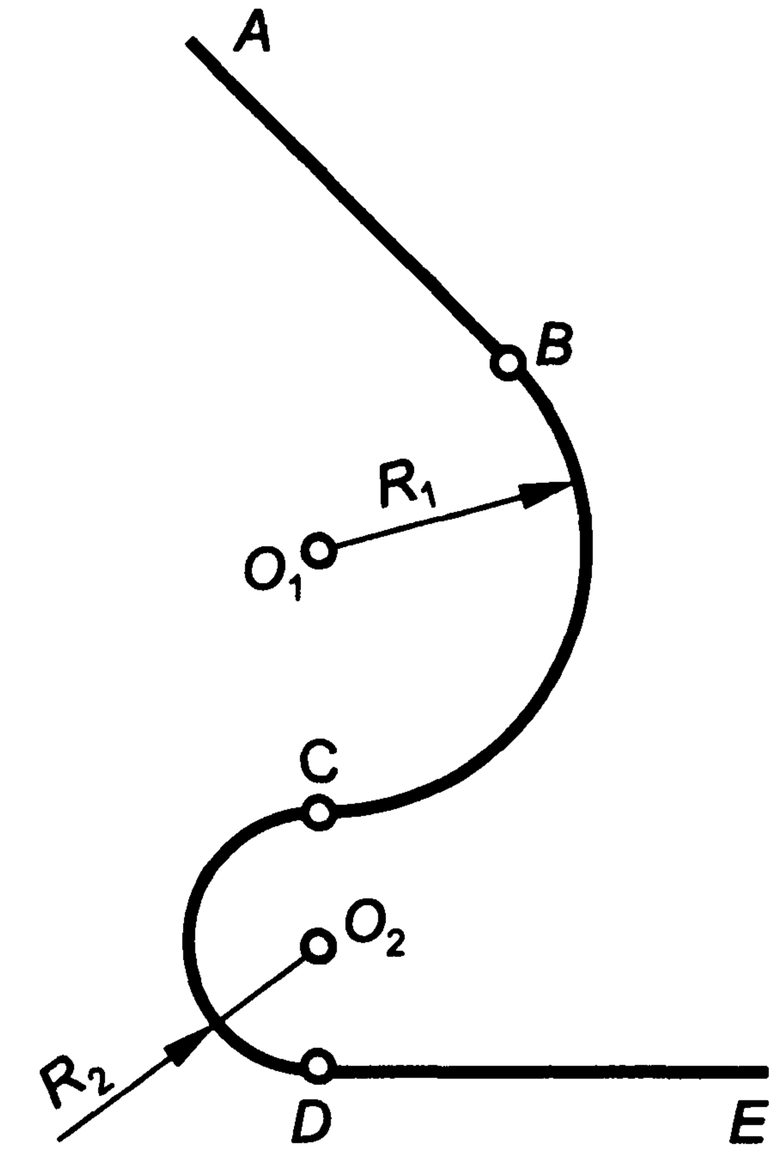


Рис. 1.19

положения сопрягающих дуг окружностей. *Точки сопряжений* — это точки общие для двух последовательно расположенных линий или границы, отделяющие одну линию от другой.

Чаще всего радиусы сопряжений задаются, и решение задач построения сводится к определению центров и точек сопряжения. В этом случае можно сформулировать общий план решения подобных задач.

1. Определить и провести на чертеже линию, представляющую собой множество точек плоскости, удаленных от одной из заданных линий на расстояние, равное радиусу сопряжения.

2. Определить и провести на чертеже линию, представляющую собой множество точек плоскости, удаленных от другой заданной линии на расстояние, равное радиусу сопряжения.

3. Найти точку пересечения построенных линий, являющуюся центром сопряжения.

4. Построить точки сопряжения заданных линий с сопрягающей дугой окружности, т.е. точки касания заданной линии с окружностью.

5. Провести сопрягающую дугу окружности в пределах найденных точек сопряжения.

Сопряжение двух пересекающихся прямых линий

Пусть имеются прямые *AB* (рис. 1.20) и *CD*, которые необходимо сопрячь дугой окружности радиусом R_c.

Множество точек плоскости, удаленных от прямой на расстояние R_c, есть две прямые, параллельные заданной прямой и отстоящие от нее на расстояние R_c. Выберем на прямой *AB* произвольную точку *E*, восстановим из нее перпендикуляр к прямой *AB*, и, отложив на нем отрезок *EF*, равный R_c, через точку *F* проведем одну из прямых, параллельных прямой *AB*. Аналогичные построения выполним относительно прямой *CD*, выбрав произвольную точку *G* и соответственно отрезок перпендикуляра $GH = R_c$.

Точка *O* пересечения прямых, проходящих через точки *F* и *H*, удалена на расстояние R_c как от прямой *AB*, так и от прямой *CD*. Таким образом, точка *O* — центр окружности, касательной к прямым *AB* и *CD*, т.е. центр сопряжения. Для того чтобы определить точки касания сопрягающей окружности и заданных прямых, следует опустить на них перпендикуляры из точки *O*. Точки K_1 и K_2 пересечения этих перпендикуляров с прямыми *AB* и *CD* являются точками касания окружности с центром в точке *O* с заданными прямыми (точками сопряжения). Располагая всеми параметрами

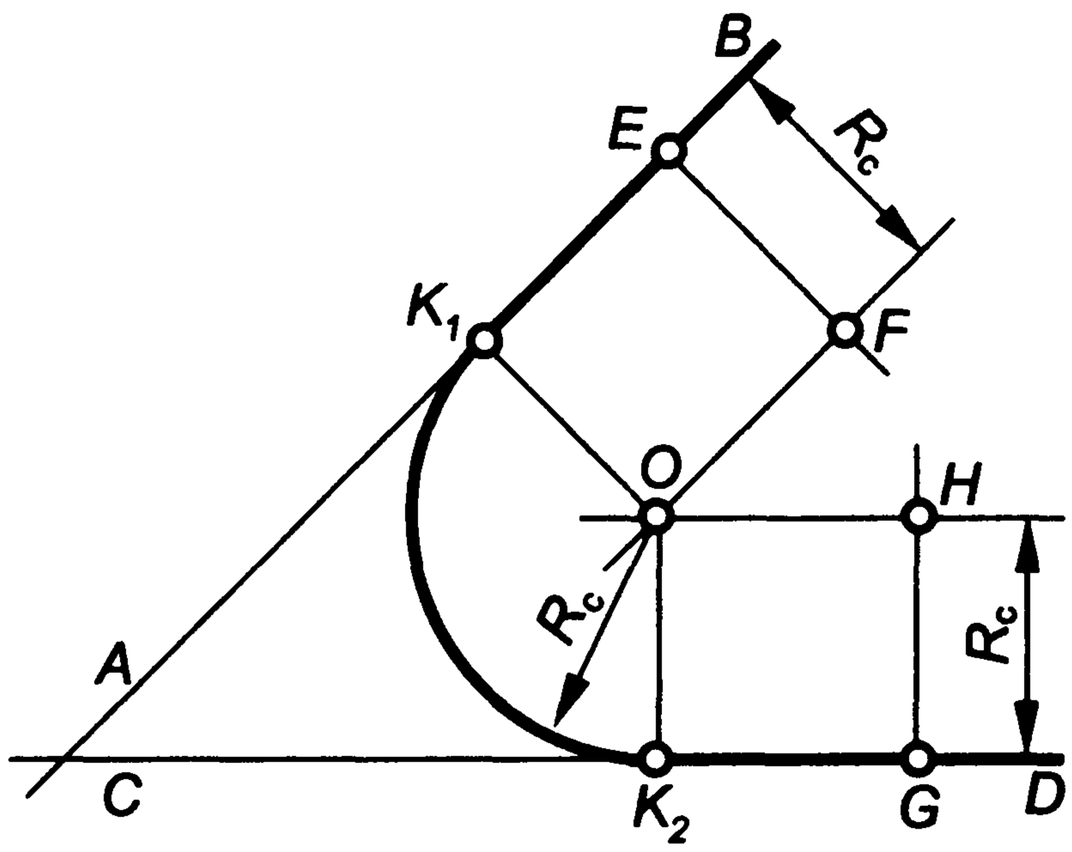


Рис. 1.20

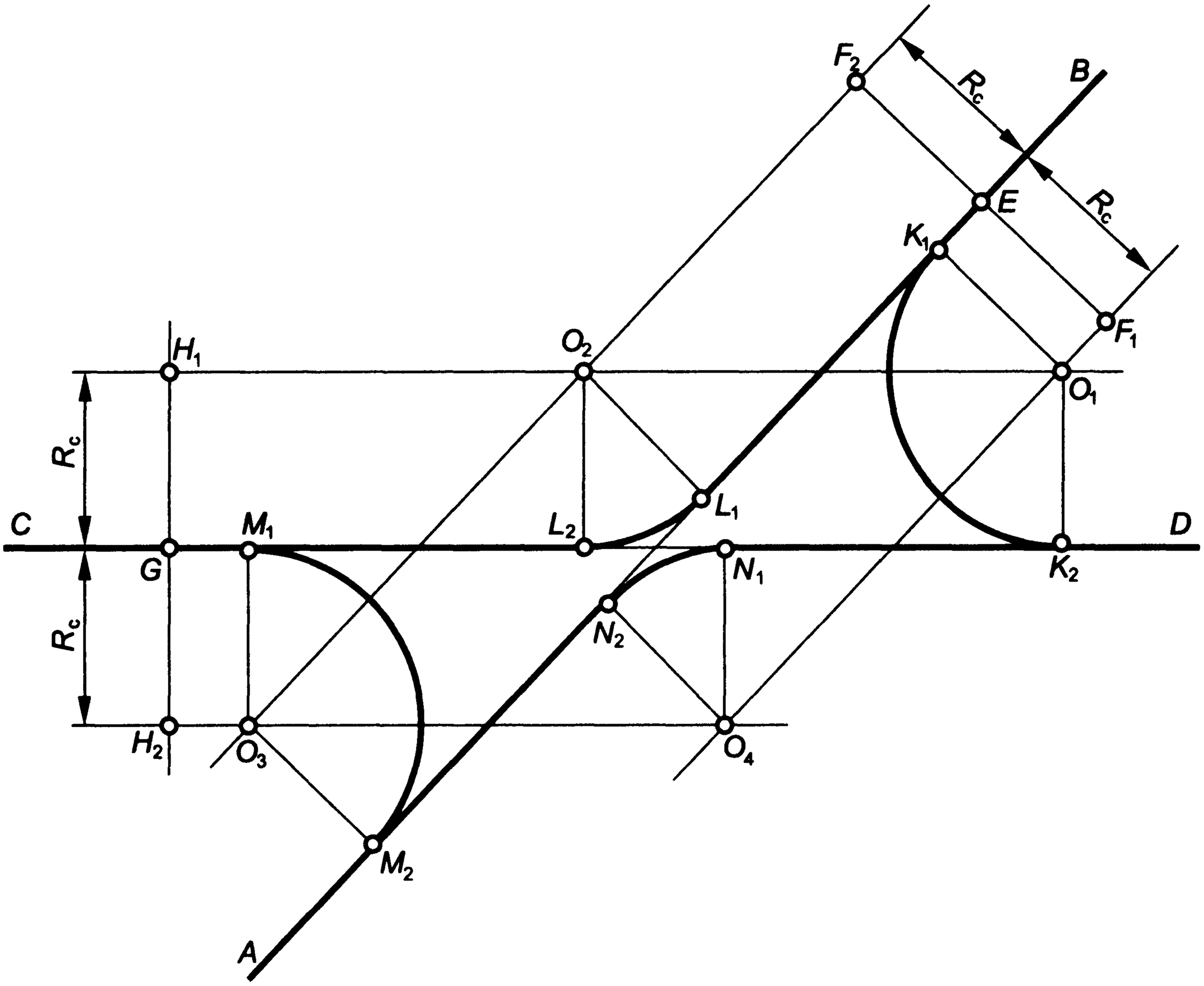


Рис. 1.21

сопряжения, можно провести дугу окружности радиусом R_c с центром в точке O от точки K_1 до точки K_2.

Если использовать полные множества точек, удаленных от прямых AB и CD (рис. 1.21) на расстояние R_c, и провести по две прямых, параллельных заданным, можно построить четыре центра сопряжений O_1, O_2, O_3 и O_4 и получить четыре варианта решения поставленной задачи.

Упражнение. Пересекающиеся прямые AB и CD образуют угол, равный 30°. Выполнить сопряжение этих прямых дугой окружности радиусом 20 мм. Дать одно решение.

Сопряжение прямой линии с окружностью

Если радиус R_c сопряжения прямой линии и окружности радиусом R задан, то при определении параметров сопряжений следует исходить из следующих положений:

а) множество точек, удаленных от прямой на расстояние R_c, есть две прямые, параллельные заданной прямой и отстоящие на расстояние R_c от нее;

б) множество точек, удаленных от окружности на расстояние R_c, есть две концентрические окружности, радиусы которых равны сумме или разности радиусов R и R_c;

в) точки пересечения множеств, указанных в пунктах «а» и «б», являются центрами сопряжений;

г) точка сопряжения с заданной прямой есть основание перпендикуляра, опущенного из центра сопряжения на прямую;

д) точка сопряжения с заданной окружностью расположена на прямой, соединяющей ее центр с центром сопряжения.

По положению центра заданной окружности и центра сопрягающей дуги относительно общей касательной различают *внешнее* и *внутреннее* сопряжения. Если центр окружности и центр сопряжения располагаются по разные стороны от касательной, то такое сопряжение считают внешним, а если эти центры располагаются по одну сторону от касательной, — внутренним.

Рассмотрим несколько примеров.

Пусть заданы окружность радиусом R_1 (рис. 1.22) с центром в точке O и прямая AB. Требуется выполнить внешнее сопряжение окружности и прямой дугой окружности радиусом R_c.

Выбрав на прямой AB произвольную точку M, восстановим из нее перпендикуляр к прямой AB и отложим на нем отрезок MN, равный R_c. Через точку N проведем прямую, параллельную AB (см. п. «а»).

Из точки O, как из центра, радиусом R_2, равным сумме радиусов R_1 и R_c, проведем дугу окружности (см. п. «б»).

Точка C пересечения прямой, проходящей через точку N, с дугой радиусом R_2 является центром сопряжения (см. п. «в»).

Из точки C опустим перпендикуляр на прямую AB. Основание K_2 перпендикуляра и будет точкой сопряжения с прямой (см. п. «г»).

Соединим точки O и C прямой линией. Пересечение этой прямой с заданной окружностью определяет точку сопряжения K_1 (см. п. «д»).

Завершая построение, следует из центра C радиусом R_c провести дугу окружности от точки K_1 до точки K_2.

Пусть заданы окружность радиусом R_1 (рис. 1.23) с центром в точке O и прямая AB. Требуется выполнить внутреннее сопряжение окружности и прямой дугой окружности радиусом R_c.

Требуемые построения не отличаются существенно от рассмотренных в предыдущем примере и имеют лишь две особенности.

Множество точек плоскости, удаленных от заданной окружности на расстояние R_c, представляет собой концентрическую окружность, радиус которой R_2 равен разности радиусов R_1 и R_c. Точка K_1 сопряжения располагается на продолжении прямой, соединяющей центры заданной и сопрягающей окружностей.

Пусть заданы окружность радиусом R_1 (рис. 1.24) с центром в точке O и прямая AB. Требуется выполнить внутреннее сопряжение окружности и прямой дугой окружности радиусом R_c.

Особенностью данной задачи по сравнению с предыдущей является то, что радиус сопряжения R_c больше, чем радиус R_1 заданной окружности. В этом случае радиус R_2 также определяют как разность радиусов сопряжения и заданной окружности, однако

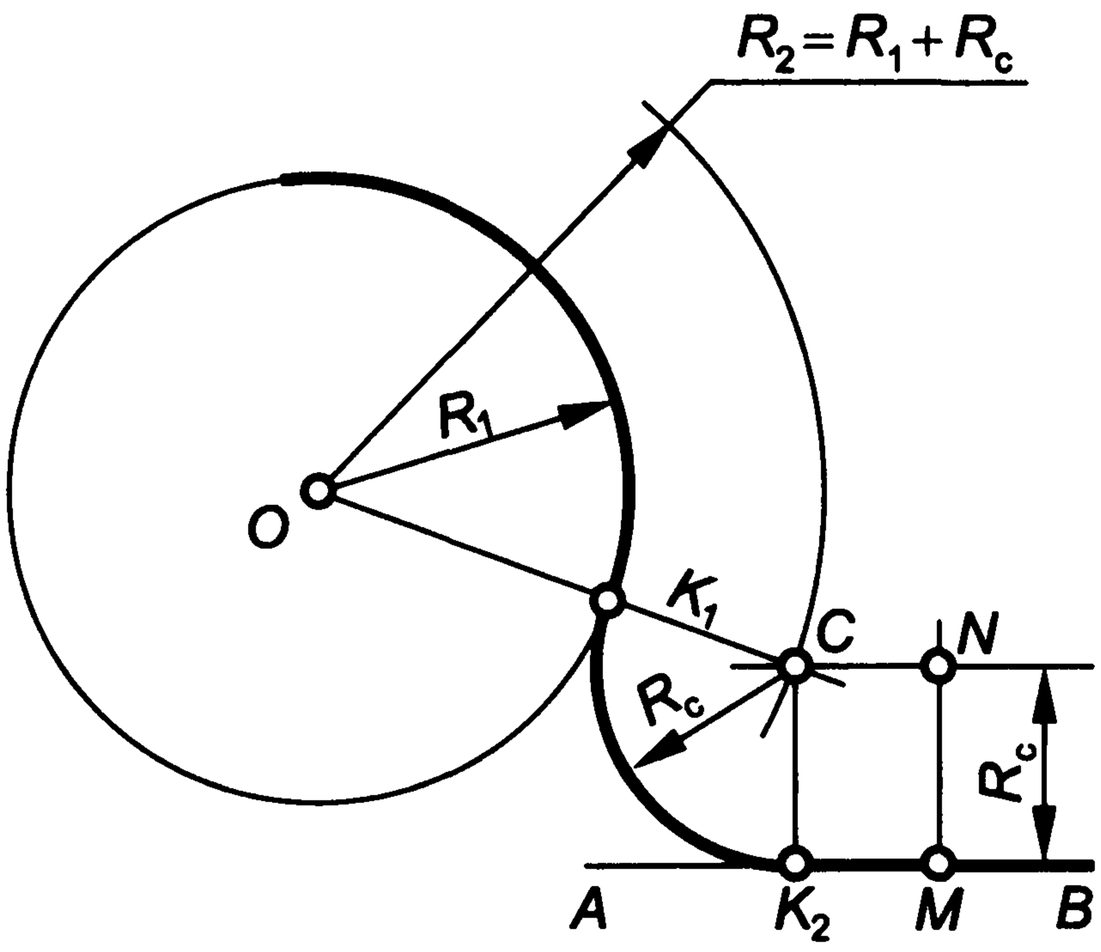


Рис. 1.22

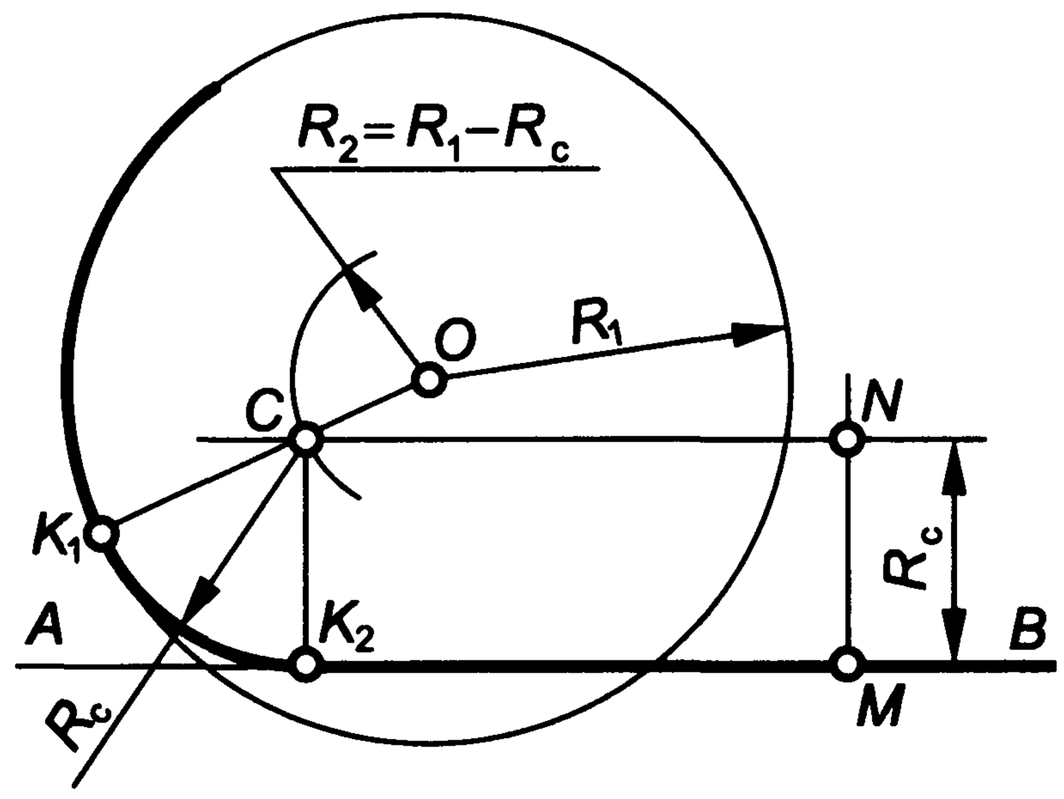


Рис. 1.23

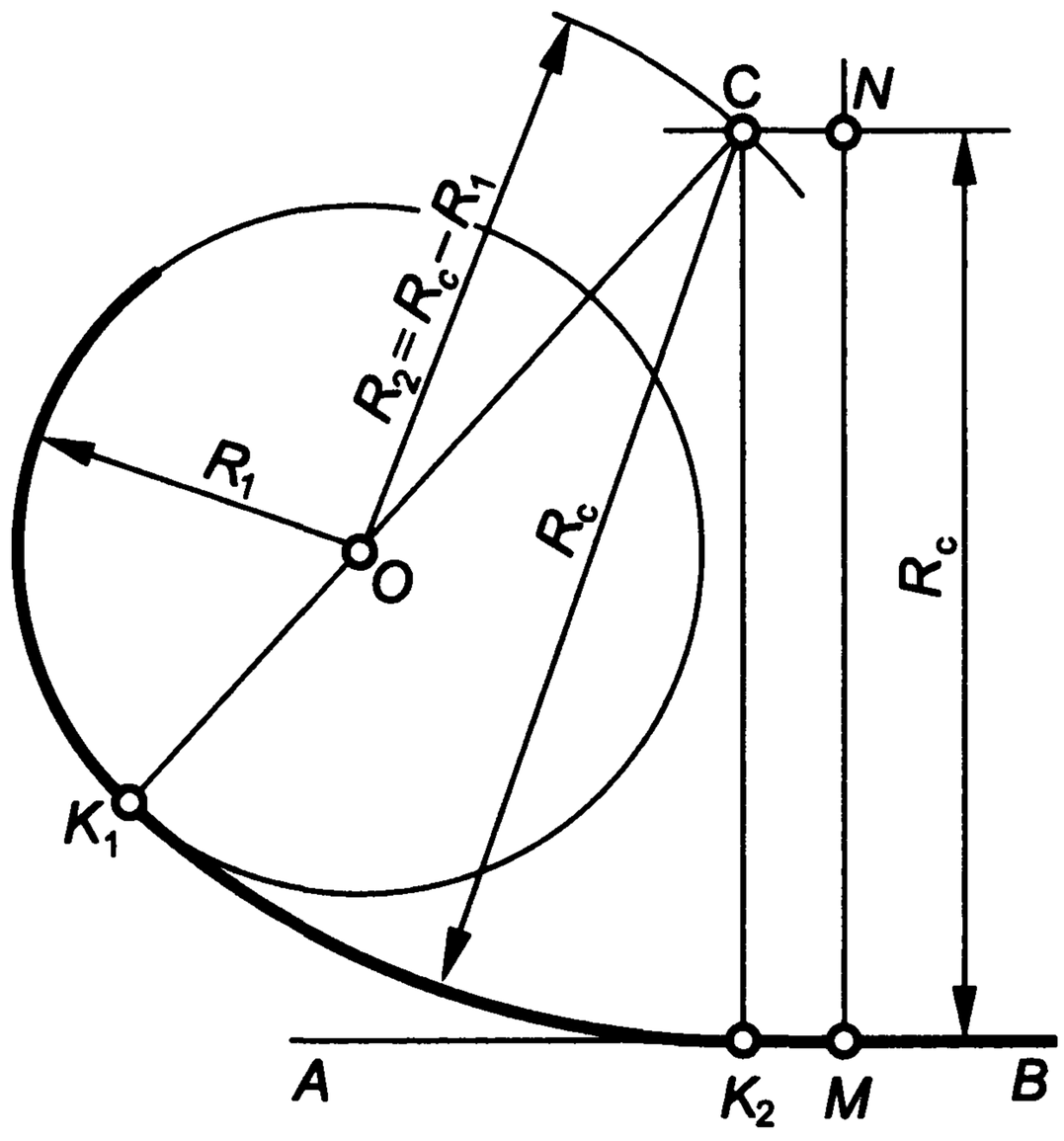


Рис. 1.24

уменьшаемое и вычитаемое должны быть выбраны такими, чтобы эта разность была положительной.

Упражнение. Задана окружность диаметром 50 мм и касательная к ней прямая *AB*. Выполнить одно из внешних сопряжений окружности и прямой дугой окружности радиусом 20 мм.

Сопряжение двух заданных окружностей

При решении задач на сопряжение двух окружностей следует учитывать, что множества точек плоскости, удаленных от окружностей на равные расстояния, представляют собой концентрические окружности, радиусы которых равны сумме или разности радиусов заданной окружности и сопряжения. Точка пересечения этих окружностей является центром сопряжения. Точки сопряжения определяются как точки пересечения прямых, соединяющих центры заданных окружностей с центром сопряжения.

Пусть заданы две окружности с центрами в точках O_1 и O_2 (рис. 1.25), имеющие соответственно радиусы R_1 и R_2. Требуется выполнить внутреннее сопряжение этих окружностей дугой окружности радиусом R_c.

Из центра O_1 проведем дугу окружности радиусом R_3, равным сумме радиусов R_1 и R_c, а из центра O_2 — дугу окружности радиусом R_4, равным сумме радиусов R_2 и R_c. Точка C пересечения этих дуг является центром сопряжения, а точки K_1 и K_2 пересечения прямых O_1C и O_2C с соответствующими окружностями — точками сопряжения. Определив основные параметры сопряжения, можно из центра C между точками K_1 и K_2 провести дугу окружности радиусом R_c.

Если необходимо выполнить внутреннее сопряжение окружностей с радиусами R_1 и R_2 и центрами в точках O_1 и O_2 (рис. 1.26), то для определения центра их сопряжения C нужно провести дуги окружностей радиусами R_3 и R_4, равными разностям радиуса сопряжения R_c и соответственно радиусов R_1 и R_2 заданных окружностей. При этом точки K_1 и K_2 сопряжения будут находиться на продолжении прямых, соединяющих центр C сопряжений с центрами окружностей O_1 и O_2.

Если же радиус сопряжения R_c задан (рис. 1.27) и для одной из окружностей (с центром O_1 и радиусом R_1) следует выполнить внутреннее сопряжение, а для другой (с центром O_2 и радиусом R_2) — внешнее, то для определения центра сопряжения C нужно из точки O_1 провести дугу окружности радиусом R_3, равным сумме ра-

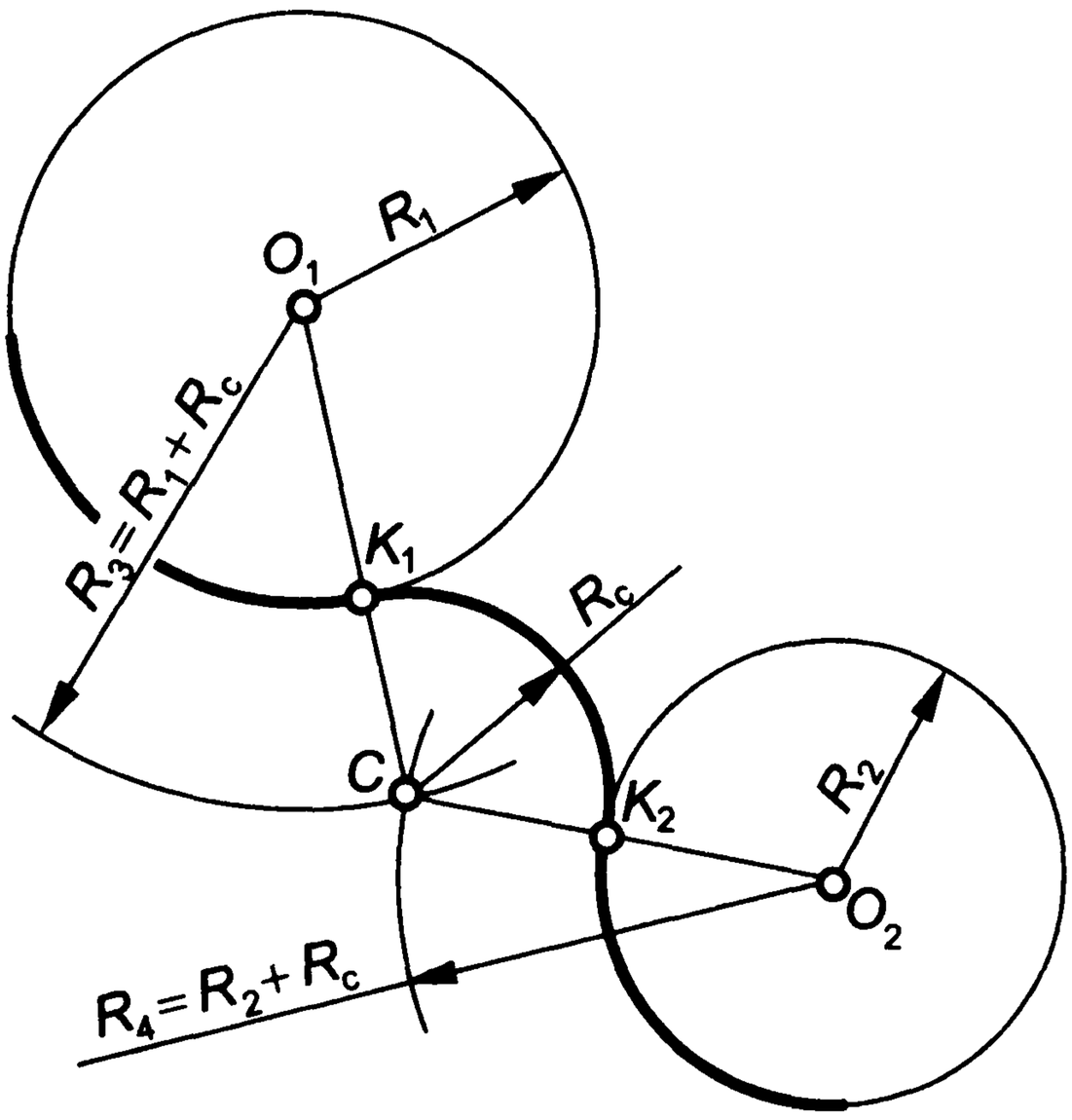


Рис. 1.25

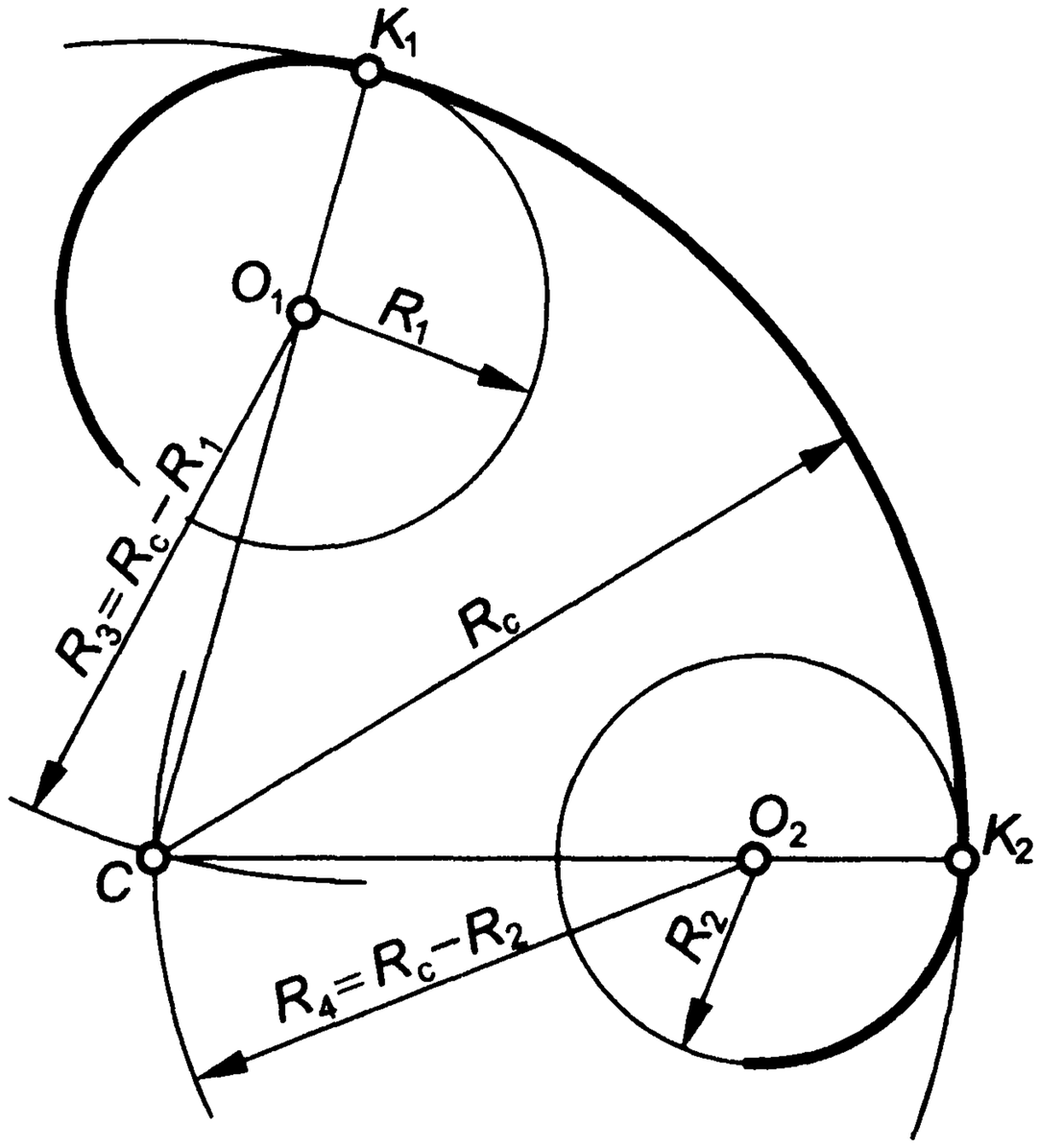


Рис. 1.26

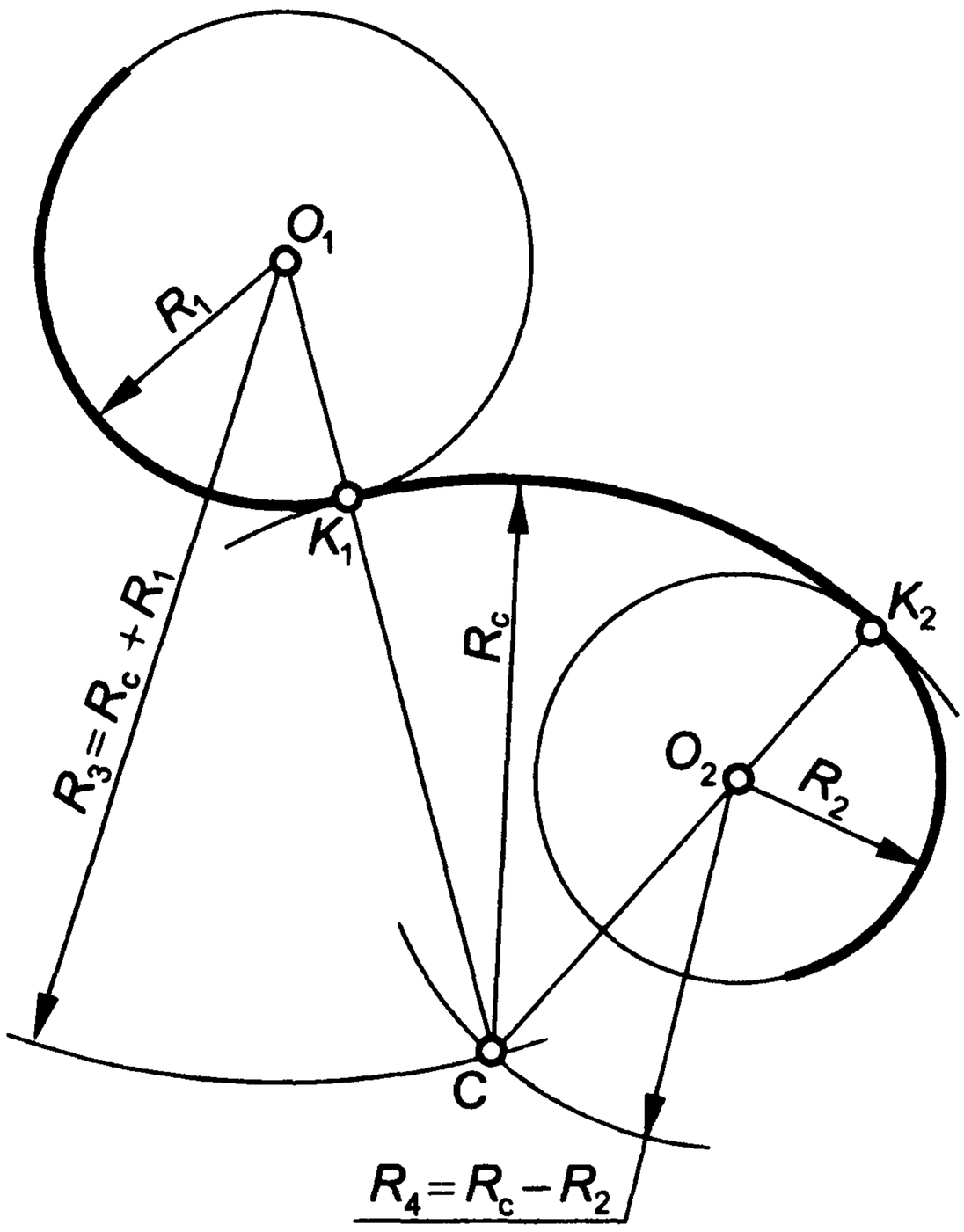


Рис. 1.27

диусов сопряжения R_c и окружности R_1, а из точки O_2 — дугу окружности радиусом R_4, равным разности радиуса сопряжения R_c и окружности R_2. При этом точка сопряжения K_1 будет находиться на пересечении прямой O_1C с окружностью радиусом R_1, а точка сопряжения K_2 — на пресечении окружности радиусом R_2 с продолжением прямой O_2C.

Упражнение. Заданы две окружности диаметрами 30 и 50 мм. Расстояние между центрами окружностей равно 50 мм. Выполнить одно из внешних сопряжений заданных окружностей дугой окружности радиусом 20 мм.

Построение касательных к окружностям

Рассмотрим задачу, лежащую в основе решения других задач на проведение касательных к окружностям.

Пусть из точки *A* (рис. 1.28) необходимо провести касательные к окружности с центром в точке *O*.

Для точного построения касательных необходимо определить точки касания прямых и окружности. Для этого точку *A* следует соединить с точкой *O* и разделить отрезок *AO* пополам. Из середины этого отрезка — точки *C*, как из центра, описать окружность, диаметр которой должен быть равен отрезку *AO*. Точки K_1 и K_2 пересечения окружностей с центром в точке *C* и с центром в точке *O* являются точками касания прямых AK_1 и AK_2 к заданной окружности.

Правильность решения поставленной задачи подтверждается тем, что радиус окружности, проведенный в точку касания, перпендикулярен касательной к окружности. Углы OK_1A и OK_2A являются прямыми, поскольку опираются на диаметр *AO* окружности с центром в точке *C*.

При построении касательных к двум окружностям различают касательные *внешние* и *внутренние*. Если центры заданных окружностей располагаются по одну сторону от касательной, то ее считают внешней, а если центры окружностей находятся по разные стороны от касательной, — внутренней.

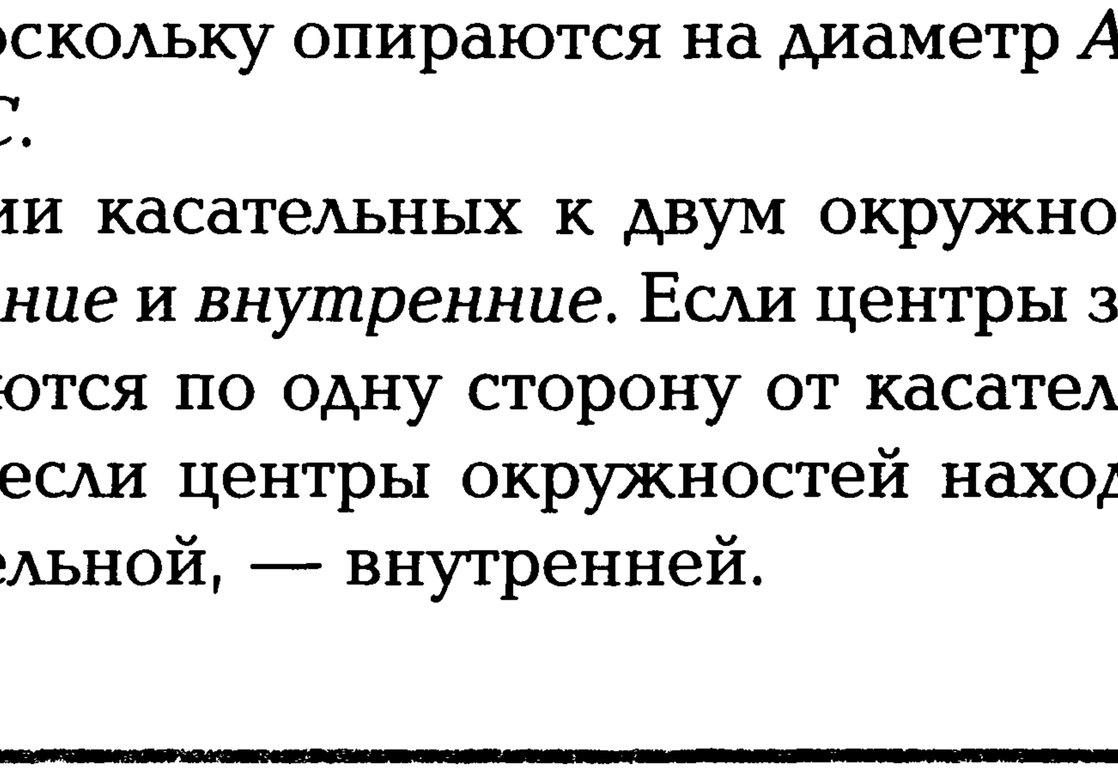


Рис. 1.28

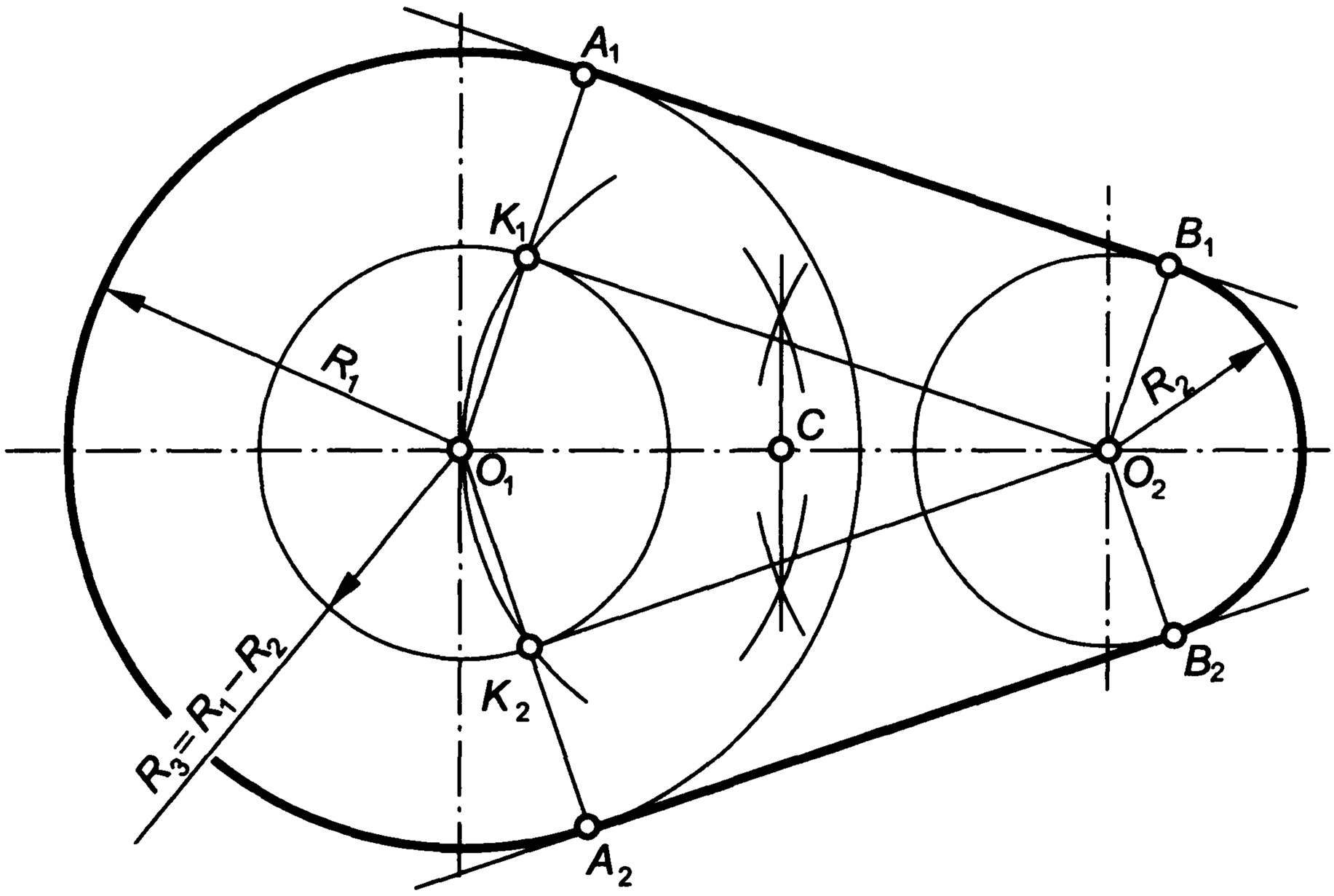


Рис. 1.29

Пусть заданы две окружности с центрами в точках O_1 и O_2 (рис. 1.29), имеющие радиусы соответственно R_1 и R_2. Требуется провести внешние касательные к заданным окружностям.

Для точного построения следует определить точки касания прямых и заданных окружностей. Если радиусы окружностей с центрами O_1 и O_2 начать последовательно уменьшать на одно и то же значение, то можно получить ряд концентрических окружностей меньших диаметров. При этом в каждом случае уменьшения радиуса касательные к меньшим окружностям будут параллельны искомым. После уменьшения обоих радиусов на размер меньшего радиуса R_2 окружность с центром O_2 обратится в точку, а окружность с центром O_1 преобразится в концентрическую окружность радиусом R_3, равным разности радиусов R_1 и R_2.

Используя описанный ранее способ, из точки O_2 проведем внешние касательные к окружности радиусом R_3, соединим точки O_1 и O_2, разделим точкой C отрезок O_1O_2 пополам и проведем радиусом CO_1 дугу, пересечение которой с заданной окружностью определит точки касания прямых O_2K_1 и O_2K_2.

Точки A_1 и A_2 касания искомых прямых с большей окружностью располагаются на продолжении прямых O_1K_1 и O_1K_2. Точки B_1 и B_2 касания прямых с меньшей окружностью находятся на перпендикулярах с основанием O_2 соответственно к вспомогательным касательным O_2K_1 и O_2K_2. Располагая точками касания, можно провести искомые прямые A_1B_1 и A_2B_2.

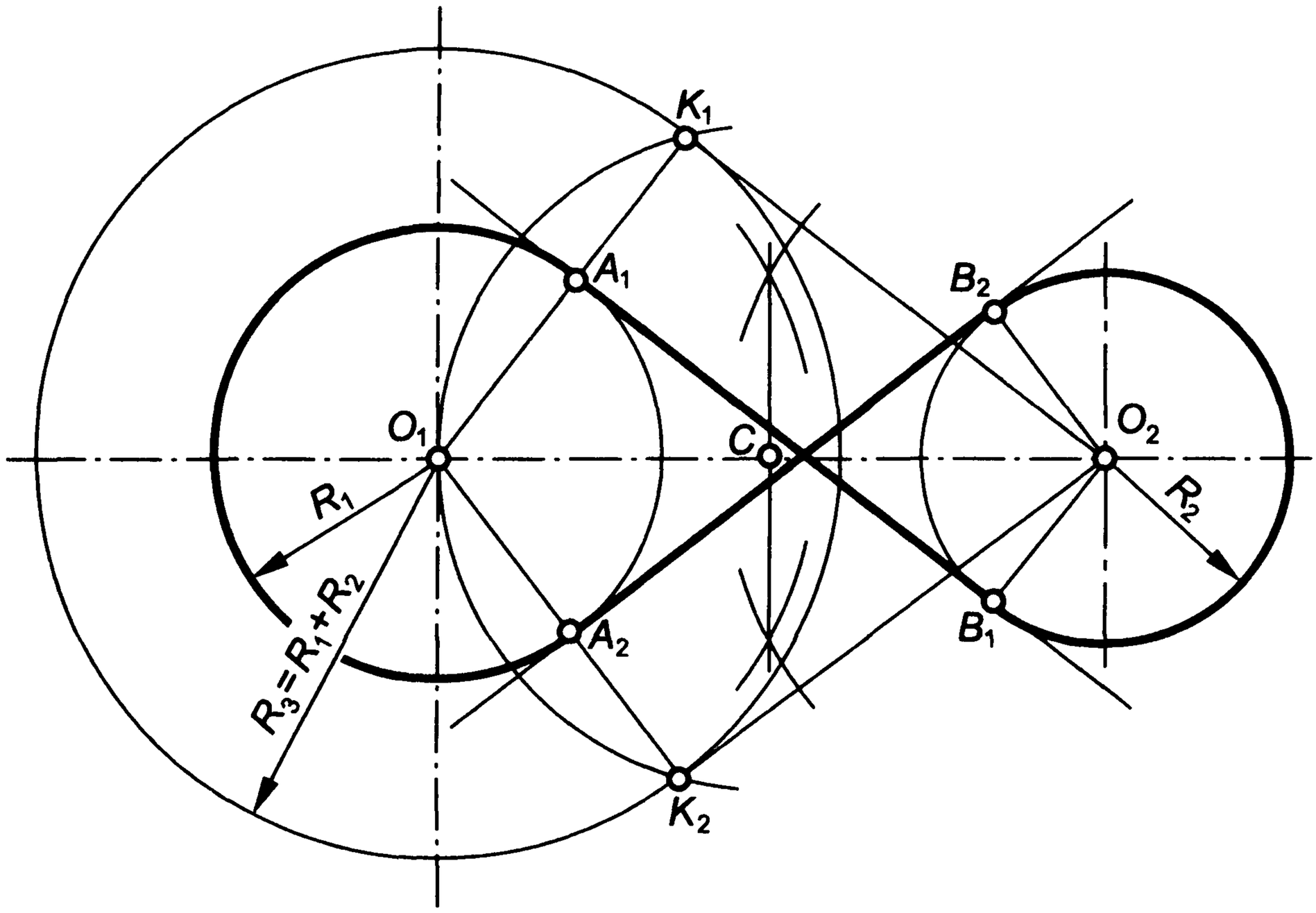


Рис. 1.30

Пусть заданы две окружности с центрами в точках O_1 и O_2 (рис. 1.30), имеющие соответственно радиусы R_1 и R_2. Требуется провести внутренние касательные к заданным окружностям.

Для определения точек касания прямых с окружностями используем рассуждения, аналогичные приведенным при решении предыдущей задачи. Если уменьшить радиус R_2 до нуля, то окружность с центром O_2 обратится в точку. Однако в этом случае для сохранения параллельности вспомогательных касательных с искомыми радиус R_1 следует увеличить на размер R_2 и провести окружность радиусом R_3, равным сумме радиусов R_1 и R_2.

Из точки O_2 проведем касательные к окружности радиусом R_3, для чего соединим точки O_1 и O_2, разделим точкой C отрезок O_1O_2 пополам и проведем дугу окружности с центром в точке C и радиусом CO_1. Пересечение этой дуги с окружностью радиусом R_3 определит положение точек K_1 и K_2 касания вспомогательных прямых O_2K_1 и O_2K_2.

Точки A_1 и A_2 касания искомых прямых с окружностью радиусом R_1 находятся на пересечении этой окружности с отрезками O_1K_1 и O_1K_2. Для определения точек B_1 и B_2 касания искомых прямых с окружностью радиусом R_2 следует из точки O_2 восставить перпендикуляры к вспомогательным прямым O_2K_1 и O_2K_2 до пересечения с заданной окружностью. Располагая точками касания искомых прямых и заданных окружностей, проведем прямые A_1B_1 и A_2B_2.

Упражнение. Заданы две окружности диаметрами 30 и 50 мм. Расстояние между центрами окружностей равно 60 мм. Построить внешние и внутренние касательные к заданным окружностям.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На каком положении основано деление отрезка прямой в заданном отношении?
2. Что понимают под сопряжением двух линий?
3. Что такое точки сопряжения?
4. Сформулируйте план решения задач на определение центров и точек сопряжения.
5. Что представляет собой множество точек плоскости, удаленных от прямой на заданное расстояние?
6. Что представляет собой множество точек плоскости, удаленных от двух окружностей на заданное расстояние?
7. Как подразделяются касательные к двум окружностям?

Глава 2

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

2.1. ПРЕДМЕТ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Изображение пространственного объекта посредством проведения линий на плоскости называется *чертежом*.

Теоретической основой для создания чертежа и восприятия содержащейся в нем информации является начертательная геометрия.

Начертательная геометрия — один из разделов геометрии, в котором рассматриваются две основные проблемы:

- как геометрический объект, реально или мысленно существующий в пространстве, отобразить на плоскости;
- как по существующим плоским изображениям представить действительный геометрический объект.

Под *геометрическим объектом* (*фигурой*) понимается некоторое множество точек, объединенных между собой определенными условиями. Для того чтобы отобразить весь геометрический объект (все множество), необходимо отобразить каждую из точек его составляющих (каждый элемент множества). Способ, который используется в начертательной геометрии для изображения геометрического множества или его элемента на плоскости, называется *методом проецирования*, а результат этого действия называется *проекцией* множества (или его элемента).

2.2. ПРЯМОУГОЛЬНОЕ ПРОЕЦИРОВАНИЕ НА ДВЕ И ТРИ ВЗАИМНО-ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫЕ ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИЙ. ОБРАЗОВАНИЕ ЧЕРТЕЖА

Одним из приемов отображения объекта является способ прямоугольного проецирования. Пусть в пространстве имеется неко-

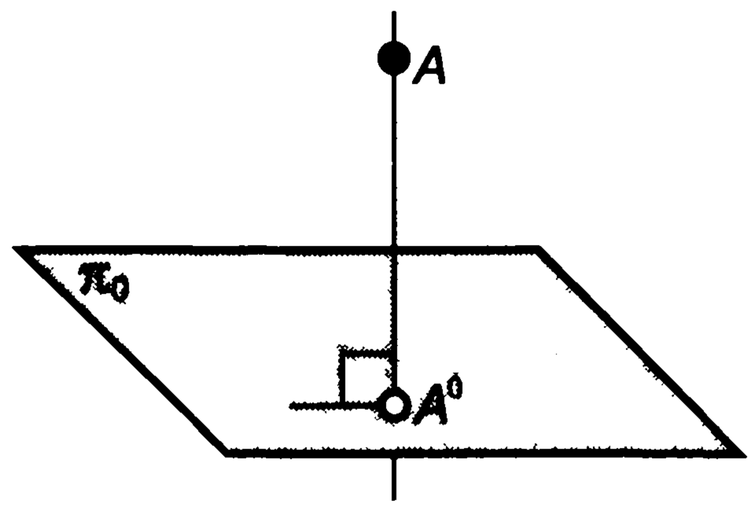
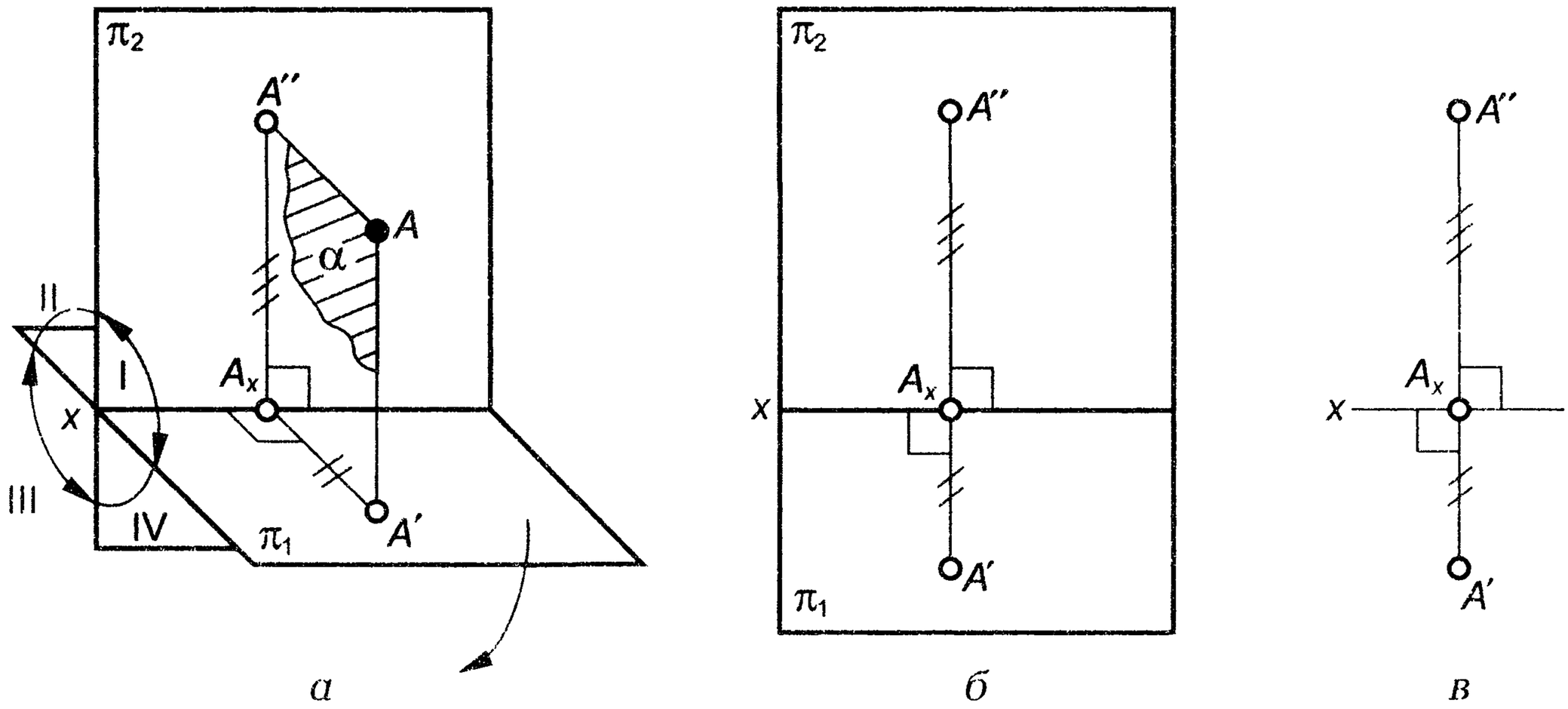


Рис. 2.1

торая точка A (рис. 2.1) и плоскость π_0 (*плоскость проекций*). Для получения отображения (*проекции*) точки A на плоскость необходимо провести из нее *проецирующий луч* перпендикулярно к плоскости π_0. Точка A^0, в которой проецирующий луч пересекает плоскость проекций, является проекцией точки на плоскость π.

Прямоугольное проецирование на две взаимно-перпендикулярные плоскости проекций (метод Монжа)

В трудах, опубликованных Г. Монжем в 1799 г., предлагалось использовать систему двух взаимно-перпендикулярных плоскостей проекций (рис. 2.2, *а*). Одна из этих плоскостей (π_1), расположенная горизонтально, называется *горизонтальной плоскостью проекций*, а вторая (π_2) — расположенная вертикально, называется *фронтальной плоскостью проекций*. Линия пересечения плоскостей π_1 и π_2 называется *осью проекций* (x).



а *б* *в*

Рис. 2.2

Для получения проекций точки A в системе π_1, π_2 следует осуществить прямоугольное проецирование на каждую из плоскостей проекций. Пересечение проецирующего луча с плоскостью π_1 определит положение горизонтальной проекции A' точки A, а пересечение проецирующего луча с плоскостью π_2 — фронтальную проекцию A'' точки A.

Полученные таким образом изображения позволяют, располагая только проекциями точки, определить ее положение в пространстве. Действительно, если в точке A' восставить перпендикуляр к горизонтальной плоскости проекций, а в точке A'' — к фронтальной, то их пресечение определит положение точки A в данной системе плоскостей проекций, из чего можно сделать следующий вывод: **две проекции точки вполне определяют положение этой точки в пространстве относительно данной системы плоскостей проекций**.

Однако пользоваться изображениями геометрического объекта, полученными на двух взаимно-перпендикулярных плоскостях, было бы весьма затруднительно, поэтому следующей задачей является переход к такому изображению, где бы обе проекции располагались на одной и той же плоскости.

Для получения изображения на плоскости горизонтальную и фронтальную плоскости проекций совмещают. При этом фронтальная плоскость проекций остается неподвижной, а горизонтальную плоскость проекций поворачивают вокруг оси x таким образом, чтобы передняя полуплоскость π_1 опустилась (задняя полуплоскость π_1 при этом поднимется). После совмещения плоскостей π_2 и π_1 получим чертеж, показанный на рис. 2.2, *б*. Заметим, что при этом **фронтальная и горизонтальная проекции точки будут располагаться на одной прямой, перпендикулярной к оси x**. Прямая $A'A''$ называется *линией связи*. Прямоугольники, имитирующие плоскости π_1 и π_2, оставлены на рис. 2.2, *б* для наглядности. В действительности чертеж точки в системе π_1, π_2 имеет вид, показанный на рис. 2.2, *в*.

Обратим особое внимание на то, что на чертеже, как правило, сам геометрический объект отсутствует, а имеются лишь отображения этого объекта на плоскостях проекций. Так, на рис. 2.2, *в* точка A отсутствует, а имеются лишь горизонтальная A' и фронтальная A'' проекции этой точки.

В рассмотренном примере точка A находится перед плоскостью π_2 и выше плоскости π_1. Однако в действительности точка A может располагаться относительно плоскостей π_1 и π_2 каким уходно образом, что изменит взаимное положений проекций A' и A''.

Проецирование на три взаимно-перпендикулярные плоскости проекций. Координаты точки

Помимо горизонтальной и фронтальной плоскостей проекций для отображения объекта зачастую используется третья плоскость проекций, перпендикулярная к плоскостям π_1 и π_2 и называемая *профильной плоскостью проекций* π_3 (рис. 2.3, *а*).

Три взаимно-перпендикулярные плоскости пересекаются по трем прямым — осям проекций *Ox*, *Oy* и *Oz*.

Для получения проекций точки *A* в системе трех плоскостей проекций необходимо осуществить прямоугольное проецирование на плоскости π_1, π_2 и π_3. Профильная A''' и фронтальная A'' проекции точки *A* располагаются на прямых, перпендикулярных к оси проекций *Oz* и пересекающих ее в одной и той же точке A_z. Профильная A''' и горизонтальная A' проекции точки *A* располагаются на прямых, перпендикулярных к оси проекций *Oy* и пересекающих ее в одной и той же точке A_y.

При переходе к чертежу фронтальная плоскость проекций остается неподвижной, а горизонтальная и профильная плоскости

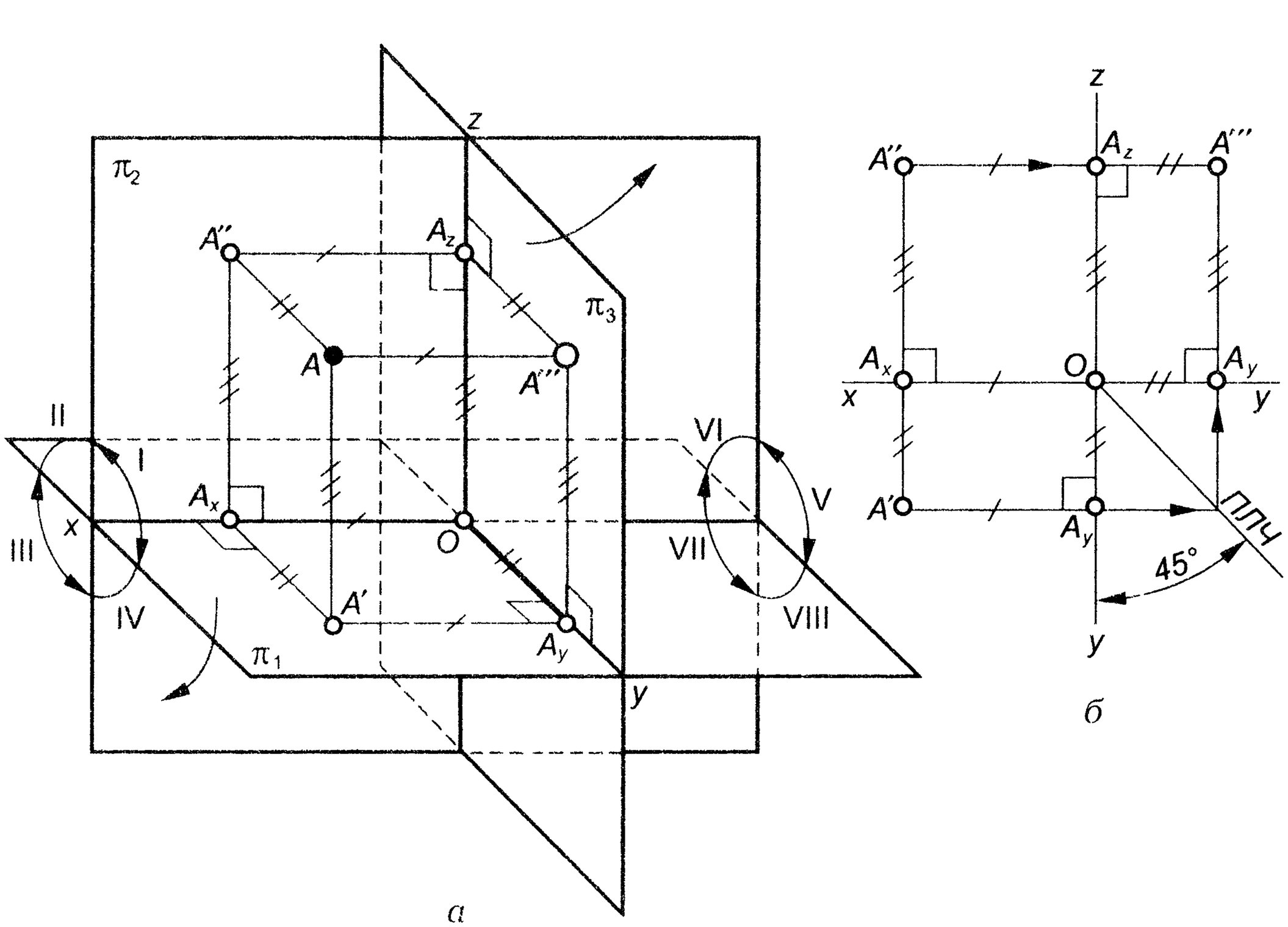


Рис. 2.3

проекций совмещаются с фронтальной посредством вращения вокруг соответствующих осей. Плоскость π_1 поворачивается вокруг оси *Ox* таким образом, чтобы передняя полуплоскость опустилась, а плоскость π_3 поворачивается вокруг оси *Oz* так, чтобы передняя полуплоскость передвинулась вправо. После совмещения плоскостей получаем чертеж, показанный на рис. 2.3, *б*.

Вследствие описанных перемещений плоскостей π_1 и π_3 ось *Oy* на чертеже изображается дважды, располагаясь вниз и вправо от точки *O*. Фронтальная *A″* и профильная *A‴* проекции точки *A* располагаются на одной линии связи *A″A‴*, перпендикулярной к оси *Oz*, а линия связи горизонтальной *A′* и профильной *A‴* проекций оказывается разделенной на два отрезка $A'A_y$ и A_yA''', перпендикулярных к оси проекций *Oy*.

Три взаимно-перпендикулярные плоскости, от которых ведется отсчет при определении положения точки, называются координатными плоскостями, а расстояния точки до этих плоскостей — прямоугольными координатами.

Здесь и далее будем полагать, что координатные плоскости совпадают с плоскостями проекций. Тогда расстояние *AA‴* (см. рис. 2.3, *а*) — координата ***x*** (*абсцисса*) точки *A*, расстояние *AA″* — координата ***y*** (*ордината*) точки *A*, расстояние *AA′* — координата ***z*** (*аппликата*) точки *A*. Зная координаты точки и учитывая, что этим координатам соответствуют определенные отрезки линий связи на чертеже, всегда можно построить проекции точки (см. рис. 2.3, *б*). При этом для построения недостающей горизонтальной или профильной проекции точки можно воспользоваться так называемой *постоянной линией чертежа* (ПЛЧ) — прямой, проведенной из точки *O* под углом 45° к оси *Oy*.

Наличие на чертеже осей проекций позволяет определить положение точки или другого геометрического объекта относительно плоскостей проекций. Однако в большинстве случаев (а при выполнении чертежей машиностроительных деталей всегда) эта информация остается невостребованной. Для решения инженерных задач вполне достаточно уяснить форму и размеры детали, т. е. установить взаимное положение точек, линий и поверхностей, ее ограничивающих. Поэтому наиболее распространенным является безосный чертеж — чертеж без указания осей проекций (рис. 2.4). Если при этом целесообразно использование постоянной линии

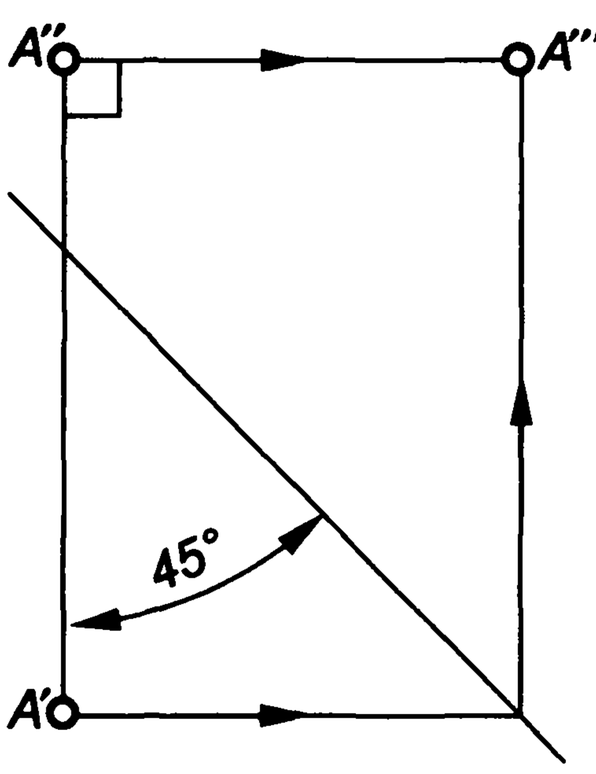


Рис. 2.4

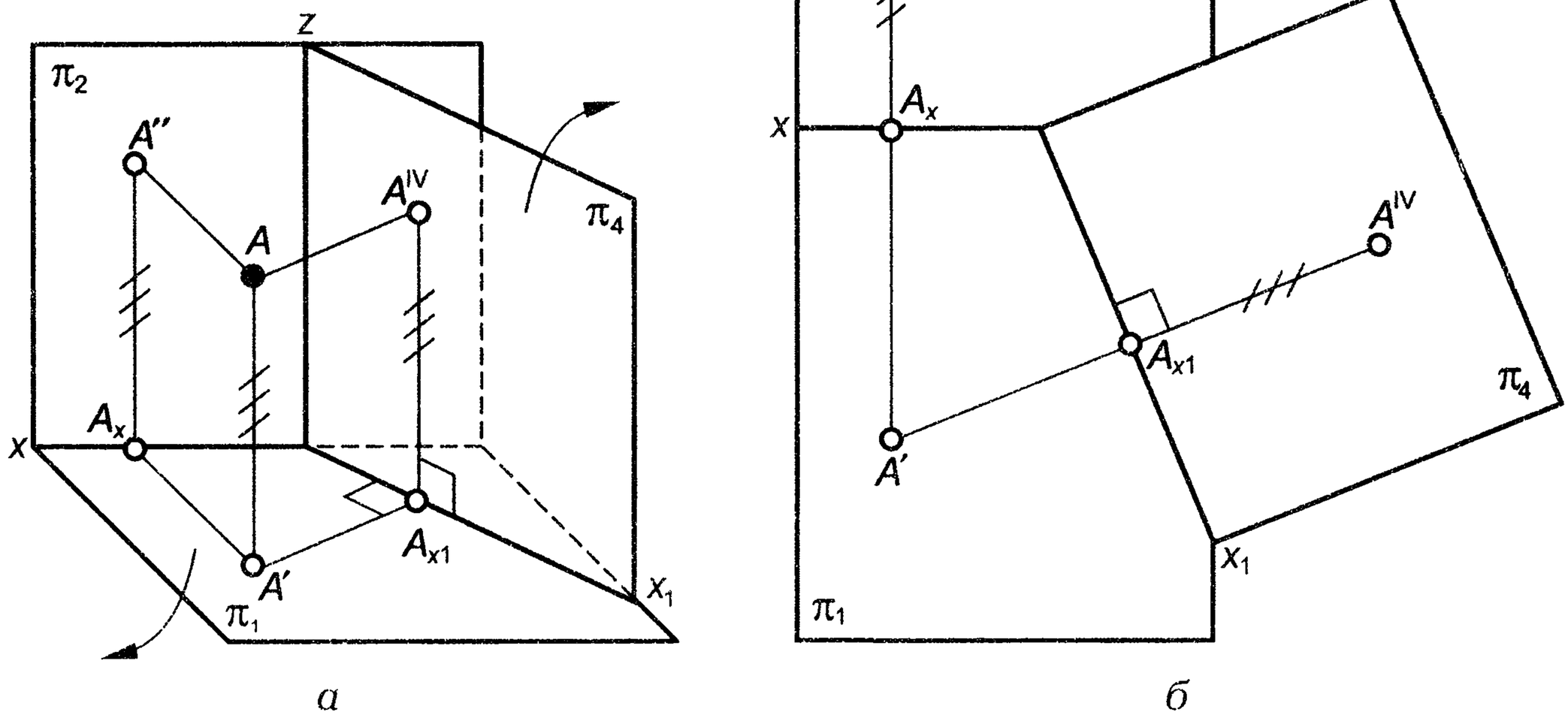
чертежа, то ее можно проводить в любом месте чертежа, сохраняя лишь наклон к линиям связей.

Дополнительная система плоскостей проекций

Для решения некоторых задач заданной системы плоскостей проекций оказывается недостаточно. Например, геометрический объект в существующей системе плоскостей проекций расположен таким образом, что невозможно определить его действительные размеры. Между тем задача легко бы разрешилась, если этот объект был расположен в другой, подходящей для конкретного случая системе плоскостей проекций.

Переход от одной системы плоскостей проекций к другой возможен и называется он *способом перемены плоскостей проекций*. При таком преобразовании геометрический объект остается в пространстве неподвижным, а изменяется лишь система двух взаимно-перпендикулярных плоскостей его проекций.

Пусть в системе π_1, π_2 (рис. 2.5, *а*) заданы проекции точки A, и по каким-то причинам необходимо ввести новую плоскость π_4 вместо плоскости π_2. Плоскость π_4 вводят перпендикулярно к плоскости π_1, образовав таким образом новую систему двух взаимно-



а *б*

Рис. 2.5

перпендикулярных плоскостей проекций — систему π_1, π_4. Прямая, по которой пересекаются плоскости π_1 и π_4, представляет собой новую ось x_1. Для того чтобы получить проекцию точки A на плоскость π_4, необходимо осуществить ортогональное проецирование, т.е. из точки A провести проецирующий луч перпендикулярно к плоскости π_4 и там, где этот луч пересечет плоскость π_4, будет проекция A^{IV} точки A на плоскость π_4. Проекции A' и A^{IV} точки A в системе π_1, π_4 будут связаны между собой теми же закономерностями, что и проекции A' и A'' в системе π_1, π_2, например проекции A' и A^{IV} располагаются на прямых, перпендикулярных к новой оси x_1 и пересекающих ее в одной и той же точке A_{x1}. Отрезок $A^{IV}A_{x1}$, показывающий удаление точки A от плоскости π_1, равен отрезку $A''A_x$.

Для того чтобы получить чертеж (плоское изображение), необходимо плоскости π_1 и π_4 совместить с плоскостью π_2 (рис. 2.5, *б*), т.е. плоскость π_1 (вместе с плоскостью π_4) следует повернуть вокруг оси x, опустив переднюю ее полуплоскость, а затем повернуть плоскость π_4 вокруг оси x_1, как показано на рис. 2.5, *б*. При этом отрезки $A'A_x$ и A_xA^{IV} образуют линию связи, перпендикулярную к новой оси x_1.

На рис. 2.6 показан чертеж, полученный при осуществлении перемены плоскостей. Обычно выбор новой системы плоскостей проекций производят исходя из условий решаемой задачи. Для демонстрации необходимых построений на рис. 2.6 этот выбор сделан произвольно.

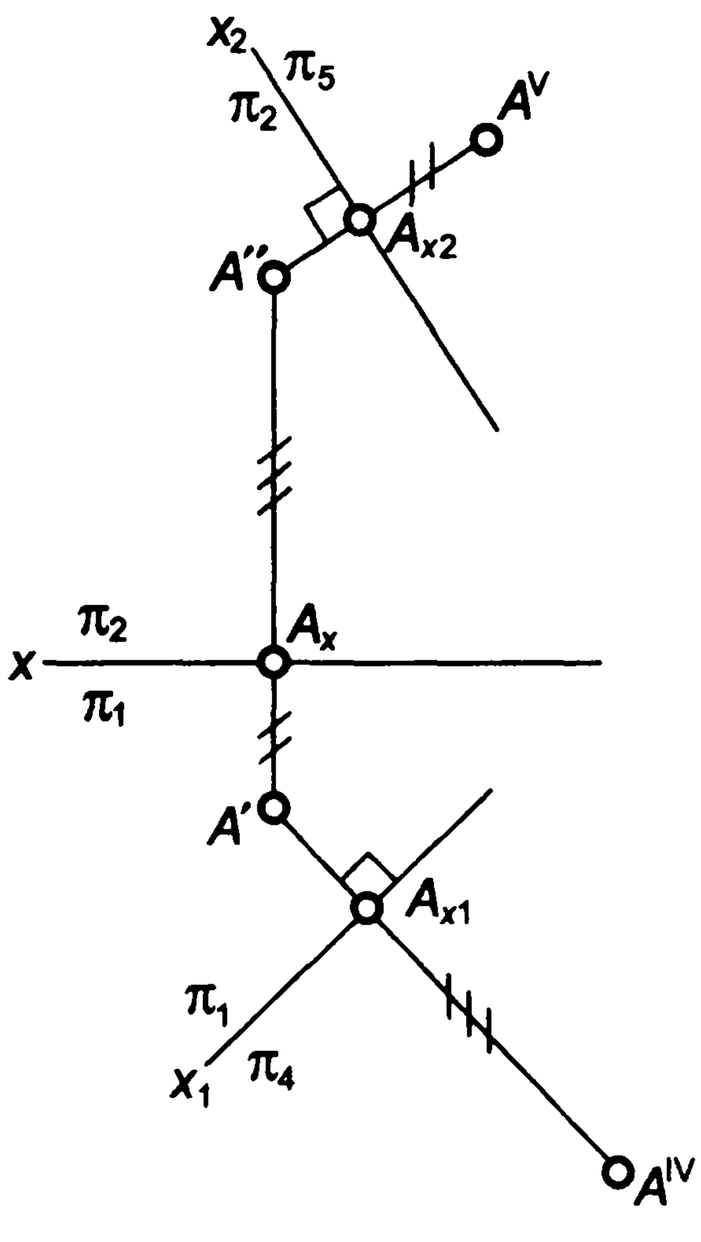


Рис. 2.6

Пусть заданы проекции A' и A'' точки A в системе π_1, π_2 и требуется перейти к новой системе плоскостей проекций π_1, π_4 (и, следовательно, построить недостающую проекцию точки A в новой системе). Для этого на чертеже проводят новую ось π_1/π_4 (ось x_1), из точки A' перпендикулярно к новой оси строят линию связи, от точки A_{x1} ее пересечения с осью x_1 откладывают отрезок равный $A'A_x$ и получают проекцию A^{IV} точки A на плоскость π_4.

Если требуется провести замену плоскостей проекций и перейти от системы π_1, π_2 к системе π_2, π_5 введением $\pi_5 \perp \pi_2$, то на чертеже проводят новую ось π_2/π_5 (ось x_2), из точки A'' перпендикулярно к новой оси x_2 строят линию связи, от точки A_{x2} ее пересечения с осью x_2 откладывают

отрезок, равный $A'A_x$, и получают проекцию A^V точки A на плоскость π_5.

Для того чтобы не ошибаться при построении новых проекций точек, целесообразно запомнить следующее: **при построении проекций точек на вводимую плоскость всегда откладывают отрезки линий связи с той плоскости, которую заменяют.**

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое проецирование? Как получить проекцию точки на плоскости, используя прямоугольное проецирование?
2. Как получить проекции точки в системе двух взаимно-перпендикулярных плоскостей проекций? Как образуется чертеж? Как связаны фронтальная и горизонтальная проекции точки?
3. Как получить проекции точки в системе трех взаимно-перпендикулярных плоскостей проекций? Как образуется чертеж? Как связаны фронтальная, горизонтальная и профильная проекции точки?
4. Что такое прямоугольные координаты точки? Как определить координаты точки по чертежу?
5. Что такое дополнительная система плоскостей проекций? Как получить проекцию точки на дополнительную плоскость проекций?

2.3. ПРОЕКЦИИ ПРЯМОЙ ЛИНИИ И ЕЕ ОТРЕЗКА

Для получения ортогональной проекции прямой AB на плоскость π_0 (рис. 2.7) необходимо иметь проекции каждой точки прямой. Однако в последовательном проецировании каждой точки нет необходимости, так как прямая AB с любым из проецирующих лучей, например с лучом из точки A, образует плоскость α, пересечение которой с плоскостью проекций π_0 дает прямую A^0B^0, являющуюся проекцией прямой AB на плоскость π_0. Проекция любой другой точки прямой AB, например точки B, будут располагаться на проекции A^0B^0 прямой.

Проекция A^0B^0 отрезка в общем случае всегда меньше самого отрезка AB. Отрезок и его проекция равны между собой лишь в случае параллельности прямой и плоскости проекций.

Положение отрезка в пространстве задается двумя точками. Соответственно на чертеже задают проекции двух точек — концов отрезка.

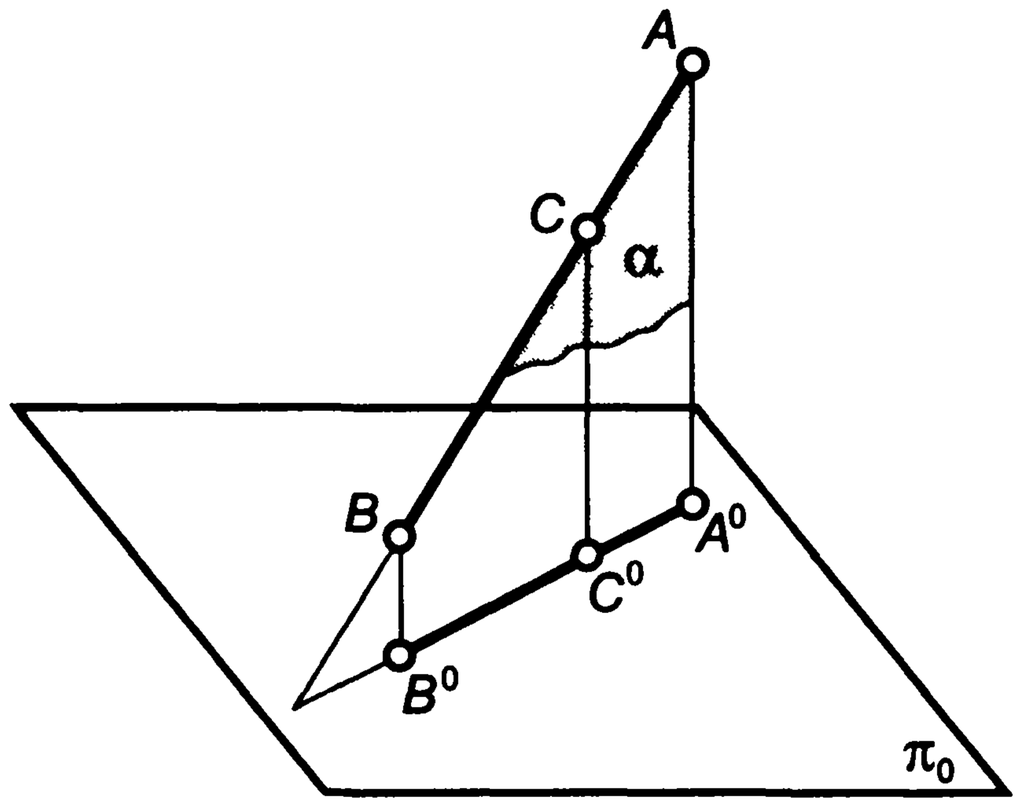


Рис. 2.7

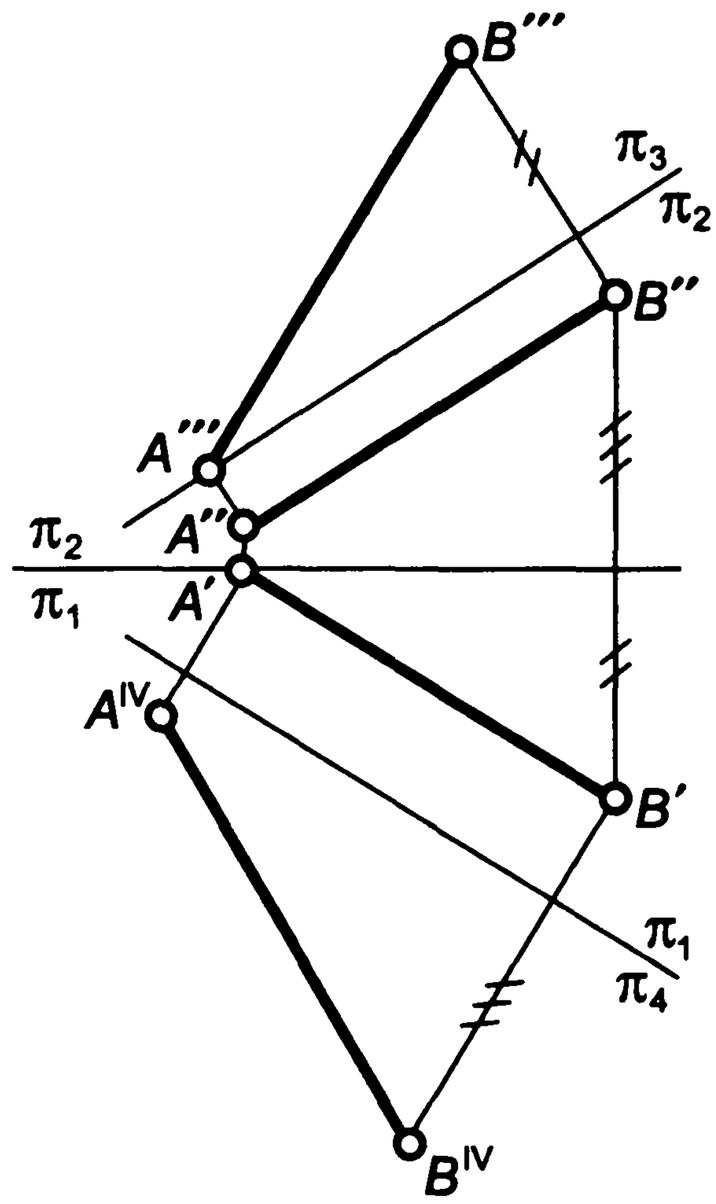


Рис. 2.8

Определим натуральную величину отрезка. Пусть в системе π_1, π_2 (рис. 2.8) заданы проекции отрезка AB прямой общего положения и требуется определить натуральную величину этого отрезка.

Отрезок AB будет проецироваться без искажения, если в новой системе плоскостей проекций заданная прямая окажется в частном положении, т.е. будет параллельна новой плоскости проекций. Поэтому от существующей системы плоскостей проекций π_1, π_2 перейдем к новой системе π_2, π_3 посредством введения плоскости $\pi_3 \perp \pi_2$ и $\pi_3 \parallel AB$. Новая ось π_2/π_3 должна быть проведена параллельно $A''B''$. Проекцию $A'''B'''$ отрезка AB на плоскость π_3 построим, отложив от новой оси отрезки линий связи с заменяемой плоскости π_1. Поскольку в системе плоскостей проекций π_2, π_3 отрезок AB параллелен плоскости π_3, то он проецируется на нее в натуральную величину.

Такой же результат можно получить, если заменить плоскость π_2, т.е. перейти от существующей системы плоскостей проекций π_1, π_2 к новой системе π_1, π_4 введением плоскости $\pi_4 \perp \pi_1$ и $\pi_4 \parallel AB$. Проведем ось π_1/π_4 параллельно $A'B'$ и построим проекцию $A^{IV}B^{IV}$ отрезка AB на плоскость π_4, отложив от новой оси отрезки линий связи с заменяемой плоскости π_2.

В системе плоскостей проекций π_1, π_4 отрезок AB параллелен плоскости π_4, поэтому отрезок проецируется на плоскость π_4 без искажения.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как получить проекции отрезка прямой?
2. Как располагаются проекции точки и прямой, если точка принадлежит прямой?
3. Как соотносятся между собой истинный размер отрезка и размер его проекции? В каком случае отрезок прямой проецируется в натуральную величину?

2.4. МНОГОГРАННИКИ

Многогранники — это тела (пространственные фигуры), ограниченные плоскими многоугольниками. Примеры многогранников известны из школьного курса геометрии: призма, пирамида, тетраэдр, гексаэдр (куб) и др.

Плоские фигуры, ограничивающие многогранник, называются *гранями* (рис. 2.9). Прямые линии, по которым пересекаются смежные грани, называются *ребрами*, а точки, в которых пересекаются ребра, — *вершинами*. Фигуру, получаемую при пересечении многогранника плоскостью, иногда называют *основанием*.

По существу изображение на чертеже проекций многогранника — это изображение проекций его вершин (точек), ребер (прямых линий) и граней (плоскостей). На рис. 2.10 приведены проекции призмы с основаниями ABC и $A_1B_1C_1$, на которых можно выделить проекции вершин (A, B, C_1, ...), ребер (AA_1, AC, B_1C_1, ...) и граней (AA_1B_1B, BB_1C_1C, AA_1C_1C). Особенность изображения со-

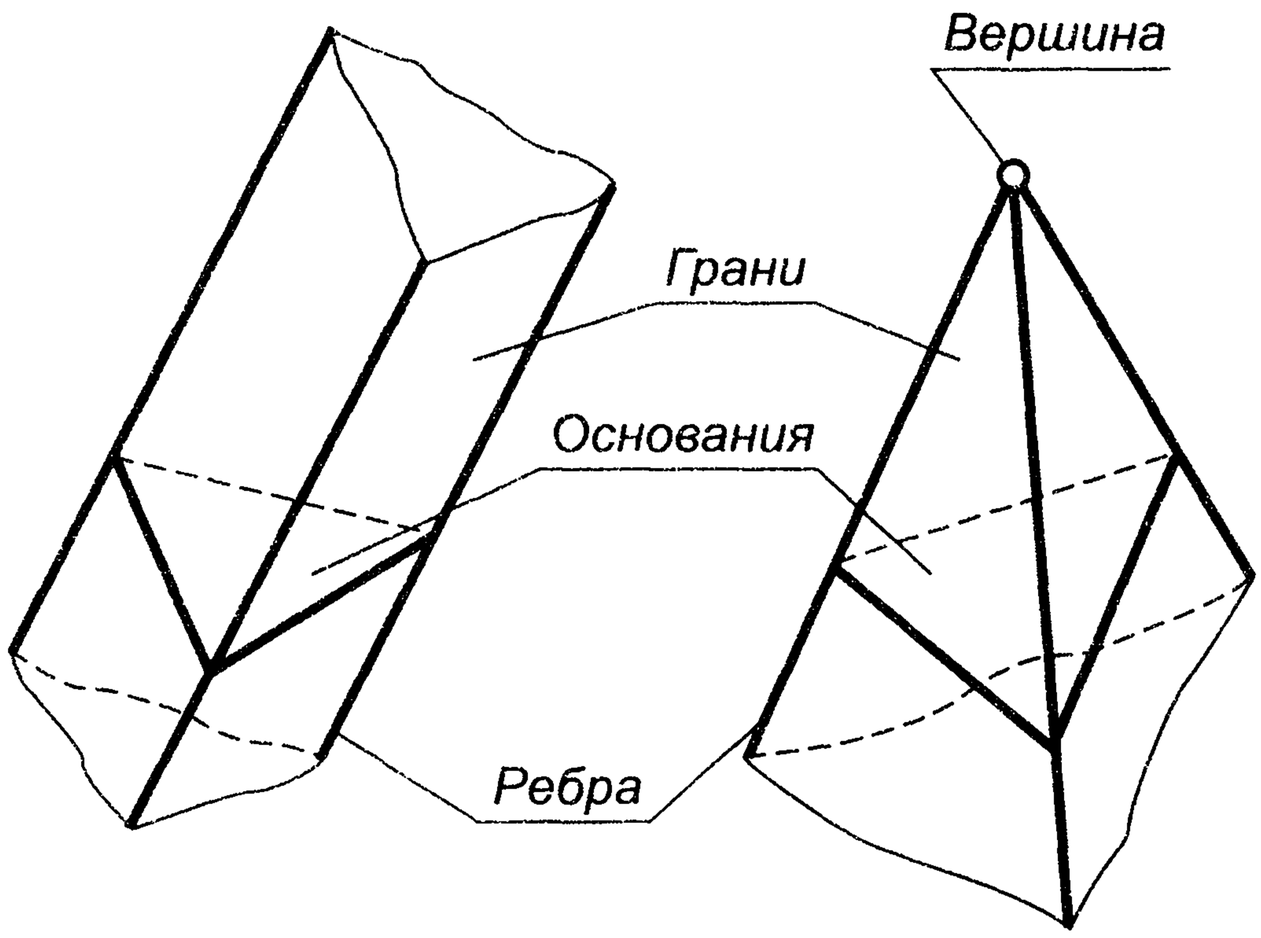


Рис. 2.9

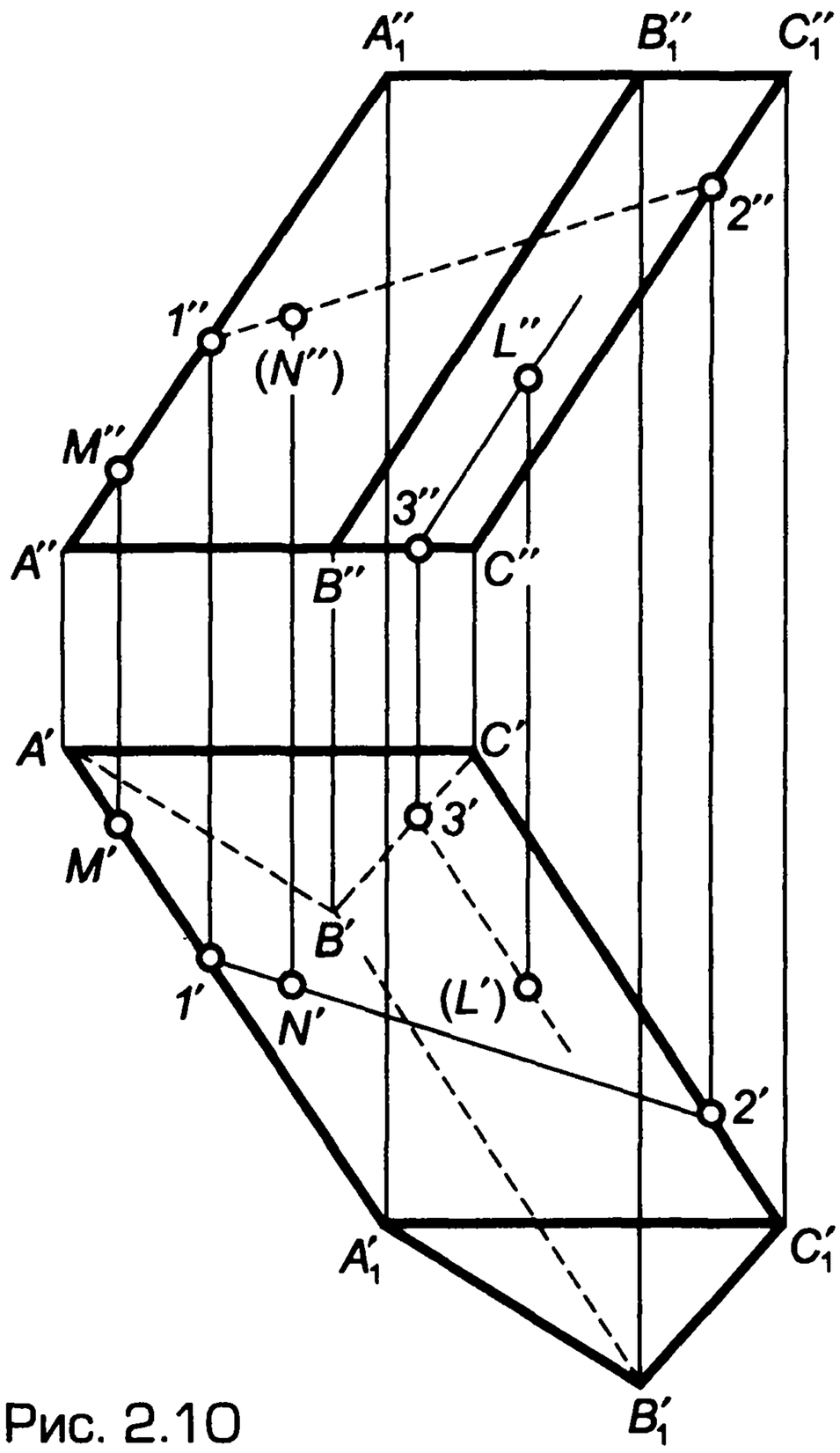


Рис. 2.10

стоит в том, что некоторые поверхности призмы на той или иной проекции остаются невидимыми, т. е. закрытыми другими гранями призмы. Например, грань AA_1B_1B, видимая на фронтальной плоскости проекций, остается невидимой на горизонтальной плоскости проекций, поскольку грань AA_1B_1B закрыта гранью AA_1C_1C и основанием $A_1B_1C_1$.

Для построения недостающих проекций точек, принадлежащих поверхности многогранника, применяют правила построения проекций точек, принадлежащих прямым линиям или плоскостям. Например, если задана фронтальная проекция M'' точки M, расположенной на ребре AA_1, то ее горизонтальная проекция M' находится в проекционной связи с горизонтальной проекцией ребра $A'A'_1$.

Для построения недостающей фронтальной проекции точки N, расположенной на грани AA_1C_1C (горизонтальная проекция N' задана), используют признак принадлежности точки плоскости: **точка принадлежит плоскости, если она находится на прямой, принадлежащей плоскости**. Через точку N следует провести какую-либо прямую, принадлежащую грани AA_1C_1C, тогда горизонтальная проекция этой прямой будет иметь вид прямой $1'2'$. По точкам пересечения *1* и *2* прямой с соответствующими ребрами можно

определить ее фронтальную проекцию $1''2''$, на которой располагается искомая проекция N''.

Число построений можно несколько сократить, если при построении недостающей проекции точки провести через эту точку прямую, направление которой определено заранее. Пусть, например, задана фронтальная проекция L'' точки L, расположенной на грани BB_1C_1C, и требуется построить горизонтальную проекцию этой точки. Проведем через точку L прямую, параллельную ребру BB_1. Так как эта прямая принадлежит грани BB_1C_1C, она должна пересекаться с ребром BC. Фронтальная проекция проведенной прямой будет проходить через точку L'' и будет параллельна $B'B_1''$. Точка $3''$ является фронтальной проекцией точки пересечения прямой, проведенной через точку L, с ребром BC. Можно построить горизонтальную проекцию $3'$ этой точки, поскольку направление горизонтальной проекции проведенной прямой уже известно: она должна быть параллельна $B'B_1'$. При этом горизонтальная проекция L' находится в проекционной связи с построенной проекцией прямой.

Призма

Призма — это многогранник, основания которого представляют собой равные многоугольники, а боковые грани — параллелограммы.

Если ребра призмы перпендикулярны к плоскости основания, то призма называется *прямой*. Прямая призма с основанием в виде правильного многоугольника называется *правильной*.

Пусть заданы горизонтальная и фронтальная проекции прямой треугольной призмы (рис. 2.11) с основанием ABC, пересеченной наклонной плоскостью $A_1B_1C_1$. Требуется построить профильную проекцию призмы, в натуральную величину фигуру сечения призмы плоскостью $A_1B_1C_1$ и развертку боковой поверхности. (Будем полагать, что часть призмы выше наклонной плоскости отсутствует, т.е. следует построить проекции и развертку оставшейся нижней части призмы.)

Построение проекций. Поскольку плоскость $A_1B_1C_1$ проецируется на фронтальную плоскость проекций в одну прямую, значит, она перпендикулярна к фронтальной плоскости проекций. Следовательно, фронтальной проекцией линии пересечения заданной плоскости с поверхностью призмы мы уже располагаем — это отрезки $A_1''B_1''$, $B_1''C_1''$ и $A_1''C_1''$. Поскольку грани призмы перпендикулярны к горизонтальной плоскости проекций, горизонтальная

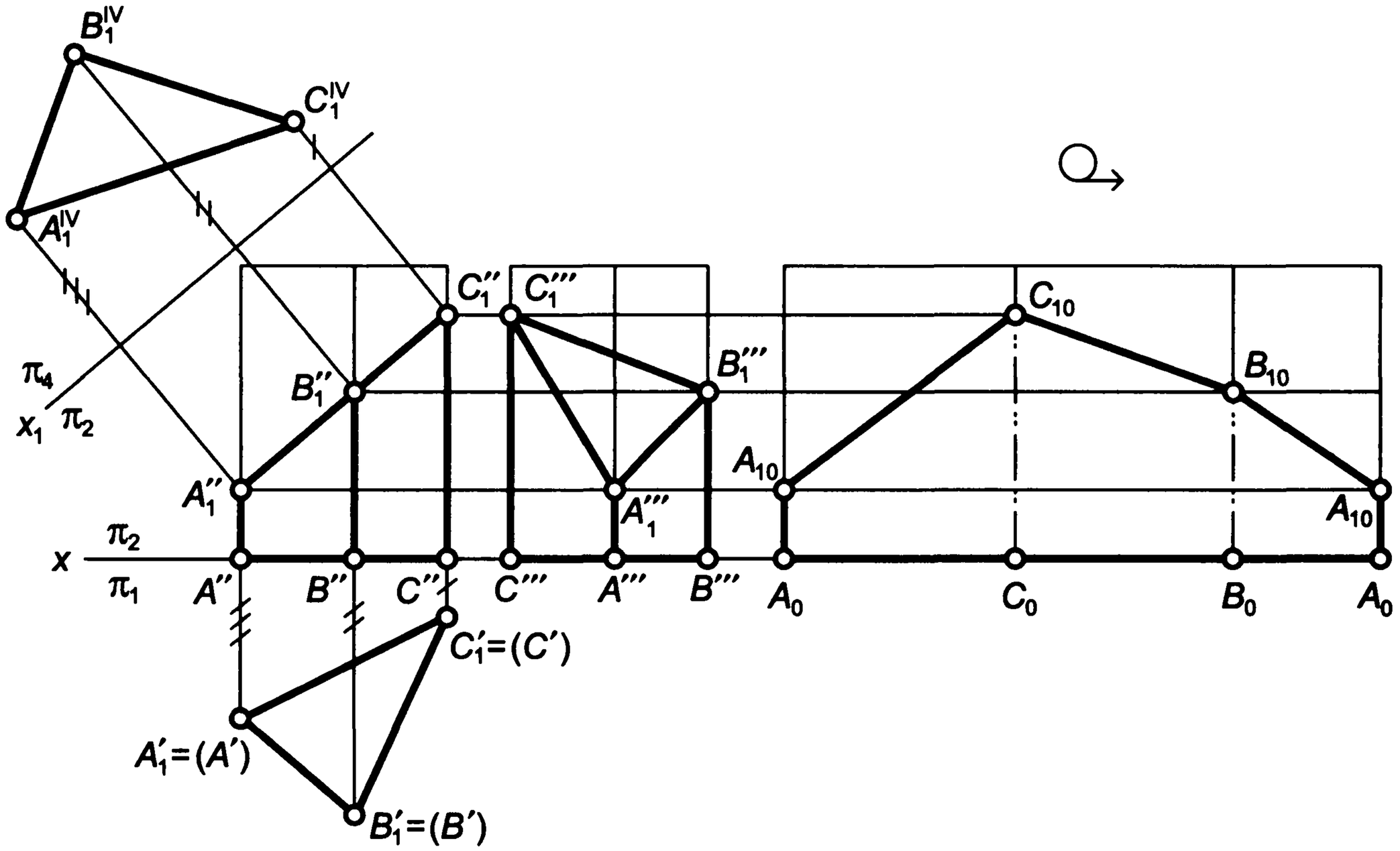


Рис. 2.11

проекция линии пересечения совпадает с проекцией основания — это отрезки $A_1'B_1'$, $B_1'C_1'$ и $A_1'C_1'$. Построив профильную проекцию призмы (тонкими линиями на чертеже показаны очертания призмы, не пересеченной наклонной плоскостью) и определив профильные проекции точек A_1, B_1 и C_1, расположенных на соответствующих ребрах, можно построить профильную проекцию линии пересечения — треугольник $A_1'''B_1'''C_1'''$.

Построение фигуры сечения призмы наклонной плоскостью в натуральную величину способом замены плоскостей проекций. Плоскость $A_1B_1C_1$ не параллельна ни одной из плоскостей проекций, поэтому ни на одну из плоскостей треугольник не проецируется в натуральную (истинную) величину. Для определения натуральной величины треугольника $A_1B_1C_1$ используем один из возможных приемов: способ перемены плоскостей проекций. Перейдем от безосного чертежа к осному, приняв, что нижнее основание ABC призмы в системе π_1, π_2 совпадает с плоскостью π_1. Треугольник $A_1B_1C_1$ спроецируется без искажения на параллельную ему плоскость проекций, поэтому от системы плоскостей проекций π_1, π_2 следует перейти к новой системе π_2, π_4 ($\pi_4 \perp \pi_2$), заменив плоскость π_1 и введя новую плоскость π_4, параллельную плоскости $A_1B_1C_1$. Проекция $A^{IV}B^{IV}C^{IV}$ будет соответствовать истинному виду треугольника $A_1B_1C_1$.

Развертка боковой поверхности. *Развертка* — это изображение поверхностей, совмещенных с плоскостью чертежа. Если бы призма не была пересечена плоскостью $A_1B_1C_1$, то ее боковые грани представляли бы собой прямоугольники, высоты которых были бы равны высоте призмы, а длины смежных сторон соответствовали размерам проекций $A'B'$, $B'C'$ и $A'C'$ (поскольку плоскость основания параллельна горизонтальной плоскости проекции, отрезки прямых, расположенных в плоскости ABC, проецируются на плоскость π_1 без искажения). Мысленно разрезав боковую поверхность призмы по ребру A и построив последовательно три прямоугольника, о которых говорилось ранее, можно изобразить развертку боковой поверхности этой призмы, как это показано на рис. 2.11 справа. При этом ребро A будет повторяться на развертке дважды. При изображении линии пересечения призмы плоскостью $A_1B_1C_1$ следует учесть действительные размеры ребер AA_1, BB_1 и CC_1.

Пирамида

Пирамида — это многогранник, в основании которого располагается какой-либо многоугольник, а боковые грани представляют собой треугольники, сходящиеся в одной вершине.

Если основанием пирамиды является правильный многоугольник и высота пирамиды проходит через его центр, такая пирамида называется *правильной*.

Пусть заданы фронтальная и горизонтальная проекции треугольной пирамиды с вершиной S (рис. 2.12) и основанием ABC. Пирамида пересечена плоскостью MNL, перпендикулярной к фронтальной плоскости проекций (задана только фронтальная проекция). Требуется достроить горизонтальную проекцию, построить профильную проекцию пирамиды, в натуральном виде фигуру сечения пирамиды плоскостью MNL и развертку боковой поверхности. (Будем полагать, что часть пирамиды выше наклонной плоскости отсутствует, т. е. следует построить проекции и развертку оставшейся нижней части пирамиды.)

Построение проекций. Поскольку плоскость MNL перпендикулярна к плоскости π_2, то можно утверждать, что фронтальной проекцией линии пересечения мы уже располагаем, и остается достроить недостающие проекции пирамиды исходя из принадлежности точек M, N и L соответствующим ребрам. Точка N располагается на профильной прямой SB, поэтому ее горизонтальная проекция N' может быть определена после построения профильной проекции $S'''B'''$ ребра SB и проекции N''' точки N.

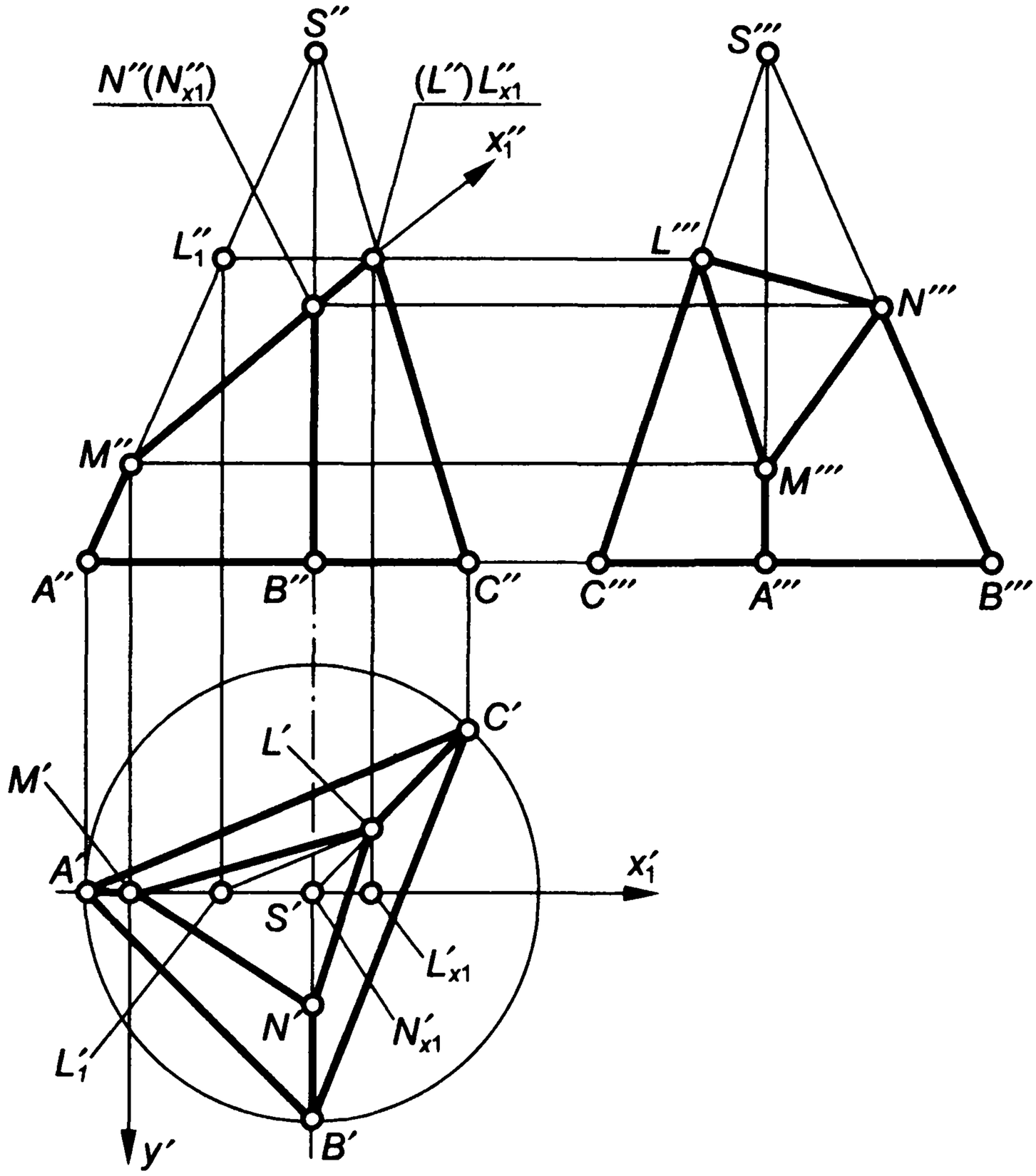


Рис. 2.12

Построение натурального вида фигуры сечения пирамиды наклонной плоскостью координатным способом. Воспользовавшись тем, что следует построить плоскую фигуру, а положение любой точки на плоскости определяется двумя координатами, можно задаться двумя взаимно-перпендикулярными координатными осями и построить сечение в этой системе координатных осей. Направление осей должно быть выбрано таким образом, чтобы размеры сечения вдоль выбранных осей на одну из плоскостей проекций проецировались без искажения.

Для удобства построения примем за начало координат точку M (см. рис. 2.12) и одну из осей — ось Mx_1 направим в плоскости MNL параллельно фронтальной плоскости проекций. Фронтальная проекция этой оси будет $M''x_1''$, а горизонтальная — $M'x_1'$. Вторую ось направим в плоскости MNL перпендикулярно к оси Mx_1. Это будет фронтально-проецирующая прямая, направление которой совпадает с направлением привычной оси Oy. На фронтальную плоскость проекций ось My проецируется в виде точки, совпадаю-

щей с M'', а на горизонтальную — в виде прямой $M'y'$. Поскольку ось $Mx_1 \parallel \pi_2$, то размеры сечения вдоль оси Mx_1 проецируются без искажения на плоскость π_2, а так как ось $My \parallel \pi_1$, то размеры сечения вдоль оси My без искажения проецируются на плоскость π_1.

Теперь в любом свободном месте поля чертежа можно провести две взаимно-перпендикулярные оси Mx_1 и My (рис. 2.13) и построить недостающие точки N и L (точка M совпадает с началом принятой системы координат). Размеры сечения вдоль оси Mx_1 следует брать с фронтальной проекции: для точки N — это расстояние $|MN_{x1}| = |M''N''|$, а для точки L — это расстояние $|ML_{x1}| = |M''L''|$ (см. рис. 2.12). Размеры сечения вдоль оси My берутся с горизонтальной проекции с учетом направления отрезков — удаления точек N и L от оси M_{x1}, т. е. $|NN_{x1}| = |N'N'_{x1}|$ и $|LL_{x1}| = |L'L'_{x1}|$.

Развертка боковой поверхности. Для построения развертки боковой поверхности пирамиды грани, ограниченные треугольниками SAB, SBC и SAC, следует совместить с плоскостью чертежа. Каждый из этих треугольников можно построить по трем сторонам, но при этом необходимо использовать истинные размеры их сторон. Решение задачи существенно облегчается тем, что основание высоты пирамиды (см. рис. 2.12) совпадает с центром окружности, описанной вокруг основания ABC. Поскольку проекции ребер SA, SB и SC на плоскость ABC равны, то равны и сами ребра. Кроме того, ребро SA параллельно фронтальной плоскости проекций, поэтому оно проецируется на плоскость π_2 без искажения.

Начиная изображение развертки (рис. 2.14), из произвольно выбранной точки S_0, как из центра, проведем дугу окружности радиусом $S''A''$ (см. рис. 2.12). При построении развертки боковую поверхность пирамиды мысленно разрежем по ребру SA и, проведя из точки S_0 (см. рис. 2.14) один из радиусов изображенной дуги,

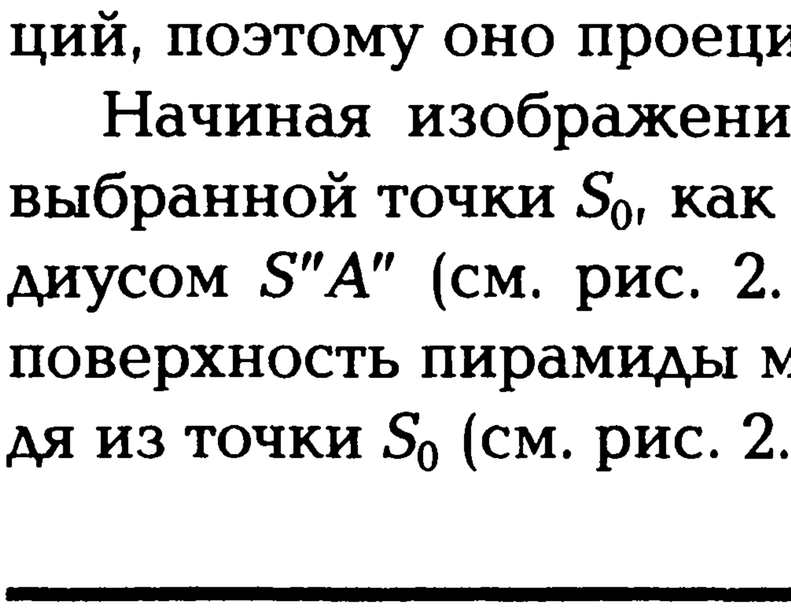


Рис. 2.13

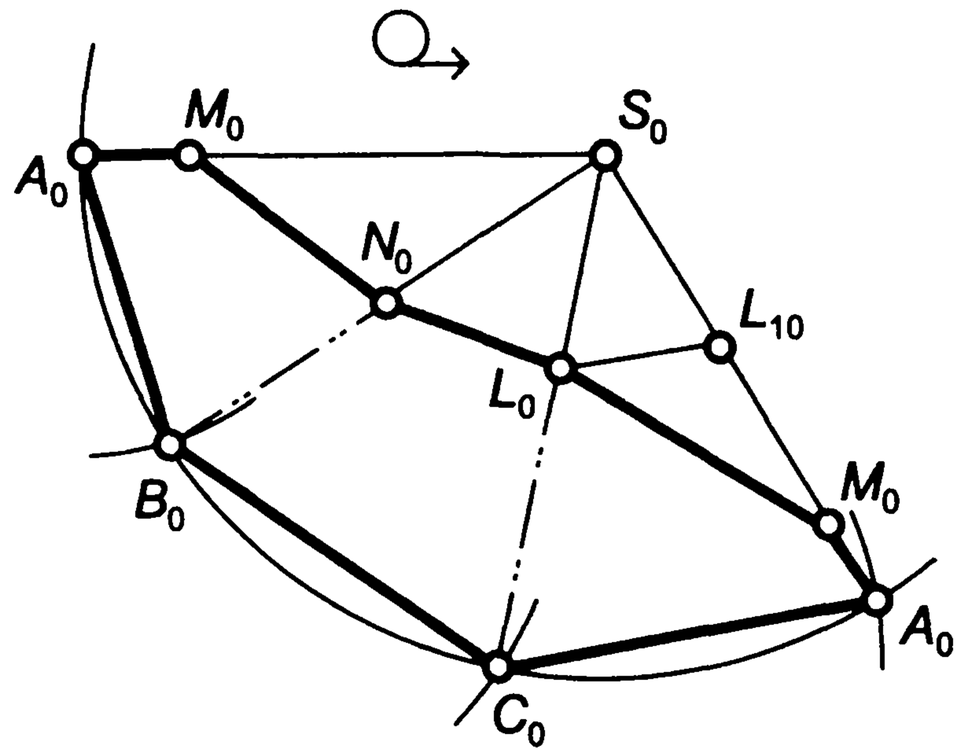


Рис. 2.14

наметим положение на развертке ребра SA (отрезок S_0A_0). Стороны основания ABC (см. рис. 2.12) параллельны горизонтальной плоскости проекций, следовательно, на плоскость π_1 отрезки AB, BC и AC проецируются без искажения, поэтому из точки A_0 (см. рис. 2.14) на имеющейся дуге делаем засечку радиусом $A'B'$ (см. рис. 2.12). Найденная при этом точка B_0 (см. рис. 2.14) определит положение на развертке ребра SB (отрезок S_0B_0).

Для построения точки C_0 из точки B_0 сделаем засечку радиусом $B'C'$ (см. рис. 2.12), а для определения второй точки A_0 (см. рис. 2.14) — засечку из точки C_0 радиусом $A'C'$ (см. рис. 2.12). Так как при построении развертки боковая поверхность мысленно была разрезана по ребру SA, то изображение этого ребра на развертке будет повторяться дважды.

Если необходимо учесть на развертке линию пересечения пирамиды плоскостью MNL (см. рис. 2.12), на отрезках S_0A_0, S_0B_0, S_0C_0 (см. рис. 2.14) следует отложить соответственно отрезки S_0M_0, S_0N_0, S_0L_0, равные их истинным размерам.

Поскольку ребро SA параллельно фронтальной плоскости проекций, то отрезок SM без искажения проецируется на плоскость π_2. Так как ребро SB параллельно профильной плоскости проекций, отрезок SN проецируется без искажения на плоскость π_3.

Отрезок SL принадлежит прямой общего положения, следовательно, ни на одну из плоскостей в натуральном виде не проецируется. Для определения положения точки L_0 можно воспользоваться тем, что параллельные прямые изображаются на чертеже параллельными одноименными проекциями. Если в плоскости SAC (см. рис. 2.12) провести прямую, параллельную ребру AC, то горизонтальная проекция такой прямой будет параллельна $A'C'$, а фронтальная — $A''C''$. Проведенная прямая пересечет ребро SA в точке L_1, причем проекция $S''L_1''$ будет соответствовать истинному размеру отрезка SL_1. Отложив на развертке (см. рис. 2.14) отрезок S_0L_{10}, равный отрезку $S''L_1''$, проведем из точки L_{10} прямую, параллельную A_0C_0. Пересечение этой прямой с изображением ребра SC определит положение точки L_0. Соединив точки M_0, N_0 и L_0 отрезками прямых, получим изображение на развертке линии пересечения пирамиды наклонной плоскостью.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определения призмы и прямой правильной призмы.
2. Дайте определения пирамиды и правильной пирамиды.

2.5. ПОВЕРХНОСТИ ВРАЩЕНИЯ

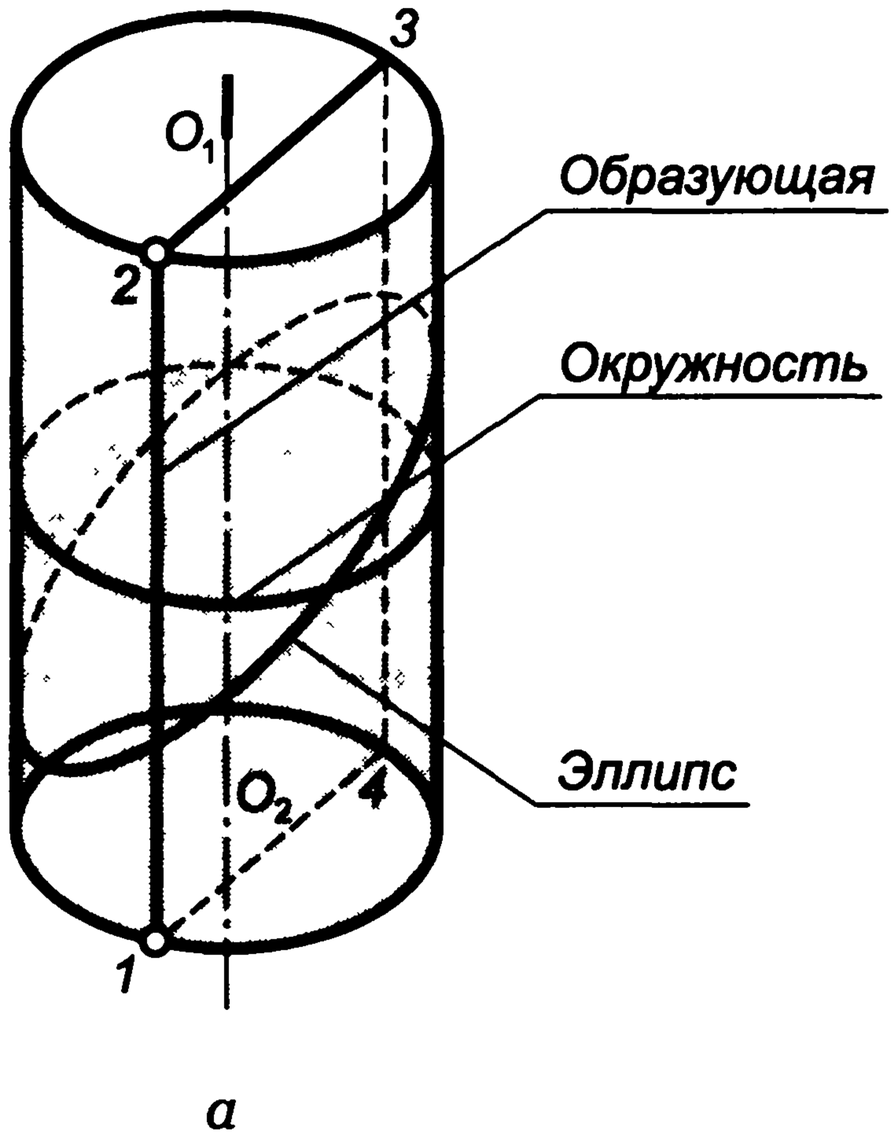
Цилиндр

Цилиндр вращения, или **прямой круговой цилиндр**, представляет собой развертываемую поверхность, получаемую при вращении прямой вокруг оси, ей параллельной.

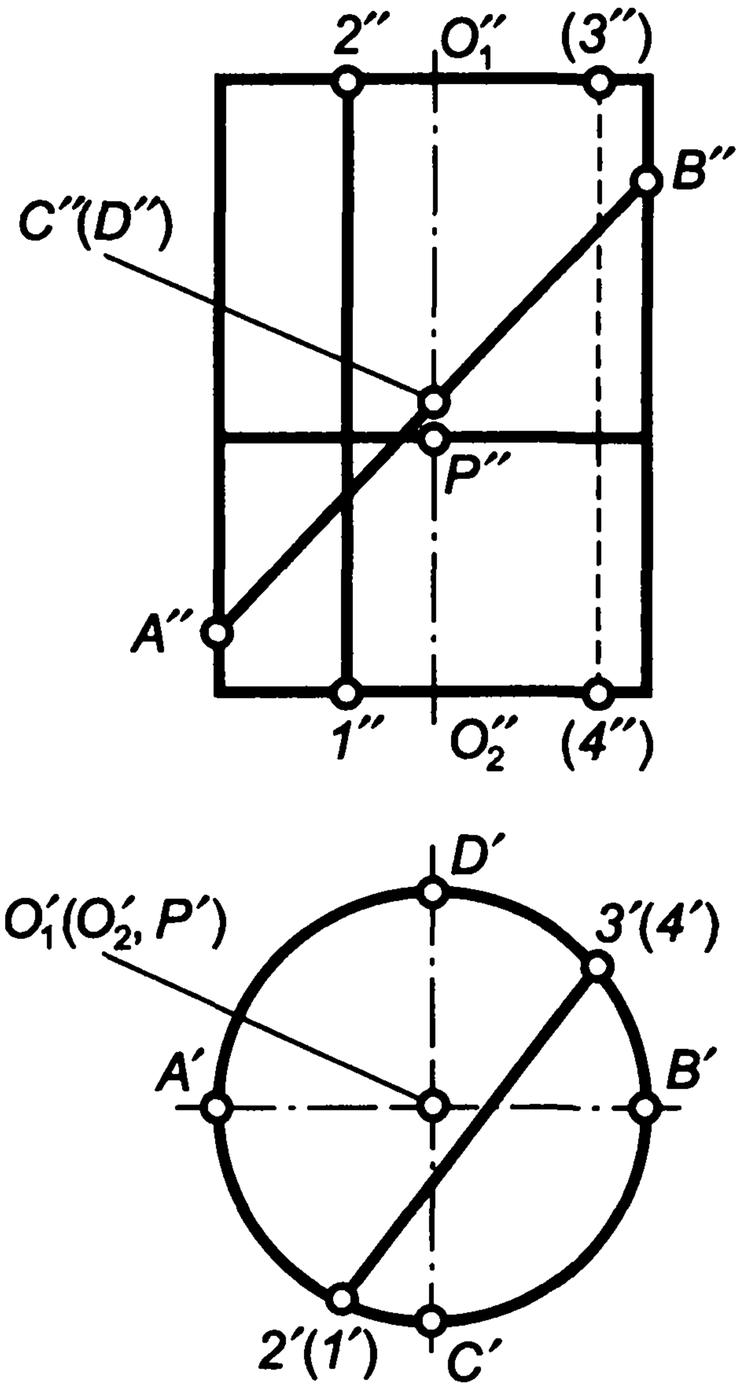
На рис. 2.15, *а* представлено наглядное изображение прямого кругового цилиндра, а на рис. 2.15, *б* даны его проекции. Если вращать прямую *12* (см. рис. 2.15, *а*) вокруг параллельной ей оси O_1O_2, то каждая точка этой прямой будет описывать окружность, а все ее точки (все последовательные положения прямой *12*) — цилиндрическую поверхность. Прямую, производящую поверхность при вращении, называют *образующей*.

Рассматривая цилиндр как тело, следует ограничить объем кругами верхнего и нижнего оснований. Подчеркнем, однако, что цилиндрической является лишь боковая поверхность, а основания представляют собой плоскости.

На рис. 2.15, *б* ось O_1O_2 цилиндра перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекций, поэтому все образующие перпенди-



а



б

Рис. 2.15

кулярны к плоскости π_1, и все множество точек цилиндрической поверхности проецируется на горизонтальную плоскость в виде окружности.

Плоскость, параллельная оси, цилиндрической поверхности пересекает ее по образующим, а плоскость, перпендикулярная к оси, цилиндрической поверхности — по окружности. Плоскость, наклонная к оси цилиндрической поверхности, пересекает последнюю по эллипсу.

Пусть заданы фронтальная и горизонтальная проекции прямого кругового цилиндра, пересеченного плоскостью, перпендикулярной к фронтальной плоскости проекций (рис. 2.16, *а*). Требуется построить профильную проекцию цилиндра, срезанного плоскостью, и развертку боковой поверхности этого цилиндра. (Будем полагать, что часть цилиндра выше наклонной плоскости отсутствует, и следует построить проекции и развертку оставшейся нижней части цилиндра.)

Поскольку секущая плоскость перпендикулярна к фронтальной плоскости проекций, фронтальные проекции всех точек линии пересечения цилиндра плоскостью совпадают с отрезком *1″7″*. Так как все образующие цилиндра в рассматриваемой задаче перпендикулярны к горизонтальной плоскости проекций, горизонтальные проекции всех точек линии пересечения совпадают с окружностью, в которую проецируется цилиндрическая поверхность на плоскость π_1. Таким образом, можно утверждать, что мы располагаем и фронтальной, и горизонтальной проекциями линии пере-

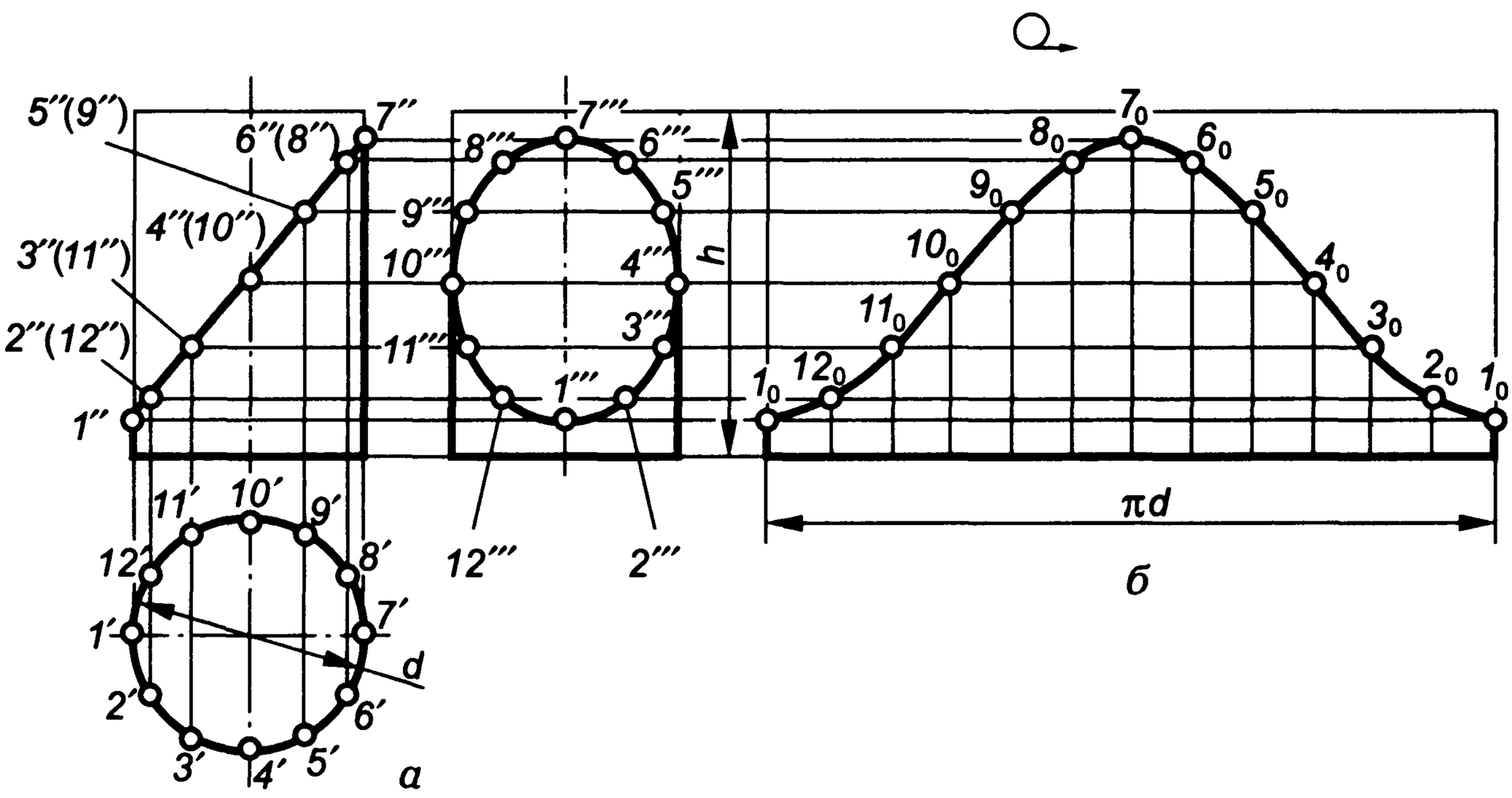


Рис. 2.16

сечения. По имеющимся двум проекциям можно построить недостающие профильные проекции любой точки линии пересечения. Поскольку в дальнейшем предполагается построение развертки, точки *1*...*12*, намеченные для построений, выбираются на образующих, равномерно расположенных на цилиндрической поверхности. Окружность на плоскости π_1 делится на 12 частей, определяются фронтальные проекции точек, и по двум проекциям строятся профильные проекции точек.

Развертка цилиндра вращения (рис. 2.16, *б*) высотой *h* и диаметром *d* представляет собой прямоугольник, одна из сторон которого равна высоте цилиндра, а другая — длине окружности основания. Образующая, по которой разрезана цилиндрическая поверхность (на рис. 2.16 — образующая с точкой *1*), на развертке будет повторяться дважды. Для того чтобы нанести на развертке линию пересечения, необходимо построить в натуральную величину соответствующие отрезки образующих. Поскольку в рассматриваемой задаче все образующие цилиндра перпендикулярны к плоскости π_1, значит, интересующие нас отрезки образующих параллельны фронтальной и профильной плоскостям проекций и, следовательно, проецируются на них без искажений. Развернутая дуга окружности основания делится на 12 частей, проводятся образующие цилиндра, и на них откладываются высоты, на которых располагаются намеченные к построению точки. Построенные точки 1_0...12_0 соединяются плавной кривой. При приближенном построении развертки расстояние между рядом расположенными образующими, равное 1/12 длины дуги окружности основания, можно заменить размером соответствующей хорды.

Конус

Конус вращения, или **прямой круговой конус**, представляет собой развертываемую поверхность, получаемую при вращении прямой линии вокруг оси и пересекающую эту ось в одной и той же точке.

На рис. 2.17, *а* представлено наглядное изображение конуса вращения с вершиной *S*, ось *SO* которого перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, а на рис. 2.17, *б* — его проекции. Если прямую *SA* вращать вокруг оси *SO* таким образом, чтобы она пересекала ее в точке *S*, то каждая из точек этой прямой будет описывать окружность, а все ее точки (все последовательные положения прямой) — коническую поверхность. Прямую *SA*, производящую поверхность при своем движении, называют *образующей*.

Как и для любой поверхности вращения, в результате пересечения конуса плоскостью, перпендикулярной к его оси, получают окружность. На рис. 2.17 это окружности с центрами *O* и *P*. Если конус рассекать плоскостями, проходящими через его вершину, то поверхность будет пересекаться по двум образующим (*SA* и SA_1). При пересечении всех образующих конуса плоскостью, не перпендикулярной к его оси, получают эллипс (на рис. 2.17 это эллипс с осями *EF* и *GK*).

При построении недостающей проекции точки, принадлежащей конической поверхности, следует использовать признак принадлежности точки поверхности: **точка принадлежит поверхности, если она расположена на линии, принадлежащей поверхности**.

Пусть задана фронтальная проекция *M″* точки *M* (см. рис. 2.17, *б*) и требуется построить горизонтальную проекцию этой точки. Поскольку конус является поверхностью вращения, то через точку *M*

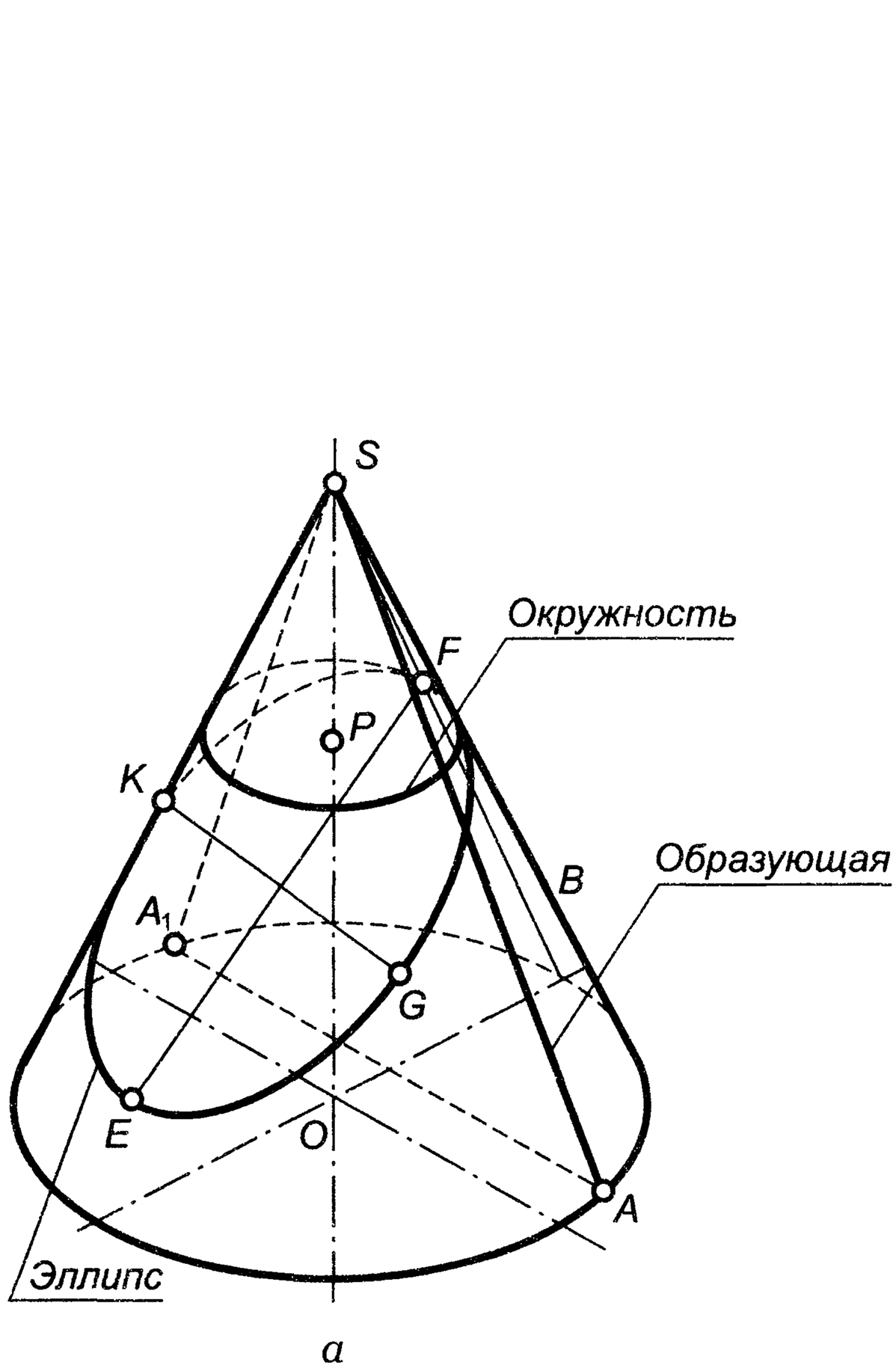


Рис. 2.17

всегда можно провести окружность, причем плоскость этой окружности будет перпендикулярна к оси поверхности. В рассматриваемом примере ось конуса перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекций, поэтому плоскость окружности, проведенной через точку M, параллельна плоскости π_1. Фронтальная проекция такой окружности будет представлять собой отрезок прямой, перпендикулярной к проекции оси поверхности и проходящей через точку M'', а горизонтальная — окружность. Радиус такой окружности и на плоскость π_2, и на плоскость π_1 проецируется в истинном виде. Горизонтальная проекция M' находится на горизонтальной проекции окружности, проведенной через точку M.

Для построения недостающей проекции точки можно использовать образующие. Если через точку M провести образующую, то ее фронтальная проекция будет иметь вид прямой $S''M''$. Данная образующая должна пересекать окружность основания конуса, т. е. точка N'' является фронтальной проекцией точки пересечения. Построив горизонтальные проекции N' и $S'N'$, можно определить проекцию M' точки M.

Выбор линии (окружности или образующей) для построения недостающей проекции точки, расположенной на конусе, определяется исключительно практическими соображениями: удобством и точностью выполняемых построений.

Пусть задан прямой круговой конус (рис. 2.18), пересеченный плоскостью, перпендикулярной к фронтальной плоскости проекций. Требуется построить проекции линии пересечения конуса плоскостью и развертку конической поверхности с учетом линии пересечения. (Будем полагать, что часть конуса выше наклонной плоскости отсутствует, т. е. следует построить проекции и развертку оставшейся нижней части конуса.)

Поскольку задана плоскость, перпендикулярная к плоскости π_2, то можно считать, что фронтальной проекцией эллипса мы располагаем, и остается достроить его горизонтальную проекцию, используя рассмотренные ранее приемы построения недостающей проекции точки, принадлежащей конической поверхности.

Для построения проекций точек будем использовать образующие $S1 \ldots S12$, расположенные равномерно.

Развертка конической поверхности (рис. 2.19) представляет собой сектор, радиус которого равен истинной длине l (см. рис. 2.18) образующей конуса, а угол φ (см. рис. 2.19) можно найти по формуле

$$\varphi = \frac{r}{l} 360°,$$

где r — радиус окружности основания (см. рис. 2.18).

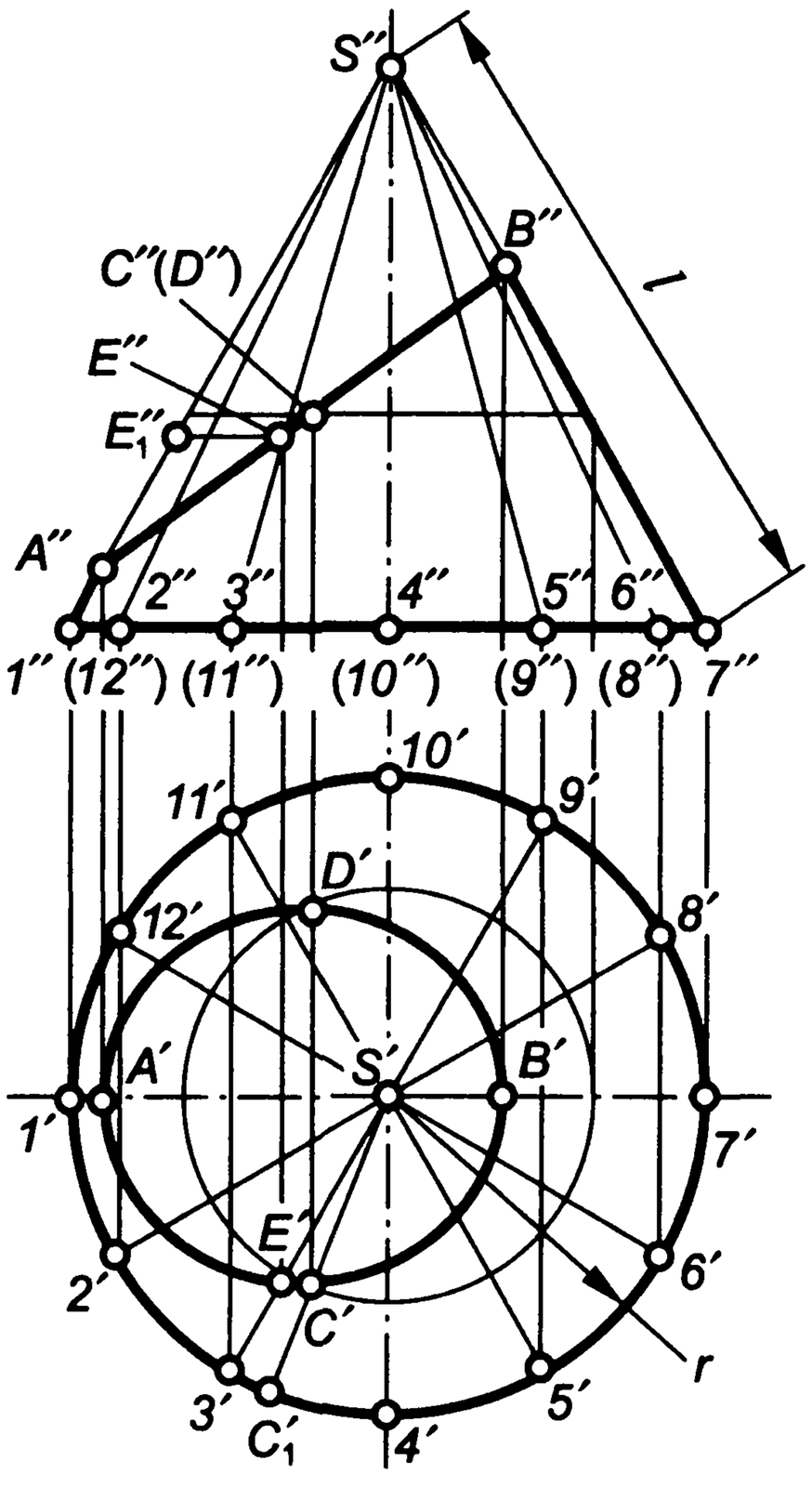


Рис. 2.18

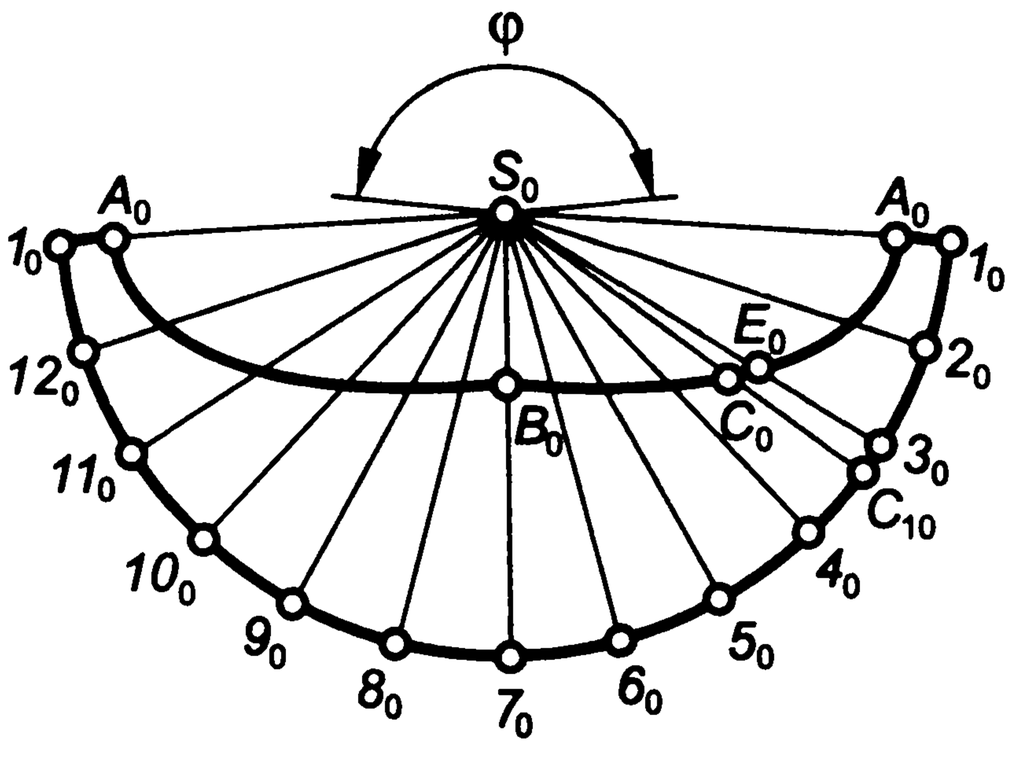


Рис. 2.19

Для построения на развертке линии пересечения конуса плоскостью необходимо построить образующие $S1 \ldots S12$ и отложить на них в натуральном виде отрезки SA, SB, SE и т. д.

В рассматриваемом примере коническая поверхность рассечена по образующей $S1$, поэтому эта образующая на развертке повторяется дважды. Положение других образующих можно определить, разделив угол φ или длину соответствующей дуги на 12 равных частей. При приближенном построении развертки можно не рассчитывать угол сектора, и после проведения дуги радиусом l от произвольно выбранной точки 1_0 отложить необходимое число раз не длину дуги, а длину хорды между основаниями ближайших образующих, например отрезок $1'2'$ (см. рис. 2.18).

Для нанесения на развертке точек A, B, E и других необходимо располагать натуральными размерами отрезков соответствующих образующих. Поскольку среди выделенных образующих лишь $S1$ и $S7$ параллельны фронтальной плоскости проекций, отрезки SA и SB проецируются на плоскость π_2 без искажения, что позволяет отложить на соответствующих образующих (см. рис. 2.19) отрезки

$S'A'$ и $S'B'$ (см. рис. 2.18), определив положение точек A_0 и B_0 (см. рис. 2.19).

Отрезки остальных образующих проецируются с искажениями, и для использования их при построении развертки необходимо предварительно определить натуральные размеры этих отрезков. Удобней всего это сделать посредством вращения соответствующих образующих вокруг высоты конуса до совпадения с одной из очерковых образующих (см. рис. 2.18). Например, при вращении образующей $S3$ по часовой стрелке (на горизонтальной проекции) до совпадения с образующей $S1$ точка E, перемещаясь в горизонтальной плоскости, займет положение E_1. При этом отрезок $S''E_1''$, соответствующий истинному размеру отрезка SE, может быть использован при построении точки E_0 на развертке (см. рис. 2.19).

Сфера

Сфера представляет собой неразвертываемую поверхность, получаемую при вращении окружности или ее дуги вокруг оси, проходящей через их центр и лежащей в плоскости этой окружности или дуги.

На рис. 2.20, *а* приведено наглядное изображение сферы с центром в точке O, а на рис. 2.20, *б* — ее чертеж. Осью поверхности

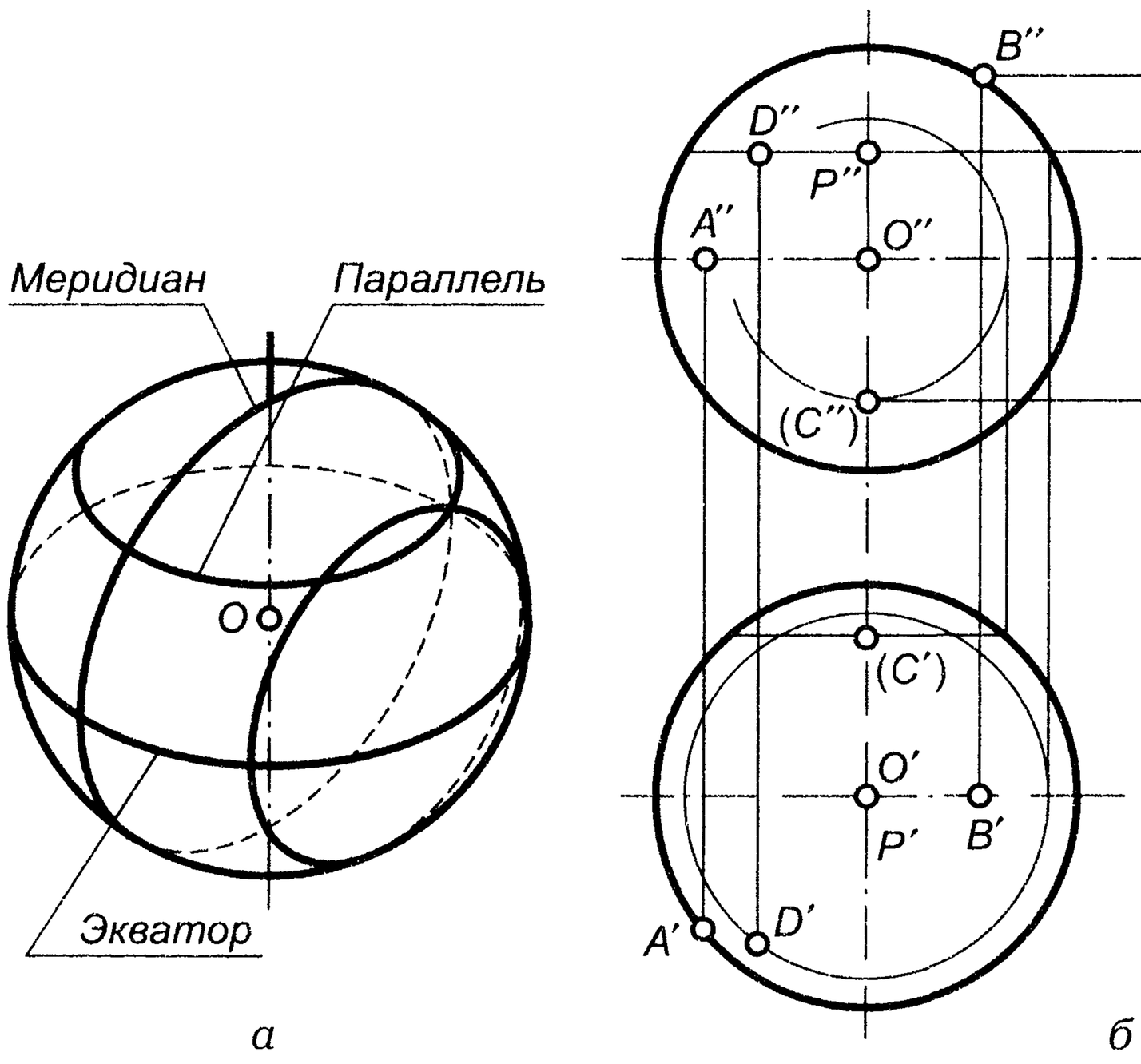


Рис. 2.20

может служить любая прямая, проходящая через центр сферы. Поскольку каждая точка вращающейся образующей (окружности или ее дуги) описывает окружность, любое пересечение сферы плоскостью образует окружность. Окружности, плоскости которых перпендикулярны к оси вращения, называются *параллелями*. Наибольшая из параллелей называется *экватором*. Окружности сферы, проходящие через ось вращения, называются *меридианами*.

Все проекции сферы (рис. 2.20, *б*) представляют собой окружности, диаметры которых равны диаметру сферы. Обратим внимание на то, что для исчерпывающего задания сферы на чертеже необходимы все три проекции. В практике черчения, однако, ограничиваются одной проекцией, но обозначение диаметра сопровождают соответствующей надписью или специальным символом, указывающим на то, что изображена именно сфера.

Линия пересечения сферы плоскостью — всегда окружность, но форма ее проекций зависит от положения плоскости окружности относительно плоскостей проекций. Если плоскость окружности параллельна некоторой плоскости проекций, то окружность проецируется без искажения. Если плоскость окружности перпендикулярна плоскости проекций, то окружность проецируется как отрезок прямой. Если плоскость окружности не параллельна и не перпендикулярна плоскости проекций, то проекция окружности представляет собой эллипс. Например, при пересечении сферы горизонтальной плоскостью (см. рис. 2.20, *б*) образуется окружность с центром в точке P, которая на плоскость π_2 проецируется в виде отрезка, а на плоскость π_1 — в виде окружности.

Некоторые из окружностей сферы важны для определения видимости поверхности относительно той или иной плоскости проекций. Так, экватор сферы, на котором расположена точка A, определяет видимость сферы относительно горизонтальной плоскости проекций: та часть сферы, которая располагается выше экватора (см. проекцию на плоскость π_2), на горизонтальной проекции будет видна. Главный меридиан сферы, на котором расположена точка B, определяет видимость относительно фронтальной плоскости проекций: та часть сферы, которая располагается перед главным меридианом, т. е. дальше от плоскости π_2 и, следовательно, ближе к наблюдателю (см. проекцию на плоскость π_1), на фронтальной проекции будет видна. Профильный меридиан сферы, на котором расположена точка C, определяет видимость сферы относительно профильной плоскости проекций: та часть сферы, которая располагается левее профильного меридиана (см. проекцию на плоскость π_2 или π_1), на профильной проекции будет видна.

Если необходимо построить недостающие проекции точки, расположенной на сфере, следует использовать признак принадлежности точки поверхности в соответствии с рассмотренным ранее алгоритмом: через точку мысленно провести окружность, построить проекции этой окружности и найти на них требуемые проекции точки. Пусть, например, задана фронтальная проекция D'' точки D и требуется построить горизонтальную и профильную проекции этой точки. Если через точку D провести горизонтальную окружность, ее фронтальная проекция будет иметь вид отрезка горизонтальной прямой, проходящей через точку D''. При этом на горизонтальную плоскость проекций проведенная окружность будет проецироваться без искажения, а горизонтальная проекция D' будет располагаться на построенной горизонтальной проекции окружности. Профильную проекцию D''' точки D можно построить по имеющимся проекциям D'' и D'.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как образуется поверхность прямого кругового цилиндра?
2. Как образуется поверхность прямого кругового конуса?
3. Как образуется поверхность сферы?
4. Какая линия образуется при пересечении сферы плоскостью и как эта линия проецируется при различных положениях секущей плоскости относительно плоскости проекций?

2.6. ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Две поверхности при пересечении образуют некоторую линию, представляющую собой множество точек, общих как для одной, так и для другой поверхности. Таким образом, задача построения линии пересечения двух заданных поверхностей состоит в определении точек, принадлежащих обеим поверхностям.

Для определения линии пересечения двух поверхностей в общем случае необходимо выполнить следующие действия:

- пересечь заданные поверхности вспомогательной поверхностью;
- построить линии пересечения вспомогательной поверхности с каждой из заданных поверхностей;
- определить точки пересечения построенных линий;

- вводя новые вспомогательные поверхности и повторяя действия предыдущих пунктов, построить необходимое число точек линии пересечения заданных поверхностей;
- найденные точки соединить плавной кривой.

При построении линии пересечения двух поверхностей следует стремиться к выполнению следующих условий:

- вводимые вспомогательные поверхности должны быть достаточно простыми (плоскости, сферы);
- пересечение вспомогательных поверхностей с заданными поверхностями должно образовывать линии, имеющие наиболее простые проекции (прямые, окружности).

Число точек линии пересечения, которое необходимо определить в ходе построения, зависит от условия задачи и требуемой точности. Как правило, для построения линии пересечения сложных кривых поверхностей приходится находить значительное число точек, причем в первую очередь определяются так называемые характерные точки линии пересечения: наиболее высокая и наиболее низкая, ближайшая и наиболее удаленная от наблюдателя, а также точки, ограничивающие видимость линии пересечения, точки касания кривой к очерку поверхности и т. п.

Общий способ построения линии пересечения двух поверхностей обладает абсолютной универсальностью и может применяться во всех без исключения случаях.

Использование плоскостей в качестве вспомогательных поверхностей

Пусть требуется построить проекции линии пересечения сферы радиусом R с центром в точке O и прямого кругового конуса с вершиной S (рис. 2.21).

Для решения поставленной задачи в качестве вспомогательных поверхностей целесообразно использовать горизонтальные плоскости. Введем одну из таких плоскостей α и найдем линии, по которым она пересекает заданные поверхности. Поверхность сферы рассекается по окружности радиусом R_1, а поверхность конуса — по окружности радиусом r_1, причем обе они на горизонтальную плоскость проекций проецируются без искажений. Поскольку эти окружности принадлежат одной и той же горизонтальной плоскости α, то они пересекаются в точках 1 и 1_1. Эти точки являются общими для сферы и конуса и, следовательно, принадлежат линии

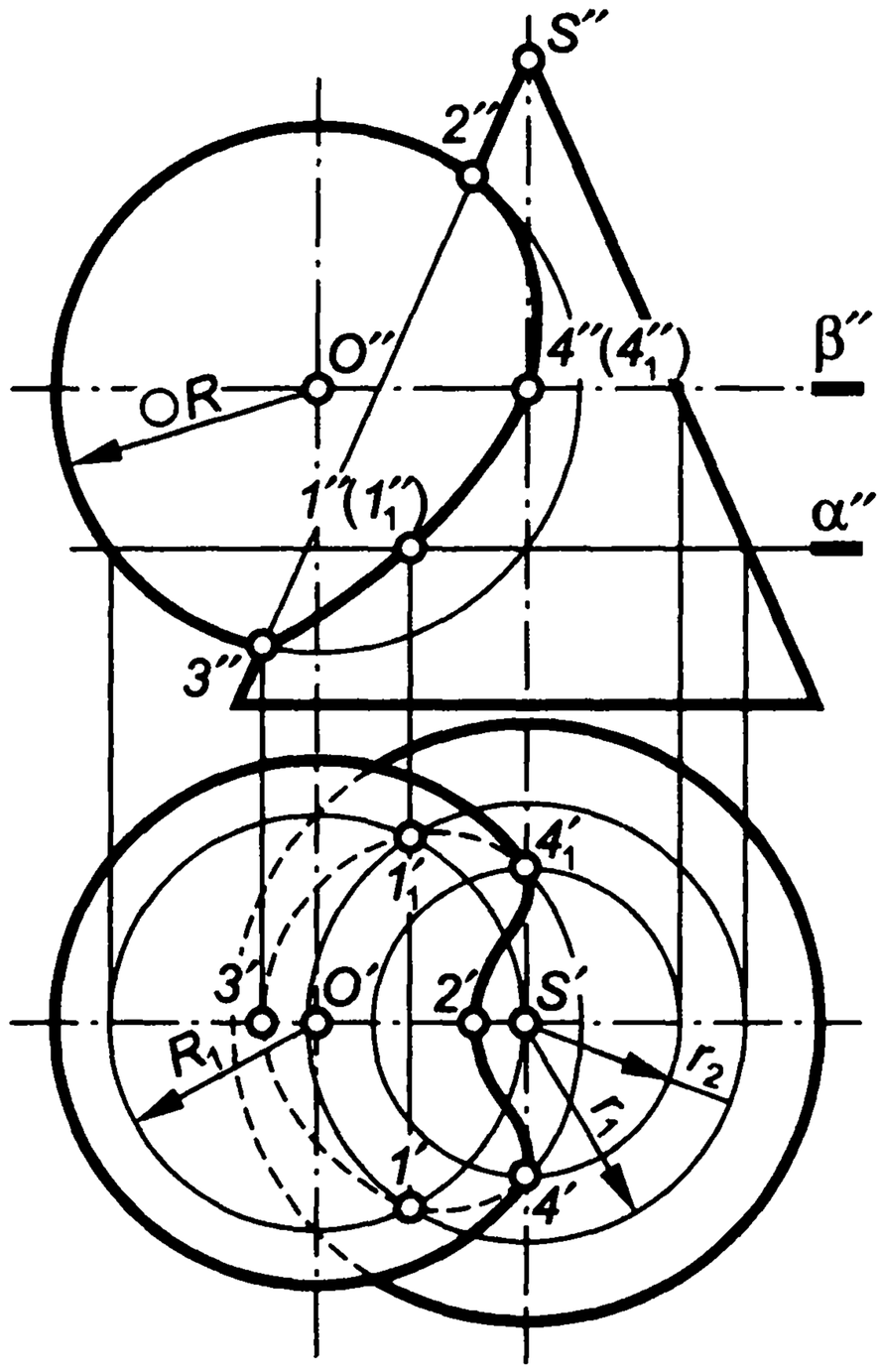


Рис. 2.21

их пересечения. Горизонтальные проекции $1'$ и $1'_1$ — результат пересечения горизонтальных проекций окружностей с радиусом R_1 и r_1, а совпадающие фронтальные проекции $1''$ и $1''_1$ определяются по линиям связей на проекциях окружностей с радиусами R_1 или r_1. Вводя новые горизонтальные плоскости и повторяя приведенные построения, можно найти достаточное для построения число точек, и соединив их плавной кривой, получить проекции линии пересечения сферы и конуса.

Построения следует начинать с определения характерных точек линии пересечения, в частности, с поиска наиболее высокой и наиболее низкой точек искомой линии. Эти точки располагаются в плоскости симметрии пересекающихся поверхностей. В рассматриваемой задаче плоскость симметрии параллельна фронтальной плоскости проекций. Устанавливаемые точки находятся на пересечении главного меридиана сферы с соответствующей образующей конуса, лежащих в плоскости симметрии, поэтому фронтальные проекции $2''$ самой высокой точки и $3''$ самой низкой точки находятся на пересечении проекций главного меридиана сферы с левой очерковой образующей конуса. Горизонтальные проекции $2'$ и $3'$ определяют по линиям связей. После определения проекций точек 2 и 3 становится очевидным, что

вспомогательные плоскости целесообразно вводить не выше точки *2* и не ниже точки *3*.

Для определения точек, в которых горизонтальная проекция линии пересечения касается проекции экватора сферы, необходимо ввести горизонтальную плоскость β, совпадающую с плоскостью экватора. Тогда сфера пересечется по экватору, а конус — по окружности радиусом r_2. Пересечение горизонтальных проекций этих окружностей позволит определить точки $4'$ и $4'_1$. Фронтальные проекции $4''$ и $4''_1$ располагаются на фронтальной проекции экватора сферы (проекции окружности конуса). Точки *4* и 4_1 определяют видимость линии пересечения на горизонтальной проекции: та ее часть, которая располагается выше экватора (участок 424_1), на горизонтальной проекции видна, а остальная — не видна.

Здесь и далее будем считать, что кривые поверхности ограничивают монолитное непрозрачное тело. Тогда точки *2* и *3* определяют участки существования очерковой образующей конуса, а точки *4* и 4_1 — участок существования экватора сферы.

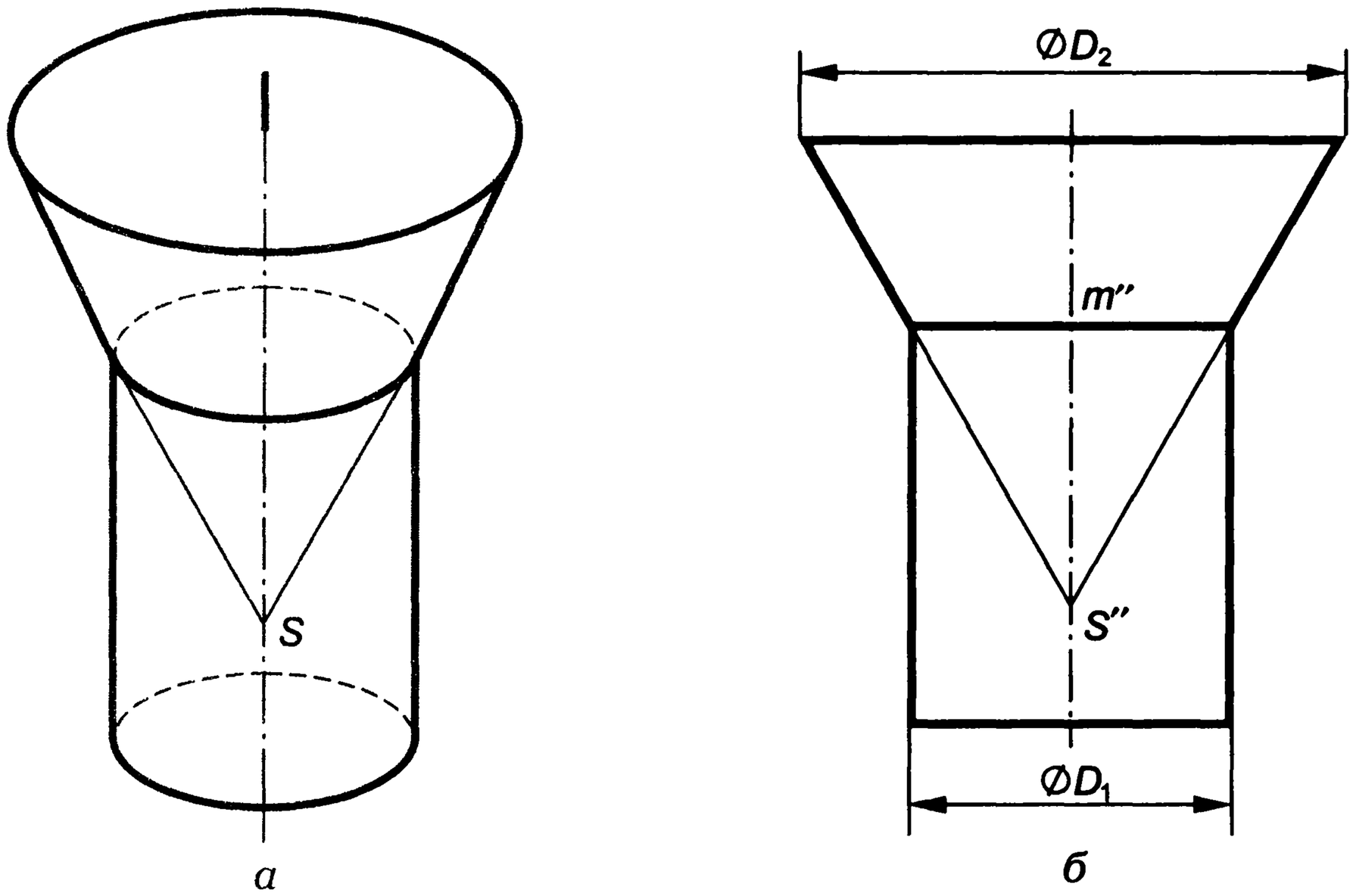
Использование сфер в качестве вспомогательных поверхностей

При построении линии пересечения криволинейных поверхностей в качестве вспомогательных поверхностей часто используют сферы. Их применение в большой мере основывается на особенности пересечения соосных поверхностей вращения.

Соосными называются поверхности вращения, имеющие общую ось вращения.

Соосные поверхности пересекаются по окружностям, плоскости которых перпендикулярны к оси вращения.

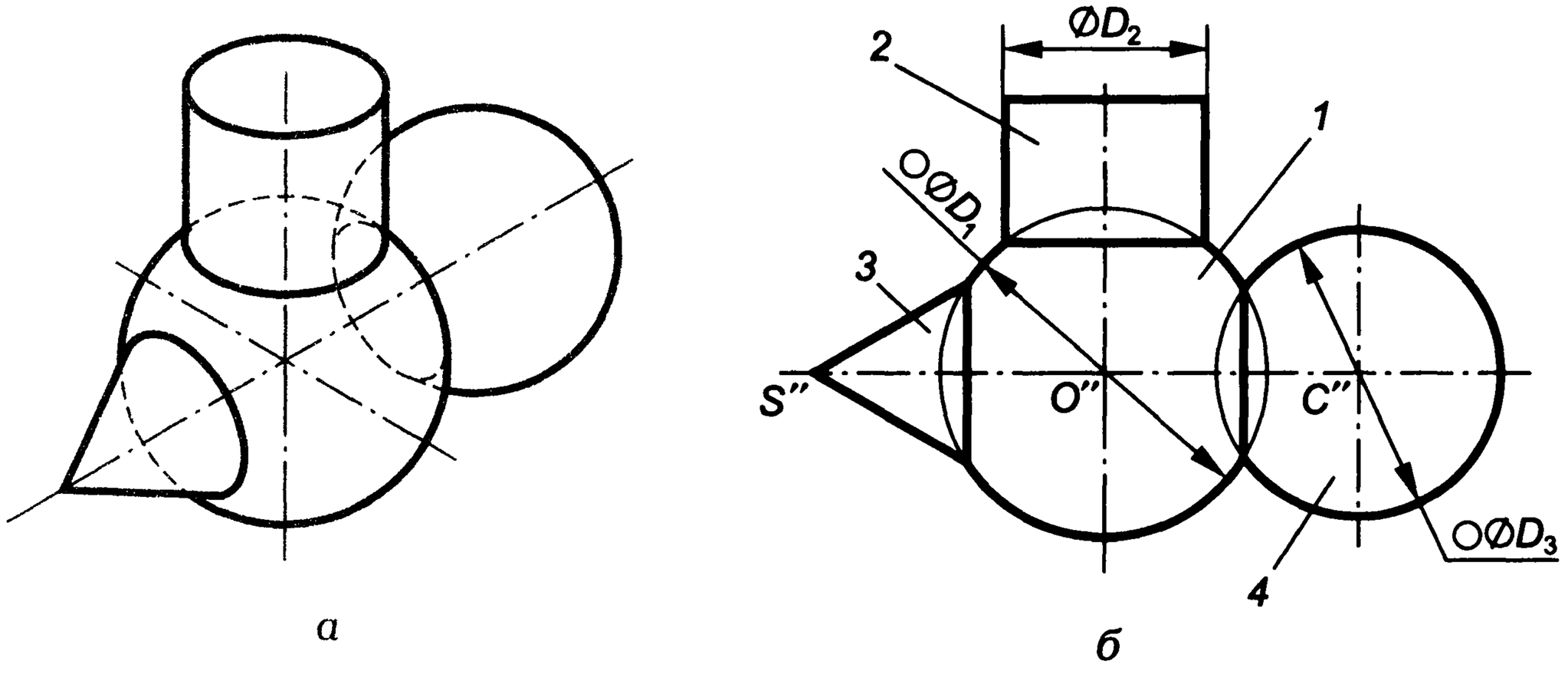
На рис. 2.22, *а* показано наглядное изображение цилиндра диаметром D_1, пересекающегося конусом с вершиной *S* и диаметром D_2 окружности основания, а на рис. 2.22, *б* приведен их чертеж. Поверхности этих фигур имеют общую ось вращения, параллельную фронтальной плоскости проекций, а как указывалось ранее, такие поверхности пересекаются по окружности. Так как ось вращения параллельна плоскости π_2, а плоскость окружности перпендикулярна к оси вращения, то плоскость окружности, по которой пересекаются цилиндр и конус, перпендикулярна к плоскости π_2. Следовательно, окружность проецируется на фронтальную плоскость проекций в виде отрезка m'', ограниченного точками пересечения очерковых образующих заданных поверхностей.



а *б*

Рис. 2.22

На рис. 2.23 приведены наглядное изображение (рис. 2.23, *а*) и чертеж (рис. 2.23, *б*) сферы *1*, пересекающейся с цилиндром *2*, конусом *3* и сферой *4*. Все пересекающиеся поверхности являются соосными, поскольку за ось вращения сферы можно принять любую прямую, проходящую через ее центр. Следовательно, поверхности *2*...*4* пересекаются со сферой *1* по окружностям, а так как общие оси вращения сферы с каждой из заданных поверхностей параллельны фронтальной плоскости проекций, то плоскости этих окружностей перпендикулярны к плоскости π_2, поэтому окружности проецируются на нее в виде отрезков прямых, перпендикуляр-



а *б*

Рис. 2.23

ных к проекциям осей вращения. Положения проекций окружностей определяются точками пересечения очерковых образующих каждой пары соосных поверхностей.

Использование вспомогательных сфер не ограничивается возможностью образования соосных поверхностей вращения, оно целесообразно и в некоторых других случаях. Рассмотрим пример использования сфер — случай, при котором вспомогательные сферы имеют общий центр.

Вспомогательные поверхности в виде сфер, имеющих общий центр, применяются для определения линии пересечения поверхностей вращения, оси которых пересекаются.

Пусть необходимо построить проекцию линии пересечения прямого кругового конуса с вершиной S (рис. 2.24) и диаметром основания D_1 с прямым круговым цилиндром диаметром D_2. Оси конуса и цилиндра, пересекающиеся в точке O, параллельны фронтальной плоскости проекций.

Наличие фронтальной плоскости симметрии пересекающихся поверхностей, определяемой осями конуса и цилиндра, обусловливает совпадение фронтальных проекций видимой и невидимой частей линии пересечения.

В соответствии с изложенным ранее алгоритмом построения линии пересечения поверхностей пересечем заданные поверхности вспомогательной — сферой с радиусом R и центром в точке O.

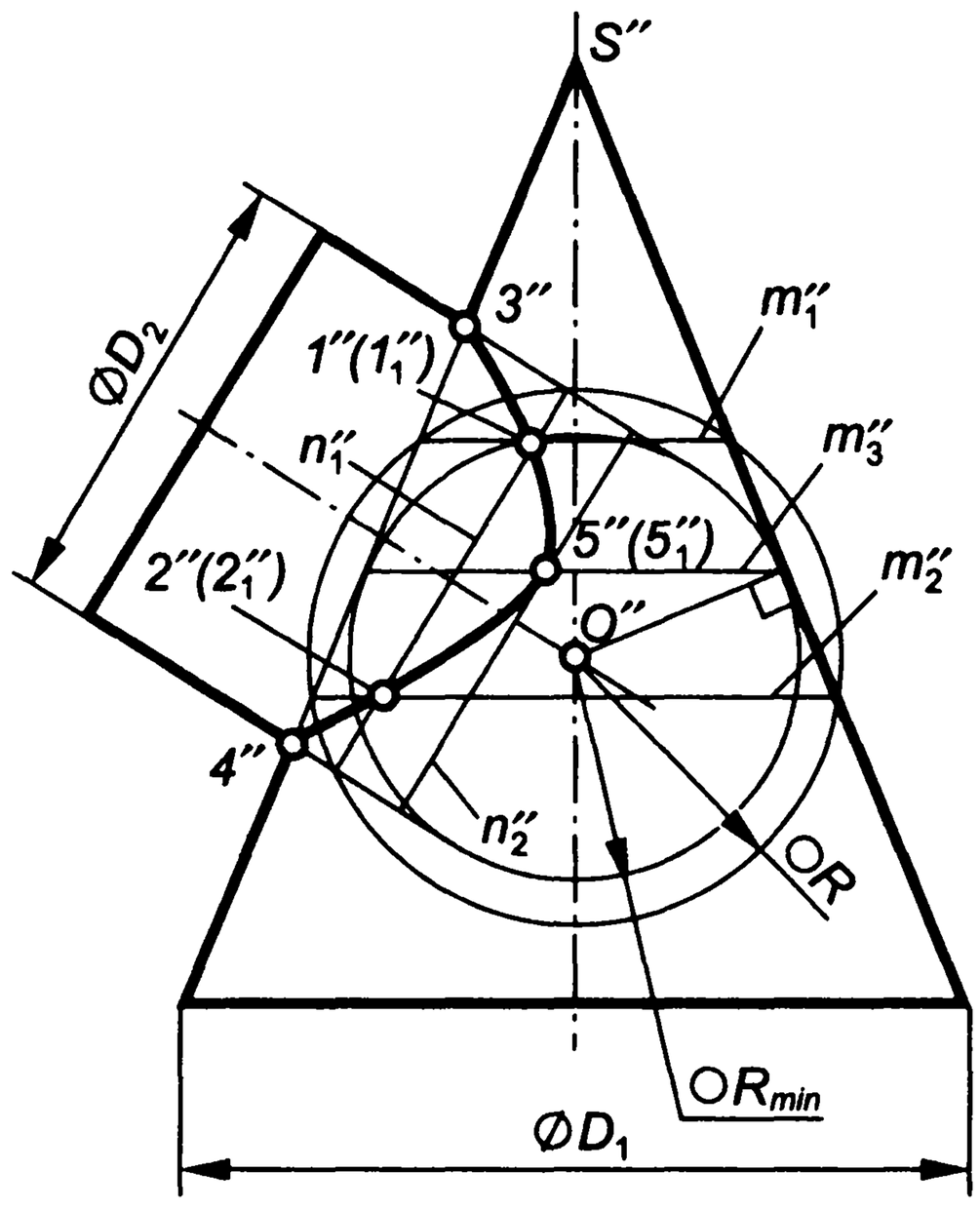


Рис. 2.24

Найдем линии, по которым вспомогательная поверхность пересекает каждую из заданных поверхностей. Введенная сфера, центр *O* которой располагается на оси конуса, образует с последним соосные поверхности вращения. Такие поверхности пересекаются по окружностям, а так как ось конуса параллельна фронтальной плоскости проекций, фронтальными проекциями этих окружностей являются отрезки m_1'' и m_2''. Поскольку центр вспомогательной сферы располагается и на оси цилиндра, то сфера с цилиндром также образует соосные поверхности вращения, и фронтальная проекция окружности, по которой они пересекаются, представляет собой отрезок n_1''.

Окружности m_1 и n_1, принадлежащие одной и той же сфере, пересекаются в двух точках, фронтальные проекции *1″* и $1_1''$ которых совпадают. Пересечение окружностей m_2 и n_1 дает еще две точки, общие для цилиндра и конуса, фронтальные проекции которых *2″* и $2_1''$.

Очерковые образующие конуса и цилиндра, расположенные в общей плоскости симметрии, пересекаются. Точка *3* является наиболее высокой точкой линии пересечения, а точка *4* — самой низкой.

Вводя новые вспомогательные сферы с центром в точке *O* и повторяя приведенные построения, можно найти проекции других точек, и, соединив их плавной кривой, получить фронтальную проекцию линии пересечения конуса и цилиндра. Максимальный радиус вводимых сфер не должен превышать расстояния от точки *O* до наиболее удаленной от нее точки пересечения (в данном случае до точки *3*). Минимальной вспомогательной сферой является сфера, вписанная в бóльшую поверхность. В рассматриваемой задаче это поверхность конуса.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что представляет собой линия пересечения двух поверхностей?
2. Какова последовательность действий при определении линии пересечения двух поверхностей?
3. Какие вспомогательные поверхности следует использовать при определении линии пересечения двух поверхностей?
4. Какие вспомогательные поверхности следует использовать при определении линии пересечения двух поверхностей вращения, оси которых пересекаются?

2.7. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Общие положения

Способ аксонометрического проецирования состоит в том, что заданная фигура вместе с осями прямоугольных координат, к которым эта система точек отнесена в пространстве, параллельно проецируется на некоторую плоскость, называемую плоскостью аксонометрических проекций, или картинной плоскостью.

Пусть система трех взаимно-перпендикулярных осей *Ox*, *Oy* и *Oz* (рис. 2.25) расположена относительно плоскости аксонометрических проекций α таким образом, что ни одна из этих осей ей не перпендикулярна. Посредством прямоугольного проецирования системы координатных осей на плоскость α получим их проекции $O_\alpha x_\alpha$, $O_\alpha y_\alpha$ и $O_\alpha z_\alpha$. При этом отложенные на осях отрезки, равные l, спроецируются в отрезки l_x, l_y и l_z, размеры которых при прямоугольном проецировании меньше истинного размера отрезка.

Отношения

$$\frac{l_x}{l} = k, \quad \frac{l_y}{l} = m, \quad \frac{l_z}{l} = n$$

называются *коэффициентами искажения по аксонометрическим осям*.

Изображение, полученное при прямоугольном проецировании на картинную плоскость, называется *прямоугольной аксонометрической проекцией*, или *прямоугольной аксонометрией*.

Коэффициенты искажения зависят от углов наклона осей *Ox*, *Oy* и *Oz* к картинной плоскости. Виды прямоугольной аксонометрии различают по соотношению коэффициентов искажения: если ни один из этих коэффициентов не равен другому, аксонометрия называется *триметрией*; если два коэффициента искажения равны друг другу, но не равны третьему, аксонометрия называется *диметрией*; если все коэффициенты искажения равны между собой, аксонометрия называется *изометрией*.

Рассмотрим изометрическую проекцию, регламентируемую ГОСТ 2.317—69. В этом случае изометрические проекции координатных осей (рис. 2.26) располагаются под углами 120° друг к другу, а проекция $O_\alpha z_\alpha$ располагается вертикально. При построении изометрии обычно используют *приведенные коэффициенты искажения*, принимая их равными 1,00. Изометрическое изображение предмета при построении по приведенным коэффициентам полу-

чается увеличенным в 1,22 раза, однако точностью жертвуют для обеспечения удобства построений.

Располагая чертежом геометрического объекта в системе двух или трех взаимно-перпендикулярных плоскостей проекций, всегда можно построить его аксонометрическое изображение. Например, если задан чертеж точки (рис. 2.27, *а*) и требуется построить ее изометрическое изображение (рис. 2.27, *б*), то вдоль аксонометрических проекций осей необходимо отложить соответствующие координаты с учетом коэффициентов искажений. При использовании приведенных коэффициентов искажения вдоль проекции

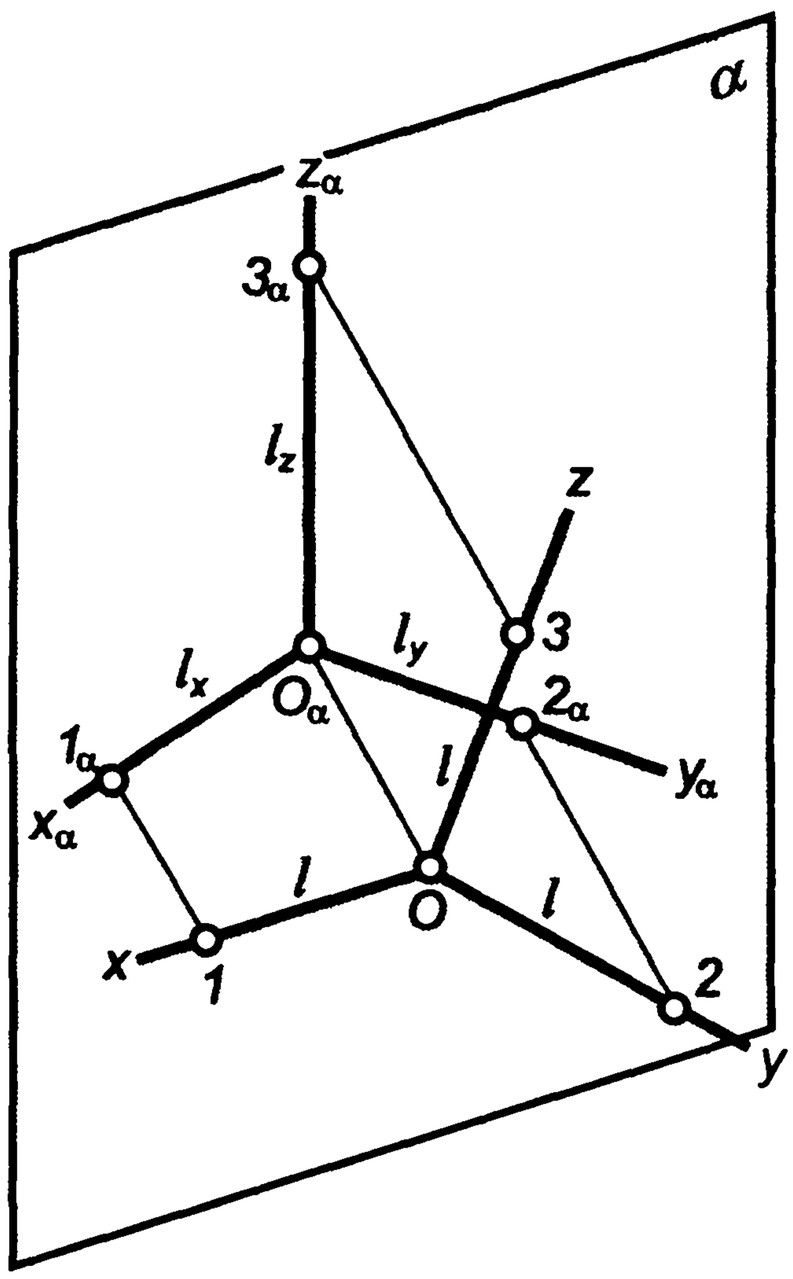


Рис. 2.25

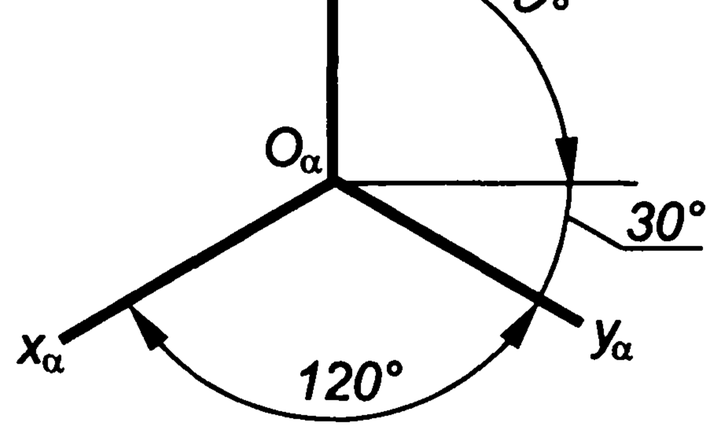


Рис. 2.26

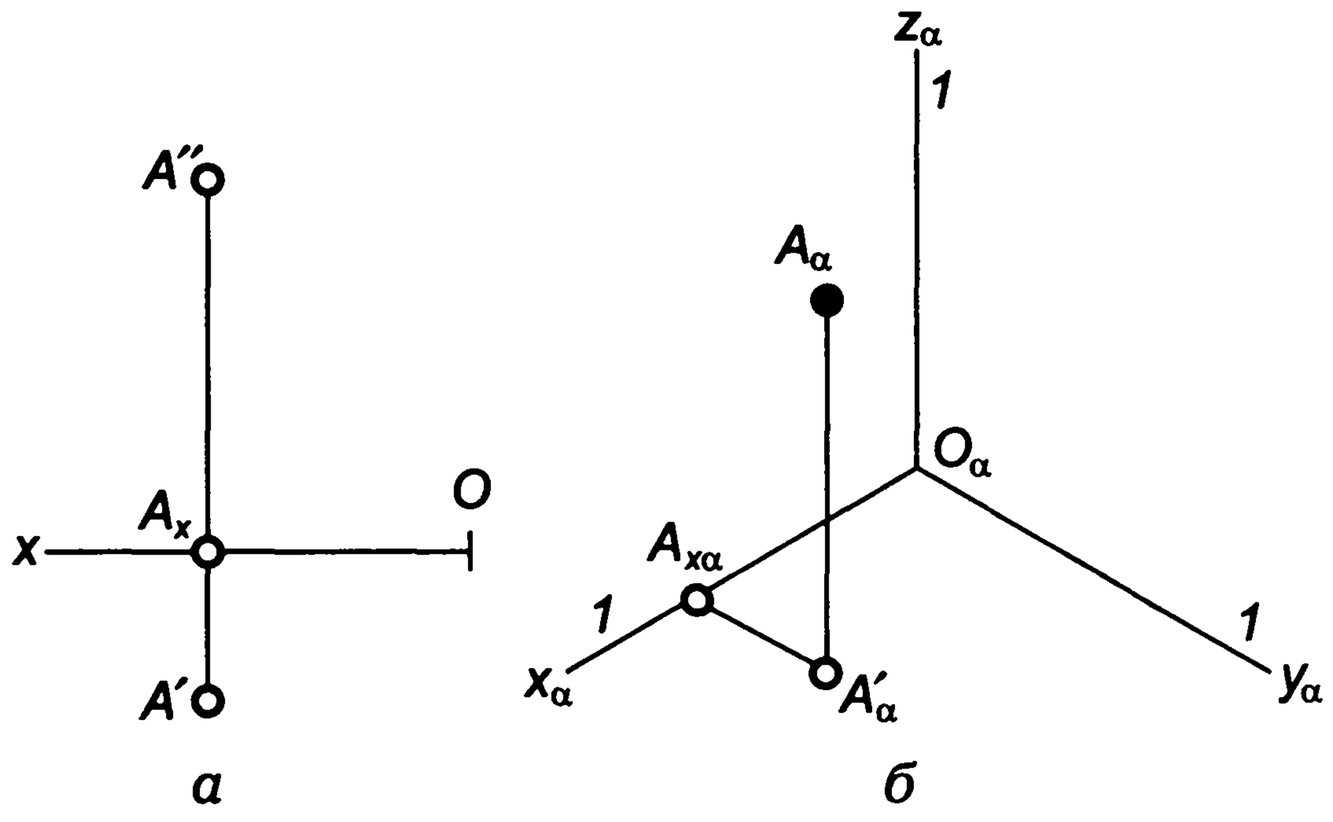


Рис. 2.27

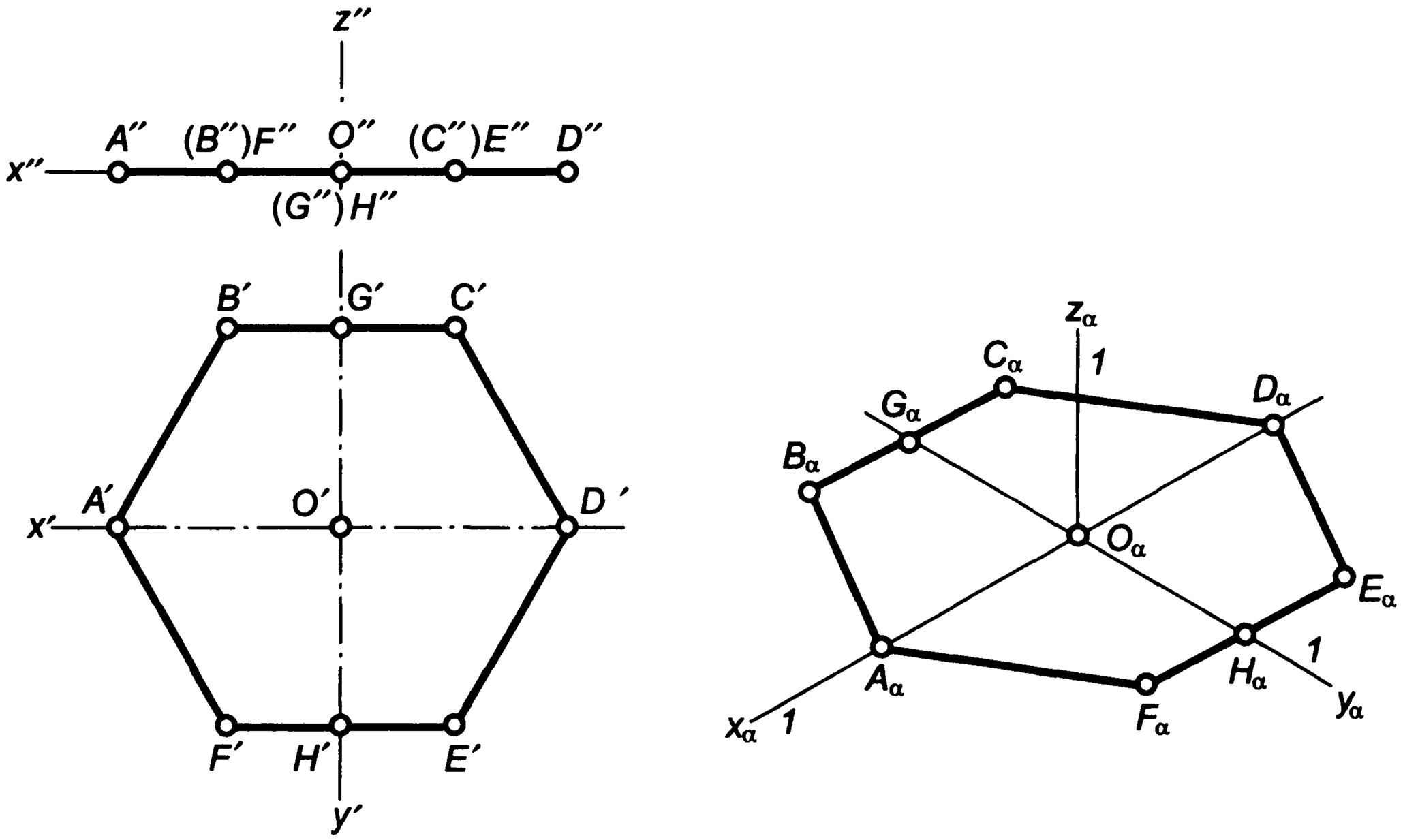
$O_\alpha x_\alpha$ следует отложить координату x точки A, которой на рис. 2.27, *а* соответствует отрезок OA_x. Из точки $A_{x\alpha}$ (рис. 2.27, *б*) провести прямую, параллельную проекции $O_\alpha y_\alpha$, и отложить на ней координату y, которой на рис. 2.27, *а* соответствует отрезок A_xA'. На луче, проведенном из точки A'_α (см. рис. 2.27, *б*) и параллельном прямой $O_\alpha z_\alpha$, отложить координату z точки A, которой на рис. 2.27, *а* соответствует отрезок A_xA''.

Изометрические изображения плоских многоугольников

Для построения изометрических проекций плоских многоугольников необходимо определить проекции их вершин и соединить их отрезками прямых, получив проекции сторон.

Пусть требуется построить проекции правильного шестиугольника *ABCDEF* (рис. 2.28, *а*).

Заданный шестиугольник располагается горизонтально, поэтому при выборе положения координатных осей целесообразно за начало координат принять его центр симметрии *O*. После построения изометрических проекций координатных осей (рис. 2.28, *б*) можно построить аксонометрические проекции вершин *A* и *D* шестиугольника. Эти точки расположены на оси *Ox*, следовательно,



а *б*

Рис. 2.28

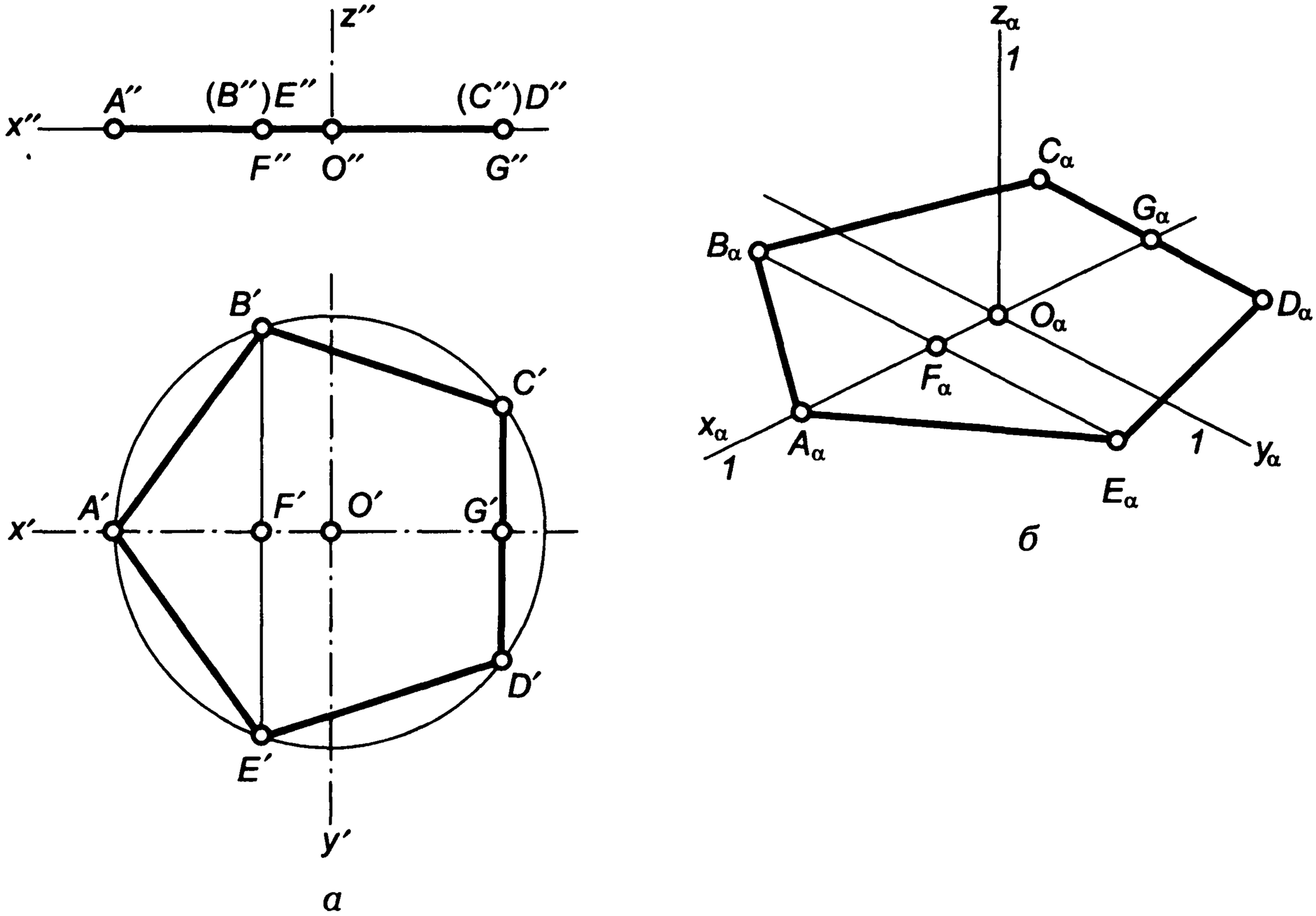


Рис. 2.29

их положение в пространстве и на чертеже определяется лишь значениями координаты x, которые равны и соответствуют отрезкам $A'O'$ и $O'D'$ на рис. 2.28, *а*, однако знаки их противоположны: координата x точки A имеет положительное значение, а координата x точки D — отрицательное. Это необходимо учитывать при построении изометрических проекций A_α и D_α, т. е. отрезки, соответствующие координатам x, следует откладывать по разные стороны от точки O_α.

Точки B, C, E и F имеют координаты y, равные по значению, но противоположные по знаку. Для точек B и C эти значения соответствуют на рис. 2.28, *а* отрезку $O'G'$, а для точек E и F — отрезку $O'H'$. Отложив от точки O_α на прямой $O_\alpha y_\alpha$ эти отрезки, получим точки G_α и H_α. Через точки G_α и H_α проведем прямые, параллельные $O_\alpha x_\alpha$, и отложим на них координаты x искомых точек. Для точки B эта координата соответствует отрезку $B'G'$ на рис. 2.28, *а*, для точки C — отрезку $G'C'$, для точки E — отрезку $E'H'$, а для точки F — отрезку $H'F'$.

Соединив построенные проекции вершин, получим изометрическую проекцию шестиугольника $ADCDEF$.

Для построения изометрического изображения горизонтально расположенного пятиугольника $ABCDE$ (рис. 2.29, *а*) начало коор-

динат целесообразно выбрать в центре O описанной окружности. После построения изометрических проекций координатных осей (рис. 2.29, *б*) можно построить проекцию A_α точки A, которая лежит на оси Ox и имеет координату x, соответствующую отрезку $O'A'$ (см. рис. 2.29, *а*). Точки C и D имеют равные координаты x, соответствующие отрезку $O'G'$, который при построении изометрического изображения (см. рис. 2.29, *б*) на прямой $O_\alpha x_\alpha$ откладывают от точки O_α в сторону отрицательных значений координаты x и получают точку G_α. Через точку G_α проводят прямую, параллельную проекции оси $O_\alpha y_\alpha$, и откладывают от точки G_α координаты y для точек C и D, равные соответственно отрезкам $G'C'$ и $G'D'$ (см. рис. 2.29, *а*).

При построении изометрических проекций точек B и E следует учитывать, что эти точки имеют равные координаты x, соответствующие отрезку $O'F'$ (см. рис. 2.29, *а*), и равные по значению, но противоположные по знаку координаты y, т. е. отрезки $F'B'$ и $F'E'$. Следовательно, на прямой $O_\alpha x_\alpha$ (см. рис. 2.29, *б*) можно отложить отрезок $O_\alpha F_\alpha$, равный $O'F'$, через точку F_α провести прямую, параллельную $O_\alpha y_\alpha$, и отложить от точки F_α координаты y для точек B и E, т. е. отрезки $F'B'$ и $F'E'$ (см. рис. 2.29, *а*).

Соединив изометрические проекции вершин отрезками прямых, получим изометрическое изображение пятиугольника $ABCDE$.

Изометрические проекции окружностей

Если плоскость окружности не параллельна и не перпендикулярна плоскости аксонометрических проекций, то окружность проецируется на нее в виде эллипса. Очевидно, что большой осью эллипса будет являться проекция того диаметра окружности, который параллелен плоскости аксонометрических проекций, а малой — проекция диаметра, перпендикулярного к первому диаметру и наклоненного к картинной плоскости под наибольшим углом.

Определим направления и размеры больших и малых осей эллипсов для окружностей, расположенных в плоскостях, параллельных плоскостям проекций. В изометрии (рис. 2.30) большая ось эллипса перпендикулярна к одной из проекций координатных осей, а малая — совпадает с направлением этой оси.

Для запоминания этого утверждения можно использовать следующее правило: **большая ось эллипса перпендикулярна к «отсутствующей» оси**, где термин «отсутствующая» означает отсутствующая в названии. Например, горизонтальную плоскость проекций можно назвать плоскостью xOy и в этом названии отсутствует ось

Oz, а значит, большая ось эллипса, в который проецируется горизонтальная окружность, должна быть перпендикулярна к изометрической проекции $O_\alpha z_\alpha$ оси Oz. Большая ось эллипса, в который проецируется окружность, параллельная фронтальной плоскости проекций (плоскости xOz), будет перпендикулярна к оси $O_\alpha y_\alpha$, а большая ось эллипса, в которой проецируется окружность, параллельная плоскости yOz, — перпендикулярна к оси $O_\alpha x_\alpha$.

Если бы построения изометрических проекций окружностей диаметром d производились по действительным коэффициентам искажений, то большие оси эллипсов были бы всегда равны диаметру, а малые оси эллипсов равнялись бы $0{,}58d$. Поскольку построения изометрических проекций, как правило, производят по приведенным коэффициентам, то указанные размеры больших и малых осей следует увеличить в 1,22 раза, и тогда размеры больших и малых осей эллипсов будут соответствовать размерам, указанным на рис. 2.30.

Эллипс представляет собой множество точек плоскости, сумма расстояний от каждой из которых до двух заданных точек (фокусов) этой плоскости постоянна и превышает расстояние между фокусами.

В качестве исходных данных для построения конкретного эллипса обычно служат направления и размеры большой оси AB (рис. 2.31) и малой оси CD. Большая и малая оси эллипса взаимно-перпендикулярны и точкой O пересечения делятся пополам. На большой и малой осях эллипса, как на диаметрах, строятся окружности. Любую точку эллипса можно получить следующим образом. Из центра O проводят луч. Из точки *1* пересечения луча с большей окружностью проводят прямую, параллельную малой оси, а из

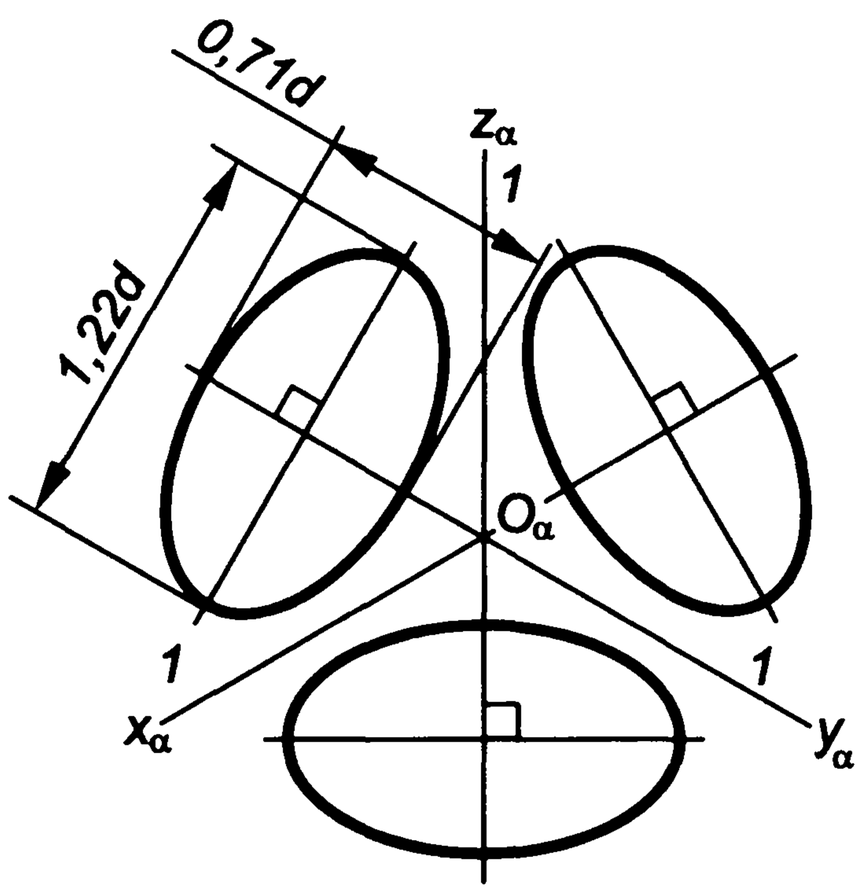


Рис. 2.30

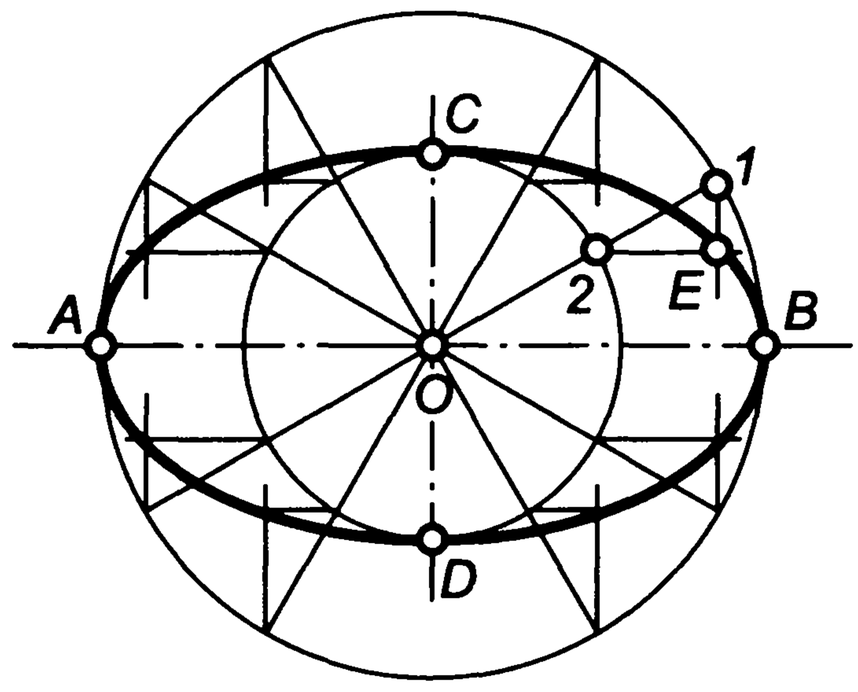


Рис. 2.31

точки *2* пересечения луча с меньшей окружностью проводят прямую, параллельную большой оси. Точка *E* пересечения прямых, проведенных из точек *1* и *2*, будет одной из точек эллипса. Для удобства построений лучи из точки *O* проводят не хаотически, а разделив предварительно большую окружность на равные части (например, на 12 частей). Найденные точки эллипса соединяют плавной кривой.

Эллипс — это лекальная кривая, построение которой связано с определением достаточного числа принадлежащих ей точек. Это обстоятельство при выполнении изометрической проекции реальной детали значительно увеличивает трудоемкость работы. Поэтому на практике эллипсы заменяют специально разработанными кривыми — четырехцентровыми овалами, достоинством которых является возможность построения с помощью циркуля, что заметно облегчает работу. Очевидным требованием к этим овалам является максимально близкое приближение к действительным эллипсам. Рассмотрим построение рекомендуемого овала.

Пусть необходимо изобразить изометрическую проекцию окружности, расположенной в горизонтальной плоскости проекций и имеющей центр в начале координат.

Исходными данными для построения являются значение диаметра или радиуса *R* проецируемой окружности, а также направление большой и малой осей изображаемого эллипса. Поэтому после проведения изометрических осей $O_\alpha x_\alpha$ (рис. 2.32) и $O_\alpha y_\alpha$, осуществляя построение по приведенным коэффициентам искажения, следует из центра O_α отложить на осях размер радиуса окружно-

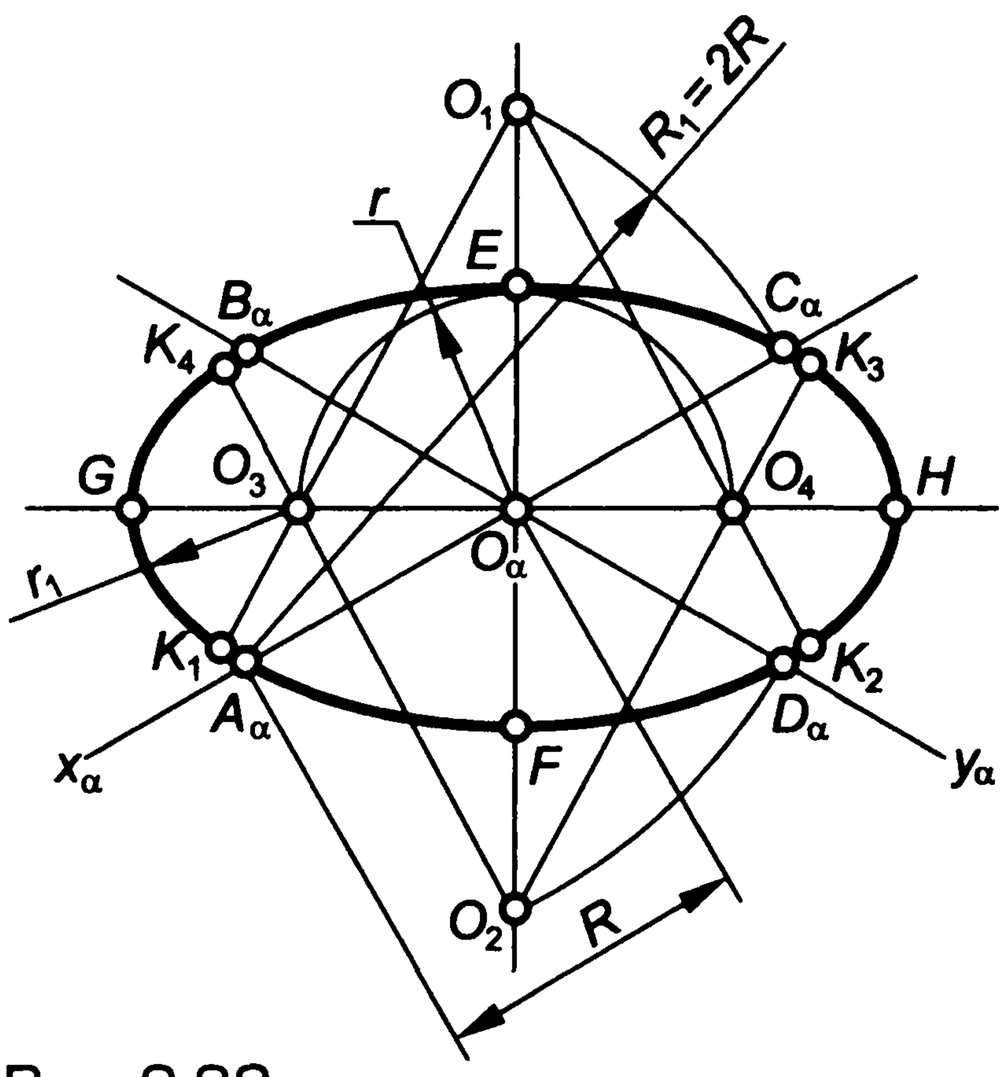


Рис. 2.32

сти и получить проекции концов диаметров — точки A_α, B_α, C_α и D_α. Большая ось эллипса должна быть перпендикулярна к «отсутствующей» оси Oz, и поэтому она занимает на чертеже горизонтальное положение, а малая ось эллипса, перпендикулярная к большой оси, располагается вертикально.

Из точки A_α радиусом R_1, равным диаметру окружности, делаем засечку на направлении малой оси эллипса и отмечаем центр O_1. Выполнив аналогичные построения из точки B_α, получаем центр O_2. Из точки O_1 проводим дугу радиусом O_1A_α (или O_1D_α), а из точки O_2 — дугу радиусом O_2B_α (или O_2C_α). Проведенные дуги отсекают отрезок EF, примерно равный малой оси эллипса.

Из точки O_α радиусом $O_\alpha E$ (размер малой полуоси) делаем засечки на направлении большой оси и получаем точки O_3 и O_4, которые являются центрами сопрягающих дуг. Однако предварительно следует определить радиус сопряжения и точки сопряжения. Для этого через точки O_2 и O_3 проводим прямую, пересечение которой с дугой радиусом R_1 даст точку K_2 сопряжения двух дуг. Выполнив аналогичные построения для прямой O_1O_3, определяем вторую точку сопряжения — точку K_1. Проведя дугу из центра O_3 радиусом r_1, равным O_3K_1 (или O_3K_2), завершим построения левой стороны овала. Выполнив подобные построения с правой стороны овала, получим точки G и H, приближенно определяющие размер большой оси эллипса.

Изометрические проекции цилиндра, конуса и сферы

Для построения изометрической проекции цилиндра, чертеж которого представлен на рис. 2.33, целесообразно задать систему координатных осей таким образом, чтобы начало координат O совпадало с центром окружности нижнего основания цилиндра, а ось Oz — с его осью. Тогда изометрическое изображение цилиндра (рис. 2.33, *б*) выполняется следующим образом. После проведения изометрических проекций координатных осей построим эллипс, в который проецируется окружность с центром в точке O нижнего основания цилиндра. Отложив на прямой $O_\alpha z_\alpha$ от точки O_α отрезок, равный высоте h цилиндра, определим центр его верхнего основания и построим эллипс, в который проецируется окружность верхнего основания цилиндра. Затем проведем очерковые образующие цилиндра, соединив концы больших осей эллипсов, полученных из окружностей его верхнего и нижнего оснований.

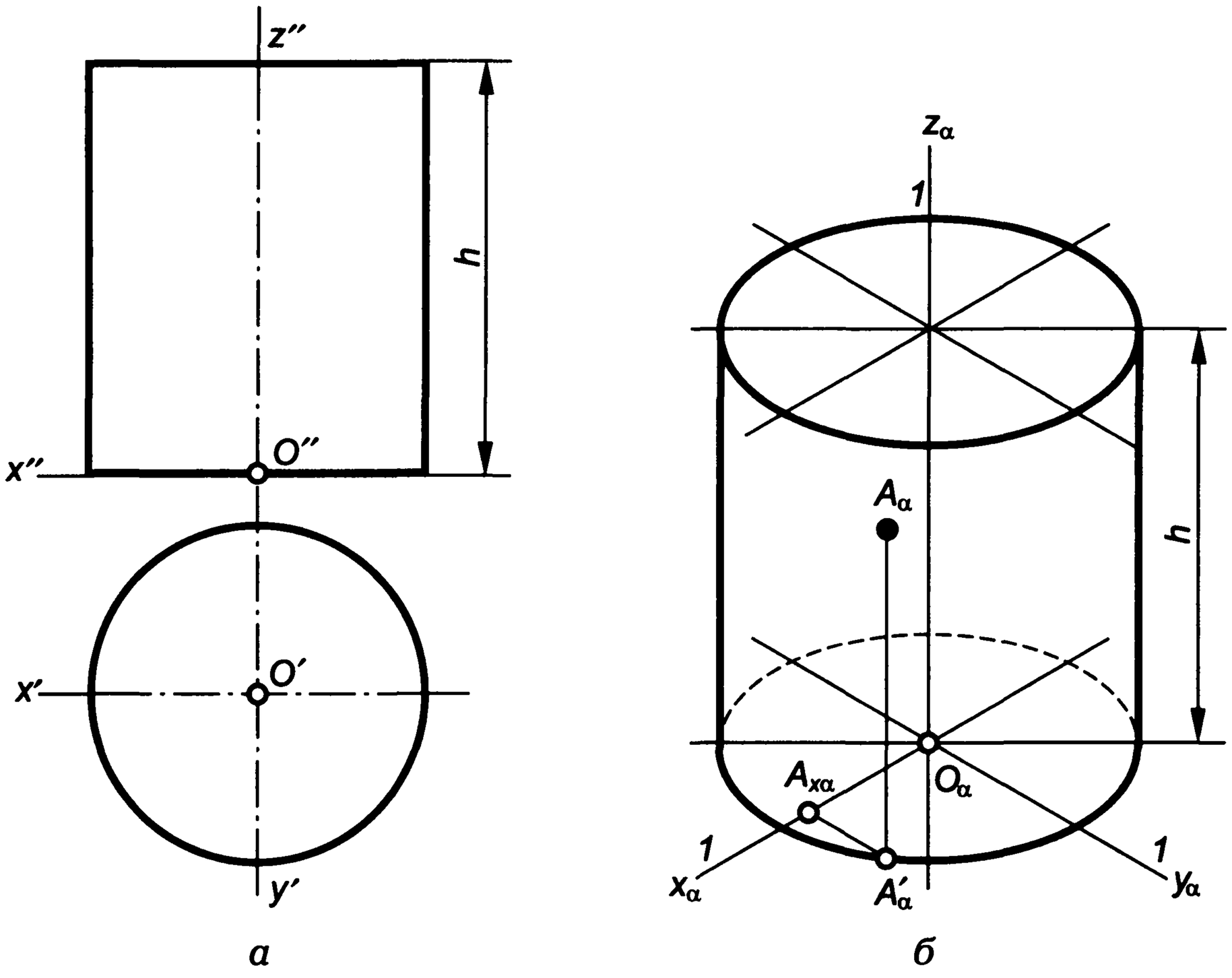


Рис. 2.33

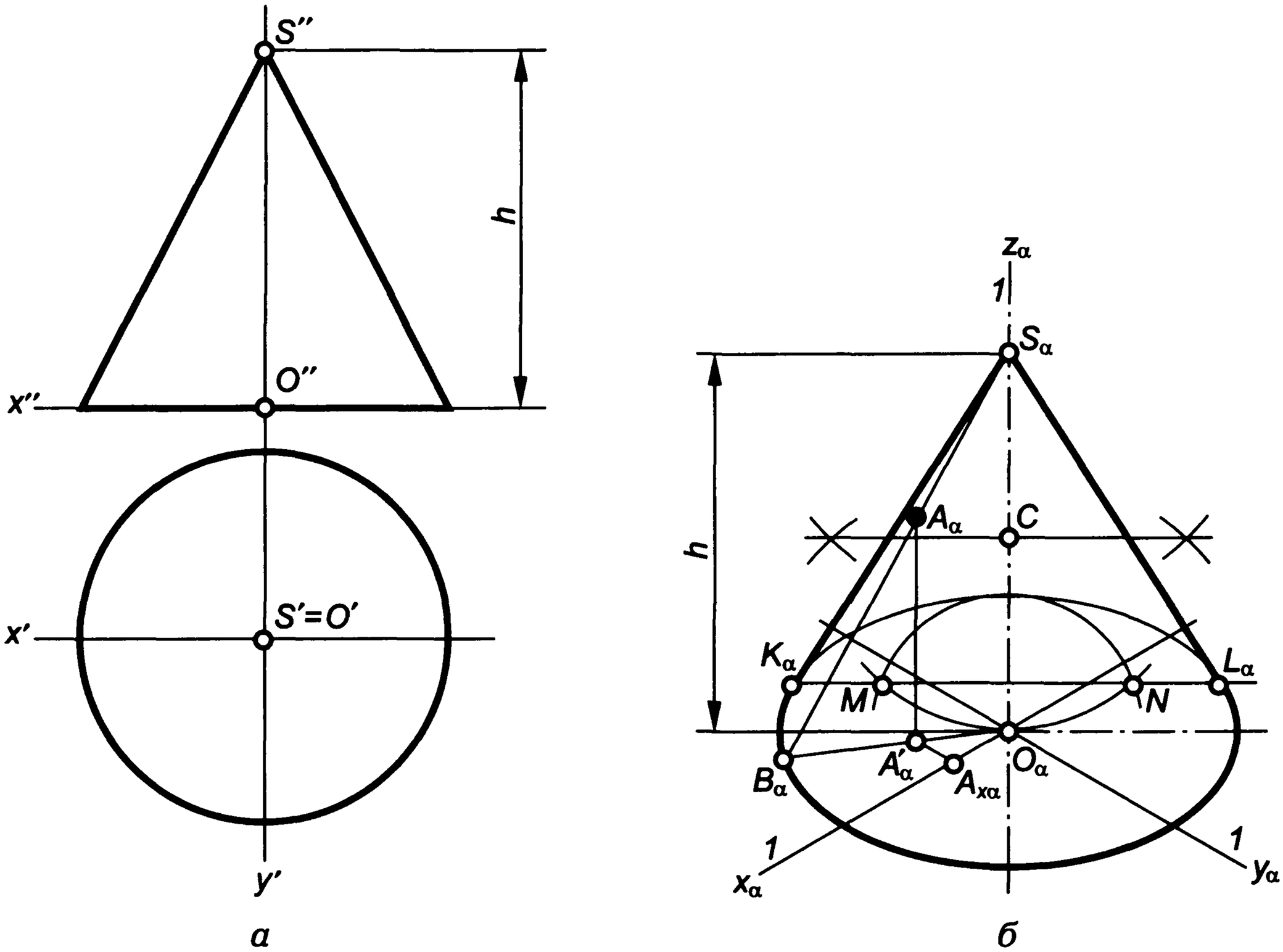
Если задана проекция A_α и необходимо определить координаты точки A, расположенной на цилиндрической поверхности, нужно через эту точку провести образующую, изометрическая проекция которой будет параллельна прямой $O_\alpha z_\alpha$. Пересечение этой образующей с проекцией окружности нижнего основания цилиндра даст точку, имеющую изометрическую проекцию A'_α. Отрезок $A_\alpha A'_\alpha$ будет соответствовать координате z рассматриваемой точки. При этом точка A'_α будет иметь те же координаты x и y, что и точка A. Через точку A'_α проведем луч параллельно оси $O_\alpha y_\alpha$ до пересечения с осью $O_\alpha x_\alpha$ в точке $A_{x\alpha}$. Отрезок $A'_\alpha A_{x\alpha}$ будет соответствовать координате y, а отрезок $A_{x\alpha} O_\alpha$ — координате x.

Для построения изометрической проекции конуса, изображенного на рис. 2.34, *а*, начало системы координатных осей O целесообразно поместить в центре окружности основания, а ось Oz совместить с осью конуса. После проведения изометрических проекций осей (рис. 2.34, *б*) следует построить эллипс, в который проецируется окружность основания. От точки O_α на проекции оси $O_\alpha z_\alpha$ отложить отрезок, равный высоте h, и отметить проекцию S_α вершины S конуса.

Для определения точек касания очерковых образующих конуса с эллипсом необходимо выполнить следующие построения. Разделить отрезок $S_\alpha A_\alpha$ пополам, и из его середины (точки C) провести

дугу радиусом CO_α. Из точки O_α провести дугу радиусом, равным размеру малой полуоси эллипса. Точки M и N пересечения двух этих дуг определят положение прямой MN. Пересечение прямой MN с эллипсом дает точки K_α и L_α сопряжения проекций образующих SK и SL с эллипсом.

Если необходимо выяснить координаты точки A, расположенной на конической поверхности и имеющей изометрическую проекцию A_α, начинают с определения координаты z — расстояния от точки до плоскости xOy, в которой расположена окружность основания. Для этого через точку A следует провести образующую, изометрическая проекция $S_\alpha A_\alpha$ которой пересечет проекцию основания конуса точке B_α. Образующая SB и высота конуса определяют плоскость, перпендикулярную к плоскости основания и пересекающую последнюю по прямой OB (изометрическая проекция которой $O_\alpha B_\alpha$). Если через точку A провести перпендикуляр к плоскости основания конуса, он пересечет эту плоскость в точке, принадлежащей прямой OB и имеющей изометрическую проекцию A'_α. Размер отрезка $A_\alpha A'_\alpha$ соответствует координате z точки A. Основание A'_α перпендикуляра будет иметь те же координаты x и y, что и точка A. Поэтому если через точку A'_α провести луч параллельно $O_\alpha y_\alpha$ до пересечения с $O_\alpha x_\alpha$ в точке $A_{x\alpha}$, отрезок $A'_\alpha A_{x\alpha}$ будет соответствовать координате y, а отрезок $A_{x\alpha} O_\alpha$ — координате x.



а *б*

Рис. 2.34

Пусть задана сфера (рис. 2.35, *а*) с центром в точке *O*, пересеченная фронтальной плоскостью *AOB*, профильной плоскостью *BOD*, горизонтальной плоскостью *AOD* и фронтально-проецирующей плоскостью, проходящей через точки *A* и *C*. Требуется построить изометрическую проекцию сферы, пересеченную указанными плоскостями.

Если бы построение изометрии производились по действительным коэффициентам искажения, то изометрическая проекция сферы представляла собой окружность с диаметром, равным диаметру сферы. Однако поскольку мы строим изометрию по приведенным коэффициентам, диаметр окружности должен быть увеличен в 1,22 раза. Размер изометрической проекции сферы можно получить или в результате вычислений, или после построения проекции одной из окружностей сферы. На рис. 2.35, *б* размер изометрической проекции сферы определен после построения проекции экватора.

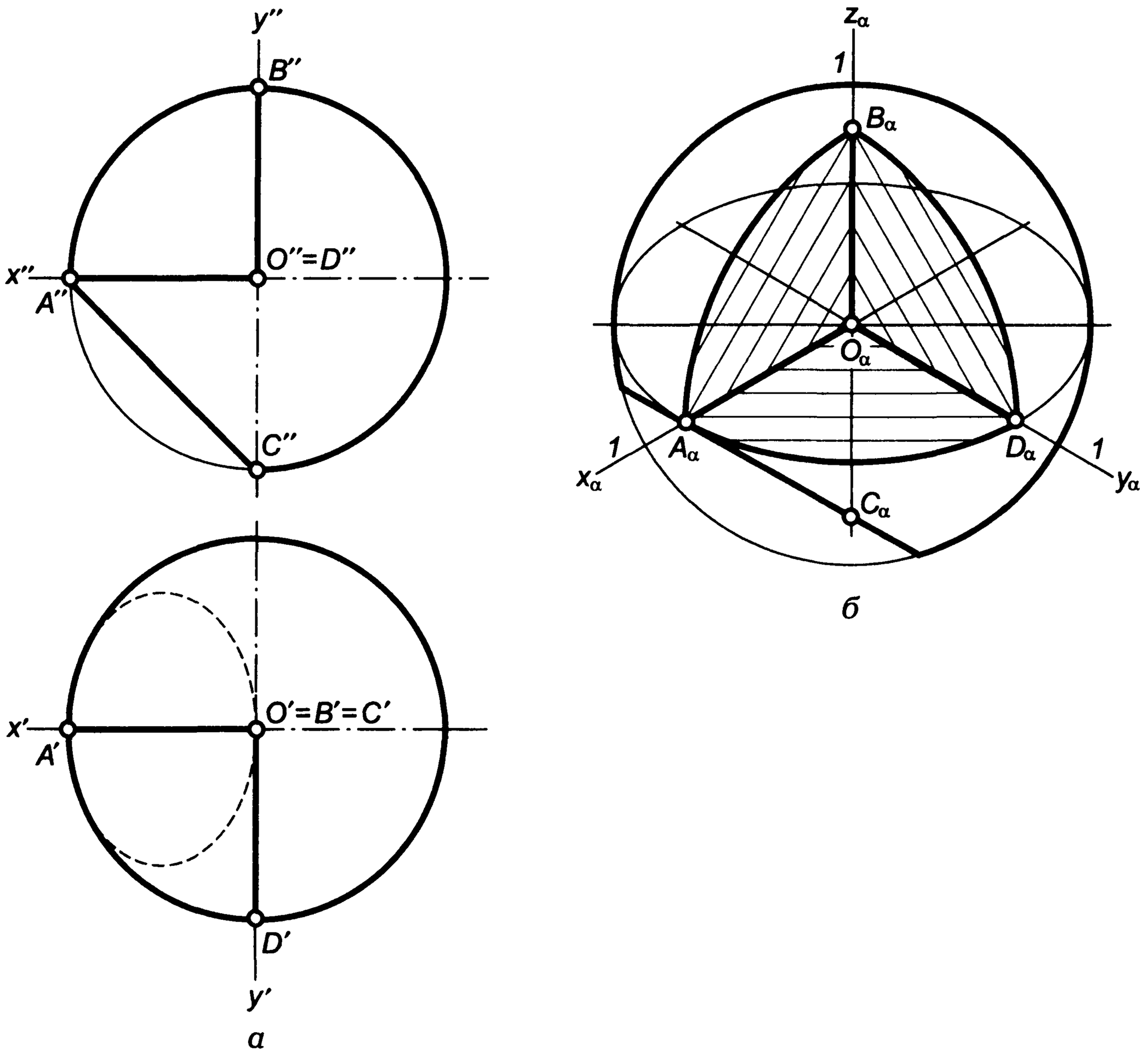
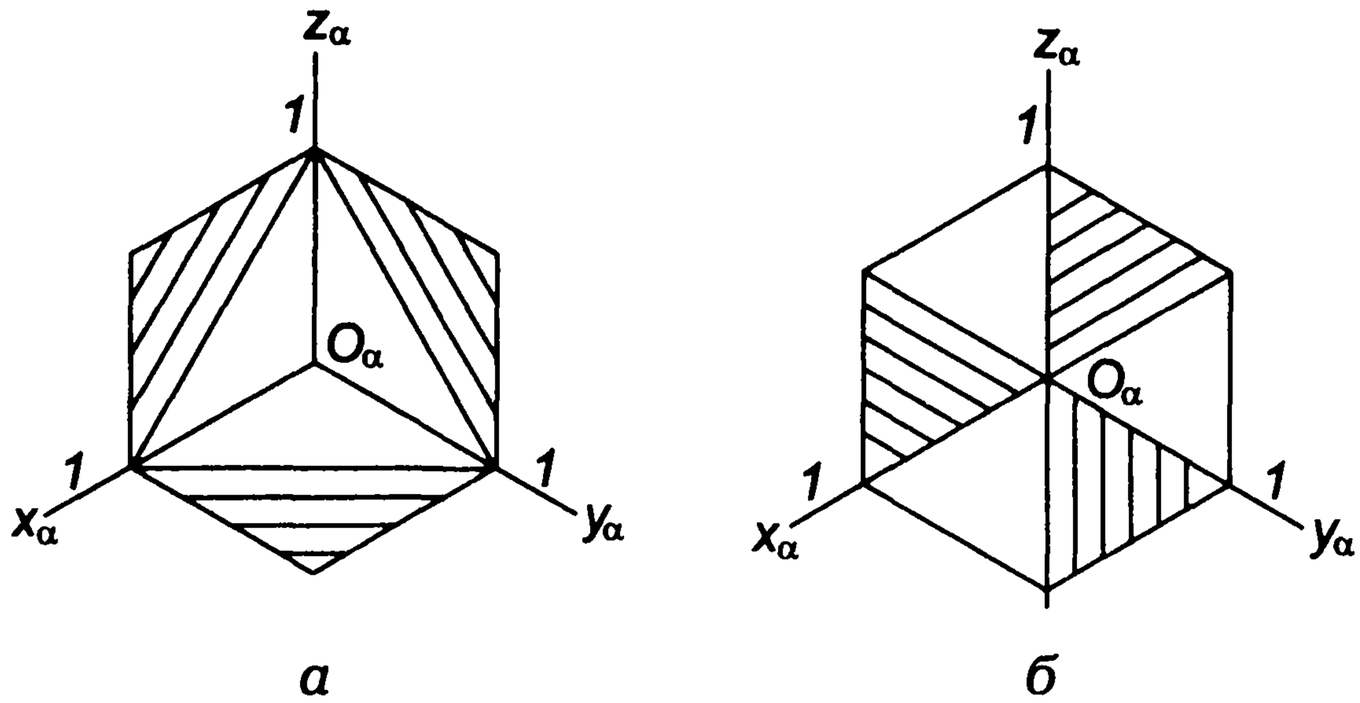


Рис. 2.35



а *б*

Рис. 2.36

Заданные плоскости пересекают сферу по окружностям. Участки окружностей, по которым плоскости *AOB*, *BOD* и *AOD* пересекают сферу, проецируются на изометрической проекции в части соответствующих эллипсов. При этом фронтально-проецирующая плоскость, наклоненная к плоскости π_2 под углом 45°, является проецирующей и относительно плоскости аксонометрических проекций. Следовательно, изометрическая проекция окружности, по которой эта плоскость пересекает сферу, представляет собой отрезок прямой, проходящей через точки A_α и C_α.

Если при построении изометрии требуется заштриховать плоскости, ограничивающие вырез (как это требуется при изображении машиностроительных деталей), руководствуются следующим правилом: направление штриховки должно соответствовать направлению диагонали квадрата, построенного на соответствующих осях, т. е. штриховка может осуществляться, как показано на рис. 2.36, *а* и *б*.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему при изображении предмета в системе взаимно-перпендикулярных плоскостей проекций отсутствует наглядность изображения?
2. Что такое аксонометрическая проекция?
3. Почему при аксонометрическом изображении наглядность достигается?
4. Что такое коэффициенты искажения по аксонометрическим осям?
5. Как направлены аксонометрические оси при построении изометрии?

6. Чему равны приведенные коэффициенты искажения при построении изометрии?
7. Как направлены большие и малые оси эллипсов, являющихся проекциями окружностей, плоскости которых параллельны основным плоскостям проекций при построении изометрии? Чему равны большая и малая оси этих эллипсов?
8. Какой фигурой можно заменить действительное изображение эллипса?

Глава 3

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

3.1. ЕДИНАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ. КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ГРУППЫ СТАНДАРТОВ ЕСКД

При выполнении чертежей и других конструкторских документов используются стандарты, позволяющие грамотно их оформить и однозначно читать, которые объединены в комплекс под общим названием «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД).

Стандарты ЕСКД подразделяются на следующие классификационные группы, каждой из которых присвоен шифр от 0 до 9:

0 — общие положения (ГОСТ 2.001—93 и последующие);

1 — основные положения (ГОСТ 2.101—68...2.124—85);

2 — классификация и обозначение изделий в конструкторских документах (ГОСТ 2.201—80);

3 — общие правила выполнения чертежей (ГОСТ 2.301—68... 2.321—84);

4 — правила выполнения чертежей в машиностроении и приборостроении (ГОСТ 2.401—68 и последующие);

5 — правила обращения конструкторских документов — учет, хранение, дублирование, внесение изменений (ГОСТ 2.501—88 и последующие);

6 — правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации (ГОСТ 2.601—2006 и последующие);

7 — правила выполнения схем (ГОСТ 2.701—2008 и последующие);

8 — правила выполнения строительных документов и документов судостроения (ГОСТ 2.801—74...2.857—75);

9 — прочие стандарты.

Все стандарты ЕСКД имеют следующую структуру обозначения: ГОСТ 2. АВС—DE, где 2 — номер, присвоенный всему комплексу ЕСКД; АВС — номер стандарта (А — шифр классификационной группы, ВС — порядковый номер в данной группе); DE — последние две цифры года регистрации. Например, в обозначении

ГОСТ 2.303—68 цифры означают следующее: 2 — принадлежность к ЕСКД; 3 — классификационная группа, выделенная под общие правила выполнения чертежей; 03 — номер стандарта в группе, касающегося линий чертежа; 68 — последние цифры года издания (1968 г.) стандарта.

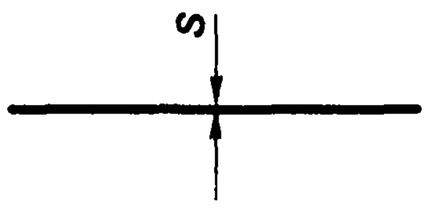
Стандарты периодически уточняются и изменяются, что необходимо учитывать при их использовании.

3.2. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

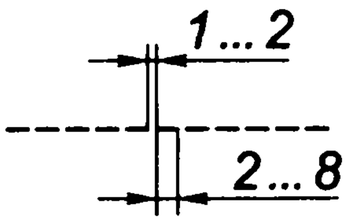
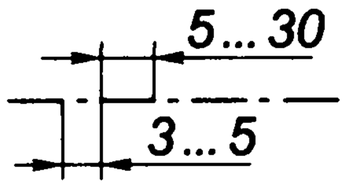
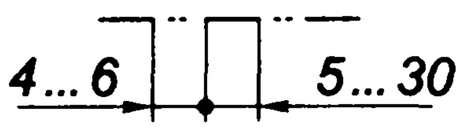
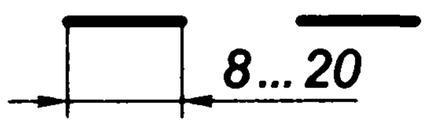
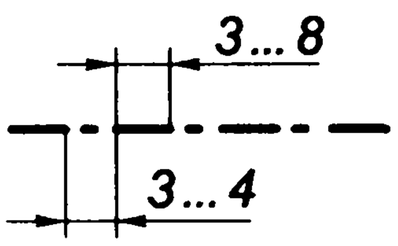
Линии чертежа

При оформлении чертежей используются различные линии, назначение и начертание которых устанавливает ГОСТ 2.303—68 (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Линии чертежа

Наименование и начертание	Толщина *s*, мм	Основное назначение
1. Сплошная толстая основная 	От 0,5 до 1,4	1.1. Линии видимого контура; 1.2. Линии контура сечения, вынесенного и входящего в состав разреза
2. Сплошная тонкая	От *s*/3 до *s*/2	2.1. Линии размерные и выносные; 2.2. Линии штриховки; 2.3. Линии контура наложенного сечения; 2.4. Линии выносок; 2.5. Полки линий выносок; 2.6. Линии для изображения пограничных деталей (обстановки)
3. Сплошная волнистая		3.1. Линии обрыва; 3.2. Линии разграничения вида и разреза

Окончание табл. 3.1

Наименование и начертание	Толщина s, мм	Основное назначение
4. Штриховая 	От $s/3$ до $s/2$	4.1. Линии невидимого контура
5. Штрихпунктирная тонкая 		5.1. Линии осевые; 5.2. Линии центровые; 5.3. Линии сечений, являющиеся осями симметрии вынесенных сечений
6. Штрихпунктирная с двумя точками 	От $s/3$ до $s/2$	6.1. Линии сгиба на развертках; 6.2. Линии для изображения частей изделия в крайних или промежуточных положениях; 6.3. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом
7. Сплошная тонкая с изломами		7.1. Линии обрыва длинных изображений
8. Разомкнутая 	От s до $1{,}5s$	8.1. Линии сечений
9. Штрихпунктирная утолщенная 	От $s/2$ до $2/3s$	9.1. Линии для изображения поверхностей, расположенных перед секущей плоскостью (наложенных проекций); 9.2. Линии поверхностей, подлежащих термообработке

Сплошная толстая основная линия имеет толщину от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от размера, сложности изображения и формата чертежа.

Сплошная тонкая линия имеет толщину в 2—3 раза меньше основной. При использовании для нанесения выносных линий она должна выходить за концы стрелок размерных линий примерно на 1...5 мм.

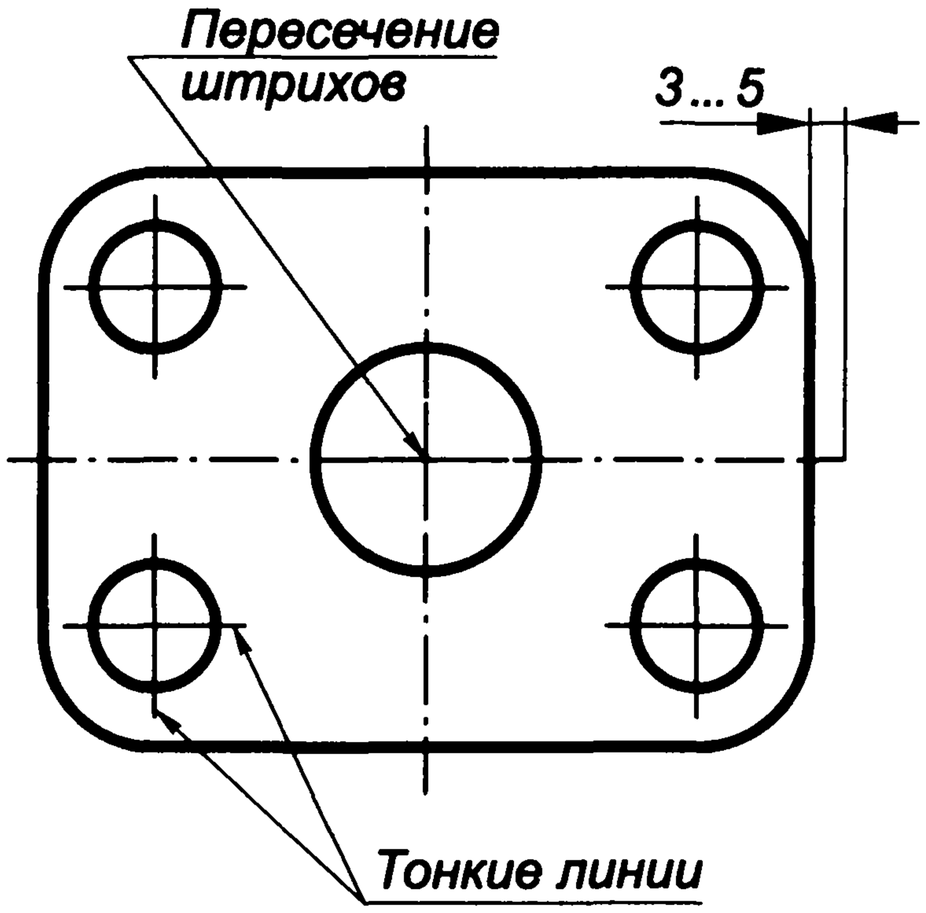


Рис. 3.1

Штриховая линия состоит из штрихов (черточек) приблизительно одинаковой длины, толщина которых в 2—3 раза меньше толщины основной линии. Начальный и конечный штрихи штриховой линии должны пересекаться с линиями, между которыми ее проводят. Длина штрихов и расстояние между ними выбираются в зависимости от размера изображения.

Штрихпунктирная тонкая линия состоит из штрихов и пунктиров между ними. Толщина ее в 2—3 раза меньше толщины основ-

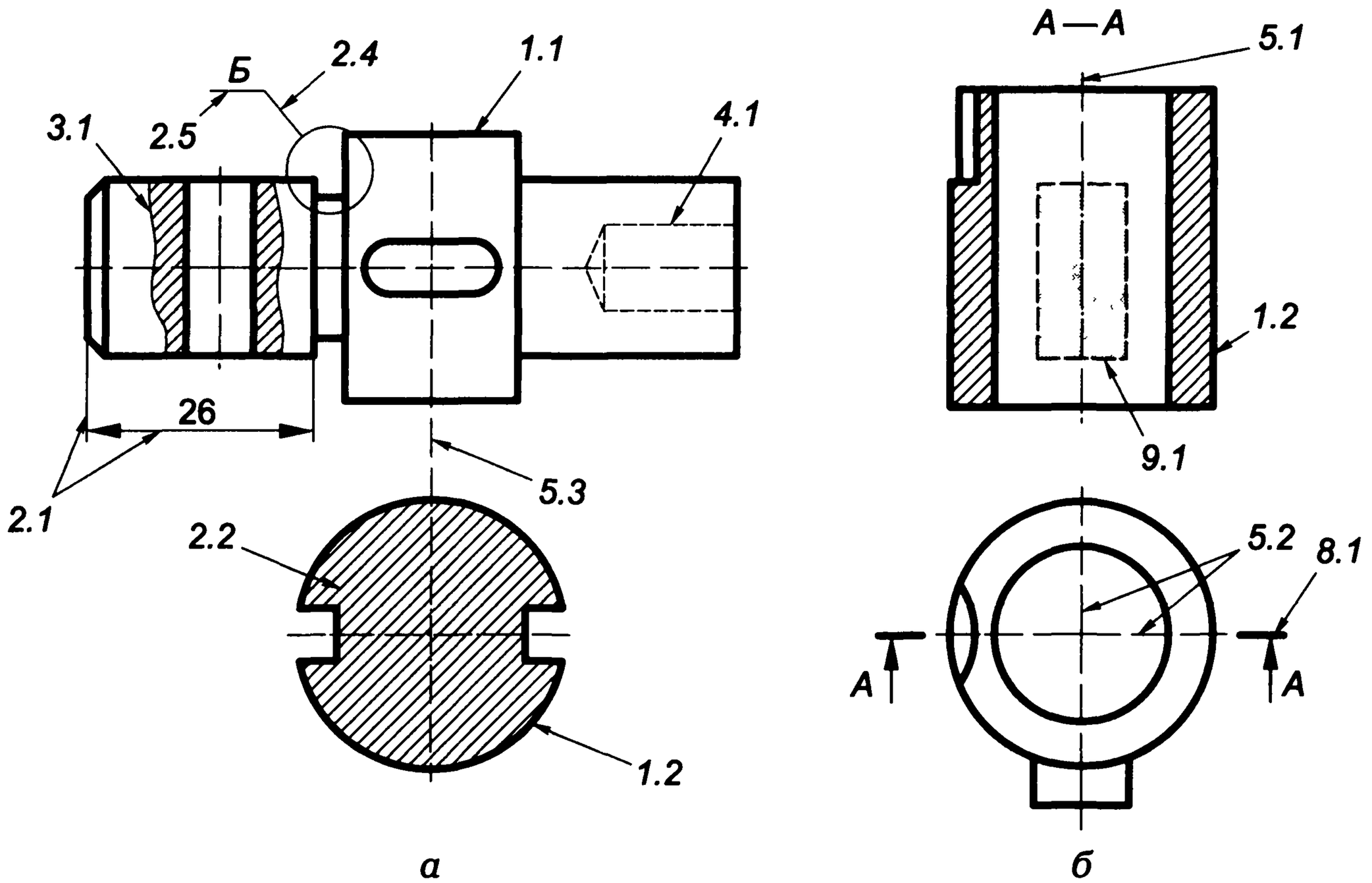


Рис. 3.2

ной линии. Длина штрихов и расстояние между ними выбираются в зависимости от размера изображения и должны быть примерно одинаковыми.

Разомкнутая линия используется для показа места сечения или разреза. Предпочтительная толщина ее в полтора раза больше толщины основной линии.

Толщина линий одного типа должна быть одинаковой для всех изображений одного чертежа, вычерчиваемых в одинаковом масштабе.

Вычерчивание симметричных изображений начинается обычно с проведения осевых линий (рис. 3.1). Осевые линии окружности, проходящие через ее центр и поэтому называемые *центровыми*, выполняются тонкими штрихпунктирными линиями. Если диаметр окружности на чертеже менее 12 мм, штрихпунктирные линии, применяемые в качестве центровых, заменяют сплошными тонкими линиями. Штрихпунктирные центровые линии окружностей обязательно должны пересекаться штрихами (а не пунктирами). Штрихпунктирные линии должны начинаться и заканчиваться штрихами, выходящими на 3...5 мм за контур изображения.

Примеры применения линий различного типа приведены на рис. 3.2 (номера линий см. в табл. 3.1).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких пределах выбирается толщина сплошной толстой основной линии и от чего она зависит?
2. Каково назначение сплошной толстой основной, сплошной тонкой, штриховой, штрихпунктирной тонкой и разомкнутой линий и как они изображаются?
3. Какой толщины могут быть сплошная тонкая, штриховая, штрихпунктирная тонкая и разомкнутая линии?
4. Чему равны длина штрихов и расстояние между ними у штриховой и тонкой штрихпунктирной линий?
5. С проведения каких линий обычно начинают выполнение чертежей?
6. Какие линии называются осевыми и центровыми?
7. В чем заключается особенность центровых линий окружностей с диаметром меньше 12 мм?
8. Как должны пересекаться центровые линии окружности?
9. На сколько осевые линии могут выступать за контур изображения?

Форматы

Чертежи выполняются на листах бумаги определенных форматов, размеры которых устанавливает ГОСТ 2.301—68.

Формат листа определяется размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией (рис. 3.3), по которой производится его обрезка. Обозначения и размеры *основных* форматов, приведены в табл. 3.2.

Формат А0 является исходным, остальные — получают делением предыдущего формата на две равные части параллельно меньшей его стороне.

В случаях когда неудобно применение основных форматов, используются *дополнительные* форматы, получаемые увеличением меньшей стороны основного формата на значение, кратное его размеру. На рис. 3.4 рекомендованные стандартом дополнитель-

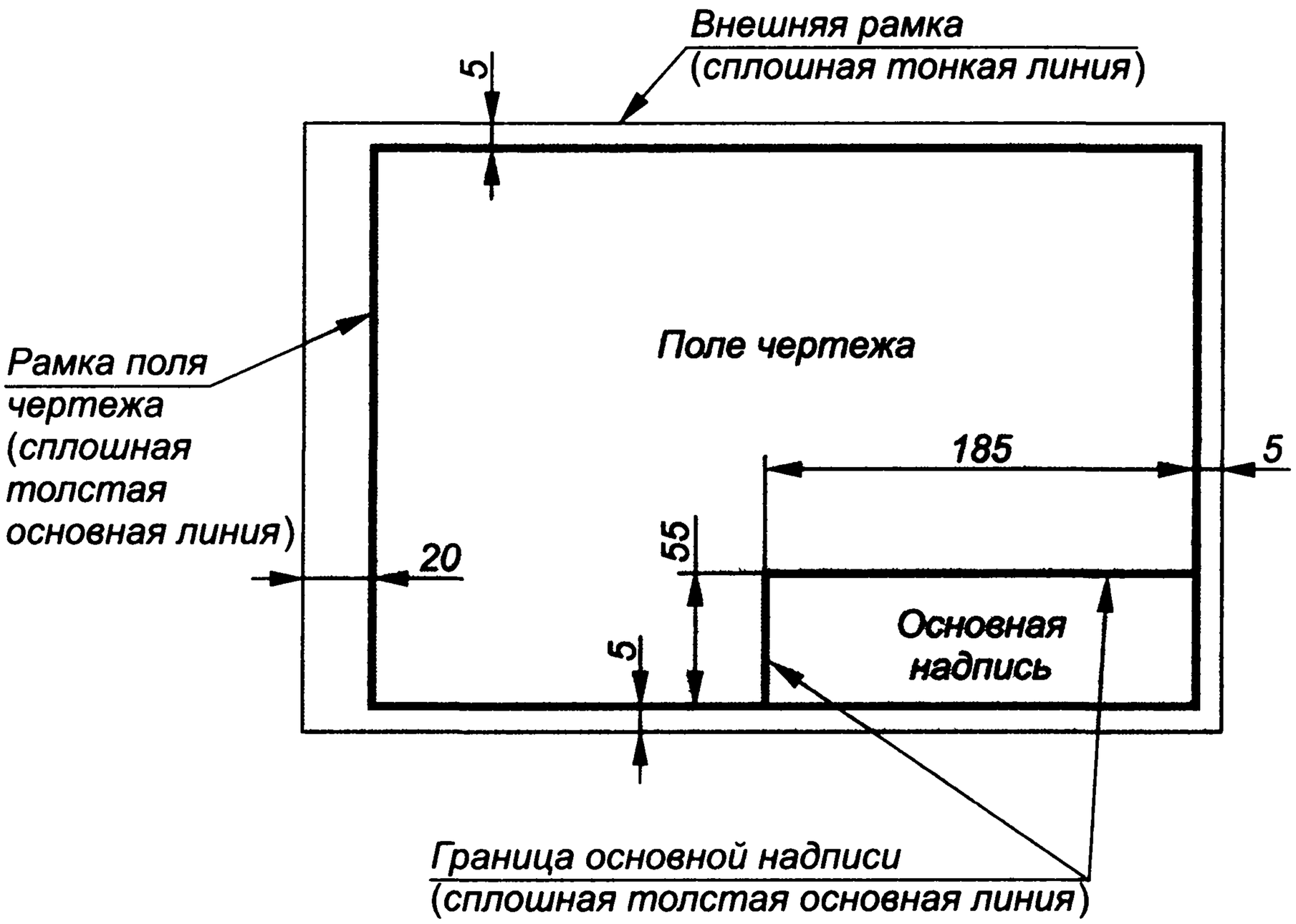


Рис. 3.3

Таблица 3.2. Основные форматы

Обозначение формата	А4	А3	А2	А1	А0
Размеры сторон, мм	210 × 297	297 × 420	420 × 594	594 × 841	841 × 1 189

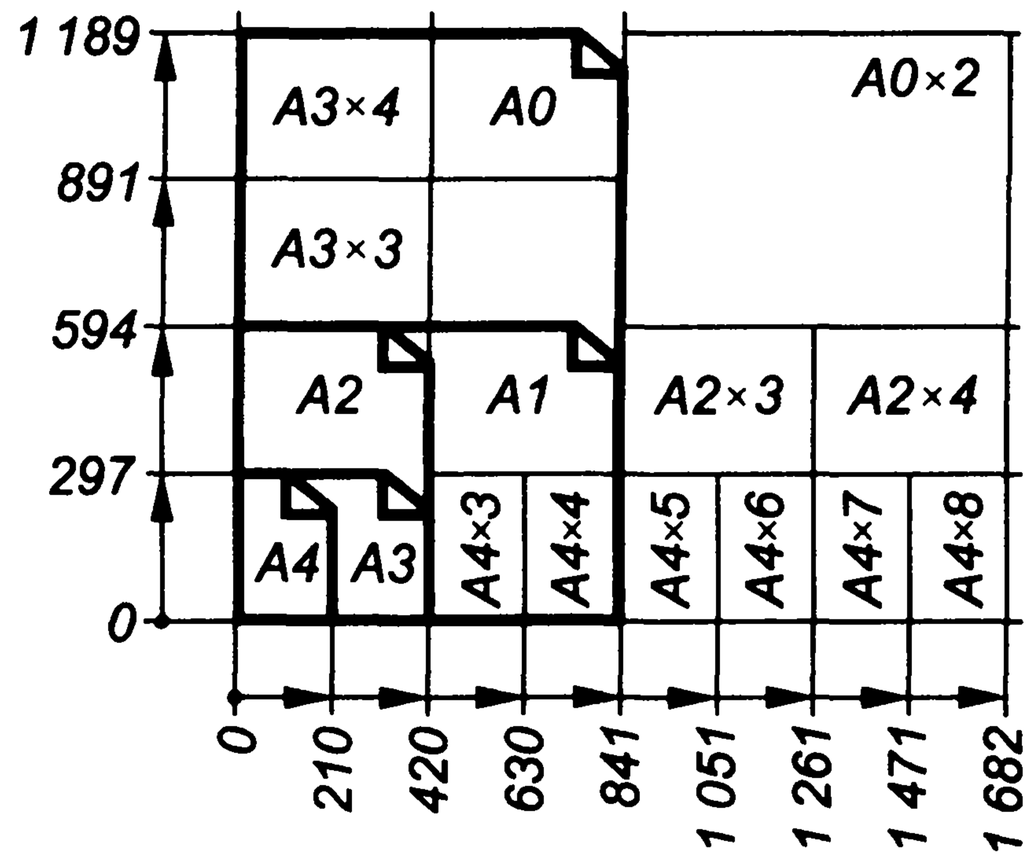


Рис. 3.4

ные форматы выполнены сплошными тонкими линиями, а основные — толстыми сплошными линиями. Обозначение дополнительного формата включает в себя обозначение основного формата и число, соответствующее кратности его увеличения, например А4 × 4 (297 × 841), А2 × 3 (594 × 1 261).

В правом нижнем углу формата наносится основная надпись, а над ней при необходимости указываются технические требования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные форматы и их размеры.
2. Как получают и обозначают дополнительные форматы? Укажите размеры формата А4 × 3.
3. Какой линией и на каком расстоянии от внешней рамки выполняют рамку поля чертежа?

Основные надписи

Для всех чертежей и схем ГОСТ 2.104—2006 устанавливает единую форму, размеры и порядок оформления основной надписи, которую располагают в правом нижнем углу вплотную к рамке поля чертежа.

На листах формата А4 основную надпись располагают только вдоль короткой стороны (рис. 3.5). На листах больших форматов основную надпись можно располагать как вдоль короткой, так и вдоль длинной стороны.

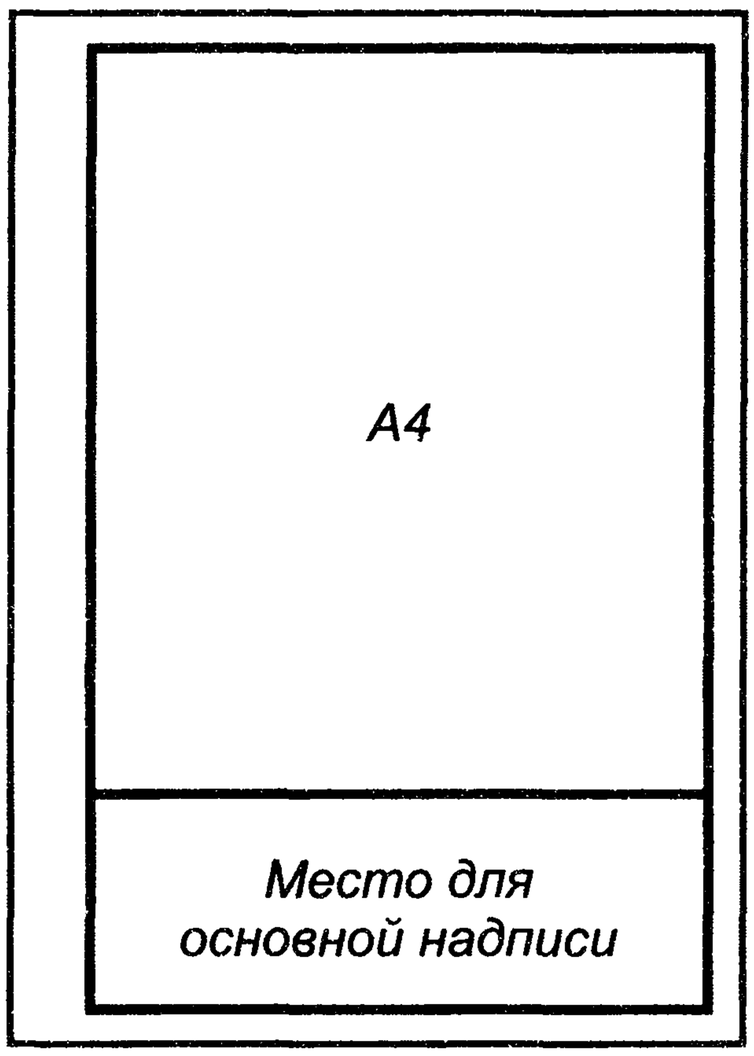


Рис. 3.5

Размеры и форма основной надписи для чертежей и схем представлены на рис. 3.6.

Основная надпись содержит следующие графы:

1 — наименование изделия;

2 — обозначение номера чертежа;

3 — обозначение материала детали (заполняется только на чертежах деталей);

4 — литера детали (в учебных чертежах не заполняется);

5 — масса изделия (в учебных чертежах не указывается);

6 — масштаб изображения;

7 — порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, не заполняется);

8 — число листов (заполняется только на первом листе);

9 — наименование предприятия, выпускающего чертежи;

10 — характер работы, выполняемой лицом, подписавшим чертежи (на учебных чертежах порядок заполнения строк следующий: Разработал, Проверил, Утвердил);

11 — фамилии лиц, подписавших чертеж;

12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе *11*;

13 — даты подписания;

14...18 — отметки об изменениях, вносимых в чертежи после их выпуска (на учебных чертежах не заполняется);

19 — формат чертежа.

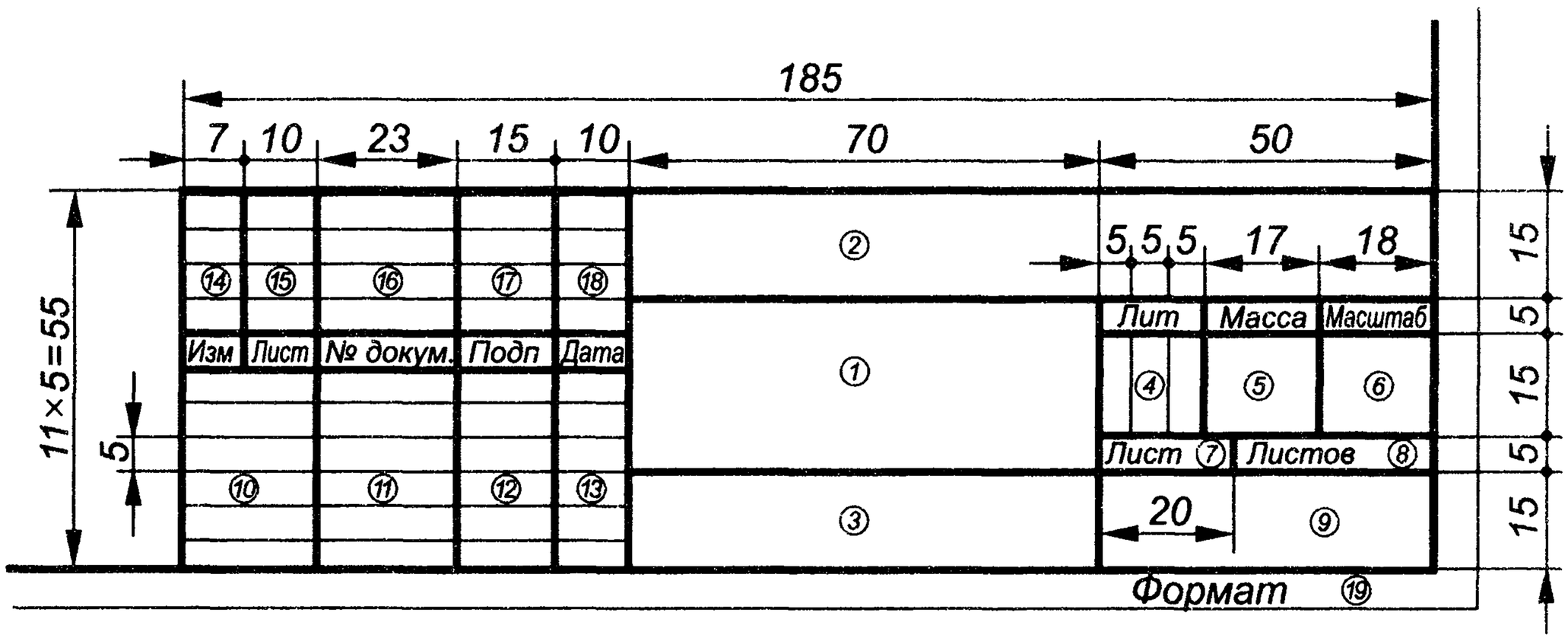


Рис. 3.6

Для учебных чертежей можно использовать основную надпись, приведенную на рис. 3.7 (ГОСТ 2.104—2006 форма 1), в графах которой указывают: *1* — наименование изделия; *2* — обозначение документа [организация — разработчик чертежа, например «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»; 019 — номер чертежа (номер выдаваемого учащемуся задания 19); 005 — номер модели по этому заданию (5)]; *3* — обозначение материала детали; *9* — индекс кафедры высшего учебного заведения, на которой разрабатывался чертеж и название группы учащегося. Также в соответствующих строках основной надписи вписывают фамилию учащегося, который разрабатывал чертеж, и фамилию преподавателя, проверившего и утвердившего его.

Если чертеж предмета выполняется на нескольких листах, то основная надпись на втором и последующих форматах выполняется по форме 2а, приведенной на рис. 3.8 (ГОСТ 2.104—2006).

Основные надписи для чертежей и схем отличаются от основных надписей текстовых документов.

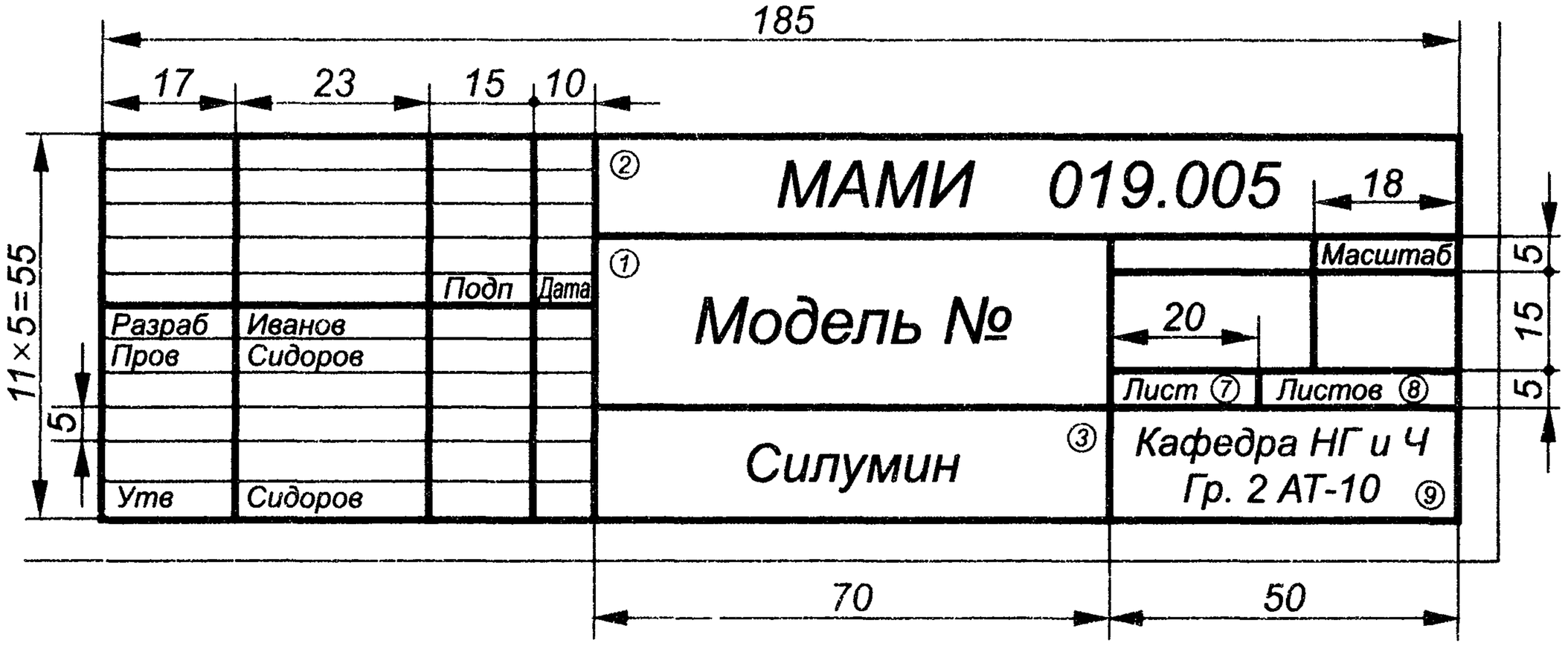


Рис. 3.7

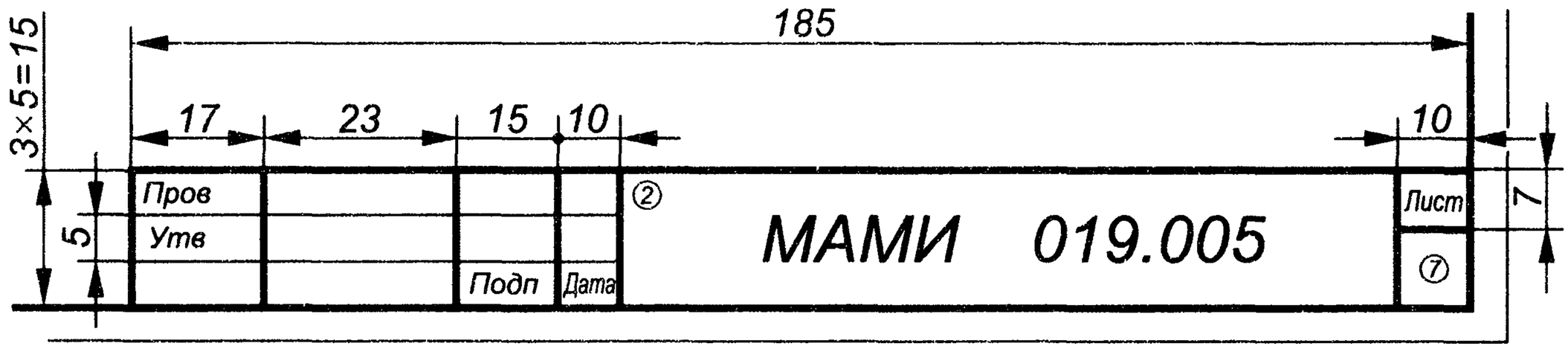


Рис. 3.8

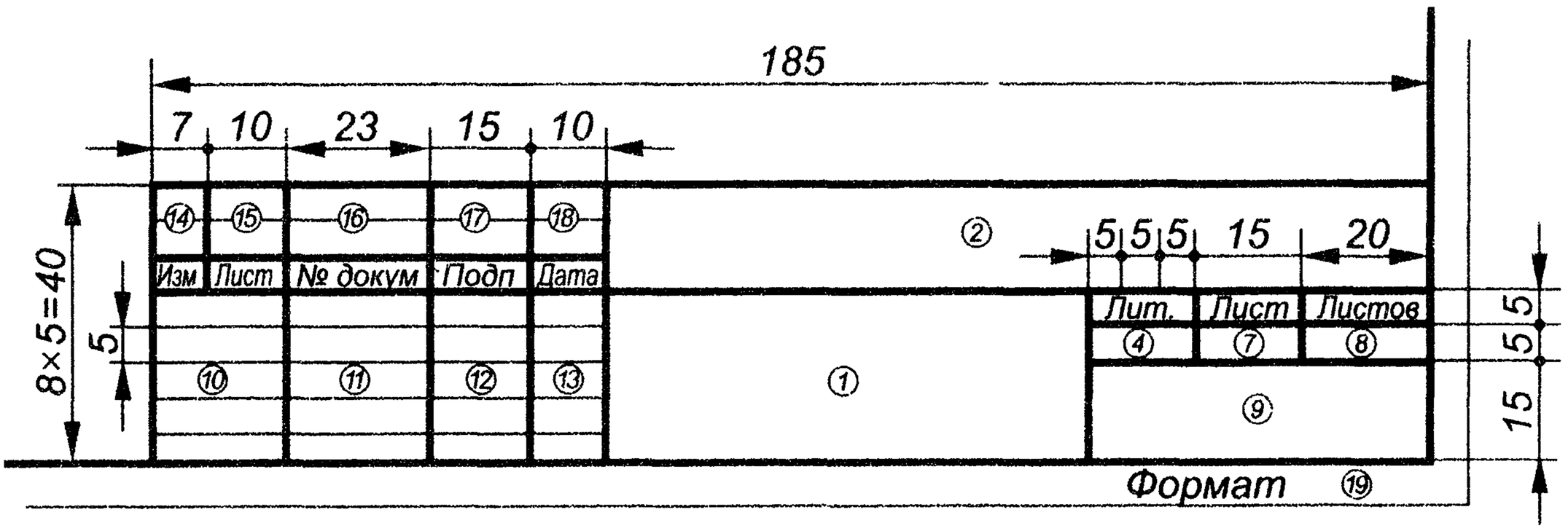


Рис. 3.9

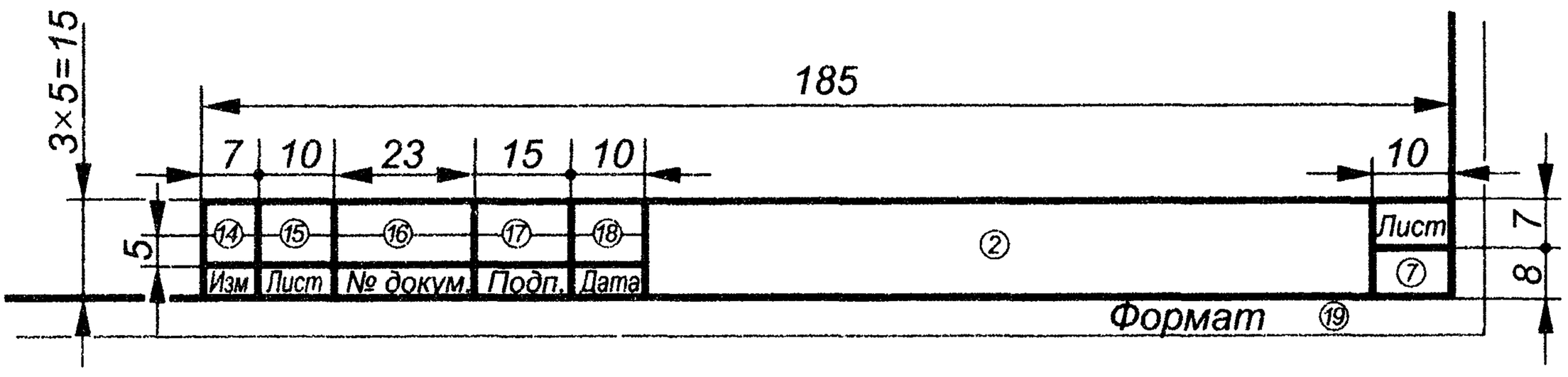


Рис. 3.10

Основная надпись, применяемая для первого листа текстовых конструкторских документов (например, для спецификаций, пояснительной записки и т. п.), отличается от основной надписи для чертежей и схем (рис. 3.9). На последующих листах текстовых документов применяют основную надпись, приведенную на рис. 3.10, которую также допускается применять и для последующих листов чертежей и схем.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Где на чертеже формата А4 располагают основную надпись и где ее располагают на остальных форматах?
2. Какие сведения о детали указывают в основной надписи?
3. Какая основная надпись используется на втором и последующих листах графических, текстовых, конструкторских документов и какие сведения в ней указывают?
4. Какая основная надпись используется на первом листе текстовых конструкторских документов?
5. Как заполняют основную надпись в учебном чертеже?

Масштабы

Детали и сборочные единицы на чертеже в зависимости от их сложности и размеров могут изображаться в истинном виде либо с увеличением или уменьшением. Масштабы изображений и их обозначения на чертеже устанавливает ГОСТ 2.302—68.

Масштабом называется отношение линейных размеров изделия на чертеже к его действительным линейным размерам.

Наиболее наглядным для представления изображенного предмета является его вычерчивание в натуральную величину, т.е. в масштабе 1:1. Очень крупные или простые по форме предметы вычерчивают в масштабе уменьшения (1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20). Мелкие предметы или предметы сложной формы вычерчивают в масштабе увеличения (2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 15:1; 20:1).

Основной масштаб, в котором выполнен чертеж, указывают в графе *6* основной надписи (см. рис. 3.6) и обозначают 1:1, 4:1, 1:10 и т.п., поскольку слово «масштаб» содержится в заголовке графы. Если на чертеже некоторые изображения выполнены в другом масштабе, то над ними помещают надписи типа *А* (1:5) — для вида, *Б — Б* (1:15) — для разреза или сечения.

Следует помнить, что **при любом масштабе на чертеже указывают истинные размеры предмета**, а не те, которые изображение имеет на чертеже.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое масштаб?
2. Что такое масштабы увеличения и уменьшения?
3. Назовите стандартные масштабы увеличения и уменьшения.
4. Можно ли применять масштабы, не предусмотренные стандартом?
5. Как указывается масштаб в основной надписи?
6. Как указывается масштаб изображения, выполненного на чертеже не в том масштабе, который указан в основной надписи?
7. Как указываются размеры предмета при выполнении его чертежа в масштабе увеличения или уменьшения?

Шрифты чертежные

Шрифтом называется графическая форма изображения букв, цифр и условных знаков, которые используются при выполнении чертежей и других технических документов.

ГОСТ 2.304—81 устанавливает конфигурацию и размеры всех букв, цифр и условных знаков, наносимых на всех конструкторских документах. Надписи на конструкторских документах выполняются чертежными шрифтами следующих видов: без наклона к основанию строки и с наклоном под углом 75° к основанию строки. Размер шрифта обозначается буквой *h* и определяется высотой прописных букв в миллиметрах, измеряемой перпендикулярно к основанию строки.

Рис. 3.11

Стандарт устанавливает также два типа шрифта: А и Б. Для шрифта типа А толщина d линий букв и цифр равна $1/14h$, а для шрифта типа Б — $1/10h$.

В соответствии со стандартом можно использовать 10 размеров шрифта 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Однако шрифт размером 1,8 применять не рекомендуется. В машиностроительном черчении наиболее распространенным является шрифт типа Б ($d = 1/10h$) с наклоном под углом 75°.

Начертание букв русского алфавита (кириллицы) прописных и строчных типа Б с наклоном, а также арабских цифр и цифр, используемых при указании размеров условных знаков, показано на рис. 3.11. Параметры этого шрифта для букв русского алфавита и арабских цифр в относительных размерах, а также для шрифтов размером 5, 7, 10, 14 в цифровом виде приведены в табл. 3.3.

Следует обратить внимание на то, что нижние горизонтальные отростки букв **Ц** и **Щ** (прописных и строчных) выполняются за счет промежутков между смежными буквами, а вертикальные (в том числе и черта над **Й**) — за счет промежутка между строками.

В словах, написанных буквами, соседние линии которых не параллельны между собой, например в сочетаниях **Г** и **А**, **Т** и **А**, **Г** и **Д**, **Р** и **А**, **А** и **Т** и других, расстояние между буквами уменьшается до значения, равного толщине линий букв, или совсем исключается (рис. 3.12).

Следует отметить, что 16 прописных букв русского алфавита имеют одинаковое начертание с одноименными строчными буквами и в данном виде шрифта отличаются только размером. Это буквы **Ж**, **З**, **К**, **Л**, **М**, **Н**, **О**, **С**, **Х**, **Ч**, **Ъ**, **Ь**, **Ы**, **Э**, **Ю**, **Я**.

При написании прописных букв и цифр следует обратить внимание на следующие их элементы:

- расположение по высоте средней горизонтальной черты у букв **Е** и **Н** и на ее длину у буквы **Е**;
- размер и расположение нижних отростков у букв **Ц** и **Щ**;
- расположение наклонной линии у буквы **И**;

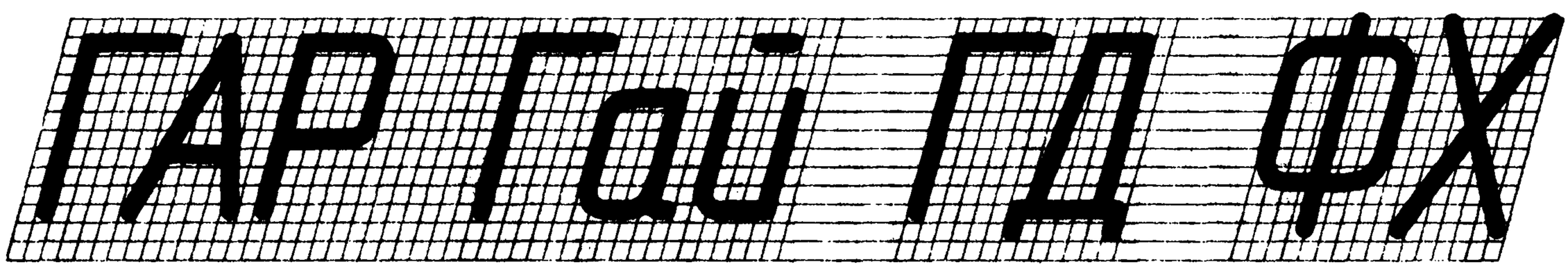


Рис. 3.12

Таблица 3.3. Параметры букв русского алфавита и арабских цифр

Параметры	Обозначение	Относительный размер		Размер шрифта, мм			
Размер шрифта — высота прописных букв и арабских цифр	*h*	10/10*h*	10*d*	5	7	10	14
Высота строчных букв	*c*	7/10*h*	7*d*	3,5	5	7	10
Расстояние между буквами	*a*	2/10*h*	2*d*	1	1,4	2	2,8
Минимальное расстояние между основаниями строк	*b*	17/10*h*	17*d*	8,5	12	17	24
Минимальное расстояние между словами	*e*	6/10*h*	6*d*	3	4,2	6	8,4
Толщина линий шрифта	*d*	1/10*h*	—	0,5	0,7	1	1,4
Ширина прописных букв	Основная	6/10*h*	6*d*	3	4,2	6	8,4
	Букв Г, Е, З, С	5/10*h*	5*d*	2,5	3,5	5	7
	Букв А, Д, М, Х, Ы, Ю	7/10*h*	7*d*	3,5	4,9	7	9,8
	Букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ	8/10*h*	8*d*	4	5,6	8	11,2

Ширина строчных букв	Основная	5/10*h*	5*d*	2,5	3,5	5	7
	Букв м, ъ, ы, ю	6/10*h*	6*d*	3	4,2	6	8,4
	Букв ж, т, ф, ш, щ	7/10*h*	7*d*	3,5	4,9	7	9,8
	Букв з, с	4/10*h*	4*d*	2	2,8	4	5,6
Ширина арабских цифр	Основная	5/10*h*	5*d*	2,5	3,5	5	7
	Цифры 1	3/10*h*	3*d*	1,5	2,1	3	4,2
	Цифры 4	6/10*h*	6*d*	3	4,2	6	8,4

- размер и расположение верхней черты у буквы **Й**;
- расположение верхней наклонной линии у буквы **К** и средней линии у буквы **Ж** (на высоте $4/10h$);
- расположение по высоте черты у буквы **А** и острия у буквы **М**;
- скруглений у букв **Ч**, **У** и длину нижней горизонтальной линии у буквы **У**;
- наличие прямых участков и непостоянство закруглений у буквы **О**, а также у соответствующих элементов других букв;
- расположение по высоте горизонтальных линий у букв **Э**, **Ю** и на длину этой линии у буквы **Э**;
- расположение по высоте овальной части у буквы **Ф**;
- длину верхней горизонтальной линии у буквы **Б**;
- длину бокового отростка у буквы **Ъ**;
- глубину верхней части у буквы **В**;
- направление наклонной линии у буквы **Я**;
- ширину верхней части у буквы **З**.

Все цифры, за исключением **1** и **4**, имеют ширину $5/10h$. Цифра **3** имеет два варианта написания. Цифра **0** по ширине у́же, чем буква **О**.

Чтобы научиться писать чертежным шрифтом, сначала для каждой буквы чертят сетку (рис. 3.13), в которую затем по размерам вписывают букву. Овладев навыками написания букв и цифр по сетке, можно использовать только верхнюю и нижнюю границы строк для букв **Г**, **Д**, **И**, **Й**, **Л**, **М**, **П**, **Т**, **Х**, **Ц**, **Ш**, **Щ** на расстоянии, равном их высоте h, а для букв **Б**, **В**, **Е**, **Н**, **Р**, **У**, **Ч**, **Ъ**, **Ы**, **Я** посередине между этими горизонтальными линиями рекомендуется доба-

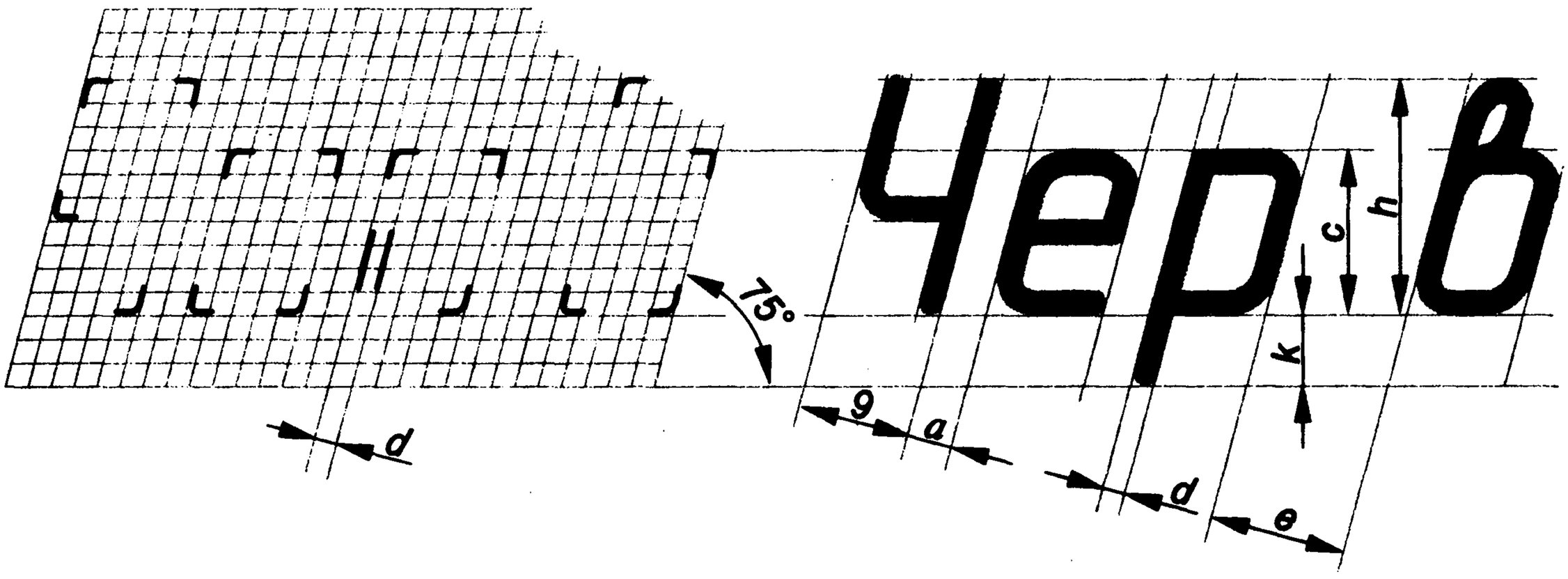


Рис. 3.13

Рис. 3.14

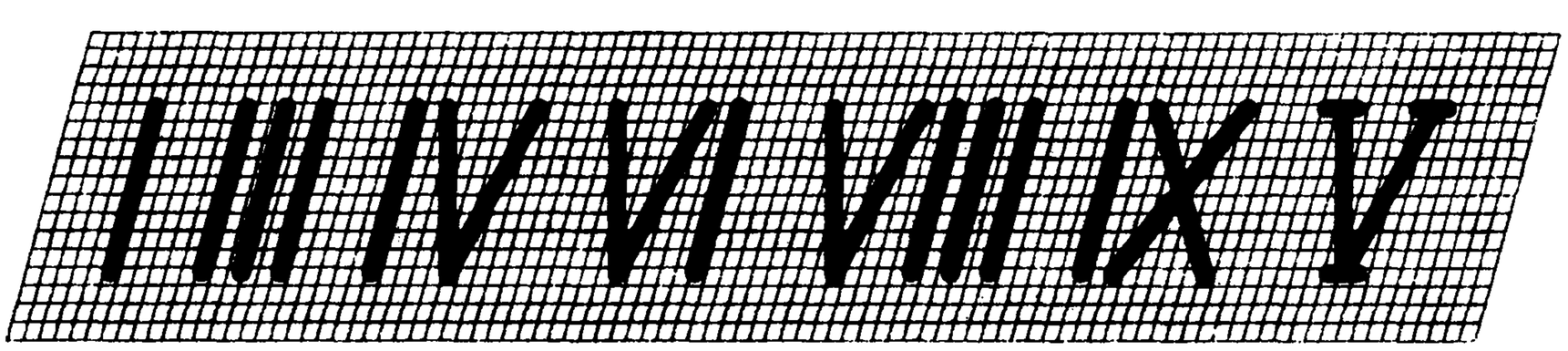


Рис. 3.15

вить еще одну линию, облегчающую выполнение их средних элементов.

На рис. 3.14 показано начертание прописных и строчных букв латинского алфавита шрифтом типа Б с наклоном, а на рис. 3.15 — начертание римских цифр.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое прописные и строчные буквы?
2. Чем определяется размер (номер) шрифта?
3. Назовите разницу между шрифтами типов А и Б.
4. Какова высота арабских цифр для каждого номера шрифта?
5. Какой чертежный шрифт наиболее распространен в машиностроении?

6. Каков угол наклона букв и цифр чертежного шрифта к основанию строки?
7. Какую часть от высоты прописных букв шрифта типа Б составляют высота строчных букв, расстояние между буквами, минимальное расстояние между основаниями строк, минимальное расстояние между словами?
8. В каких случаях расстояние между буквами уменьшают до значения, равного толщине букв, или совсем исключают?
9. Как выполняют нижние горизонтальные отростки прописных букв Д, Ц, Щ и черту над буквой Й?
10. Какие 16 прописных и строчных букв русского алфавита имеют одинаковое начертание?

3.3. ИЗОБРАЖЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Чертеж представляет собой графическое изображение видимых и невидимых поверхностей предмета, которое получают прямоугольным (ортогональным) проецированием его на шесть граней куба при условии, что предмет расположен между наблюдателем и соответствующей гранью куба (рис. 3.16, *а*). При этом грани куба принимаются за основные плоскости проекций: фронтальную *1*, горизонтальную *2*, профильную *3* и параллельные им плоскости *4*...*6*. Для получения чертежа основные плоскости с выполненными на них изображениями совмещают в одну плоскость с фронтальной плоскостью проекций (рис. 3.16, *б*).

Согласно ГОСТ 2.305—2008 изображения на чертежах в зависимости от их содержания называются видами, сечениями и разрезами.

Виды

Видом называется изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета.

Для уменьшения числа изображений на видах допускается показывать невидимые части предмета с помощью штриховых линий. Различают основные, местные и дополнительные виды.

Основные виды получают проецированием предмета на основные плоскости проекций (см. рис. 3.16, *б*). ГОСТ 2.305—2008 устанавливает следующие основные виды: вид спереди *1* (главный вид, который должен давать наиболее полное представление о разме-

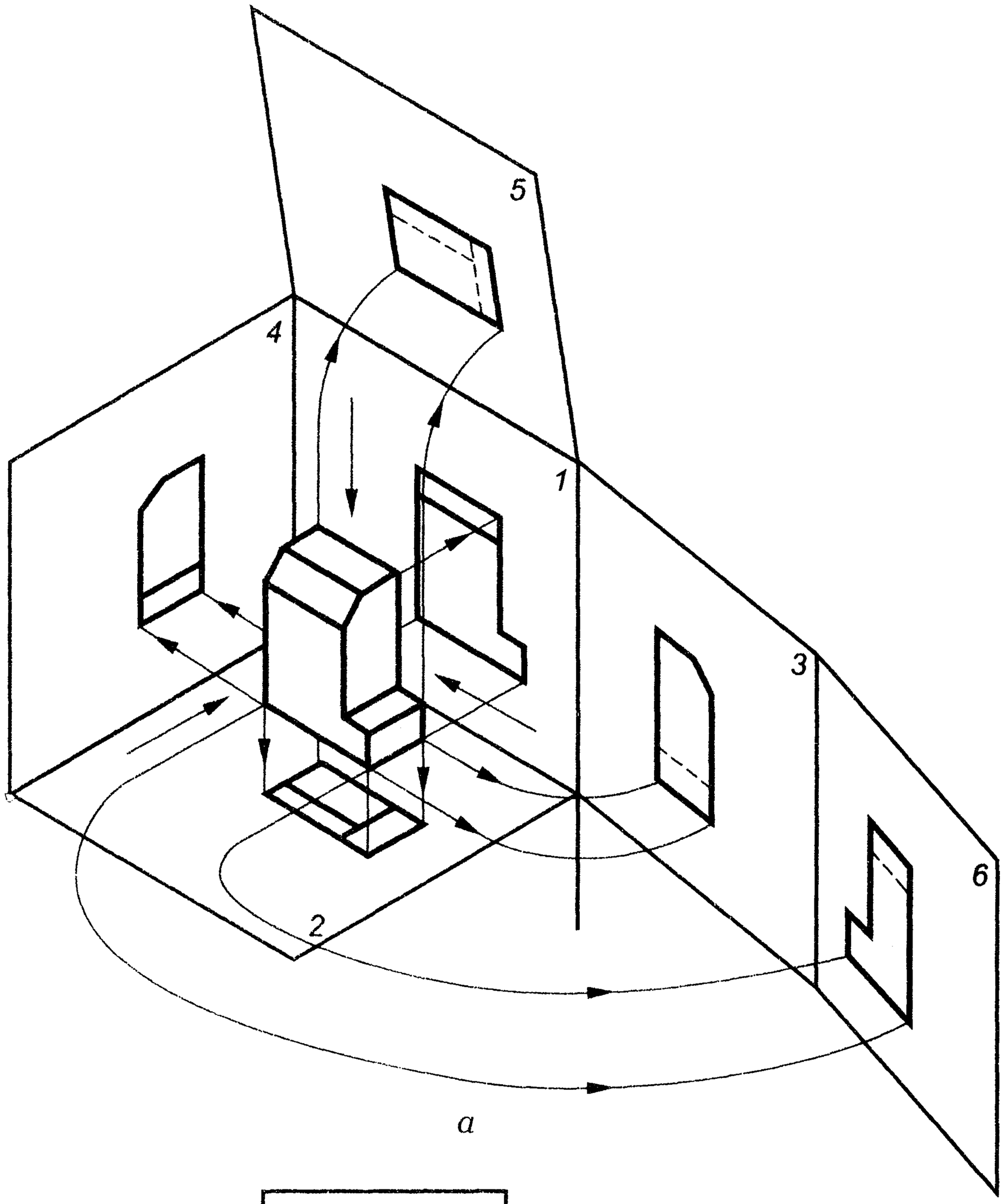


Рис. 3.16

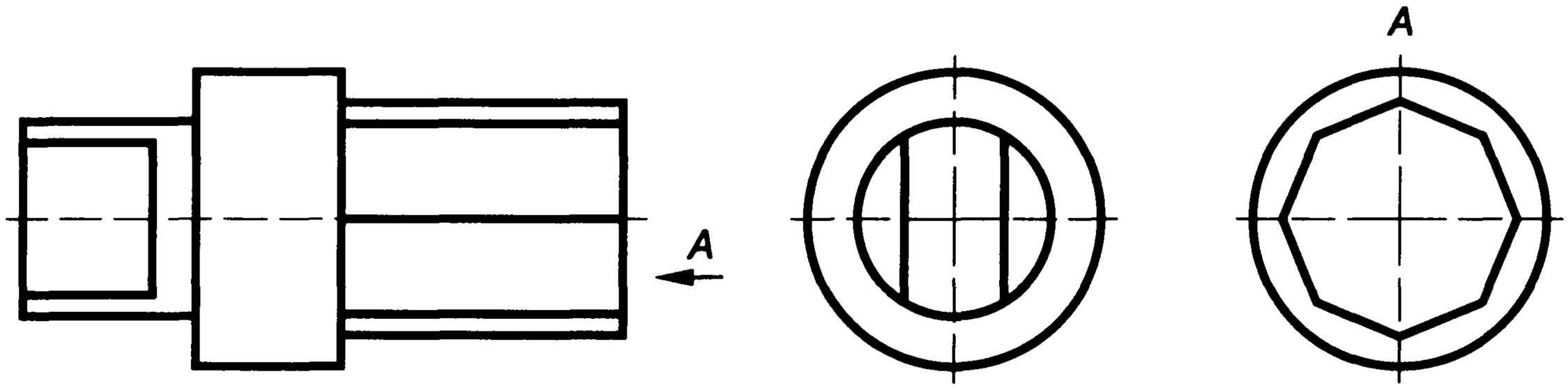


Рис. 3.17

рах и форме предмета); вид сверху *2*; вид слева *3*; вид справа *4*; вид снизу *5*; вид сзади *6* (допускается располагать левее вида справа).

Основные виды располагаются в проекционной связи относительно друг друга. В этом случае на них не требуется наносить каких-либо надписей. Однако для более рационального использования листа разрешается располагать виды вне проекционной связи в любом месте чертежа.

Виды, расположенные вне проекционной связи с главным видом (рис. 3.17), помечают прописными буквами русского алфавита (в алфавитном порядке), а направление взгляда (проецирования) указывают стрелкой, над которой ставят ту же букву, которой обозначен вид. Когда отсутствует изображение, на котором можно показать направление взгляда, пишут название вида.

Изображения стрелок и соотношение размеров их элементов приведено на рис. 3.18.

Дополнительные виды применяют, если изображение предмета или какой-либо его части нельзя показать на основных видах без искажения формы и размеров. Такие виды получают проецированием предмета или его части на дополнительную плоскость, не параллельную ни одной из плоскостей проекций, но параллельную тому элементу, который на основную плоскость проецируется с искажением.

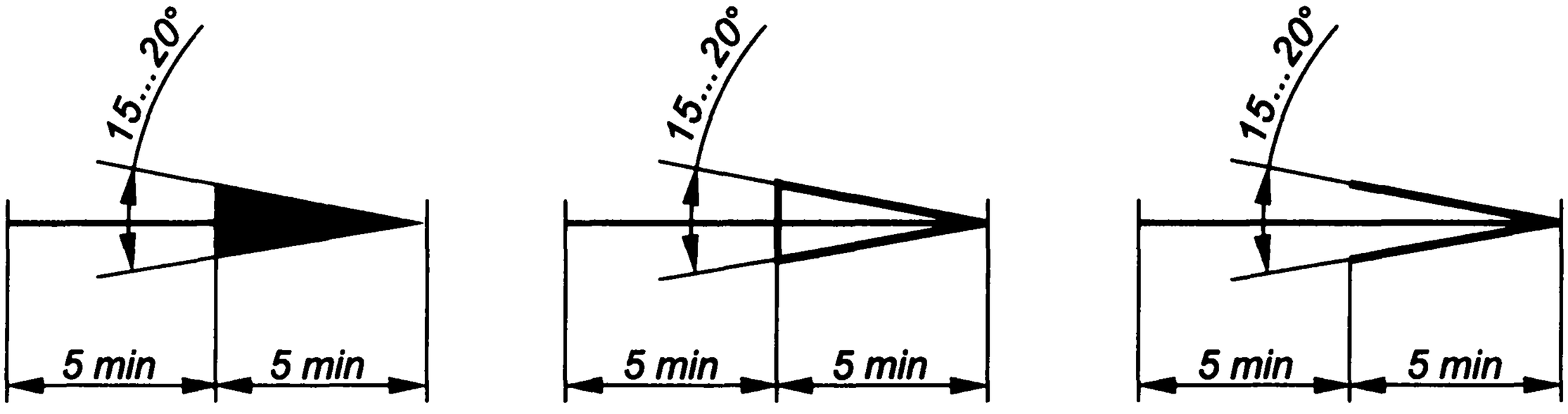


Рис. 3.18

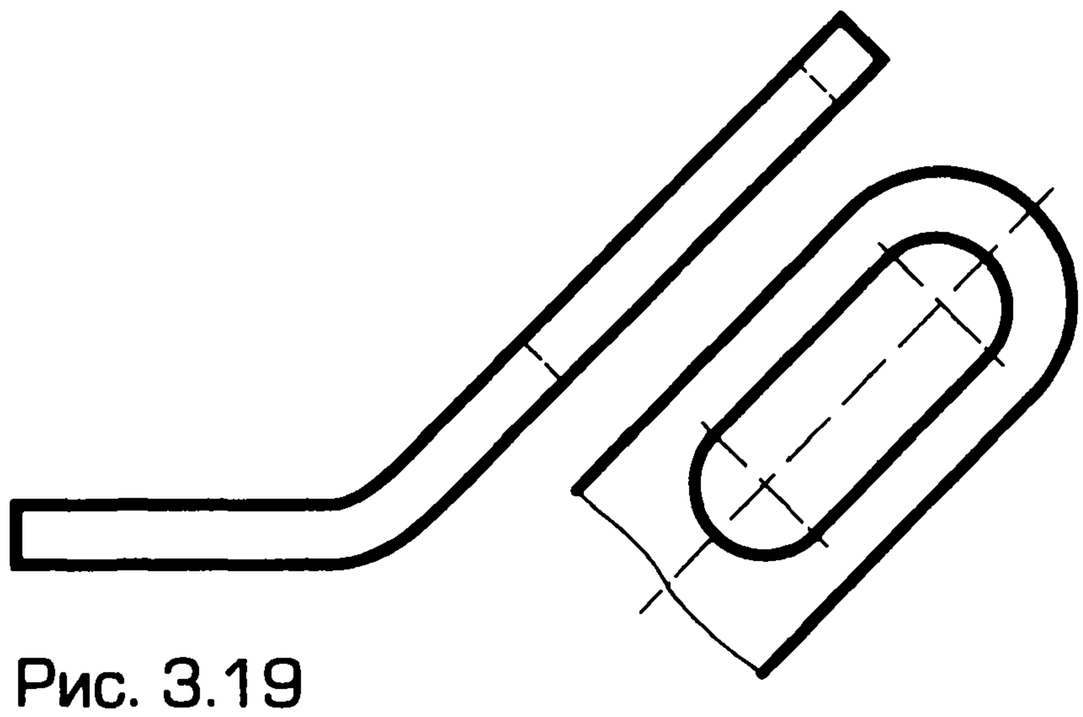
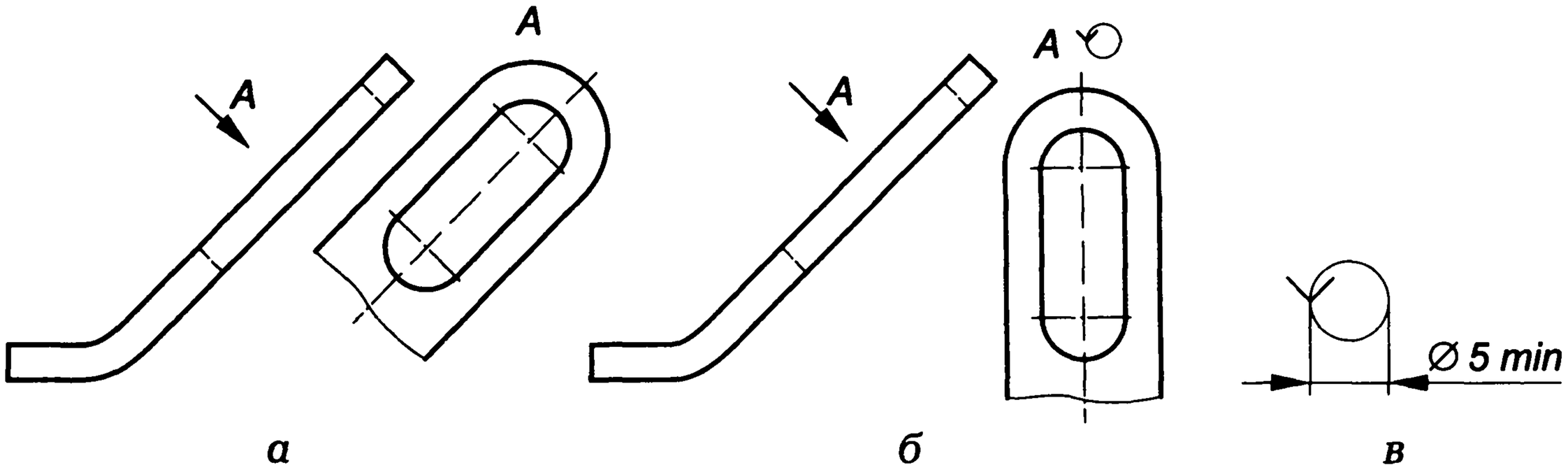


Рис. 3.19

Если дополнительный вид расположен в проекционной связи с исходным видом (рис. 3.19), направление проецирования не указывают и надписи над ним не наносят. В случае если дополнительный вид невозможно расположить в проекционной связи с исходным видом, его разрешается помещать на любом свободном месте чертежа с выполнением соответствующей надписи, например буквы *А* над ним и стрелки с надписью *А*, указывающей направление проецирования у исходного вида (рис. 3.20, *а*). Направление осей и контурных линий при этом должно оставаться таким же, как и в случае расположения дополнительного вида в проекционной связи.

Допускается изображать дополнительный вид в повернутом положении (рис. 3.20, *б*). В этом случае к надписи над видом добавляют знак поворота и при необходимости значение угла поворота в градусах. Диаметр окружности знака поворота, как правило, равен высоте буквы, обозначающей вид, но не менее 5 мм (рис. 3.20, *в*).

Местным видом называется изображение отдельного ограниченного участка поверхности предмета, которое образуется его проецированием на одну из основных плоскостей проекций. При выполнении местного вида в проекционной связи с другим видом



а *б* *в*

Рис. 3.20

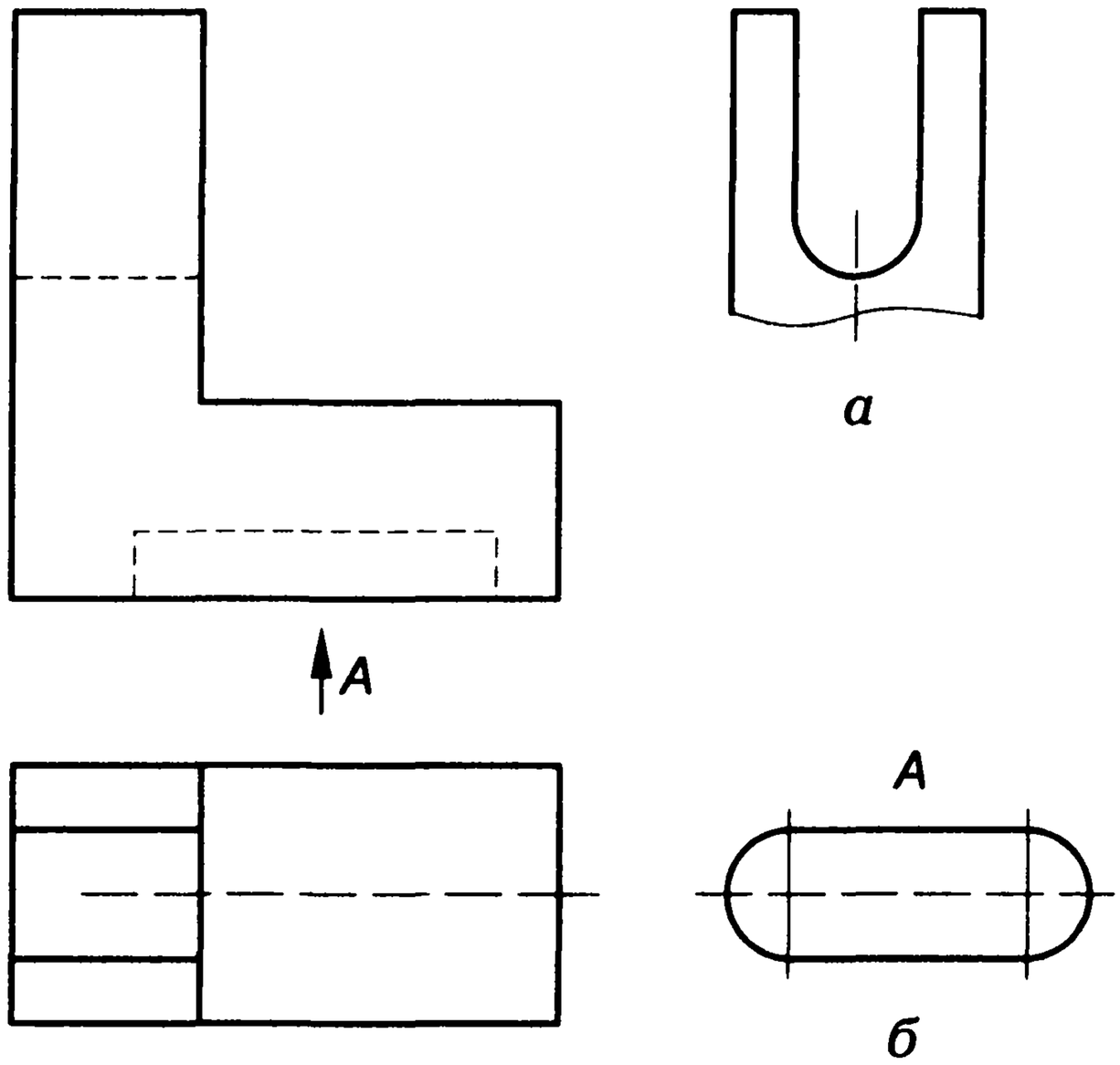


Рис. 3.21

направление взгляда не указывается и надпись над ним не наносится (рис. 3.21, *а*), а при изображении его вне проекционной связи необходимо стрелкой указать направление взгляда и нанести над ним соответствующую надпись (рис. 3.21, *б*).

Местный вид может ограничиваться сплошной волнистой линией обрыва (см. рис. 3.21, *а*) либо выполняться без ограничения (см. рис. 3.21, *б*).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется видом?
2. Какой вид называется главным и как он выбирается?
3. Как получают основные виды, как они называются и располагаются на чертеже?
4. Какие виды называются дополнительными?
5. Какие виды называются местными и как они оформляются?
6. Чем различаются дополнительный и местный виды?
7. В каком случае дополнительный и местный виды не снабжаются надписью при оформлении?
8. В каком случае на чертеже наносится название вида?
9. Что означает знак ⟲, каковы его форма и размеры, в каком случае и как он наносится?
10. Всегда ли местный вид ограничивается сплошной волнистой линией обрыва?
11. Какова форма и размеры стрелок, указывающих направление взгляда?

Сечения

Сечением в соответствии с ГОСТ 2.305—2008 называется изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями. На сечении изображается только то, что находится в секущей плоскости. Причем секущие плоскости необходимо выбирать таким образом, чтобы получить нормальные поперечные сечения. Рассечение предмета используют в основном для выявления формы элементов детали.

Для выявления паза детали, показанной на рис. 3.22, мысленно введем секущую плоскость π. Фигура, образованная при пересечении плоскости π с деталью, т. е. сечение, штрихуется, а те участки, где сечется пустота, не штрихуются. Штриховку выполняют тонкими наклонными параллельными линиями толщиной от $s/2$ до $s/3$ под углом 45° либо к линии контура изображения (рис. 3.23, *а*), либо к его оси (рис. 3.23, *б*), либо к линии рамки чертежа (рис. 3.23, *в*).

Если линии штриховки, проведенные к линиям рамки чертежа, оказываются параллельными линиям контура или осевым линиям, то угол штриховки следует сделать 30 или 60° (рис. 3.24).

Все сечения одного предмета штрихуются под одинаковым углом наклона, причем наклон линий штриховки может быть и влево, и вправо, но обязательно в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к этому предмету.

Расстояние между линиями штриховки может быть в пределах от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости выделения штриховки смежных сечений. Однако это расстояние должно быть постоянным для всех сечений предмета, выпол-

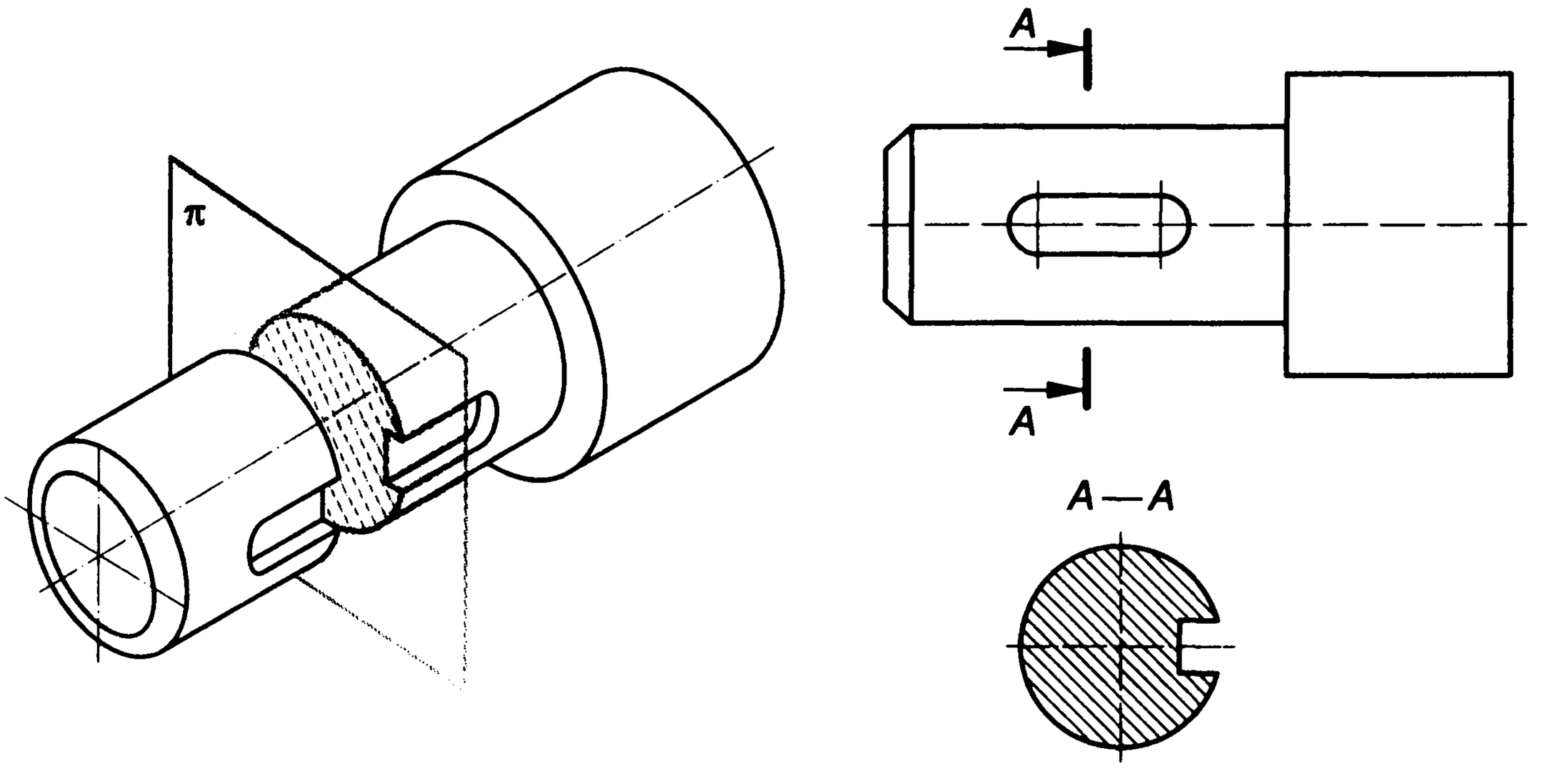
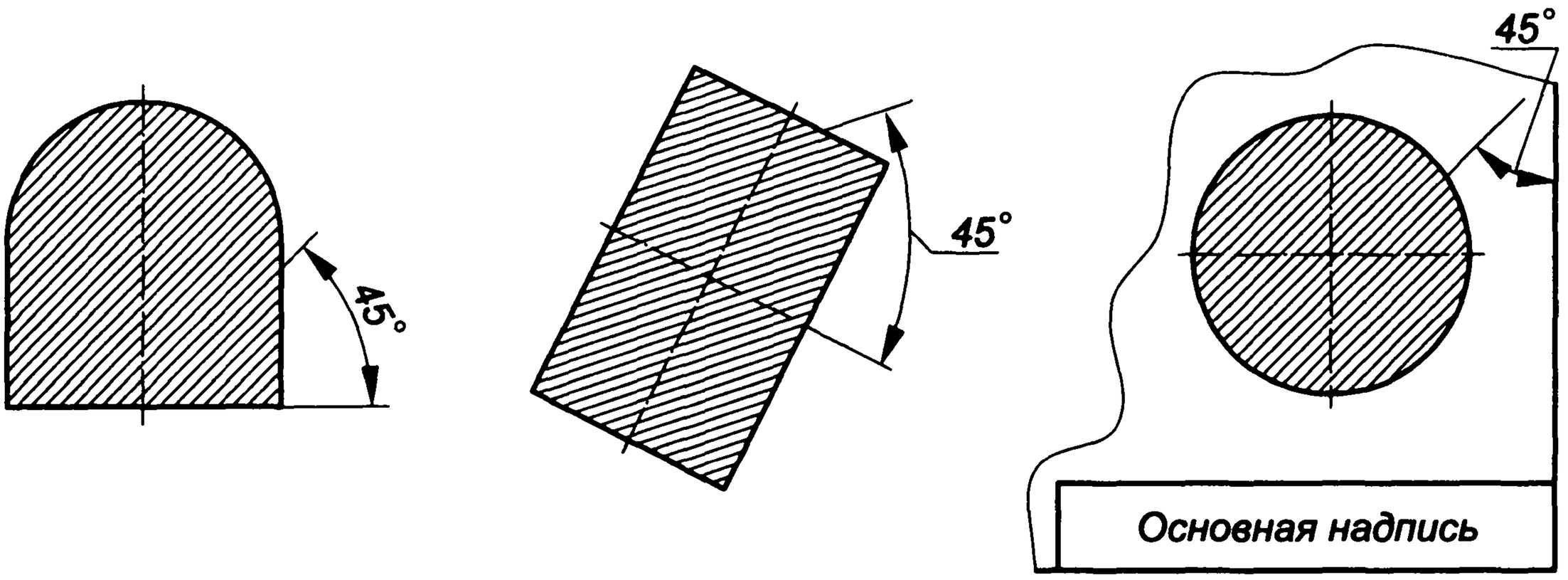


Рис. 3.22



а *б* *в*

Рис. 3.23

няемых в одинаковом масштабе. Длинные площади сечений, имеющие на чертеже ширину от 2 до 4 мм, штрихуются на концах и у контуров отверстий, а на оставшейся площади таких сечений штриховка выполняется от руки небольшими участками (рис. 3.25). Площадь сечения, ширина которого на чертеже меньше 2 мм, зачерняется (рис. 3.26). Большие площади сечений штрихуются лишь узкой полоской равномерной ширины по краям полученной фигуры (рис. 3.27).

При выполнении сечений на чертежах деталей используется общее для всех материалов графическое обозначение, поскольку наименование и марка материала деталей в этом случае указываются в соответствующей графе основной надписи.

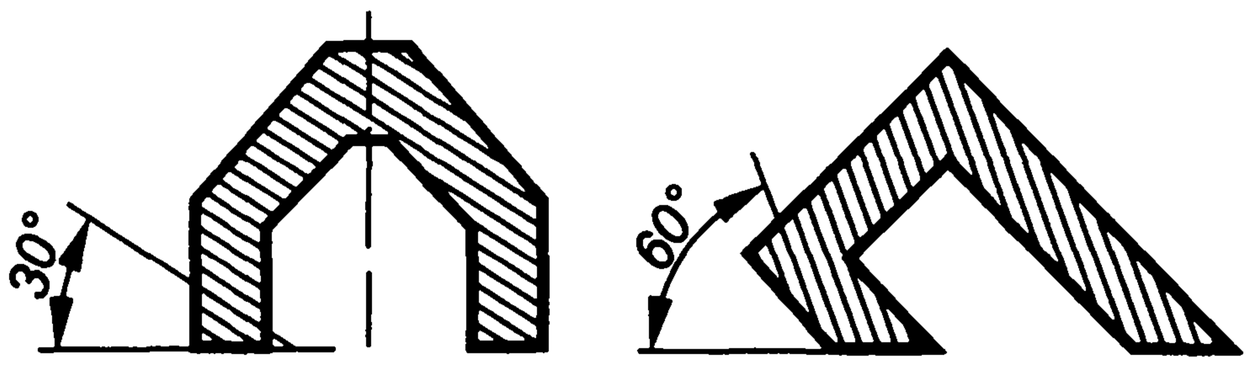


Рис. 3.24

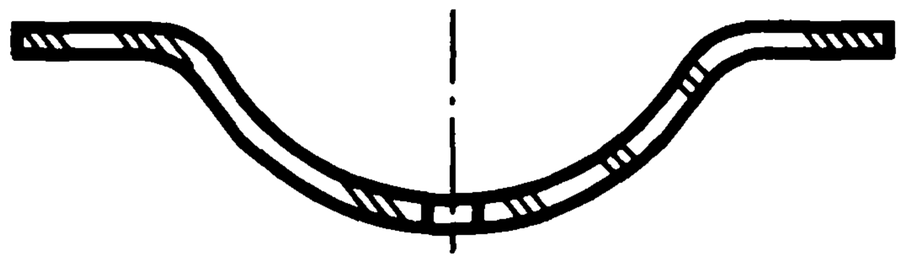


Рис. 3.25

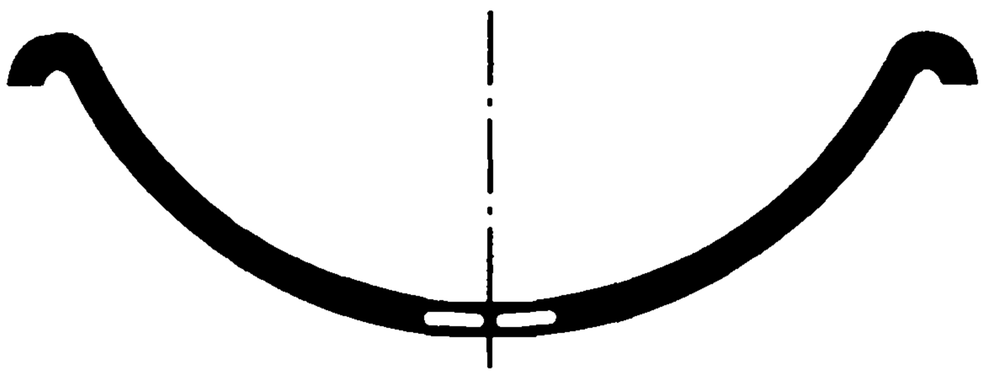


Рис. 3.26

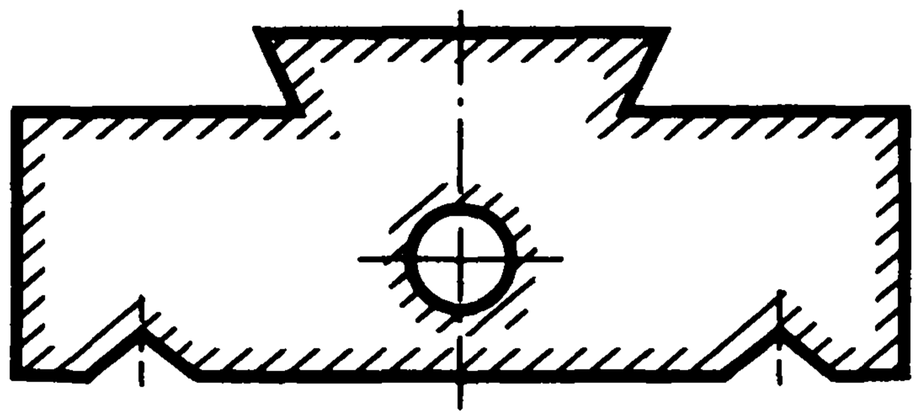


Рис. 3.27

При выполнении сборочных чертежей и чертежей общих видов для лучшей наглядности штриховку сечений деталей необходимо выполнять с учетом материала, из которого они изготовлены.

Графические обозначения основных материалов в сечениях согласно ГОСТ 2.306—68 показаны в табл. 3.4.

Допускается применять дополнительные обозначения материалов, не предусмотренные стандартом, пояснив их на чертеже.

Сечения в зависимости от их расположения на чертеже подразделяются на вынесенные и наложенные.

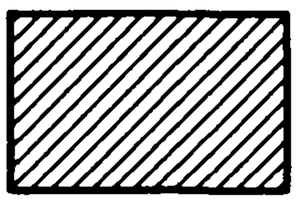
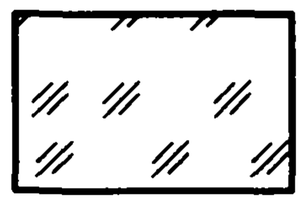
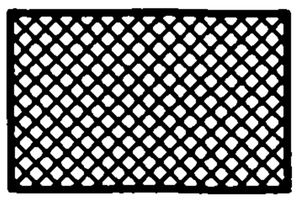
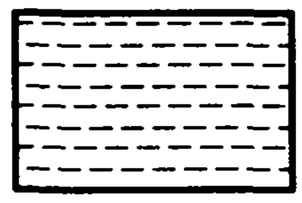
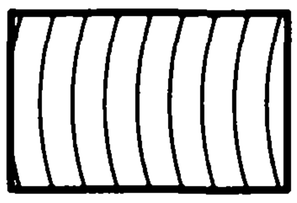
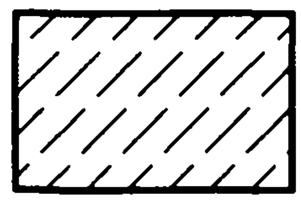
Вынесенные сечения можно располагать на любом свободном месте поля чертежа. Контуры таких сечений выполняются сплошной основной линией (рис. 3.28, *а*).

Наложенные сечения располагают непосредственно на виде, а их контуры выполняют сплошной тонкой линией. Контурные линии вида при этом не прерывают (рис. 3.28, *б*).

Положения секущих плоскостей указываются на чертеже линиями сечения, представляющими собой разомкнутую линию толщиной от *s* до 1,5*s* со стрелками, указывающими направление взгляда (рис. 3.29). Длину штрихов такой разомкнутой линии выбирают в пределах от 8 до 20 мм в зависимости от размеров изображения. Причем штрихи не должны пересекать контур изображения. Стрелки наносятся на расстоянии 2...3 мм от внешнего контура штриха. Размеры и форма стрелок такие же, как и при обозначении видов (см. рис. 3.18).

Линию сечения помечают одинаковыми буквами русского алфавита (например, *А*), которые наносят около стрелок со стороны

Таблица 3.4. Графические изображения материалов в сечениях

Материал	Обозначение	Материал	Обозначение
Металлы и твердые сплавы		Стекло и другие прозрачные материалы	
Неметаллические материалы		Жидкости	
Древесина		Бетон	

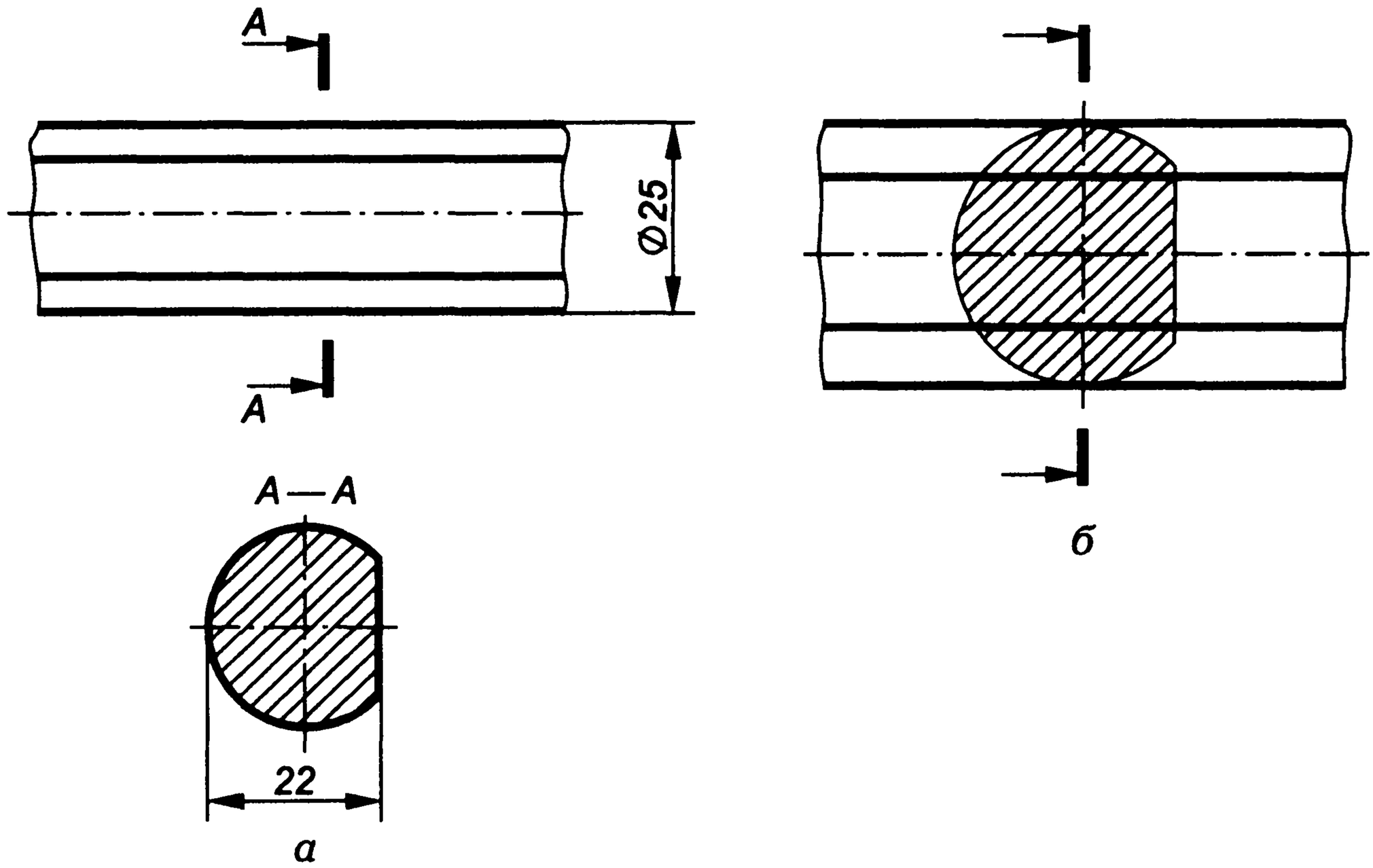
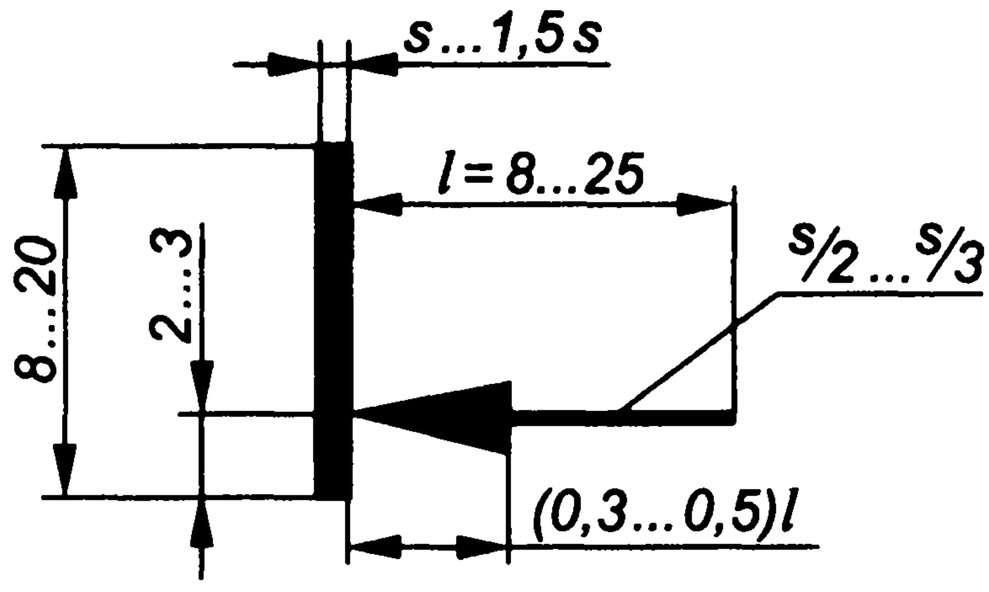


Рис. 3.28

короткой части штриха (см. рис. 3.28, *а*). Причем номер шрифта букв должен быть больше номера шрифта цифр размерных чисел. Над сечением делают надпись типа *А—А*, которую всегда располагают горизонтально. При выполнении симметричных вынесенных сечений (рис. 3.30, *а*), а также симметричных наложенных сечений (рис. 3.30, *б*) положение секущей плоскости не указывается. Причем если ось симметрии вынесенного или наложенного сечения совпадает со следом секущей плоскости, то линию сечения изображают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения.

Если сечение расположено в разрыве вида и имеет ось симметрии, то линию сечения не проводят (рис. 3.31). Когда наложен-



s — толщина основной линии чертежа

Рис. 3.29

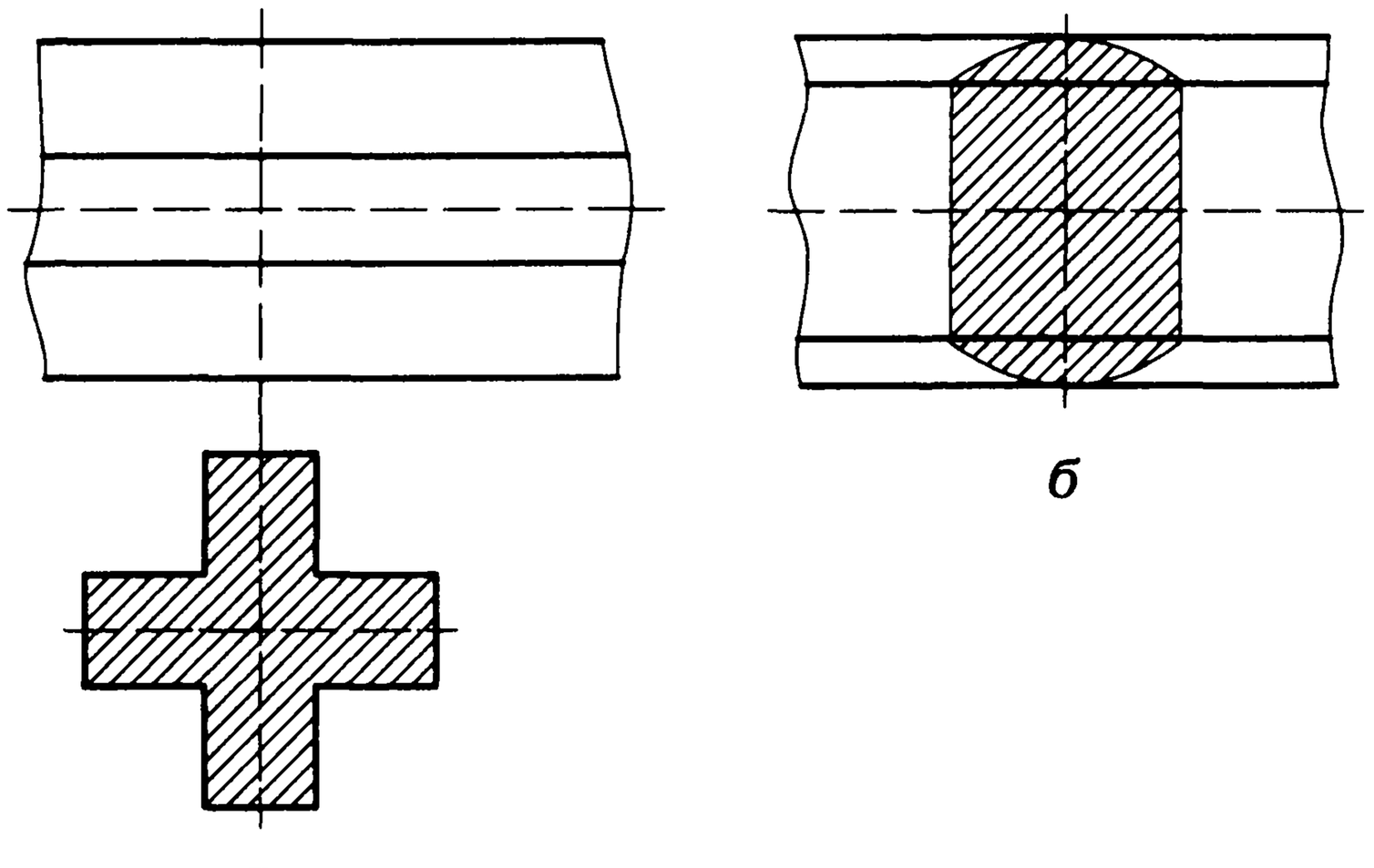


Рис. 3.30

ное сечение (см. рис. 3.28, *б*) или сечение, расположенное в разрыве (рис. 3.32), не симметрично относительно линии сечения, разомкнутую линию со стрелками проводят, но буквами ее не обозначают.

Построение и расположение сечения должны соответствовать направлению, указанному стрелками, т. е. фигуру сечения следует совмещать с плоскостью чертежа вращением вокруг следа плоскости или вокруг параллельной следу линии.

Если секущая плоскость проходит через ось отверстия или углубления, являющегося поверхностью вращения (цилиндрической, конической сферической и т. п.), то наряду с контуром сечения изображают контур этого отверстия или углубления, расположенный за секущей плоскостью (рис. 3.33, сечение *А — А*). В других случаях изображают только контур сечения (сечение *Б — Б*).

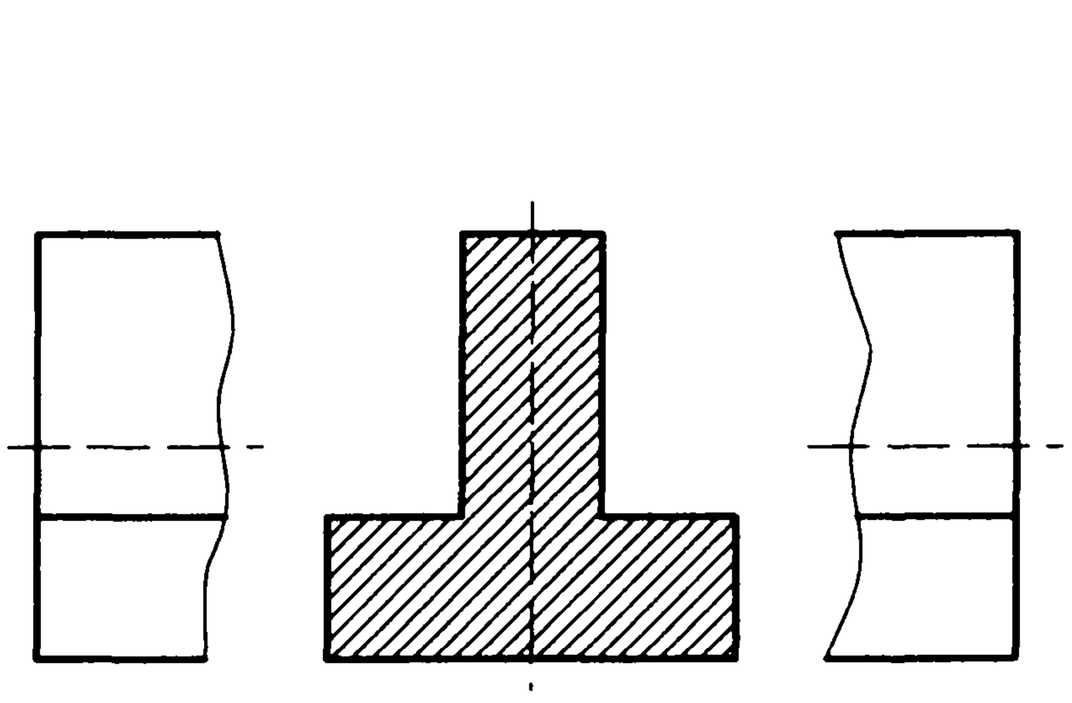


Рис. 3.31

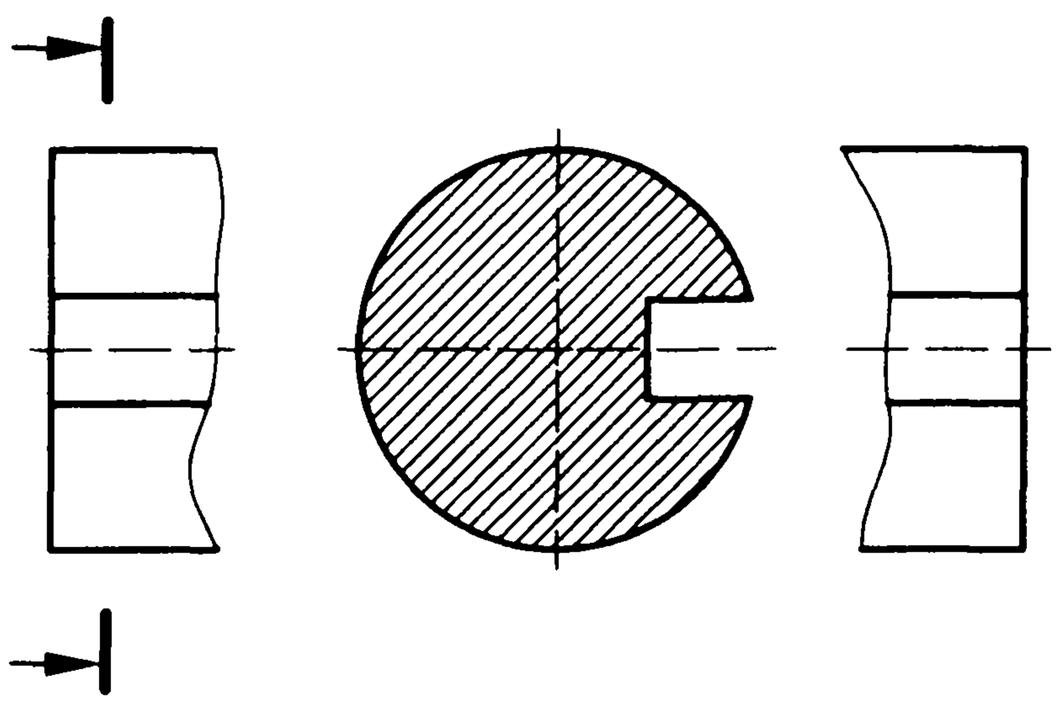


Рис. 3.32

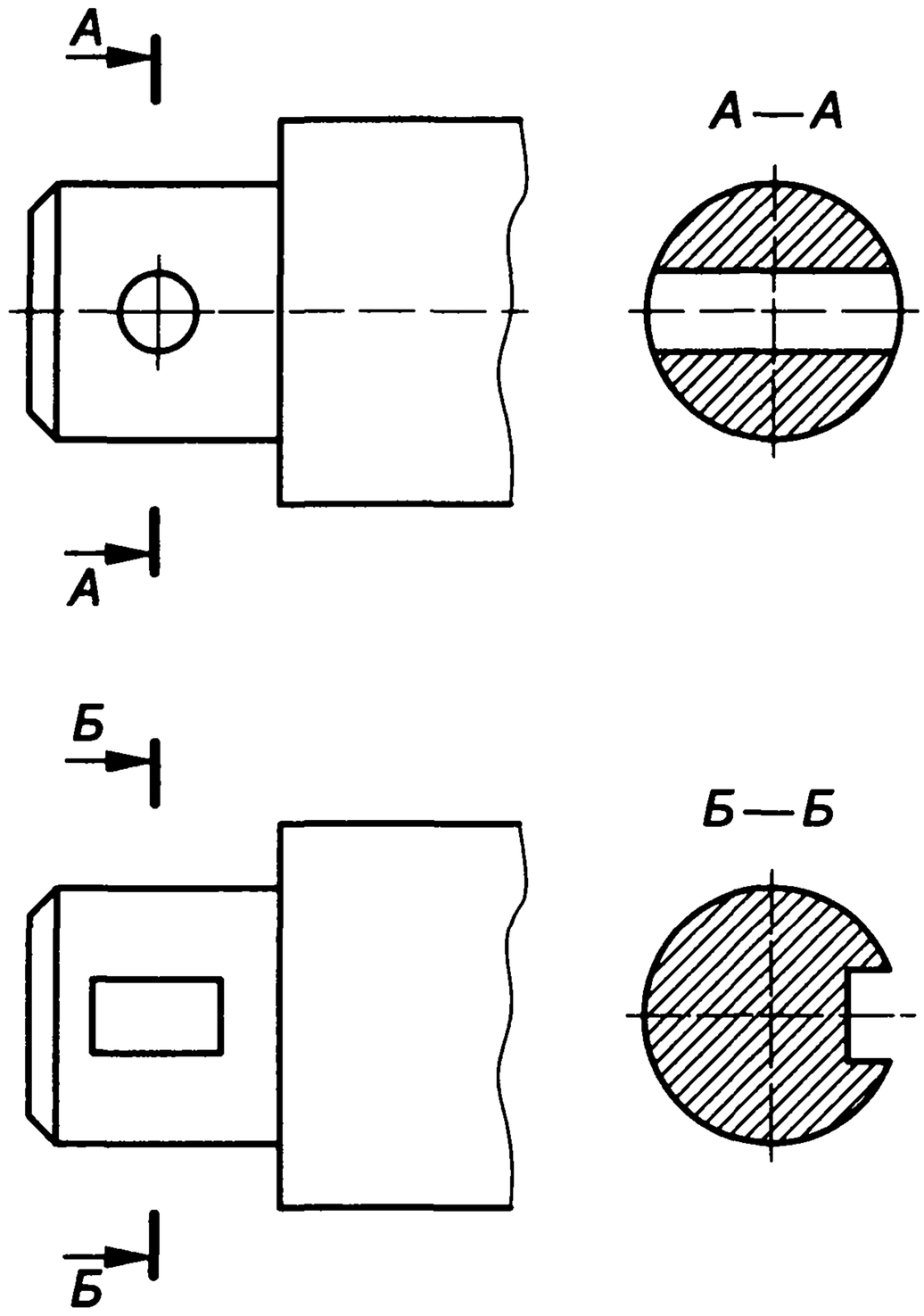


Рис. 3.33

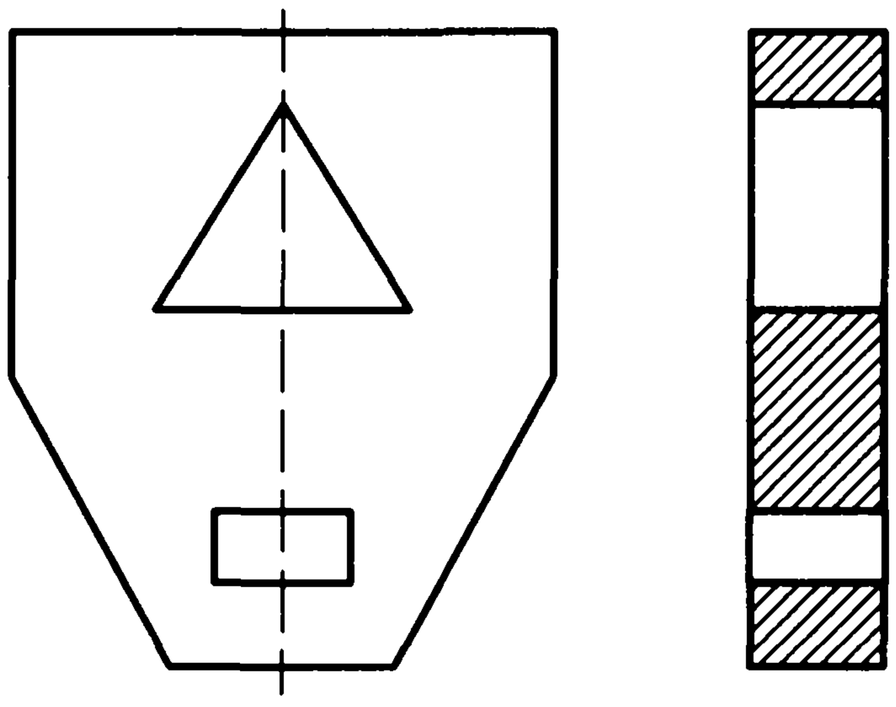


Рис. 3.34

Когда секущая плоскость проходит через некруглое отверстие и сечение получается состоящим из отдельных частей, выполняют разрез (рис. 3.34).

При расположении сечения на любом свободном месте поля чертежа направление его контурных линий должно быть таким же, как и при расположении сечения на продолжении следа секущей плоскости. Разрешается выполнять сечение в повернутом положении, если такое расположение не ухудшает наглядность чертежа. В этом случае к надписи *Б — Б* добавляют знак ↻ (рис. 3.35),

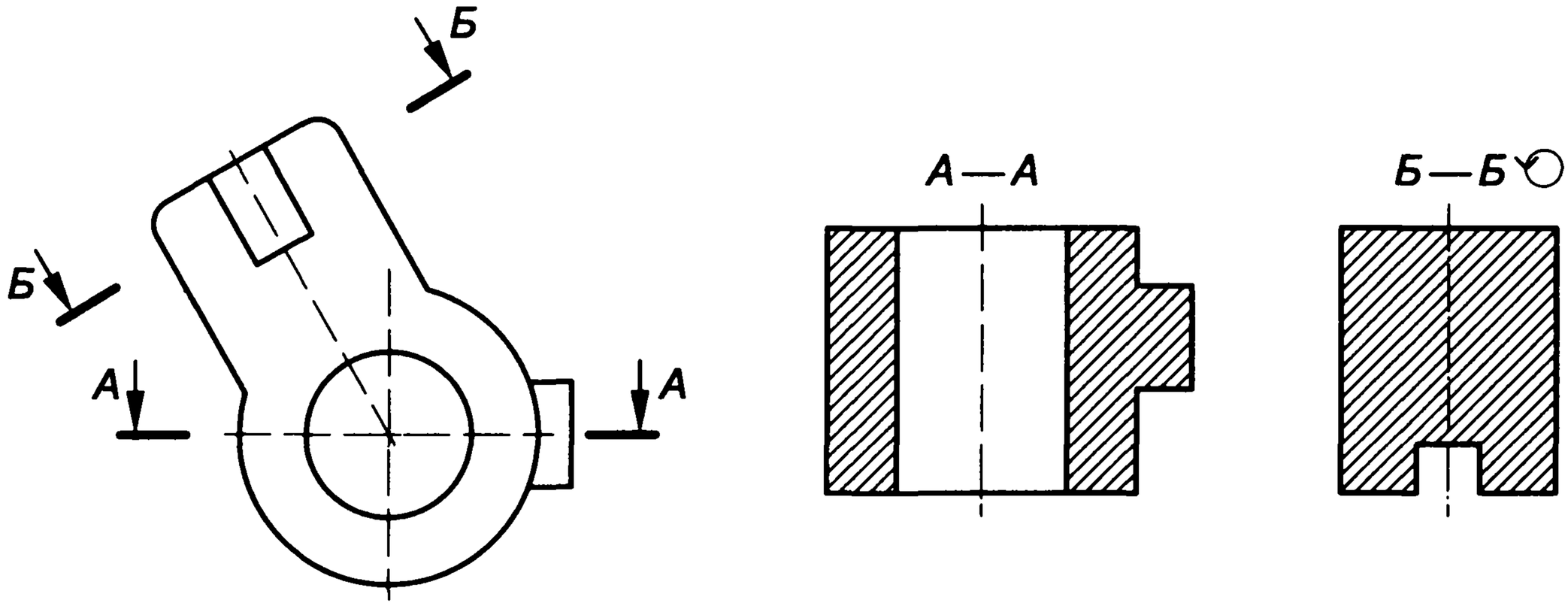


Рис. 3.35

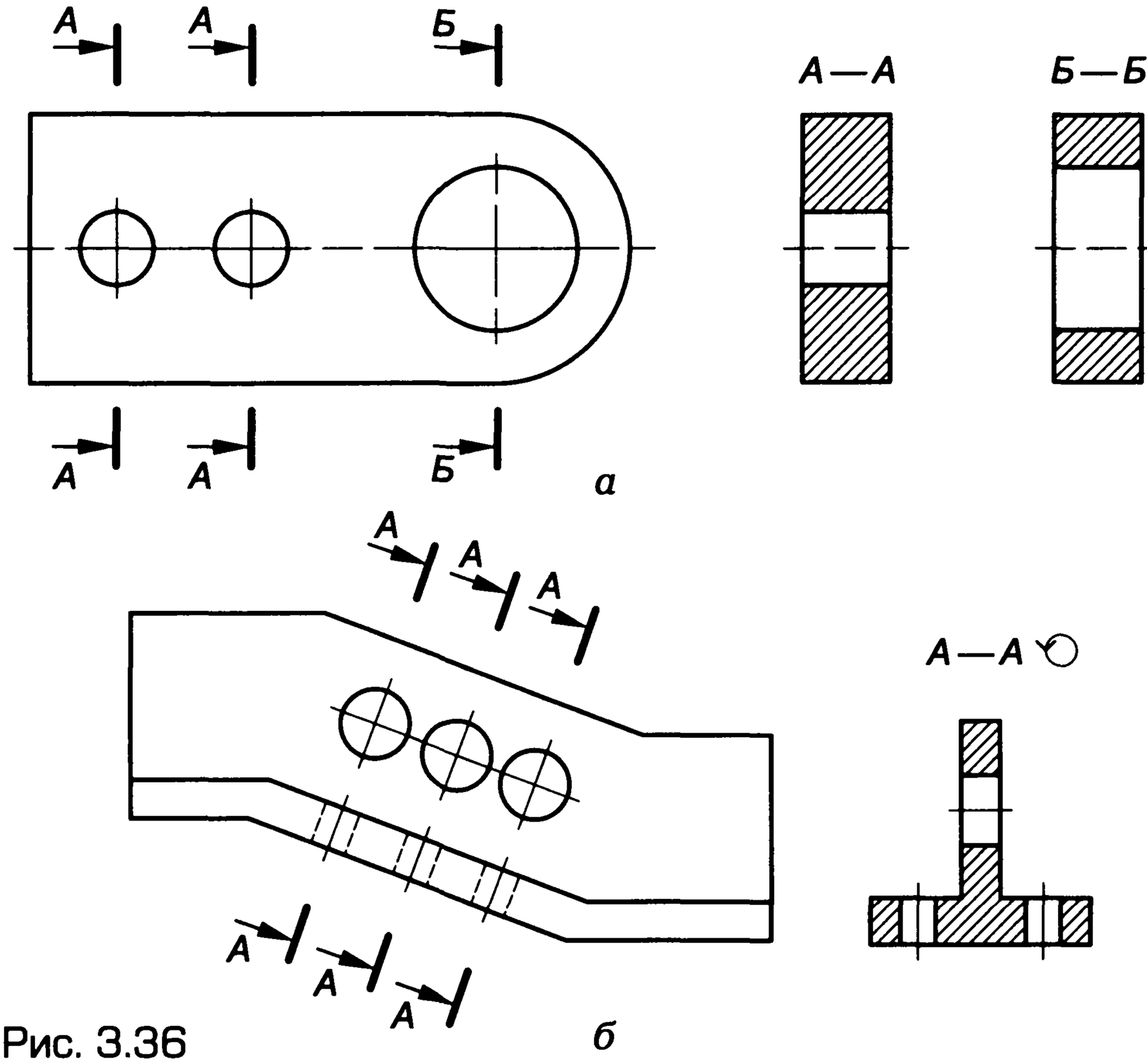


Рис. 3.36

а буквы, обозначающие сечение, пишут без учета наклона секущей плоскости (т.е. под углом 75° к горизонтальной линии чертежа, как *Б — Б*).

При наличии нескольких сечений их обозначают буквами в алфавитном порядке (рис. 3.36, *а*). Если не требуется изображение всего сечения, можно выполнять его часть. При этом вынесенные сечения ограничивают линией обрыва, а наложенные — не ограничивают. При выполнении нескольких одинаковых сечений одной детали изображают только одно сечение, а линию сечения обозначают одной и той же буквой (рис. 3.36, *б*).

Сечение может выполняться и несколькими секущими плоскостями (рис. 3.37). Допускается также вместо секущих плоскостей применять цилиндрические секущие поверхности, развертывае-

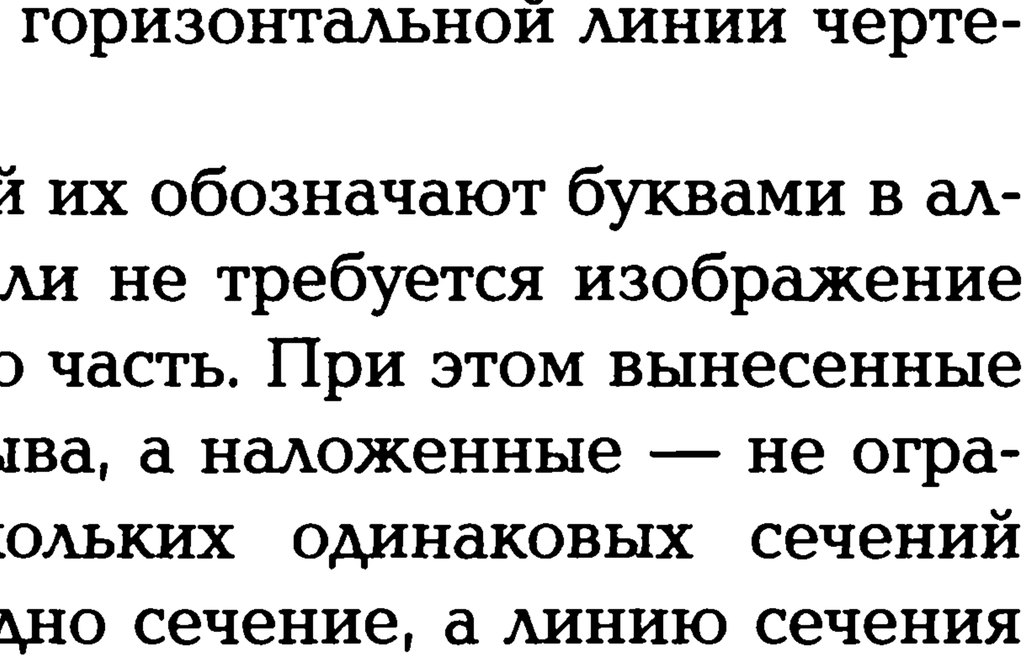


Рис. 3.37

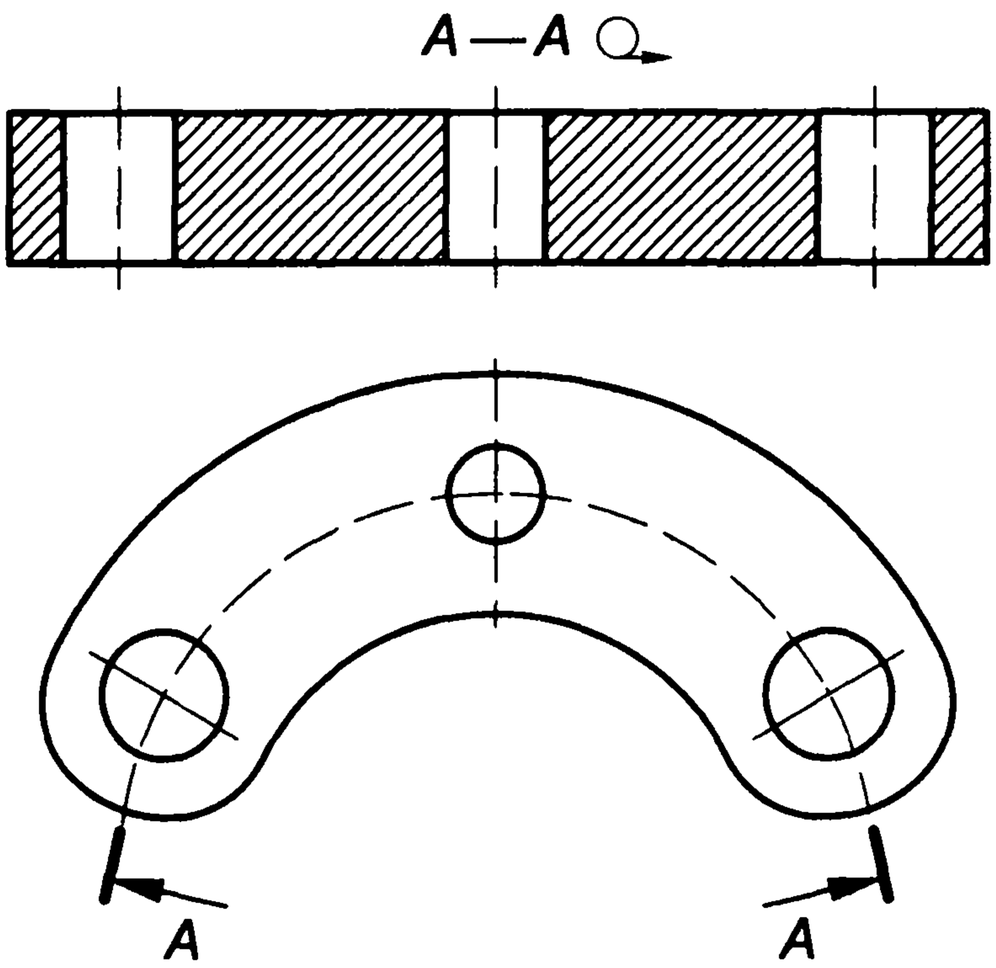


Рис. 3.38

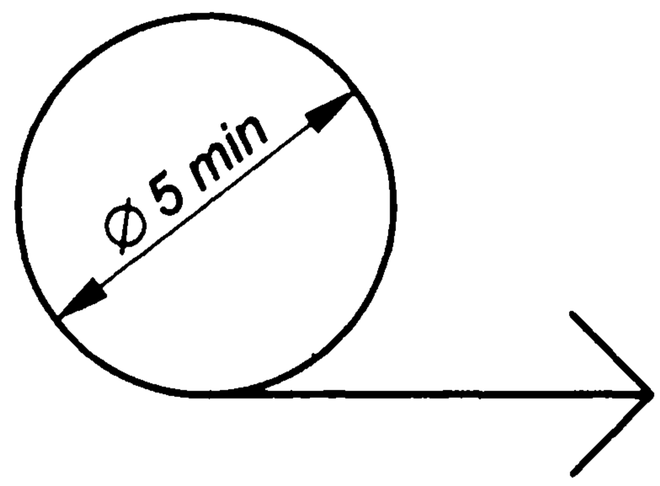


Рис. 3.39

мые затем в единую плоскость (рис. 3.38). Над развернутым сечением наносятся буквенное обозначение и знак развертывания, форма и размеры которого приведены на рис. 3.39.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое изображение называют сечением и для чего его применяют?
2. Какие сечения называются вынесенными, какие наложенными и в чем состоит их различие?
3. Какими линиями обводят вынесенные и наложенные сечения?
4. В каких случаях сечение сопровождается надписью и как эта надпись оформляется?
5. В каких случаях сечения не обозначаются буквами, а секущая плоскость указывается только линией сечения со стрелками?
6. В каких случаях и где при обозначении сечения следует наносить знак ⟲?
7. В каких случаях рекомендуется применять вместо сечений разрезы?
8. Как обозначают несколько одинаковых сечений, относящихся к одному предмету?
9. Как обводят контуры сечений, если секущая плоскость проходит через оси отверстий, являющегося поверхностью вращения и не являющегося поверхностью вращения?
10. Какую толщину имеют линии штриховки, на каком расстоянии друг от друга и под каким углом к линии рамки чертежа они проводятся?

11. Чем отличается штриховка сечения на чертеже детали от штриховки ее на сборочном чертеже при необходимости учета графического обозначения материала этой детали?
12. Под каким углом наносятся линии штриховки, если они оказываются параллельны линиям контура или осевым линиям?
13. Можно ли выполнять штриховку разных сечений одной детали с различными наклоном линий штриховки и расстоянием между этими линиями?
14. Как штрихуются большие площади сечений?
15. Когда вместо нанесения штриховых линий сечение зачерняют?
16. Как штрихуют узкие (шириной 2...4 мм) и длинные площади сечений?
17. Как получают развернутое сечение в случае применения цилиндрических секущих поверхностей и какой знак добавляется в этом случае к его буквенному обозначению?

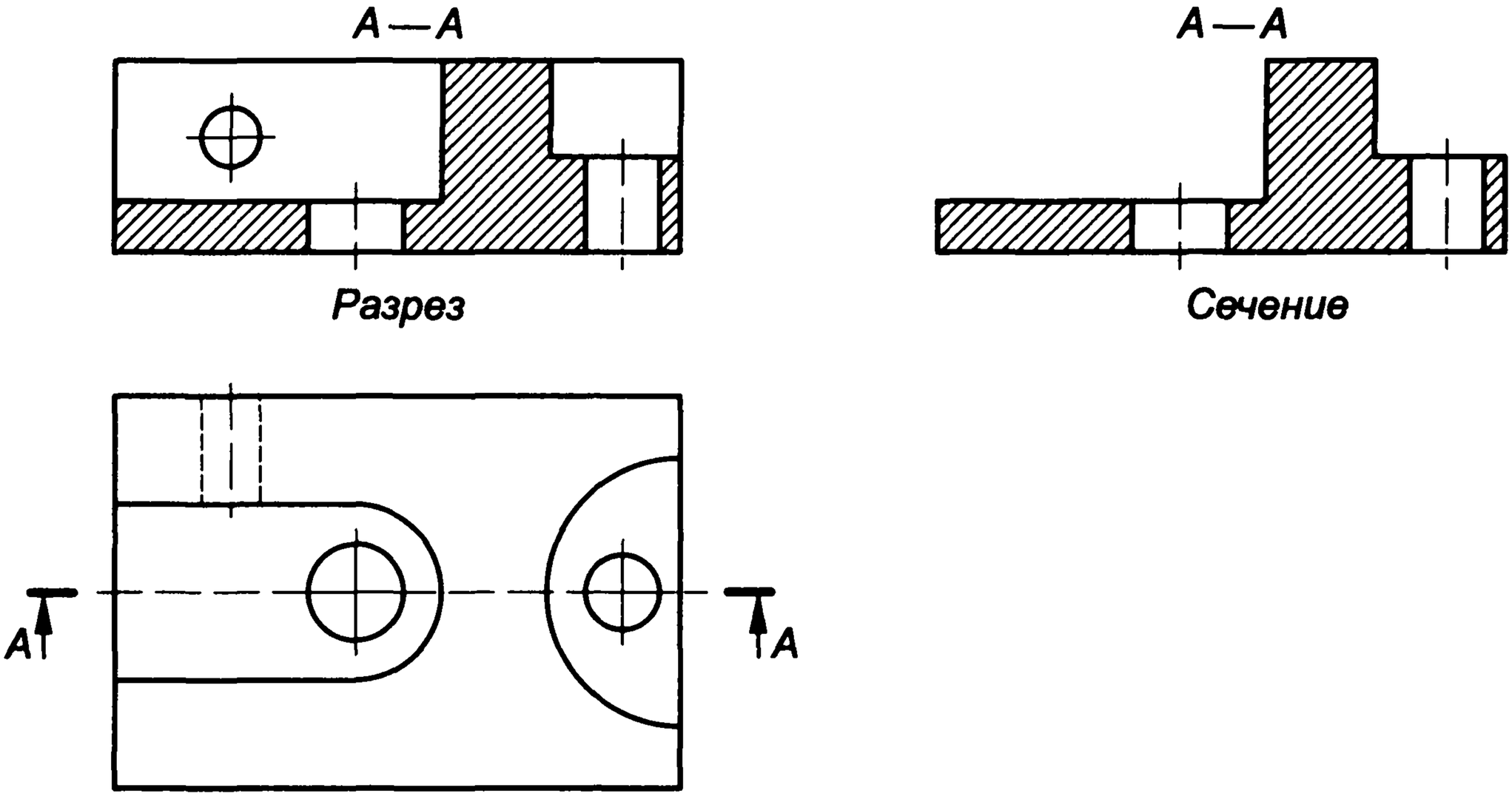
Разрезы

Получить более наглядное изображение предмета можно за счет исключения линий его невидимого контура на чертеже, для чего целесообразно использовать разрезы (ГОСТ 2.305—2008).

Разрезом называется изображение, полученное при мысленном рассечении предмета одной или несколькими секущими плоскостями. При этом часть предмета, расположенную между наблюдателем и секущей плоскостью, мысленно отбрасывают, а на плоскости проекции изображают то, что находится в секущей плоскости (т. е. сечение предмета этой секущей плоскостью) и то, что расположено за ней (видимую часть). Допускается изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета. Из данного определения следует, что выполняются разрезы и сечения одинаково, но они различаются по своему содержанию. На рис. 3.40 показаны сечение и разрез, полученные при рассечении предмета одной и той же плоскостью, при сравнении которых становится очевидным, что сечение является составной частью разреза.

Все сечения и разрезы являются условными изображениями, так как в действительности предмет остается целым, а все удаления его частей совершаются мысленно. Условное рассечение предмета относится только к конкретному разрезу и не влечет за собой никаких изменений других его изображений. В зависимости от числа секущих плоскостей разрезы подразделяются на простые и сложные.

Простым называется разрез, получаемый при использовании одной секущей плоскости, которая может различным образом рас-



Разрез

Сечение

Рис. 3.40

полагаться относительно плоскостей проекций. Если секущая плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций, разрез называется *горизонтальным* (рис. 3.41). Если секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, разрез называется *вертикальным*. Вертикальный разрез называется *фронтальным*, если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекций (рис. 3.42), и *профильным*, если секущая плоскость параллельна профильной плоскости проекций (рис. 3.43). Если секущая плоскость расположена под острым углом к горизонтальной плоскости проекций, разрез называется *наклонным* (рис. 3.44).

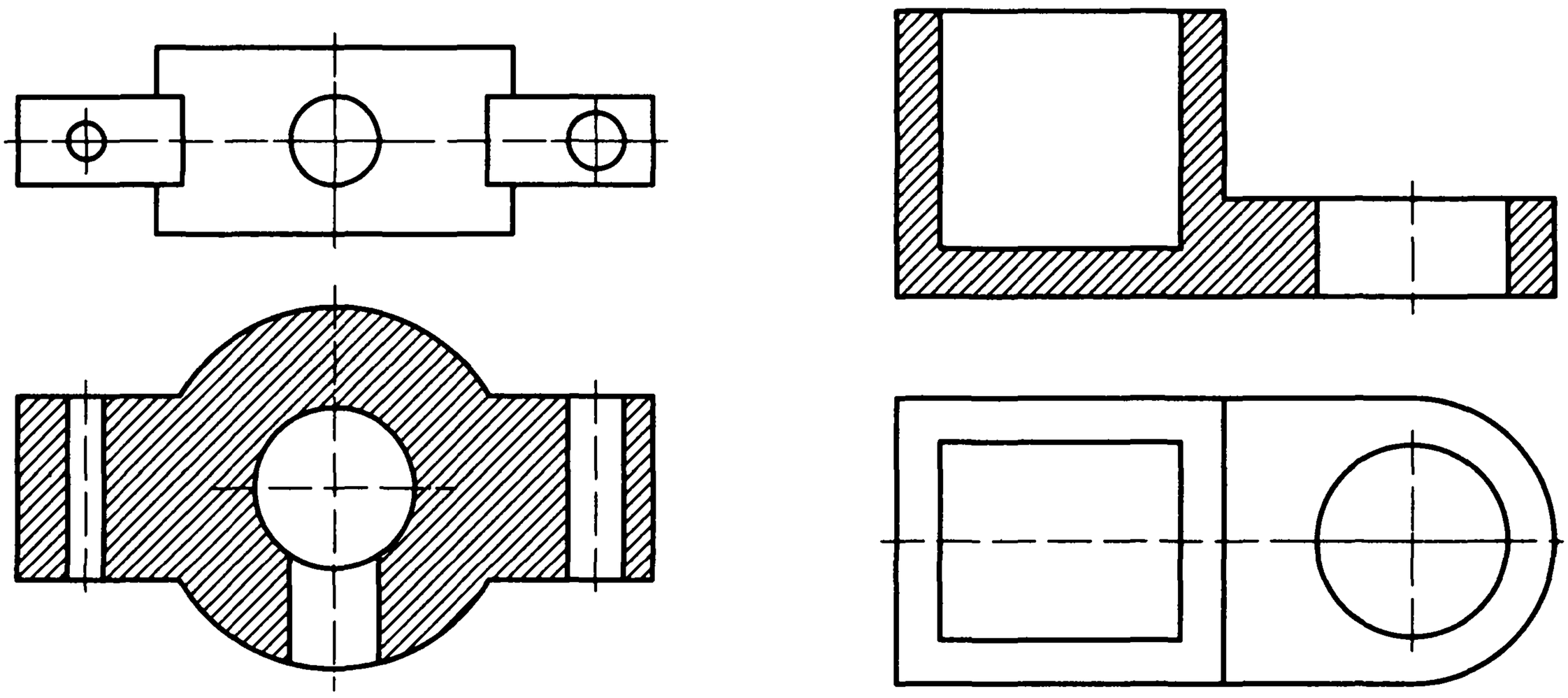


Рис. 3.41

Рис. 3.42

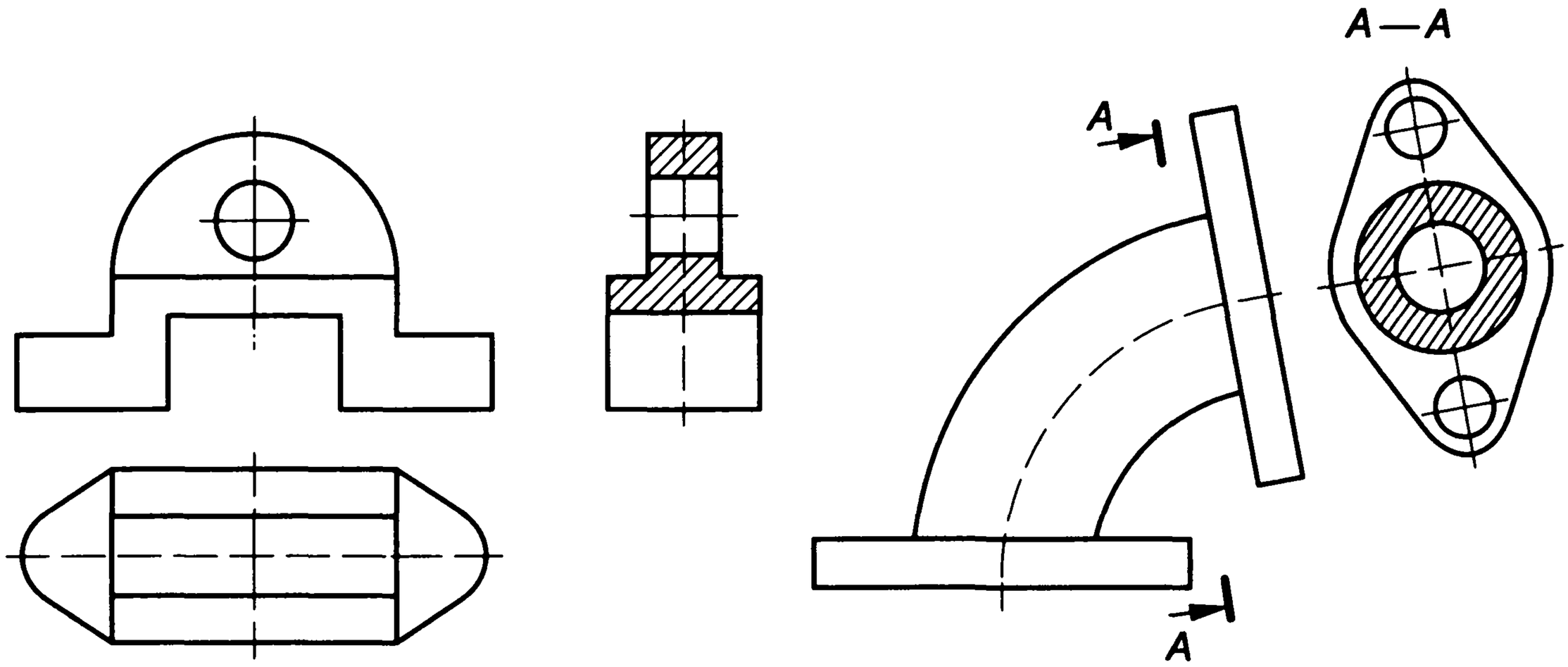


Рис. 3.43 Рис. 3.44

В зависимости от расположения секущей плоскости относительно изображаемого предмета простые разрезы подразделяются на *продольные* (см. рис. 3.42), если секущая плоскость направлена вдоль длинной стороны или высоты предмета, и *поперечные* (см. рис. 3.43), если секущая плоскость направлена перпендикулярно длинной стороне или высоте предмета.

Для выявления внутренних форм ограниченной части предмета используются *местные* разрезы, в которых секущая плоскость проходит только в том месте предмета, в котором требуется показать его внутреннюю форму.

Границы местного разреза показывают тонкой сплошной волнистой линией (рис. 3.45).

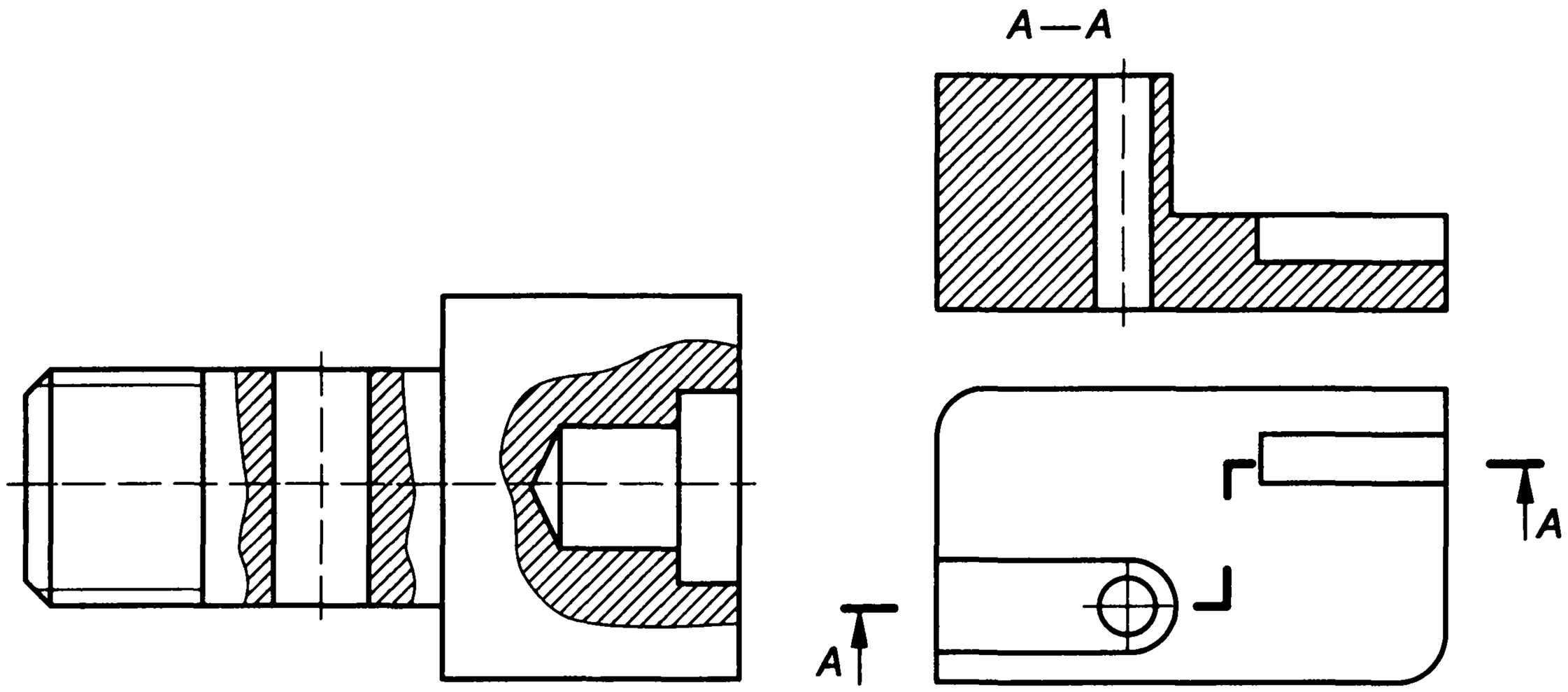


Рис. 3.45 Рис. 3.46

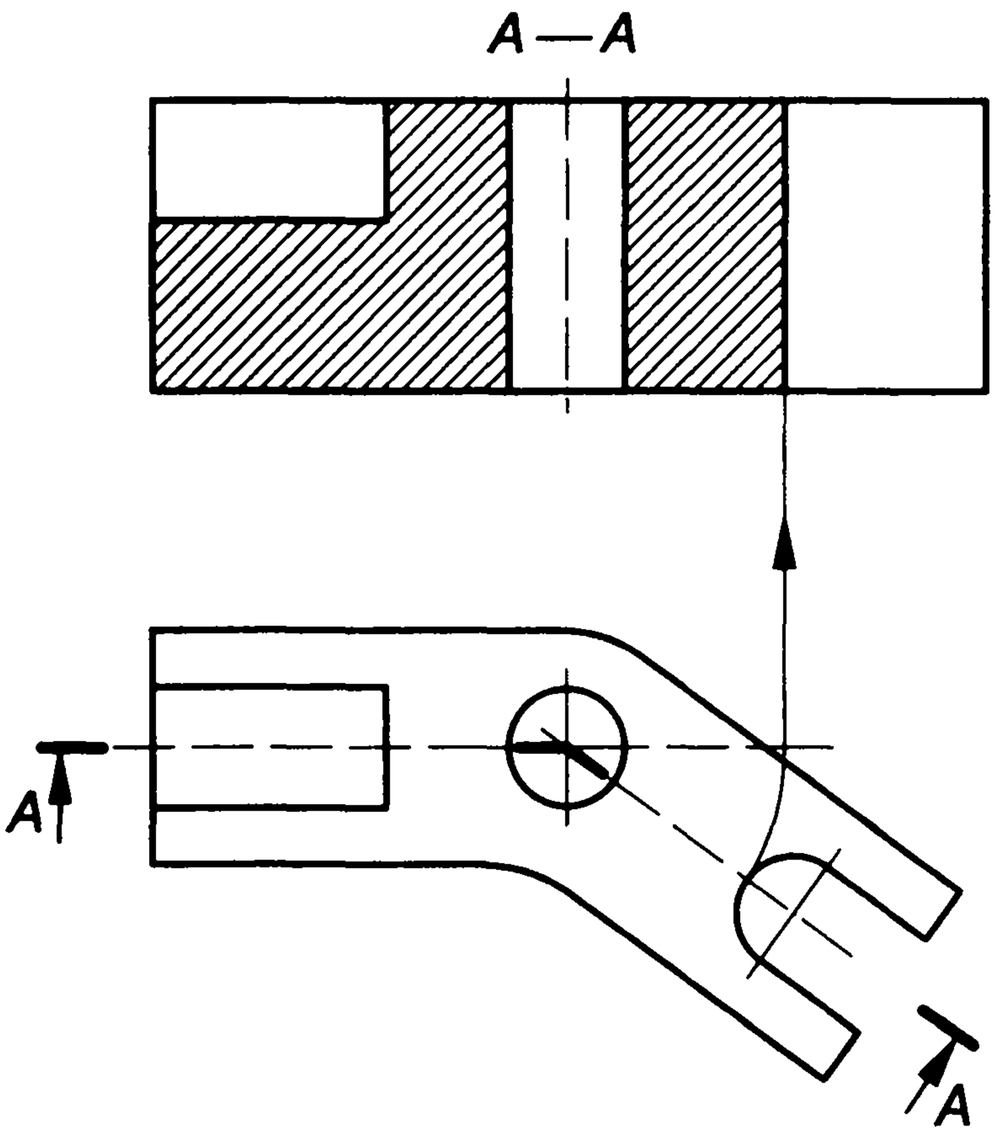


Рис. 3.47

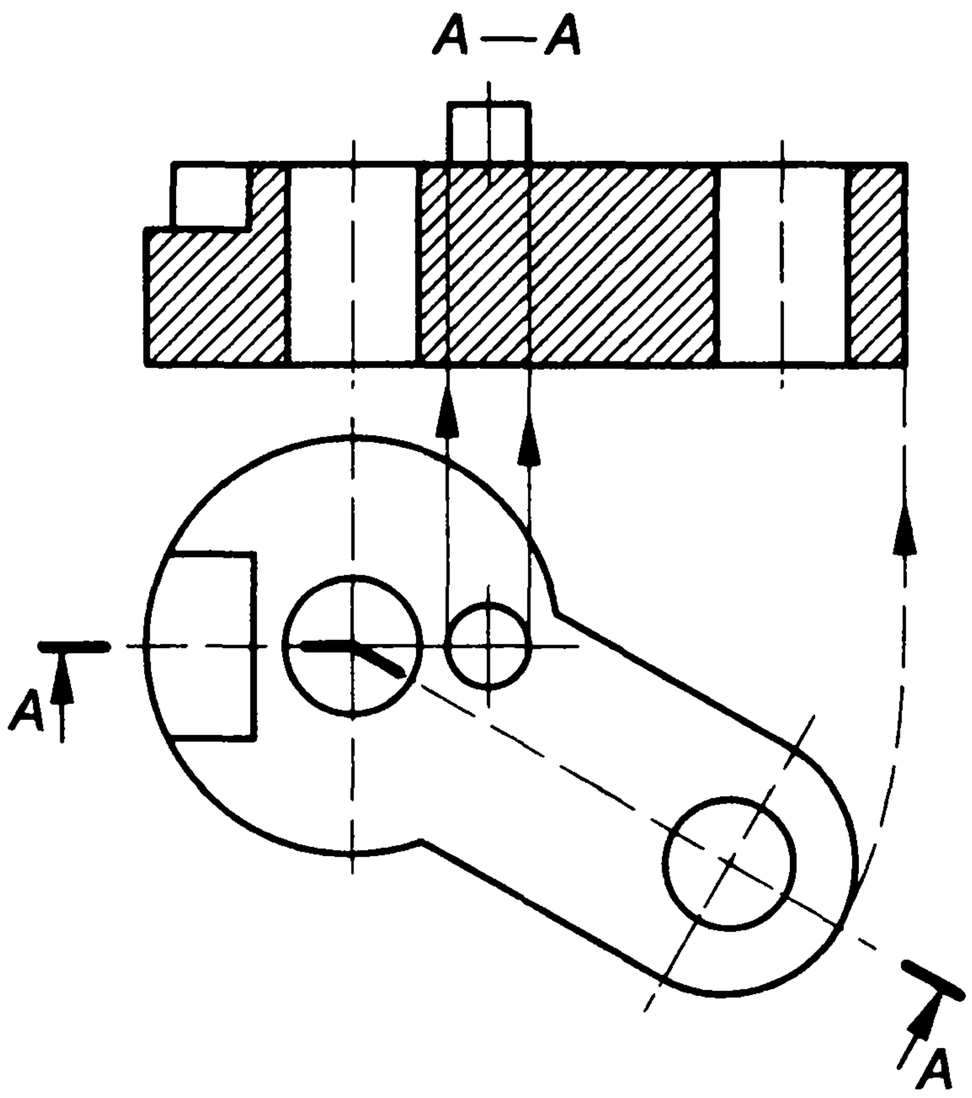


Рис. 3.48

Сложным называется разрез, получаемый при использовании нескольких секущих плоскостей. Сложные разрезы различают ступенчатые и ломаные. *Ступенчатые* разрезы получают при рассечении предмета параллельными плоскостями (рис. 3.46), а *ломаные* — пересекающимися (рис. 3.47).

При выполнении сложных разрезов секущие плоскости условно поворачиваются (в ломаных разрезах) или параллельно перемещаются (в ступенчатых разрезах) до их совмещения в одну плоскость.

Элементы предмета, находящиеся за секущей плоскостью, не поворачивают, т. е. они вычерчиваются так, как спроецировались на соответствующую плоскость до совмещения (рис. 3.48). Граница секущих плоскостей в сложном разрезе не изображается.

В случаях когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета, а соответствующий этой плоскости разрез выполняется в проекционной связи и не разделяется другими изображениями, для простых горизонтальных, фронтальных и профильных разрезов положение секущей плоскости не показывают и изображение разреза не подписывают (см. рис. 3.42, 3.43). **Во всех остальных случаях положение секущей плоскости и сам изображаемый разрез обозначаются так же, как и в сечениях** (см. рис. 3.40, 3.44, 3.46, 3.47).

В сложных разрезах секущие плоскости обязательно показывают линией сечения, т. е. штрихами разомкнутой линии. В ступенчатых разрезах штрихи линии сечения указывают также на пере-

гибах под прямым углом (см. рис. 3.46), а в ломаных — в месте пересечения плоскостей по их направлению (см. рис. 3.47).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какое изображение называется разрезом?
2. Для чего на чертеже применяются разрезы?
3. Чем отличается разрез от сечения?
4. Какие разрезы называются простыми?
5. Какие разрезы называются продольными и какие поперечными?
6. Какие разрезы называются сложными?
7. В чем состоит отличие ступенчатого разреза от ломаного?
8. Как обозначаются секущая плоскость и разрез в простых и сложных разрезах?
9. В каком случае секущая плоскость и разрез при выполнении простого разреза не обозначаются?
10. Какие разрезы называются местными, для чего они используются и как выполняются?
11. При выполнении разреза на одном из видов изменится изображение на других видах?

Выносные элементы

Если какая-либо часть предмета изображена на чертеже мелко и невозможно выявить ее графические формы и нанести необходимые размеры, выполняют ее дополнительное (увеличенное) изображение, называемое ***выносным элементом***.

Выносной элемент может выполняться более подробно, чем на основном изображении предмета и может отличаться от него содержанием (рис. 3.49, *а*). Например, изображение может быть видом, а выносной элемент — разрезом (рис. 3.49, *б*).

Место выносного элемента на виде, разрезе, сечении помечают замкнутой сплошной тонкой линией в виде окружности или овала и обозначают прописной русской буквой (в алфавитном порядке, начиная с буквы «А») или буквой с цифрой (А1, А2 и т. п.) на полке линии-выноски. Выносной элемент подписывают той же буквой и в скобках указывают масштаб, в котором он выполнен. Располагают выносные элементы как можно ближе к соответствующему месту на изображаемом предмете и часто используют при наличии у предмета проточек под выход инструмента (шлифовального круга, резца при нарезании резьбы) или фасок. Формы и способы

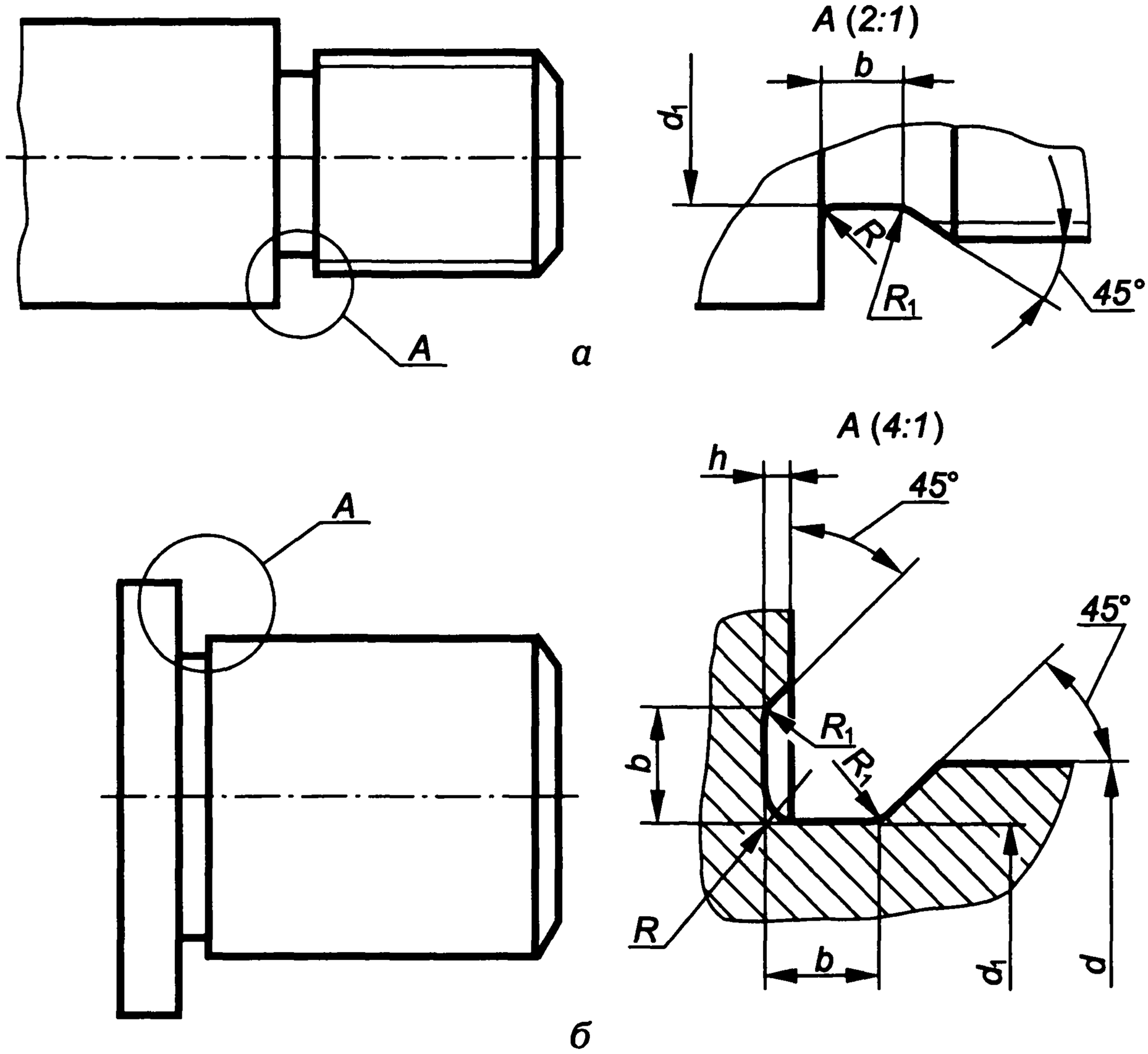


Рис. 3.49

указания размеров проточек при шлифовании по цилиндру согласно ГОСТ 8820—69 показаны на рис. 3.50, 3.51, а при шлифовании по торцу — на рис. 3.52. Размеры показанных на рис. 3.50—3.52 проточек приведены в табл. 3.5.

Наружное шлифование

Исполнение 1 **Исполнение 2**

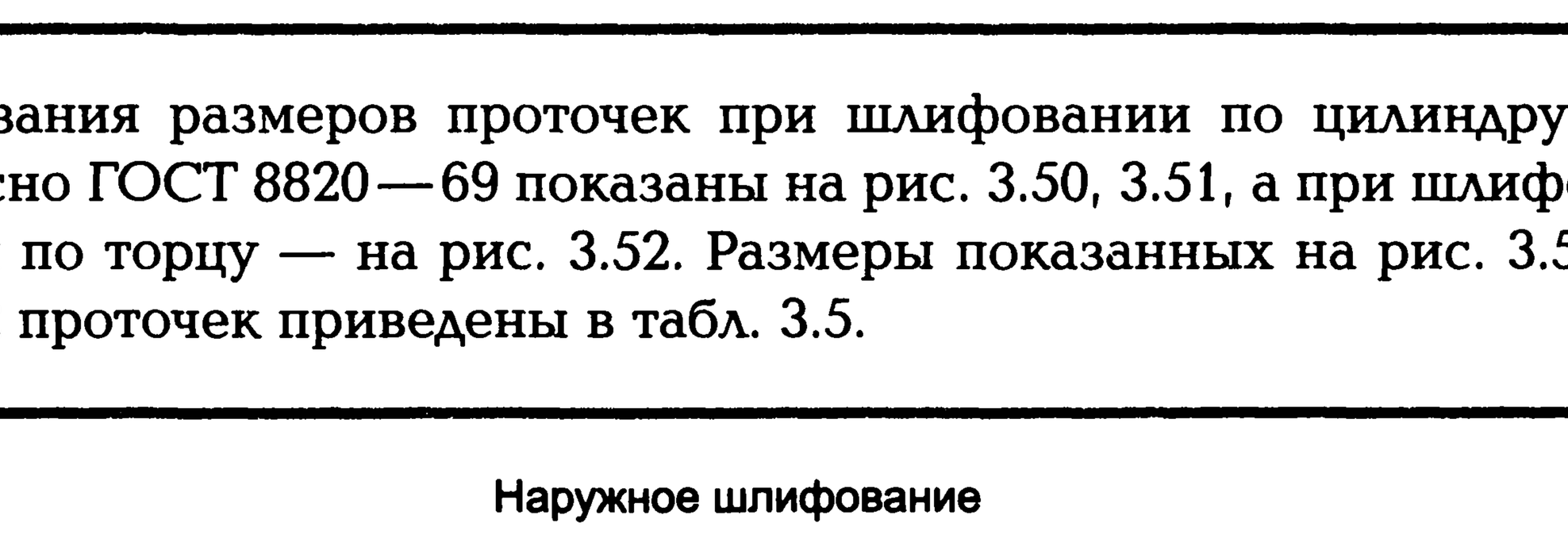


Рис. 3.50

Внутреннее шлифование

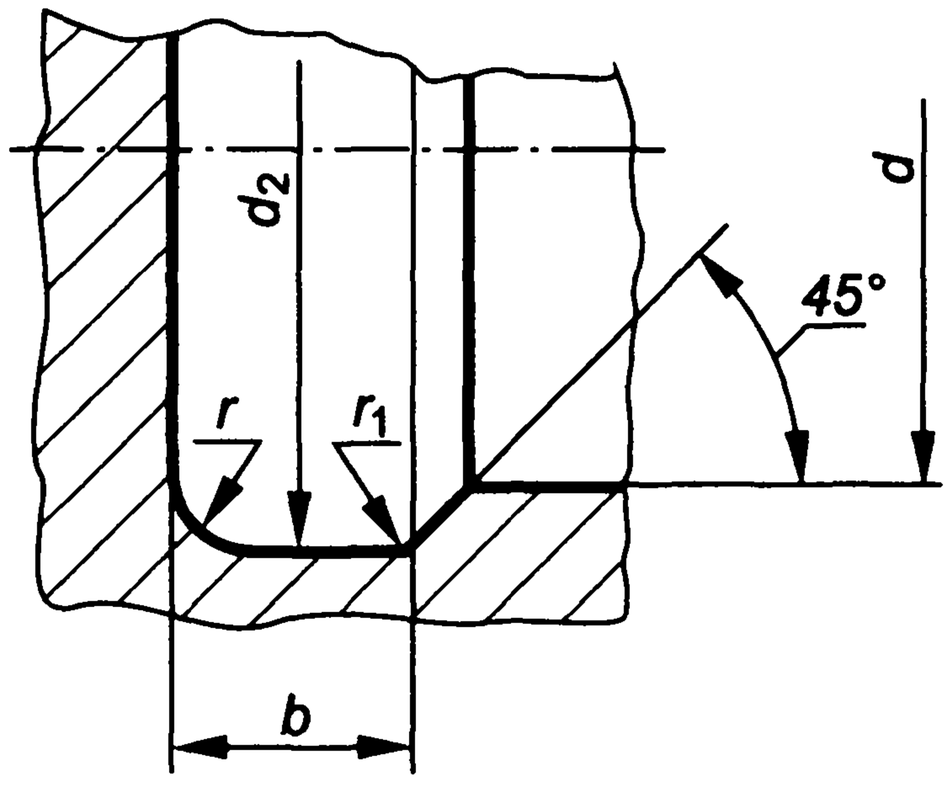
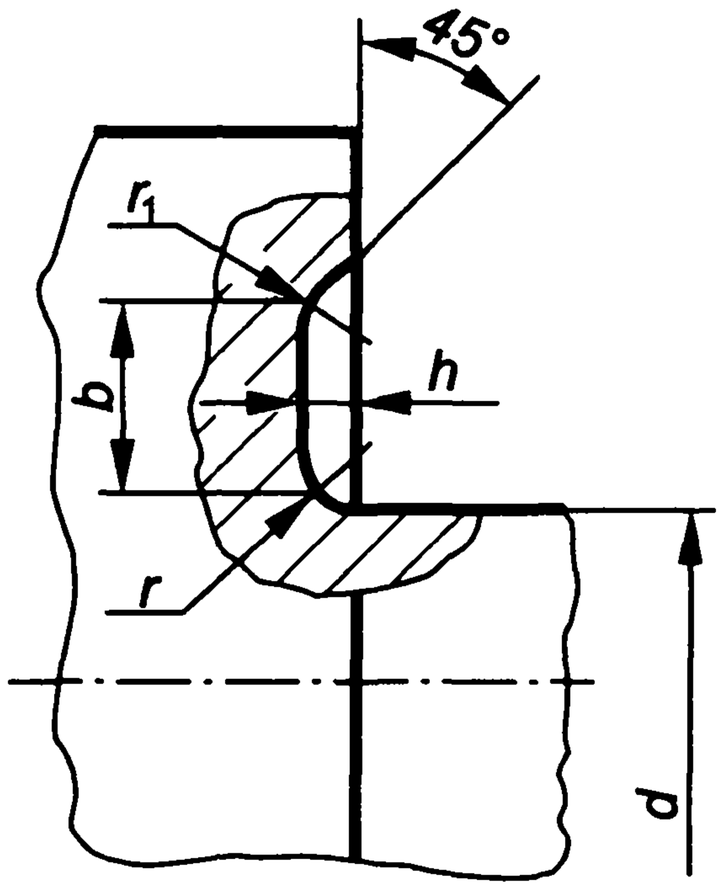


Рис. 3.51

Наружное шлифование



Внутреннее шлифование

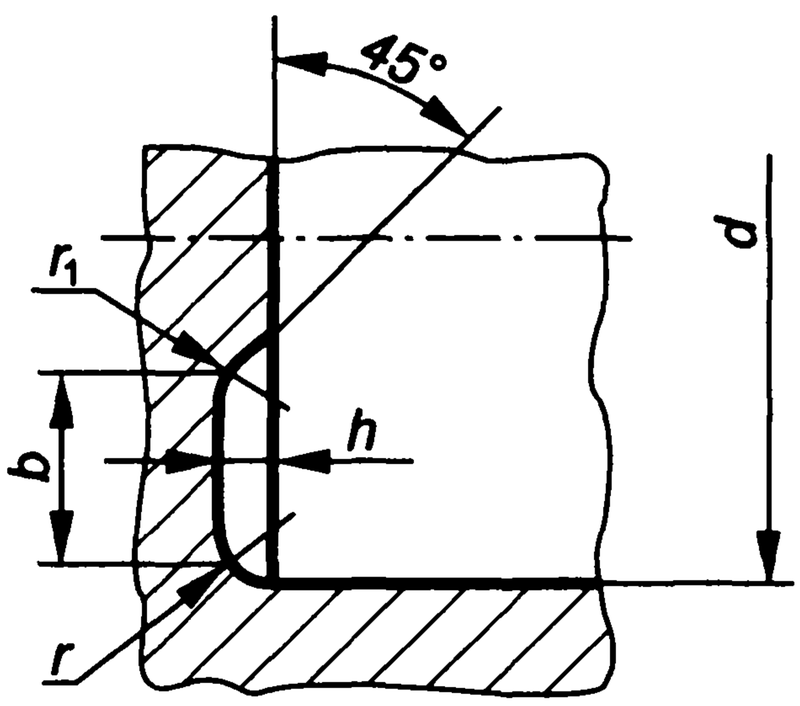


Рис. 3.52

Таблица 3.5. Размеры проточек при шлифовании по цилиндру и торцу, мм

b	Наружное шлифование d_1	Внутреннее шлифование d_2	h	r	r_1	d
1	$d-0{,}3$	$d+0{,}3$	0,2	0,3	0,2	≥100
1,6				0,5	0,3	
2	$d-0{,}5$	$d+0{,}5$	0,3			
3					0,5	>10...≥50
5	$d-1$	$d+1$	0,5	1,6		>50...≥100
8				2	1	>100
10				3		

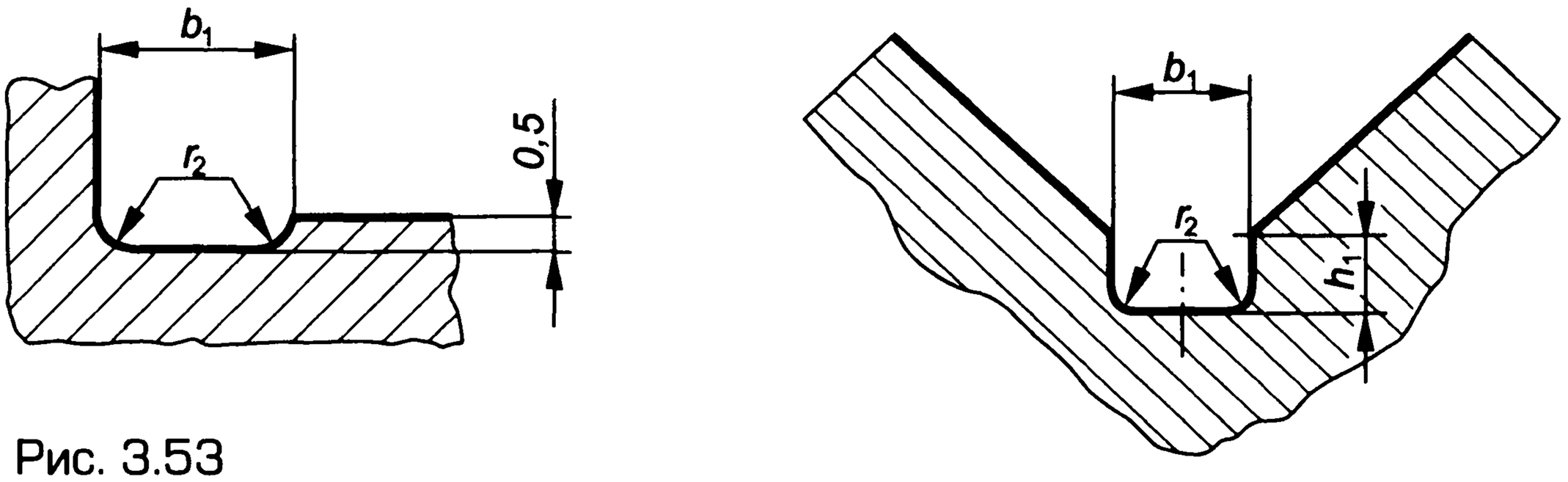


Рис. 3.53

Таблица 3.6. Размеры канавок при плоском шлифовании, мм

b_1	h_1	r_2
2	1,6	0,5
3	2,0	1,0
5	3,0	1,6

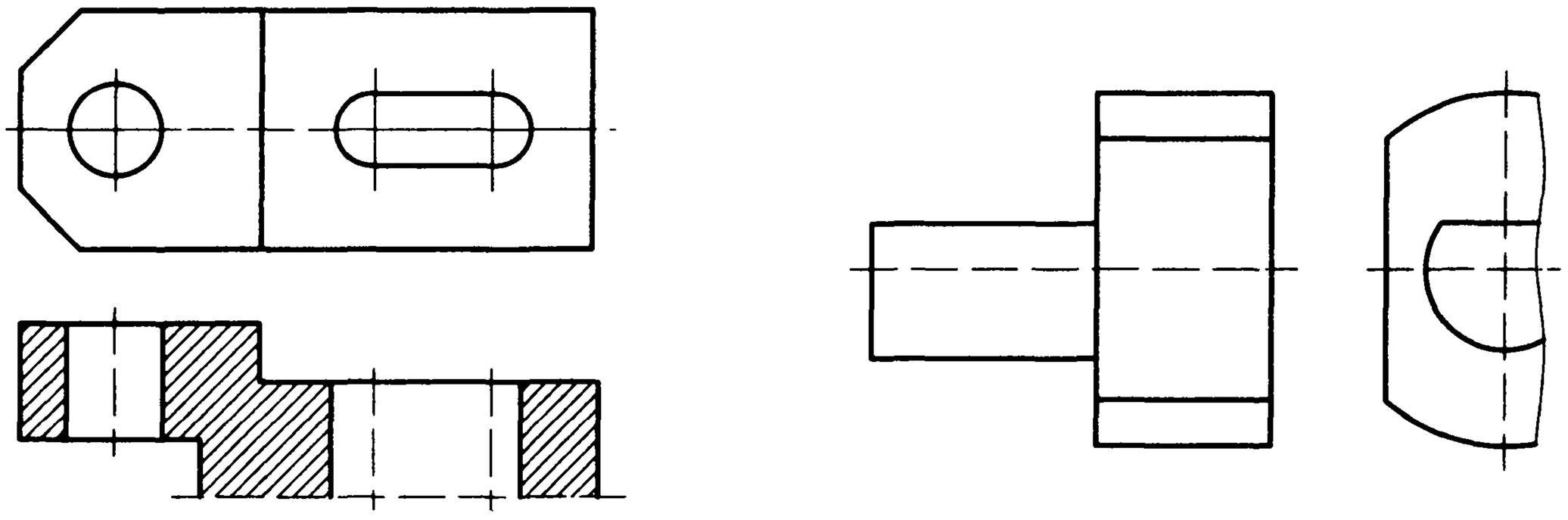
Форма и способы указания размеров канавок при плоском шлифовании приведены на рис. 3.53, а их размеры — в табл. 3.6.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких случаях используются выносные элементы?
2. Как оформляется изображение выносного элемента?
3. Может ли выносной элемент содержать подробности, не указанные на основном изображении предмета, и отличаться от него по содержанию?
4. Как указывается масштаб, в котором выполнен выносной элемент?
5. Как располагается выносной элемент по отношению к его изображению на чертеже?

Условности и упрощения

При выполнении машиностроительных чертежей ГОСТ 2.305—2008 разрешает применять условности и упрощения, позволяющие сократить чертежные работы без ущерба для ясности и понимания изображений.



а *б*

Рис. 3.54

Изображение симметричной фигуры. Если вид, разрез или сечение представляет собой симметричную фигуру, то допускается вычерчивать половину изображения (рис. 3.54, *а*) или немного более его половины с проведением в последнем случае линии обрыва (рис. 3.54, *б*).

Совмещение на одном изображении вида и разреза. Часть вида и часть соответствующего разреза допускается соединять, разделяя их сплошной волнистой линией (рис. 3.55), что упрощает чертеж и сокращает число изображений. **Если соединяют половину вида и половину разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией между ними служит ось симметрии** (рис. 3.56). Допускается разделение разреза и вида

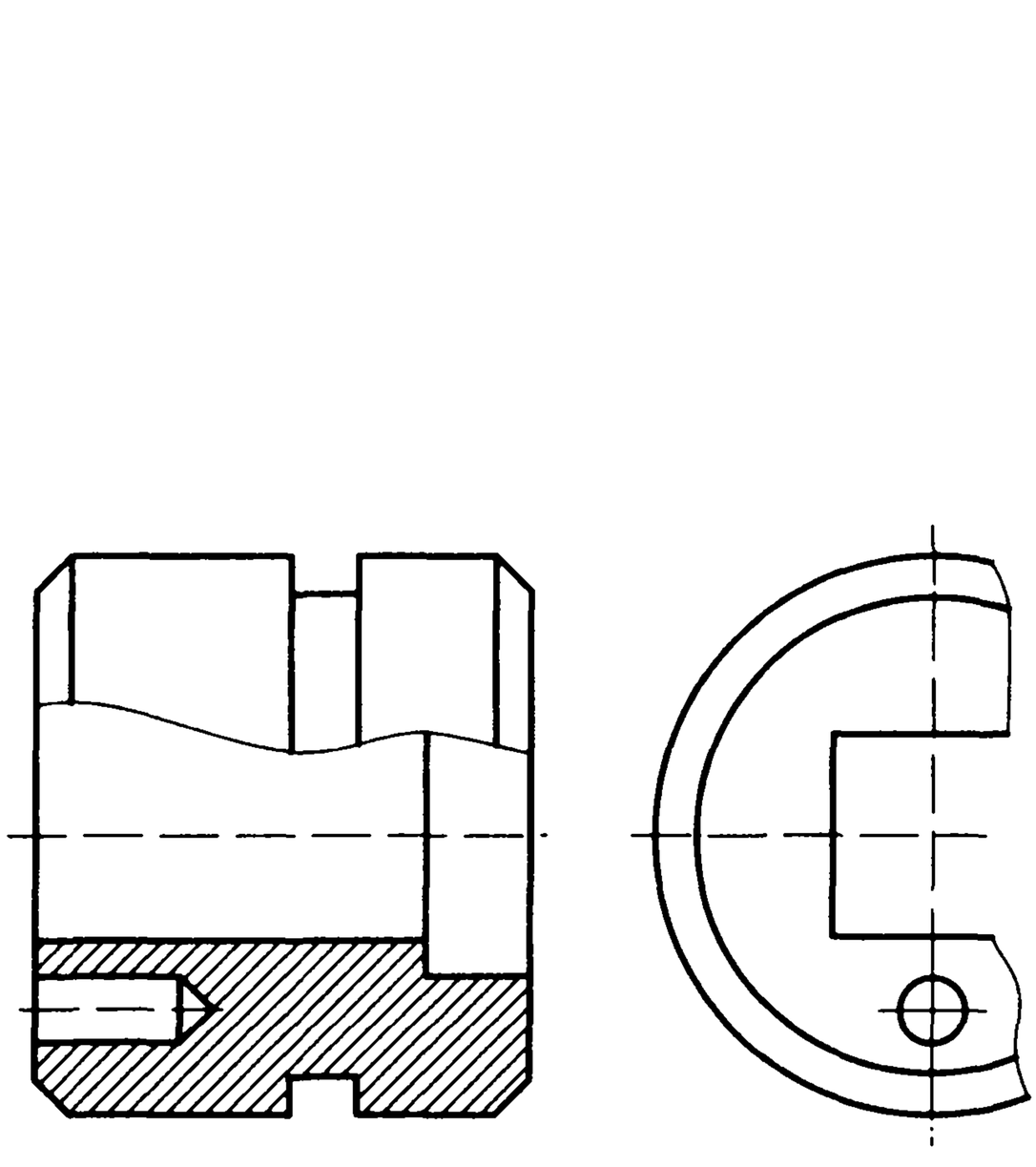


Рис. 3.55

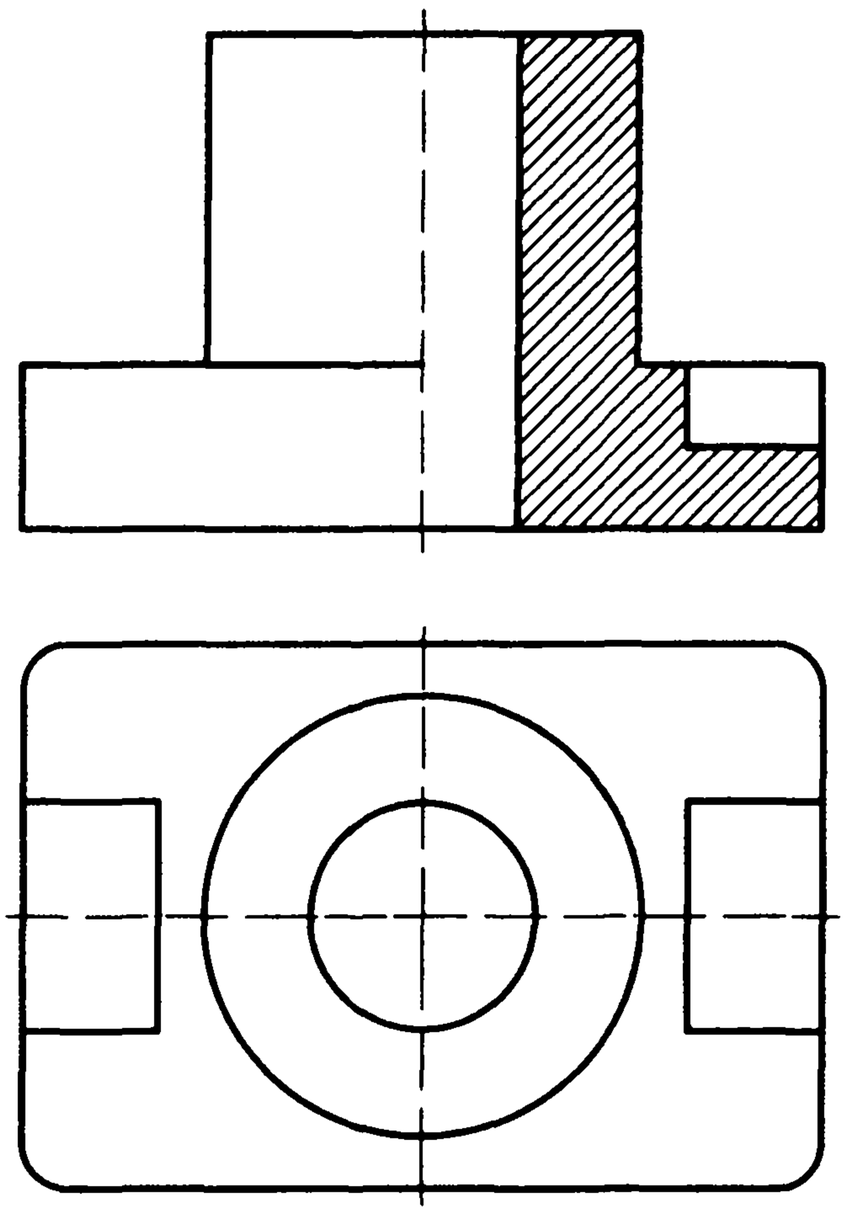


Рис. 3.56

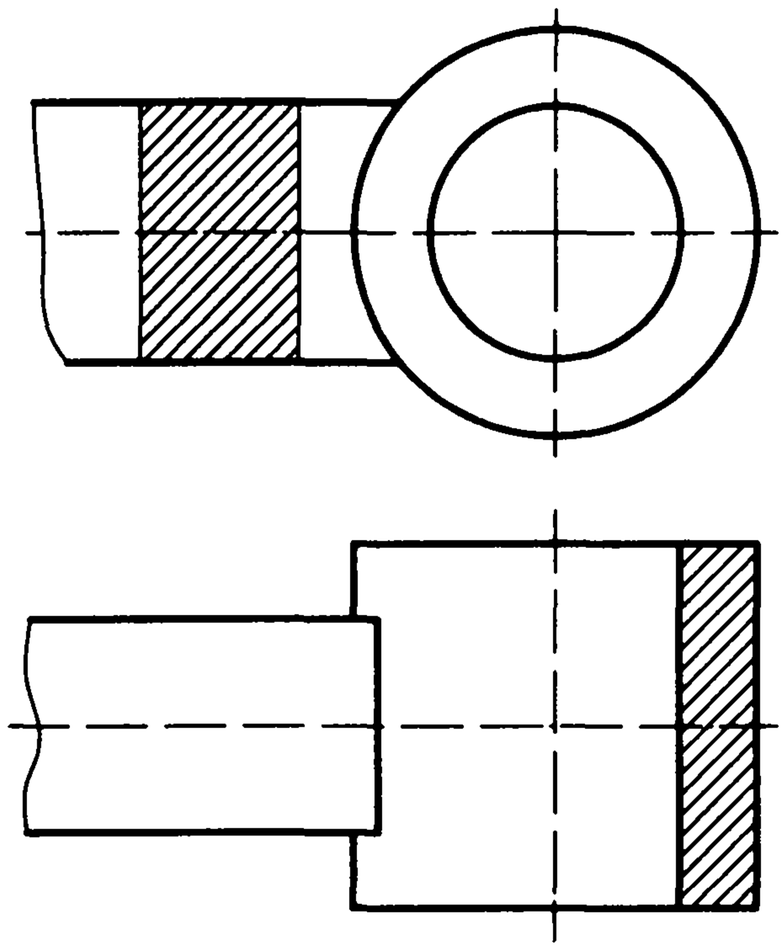
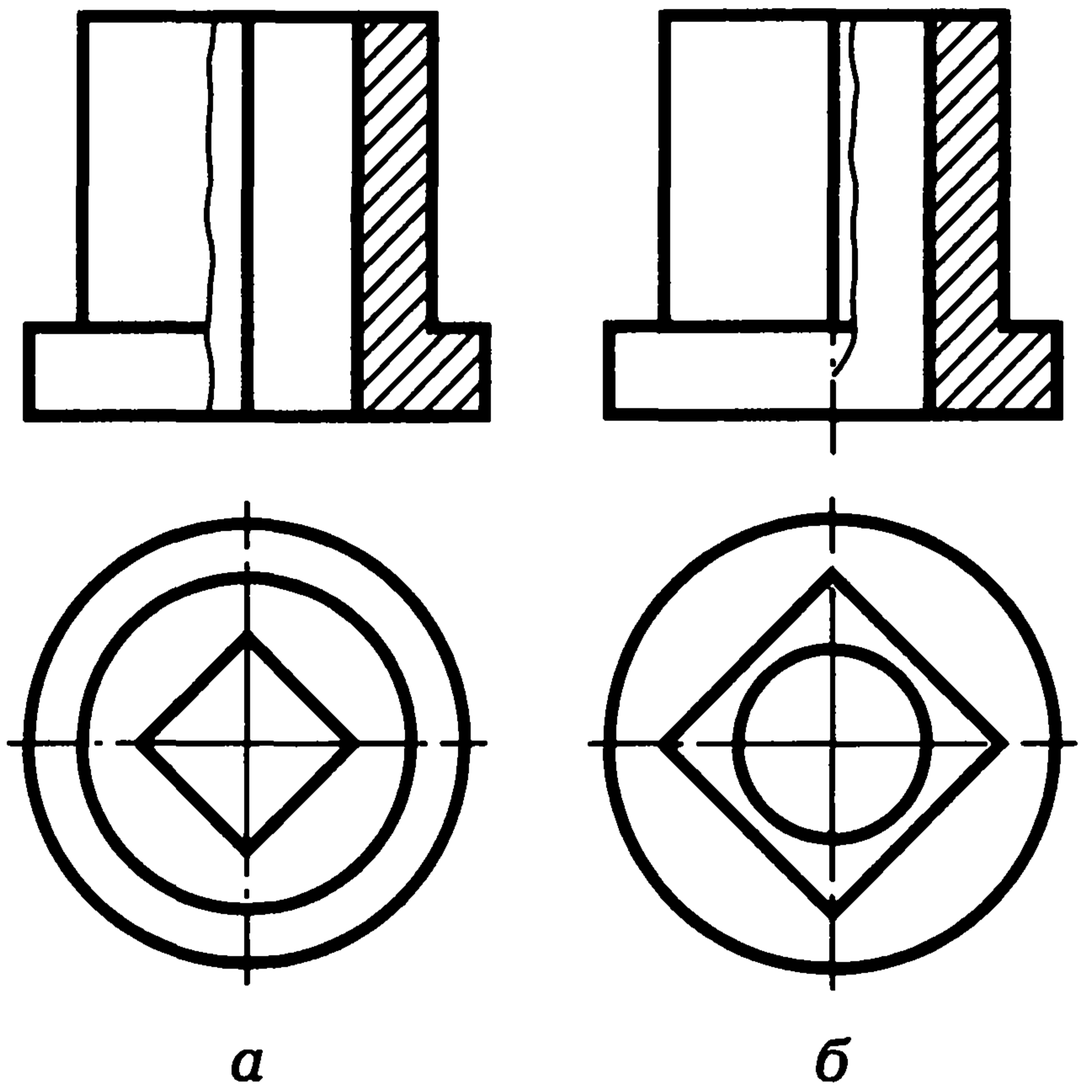


Рис. 3.57



а *б*

Рис. 3.58

штрихпунктирной тонкой линией, совпадающей со следом плоскости симметрии не всего предмета, а лишь его части, если она представляет собой тело вращения (рис. 3.57). В тех случаях, когда с осью симметрии вида или разреза совпадает проекция какой-либо линии контура, ось симметрии не может служить границей между видом и разрезом, поскольку ее с равным основанием можно отнести и к тому, и к другому.

Если линия видимого контура принадлежит разрезу, то вид с разрезом соединяют волнистой линией, проводимой левее оси симметрии с небольшим запасом по высоте по сравнению с линией видимого контура (рис. 3.58, *а*). При этом изображение разреза продляют до этой линии. Если линия видимого контура принадлежит виду, то вид соединяют с разрезом волнистой линией, проводимой правее оси симметрии, что расширяет изображение вида и позволяет увидеть наружную линию контура (рис. 3.58, *б*).

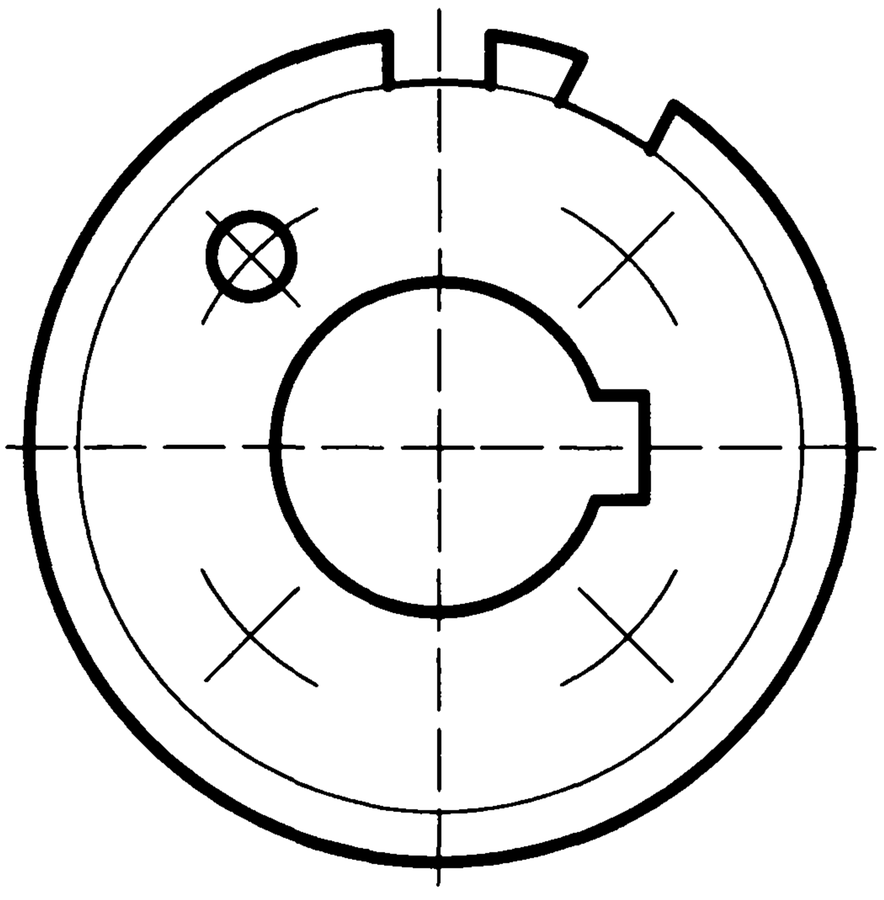
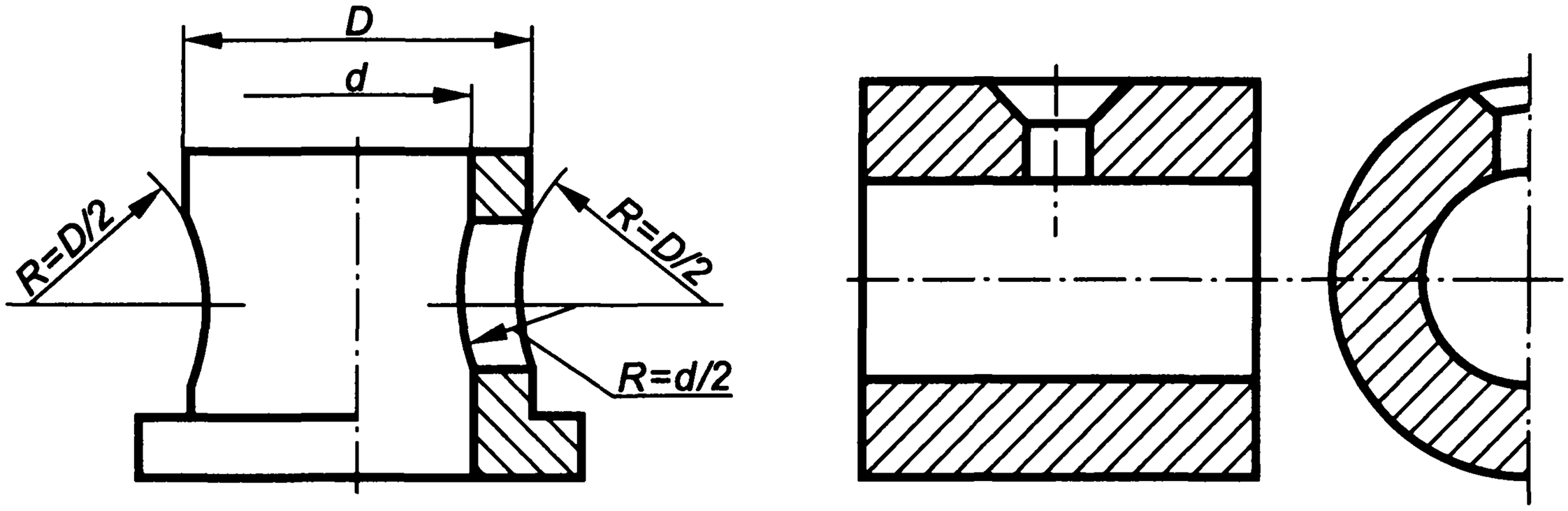


Рис. 3.59

Изображение одинаковых элементов предмета. Если предмет имеет несколько одинаковых равномерно расположенных элементов, то при его изображении полностью показывают



а *б*

Рис. 3.60

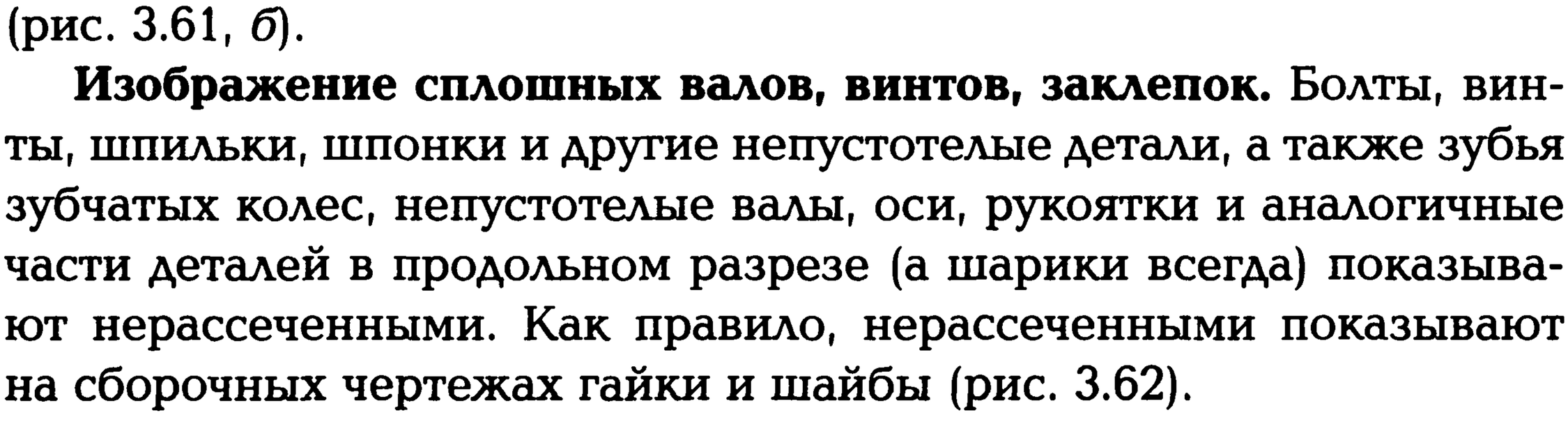
только один или два таких элемента, например одно отверстие и один зуб (рис. 3.59).

Использование линий перехода. На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции линии пересечения поверхностей, если не требуется точное их построение. Например, вместо лекальных кривых можно ввести дуги окружностей (рис. 3.60, *а*) или прямые линии (рис. 3.60, *б*).

Плавный переход от одной поверхности к другой показывается условно тонкой линией (рис. 3.61, *а*) либо совсем не показывается (рис. 3.61, *б*).

Изображение сплошных валов, винтов, заклепок. Болты, винты, шпильки, шпонки и другие непустотелые детали, а также зубья зубчатых колес, непустотелые валы, оси, рукоятки и аналогичные части деталей в продольном разрезе (а шарики всегда) показывают нерассеченными. Как правило, нерассеченными показывают на сборочных чертежах гайки и шайбы (рис. 3.62).

Изображение разрезов ребер жесткости или тонких стенок. Такие элементы, как спицы маховиков, зубчатых колес, тонкие



а *б*

Рис. 3.61

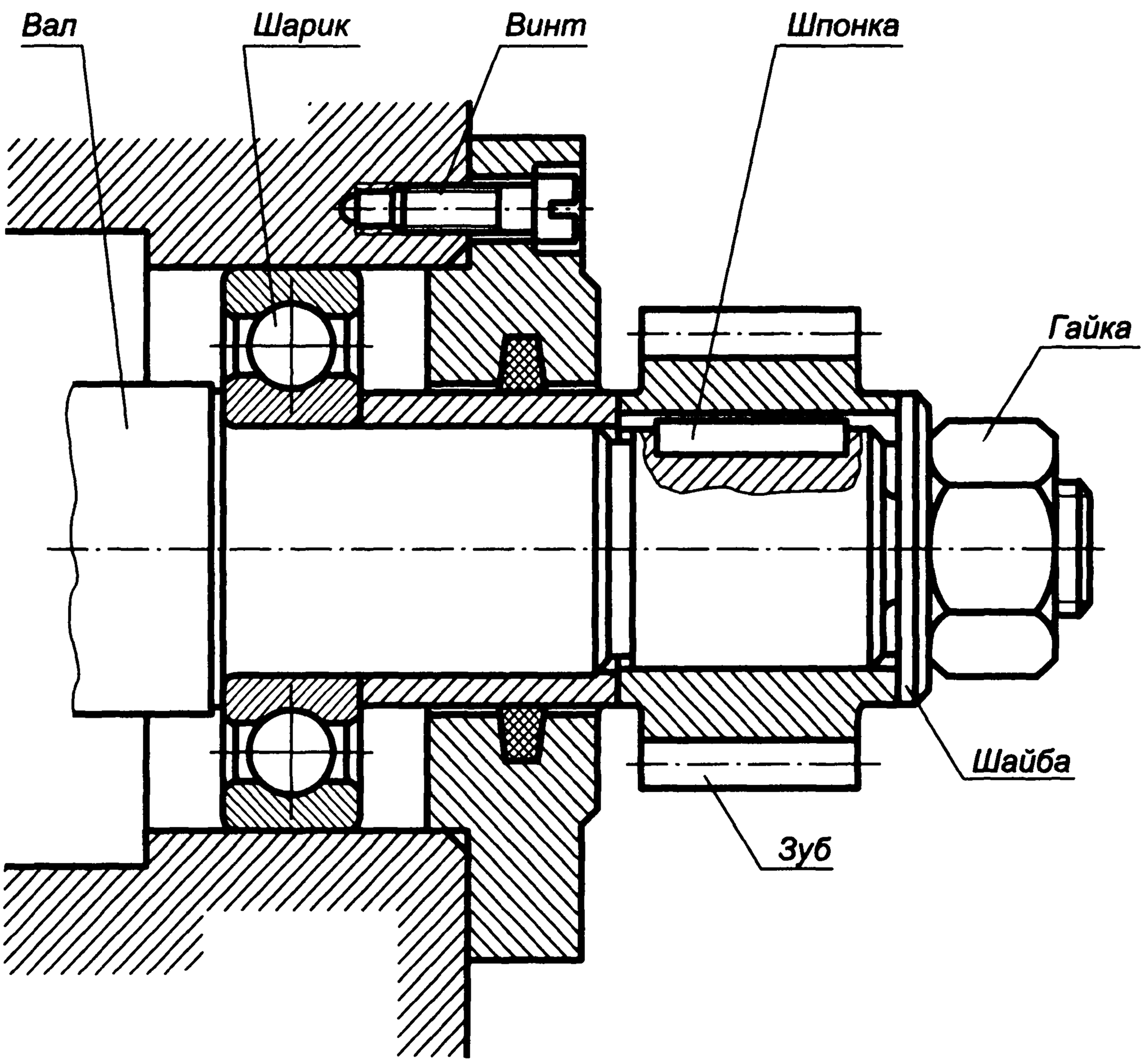


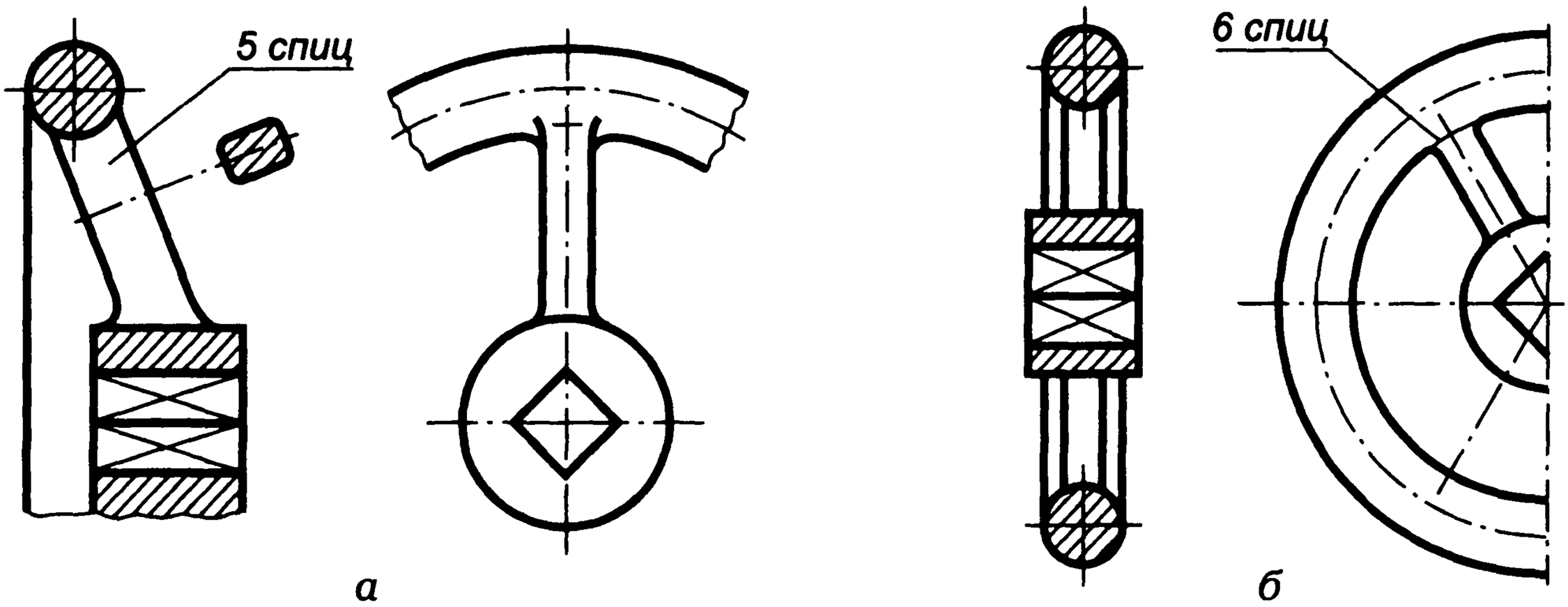
Рис. 3.62

стенки типа ребер жесткости и другие им подобные показывают в разрезах незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль их оси (см. рис. 3.115) или длинной стороны (рис. 3.63). При поперечном разрезе эти элементы штрихуются (см. сечение по спице на рис. 3.63, *а*).

Если в подобных элементах имеется отверстие или углубление, то для их выявления применяют местный разрез, как показано на рис. 3.64.

Изображение деталей с разрывом. Длинные предметы или элементы, имеющее постоянное либо закономерно изменяющееся сечение (валы, цепи, прутки, фасонный прокат, шатуны и т. п.), допускается изображать с разрывами (рис. 3.65), при этом длина предмета проставляется действительная.

Выкатывание отверстия в секущую плоскость. Если при выполнении разреза ни одно из отверстий, расположенных на круглом фланце или торце цилиндрического, конического или другого тела вращения, не попадает в секущую плоскость, то допускается

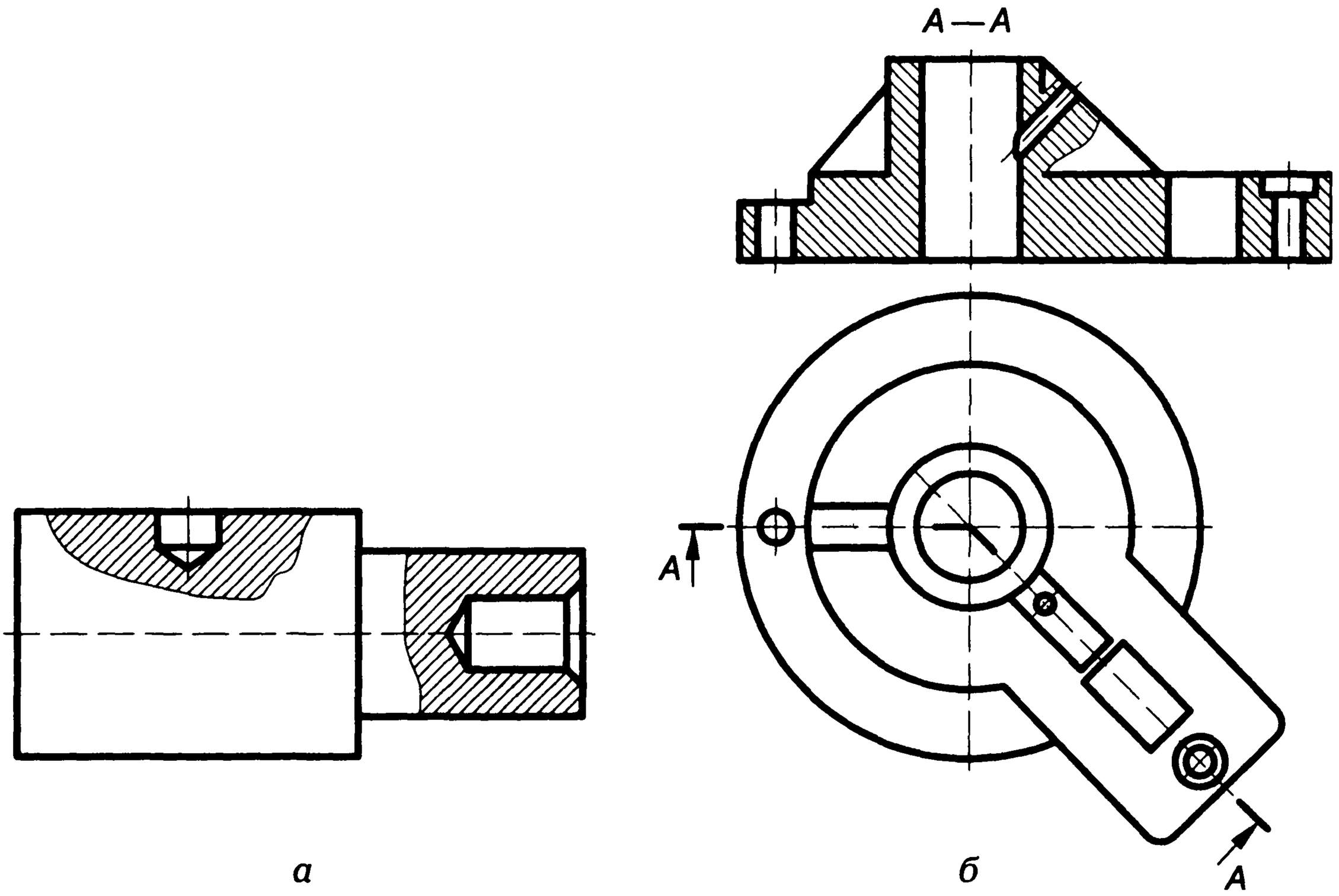


а *б*

Рис. 3.63

одно из них изображать в разрезе. В этом случае отверстие выносится в секущую плоскость не в проекционной связи, а выкатывается по окружности расположения центров отверстий (рис. 3.66).

Наложенная проекция. Для упрощения чертежей или сокращения числа изображений допускается часть предмета, находящуюся между наблюдателем и секущей плоскостью, изображать



а *б*

Рис. 3.64

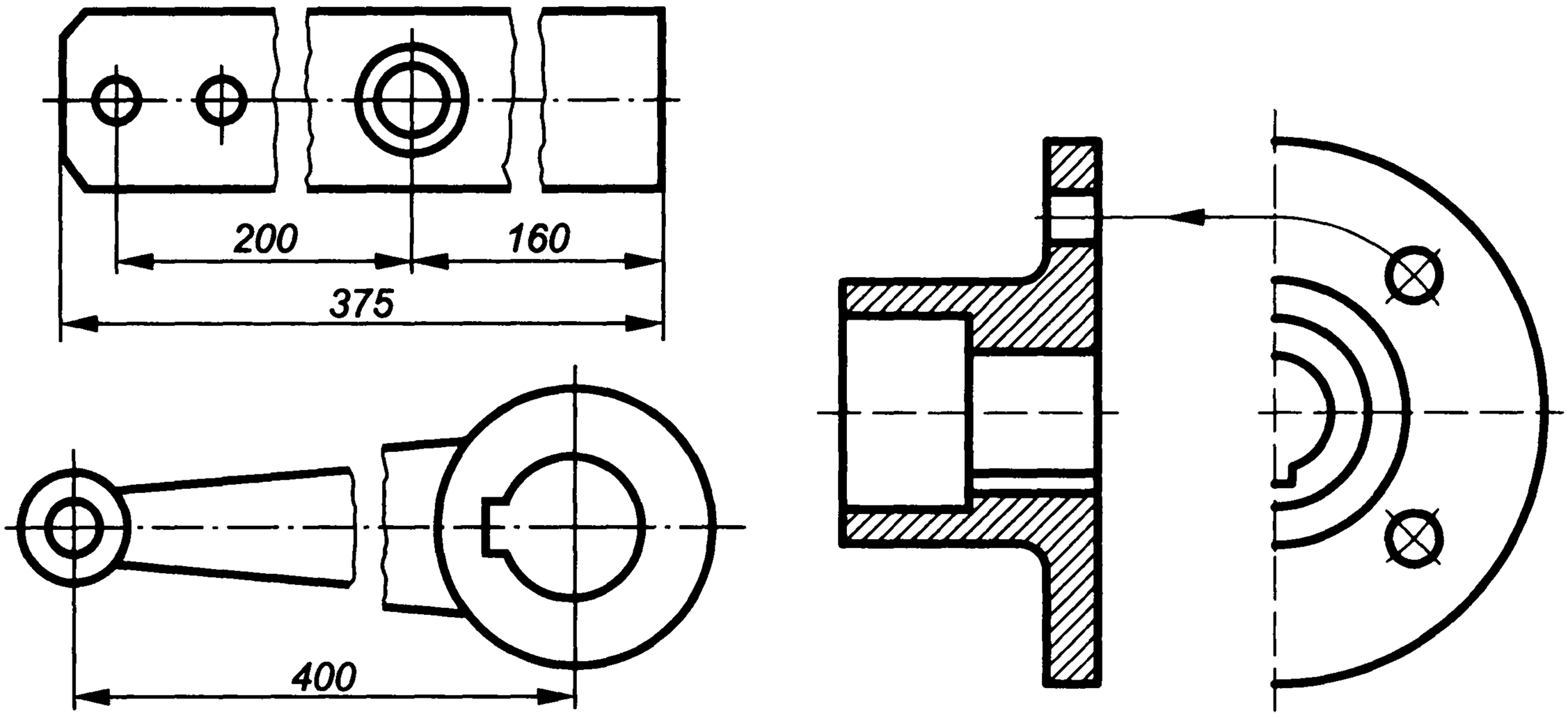
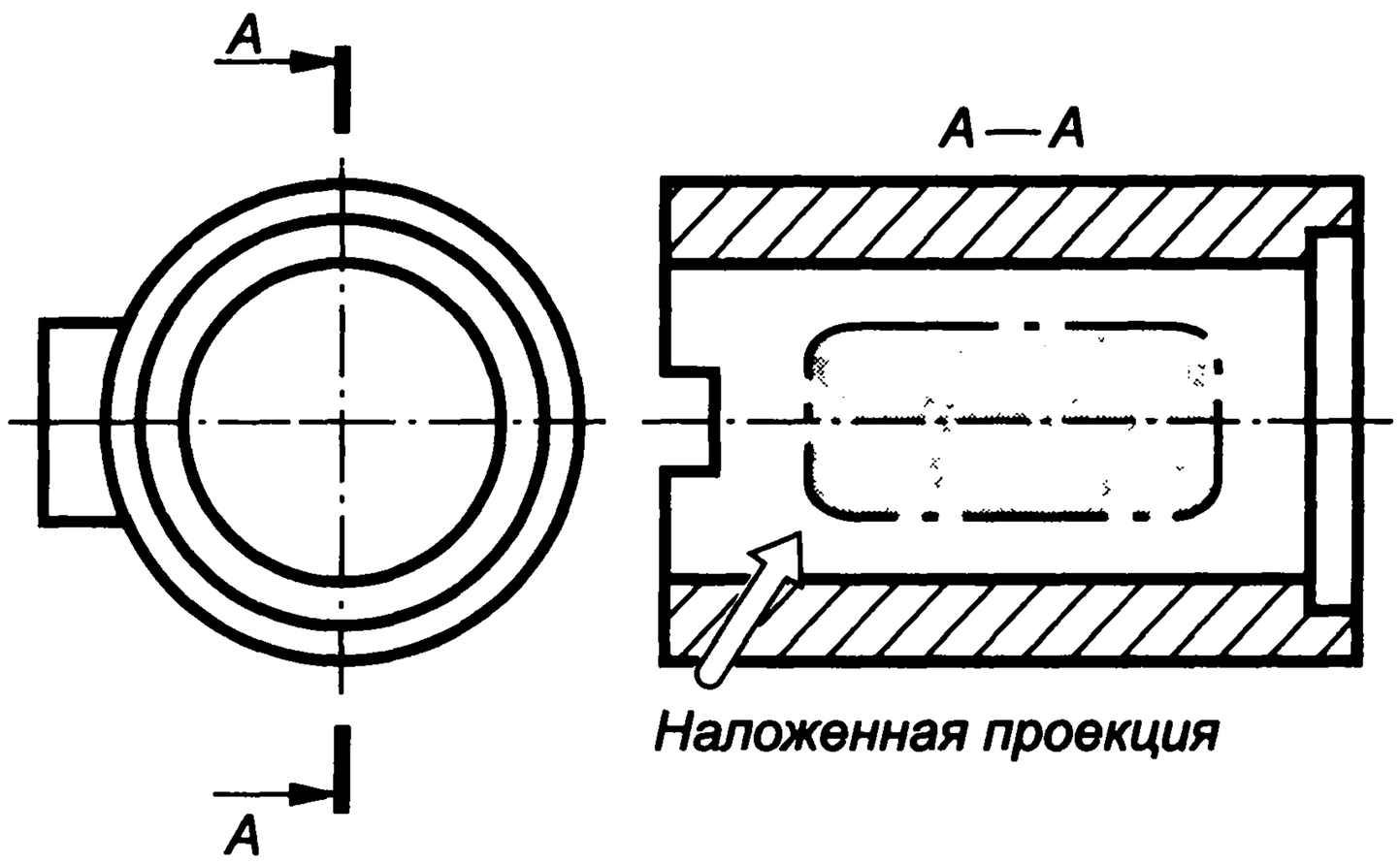


Рис. 3.65

Рис. 3.66



Наложенная проекция

Рис. 3.67

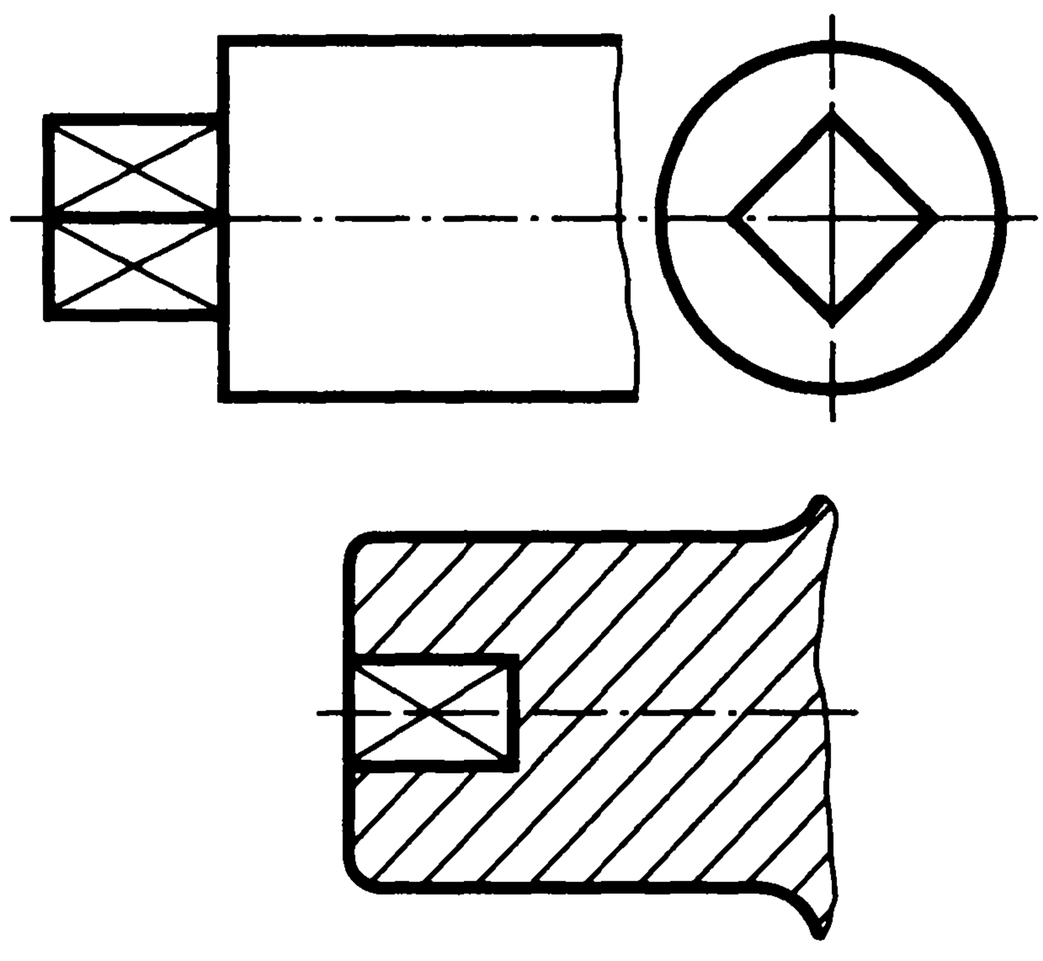
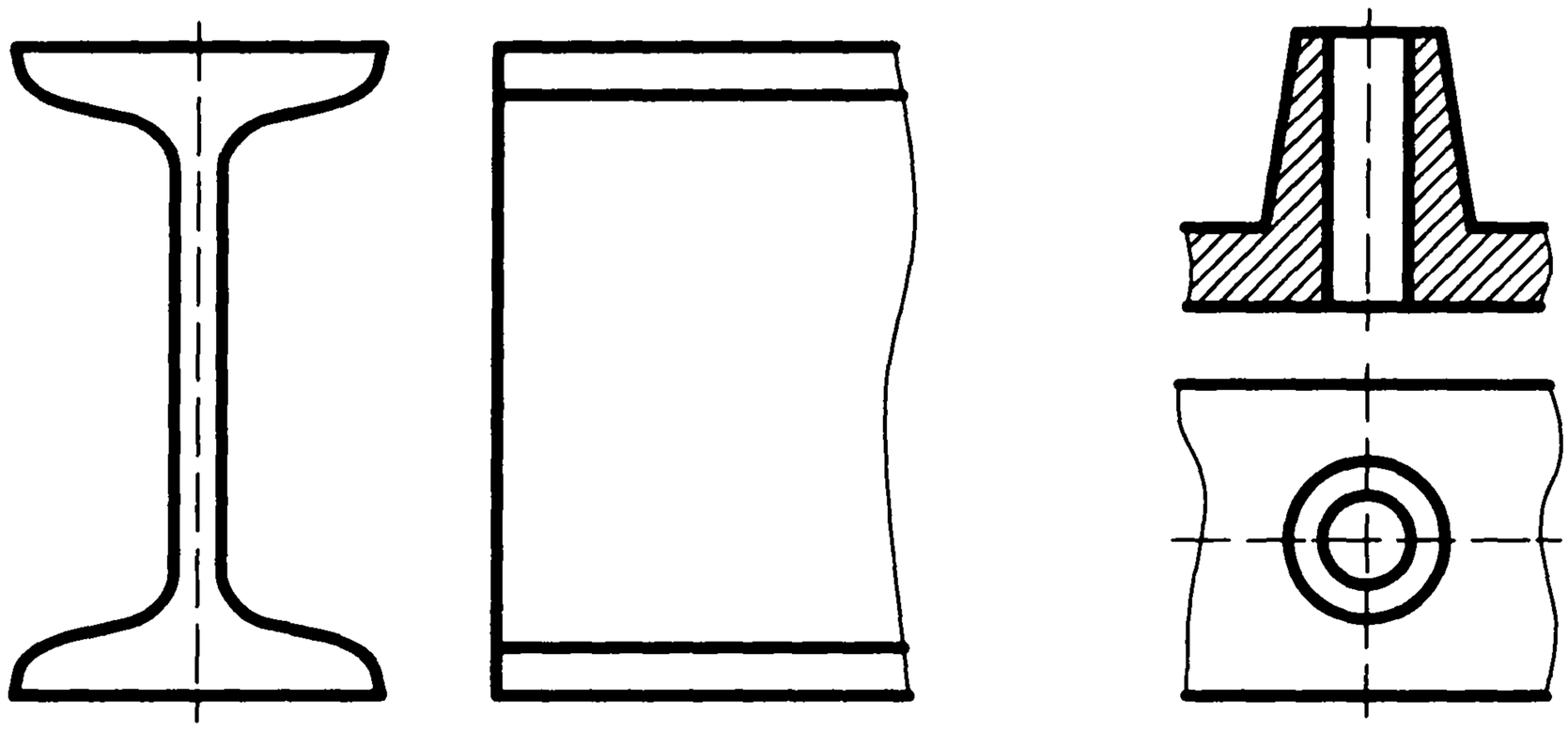
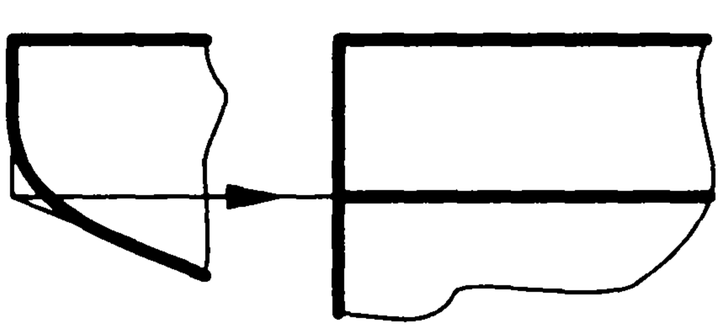


Рис. 3.68



б



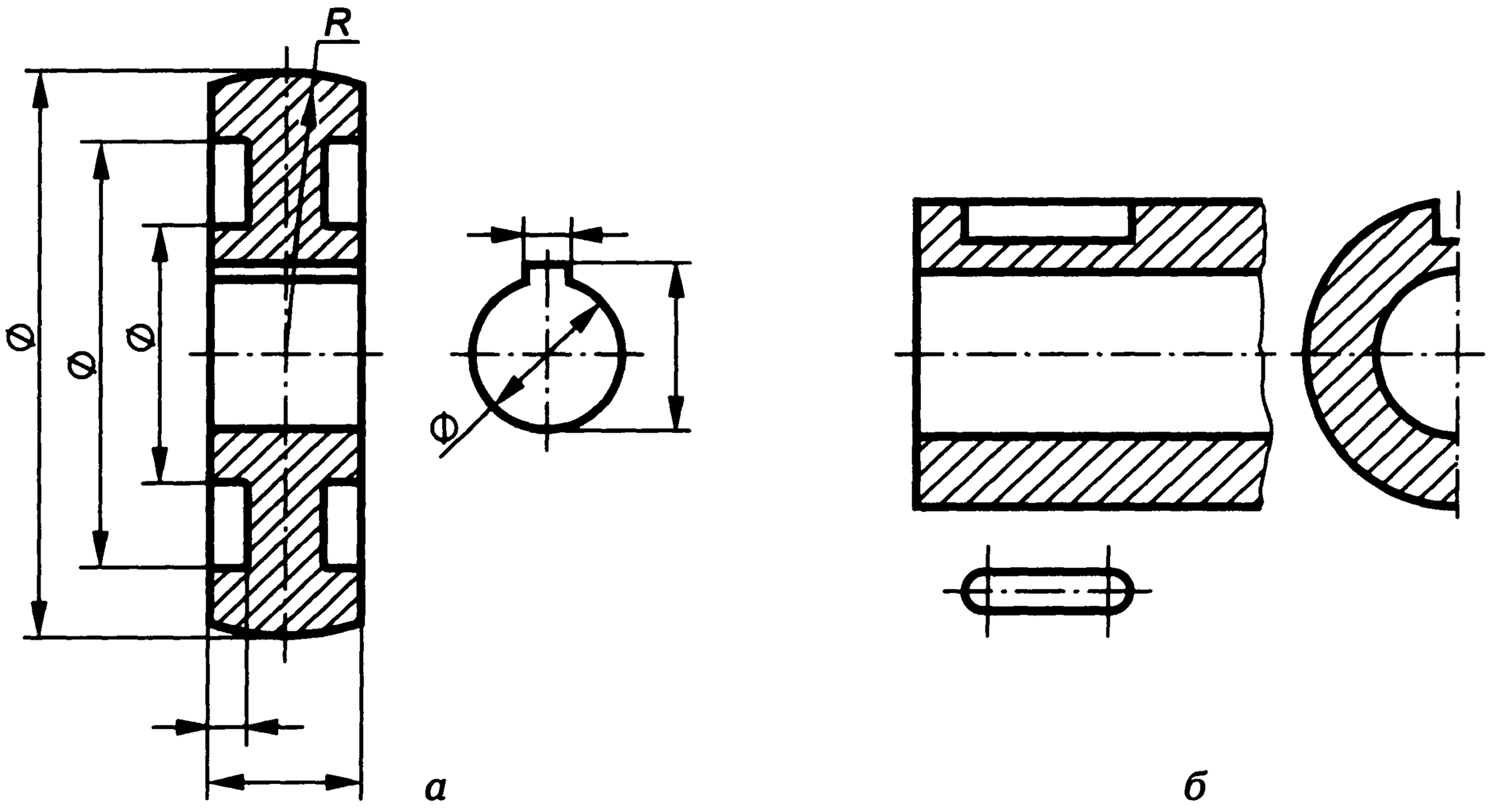
а

Рис. 3.69

штрихпунктирной утолщенной линией непосредственно на разрезе, т. е. наложенной проекцией (рис. 3.67).

Выделение плоских поверхностей. Для облегчения чтения чертежа плоскую поверхность выделяют ее диагоналями, выполненными тонкими сплошными линиями (рис. 3.68).

Изображение неотчетливо выявленных уклона и конусности. На тех изображениях, где уклон или конусность отчетливо не вы-



а *б*

Рис. 3.70

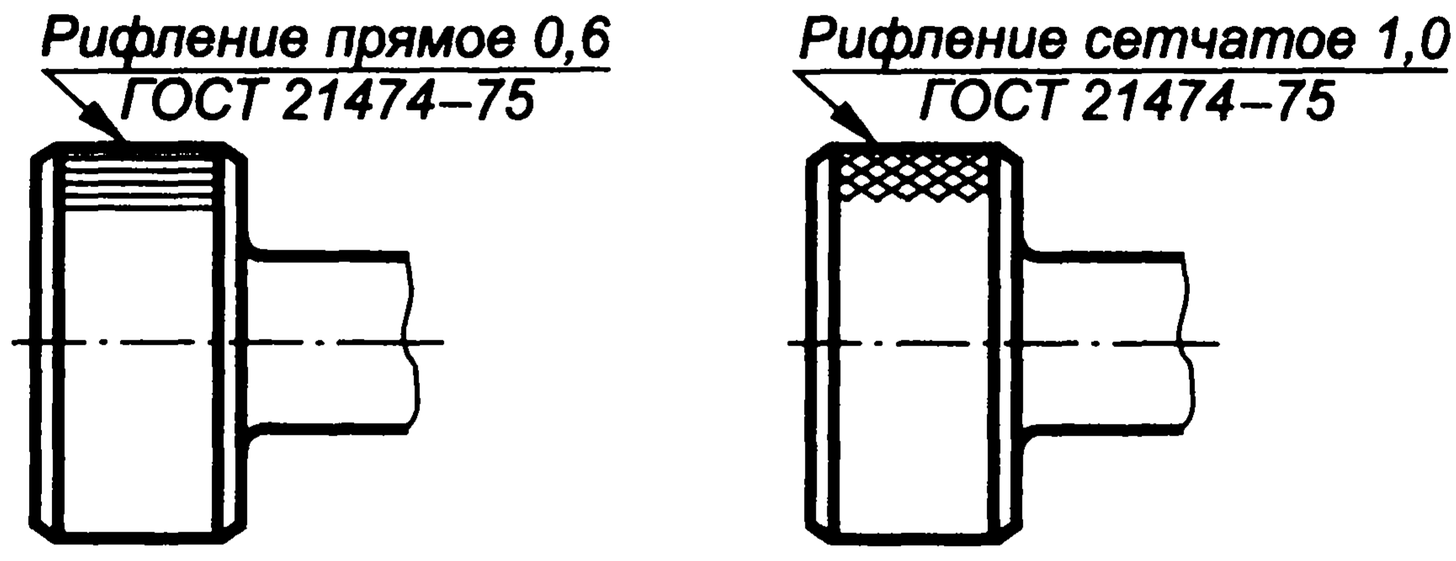


Рис. 3.71

являются, проводят только одну линию, соответствующую меньшему размеру элемента с уклоном (рис. 3.69, *а*) или меньшему основанию конуса (рис. 3.69, *б*).

Показ шпоночных пазов в отверстии. Для показа отверстий в ступицах зубчатых колес, шкивов, шпоночных пазов вместо полного изображения детали допускается изображать контур отверстия (рис. 3.70, *а*) или контур паза (рис. 3.70, *б*).

На чертежах сплошную сетку, плетенку, орнамент, рельеф и накатку предметов допускается изображать частично и упрощенно (рис. 3.71).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В каких случаях допускается соединять половину вида и половину разреза и как выполняются эти изображения?
2. Какими линиями соединяются вид с разрезом в случае, если на изображении детали имеется плоскость симметрии, и в случае, если не имеется?
3. Как соединяются половина вида и половина разреза, если линия видимого контура совпадает с осью симметрии детали?
4. Как влияет направление плоскости сечения ребра, спицы и других подобных деталей на штриховку их в разрезе?
5. Что такое выкатывание отверстия в секущую плоскость и как оно оформляется при выполнении разреза?
6. В каком случае допускается выполнять половину изображения предмета?
7. Что такое линии перехода и как они проводятся?
8. Как изображаются неотчетливо выявленные уклон и конусность?
9. Как выделяются плоские поверхности на чертеже?
10. Что такое наложенная проекция и как она выполняется?
11. Как изображают одинаковые элементы предмета на чертеже?

3.4. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

Необходимость указания размеров на чертежах и общие требования к их нанесению

Все изображения чертежа дают представление о форме изображаемого предмета и не несут информации о его размерах. Основанием для определения размера изображаемого предмета и его отдельных частей служат только числовые значения, проставленные на чертеже.

Линейные размеры на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единиц измерения. Линейные размеры, приводимые в технических требованиях и пояснительных надписях на поле чертежа, обязательно должны содержать единицы измерения. Размеры на чертеже проставляются истинные независимо от масштаба, в котором он выполнен.

Угловые размеры указывают обязательно с единицей измерения (градус, минута, секунда).

Размеры наносятся с помощью выносных и размерных линий, а также размерных чисел. В качестве выносных и размерных линий используются тонкие линии толщиной от $s/3$ до $s/2$.

Основные правила нанесения размерных линий и чисел устанавливает ГОСТ 2.307—2011. Рассмотрим главные из них.

Правила нанесения размеров

Проведение выносных и размерных линий, нанесение размерных чисел. При нанесении размера прямолинейного отрезка размерную линию проводят параллельно этому отрезку (предпочтительно вне контура изображения), а выносные линии — перпендикулярно (рис. 3.72, *а*) или под каким-либо другим углом (рис. 3.72, *б*) к размерной линии.

Размерную линию с обоих концов ограничивают стрелками, формы которых и примерное соотношение элементов показаны на рис. 3.73, *а*, *б*. Стрелка, показанная на рис. 3.73, *б*, является предпочтительной. Размер стрелок должен быть приблизительно одинаковым при указании всех размеров одного чертежа.

Стрелка наносится только с одной стороны, а размерная линия проводится за ось в случае, если вторая половина образмериваe-

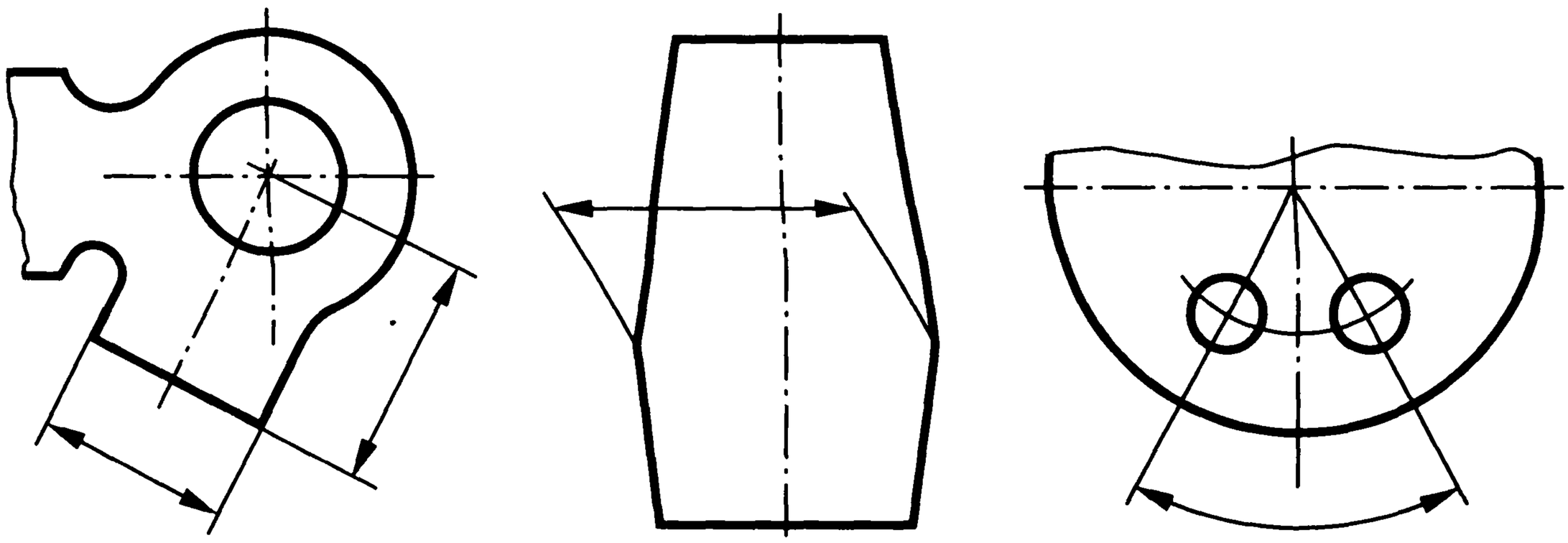


Рис. 3.72

мого элемента на изображении отсутствует (см. рис. 3.82, размеры ∅30 и ∅42).

При нанесении размера угла размерную линию проводят в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии радиально (рис. 3.72, *в*).

Выносные линии должны выходить за концы стрелок на 1 ... 5 мм.

Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями — 7 мм, а между размерной линией и линией контура — 10 мм, причем выбранное расстояние следует выдерживать постоянным на одном чертеже. При съемке эскизов оба эти расстояния рекомендуется принимать равными 10 мм (две клетки на тетрадном листе) **и размерные линии проводить по линиям клеток.**

Нельзя использовать контурные, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных. Размерная линия также не должна служить продолжением контурной, осевой, центровой или выносной линии (рис. 3.74).

Для указания размера дуги окружности размерную линию проводят концентрично дуге, а выносные линии — параллельно бис-

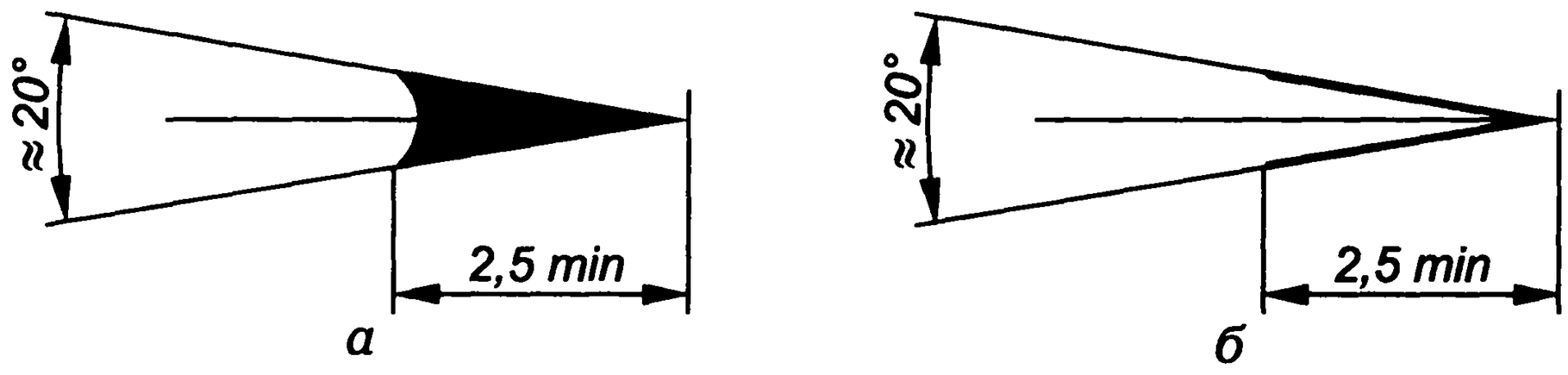
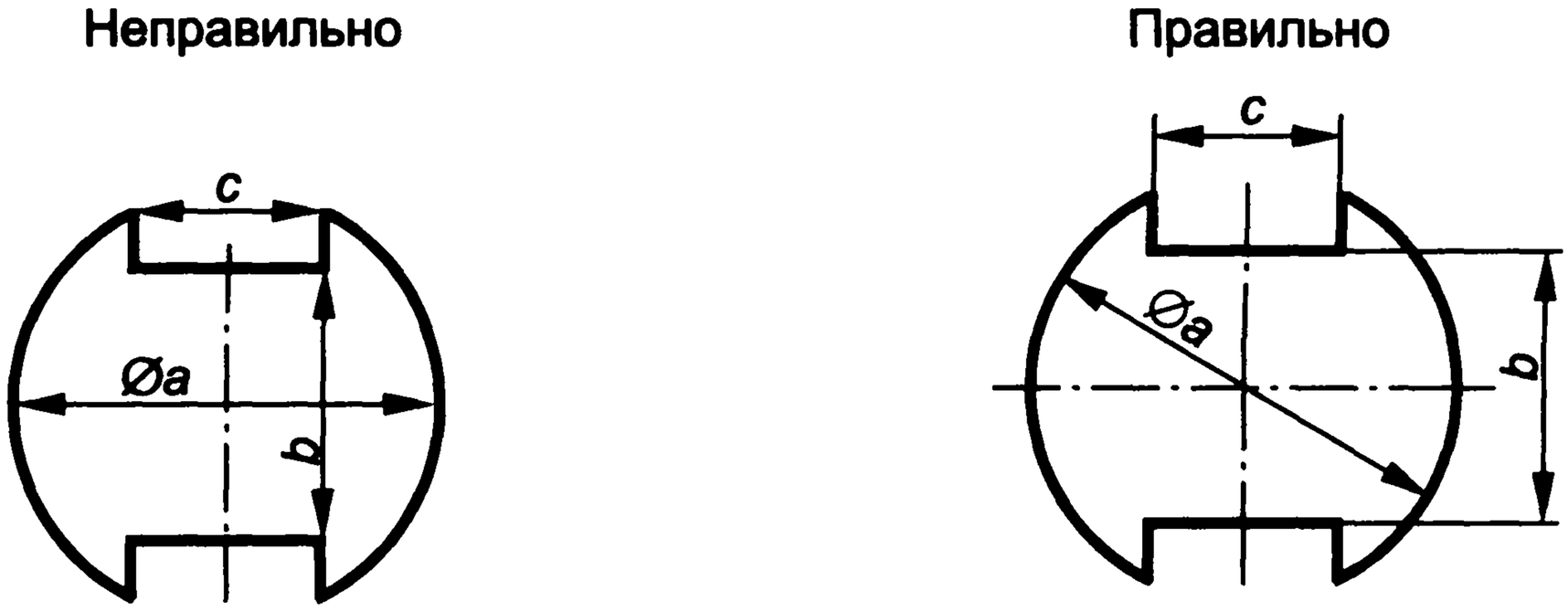


Рис. 3.73



1. Осевая линия использована в качестве размерной (Ø*a*).
2. Размерная линия является продолжением контурной (размер *b*).
3. Стрелки размерных линий примыкают к точкам пересечений линий чертежа (размеры *b* и *c*).

Рис. 3.74

сектрисе угла этой дуги, и над размерным числом наносят знак ⌒ (рис. 3.75).

Линейные размеры при различных наклонах размерной линии располагают над ней, как можно ближе к середине (рис. 3.76). В заштрихованной зоне (30°) соответствующее размерное число указывается на полке линии-выноски (размер 20).

Угловые размеры наносятся, как показано на рис. 3.77 (в заштрихованной зоне на полках-выносках — 30 и 41°).

Размерные числа не допускается пересекать какими-либо линиями чертежа, т. е. в месте нанесения размерного числа осевые,

Рис. 3.75

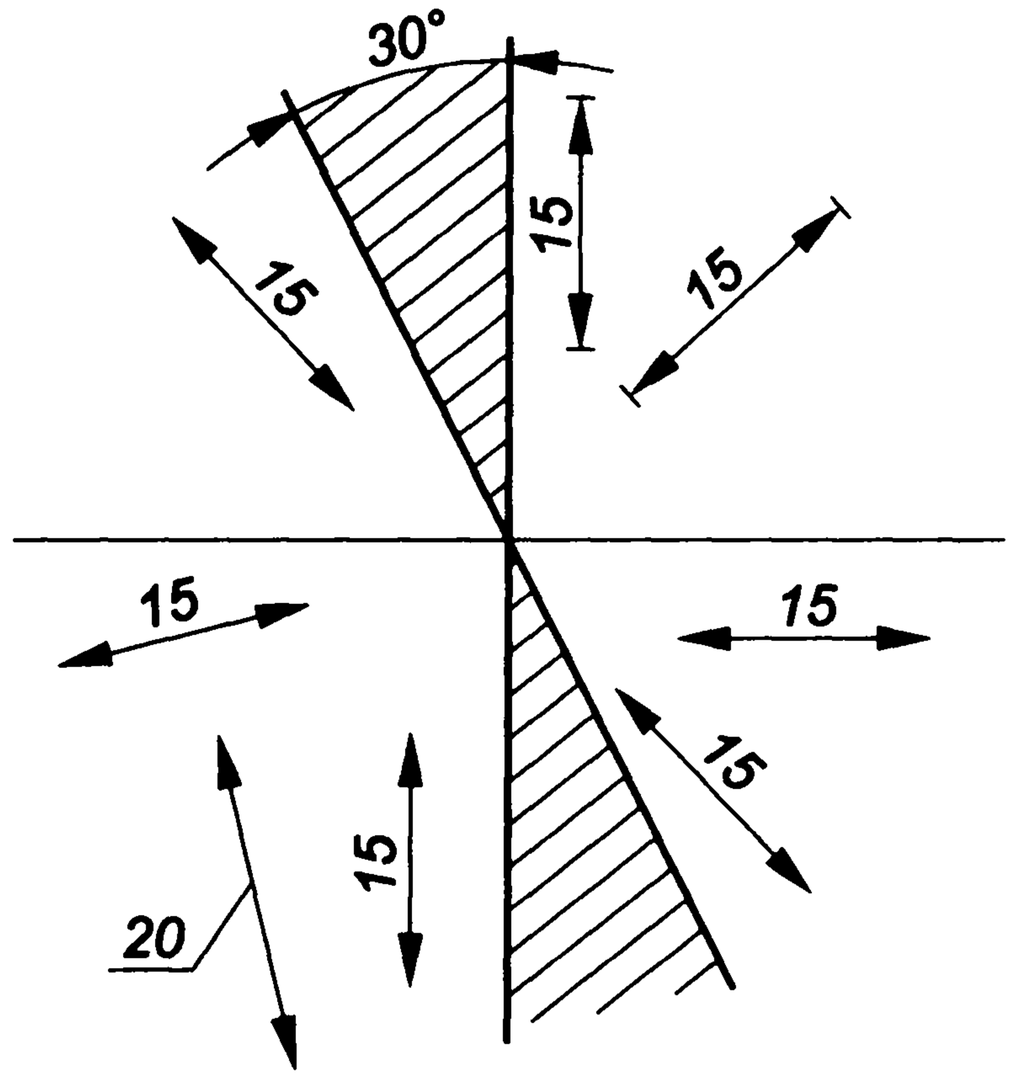


Рис. 3.76

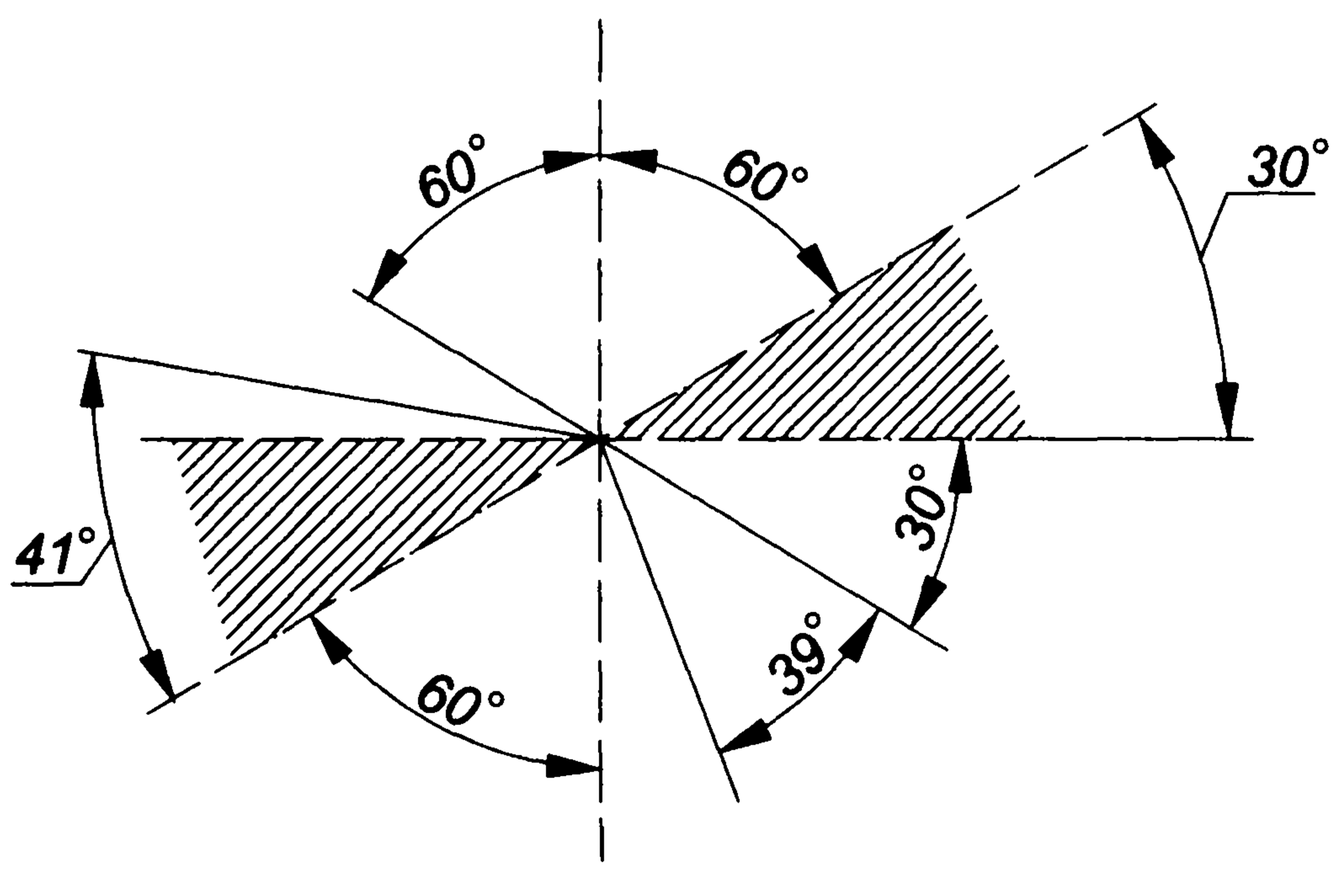
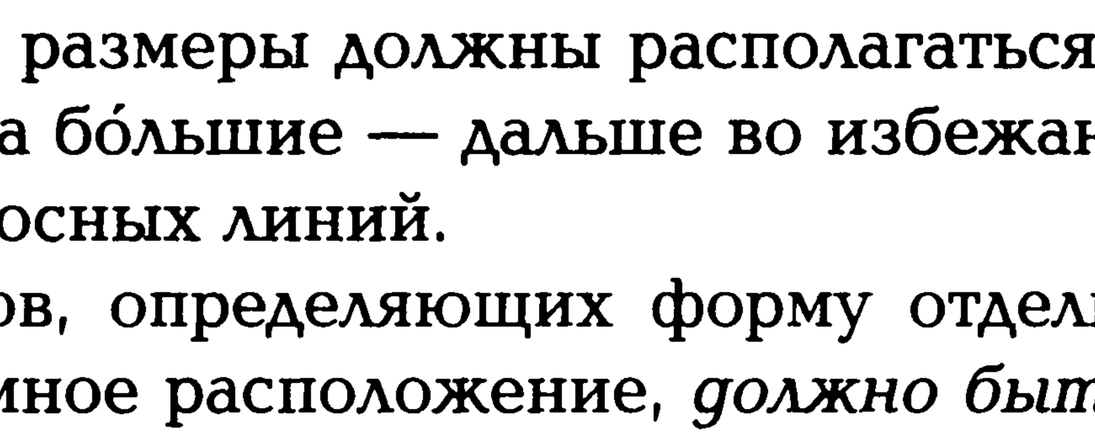


Рис. 3.77

центровые линии и линии штриховки прерываются (рис. 3.78, *а*). Не допускается разрывать линии контуров для нанесения размерных чисел и наносить их в местах пересечения размерных, выносных и центровых линий. Стрелка размерной линии также не может пересекаться никакой линией чертежа. Любая линия при пересечении со стрелкой прерывается (рис. 3.78, *б*).

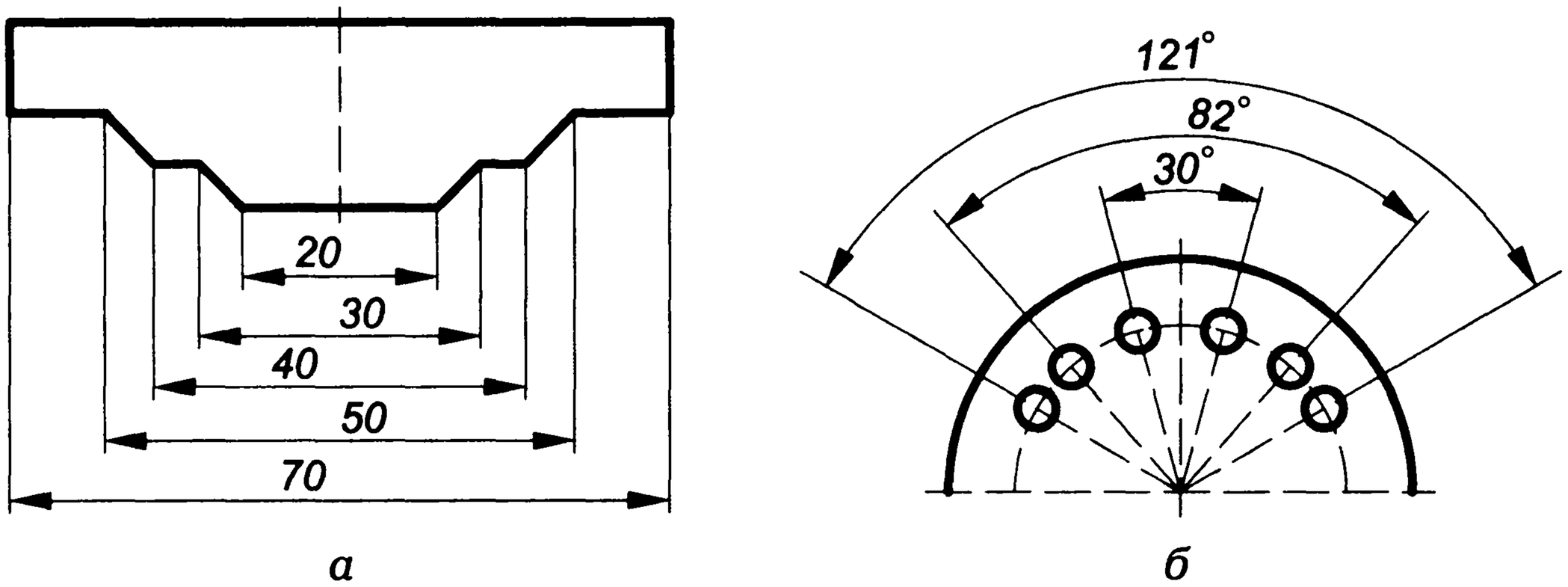
При нанесении нескольких параллельных (рис. 3.79, *а*) или концентрических (рис. 3.79, *б*) размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке относительно их середины. Причем меньшие размеры должны располагаться ближе к контуру изображения, а бóльшие — дальше во избежание пересечения размерных и выносных линий.

Число размеров, определяющих форму отдельных элементов детали и их взаимное расположение, *должно быть достаточным для обеспечения возможности изготовления детали. Не допускается повторять размеры одного и того же элемента на изображениях, а также в технических требованиях.*



а *б*

Рис. 3.78



а б

Рис. 3.79

Размеры, не обязательные для данного вида чертежа, но которые указываются для удобства пользования, называются справочными и отмечаются на чертежах звездочкой (рис. 3.80, размер 20*), а в технических требованиях к чертежу делается запись **Размер для справок.*

На изображении с разрывом размерная линия не прерывается (рис. 3.81).

При совмещении вида с разрезом следует отдельно группировать размеры, относящиеся к внешним и внутренним очертаниям (рис. 3.82).

Если вид или разрез симметричного предмета или отдельно симметрично расположенных элементов изображают только до оси симметрии или с обрывом, то размерные линии, относящиеся к этим элементам, проводят с обрывом, и обрыв размерной линии делают дальше оси или линии обрыва (см. рис. 3.82).

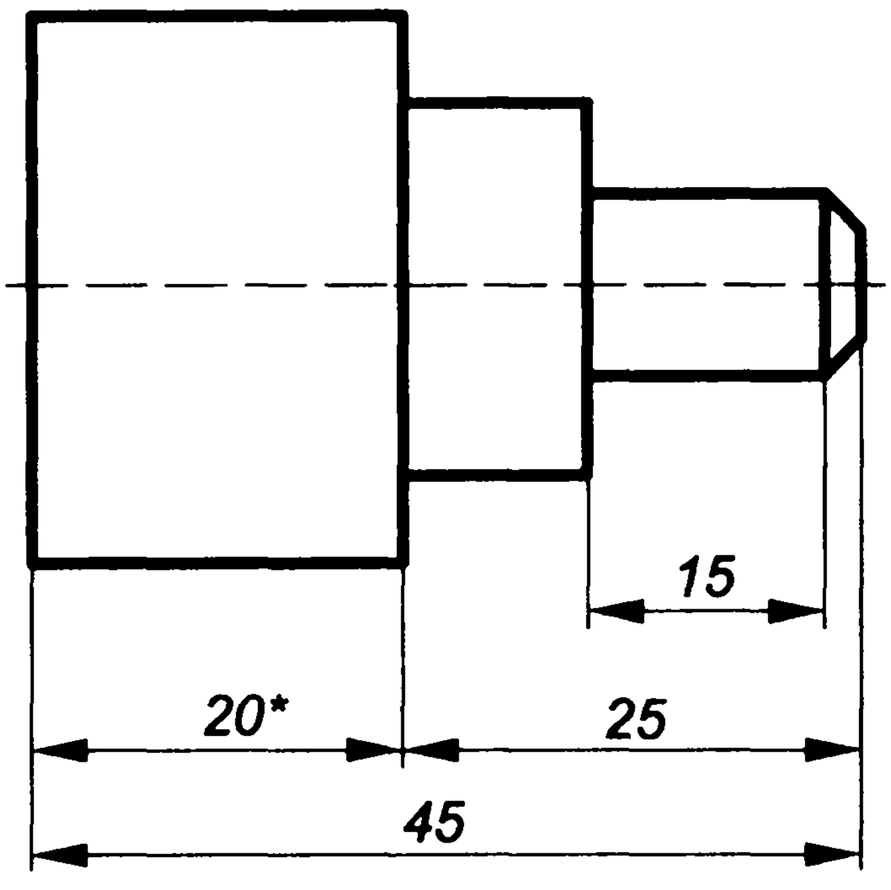


Рис. 3.80

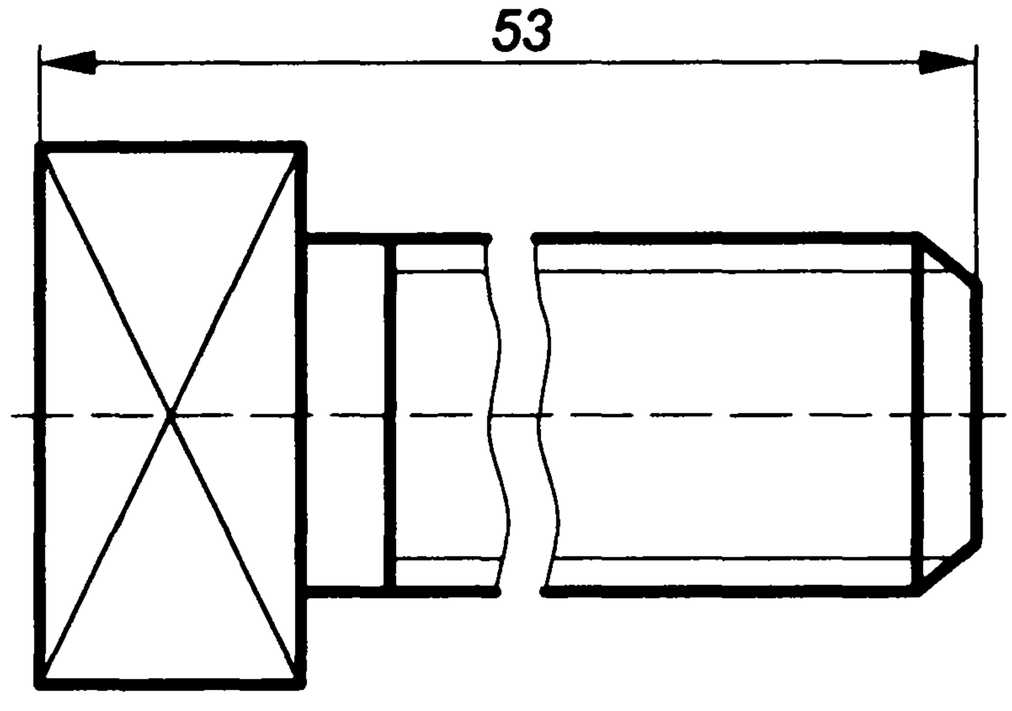


Рис. 3.81

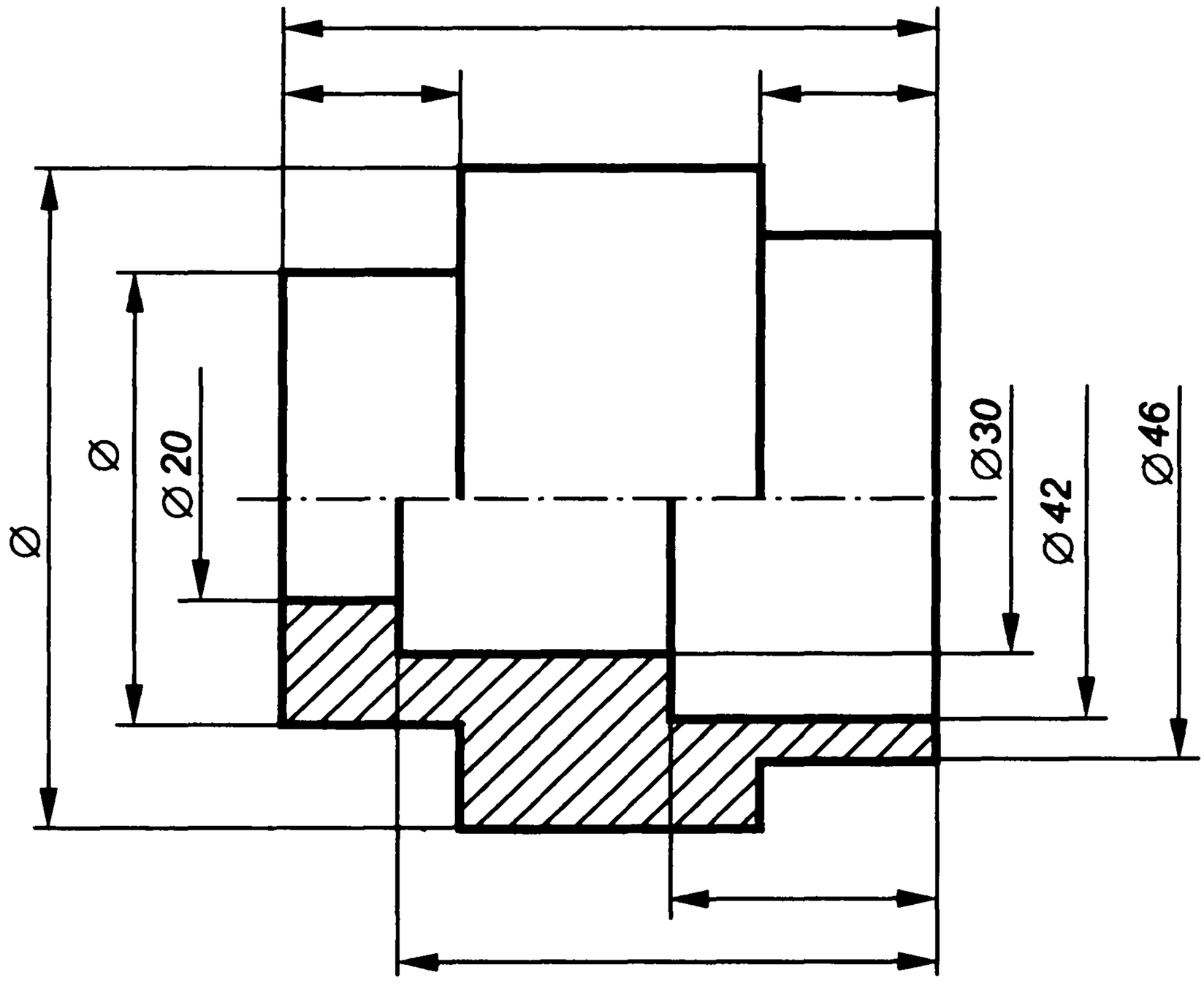


Рис. 3.82

При наличии нескольких изображений **все размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу, рекомендуется группировать в одном месте, и располагать их на том изображении, на котором геометрическая форма данного элемента показана наиболее полно** (рис. 3.83).

Если требуется задать координаты вершин скругляемого угла или центра дуги скруглений, то выносные линии проводят от точ-

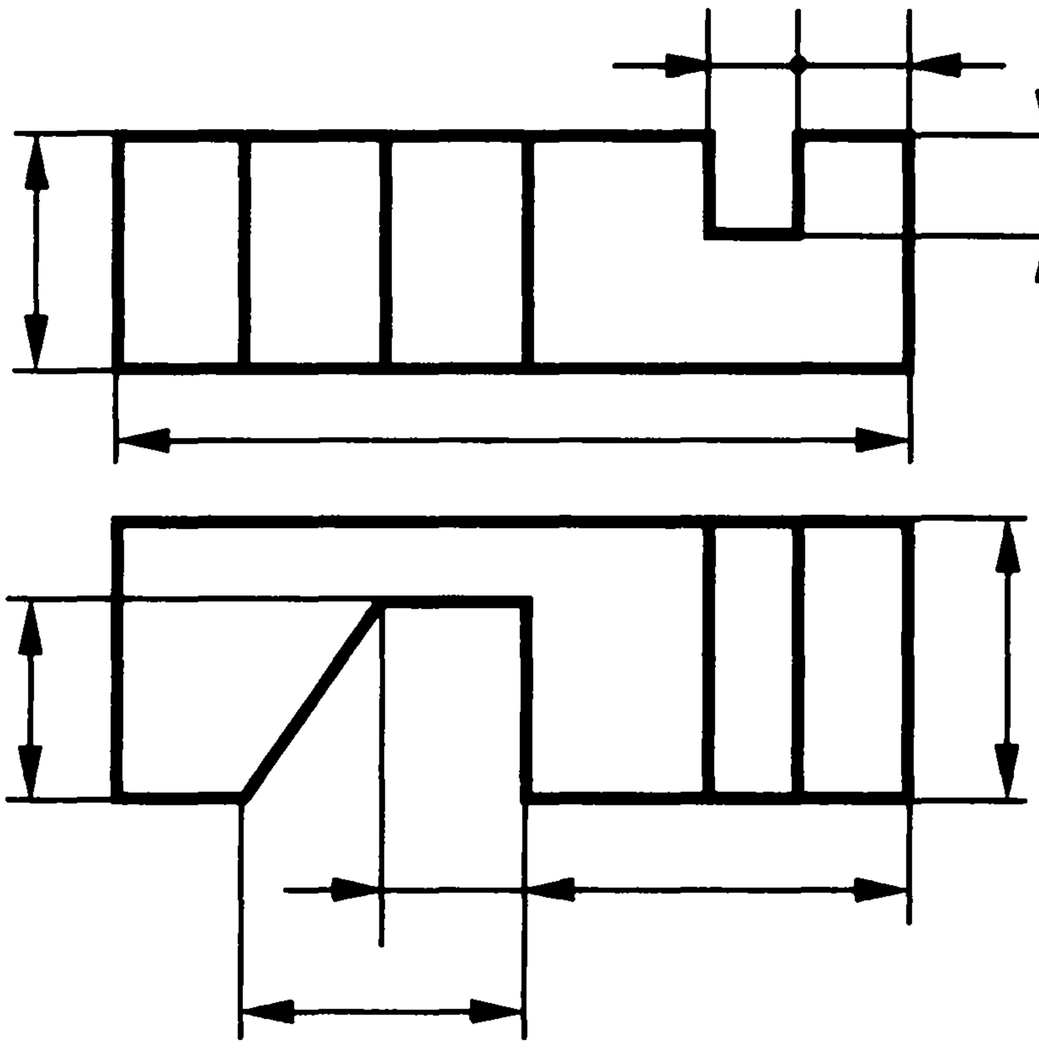


Рис. 3.83

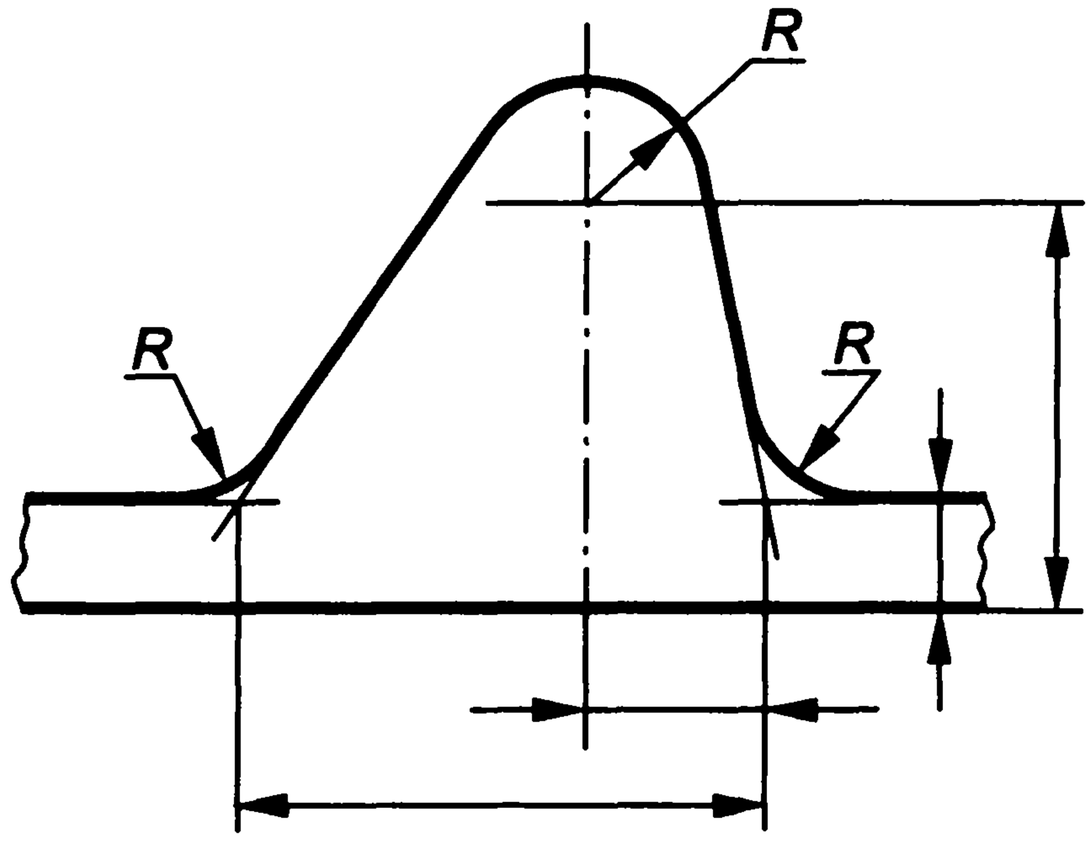


Рис. 3.84

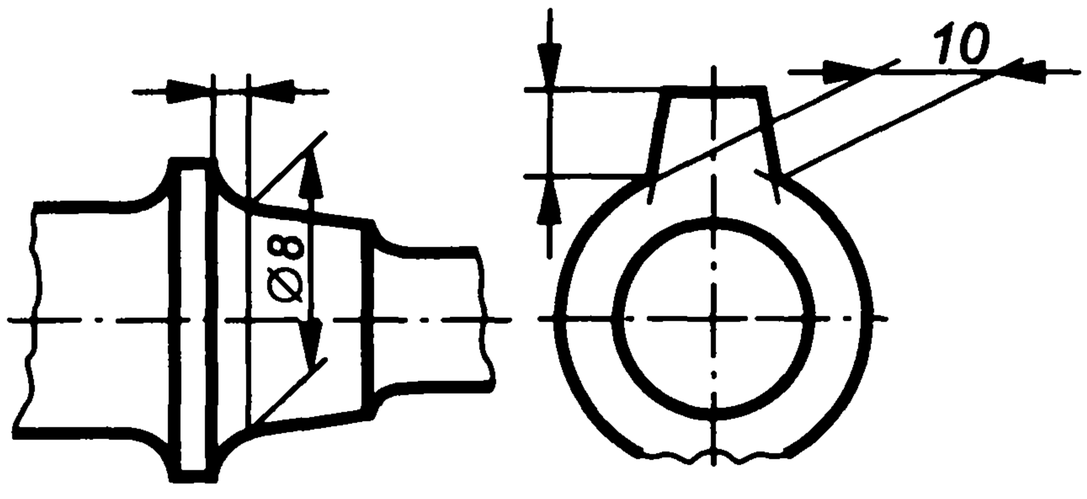


Рис. 3.85

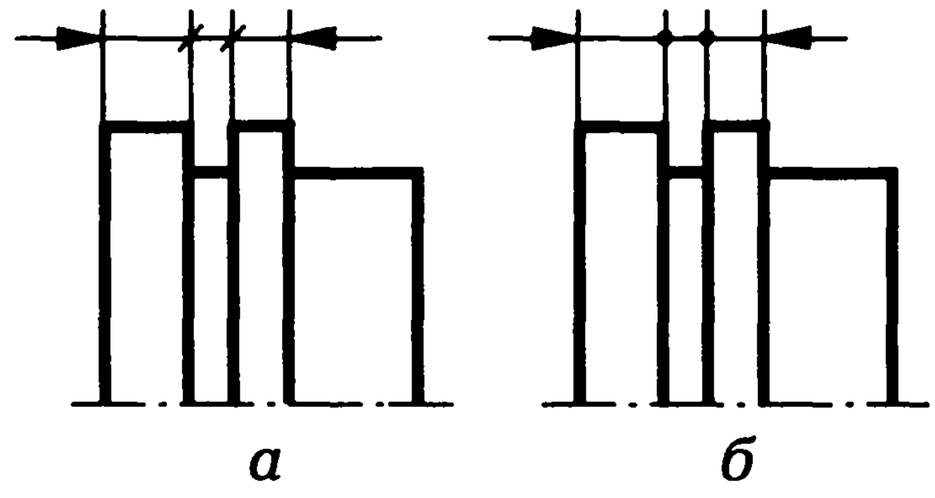


Рис. 3.86

ки пересечения сторон скругляемого угла до центра дуги скругления. Построение вершины угла выполняют сплошными тонкими линиями (рис. 3.84).

Если выносные линии составляют с контурными очень малый угол, то их проводят не под прямым углом к размерным. При этом размерную линию проводят параллельно отрезку, размер которого показывают, а выносные линии наносят так, чтобы они вместе с размерной линией образовали параллелограмм (рис. 3.85, размеры 10 и Ø8).

При недостатке места на размерных линиях, расположенных цепочкой, их стрелки допускается заменять засечками, наносимыми под углом 45° к ним (рис. 3.86, *а*), или четкими точками (рис. 3.86, *б*).

Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то его выносят, как показано на рис. 3.87,

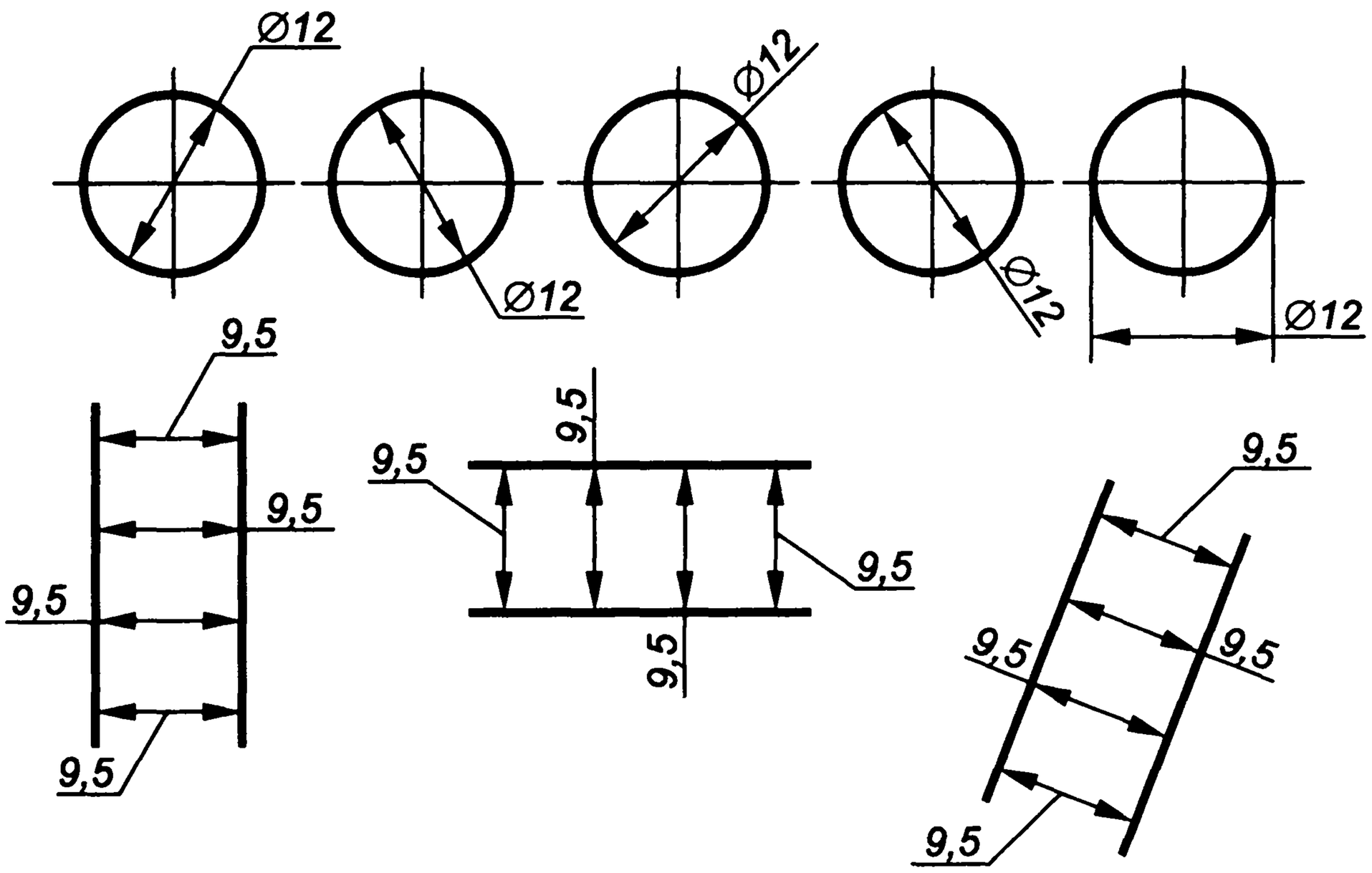


Рис. 3.87

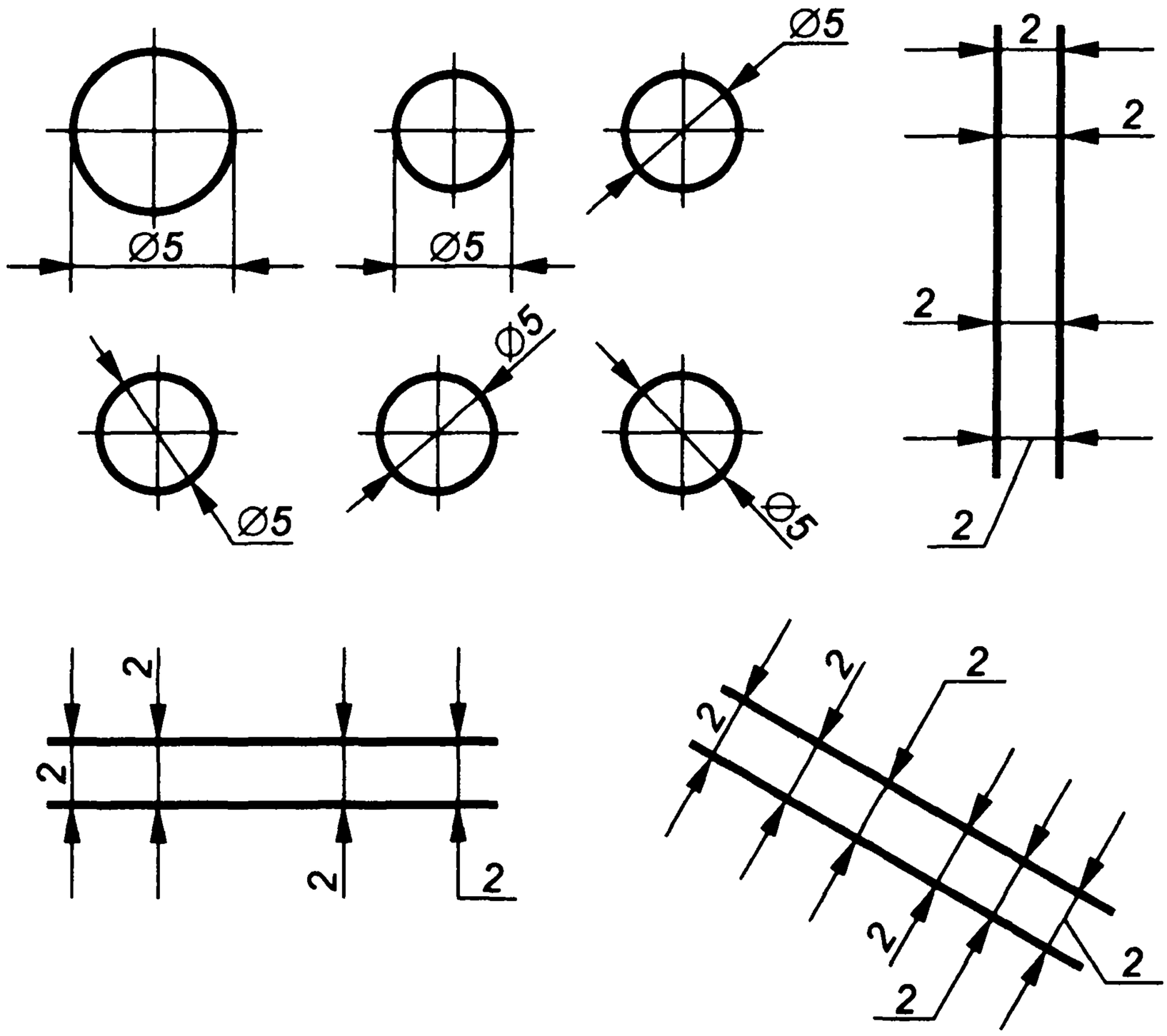


Рис. 3.88

а при недостатке места для стрелок поступают, как показано на рис. 3.88.

Обозначение диаметра, радиуса, квадрата, конусности, уклона и дуги. Начертания знаков, используемых на чертежах, и их относительные по отношению к цифрам размеры были показаны на рис. 3.11.

Диаметр. Цилиндрические поверхности обозначаются на чертежах знаком, представляющим собой окружность, пересеченную прямой линией (∅). Высота и наклон прямой линии этого знака должны соответствовать высоте и наклону цифр размерного числа, а диаметр окружности должен составлять 0,7 от высоты цифр. **Знак диаметра наносится над размерной линией перед размерным числом. Диаметр цилиндрической поверхности рекомендуется наносить на том изображении, где ее ось проецируется в линию, т.е. между образующими** (см. рис. 3.82). Размерную линию при этом разрешается проводить с обрывом независимо от того, изображена окружность полностью или частично. Причем обрыв производится дальше центра окружности. Размещение размера диаметра на окружности допускается (см. рис. 3.87).

Если в детали имеется несколько одинаковых цилиндрических отверстий, то размер указывается на одном из них вместе с общим их числом (рис. 3.89 и см. рис. 3.106).

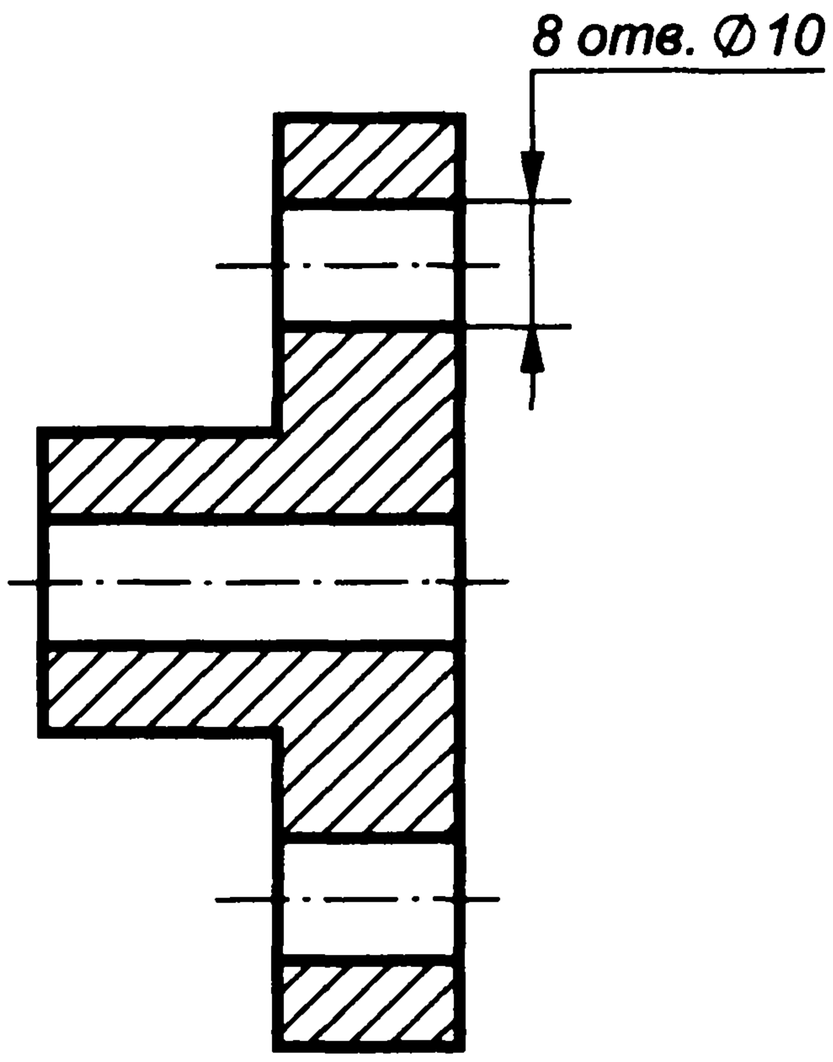


Рис. 3.89

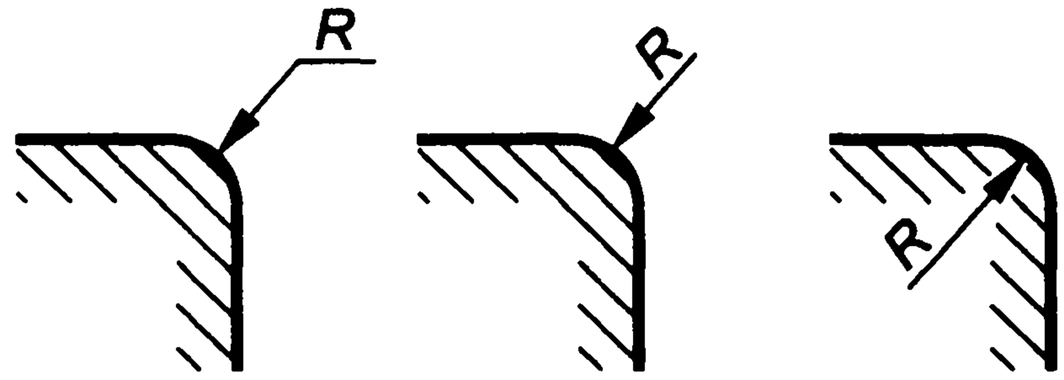


Рис. 3.90

Радиус. Перед размерным числом, определяющим радиус, во всех случаях ставится прописная латинская буква *R* (например, *R*25). Высоты этой буквы и размерного числа должны быть одинаковыми.

На рис. 3.90 приведены примеры нанесения размеров наружных дуг окружностей, а на рис. 3.91 — внутренних. При этом размерная линия радиуса наносится на том изображении, где дуга проецируется в истинном виде. Из рис. 3.90 и 3.91 следует, что размерная линия радиуса должна располагаться в направлении истинного радиуса и оканчиваться одной стрелкой, примыкающей к контурной (или выносной) линии.

Нанесение размерных чисел при различных положениях размерных линий должно определяться наибольшим удобством чтения чертежа. При проведении нескольких размерных линий радиусов из одного центра они не должны располагаться на одной прямой (рис. 3.92).

При необходимости нанесения центра дуги большого радиуса допускается приближать его к дуге, а размерную линию показы-

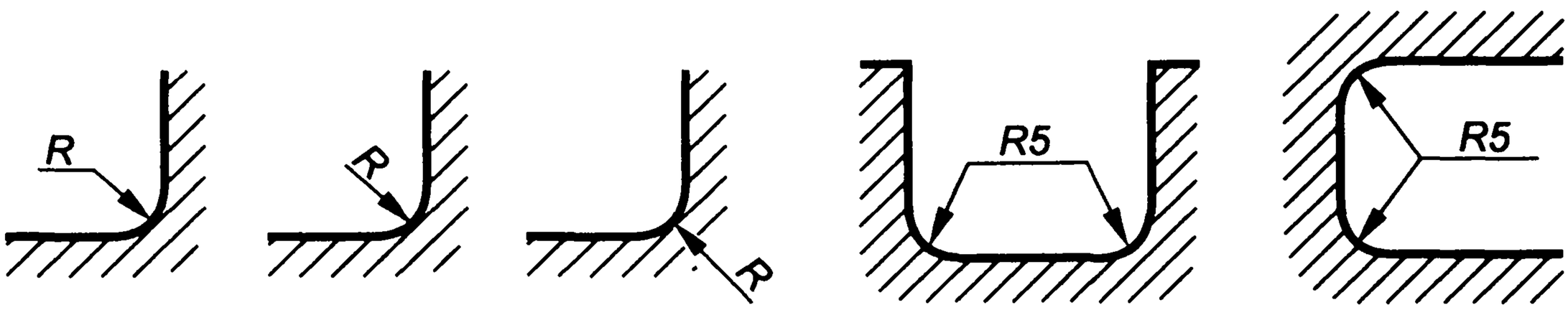


Рис. 3.91

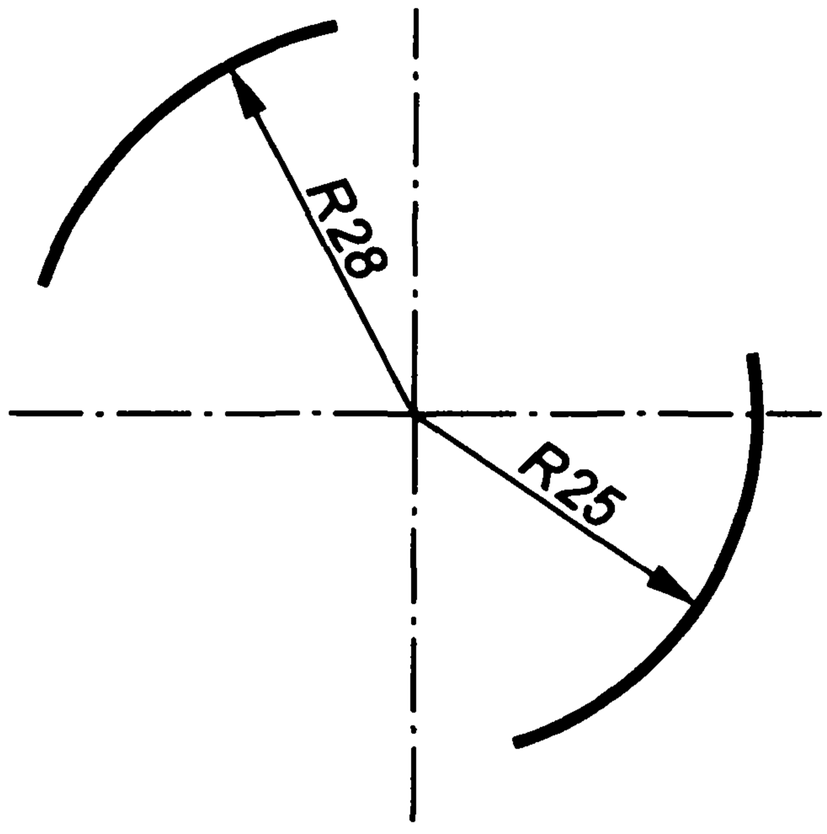


Рис. 3.92

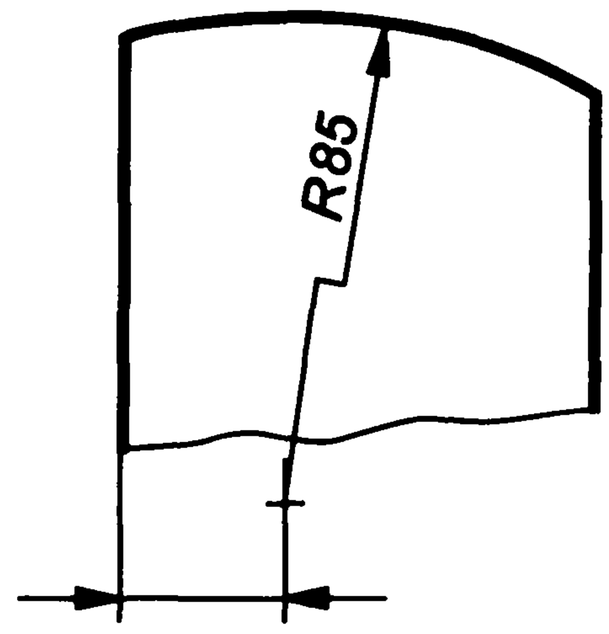


Рис. 3.93

вать с изломом под углом 90° (рис. 3.93). При необходимости положение центра дуги отмечают пересечением (+) центровых или выносных линий (рис. 3.94).

Если радиусы скруглений, сгибов и других подобных элементов, имеющихся на чертеже, одинаковые или какой-либо радиус является преобладающим, то вместо нанесения этих значений на изображение рекомендуется выносить их в технические требования в виде записей следующего вида: *Радиусы скруглений 4 мм*, *Внутренние радиусы сгибов 10 мм*, *Неуказанные радиусы 8 мм* и др.

Квадрат. Перед размерным числом, определяющим ширину квадрата, ставят знак □, высота которого должна равняться высоте размерных чисел. Наносят этот знак, как правило, на том изображении, на котором квадрат не проецируется в истинном виде (рис. 3.95). При этом плоская грань поверхности отмечается на чертежах диагоналями, проведенными тонкими линиями.

На изображении квадрата, спроецированного в истинном виде, предпочтительно проставлять два размера, равных его стороне

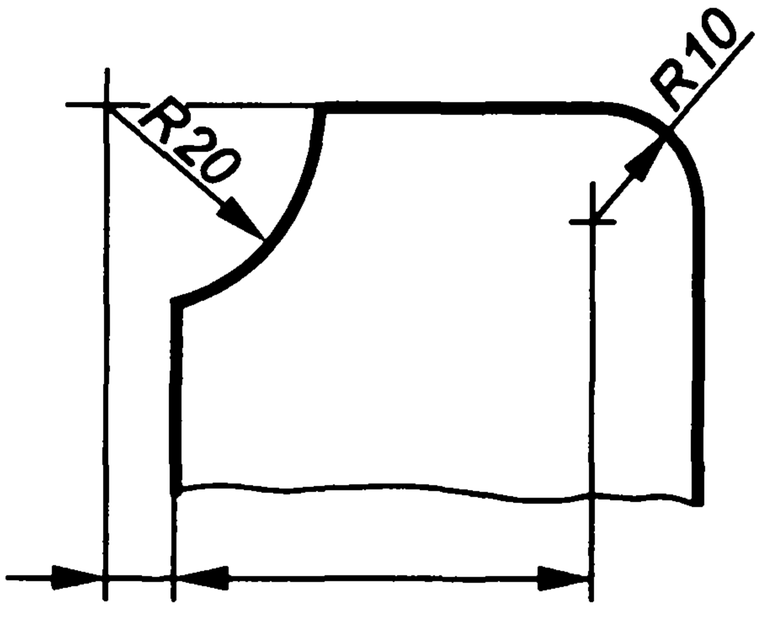


Рис. 3.94

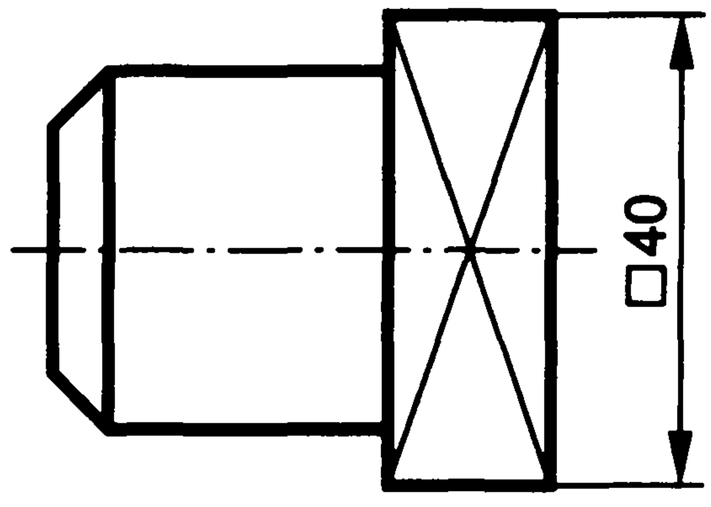
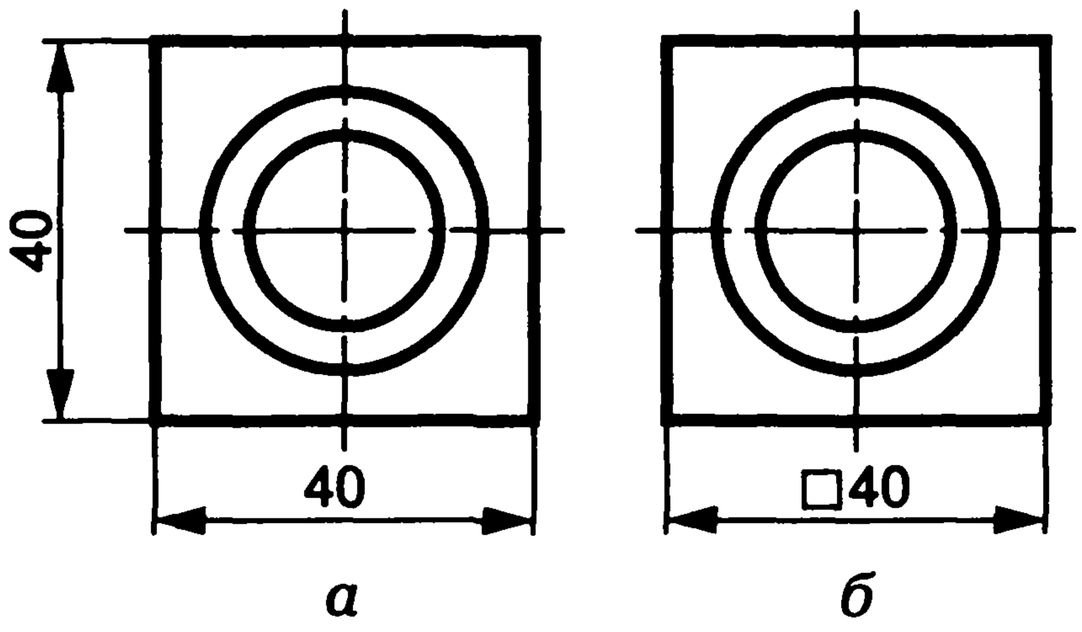


Рис. 3.95



а *б*

Рис. 3.96

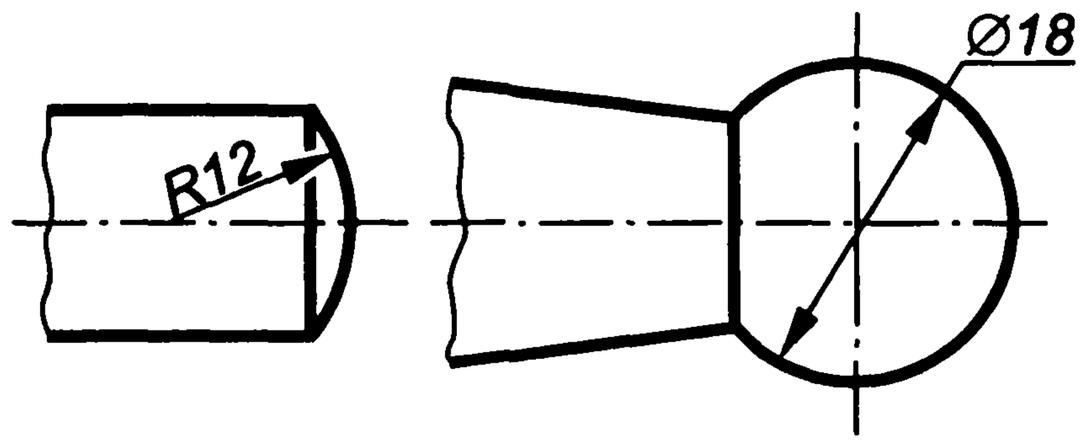


Рис. 3.97

(рис. 3.96, *а*), но допускается и нанесение размера со знаком квадрата (рис. 3.96, *б*).

Конусность. Перед размерным числом, определяющим конусность, ставят знак ▷, представляющий собой равнобедренный треугольник с острым углом при вершине, основание которого составляет $4/(10h)$, а высота — $6/(10h)$.

Уклон. Перед размерным числом, определяющим уклон прямой, изображающей плоскость по отношению к какому-либо направлению, принятому за основное, ставят знак ∠, вершина которого должна быть направлена в сторону уклона. Расстояние между концами линий знака угла равно $4/(10h)$, длина — $6/(10h)$ (см. рис. 3.11).

Сфера. Перед размерными числами диаметра или радиуса сферы наносятся только знаки ∅ *или* *R* (рис. 3.97). Знак сферы, представляющий собой окружность с диаметром, равным высоте размерных чисел, наносится перед ними в том случае, если на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, т. е. тогда пишут О*R*10 или О∅15. Допускается знак сферы заменять словом, например указывать *Сфера* *R*10.

Дуга. При нанесении размера длины дуги окружности над размерным числом всегда ставится знак ⌒ (см. рис. 3.75).

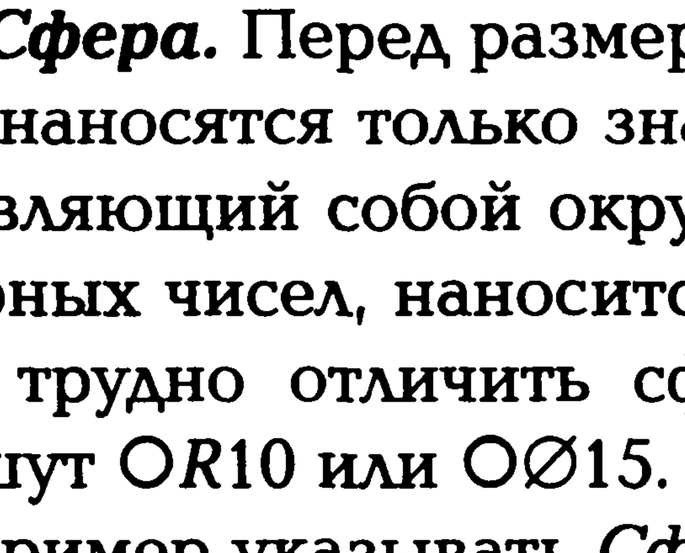


Рис. 3.98

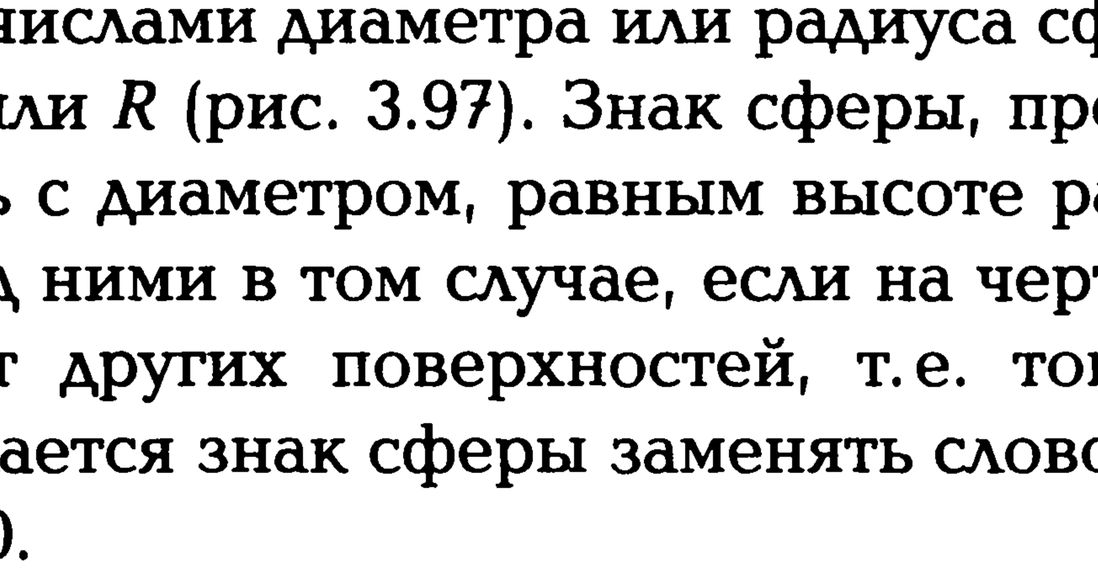


Рис. 3.99

Нанесение размеров фасок. Фасками называются сплошные (притупленные) кромки стержня, отверстия, бруска, листа. На чертежах фаска определяется двумя линейными (рис. 3.98) или одним линейным и одним угловым размерами (рис. 3.99).

Фаска с углом наклона 45° обозначается линейным и угловым размерами, записанными через знак умножения (рис. 3.100).

Построение уклона и его обозначение. Уклоном называется величина, характеризующая наклон одной прямой по отношению к другой. На рис. 3.101 уклон прямой *OB*, проведенной под углом α к прямой *OA*, определяется отношением катетов прямоугольного треугольника *ABO*:

$$S = AB:AO = b:a = \operatorname{tg}\alpha.$$

Уклон может выражаться дробью, числитель которой должен быть равен единице, или в процентах. Уклон, выраженный в процентах, связан с уклоном, выраженным дробью, формулой $S\,\% = S \times 100$.

Так, например, если $S = 1:5 = 0{,}2$, то $S\,\% = 0{,}2 \times 100 = 20\,\%$.

Для проведения некоторой прямой под заданным уклоном к горизонтальной прямой, например 1:3, поступают следующим образом (рис. 3.102, *а*). На горизонтальной прямой от точки *O* откладывают три одинаковых отрезка. Из полученной точки *A* восстанавливают перпендикуляр к *OA* и на нем откладывают один отрезок. Уклон полученной прямой *OB* относительно прямой *OA* равен 1:3.

На рис. 3.102, *б* показано построение уклона, выраженного в процентах (25 %), т. е. прямоугольного треугольника, гипотенуза *OB* которого проведена под углом 25 % к горизонтальному катету *OA* (отношение катета *AB* к катету *AO* равно 1:4 или 25 %).

Уклон указывают на полке линии-выноски либо непосредственно у изображения линии уклона, для чего перед размерным числом, определяющим этот уклон, ставят знак ∠, острый угол кото-

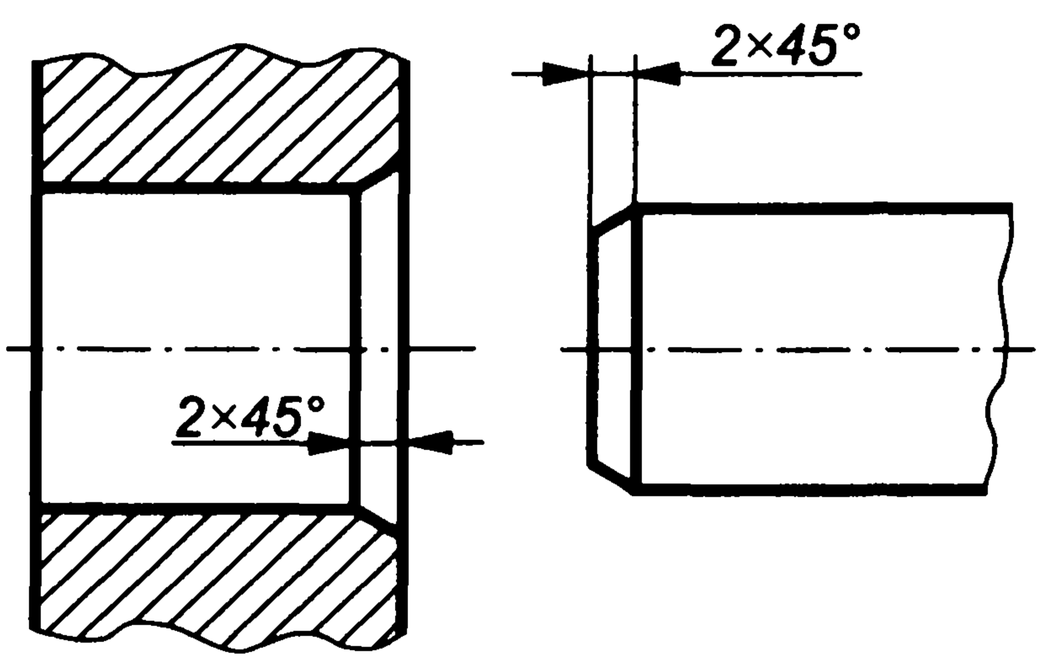


Рис. 3.100

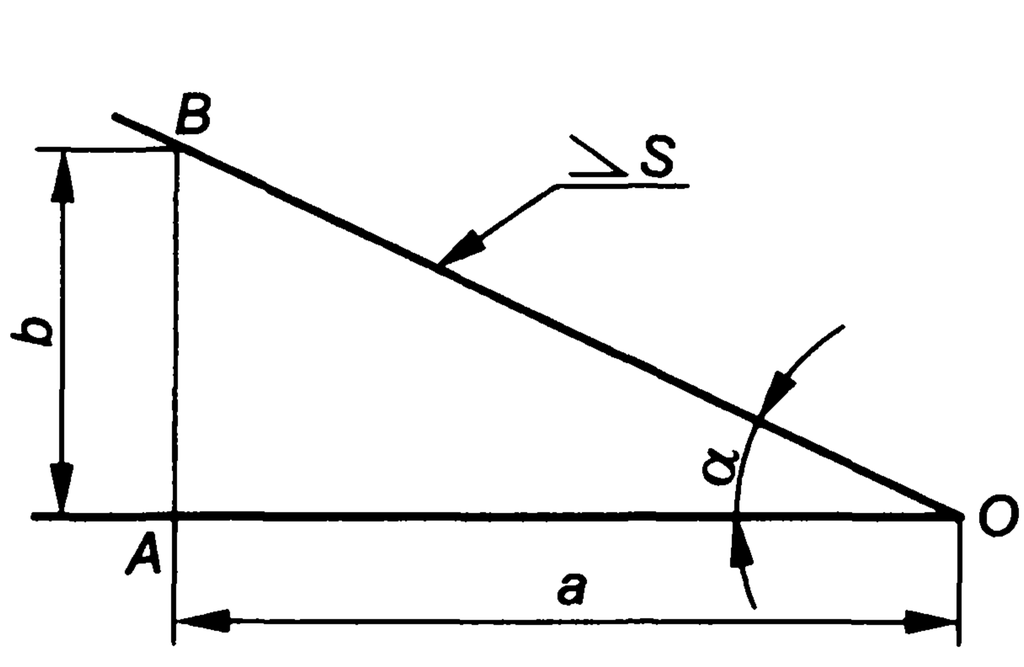


Рис. 3.101

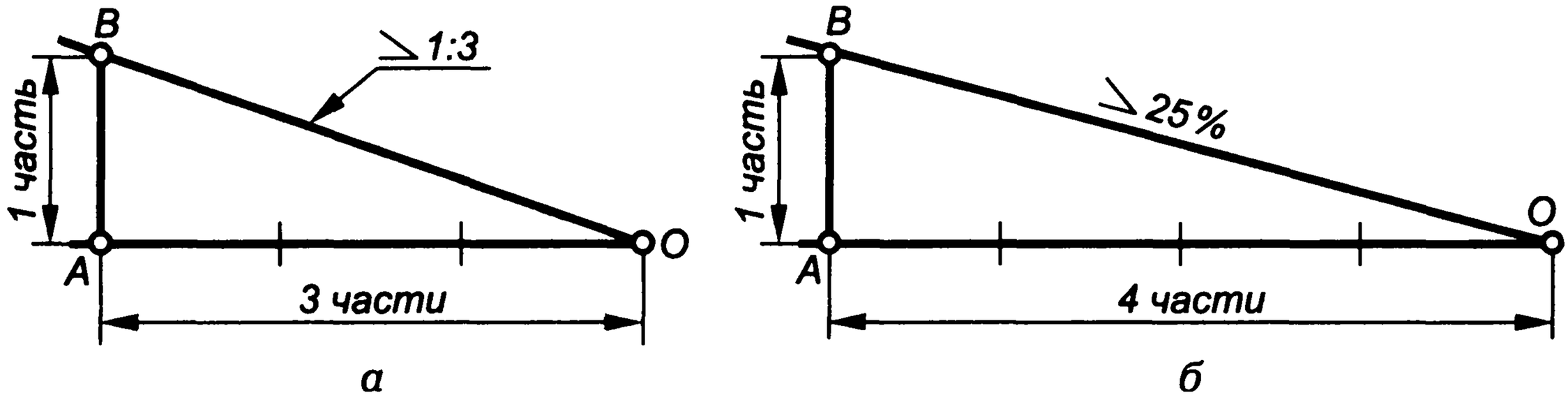


Рис. 3.102

рого должен быть направлен в сторону уклона. Стандартизованные значения уклонов приведены в табл. 3.7.

Построение конусности и ее обозначение. Конусностью называется отношение диаметра окружности основания прямого кругового конуса к его высоте (рис. 3.103, *а*), т.е. $C = D/H = 2\text{tg}\alpha$, или отношение разности диаметров двух поперечных сечений прямого кругового конуса к расстоянию между ними, т.е. $C = (D - d)/L = 2\text{tg}\alpha$.

Построение образующих конуса с заданной конусностью сводится к построению двух прямых с уклоном $S = C/2$ относительно оси конуса (рис. 3.103, *б*).

Конусность, как и уклон, выражается простой дробью с единицей в числителе. Перед соотношением, характеризующим конус-

Таблица 3.7. Нормальные конусности и уклоны

Конусность C, уклон S	Угол конуса 2α	Угол уклона α	Конусность C, уклон S	Угол конуса 2α	Угол уклона α
1:200	0°17′11″	0°8′36″	1:7	8°10′16″	4°5′8″
1:100	0°34′23″	0°17′11″	1:5	11°25′16″	5°42′38″
1:50	1°8′45″	0°34′23″	1:3	18°55′29″	9°27′44″
1:30	1°54′35″	0°54′17″	1:1,866	30°	15°
1:20	2°51′51″	1°25′56″	1:1,207	45°	22°30′
1:15	3°49′6″	1°54′33″	1:0,866	60°	30°
1:12	4°46′19″	2°23′9″	1:0,652	75°	37°30′
1:10	5°43′29″	2°51′45″	1:0,500	90°	45°
1:8	7°9′10″	3°34′35″	1:0,289	120°	60°

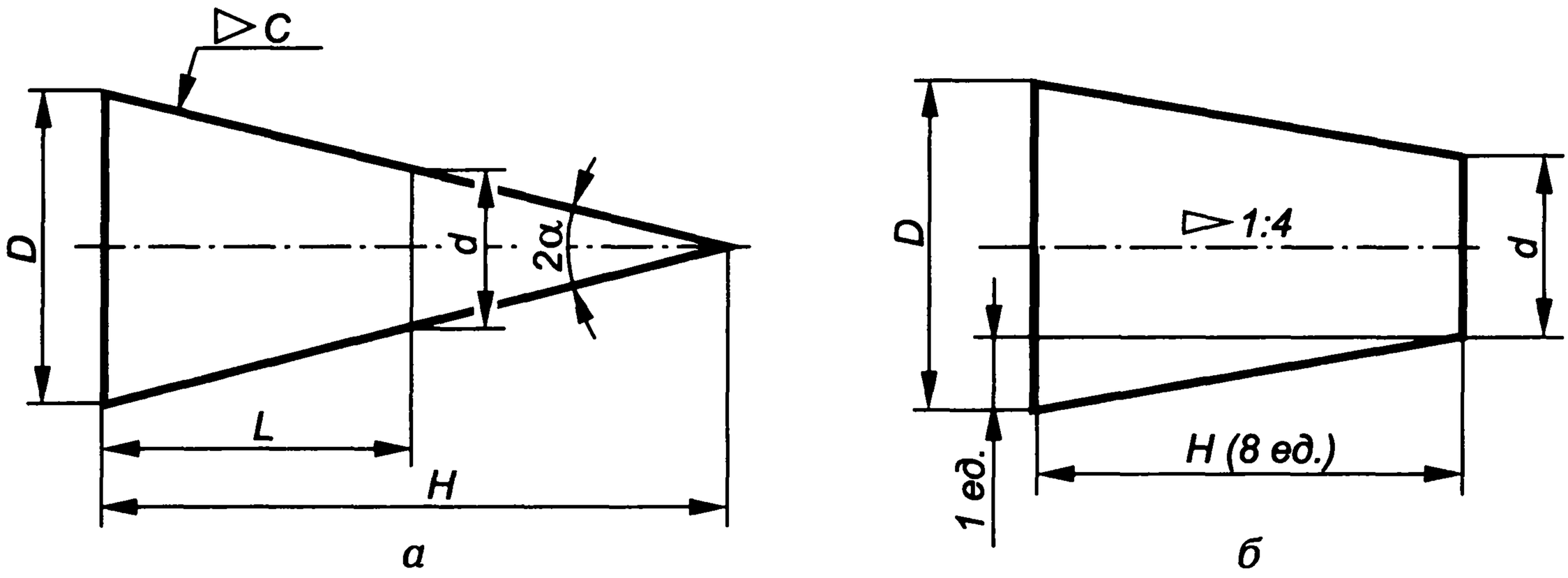


Рис. 3.103

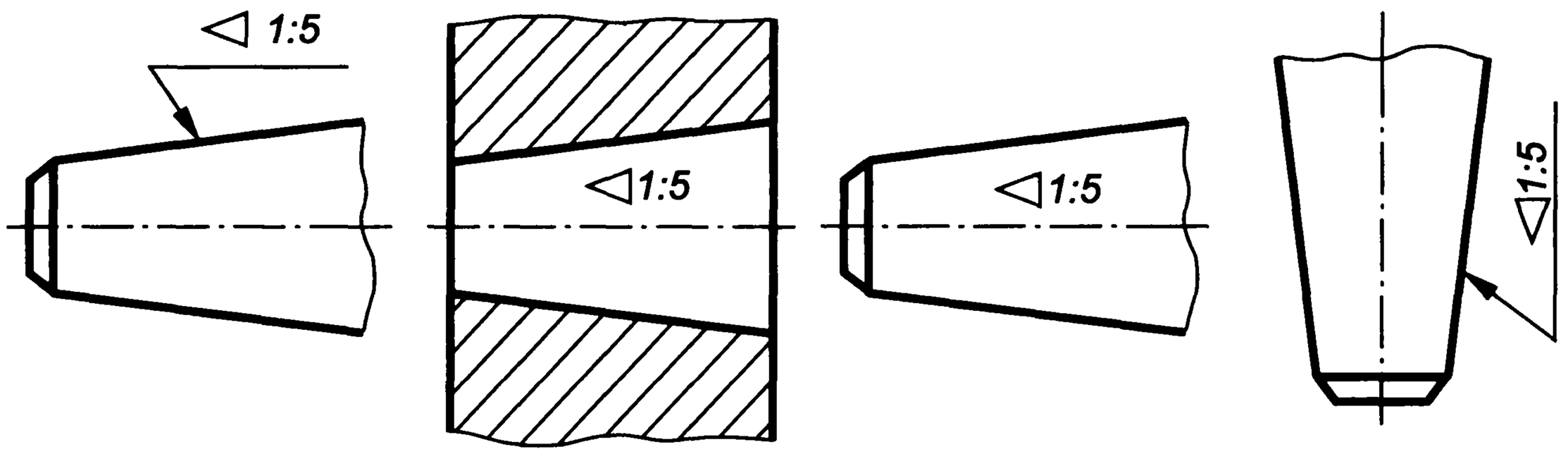
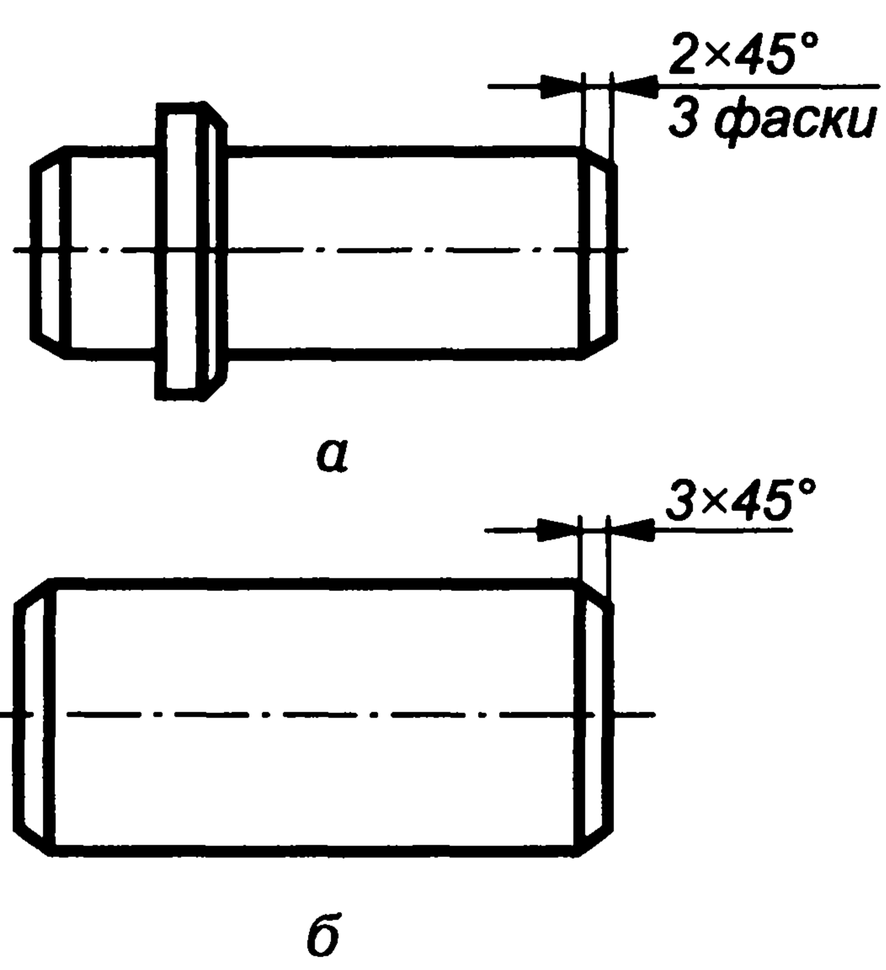


Рис. 3.104

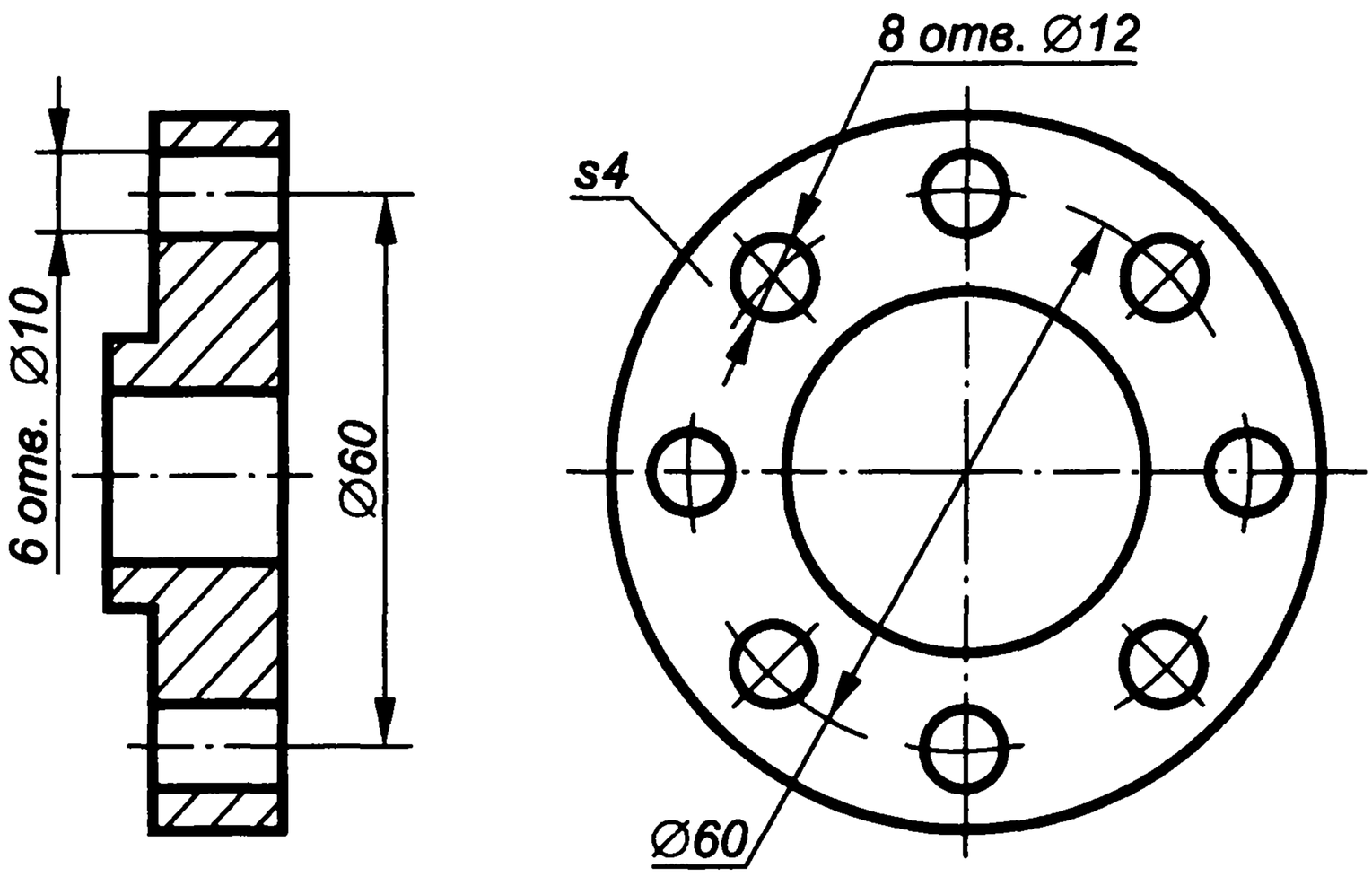
ность, на чертеже ставят знак ▷, острый угол которого должен быть направлен в сторону вершины конуса. Знак и значение конусности располагаются над осевой линией конуса или на полке линии-выноски (рис. 3.104). Стандартизованные (ГОСТ Р 53440—2009) значения конусности приведены в табл. 3.7.



Расположение размеров нескольких одинаковых элементов. Размер нескольких одинаковых фасок детали проставляют один раз с указанием их числа (рис. 3.105, *а*).

Размер одинаковых и симметрично расположенных фасок детали наносится один раз без указания их числа (рис. 3.105, *б*).

Рис. 3.105



а *б*

Рис. 3.106

Вместо угловых размеров, определяющих взаимное положение элементов, расположенных равномерно по окружности, указывают их число (рис. 3.106). Размеры, определяющие положение симметрично расположенных отверстий симметричных деталей, наносят, как показано на рис. 3.107.

При наличии у детали элемента, расположение которого конструктивно связано с расположением отверстий, одно из них связывают угловым размером с этим элементом (рис. 3.108).

Одинаковые элементы, расположенные в разных частях изделия (например, отверстия), рассматривают как один элемент, только если между ними нет промежутка (рис. 3.109, *а*) или если эти

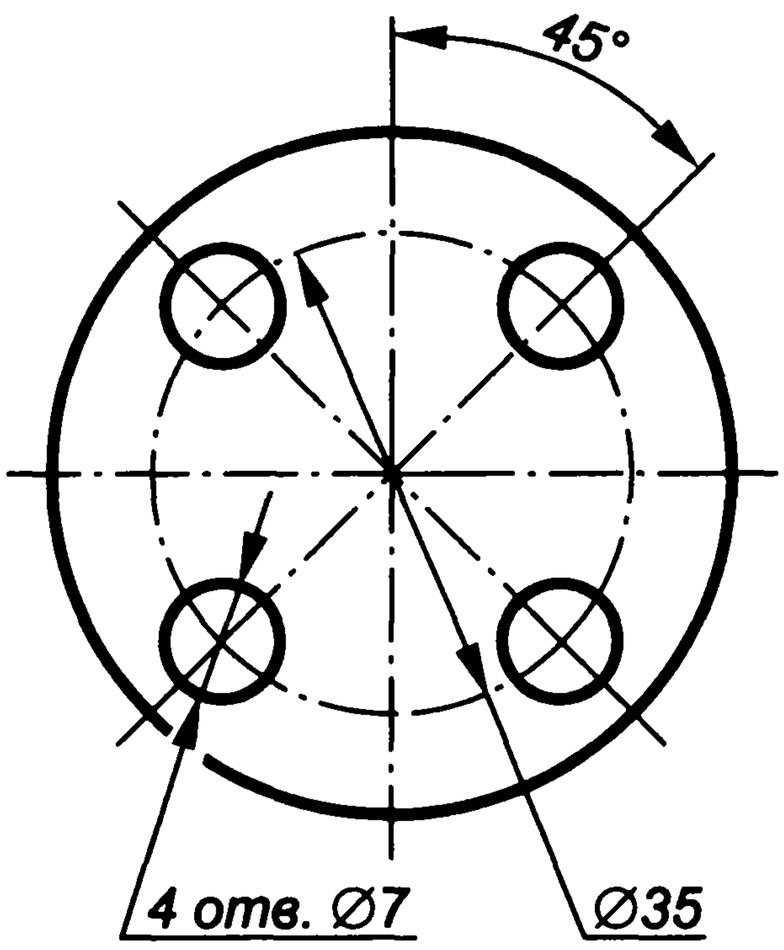


Рис. 3.107

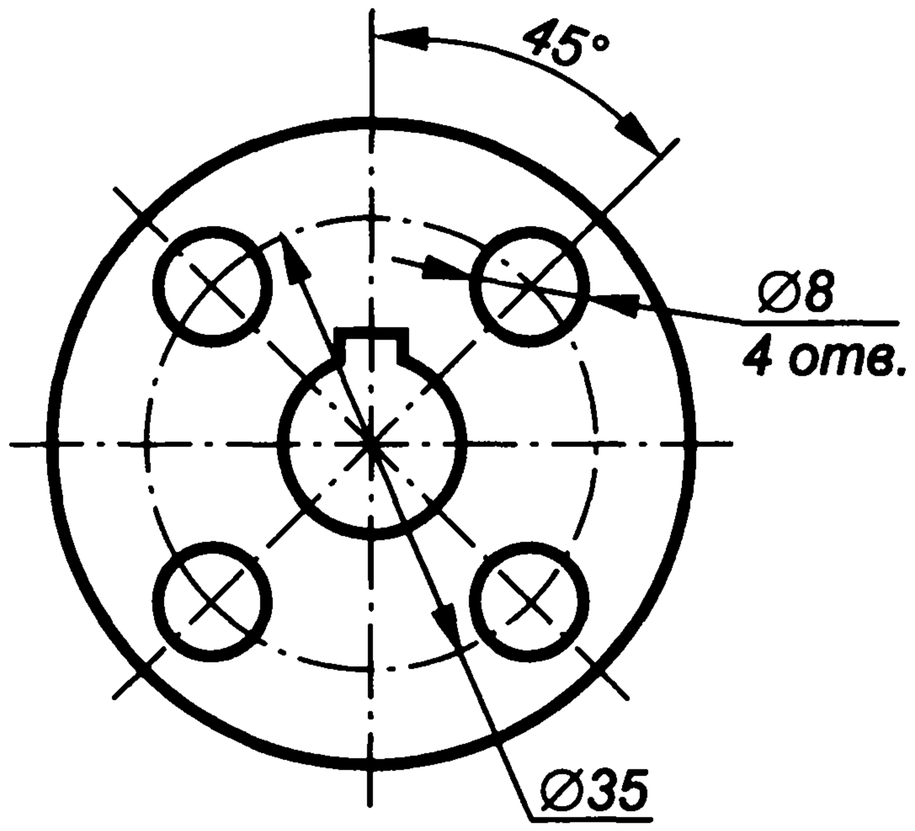
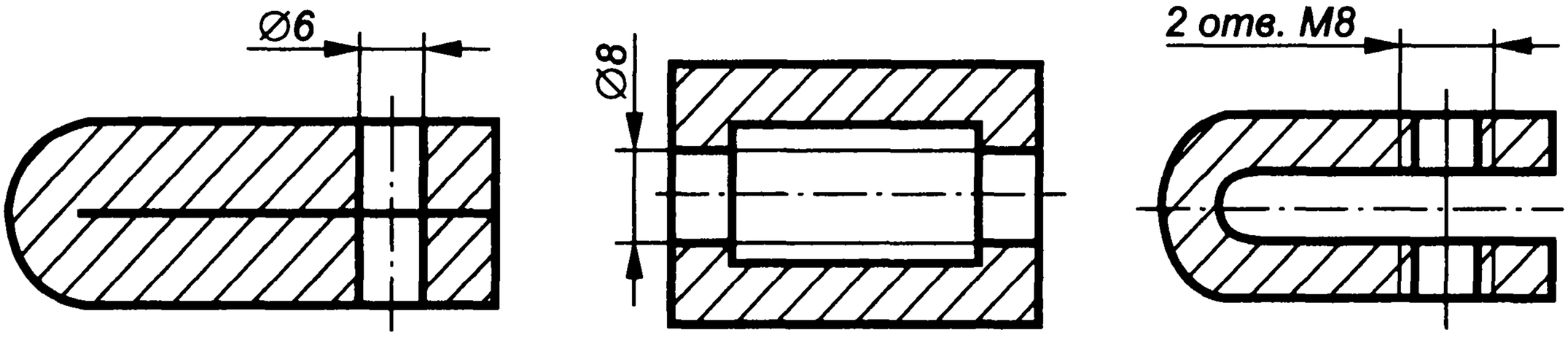


Рис. 3.108



а *б* *в*

Рис. 3.109

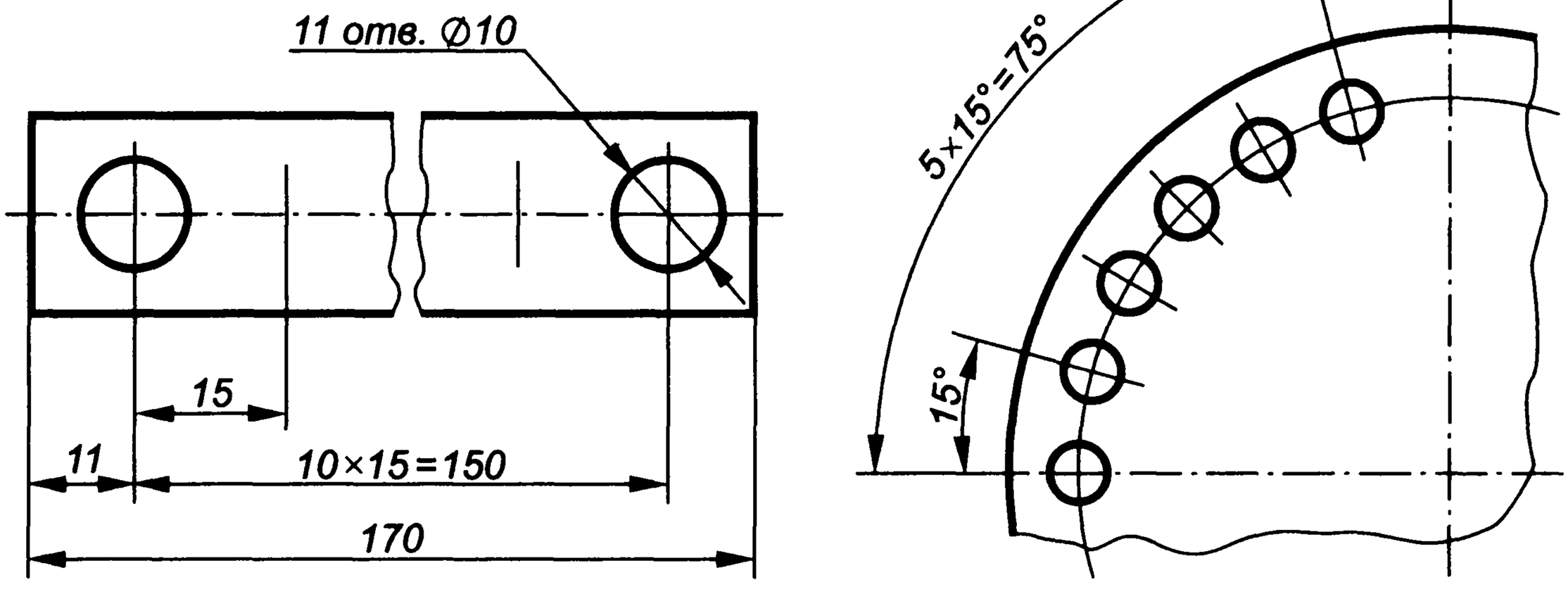


Рис. 3.110

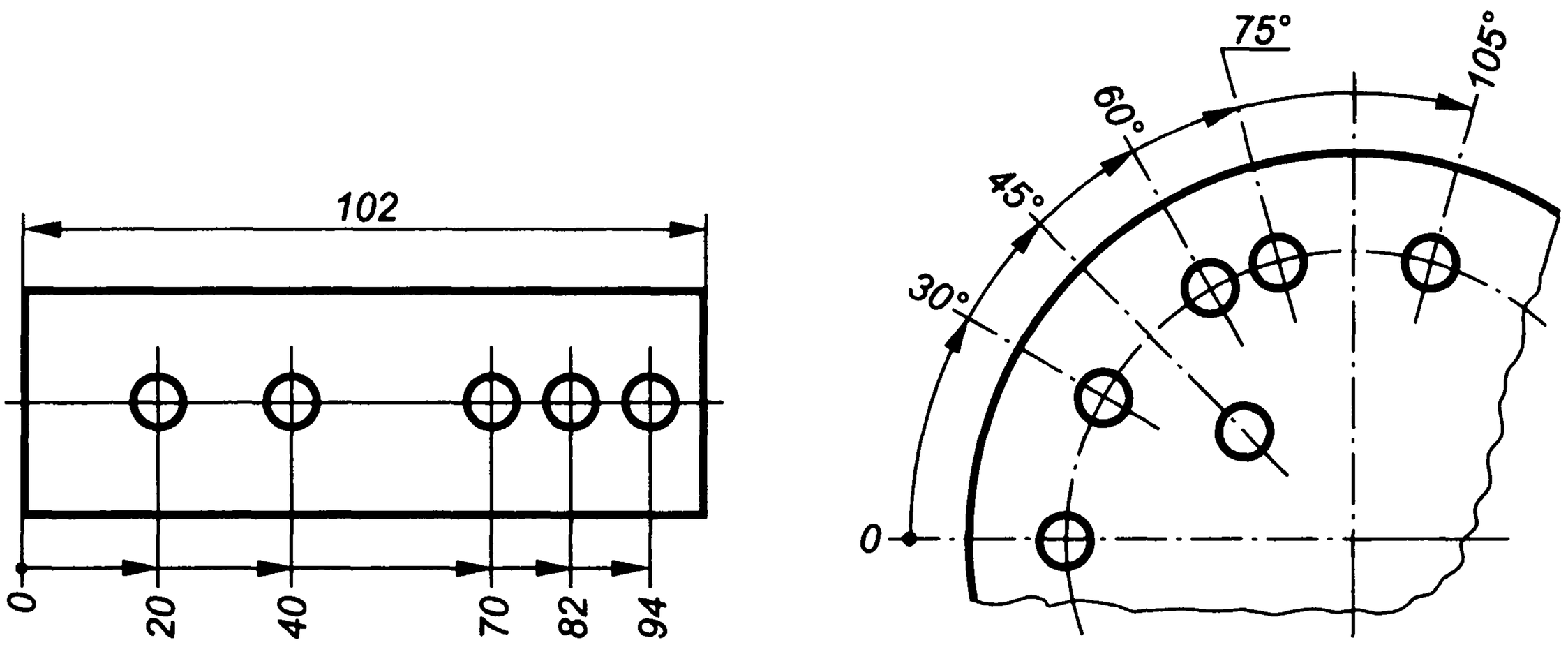


Рис. 3.111

элементы соединены тонкими сплошными линиями (рис. 3.109, *б*). При отсутствии этих условий указывают полное число элементов (рис. 3.109, *в*). Угловые размеры элементов, равномерно расположенных по окружности, не указывают.

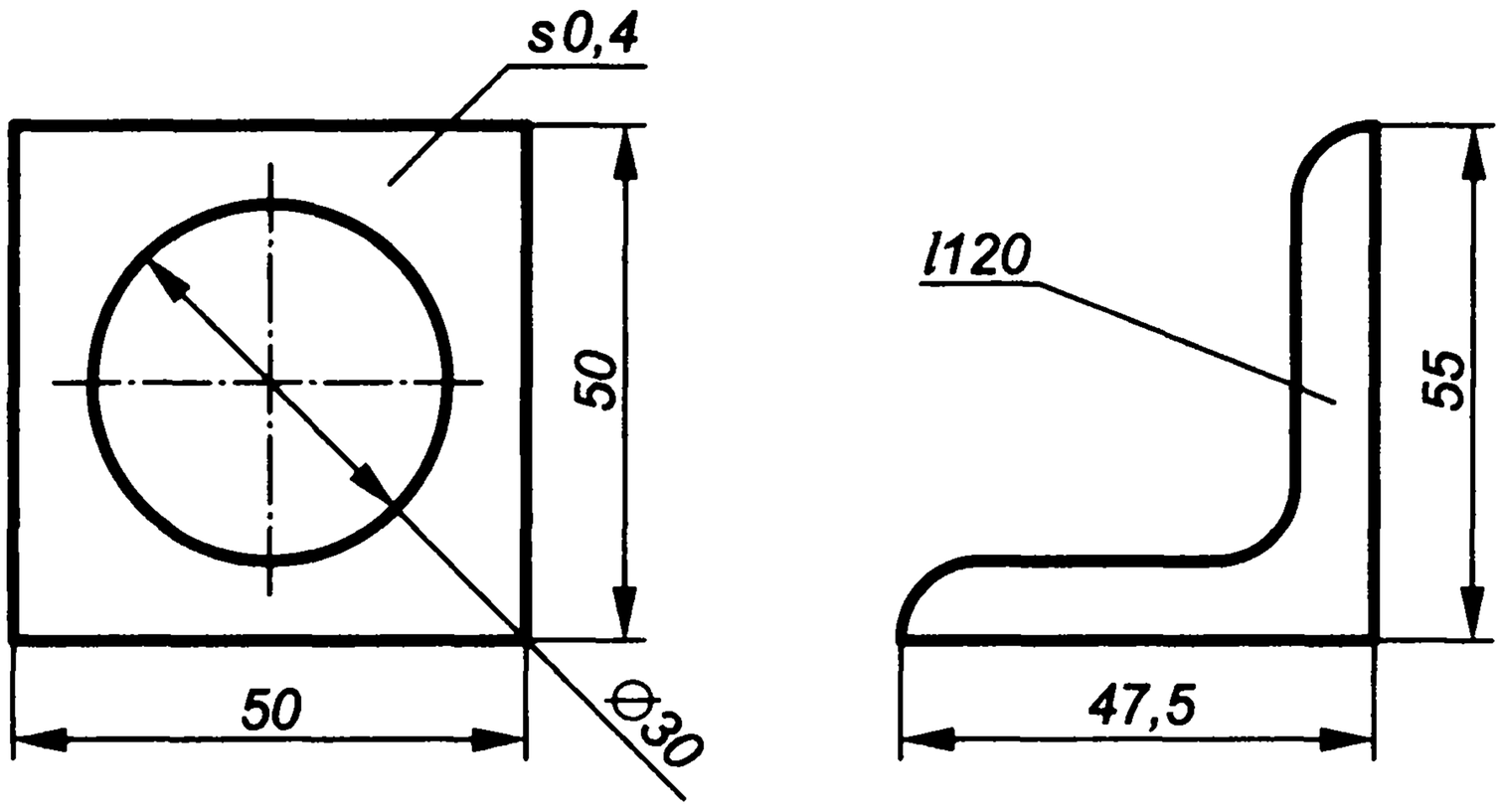


Рис. 3.112

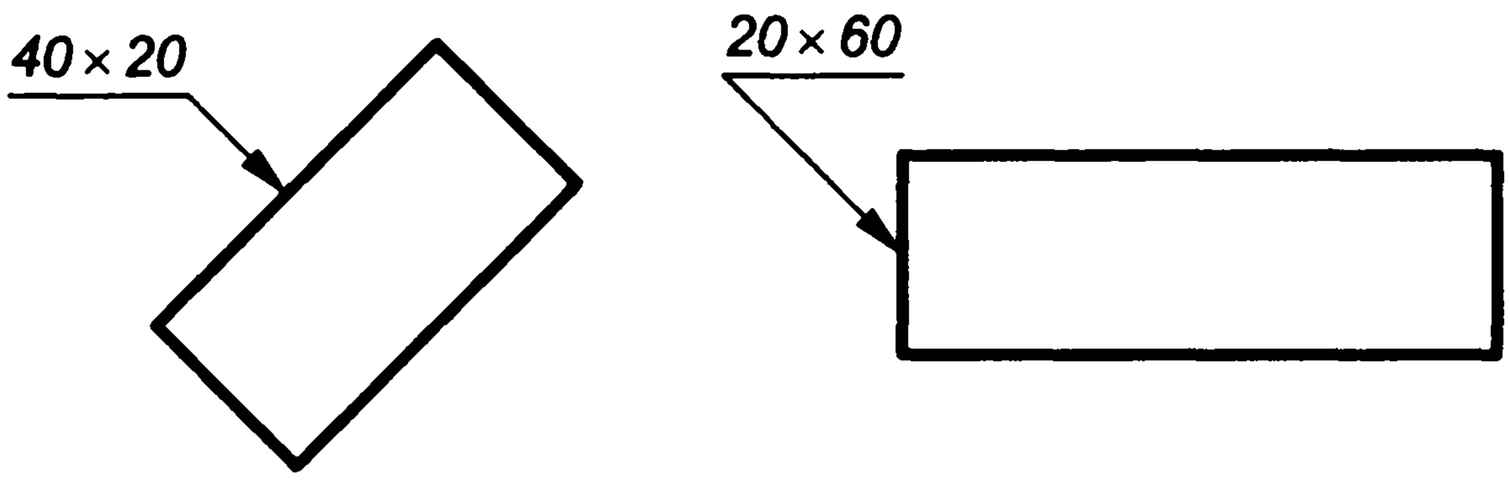


Рис. 3.113

При равномерном расположении одинаковых элементов (отверстий) изделия рекомендуется указывать расстояния между соседними из них и между крайними в виде произведения числа промежутков между ними и размера одного промежутка (рис. 3.110).

При большом числе размеров, указываемых от общей базы, допускается наносить их, как показано на рис. 3.111, т. е. общую размерную линию провести от отметки 0 и размерные числа проставлять в направлении выносных линий у их концов. При изображении детали в одной проекции ее толщина (*s*0,4) или длина (*l*120) наносятся, как показано на рис. 3.112.

Размеры сторон детали или отверстия с прямоугольным сечением указываются на полке линии-выноски через знак умножения. При этом на первом месте ставится размер той стороны прямоугольника, от которой проводится линия-выноска (рис. 3.113).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как при нанесении размера прямолинейного отрезка проводятся выносные линии и размерная линия по отношению к выносным линиям?

2. Каковы формы стрелок, используемых на концах размерной линии, и примерное соотношение их элементов?
3. В каком случае стрелки на размерной линии наносятся только с одной стороны, а размерная линия проводится за ось изображения?
4. Как проводятся выносные и размерные линии при нанесении размера угла?
5. Как проводятся выносные и размерные линии при нанесении длины дуги окружности и какой знак ставится над размерным числом?
6. Как располагаются размерные числа по отношению к размерным линиям?
7. В каких случаях линейные и угловые размеры наносятся на полке линии-выноски?
8. Допускается ли пересечение размерных чисел и стрелок размерных линий какими-либо линиями чертежа?
9. В каких единицах указываются линейные размеры на чертежах и в каком случае эти единицы измерения наносятся на чертеже?
10. В каких единицах указывают угловые размеры и проставляют ли эти единицы у размерных чисел?
11. Каковы минимальные расстояния между параллельными размерными линиями и между размерной линией и линией видимого контура? Разрешается ли эти расстояния изменять на одном чертеже?
12. Как рекомендуется располагать размерные числа по отношению к нескольким параллельным или концентрическим размерным линиям? Как следует указывать меньшие и большие размеры по отношению к контуру изображения, чтобы размерные и выносные линии не пересекались?
13. Допускается ли указывать размер одного и того же элемента и на изображении, и в технических условиях?
14. Как следует группировать размеры, относящиеся к внешним и внутренним очертаниям предмета, при совмещении вида с разрезом?
15. Какой размер называется справочным и как он оформляется на чертеже?
16. Как рекомендуется группировать размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу, при выполнении нескольких его изображений?
17. Какими знаками обозначаются диаметр, радиус, дуга, сфера, квадрат, уклон, конусность?
18. Каковы размеры знаков диаметра, радиуса, дуги, сферы, квадрата, уклона и конусности по отношению к размерным числам?
19. Как обозначаются, вычисляются, строятся уклон и конусность?

20. Как наносятся размеры нескольких одинаковых отверстий и фасок, выполняемых под углом 45°?
21. Как указывают толщину и длину детали при изображении ее в одной проекции?
22. Как указывают размеры детали или отверстия прямоугольной формы?
23. Чем заменяют стрелки размерных линий при недостатке места на чертеже в случае расположения размерных линий цепочкой?
24. На каком изображении рекомендуется наносить размеры цилиндрических поверхностей?

3.5. ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

Под чтением чертежа детали понимается получение по чертежу представления об ее пространственной (объемной) форме и размерах.

Для выявления формы изображенной на чертеже детали необходимо:

- уметь расчленять деталь и читать по чертежу форму отдельных составляющих ее элементов, рассматриваемых как сочетание простых геометрических тел, мысленно представляя их объемное изображение;
- учитывать установленные стандартами условности и упрощения, применяемые при выполнении изображений (соединение части вида и части разреза, выкатывание отверстий в секущую плоскость, условное изображение на разрезе тонких стенок, спиц, болтов, шариков и т. п.), а также условные знаки диаметра, радиуса, сферы, квадрата, уклона, конусности и другие, стоящие перед размерами, что позволит однозначно определить форму поверхностей детали.

Чтение чертежа следует выполнять в следующем порядке:

1. Определить, какие виды детали изображены на чертеже и какой из них главный.

2. Обратить внимание на имеющиеся разрезы и сечения, помогающие выявить внутренние формы детали, не раскрытые на видах.

3. Обратить внимание на условные знаки, стоящие перед размерами.

4. Представить (мысленно) форму наружных простых геометрических тел, из которых состоит деталь.

5. Представить (мысленно) форму простых геометрических тел, расположенных внутри детали.

6. Составить полное представление о форме детали, обобщив результаты выполненных перед этим действий.

Рассмотрим примеры чтения чертежа, содержащего только виды, и чертежа с видами и разрезами.

Пример 3.1. Требуется прочитать чертеж детали, изображенной на рис. 3.114, *а*.

На чертеже изображены главный вид и вид детали сверху. В ней нет внутренних геометрических поверхностей, поскольку отсутствуют разрезы, сечения, и нет линий невидимого контура. Деталь содержит четыре элемента, имеющих различные геометрические формы.

Элемент *1* на главном виде — полукруг, а на виде сверху — круг. Из этого следует, что данный элемент является полусферой, имеющей высоту 10 мм (рис. 3.114, *б*, поз. *1*).

Элемент *2* на главном виде — равнобокая трапеция, а на виде сверху — две окружности. Очевидно, что этот элемент является усеченным конусом (рис. 3.114, *б*, поз. *2*).

Элемент *3* на главном виде — прямоугольник, а на виде сверху — круг. Так проецируется цилиндр. Высота этого цилиндра 10 мм (рис. 3.114, *б*, поз. *3*).

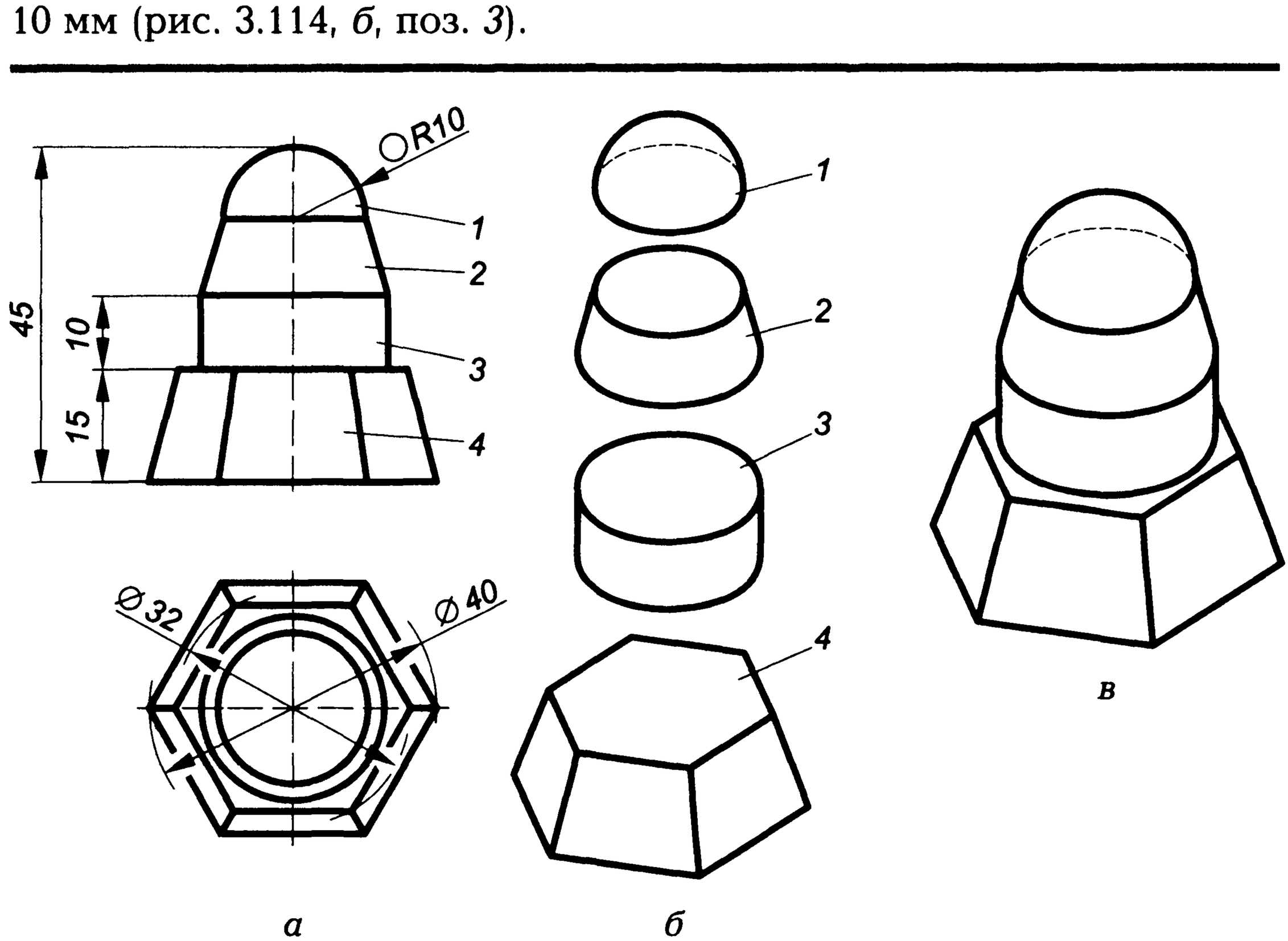


Рис. 3.114

Элемент *4* на главном виде — трапеция высотой 15 мм с двумя наклонными линиями, а на виде сверху — два шестиугольника с линиями между ними. Так изображается на чертеже усеченная шестиугольная пирамида (рис. 3.114, *б*, поз. *4*).

Представив пространственные формы каждого элемента детали и мысленно обобщив их воедино, узнаем форму всей детали (рис. 3.114, *в*).

Пример 3.2. Требуется прочитать чертеж детали, изображенной на рис. 3.115, *а*.

На чертеже представлены главный вид детали и ее виды сверху и слева. Деталь состоит из трех элементов, имеющих различные геометрические формы.

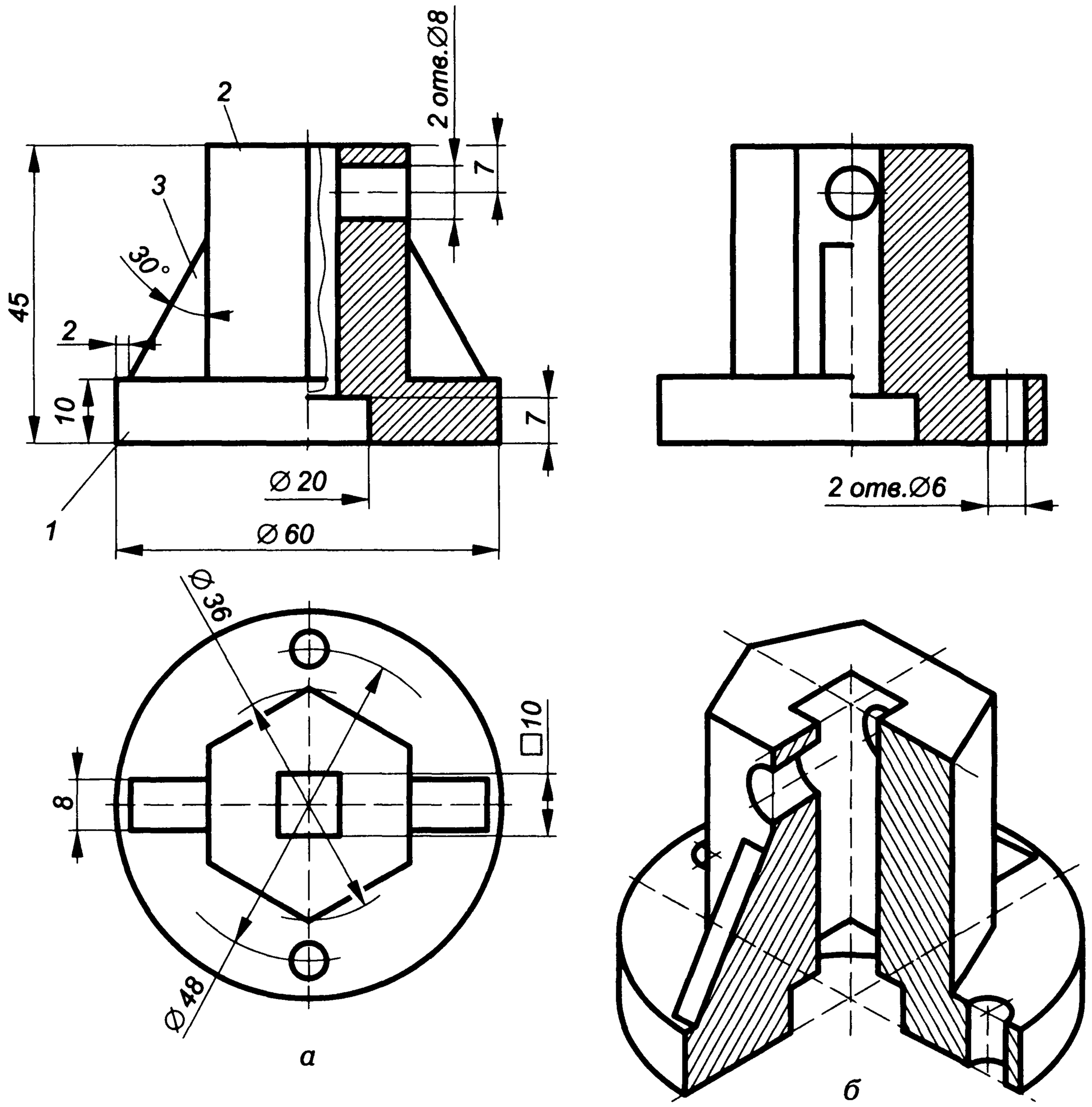


Рис. 3.115

Элемент *1* на главном виде — прямоугольник высотой 10 мм, а на виде сверху — круг диаметром 60 мм. Так проецируется цилиндр.

Элемент *2* на главном виде — прямоугольник высотой 35 мм, а на виде сверху — шестиугольник с диаметром описанной окружности 36 мм. Так изображается на чертеже шестиугольная призма.

Элементы *3* на главном виде — треугольники, а на виде сверху — прямоугольники. Так изображаются усеченные четырехугольные призмы, которые в данной детали служат ребрами жесткости.

На главном виде выполнен простой разрез фронтальной плоскостью, выявляющий следующие внутренние поверхности: цилиндрическое отверстие диаметром 20 мм, квадратное отверстие со стороной квадрата 10 мм и два цилиндрических отверстия диаметром 8 мм. Секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии детали, и поэтому разрез на чертеже не обозначен. На главном виде вид с разрезом разделены волнистой линией, а не осевой, поскольку линия видимого контура (ребро шестиугольной призмы) проецируются на ось и должно быть выявлено. Ребро жесткости на разрезе не заштриховано, поскольку разрезано продольной плоскостью.

На виде слева выполнен простой профильный разрез, выявляющий два цилиндрических отверстия диаметром 6 мм, расположенных на диаметре 48 мм.

Представив пространственные формы каждого геометрического тела детали и мысленно обобщив их воедино, получим полное представление о детали, изображенной на рис. 3.115, *б*, и по размерным числам определим ее размеры.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что понимают под чтением чертежа?
2. Как следует расчленять и представлять изображенную деталь для выявления ее формы?
3. Какие условности и упрощения, установленные стандартами, следует учитывать при чтении чертежа детали?
4. Каков порядок чтения чертежа детали?
5. Каковы формы простых геометрических тел, из которых состоит деталь в примере 3.1?
6. Каковы формы простых геометрических тел, из которых состоит деталь в примере 3.2?

3.6. ПОСТРОЕНИЕ НЕДОСТАЮЩИХ ПРОЕКЦИЙ ТОЧЕК НА ПОВЕРХНОСТЯХ ДЕТАЛИ

Недостающие проекции точек на поверхностях детали находят в следующем порядке.

1. Определяют вид поверхности, которой принадлежит заданная точка.

2. Определяют, какую простую линию (окружность или прямую) можно провести на данной поверхности через заданную точку.

3. Вспоминают условие принадлежности точки поверхности: *точка принадлежит поверхности, если она принадлежит любой линии на ней.*

4. Выбирают простую линию (окружность или прямую) на поверхности, проходящую через заданную точку.

5. Проводят проекцию этой простой линии через известную проекцию искомой точки.

6. Строят вторую проекцию этой линии.

7. На построенной проекции линии с помощью линии связи находят недостающую проекцию заданной точки, учитывая при этом видимость известной ее проекции.

Рассмотрим пример такого построения.

Пример 3.3. На рис. 3.116, *а* изображены главный вид и вид сверху детали. На главном виде заданы фронтальные проекции *1′*, *3′*, *5′*, *7′* видимых и (*2′*), (*4′*), (*6′*), (*8′*), (*9′*) невидимых точек, находящихся на поверхности детали. Требуется построить горизонтальные проекции этих точек на виде сверху.

Деталь состоит из *торовой* (Т), *сферической* (С), *цилиндрической* (Ц), *конической* (К) *и пирамидальной* (ПР) поверхностей. На первых четырех поверхностях детали простыми линиями, которые можно провести через заданные точки, являются окружности, параллельные горизонтальной плоскости проекций. Эти окружности проецируются на главном виде в отрезки, перпендикулярные к оси детали, а на виде сверху — в окружности. Возможными простыми линиями на пирамидальной поверхности являются прямые линии. С помощью определенных простых линий, проходящих через искомые точки, найдем недостающие проекции этих точек.

Точки *1* и (*2*) принадлежат торовой поверхности. Проведем через их проекции *1′* и (*2′*) фронтальную проекцию *k′* окружности, которая проецируется в отрезок (рис. 3.16, *б*). Построим ее горизонтальную проекцию, представляющую собой окружность *k*, и на

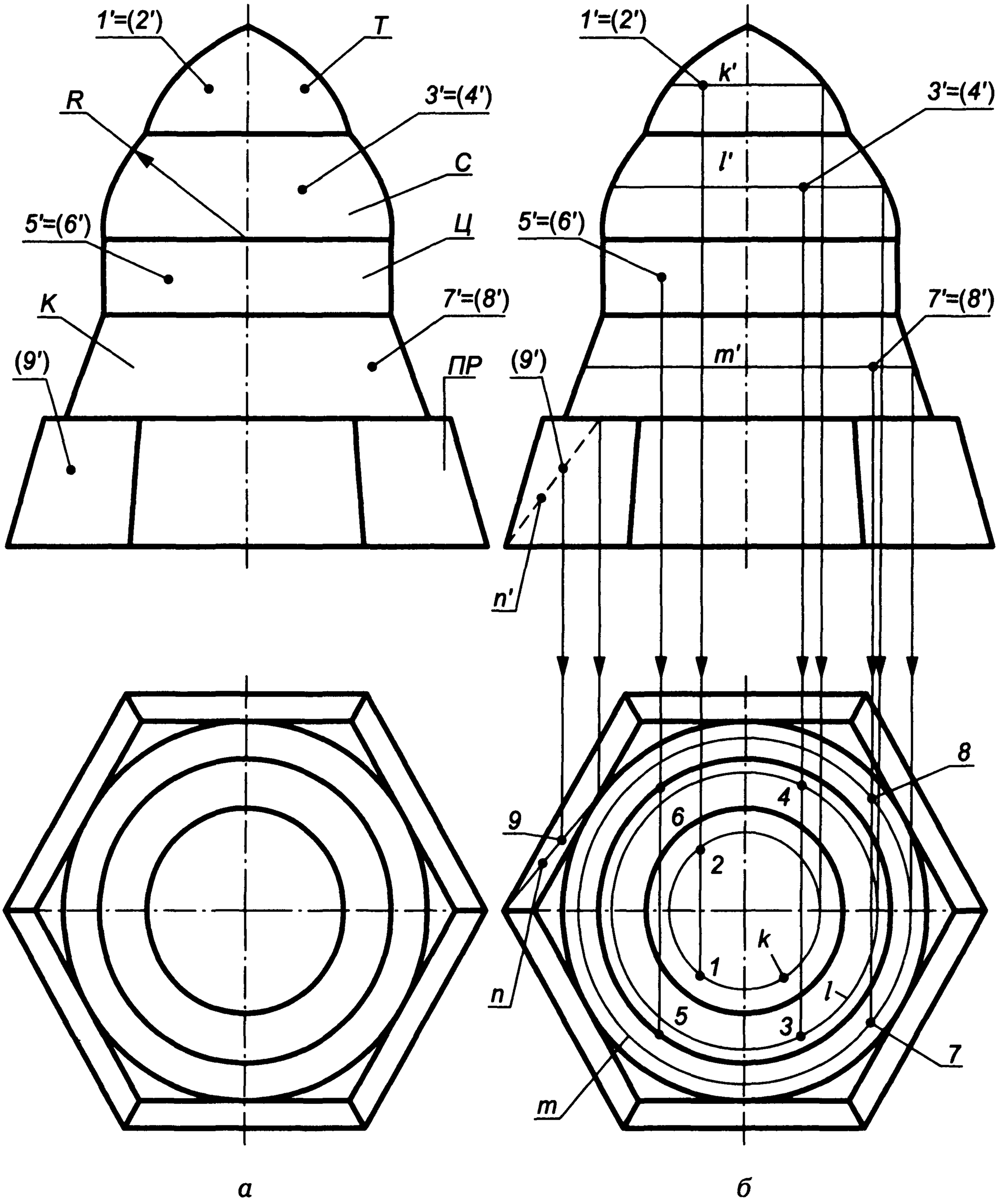


Рис. 3.116

ней с помощью линии связи, проходящей через проекции $1' = (2')$, построим горизонтальные проекции *1* и *2* этих точек с учетом их видимости на главном виде.

Аналогично построим недостающие проекции точек $3 = (4)$ с помощью проекций l' и l окружности, проходящей через эти точки, а также точек *7* и (*8*) с помощью проекций m' и m окружности.

Точки *5* и *6* найдем с помощью линии связи на горизонтальной проекции окружности, в которую проецируется поверхность цилиндра.

Точка *9* располагается на грани пирамиды. Проведем в этой грани фронтальную проекцию n' прямой через вершину основания пирамиды и проекцию (*9'*). Найдем с помощью линий связи горизонтальную проекцию этой прямой и на ней с помощью линии связи — горизонтальную проекцию точки *9*.

Следует иметь в виду, что если на поверхностях (кроме цилиндрической) заданы горизонтальные проекции указанных точек, то их фронтальные проекции определяются с помощью этих же линий на поверхностях, начиная с горизонтальной плоскости проекций, а указанное стрелками направление решения изменяется на противоположное.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как формулируется условие принадлежности точки поверхности?
2. Какие простые линии имеются на плоскости, цилиндрической, конической, сферической, торовой и призматической поверхностях?
3. Каков порядок определения недостающих проекций точки на поверхности?

3.7. ПОСТРОЕНИЕ ТРЕТЬЕГО ВИДА ПО ДВУМ ЗАДАННЫМ

При выполнении чертежей предметов часто приходится строить третье их изображение по двум заданным. Это требует умения читать чертеж, определять поверхности, ограничивающие предмет, и линии их пересечения. Рассмотрим два примера таких построений.

Пример 3.4. (*Построение третьего вида предмета по двум заданным.*) На рис. 3.117 заданы главный вид и вид сверху. Требуется построить вид слева.

Предмет содержит первый верхний цилиндр вращения, половина которого срезана профильной плоскостью; второй цилиндр вращения меньшего диаметра, в котором выполнен вырез фронтальной и профильной плоскостями на части его высоты; призму

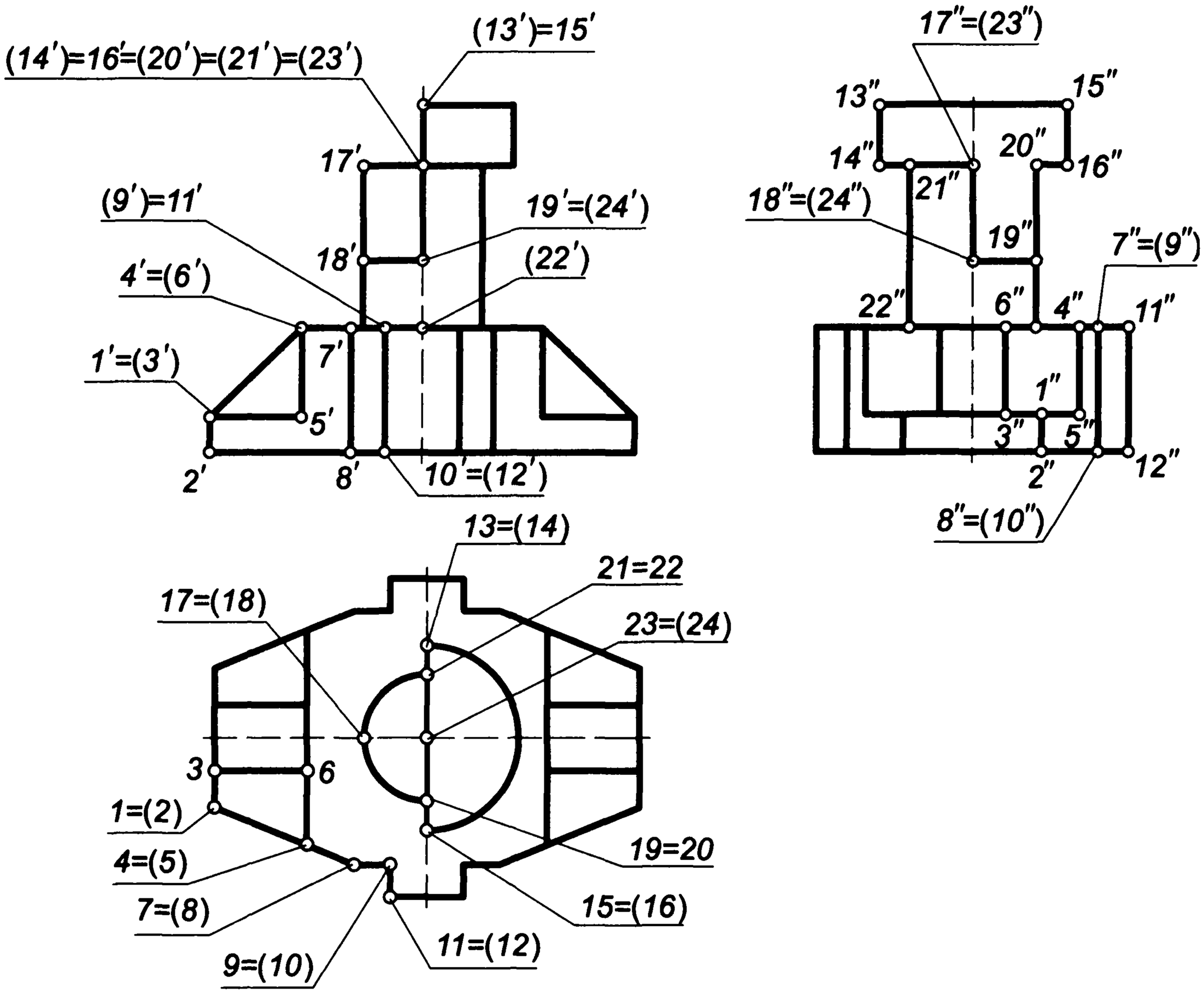


Рис. 3.117

сложной конфигурации с двумя выступами и двумя ребрами жесткости в виде усеченных четырехугольных призм.

Для построения третьего вида (вида слева) на заданных двух видах обозначены проекции характерных точек *1...24*. По двум имеющимся проекциям каждой точки строим их третью проекцию на виде слева. Построенные точки соединяем линиями, которые они определяют.

Пример 3.5. (*Построение недостающей третьей проекции предмета по двум заданным с выполнением разрезов.*) На рис. 3.118 заданы главный вид и вид сверху. Требуется построить вид слева для выявления полной формы предмета без штриховых линий с использованием необходимых для этого разрезов и сечений.

Прежде чем приступить к построению необходимо прочитать чертеж, т. е. мысленно расчленить этот предмет на составляющие его элементы и определить их поверхности. Чтобы правильно прочитать чертеж, необходимо знать, как образуются поверхности всех элементов, составляющих предмет, и как изобразить их на

чертеже, а также уметь определять линии их взаимного пересечения.

Рассмотрев заданное изображение, устанавливаем, что контуры изображений ряда элементов предмета ограничены прямыми линиями, значит эти элементы предмета ограничены такими поверхностями, которые могут проецироваться на две плоскости проекций в две прямые линии или в прямую и плоскую фигуру (прямоугольник). Такими поверхностями могут быть только плоскости. В первом случае плоскости будут перпендикулярны этим плоскостям проекций, а во втором — параллельны одной из них.

Устанавливаем также, что пять элементов предмета на горизонтальную плоскость проекций проецируются в виде окружностей, а на фронтальную — в виде прямоугольников. Так изображается на двух взаимно-перпендикулярных плоскостях прямой круговой ци-

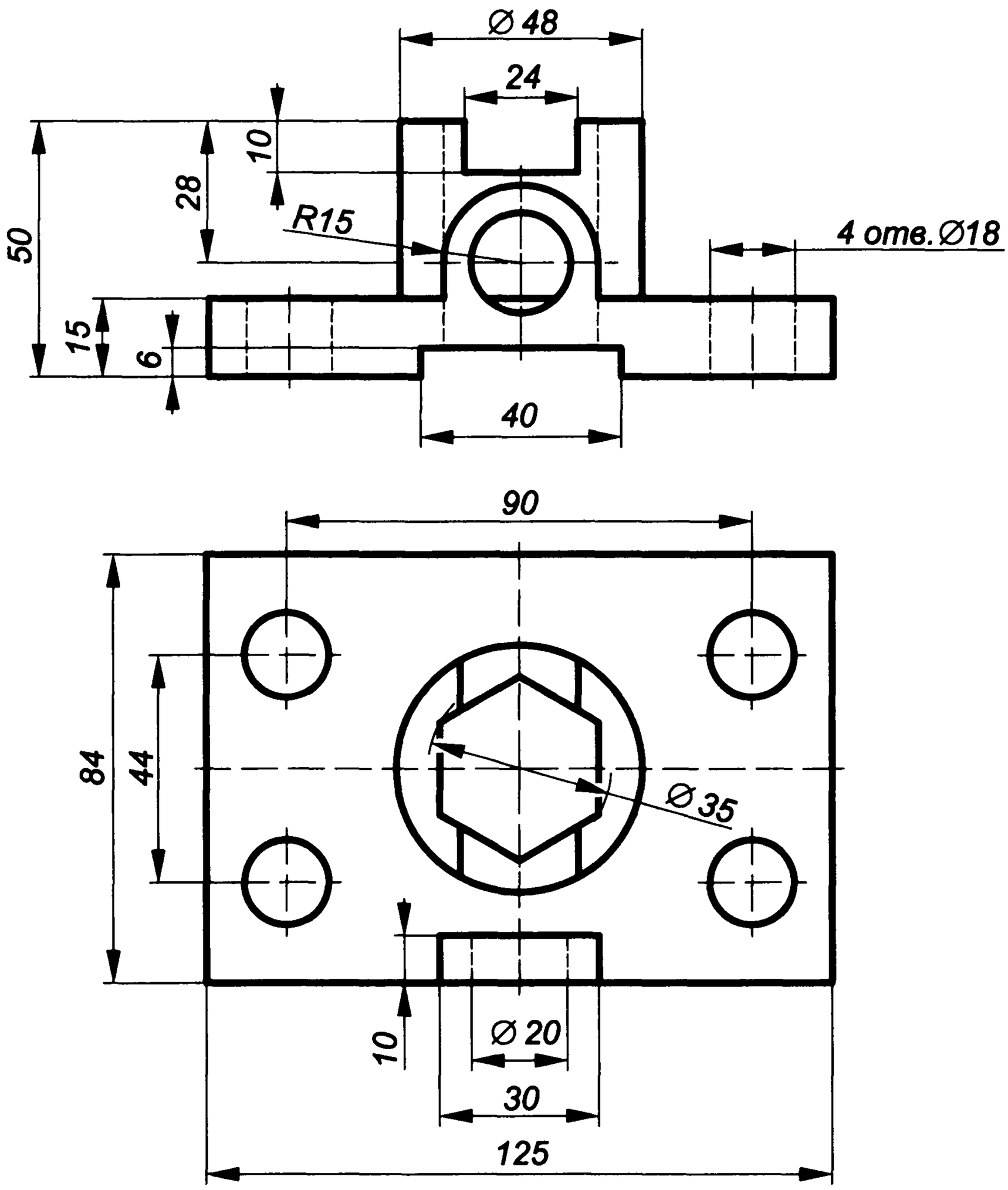


Рис. 3.118

линдр с осью, перпендикулярной к горизонтальной плоскости проекций.

Один элемент предмета на фронтальную плоскость проецируется в виде окружности, а на горизонтальную — в виде прямоугольника. Это круговой цилиндр, ось которого перпендикулярна к фронтальной плоскости проекций.

Также видим, что заданный предмет имеет элемент, который на горизонтальную плоскость проекций проецируется в виде шестиугольника, а на фронтальную — в виде прямоугольника. Такое изображение имеет призма, ось которой перпендикулярна к горизонтальной плоскости проекции.

Внутри цилиндра диаметром 48 мм имеются два паза шириной 24 мм и высотой 10 мм.

Выявив поверхности, ограничивающие заданный предмет, можно мысленно расчленить его на ряд элементов:

- основание, представляющее собой четырехугольную призму, в которой имеются сквозной паз шириной 40 мм и высотой 6 мм, четыре цилиндрических отверстия диа-

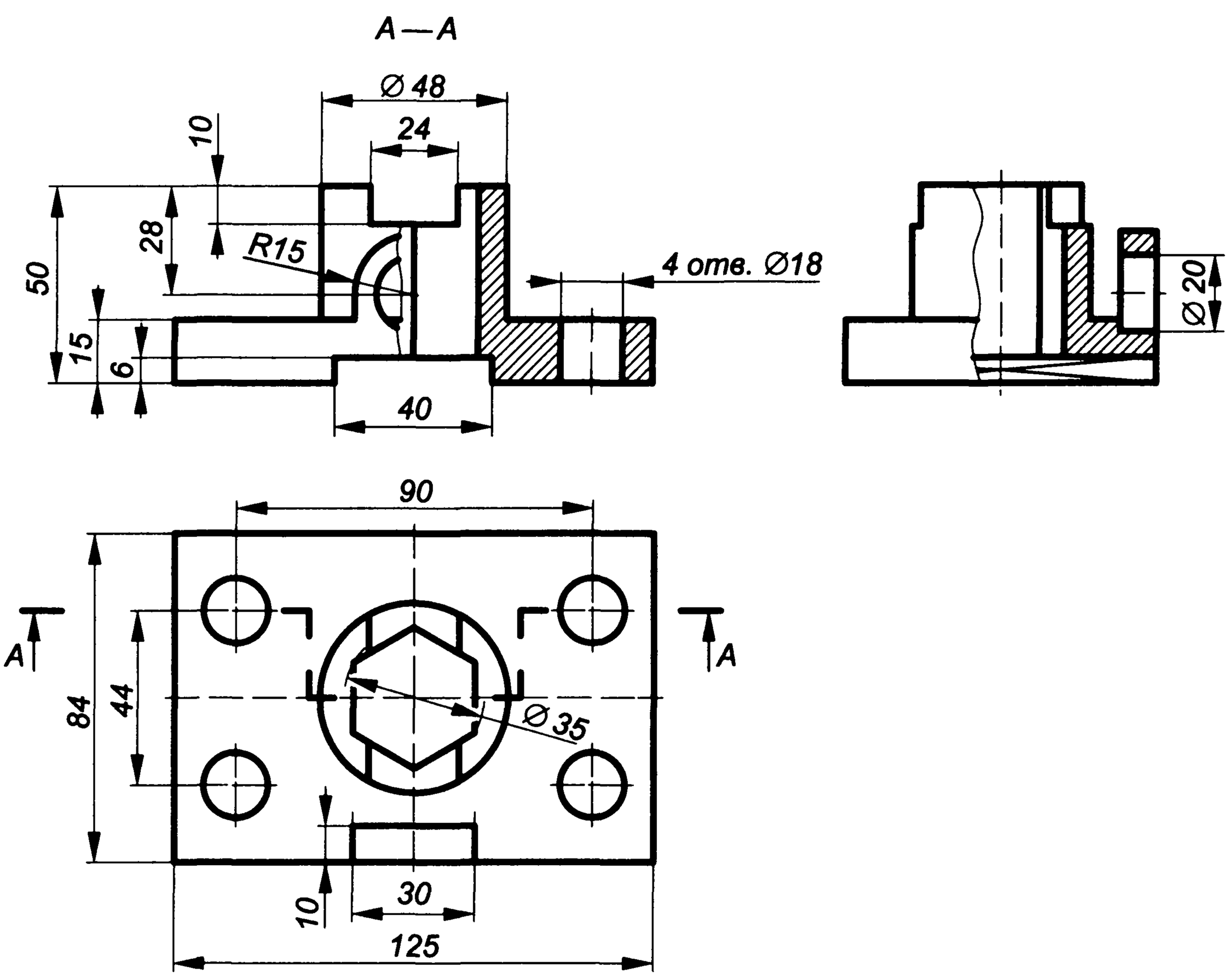


Рис. 3.119

метром 18 мм, а также ушко длиной 30 мм и шириной 10 мм с выполненным в нем сквозным цилиндрическим отверстием диаметром 20 мм;

- цилиндр диаметром 48 мм, расположенный на основании и имеющий внутреннее шестиугольное отверстие и два паза шириной 24 мм и высотой 10 мм.

Мысленно расчленив (прочитав) таким образом предмет, можно приступать к построению в тонких линиях недостающих его изображений, которое следует выполнять по элементам.

В приведенном примере имеется возможность соединить виды с соответствующими разрезами и одновременно построить разрезы, выявляющие невидимые контуры скрытых элементов (рис. 3.119).

Скрытыми элементами здесь являются центральное шестиугольное отверстие в цилиндре, четыре цилиндрических отверстия в основании и одно цилиндрическое отверстие в ушке.

Выявление этих элементов производится с помощью ступенчатого разреза *А—А* на главном виде и простого разреза на виде слева, выполненного плоскостью, совпадающей с плоскостью симметрии детали. Разграничение волнистой линией вида и разреза на главном виде обусловлено наличием ребра призматического отверстия, проекция которого совпадает с осью изображения, а на виде слева — несимметрией изображения.

Размеры на чертеже проставляются в соответствии с правилами, рассмотренными в подразд. 3.4.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова последовательность построения третьего вида по двум заданным?
2. С каких видов берут высоту и ширину детали для вида слева?
3. Какую линию удобно использовать как базовую при откладывании размеров по ширине на третьем виде?
4. Какова последовательность построения третьей проекции с разрезами и какие условности и упрощения необходимо учитывать при выполнении разрезов?
5. Почему на рис. 3.119 на виде сверху прерваны линии, пересекающие стрелки размерной линии размера ∅35?
6. Почему на рис. 3.119 на виде слева вид с разрезом соединены волнистой линией, а не осевой?
7. Почему на рис. 3.119 на виде слева разрез выполнен без нанесения секущей плоскости?
8. Для чего на рис. 3.119 на главном виде введена тонкая волнистая линия?

3.8. ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ И НАТУРАЛЬНОГО ВИДА ФИГУРЫ СЕЧЕНИЯ ДЕТАЛИ ПРОЕЦИРУЮЩЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ

Проецирующие плоскости, не параллельные ни одной из плоскостей проекций, пересекают деталь по фигуре, проекции которой не являются натуральным видом этой фигуры. Необходимо уметь строить эти проекции, а по ним и натуральные виды фигур сечений. Такая задача решается в следующем порядке.

Порядок построения проекций фигуры сечения

1. Прочитать чертеж детали (см. подразд. 3.5), т. е. по чертежу определить форму отдельных элементов, из которых она состоит, рассматривая эти элементы как сочетание простых геометрических тел.

2. Нанести линии невидимого контура поверхностей, которые пересекаются секущей плоскостью на том изображении, где секущая плоскость задана.

3. Выявить поверхности, которые пересекаются секущей плоскостью.

4. Определить типы линий, по которым секущая плоскость пересекает выявленные поверхности (плоскости — по прямым линиям, сферы — по окружностям, конусы — по эллипсам, параболам, гиперболам и т. д.), и установить, какие участки этих линий находятся в секущей плоскости. Представить, в какие линии они спроецируются на других изображениях.

5. На плоскости проекций, где задана секущая плоскость, найти проекцию фигуры сечения, которая проецируется в линию, совпадающую со следом секущей плоскости на изображении детали.

6. На известной проекции фигуры сечения найти проекции характерных точек, которые позволят построить на других изображениях детали проекции этой фигуры.

7. Построить проекции характерных точек линии пересечения на другом изображении детали и соединить их между собой линиями, вид которых был определен ранее.

8. Нанести штриховку в тех местах фигуры сечения, где секущая плоскость пересекает тело детали. Проекция фигуры сечения наносится тонкими (лучше цветными) линиями.

Порядок построения натурального вида фигуры сечения координатным методом (рис. 3.120)

1. Задать (можно мысленно) в секущей плоскости прямоугольную систему координат $X_pO_pY_p$. Ось X_p расположить параллельно плоскости, на которой задана секущая плоскость, ось Y_p направить перпендикулярно к оси X_p. Начало координат O_p выбрать в произвольном (удобном для построений) месте.

2. Построить проекции указанных осей на двух изображениях детали, включая то изображение, на котором задана секущая плоскость.

3. Построить проекцию фигуры сечения, как указывалось ранее.

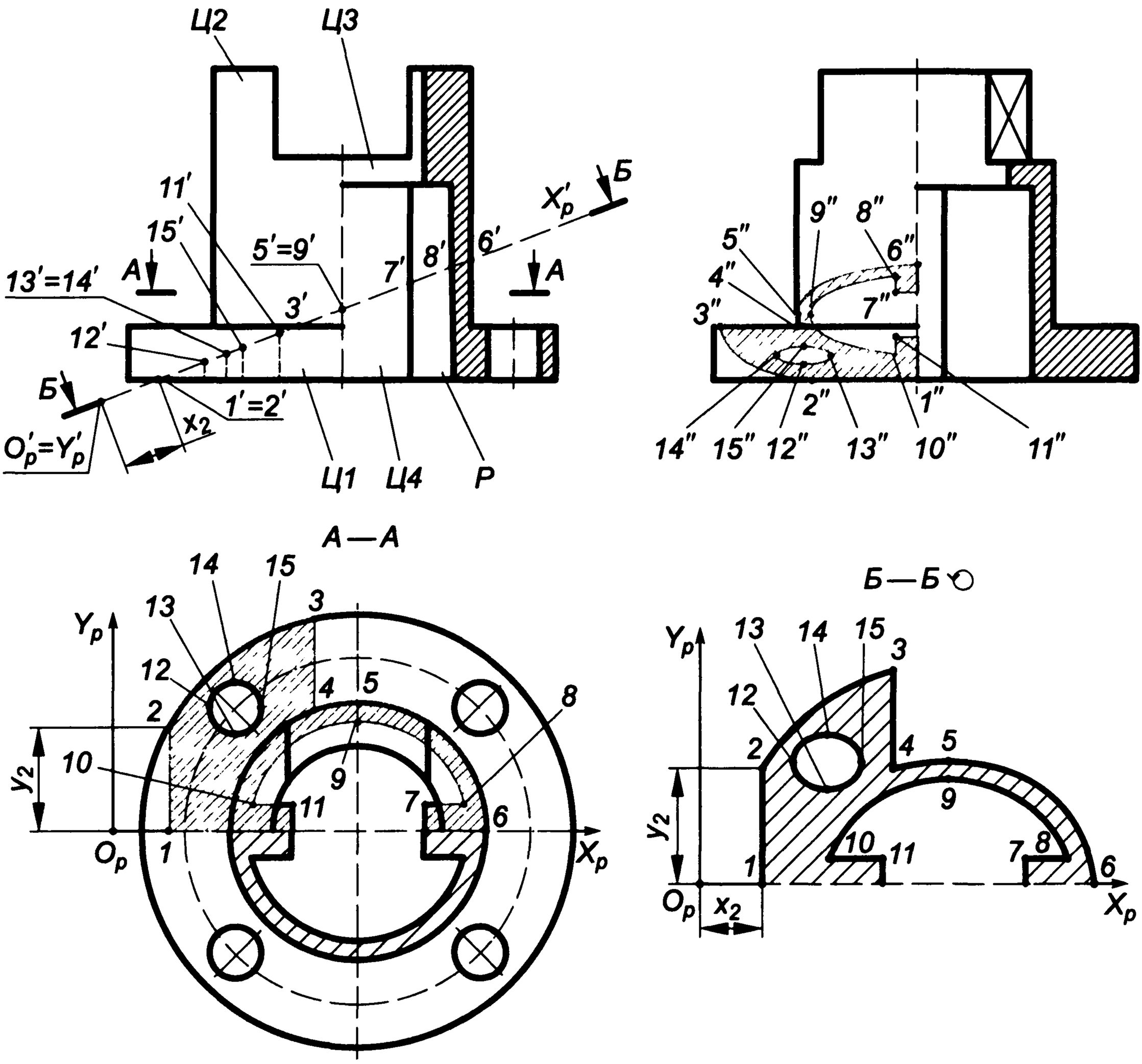


Рис. 3.120

4. В удобном для размещения натурального вида фигуры сечения месте чертежа нанести оси координат $X_pO_pY_p$, направив ось X_p параллельно следу секущей плоскости, а ось Y_p — перпендикулярно ей.

5. Построить характерные точки фигуры сечения по их координатам. Причем координаты точек по X_p находить на изображении, где задана секущая плоскость, а по Y_p — на другом изображении.

6. Соединить построенные точки соответствующими линиями.

7. Нанести штриховку в тех местах фигуры сечения, где секущая плоскость пересекает тело детали.

Пример 3.6. Построить проекции и натуральный вид фигуры сечения детали фронтально-проецирующей плоскостью *А—А* на заданном ее чертеже (см. рис. 3.120).

Построение проекции фигуры сечения

1. На чертеже деталь изображена в трех проекциях — главный вид, вид сверху и вид слева. В детали имеются внутренние поверхности, которые выявлены разрезами. Деталь состоит из двух наружных цилиндров Ц1 и Ц2, двух внутренних цилиндров Ц3 и Ц4 и двух ребер жесткости Р. В цилиндре Ц1 имеются четыре сквозных отверстия, а в цилиндре Ц2 — два паза. На главном виде выполнен простой разрез фронтальной плоскостью, совпадающий с плоскостью симметрии детали, и поэтому он не обозначен. На виде слева выполнен простой профильный разрез, совпадающий с плоскостью симметрии детали, и поэтому он также не обозначен.

На главном виде и виде слева половины видов и разрезов соединены осевой линией. Отверстия в цилиндре Ц1, не попавшие в секущие плоскости, выявлены на главном виде с использованием правила выкатывания их в секущую плоскость на круглом фланце.

2. Нанесем штриховыми линиями на главном виде линии невидимого контура ребер и отверстия в цилиндре Ц1.

3. Секущая плоскость пересекает цилиндр Ц1 и два отверстия в нем, цилиндр Ц2 и цилиндр Ц4 с ребрами Р в нем.

4. Секущая плоскость пересекает ребра по отрезкам прямых линий, а четыре цилиндрических поверхности — по дугам эллипсов, поскольку плоскость наклонена к их осям.

5. На главном виде найдем проекцию фигуры сечения: она находится на следе секущей плоскости и изображается отрезком прямой *1′6′*.

6. Отметим на главном виде проекции характерных точек *1'...15'* фигуры сечения, которые необходимы для построения проекции фигуры сечения на виде сверху.

7. Поскольку фигура сечения симметрична, построим половины ее проекций. Найдем на виде сверху проекции характерных точек и соединим их между собой тонкими линиями, вид которых был определен ранее в п. 4.

8. Нанесем штриховку в тех местах, где секущая плоскость пересекает тело детали.

9. Имея две проекции характерных точек фигуры сечения, построим их проекции на виде слева, соединим соответствующими линиями и нанесем штриховку.

Построение фигуры сечения в натуральном виде

1. Зададим в секущей плоскости *Б—Б* систему прямоугольных координатных осей таким образом, чтобы ось $X_р$ была параллельна фронтальной плоскости проекций, ось $Y_р$ — параллельна горизонтальной плоскости проекций, а начало координат находилось на нижней части площадки.

2. Построим фронтальные $X'_рO'_рY'_р$ и горизонтальные $X_рO_рY_р$ проекции этих осей.

3. Проекции фигуры сечения в нашем примере уже построены.

4. На свободном месте чертежа нанесем оси координат $X_рO_рY_р$, проведя ось $X_р$ не параллельно секущей плоскости *Б—Б*, а ось $Y_р$ — перпендикулярно ей из произвольно выбранной на оси $X_р$ точки $O_р$.

5. При выбранном расположении координатных осей все отрезки фигуры сечения, параллельные оси $X_р$, проецируются на главном виде в натуральную величину, а отрезки, параллельные оси $Y_р$, проецируются в натуральную величину на виде сверху. Следовательно, например, у точки *2* координата $X_р$ равна отрезку x_2, а координата $Y_р$ — отрезку y_2. Определив подобным образом координаты всех характерных точек, построим их, как показано на чертеже.

6. Соединим построенные точки соответствующими линиями.

7. Заштрихуем те места фигуры сечения, в которых секущая плоскость пересекает тело детали. Над построенным сечением сделаем надпись *Б—Б* ↻, где знак ↻ указывает, что изображение повернуто относительно указанного на чертеже стрелками направления проецирования.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каков порядок построения проекции фигуры сечения детали проецирующей плоскостью?
2. Что понимают под характерными точками фигуры сечения?
3. В чем состоит сущность координатного метода, используемого при построении натурального вида фигуры сечения?
4. В каких местах фигуры сечения наносится штриховка?

3.9. ПОСТРОЕНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ИЗОМЕТРИИ ДЕТАЛИ С ВЫРЕЗОМ ЕЕ ЧЕТВЕРТИ. ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСУНОК

Построение аксонометрических проекций деталей

Построение аксонометрической проекции детали с разрезом возможно следующими двумя способами:

1) сначала строят аксонометрические проекции детали без выреза, а затем выполняют вырез (В этом случае чертеж получается сложным из-за большого числа лишних линий, которые необходимо убрать при построении выреза.);

2) сначала строят фигуры сечения, полученные в результате выполнения выреза в детали, а затем достраивают изображение остальной ее части. (В этом случае на чертеже отсутствуют лишние линии и уменьшается число построений.)

Можно рекомендовать следующий порядок выполнения аксонометрического чертежа детали по ее чертежу:

1. Прочитать чертеж детали (см. подразд. 3.5).

2. Выбрать тип аксонометрическй проекции, если он не задан.

3. Задать на чертеже детали координатные оси, которые в дальнейшем будут служить базой для отсчета размеров.

4. Определить разрез, который будет выполняться на аксонометрическом чертеже. (Обычно он выполняется координатными плоскостями *XOZ* и *YOZ*.)

5. Обозначить на чертеже детали характерные точки, необходимые для построения аксонометрического чертежа.

6. Выбрать способ построения (первый или второй) аксонометрического чертежа детали.

7. Начертить аксонометрические оси для верхней и нижней плоскостей детали, а также в местах расположения отверстий в секущих плоскостях.

8. Построить сечения, изображающие вырез на детали.

9. Последовательно построить геометрические тела детали, начав с верхнего основания, определив характерные точки и соединив их соответствующими линиями.

10. Нанести оси для всех эллипсов, изображающих окружности на детали.

11. Вычертить все эллипсы и удалить лишние вспомогательные линии.

12. Обвести чертеж, соблюдая правила начертания линий.

Рассмотрим построение *изометрической проекции* детали, чертеж которой приведен на рис. 3.121, с использованием второго способа.

Деталь на чертеже задана главным видом, половиной вида сверху и видом слева. На главном виде и виде слева совмещены половины вида и разреза.

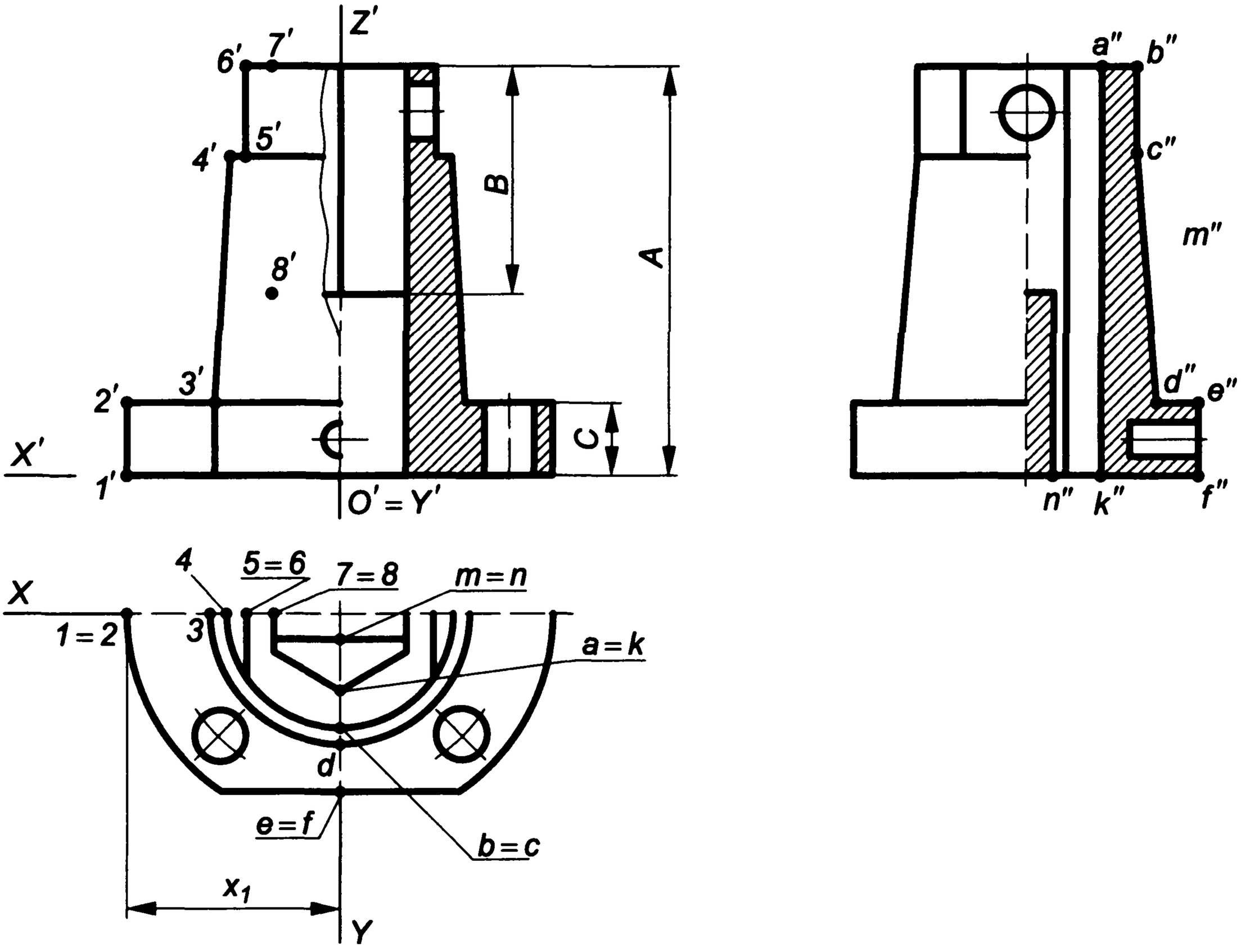


Рис. 3.121

Деталь включает в себя цилиндр с четырьмя сквозными отверстиями и двумя срезами на нем, в которых имеются два глухих отверстия; конус; цилиндр меньшего диаметра с двумя срезами и двумя сквозными отверстиями; шестиугольное призматическое отверстие и ребра жесткости в нем.

Зададим на этом чертеже проекции координатных осей *XOY*, разместив точку *O* в середине нижней плоскости детали. Для выявления внутренних поверхностей детали выполним вырез четверти детали координатными плоскостями *XOZ* и *YOZ*.

Обозначим характерные точки *1*...*8* и *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *k*, *n*, *m*, с помощью которых строятся фигуры сечения.

Нанесем на аксонометрическом чертеже оси X_a, Y_a, Z_a для нижней и верхней плоскостей цилиндров детали и построим сечения.

На рис. 3.122 показано построение одного сечения, определяемого точками *1*...*7*. В качестве примера рассмотрим построение точки *1*.

Для построения точки *1* надо знать ее координаты x_1, y_1 и z_1. Очевидно, что $y_1 = 0$ и $z_1 = 0$. По оси X_a отложим отрезок x_1, взятый из ортогональной проекции. Дальнейшие построения выполняем, начиная с верхней части детали (рис. 3.123). Сначала строим точку *a* (см. рис. 3.122) по ее координатам $x_a = 0$, y_a, $z_a = A$. Затем строим остальные точки *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *k*, *n*, *m*, определяющие изображение фигуры сечения. Соединив полученные точки отрезками прямых линий, получим изображение фигуры разреза, определяющее изображение второй половины верхней части детали. Остальные точки строим аналогично.

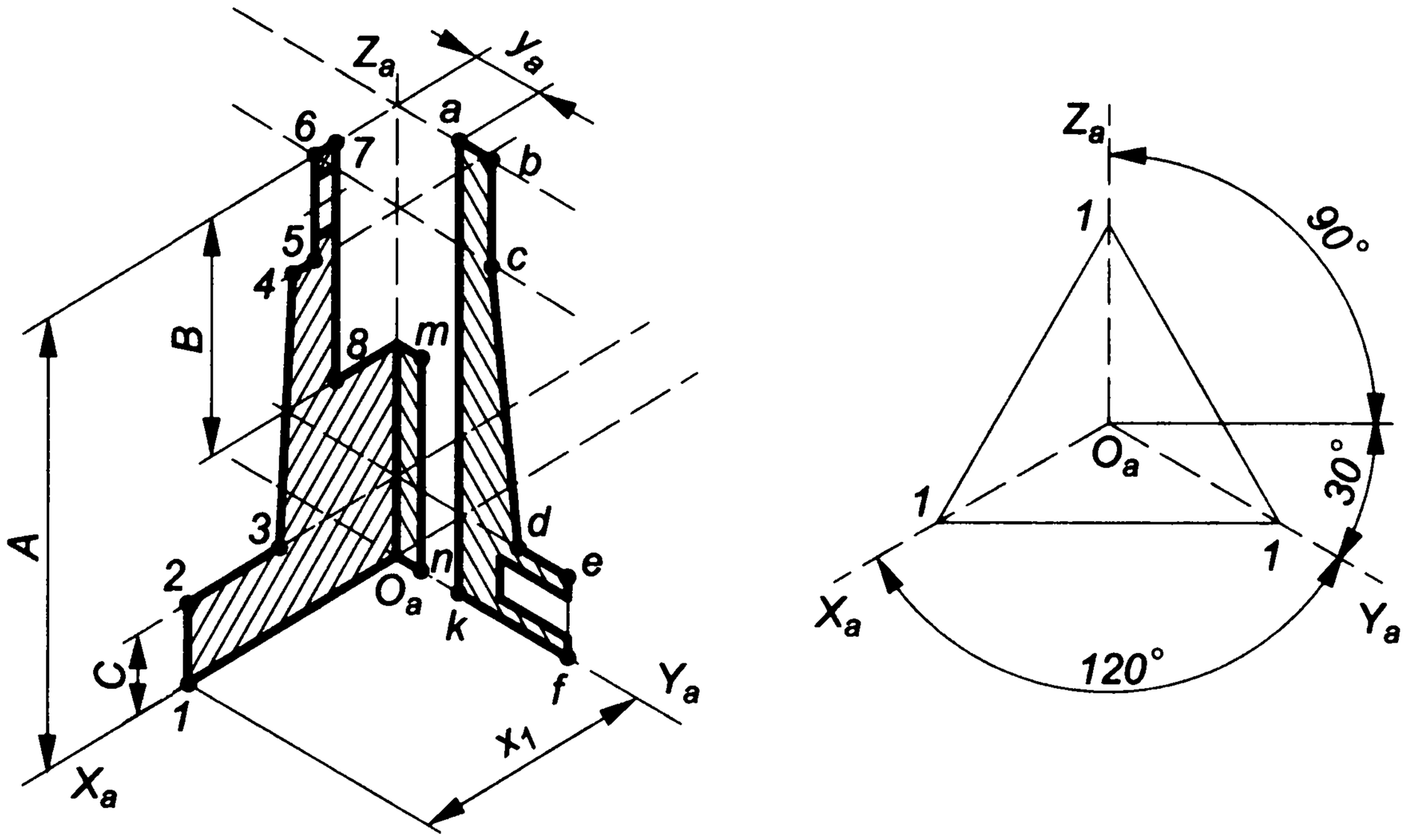


Рис. 3.122

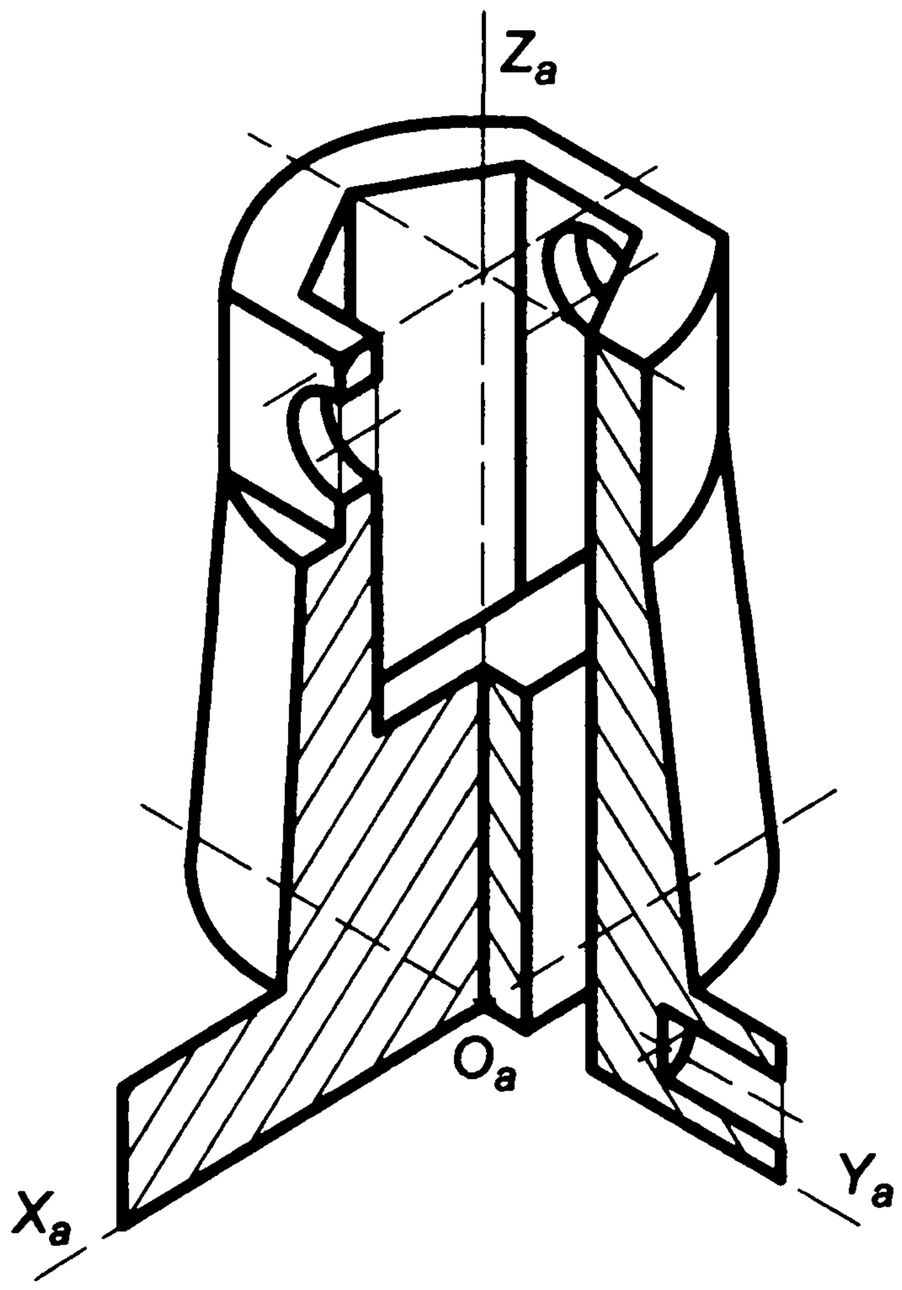


Рис. 3.123

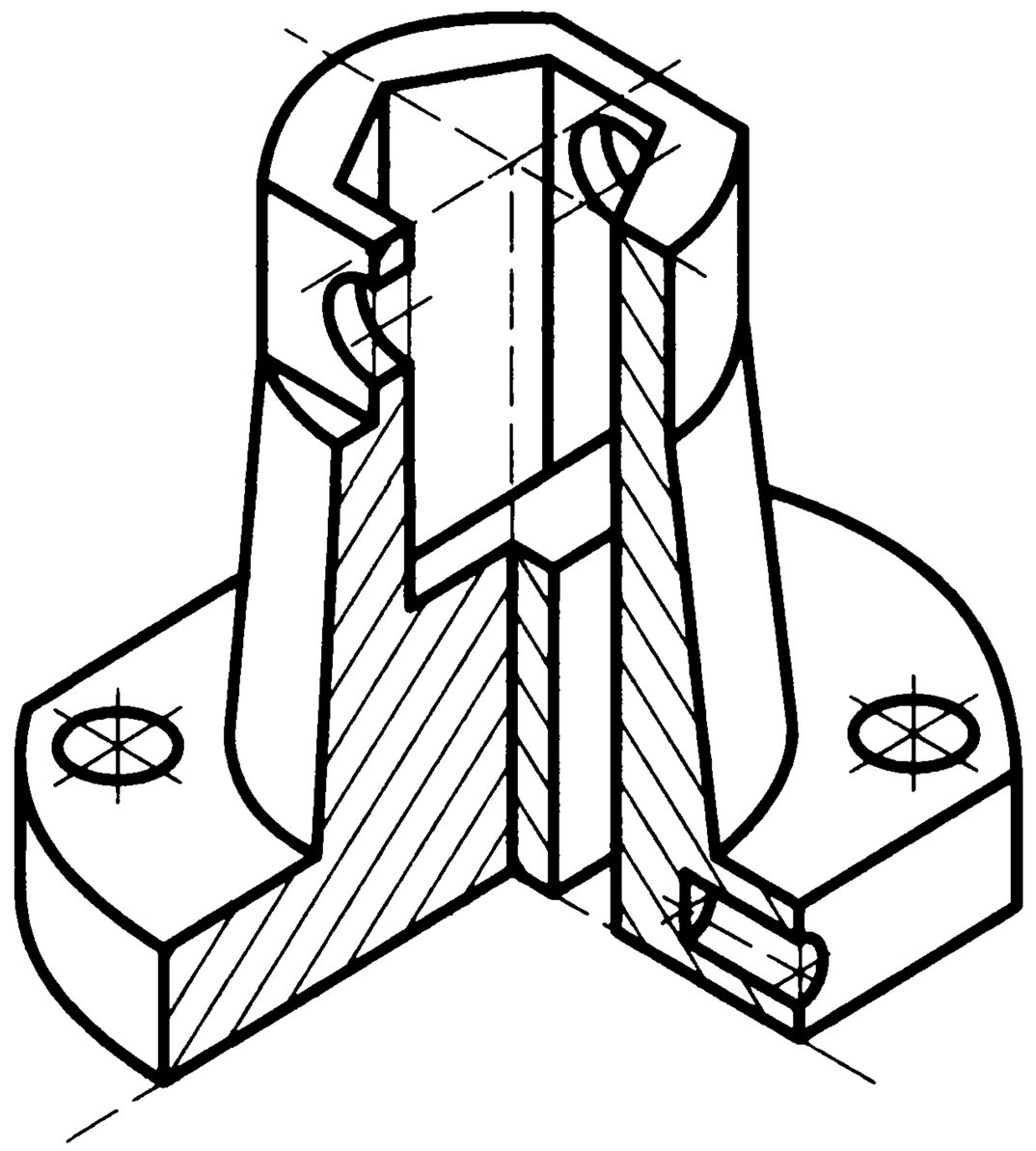


Рис. 3.124

Далее построения выполняются сверху вниз в соответствии с расположением отдельных элементов детали. Сначала достраивают ребро и шестигранную призму, а затем цилиндры со срезами и отверстиями в них (рис. 3.124). Большие эллипсы фланца вычерчиваются в виде овалов, а малые — нижняя часть внутреннего цилиндрического отверстия и резьбовые отверстия — по восьми точкам, соединяемым с помощью лекала.

Технический рисунок

Технический рисунок — это наглядное изображение предмета, выполненное от руки в одном из видов аксонометрических проекций (с соблюдением глазомерной пропорции без использования чертежного инструмента).

Для показа внутреннего устройства предмета применяют разрезы, выделяя сечения штриховкой по правилам аксонометрических проекций. При этом придерживаются тех же правил, что и при построении аксонометрических изображений, т. е. также располагают оси, а размеры откладывают вдоль осей или параллельно им.

Технический рисунок может выполняться с натуры или по ортогональному чертежу. Рисование с натуры развивает глазомер, учит правильно ориентировать предмет относительно плоскостей координат, выбирать вид аксонометрических проекций, выпол-

нять разрезы. Для выполнения рисунка по ортогональному чертежу требуется правильно уметь читать по нему форму изображаемого предмета.

При выполнении технического рисунка чаще всего используют прямоугольные изометрическую и диаметрическую аксонометрические проекции, поскольку они обладают наибольшей наглядностью.

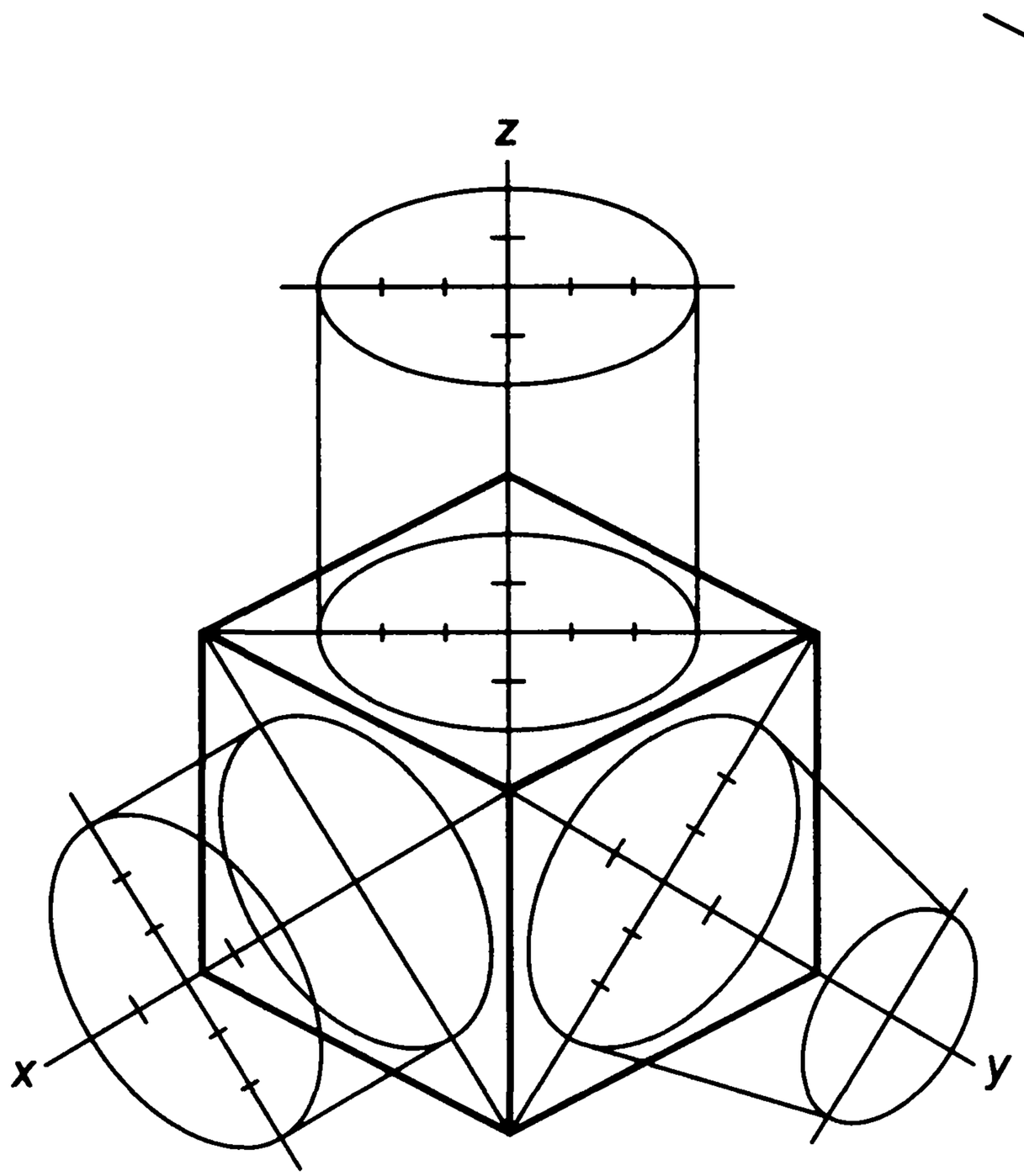
Умение и навыки технического рисования достигаются тренировкой. При этом начинать следует с проведения линий, различных по расположению и толщине, а также с деления отрезков прямых, дуг и углов на равные части. Затем, используя соотношения размеров, следует научиться строить на глаз углы и изображать в аксонометрических осях различные плоские геометрические фигуры и простейшие геометрические тела. После чего можно переходить к выполнению технического рисунка предмета.

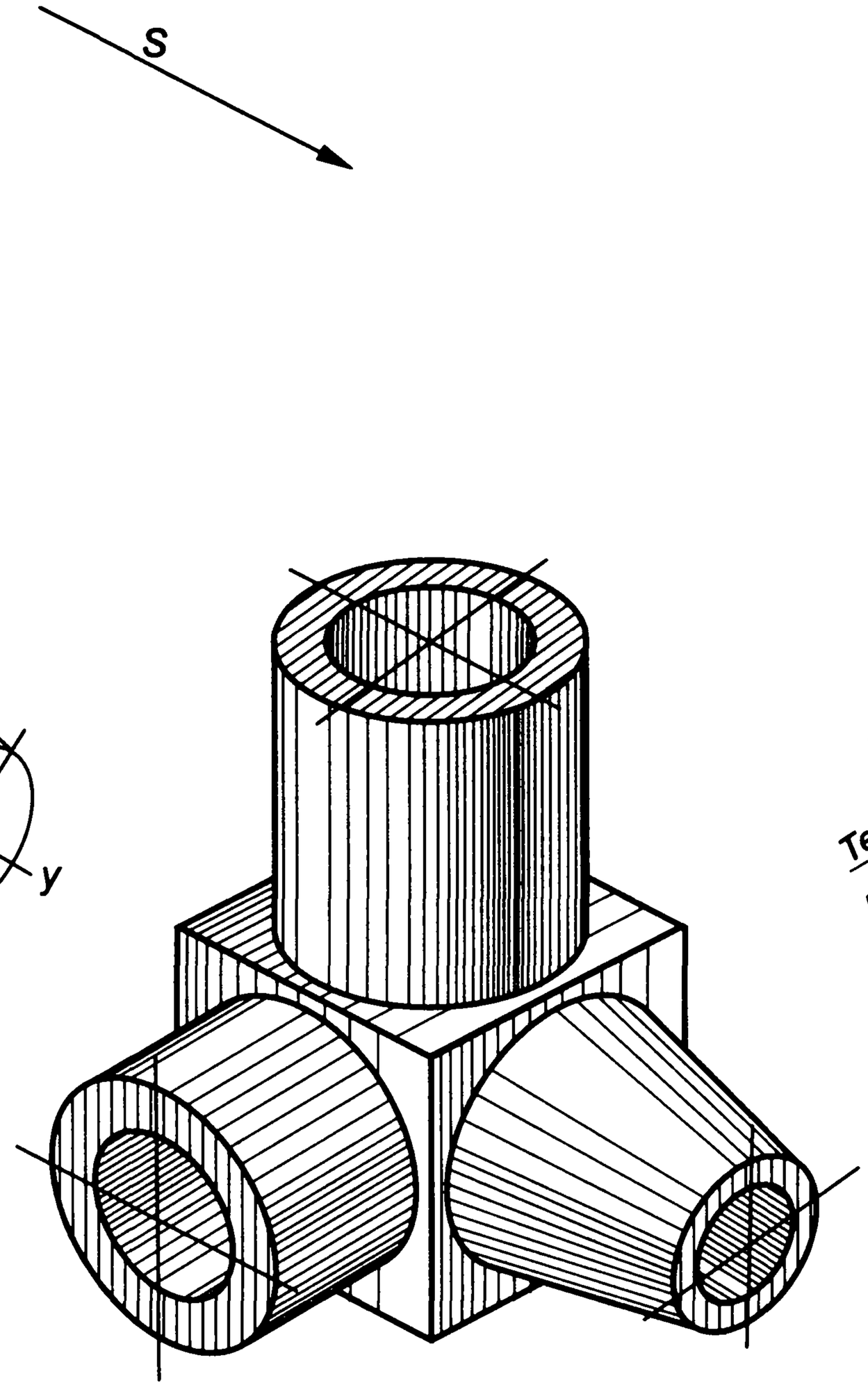
Объемная форма предмета на техническом рисунке, если это требуется, показывается посредством светотени, выполняемой соответствующей штриховкой изображения (рис. 3.125). При этом предполагают, что свет падает на предмет слева сверху (по схеме).

Освещенные поверхности оставляют светлыми, а затемненные покрывают штриховкой, которая тем чаще, чем темнее поверхность предмета.

Направление штриховки зависит от формы предмета. Вертикальные плоскости призмы штрихуют линиями, параллельными ее ребрам, а горизонтальные — линиями, параллельными одной из аксонометрических осей. Наклонные плоскости штрихуют линиями, параллельными их образующим. Грани пирамиды штрихуются линиями, проходящими через ее вершину. Цилиндрическая поверхность штрихуется линиями, параллельными образующим, а коническая — линиями, проходящими через вершину конуса. Интервалы между штрихами должны составлять 1...3 мм с изменением толщины линий штриховки. В затемненной части предмета линии штриховки должны быть чаще и толще, чем на освещенных участках. При нанесении штриховки на цилиндрические и конические поверхности сначала следует нанести разметку светотени, характеризующей распределение света на них. При этом можно выделить следующие зоны светотени:

- свет — наиболее освещенная часть поверхности;
- блик — светлое пятно на поверхности;
- полутон — слабо освещенная часть поверхности;
- рефлекс — высветление собственной тени за счет отраженных лучей света;


z
x
y


S

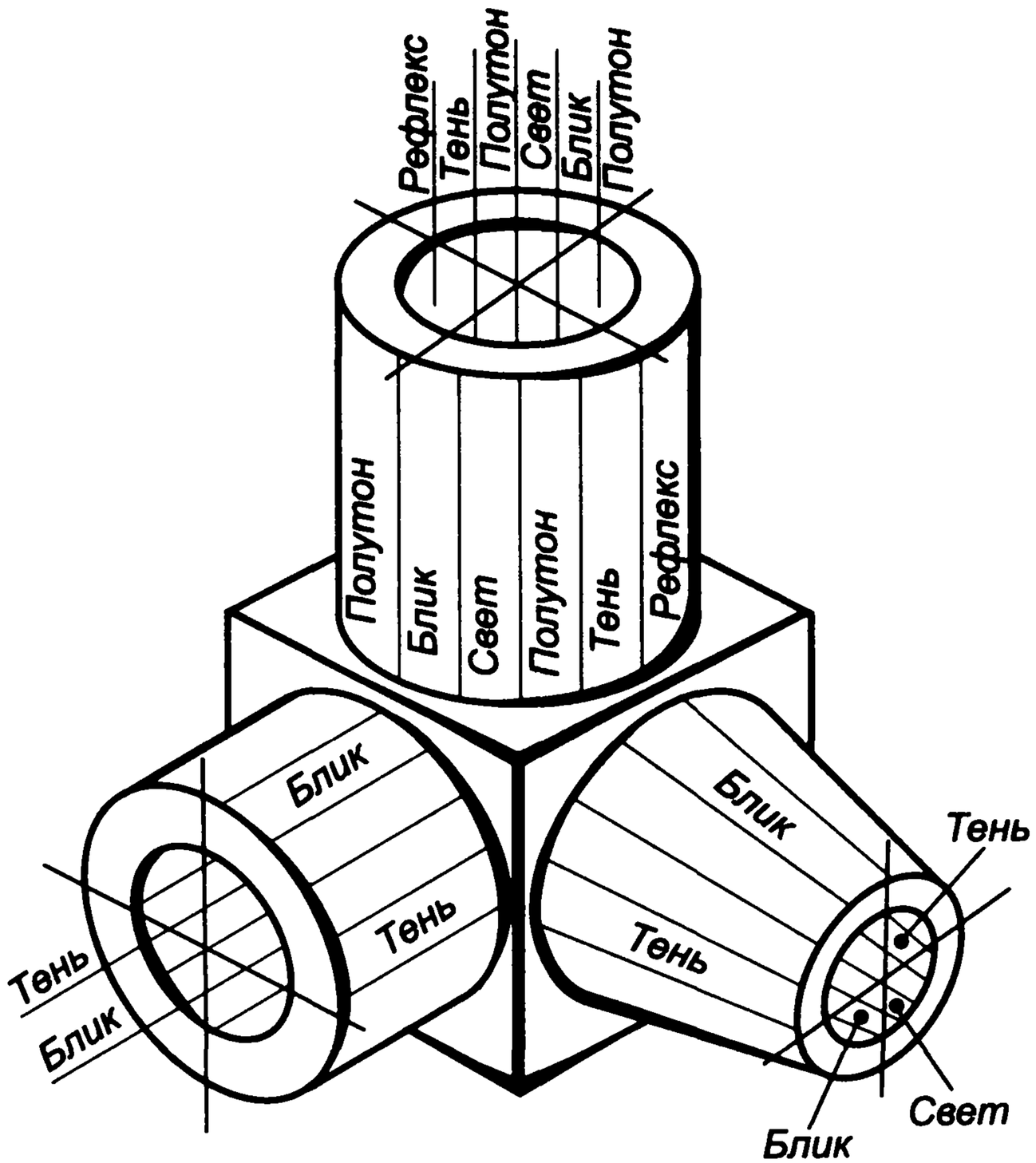

Рефлекс
Тень
Полутон
Свет
Блик
Полутон
Полутон
Блик
Свет
Полутон
Тень
Рефлекс
Блик
Тень
Блик
Тень
Блик
Тень
Тень
Блик
Свет
Блик

Рис. 3.125

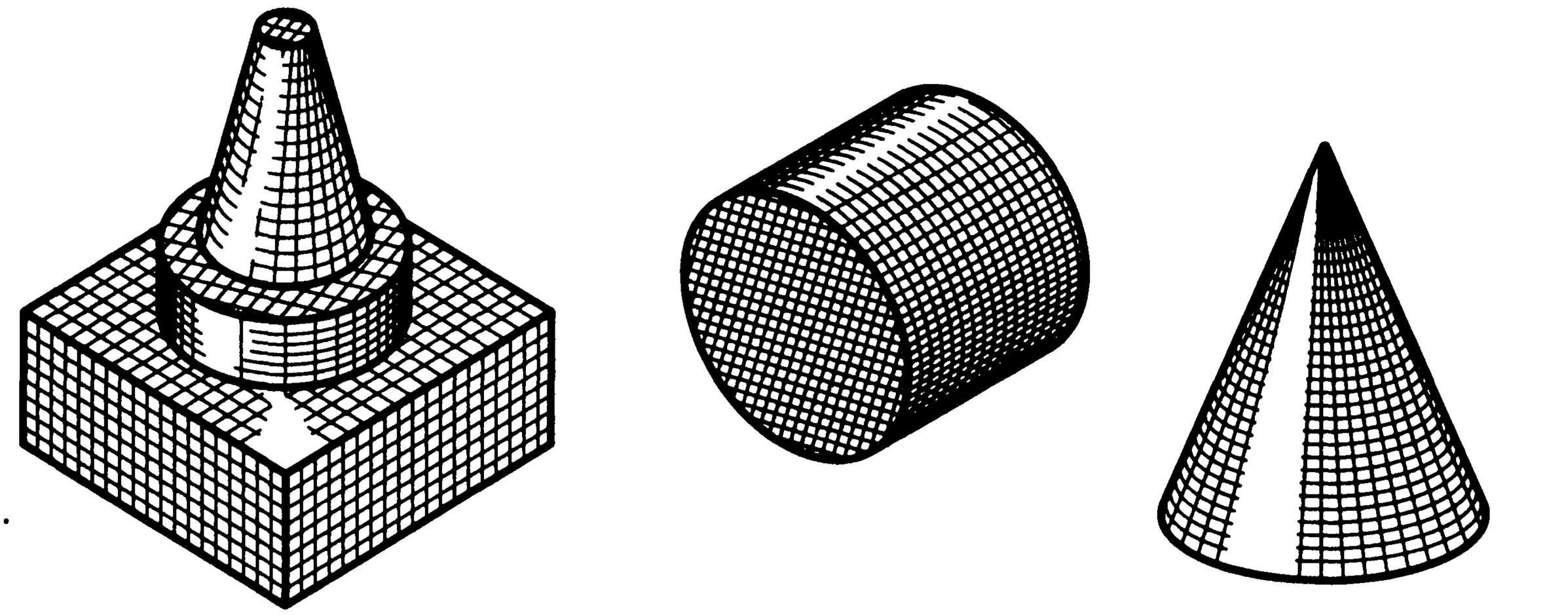


Рис. 3.126

- тень — тень, находящаяся на неосветленной части поверхности.

Для показа светотени используется также **шраффировка** — штриховка сеткой, линии которой наносятся параллельно образующей и направляющей изображаемой поверхности (рис. 3.126). Так, на рисунке призмы линии шраффировки проводятся параллельно ребрам и сторонам основания, а на горизонтальной их плоскости — параллельно аксонометрическим осям. На рисунке цилиндра и конуса линии шраффировки параллельны образующим и линиям их оснований, т. е. эллипсам.

Интервалы между линиями шраффировки должны быть одинаковыми, а их толщина должна увеличиваться постепенно от рефлекса к тени и уменьшаться от тени к свету.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как направлены аксонометрические оси в прямоугольной изометрии и каковы варианты их построения?
2. Каковы коэффициенты искажения по аксонометрическим осям в изометрии согласно ГОСТ 2.317—2011?
3. Как штрихуются разрезы на изометрии в различных плоскостях?
4. В какие линии проецируются окружности в аксонометрических проекциях?
5. Как направлены большие и малые оси эллипсов в изометрии и каковы их размеры?
6. Как вычерчивают эллипсы для окружностей с диаметрами меньше и больше 20 мм?

7. Что такое овал?
8. Как строят овалы в изометрии?
9. Какой способ построения аксонометрической проекции детали с вырезом ее четверти является предпочтительным и почему?
10. Для чего на аксонометрическом чертеже детали выполняется вырез ее четверти?
11. В каком порядке выполняется изометрический чертеж детали по ее рабочему чертежу?
12. Что такое технический рисунок?
13. Какие аксонометрические проекции используются при выполнении технического рисунка?
14. Какими средствами создается объемное изображение на техническом рисунке?
15. За счет чего достигается приобретение навыка технического рисования?
16. С чего следует начинать выполнение технического рисунка?

3.10. ЭСКИЗ ДЕТАЛИ

Определение и основные требования к эскизу

Эскиз — это чертеж, выполненный от руки без помощи чертежных инструментов по правилам прямоугольного проецирования в глазомерном масштабе с приблизительным соблюдением пропорций элементов деталей.

Эскизы можно выполнять на любой бумаге стандартного формата, но на писчей бумаге в клетку легче проводить параллельные и перпендикулярные линии, а также соблюдать пропорциональность элементов детали. Эскизы выполняются в соответствии с ЕСКД на чертежи, а все надписи на них делают чертежным шрифтом.

Поскольку эскиз является документом при изготовлении детали или служит для выполнения по нему рабочего чертежа, он должен содержать все необходимые сведения (форма детали, ее размеры, материал, шероховатость поверхностей, способ термообработки и т. д.).

Эскиз каждой детали выполняется на отдельном формате без указания масштаба. При обводке основных линий используют мягкий карандаш М или 2М, при обводке тонких линий — карандаш ТМ или Т.

Порядок выполнения эскиза

Эскизирование с натуры рекомендуется выполнять в определенной последовательности, которую рассмотрим на примере детали, приведенной на рис. 3.127.

1. *Ознакомление с деталью.* Выяснив (если это возможно), назначение детали, определяют ее форму и форму основных составляющих ее элементов, на которые мысленно можно расчленить эту деталь (форму простых геометрических тел).

Деталь, показанная на рис. 3.127, состоит из площадки прямоугольной формы с четырьмя отверстиями, на которой размещен цилиндр, заканчивающийся цилиндрическим фланцем также с четырьмя отверстиями. Для придания жесткости конструкции служат два наклонных ребра с прямоугольным сечением (элементы типа тонкой стенки). Внутри детали имеется квадратное отверстие с двумя площадками в углах.

По возможности следует получить общее представление о материале детали, требуемых обработке, шероховатости отдельных поверхностей, покрытии и т. п.

2. *Выбор главного вида и его расположения на листе.* Главный вид должен давать наибольшее представление о форме и размерах детали, а также облегчать пользование эскизом при ее изготовлении (рис. 3.128, виды по стрелкам).

Такие детали, как валы, оси, шкивы, болты и другие, содержащие цилиндрические и конические поверхности вращения и обрабатываемые на токарных станках в горизонтальном положении, изображают на главном виде с горизонтально расположенной осью (рис. 3.129, 3.130).

Для детали, изображенной на рис. 3.127, направление взгляда при выборе главного вида показано стрелкой. Этот вид дает наи-

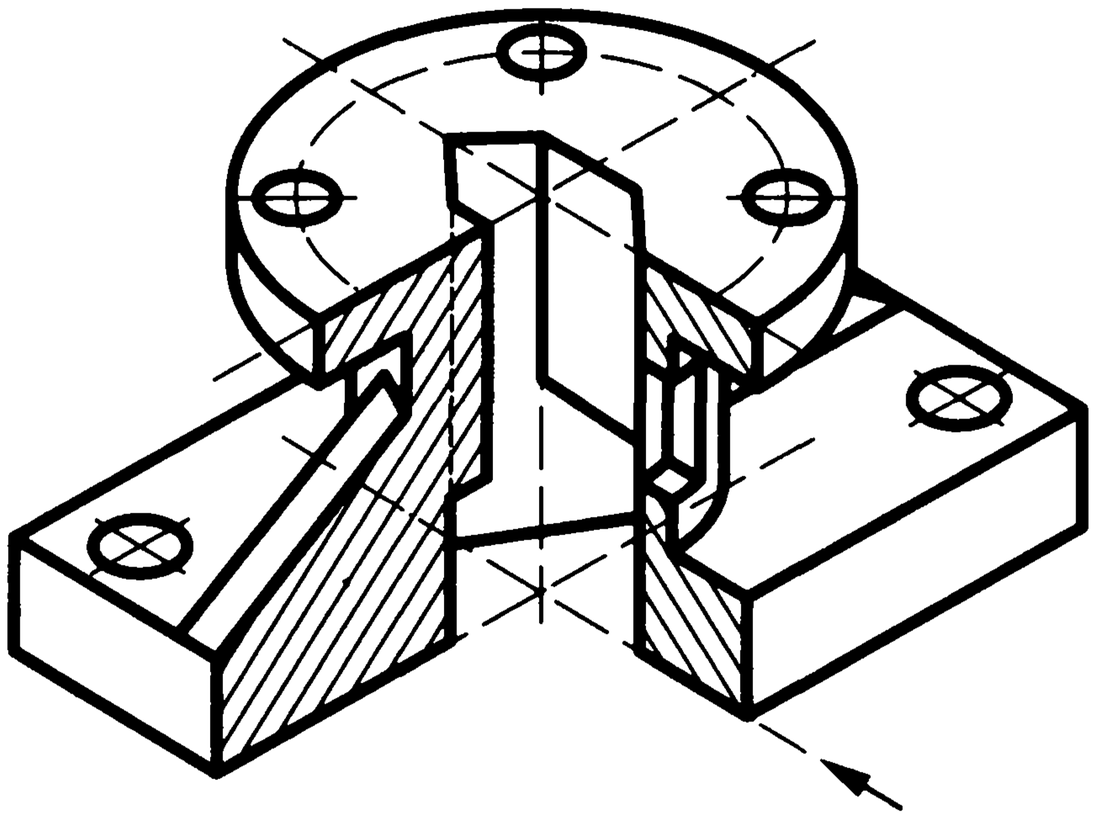


Рис. 3.127

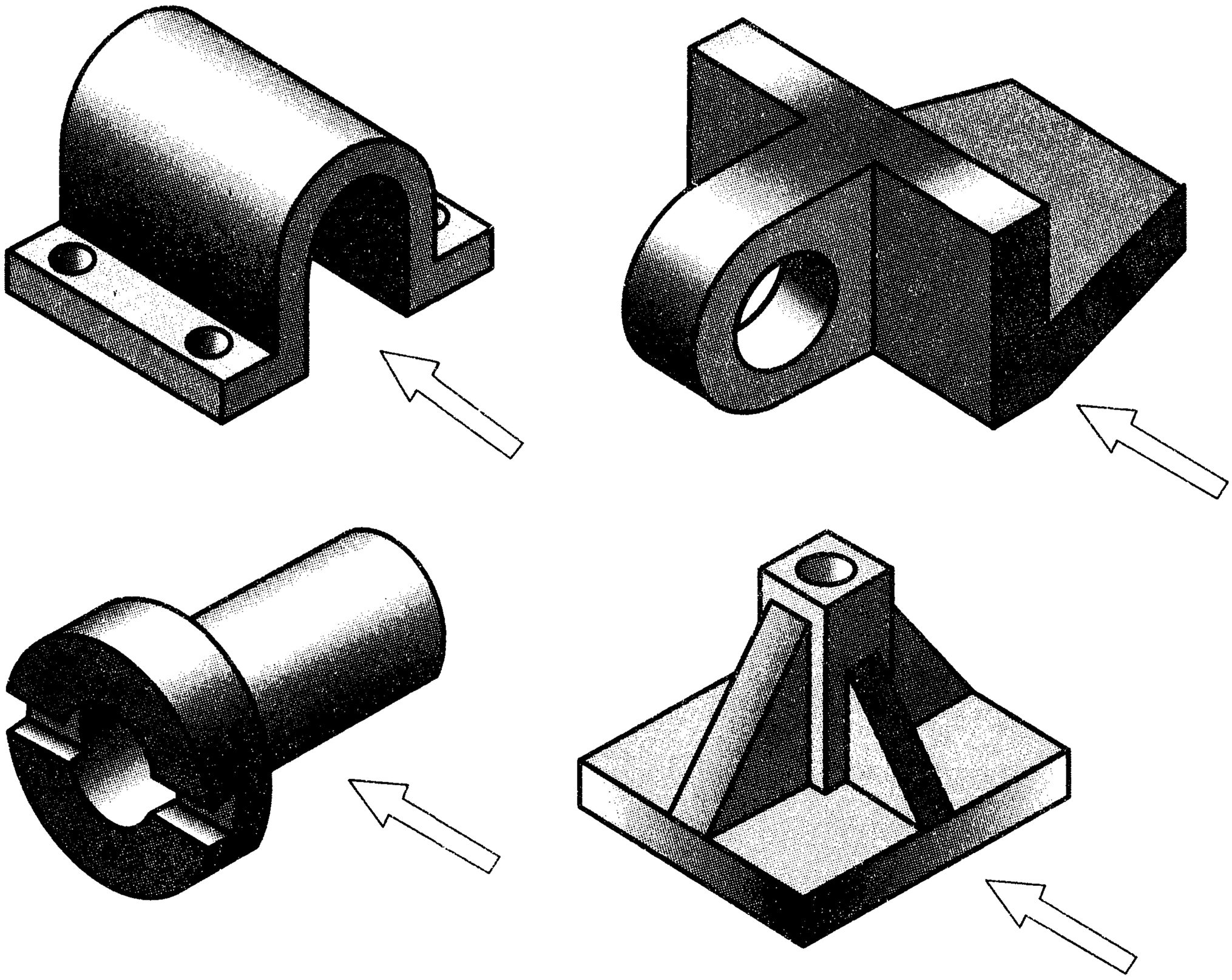


Рис. 3.128

большее представление о форме и габаритных размерах детали с учетом разреза, который на нем будет выполняться.

3. *Определение необходимого числа изображений* (*видов*, *разрезов*, *сечений*). Число изображений должно быть минимальным, но достаточным, чтобы полностью выявить все формы предмета и нанести его размеры. Поскольку по возможности на чертеже следует избегать нанесения линий невидимого контура, то для выявления внутренних поверхностей детали следует, кроме видов, применять разрезы и сечения.

На рис. 3.129, 3.130 изображены детали, для выявления форм которых достаточно одного вида. Цилиндрические и квадратные формы элементов этих деталей определяются знаками диаметра (∅) и квадрата (□) перед размерными числами, что исключает надобность вида слева.

Для выявления форм детали, изображенной на рис. 3.131, кроме главного вида используются два вынесенных сечения, местный вид и местный разрез.

Для выявления формы деталей, изображенных на рис. 3.132, необходимо иметь два вида (главный и вид слева). Вид слева на

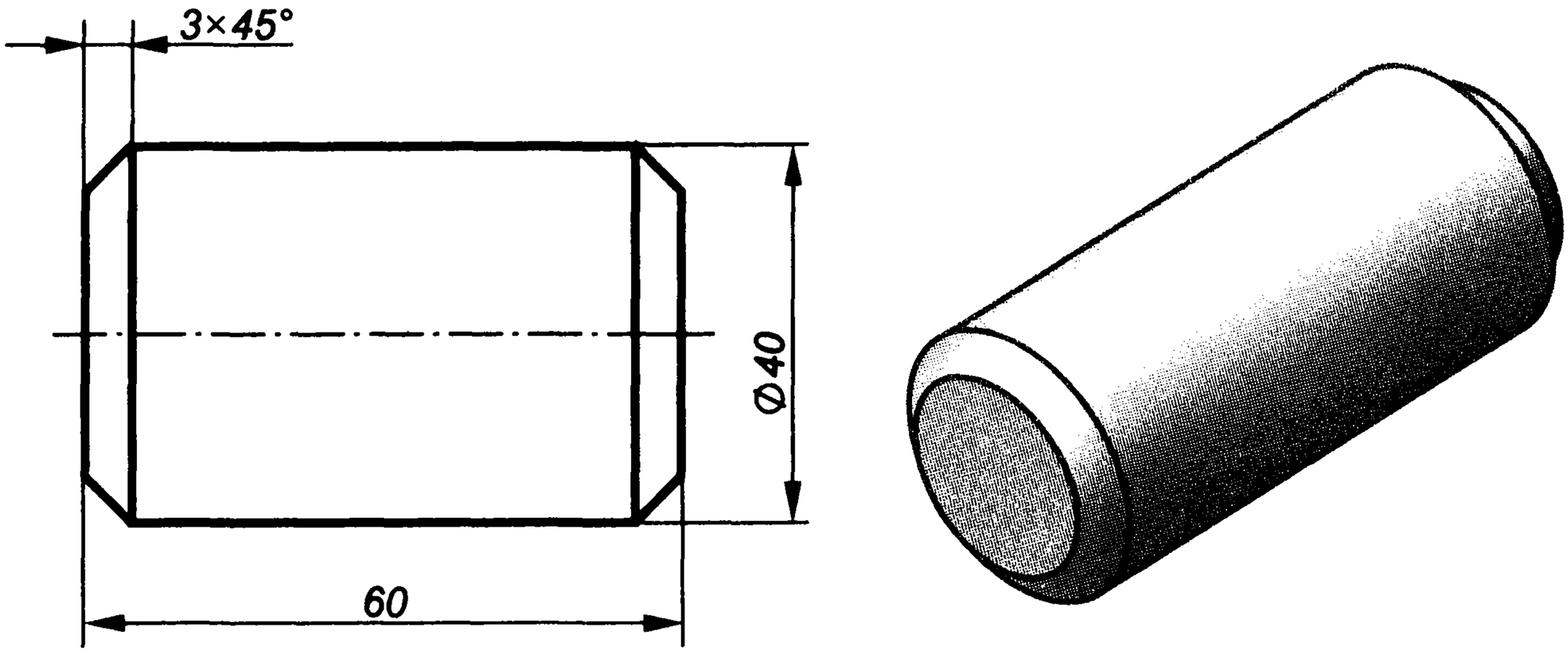


Рис. 3.129

рис. 3.132, *а* выявляет форму и расположение пазов детали, а на рис. 3.132, *б* — форму призмы. Вместо вида слева иногда по условиям компоновки чертежа таких деталей используют их сечения по цилиндру с пазами и шестиугольной призме, которые размещают под главным видом.

Для детали, показанной на рис. 3.127, необходимо иметь три вида (главный, сверху, слева), совмещенные с разрезами; местный разрез, выявляющий отверстия на прямоугольной площадке; вынесенное сечение по ребру, дающее представление о форме ребра. Разрез на главном виде выявляет внутренние невидимые элементы детали, разрез на виде сверху показывает форму перехода от боковой плоскости ребра к цилиндру, а разрез на виде слева позволяет выявить отверстие на круглом фланце посредством выкатывания его в секущую плоскость.

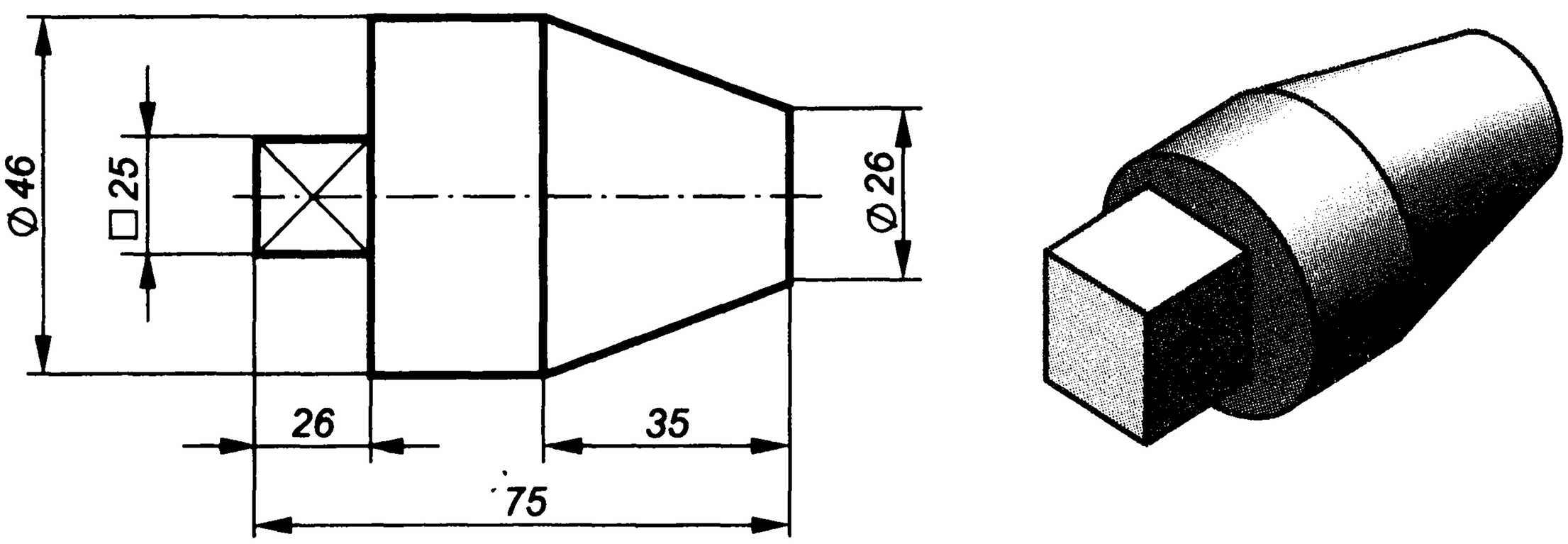


Рис. 3.130

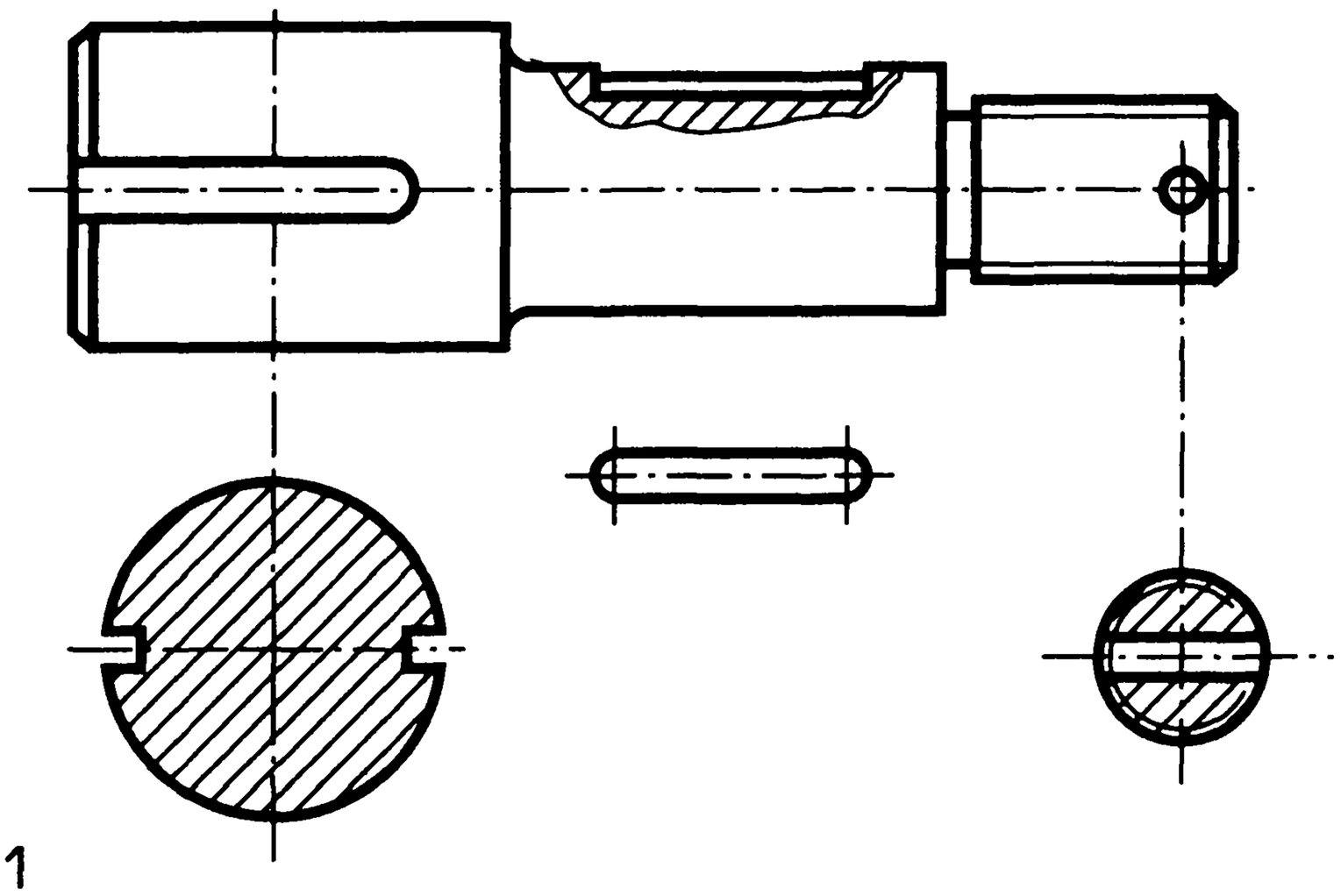
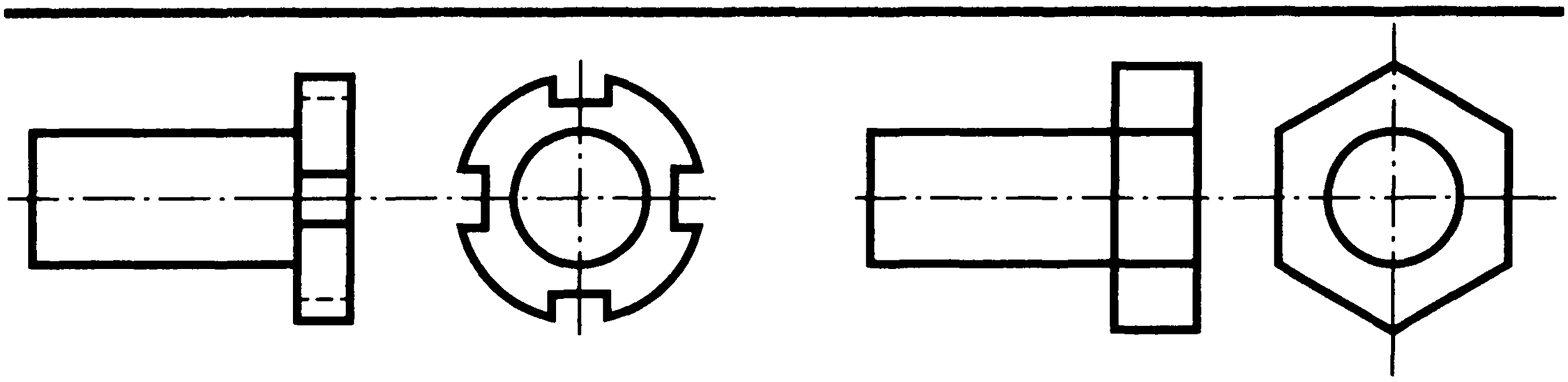


Рис. 3.131

4. *Выбор формата листа для эскиза.* Выбор листа в клетку по ГОСТ 2.301—68 зависит от того, какого размера должны быть выбранные ранее изображения.

Изображение должно позволить четко показать все элементы детали и нанести необходимые размеры, условные обозначения и технические требования. Например, для чертежа детали, показанной на рис. 3.127, следует использовать формат А3 (297 × 420).

5. *Подготовка листа для планировки размещения на нем изображений.* Сначала следует ограничить выбранный лист внешней рамкой, выполняемой тонкими линиями, с размерами сторон формата 297 × 420, а затем нанести внутреннюю рамку основными ли-



а *б*

Рис. 3.132

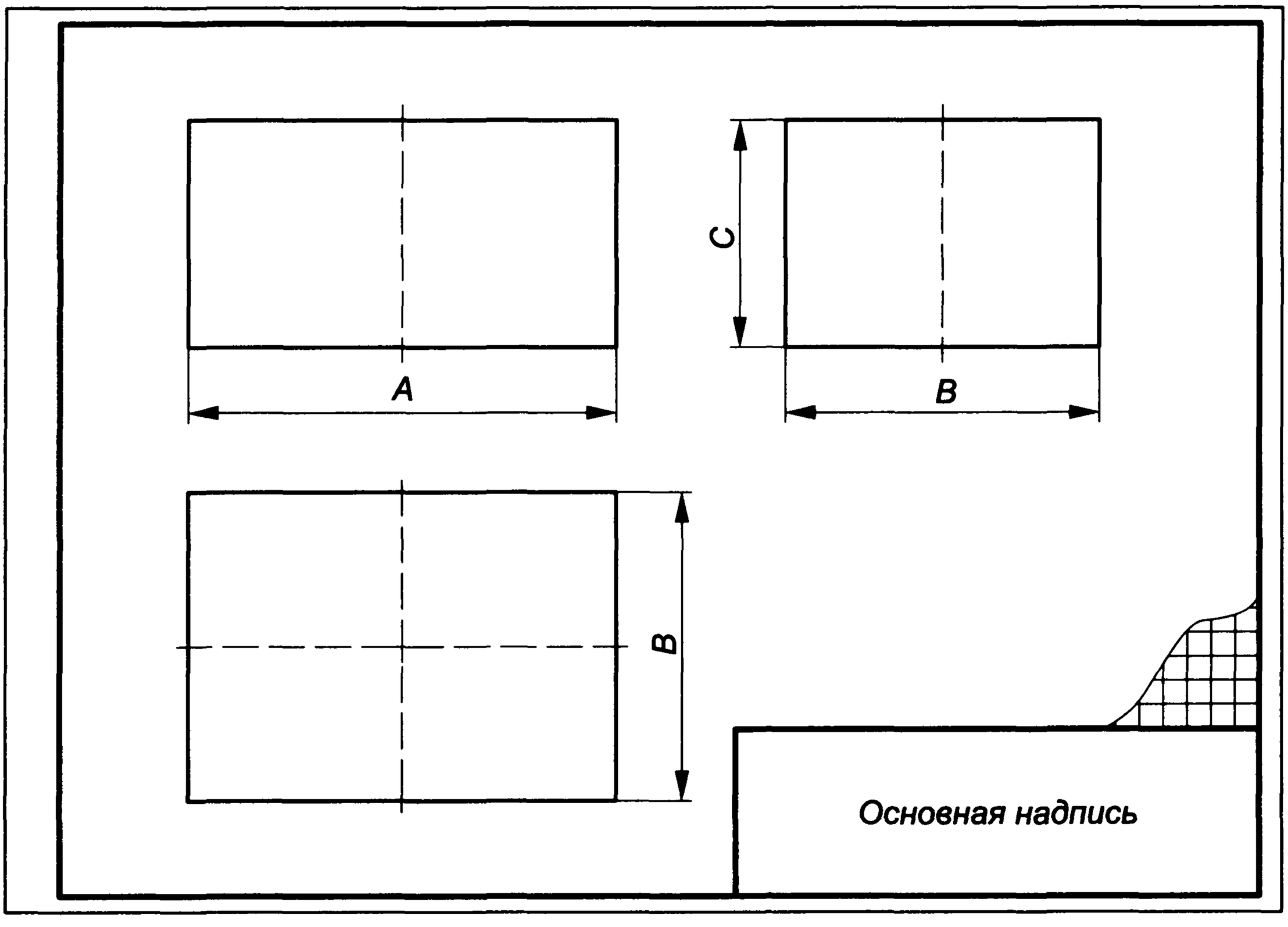


Рис. 3.133

ниями. Расстояние между рамками с трех сторон должно быть 5 мм, а с левой стороны листа (для подшивки при брошюровке) — 20 мм. Внизу в правом углу выделяют место для основной надписи высотой 55 мм и длиной 185 мм (рис. 3.133).

6. *Планировка размещения изображений на рабочем поле чертежа* (см. рис. 3.133). Для планировки размещения изображений необходимо определить на глаз (или с помощью карандаша) соотношение габаритных размеров детали. Например, у детали, показанной на рис. 3.127, при длине A ширина $B = 0{,}6A$, а высота $C = 0{,}5A$. По этим соотношениям тонкими линиями строят прямоугольники с осевыми линиями, отображающими плоскости симметрии детали, в которые затем вносят изображения. Прямоугольники должны отстоять друг от друга, от рамки и основной надписи чертежа на расстояния, достаточные для нанесения размерных линий, различных условных знаков и записи технических требований. Процесс планировки можно облегчить, используя прямоугольники, вырезанные из бумаги или картона, со сторонами, равными габаритным размерам детали. Перемещая их по полю чертежа, выбирают наиболее удачное расположение изображений.

7. *Выполнение видов деталей.* Внутри габаритных прямоугольников тонкими линиями выполняют виды деталей, начиная с их левой или верхней стороны (рис. 3.134). При этом следует соблюдать пропорции элементов детали и проекционную связь всех изображений. В той части изображения, где будет выполняться разрез, наносится только наружный контур детали. Затем удаляют линии габаритных прямоугольников.

8. *Построение разрезов и сечений с нанесением на них линий штриховки* (рис. 3.135). Сначала, если требуется, обозначают секущие плоскости, разрезы и сечения. Так как рассматриваемая деталь имеет две плоскости симметрии (фронтальную и профильную), основные виды и разрезы представляют собой симметричные изображения, что позволяет соединить половину каждого вида с половиной соответствующего разреза. Фронтальные и профильные разрезы (на главном виде и виде слева) не обозначаются, так как их секущие плоскости совпадают с плоскостями симметрии детали. Половина вида сверху соединяется с половиной горизонтального разреза, полученного при сечении плоскостью, отмеченной разомкнутыми линиями со стрелками и обозначенной буквами *А*. Обозначение разреза *А—А* необходимо, поскольку

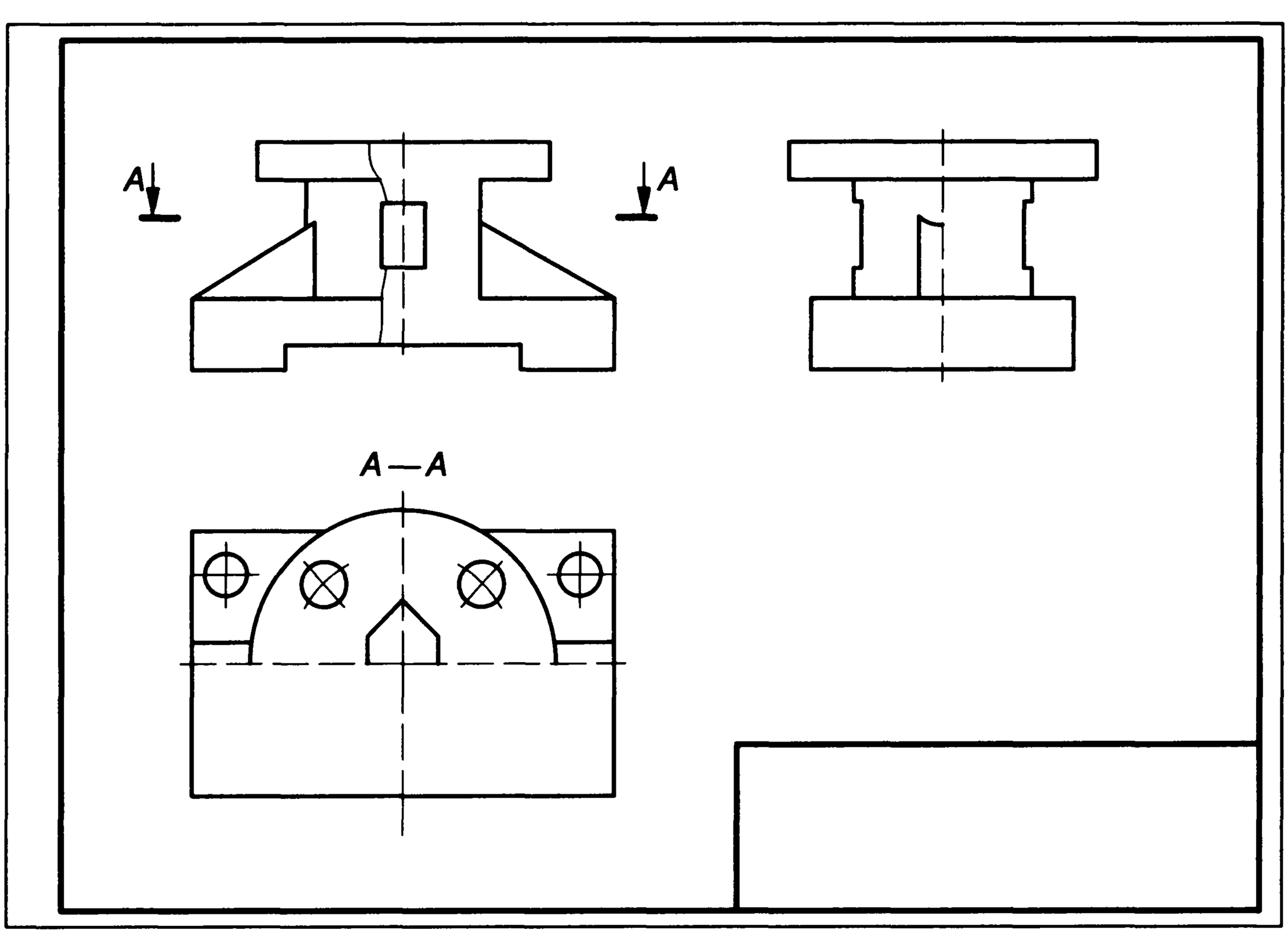


Рис. 3.134

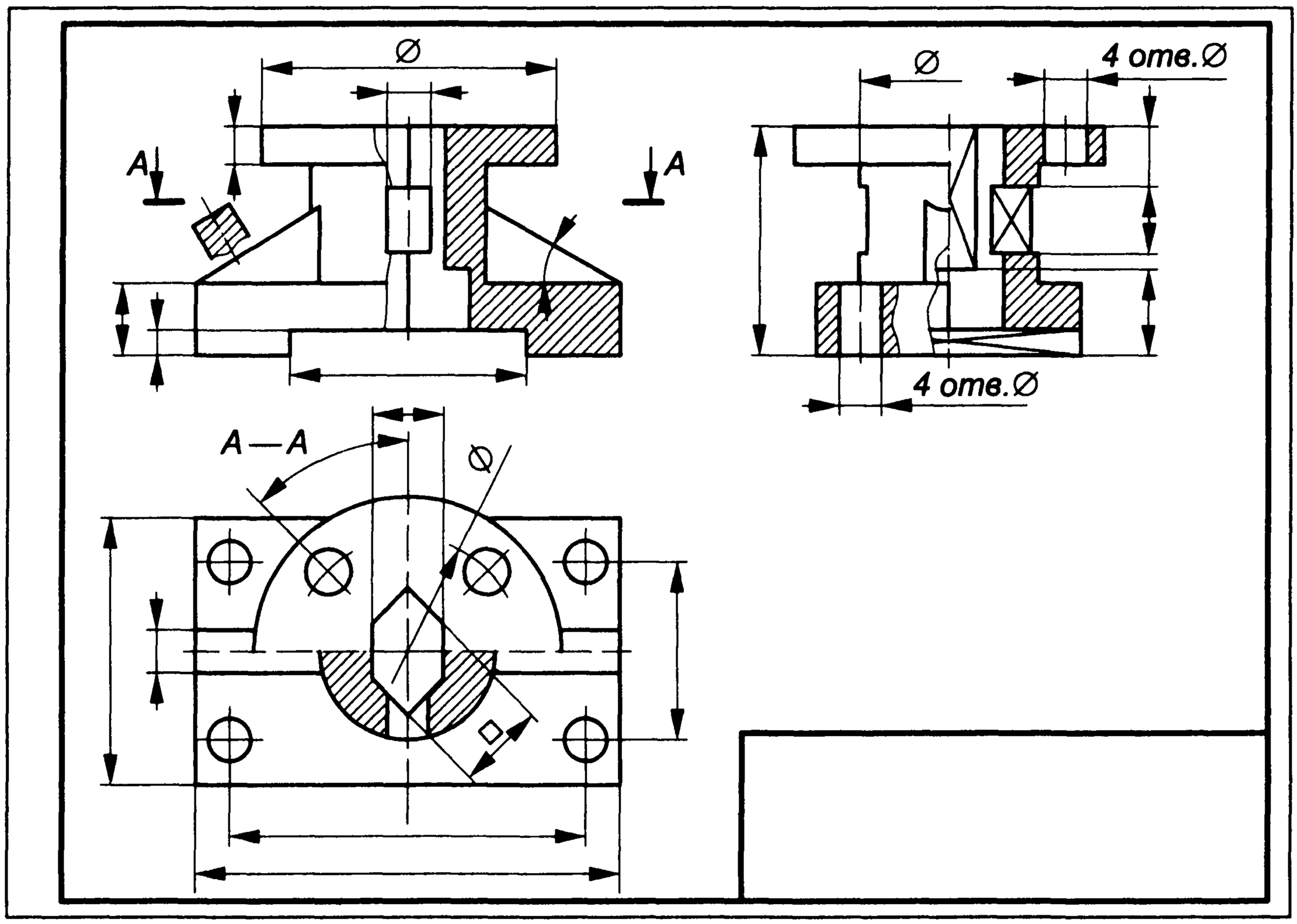


Рис. 3.135

секущая плоскость не совпадает с плоскостью симметрии детали (деталь не имеет горизонтальной плоскости симметрии).

При соединении симметричных частей вида и разреза для их разделения используют штрихпунктирную осевую линию. Линии видимого контура, проецирующиеся на осевую линию на главном виде и на виде слева, выявляются с помощью линий обрыва, расширяющих разрезы за осевую линию. На виде слева цилиндрическое отверстие на круглом фланце показывают в разрезе, хотя секущая плоскость через него не проходит, т. е. здесь используется правило выкатывания отверстия, расположенного на круглом фланце, в секущую плоскость. Глубина отверстия на прямоугольной площадке выявляется на виде слева местным разрезом. Ребро (тонкостенный элемент) на разрезе главного вида не штрихуется, поскольку разрезано вдоль. Форма ребра выявляется с помощью вынесенного сечения.

9. *Нанесение выносных, размерных линий и условных обозначений, характеризующих вид поверхности* (знаков диаметра, радиуса, квадрата, конусности, уклона и т. п.). При возможности определения шероховатостей отдельных поверхностей наносятся соответствующие знаки.

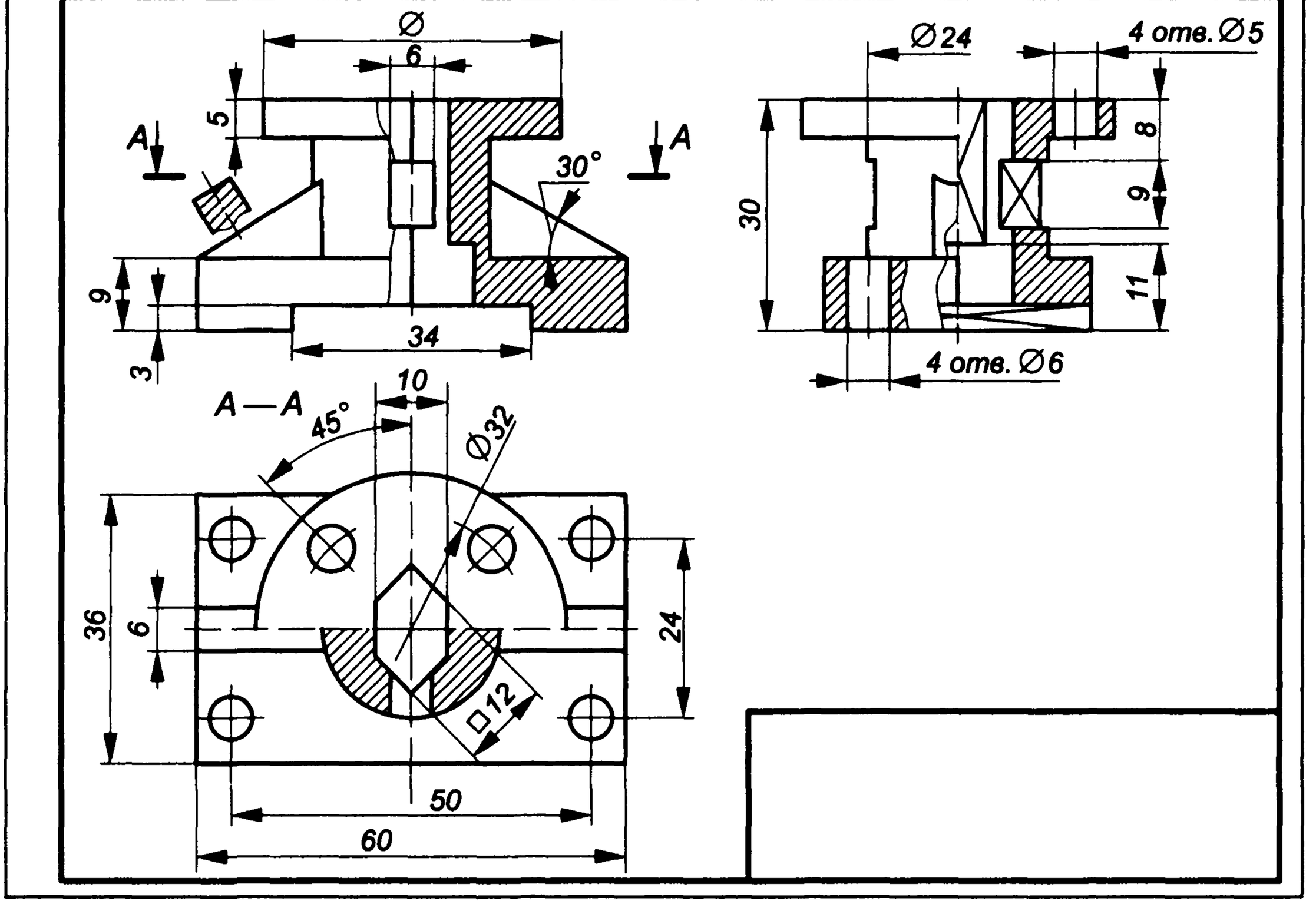


Рис. 3.136

10. *Проведение обмера детали и нанесение размерных чисел на размерные линии* (рис. 3.136).

11. *Окончательное оформление эскиза.* Все линии чертежа обводят от руки. Заполняют основную надпись. При необходимости приводят сведения о предельных отклонениях размеров, формы и расположения поверхностей, записывают технические требования и т. п.

Выполняя эскиз детали с натуры, следует критически относиться к форме и расположению отдельных ее элементов. Так, например, дефекты литья (неравномерность толщины стенок, смещение центра отверстия, неровность краев, раковины, асимметрия частей детали и т. п.) не должны отражаться на эскизе. Стандартизованные элементы детали (проточки, фаски, глубина сверления под резьбу, скругления и т. п.) должны иметь оформление и размеры, предусмотренные соответствующими стандартами.

Обмер деталей

Обмер детали производится для указания числовых значений размеров на эскизе.

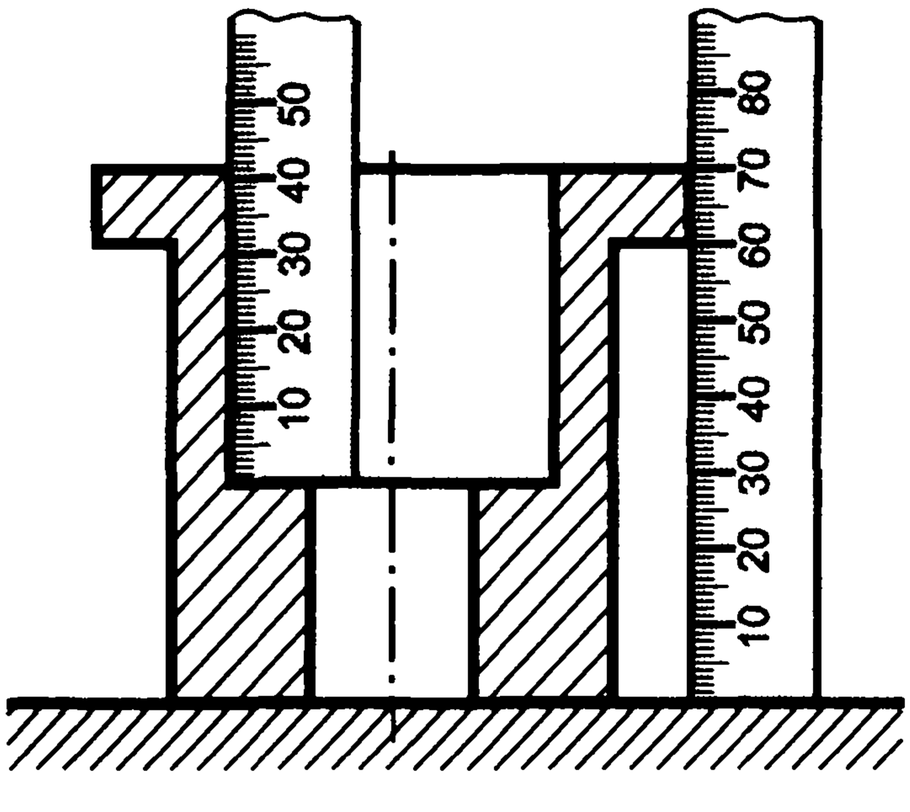


Рис. 3.137

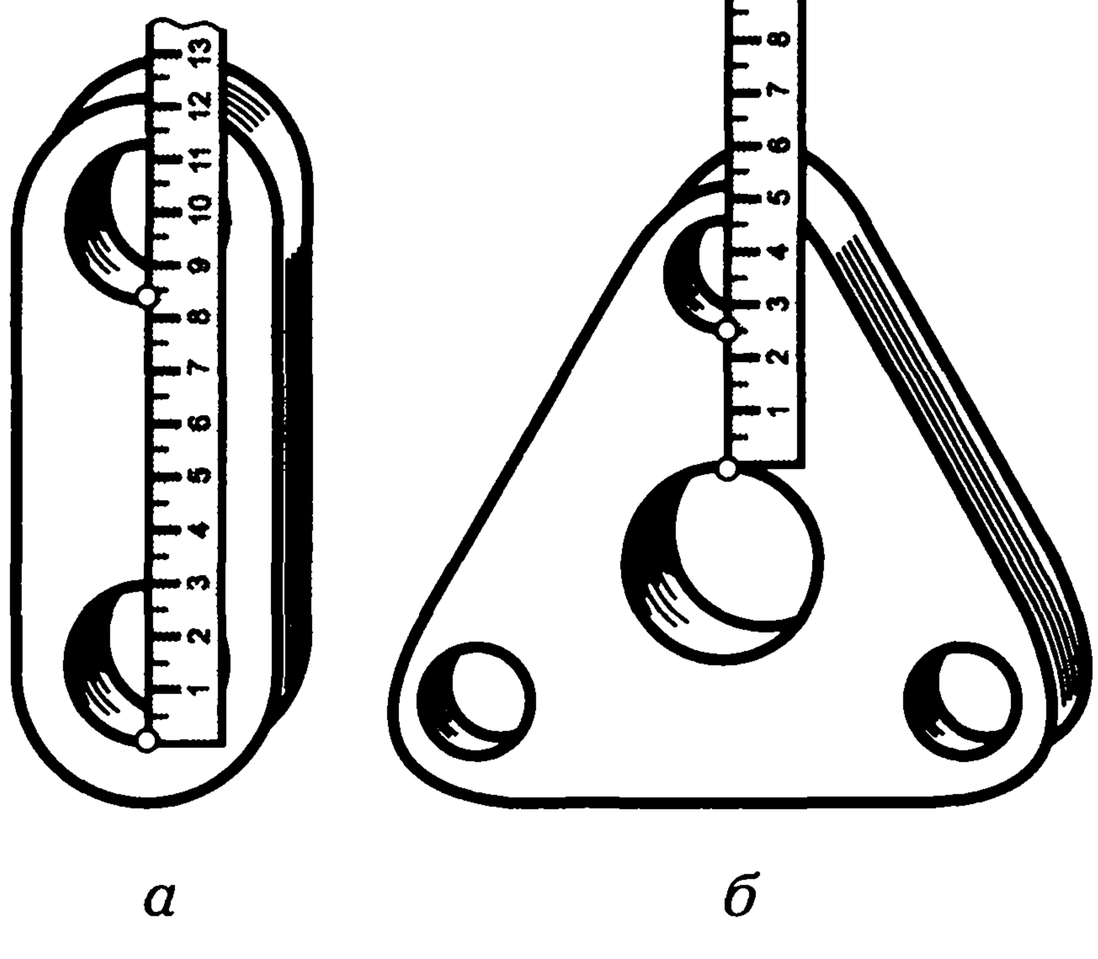


Рис. 3.138

Измерение линейных величин. Простейшими инструментами, применяемыми для измерения линейных размеров с точностью до 1 мм, являются масштабная стальная линейка, гибкая стальная рулетка, кронциркуль и нутромер.

Масштабной линейкой можно измерять длину прямолинейных отрезков элементов детали (рис. 3.137), а также межосевые расстояния отверстий. При одинаковых диаметрах отверстий линей-

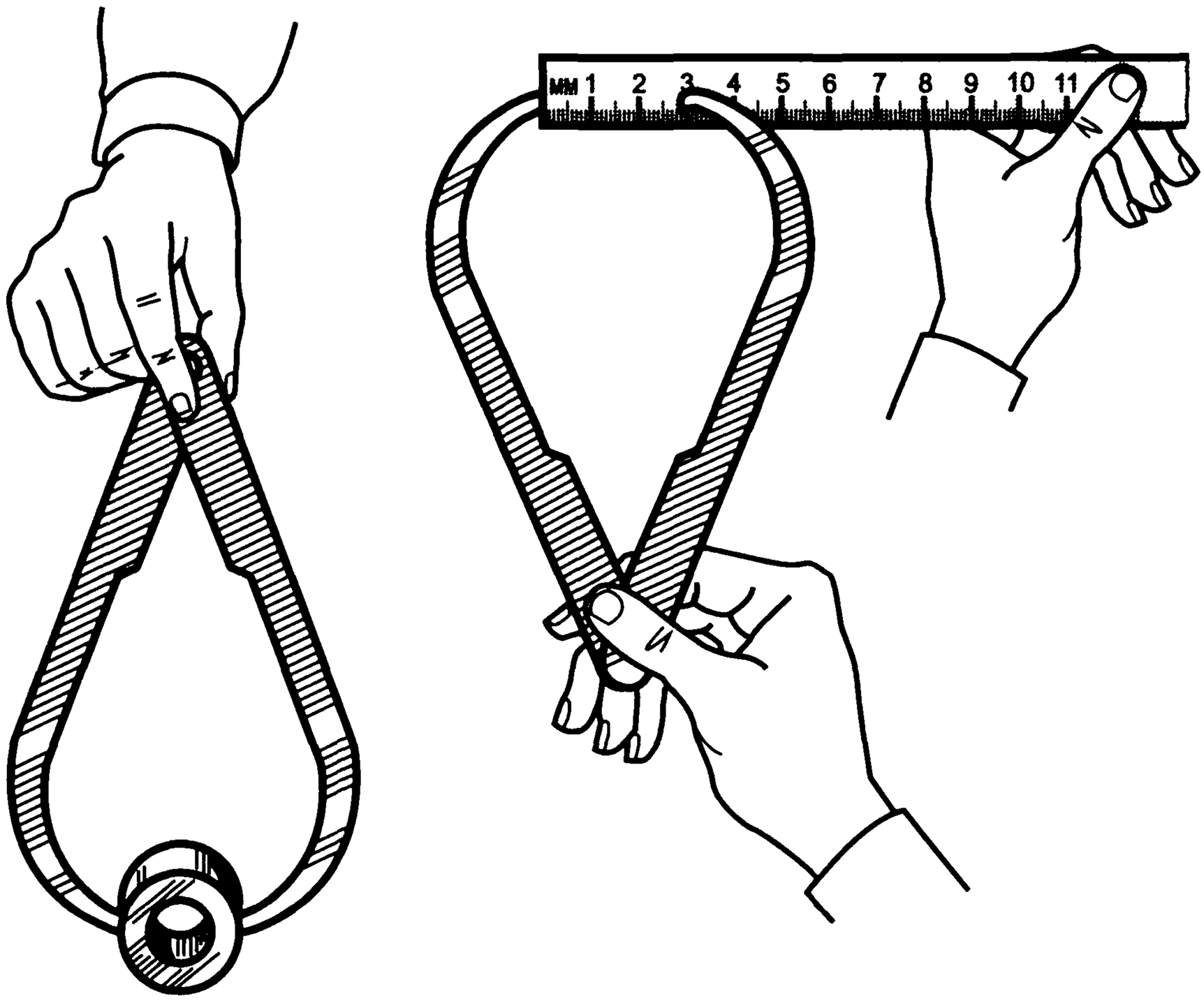


Рис. 3.139

кой измеряют кратчайшее расстояние между их краями (рис. 3.138, *а*), которое равно их межосевому расстоянию. Если же диаметры отверстий разные, линейкой измеряют расстояние между ближайшими точками их краев и к нему прибавляют сумму радиусов этих отверстий (рис. 3.138, *б*).

Кронциркуль совместно с масштабной линейкой применяется для измерения размеров наружных поверхностей деталей и диаметров тел вращения. На рис. 3.139 показано измерение наружного диаметра втулки кронциркулем с использованием линейки.

Измерение с помощью кронциркуля, линейки и угольника толщины стенок детали показано на рис. 3.140.

Нутромер с прямыми ножками, имеющий отогнутые под прямым углом мерительные лапки, применяют в основном для измерения диаметров внутренних поверхностей деталей (рис. 3.141), размерные числа которых затем определяют по линейке.

Измерения линейкой, кронциркулем и нутромером имеют низкую точность и используются в основном в учебном процессе. На производстве измерение линейных размеров производится универсальным штангенциркулем, обеспечивающим большую точность (0,10...0,05 мм).

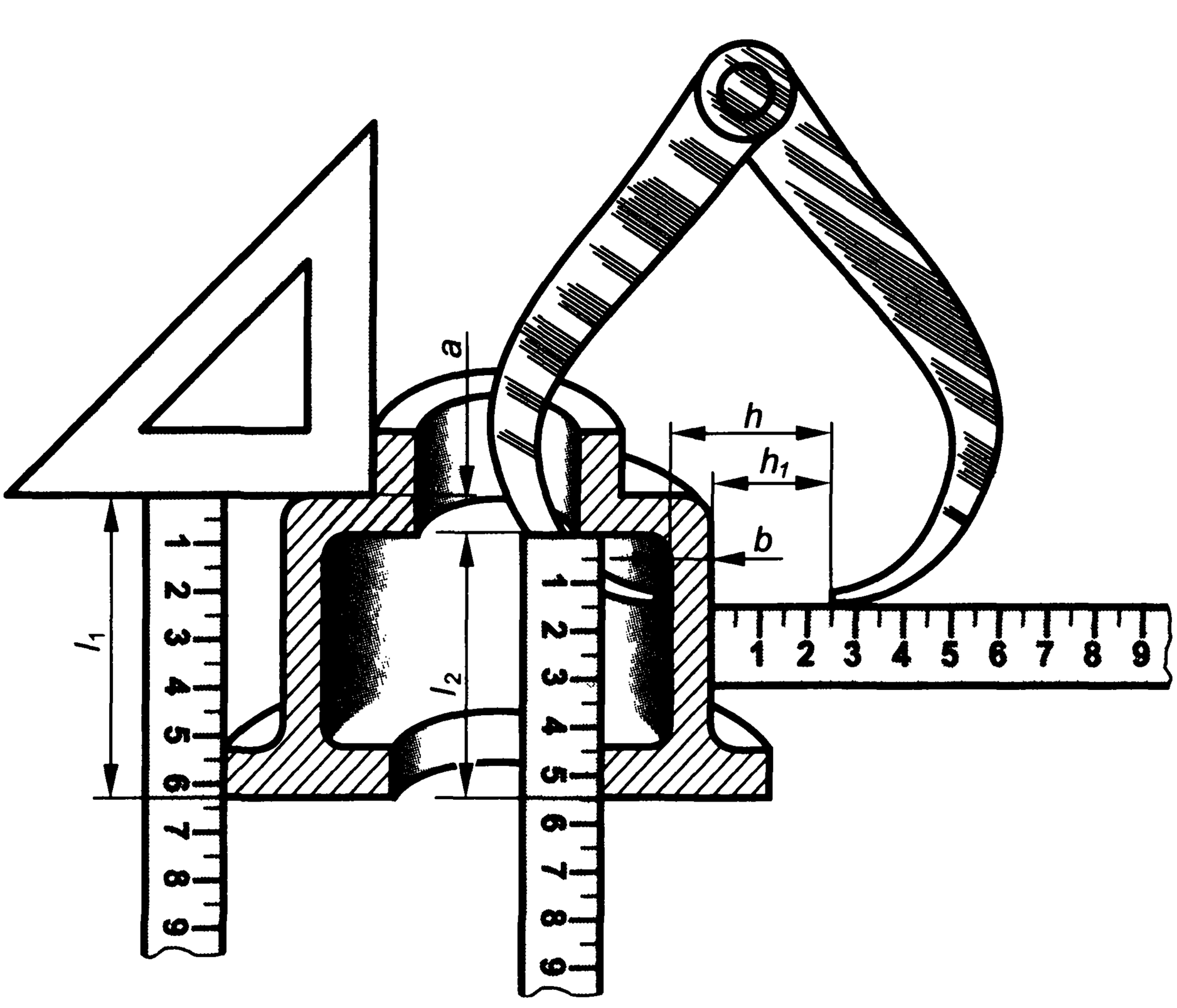


Рис. 3.140

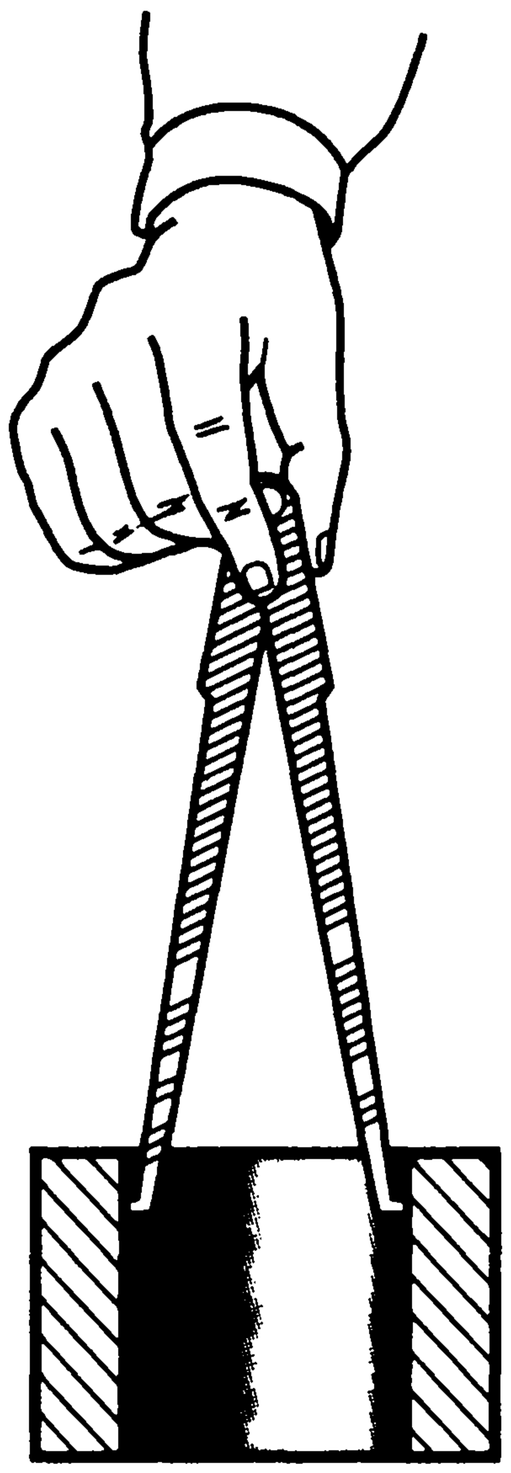


Рис. 3.141

Штангенциркуль состоит из линейки (штанги) *5* с миллиметровыми делениями (рис. 3.142, *а*). На конце штанги под прямым углом к ней размещаются две измерительные губки: верхняя *2* — для измерения внутренних размеров и нижняя *1* — для измерения наружных размеров и диаметров. На штанге расположена также рамка *4* с такими же двумя измерительными губками. Рамка может перемещаться по штанге и закрепляться на ней в любом месте с помощью зажимного винта *3*. На нижней сплошной части рамки выполнена специальная шкала с делениями, называемая нониусом. Нониус имеет десять равных делений на длине 19 мм, каждое из которых меньше двух делений штанги на 0,1 мм. При соприкасающихся губках нулевые деления нониуса и штанги совпадают.

При измерении размера наружной или внутренней цилиндрической поверхности детали измерительные губки слегка прижимают к ней, закрепляют винтом *3* рамку *4* на штанге *5* и по шкалам штанги и нониуса проводят отсчет значений соответствующего размера. При размере 20 мм нулевое деление нониуса точно совпадает с двадцатым делением штанги (рис. 3.142, *б*). При размере 21,1 мм нулевое деление нониуса будет сдвинуто вправо от двадцать первого деления штанги на 0,1 мм, а значит, первое деление нониуса совпадет с двадцать третьим делением штанги (рис. 3.142, *в*).

Следовательно, для определения измеряемого размера необходимо по линейке штанги определить целое число миллиметров, а по нониусу — число десятых долей. Десятых долей будет столько, сколько можно отсчитать делений нониуса от его нулевого штриха до ближайшего штриха, совпадающего с каким-либо штрихом штанги.

В пазу с обратной стороны штанги расположена узкая линейка глубиномера *6*, жестко соединенного с рамкой *4*. При сомкнутом положении губок торец глубиномера совпадает с торцом штанги. При измерении глубины отверстия (или уступа в детали) торец штанги упирается в торец детали, а глубиномер за счет перемещения рамки упирают в дно отверстия (см. рис. 3.142, *а*). Значение

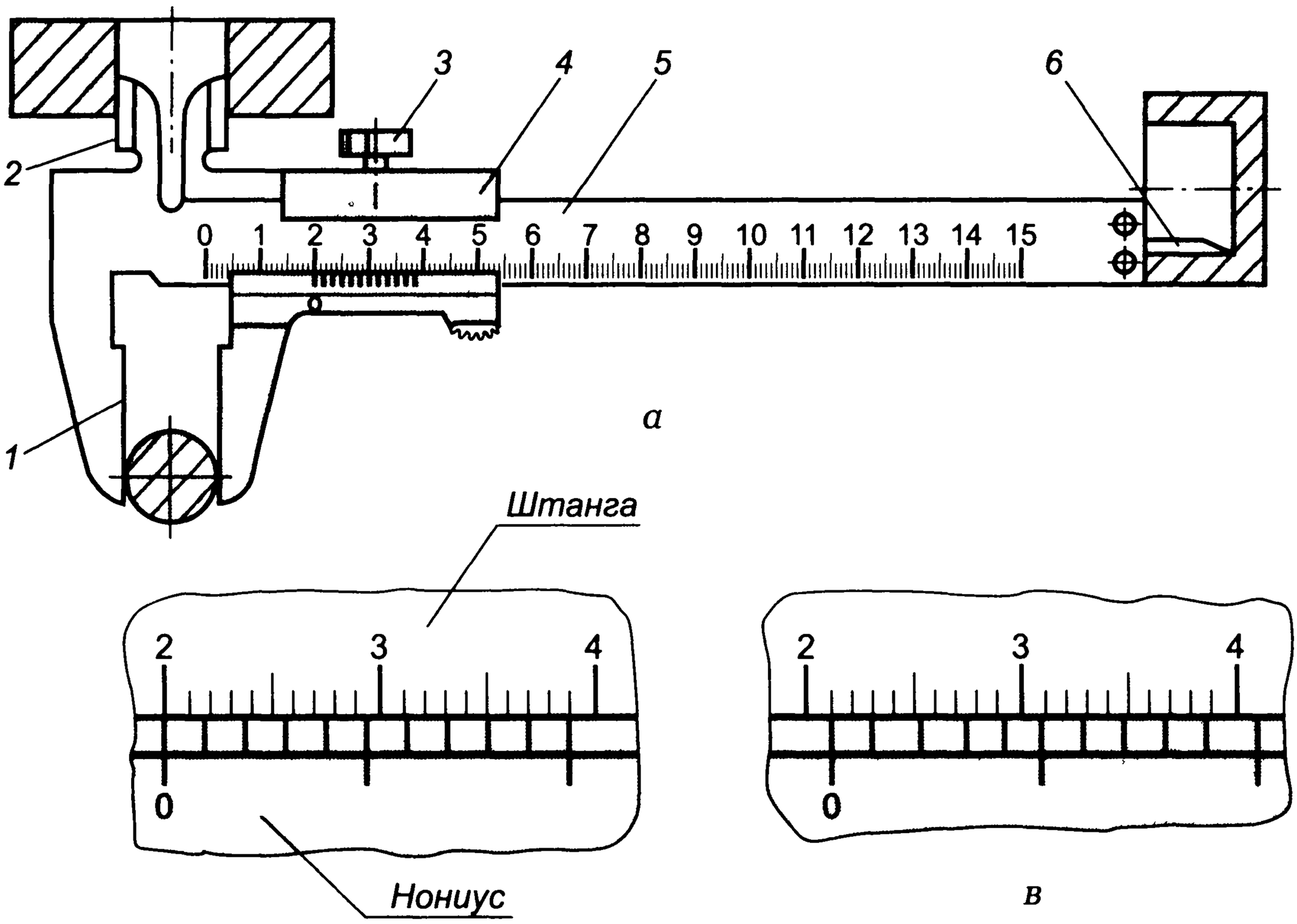


Рис. 3.142

измеренной глубины определяется, как и ранее, по делениям штанги и нониуса.

Измерение радиусов. Если элементы детали имеют очертания дуги окружности или у детали есть скругленные углы или галтели, радиусы скруглений определяют с помощью радиусомера, который представляет собой набор пластинчатых шаблонов (рис. 3.143, *а*), соединенных между собой и с обоймой шарниром. Прикладывая к месту скругления детали тот или иной скругленный конец пластинки, просматривают просвет в месте их контакта. При отсут-

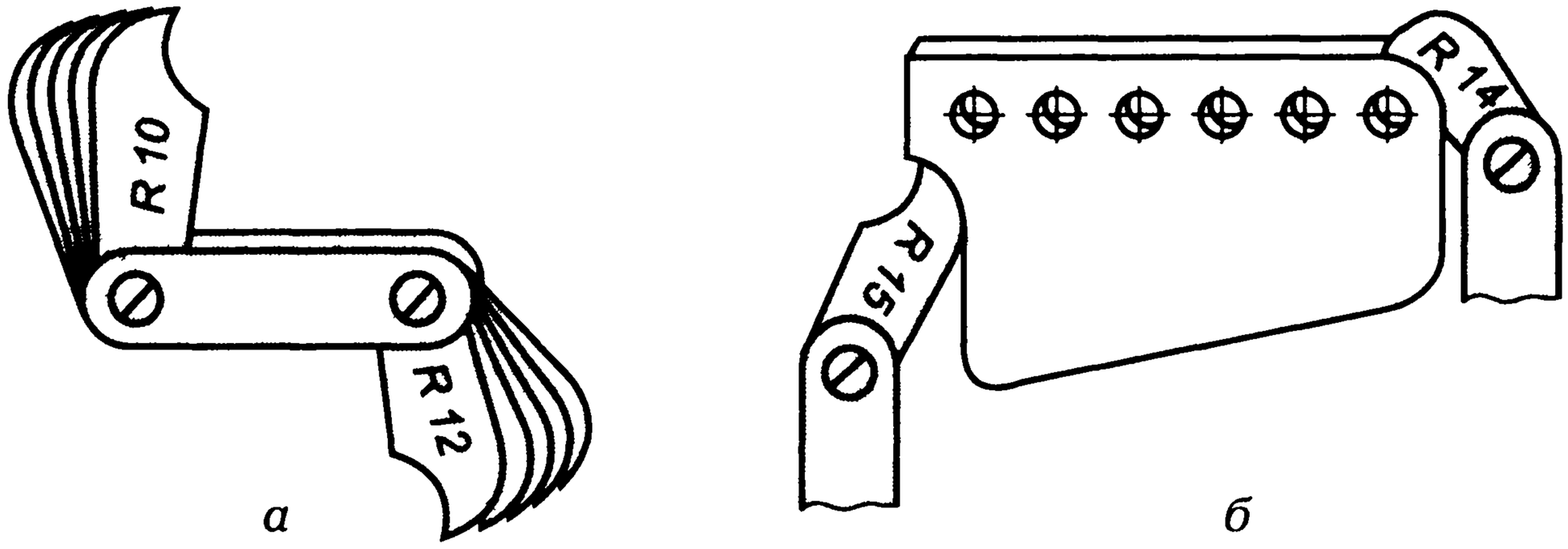
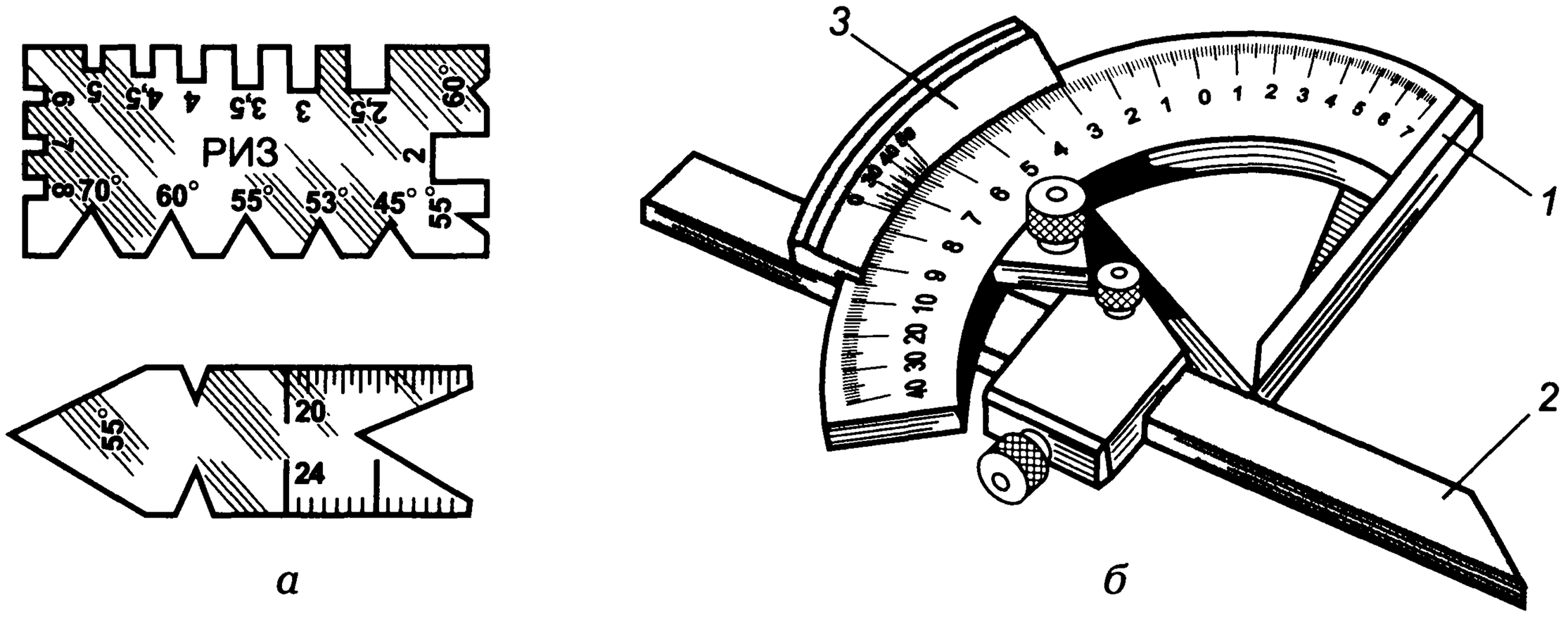


Рис. 3.143



а *б*

Рис. 3.144

ствии просвета (зазора) радиус скругления равен числу, указанному на пластинке радиусомера (рис. 3.143, *б*).

Измерение углов. Углы между элементами детали измеряют с помощью шаблонов (рис. 3.144, *а*) или угломерами (рис. 3.144, *б*). Угломер состоит из металлической линейки *1*, жестко скрепленной с полукруглым транспортиром (шкалой), имеющим деления в градусах, и поворотной линейкой *2*, снабженной ониусом *3*. Измеряемый угол, отсчитываемый по шкале транспортира и ониусу, будет равен углу между линейками. Точность измерения угла составляет 2′.

Планировка эскиза

В учебных целях учащимся приходится выполнять эскизы деталей, содержащие шесть их основных видов без нанесения размеров и три вида с нанесением размерных линий. Планировка таких эскизов обычно вызывает у учащихся затруднения, поэтому рассмотрим два примера планировки таких эскизов с подробным описанием.

Пример 3.7. Для детали, представленной на рис. 3.145, необходимо на бумаге в клетку формата А3 выполнить эскиз, содержащий шесть основных видов без размерных линий, спланировав его таким образом, чтобы размеры изображений видов были максимально возможными.

Выполнение эскиза детали состоит из трех этапов: подготовка листа бумаги, заданного формата; планировка размещения изображений; нанесение изображений.

Для получения формата А3 два развернутых листа из школьной тетради в клетку совместим длинной стороной по линиям клеток, после чего склеим их встык липкой лентой с нерабочей стороны и обрежем по высоте до размера 300 мм. Ширина склеенных листов составит 410 мм (дополнять ее до размера 420 мм не будем). Нанесем рамку поля чертежа и рамку основной надписи. Рабочее поле чертежа составит 290 × 385 мм. Поскольку одна клетка тетради имеет размер 5 × 5 мм, получим рабочее поле чертежа, равное 58 × 77 клеток.

Планировку чертежа по горизонтали проведем в следующем порядке (рис. 3.146):

- зададим размер промежутков между изображениями, равным двум клеткам;
- сосчитаем число промежутков между изображениями, а также между рамкой поля чертежа и изображениями (в данном случае это число равно 5);
- определим число клеток, необходимых для промежутков (5 × 2 = 10 клеток);
- вычислим число клеток, оставшихся для изображений (77 − 10 = 67 клеток);
- примем высоту детали $A = 1$ (см. рис. 3.145), длину $Б = 1{,}1$, а ширину $B = 0{,}9$;
- найдем число единиц, содержащихся в изображениях видов ($2B + 2Б = 2 \times 0{,}9 + 2 \times 1{,}1 = 4$ единицы);
- определим число клеток, содержащихся в единице изображения вида (67 : 4 = 16,7. Округлив это значение, получим единицу изображения, равную 16 клеткам);
- найдем число клеток, соответствующих длине детали ($Б = 16 \times 1{,}1 = 17{,}6$ или после округления $Б = 18$ клеток) и ее ширине ($B = 16 \times 0{,}9 = 14{,}4$ или после округления $B = 14$ клеток);

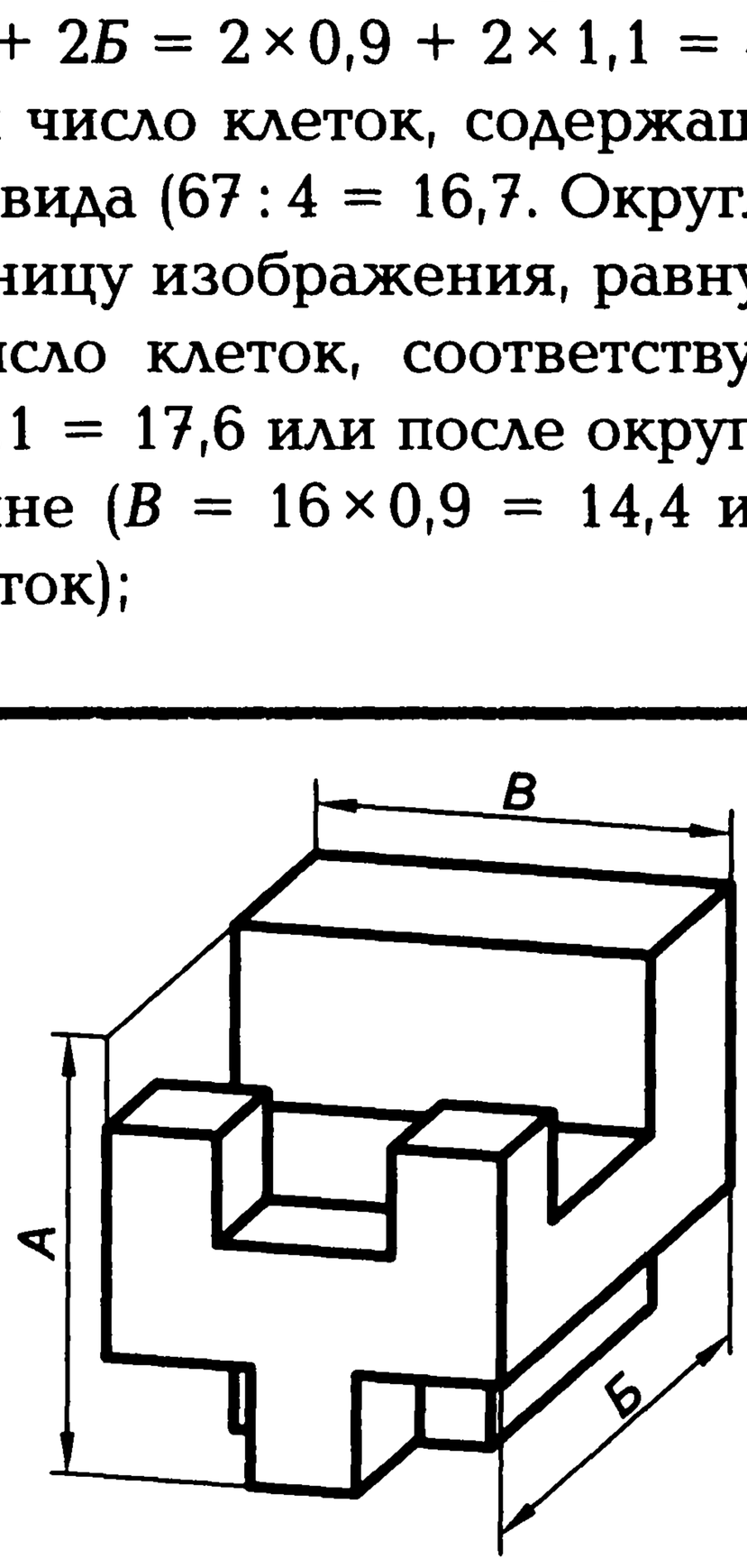


Рис. 3.145

- определим число клеток, необходимых для нанесения изображения, после округления полученных значений ($2Б + 2В = 2 \times 14 + 2 \times 18 = 64$ клетки);
- уточним число клеток, оставшихся на промежутки ($77 - 64 = 13$ клеток);
- уточним размер промежутков ($13 : 5 = 2{,}6$ клетки). Поскольку размеры промежутков удобнее иметь в виде целых чисел клеток, примем их равными 2, 2, 3, 3 и 3 клетки, считая слева направо.

Планировку чертежа по вертикали выполним в следующем порядке:

- найдем число клеток, необходимых для нанесения изображений ($А + 2В = 16 + 2 \times 14 = 44$ клетки);
- определим число клеток, оставшихся на промежутки ($58 - 44 = 14$ клеток);
- уточним размер промежутков ($14 : 4 = 3{,}5$ клетки). Чтобы промежутки содержали целое число клеток, примем нижний и верхний промежутки равными четырем клеткам, а остальные — трем.

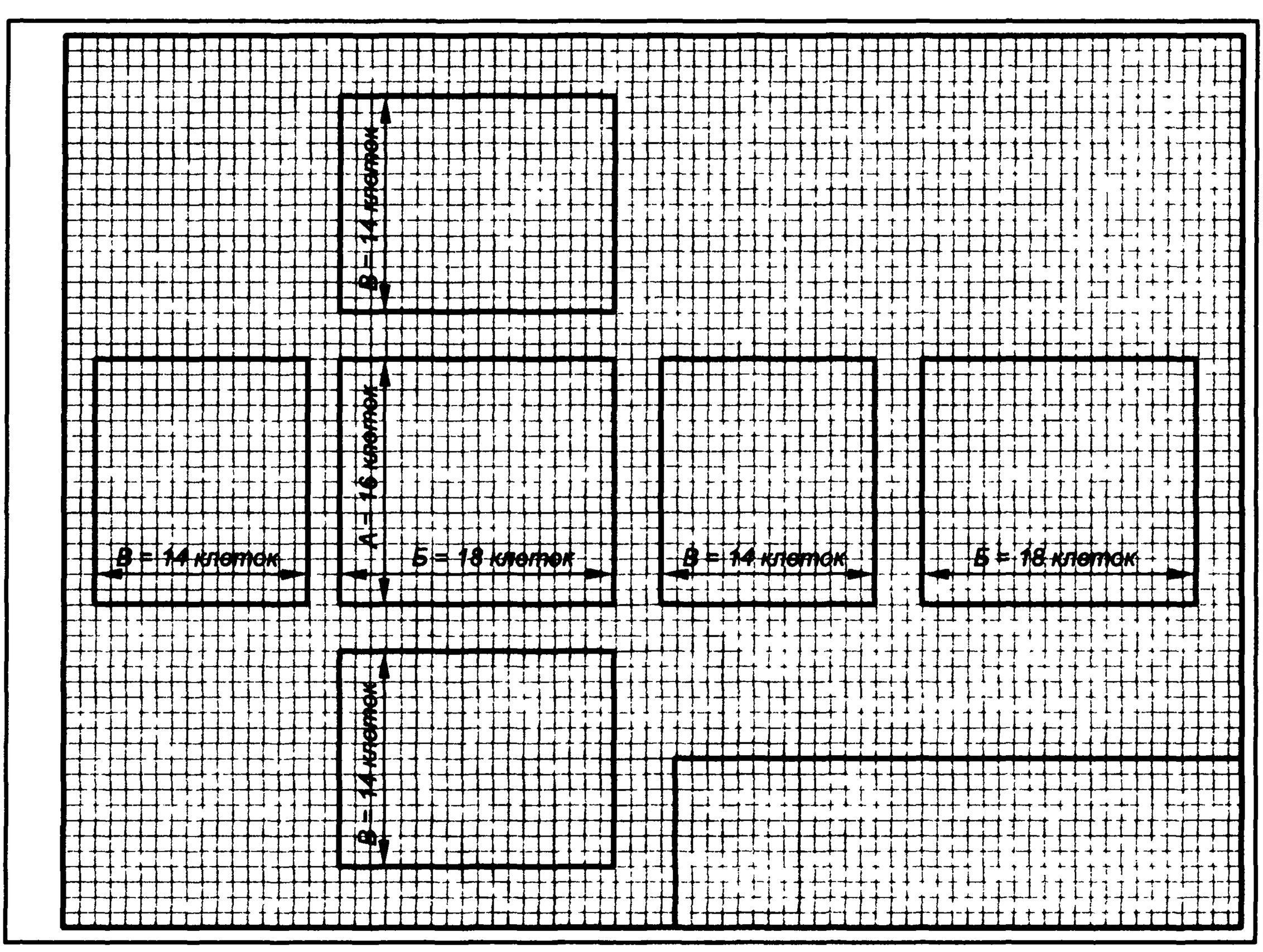


Рис. 3.146

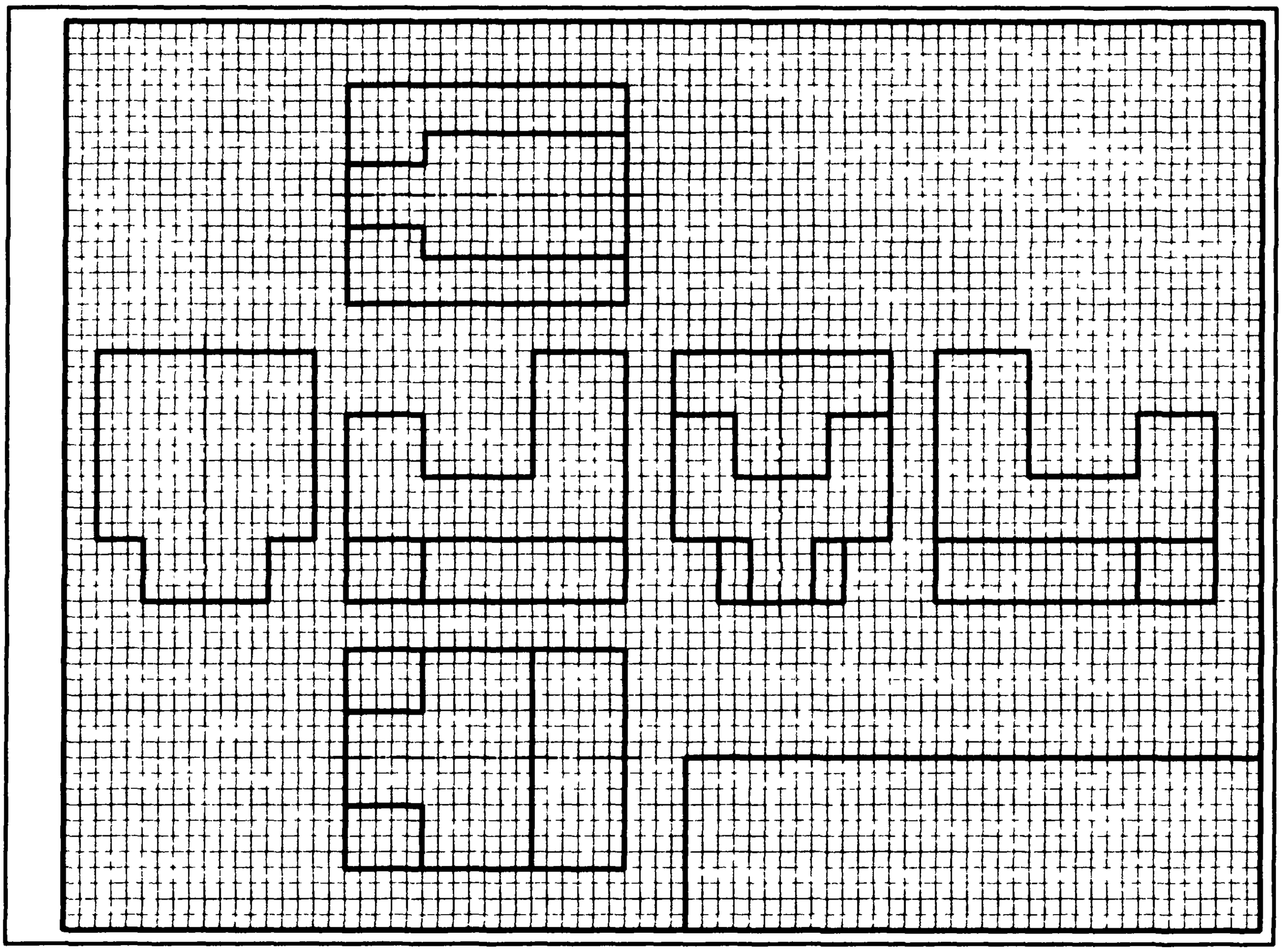


Рис. 3.147

Формат А3 с планировкой чертежа изображен на рис. 3.146, а эскиз детали приведен на рис. 3.147.

Пример 3.8. Для представленной на рис. 3.148 детали необходимо выполнить на бумаге в клетку форматом А3 три ее вида (главный, сверху и слева) с размерными линиями без цифр, спланировав чертеж таким образом, чтобы размеры изображений видов были максимально возможными.

Планировка чертежа (рис. 3.149) в данном случае производится с учетом необходимости простановки размеров. Расстояние между размерными линиями, а также между размерными линиями и контуром вида выбираем равным 2 клеткам. Слева от главного вида следует нанести два размера, поэтому промежуток между рамкой поля чертежа и видом берем равным 6 клеткам. Над видом сверху будет два размера и обозначение секущей плоскости, поэтому оставим промежуток, равный 8 клеткам. Над главным видом следует нанести один размер, поэтому оставим промежуток, равный 4 клеткам. Под видом сверху будет нанесен один размер и обозначение секущей плоскости, поэтому оставим промежуток, равный 8 клеткам.

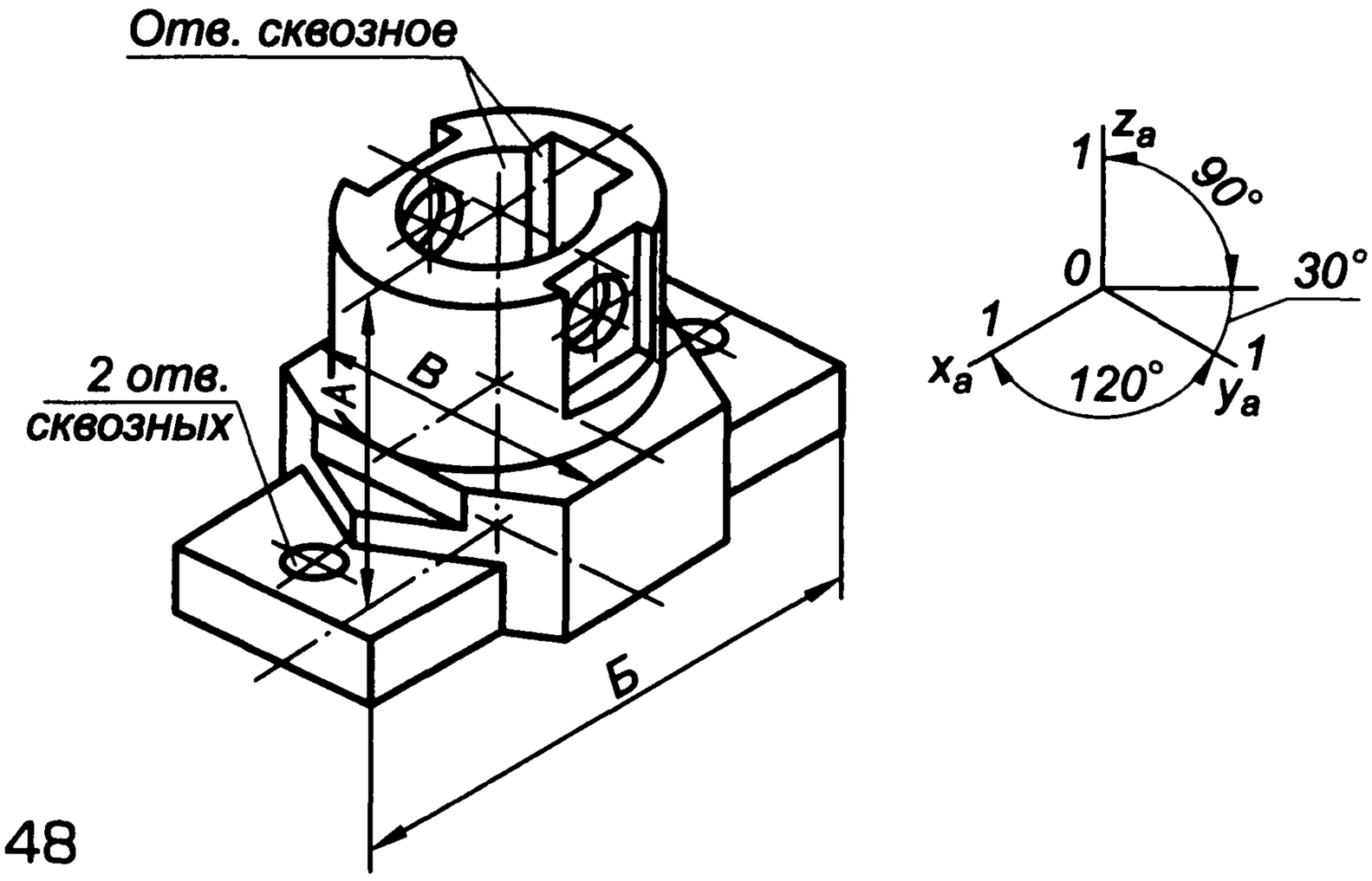


Рис. 3.148

Планировку чертежа по вертикали выполним в следующем порядке:

- примем высоту детали $A = 1$ (см. рис. 3.148), длину $Б = 1{,}7$, а ширину $B = 1$;
- найдем число клеток, требуемых для промежутков (4 + 8 + + 8 = 20 клеток);

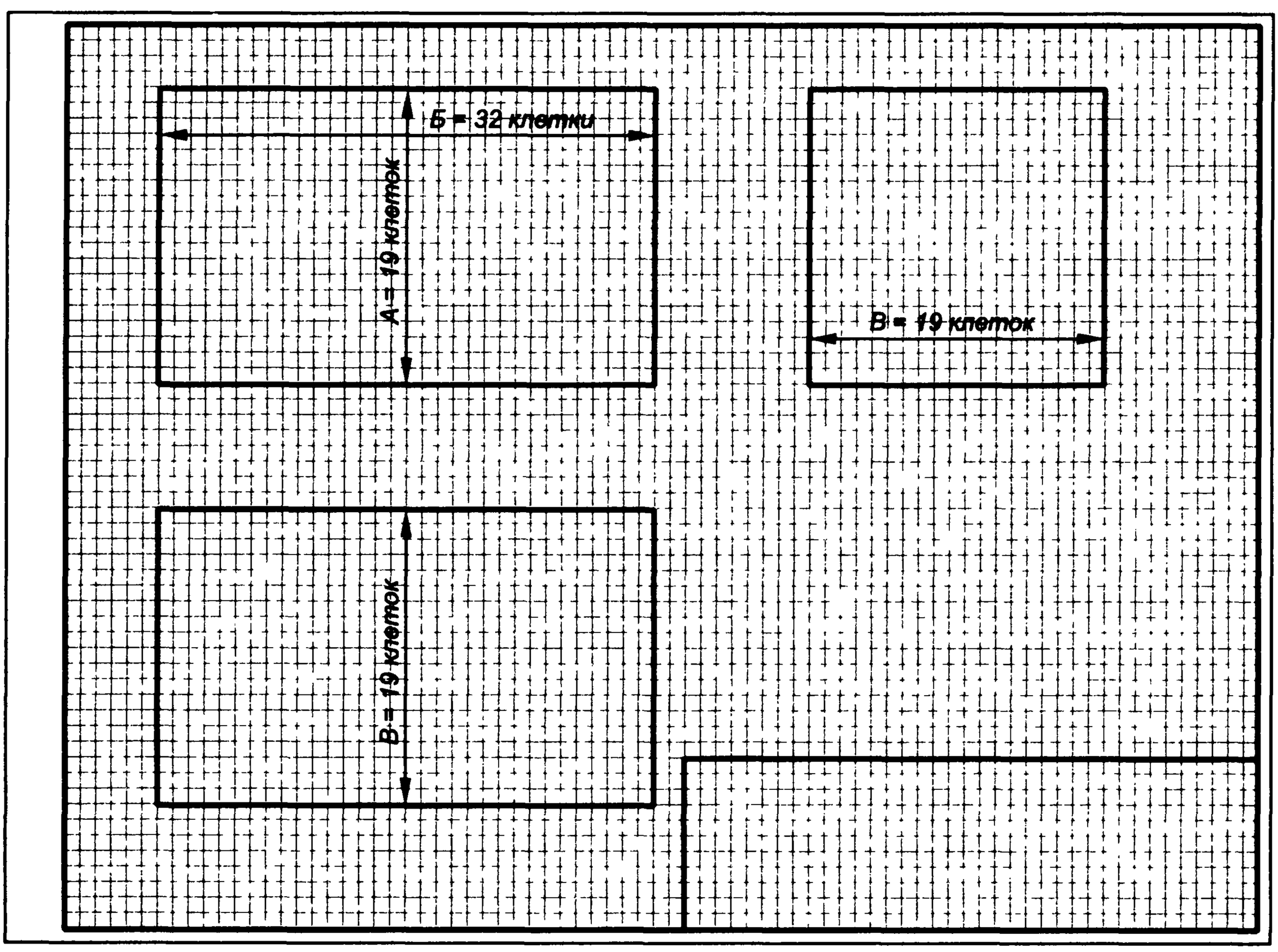


Рис. 3.149

- определим число клеток, оставшихся на изображения (58 − 20 = 38 клеток);
- определим число единиц, содержащихся в изображениях видов (1 + 1 = 2 единицы);
- определим число клеток, содержащихся в единице изображения (38 : 2 = 19 клеток);
- найдем размеры изображений в клетках ($А = 1 \times 19 = 19$, $Б = 19 \times 1{,}7 = 32$, $В = 19 \times 1 = 19$);
- проверим, не попадет ли вид сверху на основную надпись чертежа.

Расстояние между правым краем вида сверху и левой рамкой чертежа составляет 38 клеток (это промежуток, равный 6 клеткам, плюс размер *Б* изображения, равный 32 клеткам), а левая граница основной надписи отстоит от левой рамки чертежа на 40 клеток, следовательно, между ними есть промежуток, равный 2 клеткам.

Планировку чертежа по горизонтали выполним в следующем порядке:

- определим, сколько клеток необходимо для изображения вида слева и для промежутков справа и слева от него (77 − 38 = 39 клеток);

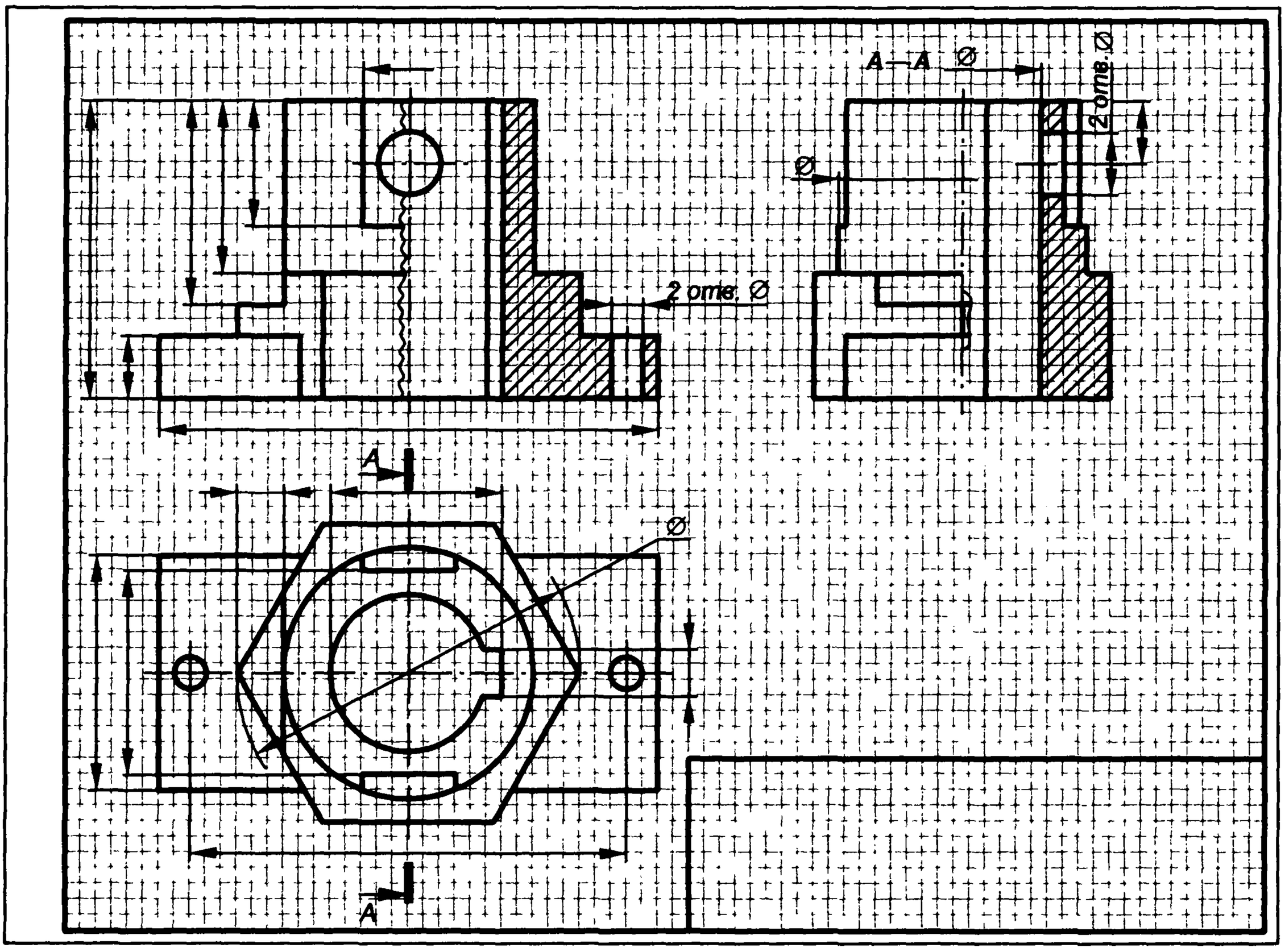


Рис. 3.150

- определим размер изображения вида слева в клетках (B = 19 клеток);
- найдем, сколько клеток остается на промежутки (39 − 19 = = 20 клеток). Следовательно, на каждый из промежутков приходится 10 клеток (20 : 2).

Эскиз детали, представленной на рис. 3.148, приведен на рис. 3.150.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое эскиз детали и чем он отличается от чертежа детали?
2. На какой бумаге целесообразно выполнять эскиз детали?
3. Указывается ли на эскизе масштаб?
4. Какова последовательность выполнения эскиза?
5. Чем руководствуются при выборе главного вида детали и его расположения?
6. Как на главном виде располагается ось деталей, содержащих цилиндрические и конические поверхности, которые обрабатываются на токарных станках в горизонтальном положении?
7. Чем определяется необходимое число изображений (видов, разрезов, сечений) на эскизе детали?
8. Как производится планировка размещения изображений на рабочем поле эскиза?
9. Какие простейшие инструменты используются для обмера деталей при измерении линейных и угловых размеров, радиусов закруглений, диаметров отверстий и валов?
10. Как производится обмер деталей штангенциркулем и как считываются его показания?

Глава 4

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ НЕКОТОРЫХ ДЕТАЛЕЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Изделием (ГОСТ 2.101—68) называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Установлены следующие виды изделий.

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций, например болт, гайка, литой корпус.

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе с помощью различных сборочных операций (свинчивания, клепки, сварки, опрессовки, развальцовки и т.п.), например автомобиль, сварной корпус, редуктор, шарикоподшипник.

Комплекс — два и более специфицированных изделий, не соединенных между собой на предприятии-изготовителе с помощью сборочных операций, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например цех-автомат, автоматическая телефонная станция, бурильная установка, корабль.

Комплект — два и более изделий, не соединенных между собой на предприятии-изготовителе с помощью сборочных операций (набор изделий), но имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например комплекты запасных частей, измерительной аппаратуры, упаковочной тары и т.п.

Соединение отдельных деталей изделия или сборочной единицы между собой может быть *подвижным* или *неподвижным*. При подвижном соединении в процессе работы машины возможно относительное перемещение деталей, а при неподвижном — невозможно.

В зависимости от технологических и эксплуатационных требований различают соединения *неразъемные* и *разъемные*.

Неразъемные соединения нельзя разобрать без повреждения соединяемых деталей. Это сварные и заклепочные соединения, соединения пайкой и склеиванием, развальцовкой, а также соединения с натягом, в которых до сборки размер вала больше размера отверстия и неподвижность обеспечивается за счет упругопластической деформации деталей.

Разъемные соединения можно многократно собирать и разбирать без повреждения соединяемых деталей. Это резьбовые, шпоночные, шлицевые, штифтовые и клиновые соединения.

4.2. РЕЗЬБЫ

В машиностроении широко применяются детали, имеющие резьбу. Образование резьбы основывается на принципе получения винтовой линии.

Под **резьбой** понимают поверхность, образованную при винтовом движении плоской фигуры по винтовой линии.

Винтовая линия — это пространственная кривая линия, которую можно представить как траекторию точки, одновременно участвующей в двух движениях: равномерно-поступательном по образующей какой-либо поверхности вращения и равномерно-вращательном вокруг оси заданной поверхности.

Винтовую линию можно получить на токарном станке, закрепив в центрах цилиндрический стержень. Если этому стержню придать равномерно-вращательное движение, а резцу — равно-

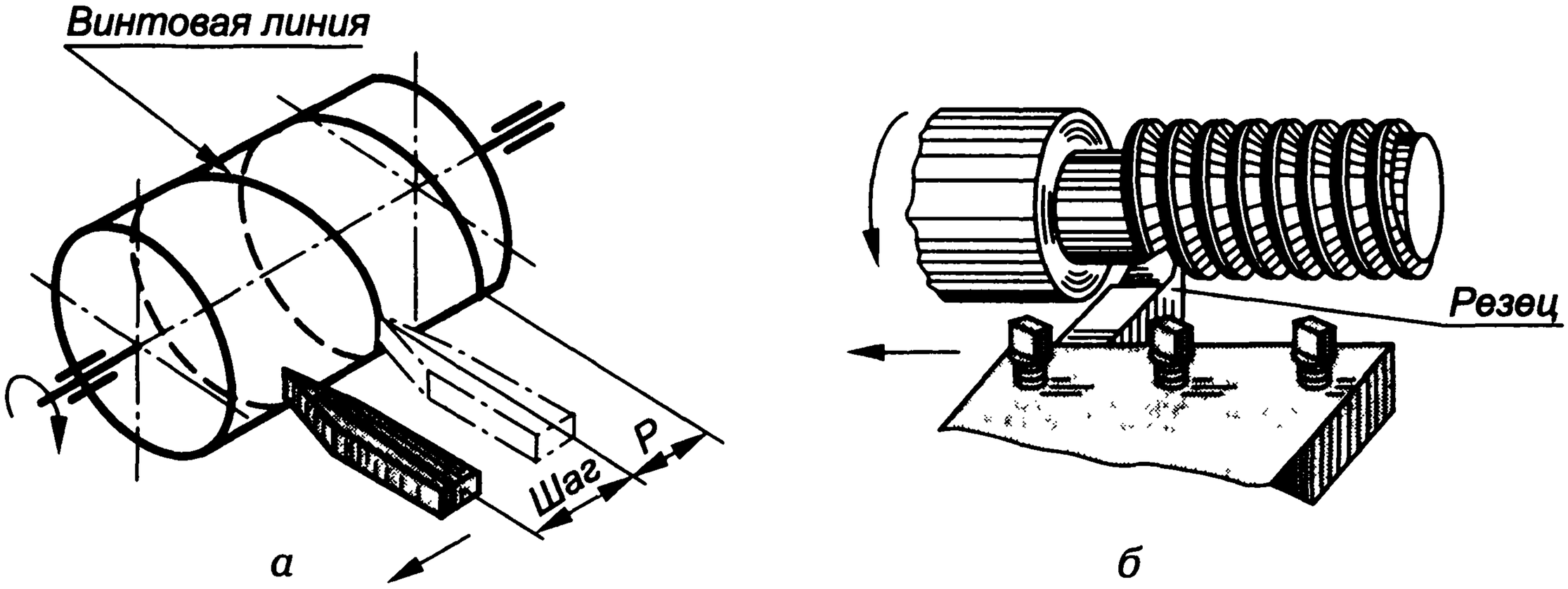


Рис. 4.1

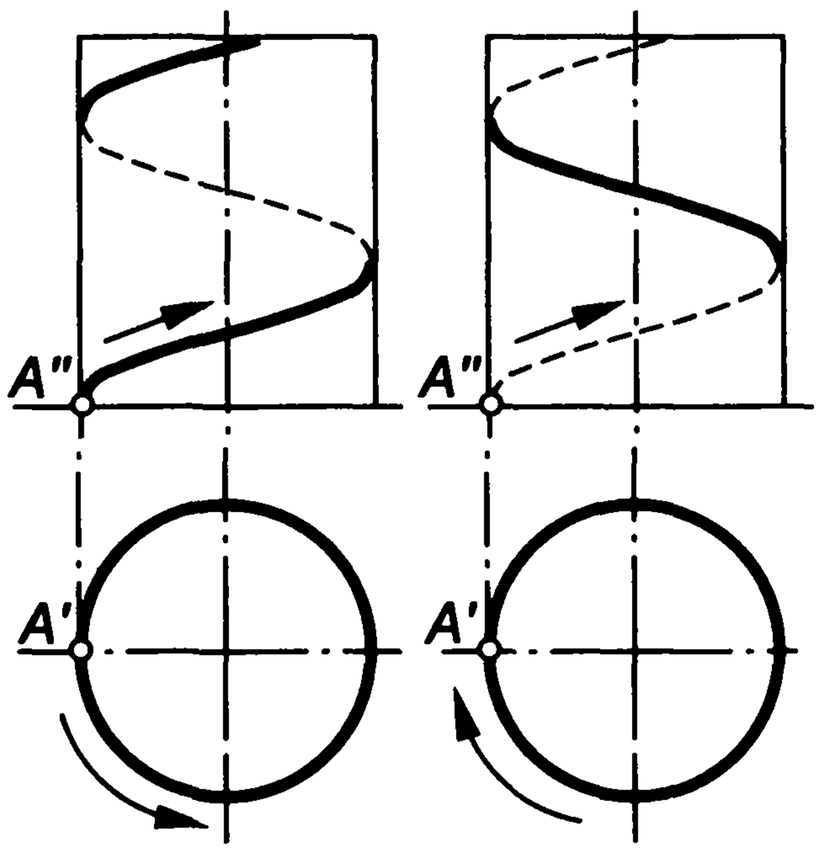


Рис. 4.2 *а* *б*

мерно-поступательное, то острие резца начертит на поверхности стержня винтовую линию (рис. 4.1, *а*), а при его углублении в стержень — нарежет резьбу (рис. 4.1, *б*).

Винтовые линии могут быть правого и левого направлений. Винтовая линия, образуемая точкой, вращающейся по часовой стрелке и удаляющейся вдоль оси от наблюдателя, называется *правой* (рис. 4.2, *а*), а линия, образуемая точкой, вращающейся против часовой стрелки, — *левой* (рис. 4.2, *б*).

Если в качестве производящей использовать плоскую фигуру (треугольник, трапецию, полукруг, квадрат) и заставить ее двигаться по поверхности цилиндра таким образом, чтобы вершины этой фигуры перемещались по винтовым линиям, а плоскость самой фигуры проходила через ось цилиндра, получим винтовое тело (рис. 4.3). При этом производящие фигуры выполняют на цилиндрической поверхности винтовые выступы — витки резьбы.

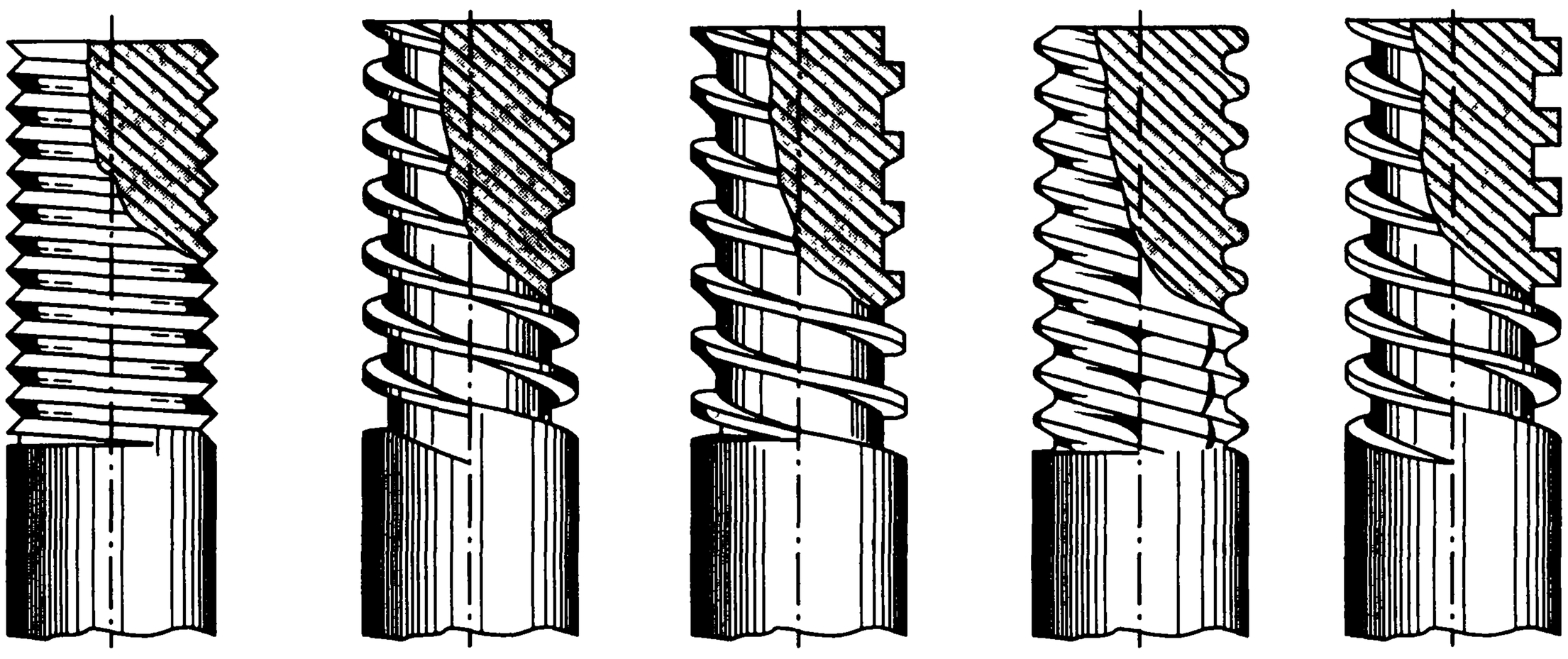


Рис. 4.3

Назначение, основные параметры и элементы резьбы

Резьбой называется поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности.

Классификация резьбы по различным признакам приведена на рис. 4.4.

Крепежная резьба применяется в соединительных деталях машин, механизмов и приборов, т. е. в болтах, винтах, шпильках, гайках.

Ходовая и грузовая резьбы применяются в подъемных винтах винтовых прессов, домкратов, станках для преобразования вращательного движения в поступательное.

Специальная резьба используется в инструментах для нарезания резьбы в отверстии — в метчиках (рис. 4.5, *а*) и на стержне — в плашках (рис. 4.5, *б*), а также в инструментах для выполнения отверстий — в сверлах (рис. 4.5, *в*) и для обработки плоскостей, канавок и пазов — во фрезах (рис. 4.5, *г*).

Цилиндрической называется резьба, образованная на цилиндрической поверхности, а *конической* — резьба, образованная на конической поверхности.

Наружная резьба, образованная на цилиндрической или конической поверхности стержня, является охватываемой поверхностью (болт, винт и т. д.).

Внутренняя резьба, образованная на цилиндрической или конической поверхности отверстия, является охватывающей поверхностью (гайка).

По числу заходов резьбы подразделяются на *однозаходные* и *многозаходные* (двух-, трехзаходные и т. д.).

В настоящее время основным промышленным способом нарезания резьбы на метизных изделиях (болтах, шпильках, винтах) является накатка с использованием высокопроизводительных резьбонакатных автоматов, обеспечивающих высокое качество изделия. Процесс накатывания резьбы осуществляется в результате пластической деформации стержня без снятия стружки. Прокатывая деталь между двумя плоскими плашками (рис. 4.6, *а*) или цилиндрическими роликами (рис. 4.6, *б*) с резьбовым профилем, выдавливают резьбу соответствующего профиля за счет перераспределения металла.

Резьба может быть стандартной и нестандартной. Основные параметры стандартной резьбы определяет ГОСТ 11708—82

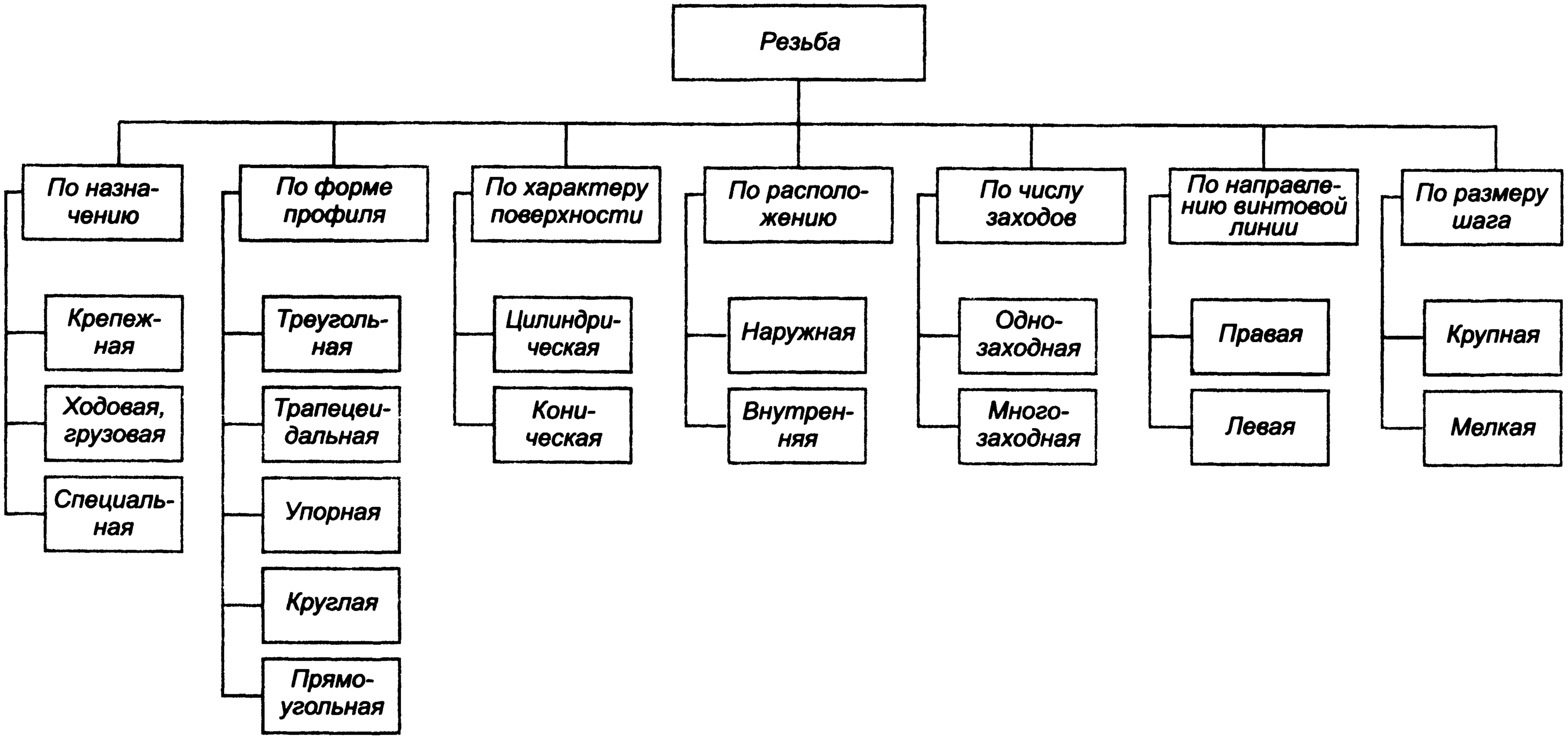
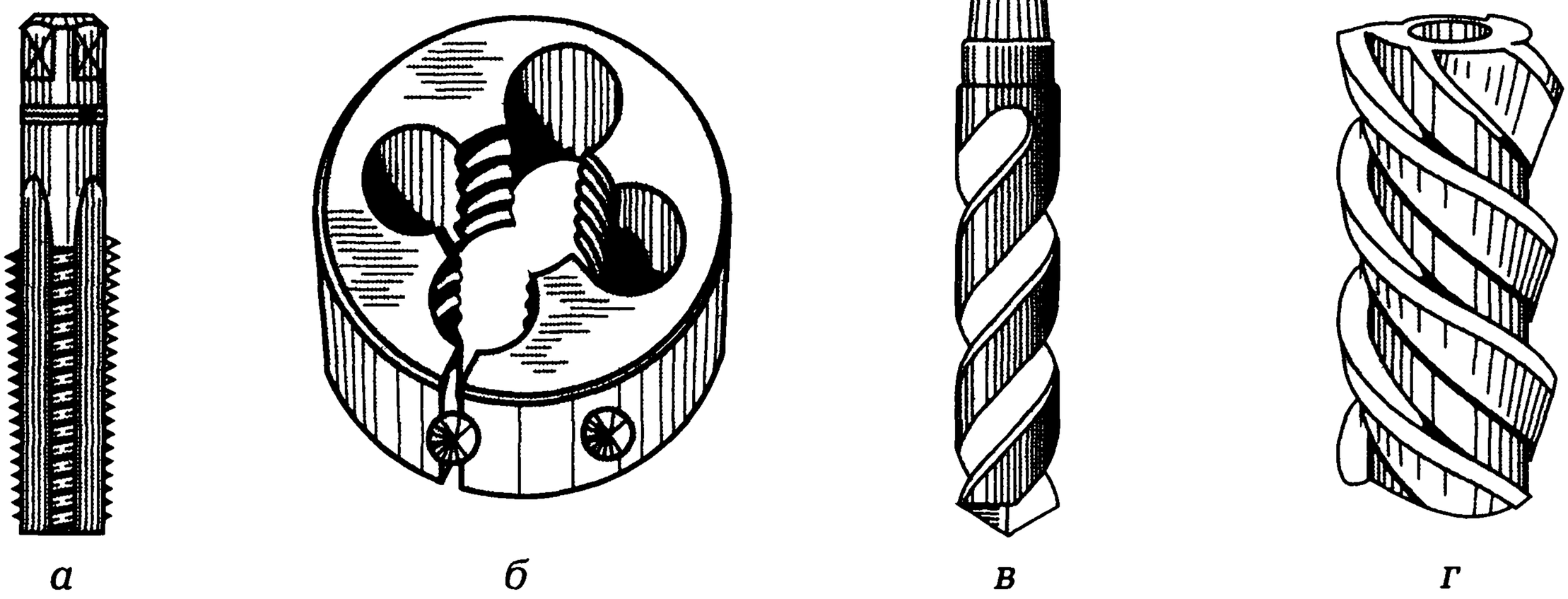

Резьба
По назначению
По форме профиля
По характеру поверхности
По расположению
По числу заходов
По направлению винтовой линии
По размеру шага
Крепежная
Ходовая, грузовая
Специальная
Треугольная
Трапецеидальная
Упорная
Круглая
Прямоугольная
Цилиндрическая
Коническая
Наружная
Внутренняя
Однозаходная
Многозаходная
Правая
Левая
Крупная
Мелкая

Рис. 4.4



а *б* *в* *г*

Рис. 4.5

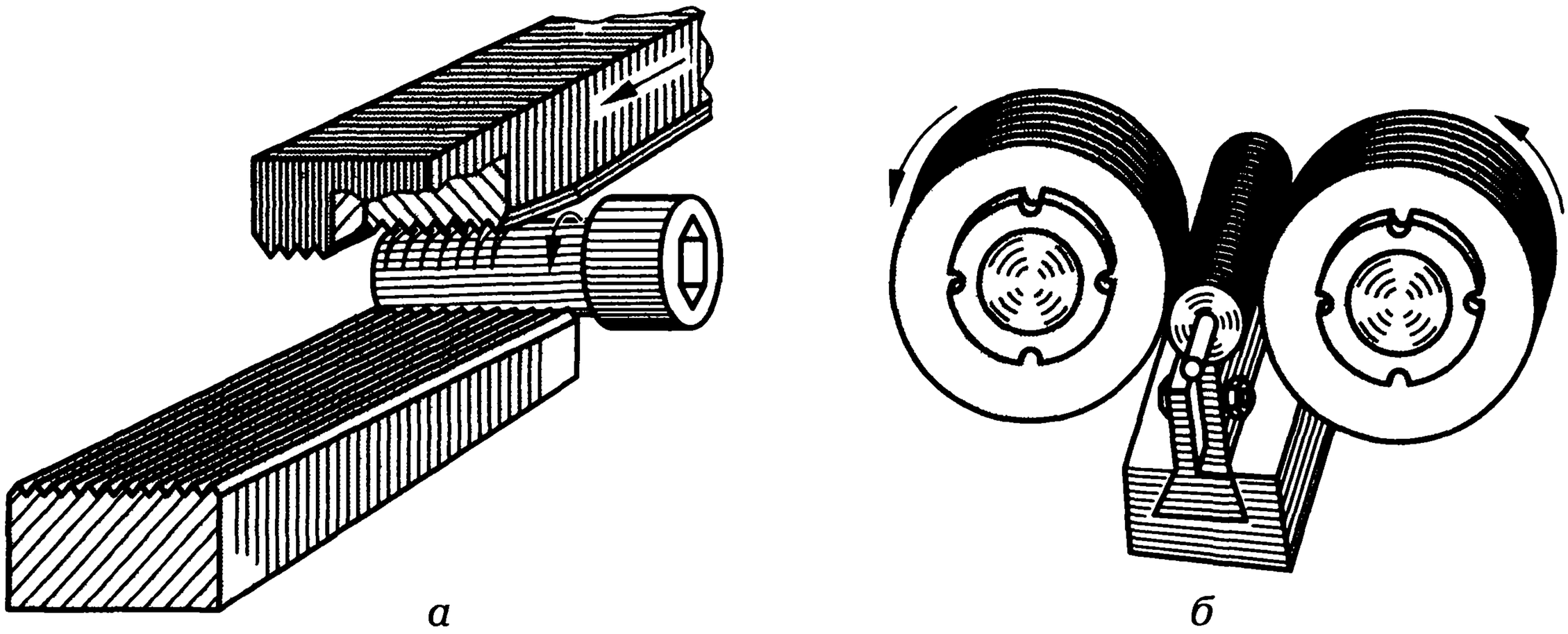
(рис. 4.7). Резьбу характеризуют три диаметра: наружный, внутренний и средний.

Наружный диаметр резьбы d, D (d — наружный диаметр болта, D — наружный диаметр гайки) является определяющим, расчетным и входит в условное обозначение резьб.

Внутренний диаметр резьбы d_1, D_1 (d_1 — внутренний диаметр болта, D_1 — внутренний диаметр гайки).

Средний диаметр резьбы обозначается d_2, D_2 (d_2 — средний диаметр болта, D_2 — средний диаметр гайки).

Профиль резьбы — профиль выступа и канавки резьбы в плоскости ее осевого сечения.



а *б*

Рис. 4.6

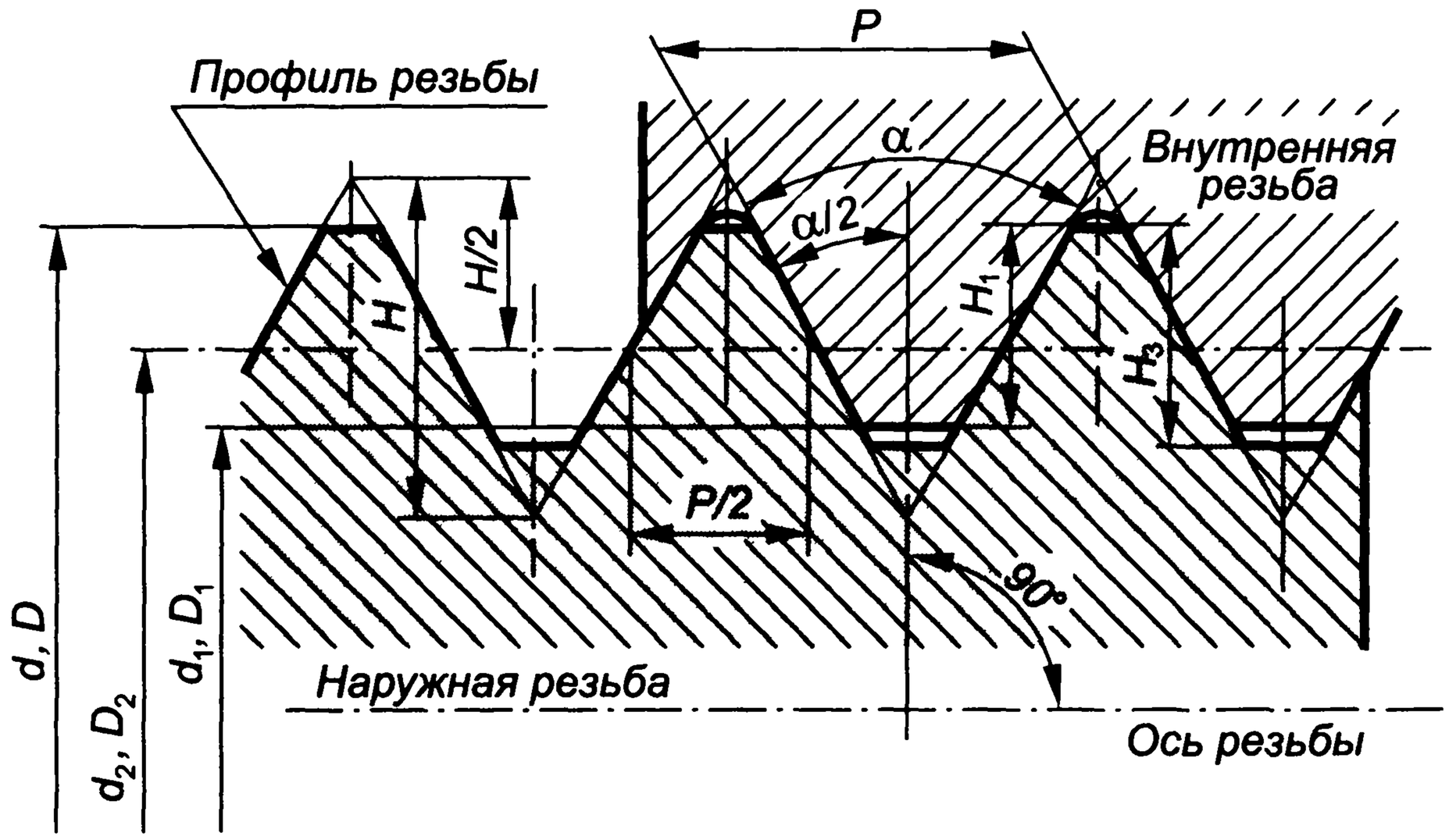


Рис. 4.7

Угол профиля резьбы α — угол между смежными боковыми сторонами резьбы в плоскости ее осевого сечения.

Шаг резьбы P — расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между средними точками ближайших одноименных боковых сторон ее профиля, расположенными в одной осевой плоскости.

Ход резьбы P_h — расстояние по линии, параллельной оси резьбы, между любой исходной средней точкой на ее боковой стороне и средней точкой, полученной при перемещении исходной точки по винтовой линии на угол 360°.

Режущая часть инструмента (на метчиках и плашках) для нарезания резьбы имеет два участка: *заборный* — с резьбой, ограниченной конической поверхностью, и *цилиндрический* — формирующий резьбу с необходимыми профилем, шагом и размером. Заборный участок плашки оставляет на стержне (рис. 4.8, *а*), а метчик — в отверстии (рис. 4.8, *б*) резьбу с неполноценным (уменьшенным по глубине) профилем. Этот неполноценный участок резьбы называется *сбегом* резьбы и является нерабочей ее частью. При изготовлении резьбовых изделий допускается оставлять ненарезанной часть между концом сбега и опорной поверхностью детали — *недовод* резьбы. Участок изделия, включающий в себя сумму сбега и недовода, называется *недорезом* резьбы.

Перед нарезанием резьбы на конце стержня и в начале отверстия выполняется *фаска* — коническая поверхность с углом наклона образующих к оси стержня или отверстия, равным 45°. На-

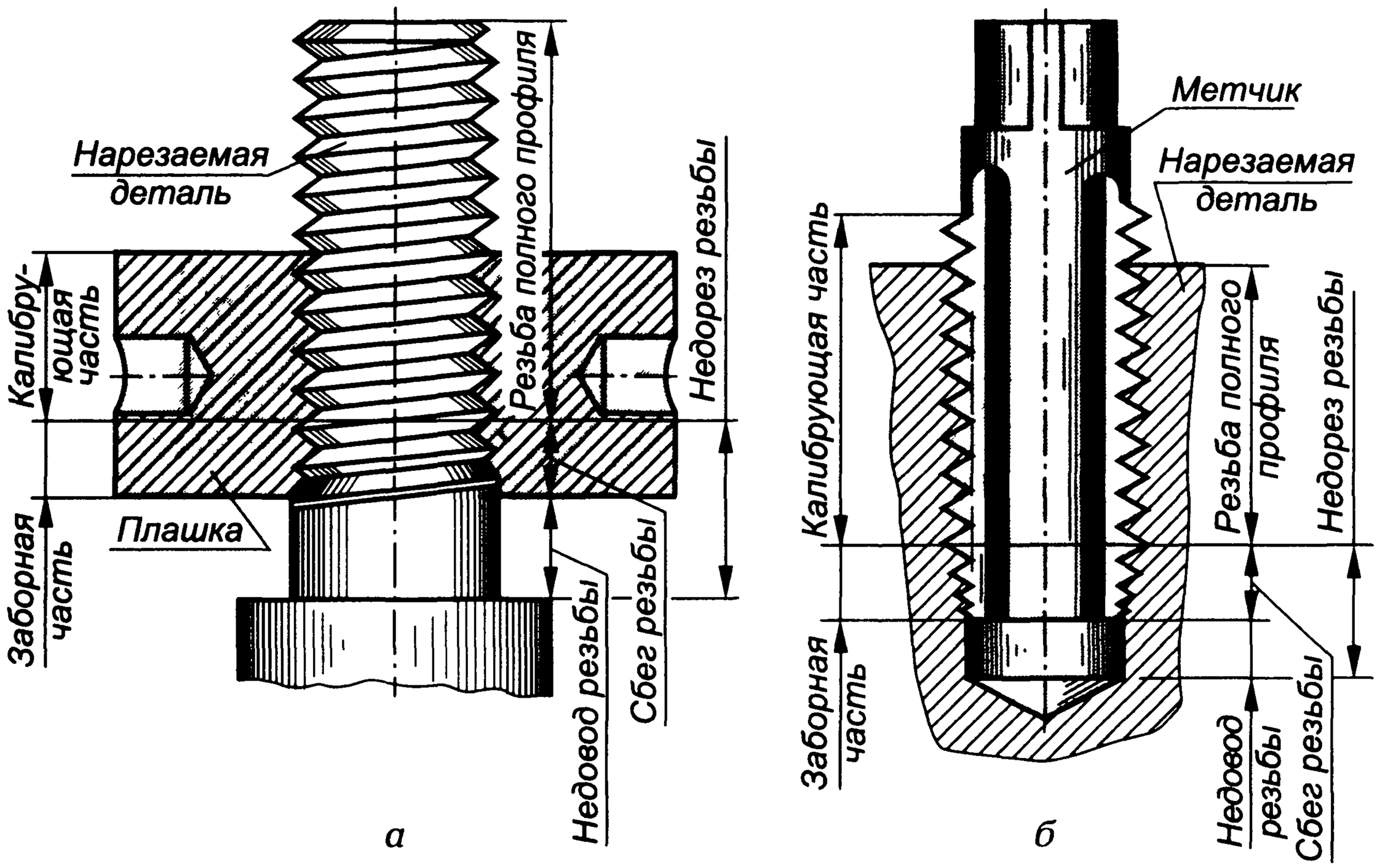


Рис. 4.8

личие фаски упрощает начало процесса нарезания резьбы, а также облегчает соединение между собой резьбовых деталей.

Если по конструктивным соображениям необходимо получить резьбу полного профиля на всей нарезанной части детали, то в конце ее выполняют специальные проточки, предназначенные для выхода резьбонарезающего инструмента. На стержне (рис. 4.9, *а*)

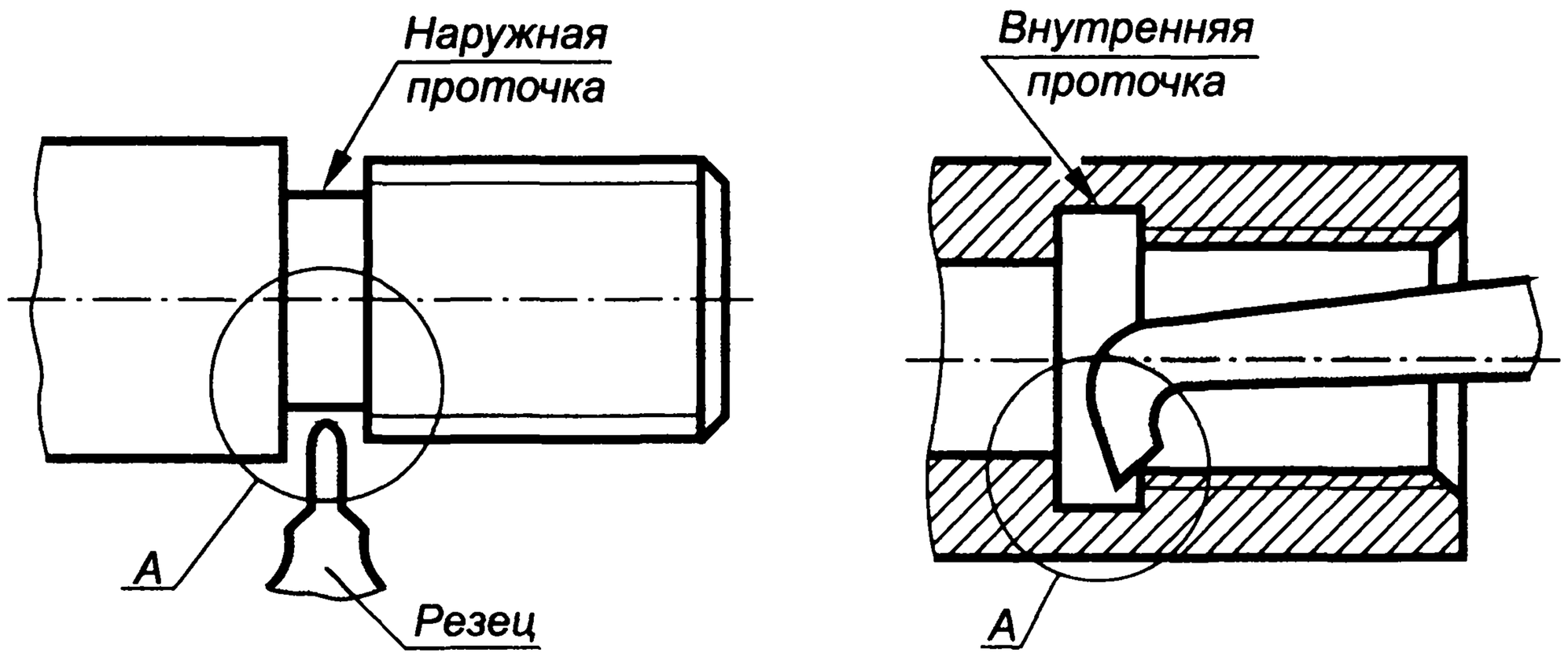


Рис. 4.9

проточку выполняют с диаметром несколько меньшим, чем внутренний диаметр резьбы, а в отверстии (рис. 4.9, *б*) — с несколько большим, чем ее наружный диаметр. Все конструктивные размеры проточек проставляются на выносных элементах.

Изображение резьб на чертеже

Резьбу на чертежах независимо от ее профиля и назначения изображают условно по ГОСТ 2.311—68.

Наружная резьба (на стержне) изображается сплошными толстыми основными линиями по наружному диаметру d и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру d_1. На плоскости, параллельной оси резьбы, сплошную тонкую линию проводят на всю длину ее полного профиля, включая фаску (рис. 4.10, *а*).

Внутреннюю резьбу (в отверстии) в разрезах показывают сплошными толстыми основными линиями по внутреннему диа-

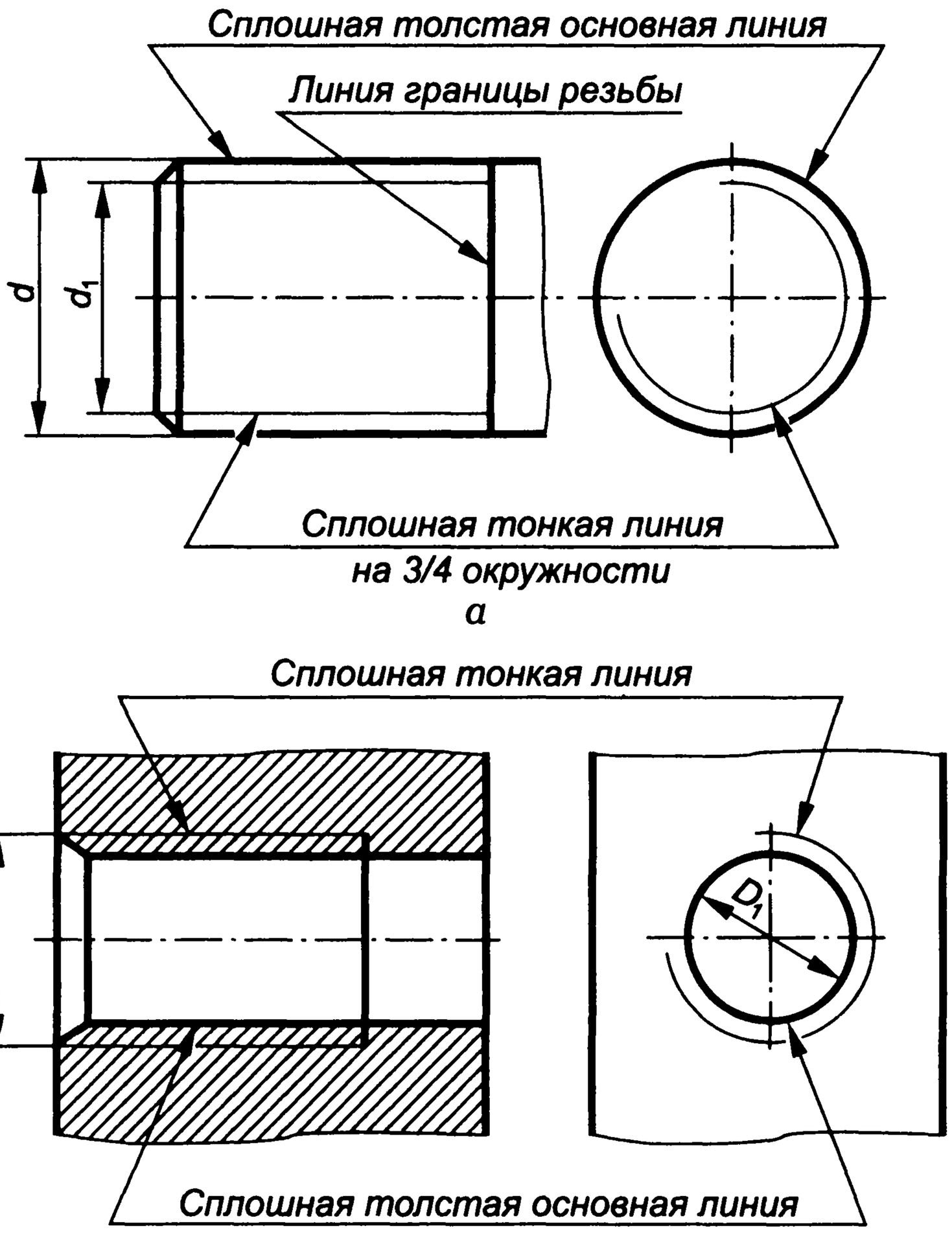
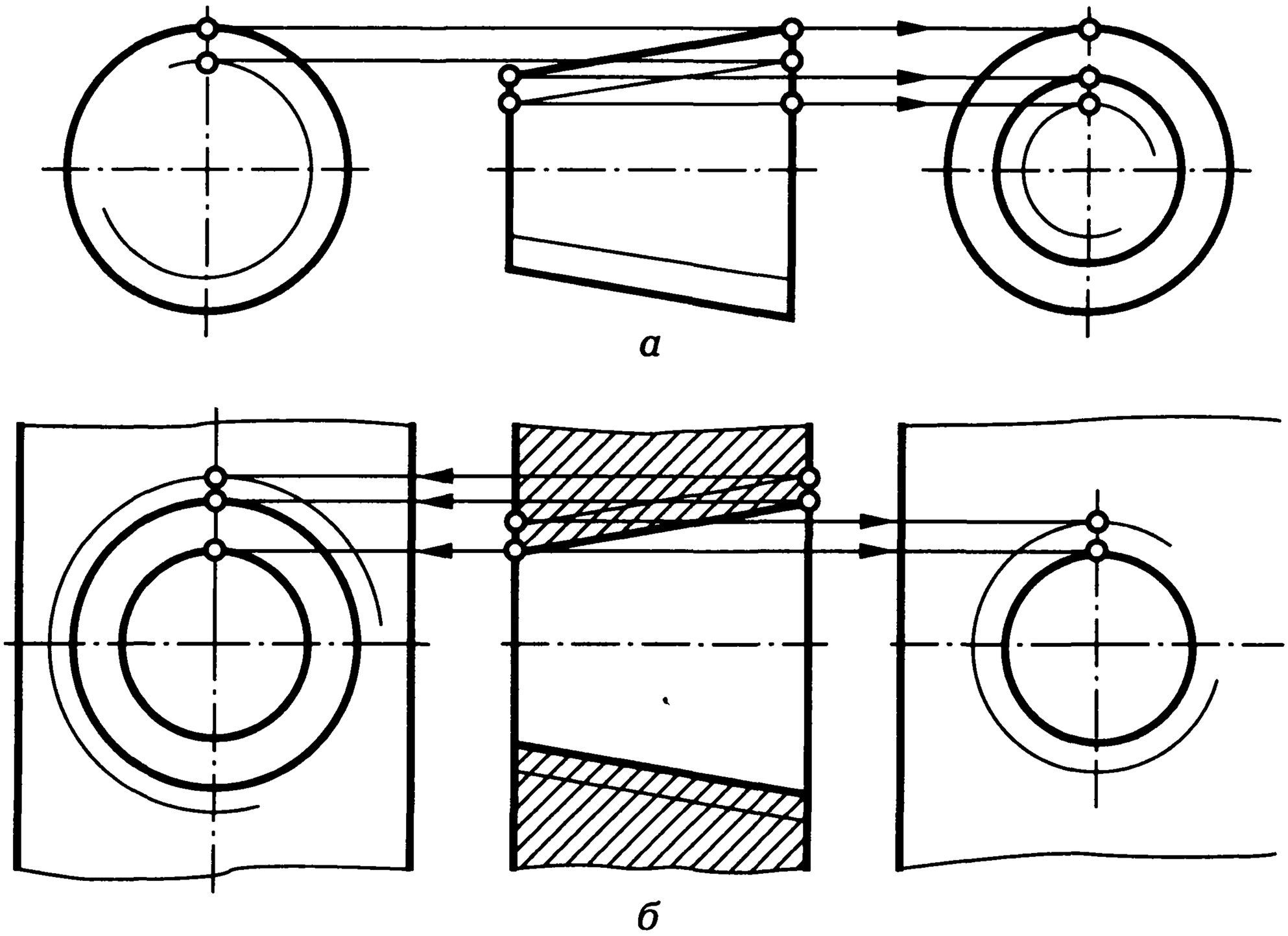


Рис. 4.10



а

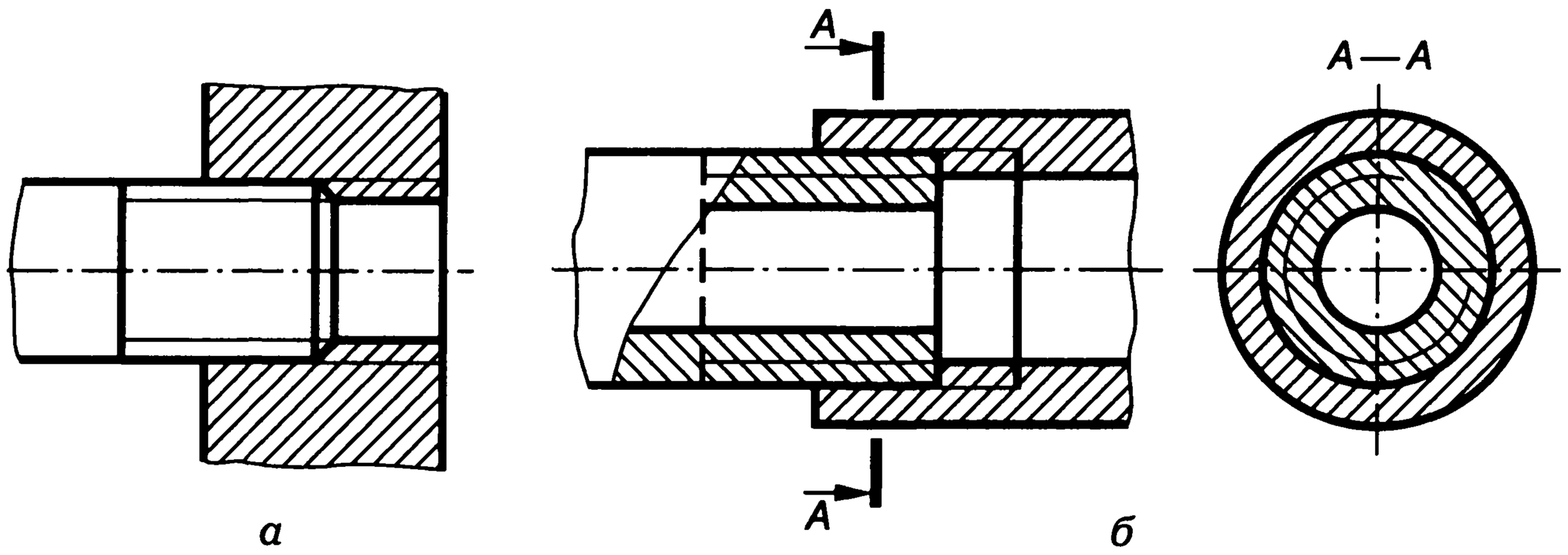
б

Рис. 4.11

метру D_1 и сплошными тонкими линиями по наружному диаметру D (рис. 4.10, *б*). На плоскости, перпендикулярной к оси резьбы, сплошную тонкую линию проводят в виде дуги, равной 3/4 длины окружности, разомкнутой в любом месте, причем начало и конец этой дуги не должны совпадать с осевыми линиями.

Условное изображение конической резьбы на стержне показано на рис. 4.11, *а*, а в отверстии — на рис. 4.11, *б*.

Штриховку в разрезах и сечениях резьбовых изделий наносят до сплошной основной линии, т. е. до линии наружного диаметра



а

б

Рис. 4.12

Таблица 4.1. Характеристики некоторых стандартных резьб

Тип резьбы	Стандарт	Вид	Обозначение	Примеры
Метрическая	ГОСТ 9150—2005 — профиль ГОСТ 24705—2004 — основные размеры ГОСТ 8724—2002 — диаметры и шаги ГОСТ 16093—2004 — допуски	Крупный шаг Мелкий шаг Многозаходная Левая	*M*, *d* (мм) *M*, *d*, *P* (мм) *M*, *d*, P_h, *P* (мм) *LH*	M20 M20 × 1,5 M20 × 3(*P*1) M20*LH* M20 × 1,5*LH* M20 × 3(*P*1)*LH*
Дюймовая	ОСТ НКТП 1260 — профиль, основные размеры, допуски	Наружная Внутренняя	— —	½″ ½″
Трубная цилиндрическая	ГОСТ 6357—81 — профиль, основные размеры, допуски	Класс А (повышенный) Класс В (нормальный) Левая	*G*, D_y (дюймы), класс А *G*, D_y (дюймы), класс В *LH*	*G*1½ — А *G*1½ — В *G*1½ *LH* — А *G*1½ *LH* — В
Трубная коническая	ГОСТ 6211—81 — профиль, основные размеры, допуски	Наружная Внутренняя Внутренняя цилиндрическая Левая	*R*, D_y (дюймы) R_c, D_y (дюймы) R_p, D_y (дюймы) *LH*	*R*1½ R_c1½ — В R_p1½ *R*1½ *LH* R_c1½ *LH*
Коническая дюймовая	ГОСТ 6111—52 — профиль, основные размеры, допуски	Наружная Внутренняя	K, D_y (дюймы) K, D_y (дюймы)	K1½″ K1½″

Окончание табл 4.1

Тип резьбы	Стандарт	Вид	Обозначение	Примеры
Метрическая коническая	ГОСТ 9150—2002 — профиль ГОСТ 25229—82 — основные размеры ГОСТ 16093—2004 — допуски	Коническая Внутренняя цилиндрическая Левая	МК, *d*, *P* (мм) М, *d*, *P* (мм) ГОСТ ... *LH* ГОСТ ...	МК20 × 1,5 М20 × 1,5 ГОСТ 25229—82 МК20 × 1,5*LH* ГОСТ 25229—82
Трапецеидальная однозаходная	ГОСТ 9484—81 — профиль ГОСТ 24738—81 — основные размеры ГОСТ 9562—81 — допуски	Однозаходная Левая	*Tr*, *d*, *P* (мм) *LH*	*Tr* 40 × 6 *Tr* 40 × 6*LH*
Трапецеидальная многозаходная	ГОСТ 9484—81 — профиль ГОСТ 24739—81 — основные размеры, допуски	Многозаходная Левая	*Tr*, *d*, P_h, *P* (мм) *LH*	*Tr* 20 × 8(*P*4) *Tr* 20 × 8(*P*4)*LH*
Упорная	ГОСТ 10177—82 — профиль, основные размеры ГОСТ 25096—82 — допуски	Однозаходная Многозаходная Левая	*S*, *d*, *P* (мм) *S*, *d*, P_h, *P* (мм) *LH*	*S* 80 × 10 *S* 80 × 20(*P*10) *S* 80 × 20*LH* *S* 80 × 20(*P*10)*LH*

Упорная усиленная 45°	ГОСТ 13535—87 — профиль, основные размеры, допуски	Однозаходная Многозаходная Левая	*S*, 45°, *d*, *P* (мм) *S*, 45°, *d*, P_h, *P* (мм) *LH*	*S* 45° 200 × 12 *S* 45° 200 × 24(*P*12) *S* 45° 200 × 12*LH* *S* 45° 200 × 24(*P*12)*LH*
Круглая для санитарно-технической арматуры	ГОСТ 13536—68 — профиль, основные размеры, допуски	Правая	Кр, *d*, *P* (мм) ГОСТ ...	Кр12 × 2,54 ГОСТ 13536—68
Эдисона круглая	ГОСТ 6042—83 — профиль, основные размеры ГОСТ 25578—83 — допуски	Для металлических элементов Для неметаллических элементов	*E*, *d*, ГОСТ ... *E*, *d*, *N*, ГОСТ ...	*E* 27 ГОСТ 604—83 *E*27/*N* ГОСТ 6042—83
Круглая	СТ СЭВ 3293—81 — профиль, основные размеры СТ СЭВ 3962—81 — допуски	Правая Левая	*Rd*, *d* *LH*	*Rd*16 *Rd*40*LH*

резьбы на стержне и линии внутреннего диаметра резьбы в отверстии.

В резьбовых соединениях резьба условно вычерчивается на стержне, а в отверстии показывается только та ее часть, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 4.12, *а*, *б*).

Все резьбы можно условно подразделить на две группы:

- *стандартные*, т.е. имеющие стандартные параметры (профиль, шаг, диаметр и т.д.);
- *нестандартные*, или *специальные*, т.е. имеющие произвольные параметры.

Обозначение стандартной резьбы включает в себя ее вид, размер, шаг и ход, направление, поле допуска, класс прочности, номер стандарта. Существует две системы измерения диаметра и шага треугольной резьбы: метрическая (единица измерения — миллиметр) и дюймовая (единица измерения — дюйм).

В табл. 4.1 приведены характеристики некоторых стандартных резьб.

Резьбы стандартные

Резьба метрическая. Данная резьба является основной крепежной резьбой. Это преимущественно однозаходная правая резьба. Производящей ее фигурой является равносторонний треугольник (с углом при вершине 60°), у которого вершина профиля срезана, а впадины либо срезаны, либо закруглены (рис. 4.13). Каждому номинальному диаметру этой резьбы соответствует один крупный шаг (основной) и несколько мелких шагов.

В условное обозначение метрической резьбы входят буква М (указывающая профиль резьбы), номинальный (наружный) диаметр (мм), через знак умножения (×) размер шага (мм) и через тире обозначение поля допуска. Если резьба имеет крупный шаг, то он в обозначении может не указываться.

В обозначение многозаходной резьбы входят буква М, номинальный диаметр, через знак умножения значение хода и в скобках буква *P* и шаг.

Например:

М12×1,5—6*g* (рис. 4.14, *а*) — обозначение резьбы метрической с наружным диаметром 12 мм, мелким шагом 1,5 мм и полем допуска 6*g* (6 — класс точности, *g* — основное отклонение резьбы болтов);

М12—6*H* (рис. 4.14, *б*) — обозначение резьбы метрической с наружным диаметром 12 мм, но с крупным шагом и выполненной

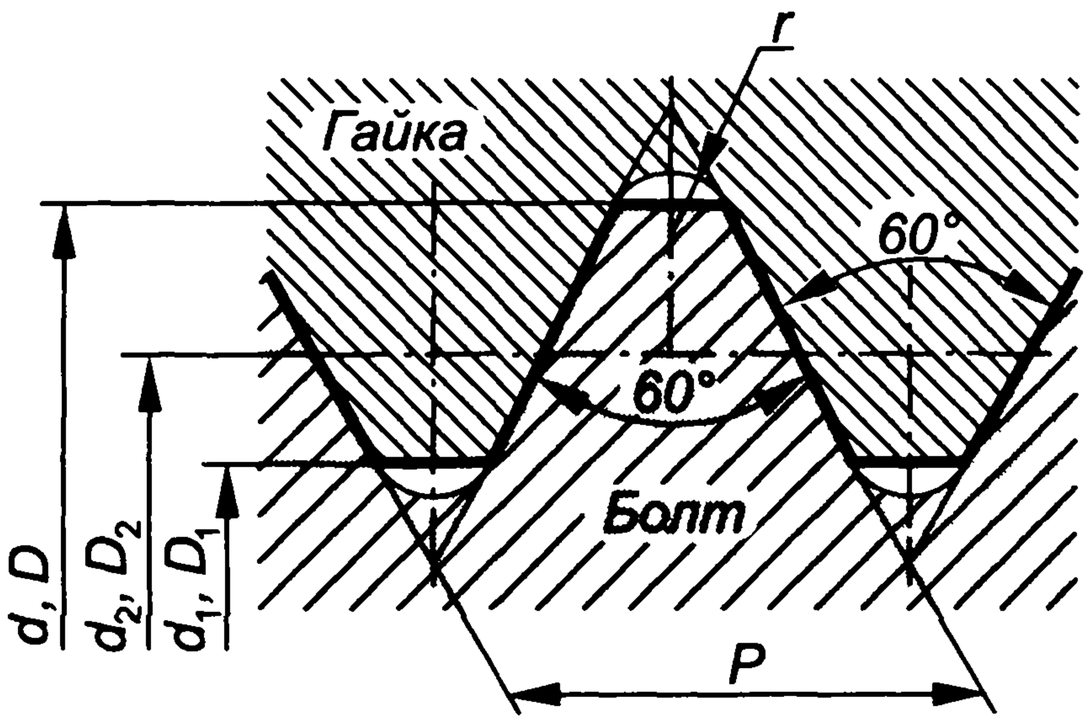


Рис. 4.13

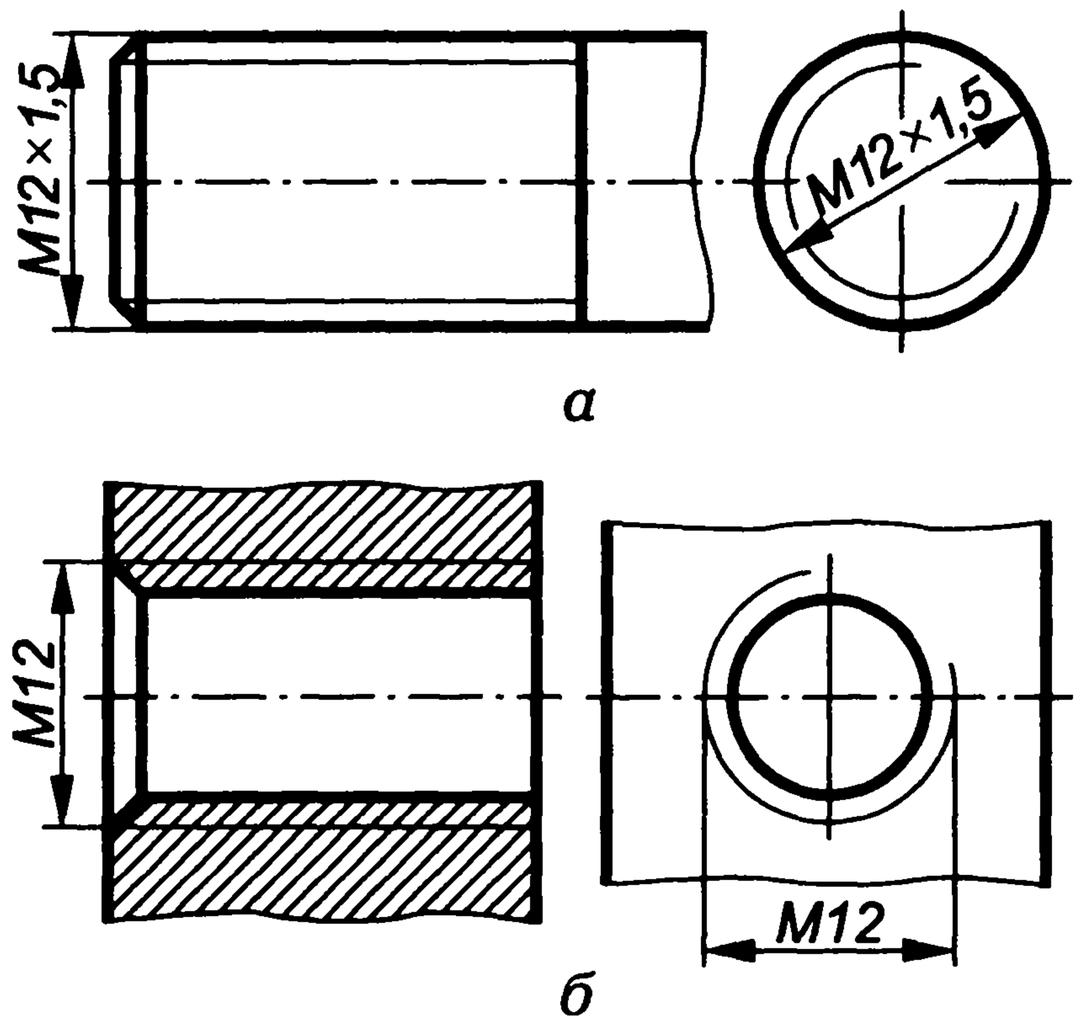


Рис. 4.14

в отверстии (6 — класс точности, *H* — основное отклонение резьбы гайки);

М24×3(*P*1) — обозначение трехзаходной резьбы с номинальным диаметром 24 мм, шагом 1 мм и ходом 3 мм.

Форма и размеры проточек изделий с метрической резьбой для наружной (рис. 4.15, *а*) и внутренней (рис. 4.15, *б*) резьб должны соответствовать ГОСТ 27148—86.

Резьба дюймовая. Производящей фигурой данной резьбы является равнобедренный треугольник с углом при вершине 55° (рис. 4.16). Определяется эта резьба размером наружного диаметра, выраженным в дюймах (1″ ≈ 25,4 мм). Вместо шага для каждого размера такой резьбы устанавливается число витков (ниток) на

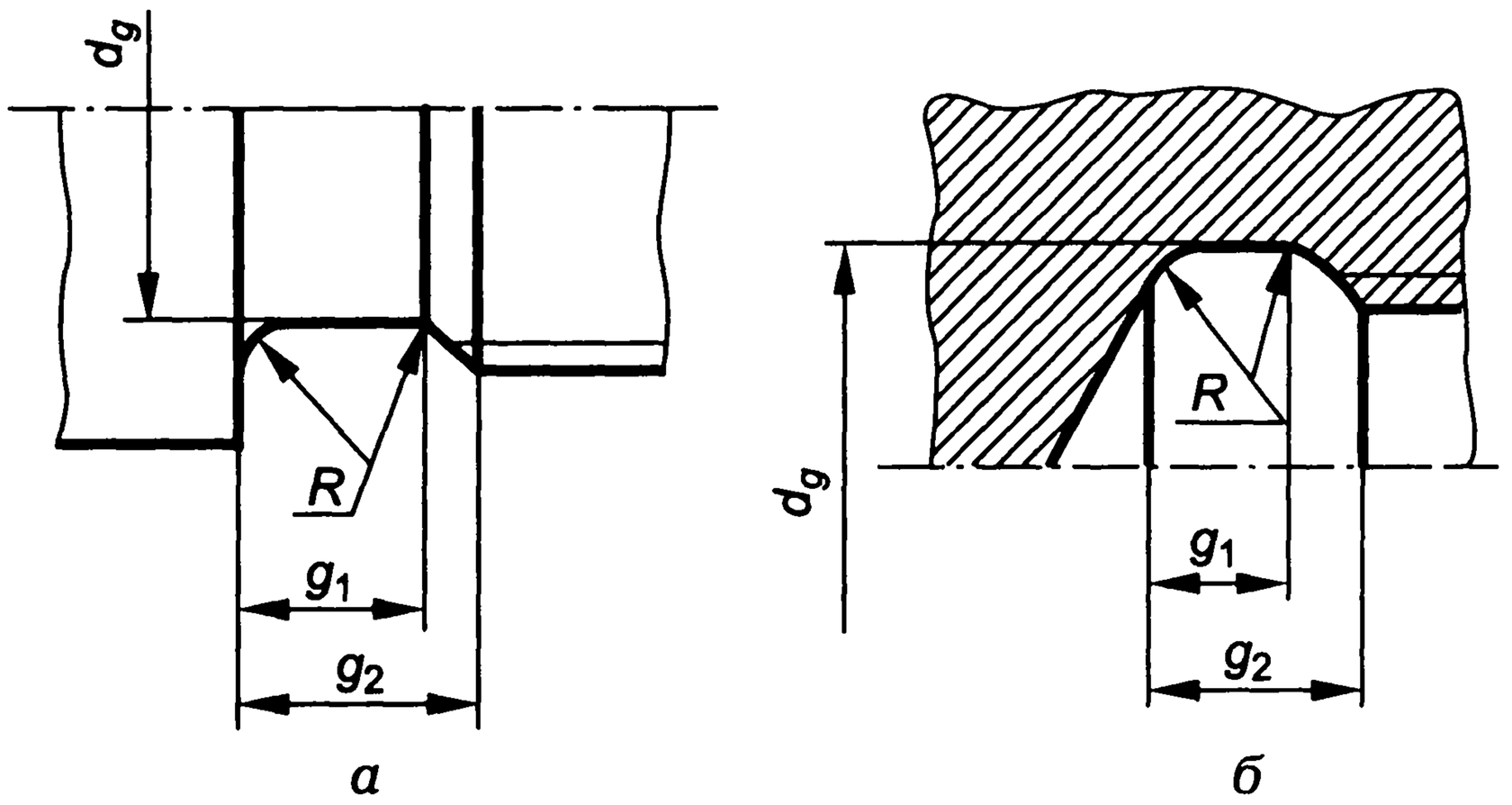


Рис. 4.15

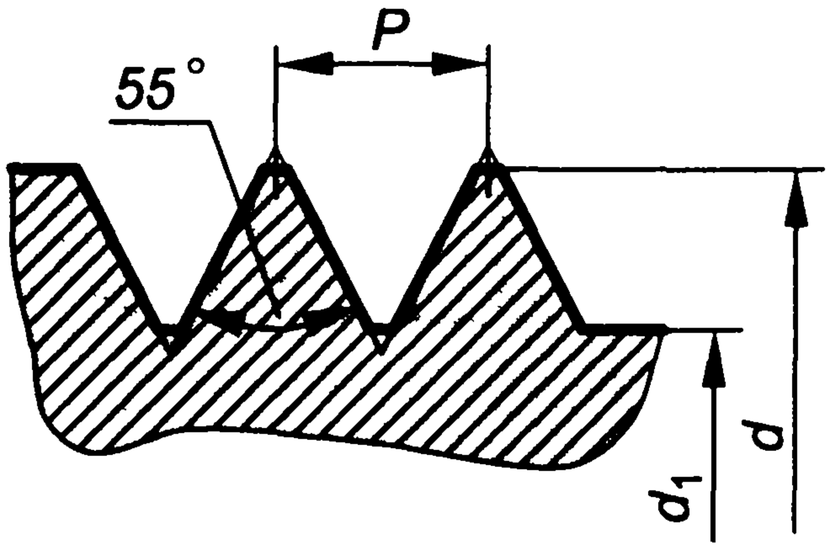


Рис. 4.16

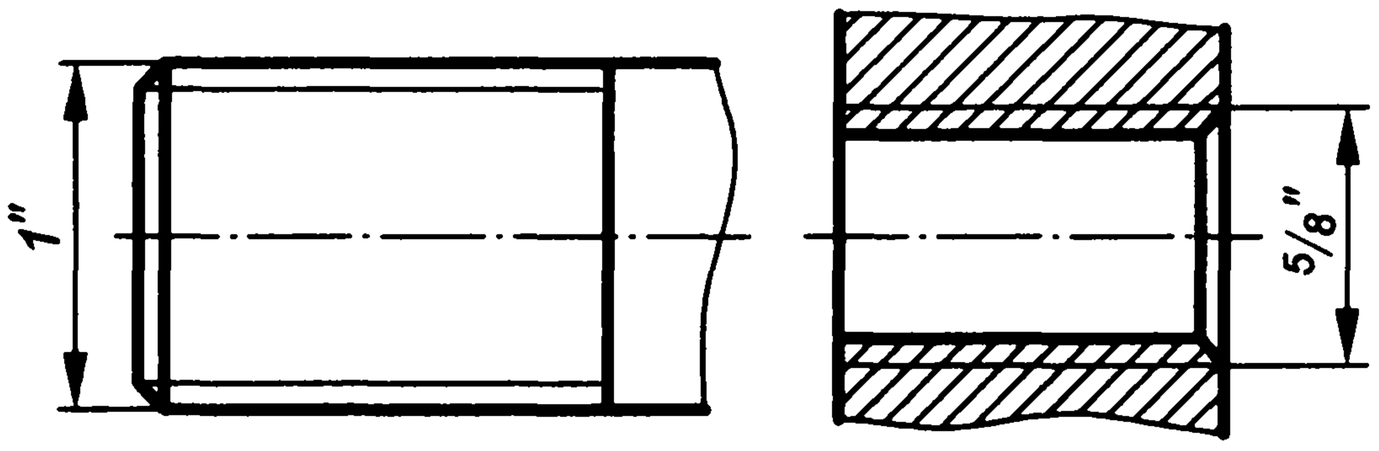


Рис. 4.17

длине в один дюйм, а в условном обозначении указывается число дюймов ее наружного диаметра (рис. 4.17).

Резьба трубная цилиндрическая. Данная резьба используется при соединении водопроводных и газовых труб (на трубах, муфтах, тройниках, контргайках и др.). Производящей фигурой такой резьбы является равнобедренный треугольник с углом при вершине 55° (рис. 4.18). Вершины и впадины этой резьбы срезаны и закруглены, что обеспечивает большую герметичность соединения.

Трубная резьба характеризуется числом шагов на длине в один дюйм вдоль ее оси. В обозначение этой резьбы на чертеже входят буква *G*, диаметр проходного отверстия трубы в дюймах (т.е. наружный диаметр трубы в обозначение этой резьбы не входит) и класс точности ее среднего диаметра. Условное обозначение трубной цилиндрической резьбы наносится на полке линии-выноски, стрелка которой должна указывать на основную линию резьбы, так как данный диаметр не соответствует ее наружному диаметру.

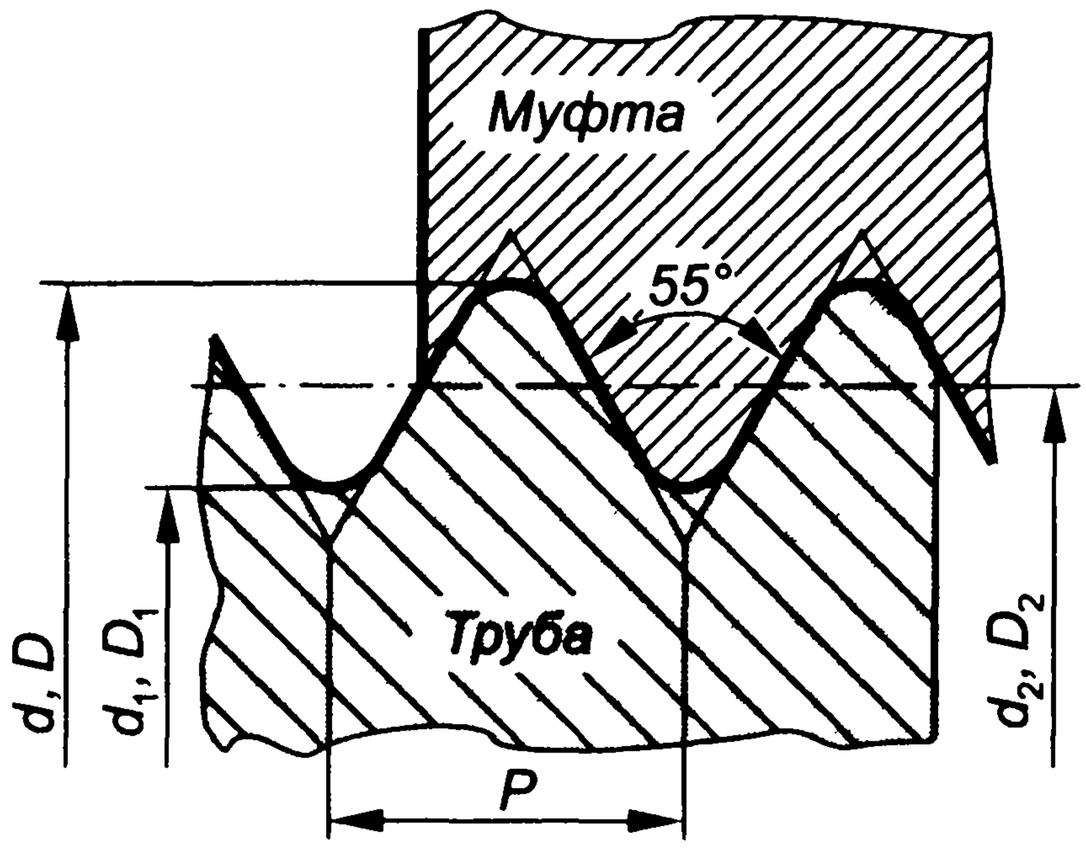
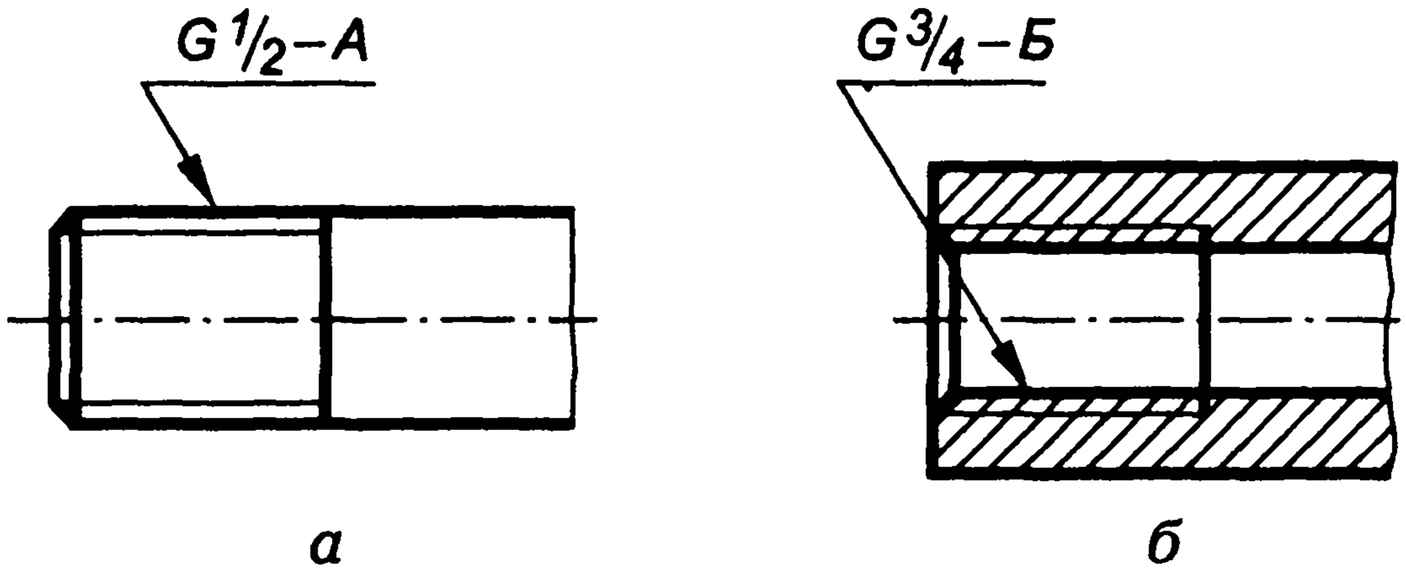


Рис. 4.18



а *б*

Рис. 4.19

Например:

G ½—А (рис. 4.19, *а*) — обозначение трубной цилиндрической наружной резьбы с внутренним диаметром трубы (диаметром проходного отверстия) ½″, класса точности А. При этом наружный диаметр трубы равен 20,955 мм.

При выполнении внутренней трубной цилиндрической резьбы (рис. 4.19, *б*) в обозначении указывается диаметр проходного отверстия той трубы, которая будет ввинчена в данную деталь. Внутренняя резьба нарезается не на трубах, а на деталях, соединяющих трубы: муфтах, угольниках и т. д.

Форма и размеры проточек трубной цилиндрической резьбы должны соответствовать ГОСТ 10549—80.

Резьба трубная коническая. Данная резьба применяется для соединения труб в трубопроводах высокого давления, а также в топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводах машин, т. е. когда требуются повышенные герметичность и надежность.

Трубную коническую резьбу (рис. 4.20) выполняют на конических поверхностях, образующие которых наклонены к оси конуса под углом $\varphi = 1°47'24''$ (конусность 1:16). Профиль этой резьбы аналогичен профилю трубной цилиндрической резьбы.

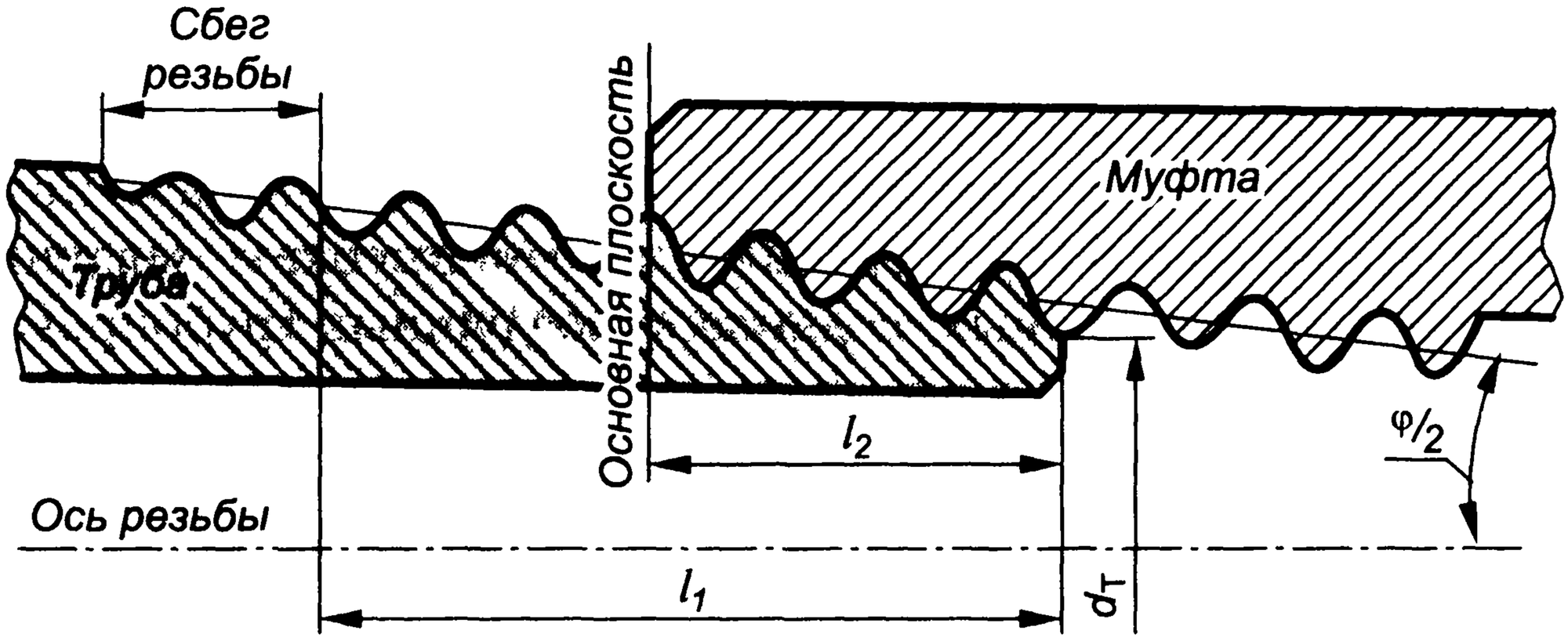


Рис. 4.20

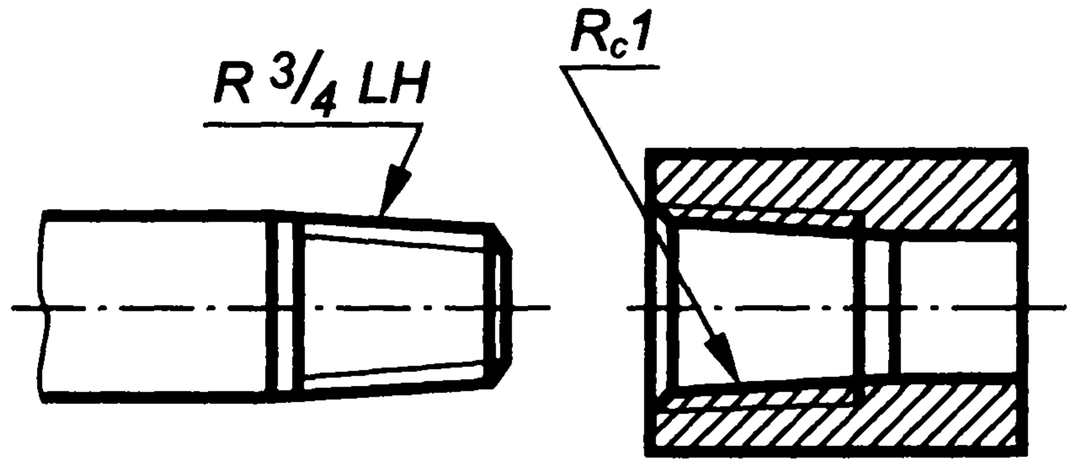


Рис. 4.21

В обозначении трубной конической резьбы на чертеже указывают ее условный диаметр в основной плоскости в дюймах, а перед ним буквы R, R_c или R_p (R — для наружной конической, R_c — для внутренней конической, R_p — для внутренней трубной цилиндрической резьбы).

Основная плоскость трубной конической резьбы — это плоскость, в которой задаются номинальные размеры наружного, среднего и внутреннего ее диаметров. У отверстий основная плоскость совпадает с торцом со стороны большего диаметра. Наружный и внутренний диаметры трубной конической резьбы в основной плоскости приблизительно равны соответственно наружному и внутреннему диаметрам трубной цилиндрической резьбы с теми же обозначениями.

Обозначение трубной конической резьбы на чертеже наносится на горизонтальной полке линии-выноски, стрелка которой указывает на ее наружный диаметр (рис. 4.21).

В трубных соединениях трубную коническую резьбу можно применять в сочетании с трубной цилиндрической резьбой, т. е. коническую резьбу трубы с цилиндрической резьбой муфты.

Примеры обозначения трубной конической резьбы:

$R1½$ — наружная трубная коническая резьба 1½″;

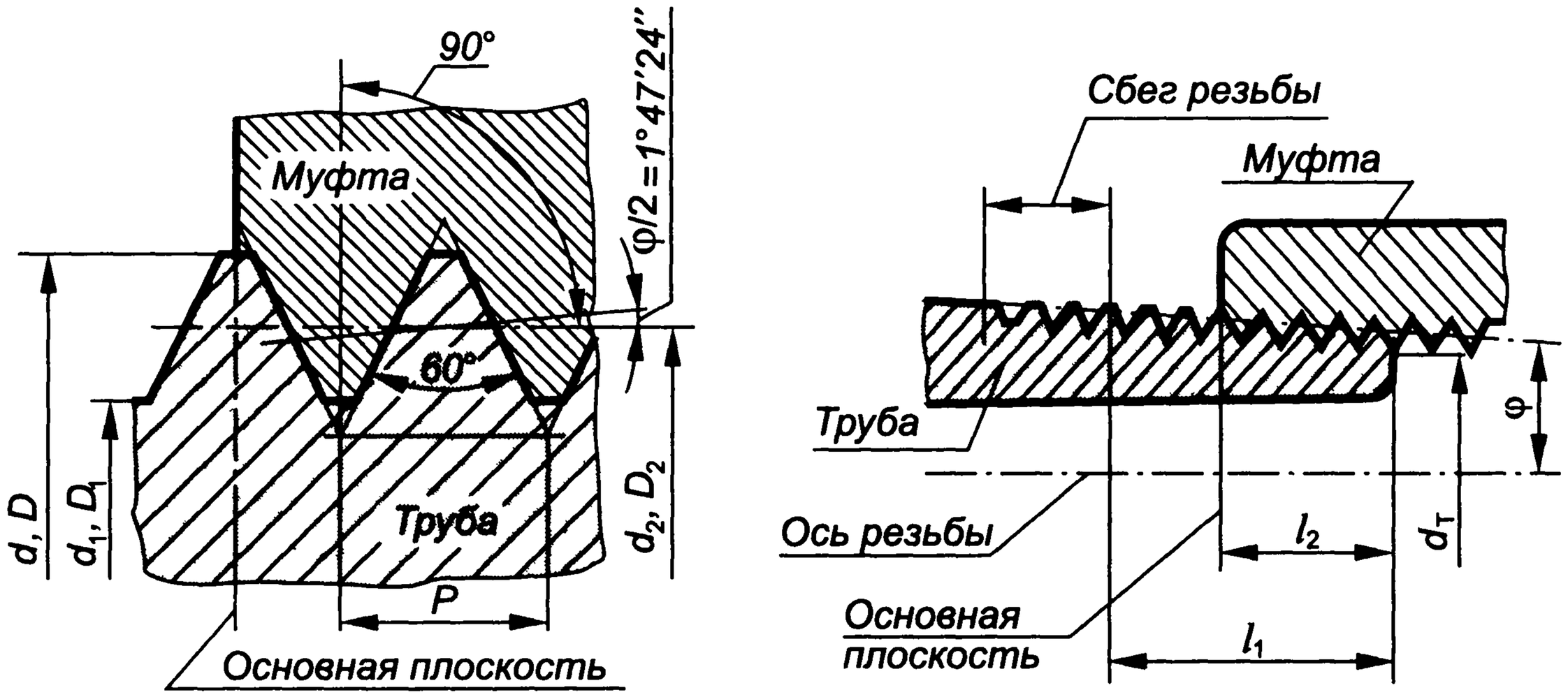
$R_c1½$ — внутренняя трубная коническая резьба 1½″;

$R_p1½$ — внутренняя трубная цилиндрическая резьба 1½″.

Размеры проточек трубной конической резьбы определяет ГОСТ 10549—80.

Резьба коническая дюймовая. Данная резьба находит применение в трубопроводах со сравнительно невысоким давлением, т. е. в топливных, масляных, водяных и воздушных трубопроводах машин и станков. Нарезают ее на поверхностях с конусностью, равной 1:16. Профиль такой резьбы имеет форму треугольника с углом при вершине 60° (рис. 4.22, *а*). Вершины и впадины у этой резьбы срезаны, что устраняет зазоры при ее затяжке.

Условное обозначение конической дюймовой резьбы состоит из буквы К, размера в дюймах и ГОСТа. Размер ее определяется в



а *б*

Рис. 4.22

основной плоскости, отстоящей от торца детали с наружной резьбой на расстояние l_2, и приблизительно равен наружному или внутреннему диаметру трубной цилиндрической резьбы (рис. 4.22, *б*).

Обозначение конической дюймовой резьбы на чертеже наносится на горизонтальной полке линии-выноски, проведенной от основной линии резьбы (рис. 4.23).

Пример условного обозначения конической дюймовой резьбы: К½″ ГОСТ 6111—52.

Размеры проточек трубной конической резьбы определяет ГОСТ 10549—80.

Резьба метрическая коническая. Данная резьба с конусностью 1:16 применяется при соединении трубопроводов, т. е. она предназначена для конических резьбовых соединений, а также для соединений наружной конической резьбы с внутренней цилиндрической резьбой с профилем, определяемым ГОСТ 9150—2002. Размеры элементов ее профиля (рис. 4.24) аналогичны размерам элементов профиля метрической резьбы. Основная плоскость этой резьбы

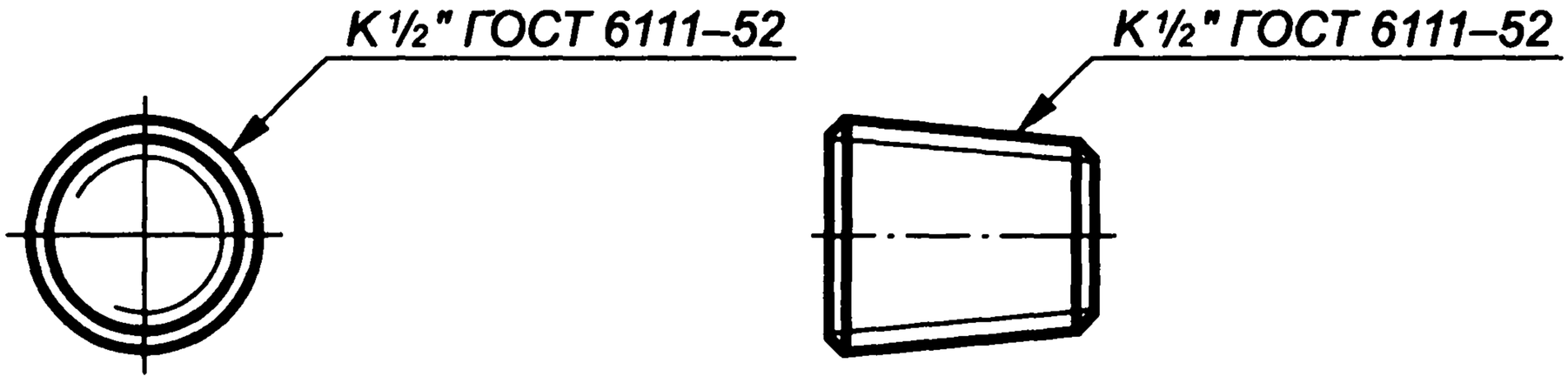


Рис. 4.23

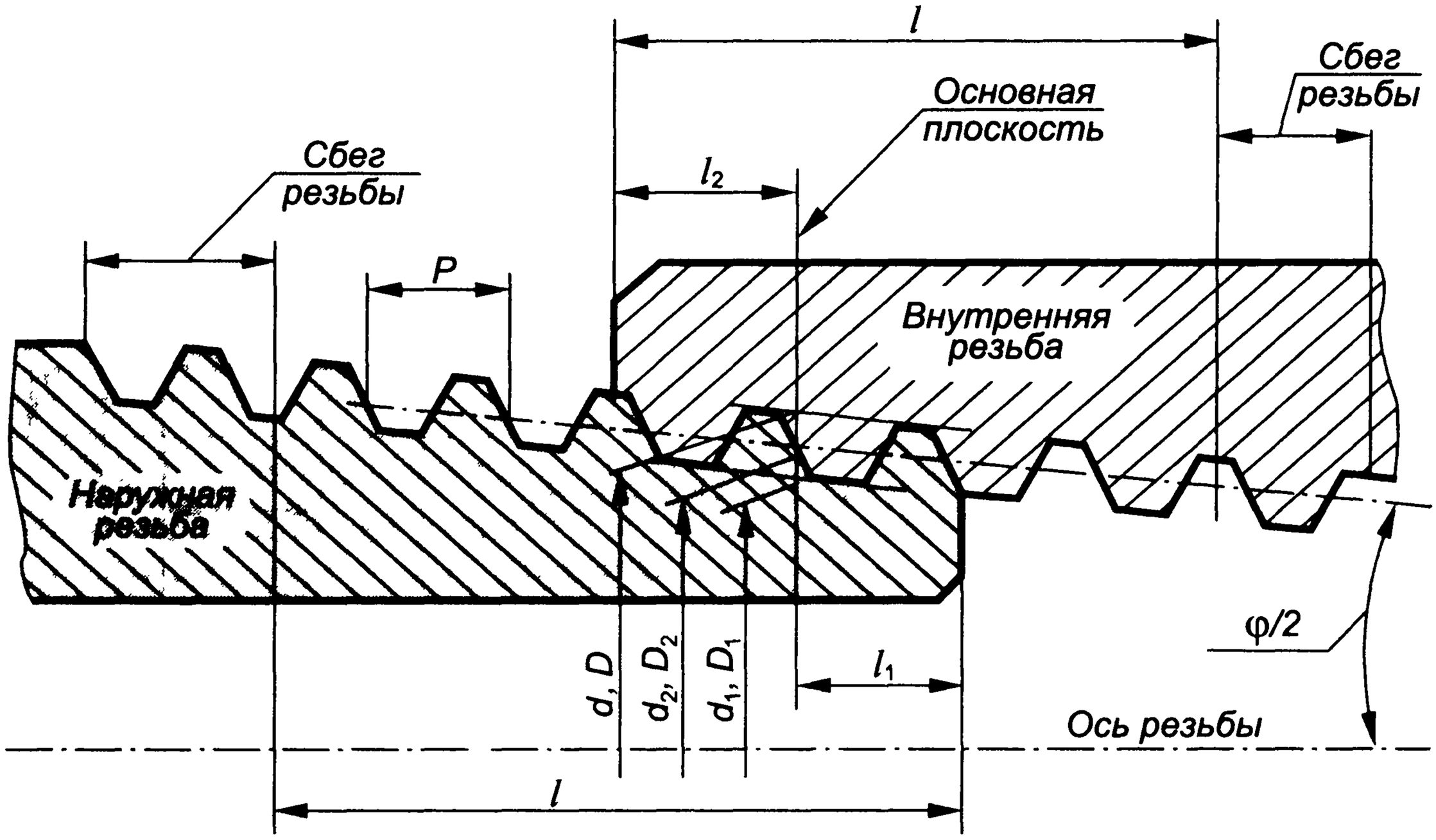


Рис. 4.24

(в отличие от конической дюймовой резьбы) смещена относительно торца отверстия на некоторое расстояние l_2.

Обозначение метрической конической резьбы наносится на полке линии-выноски (рис. 4.25) и состоит из букв МК, ее наружного диаметра в основной плоскости и шага, например:

МК30 × 2 — метрическая коническая резьба с диаметром 30 мм и шагом 2 мм;

МК30 × 2*LH* — то же, с левой резьбой.

Обозначение сочетания внутренней цилиндрической резьбы и наружной конической имеет вид М/МК30 × 2 ГОСТ 25229—82.

Резьба трапецеидальная. Данная резьба, относящаяся к классу ходовых резьб и предназначенная главным образом для передачи возвратно-поступательного движения и осевых усилий, может

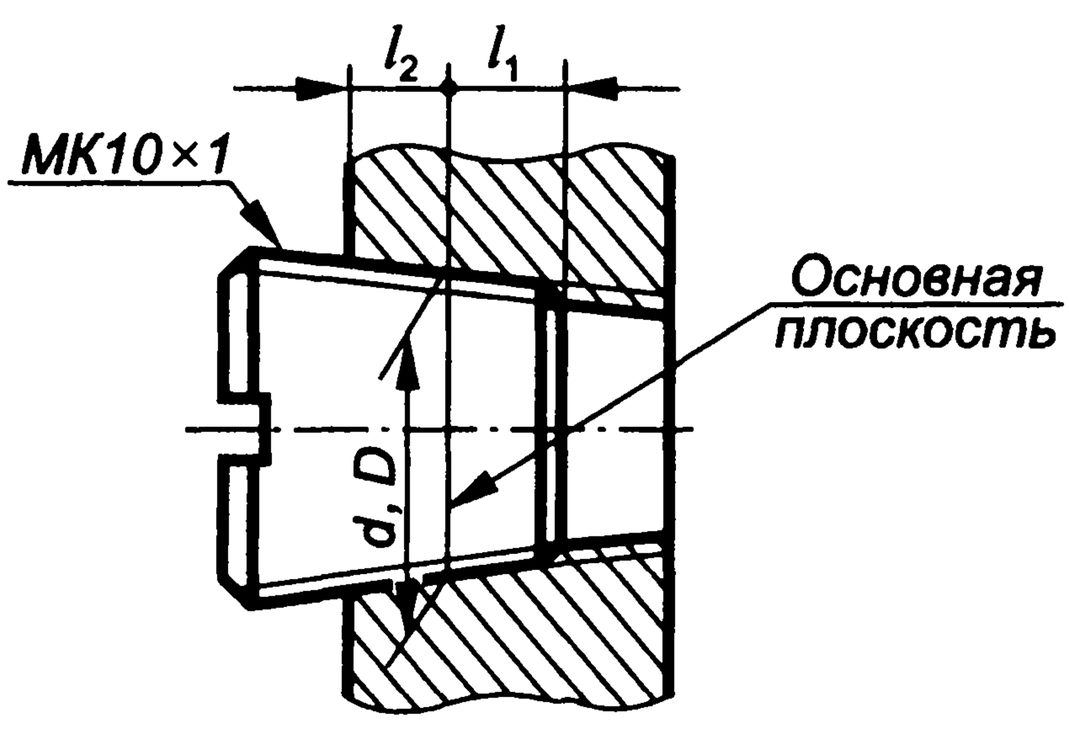


Рис. 4.25

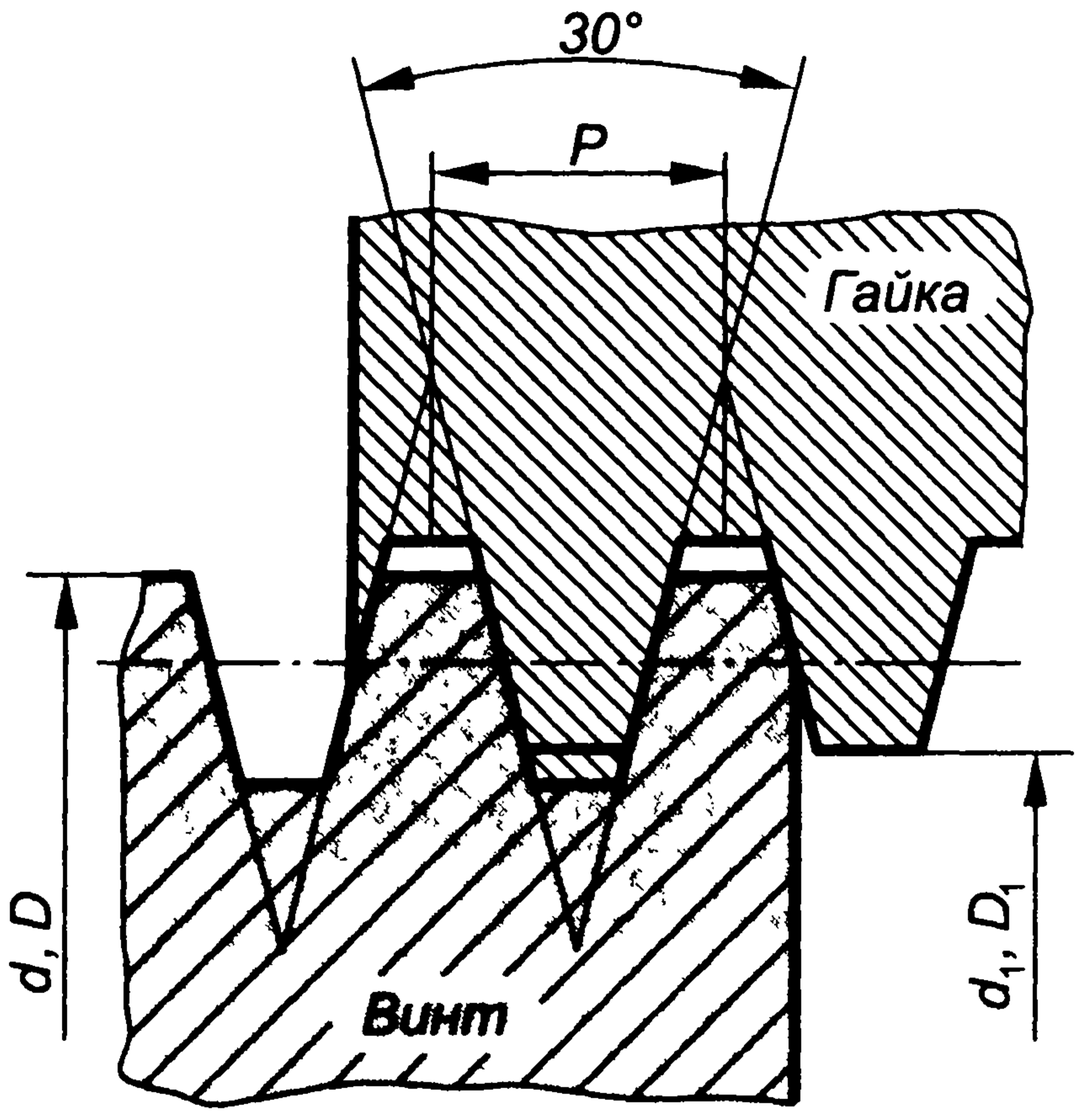


Рис. 4.26

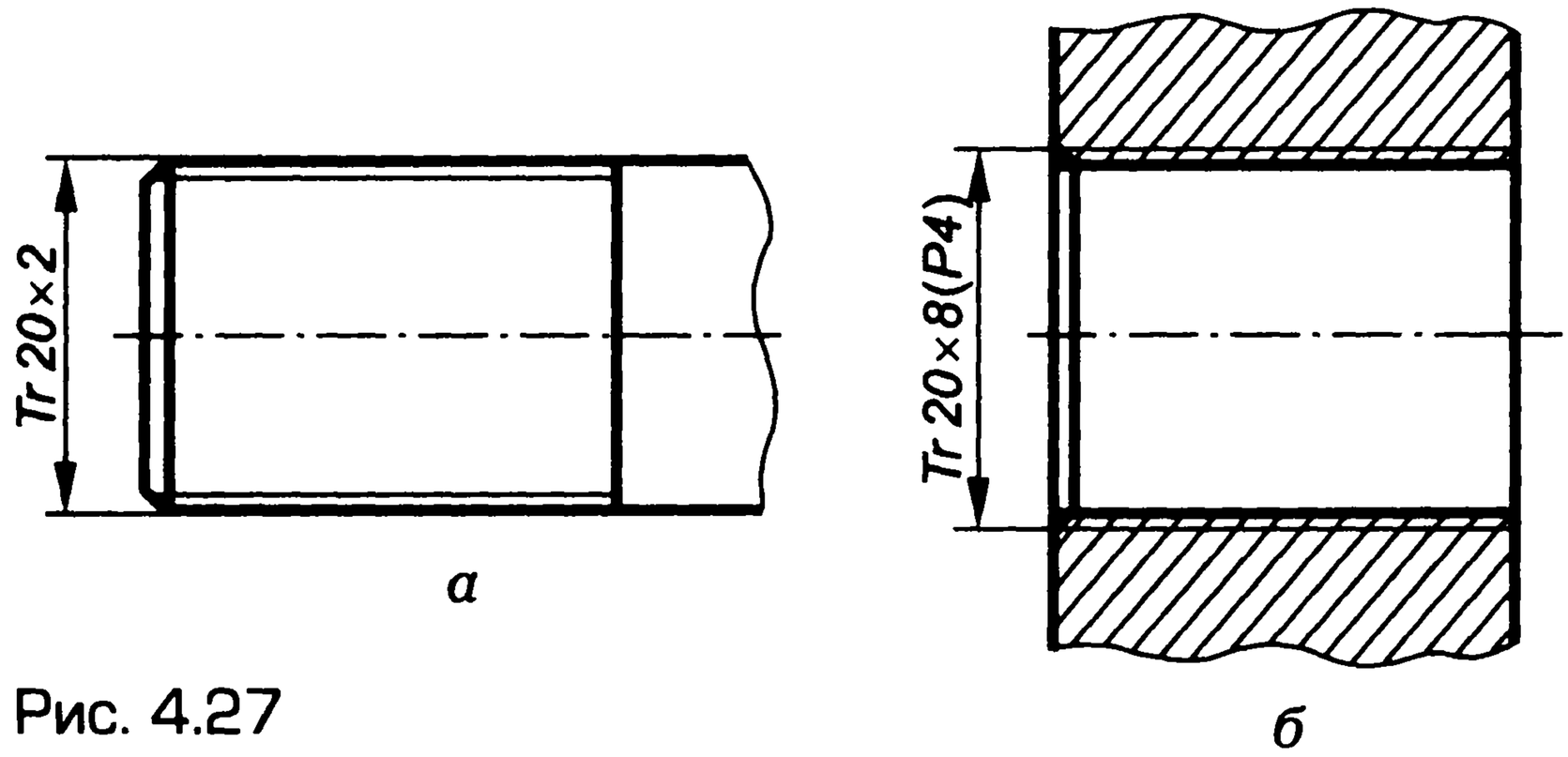
быть однозаходной и многозаходной. Производящей ее фигурой является равнобокая трапеция (рис. 4.26) с углом профиля 30°.

Важной характеристикой многозаходной трапецеидальной резьбы является ее ход $P_h = P \times n$.

Условное обозначение однозаходной трапецеидальной резьбы (рис. 4.27, *а*) состоит из букв *Tr*, номинального диаметра и шага, а многозаходной (рис. 4.27, *б*) — из букв *Tr*, номинального диаметра, хода и в скобках размера шага с буквой *P*, например:

Tr 20 × 4(*P*2)*LH* — 8*H*/8*e* — резьба трапецеидальная, с наружным диаметром 20, ходом 4 мм, шагом 2 мм, левая, со степенью точности и основным отклонением резьбы винта 8*H* и со степенью точности и основным отклонением резьбы гайки 8*e*.

Размеры проточек для трапецеидальной резьбы определяет ГОСТ 10549—80.



а *б*

Рис. 4.27

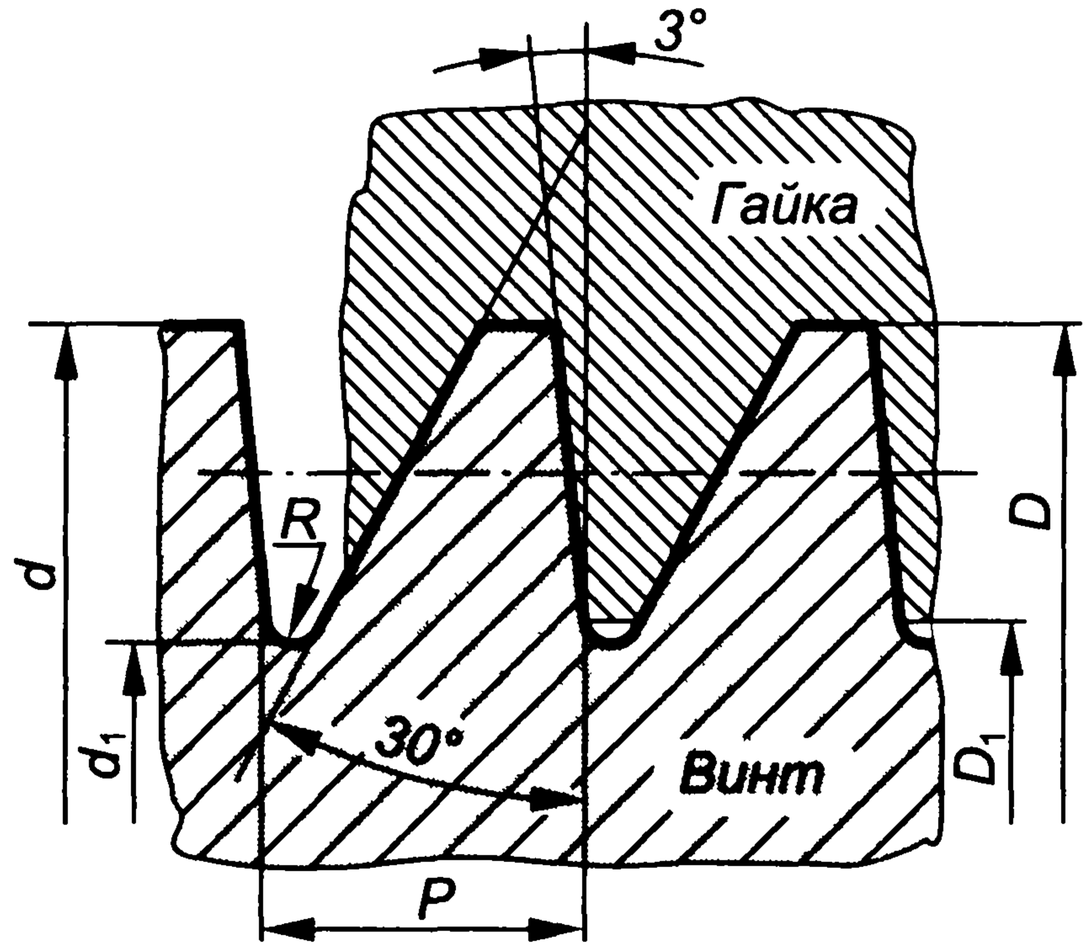


Рис. 4.28

Резьба упорная. Данная резьба применяется в конструкциях, где винт передает значительные усилия в одном направлении, например в тисках, домкратах, прессах и т. д. Производящей фигурой этой резьбы (рис. 4.28) является неравнобокая трапеция с углом наклона к высоте боковой стороны, передающей усилие, — 3°, а к высоте другой стороны — 30°. Дно впадин такой резьбы закруглено, а вершины плоско срезаны.

На рабочем чертеже упорной резьбы изображают элемент ее профиля, указывающий расположение опорной поверхности с углом наклона 3° (рис. 4.29).

Условное обозначение упорной резьбы состоит из буквы *S*, значений номинального диаметра, шага и хода. Например:

*S*80 × 10; *S*80 × 10*LH*; *S*80 × 20(*P*10)*LH*.

Производящей фигурой **упорной усиленной резьбы** является неравнобокая трапеция с углами наклона боковых сторон к высоте соответственно 3 и 45° (рис. 4.30). Условное обозначение такой резьбы включает в себя букву *S*, угол 45°, наружный диаметр, ход, шаг и направление. Например: *S*45°200 × 24(*P*12)*LH*.

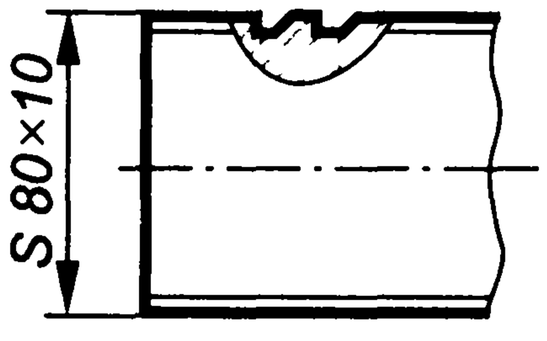


Рис. 4.29

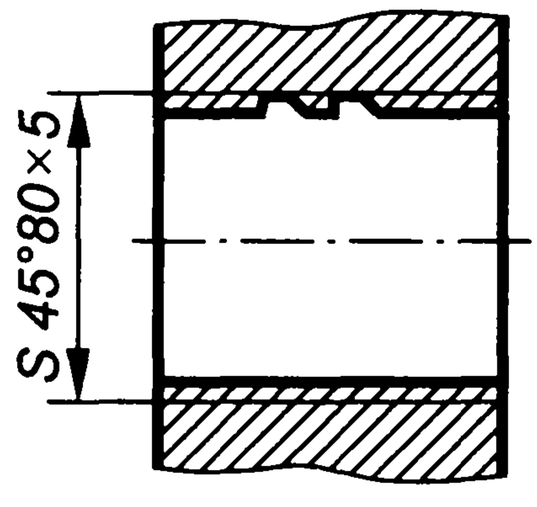


Рис. 4.30

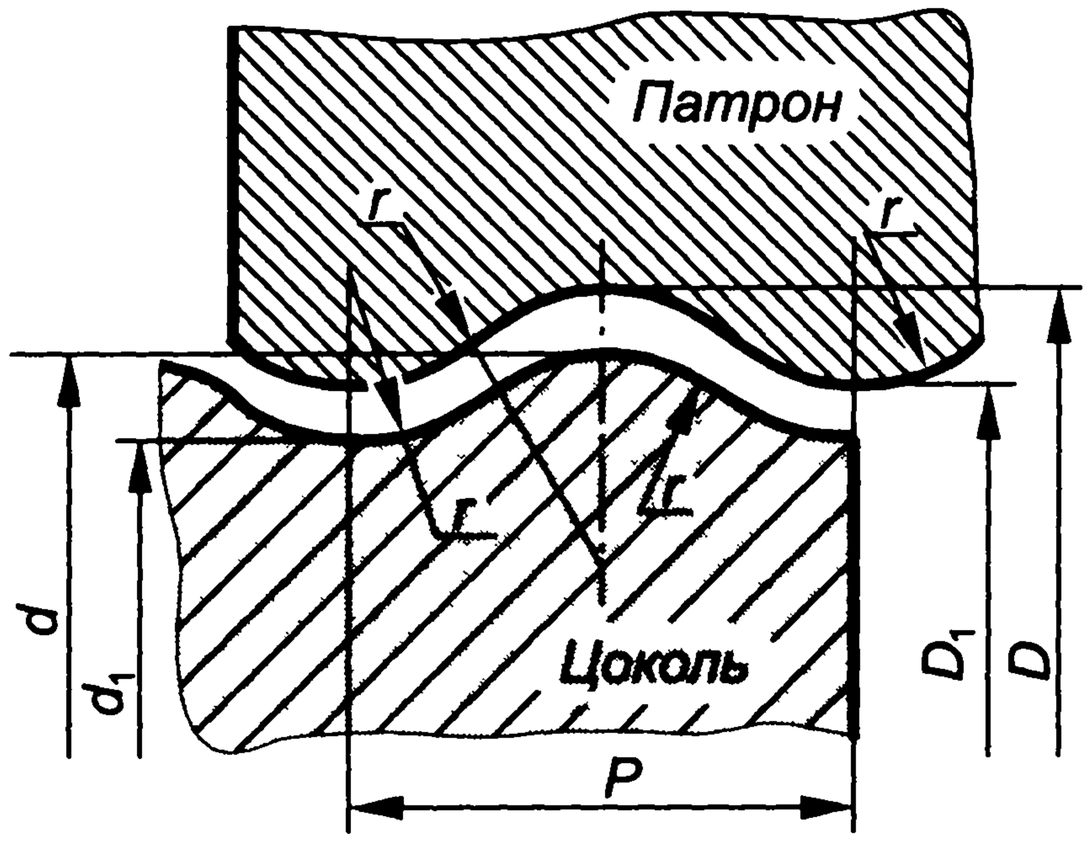


Рис. 4.31

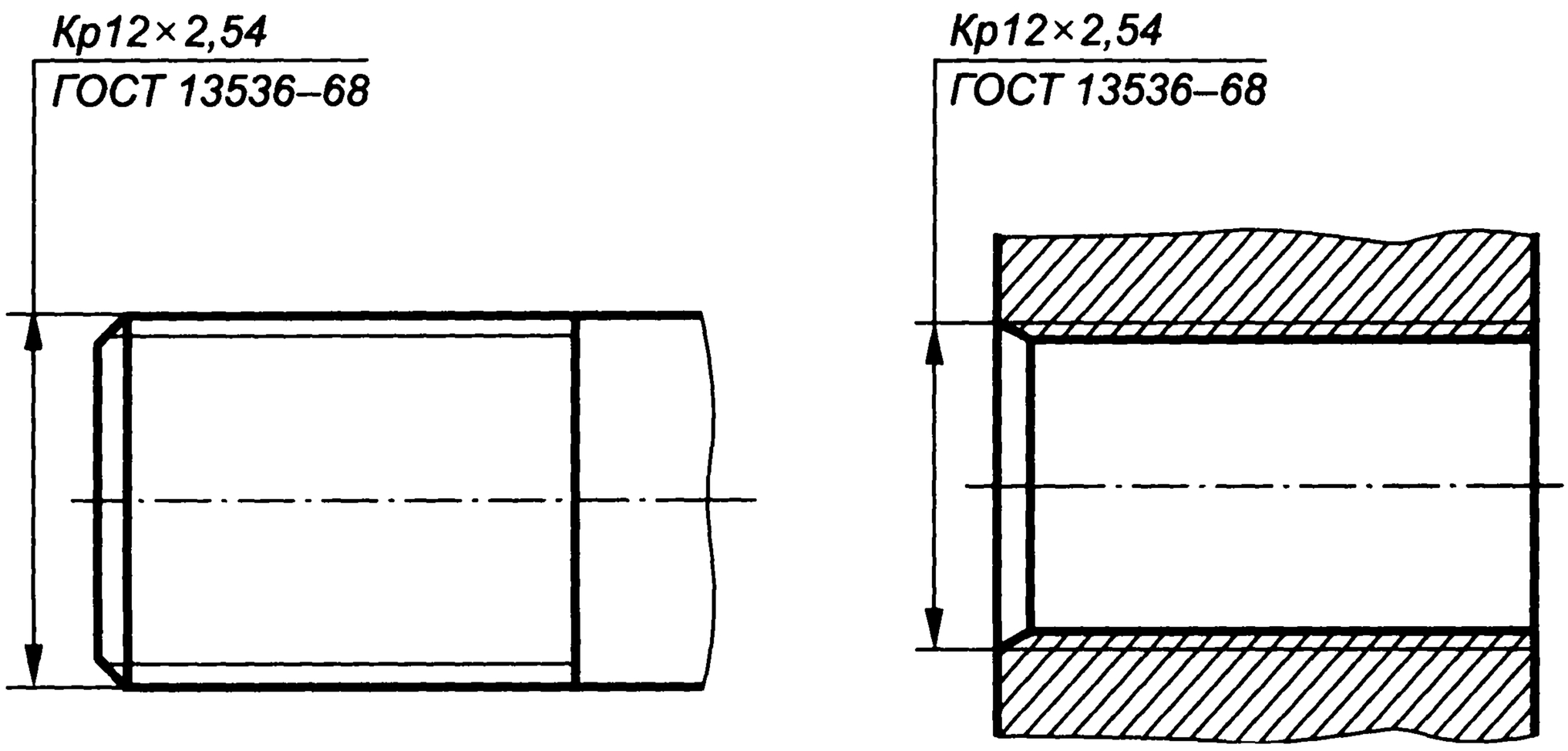


Рис. 4.32

Резьба круглая для санитарно-технической аппаратуры. Данная резьба примеряется в шпинделях (рис. 4.31) вентилей смесителей и туалетных кранов в соответствии с ГОСТ 7876—64, а также в водопроводных кранах согласно ГОСТ 8906—58.

Условное обозначение круглой резьбы (рис. 4.32) состоит из букв Кр, номинального диаметра, шага и стандарта, например: Кр12×2,54 ГОСТ 13536—68.

Резьбы нестандартные

Резьба прямоугольная. Данная резьба применяется для передачи осевых усилий в грузовых винтах (домкратах, прессах), а также движения в ходовых винтах (металлообрабатывающих станков) и натяжных винтах (транспортеров). Профилем прямоугольной резьбы (рис. 4.33) является квадрат или прямоугольник.

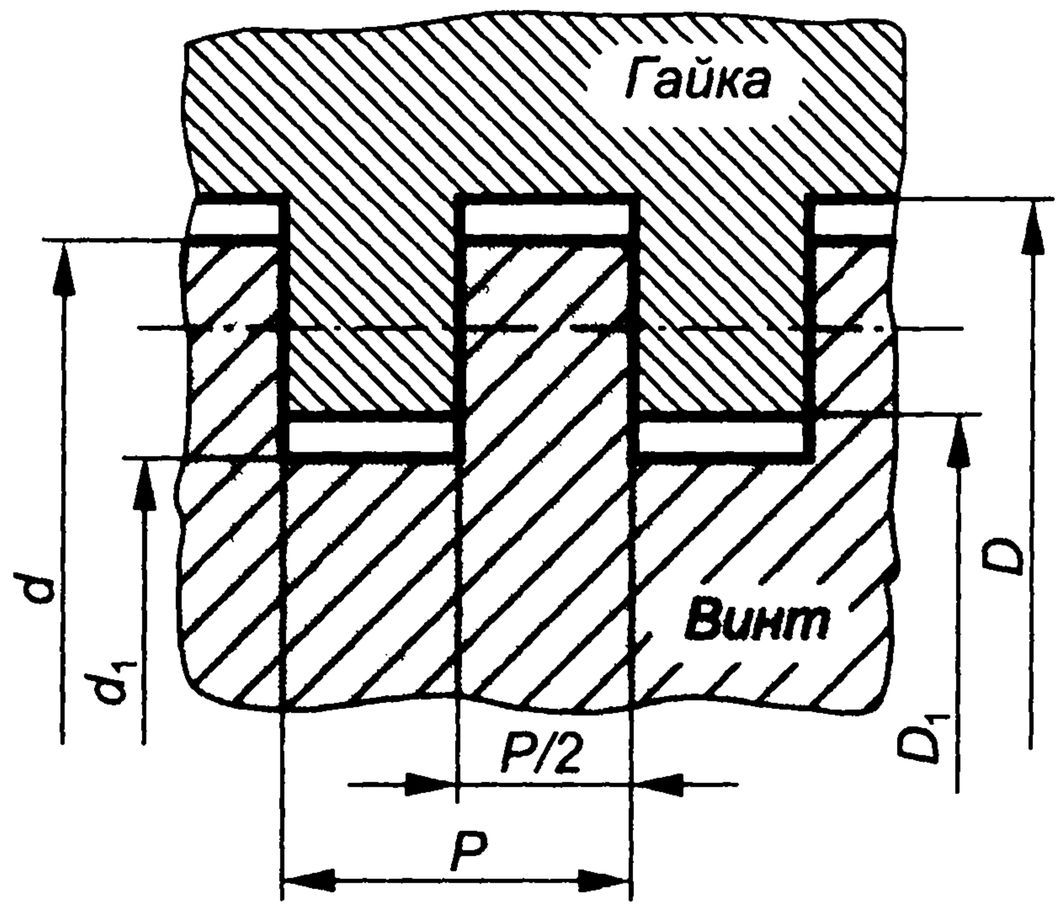


Рис. 4.33

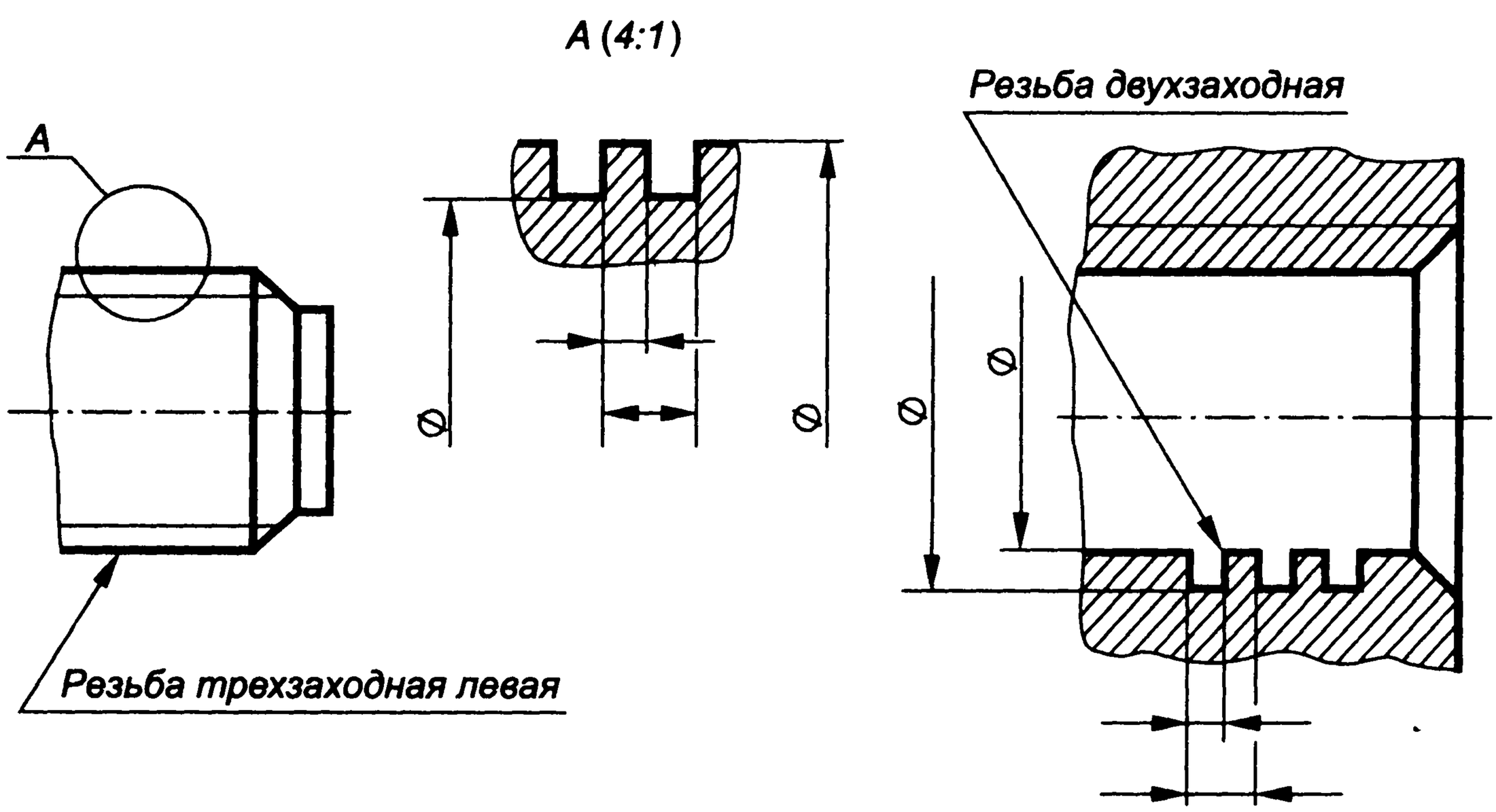


Рис. 4.34

Прямоугольная резьба не стандартизована. На чертеже она задается с помощью местного разреза или выноски (рис. 4.34) с указанием всех конструктивных размеров: наружного и внутреннего диаметров, шага, ширины впадины (для внутренней резьбы) и выступа (для внешней резьбы). Дополнительные данные о числе заходов (для многозаходных резьб), направлении и другие указываются на полке линии-выноски, проведенной от основной линии резьбы с добавлением слов *Резьба двухзаходная*, и т. п.

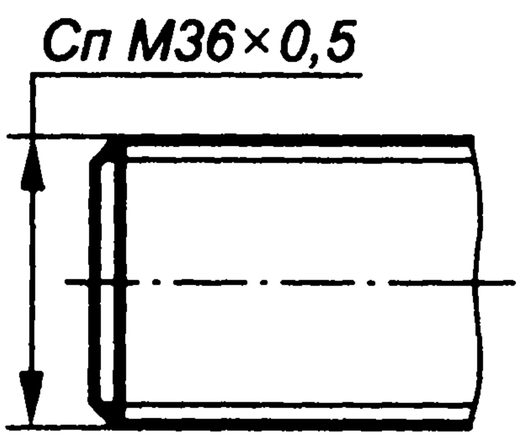


Рис. 4.35

Резьба специальная. Это резьба со стандартным профилем, но с отличающимся от стандартного диаметром или шагом.

Перед условным обозначением такой резьбы пишут буквы Сп.

Например, в приведенном на рис. 4.35 обозначении специальной метрической резьбы указаны стандартный диаметр 36 мм и нестандартный для данного диаметра шаг 0,5 мм.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

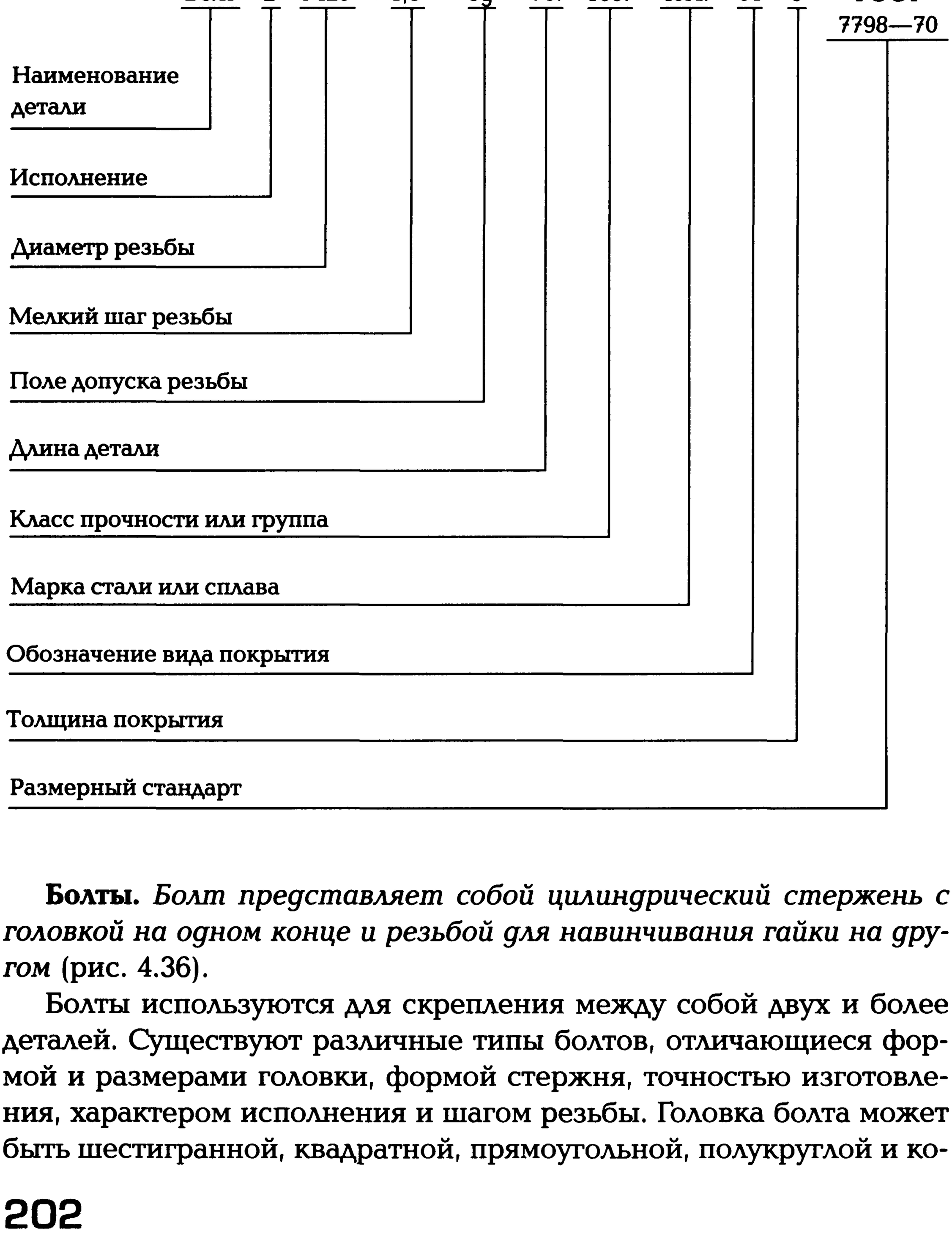
1. Как образуется винтовая линия и какие винтовые линии наиболее распространены в технике?
2. Как образуется резьба и по каким признакам она классифицируется? Дайте классификацию резьб по профилю.
3. Какими основными параметрами характеризуется резьба и каковы виды стандартных резьб?
4. В чем состоит разница между шагом и ходом резьбы?
5. Для чего служат фаски на конце стержня и в начале отверстия при нарезании резьбы?
6. Как на чертеже изображается резьба на стержне, в отверстии и резьбовом соединении? Какой линией изображается граница резьбы на виде?
7. Каково назначение наружной и внутренней проточек при нарезании резьбы?
8. Как обозначаются трубные и конические резьбы?
9. Чем отличается обозначение метрической резьбы с крупным шагом от обозначения резьбы с мелким шагом?
10. Как читается обозначение *S*45°200×36(*P*12)*LH*?
11. Что обозначает буква *G* в условном обозначении резьбы и что такое условный проход?
12. До какой линии в разрезах и сечениях резьбовых изделий наносится штриховка?

4.3. КРЕПЕЖНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Для выполнения разъемных соединений деталей применяются различные стандартизованные резьбовые крепежные изделия: болты, винты, шпильки, гайки, а также детали для их стопорения: шайбы, шплинты, штифты, проволока. Применение стандартизованных резьбовых деталей позволяет ускорить процесс проектирования машин и механизмов, так как отпадает необходимость в разработке чертежей этих деталей, а также обеспечить их полную взаимозаменяемость при ремонте машин без дополнительной подгонки.

Форму, размеры и другие характеристики крепежных деталей (материал, характер покрытия, класс прочности и т. д.) определяет ГОСТ 1759—70.

Условное обозначение болта исполнения 2, с метрической резьбой диаметром 20 мм, с мелким шагом 1,5 мм, с полем допуска резьбы 6*g*, длиной 70 мм, класса прочности 109, из стали 40Х, с цинковым хромированным покрытием 01 толщиной 6 мкм в соответствии с ГОСТ 7798—70 имеет следующую структуру:



Болты. *Болт представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой для навинчивания гайки на другом* (рис. 4.36).

Болты используются для скрепления между собой двух и более деталей. Существуют различные типы болтов, отличающиеся формой и размерами головки, формой стержня, точностью изготовления, характером исполнения и шагом резьбы. Головка болта может быть шестигранной, квадратной, прямоугольной, полукруглой и ко-

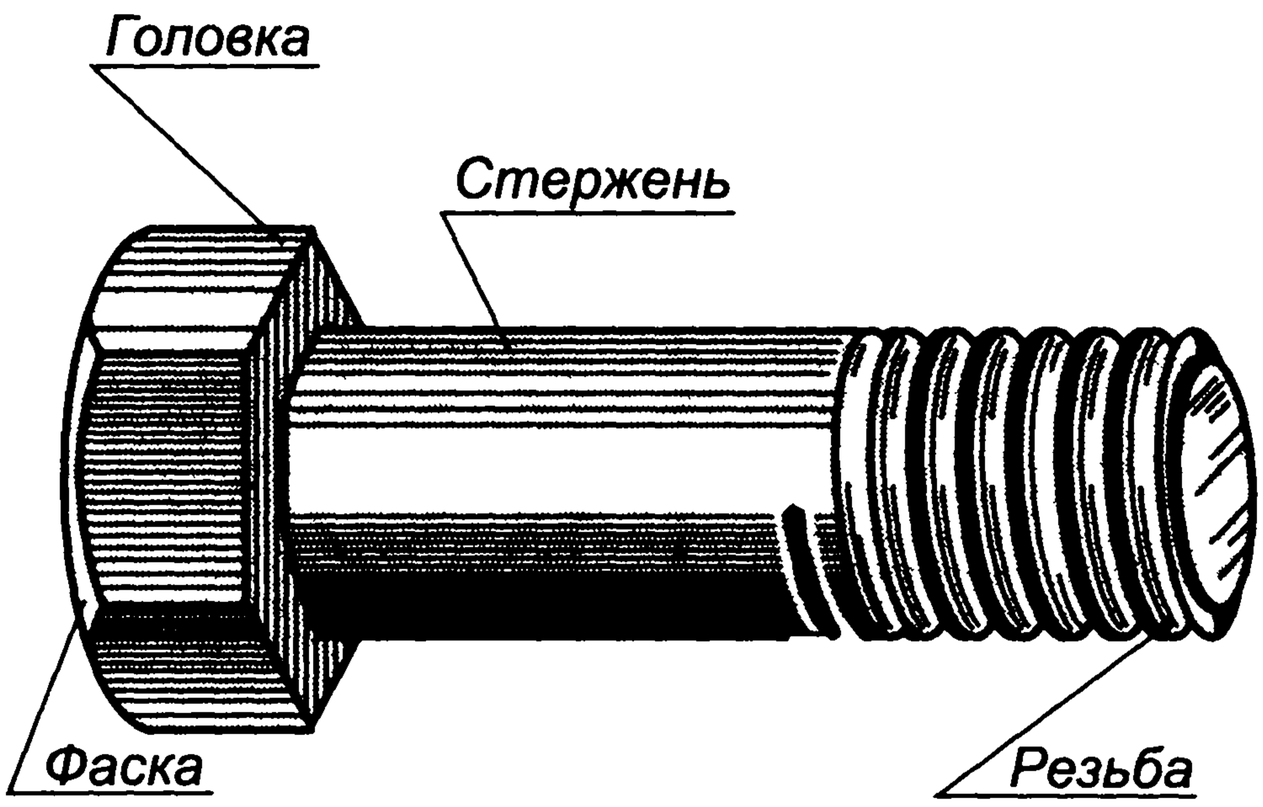


Рис. 4.36

нической с квадратным подголовком или «усом» и другой формы, а резьба у болта метрическая с крупным или мелким шагом. Выбор головки болта зависит от технологических особенностей соединения. Размер и форма головки определяют возможность использования для завинчивания болта стандартного гаечного ключа.

Наибольшее распространение в машиностроении получили болты с шестигранной головкой, которые могут быть нормальной (ГОСТ 7798—70), повышенной (ГОСТ 7805—70) и грубой (ГОСТ 15589—70) точности, а также могут иметь уменьшенную головку.

Болты с шестигранной головкой нормальной точности четырех исполнений показаны на рис. 4.37. Это соответственно болты без отверстия в головке и стержне, с отверстием в стержне для стопорения шплинтом, с двумя отверстиями в головке для стопорения группы болтов с помощью проволоки и с углублением в головке.

Каждому диаметру болта соответствуют определенные размеры головки и несколько размеров его длины, которые стандартизованы. Длиной болта l считается размер от резьбового конца стержня до опорной поверхности головки. Длина резьбовой части стержня b также стандартизована и устанавливается в зависимости от его диаметра d и длины l. Диаметр и длина болта являются определяющими размерами и входят в его условное обозначение.

В табл. 4.2 приведены основные параметры болтов с шестигранной головкой по ГОСТ 7798—70.

Формы и размеры различных концов крепежных изделий с метрической резьбой согласно ГОСТ 12414—94 показаны на рис. 4.38.

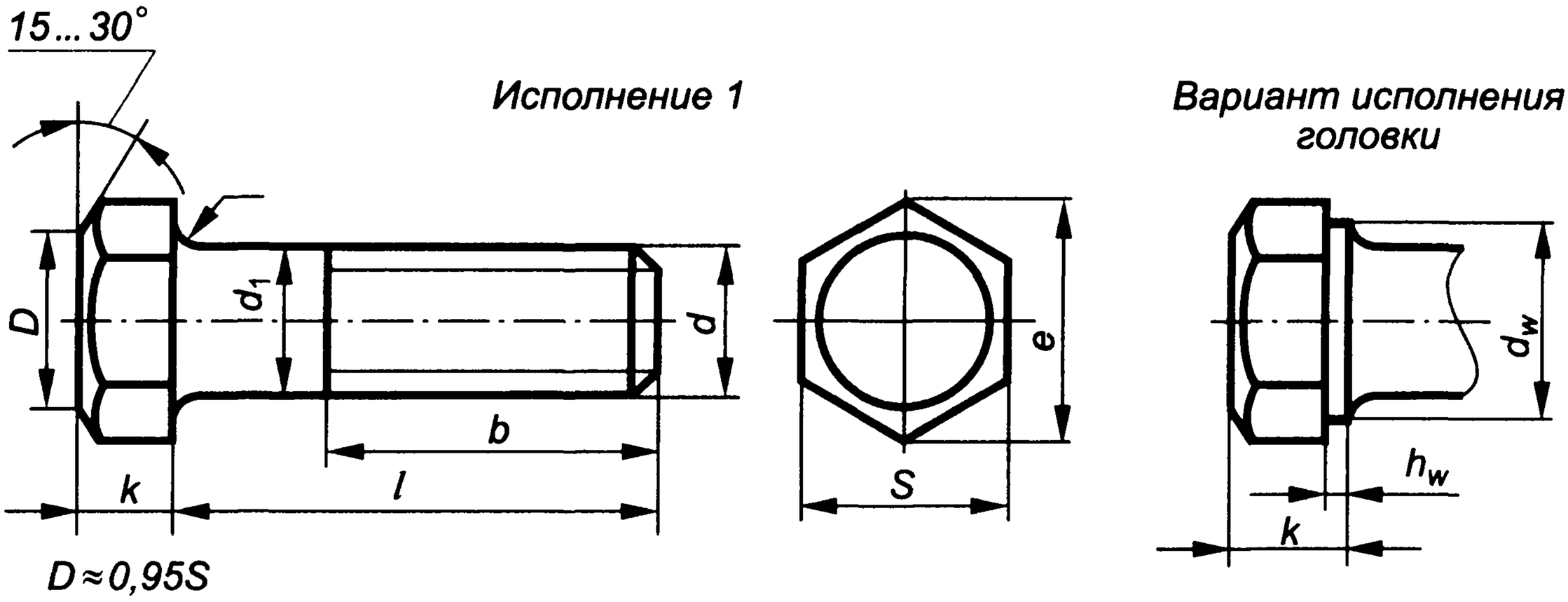

15...30°
Исполнение 1
Вариант исполнения головки
D
d_1
d
b
l
k
e
S
d_w
h_w
k
D≈0,95S
Исполнение 2
Вариант исполнения головки
d_3
l_1
Исполнение 3
Вариант исполнения головки
d_4
l_2
Исполнение 4
Вариант исполнения головки
R0,3
D_1
h
k
D≤0,8S
h=(0,2...0,4)k

Рис. 4.37

Таблица 4.2. Основные параметры болтов с шестигранной головкой, мм (ГОСТ 7798–70)

Параметры		Номинальный диаметр резьбы d, мм							
		10	12	(14)	16	(18)	20	22	24
Шаг резьбы P	крупный	1,5	1,75	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0
	мелкий	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0
Размер под ключ S		17	19	22	24	27	30	32	36
Высота головки k		6,4	7,5	8,8	10,0	12,0	12,5	14,0	15,0
Диаметр описанной окружности e, не менее		18,7	20,9	24,0	26,2	29,6	33,0	35,0	39,6
Длина резьбы b		26	30	34	38	42	46	50	54
Диаметр D, примерно		(0,90 ... 0,95)S							
Радиус под головкой болта r		0,4 ... 1,1	0,6 ... 1,6				0,8 ... 2,2		

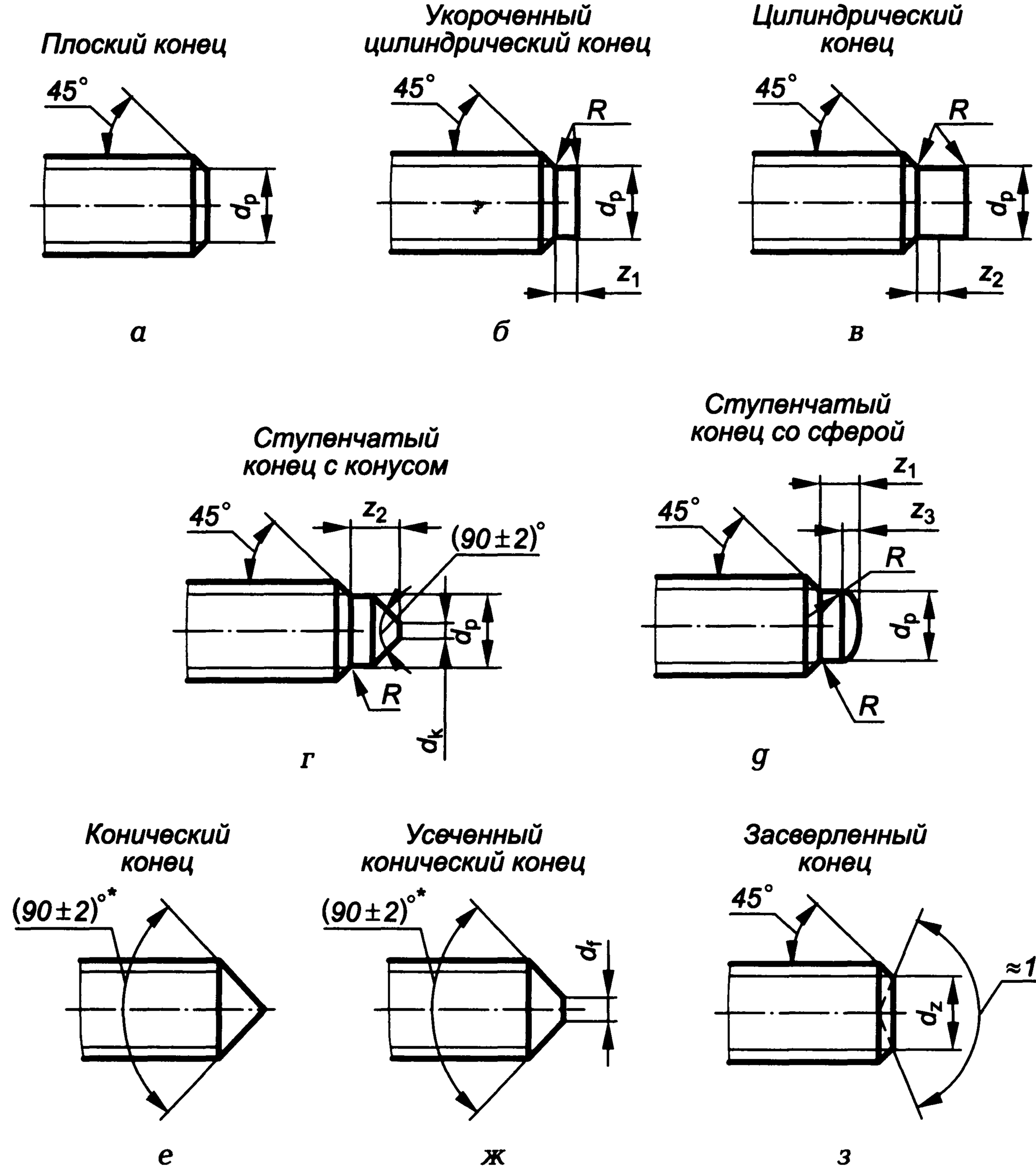


Рис. 4.38

Условное обозначение болтов имеет следующий вид:

Болт 2М20 × 1,5—6*g* × 60.56.016 ГОСТ 7798—70 — это болт с шестигранной головкой (нормальной точности), исполнения 2, с диаметром резьбы 20 мм, с мелким шагом резьбы 1,5 мм, с полем допуска 6*g*, длиной 60 мм, класса прочности 5.6, с покрытием типа 01, толщина которого 6 мкм.

Винты. *Винт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого выполнена резьба, а на другом — имеется головка* (рис. 4.39).

По назначению винты подразделяются на *крепежные* и *установочные.*

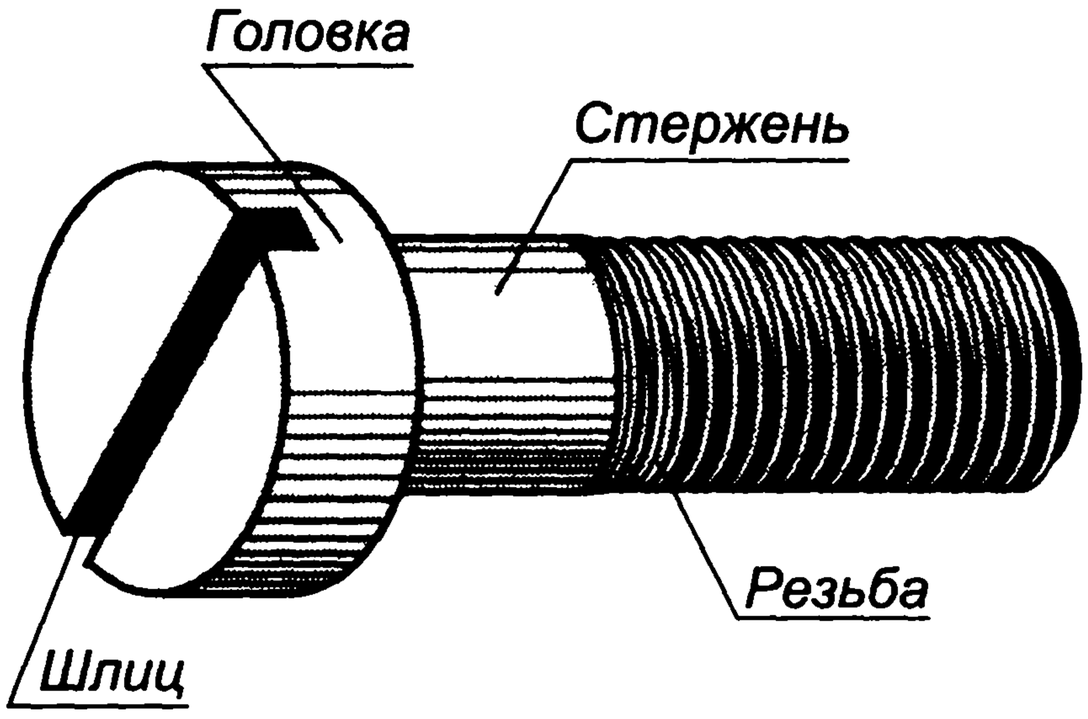


Рис. 4.39

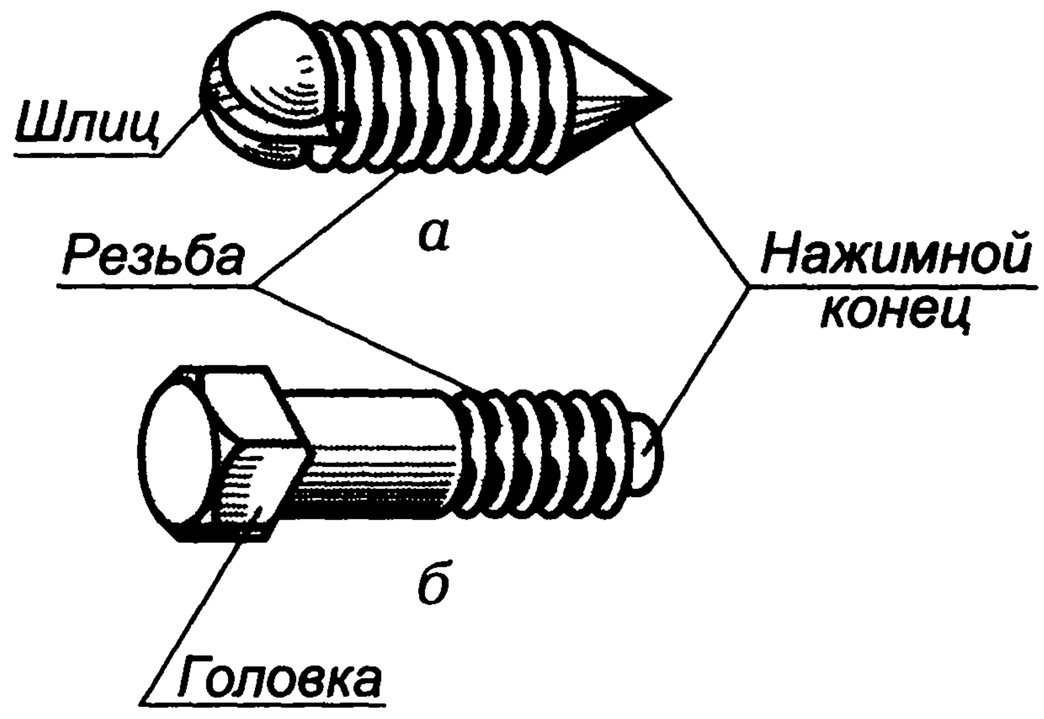


Рис. 4.40

Крепежные винты применяются для соединения деталей посредством ввертывания резьбовой части в одну из них.

Установочные винты служат для фиксации деталей при сборке и регулирования зазоров в соединениях. В отличие от крепежных винтов их стержни имеют нажимной конец, контактирующий с деталью, а также они могут быть как без головки (рис. 4.40, *а*), так и с головкой (рис. 4.40, *б*).

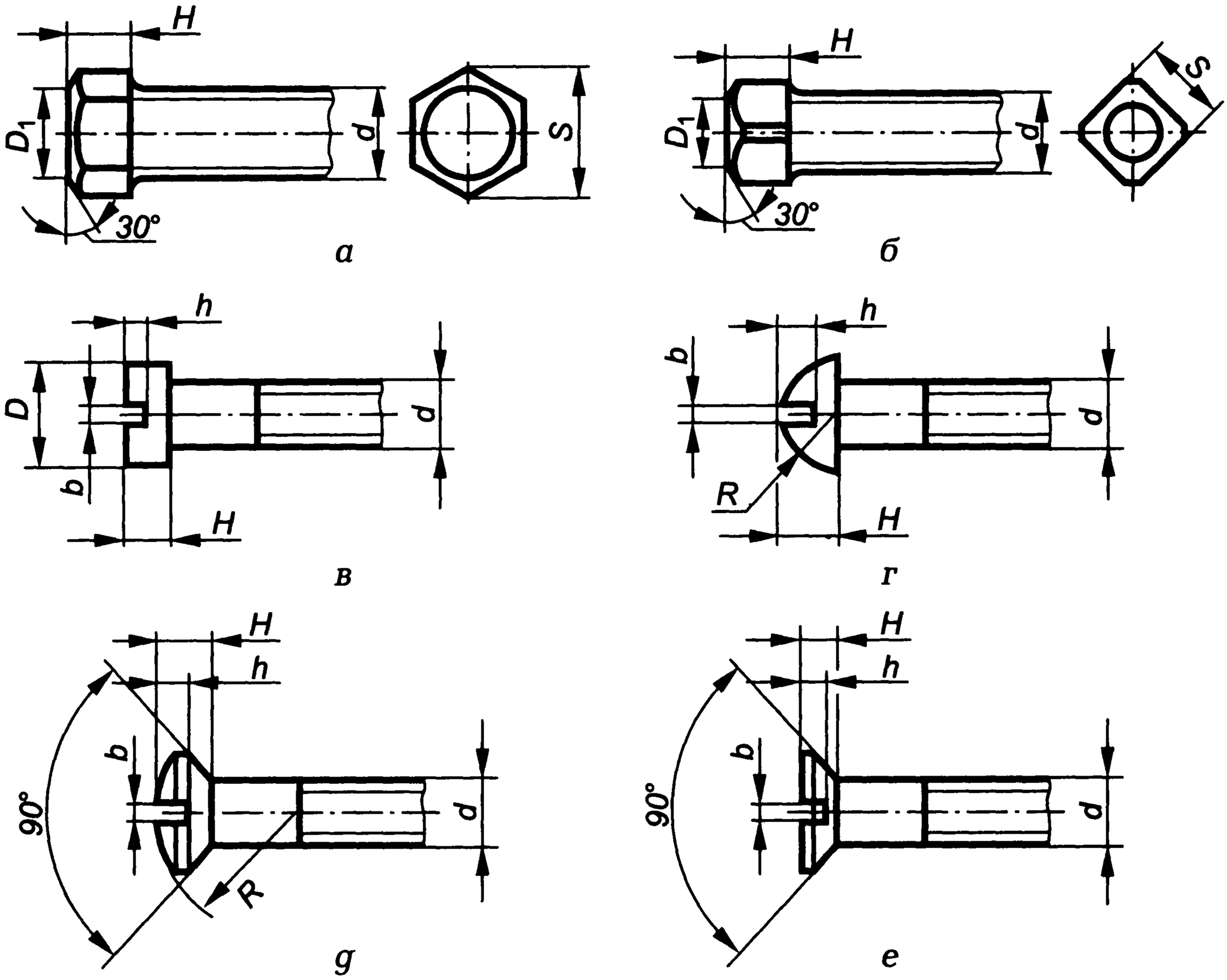


Рис. 4.41

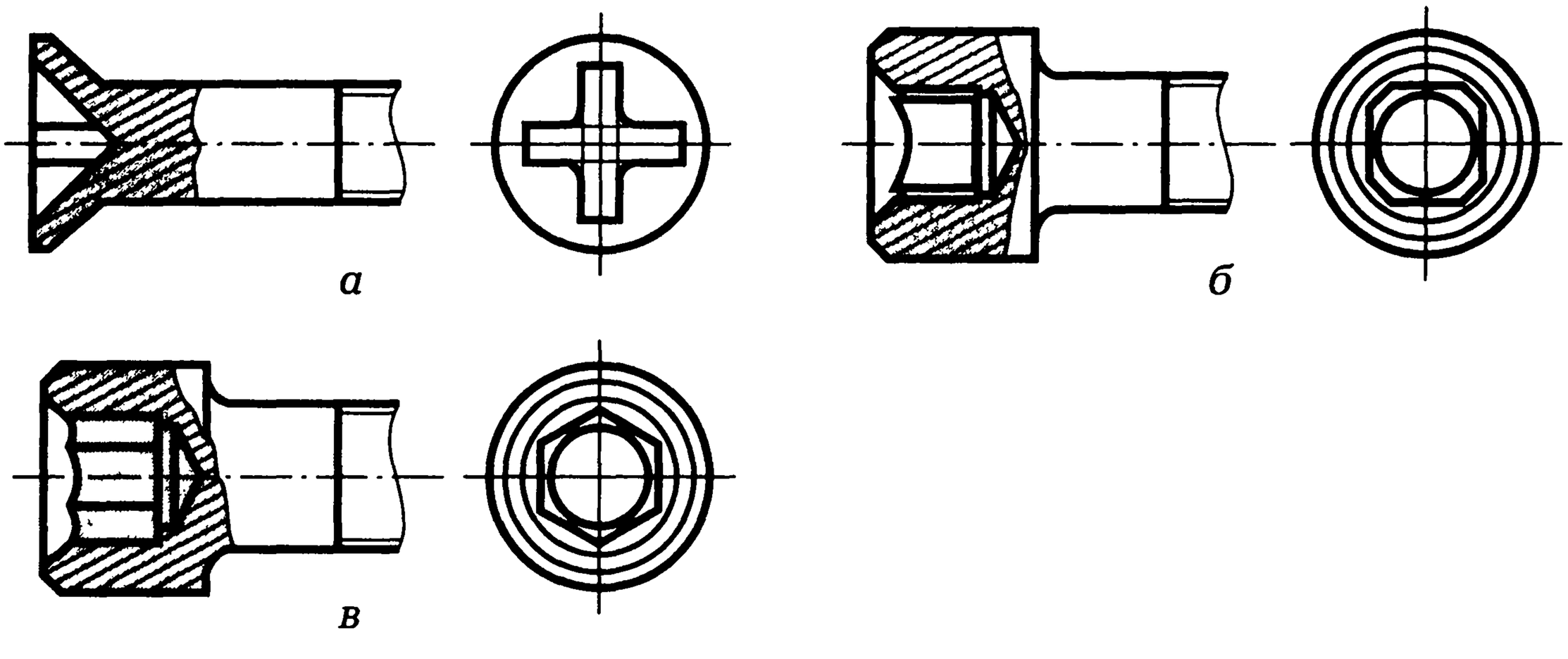


Рис. 4.42

Формы и размеры винтов стандартизованы. По форме головки винты (рис. 4.41, *а*—*е*) подразделяются соответственно на шестигранные (ГОСТ 1481—84), квадратные (ГОСТ 1482—84), цилиндрические (ГОСТ 1491—80), полукруглые (ГОСТ 17473—80), полупотайные (ГОСТ 17474—80) и потайные (ГОСТ 17475—80).

Шлиц головки винта может быть прямой в виде прорези (см. рис. 4.41, *в*), крестообразный (рис. 4.42, *а*) и с квадратным или шестигранным углублением (рис. 4.42, *б*, *в*).

Нажимной конец установочных винтов (рис. 4.43, *а*—*г*) может быть соответственно плоским (ГОСТ 1477—93), коническим (ГОСТ 1476—93), цилиндрическим (ГОСТ 1478—93) и засверленным (ГОСТ 1479—93).

На сборочных чертежах в проекции, перпендикулярной оси винта, шлиц изображается под углом 45° к рамке чертежа, а на рабочем чертеже — параллельно рамке чертежа.

Условное обозначение винтов выполняется по общей схеме обозначения крепежных деталей, например:

Винт А.М8—6*g*×50.48 ГОСТ 17473—80 — это винт с полукруглой головкой, класса точности А (повышенной), исполнения 1, с диаметром резьбы 8 мм, с крупным шагом резьбы, с полем допуска 6*g*, длиной 50 мм, класса прочности 4.8, без покрытия.

Винты с острым коническим концом и конической резьбой с большим шагом, применяемые для соединения деталей из дерева или мягких полимеров, называются *шурупами* (рис. 4.44). Конструкция и размеры шурупов с шестигранной головкой определяет ГОСТ 11473—75, с полукруглой головкой — ГОСТ 1144—80, с потайной головкой — ГОСТ 1145—80, с полупотайной головкой — ГОСТ 1146—80.

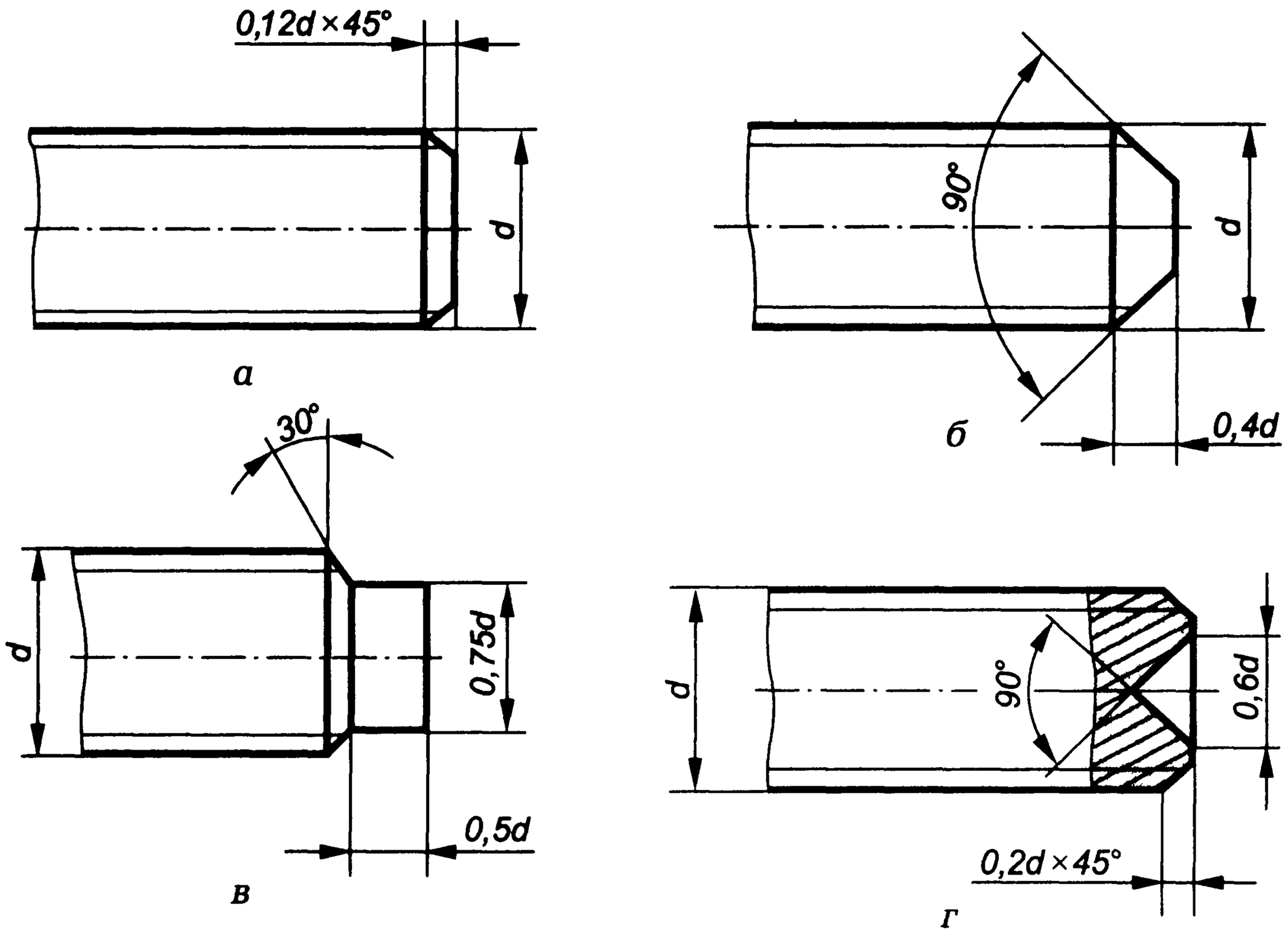
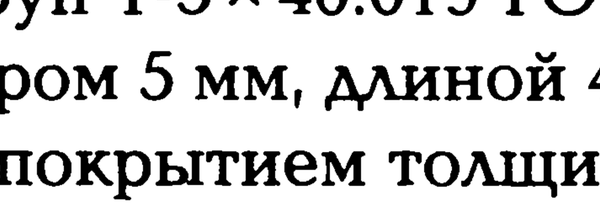


Рис. 4.43

Условное обозначение шурупа имеет следующий вид:

Шуруп 1-5×40.019 ГОСТ 1144—80 — это шуруп исполнения 1, диаметром 5 мм, длиной 40 мм, из низкоуглеродистой стали, с цинковым покрытием толщиной 9 мкм, с хроматированием.

Шпильки. *Шпилька представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах или по всей длине* (рис. 4.45).



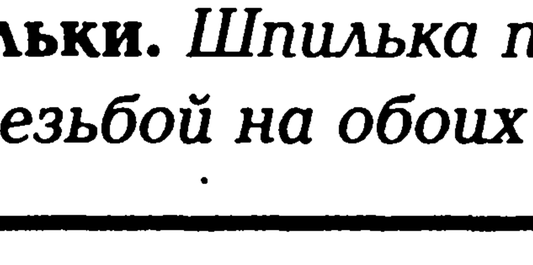


Рис. 4.44

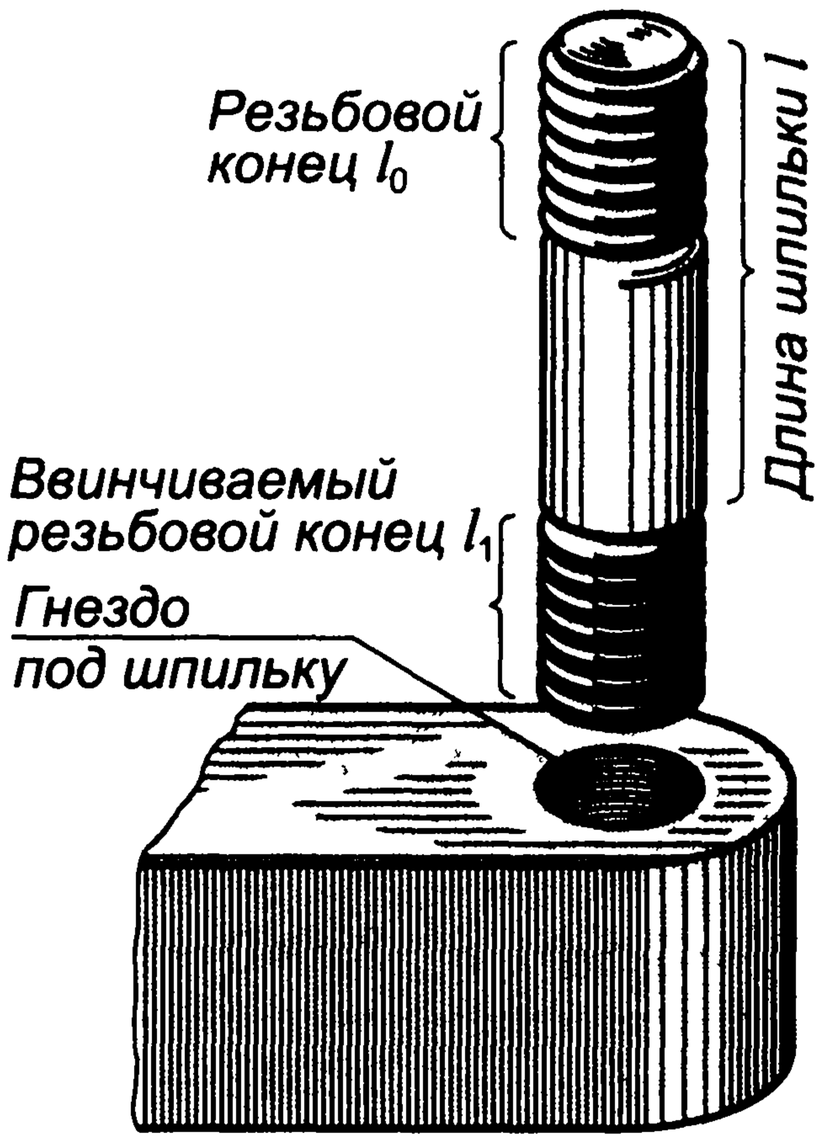


Рис. 4.45

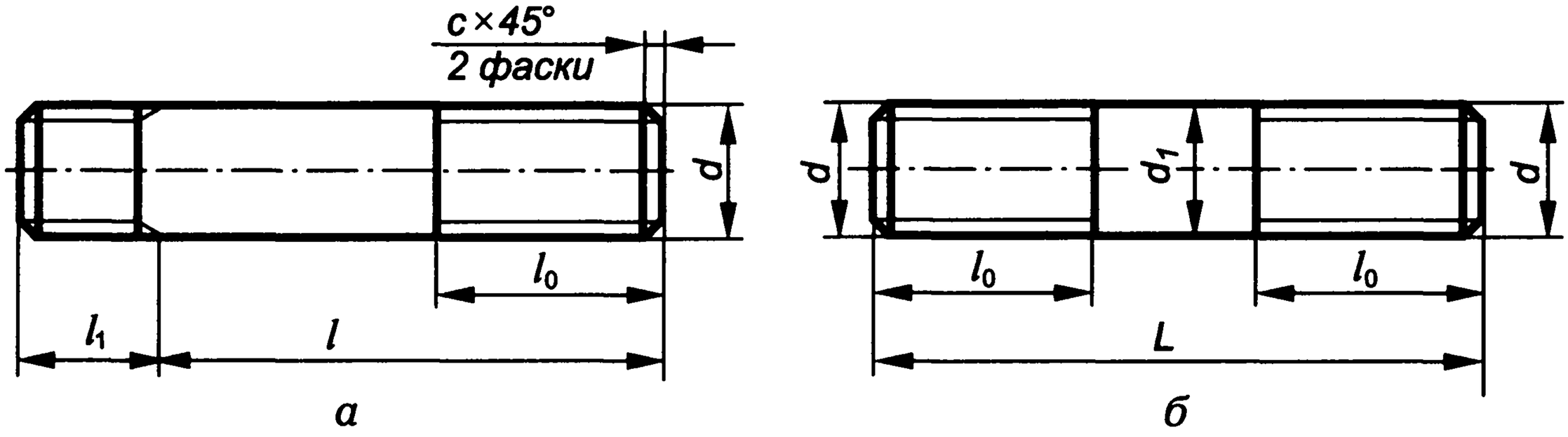


Рис. 4.46

Различают шпильки *общего применения* и шпильки *двухсторонние для фланцевых соединений*, а в зависимости от точности изготовления — *шпильки класса А* (повышенной точности) и *класса В* (нормальной точности) с номинальным диаметром резьбы от 2 до 48 мм.

Шпильки общего применения служат для соединения двух или нескольких деталей и используются как для деталей с резьбовым гнездом (рис. 4.46, *а*) по ГОСТ 22032—76...22041—76, так и для деталей с гладкими отверстиями (рис. 4.46, *б*) по ГОСТ 22042—76 и 22043—76.

В деталях с резьбовым гнездом один конец шпильки l_1 (с меньшей длиной резьбовой части) ввинчивается в гнездо детали, а на другой ее конец l_0 навинчивается гайка. Длина резьбового конца шпильки l_1 определяется с учетом сбега резьбы и зависит от мате-

Таблица 4.3. Определение длины ввинчиваемого конца шпильки

Длина ввинчиваемого конца	ГОСТ для шпилек		Материалы соединяемых деталей
	класса точности В	класса точности А	
$l_1 = d$	22032—76	22033—76	Сталь, бронза, латунь и т. п.
$l_1 = 1{,}25d$	22034—76	22035—76	Ковкий и серый чугуны (допустимы сталь, бронза)
$l_1 = 1{,}6d$	22036—76	22037—76	То же
$l_1 = 2d$	22038—76	22039—76	Легкие сплавы (допустима сталь)
$l_1 = 2{,}5d$	22040—76	22041—76	То же
$l_1 = l_0$	22042—76	22043—76	Без ограничения

риала детали, в которую она ввинчивается (табл. 4.3), т.е. для более мягких металлов длина l_1 должна быть больше, чем для более прочных.

В деталях с гладкими отверстиями длина резьбового конца шпильки l_0 определяется без учета сбега резьбы, при этом с двух концов шпильки навинчиваются гайки.

Условное обозначение шпилек общего применения выполняется по стандартной схеме для крепежных деталей, например:

Шпилька М16—6g × 120.58 ГОСТ 22034—76 — это шпилька нормальной точности, с метрической резьбой диаметром 16 мм и крупным шагом, с полем допуска 6g, длиной l = 120 мм, с ввинчиваемым резьбовым концом длиной l_1 = 1,25d, класса прочности 5.8, без покрытия.

Шпильки двухсторонние (ГОСТ 9066—75) применяются для фланцевых соединений трубопроводов, корпусов паровых котлов, газовых турбин, арматуры приборов и аппаратов при температуре металла от 0 до 650 °С.

Гайки. *Гайка представляет собой изделие с резьбовым отверстием для навинчивания на болт, винт, шпильку или другую деталь, имеющую аналогичную резьбу.*

Гайки различают по форме, характеру исполнения, точности исполнения и шагу резьбы.

По форме различают гайки шестигранные, прорезные, корончатые, гайки-барашки, круглые (рис. 4.47, a—g) и др. Прорезные и корончатые гайки применяются в соединениях деталей, работающих с вибрацией.

Во избежание самоотвинчивания в их прорези вставляют шплинты или проволоку. Гайки-барашки применяются в тех случаях, когда навинчивание производится вручную. В круглых гайках выполняются шлицы под гаечный ключ.

Шестигранные гайки подразделяются по высоте на низкие с H = 0,6d (ГОСТ 5916—70), нормальные с H = 0,8d (ГОСТ 5915—70),

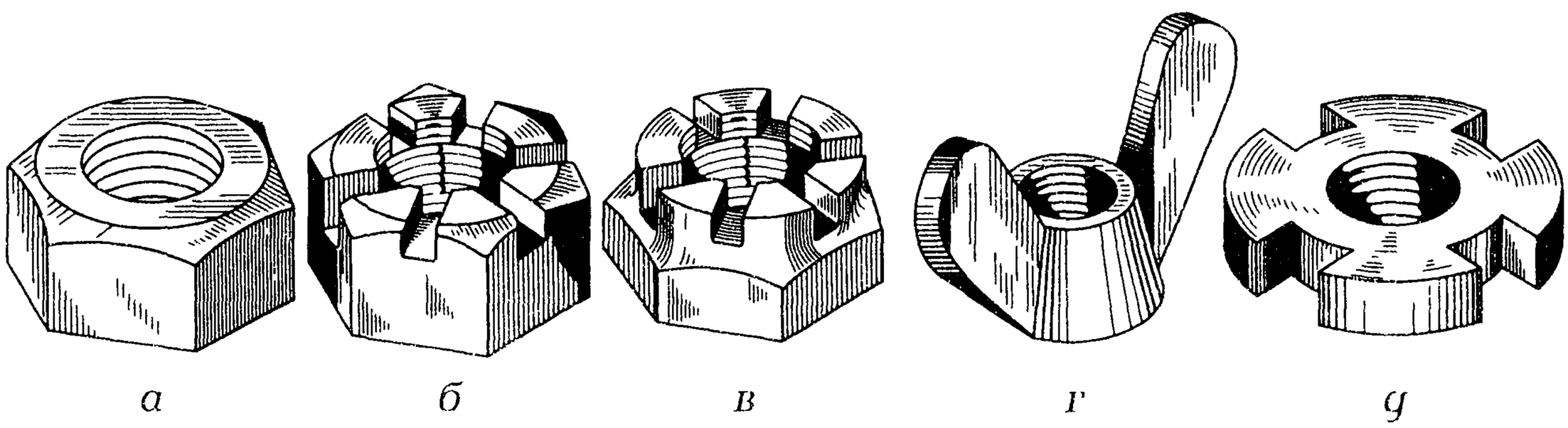


Рис. 4.47

Таблица 4.4. Основные параметры шестигранных гаек нормальной высоты, мм (ГОСТ 5915–70)

Параметры		Номинальный диаметр резьбы d, мм									
		6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24
Шаг резьбы P	крупный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3
	мелкий	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2
Размер «под ключ» (номинальный) S		10	13	17	19	22	24	27	30	32	36
Диаметр описанной окружности e, не менее		10,9	14,2	18,7	20,9	24,3	26,5	29,9	33,3	35,0	39,6
Высота (номинальная) m		5	6,5	8	10	11	13	15	16	18	19

Примечание. Размеры гаек, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

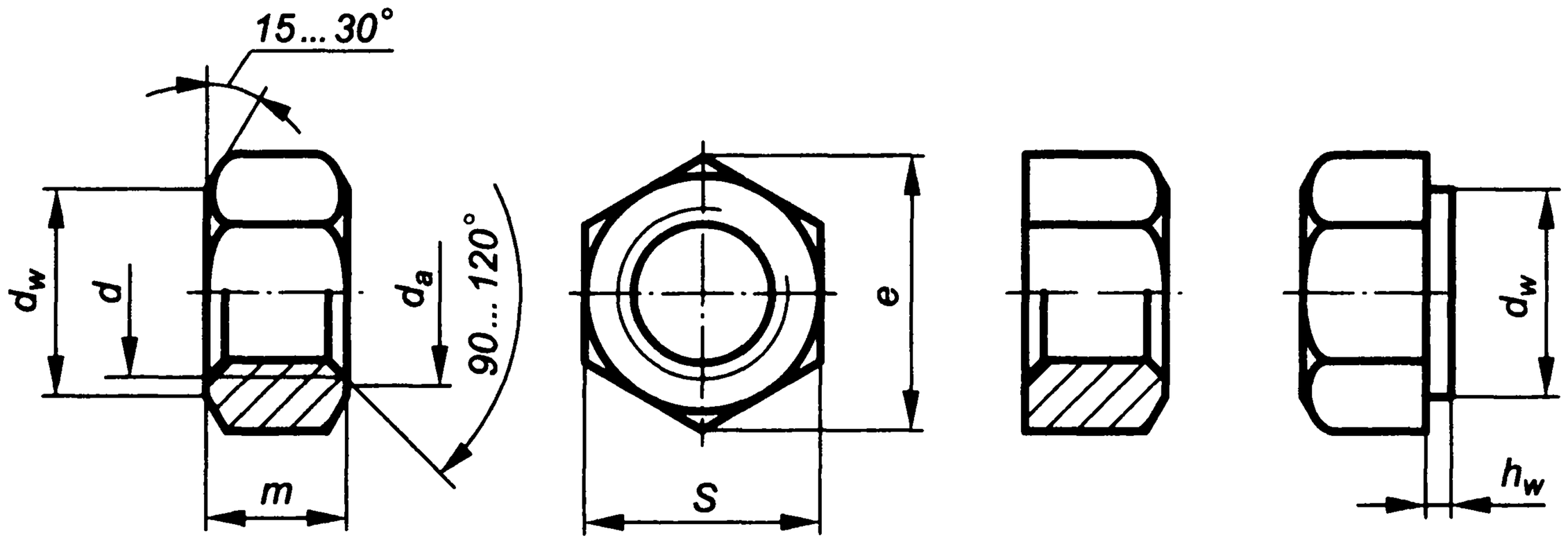


Рис. 4.48

высокие с $H = 1{,}2d$ (ГОСТ 15523—70), особо высокие с $H = 1{,}5d$ (ГОСТ 15525—70) и низкие с уменьшенным размером под ключ (ГОСТ 15521—70).

Наибольшее распространение в промышленности получили гайки шестигранные нормальной высоты (табл. 4.4) трех исполнений (рис. 4.48): с двумя фасками и с одной фаской (ГОСТ 5915—70), без фасок и с выступом цилиндрической формы с одного торца (ГОСТ 15526—70).

Высокие и особо высокие гайки применяются в тех случаях, когда в процессе эксплуатации необходимо часто разбирать резьбовое соединение, а также когда на соединение действует большое осевое усилие. Низкие гайки применяются в качестве контргаек и при незначительных осевых усилиях в соединении.

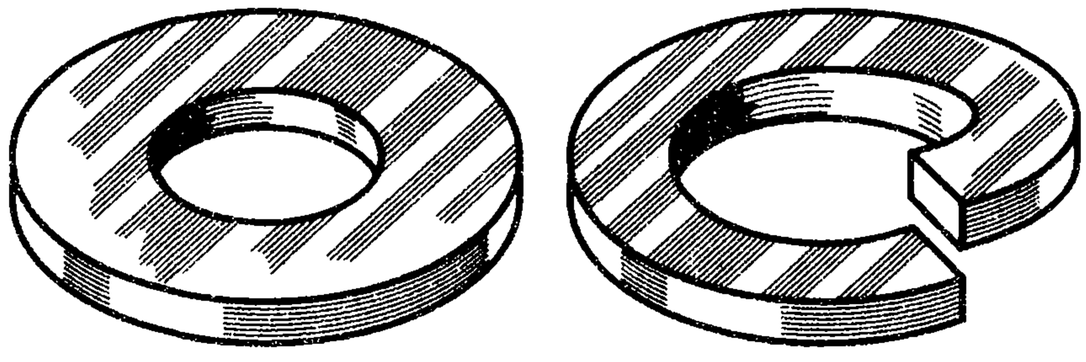
Условное обозначение гаек выполняется по стандартной схеме для крепежных деталей, например:

Гайка 2М16×1,25.6Н.109.35Х.016 ГОСТ 5915—70 — это гайка шестигранная (нормальной точности), исполнения 2 (с одной фаской), с диаметром резьбы 16 мм, с мелким шагом 1,25 мм, с полем допуска 6*H*, класса прочности 10.9, из стали 35Х, с покрытием 01 (цинковым с хроматированием) толщиной 6 мкм.

Шайбы. *Шайба представляет собой цельную или разрезанную пластину с круглым отверстием и служит для установки под гайку, головку болта или винта* (рис. 4.49).

Назначение шайбы — предохранять поверхность детали от смятия и задиров, равномерно распределять усилие на соединяемые детали, а также исключать возможность самоотвинчивания крепежной детали за счет упругих деформаций, возникающих между шайбой и деталью.

Рис. 4.49



Стандартные шайбы подразделяются на *обычные* (ГОСТ 11371—78), *пружинные* (ГОСТ 6402—70), *стопорные с лапкой* (ГОСТ 13463—77), *стопорные многолапчатые* (ГОСТ 11872—89), *косые квадратные* (ГОСТ 10906—78) и др.

Обычные шайбы (рис. 4.50, *а*) могут быть двух исполнений: без фаски (исполнение 1) и с фаской (исполнение 2). Диаметр отверстия в шайбе должен быть немного больше диаметра стержня крепежной детали, но при этом в условном обозначении шайбы указывается диаметр крепежной детали (болта, шпильки и т. д.).

Пружинные шайбы могут быть двух исполнений из пружинной проволоки квадратного и прямоугольного сечений с соответствующим натягом при навивке и разведенными в разные стороны концами (рис. 4.50, *б*). При завинчивании шайба сжимается, врезаясь в торцы, например гайки и соединяемой детали, что препятствует сомоотвинчиванию крепежной детали.

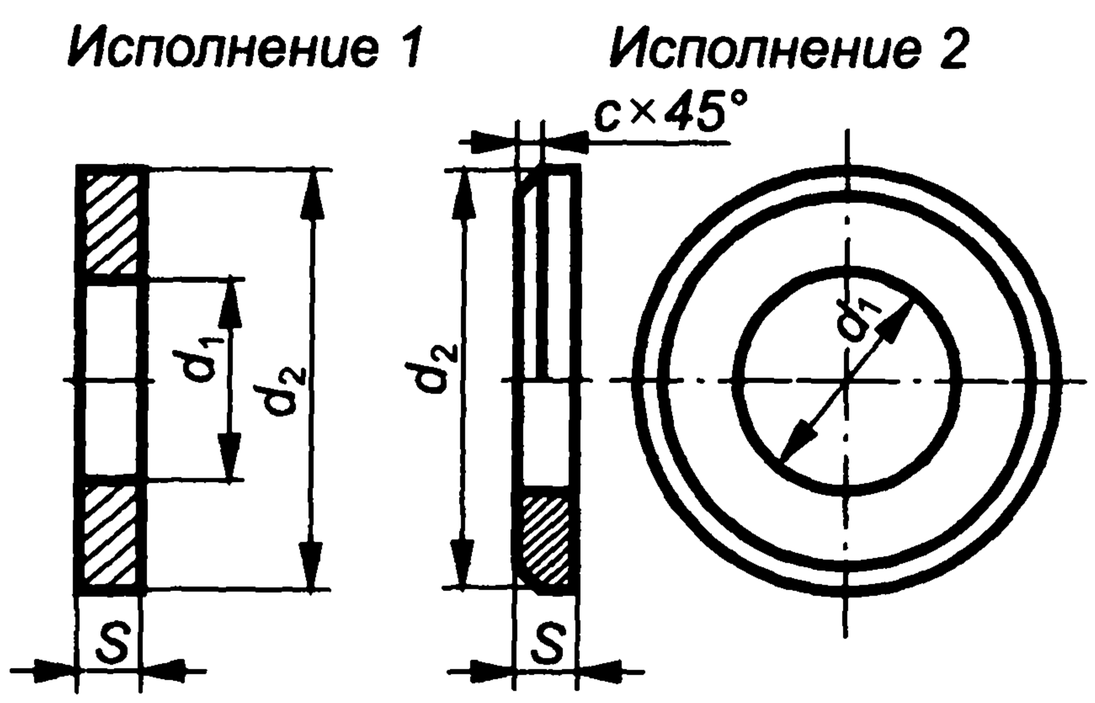
Кроме пружинных шайб для предупреждения самоотвинчивания крепежных деталей применяют специальные стопорные шайбы: с лапкой двух типов по ГОСТ 13463—77 (рис. 4.50, *в*) и с носком по ГОСТ 13465—77 (рис. 4.50, *г*). Шайбу подкладывают под головку гайки и после ее затяжки загибают выступающие лапки до соприкосновения с плоскостью детали или носок вставляют в отверстие детали, что препятствует самоотвинчиванию гайки.

В условном обозначении шайбы указывают наименование изделия, тип исполнения, диаметр крепежной детали, обозначение материала, обозначение покрытия, толщину покрытия и номер стандарта, например:

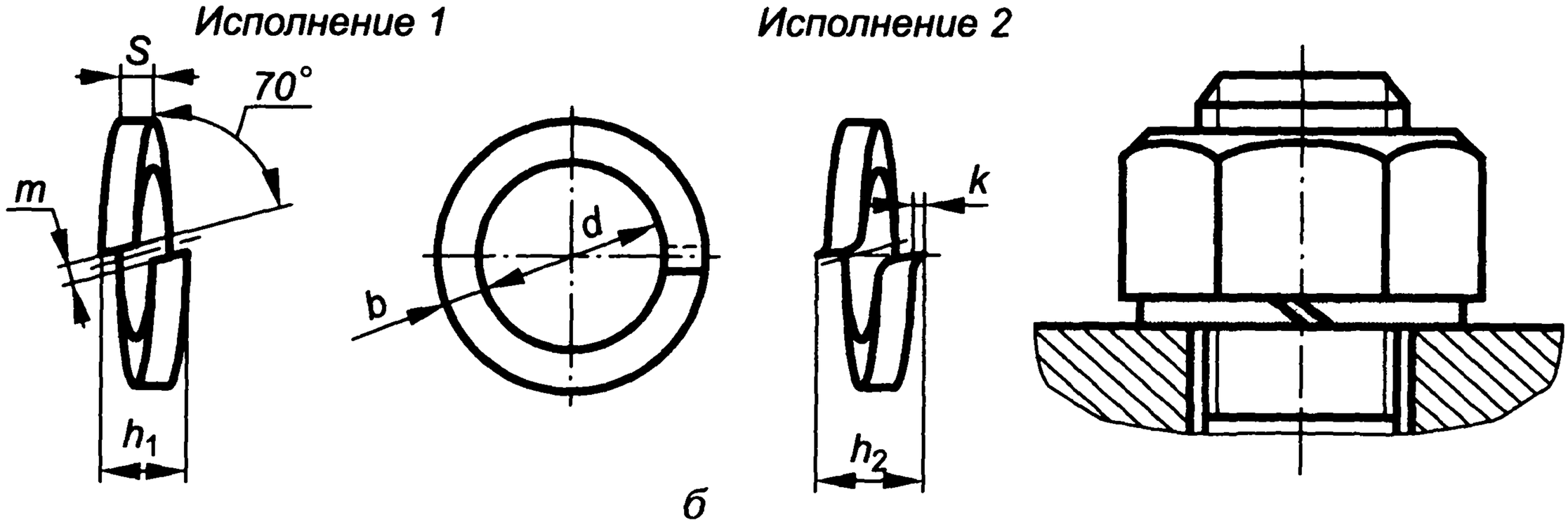
Шайба 2.12.01.019 ГОСТ 11371—78 — это шайба обычная, исполнения 2, с диаметром крепежной детали 12 мм, из материала группы 01, с покрытием 01 толщиной 9 мкм;

Шайба 12Т.3Х13.096 ГОСТ 6402—70 — это шайба пружинная, с диаметром крепежной детали 12 мм, тяжелого типа исполнения, из материала 3Х13, с покрытием 09 толщиной 6 мкм;

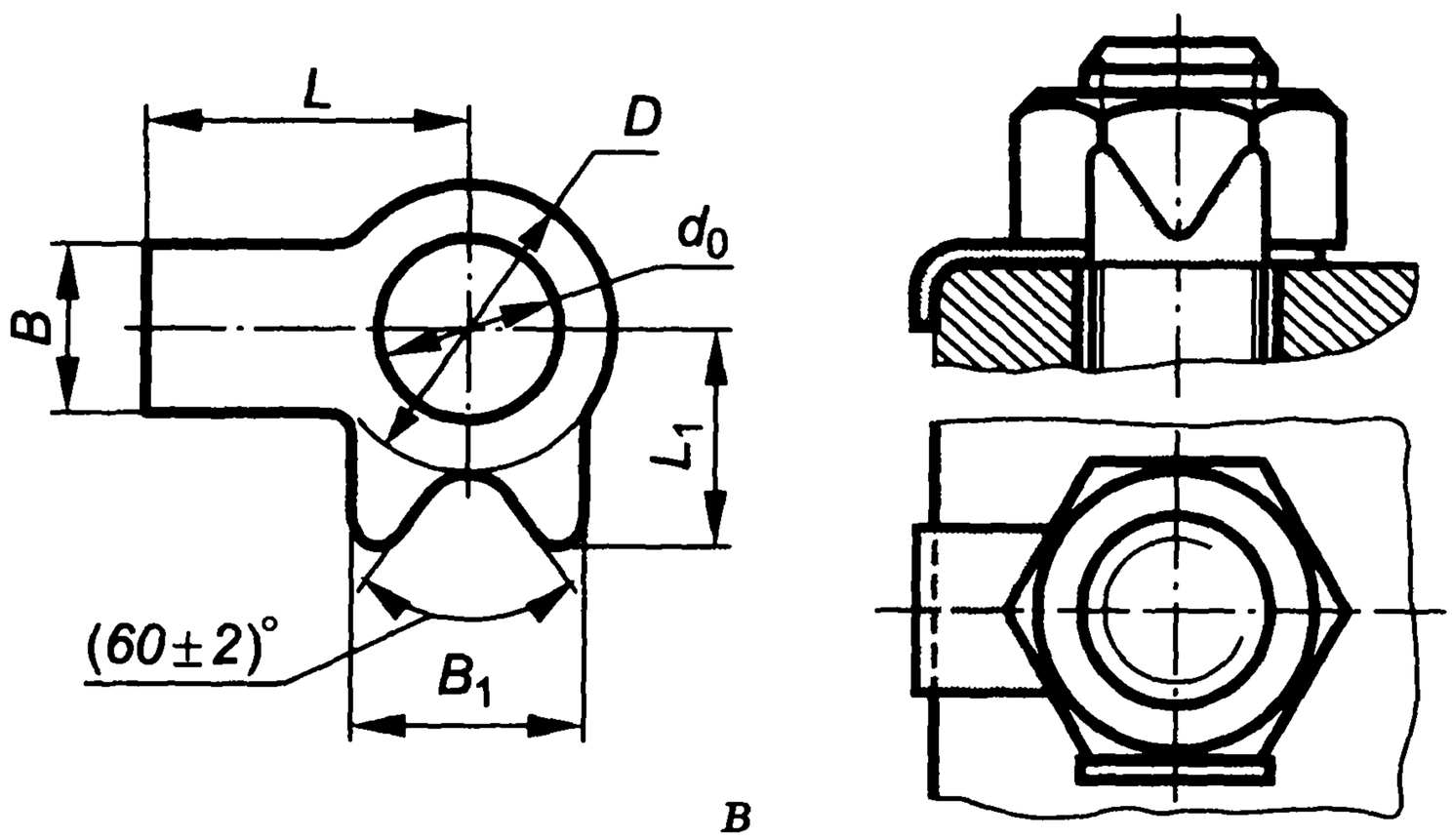
Шайба 2.10.03.05 ГОСТ 11463—77 — это шайба стопорная с лапкой, исполнения 2, с диаметром крепежной детали 10 мм, из материала группы 03, с покрытием 05.


Исполнение 1
Исполнение 2
c×45°
d1
d2
S
d2
d0
S

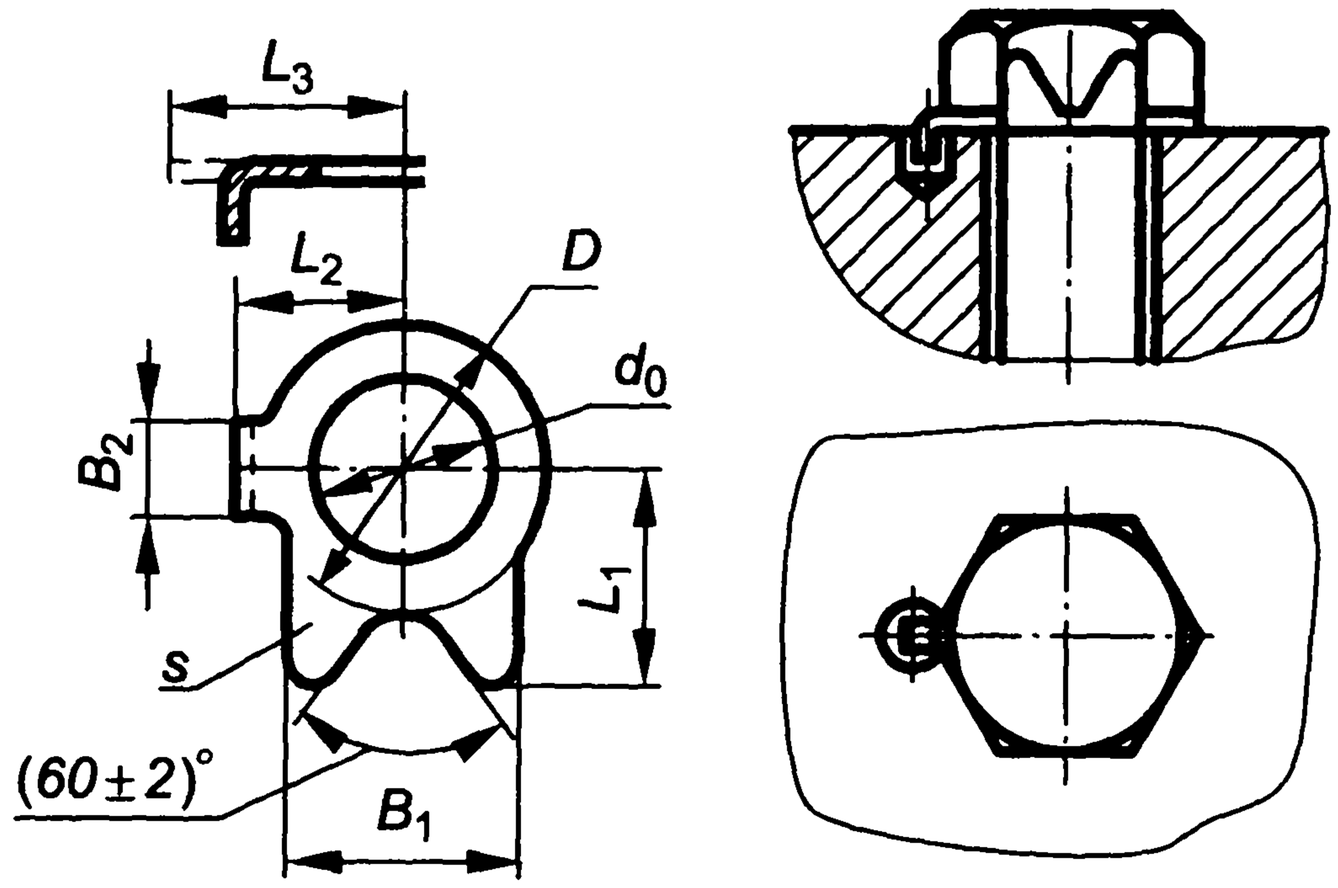
а


Исполнение 1
Исполнение 2
S
70°
m
h1
b
d
k
h2

б


L
D
d0
B
L1
(60±2)°
B1

в


L3
L2
D
d0
B2
L1
s
(60±2)°
B1

г

Рис. 4.50

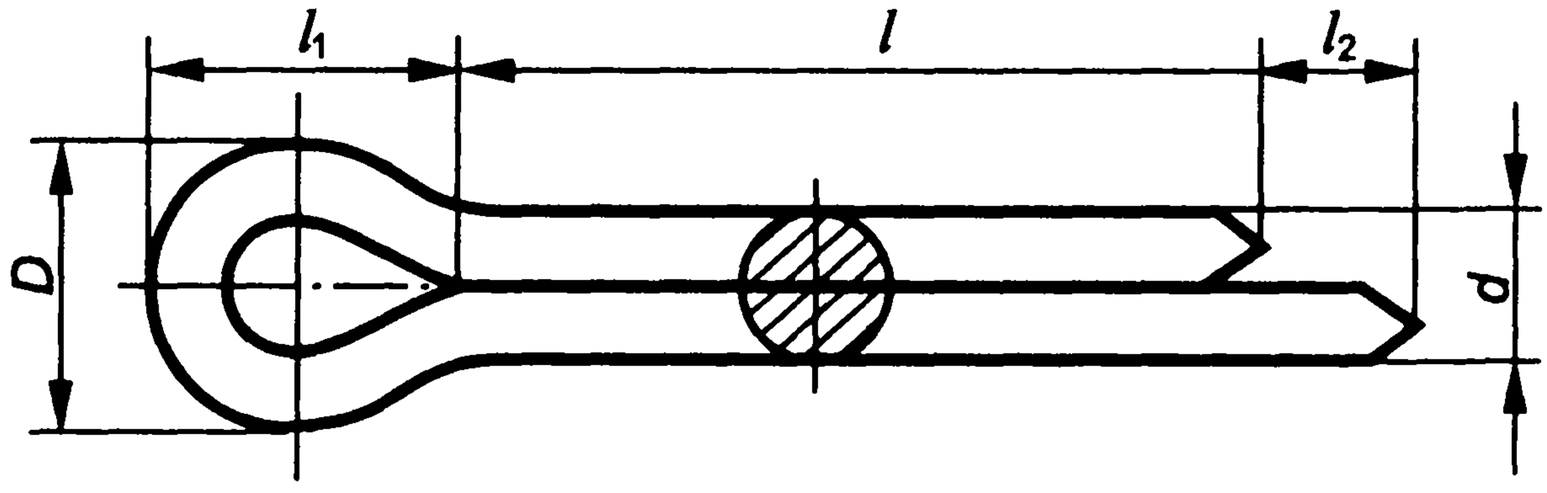


Рис. 4.51

Шплинты. *Шплинт представляет собой отрезок изогнутой проволоки с полукруглым сечением, имеющий кольцевую головку в виде петли и два конца разной длины* (рис. 4.51).

Шплинты служат для предотвращения самоотвинчивания гаек, а также для фиксации деталей на гладких валах и осях. Устанавливаются они на болтах исполнения 2 и гайках с корончатыми или прорезными пазами (рис. 4.52).

В условном обозначении шплинта указывают наименование изделия, его условный диаметр d_0, длину l, обозначение материала, обозначение покрытия, толщину покрытия и номер стандарта, например:

Шплинт $4 \times 22.3.036$ ГОСТ 397—79 — это шплинт с условным диаметром $d_0 = 4$ мм, длиной $l = 22$ мм, из латуни Л63, с никелевым покрытием толщиной 6 мкм.

Штифты. *Штифт представляет собой гладкий стержень цилиндрической или конической формы.*

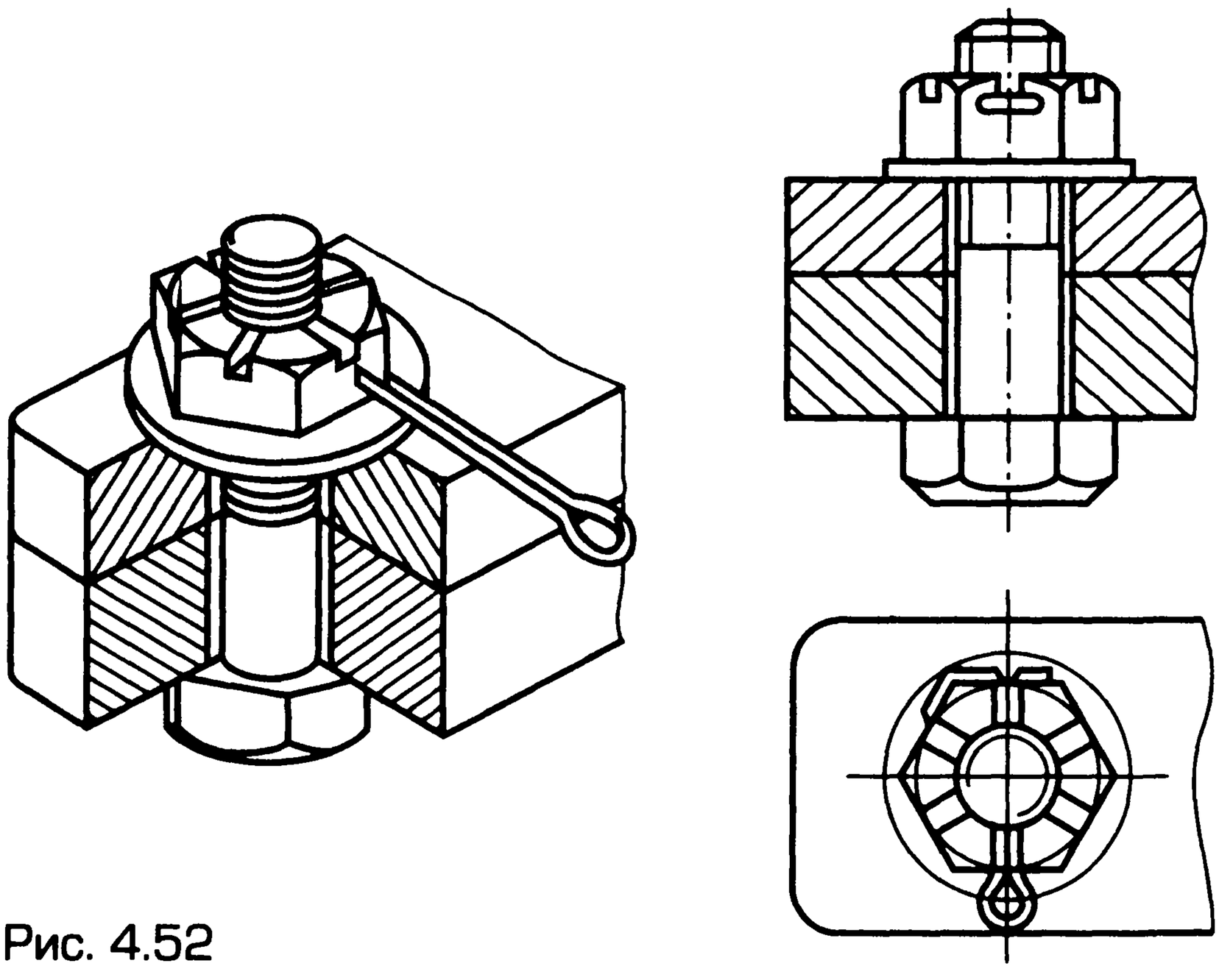


Рис. 4.52

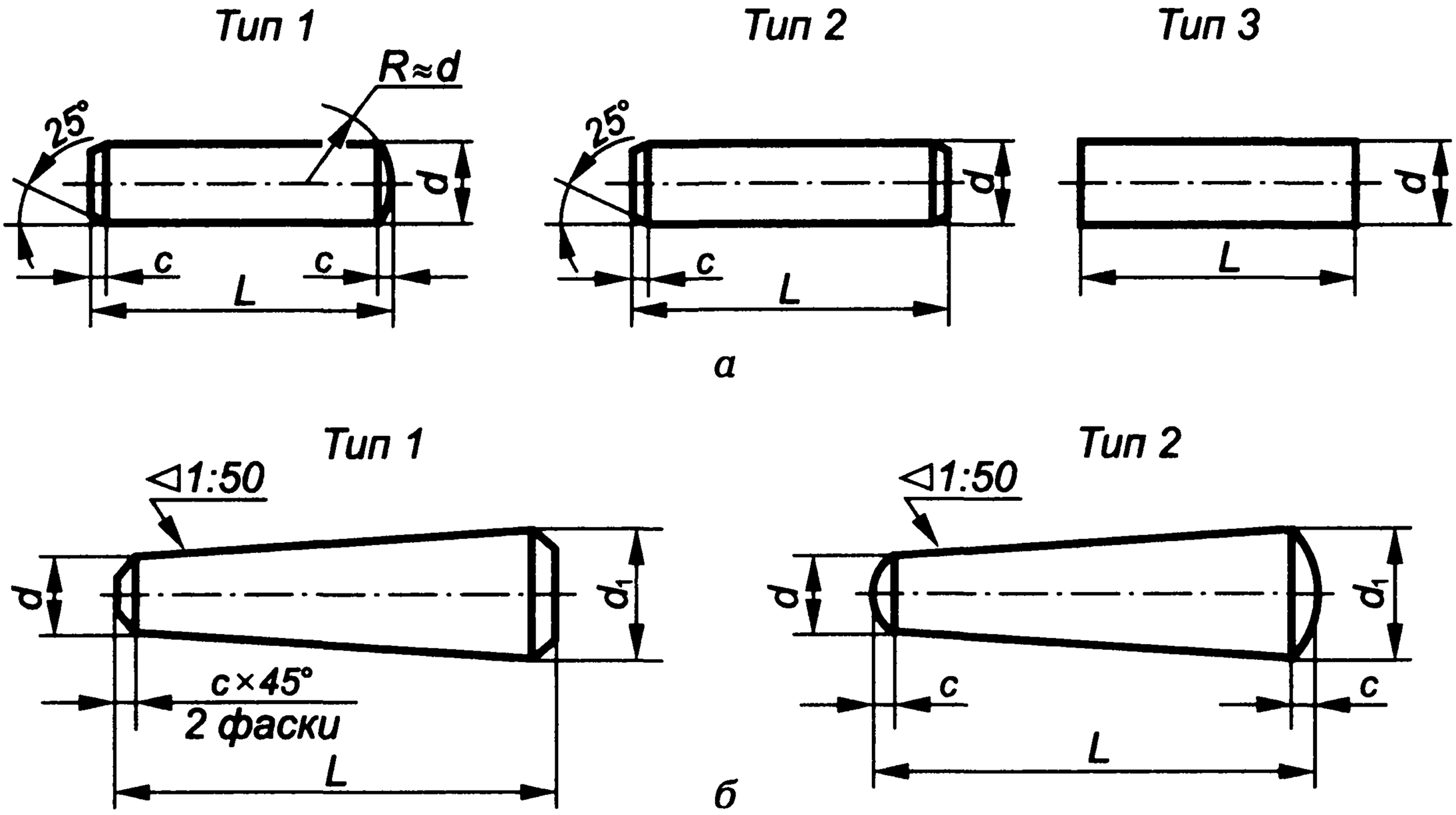


Рис. 4.53

Размеры цилиндрических штифтов трех типов (рис. 4.53, *а*) определяет ГОСТ 3128—70, а конических штифтов двух типов (рис. 4.53, *б*) — ГОСТ 3129—70.

Штифты используются для жесткого соединения или точной установки деталей (рис. 4.54) при сборке, а также для передачи относительно небольших нагрузок. Отверстия под штифты в соединяемых деталях сверлятся в сборе, а затем обрабатываются одновременно с помощью развертки.

Применяются также цилиндрические и конические штифты с продольными насечками, выдавленными канавками и цилиндрические пружинные штифты в виде разрезных цилиндрических трубок. Под эти штифты отверстия развертывать не требуется, а

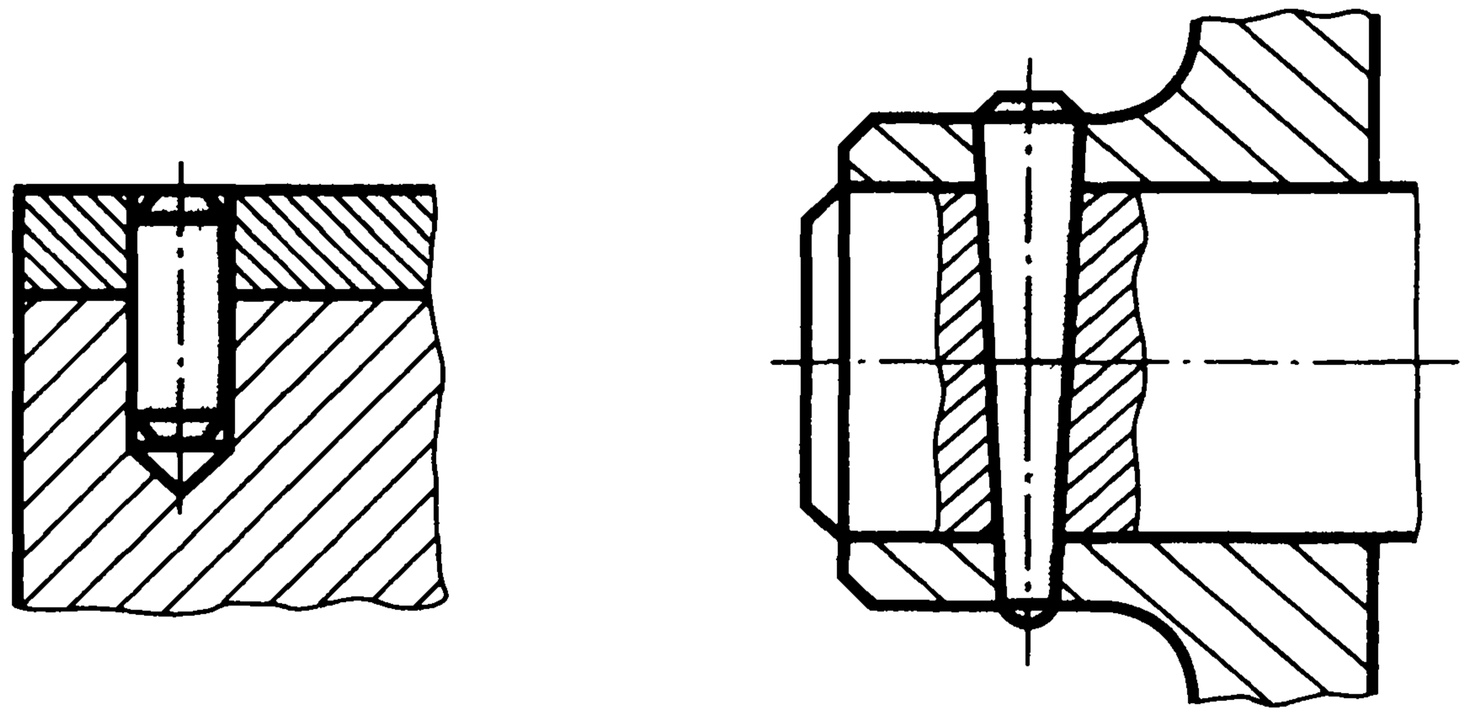


Рис. 4.54

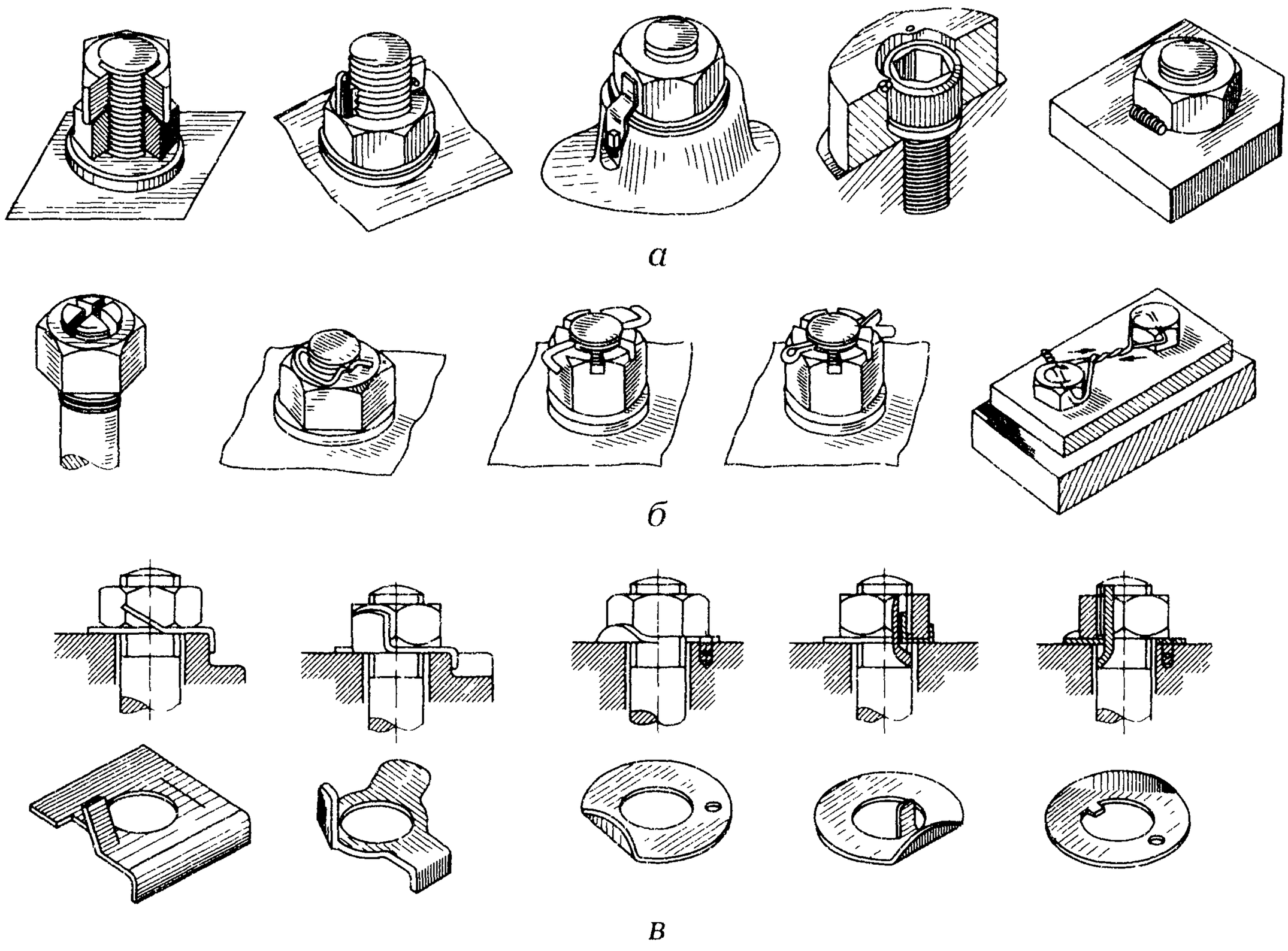


Рис. 4.55

наличие канавок создает надежное соединение, предохраняющее от выпадения штифта в процессе работы.

В условном обозначении штифта указывают наименование изделия, тип, диаметр d, длину L и номер стандарта, например:

Штифт 10m6 × 60 ГОСТ 3128—70 — это штифт цилиндрический типа 1, с диаметром 10 мм, предельным отклонением m6 и длиной 60 мм;

Штифт 2.10h11 × 60 ГОСТ 3129—70 — это штифт конический типа 2, с диаметром 10 мм, предельным отклонением h11 и длиной 60 мм.

Примеры стопорения резьбовых соединений. Динамические нагрузки (вибрации, деформации и пр.), возникающие при работе крепежных деталей, могут приводить к ослаблению резьбовых соединений и самопроизвольному их отвинчиванию. Примеры некоторых способов предотвращения самоотвинчивания посредством стопорения резьбовых соединений приведены на рис. 4.55:

на рис. 4.55, *а* — соответственно контргайками, клиньями, вспомогательными деталями, кернением и сваркой;

на рис. 4.55, *б* — соответственно за счет упругих свойств болта или гайки, скобами, штифтами, шплинтами и проволокой;

на рис. 4.55, *в* — стопорными шайбами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение крепежных изделий?
2. Какова структура условного обозначения крепежных изделий?
3. Какую деталь называют болтом? Болты каких исполнений вы знаете?
4. Какую деталь называют винтом? Как подразделяются винты по форме головок, нажимных концов и назначению?
5. Что представляет собой шпилька? Шпильки каких типов вы знаете?
6. Чему равна длина ввинчиваемого конца шпильки для стали, чугуна и легких сплавов?
7. Для чего служат гайки и как они подразделяются по форме?
8. Для чего в гайках выполняются шлицы?
9. Каково назначение шайб и что указывают в их условном обозначении?
10. Что представляет собой шплинт и для чего он применяется? Что указывают в условном обозначении шплинта?
11. Что представляет собой штифт и для чего он применяется? Что указывают в условном обозначении штифта?
12. Какие данные необходимы для вычерчивания болтов, гаек, винтов, шпилек и шайб по стандартным размерам?

4.4. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Широкое распространение в машиностроении получили резьбовые соединения, удельная масса которых составляет более 60 % от общей массы соединений, вследствие их универсальности, высокой надежности, способности выдерживать большие нагрузки, сравнительно малых размеров и массы конструктивных элементов, а также удобства сборки-разборки и относительной простоты изготовления.

Под резьбовым соединением понимают разъемное соединение, выполняемое с помощью резьбовых крепежных деталей — болтов, винтов, гаек, шпилек или резьбы, нанесенной непосредственно на соединяемые детали.

В зависимости от характера работы соединяемых деталей различают резьбовые соединения *неподвижные* и *подвижные*.

В неподвижных соединениях, выполняемых, как правило, с помощью крепежных резьб, соединяемые детали в процессе работы остаются неподвижными относительно друг друга. К неподвиж-

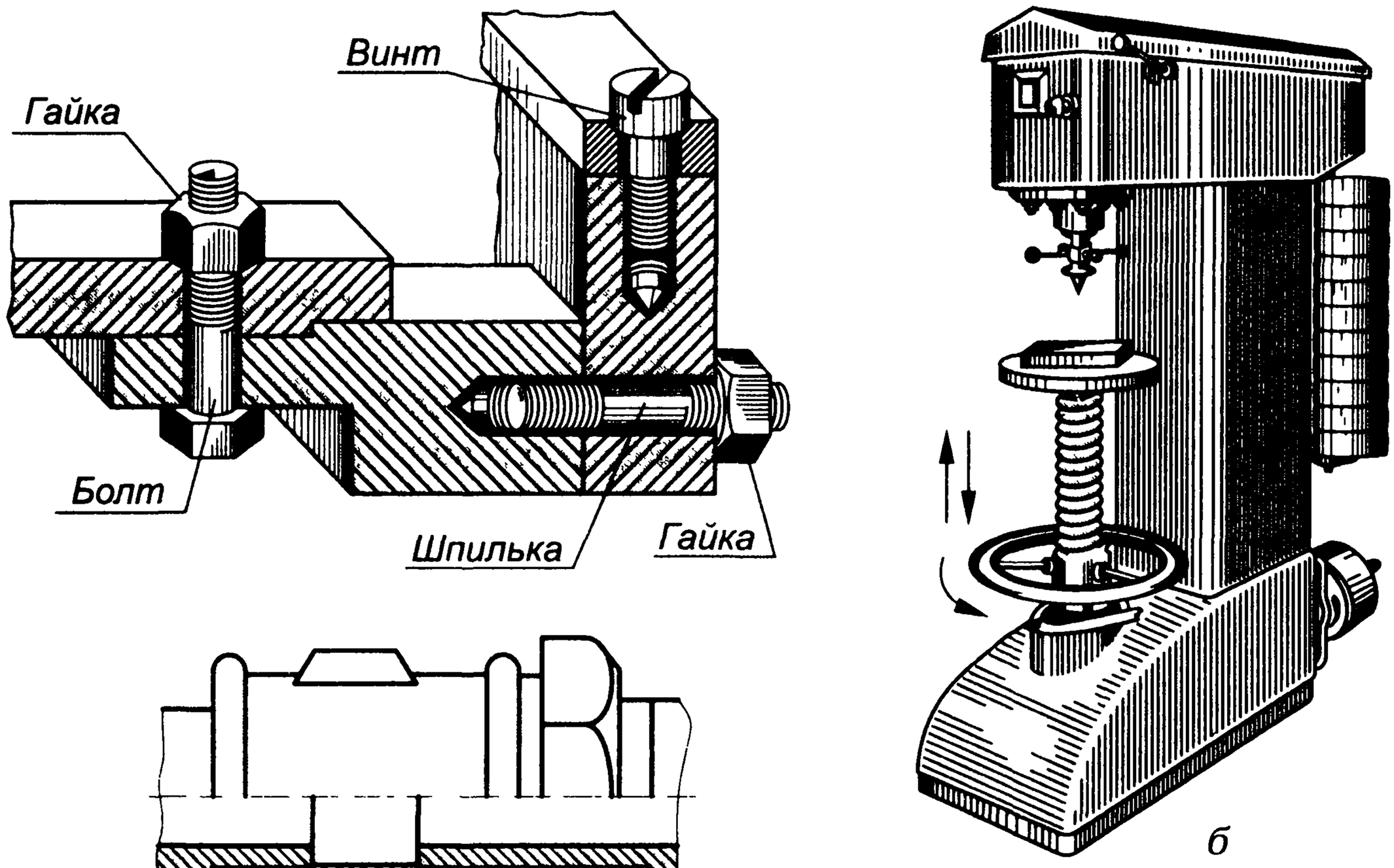


Рис. 4.56

ным относятся болтовое, шпилечное, трубное и другие соединения (рис. 4.56, *а*). В подвижных резьбовых соединениях, выполняемых в основном с помощью ходовых резьб, соединяемые детали в процессе работы перемещаются относительно друг друга. К подвижным относятся соединения винт — гайка в тисках и домкратах, винт — суппорт в токарных станках, шпиндель — крышка в кранах и вентилях и другие соединения (рис. 4.56, *б*).

Болтовые соединения. Болтовое соединение (рис. 4.57), состоящее из болта, гайки, шайбы и соединяемых деталей, выполняется следующим образом. В соединяемых деталях *1* и *2* выполняют сквозные отверстия (рис. 4.57, *а*) с диаметром $d_0 = (1{,}05...1{,}10)d$, где d — диаметр резьбы болта. В эти отверстия вставляют болт *3* (рис. 4.57, *б*), надевают на него шайбу *4* (рис. 4.57, *в*) и навинчивают гайку *5* (рис. 4.57, *г*).

Чертеж болтового соединения обычно разрабатывают исходя из заданного диаметра резьбы и толщин H_1 и H_2 соединяемых деталей. При этом длина болта определяется по следующим формулам:

$$l = H_1 + H_2 + S_ш + H + K;$$

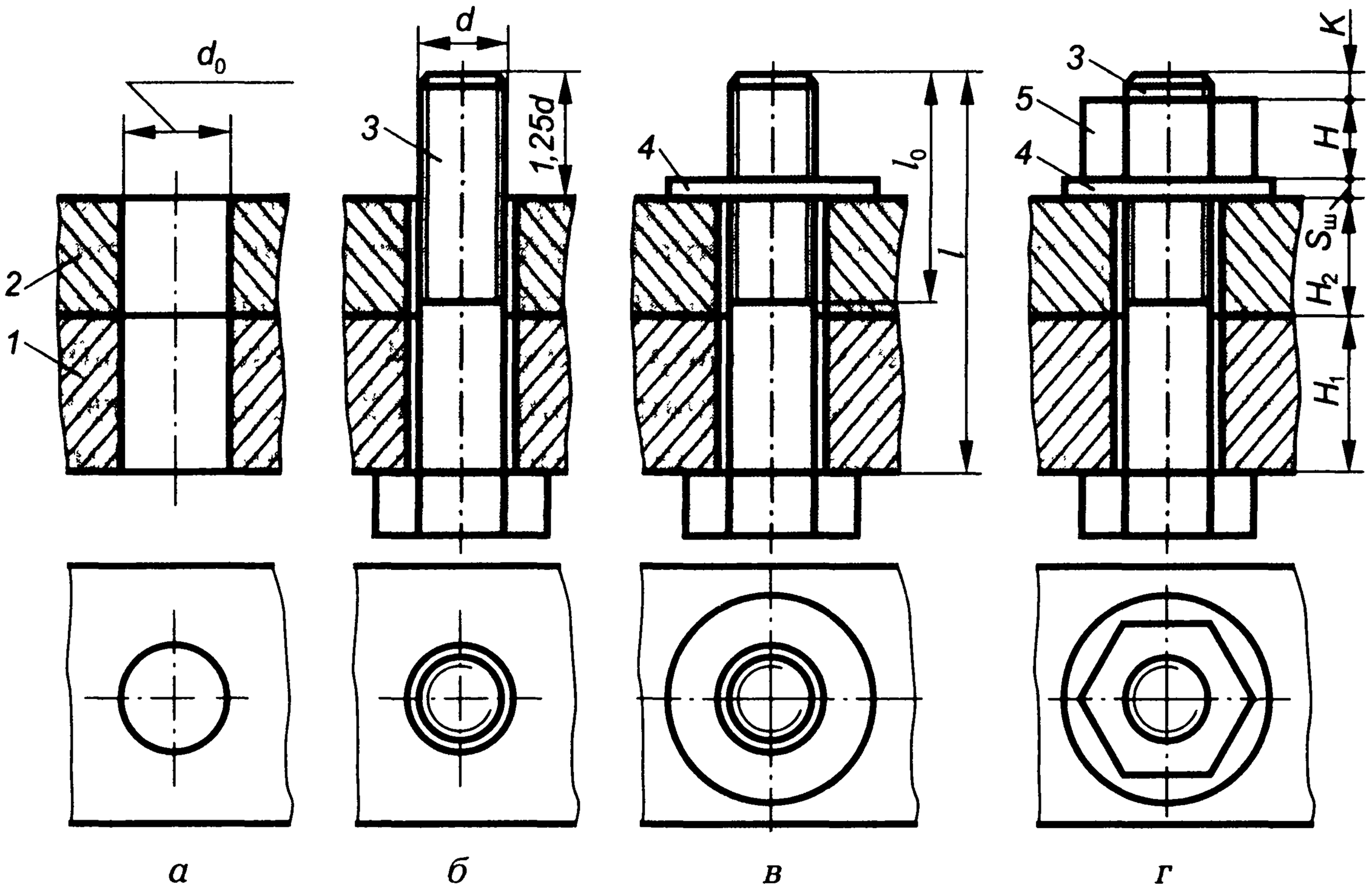
$$l \approx H_1 + H_2 + 1{,}3d,$$

где $S_ш = 0{,}15d$ — толщина шайбы; $H = 0{,}8d$ — высота гайки; $K = 0{,}35d$ — длина выступающего стержня болта.

Расчетную длину болта округляют до ближайшего стандартного значения. Длина нарезанной части $l_0 \geqslant l - (H_1 + H_2) - 5$ также устанавливается в соответствии со стандартом.

На чертеже болтового соединения (рис. 4.58) выполняют не менее двух изображений: на плоскости проекций, параллельной оси болта, и на плоскости проекций, перпендикулярной к оси болта (со стороны гайки). При изображении болтового соединения в разрезе стандартные детали (болт, гайку, шайбу) показывают нерассеченными. Головку болта и гайки на главном виде принято изображать тремя гранями. На чертеже соединения указывают три размера: диаметр резьбы, длину болта и диаметр отверстия под болт в соединяемых деталях.

При упрощенном изображении болтового соединения размеры элементов крепежных деталей определяют по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы болта d (рис. 4.59). Резьбу в этом случае условно показывают по всей длине стержня болта, а фаски на крепежных деталях и зазор между отверстием и стержнем болта не изображают.



а *б* *в* *г*

Рис. 4.57

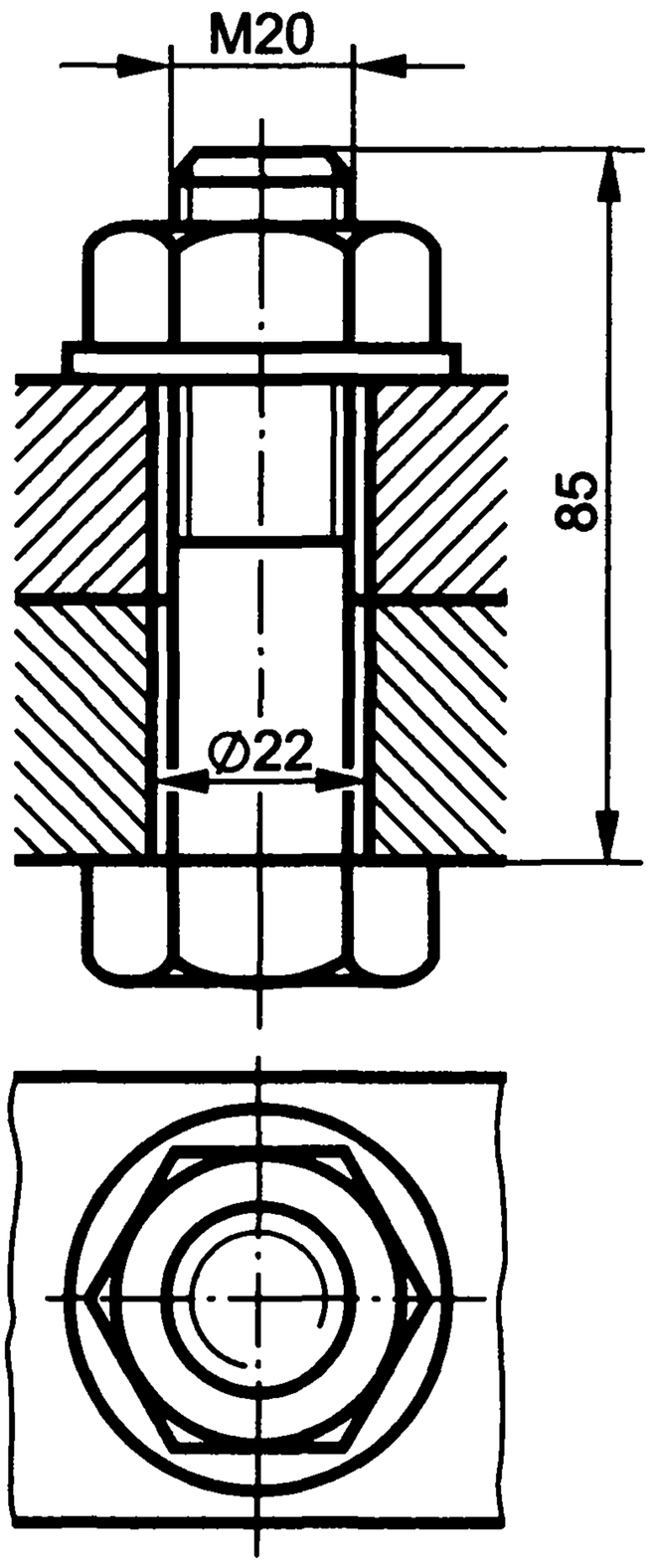


Рис. 4.58

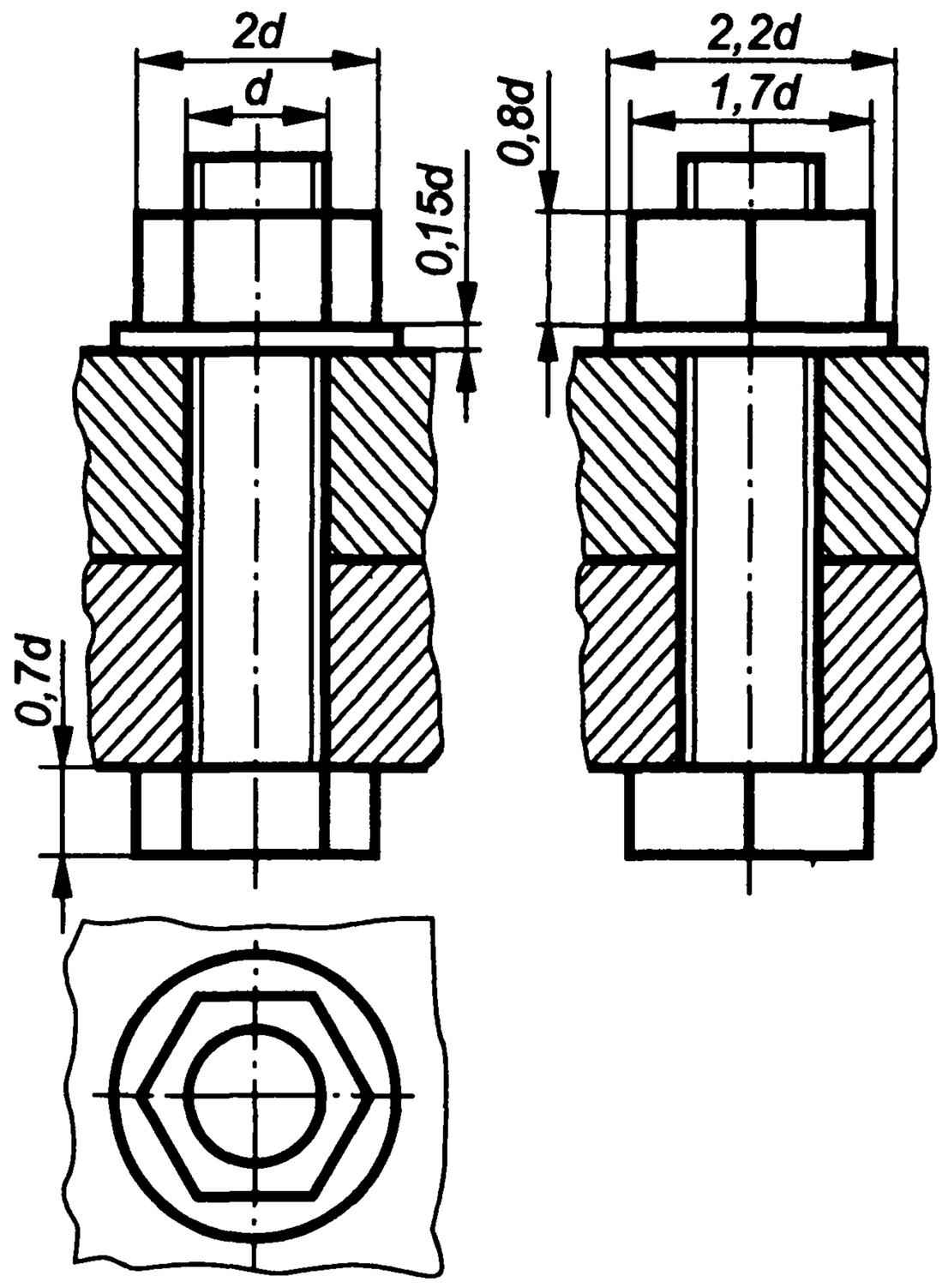


Рис. 4.59

Шпилечные соединения. Шпилечное соединение, состоящее из шпильки, гайки, шайбы и соединяемых деталей, применяется, когда одна из этих деталей имеет значительную толщину, т. е. когда нецелесообразно сверлить сквозное отверстие для болта большой длины, и выполняется следующим образом. В детали *1* (рис. 4.60, *а*) сверлят гнездо диаметром D_1 и нарезают резьбу (рис. 4.60, *б*). Параметры резьбового отверстия D зависят от диаметра, шага и длины резьбы ввинчиваемого конца шпильки l_1 и выбираются с учетом запаса резьбы h и ее недореза a (табл. 4.5). Запас резьбы с гарантией обеспечивает ввинчивание шпильки *2* в гнездо детали *1* на всю длину ее резьбового конца l_1 (рис. 4.60, *в*). В детали *3* (рис. 4.60, *г*) просверливают отверстие диаметром $d_0 = (1{,}05...1{,}10)d$ и надевают ее на шпильку. Затем на шпильку надевают шайбу *4* и навинчивают гайку *5* (рис. 4.60, *g*).

На сборочном чертеже детали шпилечного соединения вычерчиваются в условном соотношении с диаметром резьбы d шпильки. Длина резьбового конца l_1 шпильки зависит от материала детали, в которую она завинчивается (см. табл. 4.3). При этом длина шпильки определяется по формулам

$$l = H_2 + S_{ш} + H + K;$$

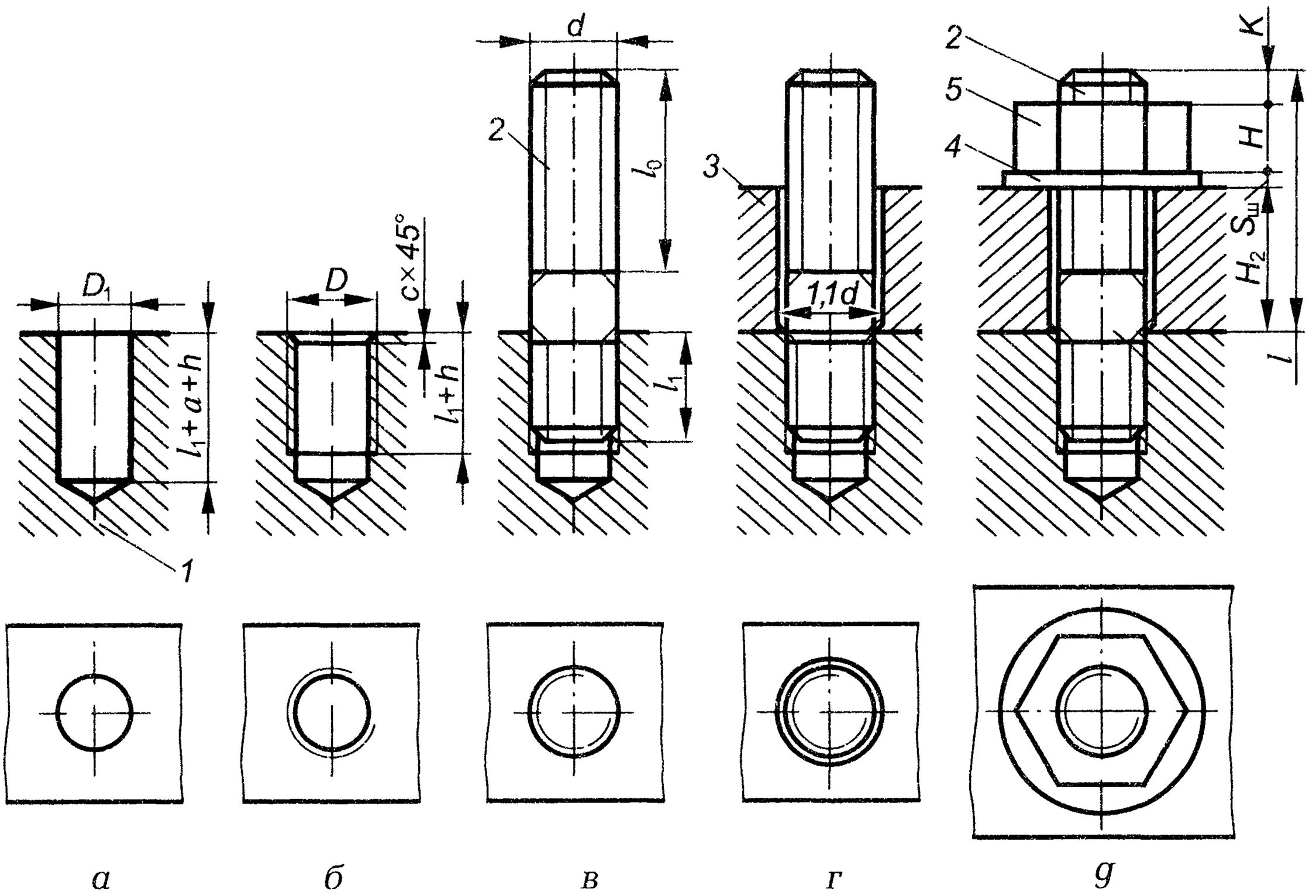


Рис. 4.60

$$l \approx H_2 + 1{,}3d,$$

где H_2 — толщина присоединяемой детали; $S_ш$ — толщина шайбы; $H = 0{,}8d$ — высота гайки; $K = 0{,}35d$ — длина выступающего конца шпильки над гайкой.

Таблица 4.5. Параметры резьбового отверстия, мм

Шаг резьбы P	Запас резьбы h	Недорез резьбы a, не более	Диаметр отверстия под нарезание резьбы D_1	Размер фаски c
0,50	1	3,5	$d - 0{,}5$	0,75
0,75	1,5	4	$d - 0{,}75$	1,5
1,00	2	5	$d - 1{,}0$	
1,25	2,5	5	$d - 1{,}35$	2,0
1,50	3	6	$d - 1{,}6$	
1,75	3,5	7	$d - 1{,}9$	
2,00	4	8	$d - 2{,}2$	3,0
2,50	5	10	$d - 2{,}7$	4,0
3,00	6	15	$d - 3{,}25$	

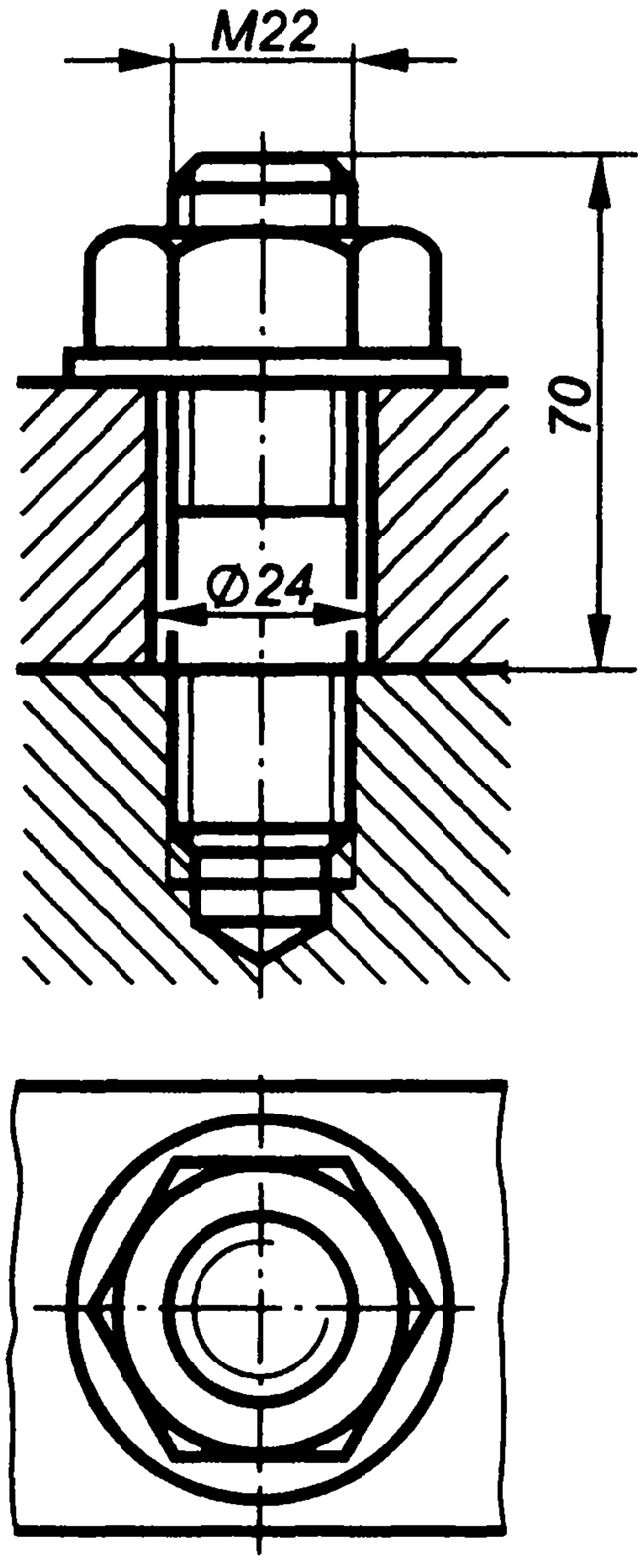


Рис. 4.61

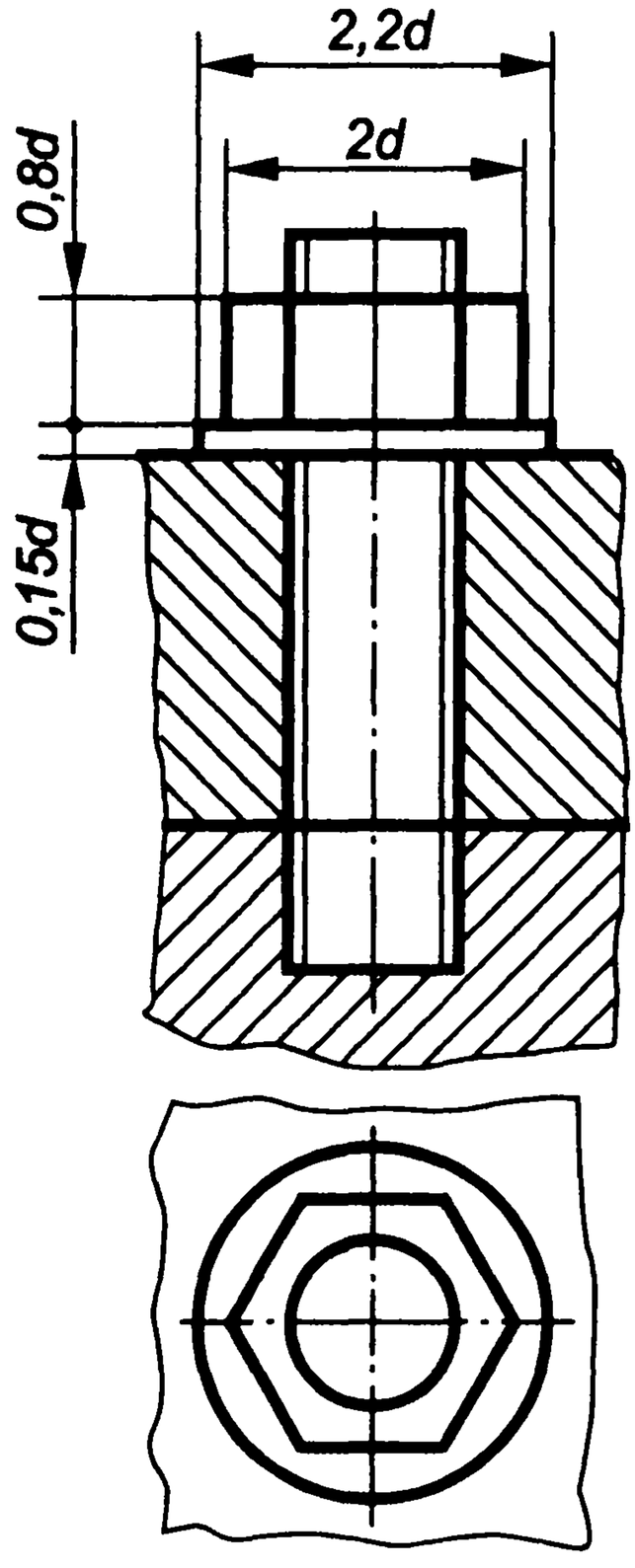


Рис. 4.62

Расчетную длину шпильки округляют до ближайшего стандартного значения.

На чертеже шпилечного соединения (рис. 4.61) указывают три размера: диаметр резьбы, длину шпильки и диаметр отверстия в присоединяемой детали.

При упрощенном изображении шпилечного соединения (рис. 4.62) резьбу условно показывают на всей длине шпильки. При этом на крепежных деталях конец резьбового отверстия, включая запас и недорез резьбы, а также зазор между отверстием присоединяемой детали и шпилькой не изображают.

Винтовые соединения. Винтовое соединение состоит из винта с шайбой и соединяемых деталей и применяется главным образом для крепления деталей, испытывающих небольшие нагрузки (крышек, кожухов и т. д.). Выполняется оно следующим образом. В детали *1* сверлят гнездо (рис. 4.63, *а*) диаметром D_1, в котором нарезают резьбу диаметром D (рис. 4.63, *б*). В присоединяемой детали *2* (рис. 4.63, *в*) выполняют сквозное отверстие диаметром $d_0 = (1{,}05...1{,}10)d$. Если применяют винт с потайной или полупотайной головкой, то соответствующая сторона детали должна иметь зенковку 90° под

нее. После этого винт *3* свободно вставляют в отверстие детали *2* и ввинчивают в деталь *1* (рис. 4.63, *г*).

Длина винта определяется в зависимости от формы головки, например длина винта с цилиндрической головкой (рис. 4.64)

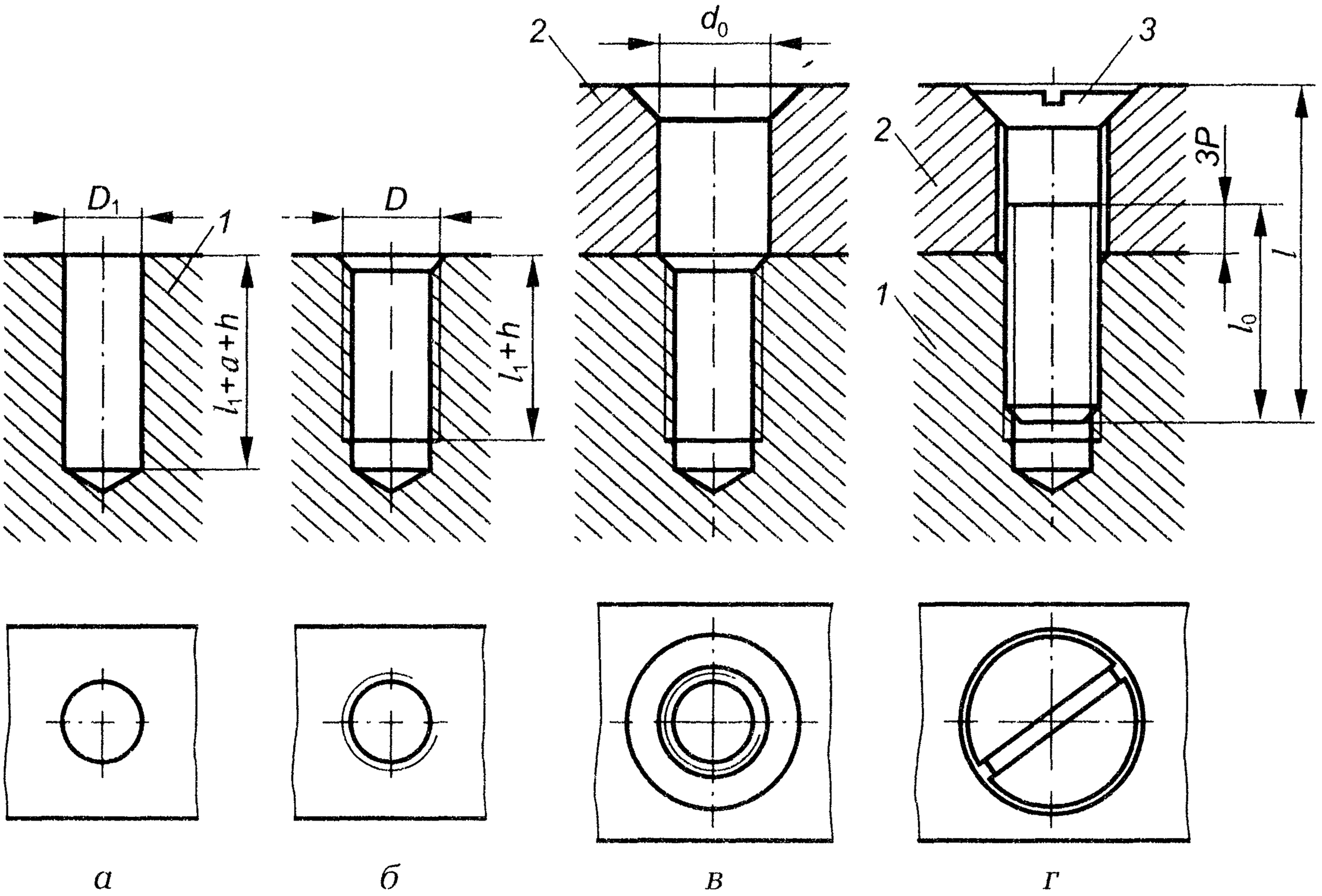
$$l = H + S_{ш} + l_1,$$

где H — толщина присоединяемой детали; $S_{ш}$ — толщина шайбы; l_1 — длина ввинчиваемого резьбового конца винта, зависящая от материала детали.

Расчетная длина винта округляется до стандартного значения. В винтовом соединении линия раздела соединяемых деталей должна быть ниже границы резьбы винта примерно на три шага резьбы.

Трубные соединения. Трубные соединения широко используются в арматурах систем отопления, вентиляции, водо- и газоснабжения, смазывания машин и др.

Арматурой называются различные устройства, осуществляющие изменение площади прохода трубопровода, а также направления движущейся в нем среды (жидкости, газа, пара). Изменение площади прохода достигается перемещением в корпусе арматуры *затвора*, перекрывающего проход.



а *б* *в* *г*

Рис. 4.63

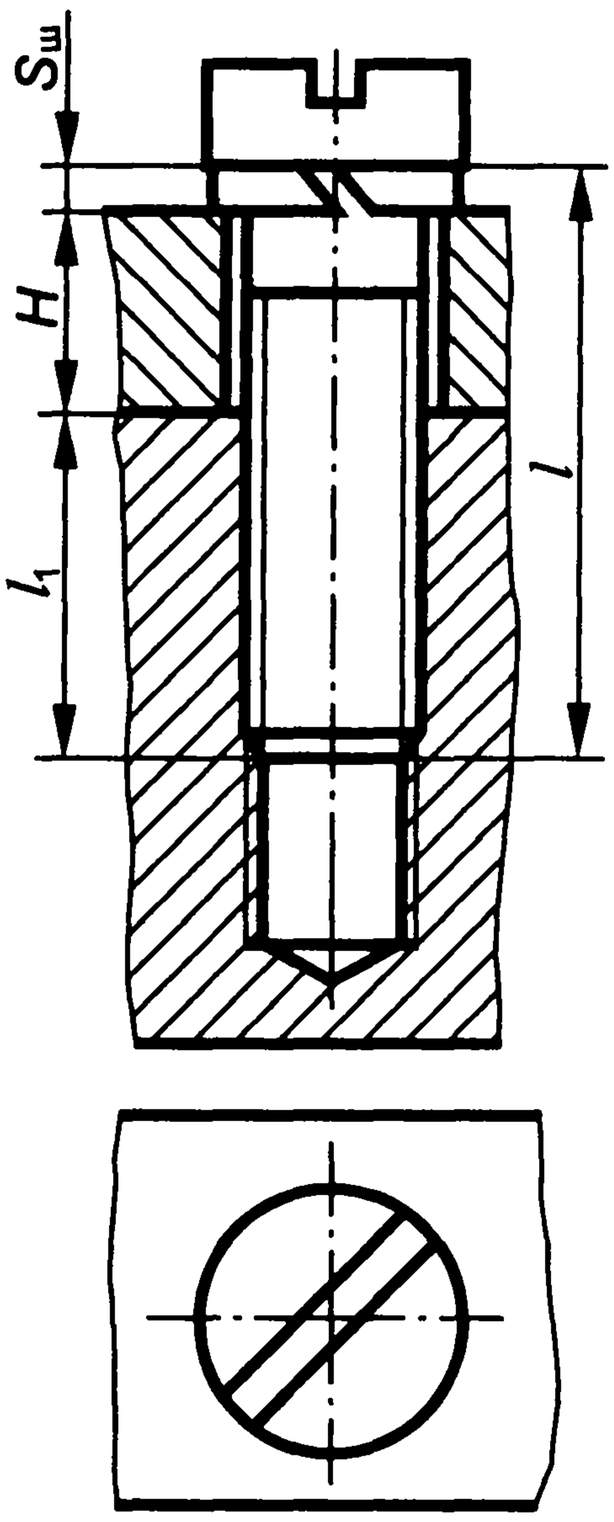


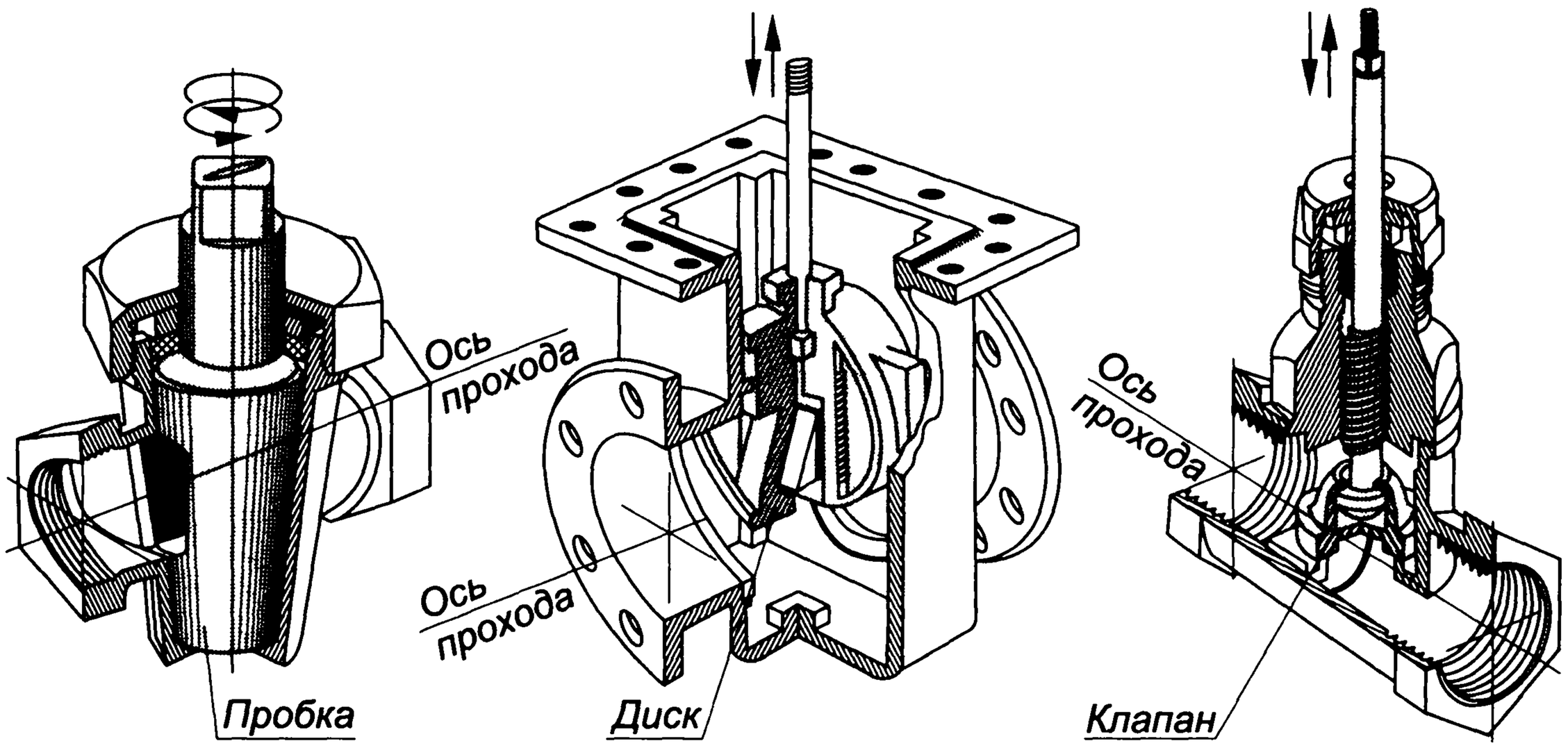
Рис. 4.64

В зависимости от характера движения затвора различают следующие основные типы трубопроводной арматуры:

кран, в котором затвором является *пробка* (с конусностью 1:7), совершающая вращательное движение вокруг своей оси по уплотненной поверхности конуса (рис. 4.65, *а*). Положение крана (открытое или закрытое) определяется по риске, нанесенной на торце хвостовика пробки. На сборочных чертежах кран изображается в закрытом положении;

задвижка, в которой затвором является *диск* (рис. 4.65, *б*) или *клин* (с конусностью 1:20), совершающий возвратно-поступательное движение в направлении, перпендикулярном к оси прохода. На сборочных чертежах задвижка изображается в закрытом положении;

вентиль, в котором затвором является *клапан* (рис. 4.65, *в*), совершающий возвратно-поступательное движение вдоль оси прохода. На сборочных чертежах вентиль изображается в закрытом положении.



а *б* *в*

Рис. 4.65

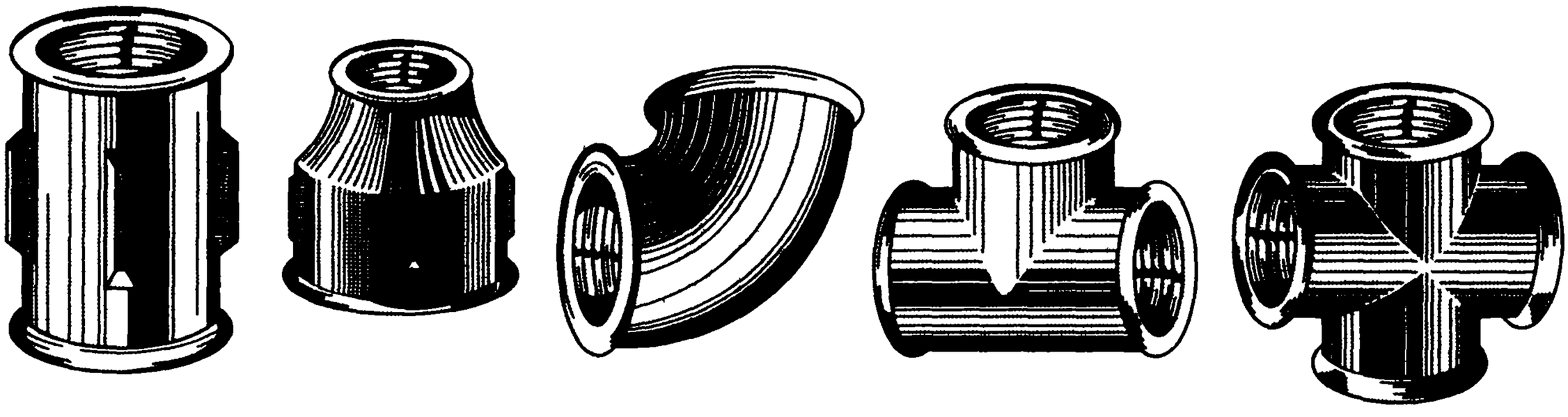


Рис. 4.66

В резьбовых соединениях труб широко используются соединительные части — *фитинги* (рис. 4.66). В зависимости от угла между осями соединяемых труб фитинги имеют различные формы, конструкции и наименования (прямые и переходные муфты, угольники, тройники, крестовины и др.).

Трубы в системах водо- и газоснабжения применяются стальные неоцинкованные или оцинкованные (ГОСТ 3262—75) с цилиндрической резьбой на концах (рис. 4.67). В зависимости от толщины стенок различают трубы обыкновенные, усиленные и легкие.

Параметры трубы определяют по диаметру условного прохода $D_у$, который приблизительно равен внутреннему диаметру трубы.

В условном обозначении трубы указывают наименование, покрытие (Ц — оцинкованная), наличие резьбы (Р), условный проход, толщину стенки, длину трубы (если она мерная) и номер стандарта, например:

Труба Ц-Р — 20 × 2,8 × 4000 ГОСТ 3262—75 — это труба оцинкованная, с диаметром условного прохода 20 мм, с толщиной стенки 2,8 мм и длиной 4 000 мм.

Соединительные части имеют трубную цилиндрическую резьбу и выполняются из ковкого чугуна марок КЧ 30-6, КЧ 35-10 и др. В зависимости от назначения различают следующие соединительные части:

прямые — на рис. 4.68, *а* — *г* это соответственно угольник (ГОСТ 8946—75), тройник (ГОСТ 8948—75), крест (ГОСТ 8951—75), муфта короткая (ГОСТ 8954—75) или длинная (ГОСТ 8955—75);

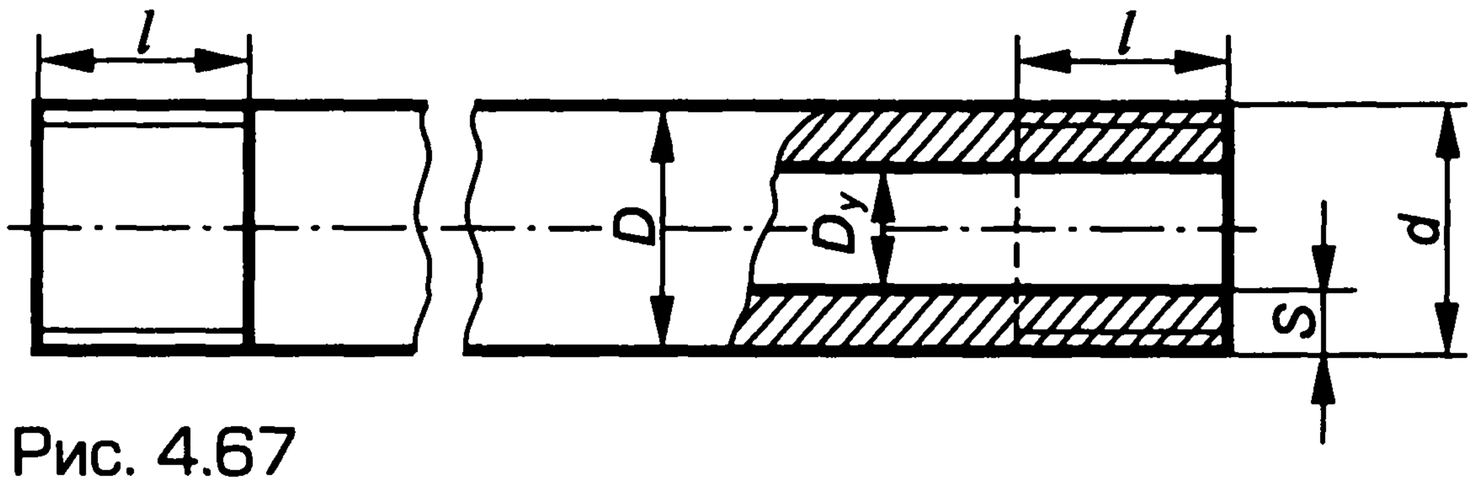


Рис. 4.67

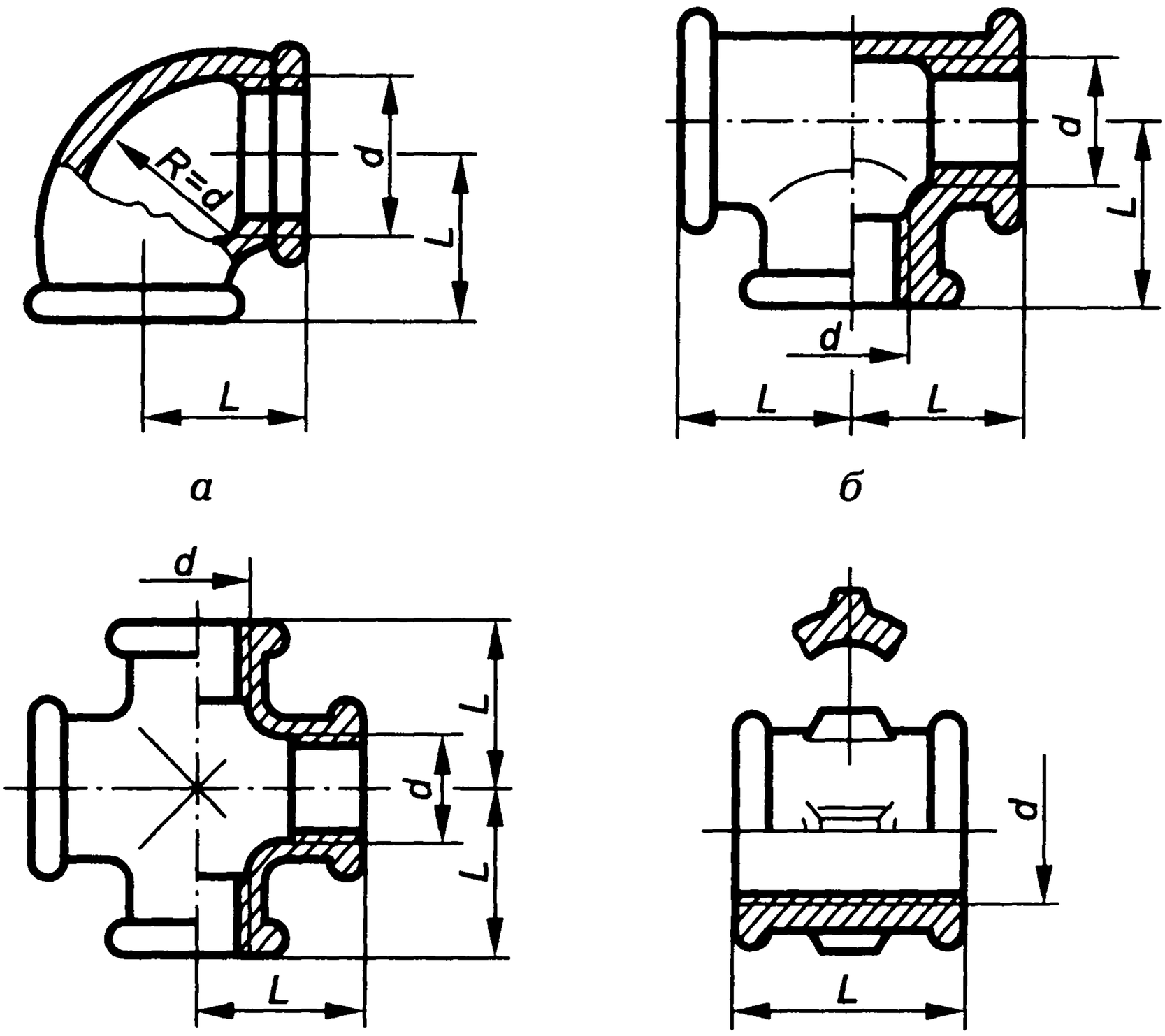


Рис. 4.68

переходные — на рис. 4.69, *а*—*в* это соответственно крест (ГОСТ 8952—75), тройник (ГОСТ 8949—75) и муфта (ГОСТ 8957—75).

В условном обозначении соединительных частей указывают наименование детали, знак покрытия (Ц — оцинкованная деталь), диаметр условного прохода и номер стандарта, например:

Муфта короткая Ц-25 ГОСТ 8954—75;

Угольник 25 ГОСТ 8946—75;

Крест Ц-25 × 15 ГОСТ 8952—75;

Тройник 25 × 15 ГОСТ 8949—75.

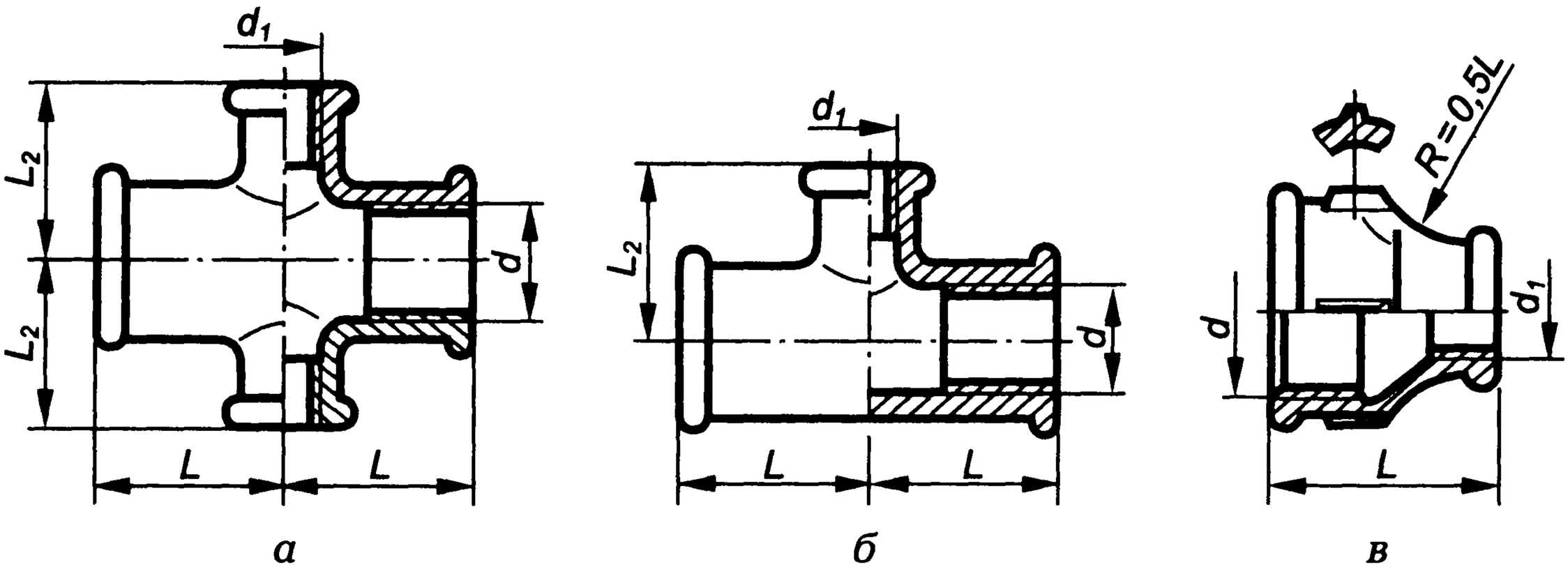


Рис. 4.69

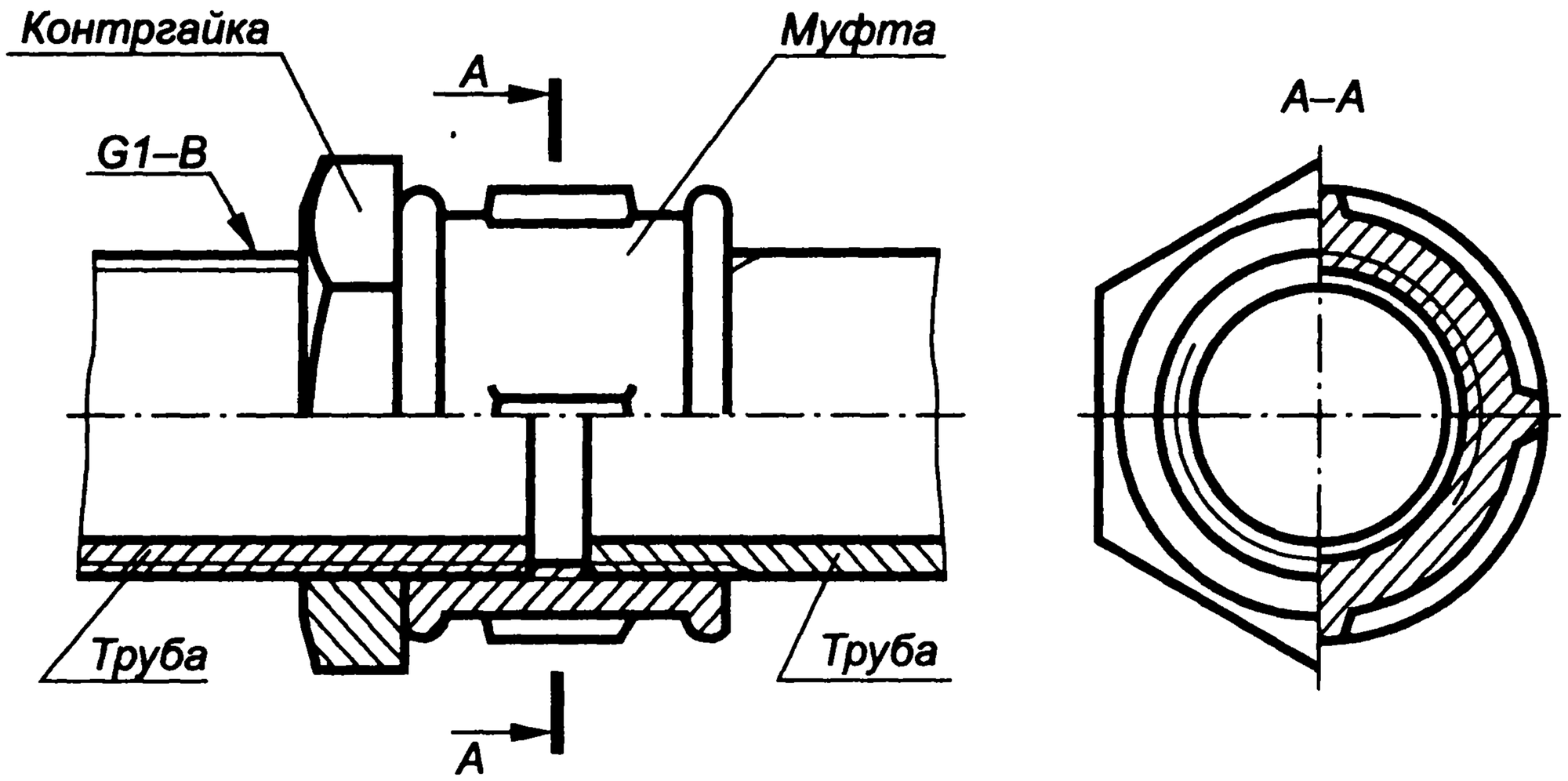


Рис. 4.70

Простейшим видом трубного соединения является соединение двух труб с помощью муфты (рис. 4.70). В замыкающих звеньях трубы соединяются с помощью муфты и контргайки.

Размеры некоторых контргаек и значения длины резьбы, выполняемой на концах труб, определяют ГОСТ 8961—75 и 8944—75.

Перед вычерчиванием трубного соединения необходимо в соответствии с диаметром условного прохода подобрать по справочным таблицам размеры труб и соединительных частей.

В соединении на конце одной из труб выполняется короткая резьба (на 1,5—2,0 витка меньше половины длины муфты) — *сбег*, за счет которого достигается герметичность. На конце другой трубы нарезают длинную резьбу — *сгон*. Длина сгона должна позволять разместить контргайку и муфту, при этом до начала сбега должно еще оставаться не менее трех витков. Герметичность данного соединения обеспечивается контргайкой.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Из каких деталей состоит болтовое соединение?
2. Как определяется длина болта болтового соединения?
3. По каким условным соотношениям выполняется упрощенное изображение болтового соединения?
4. В каких случаях целесообразно использовать шпилечное соединение?
5. По каким условным соотношениям выполняется гнездо под шпильку?

6. Как определить длину шпильки в шпилечном соединении?
7. Из каких деталей состоит винтовое соединение?
8. Как определить длину винта с потайной головкой в винтовом соединении?
9. Как располагается граница резьбы винта по отношению к линии раздела соединяемых деталей?
10. Какие детали входят в трубное соединение?
11. Какой параметр в условном обозначении соединительных деталей трубных соединений является основным?
12. Каков порядок определения размеров соединительных деталей трубных соединений?

4.5. ШПОНОЧНЫЕ И ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шпоночные соединения

Шпонка представляет собой деталь, устанавливаемую в пазах двух соединяемых деталей для передачи крутящего момента.

Шпоночные соединения могут быть *неподвижными* или *подвижными* вдоль оси вала. Боковые (рабочие) грани шпонки передают вращение от вала к ступице и обратно (рис. 4.71).

Форма и размеры шпонок стандартизованы и зависят от диаметра вала и условий работы соединяемых деталей. По форме шпонки подразделяются на призматические (рис. 4.72, *а*), сегментные (рис. 4.72, *б*) и клиновые (рис. 4.72, *в*).

Шпоночное соединение (рис. 4.73, *а*) на чертеже изображается в продольном и поперечном разрезах (рис. 4.73, *б*). В продольном разрезе шпонки изображаются нерассеченными, а для вала применяют местный разрез.

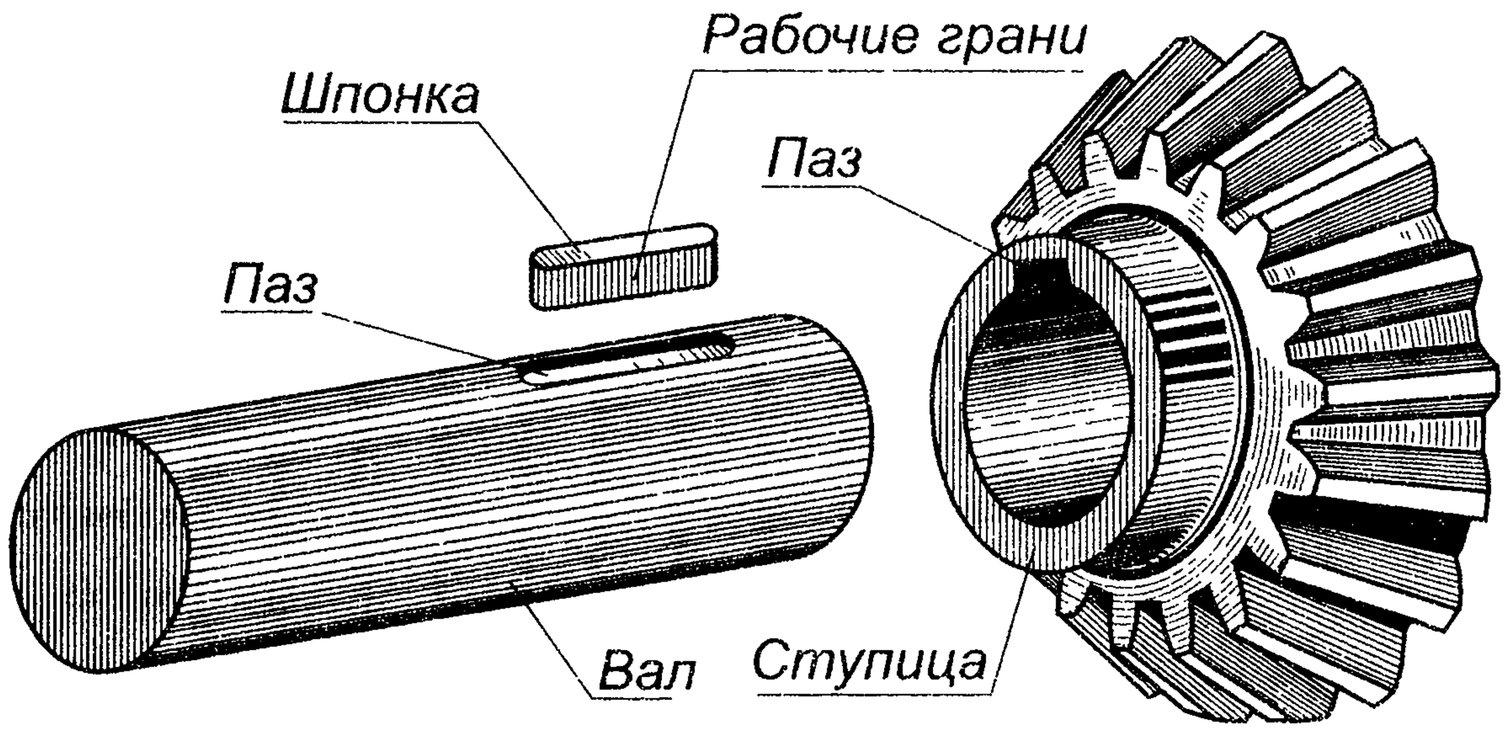


Рис. 4.71

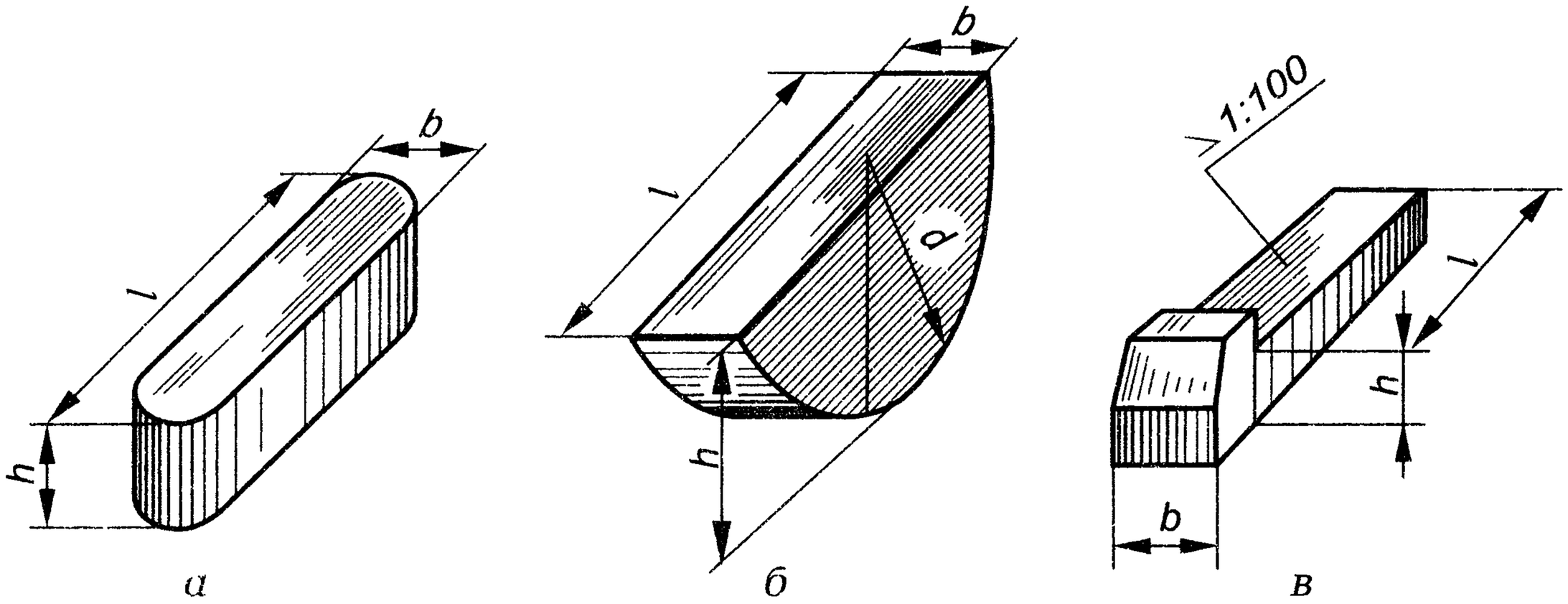


Рис. 4.72

Призматические шпонки различают:

обыкновенные (ГОСТ 23360—78), предназначенные для неподвижных соединений ступиц с валами;

направляющие (ГОСТ 8790—79) с креплением на валу, применяемые для направления детали, перемещающейся вдоль оси вала;

скользящие сборные (ГОСТ 12208—66), соединяемые со ступицей или деталью станка с помощью пальца и перемещающиеся вдоль вала вместе со ступицей.

Наибольшее распространение получили шпонки обыкновенные трех исполнений, показанные на рис. 4.74: соответственно с двумя скругленными концами, без скругленных концов и с одним скругленным концом.

В шпоночном соединении (рис. 4.75, *а*) между пазом ступицы и верхней гранью шпонки должен быть зазор. Размеры шпонок, глу-

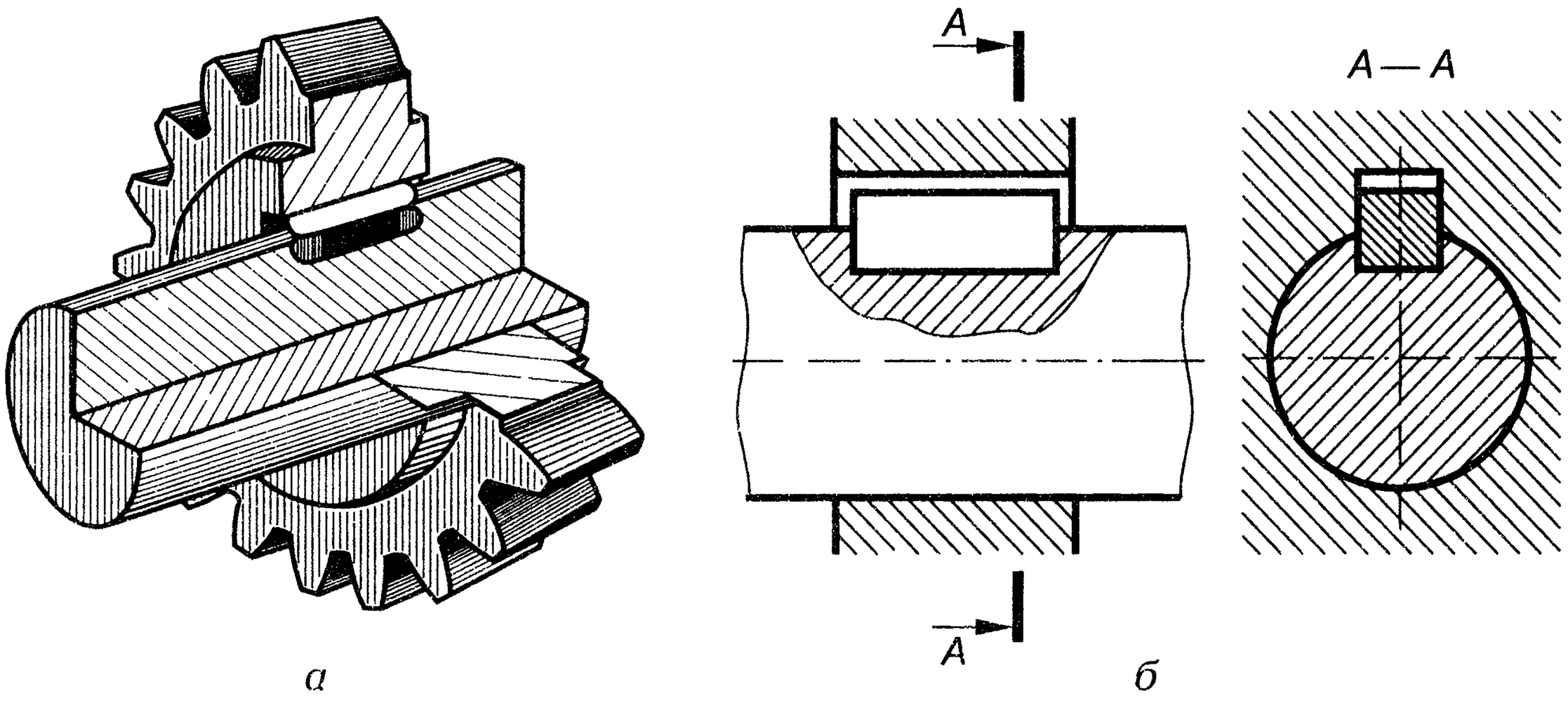


Рис. 4.73

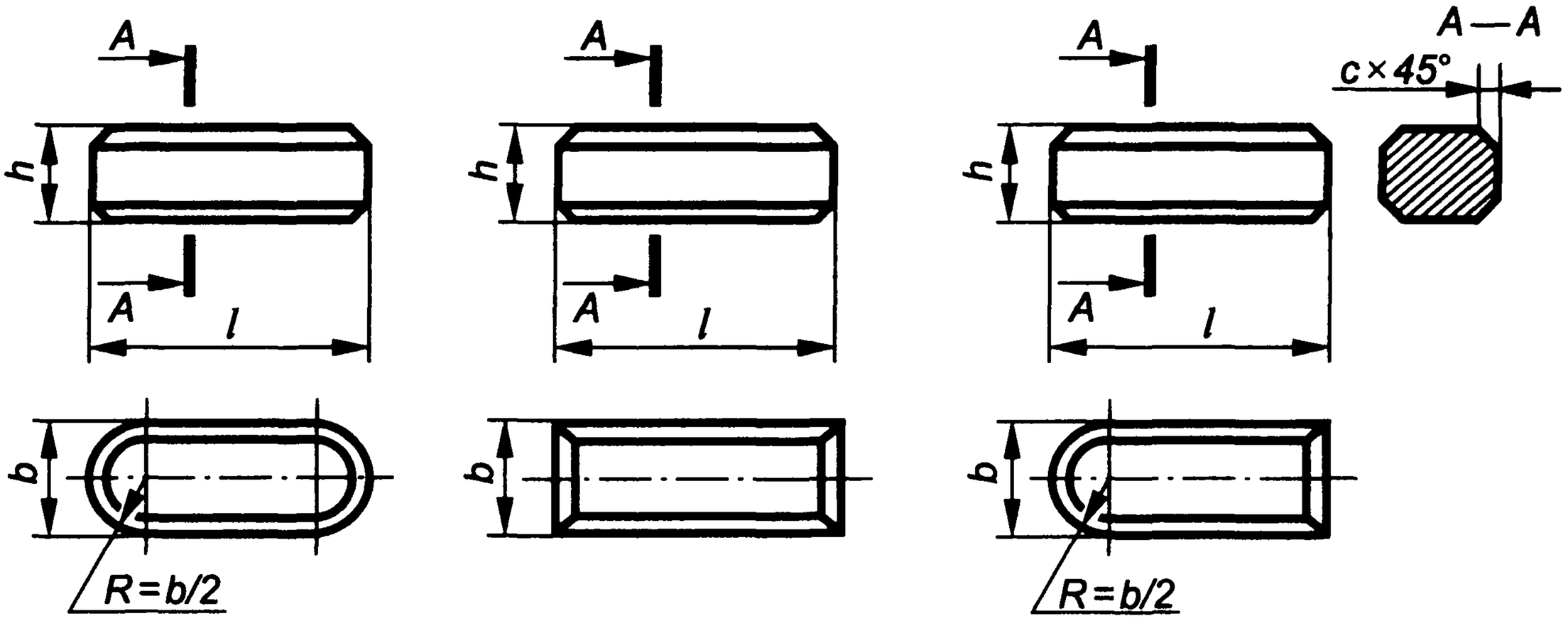
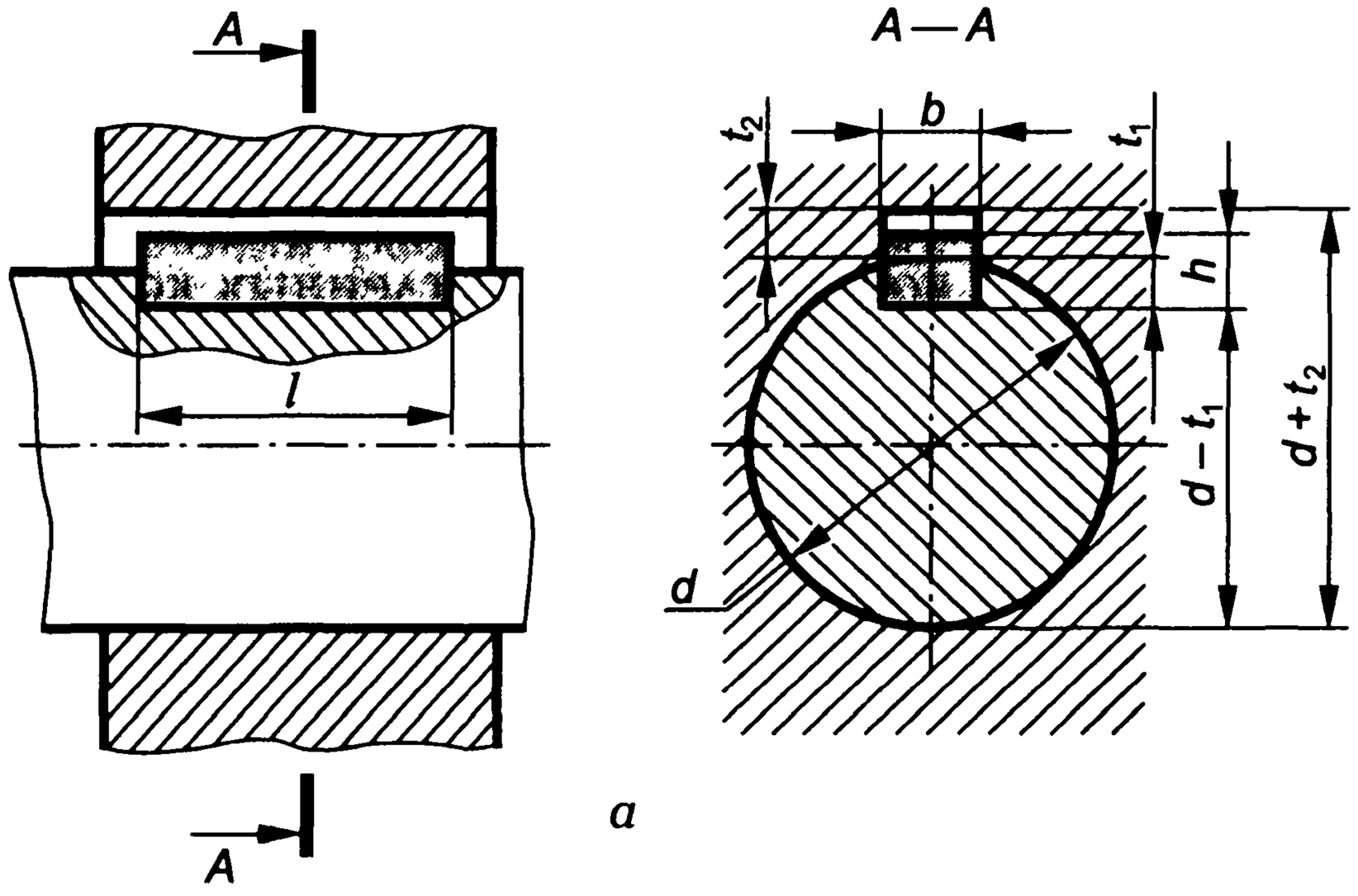


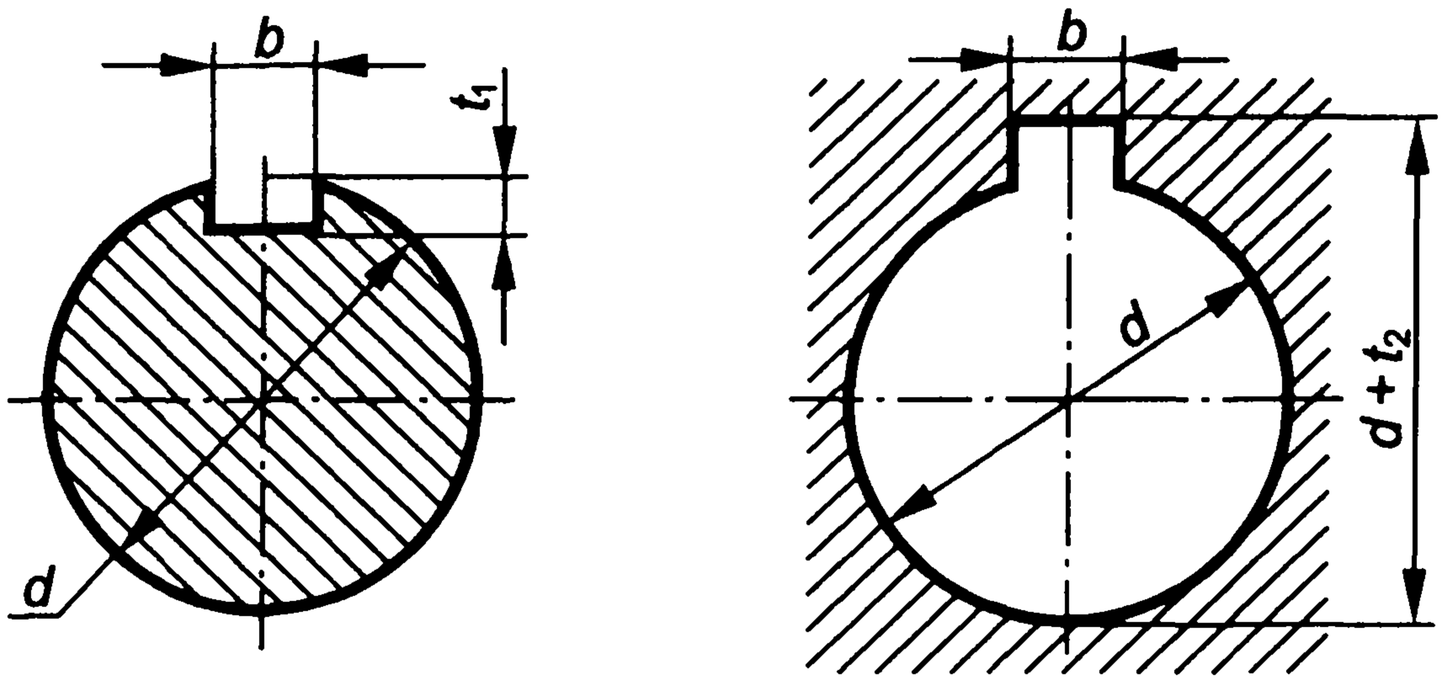
Рис. 4.74

бина пазов на валу и в ступице (рис. 4.75, *б*) определяются стандартом и зависят от диаметра вала.

Условное обозначение призматической шпонки включает в себя наименование, вид исполнения (исполнение 1 не указывается), раз-



а



Вал *б* Ступица

Рис. 4.75

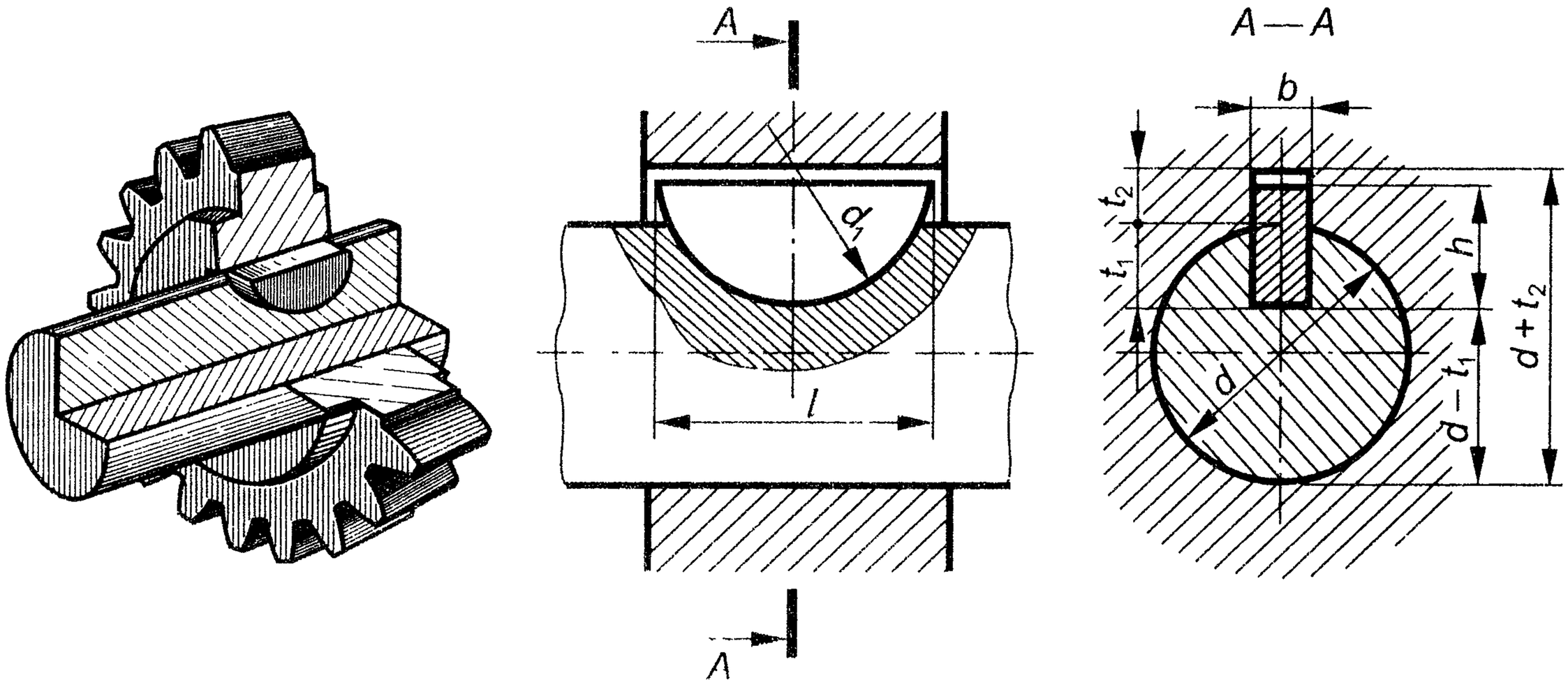


Рис. 4.76

меры поперечного сечения $b \times h$, длину шпонки l и номер стандарта, например:

Шпонка 2 — 10 × 8 × 38 ГОСТ 23360 — 78.

Сегментные шпонки (ГОСТ 24071 — 80), которые применяются на сравнительно коротких ступицах и валах небольших диаметров (рис. 4.76), могут быть двух исполнений (рис. 4.77).

Размеры сегментных шпонок, пазов на валу и в ступице выбирают в зависимости от диаметра вала по ГОСТ 24071 — 80.

Условное обозначение сегментной шпонки включает в себя наименование, вид исполнения, размер поперечного сечения $b \times h$ и номер стандарта, например:

Шпонка 2 — 6 × 10 ГОСТ 24071 — 80.

Клиновые шпонки (ГОСТ 24068 — 80) применяются в механизмах с невысокой точностью, так как при их забивке в паз существует возможность перекоса деталей и в отличие от использования призматических шпонок в этом случае создается напряженное шпоночное соединение (рис. 4.78).

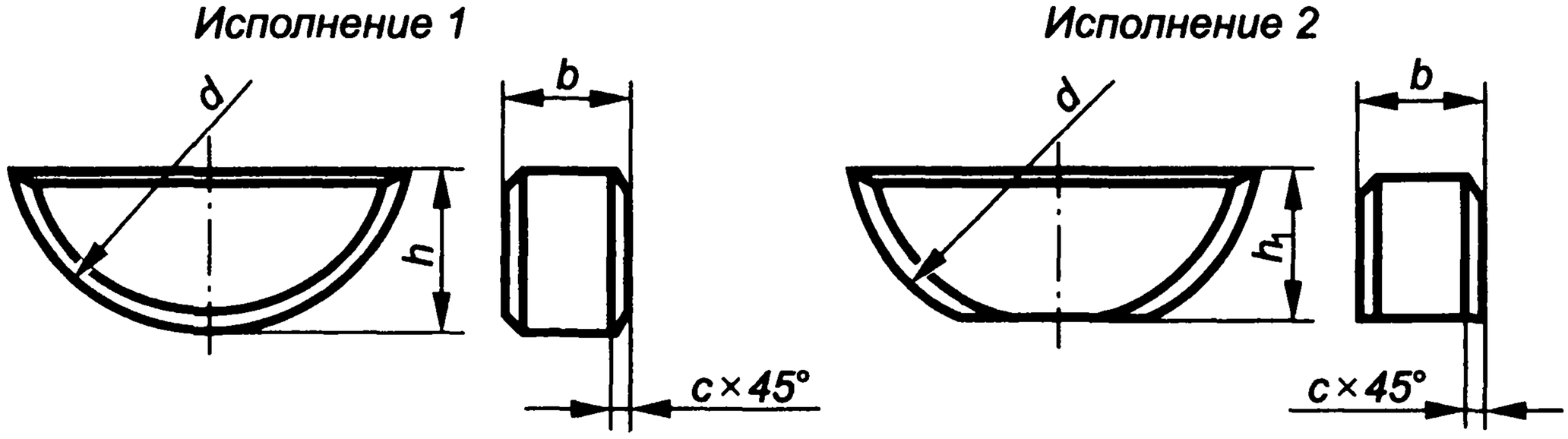


Рис. 4.77

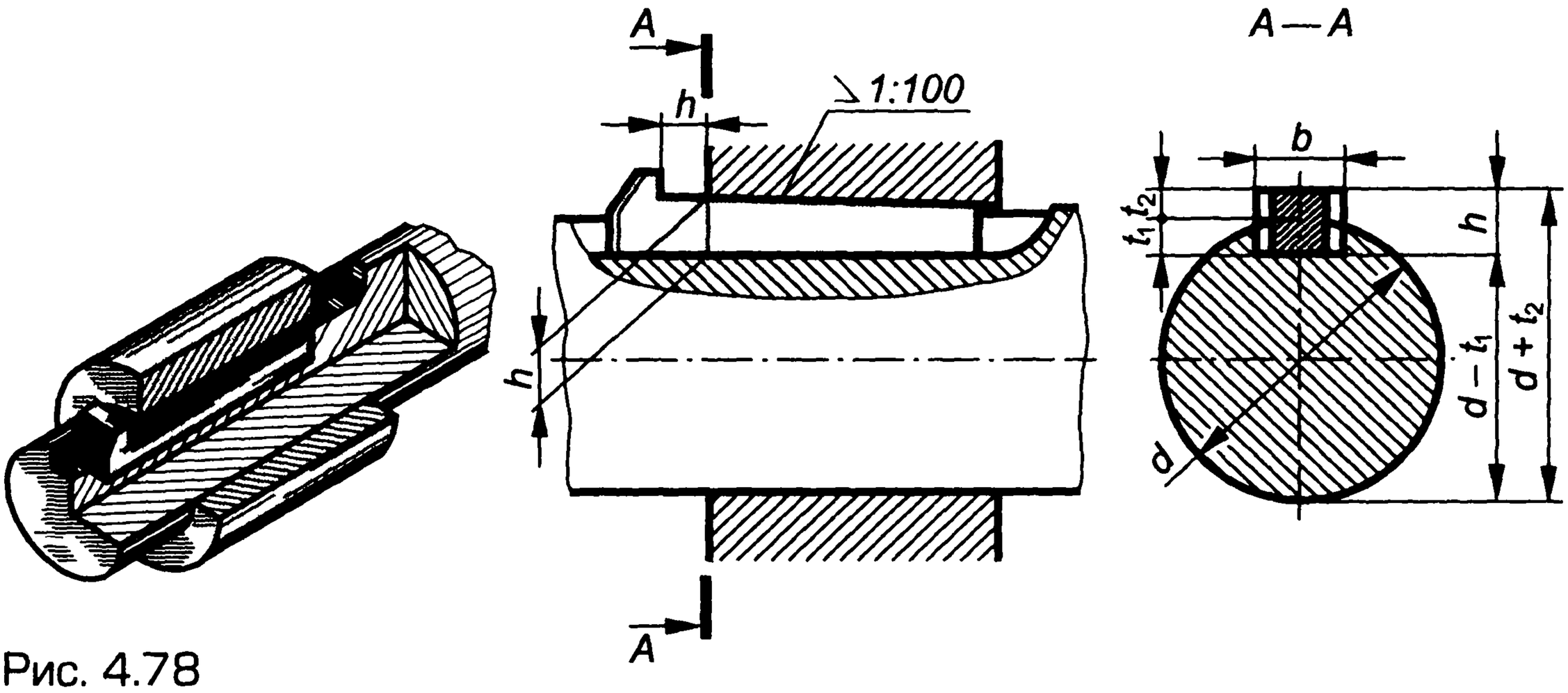


Рис. 4.78

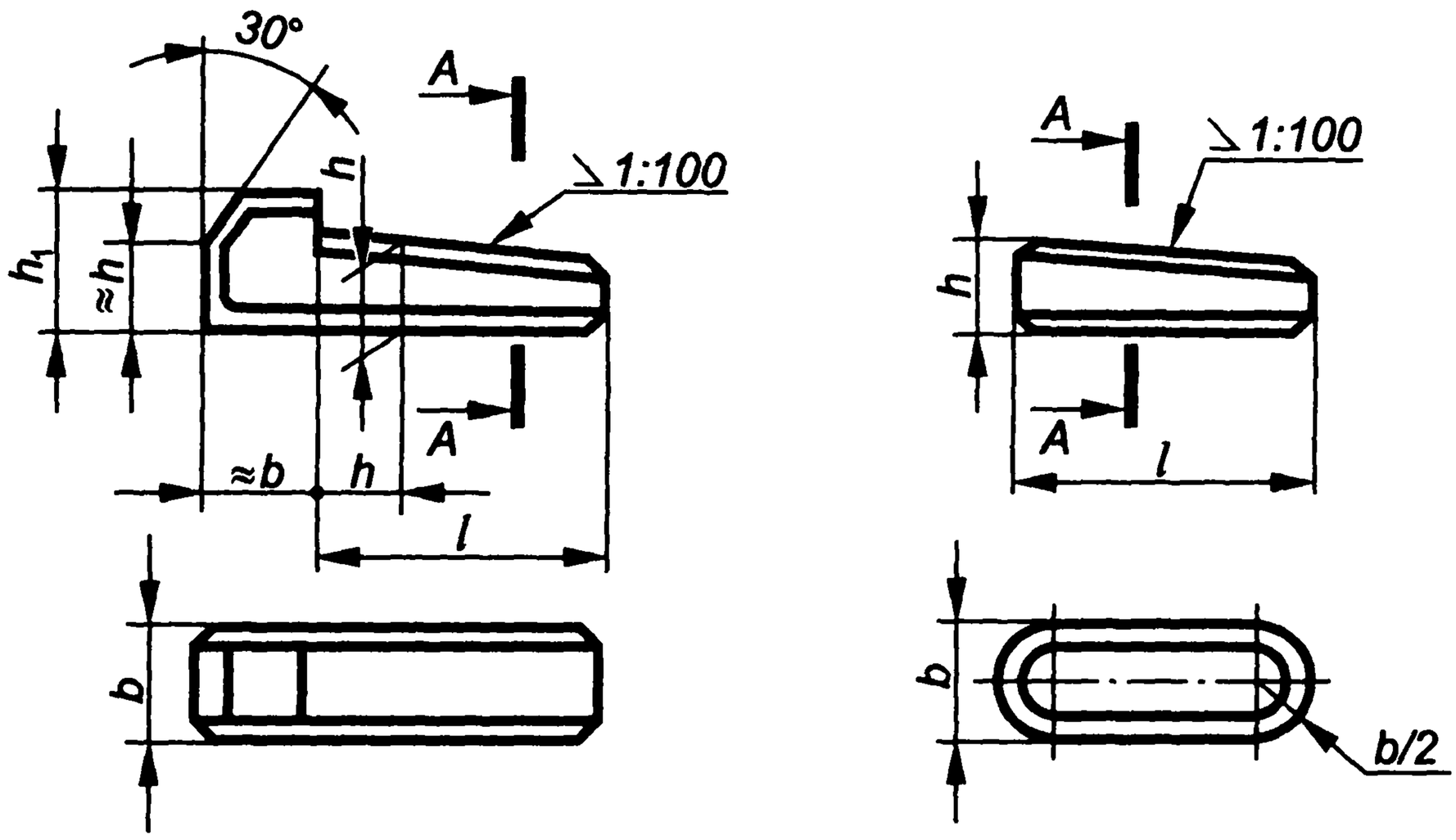


Рис. 4.79

Клиновые шпонки четырех исполнений (рис. 4.79) по форме подразделяются на *забивные* (исполнение 1) и *закладные* (исполнения 2, 3, 4). В пазы вала и ступицы они устанавливаются с боковым зазором, при этом верхняя грань паза ступицы должна иметь такой же уклон, как и грань шпонки.

Условное обозначение клиновой шпонки включает в себя наименование, вид исполнения, размер поперечного сечения $b \times h$, длину шпонки l и номер стандарта, например:

Шпонка 2—18 × 11 × 100 ГОСТ 24068—80.

Шлицевые соединения

Шлицевые соединения используются для передачи крутящего момента, а также для перемещения деталей вдоль оси вала.

Шлицевое соединение можно рассматривать как *многошпоночное* соединение, в котором шпонки и пазы под них выполнены как единое целое с валом и ступицей и расположены параллельно их осям (рис. 4.80).

Шлицевые соединения нашли широкое применение в автотракторной, авиационной и станкостроительной промышленности, так как наличие большого числа шлицов (зубьев) на валу позволяет передавать более значительные крутящие моменты по сравнению со шпоночными соединениями, обеспечивать лучшую центровку вала и ступицы и легкость перемещения деталей вдоль оси вала.

Стандартные шлицевые соединения могут иметь прямобочный (рис. 4.81, *а*), эвольвентный (рис. 4.81, *б*) и треугольный (рис. 4.81, *в*) профиль шлица. Число зубьев определяется нагрузкой и условиями работы соединения.

Прямобочный профиль шлица (ГОСТ 1139—80), получивший наибольшее распространение, характеризуется числом зубьев z, наружным диаметром D, внутренним диаметром d и шириной зуба b. Центрирование ступиц на шлицевом валу, выбираемое по конструктивным и технологическим признакам, осуществляется при их контакте следующими способами:

- по *наружному диаметру* шлицов D (рис. 4.82, *а*), при котором радиальный зазор, образуемый по внутреннему

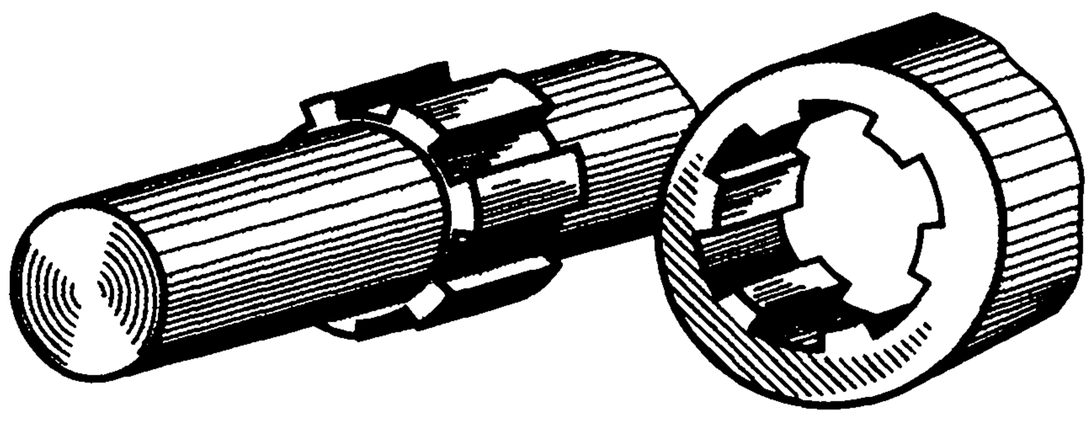


Рис. 4.80

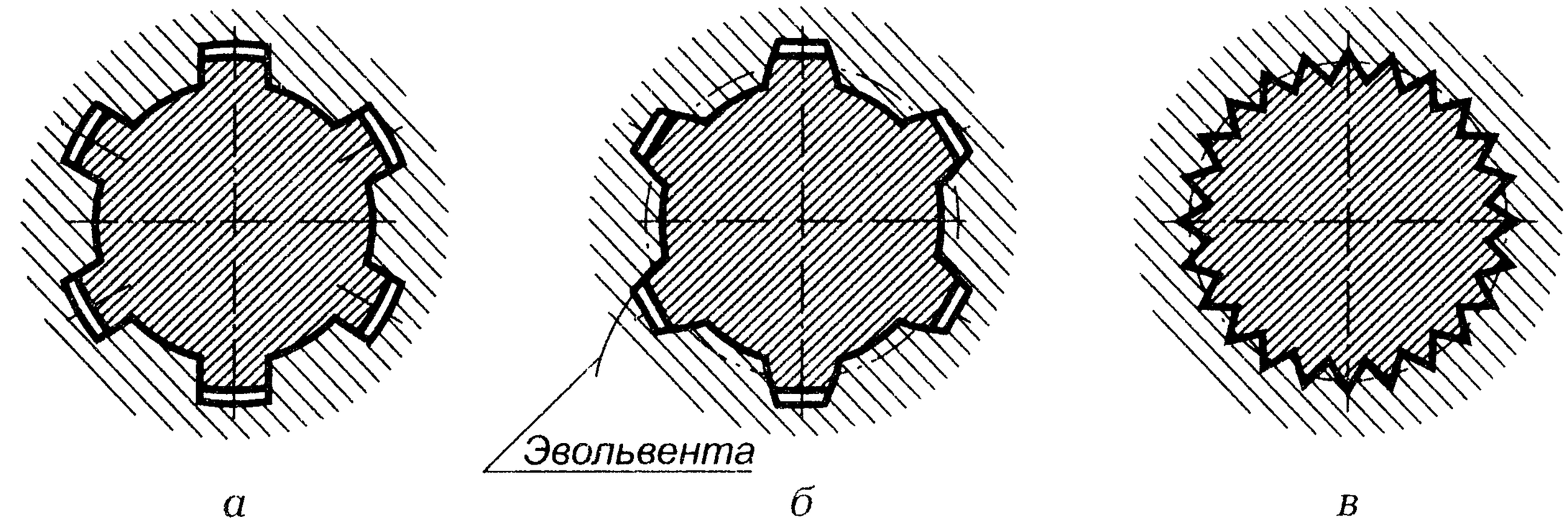


Рис. 4.81

диаметру d, позволяет точно и с большой производительностью обрабатывать центрирующие поверхности;

- по *внутреннему диаметру* шлицов d (рис. 4.82, *б*), что обеспечивает точное центрирование. Этот способ обычно применяется для подвижных соединений;
- по *боковым сторонам* шлицов b (рис. 4.82, *в*). Этот способ применяется в тех случаях, когда высокая соосность не имеет существенного значения, но необходимо обеспечить прочность соединения в эксплуатации.

Условное изображение шлицевых валов, ступиц и их соединений, а также правила выполнения рабочих чертежей (рис. 4.83) определяет ГОСТ 2.409—74:

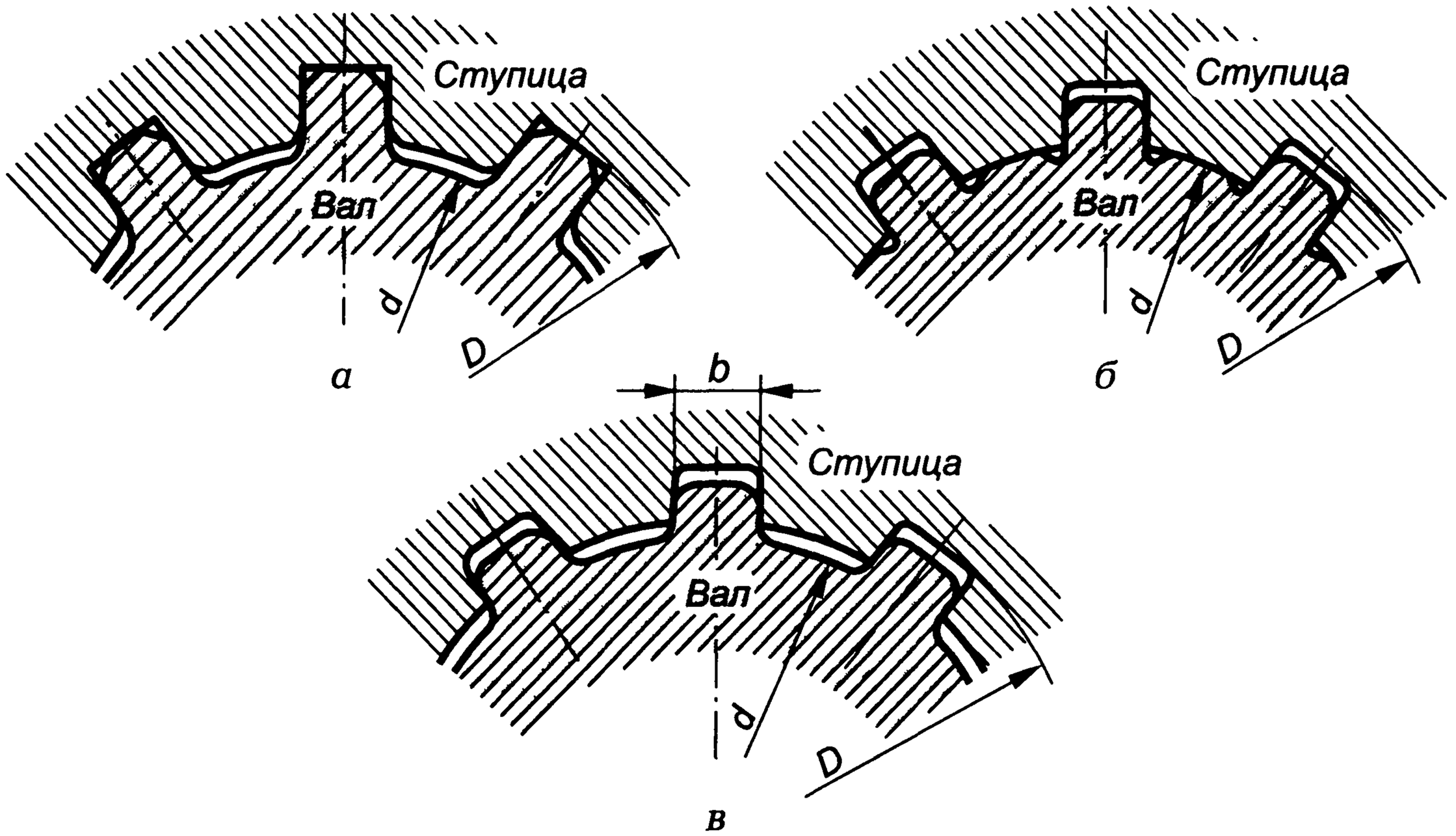


Рис. 4.82

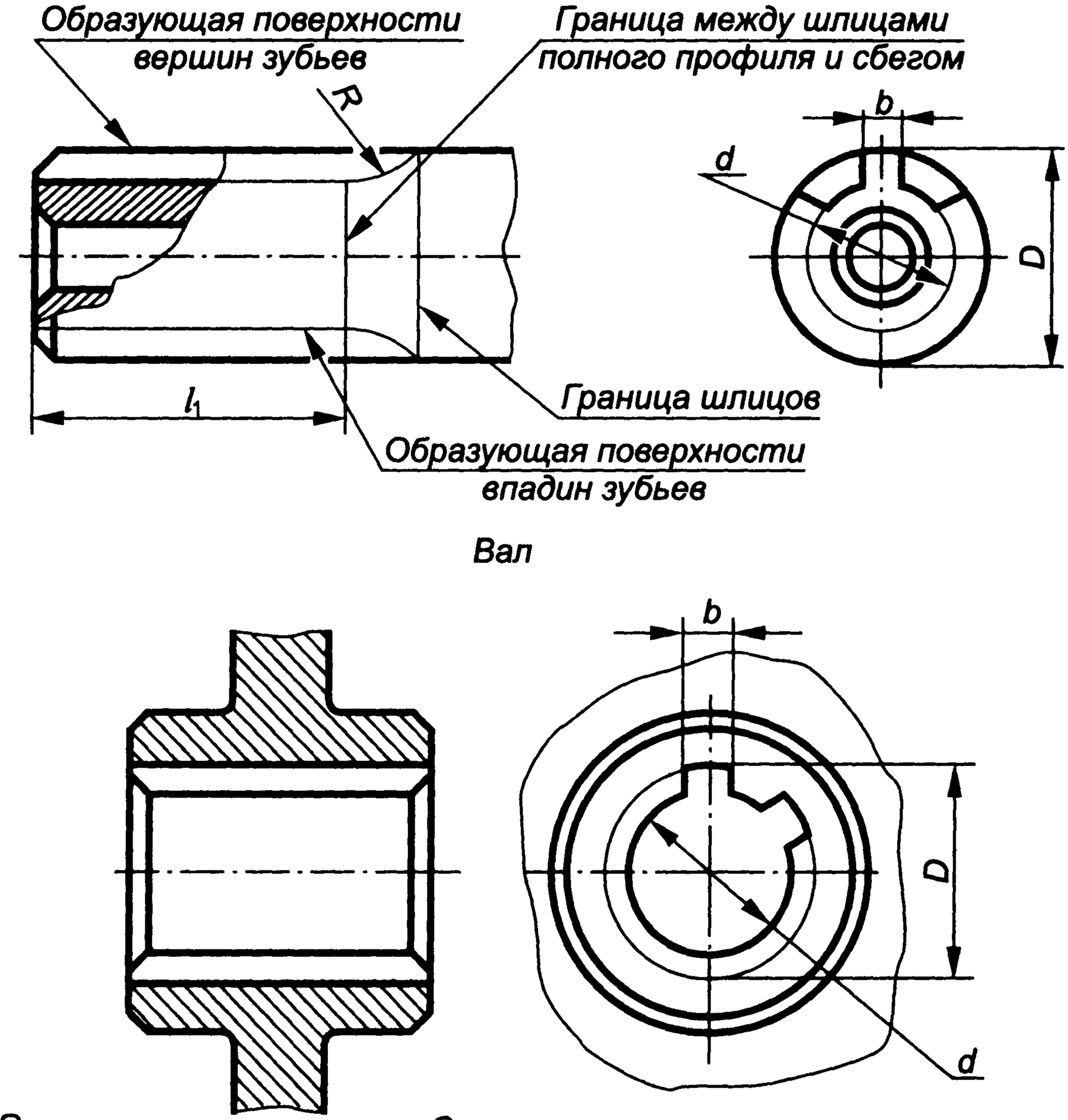


Рис. 4.83

- окружности и образующие поверхностей выступов валов и ступиц изображаются сплошной толстой основной линией, а впадин — сплошной тонкой линией, пересекающей границу фаски;
- в продольном разрезе образующие поверхностей выступов и впадин изображаются сплошной толстой основной линией. В поперечном разрезе окружность впадин выполняется сплошной тонкой линией;
- граница шлицевой поверхности, а также граница между шлицами полного профиля и сбегом изображаются сплошной тонкой линией;
- на плоскости, перпендикулярной к оси вала или к оси ступицы, изображается профиль одного выступа и двух впадин. У вала окружность выступов (D), а у ступиц окружность впадин (d) проводятся сплошной толстой основной линией. У вала окружность впадин, а у ступицы окружность выступов проводятся сплошной тонкой линией;

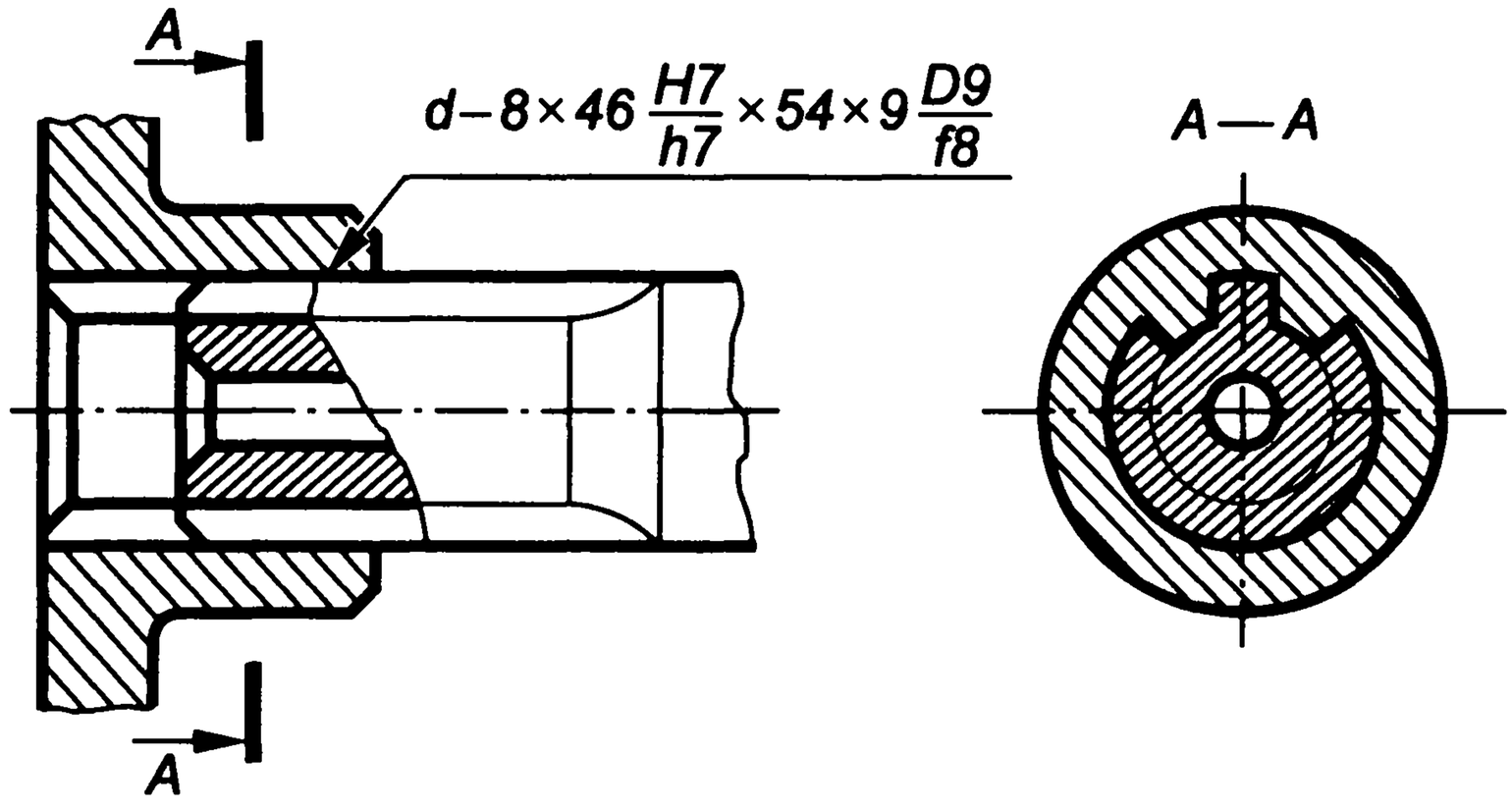


Рис. 4.84

- при изображении шлицевого соединения показывается только та часть поверхности выступов ступицы, которая не закрыта валом, при этом радиальный зазор между выступами и впадинами не показывается (рис. 4.84).

Условное обозначение шлица с прямобочным профилем включает в себя букву, указывающую поверхность центрирования; число зубьев *z*; внутренний диаметр *d*; наружный диаметр *D*; ширину зуба *b*; поле допусков по диаметру центрирования и размеру *b*, например:

d — 8 × 46*h*7 × 54 × 9*f*8 — обозначение вала;

d — 8 × 46*H*7 × 54 × 9*D*9 — обозначение ступицы;

d — 8 × 46 × 54 × 9 *D*9/*f*8 — обозначение соединения.

Эвольвентный профиль шлица ограничивается окружностями выступов и впадин и эвольвентами по боковым поверхностям (см. рис. 4.81, *б*).

Центрирование ступиц в основном производится по боковым сторонам шлицов (рис. 4.85, *а*). По наружному диаметру (рис. 4.85, *б*) центрирование выполняется при необходимости повышения точ-

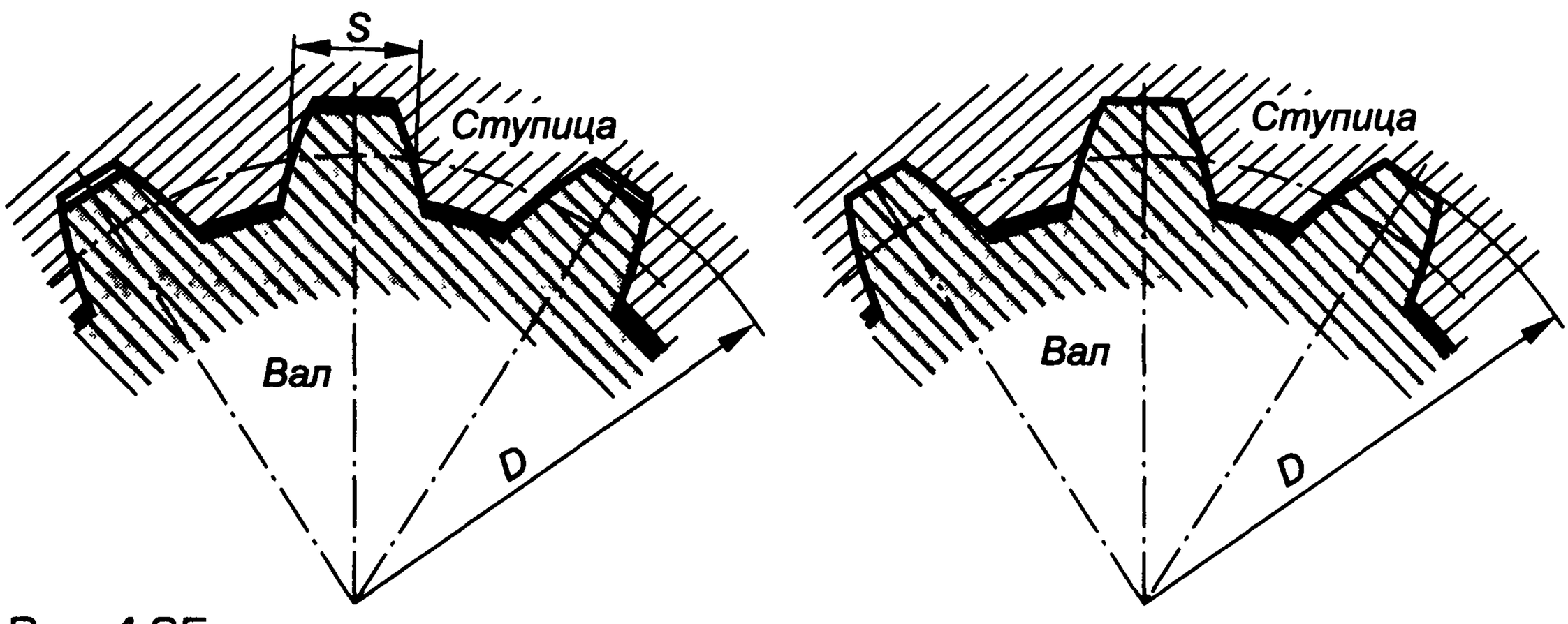


Рис. 4.85

а *б*

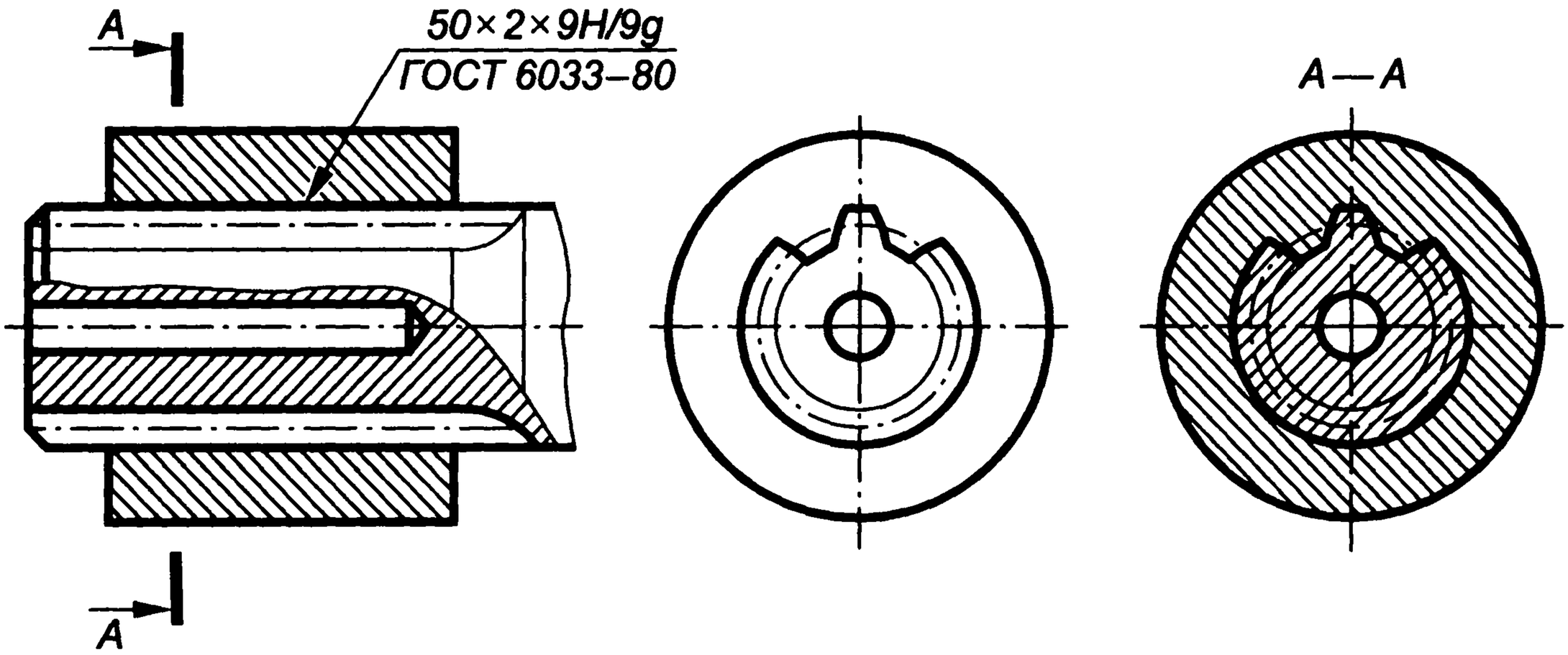


Рис. 4.86

ности вращения деталей. Центрирование по внутреннему диаметру практически не применяется.

На чертежах деталей с эвольвентным профилем дополнительно тонкой штрихпунктирной линией наносятся образующие и окружности делительной поверхности (рис. 4.86).

Условное обозначение эвольвентного профиля включает в себя номинальный диаметр соединения D, модуль m, обозначение посадки соединения (полей допусков вала и ступицы) и номер стандарта. Например, при центрировании по боковым сторонам условные обозначения будут иметь следующий вид:

$50 \times 2 \times 9g$ ГОСТ 6033—80 — вала;

$50 \times 2 \times 9H$ ГОСТ 6033—80 — ступицы;

$50 \times 2 \times 9H/g$ ГОСТ 6033—80 — соединения.

Треугольный профиль шлица применяют главным образом в неподвижных шлицевых соединениях деталей (рис. 4.87) для передачи небольших крутящих моментов в целях предотвращения прессовых соединительных посадок, а также в тонкостенных втул-

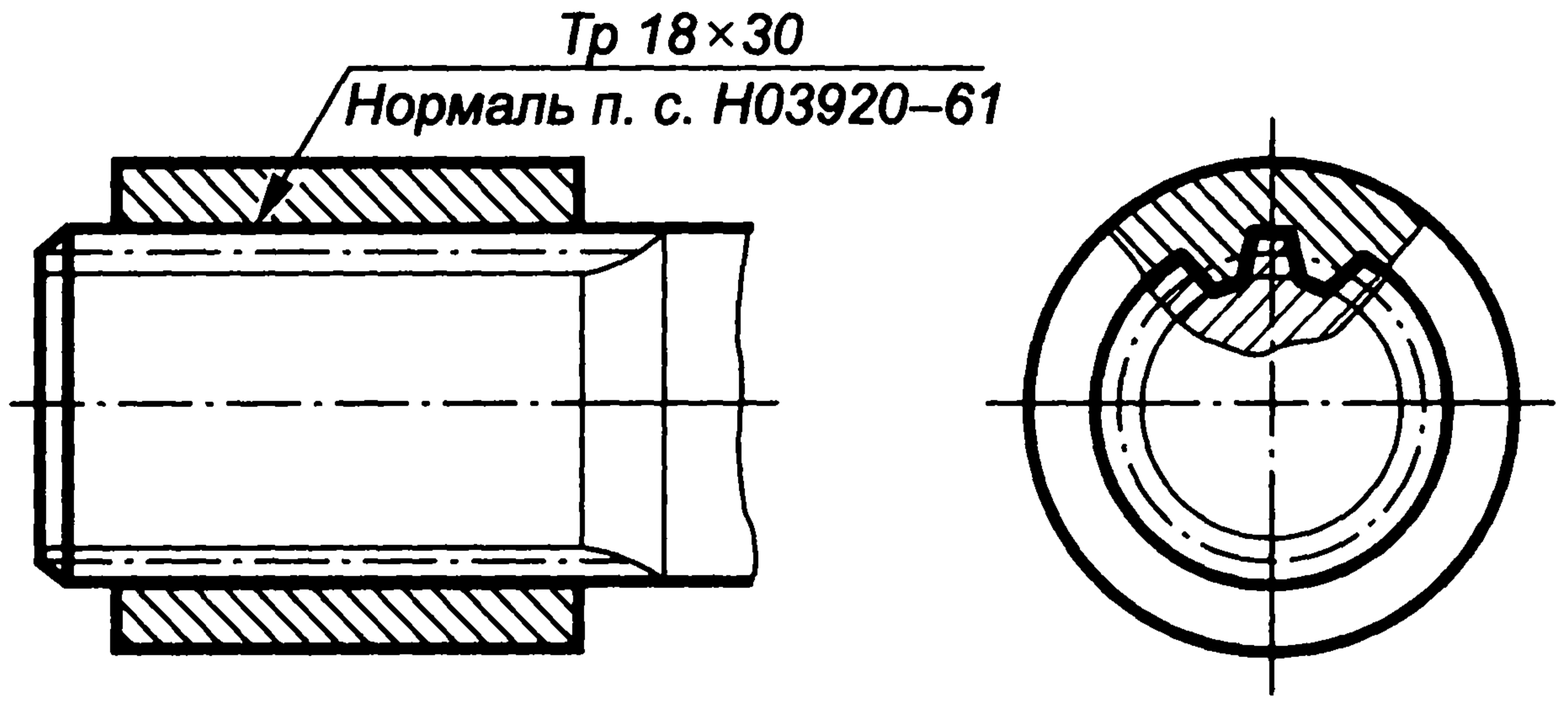


Рис. 4.87

ках. Профиль треугольных зубьев и параметры шлицевого соединения не стандартизованы.

Основными параметрами соединений с треугольным профилем являются номинальный диаметр D, число зубьев z, модуль m и угол профиля. Центрирование в этом случае осуществляется только по боковым сторонам профиля.

Условное обозначение шлицевого соединения с треугольным профилем включает в себя буквы Тр, номинальный диаметр соединения, число зубьев z, предельные отклонения и нормативно-технический документ.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные виды шпоночных соединений и их назначение.
2. Призматические шпонки каких исполнений вы знаете?
3. Чем отличается применение призматических шпонок от применения клиновых?
4. В каких случаях используются сегментные шпонки и какие данные указывают в их условном обозначении?
5. Какие из видов шпонок применяются в шпоночных соединениях с боковым зазором?
6. От каких параметров зависит выбор размеров шпонок?
7. Какие виды шлицевых соединений вы знаете?
8. Какой линией изображается граница шлицевой поверхности?
9. Что понимается под словом «центрирование» и какие существуют способы центрирования шлицевых соединений с прямобочным профилем?
10. Какие данные указывают в условном обозначении шлицевых соединений с эвольвентным профилем при центрировании по наружному диаметру?
11. Как изображаются на чертеже в шлицевом соединении шлицы вала и ступицы?
12. Какие данные указывают в условном обозначении шлицевого соединения с треугольным профилем?

4.6. НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Неразъемные соединения по способу соединения деталей подразделяются на сварку, клепку, пайку, склеивание, сшивание, развальцовку, обжатие, прессование.

Соединения, выполненные развальцовкой, обжатием и прессованием, условных стандартизованных обозначений не имеют и вычерчиваются с соблюдением только правил проекционного и машиностроительного черчения.

Сварные соединения

Сварка — это процесс получения неразъемного соединения посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве либо при совместном действии того и другого (ГОСТ 2601—84).

Сварные соединения занимают одно из ведущих мест в современных технологиях. Сварка является наиболее распространенным видом неразъемных соединений, так как лучше других приближает составные детали к цельным и заменяют литье, ковку, штамповку и т.п. Применение сварных соединений позволяет снизить металлоемкость производства до 40% и существенно уменьшить трудоемкость технологических процессов.

Недостатки сварных соединений обусловливаются возникновением термических деформаций, весьма ограниченной свариваемостью деталей из тугоплавких материалов, зависимостью качества шва от квалификации сварщика.

Классификация видов сварки. В зависимости от происходящих при сварке процессов (физические, технические и технологические) различают ***сварку плавлением*** и ***сварку давлением*** (рис. 4.88).

При сварке плавлением расплавленные материалы кромок заготовок за счет тепловой энергии в зоне сварки перемешиваются и после кристаллизации образуют единый сварной шов.

При сварке давлением обеспечивается плотный контакт между заготовками, возникают условия для действия межатомных сил и заготовки соединяются за счет совместной пластической деформации поверхностей.

В зависимости от способности материалов обеспечивать сварное соединение различают физическую и технологическую свариваемость.

К *физическим* признакам классификации относятся вид энергии, применяемой для образования сварного соединения и определяющей класс сварки, и вид источника энергии, определяющего вид сварки.

Технологические признаки применяются для классификации сварки каждого вида. Например, для дуговой сварки такими при-

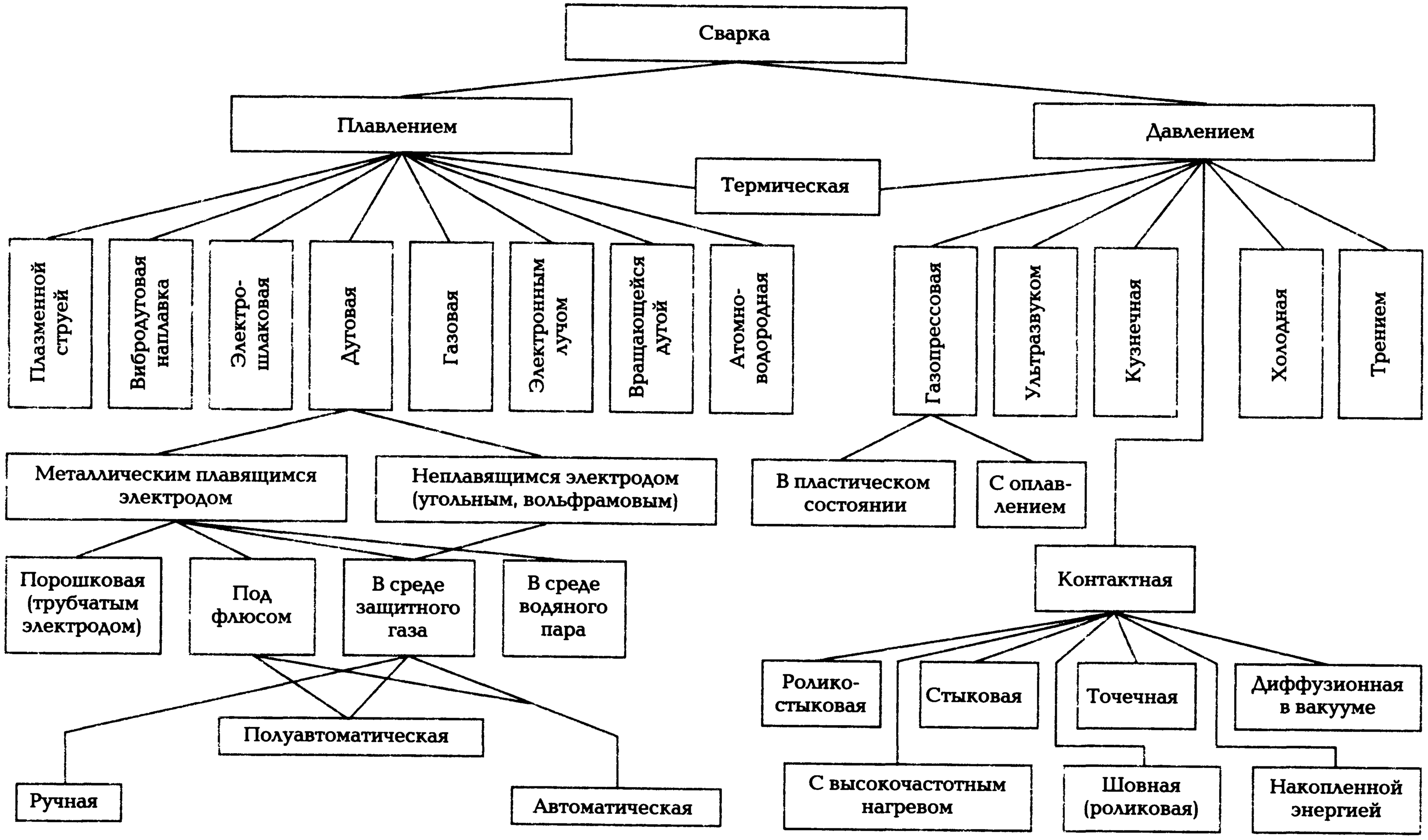

Сварка
Плавлением
Давлением
Термическая
Плазменной струей
Вибродуговая наплавка
Электро-шлаковая
Дуговая
Газовая
Электронным лучом
Вращающейся дугой
Атомно-водородная
Газопрессовая
Ультразвуком
Кузнечная
Холодная
Трением
Металлическим плавящимся электродом
Неплавящимся электродом (угольным, вольфрамовым)
В пластическом состоянии
С оплав-лением
Порошковая (трубчатым электродом)
Под флюсом
В среде защитного газа
В среде водяного пара
Контактная
Ролико-стыковая
Стыковая
Точечная
Диффузионная в вакууме
Полуавтоматическая
С высокочастотным нагревом
Шовная (роликовая)
Накопленной энергией
Ручная
Автоматическая

Рис. 4.88

знаками являются вид электрода (плавящийся, металлический и т.д.), вид дуги (свободная, сжатая), применение присадочного материала и т.д.

По виду используемой энергии различают сварку механическую, химическую, электрическую, электромеханическую, лучевую, химико-механическую.

Механические виды сварки, связанные с пластической деформацией свариваемых заготовок, включают в себя:

- *диффузионную* сварку, т.е. за счет взаимной диффузии атомов в тонких поверхностных слоях контактирующих частей;
- *ультразвуковую* сварку, происходящую при воздействии ультразвуковых колебаний;
- *холодную* сварку, выполняемую давлением при значительной пластической деформации без нагрева свариваемых частей;
- сварку *трением*, т.е. за счет нагрева в процессе трения, вызванного относительным перемещением свариваемых частей или инструмента;
- сварку *взрывом*, т.е. за счет большого количества энергии, выделяемой в результате соударения свариваемых частиц, вызванного взрывом.

Химические виды сварки, связанные с превращением химической энергии в теплоту, включают в себя:

- *термитную* сварку, при которой для нагрева используется энергия горения термитной смеси (экзотермическая реакция);
- *газовую* сварку, при которой для нагрева используется теплота пламени, возникающего при горении смеси горючих газов с кислородом.

Электрические виды сварки, связанные с превращением электрической энергии в теплоту, включают в себя:

- *дуговую* сварку, при которой нагрев осуществляется электрической дугой;
- *плазменную* сварку, при которой нагрев производится сжатой дугой направленного потока ионизированных частиц газа;
- *высокочастотную* сварку, при которой нагрев заготовок осуществляется токами высокой частоты;
- *диффузионную* сварку, т.е. за счет взаимной диффузии атомов в тонких поверхностных слоях контактирующих частей;

- *электрошлаковую* сварку, при которой для нагрева используется теплота, выделяющаяся при прохождении электрического тока через расплавленный шлак.

Электромеханические виды сварки, связанные с нагревом металла методом электросопротивления, включают в себя все виды *контактной* сварки (стыковую, точечную, роликовую, рельефную), при которой используется теплота, выделяющаяся в контакте свариваемых частей при прохождении электрического тока.

Лучевые виды сварки, связанные с превращением энергии луча света в теплоту, включают в себя *электронно-лучевую* сварку, при которой для нагрева используется энергия ускоренных электронов, и *лазерную*, при которой для нагрева используется энергия излучения лазера.

Химико-механические виды сварки связаны с нагревом металла вследствие превращения химической энергии в тепловую и осуществлением его пластического деформирования.

Наибольшее распространение получили газовая, дуговая и контактная сварки.

При *газовой* сварке (рис. 4.89, *а*) нагрев кромок соединяемых частей производится в пламени газов (ацетилена, воздуха и др.), сжигаемых в струе кислорода на выходе горелки. Присадочный материал (в виде металлического прута) и частично материал свариваемых деталей в этом случае плавятся под действием температуры и заполняют зазор между ними.

При *дуговой* сварке нагрев кромок свариваемых деталей осуществляется электрической дугой, возникающей между ними и электродом. При выполнении дуговой сварки плавящимся электродом (рис. 4.89, *б*) сварной шов образуется в результате плавления самого электрода, а при использовании неплавящегося электрода (угольного или вольфрамового) (рис. 4.89, *в*) в зону горения дуги вводится присадочный материал, который плавится и образует шов.

При *контактной* сварке соединение деталей осуществляется в результате действия внешней сжимающей силы P и местного нагрева, возникающих за счет теплоты, выделяемой при прохождении электрического тока через находящиеся в контакте соединяемые детали. Различают точечную (рис. 4.89, *г*), роликовую (рис. 4.89, *д*) и другие виды контактной сварки.

Классификация швов. В сварочном производстве, как правило, применяются стандартные сварные швы, образующиеся при определенных видах сварки (табл. 4.6).

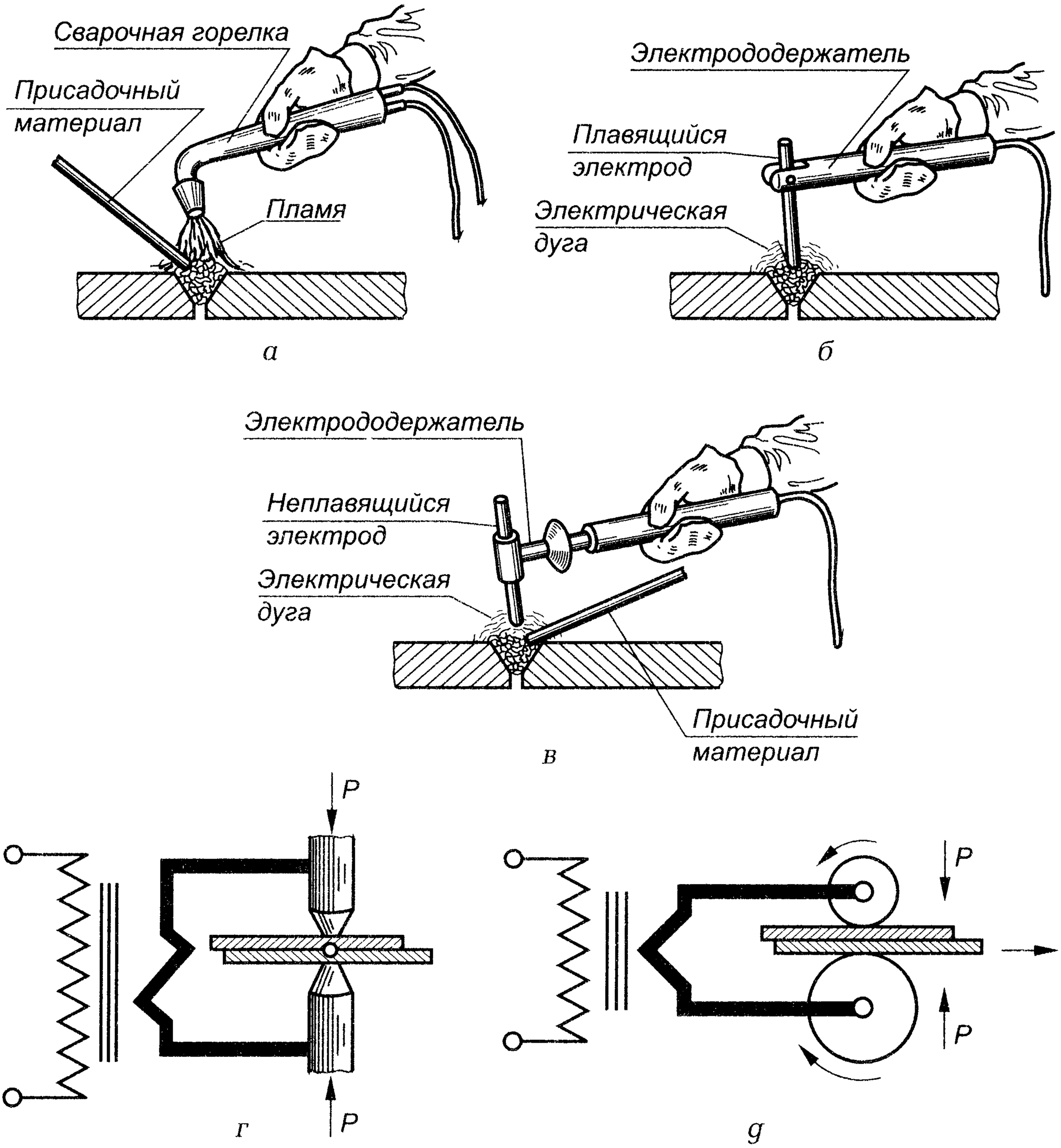


Рис. 4.89

В зависимости от взаимного положения свариваемых деталей различают следующие виды сварных соединений:

стыковое (С) — свариваемые детали соединяются по своим торцевым поверхностям (рис. 4.90, *а*);

угловое (У) — свариваемые детали расположены под углом и соединяются по кромкам (рис. 4.90, *б*);

тавровое (Т) — торец одной детали соединяется с боковой поверхностью другой (рис. 4.90, *в*);

нахлесточное (Н) — боковые поверхности соединяемых деталей частично перекрывают друг друга (рис. 4.90, *г*).

Таблица 4.6. Обозначение стандартных способов сварки

ГОСТ	Вид сварки	Условное обозначение
5264—80	Ручная электродуговая сварка	Р
8713—79	Автоматическая сварка под слоем флюса без применения подкладок, подушек и подварочного шва	А
	То же, с применением флюсовой подушки	Аф
	То же, с применением стальной подкладки	Ас
	Полуавтоматическая сварка под слоем флюса без применения подкладок, подушек и ручной подварки	П
	То же, с применением стальной подкладки	Пс
11533—75	Автоматическая сварка под флюсом (под острым и тупым углами) с ручной подваркой	Ар
	Полуавтоматическая сварка под флюсом (под острым и тупым углами) с ручной подваркой	Пр
15878—79	Контактная сварка:	
	точечная	Кт
	роликовая	Кр
	рельефная	Кв
	стыковая	Кс
	шовная	Кш
15164—78	Электрошлаковая сварка проволочным электродом	Шэ
14771—76	Электродуговая сварка в защитных газах:	
	в инертных газах неплавящимся электродом	ИН
	в углекислом газе плавящимся электродом	УП
14806—80	Электродуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов в инертных газах	АИНп
16310—80	Сварка полиэтилена, полипропилена и винипласта	Г, Э

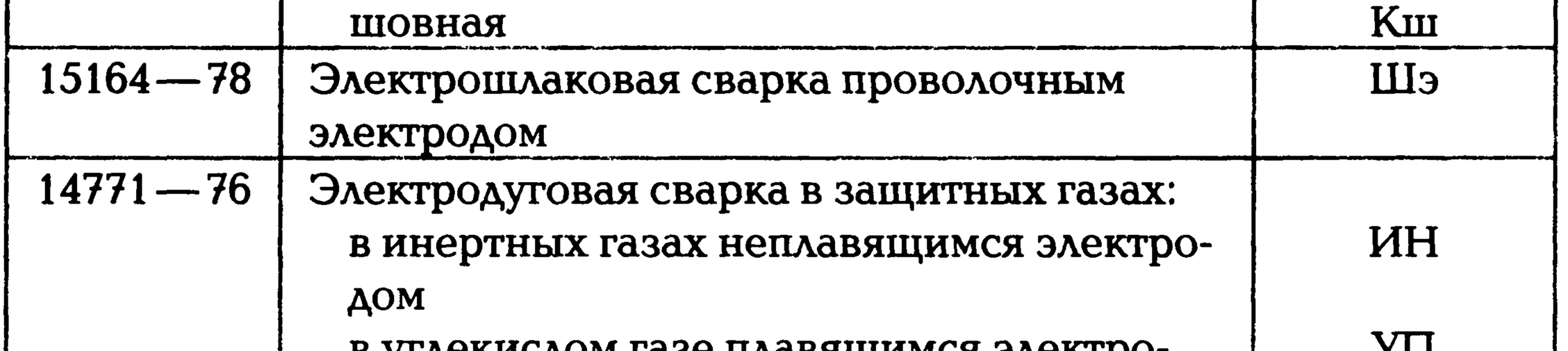
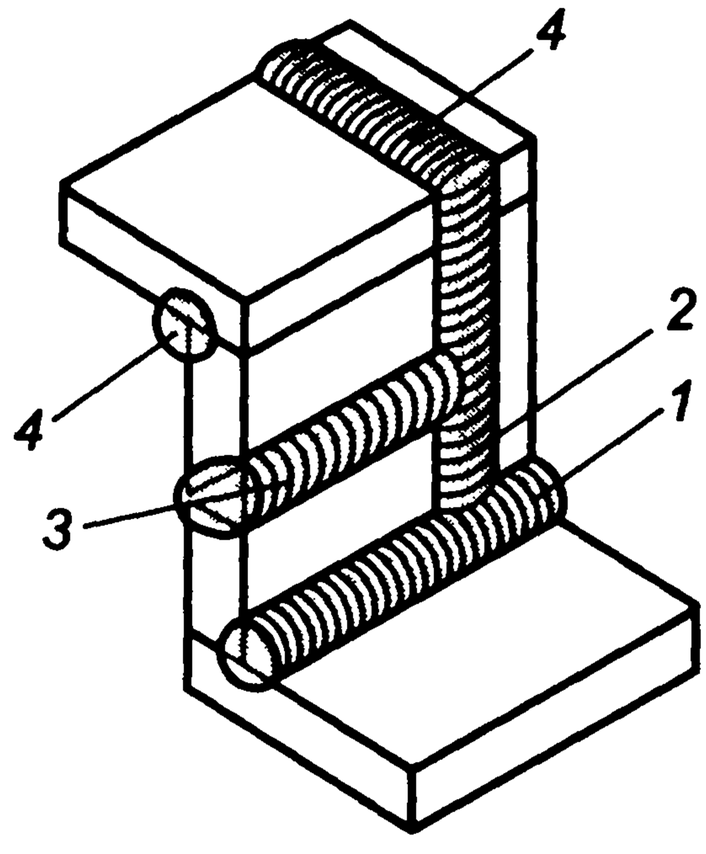


Рис. 4.90

Рис. 4.91



Сварные швы подразделяются по положению в пространстве, протяженности, внешней форме, числу проходов, форме подготовки кромок, характеру выполнения.

По положению в пространстве различают сварные швы (рис. 4.91) *нижние 1*, *вертикальные 2*, *горизонтальные 3*, *полупотолочные и потолочные 4*.

По протяженности сварные швы (рис. 4.92) подразделяют на *непрерывные* (без разрывов) и *прерывистые* (с разрывами).

По внешней форме сварные швы подразделяют на *выпуклые* (рис. 4.93, *а*), *плоские* (рис. 4.93, *б*) и *вогнутые* (рис. 4.93, *в*), которые характеризуются высотой катета шва *K*, высотой усиления *q* и толщиной углового шва *a*.

По форме подготовки кромок для последующей сварки различают швы с кромками без скоса, с криволинейным скосом одной кромки, со скосом двух кромок и т. д.

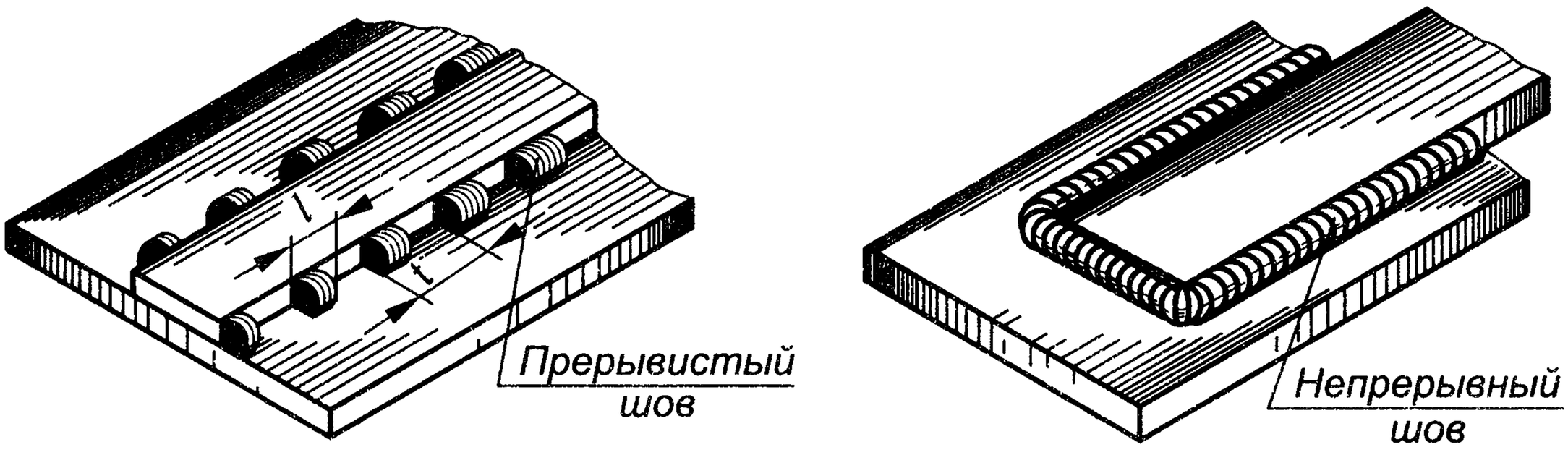
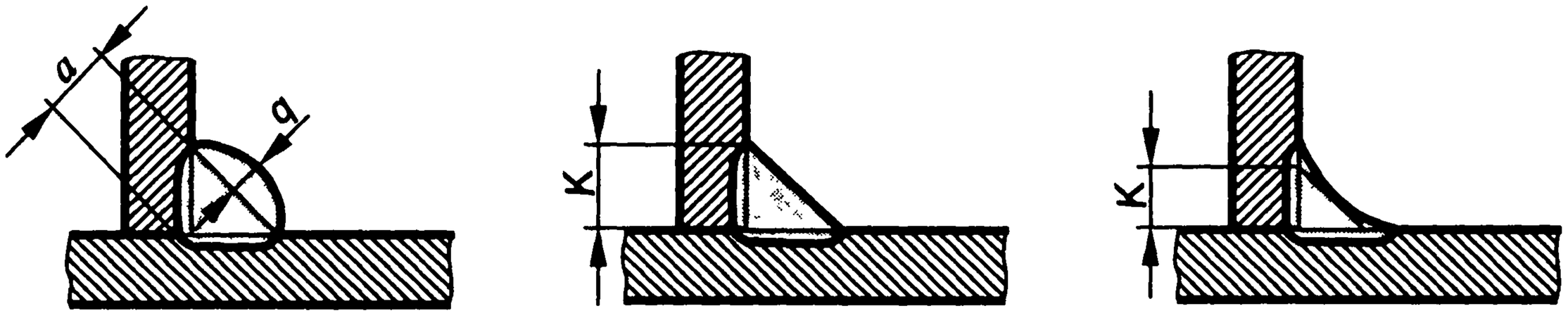


Рис. 4.92



а *б* *в*

Рис. 4.93

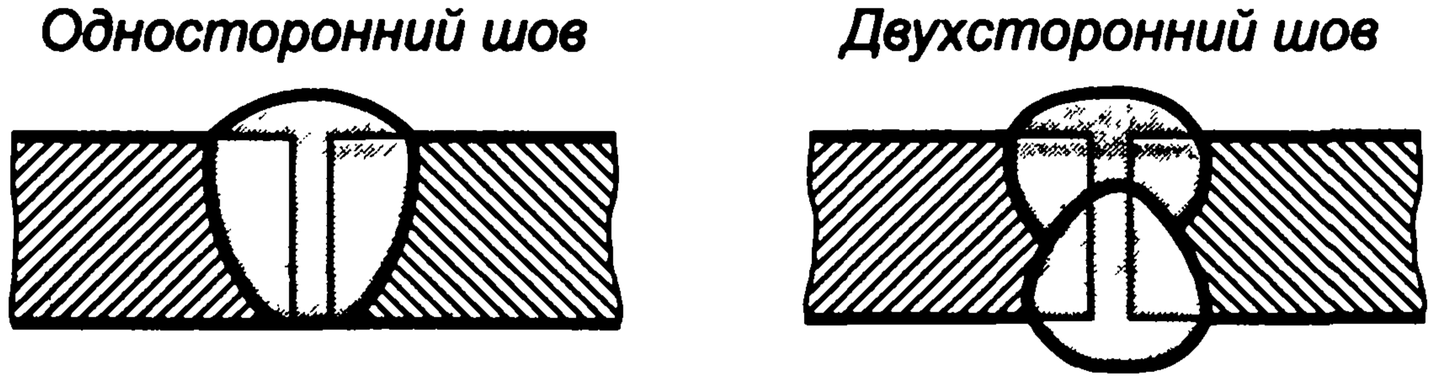
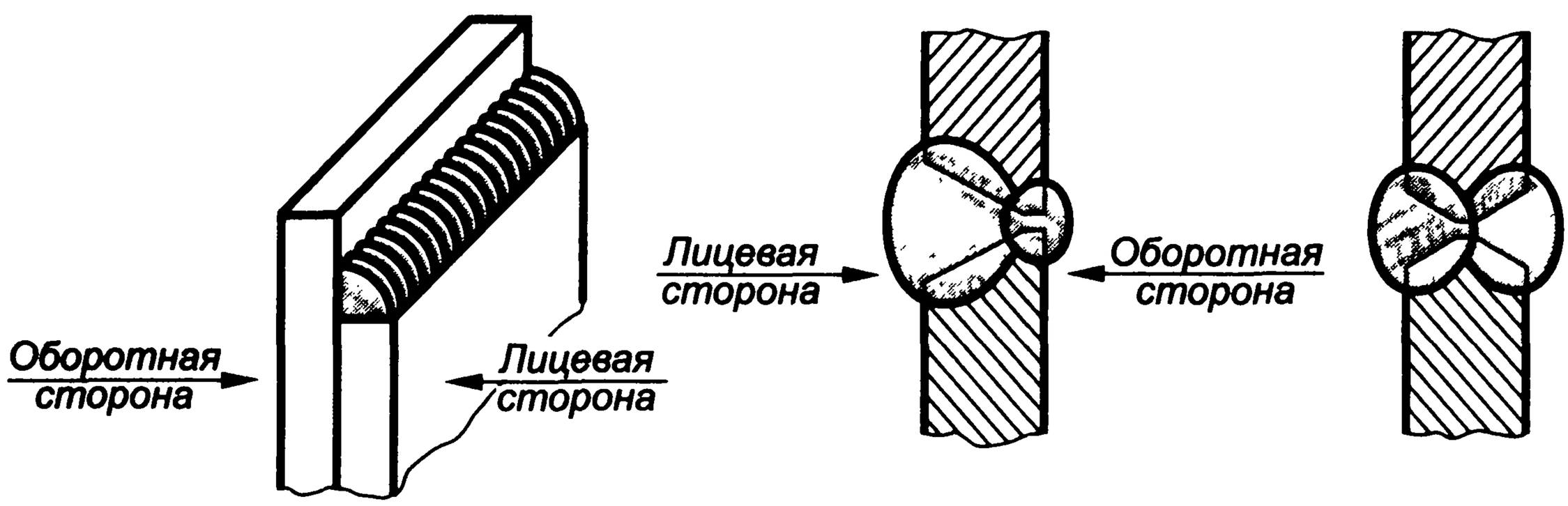


Рис. 4.94

По характеру выполнения сварные швы подразделяют на *односторонние* и *двухсторонние* (рис. 4.94).

Изображение швов сварных соединений. На изображении сварного шва различают *лицевую* и *оборотную* стороны. За лицевую в одностороннем шве принимают сторону, с которой производится сварка (рис. 4.95, *а*); в двухстороннем шве с несимметричным скосом — сторону, с которой производится сварка основного шва (рис. 4.95, *б*); в двухстороннем шве с симметричным скосом — любую сторону (рис. 4.95, *в*).

Наличие сварного шва на изображении детали указывают односторонней стрелкой (рис. 4.96). Видимые сварные швы на чертеже изображают сплошной толстой основной линией, невидимые — штриховой (рис. 4.97). Видимые одиночные сварочные точки независимо от способа сварки условно изображают знаком «+», который выполняют сплошной толстой основной линией (рис. 4.98). Невидимые одиночные сварные точки на чертеже не изображают.



а *б* *в*

Рис. 4.95

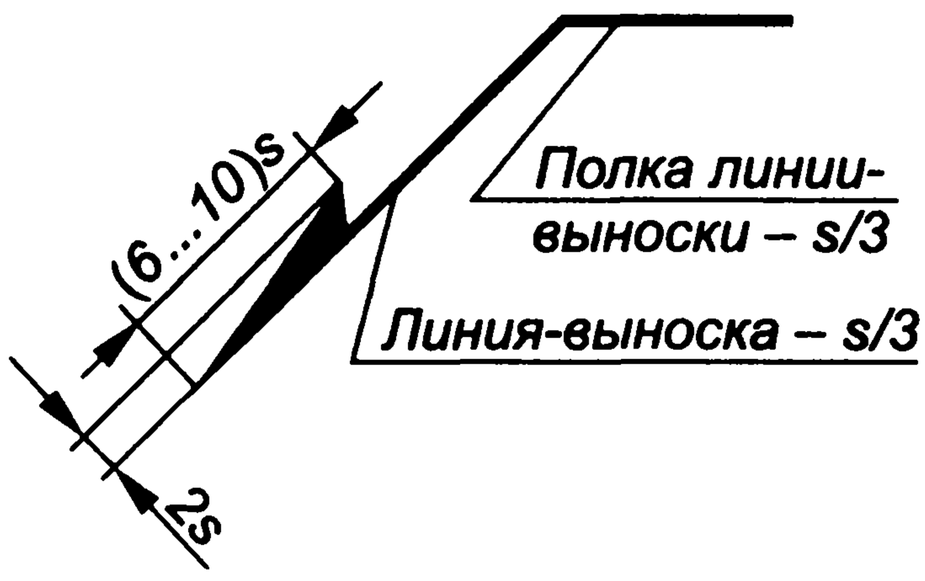


Рис. 4.96

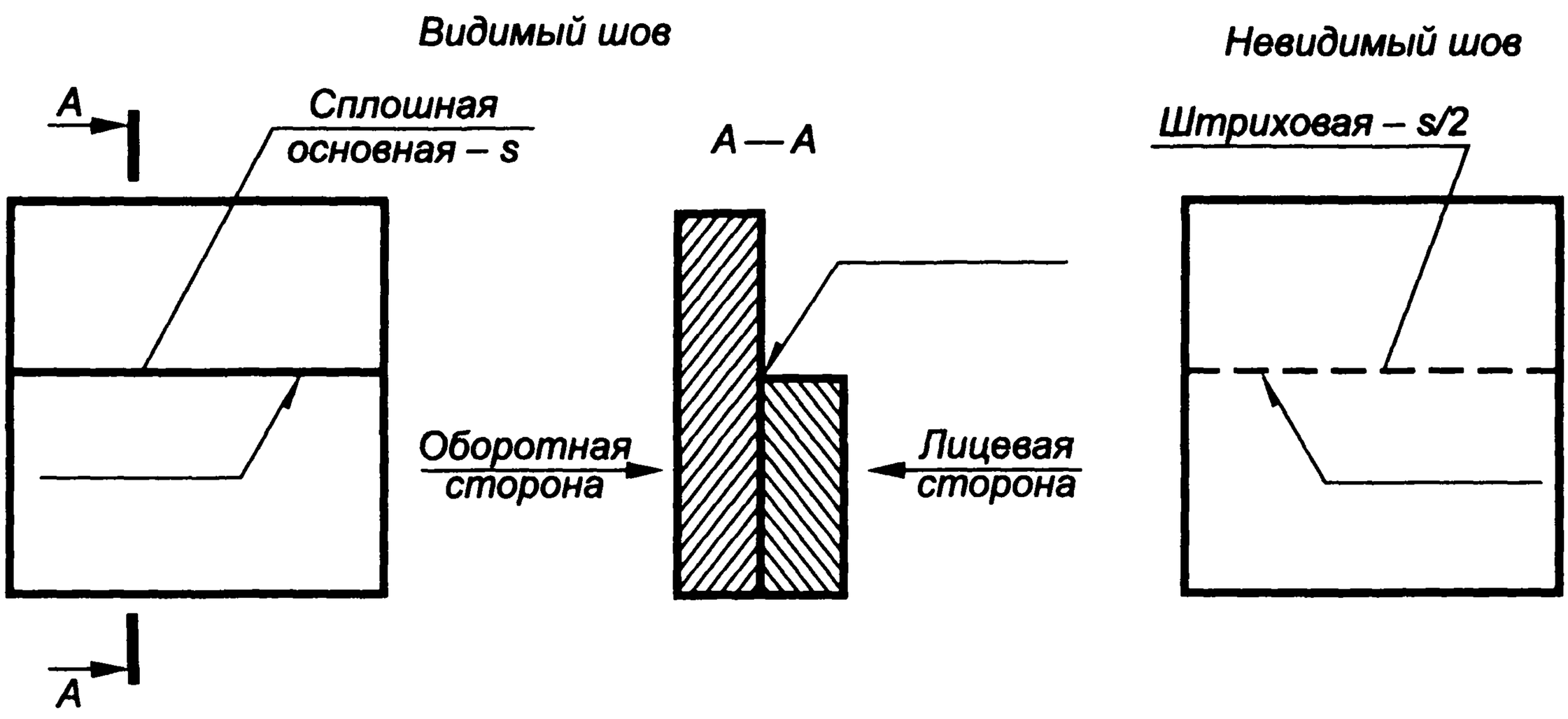


Рис. 4.97

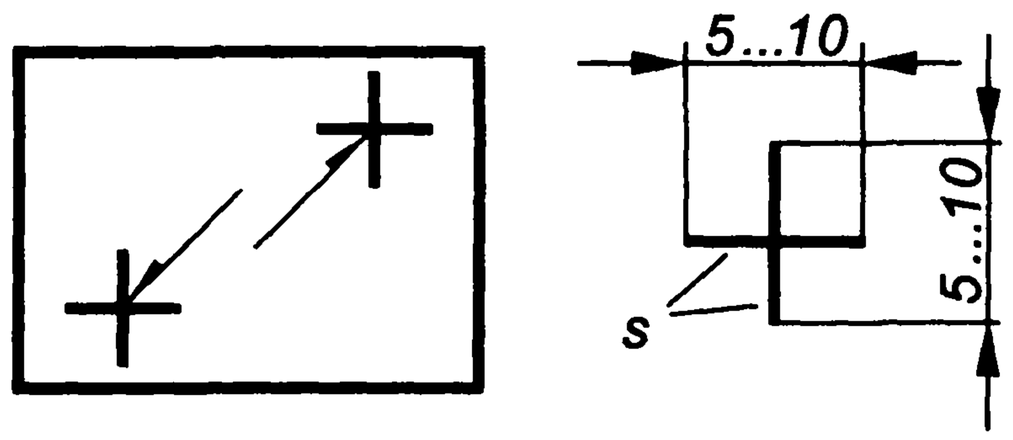


Рис. 4.98

Обозначение швов сварных соединений. Условное обозначение лицевых швов наносится на полке линии-выноски, а оборотных — под полкой (рис. 4.99).

Структура условного обозначения стандартного сварного шва или одиночной сварной точки (ГОСТ 2.312—72) приведена на рис. 4.100, *а*, нестандартного — на рис. 4.100, *б*.

На рис. 4.100 обозначены:

1 — вспомогательные знаки (○ — шов по замкнутой линии, ⌉ — монтажный шов);

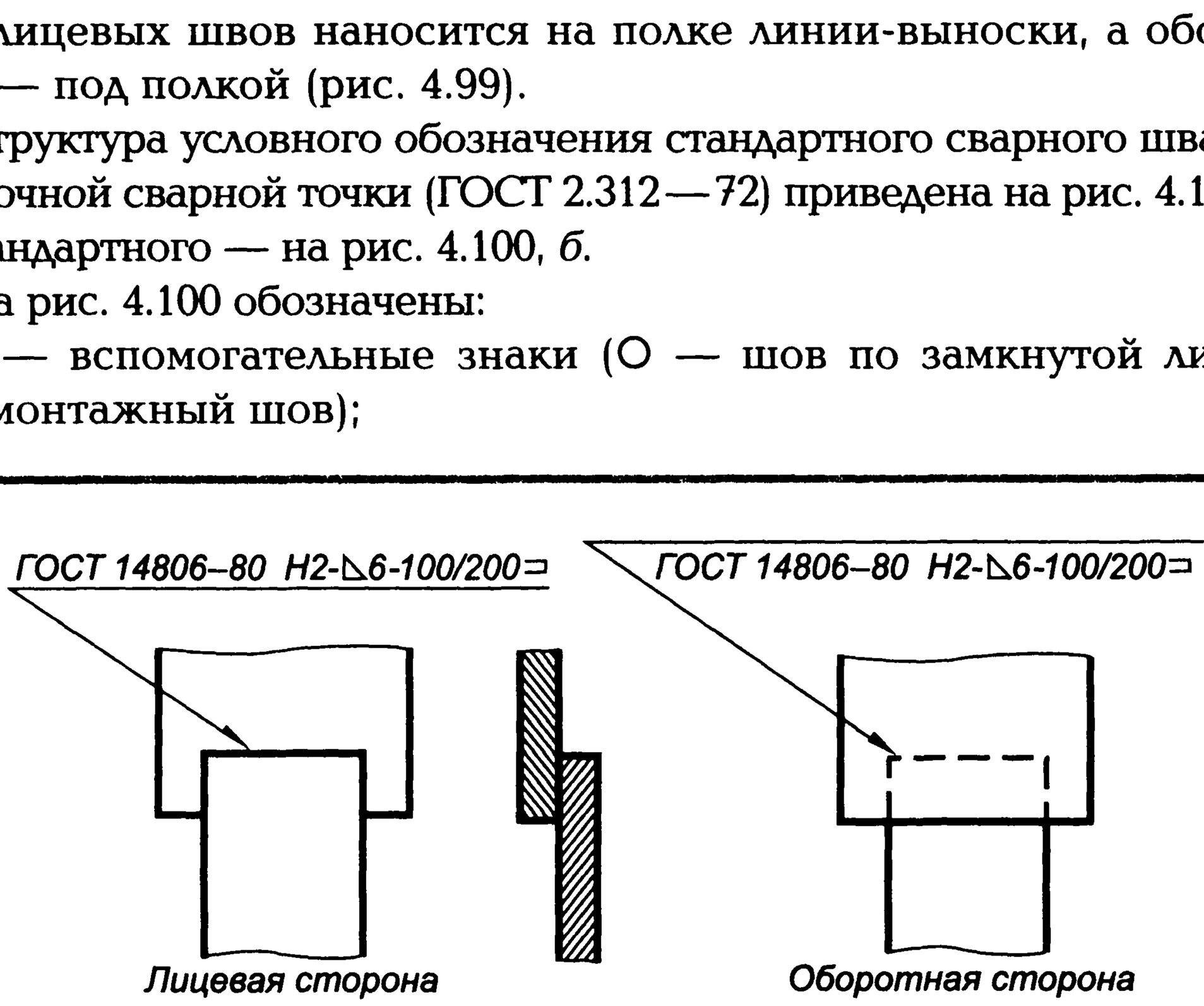


Рис. 4.99

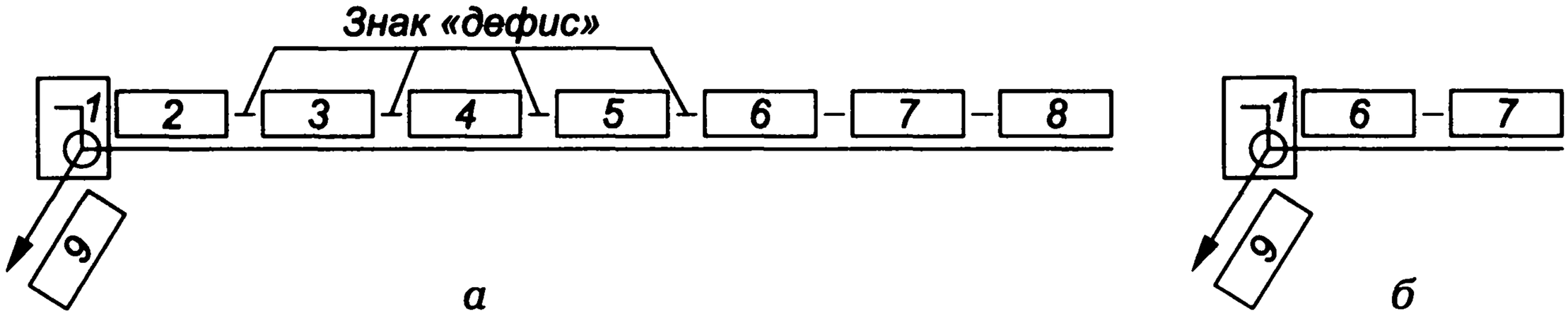


Рис. 4.100

2 — номер стандарта;

3 — стандартное буквенно-цифровое обозначение шва;

4 — стандартное условное обозначение способа сварки;

5 — условный графический знак шва ◺ и размер его катета;

6 — размер шва в миллиметрах;

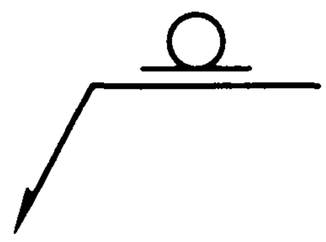
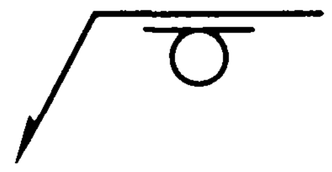
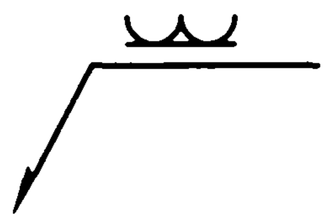
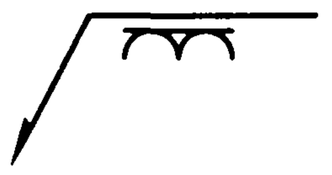
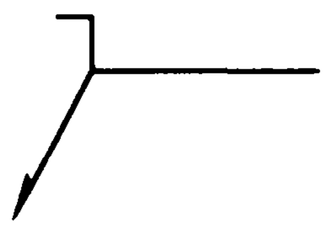
7 — вспомогательные знаки (табл. 4.7);

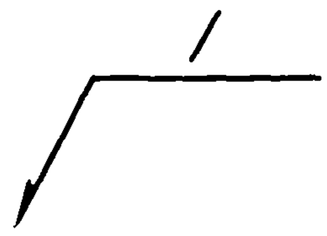
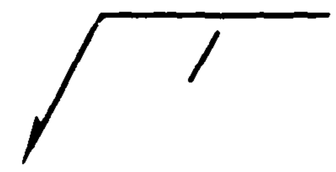
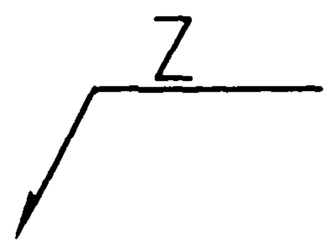
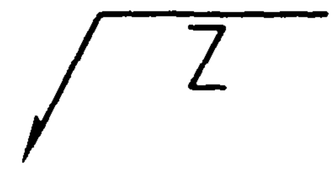
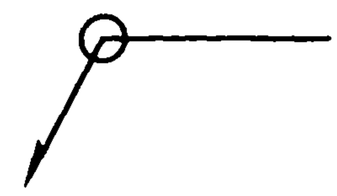
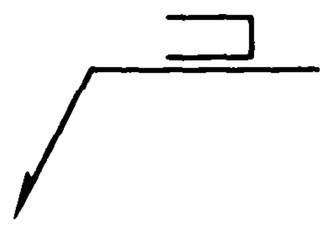
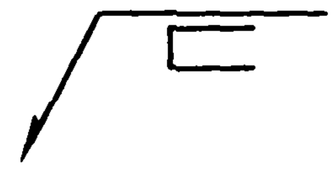
8 — обозначение шероховатости поверхности шва;

9 — указание о контроле шва.

Стандартное буквенно-цифровое обозначение шва определяется формой кромок и характером сварного шва. Например, для ручной электродуговой сварки по ГОСТ 5264—80 стыковые сое-

Таблица 4.7. Вспомогательные знаки в обозначении сварного шва

Знак	Значение знака	Расположение знака относительно полки линии-выноски	
		С лицевой стороны шва	С оборотной стороны шва
○	Усиление шва снять		
⌓	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
⌐	Шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		

Знак	Значение знака	Расположение знака относительно полки линии-выноски	
		С лицевой стороны шва	С оборотной стороны шва
/	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением (угол наклона линии 60°)		
Z	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
○	Шов по замкнутой линии (диаметр знака 3...5 мм)		
⊐	Шов по незамкнутой линии (применяют, если расположение шва ясно из чертежа)		

динения имеют обозначения С1...С25, угловые — У1...У10, тавровые — Т1...Т11, нахлесточные — Н1...Н3.

Приведем примеры условных обозначений сварных швов.

На рис. 4.101 показан шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двухсторонний, выполняемый дуговой ручной сваркой при монтаже изделия, со снятием усиления с обеих сторон.

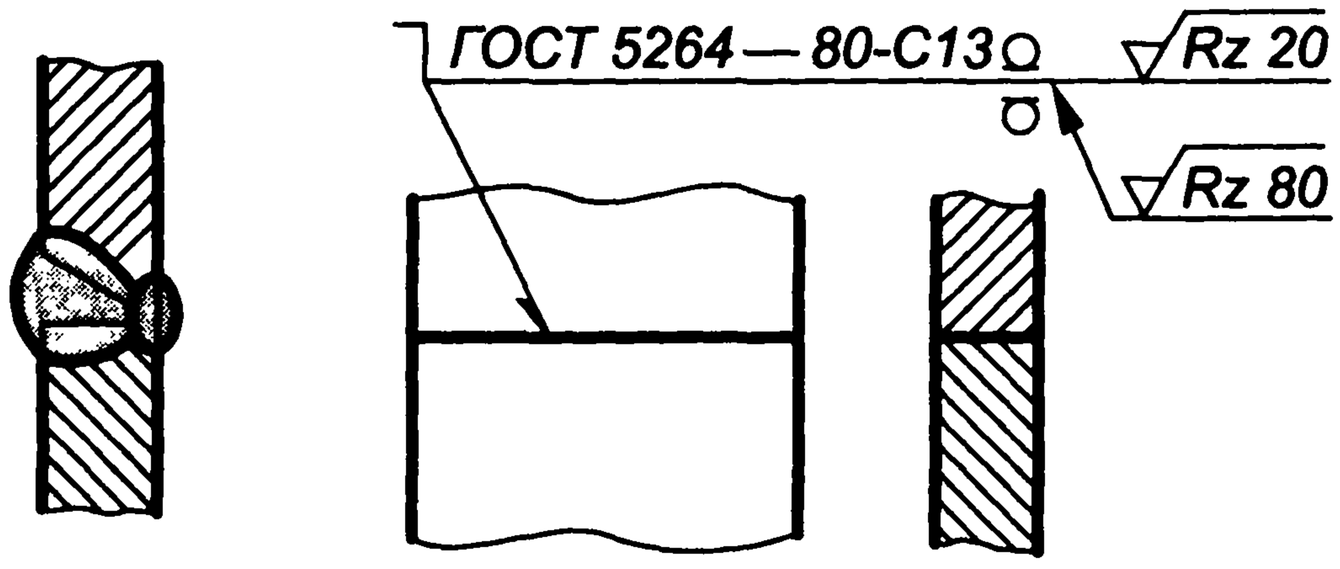


Рис. 4.101

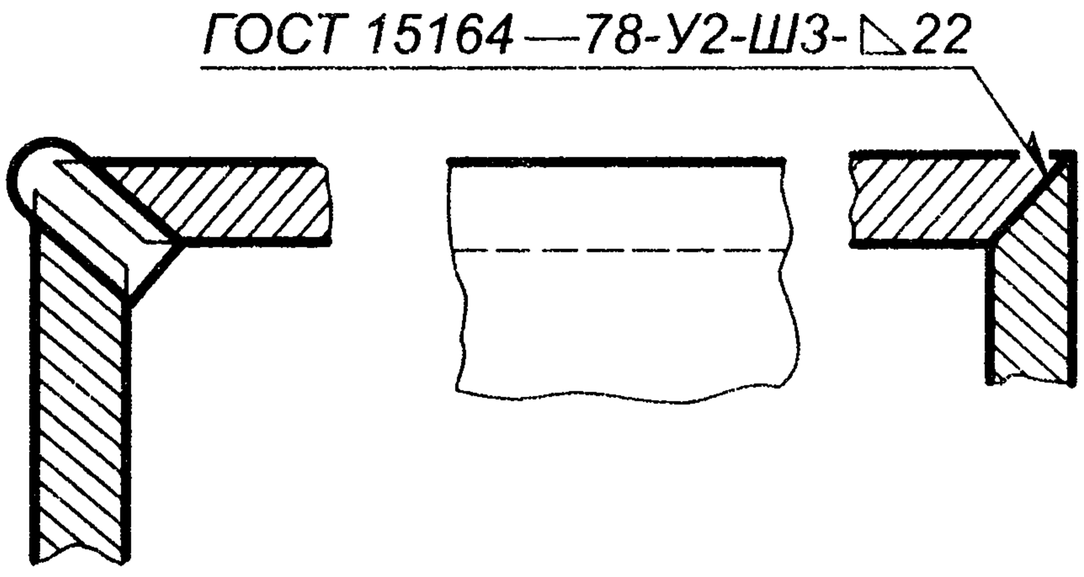


Рис. 4.102

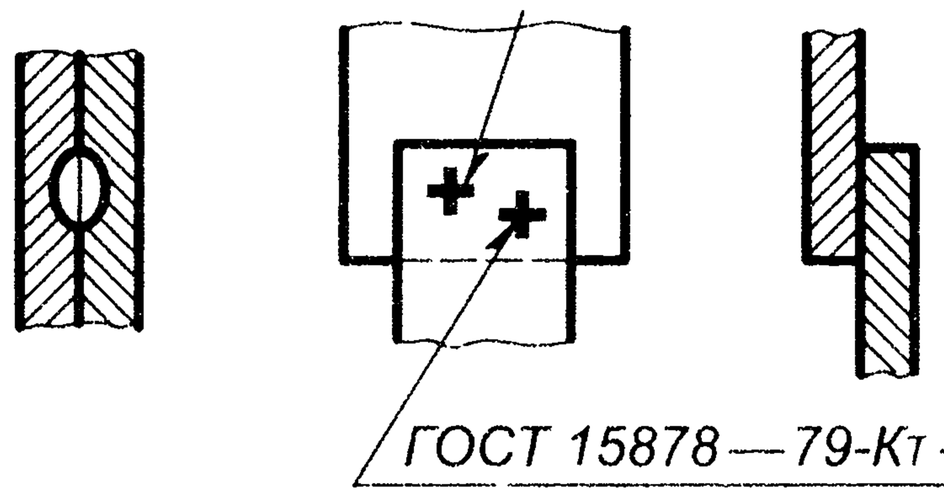


Рис. 4.103

На рис. 4.102 показан шов углового соединения со скосом кромок, выполняемый электрошлаковой сваркой проволочным электродом, катет шва 22 мм.

На рис. 4.103 показаны одиночные сварные точки соединения внахлестку, выполняемые контактной точечной сваркой, с расчетным диаметром литого ядра 5 мм.

Соединения клепаные

Клепаные соединения применяются в конструкциях, работающих под действием значительных ударных и вибрационных нагрузок, в тех случаях, когда недопустима сварка из-за опасности отпуска термообработанных деталей, и при использовании несвариваемых материалов.

Заклепка представляет собой стержень цилиндрической формы с закладной головкой на одном конце и замыкающей головкой на другом конце, образующейся в процессе клепки.

Конструкции заклепок разнообразны и зависят от их назначения.

По форме закладных головок заклепки подразделяются на несколько видов. Наибольшее распространение получили заклепки, показанные на рис. 4.104, *а—г*, соответственно с *полукруглой* (ГОСТ 10299—80), *потайной* (ГОСТ 10300—80), *полупотайной* (ГОСТ 10301—80) и *плоской* (ГОСТ 10303—80) закладными головками.

Применяются также *пустотелые* (рис. 4.105, *а*), *специальные*, или *взрывные* (рис. 4.105, *б*), и другие заклепки.

Соединение двух деталей с помощью заклепок с полукруглой головкой выполняется следующим образом. В соединяемых деталях (рис. 4.106) сверлят отверстия, диаметры которых несколько больше диаметра заклепки. Затем в эти отверстия вставляют заклепки. Длина стержня заклепки *L* выбирается из стандартного

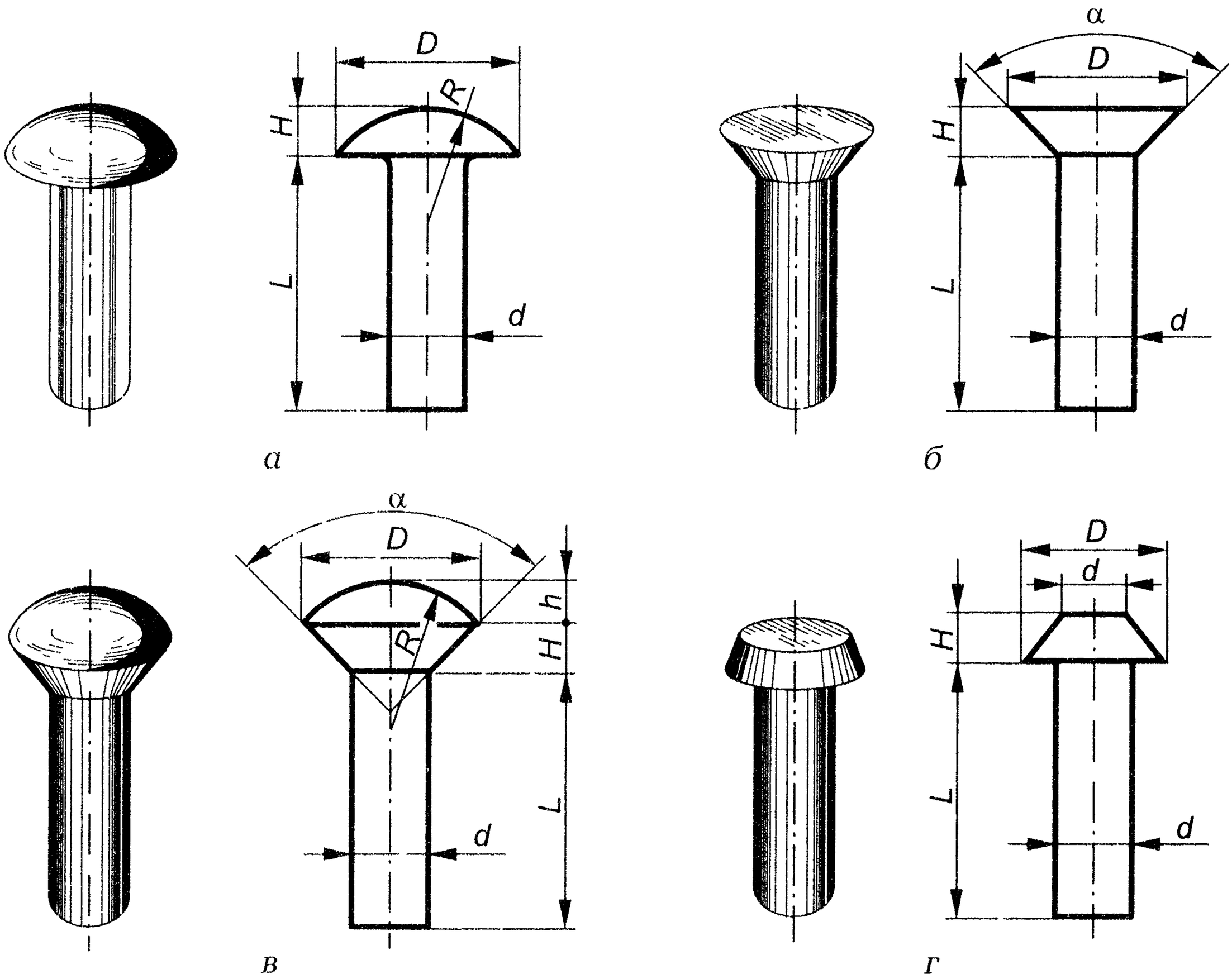


Рис. 4.104

ряда таким образом, чтобы выступающая из деталей его часть l_1 была достаточной для оформления замыкающей головки. Головку заклепки (рис. 4.107) подпирают снизу поддержкой с выточкой, соответствующей ее форме. Свободный конец l_1 стержня осаживают через оправку и расклепывают (вручную, пневмомолотком, на прессе и т. п.) до образования замыкающей головки. Осаживаясь, стержень заклепки заполняет отверстия в соединяемых деталях и обеспечивая плотность соединения.

До расклепки	*Расклепанная*	*До расклепки*	*Расклепанная*

Рис. 4.105

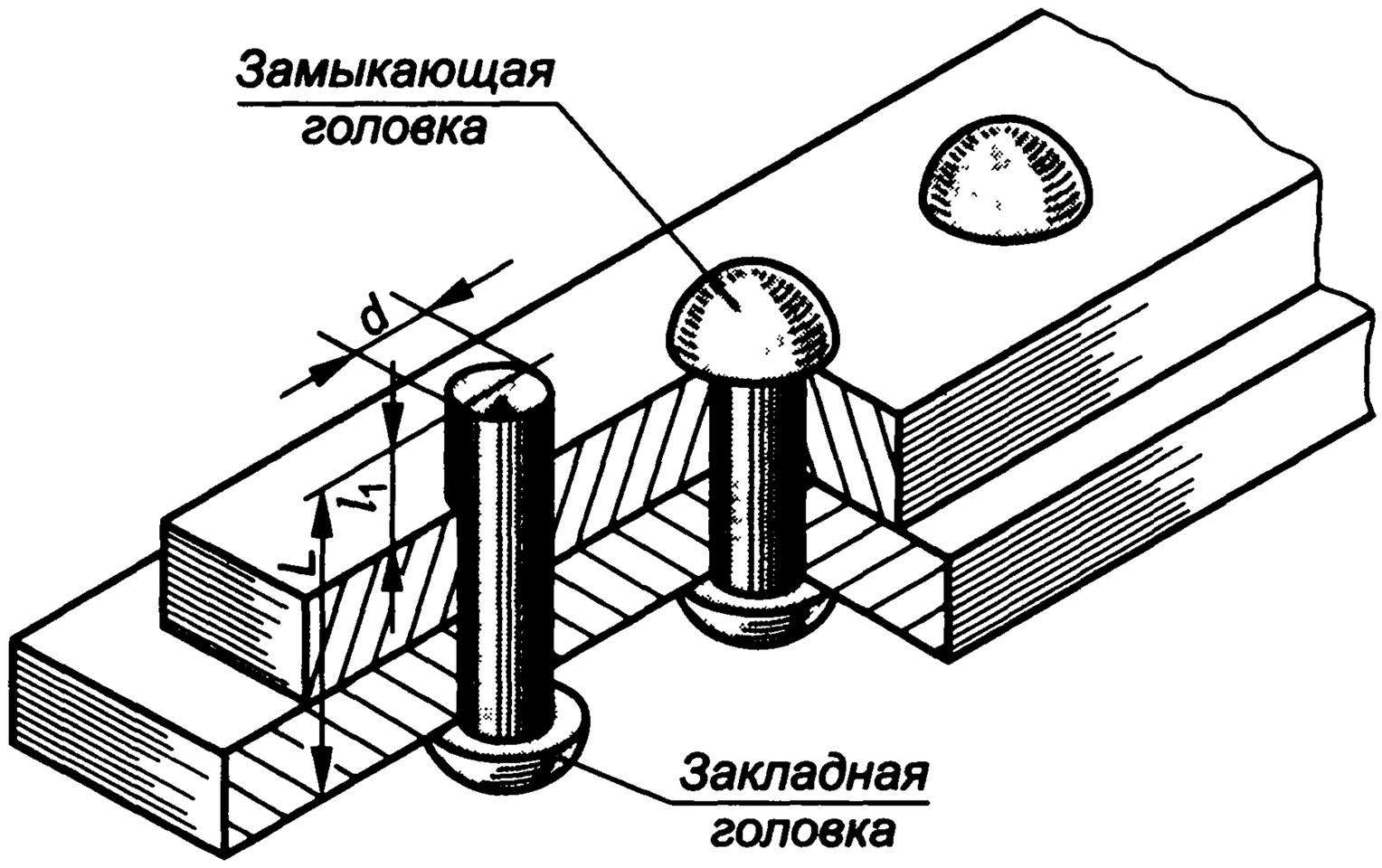


Рис. 4.106

Классификация заклепочных швов. По характеру взаимного расположения соединяемых деталей различают *нахлесточные* заклепочные швы, в которых одна деталь накладывается на другую (рис. 4.108, *а*), и *стыковые*, в которых склепываемые детали примыкают одна к другой через одну (рис. 4.108, *б*) или две (рис. 4.108, *в*) накладки.

По числу рядов заклепок швы подразделяются на *однорядные* (рис. 4.109, *а*) и *многорядные* (рис. 4.109, *б*, *в*), а по расположению заклепок — на *параллельные* (см. рис. 4.109, *б*) и в *шахматном порядке* (см. рис. 4.109, *в*).

Изображение заклепочных швов. При выполнении рабочих чертежей клепаного соединения допускается применять упрощения (рис. 4.110), т.е. изображать заклепки в одном-двух местах, а остальные показывать условно центровыми или осевыми линиями.

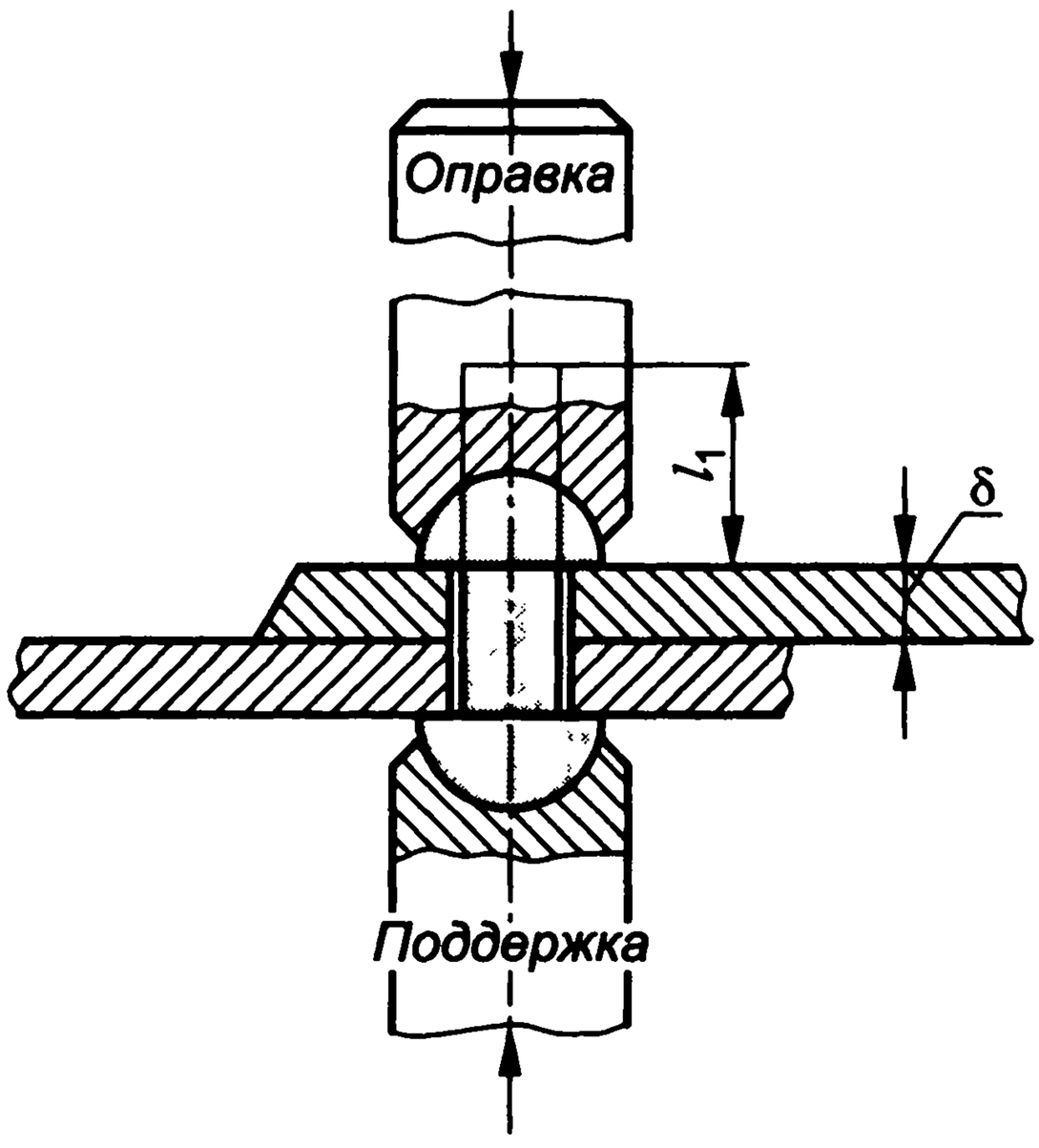
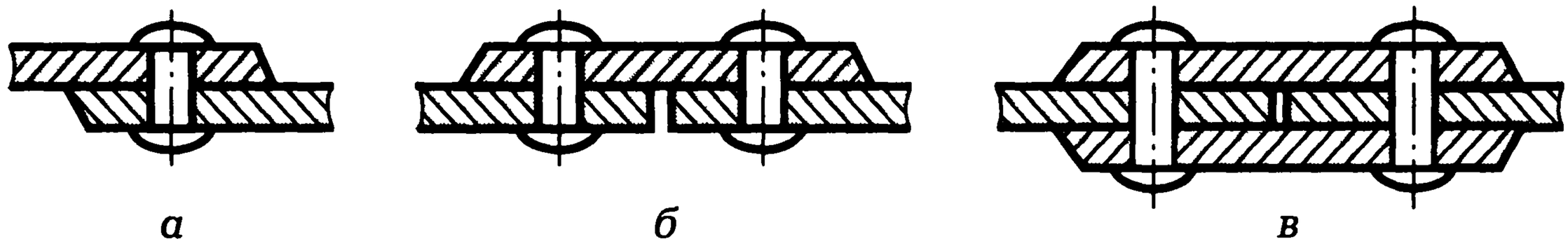
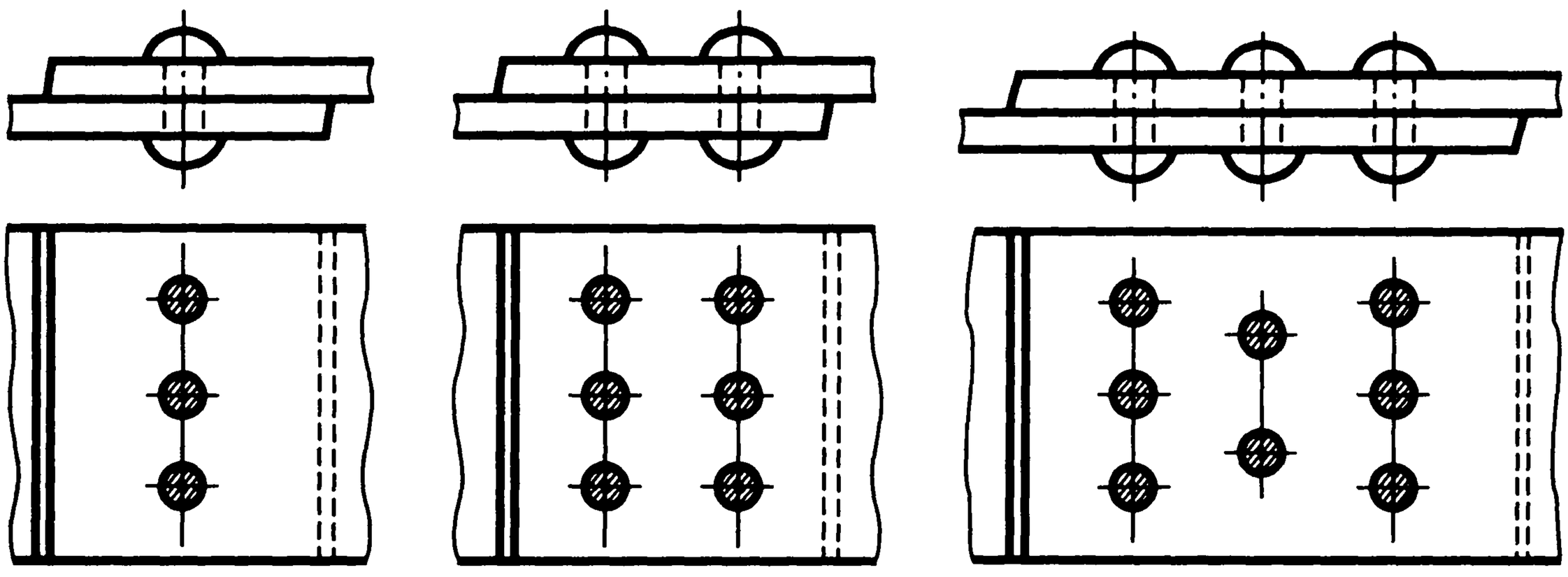


Рис. 4.107



а *б* *в*

Рис. 4.108



а *б* *в*

Рис. 4.109

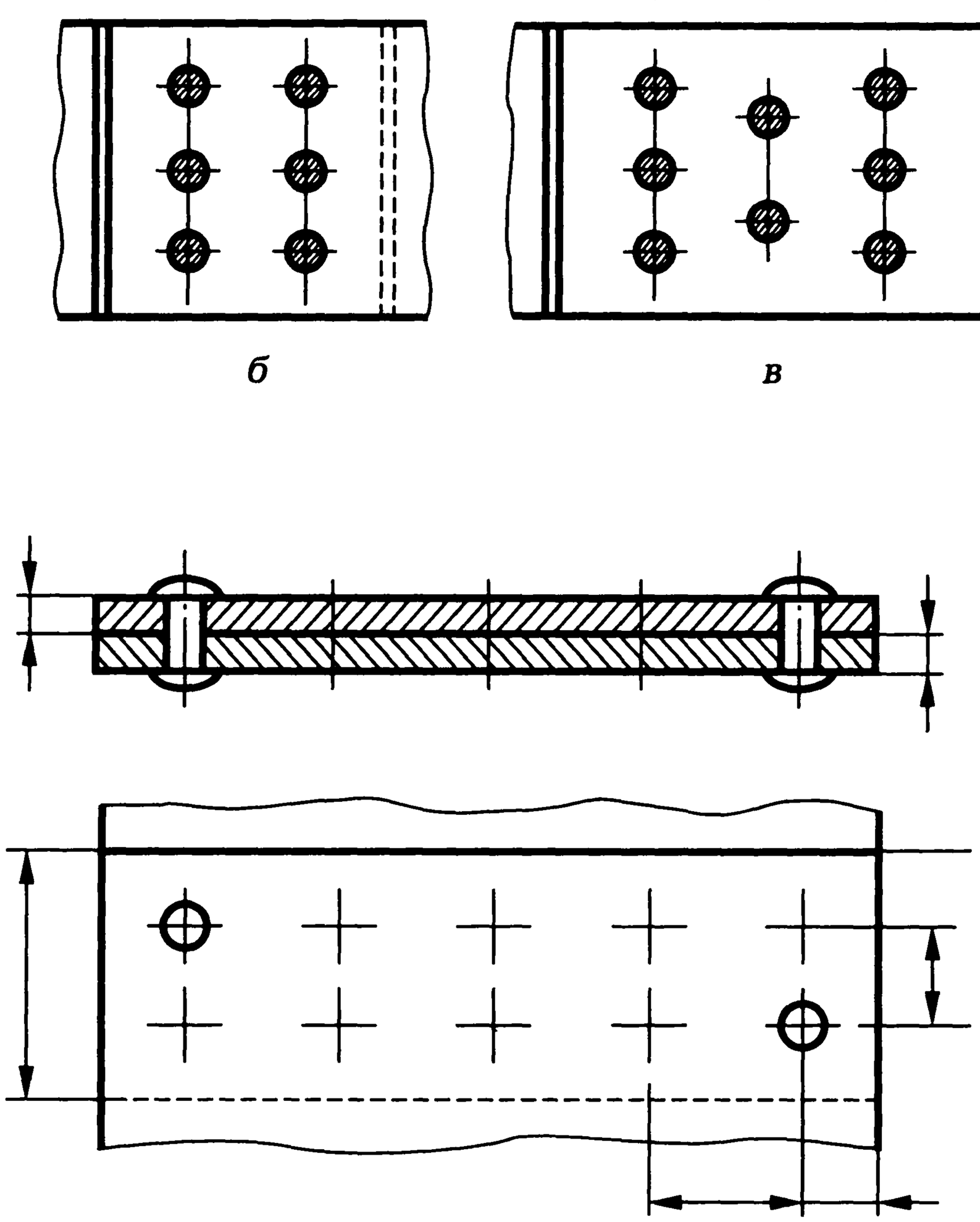


Рис. 4.110

Обозначение заклепок. Условное обозначение заклепки включает в себя наименование, диаметр стержня *d*, длину *L*, группу материала, условное обозначение покрытия и номер стандарта, например:

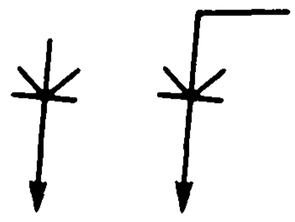
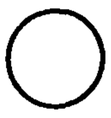
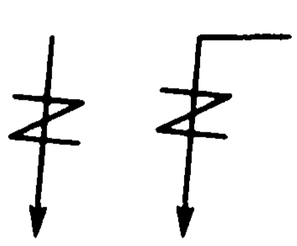
Заклепка 8 × 20.38. М3. Н6 ГОСТ 10300—80 — это заклепка с потайной головкой диаметром 8 мм, длиной 20 мм, из меди М3, с никелевым покрытием (Н) толщиной 6 мкм.

Соединение пайкой, склеиванием, сшиванием

Изображение и обозначение соединений пайкой, склеиванием и сшиванием на чертеже определяет ГОСТ 2.313—82. В табл. 4.8 приведены условные обозначения швов, выполняемых пайкой, склеиванием и сшиванием, которые наносятся на наклонном участке линии-выноски, начинающейся двухсторонней стрелкой и заканчивающейся окружностью диаметром 3...5 мм, если паяный и клееный швы выполнены по периметру.

В соединениях, получаемых пайкой и склеиванием, место соединения элементов изображают сплошной линией толщиной 2*s*. Соединения, получаемые сшиванием, изображают на чертеже тонкой сплошной линией.

Таблица 4.8. Условные обозначения швов, выполняемых пайкой, склеиванием, сшиванием

Вид соединения	Условное обозначение шва	Обозначение на чертеже
Пайка		
Склеивание		
Пайка или склеивание по периметру		
Сшивание		

Пайкой называется процесс получения неразъемного соединения материалов посредством нагрева их ниже температуры плавления и заполнения зазора между ними расплавленным припоем.

Припой — это металл или сплав, вводимый в зазор между деталями и имеющий более низкую температуру плавления, чем соединяемые материалы.

По типу шва различают следующие основные паяные соединения: *нахлесточные* — ПН-1...ПН-3 (рис. 4.111, *а*), *тавровые* — ПТ-1...ПТ-4 (рис. 4.111, *б*), *стыковые* — ПВ-1, ПВ-2 (рис. 4.111, *в*), *косостыковые* — ПВ-3, ПВ-4 (рис. 4.111, *г*), *телескопические* — ПН-4...ПН-6 (рис. 4.111, *g*), *угловые* — ПУ-1...ПУ-3 (рис. 4.111, *е*), *соприкасающиеся* — ПС-1...ПС-5 (рис. 4.111, *ж*). Возможны комбинированные паяные соединения, представляющие собой совокупность основных паяных соединений, например телескопического и стыкового (рис. 4.111, *з*).

Прочность и качество паяного шва зависят от площади соприкосновения соединяемых деталей, зазора между ними (рекомендуемый зазор 0,05...0,15 мм) и правильности выбора припоя.

Припои в зависимости от температуры плавления подразделяются на *легкоплавкие* (до 400 °С) и *тугоплавкие* (выше 400 °С).

Пайка легкоплавкими припоями применяется в тех случаях, когда нельзя нагревать основной материал до высокой температуры или при пониженных требованиях к прочности соединения. Наибольшее распространение получили оловянно-свинцовистые

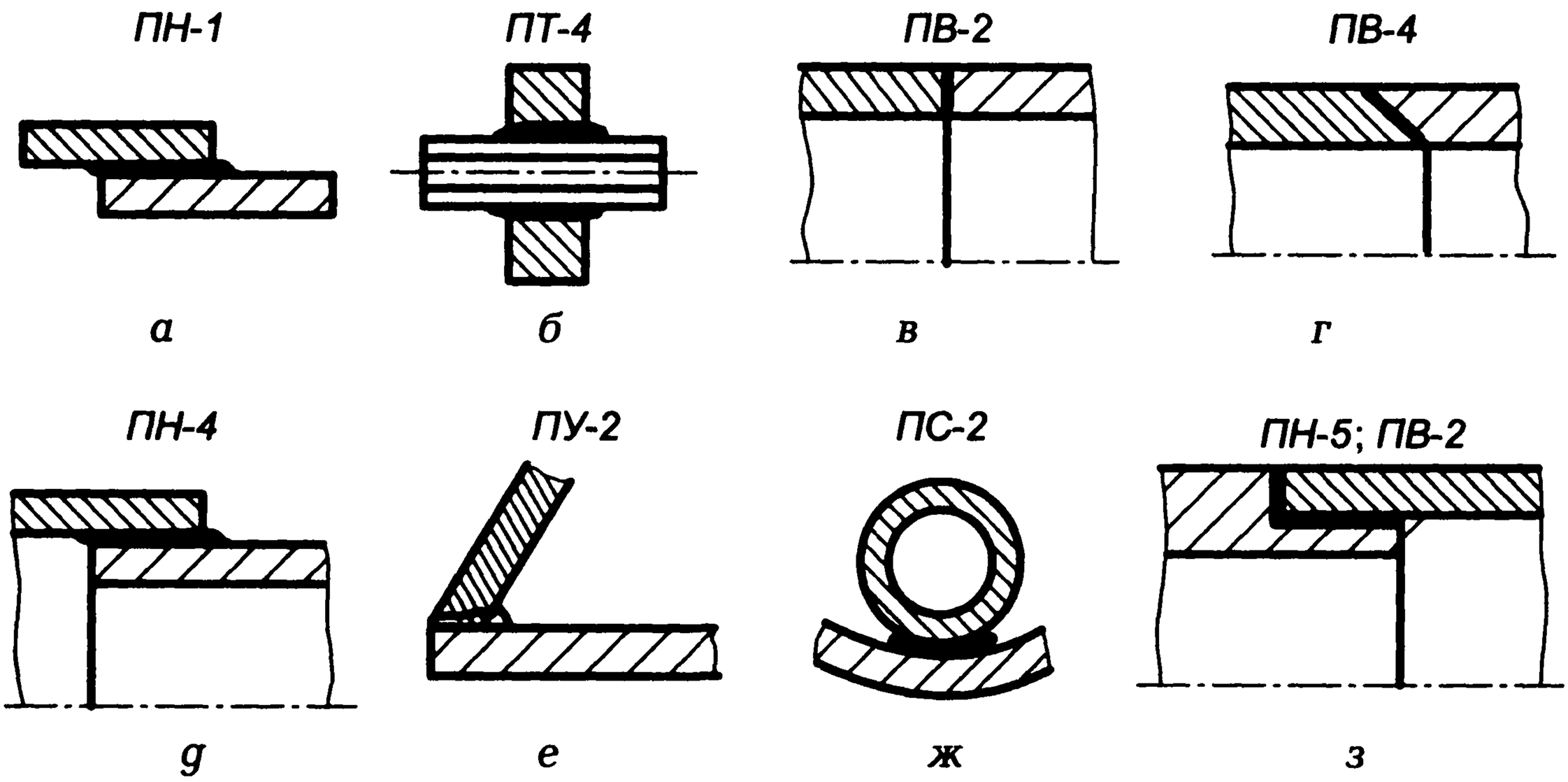
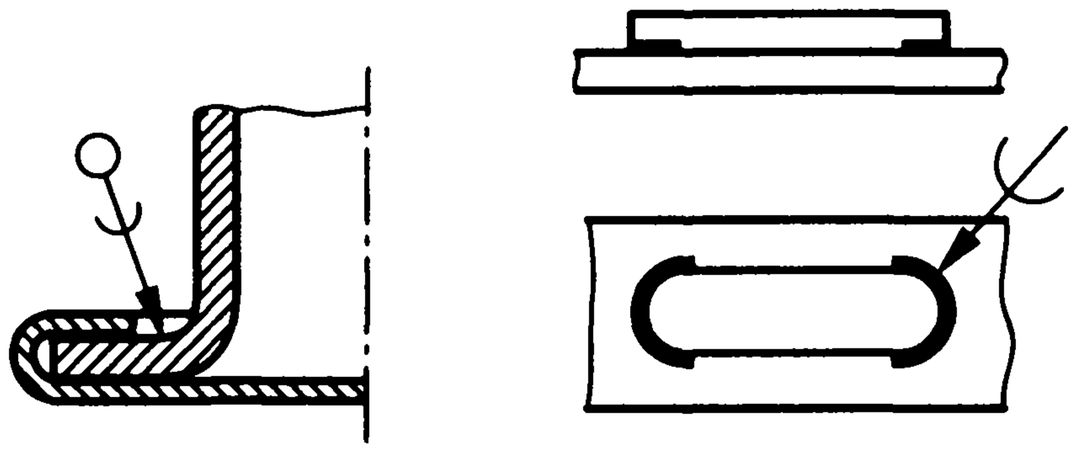


Рис. 4.111



а *б*

Рис. 4.112

припои ПОС-90 (температура плавления 183...223 °С), ПОС-40 (183...235 °С) и ПОС-30 (183...256 °С). Для выполнения пайки легкоплавкими припоями обычно используют паяльники.

Пайка тугоплавкими припоями применяется для получения соединений, прочных при высоких температурах, а также соединений вязких, стойких к усталости и коррозии. Наибольшее распространение получили медно-цинковые припои ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54 (температура плавления 800...900 °С), серебряные припои ПСр-70, ПСр-45, ПСр-25 (600...900 °С), а также чистая медь марок М1 и М2 (1 083 °С) и латуни марок Л62 (805 °С) и Л68 (835 °С).

Детали, спаянные тугоплавкими припоями, можно подвергать любому виду термообработки (улучшению, нормализации, закалке и т. п.). Для выполнения пайки тугоплавкими припоями используют паяльные лампы, газовые горелки, горны и электрические печи.

Для обозначения паяного соединения применяют условные знаки, показанные в табл. 4.8. На рис. 4.112, *а* показано обозначение швов, выполненных по замкнутому контуру, а швов, ограниченных определенным участком, — на рис. 4.112, *б*.

Обозначение припоя по соответствующему стандарту или техническим условиям указывается в технических требованиях чертежа в следующем виде:

ПОС-40 ГОСТ ...

Условное обозначение шва паяного соединения включает в себя буквенно-цифровое обозначение его типа, размер сечения и длину, например:

ПН-1 0,05 × 10 × 150 ГОСТ ... — это нахлесточный паяный шов ПН-1, толщиной 0,05 мм, шириной 10 мм и длиной 150 мм.

Склеиванием называется соединение деталей тонким слоем быстрозатвердевающего состава — клея.

Склеивание применяют в тех случаях, когда нежелательно или невозможно механическое крепление деталей.

В машино- и приборостроении в основном применяются клеи на основе органических полимерных смол, например фенольные, полиуретановые, эпоксидные и полиэфирные.

В радиотехнике, электротехнике и приборостроении применяются следующие виды клеев:

- резиновый — для склеивания резины, кожи и ткани;
- № 88 — для склеивания металлов с неметаллическими материалами;
- БФ-2 и БФ-4 — для склеивания пластмасс с древесиной, металлом и кожей;
- бакелитовый — для склеивания тонкостенных деталей, бумаги, ткани, пластмасс и древесины;
- эпоксидный — для склеивания и герметизации соединений из стали, алюминия и их сплавов, керамики, стекла и других материалов;
- казеиновый — для склеивания деталей из древесины;
- карбинольный — для склеивания в различных сочетаниях стали, чугуна, стекла, пластмасс, мрамора, текстолита.

При склейке стали и сплавов поверхности соприкасаемых деталей должны быть шероховатыми.

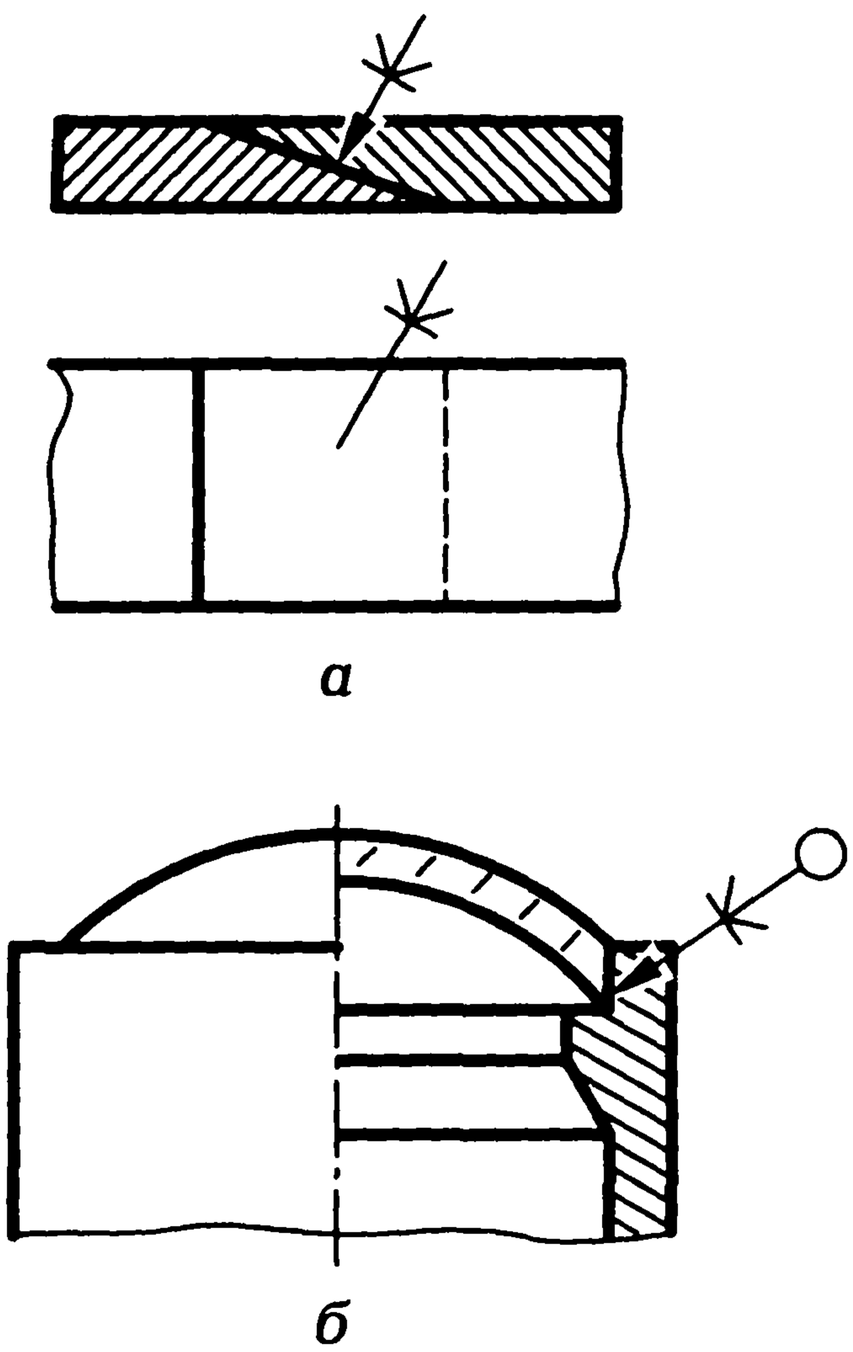


Рис. 4.113

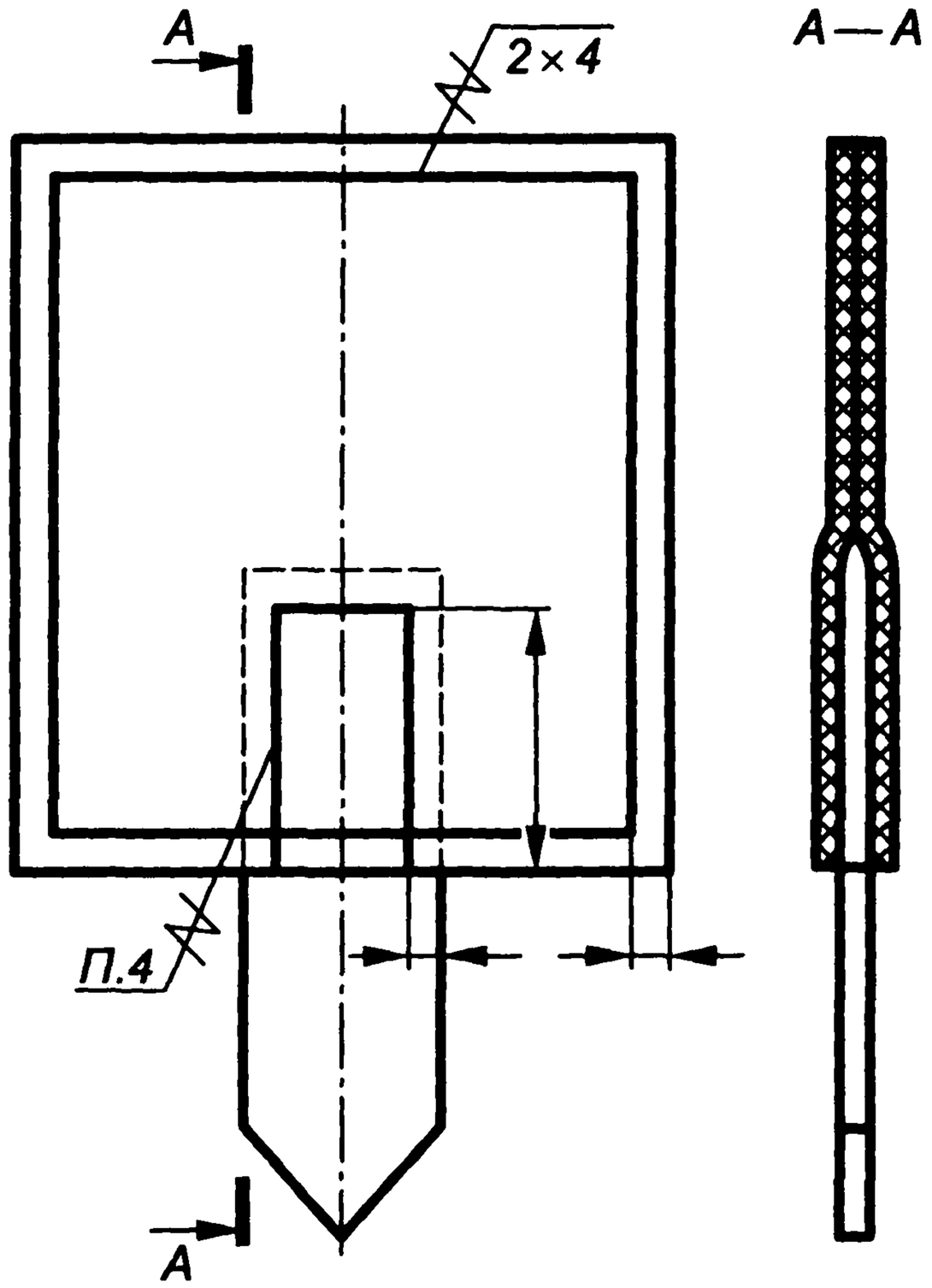


Рис. 4.114

Для обозначения клееного соединения применяют условный знак, показанный в табл. 4.8. Чертежи соединений, получаемых склеиванием с косым срезом и по замкнутой линии, показаны соответственно на рис. 4.113, *а*, *б*. Обозначение рекомендуемого клея (клеящего вещества) по соответствующему стандарту или техническим условиям приводится в технических требованиях чертежа в следующем виде: *Клей БФ-2 ГОСТ ...*

Сшиванием называется процесс соединения деталей нитью.

Соединения, получаемые сшиванием (рис. 4.114), обозначают условным знаком, показанным в табл. 4.8.

Обозначение материала (ниток и т.п.) по соответствующему стандарту или техническим условиям, а также сведения, характеризующие шов, в том числе число ниток и размеры стежка, приводятся в технических требованиях чертежа. Ссылку на номер пункта технических требований помещают на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва (см. П.4 на рис. 4.114).

Если соединение имеет несколько рядов швов, то на чертеже изображается только один шов, расположенный ближе к краю, а число швов и расстояние между ними указываются под полкой линии-выноски (см. 2×4 на рис. 4.114).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие виды неразъемных соединений вы знаете?
2. Что называется сваркой и какие виды сварки получили наибольшее распространение?
3. По каким признакам классифицируются сварные швы?
4. Как условно изображаются сварные швы?
5. Какие данные указываются в условном обозначении сварных швов?
6. Какой вид имеют стрелки линий-выносок при обозначении сварного шва?
7. В каких случаях применяются заклепочные соединения?
8. По каким признакам классифицируются заклепочные швы?
9. Какие данные указываются в условном обозначении заклепок?
10. Какие упрощения допускаются при условном изображении заклепок на рабочих чертежах?
11. Как условно обозначаются на чертеже швы, выполняемые пайкой, склеиванием и сшиванием?
12. Где указывается номер пункта технических требований к качеству паяных, клееных и сшивных изделий?

4.7. ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Общие положения

Движение от одного элемента механизма к другому передается с помощью различных деталей, совокупность которых называется *передачей*. В машиностроении широко применяются механические, электрические, пневматические и гидравлические передачи.

Все механические передачи по принципу действия подразделяются на передачи, основанные на использовании трения, — *фрикционные* и *ременные*, и передачи, основанные на использовании зацеплений, — *зубчатые*, *червячные*, *цепные* и с *применением храпового механизма*.

Из всех механических передач, применяемых в машинах и приборах, наибольшее распространение получили зубчатые.

Зубчатые передачи служат для передачи вращательного движения от одного вала к другому или для преобразования вращательного движения в поступательное.

Достоинствами зубчатых передач являются постоянное передаточное число, высокий КПД (в отдельных случаях до 0,99), компактность, простота эксплуатации, неограниченный диапазон передаваемых мощностей. Недостатками зубчатых передач являются сравнительная сложность изготовления, требующая специального оборудования и инструмента, повышенный шум при работе на высоких скоростях вследствие неточности изготовления и необходимость точного монтажа.

Зубчатая передача состоит из двух зубчатых колес, работающих в зацеплении. Колесо передачи с меньшим числом зубьев, сообщающее движение другому, называется *ведущим* (*шестерней*), а колесо с большим числом зубьев, принимающее движение, — *ведомым* (*колесом*). Зубья ведущих колес обозначаются буквой z с нечетными индексами (z_1, z_3, z_5 и т. д.), а ведомых — буквой z с четными индексами (z_2, z_4, z_6 и т. д.).

Классификация зубчатых передач. По *расположению центров* различают зубчатые передачи с внешним зацеплением (рис. 4.115, *а*), в которых центры колес находятся с разных сторон от зоны контакта, и с внутренним зацеплением (рис. 4.115, *б*), в которых центры колес расположены по одну сторону от зоны контакта.

По *расположению валов* в пространстве различают следующие зубчатые передачи:

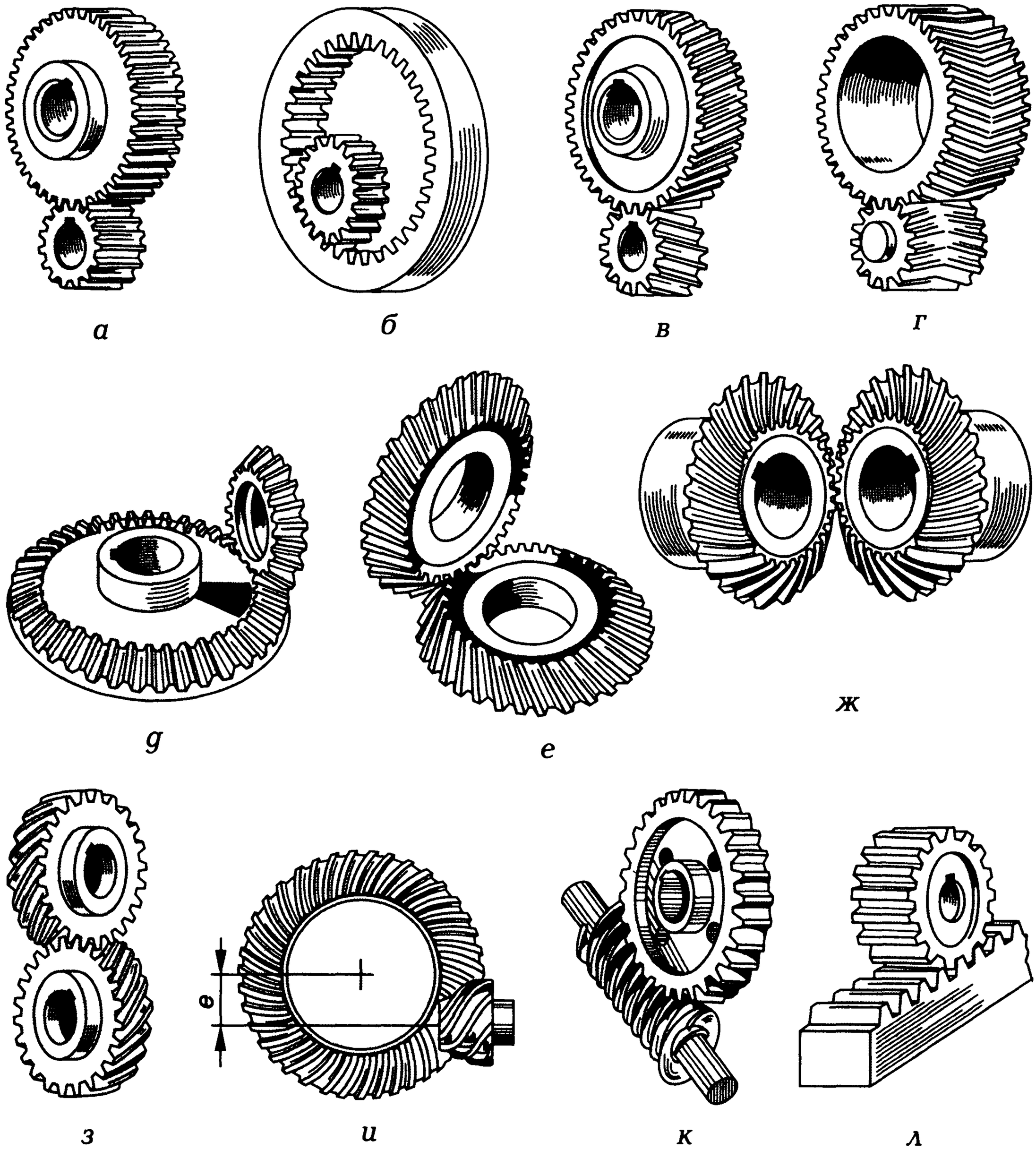


Рис. 4.115

- с параллельными осями валов и цилиндрическими колесами (рис. 4.115, *а*—*г*);
- пересекающимися осями валов и коническими колесами (рис. 4.115, *д*—*ж*);
- скрещивающимися осями валов и цилиндрическими винтовыми колесами (рис. 4.115, *з*);
- скрещивающимися осями валов и коническими колесами — гипоидные (рис. 4.115, *и*);
- скрещивающимися осями валов и червяка с винтом — червячные (рис. 4.115, *к*);

- служащие для преобразования вращательного движения в поступательное (и наоборот) с помощью шестерни и рейки (рис. 4.115, *л*).

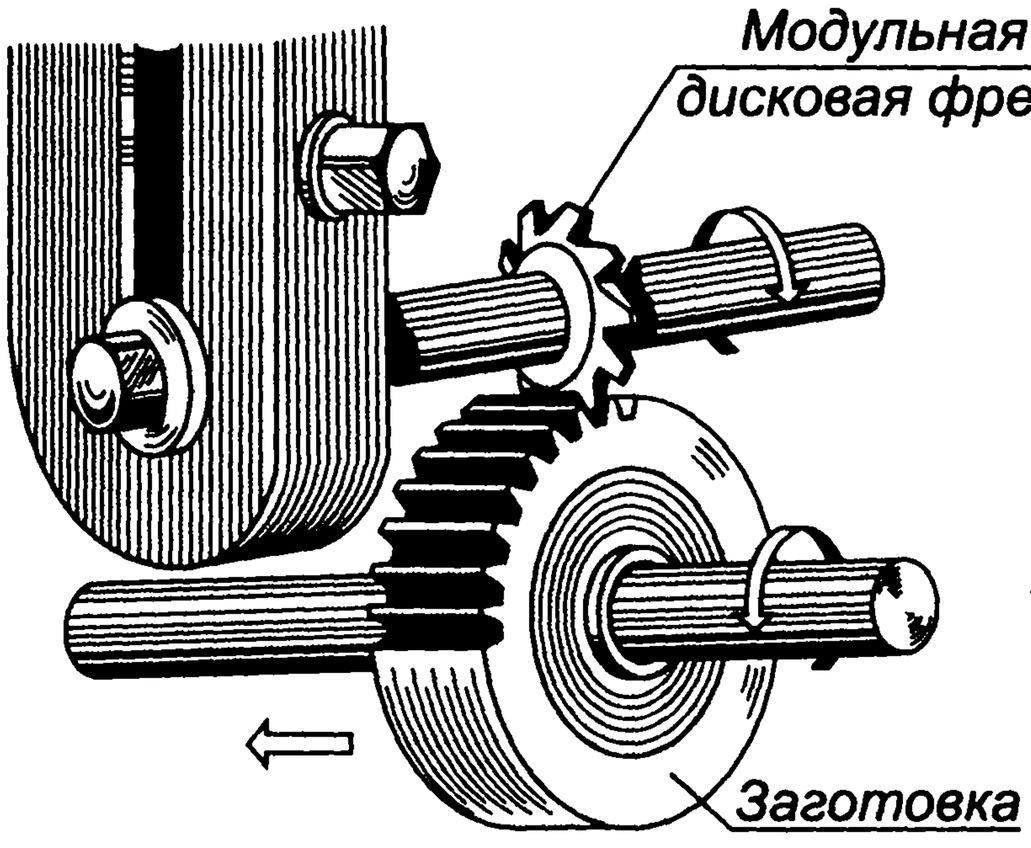
По *наклону зубьев* зубчатые передачи подразделяются на прямозубые (см. рис. 4.115, *а*, *б*), косозубые (см. рис. 4.115, *в*), шевронные (см. рис. 4.115, *г*) и винтовые (см. рис. 4.115, *ж*—*и*).

По *форме профиля* зубьев различают эвольвентные (профиль очерчен по эвольвенте), циклоидные (профиль очерчен по циклоиде) и передачи с зацеплением Новикова (профиль очерчен дугой окружности).

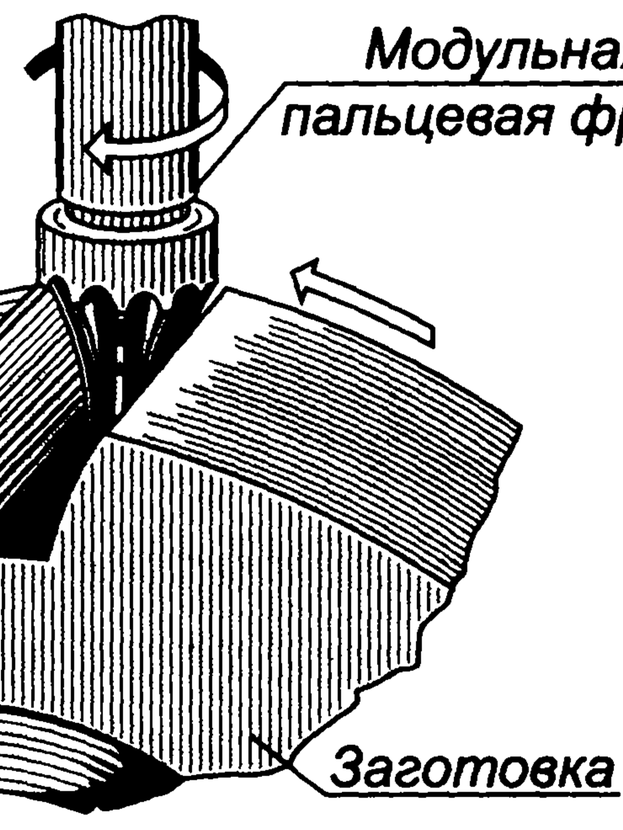
По *окружной скорости* зубчатые передачи подразделяются на тихоходные ($v < 3$ м/с), среднескоростные ($15 > v > 3$ м/с) и быстроходные ($v > 15$ м/с).

Изготовление зубчатых колес. В зависимости от назначения зубчатые колеса изготавливают *копированием* или *обкаткой*. При копировании используют литье, штамповку и нарезание. Для тихоходных передач применяются колеса с литыми зубьями (лебедки, сельскохозяйственные машины). Для более точных механизмов колеса изготавливаются нарезанием с использованием для этого следующих основных методов:

- копирование на фрезерных или специальных зуборезных станках. При копировании зубчатого колеса профиль поверхности зубьев является как бы копией профиля режущего инструмента, и в процессе нарезания впадины между зубьев копируется профиль модульной дисковой (рис. 4.116, *а*) или пальцевой (рис. 4.116, *б*) фрезы. Затем заготовку поворачивают на один зуб, и процесс повторяется;



а



б

Рис. 4.116

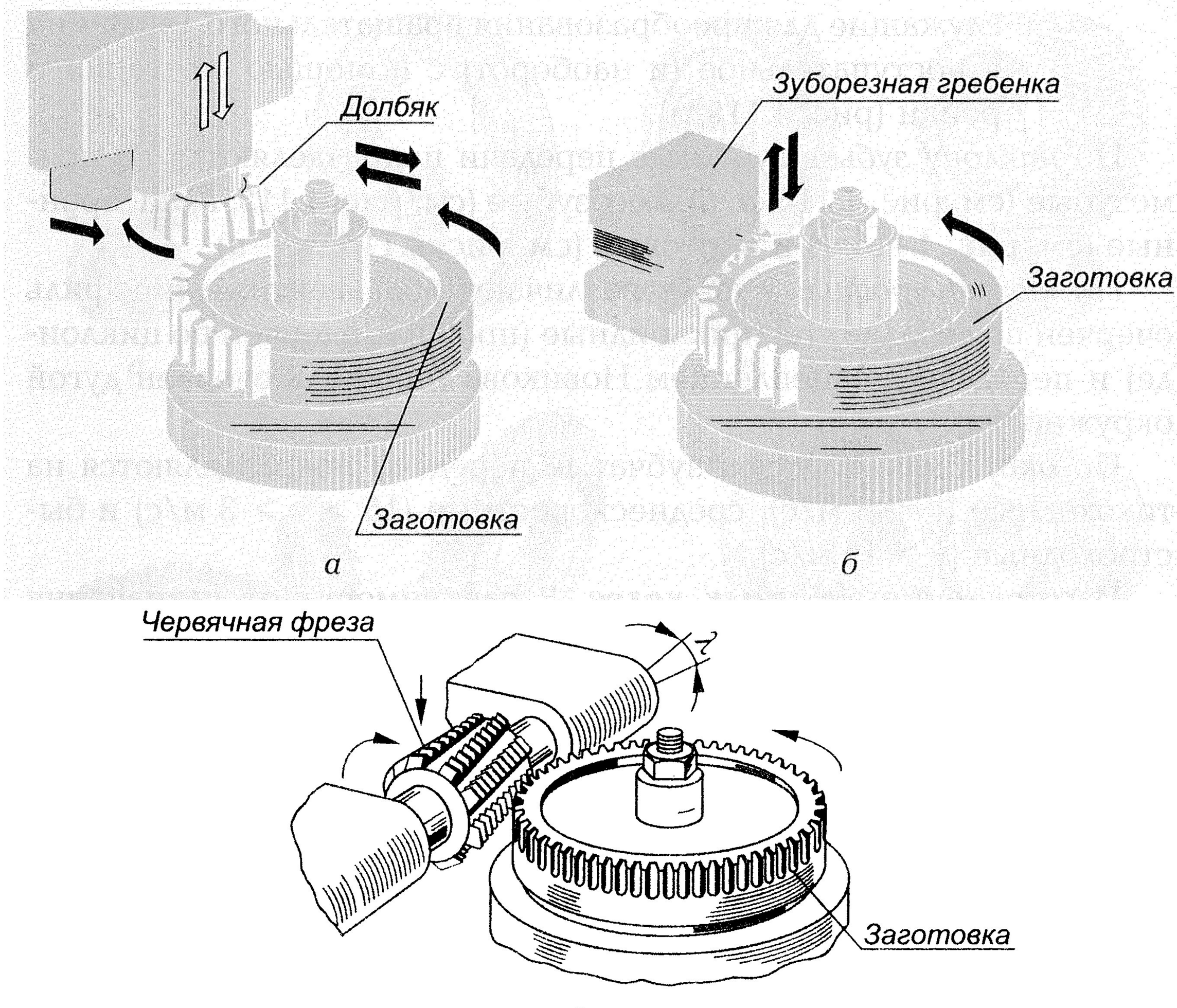


Рис. 4.117

- обкатка заготовки в холодном или горячем состоянии. В этом случае режущий инструмент — долбяк (рис. 4.117, *а*), зуборезная гребенка (рис. 4.117, *б*) или червячная фреза (рис. 4.117, *в*) в процессе нарезания обкатывается с заготовкой как зубчатая пара, обеспечивая получение более высокой степени точности зацепления.

Цилиндрические зубчатые передачи

Цилиндрическая зубчатая передача применяется для передачи вращения от одного вала к другому, когда их оси параллельны.

Основными рабочими элементами зубчатых колес (рис. 4.118) являются *зубья* — выступы на колесе, передающие движение посредством взаимодействия с соответствующими выступами другого колеса.

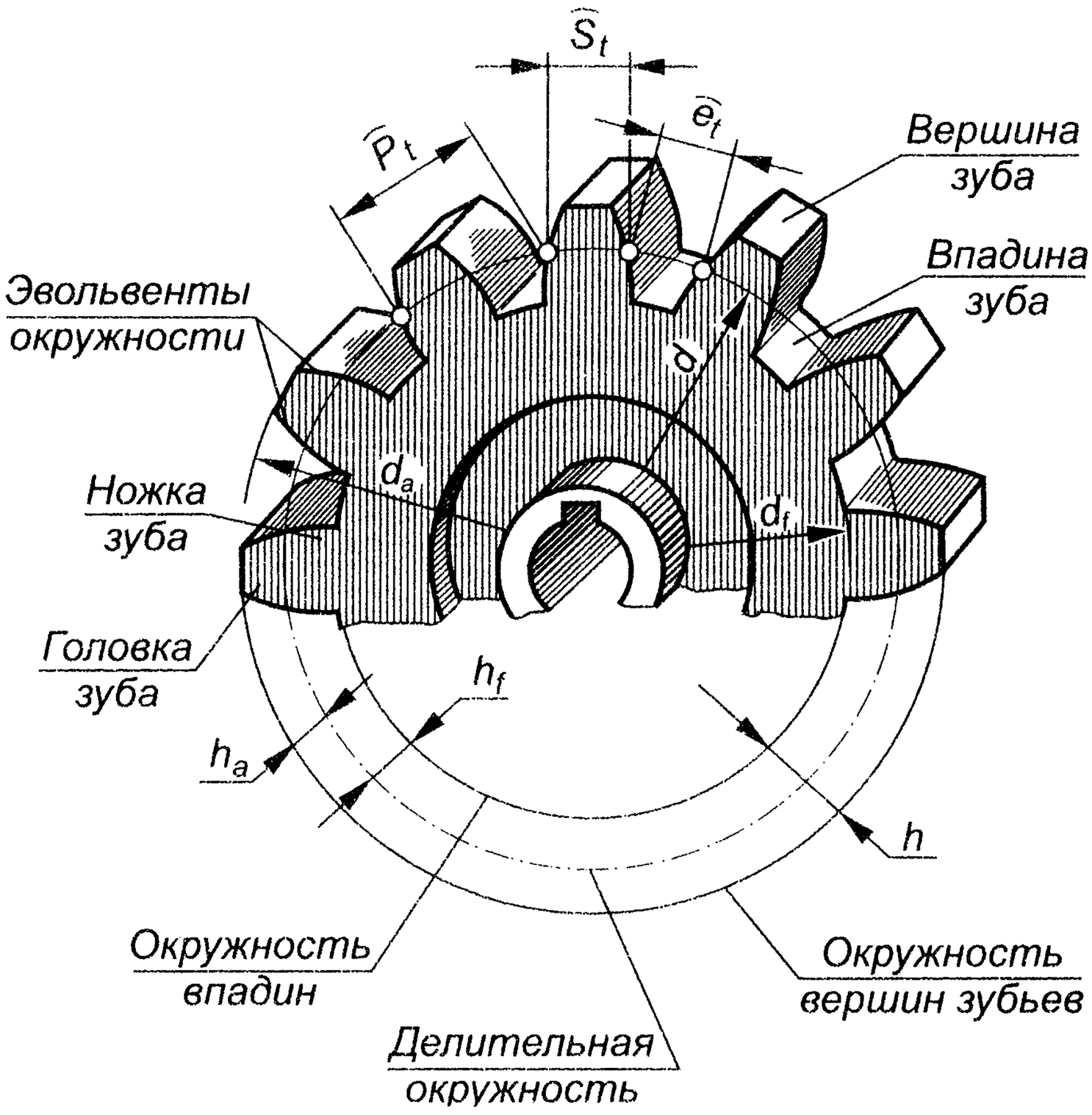


Рис. 4.118

Элементы цилиндрических зубчатых колес. Рассмотрим термины, определения и обозначения, характеризующие зубчатые передачи (ГОСТ 16530—70...16532—70).

Окружной делительный шаг P_t — расстояние между одноименными профилями соседних зубьев по дуге делительной окружности.

Модуль m — линейная величина в π раз меньше делительного шага ($m = P_t/\pi$), являющаяся основным параметром зубчатого колеса.

Делительная поверхность (*делительная окружность с диаметром* d) — цилиндрическая поверхность зубчатого колеса, являющаяся базовой при определении элементов зубьев и их размеров:

$$d = P_t z/\pi, \text{ или } d = mz.$$

Делительная поверхность отделяет головку от ножки зуба.

Головка зуба высотой h_a — часть зуба, заключенная между делительной поверхностью и поверхностью его вершин:

$$h_a = m.$$

Ножка зуба высотой h_f — часть зуба, заключенная между делительной поверхностью и поверхностью впадин:

$$h_f = 1{,}25m.$$

Высота зуба h — радиальное расстояние между поверхностями вершин и впадин:

$$h = (d_a - d_f)/2, \text{ или } h = h_a + h_f = m + 1{,}25m = 2{,}25m.$$

Поверхность вершин (окружность вершин диаметром d_a) — цилиндрическая поверхность, ограничивающая зубья со стороны, противоположной телу зубчатого колеса:

$$d_a = d + 2m, \text{ или } d_a = mz + 2m = m(z + 2).$$

Поверхность впадин (окружность впадин с диаметром d_f) — цилиндрическая поверхность, отделяющая зубья от тела зубчатого колеса:

$$d_f = d_a - 2h, \text{ или } d_f = d - 2h_f = mz - 2{,}5m = m(z - 2{,}5).$$

Окружная толщина зуба S_t — расстояние между профилями зуба по дуге делительной окружности:

$$S_t = P_t/2 = 0{,}5\pi m.$$

Окружная ширина впадины e_t — расстояние между соседними профилями зубьев по дуге делительной окружности:

$$e_t = S_t.$$

Изображения цилиндрических зубчатых колес. Правила условного изображения зубчатых колес устанавливает ГОСТ 2.402—68.

1. Окружности и образующие поверхностей вершин зубьев изображаются на чертеже сплошными толстыми основными линиями (рис. 4.119, *а—в*).

2. Окружности и образующие поверхностей впадин зубьев в разрезах и сечениях выполняются сплошными толстыми основ-

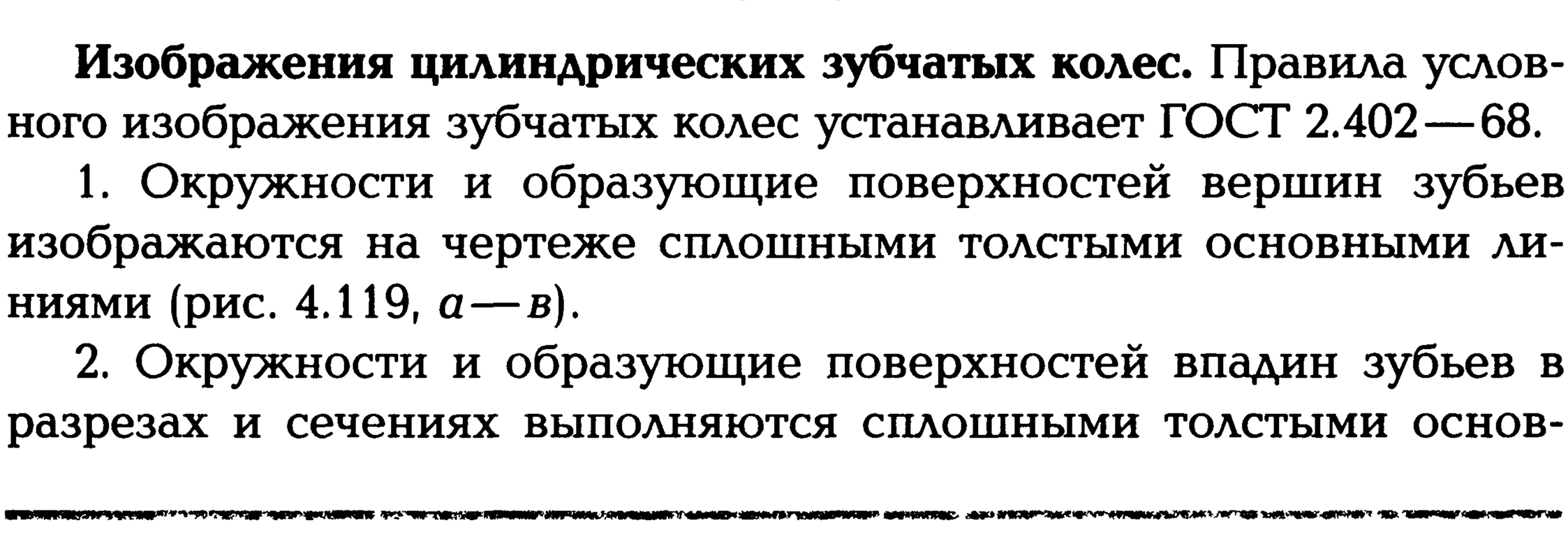
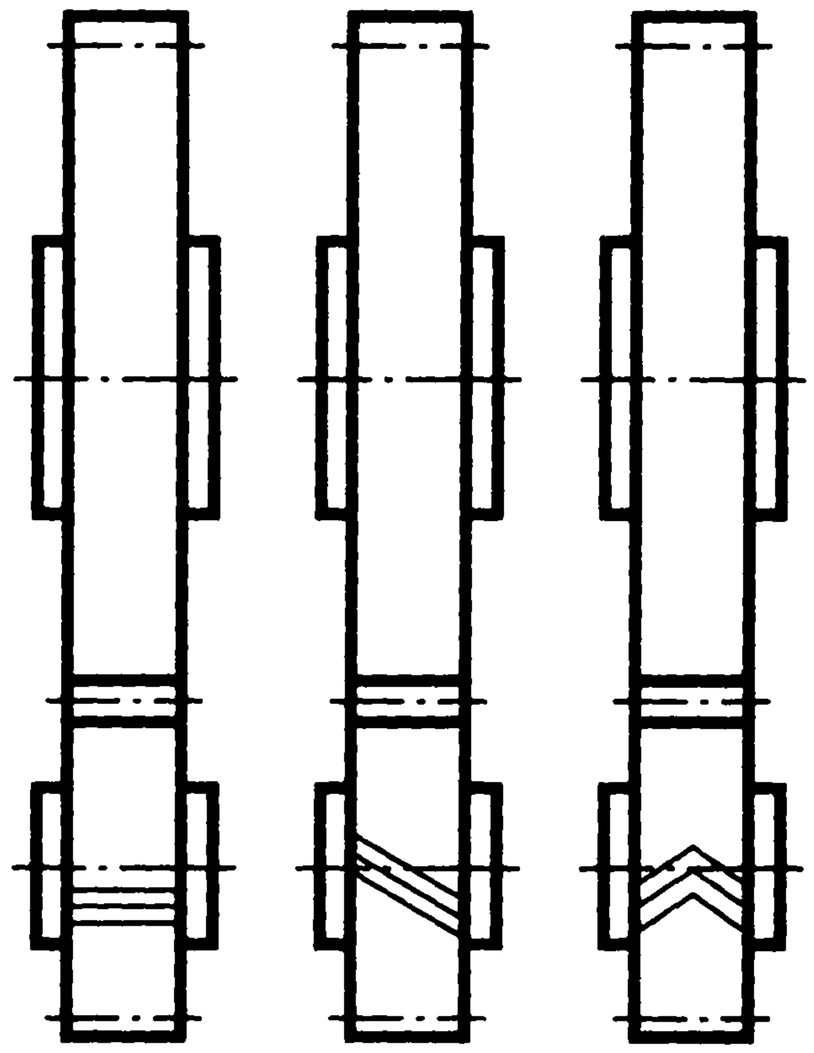


Рис. 4.119

Рис. 4.120



ными линиям. На видах их допускается показывать сплошными тонкими линиями (см. рис. 4.119, *б*).

3. Делительные окружности и образующие делительных поверхностей изображаются штрихпунктирными тонкими линиями (см. рис. 4.119, *а—в*).

4. На главном изображении зубчатые колеса выполняются почти всегда в разрезе. Если секущая плоскость проходит через ось зубчатого колеса, то зубья показывают нерассеченными независимо от угла их наклона.

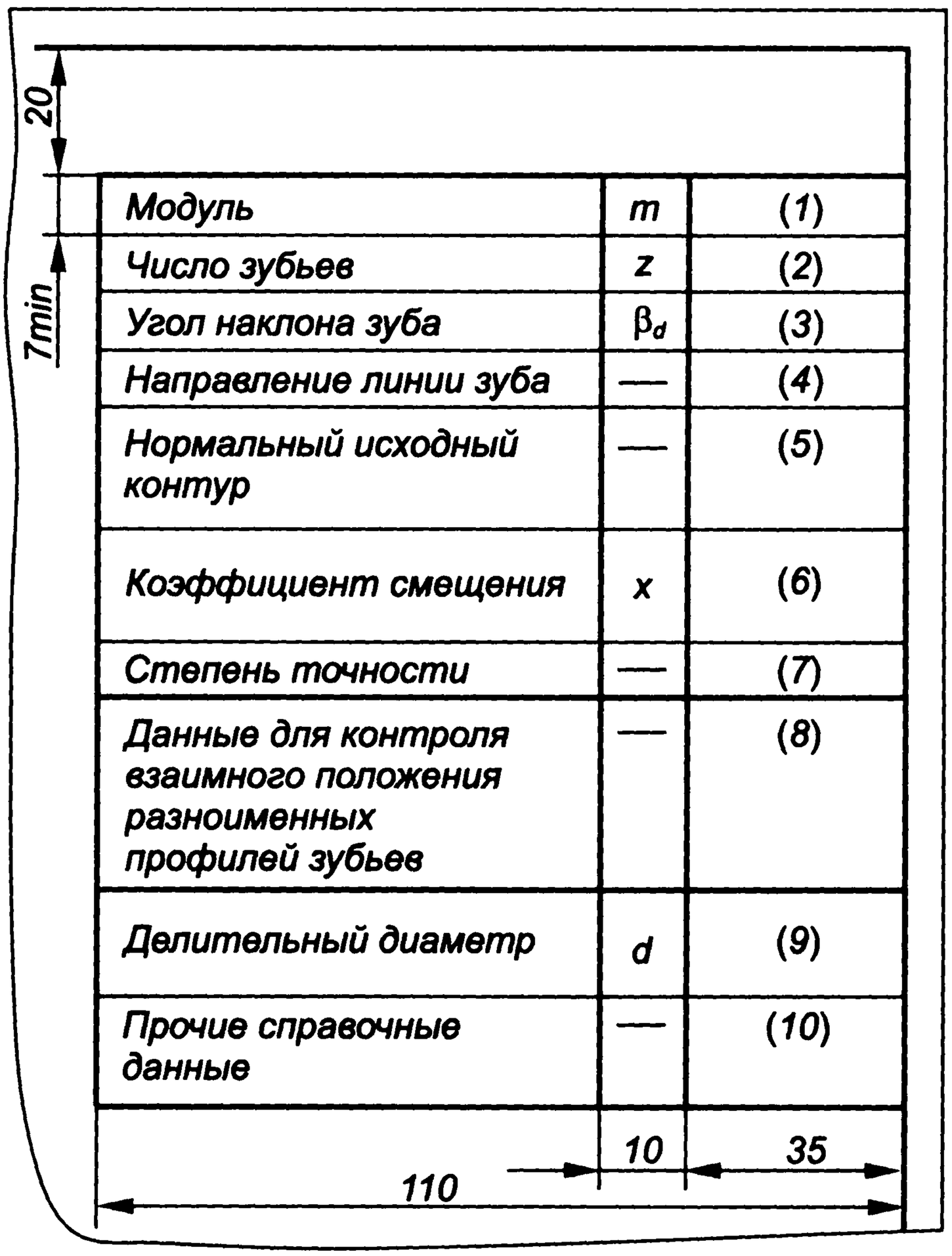
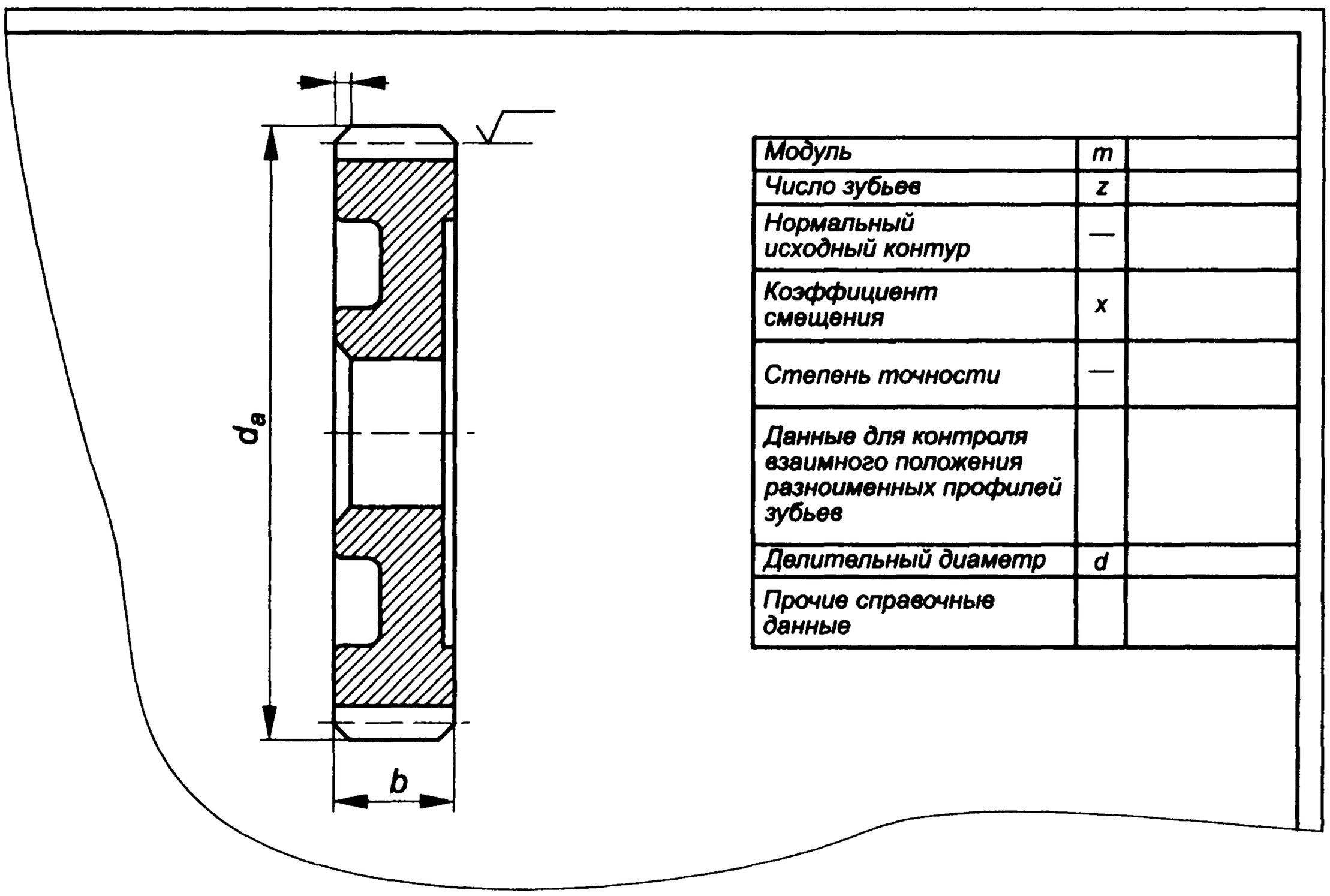


Рис. 4.121



Модуль	*m*	
Число зубьев	*z*	
Нормальный исходный контур	—	
Коэффициент смещения	*x*	
Степень точности	—	
Данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев		
Делительный диаметр	*d*	
Прочие справочные данные		

Рис. 4.122

5. Если необходимо показать направление зубьев, то вблизи оси колеса наносят три сплошные тонкие линии с соответствующим наклоном (рис. 4.120).

Правила выполнения рабочих чертежей цилиндрических зубчатых колес устанавливает ГОСТ 2.403—75. В соответствии с этими правилами в правом верхнем углу чертежа приводят таблицу параметров зубчатого венца, состоящую из трех частей, разделяемых сплошными толстыми основными линиями (рис. 4.121). Первая часть этой таблицы включает в себя основные данные (для изготовления), вторая — данные для контроля, третья — справочные данные.

Первая часть рассматриваемой таблицы содержит следующие параметры:

- модуль (ГОСТ 9563—60). Для венца с прямыми зубьями — m, а для венца с косыми зубьями — нормальный модуль m_n или торцевой модуль m_s;
- число зубьев z;
- угол наклона зуба β_d для косозубых и шевронных зубьев;
- направление линии зуба;
- исходный контур;
- коэффициент смещения исходного контура;
- степень точности и вид сопряжения (ГОСТ 1643—81).

Вторая часть таблицы параметров содержит данные для контроля толщины зуба по длине общей нормали L, размеру M измерительных роликов, толщине зуба по хорде S_x, а также нормы точности по соответствующему стандарту и т. д.

В третьей части таблицы параметров указывают диаметр делительной окружности d и прочие справочные данные.

Ниже таблицы параметров приводятся технические требования.

Пример выполнения чертежа цилиндрического зубчатого колеса с указанием параметров зубчатого венца приведен на рис. 4.122. Главное изображение колеса представлено полным фронтальным разрезом.

На чертеже указывают диаметр окружности вершин d_a, ширину зубчатого венца b, размер фасок $c \times 45°$ и радиусы закруглений, шероховатость боковой поверхности зубьев и рабочий профиль зуба (при необходимости).

Порядок изображения на чертеже цилиндрической зубчатой передачи. Простейшая цилиндрическая прямозубая передача (рис. 4.123) состоит из шестерни *1* и колеса *4*, находящихся в зацеплении, двух валов *3* и *6*, расположенных параллельно, и двух шпонок *2* и *5*. Шестерня и колесо имеют одинаковые модуль и параметры зубьев.

Чтобы вычертить зубчатую передачу, необходимо выполнить не только геометрические расчеты зубьев колеса, но и конструк-

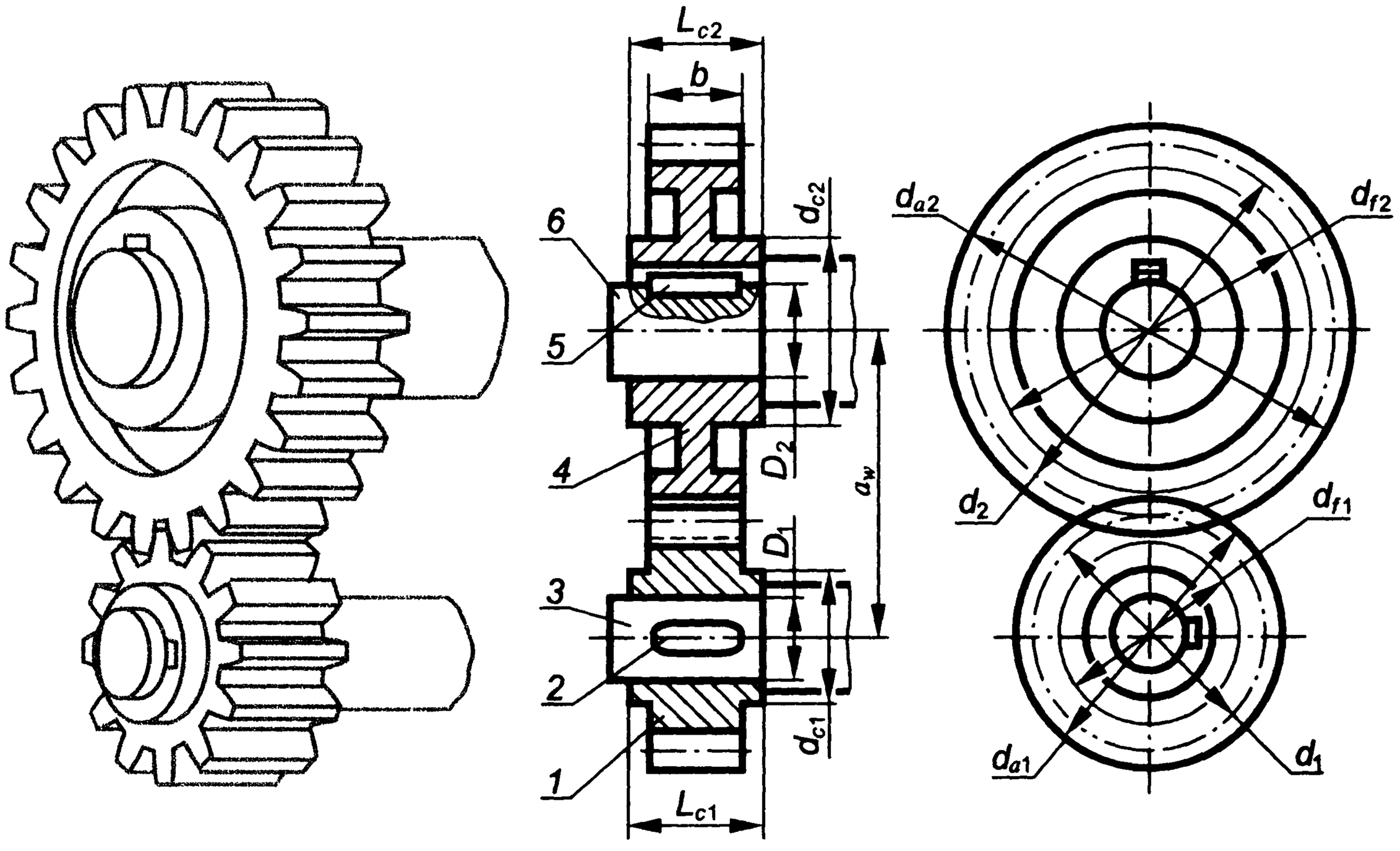


Рис. 4.123

тивные расчеты других его элементов: обода, диска, ступицы, шпоночного паза и т. д.

Исходными данными для расчета зубчатой передачи являются модуль зацепления m, числа зубьев шестерни z_1 и колеса z_2, диаметры отверстий для вала на шестерне D_1 и колесе D_2.

При выполнении чертежа зубчатой передачи необходимо соблюдать следующие требования ГОСТ 2.402—68:

1. Цилиндрическую передачу рекомендуется показывать в продольном фронтальном разрезе на главном виде и виде слева.

2. Делительные окружности ведущего и ведомого колес должны касаться друг друга в точке, расположенной на межосевой линии.

3. В зоне зацепления колес окружности вершин зубьев следует изображать сплошной толстой основной линией.

4. На разрезе в зоне зацепления зуб шестерни условно следует располагать перед зубом ведомого колеса, а образующую поверхность вершин зубьев колеса выполнять штриховой линией (как невидимый контур).

5. Радиальный зазор между вершинами и впадинами зубьев сцепляемых колес должен быть равным $0{,}25m$ (т. е. высота головки зуба должна быть меньше высоты ножки на $0{,}25m$).

Реечные передачи

Для преобразования вращательного движения в поступательное, и наоборот, применяется реечная передача (рис. 4.124), которая состоит из цилиндрического зубчатого колеса *1*, зубчатой рей-

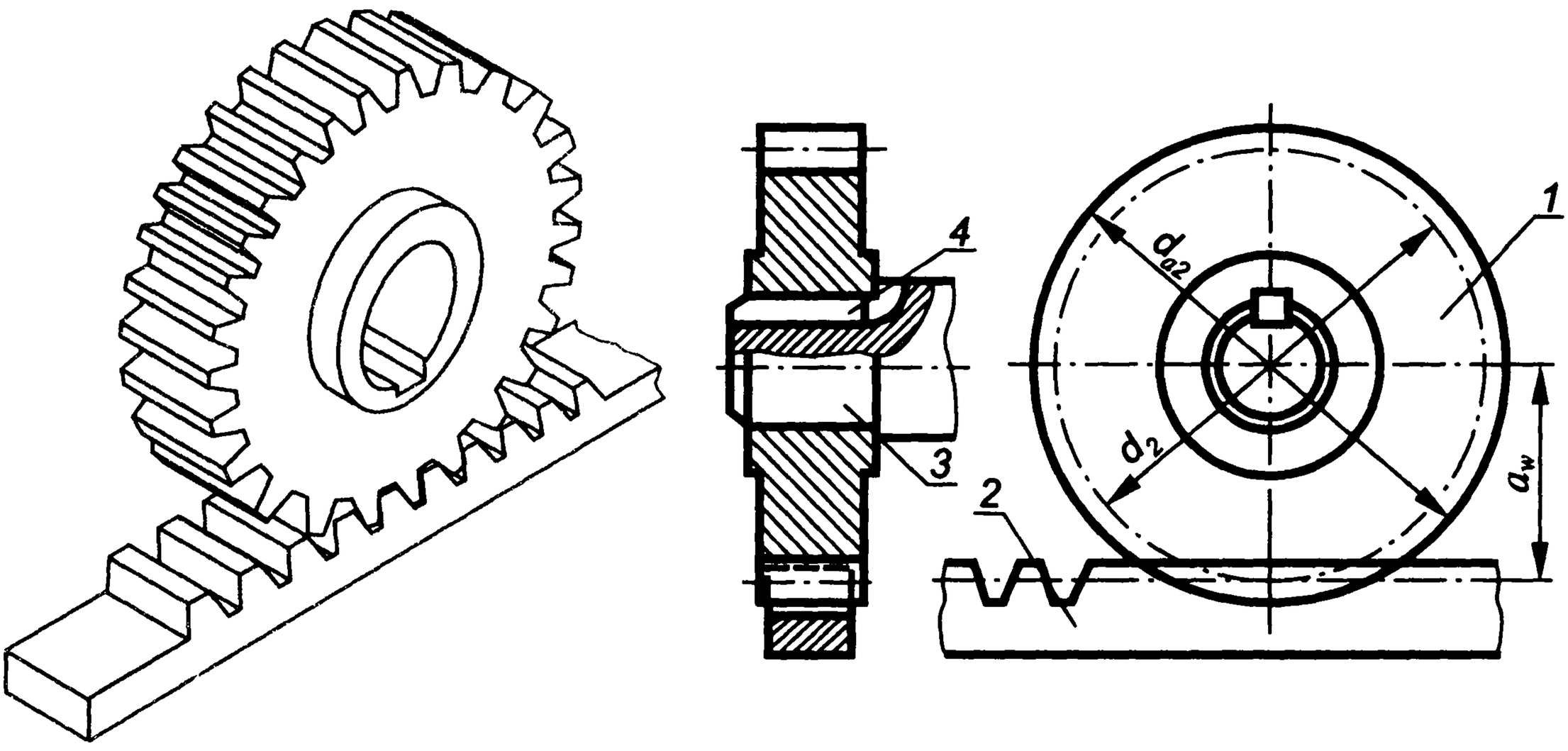
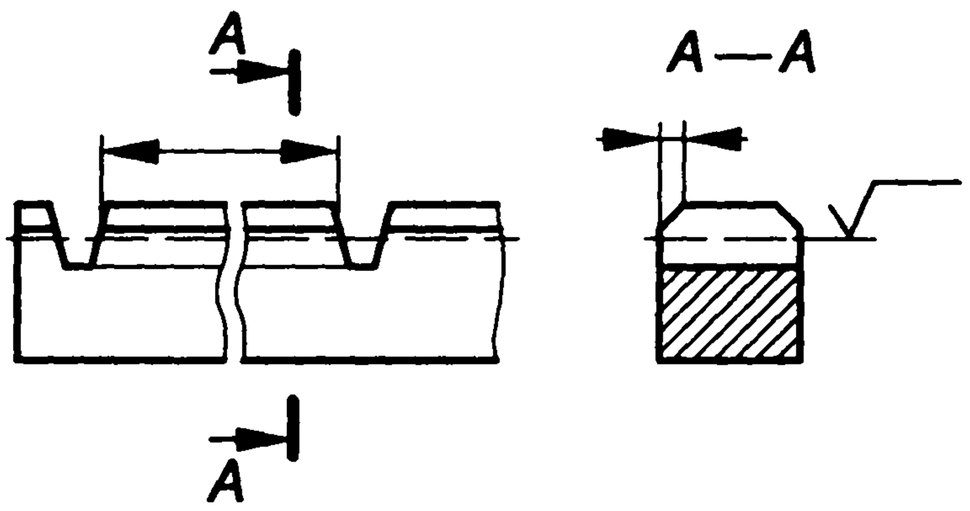


Рис. 4.124



Модуль	*m*	
Нормальный исходный контур	—	
Степень точности	—	
Данные для контроля взаимного положения разноименных профилей зубьев		
Число зубьев	*z*	
Нормальный шаг	p_n	

Рис. 4.125

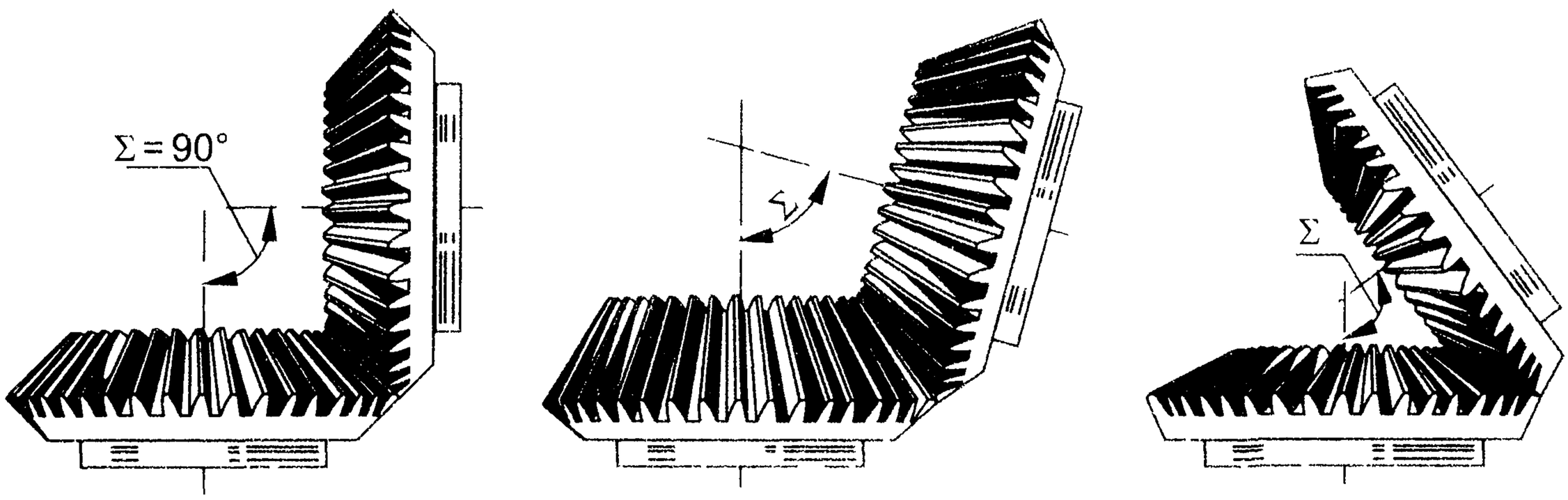
ки *2* и вала *3* со шпонкой *4*. Рейку можно рассматривать как развернутый в прямую зубчатый венец цилиндрического зубчатого колеса, т. е. основные правила изображения зубчатых колес действительны и для рейки. В реечном зацеплении зуб колеса изображают перед зубом рейки.

Пример чертежа зубчатой рейки (ГОСТ 2.402—68, 2.404—75) с указанием параметров зубчатого венца должен содержать два изображения: главный вид с профилем двух крайних впадин и вид слева с профильным разрезом (рис. 4.125). При этом поверхности вершин зубьев вычерчивают сплошной толстой основной линией, линии впадин — сплошной тонкой линией, линии делительной поверхности — штрихпунктирной тонкой линией. В разрезе зубья не штрихуются, а на месте делительной поверхности проводят штрихпунктирную тонкую линию. На чертеже зубчатой рейки указывают ширину и высоту, длину нарезанной части, направление наклона и угол наклона зубьев (косых), шероховатость боковых поверхностей зубьев, вершин и впадин, размеры фасок.

В правом верхнем углу чертежа так же, как и при изображении цилиндрических зубчатых колес, помещают таблицу параметров зубчатого венца.

Конические зубчатые передачи

Передачу между валами, оси которых пересекаются, осуществляют с помощью конических зубчатых колес. Если при этом межосевой угол равен 90°, передача называется ортогональной (рис. 4.126, *а*), в противном случае передача неортогональная



а *б* *в*

Рис. 4.126

(рис. 4.126, *б*, *в*). Данная передача сложней цилиндрической в изготовлении и монтаже. Пересечение осей затрудняет расположение опор валов, в связи с этим одно из зубчатых колес (чаше всего шестерню) располагают консольно, что приводит к неравномерному распределению нагрузки по длине зуба.

Элементы конических зубчатых колес. Термины, определения и обозначения для конических зубчатых колес устанавливает ГОСТ 19325—73.

Зубья конических колес располагаются на конической поверхности. Форму и размеры зуба конического колеса определяют следующие соосные конические поверхности (рис. 4.127): *делительный конус* с углом δ; *конус вершин* с углом δ_a; *конус впадин* с углом δ_f.

Зубчатый венец конического колеса ограничивается с торцов двумя дополнительными конусами — *внешним* и *внутренним*, образующие которых перпендикулярны к образующим делительного конуса.

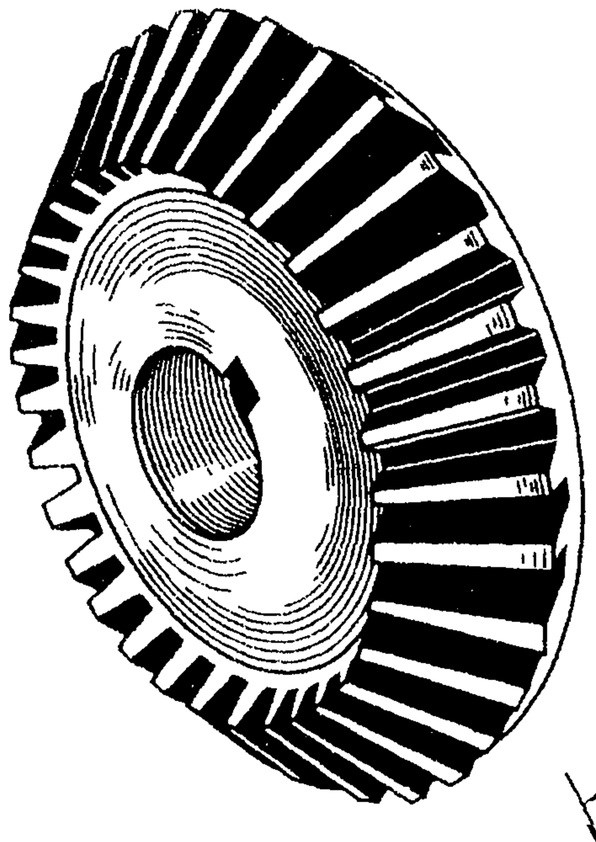
Шаг, модуль и высота зубьев конического колеса переменны и увеличиваются в направлении от вершины делительного конуса к его основанию, поэтому различают параметры внешние, средние, внутренние и др.

В качестве расчетного модуля для конических зубчатых колес с прямыми зубьями принимают *внешний окружной модуль* m_e, значение которого выбирают по ГОСТ 9563—60.

Соосные конические поверхности пересекают внешний дополнительный конус по *внешней делительной окружности с диаметром* d_e, *внешней окружности вершин зубьев с диаметром* d_{ae} и *внешней окружности впадин зубьев с диаметром* d_{fe}.

Внешний окружной шаг P_{te} связан с модулем следующим отношением:

$$m_e = P_{te}/\pi.$$



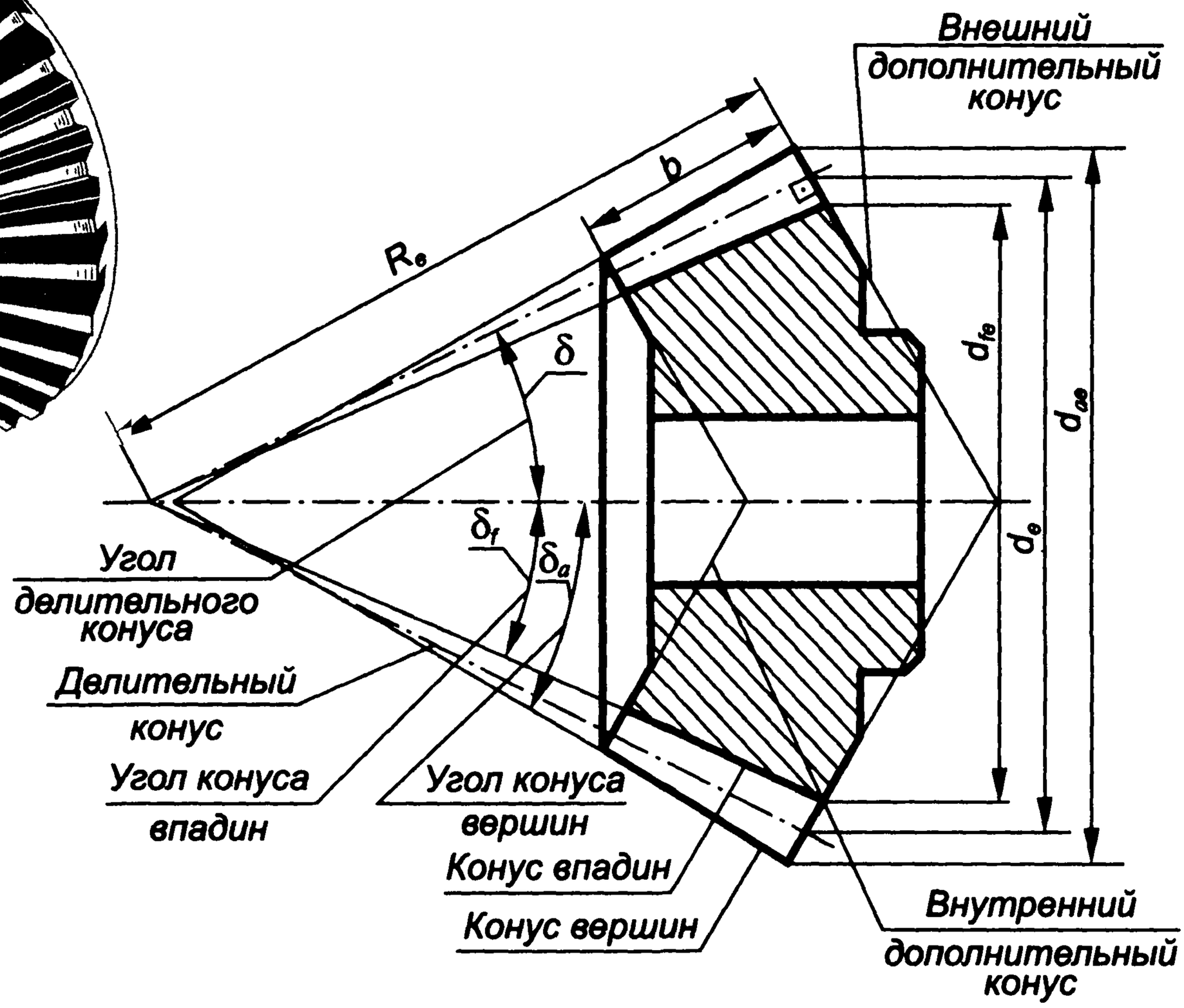
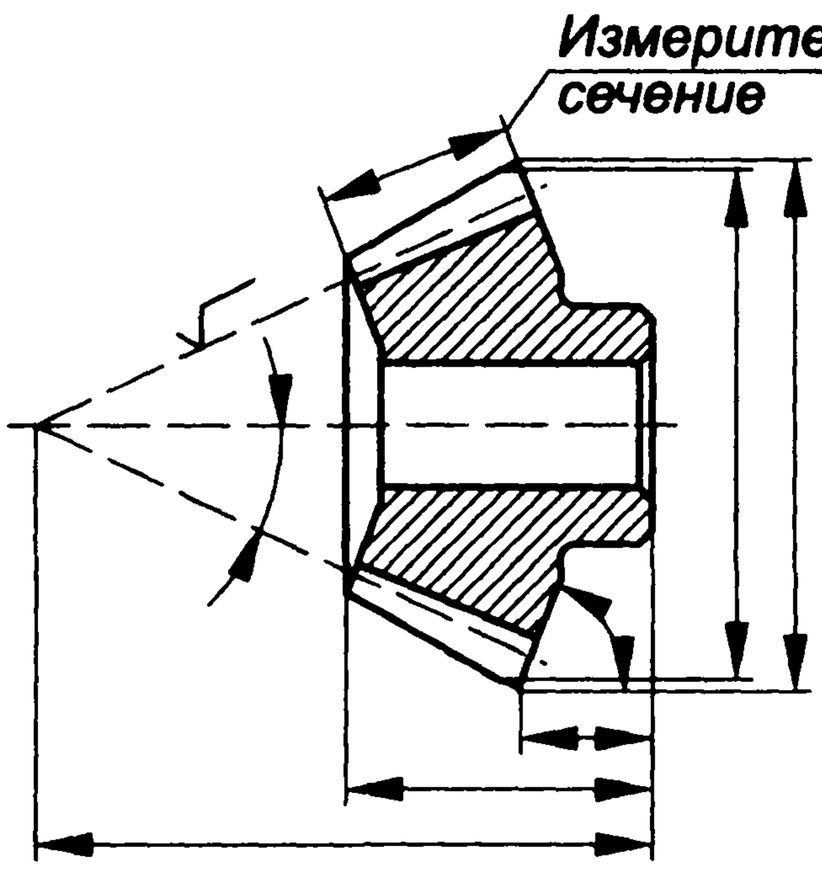


Рис. 4.127



Внешний окружной модуль	m_e	
Число зубьев	z	
Тип зуба	—	Прямой
Исходный контур	—	
Коэффициент смещения	x_e	
Коэффициент изменения толщины зуба	x_τ	
Угол делительного конуса	δ	
Степень точности	—	
Размеры зуба в измерительном сечении		
Межосевой угол передачи	Σ	
Средний окружной модуль	m_m	
Внешнее конусное расстояние	R_e	
Среднее конусное расстояние	R	
Средний делительный диаметр	d	
Угол конуса впадин	δ_f	
Внешняя высота зуба	h_e	
Обозначение чертежа сопряженного зубчатого колеса		

Рис. 4.128

Внешнее конусное расстояние R_e — длина образующей делительного конуса до пересечения с образующей внешнего дополнительного конуса определяется по формуле

$$R_e = 0{,}5m_e\sqrt{z_1^2 + z_2^2}.$$

Изображение конических зубчатых колес. При условном изображении конических зубчатых колес действуют те же правила, что и при изображении цилиндрических зубчатых колес (ГОСТ 2.402—68), а правила выполнения рабочих чертежей устанавливает ГОСТ 2.405—75.

Пример выполнения чертежа конического зубчатого колеса с указанием параметров зубчатого венца приведен на рис. 4.128. Главное изображение представляет собой полный фронтальный разрез.

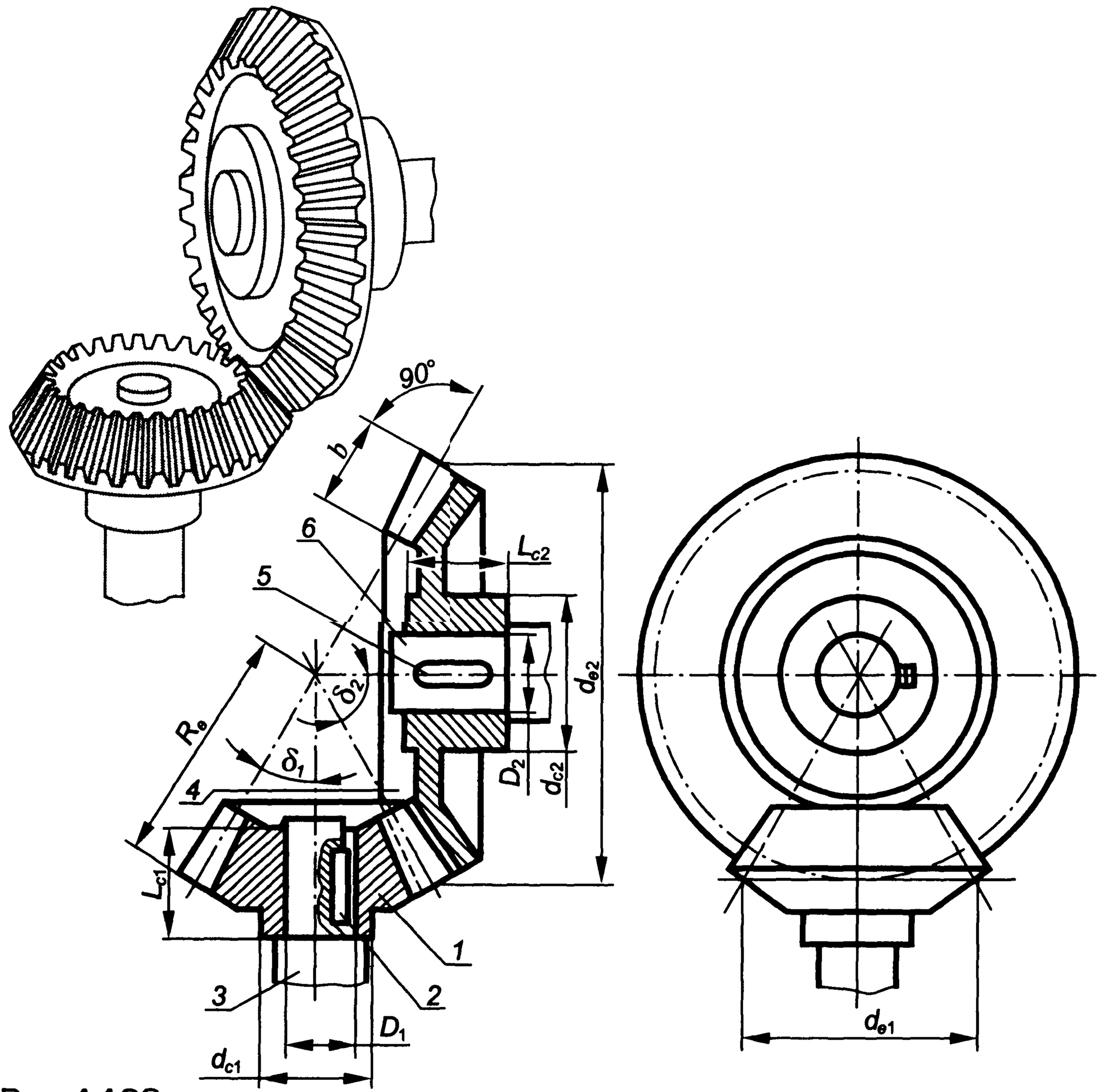


Рис. 4.129

На рабочем чертеже конического зубчатого колеса проставляют внешний диаметр вершин зубьев d_{ae}, расстояние от базовой плоскости (торца ступицы) до внешней окружности вершин зубьев, угол конуса вершин δ_a, угол внешнего делительного конуса, ширину зубчатого венца b, базовое расстояние (между вершиной конуса и базовой плоскостью), размеры фасок, радиусы скруглений, шероховатость поверхностей зубьев. В правом верхнем углу чертежа приводят таблицу параметров зубчатого венца.

Порядок изображения на чертеже зубчатой конической передачи. Коническая зубчатая передача, показанная на рис. 4.129, состоит из шестерни *1*, колеса *4*, валов *3* и *6*, шпонок *2* и *5*. Шестерня и колесо имеют одинаковые модуль и параметры зубьев.

Для вычерчивания конической зубчатой передачи следует выполнить геометрические расчеты зубьев колеса и конструктивные расчеты других его элементов: обода, диска, ступицы, шпоночного паза и т.д.

Исходными данными для расчета конической зубчатой передачи являются внешний окружной модуль m_e, числа зубьев шестерни z_1 и колеса z_2, диаметры отверстий для вала на шестерне D_1 и колесе D_2.

При выполнении чертежа конической зубчатой передачи необходимо соблюдать требования ГОСТ 2.402—68.

Червячные передачи

Червячные передачи (рис. 4.130, *а*) предназначены для передачи вращения от ведущего вала *1* (червяка) к ведомому валу *2* (червячному колесу), когда их оси скрещиваются.

Ведущим звеном такой передачи, как правило, служит червяк, т.е. передача используется для понижения угловой скорости. Движение в червячной передаче осуществляется по принципу винтовой пары, где винтом является червяк с трапецеидальной нарезкой, который входит в зацепление с колесом с косым зубом особой формы.

Червячные передачи широко распространены в машиностроении вследствие следующих их достоинств: они обеспечивают получение больших передаточных чисел, плавность зацепления, бесшумность работы механизма и возможность самоторможения. Недостатками червячной передачи являются сравнительно низкий КПД и сильный нагрев при продолжительной работе.

Червяк представляет собой винт, который можно рассматривать как шестерню червячной передачи.

Различают следующие виды червяков:

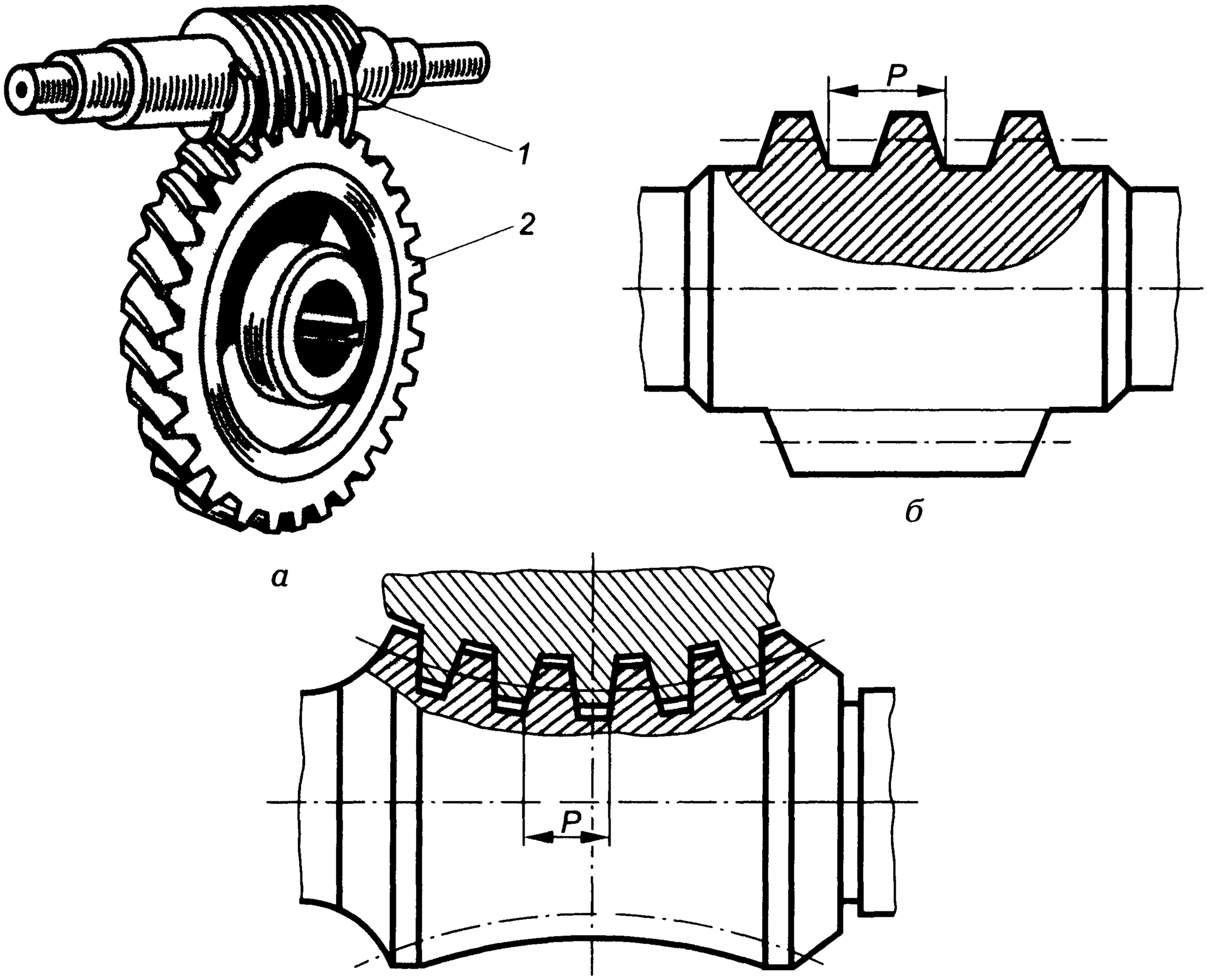


Рис. 4.130

- по характеру поверхности — *цилиндрические* (рис. 4.130, *б*) с винтовыми зубьями, расположенными на цилиндрической поверхности, и *глобоидальные* (рис. 4.130, *в*) с винтовыми зубьями, расположенными на торовой поверхности;
- по профилю винтовой поверхности — *архимедовы* (в которых теоретический торцовый профиль витка является спиралью Архимеда), *эвольвентные* (в которых теоретический торцовый профиль витка является эвольвентой окружности) и *конволютные* (с удлиненной или укороченной эвольвентой);
- по числу заходов z_1 винтовой линии — *одно-*, *двух-* и *многозаходные*;
- по направлению винтовой линии — *правые* и *левые*.

Наибольшее распространение ввиду простоты изготовления получили архимедовы червяки (рис. 4.131).

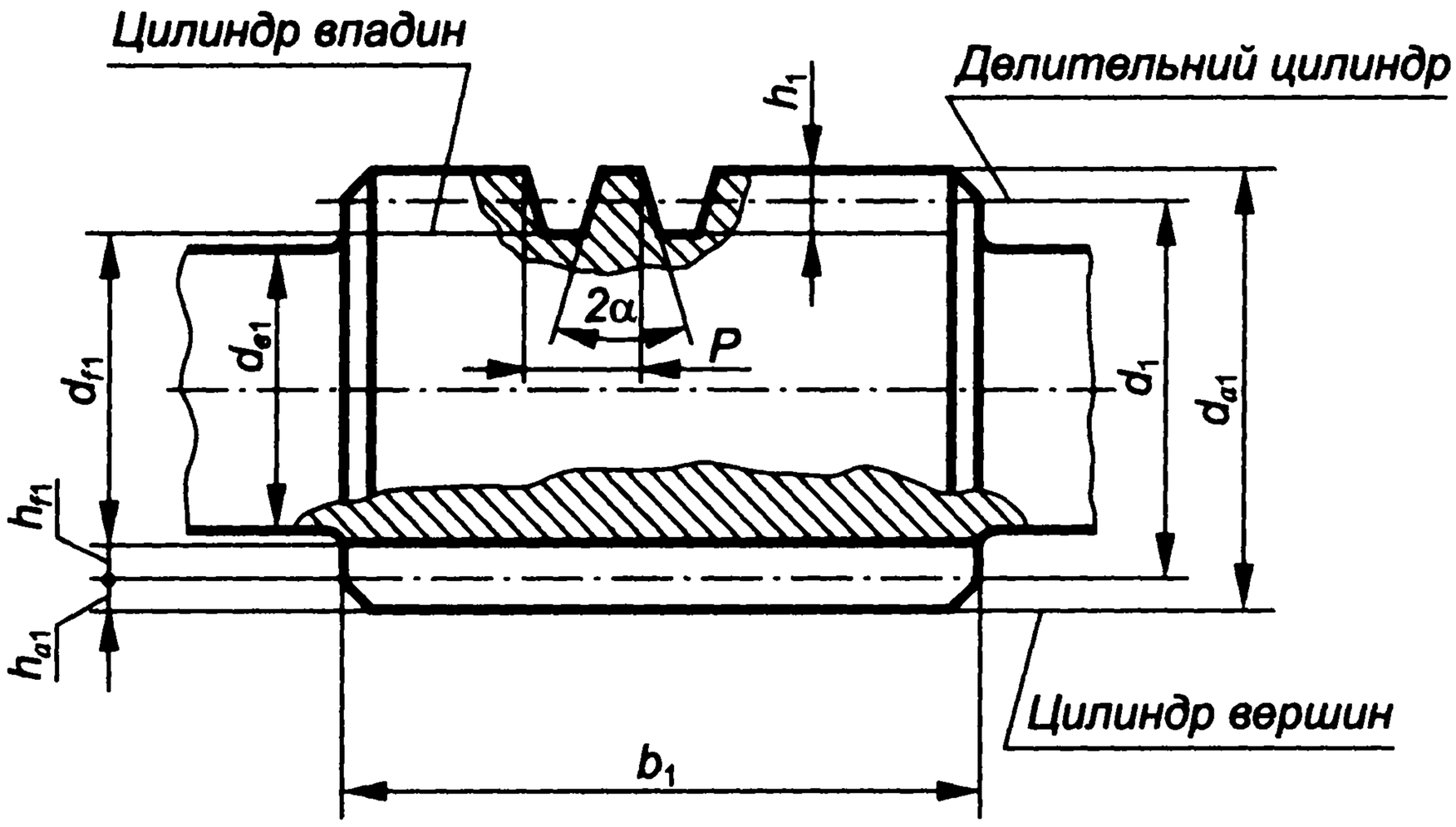


Рис. 4.131

Элементы червяка. Приведем основные параметры червяка (ГОСТ 18498—89).

Шаг P — расстояние вдоль оси червяка между одноименными профильными линиями смежных витков по делительной окружности.

Ход витка P_{z1} — шаг винтовой линии для многозаходных червяков: $P_{z1} = Pz_1$.

Модуль m — линейная величина в π раз меньше шага P, т.е. $m = P/\pi$.

Делительный цилиндр (*диаметр делительной окружности* d_1) — базовая поверхность при определении элементов червяка и их размеров: $d_1 = mq$, где q — коэффициент диаметра червяка, который выбирается в зависимости от модуля.

Высота головки витка червяка h_{a1} — расстояние между окружностью вершин и делительной окружностью: $h_{a1} = m$.

Высота ножки витка червяка h_{f1} — расстояние между окружностью впадин и делительной окружностью: $h_{f1} = 1{,}2m$.

Высота витка h_1 — расстояние между окружностями вершин и впадин, $h_1 = h_{a1} + h_{f1} = 2{,}2m$.

Диаметр вершин витков $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = m(q + 2) = d_1 + 2m$.

Диаметр впадин витков $d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = m(q - 2{,}4) = d_1 - 2{,}4m$.

Делительный угол подъема λ — угол подъема винтовой линии витка на делительном цилиндре: $\operatorname{tg}\lambda = P/(\pi d_1) = z_1/q$.

Элементы червячного колеса. Червячные колеса могут быть с прямыми и косыми зубьями. При этом форма выемки поверхности вершин зубьев колеса согласуется с формой поперечного сече-

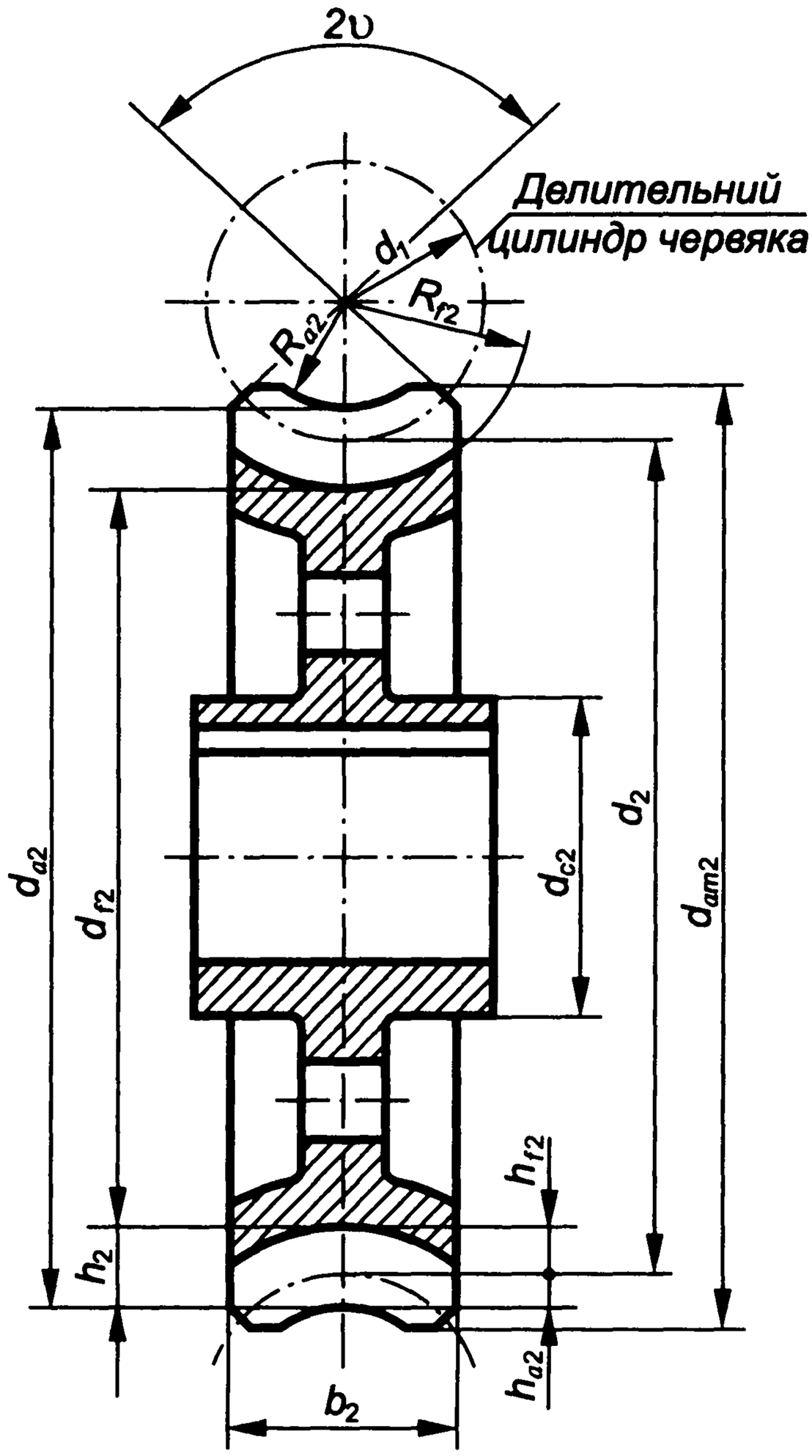


Рис. 4.132

ния червяка. Параметры зуба червячного колеса (рис. 4.132) определяются в сечении венца средней плоскостью.

Диаметр делительной окружности колеса $d_2 = mz_2$.

Диаметр вершин зубьев $d_{a2} = m(z_2 + 2)$.

Диаметр впадин $d_{f2} = m(z_2 - 2{,}4)$.

Высота головки зуба $h_{a2} = m$.

Высота ножки зуба $h_{f2} = 1{,}2m$.

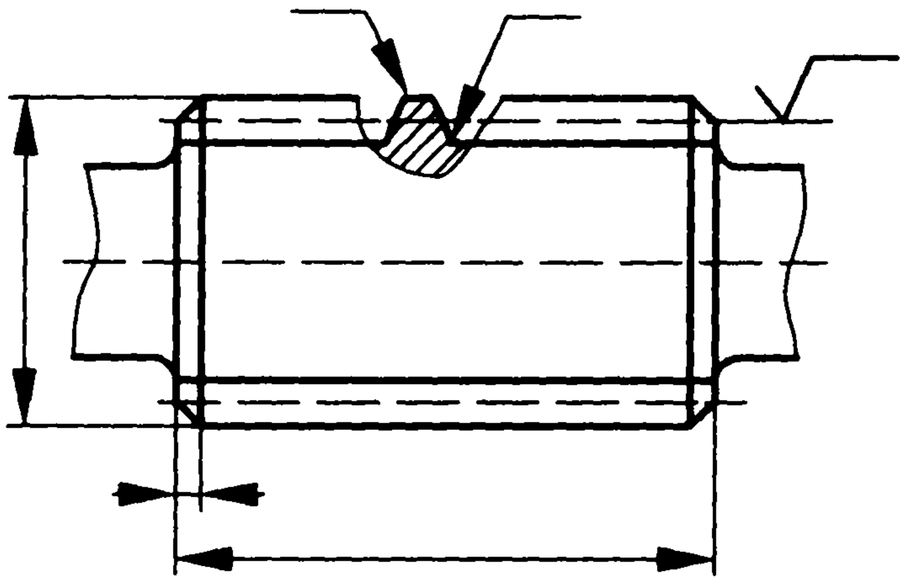
Высота зуба $h_2 = h_{a2} + h_{f2} = 2{,}2m$.

Шаг зубьев колеса $P_2 = \pi m$.

Радиус выемки $R_{a2} = d_1 / (2 - m)$.

Условный угол охвата 2υ — угол охвата червяка венцом колеса: $\sin\upsilon = b_2 / (d_{a1} - 0{,}5m)$.

Изображение червяков и червячных колес. При условном изображении червяков и червячных колес действуют те же правила, что и для цилиндрических зубчатых колес (ГОСТ 2.402—68). Червяк в зацеплении с червячным колесом считается шестерней. Пра-

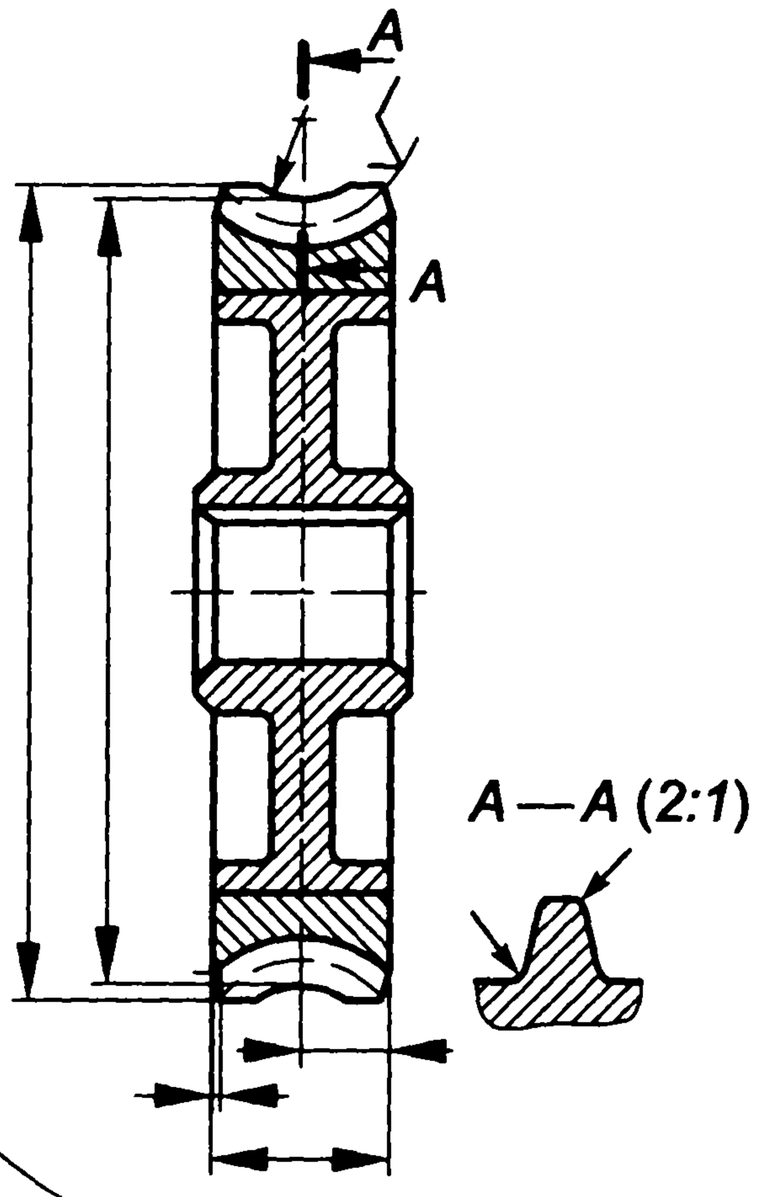


Модуль	m	
Число витков	z_1	
Вид червяка	—	ZA
Делительный угол подъема	γ	
Направление линии витка	—	
Исходный червяк	—	ГОСТ 19036 — 94
Степень точности	—	
Данные для контроля взаимного положения разноименных профилей витка		
Делительный диаметр червяка	d_1	
Ход витка	p_z	

Рис. 4.133

вила выполнения рабочих чертежей цилиндрических червяков и червячных колес устанавливает ГОСТ 2.406—76.

На рис. 4.133 представлен пример чертежа архимедова цилиндрического червяка с указанием параметров зубчатого венца. На главном изображении выполнен местный разрез для показа профиля витка в осевом сечении. На чертеже указывают диаметр вершин витков d_{a1}, длина нарезанной части червяка b_1, радиус скруглений



Модуль	m	
Число зубьев	z_2	
Направление линии зуба	—	
Коэффициент смещения червяка	x	
Исходный производящий червяк	—	ГОСТ 19036 — 94
Степень точности	—	
Межосевое расстояние	a_w	
Делительный диаметр червячного колеса	d_2	
Вид сопряженного червяка	—	ZA
Число витков сопряженного червяка	z_1	
Обозначение чертежа сопряженного червяка		

Рис. 4.134

головок и ножек витка и другие конструктивные размеры, а также шероховатость поверхности витков.

На рис. 4.134 приведен пример чертежа червячного колеса с указанием параметров зубчатого венца. Главное изображение колеса представлено фронтальным разрезом. На виде слева показано отверстие в ступице с пазом, а также местный разрез $A—A$ по профилю зуба.

На чертеже указывают диаметр вершин зубьев колеса d_{a2}, наибольший диаметр зубчатого венца d_{am2}, ширину зубчатого венца b_2, размеры внешнего контура венца (радиус выемки R_{a2}, размеры фасок, радиусы скруглений торцевых кромок и др.), шероховатость поверхностей зубьев и остальные конструктивные размеры.

Порядок изображения на чертеже червячной передачи. Червячная передача (рис. 4.135) состоит из червяка *1*, червячного колеса *2* и вала *3* со шпонкой *4*. На чертеже червячной передачи делительные окружности червяка и червячного колеса должны быть касательными.

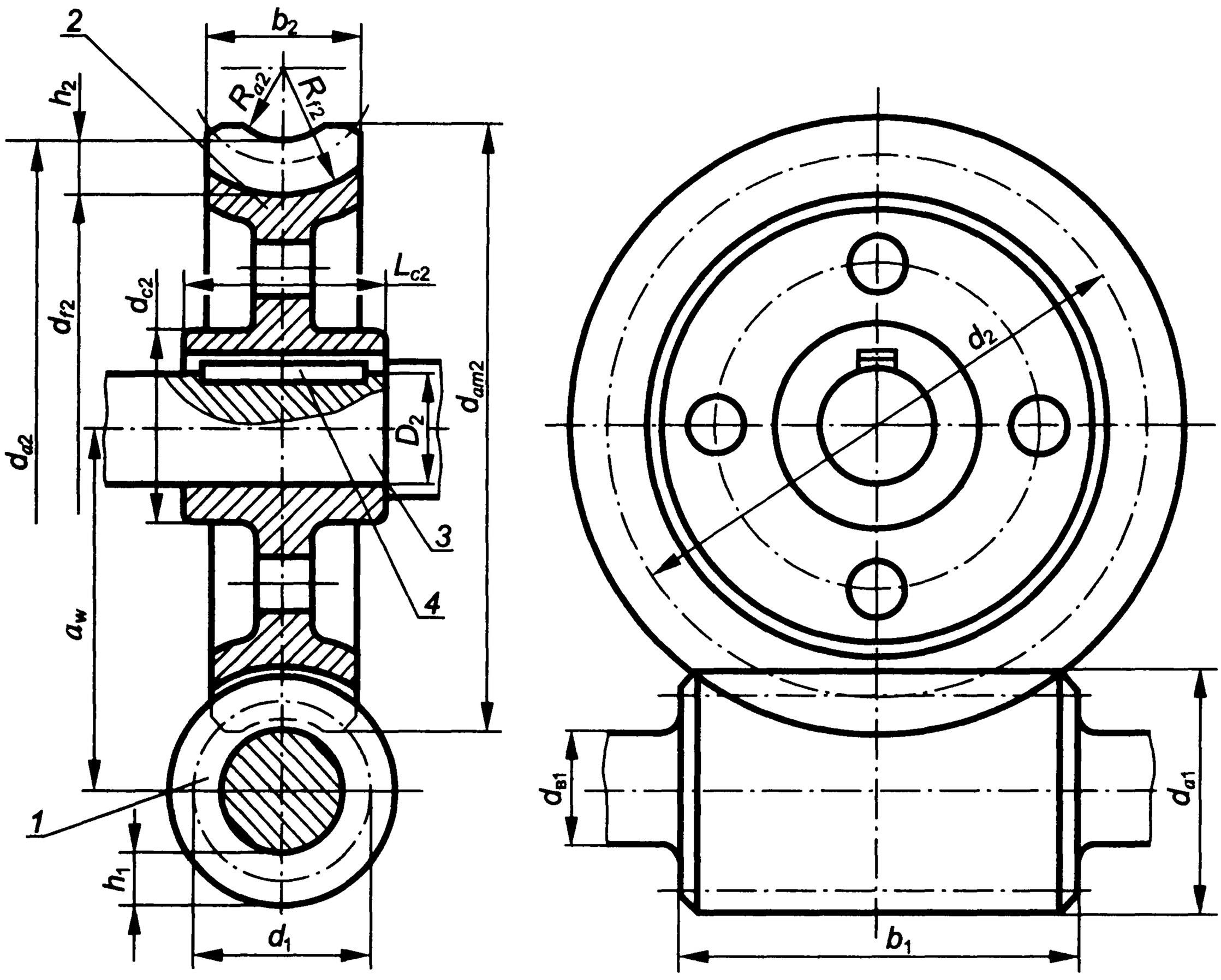


Рис. 4.135

На разрезе в зоне зацепления, если секущая плоскость проходит через оси червяка и колеса, виток червяка показывают расположенным перед зубом червячного колеса. Для выполнения чертежа червячной передачи необходимо рассчитать не только геометрические, но и конструктивные элементы червяка и червячного колеса, т. е. определить размеры вала, ступицы и др. Правила изображения червячной передачи устанавливает ГОСТ 2.402—68.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие виды зубчатых передач вы знаете?
2. Каковы основные параметры зубчатого колеса?
3. Что такое модуль зубчатого колеса и как определяется модуль цилиндрического зубчатого колеса?
4. Какое зубчатое колесо называется шестерней?
5. В чем заключаются особенности условного изображения зубчатых колес?
6. Что такое межосевое расстояние цилиндрической зубчатой передачи и как оно определяется?
7. Каков порядок выполнения чертежа цилиндрической зубчатой передачи?
8. Как изображаются в зоне зацепления на сборочных чертежах пары цилиндрических и конических колес в продольном разрезе?
9. Какими коническими поверхностями определяются форма и размеры зубьев конических колес?
10. Для чего служит таблица параметров зубчатого венца, помещаемая на чертеже, и из каких частей она состоит?
11. Как изображается на сборочном чертеже в зоне зацепления червяк с червячным колесом в продольном разрезе?
12. Какие исходные данные определяют размеры червячной передачи на сборочном чертеже?

4.8. ПРУЖИНЫ

Пружины в машинах и механизмах выполняют роль упругих элементов — деталей, которые под воздействием нагрузки изменяют свою форму, а после ее снятия возвращаются в исходное состояние. Предназначены пружины для поглощения и отдачи механической энергии за счет использования сил упругости, возникающих при деформации пружин.

По назначению различают следующие пружины:

- *измерительные* — пружины с упругим моментом, уравновешивающим измеряемый параметр, преобразованный в момент сил (в динамометрах, манометрах, термометрах и др.);
- *силовые* — пружины, используемые как аккумуляторы энергии для силового замыкания кинематической цепи, создания силового натяга и т. п.;
- *упругие* — пружины, предназначенные для замены жесткой связи между деталями, а также для поглощения ударных нагрузок, смягчения толчков и т. п.

По форме пружины подразделяются на *винтовые цилиндрические* (рис. 4.136, *а—г*), *винтовые конические* (рис. 4.136, *д*), *тарельчатые* (рис. 4.136, *е*), *пластинчатые* (рис. 4.136, *ж*) и *спиральные* (рис. 4.136, *з*).

По форме поперечного сечения витков пружины подразделяются на *круглые* (см. рис. 4.136, *а*), *квадратные* (см. рис. 4.136, *г*) и *прямоугольные* (см. рис. 4.136, *ж*).

По виду деформации и условиям работы различают *пружины сжатия* (см. рис. 4.136, *а*), *растяжения* (см. рис. 4.136, *б*), *кручения* (см. рис. 4.136, *в*, *з*) и *изгиба* (см. рис. 4.136, *ж*). Также в зависимости от конструктивного назначения различают пружины с *правой* и *левой* навивкой.

Рис. 4.136

Материалы, из которых изготавливают пружины, должны иметь хорошие упругие свойства, однородную по химическому составу структуру, быть восприимчивыми к термической обработке и стойкими к коррозии. Выбор материала для пружин должен производиться с учетом их вида и условий эксплуатации. В основном для изготовления пружин используют проволоку I, II и III классов (ГОСТ 9389—75) из качественных углеродистых сталей марок 65, 60Г, 65Г, кремнистых сталей марок 60С2А, 60С2ВА, хромомарганцевых сталей марок 50ХГ, 50ХФА и др.

Правила изображения пружин. На чертежах пружины изображают условно (ГОСТ 2.401—68):

- витки винтовых пружин на виде и в разрезе выполняются прямыми линиями, соединяющими соответствующие участки контуров (рис. 4.137, *а*, *б*);
- при числе витков винтовой пружины более четырех показывают с каждого ее конца по одному-два витка (кроме опорных). Остальные витки не изображают, а проводят осевые линии через центры их сечений по всей длине пружины. При этом допускается уменьшение ее изображения по длине;
- при толщине сечения материала 2 мм и менее пружину изображают схематично линиями толщиной 0,6...1,5 мм (рис. 4.137, *в*).

Основные правила выполнения рабочих чертежей пружин следующие:

- пружины всегда изображают в свободном состоянии;

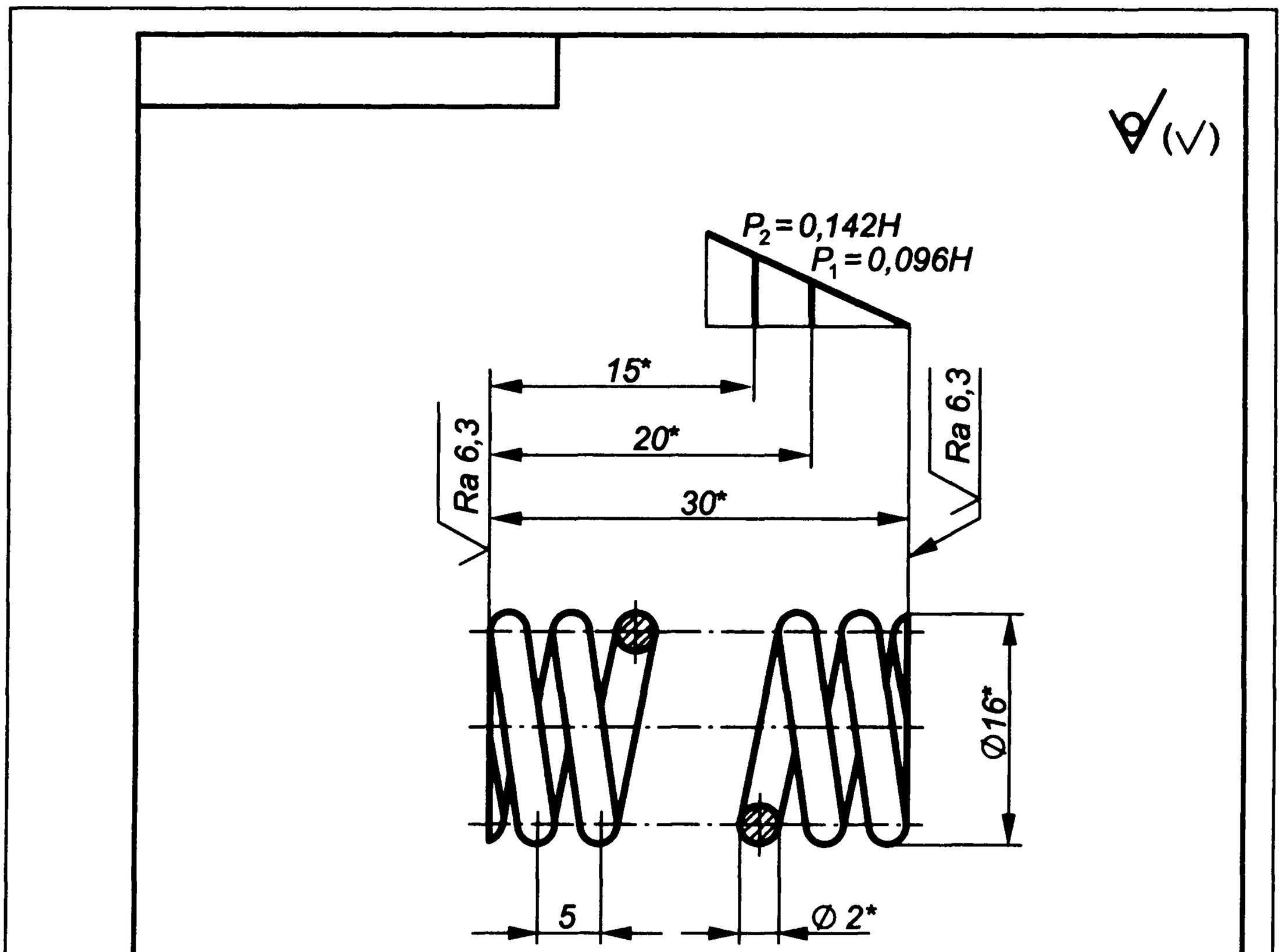
а

б

в

Рис. 4.137

- винтовые пружины на чертежах всегда изображают горизонтально и только с правой навивкой. Действительное направление навивки указывают в технических требованиях;



1. Пружина № 468 ГОСТ 13771–68.
2. n = 6.
3. n =7,5.
4. Направление навивки – правое.
5. *[1]Размеры для справок.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пружина	Лит	Масса	Масштаб
Разраб							0,011	2:1
Пров.						Лист	Листов	
Т.контр								
Н.контр.					Проволока 2-II ГОСТ 3282–74			
Утв.								

Рис. 4.138

- на чертеже помещают диаграмму испытаний пружины т. е. график зависимости нагрузки от деформации или деформации от нагрузки. На диаграмме указывают длину пружины в свободном состоянии (H_0), а также под действием предварительной нагрузки $P_1(H_1)$, наибольшей рабочей нагрузки $P_2(H_2)$ и максимальной нагрузки $P_3(H_3)$;
- сортамент материала пружины, полностью определяющий размеры и предельные отклонения ее поперечного сечения, указывают в графе «Материал» основной надписи чертежа.

Пример выполнения рабочего чертежа пружины (пружины сжатия) приведен на рис. 4.138.

Для повышения надежности работы на концах пружин сжатия выполняются опорные поверхности поджатием крайних витков на целый виток или на 3/4 витка и зашлифовыванием на 3/4 дуги окружности. Поджатые витки пружины не несут нагрузок, поэто-

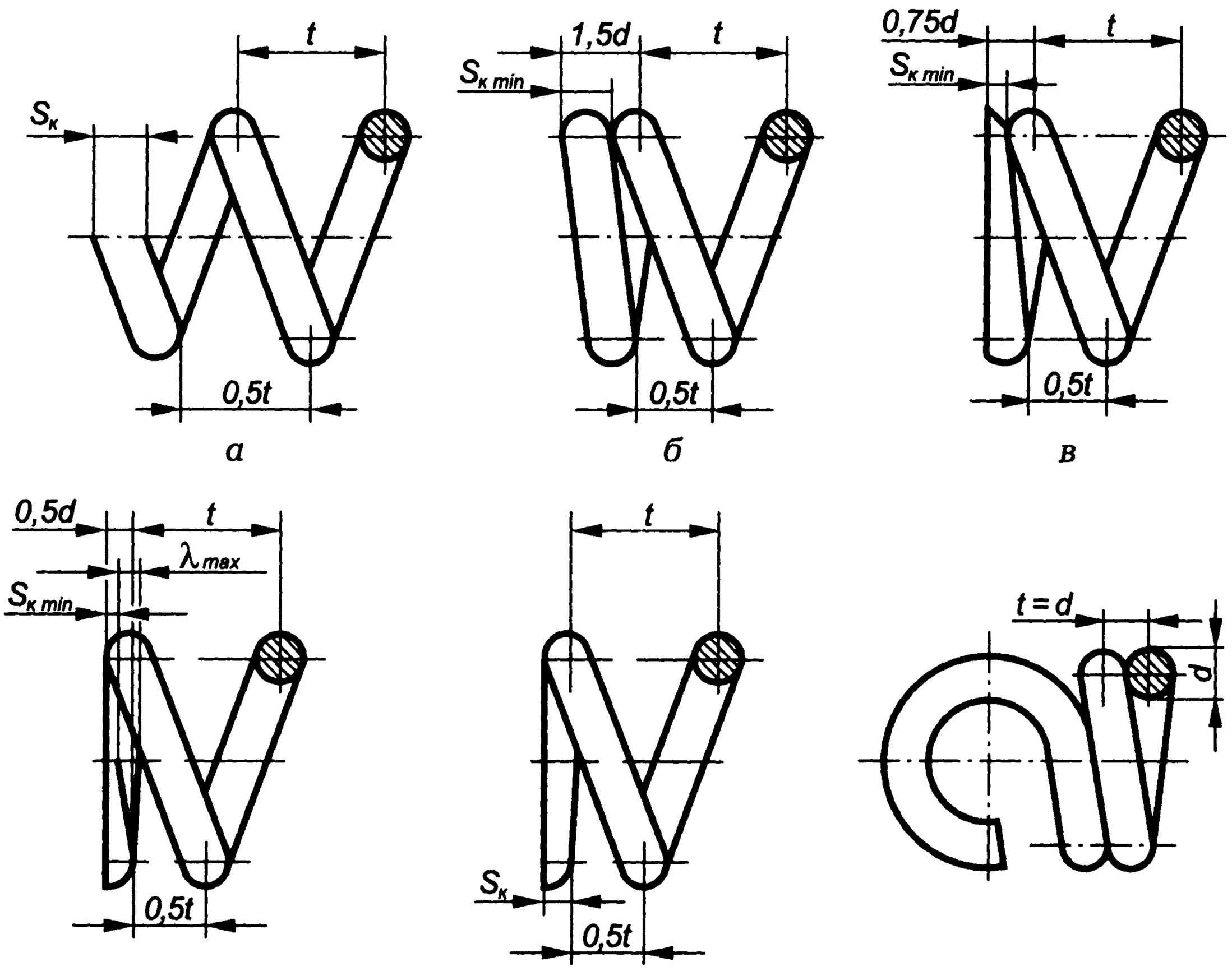


Рис. 4.139

му рабочее число витков пружины n меньше полного числа ее витков n_1.

Варианты оформления опорных концов пружин сжатия следующие:

- крайние витки пружины не поджаты и не зашлифованы (рис. 4.139, *а*):

$$n = n_1, \quad H_0 = nt;$$

- поджат целый незашлифованный виток (рис. 4.139, *б*):

$$n = n_1 - 2, \quad H_0 = nt + 3d;$$

- поджат целый виток и зашлифовано 3/4 дуги окружности (рис. 4.139, *в*):

$$n = n_1 - 2, \quad H_0 = nt + 1{,}5d;$$

- поджато 3/4 витка и зашлифовано 3/4 дуги окружности (рис. 4.139, *г*):

$$n = n_1 - 1{,}5, \quad H_0 = nt + d;$$

- поджато 1/2 витка и зашлифовано 1/2 дуги окружности (рис. 4.139, *g*);

$$n = n_1 - 1{,}5, \quad H_0 = nt + d.$$

На рис. 4.139, *е* показано оформление концов пружин растяжения:

$$n = n_1, \quad H_0 = d(n + 1).$$

Длина развернутой пружины (заготовки) сжатия

$$L \approx n_1\sqrt{[\pi(D-d)]^2 + t^2},$$

а длина пружины растяжения

$$L \approx \pi(D - d)(n + 2).$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как подразделяются пружины по форме исполнения и виду деформации?
2. С какой навивкой (правой или левой) изображаются пружины на рабочих чертежах?
3. Где на рабочем чертеже указывается действительное направление навивки пружины?

4. В каком состоянии (рабочем или свободном) изображаются пружины на рабочих чертежах?
5. В каком положении (вертикальном или горизонтальном) изображаются пружины на рабочих чертежах?
6. Какие витки у пружин называются рабочими?
7. Где на рабочем чертеже пружины указывается диаметр проволоки, из которой она изготовлена?
8. Для чего на концах пружины выполняются опорные поверхности?
9. Как на рабочих чертежах изображаются пружины, число витков которых больше четырех?
10. Как упрощенно изображаются на рабочих чертежах пружины при толщине сечения проволоки 2 мм и менее?
11. В каких случаях детали, расположенные за пружиной, считаются невидимыми?
12. Как называется диаграмма, помещаемая на рабочем чертеже пружины, и какие данные на ней указываются?

Глава 5

ЧЕРТЕЖИ ОБЩЕГО ВИДА И СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

5.1. СТАДИИ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Изготовлению любого изделия в металле предшествует процесс проектирования, т.е. разработка различных конструкторских документов в том числе чертежей.

ГОСТ 2.102—68 устанавливает более 25 видов конструкторских документов (*графических* и *текстовых*), которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта.

Любые изделия изготавливаются на основе определенных конструкторских документов, графические документы — чертежи составляют порядка 80...90 % от общего объема документации.

Графические документы, включающие в себя различные виды чертежей и схем, содержащих информацию об изделии, подразделяются следующим образом:

- *чертеж детали* — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля;
- *сборочный чертеж* — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля;
- *чертеж общего вида* — документ, определяющий конструкцию и взаимодействие основных составных частей изделия, а также поясняющий принцип его работы;
- *теоретический чертеж* — документ, определяющий геометрическую форму (обводы) изделия и координаты расположения его составных частей;
- *габаритный чертеж* — документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия с габаритными, установочными и присоединительными размерами;

- *электромонтажный, монтажный, упаковочный чертежи* — документы, содержащие контурное изображение изделия, а также данные, позволяющие производить соответствующую операцию;
- *схема* — документ, показывающий в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

К текстовым документам, которые могут быть представлены в виде таблиц, перечней и других записей, относятся *спецификация*, определяющая состав сборочной единицы, комплекса или комплекта; *технические условия*, содержащие требования к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других документах, а также различные *ведомости, пояснительные записки, таблицы, расчеты, инструкции* и т. д.

Для всех конструкторских документов, кроме основных, установлен соответствующий шифр: сборочный чертеж — СБ, габаритный чертеж — ГЧ, технические условия — ТУ и т. д.

Номенклатура некоторых конструкторских документов, разрабатываемых на изделия в зависимости от стадий их разработки, приведена в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Номенклатура конструкторских документов (ГОСТ 2.102–68)

Шифр документа	Наименование документа	Техническое предложение	Эскизный проект	Технический проект	Рабочая документация			
					на детали	на сборочные единицы	на комплексы	на комплекты
—	Чертеж детали	—	—	○	●	—	—	—
СБ	Сборочный чертеж	—	—	—	—	○	—	—
ВО	Чертеж общего вида	○	○	●	—	—	—	—
ТЧ	Теоретический чертеж	—	○	○	○	○	○	—
ГЧ	Габаритный чертеж	○	○	○	○	○	○	—

Окончание табл. 5.1

Шифр документа	Наименование документа	Техническое предложение	Эскизный проект	Технический проект	Рабочая документация			
					на детали	на сборочные единицы	на комплексы	на комплекты
МЧ	Монтажный чертеж	—	—	—	—	○	○	○
По ГОСТ 2.701—2008	Схема	○	○	○	—	○	○	○
—	Спецификация	—	—	—	—	●	●	●

Примечание. ● документ обязательный; ○ документ, разрабатываемый в зависимости от характера, назначения или условий производства изделия; — документ не разрабатывается.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой стандарт устанавливает виды и комплектность конструкторских документов?
2. Какова номенклатура конструкторских документов, разрабатываемых на изделие?
3. Какие виды графических документов включает в себя конструкторская документация?
4. Какие виды текстовых документов включает в себя конструкторская документация?
5. Дайте определение и поясните назначение чертежа детали.
6. Дайте определение и поясните назначение сборочного чертежа.
7. Дайте определение и поясните назначение чертежа общего вида.
8. Дайте определение и поясните назначение теоретического чертежа.
9. Дайте определение и поясните назначение монтажного чертежа.
10. Дайте определение и поясните назначение габаритного чертежа.
11. Дайте определение и поясните назначение схемы.
12. Какие шифры установлены для всех конструкторских документов, кроме основных?

5.2. ЧЕРТЕЖИ ОБЩЕГО ВИДА

Общие сведения

Основные требования к чертежам определяет ГОСТ 2.109—73. На стадиях технического предложения (ГОСТ 2.118—73), эскизного проектирования (ГОСТ 2.119—73) и технического проектирования (ГОСТ 2.120—73) разрабатывается чертеж общего вида изделия, на основании которого затем выполняется рабочая документация: чертежи отдельных деталей, спецификация, сборочный чертеж, а при необходимости монтажный и габаритный чертежи.

Чертежи общего вида должны содержать:

- изображение изделия (виды, разрезы, сечения);
- текстовые пояснения и надписи, необходимые для понимания устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы;
- наименования и обозначения тех составных частей изделия, параметры которых (технические характеристики, число, указание о материале и др.) необходимо указать;
- габаритные, присоединительные, установочные и другие размеры, помогающие уяснить форму элементов детали;
- схему изделия (если она требуется);
- посадки деталей (размеры с предельными отклонениями по ГОСТ 2.307—2011);
- технические требования к изделию (применение покрытий, способов пропитки, методов сварки и т. п.) и его технические характеристики, которые необходимо учитывать при последующей разработке рабочих чертежей.

Чертеж общего вида выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными ГОСТ 2.109—73 и другими стандартами ЕСКД для оформления чертежей рабочей документации. Наименования и обозначения составных частей изделия указывают:

- на полках линий-выносок, проведенных от деталей на чертеже общего вида;
- в таблице на чертеже общего вида;
- в таблице, выполняемой на отдельных листах формата А4, являющихся продолжением чертежа общего вида.

При наличии таблицы составных частей изделия на полках линий-выносок указывают соответствующие номера из графы *Поз.* Состоит таблица составных частей в общем случае из граф

Поз. (позиция), *Обозначение*, *Кол.* (количество), *Доп. указания* (дополнительные указания), но может содержать и другие необходимые графы. Порядок записи составных частей изделия в таблице рекомендуется следующий: изделия заимствованные, покупные, вновь разрабатываемые.

Схема оформления чертежа общего вида приведена на рис. 5.1.

Отличие чертежа общего вида от сборочного чертежа состоит в том, что он поясняет конструкцию всего изделия и каждой его составной части (детали), и поэтому содержит большее число изображений, в том числе дополнительные виды, разрезы, сечения с размерами, определяющими взаимное расположение деталей и уточняющими форму их элементов. Для несложных по конструкции изделий выполняют лишь рабочую документацию, т. е. сборочные чертежи. В этом случае и рабочие чертежи деталей выполняются по сборочному чертежу.

Пример чертежа общего вида приведен на рис. 5.2, а таблица составных частей изделия к нему — на рис. 5.3.

Порядок выполнения чертежа общего вида следующий:

1. Вычертить внутреннюю рамку соответствующего формата, основную надпись и дополнительные графы к ней.

2. Над основной надписью на поле чертежа оставить свободное место (шириной 185 мм) для перечня составных частей изделия и

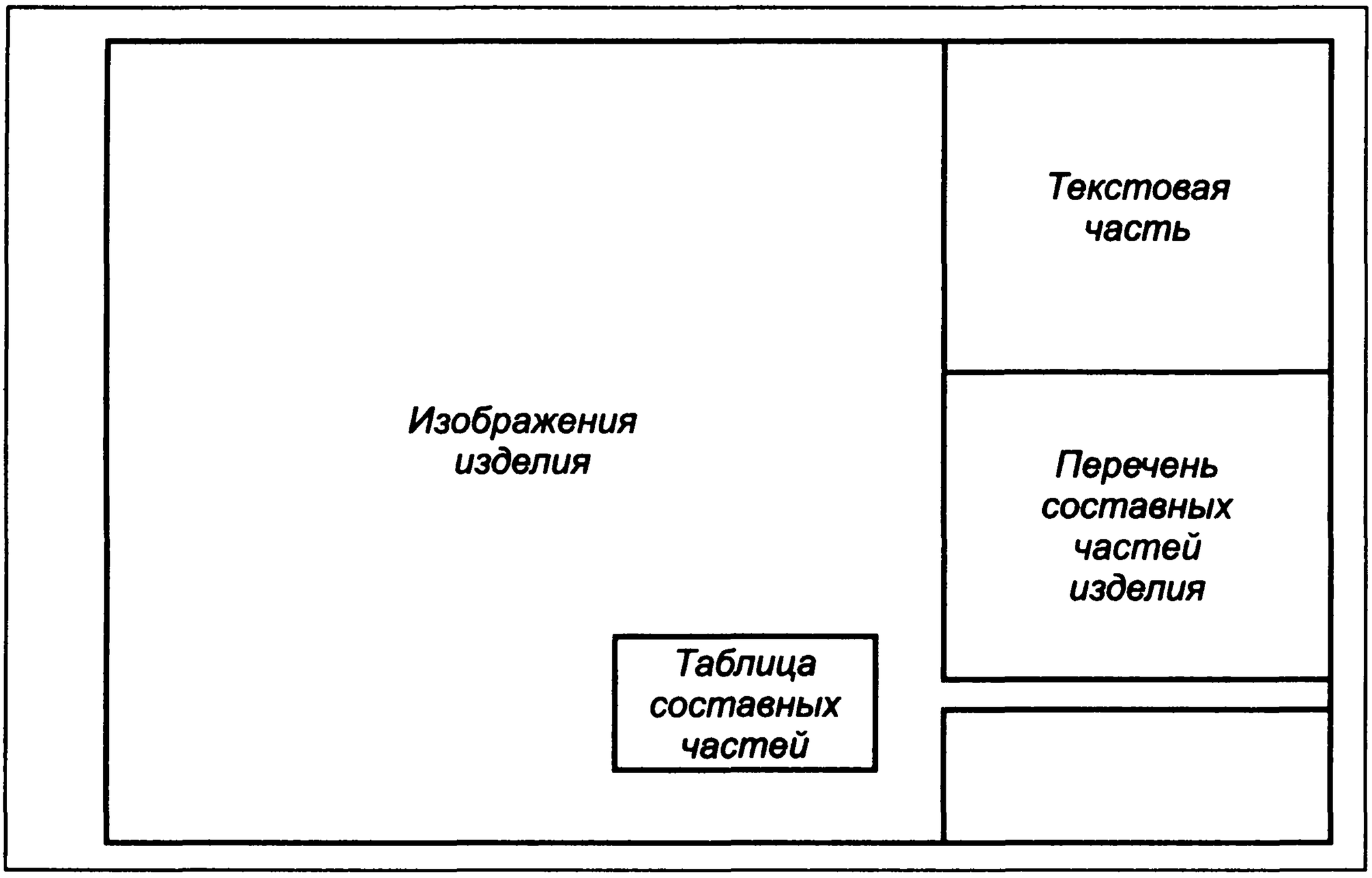
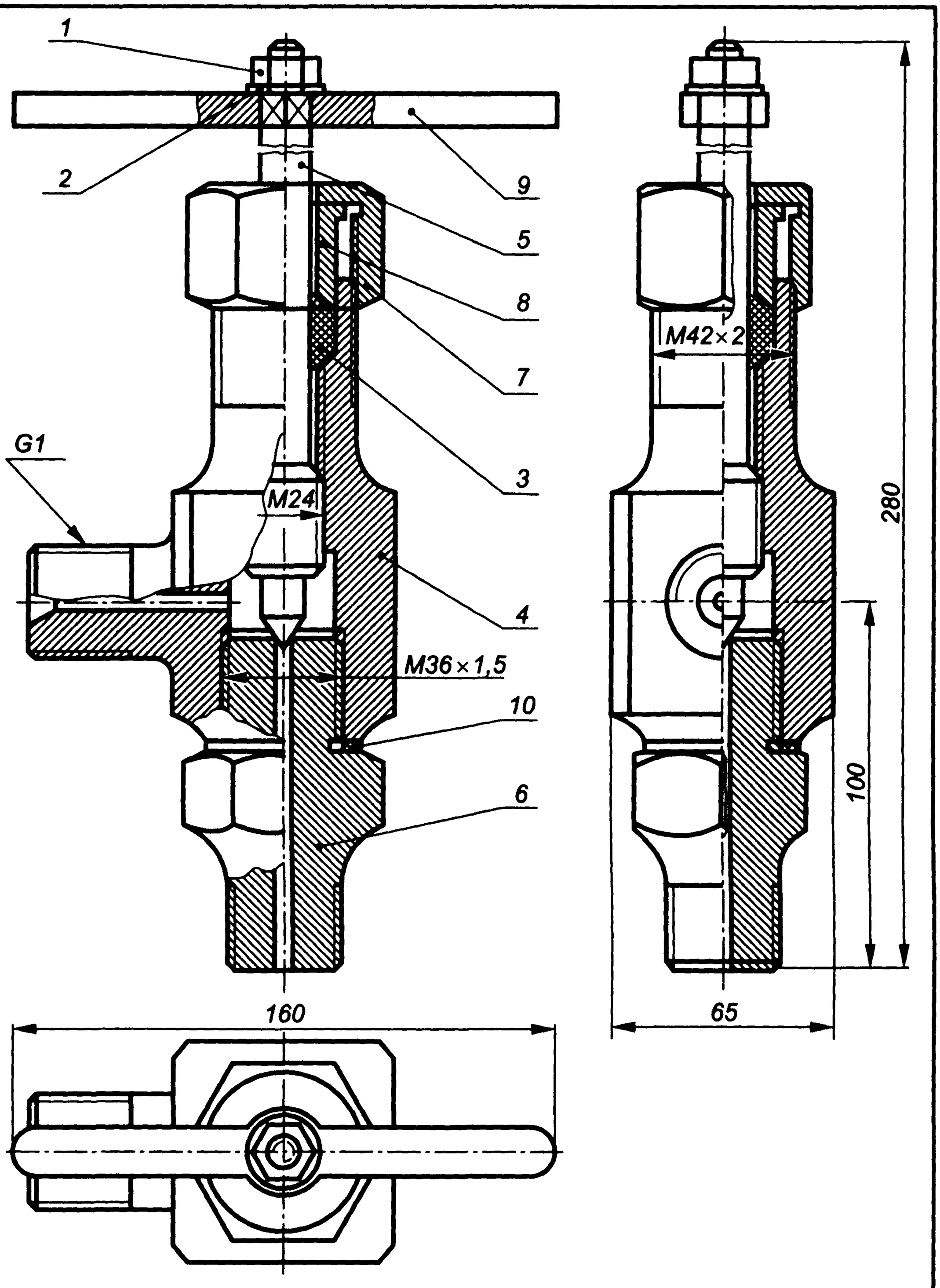


Рис. 5.1



					АБВГ ХХХХХ 000.ВО			
					Вентиль угловой	Лит	Масса	Масштаб
								1:1
Изм	Лист	№ док	Подп	Дата		Лист	Листов	
Разраб								
Пров								
Т контр								
Н контр.								
Утв								

Рис. 5.2

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Покупные изделия		
		1		Гайка М10.5.019	1	
				ГОСТ 5915—70		
		2		Шайба 10.01.019	1	
				ГОСТ 11371—78		
		3		Пенька ПП		0,01 кг
				ГОСТ 9993—74		
				Вновь		
				разрабатываемые		
				изделия		
		4	АБВГ. ХХХХХХ. 001	Корпус	1	
		5	АБВГ. ХХХХХХ. 002	Шпиндель	1	
		6	АБВГ. ХХХХХХ. 003	Штуцер	1	
		7	АБВГ. ХХХХХХ. 004	Гайка	1	
		8	АБВГ. ХХХХХХ. 005	Втулка	1	
		9	АБВГ. ХХХХХХ. 006	Рукоятка	1	
		10	АБВГ. ХХХХХХ. 007	Прокладка	1	

Изм.	Лист	№ док.	Подп	Дата	АБВГ. ХХХХХХ. 000		
Разраб.					Вентиль угловой	Лит.	Лист	Листов
Пров.								
Н. контр.								
Утв.								

Рис. 5.3

текстовой части в виде технических требований и технических характеристик.

3. Выполнить на поле чертежа необходимые изображения.

4. Разработать таблицу составных частей изделия.

5. От каждой сборочной единицы и детали провести линию-выноску, на полке которой нанести номер позиции в соответствии с номерами, указанными в таблице составных частей изделия.

6. Проставить на чертеже необходимые конструктивные, габаритные, присоединительные и установочные размеры.

7. При необходимости привести на чертеже схему изделия.

8. Указать технические требования и технические характеристики.

9. Выполнить необходимые таблицы.

Размеры, проставляемые на чертежах

Размеры, которые указывают на чертеже общего вида, подразделяются следующим образом:

- *габаритные*, характеризующие три измерения изделия (высоту, длину и ширину) или его наибольший диаметр;
- *установочные* и *присоединительные*, определяющие расположение и размеры элементов, по которым изделие устанавливают на месте монтажа или присоединяют к другому изделию (например, диаметры центровых окружностей и отверстий под болты, расстояния между отверстиями для крепления, между осями фундаментных болтов и т. п.);
- *монтажные*, указывающие взаимосвязь деталей и их взаимное расположение в сборочной единице (например, расстояние между осями валов, расстояние от оси изделия до привалочной плоскости, монтажные зазоры и т. п.);
- *эксплуатационные*, определяющие расчетную и конструкторскую характеристики изделия (например, диаметр проходного отверстия, размеры резьбы на присоединительном штуцере, размеры «под ключ», число зубьев, модули и т. п.).

При необходимости на чертеже изделия проставляют некоторые характерные конструктивные или расчетные размеры (например, для обеспечения возможности сверки их с размерами, проставляемыми на чертеже детали). На чертежах общего вида также указывают размеры отверстий под крепежные изделия, если эти отверстия выполняются в процессе сборки.

Условности и упрощения

Умение читать чертежи в известной мере определяется знанием всех тех условностей и упрощений, которые применяются при изображении деталей и общего вида изделий. «Видеть» форму каждой детали изделия, ее контуры — задача не простая, требующая пространственного воображения, поскольку на чертежах детали перекрывают друг друга.

Обычно изделие располагают в рабочем положении. Главное изображение должно обеспечивать наиболее полное представление о конструкции изделия в целом, а также о взаимодействии составных частей, конструкции и технических формах всех деталей и сборочных единиц. Отдельные виды можно также размещать и на свободном месте чертежа, если это обеспечивает его упрощение.

При симметричной конструкции изделия рекомендуется совмещать половину вида с половиной разреза или часть вида и часть разреза. В других случаях состав изображений определяют в зависимости от особенности конструкции изделия и формы его деталей. Некоторые изображения по сравнению с главным могут быть даны в уменьшенном масштабе, если изображаемые элементы имеют простую форму и «чтение» чертежа это не затрудняет.

Мелкие конструктивные элементы изделия выполняют с использованием дополнительных видов, сечений и выносных элементов в увеличенном масштабе.

Правила изображения изделий устанавливает ГОСТ 2.305—2008, а правила штриховки разрезов и сечений — ГОСТ 2.306—68.

Приведем некоторые допускаемые ЕСКД условности и упрощения изображений, позволяющие сократить объем графических работ и облегчить чтение чертежа.

1. Условные изображения крепежных деталей регламентирует ГОСТ 2.315—68, который рекомендует шестигранные гайки, головки болтов и другие подобные изделия показывать на главном изображении тремя гранями.

2. ГОСТ 2.109—73 допускает не изображать на чертеже общего вида:

- фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки и другие мелкие элементы;
- зазоры между стержнем и отверстием (за исключением конструктивных);
- крышки, щиты, кожухи и другие защитные элементы, если необходимо показать закрытые или составные ча-

сти изделия. При этом над изображением следует делают надпись типа *Крышка поз. 3 не показана*;

- видимые составные части изделий или их элементы, расположенные за сеткой, а также частично закрытые другими составными частями;
- надписи в табличках, на фирменных планках, шкалах и т. п. (т. е. наносят только их контур).

3. Изделия из прозрачных материалов (сетки, стекла) можно изображать как непрозрачные. Допускается также элементы, расположенные за прозрачными предметами (шкалы, стрелки приборов, внутреннее устройство лампы и т. п.), показывать как видимые.

4. Изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображаются лишь до зоны, ограниченной осевыми линиями сечений витков (рис. 5.4).

5. Составные части изделий, на которые оформлены самостоятельные рабочие чертежи, допускается изображать нерассеченными (например, клапан на рис. 5.5), а типовые, покупные и другие

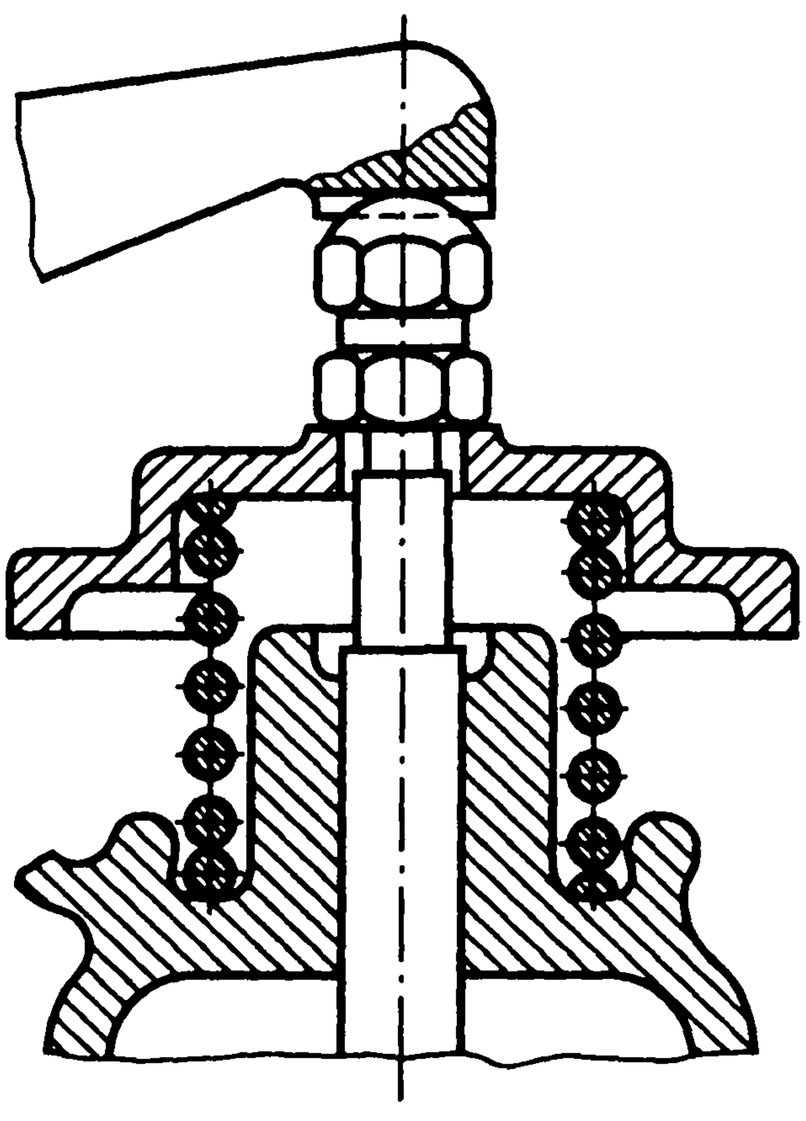


Рис. 5.4

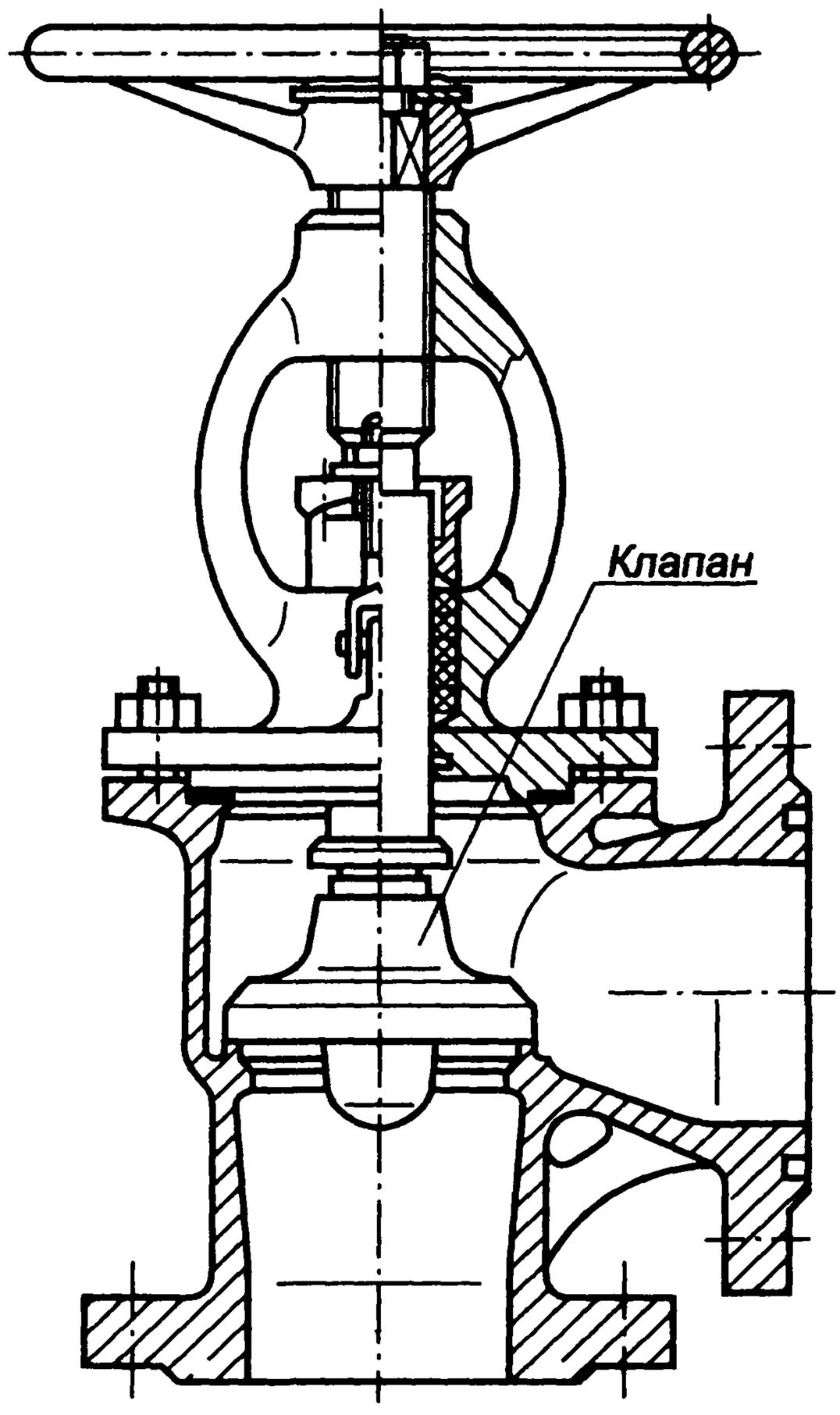


Рис. 5.5

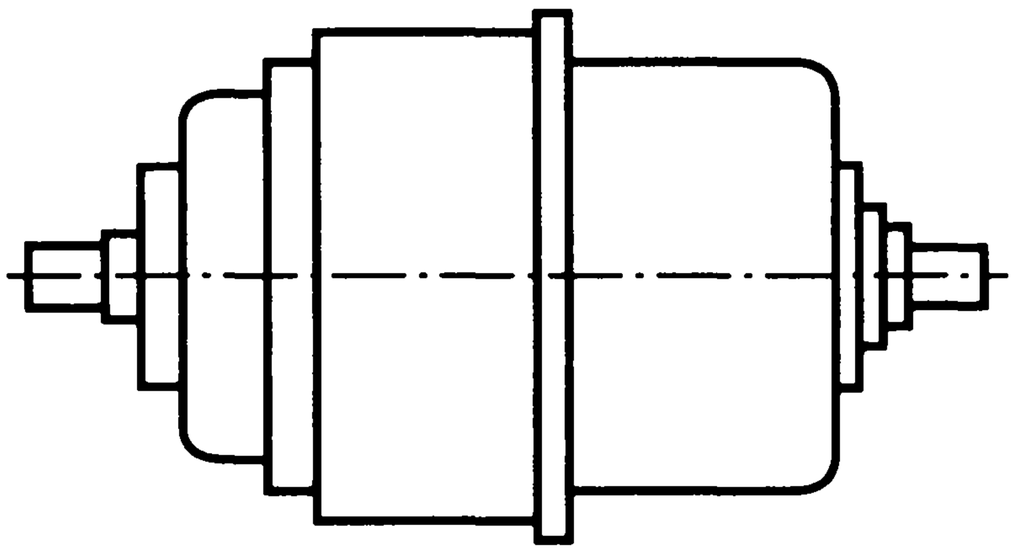


Рис. 5.6

широко применяемые изделия (например, двигатель на рис. 5.6 — внешними очертаниями).

6. На чертежах, включающих в себя изображения нескольких одинаковых составных частей (колес, опорных катков и т. п.), допускается выполнять полностью лишь одну из них, а остальные показывать упрощенно внешними очертаниями (см. рис. 3.63).

7. Сварные, паяные, клееные и другие детали из однородного материала в сборе с другими деталями в разрезах и сечениях штрихуют в одну сторону, изображая границы между ними сплошной толстой основной линией (рис. 5.7).

8. Крайнее положение детали, перемещающейся в процессе работы изделия, показывают штрихпунктирной тонкой линией с двумя точками (рис. 5.8).

9. Такие детали, как винты, болты, заклепки, шпильки, шпонки, оси, непустотелые валы и шпиндели, шатуны, рукоятки, при продольном разрезе показывают нерассеченными, т. е. незаштрихованными (см. рис. 3.62). Нерассеченными всегда показывают шарики и, как правило, гайки и шайбы.

10. На отдельных изображениях (дополнительные виды, разрезы, сечения) допускается показывать только ту часть изделия,

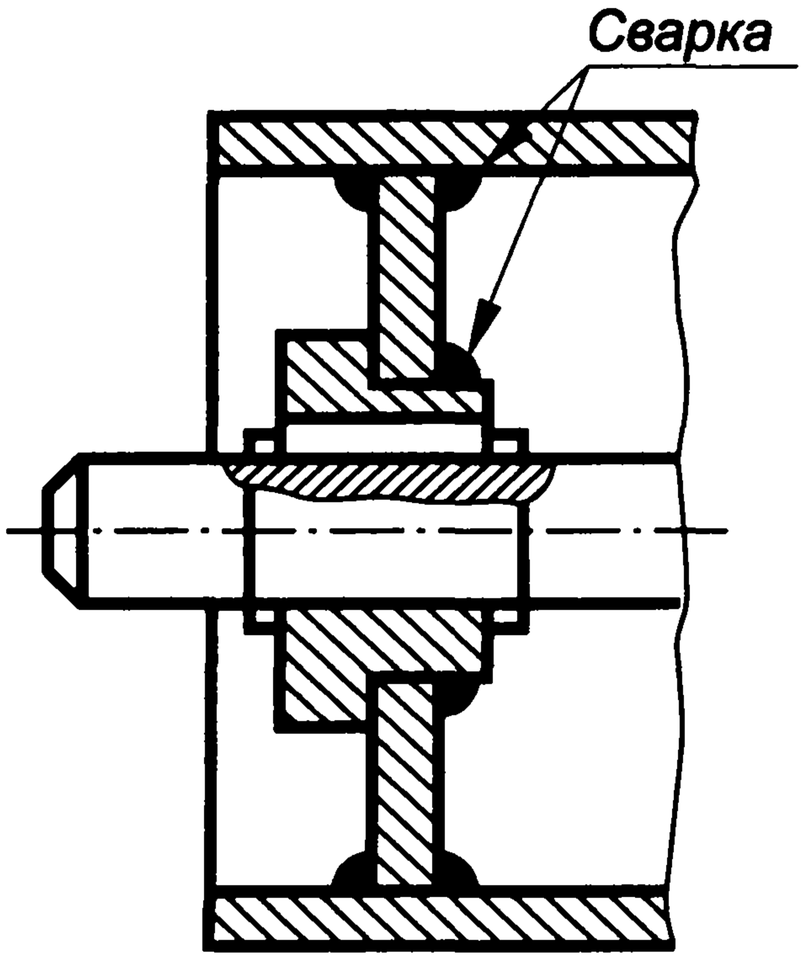


Рис. 5.7

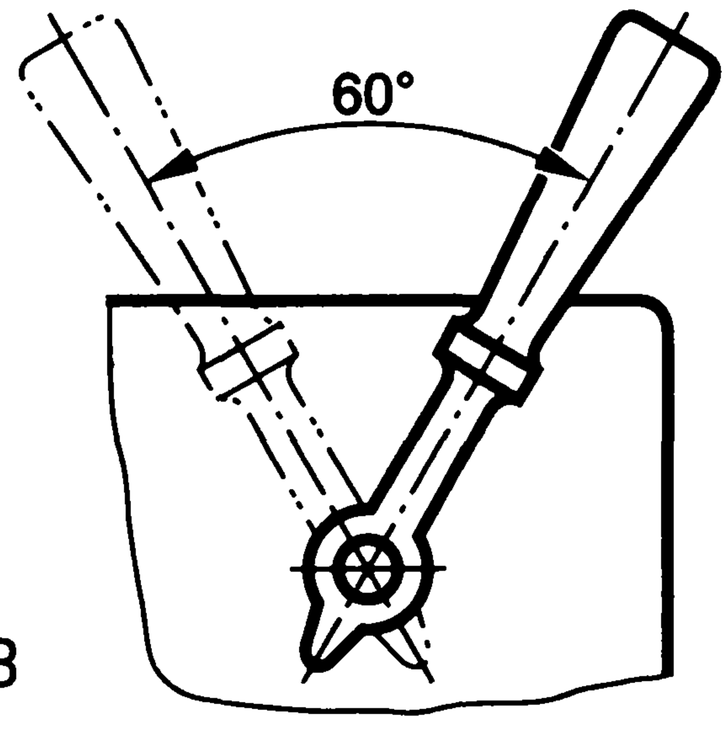


Рис. 5.8

конструкция которой требует особого пояснения. Над таким изображением ставят соответствующее обозначение и номер позиции этой детали, т. е. делают надпись типа *А Дет. поз. 9* (см. рис. 5.28).

Изображение некоторых изделий и устройств

На чертежах общего вида помимо различных соединений (шпоночных, шлицевых, сварных и т. п.) часто приходится изображать характерные типовые изделия: подшипники, уплотнительные устройства, клапаны и др.

Подшипники качения. В современном машиностроении широкое применение находят подшипники качения (рис. 5.9, *а*), тип и размеры которых определяются соответствующими стандартами. Их основными частями являются два кольца (наружное и внутреннее), шарики (или ролики) и сепаратор, отделяющий шарики (ролики) друг от друга.

Варианты изображения подшипников на чертежах общего вида:

- упрощенно (ГОСТ 2.420—69) без указания типа и особенностей конструкции (рис. 5.9, *б*);
- упрощенно (ГОСТ 2.770—68) с указанием их типа с помощью условного графического обозначения (рис. 5.9, *в*);
- с изображением колец, шариков и роликов (рис. 5.9, *г*).

Уплотнительные устройства. Уплотнения различных видов служат для обеспечения герметичности в подвижных и неподвижных соединениях деталей, предотвращения утечки рабочей среды, защиты поверхностей от пыли, грязи и т. п.

Торцевые уплотнения выполняются в зазорах между торцевыми поверхностями деталей (фланцев, крышек и т. п.) с помощью прокладок. Вырубленные из листового материала прокладки (рис. 5.10) устанавливаются под крышки, фланцы корпусов вентилей, двигателей и других деталей, при этом их форма определяется формой уплотняемых поверхностей. В зависимости от свойств среды и условий работы устройства применяются уплотнительные прокладки из текстолита, резины, прессшпана, паронита, асбеста и др.

Радиальные уплотнения выполняются в зазорах между сопряженными цилиндрическими поверхностями с помощью колец, манжет и консистентных смазочных материалов, закладываемых в кольцевые проточки.

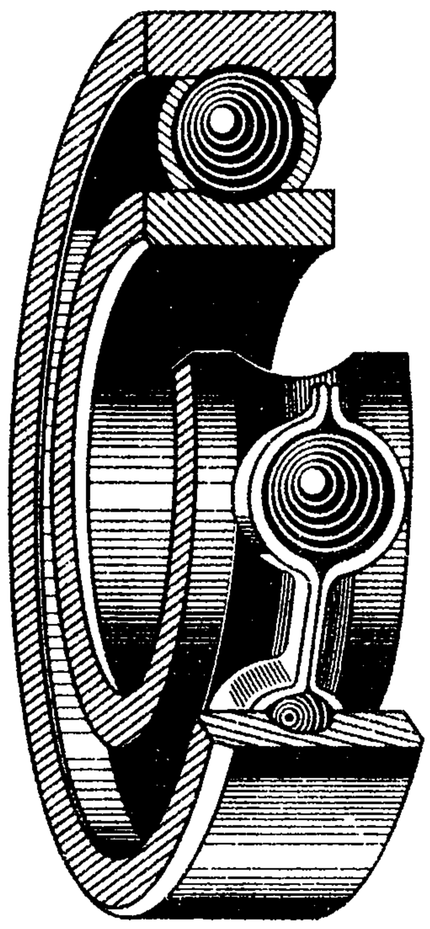
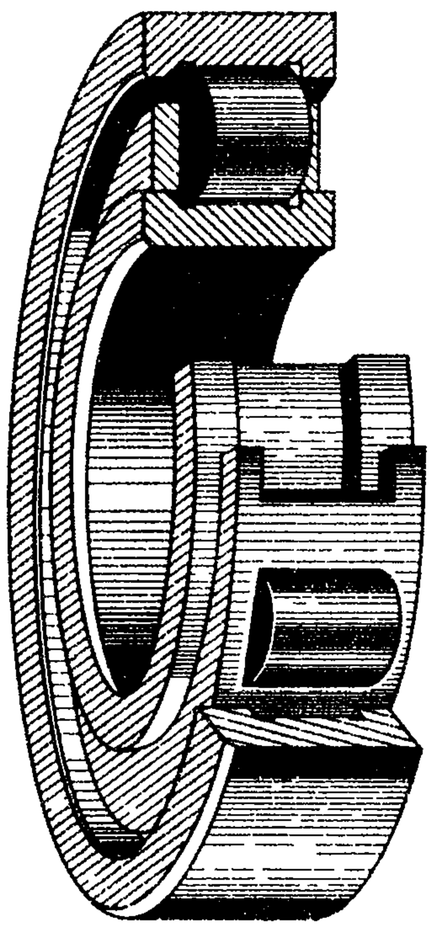
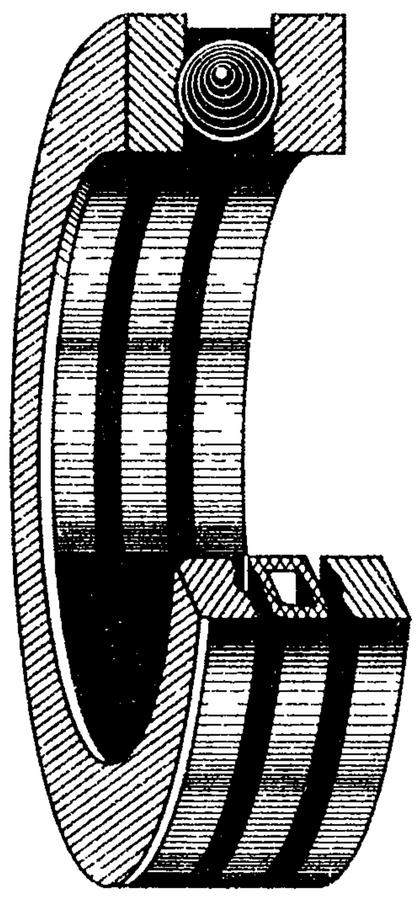
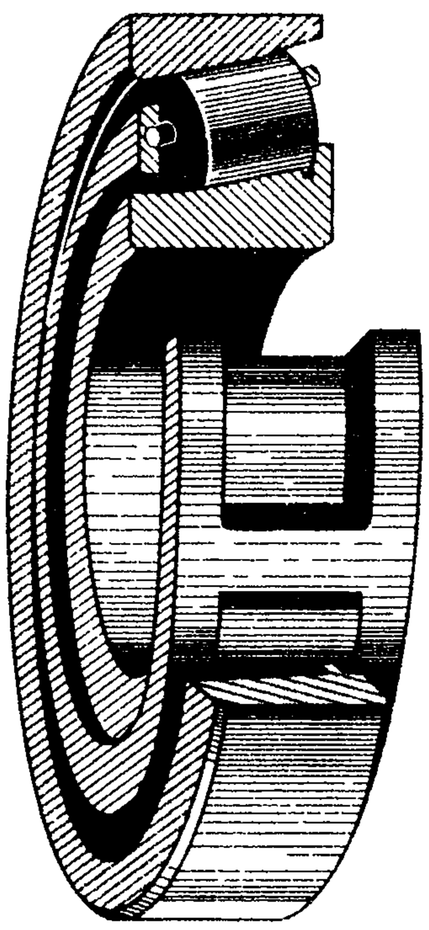
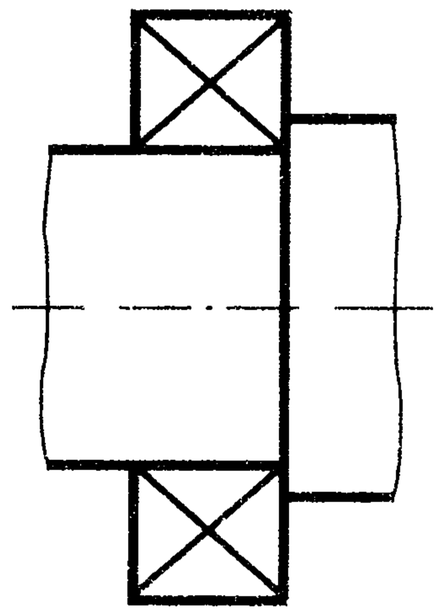
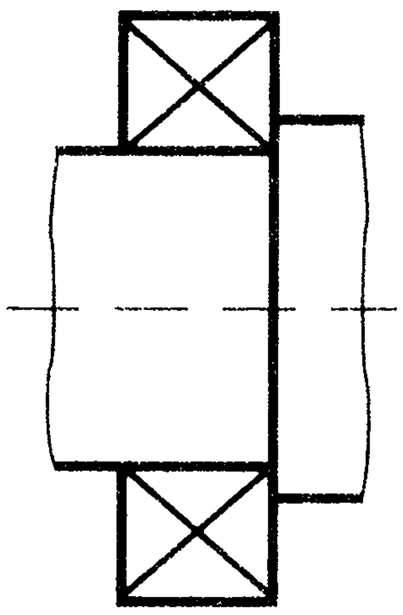
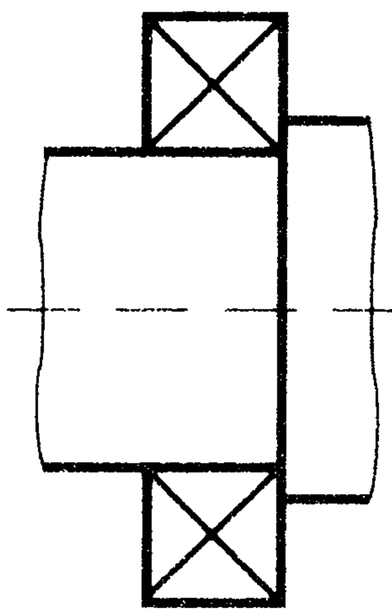
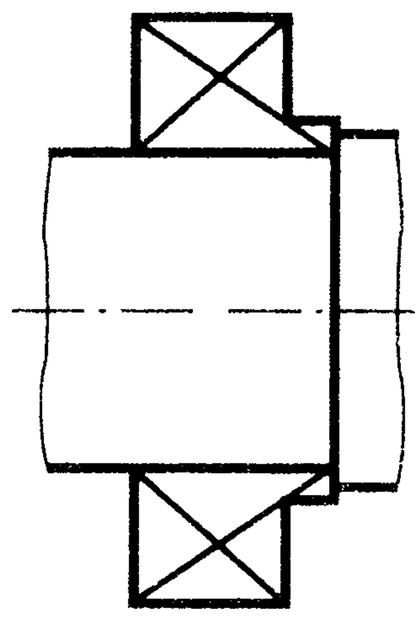
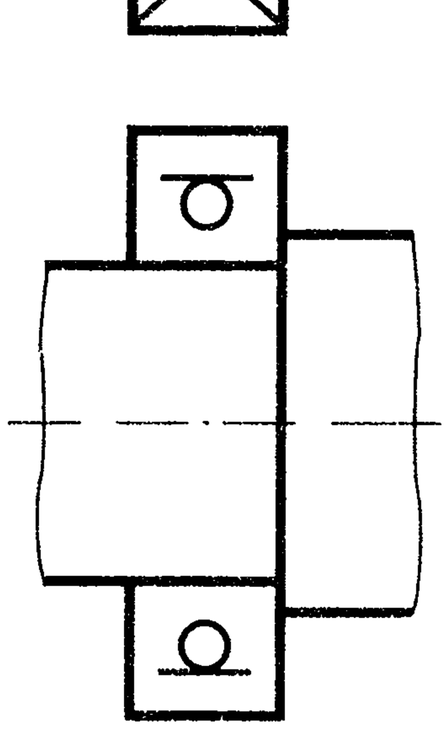
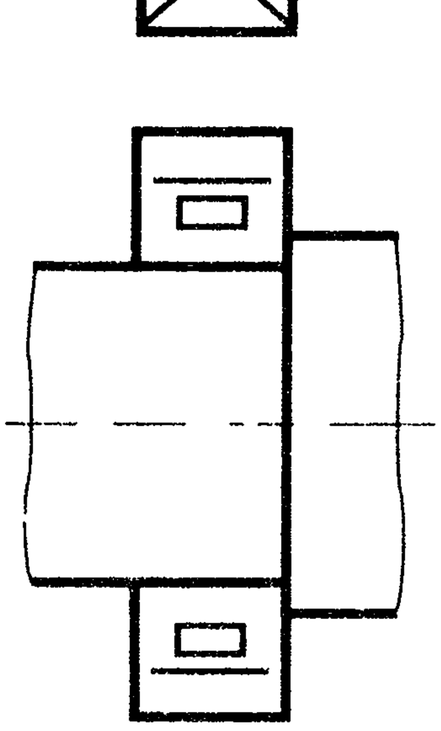
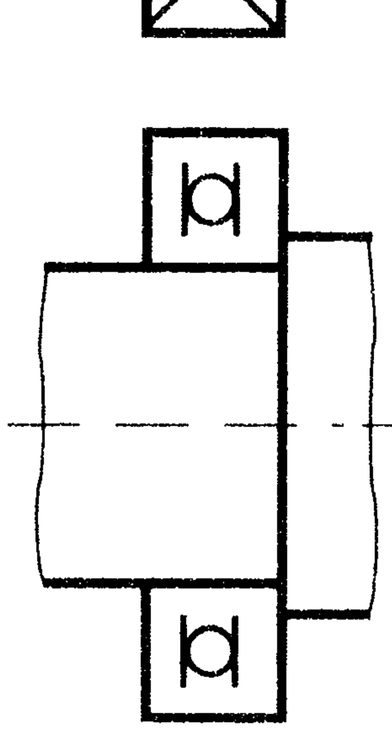
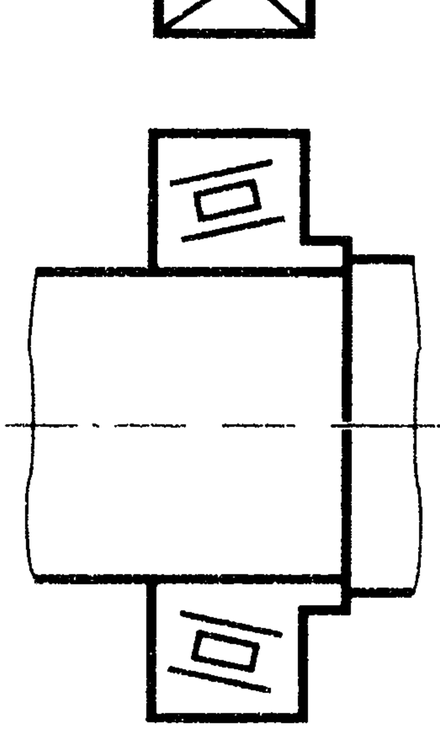
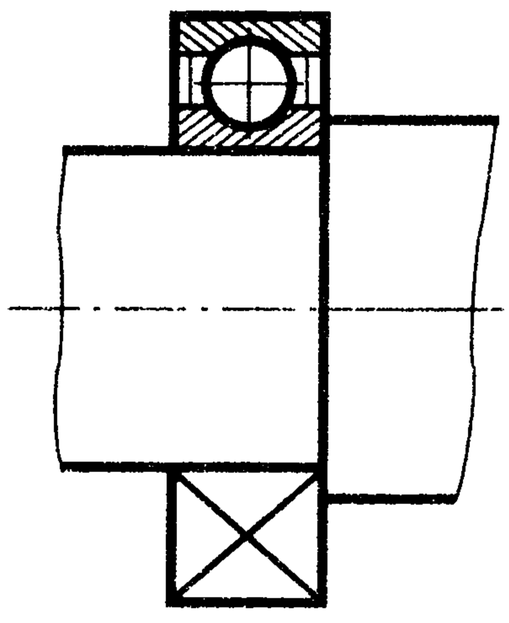
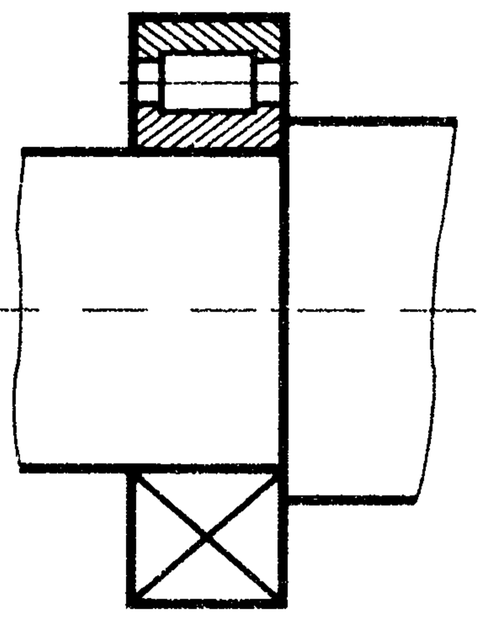
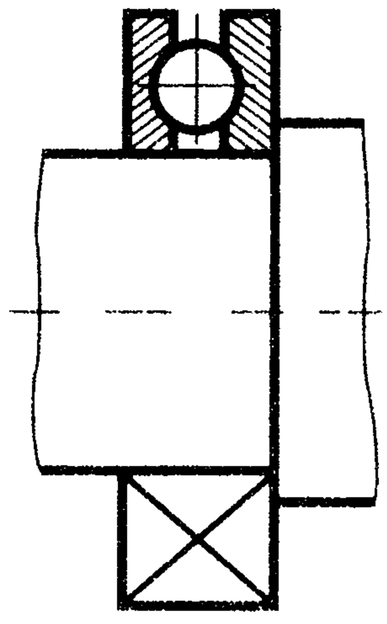
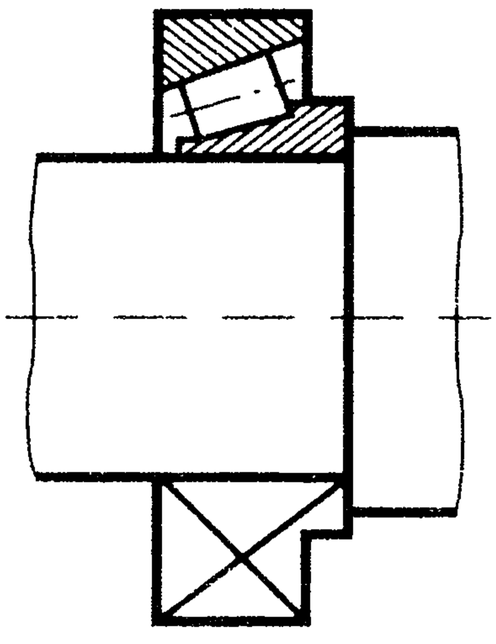
Шарикоподшипник радиальный однорядный	Роликоподшипник радиальный однорядный с короткими цилиндрическими роликами	Шарикоподшипник упорный однорядный	Роликоподшипник радиально-упорный однорядный с коническими роликами
а 			
б 			
в 			
г 			

Рис. 5.9

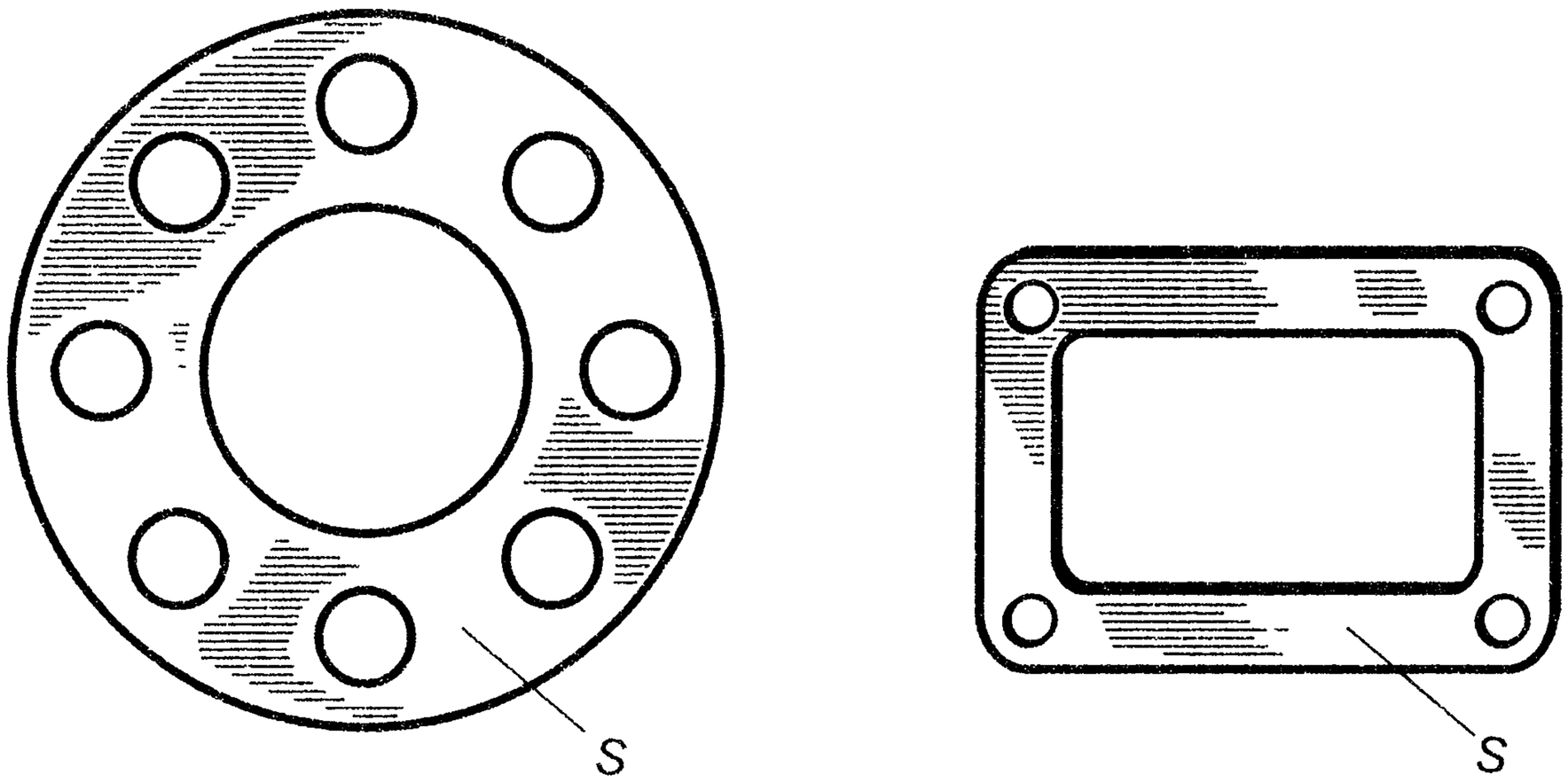


Рис. 5.10

Простейшие варианты радиального уплотнения кольцами, закладываемыми в кольцевые проточки одной из сопрягаемых деталей, показаны на рис. 5.11. Причем для создания требуемого уплотнения при деформации кольца должны несколько выступать из проточек при сборке. Уплотнительные кольца с различной формой поперечного сечения изготавливают из технического войлока, технической резины, фетра, полимеров и других материалов.

В пневматических и гидравлических системах широко применяются уплотнительные манжеты (рис. 5.12), изготовленные из кожи, маслостойкой технической резины, капрона или винипласта, которые можно армировать металлическими кольцами.

Сальниковое уплотнение применяется для медленно или редко перемещающихся относительно друг друга цилиндрических поверхностей деталей арматуры. Такое уплотнение состоит из крышки сальника (нажимной гайки), втулки, набивки и крепежных деталей. Набивка, в качестве которой используется пеньковое или

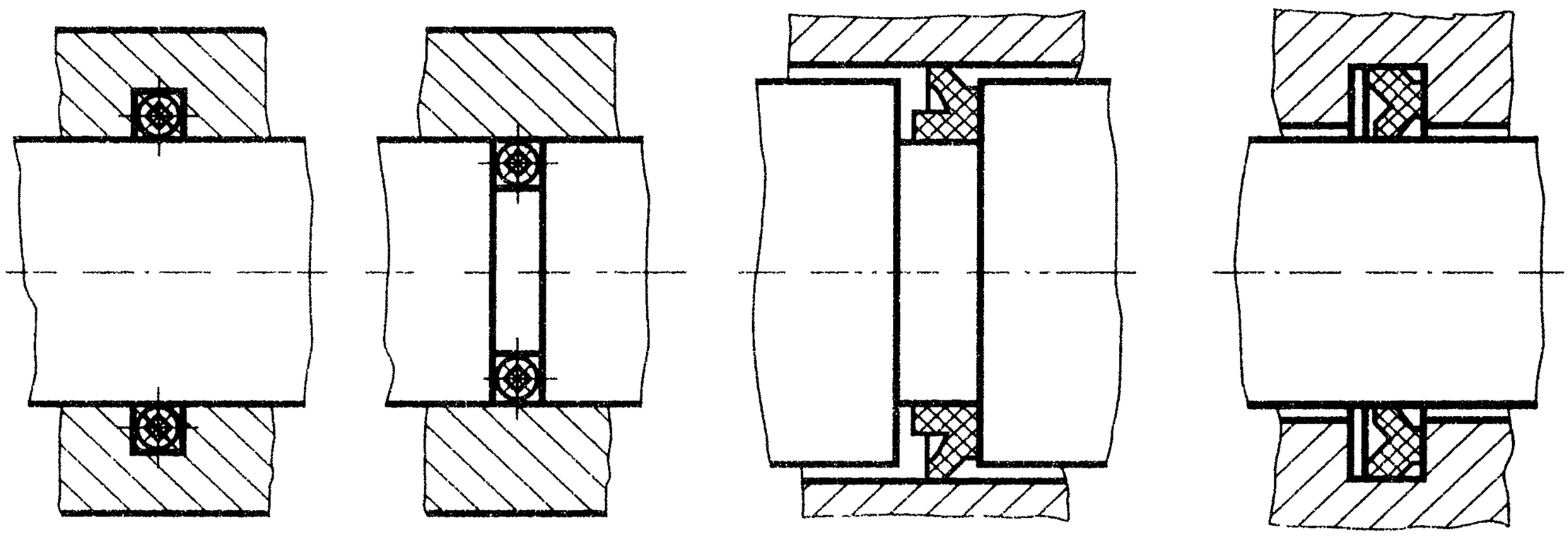


Рис. 5.11

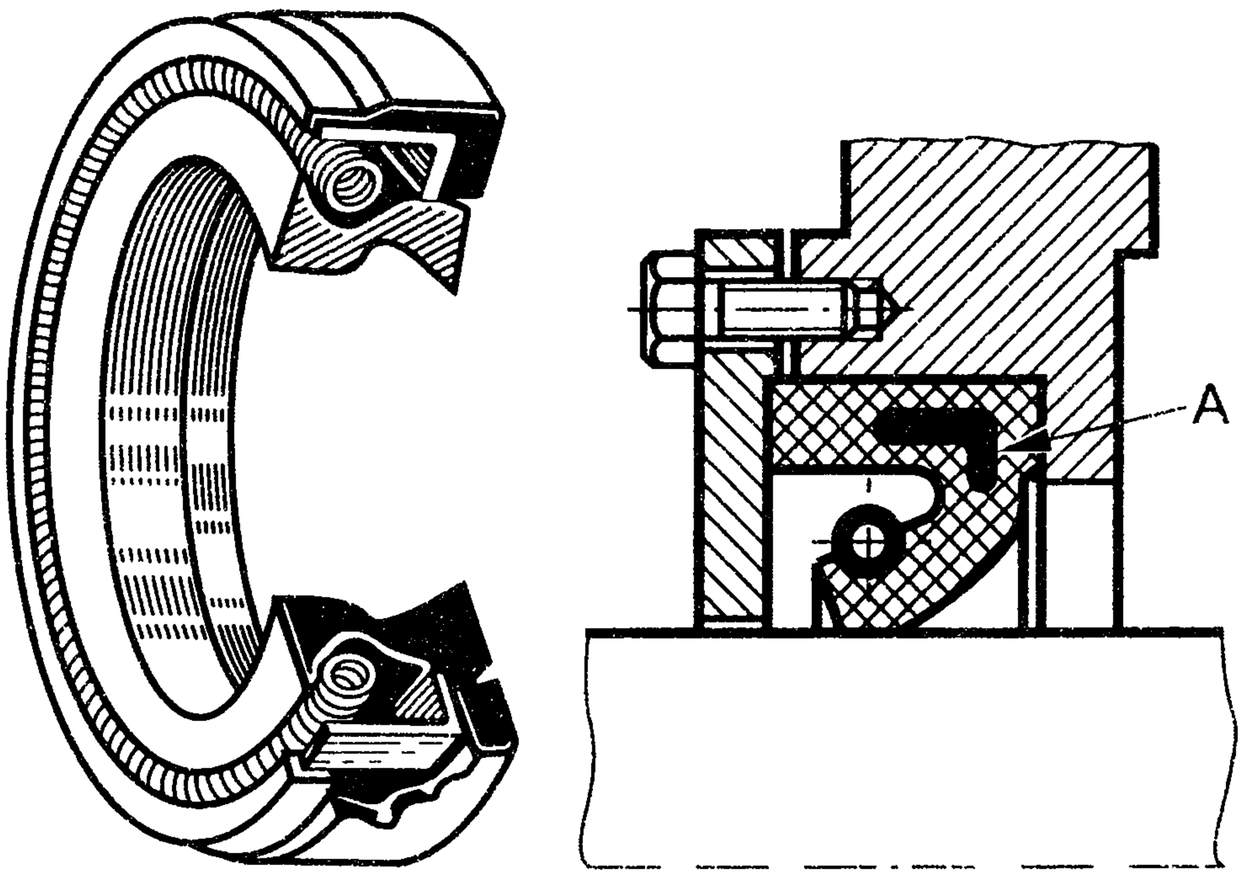


Рис. 5.12

льняное волокно, набор колец из асбеста и другие материалы, закладывается в кольцевое пространство сальниковой камеры и прижимается крышкой сальника (рис. 5.13, *а*), нажимной гайкой через втулку (рис. 5.13, *б*) или резьбовой втулкой (рис. 5.13, *в*), которые на чертежах общего вида изображаются в поднятом положении.

Крепление клапанов. При типовых креплениях клапанов на штоках (или шпинделях) должно обязательно обеспечиваться свободное вращение штока относительно клапана, создающего его надежное прилегание к гнезду. Применяются следующие варианты крепления клапана: обжатием по головке штока (рис. 5.14, *а*), проволочной скобой (рис. 5.14, *б*), кольцом из проволоки (рис. 5.14, *в*), посредством прорези в клапане (рис. 5.14, *г*), нажимной гайкой (рис. 5.14, *g*) и с помощью шариков (рис. 5.14, *е*).

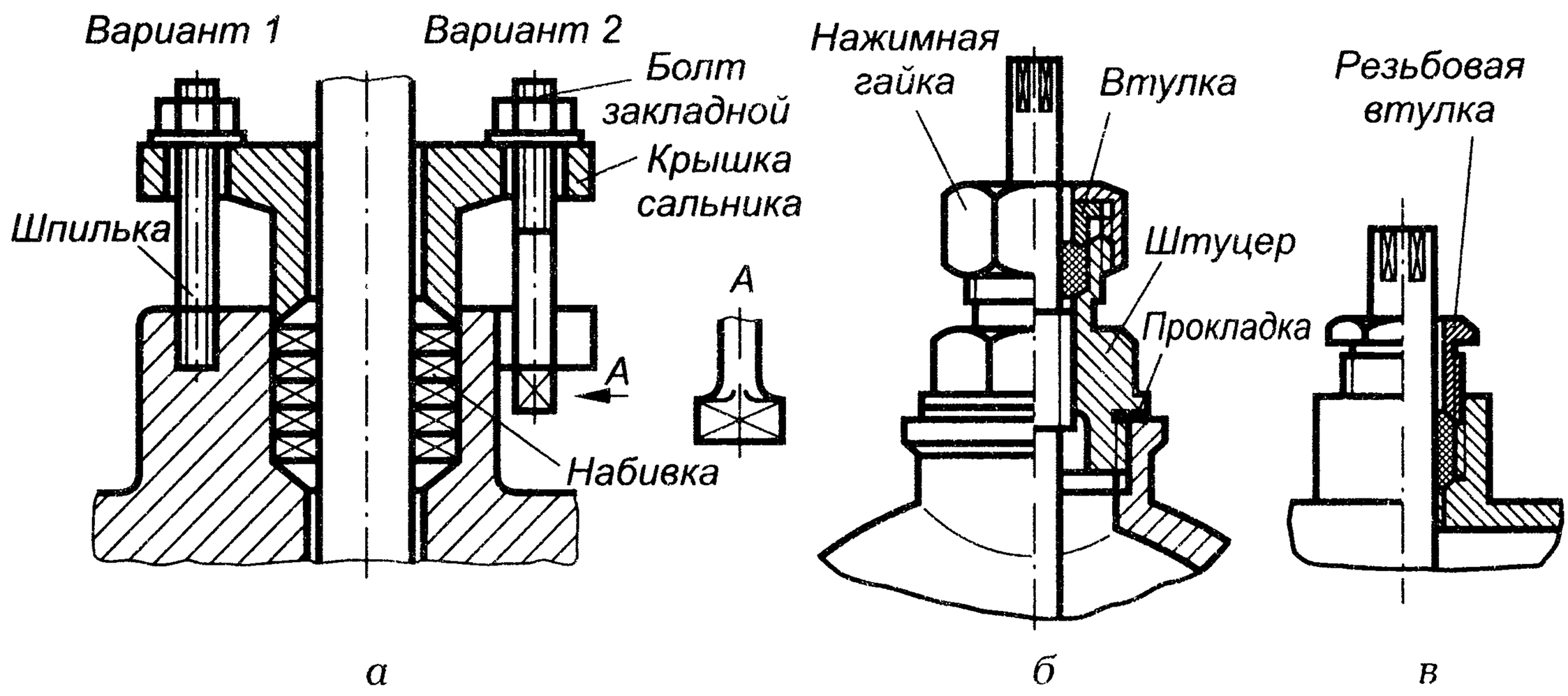
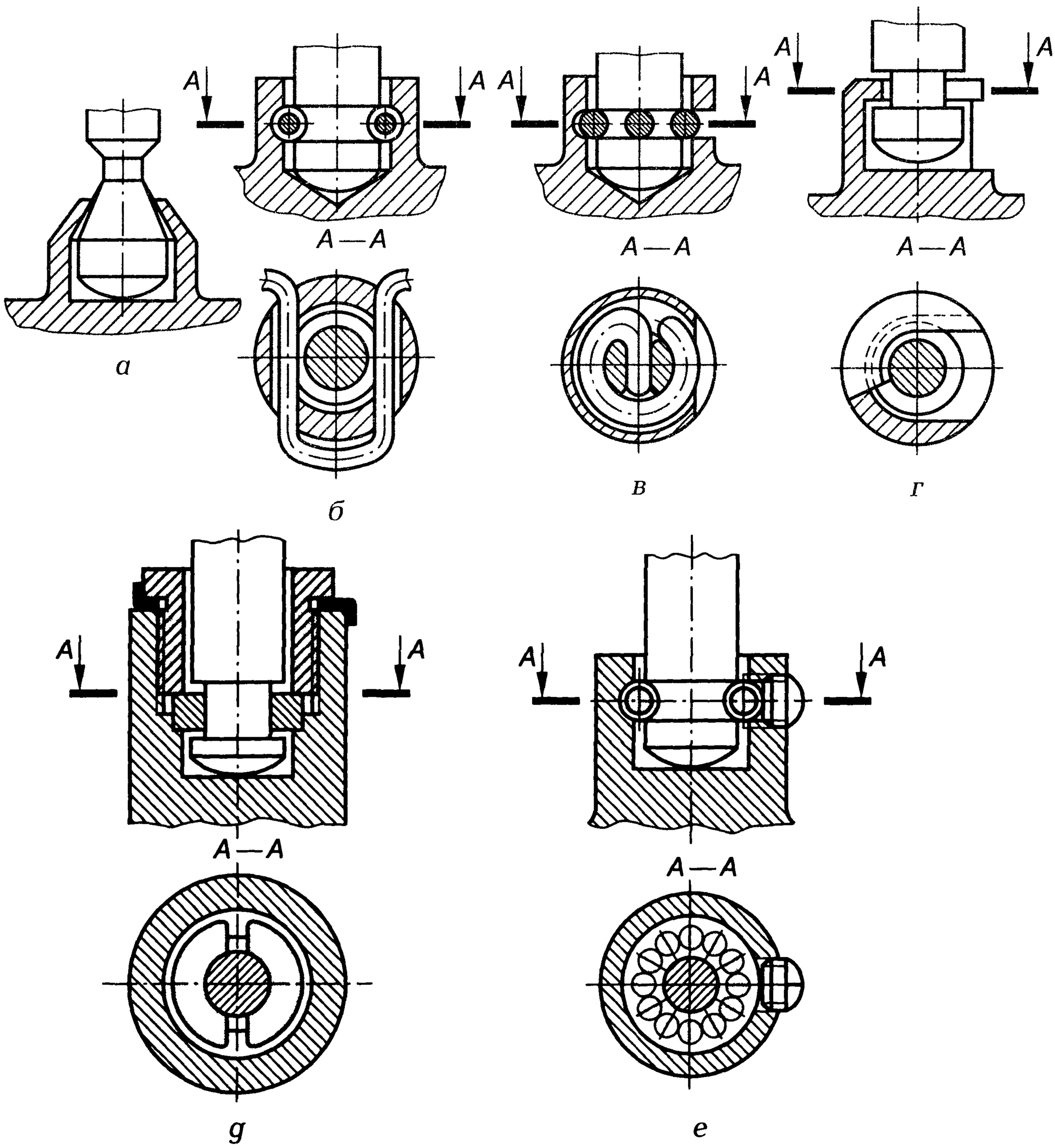


Рис. 5.13



а *б* *в* *г*

д *е*

Рис. 5.14

Изделия с наплавкой и заливкой. При изготовлении многих изделий используется наплавка на детали металла или сплава, а также заливка их поверхностей или элементов металлом, сплавом, пластмассой, резиной и другими материалами (рис. 5.15). На чертежах таких сборочных единиц указывают размеры поверхностей или элементов под наплавку и заливку, размеры окончательно готовой сборочной единицы, данные о материале и другие сведения, необходимые для изготовления и контроля.

Детали, получаемые гибкой. Если изображение детали, изготавливаемой гибкой, не дает представления о действительной форме и

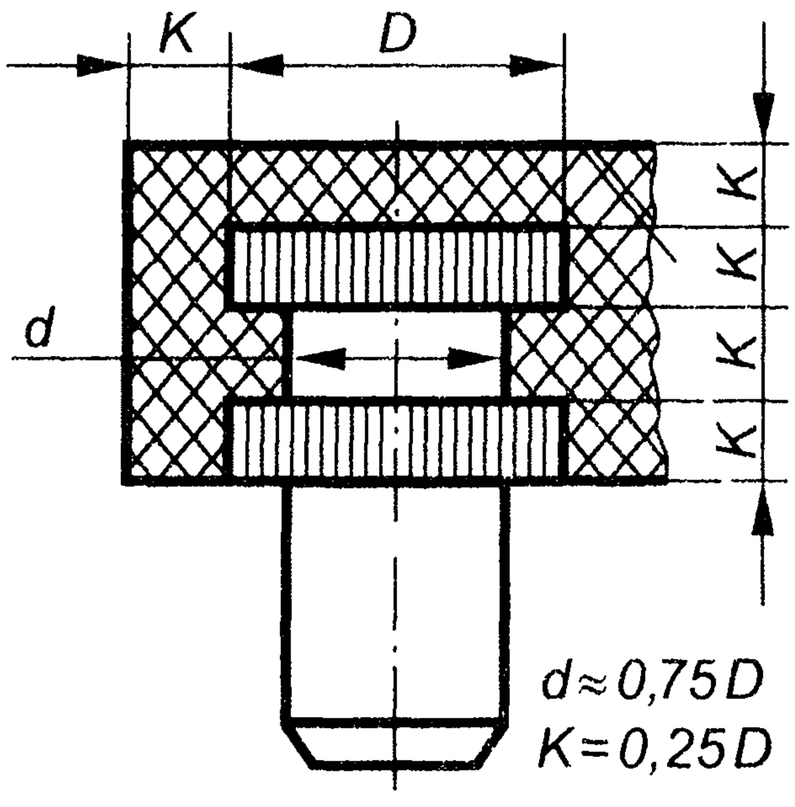


Рис. 5.15

размерах отдельных ее элементов, то на чертеже приводят частичную или полную ее развертку. Над изображением помещают соответствующий знак развертки (рис. 5.16), а размеры указывают только те, которые невозможно указать на изображении готовой детали.

Допускается совмещать изображение части развертки с видом детали, если это не затрудняет чтение чертежа. При этом знак развертки не указывают, а саму развертку изображают штрихпунктирными линиями с двумя точками (рис. 5.17).

Детали с определенным направлением волокон, слоев и поверхностей. Если деталь изготавливается из материала, имеющего определенное направление волокон, и основы (металлическая лента, бумага, дерево, ткань) и важно выдержать это направление волокон, то допускается указывать его на чертеже, как показано на рис. 5.18, *а*—*д* соответственно для металла, ткани, дерева, бумаги и фанеры. Если деталь изготавливается из слоистого материала

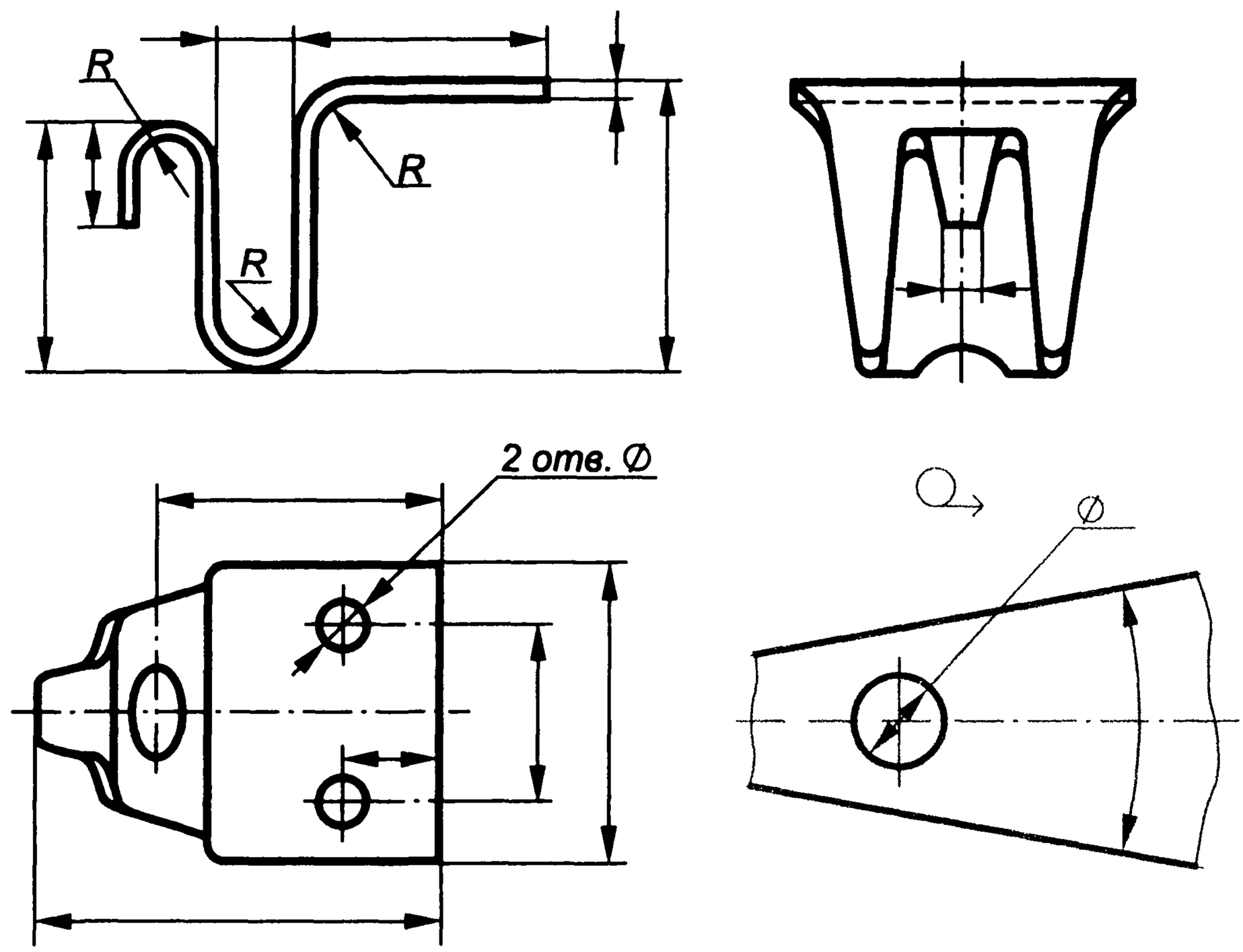
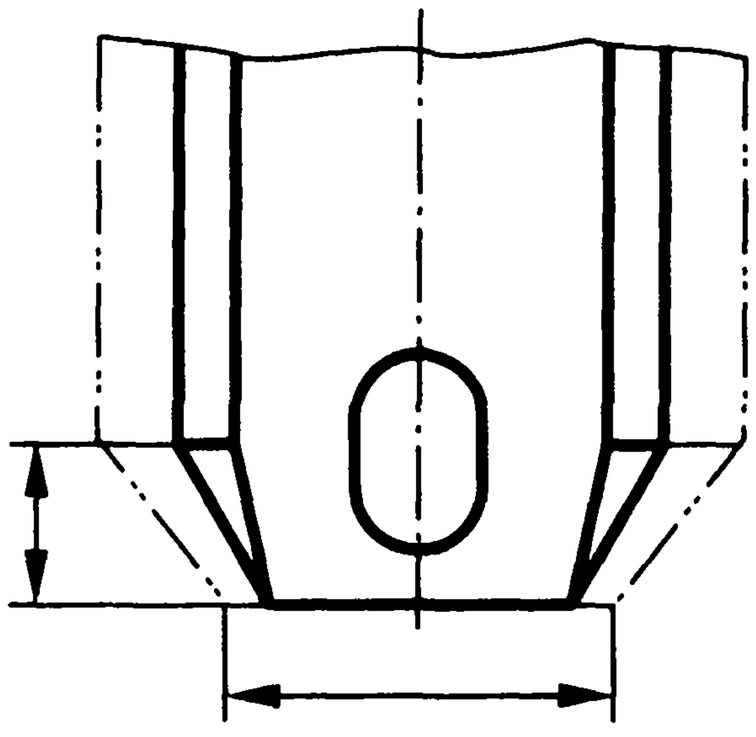


Рис. 5.16

Рис. 5.17



(текстолит, фибра, гетинакс и др.), соответствующее указание о расположении его слоев приводят в технических требованиях (рис. 5.18, *е*).

Детали, которые изготавливаются из материала, имеющего лицевую и оборотную стороны (кожа, пленки, рифленые стали и др.), вычерчивают таким образом, чтобы на главном изображении лицевая сторона была видимой, и на полке линии-выноски делают надпись *Лицевая сторона* (рис. 5.18, *ж*).

Детали из прозрачных материалов. Детали из прозрачных материалов изображают как непрозрачные. При этом надписи, цифры и знаки, которые наносятся на детали с обратной стороны от наблюдателя, а у готовой детали должны быть видны с лицевой стороны, изображаются на чертеже как видимые и дается соответствующее указание в технических требованиях (рис. 5.19).

Совместно обрабатываемые изделия. Если отдельные элементы детали требуется обработать по другой детали и (или) пригнать к ней, то размеры таких элементов помечаются звездочками или буквами и в технических требованиях чертежа даются соответствующие указания (рис. 5.20).

Если предусмотрено совместное применение двух и более изделий, полученных резкой из одной заготовки, и ни одно из них не допускается заменять изделием, изготовленным по данному чертежу резкой другой заготовки, то разрабатывается один чертеж (рис. 5.21). Если же деталь, получаемая из заготовки, заменяема деталями, изготовленными из других заготовок по ее чертежу, изображение заготовки не приводится (рис. 5.22).

Изделия с дополнительной обработкой, доделкой и переделкой. На чертежах деталей, изготавливаемых с дополнительной обработкой или переделкой из других изделий, деталь-заготовку изображают сплошными тонкими линиями, а поверхности, получаемые дополнительной обработкой, вновь вводимые изделия и изделия, устанавливаемые взамен имеющихся, — сплошными толстыми основными линиями.

Размеры, предельные отклонения и обозначения шероховатостей поверхностей на чертеже наносятся только те, которые не-

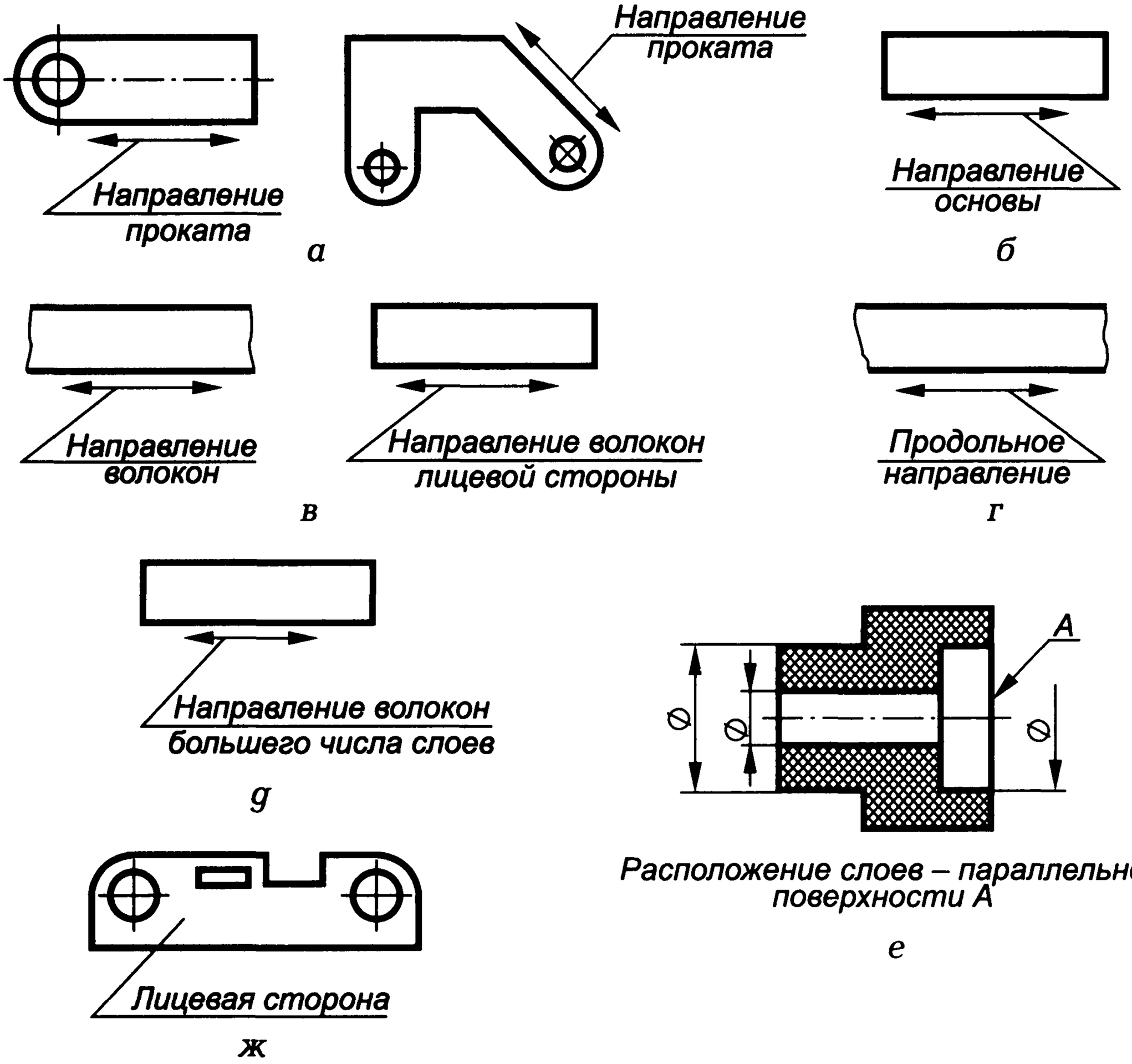


Рис. 5.18

обходимы для дополнительной обработки. В качестве примера на рис. 5.23 сплошной тонкой линией изображена деталь-заготовка и сплошными толстыми основными линиями показаны места, подлежащие дополнительной обработке (отверстие, фаска).

Изделия с надписями, знаками, шкалами. На чертежах деталей, имеющих шкалы, надписи или знаки, должны быть приведены все данные, необходимые для их нанесения. Надписи, цифры и другие данные, проецирующиеся с искажением, допускается изображать

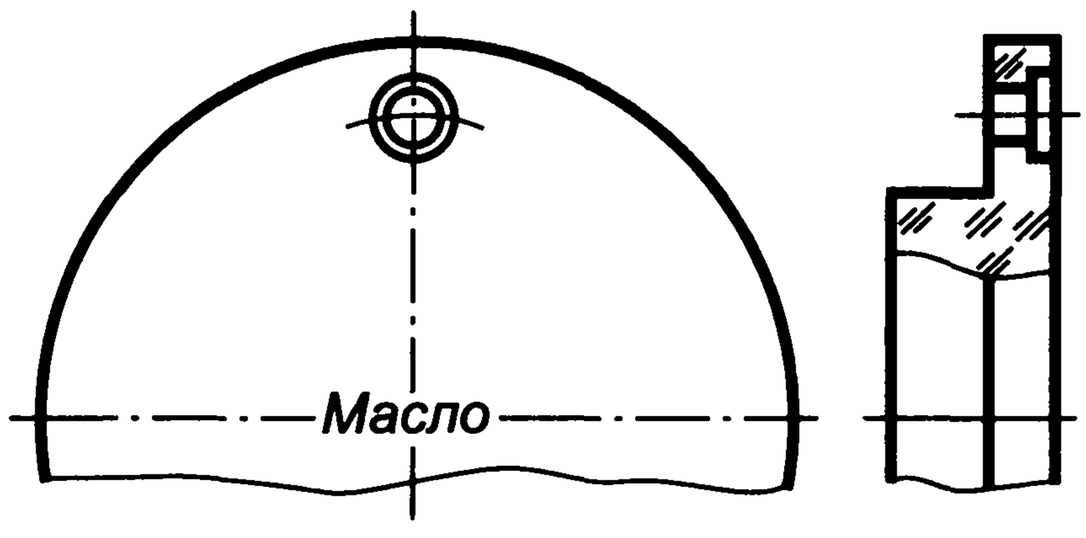
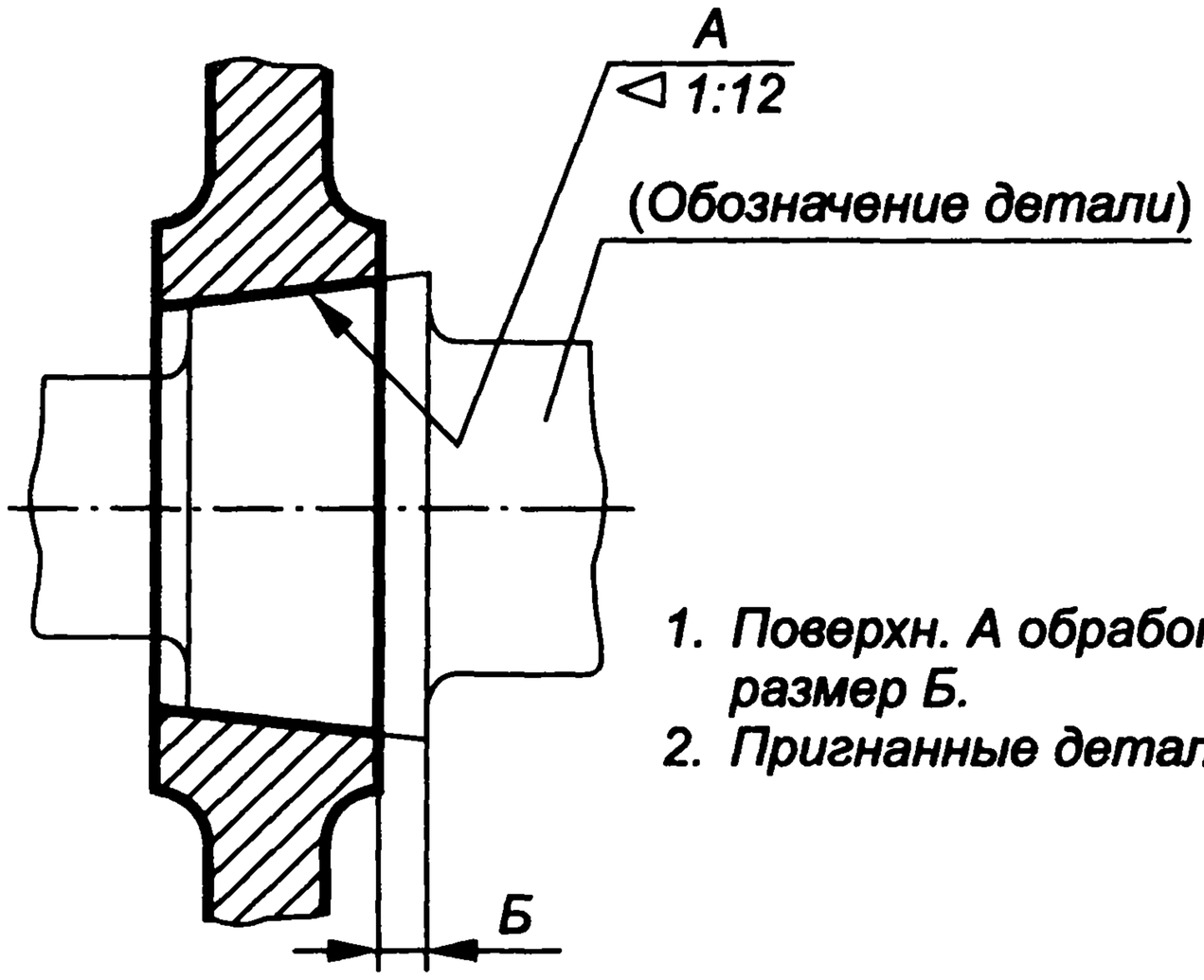


Рис. 5.19



1. Поверхн. А обработать по дет. …, выдержав размер Б.
2. Пригнанные детали применять совместно.

Рис. 5.20

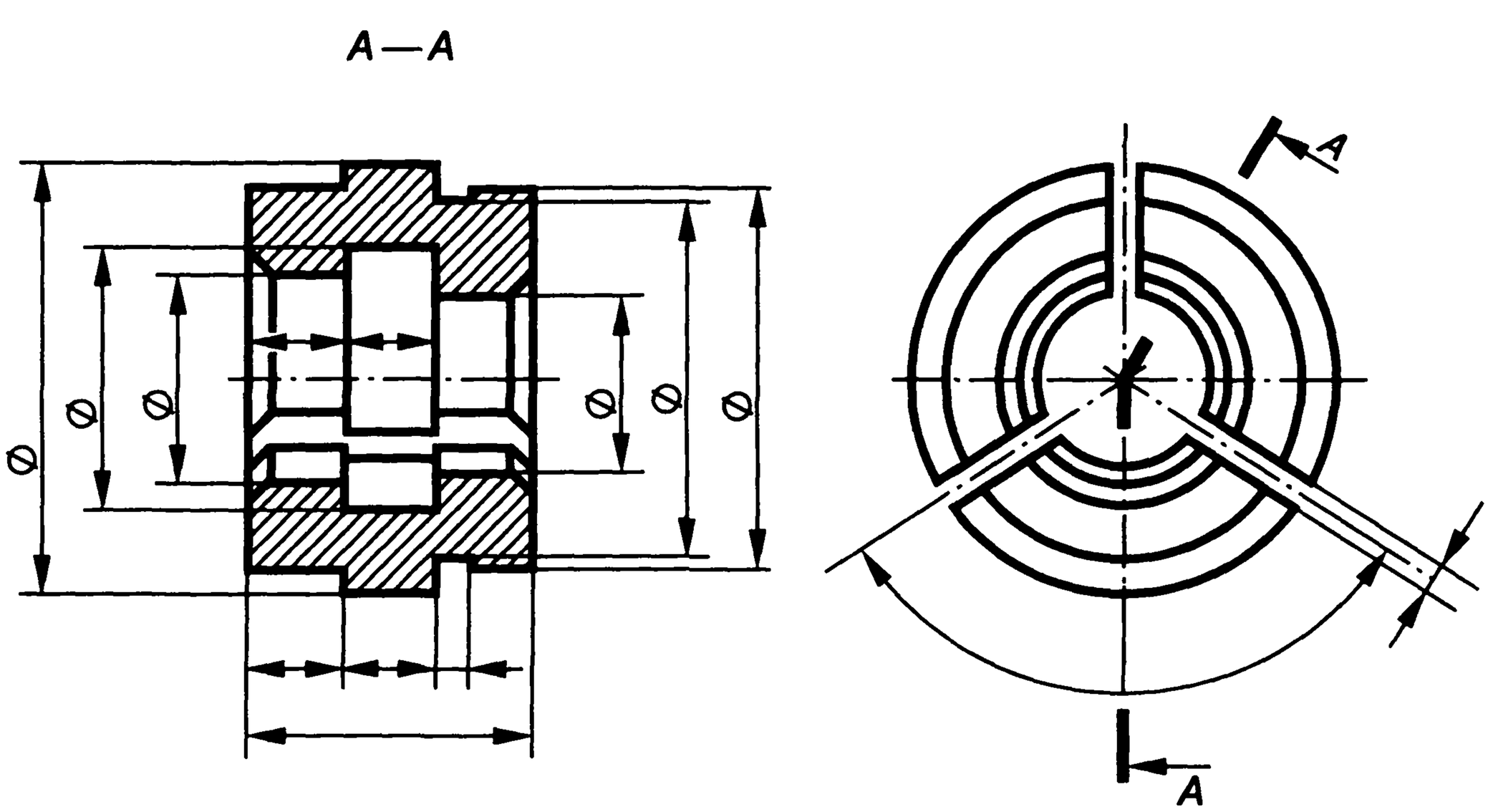


Рис. 5.21

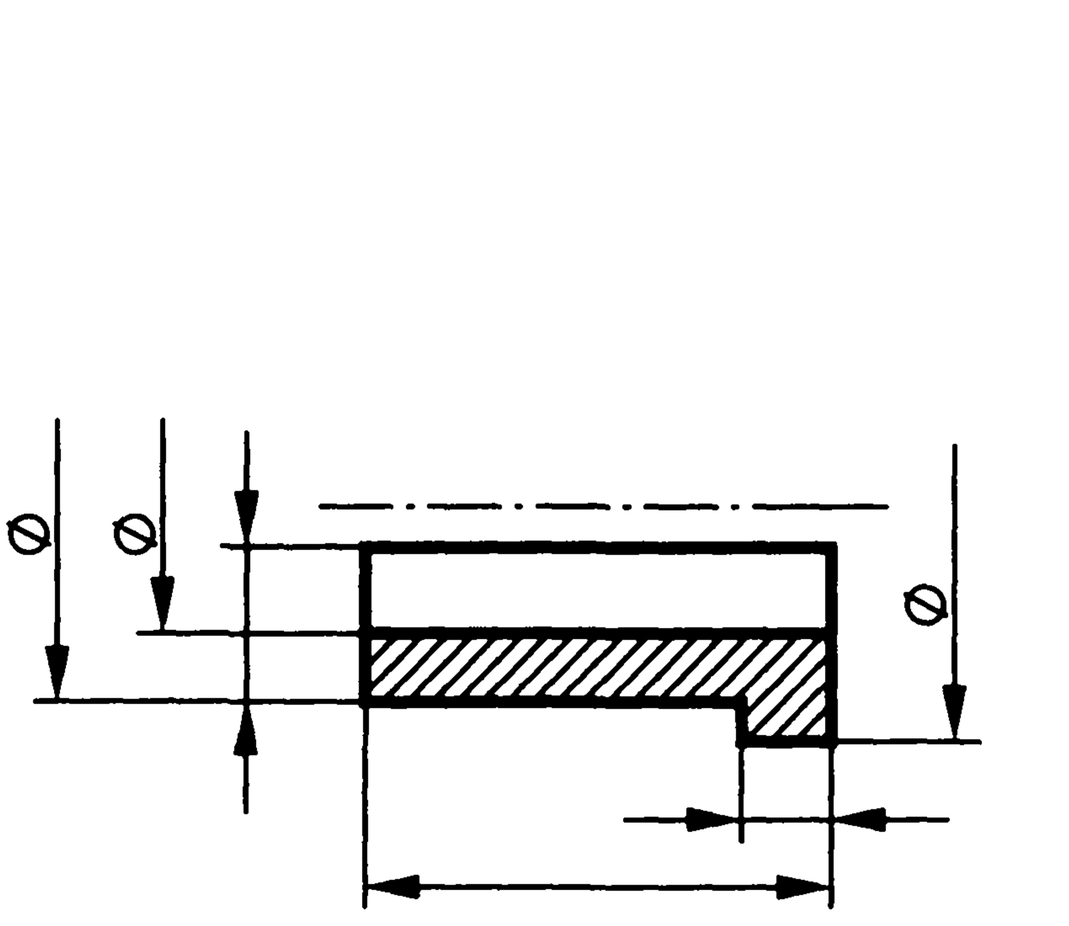


Рис. 5.22

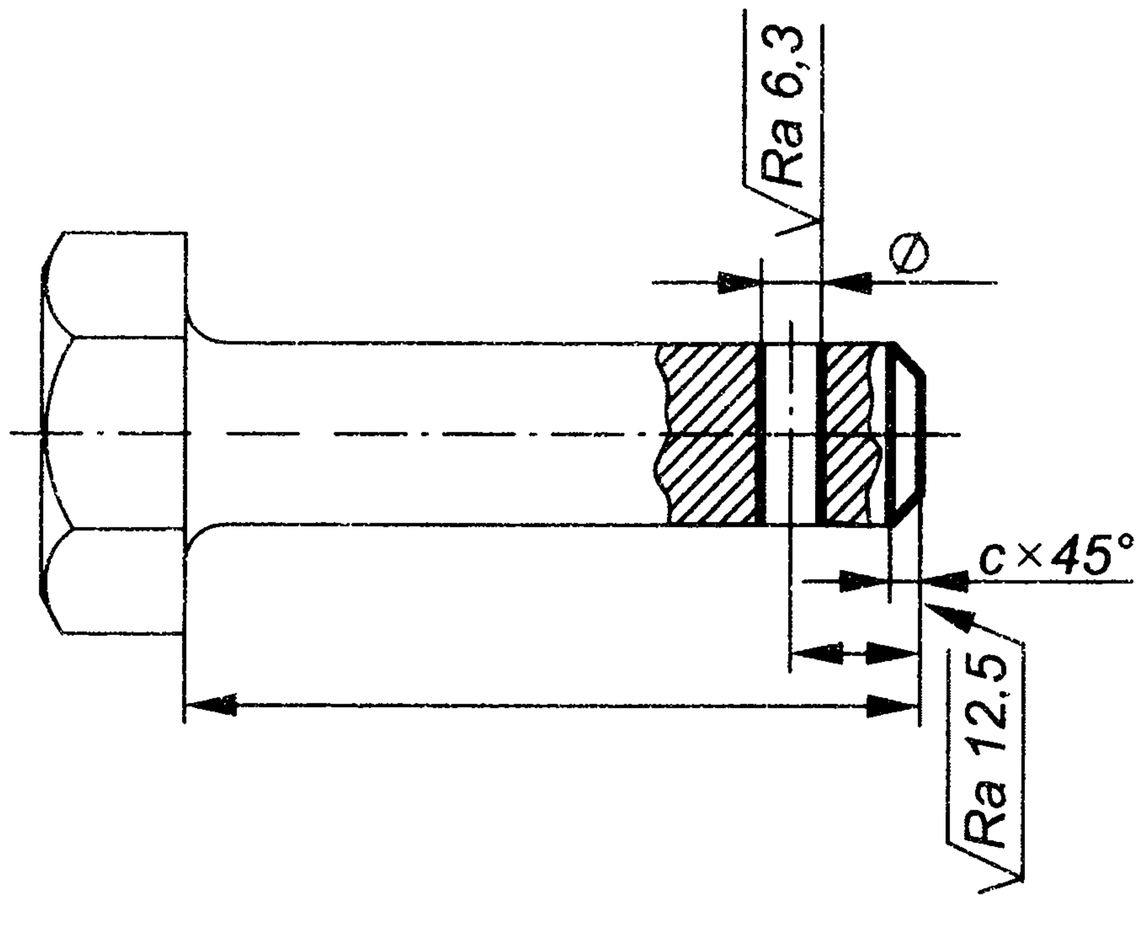
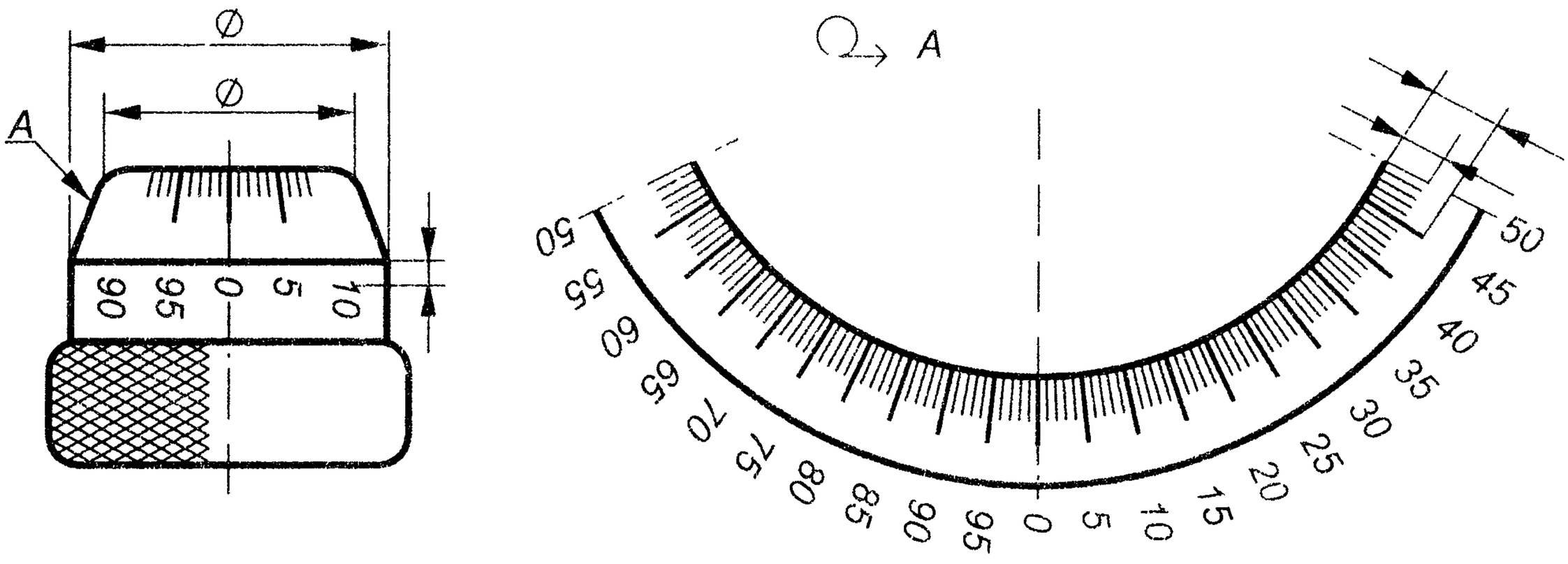


Рис. 5.23



1. Фотохимическое травление:
а) фон лицевой поверхности – черный;
б) надписи, буквы, знаки и площадки – цвета металла.
2. Шрифт по ГОСТ 2930–62.

Рис. 5.24

на чертеже без искажения (рис. 5.24). В технических требованиях чертежа указывают способ нанесения надписей и знаков (гравирование, чеканка, фотографирование и т. п.), виды покрытия всех поверхностей изделия и надписей, номера и типы шрифтов.

Изделия, изготавливаемые в различных производственно-технологических вариантах. Различные варианты одной детали могут отличаться какими-либо конструктивными элементами (канавками, фасками и т. п.). В этом случае выполняют соответствующее дополнительное изображение, над которым делают надпись *Вариант* (рис. 5.25). При нескольких вариантах исполнения указывают их номера.

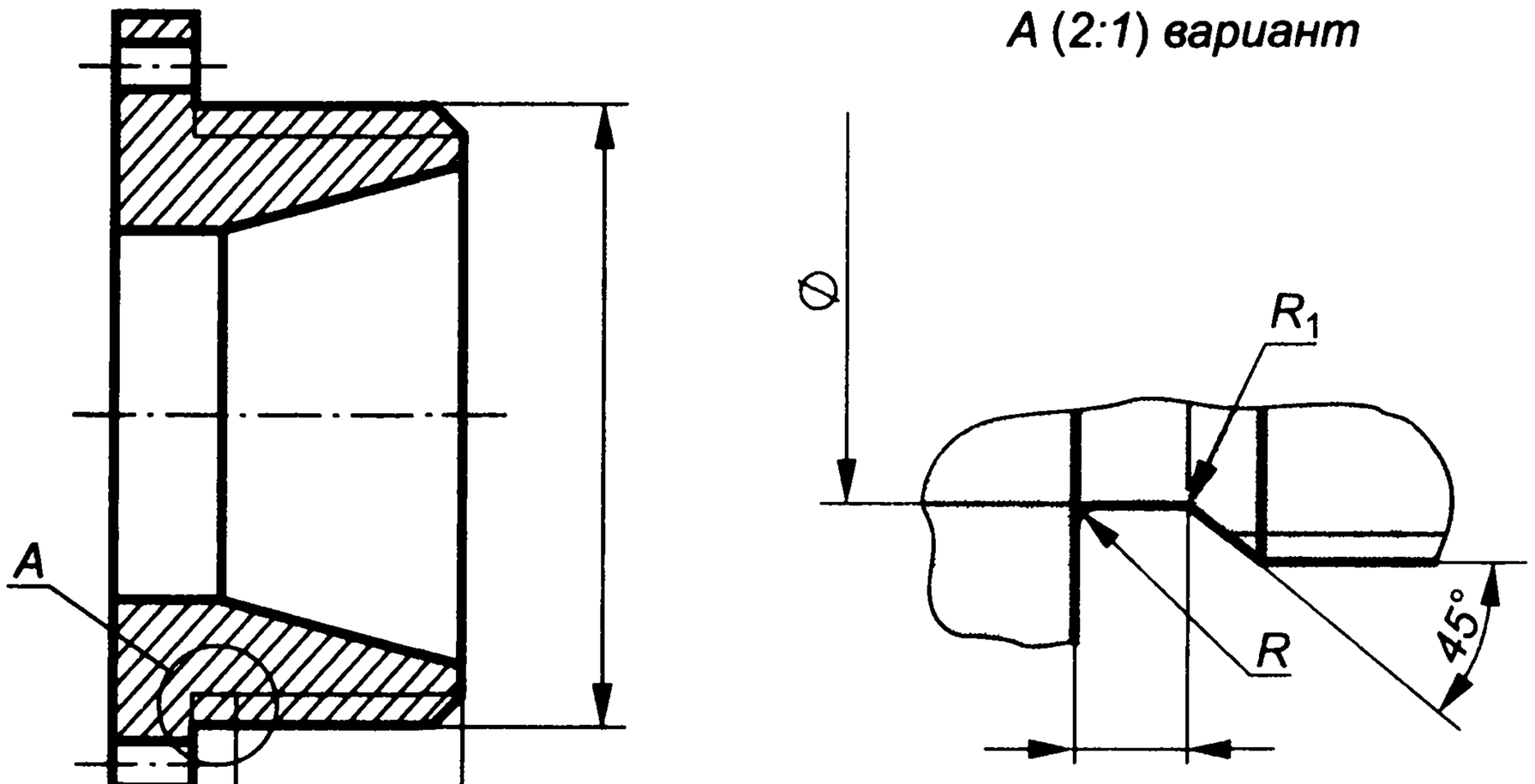


Рис. 5.25

Нумерация позиций на чертежах

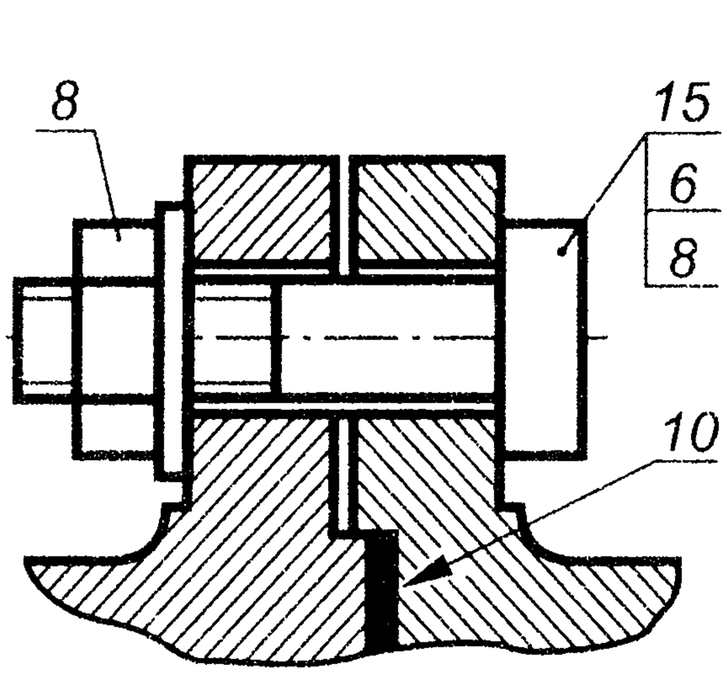
Все составные части изделия нумеруются на чертежах в соответствии с их номерами, указанными в спецификации. Номера позиций наносятся на тех изображениях, где данная составная часть изделия проецируется как видимая (как правило, на основном изображении).

Номера позиций указывают на полках линий-выносок, проведенных от изображений составных частей изделия и начинающихся точкой. Линии-выноски и полки на чертежах выполняются сплошной тонкой линией толщиной $s/2$, при этом длина полок составляет 6...8 мм. Если изображение составной части очень маленькое (например, как изображение прокладки *10* на рис. 5.26, *а*), линия-выноска должна начинаться со стрелки.

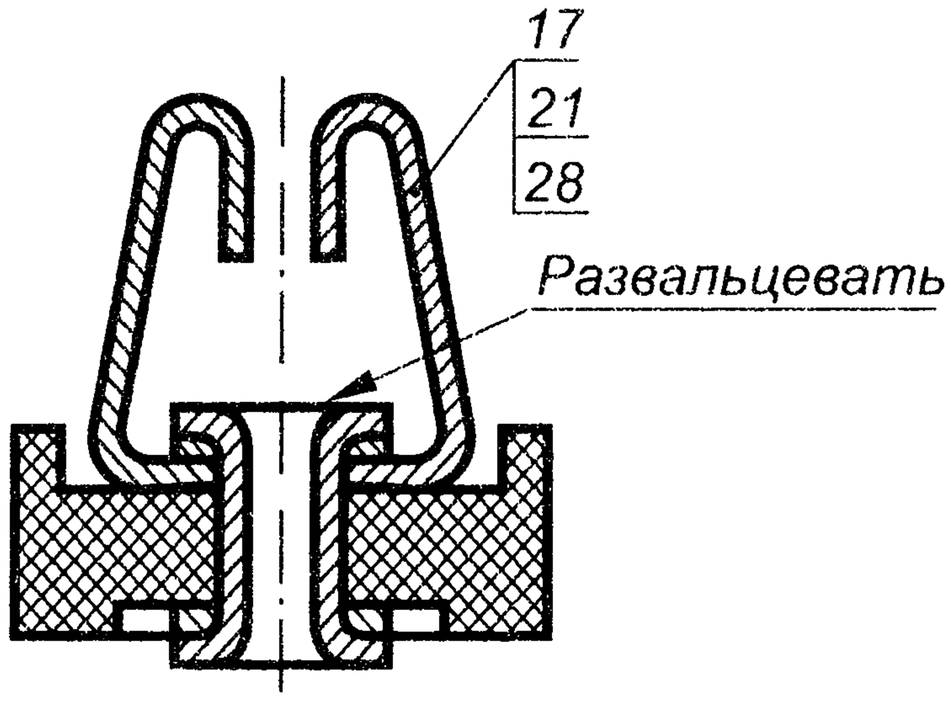
Линии-выноски не должны пересекаться между собой, по возможности не должны пересекать изображения других составных частей изделия и размерные линии, а также не должны быть параллельны линиям штриховки.

Номера позиций располагаются параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируются в колонку или строчку по возможности на одной линии. Номера позиций наносятся, как правило, один раз, но допускается и их повторение с выделением двойной полкой (см. поз. *8* рис. 5.26, *а*). Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше размера шрифта, принятого на чертеже для размерных чисел.

Допускается проводить общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы крепежных деталей, относящихся к одному месту крепления (см. рис. 5.26, *а*), и для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключающей различное понимание (рис. 5.26, *б*). В этом случае линия-выноска отводится от закрепляемой составной части.



а



б

Рис. 5.26

Обозначение чертежа

Каждому изделию и его конструкторским документам присваивается самостоятельное обозначение в соответствии с ГОСТ 2.201—80, т. е. конкретный буквенно-цифровой код. Основой существующей системы обозначения является единый классификатор, в котором закодированы каждое изделие, каждая деталь и сборочная единица (т. е. они в установленном порядке получили свой единственный номер — код).

Общая структура обозначения изделия (рис. 5.27) включает в себя:

- *индекс организации-разработчика*, назначаемый по специальному кодификатору;
- *классификационную характеристику*, определяющую вид изделия, которая присваивается по классификатору ЕСКД. Здесь 1 — класс изделия определенной отрасли по предметно-отраслевому принципу; 2 — подкласс (0 — документация, 1 — комплекс, 2...6 — сборочные единицы и комплекты, 7...9 — детали); 3 — группа; 4 — подгруппа; 5 — вид изделия;
- *порядковый регистрационный номер* (от 001 до 999), проставляемый предприятием-изготовителем для каждого конкретного изделия, модели, типоразмера;
- *шифр*, указывающий соответствующие конструкторские документы (кроме чертежей деталей и спецификаций), т. е. СБ — сборочный чертеж, ВО — чертеж общего вида и т. д.

Например:
АВГД.061341.021ВО — обозначение чертежа общего вида;
АВГД.061341.021 — обозначение спецификации.

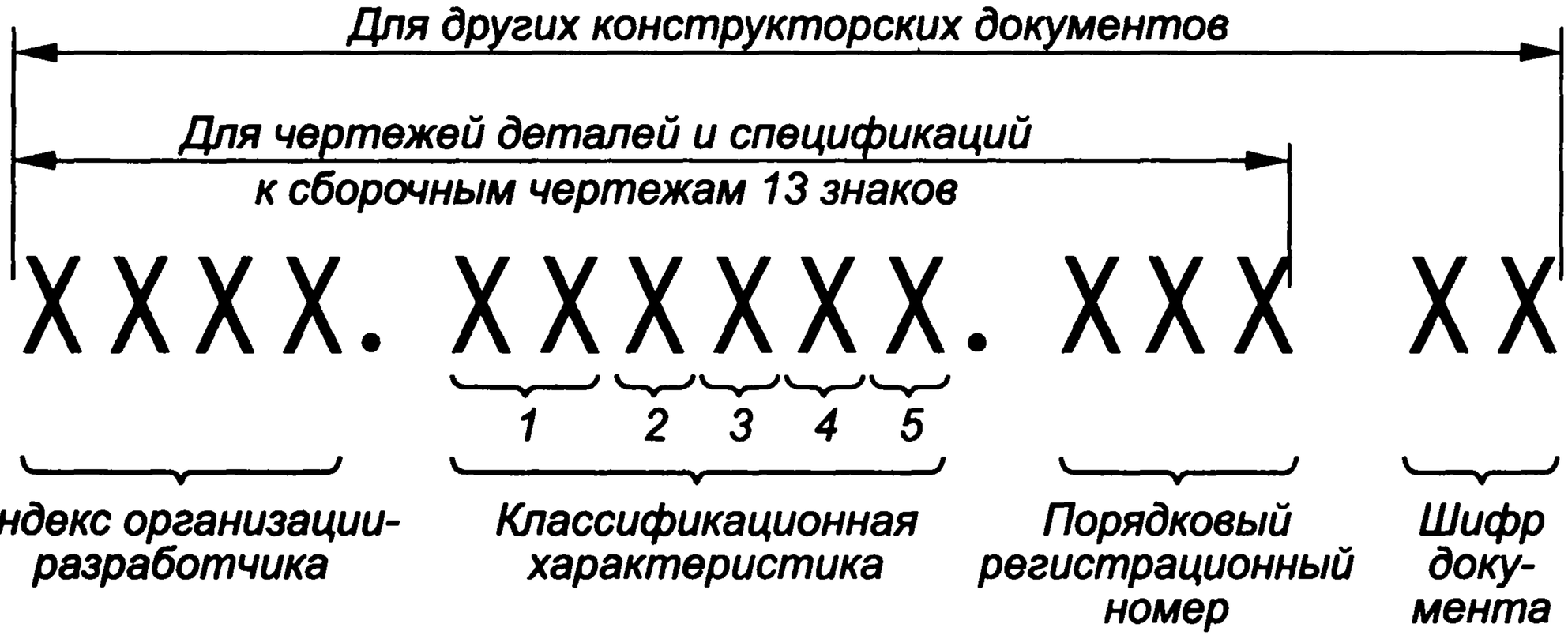


Рис. 5.27

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какая конструкторская документация разрабатывается на основании чертежа общего вида?
2. Что должен содержать чертеж общего вида?
3. Сколько изображений должен содержать чертеж общего вида?
4. Где указываются наименования и обозначения составных частей изделия, входящих в чертеж общего вида?
5. Каков порядок записи составных частей изделий в таблице чертежа общего вида?
6. Какие размеры указываются на чертеже общего вида?
7. Какие условности и упрощения применяются при выполнении чертежа общего вида?
8. Как изображаются на чертеже общего вида изделия, расположенные за винтовой пружиной?
9. Каков порядок нанесения позиций на чертеже общего вида и каков размер шрифта номеров позиций?
10. Как указываются позиции для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью?
11. Какова структура обозначения изделия?
12. Как начинается линия-выноска на изображении составной части изделия?

5.3. ДЕТАЛИРОВАНИЕ

Основные требования к рабочим чертежам

Деталирование — это процесс разработки и выполнения рабочих чертежей деталей, входящих в изделие, по чертежу общего вида.

Рабочим чертежом называется изображение детали, на котором нанесены все размеры, необходимые для ее изготовления и контроля, указаны материал, шероховатости поверхностей и технические требования.

К выполнению рабочих чертежей предъявляются следующие требования:

1. На каждое изделие выполняют отдельный чертеж, а на группу изделий, обладающих общими конструктивными признаками, — групповой чертеж (ГОСТ 2.113—75). Чертеж выполняется на отдельном листе требуемого формата (ГОСТ 2.301—68) или на

нескольких листах с указанием на каждом из них соответствующего порядкового номера, а на первом листе — их общего числа. В этом случае на первом листе делают основную надпись по форме 1 (ГОСТ 2.104—2006), а на последующих — по форме 2а.

Главное изображение изделия вычерчивают на первом листе и не подписывают, а на всех последующих листах над видами, разрезами, сечениями делают надписи типа *Б—Б лист 1* (ГОСТ 2.316—2008).

2. Наименование изделия в основной надписи и спецификации записывают в именительном падеже и единственном числе, начиная с существительного, например *Колесо зубчатое*.

3. На чертежах применяют условные обозначения (буквенные и буквенно-цифровые обозначения, а также знаки и линии), установленные государственными стандартами. Допускается применение условных обозначений, не предусмотренных государственными и отраслевыми стандартами. В этом случае на чертеже дают соответствующее пояснение.

4. При разработке рабочих чертежей необходимо стремиться к тому, чтобы при их использовании требовался минимум дополнительных документов, а также чтобы в них было минимальное число ссылок на другие документы.

5. Не допускается на чертеже давать ссылки на отдельные пункты стандартов, технологических инструкций, технических условий, а также на документы, определяющие форму и размеры конструктивных элементов изделий (фасок, проточек, канавок и т.п.). Все эти данные должны быть указаны на рабочем чертеже.

6. Не допускается на рабочих чертежах указывать номера приспособлений и инструментов, последовательность операций обработки, режимы резания и пр.

7. На рабочем чертеже изделия указывают размеры, предельные отклонения, шероховатости поверхностей и другие данные, которым оно должно соответствовать перед сборкой, сваркой или дополнительной обработкой по чертежу другого изделия.

8. На рабочем чертеже детали указывают необходимые данные, характеризующие свойства материала готовой детали и материала, из которого она изготавливается. Марки материалов указывают в соответствии со стандартами.

9. В основной надписи чертежа детали приводят один материал. Предусмотренные же для ее изготовления заменители указывают в технических требованиях чертежа или технических условиях на изделие.

Если в условное обозначение материала входит сокращенное наименование (Ст, Бр, КЧ, СЧ и др.), то полное наименование (Сталь, Бронза, Ковкий чугун, Серый чугун и др.) не указывают, например: КЧ 30-6 ГОСТ 1215—79.

Если деталь исходя из конструктивных требований изготавливается только из сортового материала определенного профиля и размера (листа, проволоки, уголка и т. п.), то кроме ее характеристик в обозначении указывают название этого материала, размерную характеристику (толщину, диаметр и др.), качественную характеристику (сорт, твердость и др.) и стандарт. Например, обозначение полосовой стали толщиной 10 мм, шириной 60 мм (ГОСТ 103—2006), марки Ст3 (ГОСТ 380—2009), поставляемой в соответствии с требованиями ГОСТ 535—2009, имеет следующий вид:

$$\text{Полоса}\ \frac{10\times 60\ \text{ГОСТ}\ 103\text{—}2006}{\text{Ст3}\ \text{ГОСТ}\ 535\text{—}2009}.$$

Общие правила выполнения чертежей

Рабочие чертежи, как правило, разрабатываются на все детали, которые входят в состав изделия. Условия, при которых допускается не выпускать рабочие чертежи деталей, регламентирует ГОСТ 2.109—73.

Допускается не разрабатывать рабочие чертежи:

- деталей, изготавливаемых из фасонного или сортового материала отрезкой под прямым углом и из листового материала отрезкой по окружности, в том числе с концентрическим отверстием по периметру прямоугольника без последующей обработки;
- несложных по конфигурации деревянных конструкций;
- деталей изделий с неразъемными соединениями (сварными, клепаными, паяными и т. п.), если конструкция их настолько проста, что для изготовления достаточно одного изображения на свободном поле чертежа или трех-четырех размеров на чертеже общего вида;
- одной из основных деталей изделия, соединенных с деталью менее сложной и меньших размеров запрессовкой, пайкой, сваркой и т. п. В этом случае все размеры и другие данные, необходимые для изготовления и контроля основной детали, помещают на чертеже общего вида. При этом допускается выпускать рабочие чертежи только на наименее сложные детали;

- деталей изделий единичного производства, у которых форма и размеры (длина, радиус сгиба и т. п.) устанавливаются по месту. Необходимые данные для их изготовления и контроля указывают на чертеже общего вида и в спецификации;
- покупных деталей (в том числе и стандартных), применяемых без дополнительной обработки, например электродвигателей, электроламп, шарикоподшипников, болтов, гаек, шайб, заклепок и др.

При выполнении рабочих чертежей деталей необходимо также учитывать следующие требования технологии и практики их изготовления:

- недопустимо утолщение стенок в углах деталей, изготавливаемых литьем, а также уменьшение их толщины;
- детали, изготавливаемые литьем и штамповкой, не должны иметь острых углов;
- на круглых фланцах деталей центры отверстий, как правило, должно являться вершинами правильных многоугольников;
- в местах перехода вала от одного диаметра к другому всегда следует выполнять галтели, радиус которых зависит от диаметра вала;
- ребра жесткости, как правило, должны иметь форму треугольника, катеты которого соединены с соответствующими поверхностями детали;
- ось отверстия, как правило, должна располагаться перпендикулярно к поверхности, которую оно пересекает;
- опорные поверхности под головки болтов, винтов и гаек в деталях, изготавливаемых литьем, должны выполняться в виде приливов (бобышек) с диаметрами не меньше диаметра шайбы;
- в конце резьбы обычно следует делать проточку, а в начале резьбы — фаску;
- оси деталей, имеющих соосные поверхности вращения (валов, втулок, колес и т. п.), следует располагать параллельно основной надписи.

Чтение чертежа общего вида

В процессе чтения чертежа общего вида необходимо выяснить назначение изделия и принцип его работы, характер взаимодей-

ствия деталей в эксплуатации, способы соединения деталей между собой, геометрическую форму деталей.

Порядок чтения чертежа общего вида следующий:

1. По основной надписи определяем наименование, примерное назначение изделия и масштаб изображения.

2. По спецификации устанавливаем число деталей, входящих в изделие, и название каждой из них.

3. По изображениям выясняем, какие виды, разрезы и сечения выполнены на чертеже и определяем назначение каждого из них.

4. Изучаем технические требования и размеры, нанесенные на чертеже (габаритные, монтажные, установочные и др.).

5. Устанавливаем способы соединения деталей между собой и вид их взаимодействия.

6. Последовательно выясняем геометрические формы и размеры каждой детали, входящей в изделие (т. е. определяем конструкцию детали).

7. Мысленно представляем внешние и внутренние формы изделия в целом и разбираемся в принципе его работы.

8. Определяем порядок сборки и разборки изделия (монтажа и демонтажа).

Деталирование чертежа общего вида

Процесс деталирования чертежа общего вида состоит из подготовительной стадии и стадии непосредственного выполнения рабочих чертежей. При выполнении деталирования следует:

1. Прочитать чертеж общего вида.

2. Намеченную деталь найти на всех изображениях чертежа общего вида.

3. В соответствии с требованиями ГОСТ 2.305—2008 выбрать главное изображение этой детали.

4. Определить необходимое (минимальное) число изображений, достаточное для получения полного представления о форме и размерах данной детали. При этом число и содержание этих изображений могут отличаться от имеющихся на чертеже общего вида.

5. Выбрать масштаб изображения в соответствии с рекомендациями ГОСТ 2.302—68.

6. Произвести компоновку чертежа на листе выбранного формата в соответствии с рекомендациями, приведенными в гл. 3.

7. Вычертить изображения детали (виды, разрезы, сечения и выносные элементы).

8. Провести выносные, размерные линии и проставить размерные числа.

9. Нанести обозначения шероховатости поверхностей исходя из технологии изготовления данной детали или ее назначения, а также соответствующие допуски, посадки и пр.

10. Заполнить графы основной надписи.

11. Выполнить текстовую часть на чертеже.

На рабочем чертеже детали в соответствии со стандартами изображают те ее элементы, которые или не изображены, или изображены условно (упрощенно) на чертеже общего вида.

Размеры детали определяют по чертежу общего вида с учетом масштаба его изображения. Полученные размеры округляют до ближайших стандартных значений.

Шероховатости поверхностей определяют по техническим требованиям и условиям работы детали в изделии.

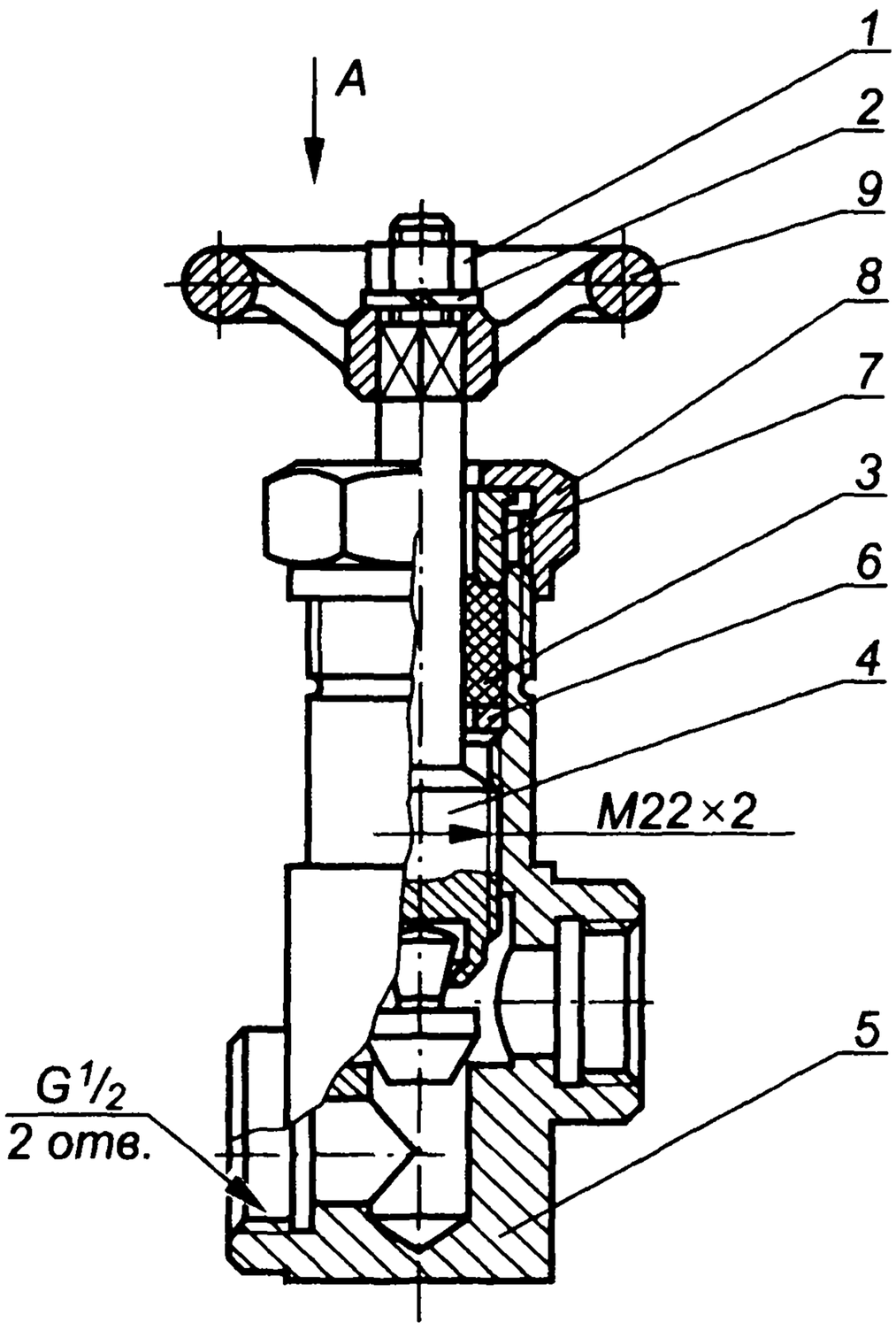
Пример чтения и деталирования чертежа общего вида

Чертеж общего вида изделия «Пневмоаппарат клапанный» приведен на рис. 5.28, а таблица его составных частей — на рис. 5.29.

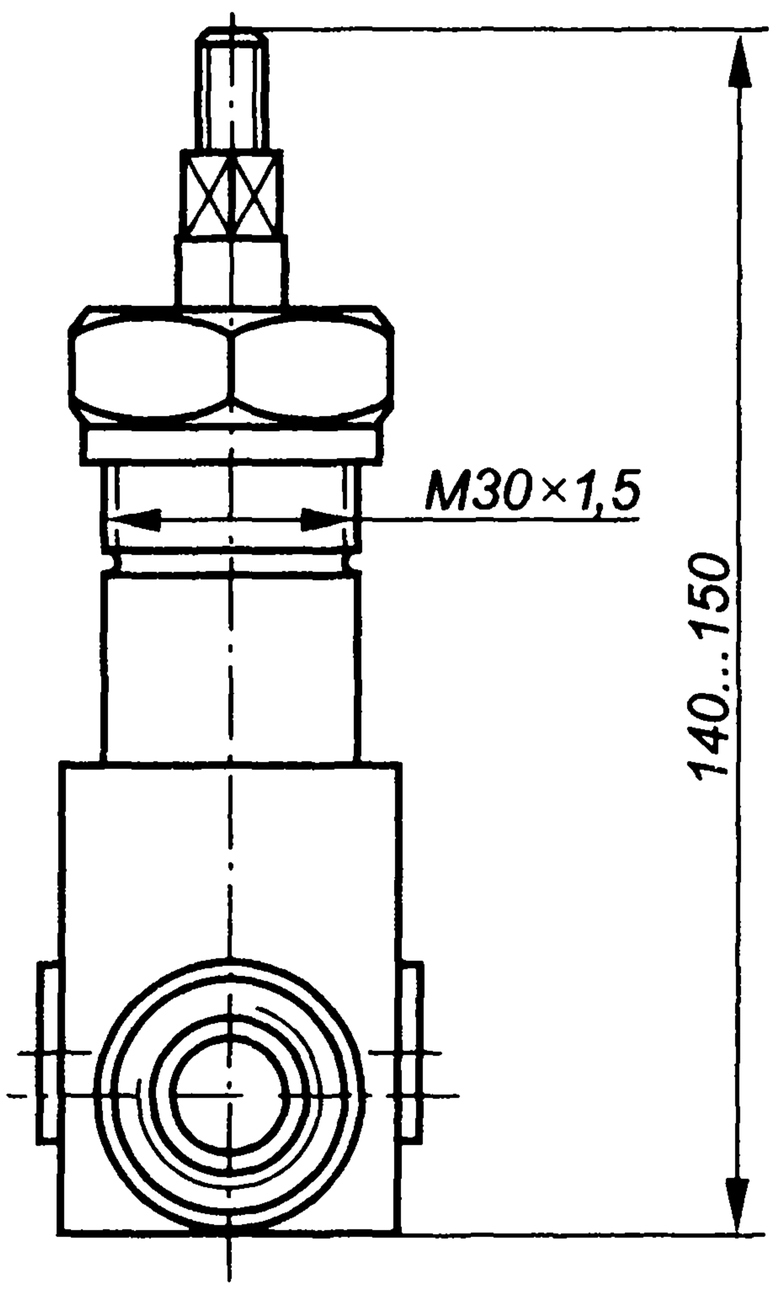
1. Из основной надписи видно, что на чертеже общего вида изображен пневмоаппарат клапанный, который является одним из видов арматуры, служащей для изменения площади проходного сечения для движущихся по трубопроводу газа или жидкости и для перекрытия трубопроводов.

2. В отверстие *G*½, находящееся в нижнем боковом приливе корпуса *5*, поступает жидкость. Возможность ее поступления в камеру, с которой соединен второй верхний прилив корпуса, давление и скорость движения зависят от положения клапана пневмоаппарата. Перемещение этого клапана вдоль оси осуществляется при вращении шпинделя *4* в резьбовой части корпуса *5* (М22 × 2) с помощью маховика *9*, укрепленного на шпинделе гайкой *1* с шайбой *2*. Для предотвращения утечки рабочей среды на противоположном цилиндрическом конце корпуса имеется сальниковая камера, куда укладывается уплотнительная набивка *3*. При навинчивании нажимной гайки *8* втулка *7* сжимает уплотнительную набивку *3*, увеличивая степень уплотнения пары шпиндель — корпус.

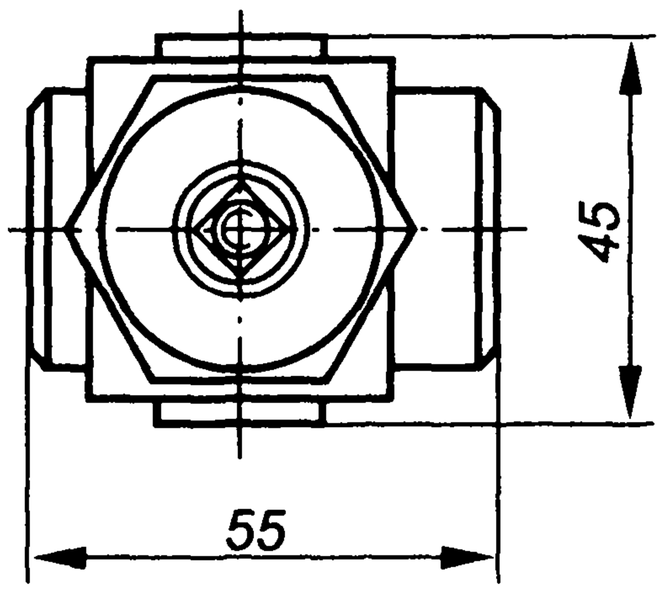
Из таблицы составных частей следует, что пневмоаппарат состоит из девяти деталей: корпуса, клапана со шпинделем, кольца, втулки, нажимной гайки, маховика, гайки с шайбой и уплотнителя.



Дет. поз. 1, 2, 9 не показаны

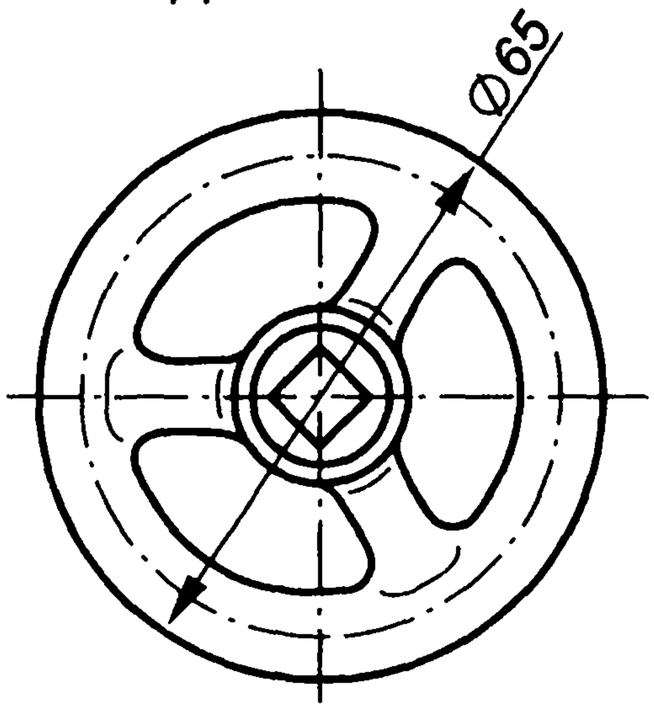


Дет. поз. 1, 2, 9 не показаны



A

Дет. поз. 9



					АБВГ.XXXXXX.000.ВО			
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Пневмоаппарат клапанный	Лит	Масса	Масштаб
Разраб								1:1
Пров						Лист		Листов 2
Т контр								
Н контр								
Утв								

Рис. 5.28

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Доп. указания
		Покупные изделия		
1		Гайка М8.5.019		
		ГОСТ 5915—70	1	
2		Шайба 8.01.019		
		ГОСТ 11371—78	1	
3		Пенька ПП		0,01 кг
		ГОСТ 9993—74		
		Вновь		
		разрабатываемые		
		изделия		
4	АБВГ.ХХХХХХ.100	Шпиндель в сборе	1	
5	АБВГ.ХХХХХХ.001	Корпус	1	
6	АБВГ.ХХХХХХ.002	Кольцо	1	
7	АБВГ.ХХХХХХ.003	Втулка	1	
8	АБВГ.ХХХХХХ.004	Гайка	1	
9	АБВГ.ХХХХХХ.005	Маховик	1	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АБВГ.ХХХХХХ.000.ВО	Лист 2

Рис. 5.29

Стандартными деталями являются гайка и шайба, стандартным материалом — уплотнитель (шнур пеньковый).

3. Чертеж общего вида представлен четырьмя изображениями. Одна часть главного изображения представляет собой фронтальный разрез плоскостью, проходящей через плоскость симметрии пневмоаппарата, а вторая часть — вид.

Разрез позволяет выявить внутреннее строение всех деталей пневмоаппарата. Виды сверху и слева выполнены без маховика, гайки и шайбы. Отдельно (дополнительно) показано изображение маховика в плане.

4. На чертеже пневмоаппарата показаны габаритные размеры изделия 140 × 55 × 45 мм, присоединительные размеры $G\frac{1}{2}$ и эксплуатационные размеры М22 × 2, М30 × 1,5.

5. Пневмоаппарат имеет разъемные и неразъемные соединения. Корпус соединен метрическими резьбами с нажимной гайкой (М30 × 1,5) и шпинделем (М22 × 2), а трубной резьбой ($G\frac{1}{2}$) — с трубопроводами, подводящими и отводящими рабочую среду. Конический клапан завальцован в конец шпинделя с зазором, позволяющим центрироваться конусу клапана относительно перекрываемого отверстия и свободно вращаться относительно шпинделя. Соединение внешней поверхности втулки *7* с сальниковой камерой корпуса *5* выполнено в системе отверстия с использованием посадки с зазором.

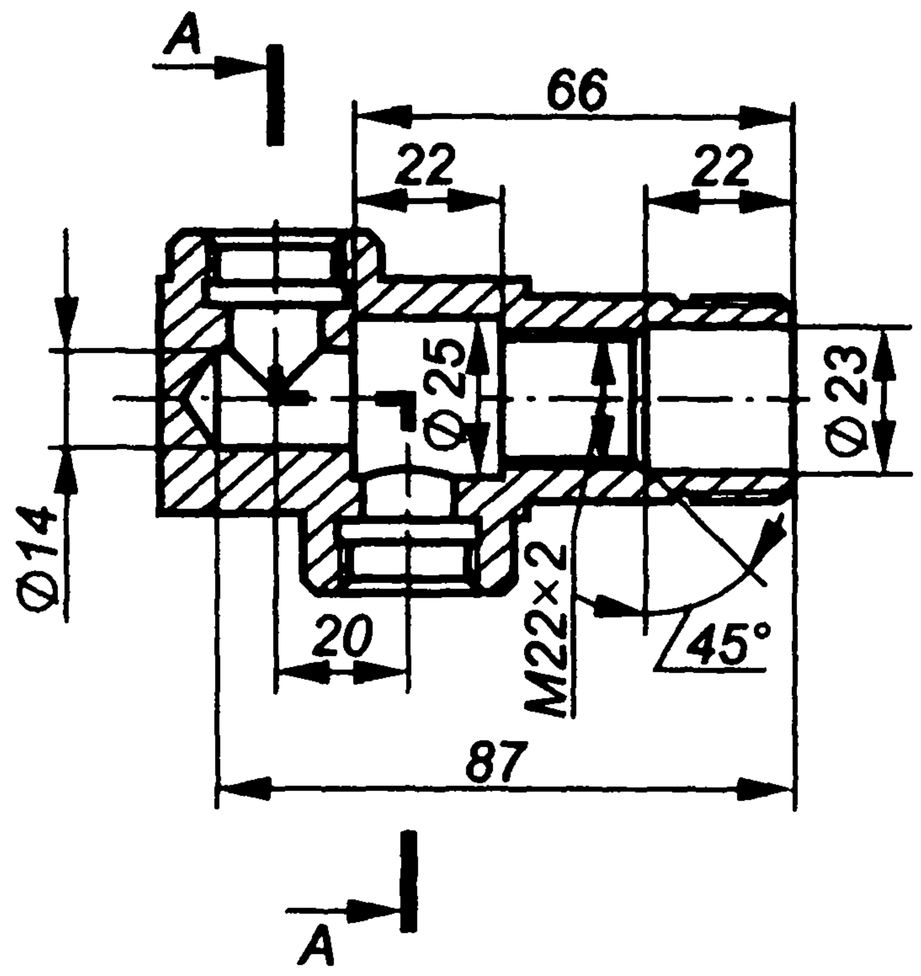
6. Выяснив конструкцию каждой детали, входящей в изделие, можно определить последовательность сборки: в отверстие корпуса *5* ввинчивается шпиндель *4* с клапаном до контакта конуса клапана с перекрываемым отверстием; в сальниковую камеру корпуса устанавливается кольцо *6*, укладывается уплотнительная набивка *3*, вставляется втулка *7*, которая фиксируется нажимной гайкой *8*; на шпиндель *4* надевается маховик *9* и крепится его через шайбу *2* гайкой *1*.

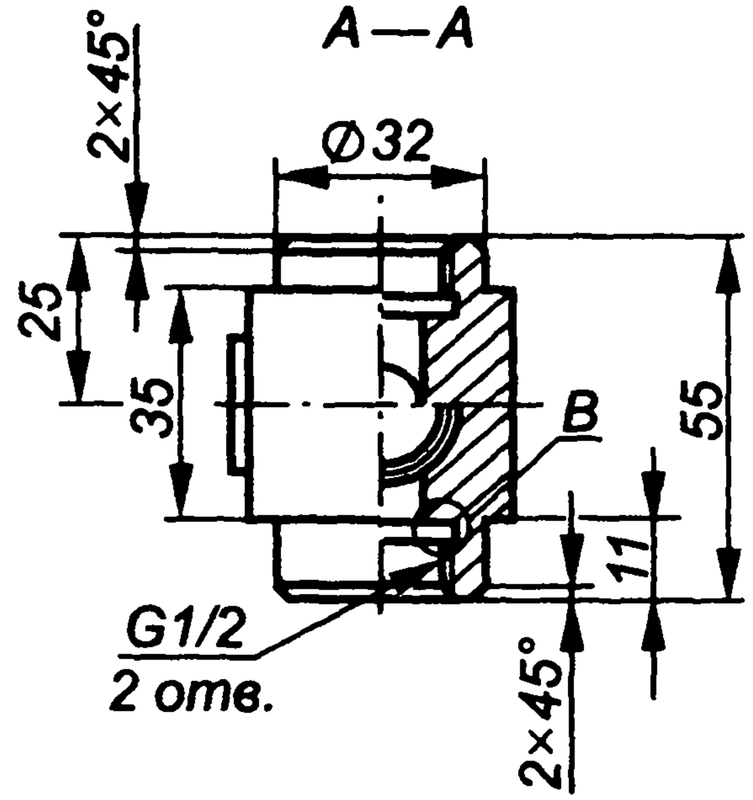
Разборка пневмоаппарата осуществляется в последовательности, обратной сборке.

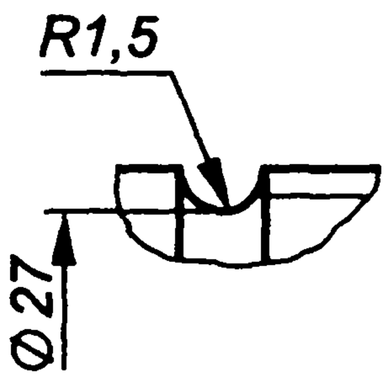
На рис. 5.30 приведен чертеж корпуса пневмоаппарата клапанного, а на рис. 5.31 чертеж его сборочной единицы — шпинделя в сборе.

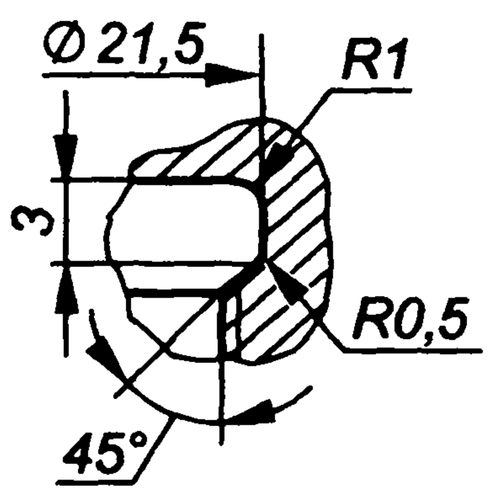
Для примера рассмотрим чертеж корпуса пневмоаппарата клапанного (см. рис. 5.30).

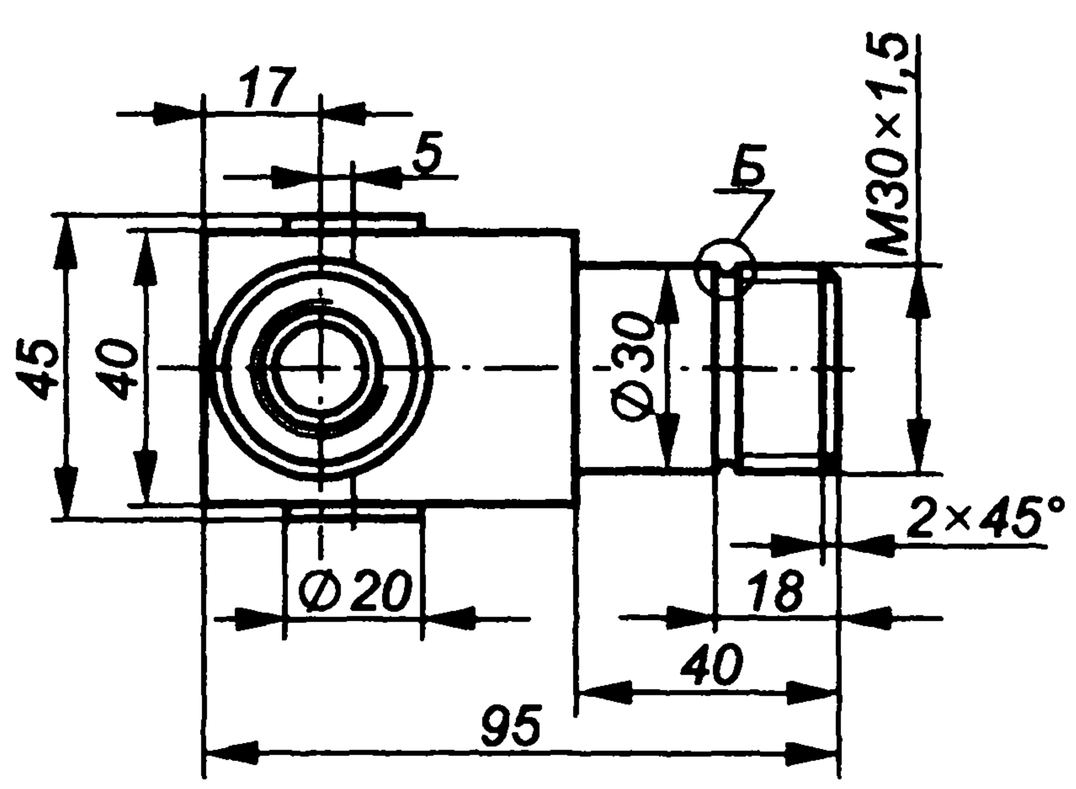
На чертеже главное изображение корпуса представляет собой полный фронтальный разрез, проходящий через его плоскость симметрии, даны также вид сверху, изображение слева, в котором совмещены вид и разрез плоскостью *А*—*А*. Дополни-





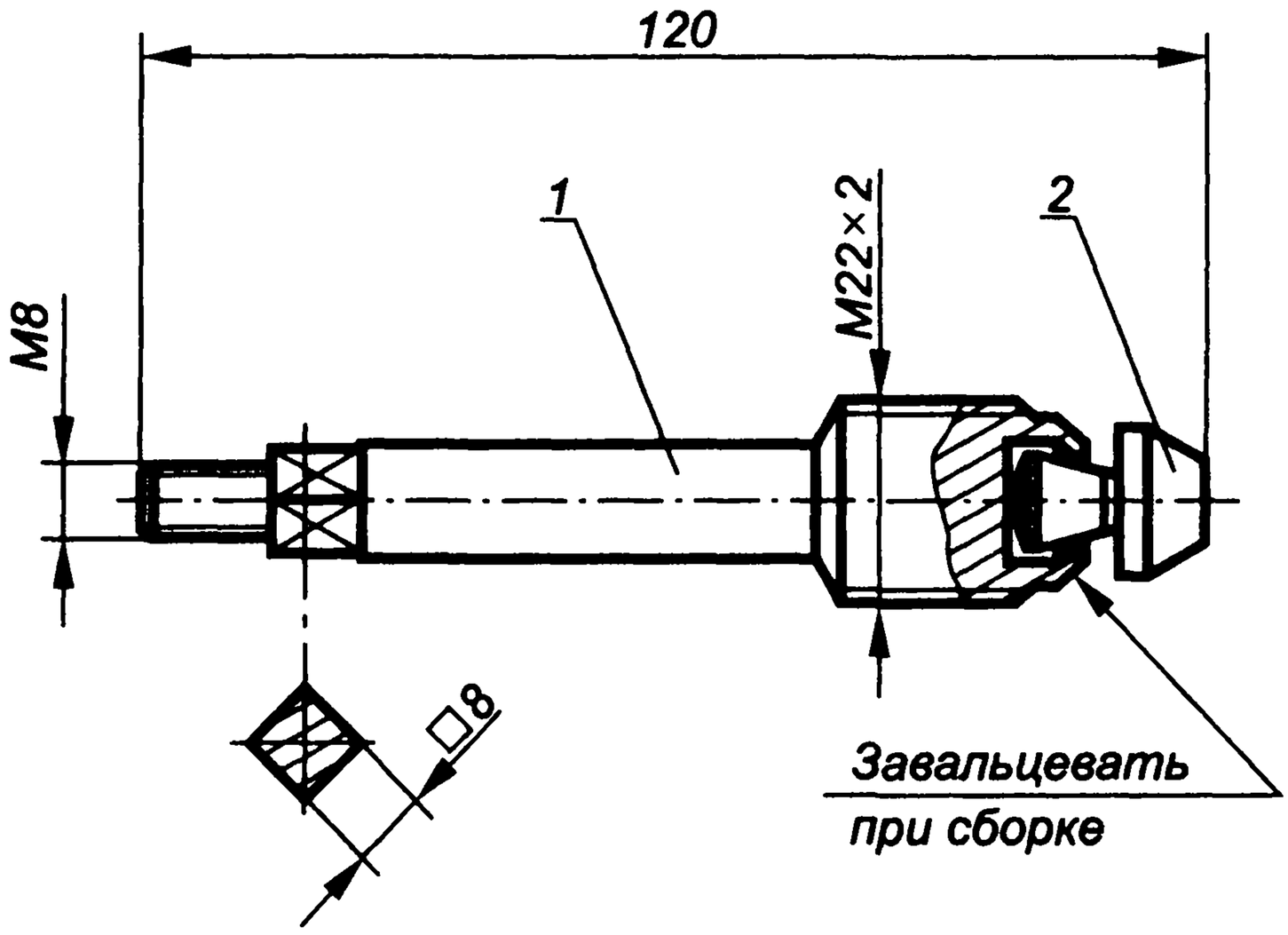






					АБВГ.XXXXXX.001		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.								
Пров.						Лист	Листов
Т контр.							
Н контр.					Л68 ГОСТ 2060–2006		
Утв.							

Рис. 5.30



Технические требования

1. Шпиндель завальцевать, обеспечив свободное

1. вращение клапана относительно шпинделя.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Детали		
А4		1	АБВГ.ХХХХХХ.101	Шпиндель	1	
А4		2	АБВГ.ХХХХХХ.102	Клапан	1	

Изм.	Лист	№ докум	Подп	Дата	АБВГ.ХХХХХХ.100			
Разраб.					Шпиндель в сборе	Лит	Масса	Масштаб
Пров								
Т.контр						Лист	Листов	
Н контр.								
Утв.								

Рис. 5.31

тельно показаны выносные элементы *Б* и *В* проточек для выхода резьбы.

Основная часть корпуса представляет собой пустотелый цилиндр, оканчивающийся справа цилиндрическим наконечником с внешней резьбой, а слева — четырехгранной призмой, имеющей сверху и снизу приливы с внутренней резьбой. Внутри пустотелого цилиндра имеются резьбовое отверстие и отверстие, соединяющее входную и выходную полости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем заключается процесс деталирования чертежа общего вида?
2. Что понимается под рабочим чертежом детали и какую информацию он несет?
3. Как в основной надписи указывается наименование изделия, состоящее из нескольких слов?
4. Назовите этапы деталирования изделия по чертежу общего вида.
5. Как изображаются на рабочем чертеже элементы детали, не показаные на чертеже общего вида (фаски, проточки, скругления и т.д.)?
6. Какова последовательность чтения чертежа общего вида?
7. На какие изделия не выпускаются рабочие чертежи?
8. Чем отличается рабочий чертеж детали от эскиза детали?
9. Должно ли соответствовать число изображений детали на чертеже общего вида числу изображений на рабочем чертеже?
10. В каких случаях на рабочем чертеже детали, получаемой гибкой, приводят частичную или полную ее развертку и какими линиями при этом выполняют линии сгибов?
11. Каково назначение фасок и галтелей на изделиях?

5.4. СПЕЦИФИКАЦИЯ

Согласно ГОСТ 2.102—68 основным конструкторским документом для сборочной единицы является спецификация, которую составляют при разработке сборочного чертежа.

Спецификация (ГОСТ 2.106—96) — документ, определяющий состав изделия и необходимый для изготовления и комплектования конструкторских документов.

На сборочном чертеже составные части изделия обозначаются номерами позиций из спецификации, т. е. спецификацию заполняют перед выполнением сборочного чертежа.

Составляется спецификация в установленной табличной форме на отдельных листах формата А4 для каждой сборочной единицы, каждого комплекса и комплекта. При большом числе составных частей изделия спецификация выполняется на нескольких листах, при этом основная надпись на заглавном листе должна соответствовать форме 2, а на всех последующих листах — форме 2а (ГОСТ 2.104—2006).

В общем случае разделы спецификации располагаются в следующем порядке: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие изделия, материалы, комплекты.

Раздел *Документация* включает в себя основной комплект конструкторских документов на разрабатываемое изделие, кроме самой спецификации. Последовательность его заполнения определяет ГОСТ 2.102—68, например: сборочный чертеж, монтажный чертеж, схема, пояснительная записка, технические условия и т. д.

В разделах *Комплексы*, *Сборочные единицы* и *Детали* запись изделий производится в алфавитном порядке по начальным буквам индексов организаций-разработчиков и далее в порядке возрастания цифр, входящих в обозначение.

Раздел *Стандартные изделия* заполняется по стандартам различных категорий: государственным, республиканским, отраслевым, стандартам предприятий. В пределах каждой категории стандартов запись производится по группам изделий, объединенных по функциональному назначению (крепежные изделия, подшипники и т. д.); в пределах каждой группы изделий — в алфавитном порядке по наименованию изделия (болт, винт, гайка, шайба, шпилька и т. д.); в пределах каждого наименования изделия — в порядке возрастания номеров стандартов; в пределах каждого стандарта — в порядке возрастания основных параметров (диаметра, длины и т. д.). Например:

Болт М12 × 60.58 ГОСТ 7805—70;
Болт М16 × 20.88 ГОСТ 7805—70;
Винт М6 × 10.34 ГОСТ1476—93;
Гайка М6.5 ГОСТ 5915—70;

В раздел *Прочие изделия* вносят изделия, применяемые не по основным конструкторским документам, а по техническим условиям, каталогам, прейскурантам (за исключением стандартных изделий).

В разделе *Материалы* указывают все материалы, входящие в изделие в виде прутков, проволоки, труб, лент и т.д. В пределах каждого вида материалы записывают в алфавитном порядке по наименованиям, а в пределах каждого наименования — в порядке возрастания размеров и других технических параметров.

Наличие в спецификации тех или иных разделов определяется составом проектируемого изделия. Название каждого раздела указывается в виде заголовка в графе *Наименование* и подчеркивается. В конце каждого раздела следует оставлять несколько свободных строк для возможности дополнения спецификации.

В основной надписи спецификации буквы СБ в конце обозначения сборочной единицы не пишут.

Графы спецификации заполняются следующим образом.

В графе *Формат* указывают обозначение формата, на котором выполнен данный чертеж, а у деталей, на которые чертежи не выполняются, пишут буквы БЧ (без чертежа). При этом в графе *Наименование* указывают их наименования и материал, а также размеры, необходимые для изготовления.

В графе *Зона* указывают зону чертежа, в которой находится данная составная часть (ГОСТ 2.104—2006).

В графе *Поз.* указывают порядковый номер составных частей, входящих в изделие.

В графе *Обозначение* проставляют обозначение документа на изделие (сборочную единицу, деталь) в соответствии с ГОСТ 2.201—80.

В графе *Наименование* указывают:

- в разделе *Документация* — название документа (например, *Сборочный чертеж*);
- в разделах *Комплексы*, *Сборочные единицы*, *Детали*, *Комплекты* — наименования изделий в соответствии с основной надписью на их конструкторских документах (например, *Корпус*, *Клапан*);
- в разделе *Стандартные изделия* — наименования и обозначения изделий в соответствии со стандартами на них (например, *Гайка М12.5.019 ГОСТ 5915—70*).

В графе *Кол.* указывают число составных частей, входящих в одно изделие, а в разделе *Материалы* — количество материала, требуемое для изготовления одного изделия.

В графе *Примечание* указывают различные дополнительные сведения, относящиеся к изделиям, документам и материалам, внесенным в спецификацию, например, для деталей, на которые не выпущены чертежи, — массу.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Приме-чание
				Документация		
А3			АБВГ. ХХХХХХ.000.СБ	Сборочный чертеж		
				Сборочные единицы		
А4		1	АБВГ. ХХХХХХ.100	Шпиндель в сборе	1	
				Детали		
А3		2	АБВГ. ХХХХХХ.001	Корпус	1	
А4		3	АБВГ. ХХХХХХ.002	Кольцо	1	
А4		4	АБВГ. ХХХХХХ.003	Втулка	1	
А4		5	АБВГ. ХХХХХХ.004	Гайка	1	
А4		6	АБВГ. ХХХХХХ.005	Маховик	1	
				Стандартные изделия		
		7		Гайка М8.5.019	1	
				ГОСТ 5915–70		
		8		Шайба 8.01.019	1	
				ГОСТ 11371–74		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АБВГ. ХХХХХХ.000		
Разраб.					Пневмоаппарат клапанный	Лит.	Лист 1 / Листов 2
Пров.							
Н. контр.							
Утв.							

Рис. 5.32

			Материалы		
	9		Пенька ПП		0,01 кг
			ГОСТ 9993–74		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АБВГ.ХХХХХХ.000	Лист 2

Рис. 5.33

Например, спецификация пневмоаппарата клапанного (см. рис. 5.28), приведенная на рис. 5.32 и 5.33, содержит следующие разделы: *Сборочные единицы*, *Детали*, *Стандартные изделия*, *Материалы*.

В раздел *Сборочные единицы* здесь внесена сборочная единица *Шпиндель в сборе* с обозначением *АВГД.ХХХХХХ.100*. Это означает, что на шпиндель в сборе выполнены отдельная спецификация и самостоятельный чертеж сборочной единицы. Если чертеж сборочной единицы выполнен на листе формата А4, то в соответствии с ГОСТ 2.106—96 там же может быть размещена ее спецификация, как это показано на рис. 5.31. При этом шифр *СБ* в обозначении сборочного чертежа не проставляется. Из рис. 5.31 следует, что шпиндель в сборе состоит из двух частей: шпинделя и клапана, причем клапан завальцован в шпиндель, т. е. они образуют неразъемное соединение.

После каждого раздела спецификации допускается оставлять несколько свободных строк для дополнительных записей (в зависимости от стадии разработки, объема записей и т. п.). Допускается резервировать и номера позиций, которые проставляют в спецификацию при заполнении резервных строк.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение спецификации и какие графы она содержит?
2. На каком этапе разработки конструкторской документации выполняется спецификация?
3. Какова последовательность расположения разделов спецификации?
4. В каком случае возможно расположение спецификации на одном листе со сборочным чертежом?
5. На листе какого формата выполняется спецификация?
6. По какой форме выполняется основная надпись на заглавном и последующих листах спецификации?
7. В какой графе спецификации указываются порядковые номера составных частей, входящих в изделие?
8. Какие изделия и в каком порядке указываются в разделе спецификации *Стандартные изделия*?
9. Что указывается в разделе *Материалы* спецификации?
10. Что указывается в графе *Формат* спецификации для деталей, на которые не выполняются рабочие чертежи?
11. Что указывается в графе *Примечание* спецификации?
12. Что входит в раздел *Сборочные единицы* спецификации?

5.5. СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

Сборочный чертеж, входящий в комплект рабочей документации, предназначен непосредственно для производства. По нему выполняют сборочные операции (соединяют детали в сборочные единицы) и проводят контроль изделия.

В соответствии с ГОСТ 2.109—73 сборочный чертеж должен содержать:

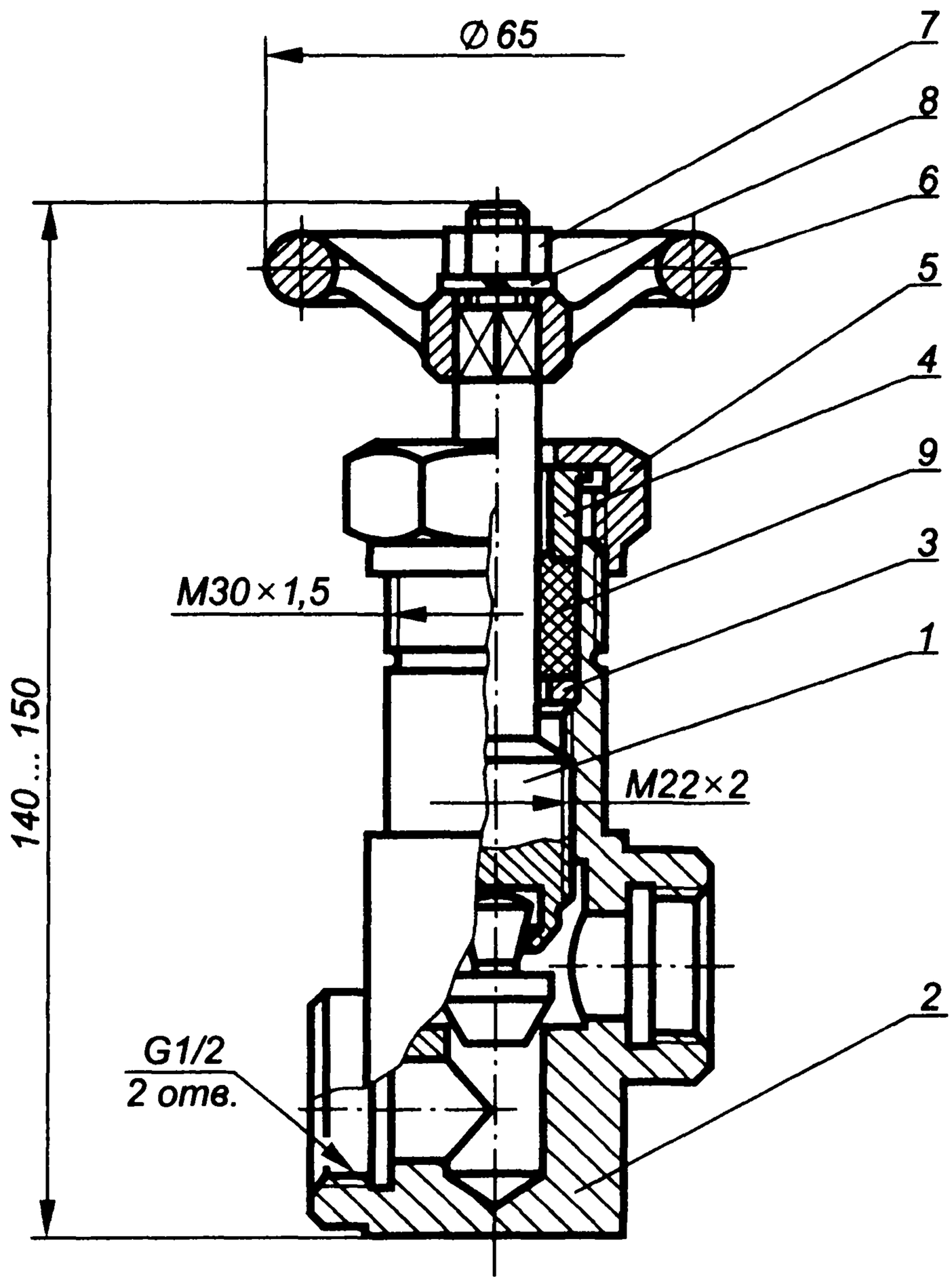
- изображение сборочной единицы, дающее полное представление о расположении и взаимосвязи составных частей, входящих в сборку, и обеспечивающее возможность осуществления ее сборки и контроля;
- при необходимости схемы соединений и расположения составных частей изделия;
- контролируемые и другие необходимые для сборки размеры, параметры и требования, а также габаритные размеры, установочные размеры, присоединительные размеры и необходимые справочные размеры;
- сведения о характере сопряжения разъемных частей изделия, а также указания о способе выполнения неразъемных соединений (сварка, развальцовка и т. п.);
- номера позиций деталей, входящих в изделие в соответствии с разработанной к нему спецификацией;
- при необходимости техническую характеристику изделия (над основной надписью чертежа);
- спецификацию (ГОСТ 2.106—96).

Сборочный чертеж выполняется с упрощениями, установленными стандартами ЕСКД.

При необходимости элементы размером не более 2 мм (пластины, отверстия, пазы и т. д.) изображают с увеличением. Допускается не показывать крышки, кожухи и другие защитные детали, а также элементы изделия, частично закрытые другими составными частями.

Перемещающиеся части изделия изображают в крайнем или промежуточном положении тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками. Сплошной тонкой линией отмечают расположение соседних изделий (обстановку). Типовые и покупные составные части изображают внешними очертаниями (в том числе и на разрезах).

Полнота изображения изделия на сборочном чертеже зависит от сложности конструкции и необходимости выявления его формы и взаимного расположения деталей.



Технические требования

1. Гайку поз. 5 завернуть, обеспечив герметичность соединения.

					АБВГ.XXXXXX.000.СБ		
						Лит	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата	Пневмоаппарат клапанный			1:1
Разраб								
Пров						Лист	Листов	
Т контр								
Н контр								
Утв								

Рис. 5.34

Число изображений на сборочном чертеже должно быть минимальным, но достаточным для полного представления об устройстве изделия и рациональной организации его производства (сборки и контроля).

Рекомендуется следующий порядок чтения сборочного чертежа:

1. Установить назначение и принцип работы изделия.

2. Выявить, какие изображения представлены на чертеже, прочитать технические требования и другие надписи.

3. Прочитать спецификацию, одновременно отыскивая на чертеже все изображения указанных деталей.

4. Уточнить геометрические формы деталей, используя проекционную связь на разных изображениях.

5. Уточнить способы соединения отдельных сопряженных деталей (резьба, сварка, пайка, развальцовка и т. д.).

6. Прочитать указанные размеры, предельные отклонения, посадки.

7. Уточнить технические требования, которым должно удовлетворять собранное изделие, и определить, как эти требования выполнить.

8. Установить порядок разборки и сборки составных частей и изделия в целом.

Пример выполнения сборочного чертежа пневмоаппарата клапанного приведен на рис. 5.34.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является основным конструкторским документом для сборочного чертежа?
2. Сколько изображений должен содержать сборочный чертеж?
3. Какую информацию должен содержать сборочный чертеж?
4. Какова последовательность чтения сборочного чертежа?
5. Какие условности и упрощения допустимы при выполнении сборочного чертежа?
6. Какова последовательность разборки составных частей сборочной единицы?
7. Какие технические требования указываются на сборочном чертеже?
8. Какие размеры указываются на сборочном чертеже?
9. В чем заключается основное отличие сборочного чертежа от чертежа общего вида?
10. Для чего предназначены разрезы на сборочном чертеже?

Список литературы

1. *Анурьев В.И.* Справочник конструктора-машиностроителя / В.И.Анурьев : в 3 т. — 9-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 2006. — Т. 1. — 936 с.; Т. 2 — 968 с.; Т. 3. — 936 с.

2. *Бабулин Н.А.* Построение и чтение машиностроительных чертежей / Н.А.Бабулин. — М. : Изд. центр «Академия», 2005. — 407 с.

3. *Бахнов Ю.Н.* Сборник заданий по инженерной графике / Ю.Н.Бахнов. — М. : Высш. шк., 2008. — 239 с.

4. *Боголюбов С.К.* Инженерная графика / С.К. Боголюбов. — М. : Машиностроение, 2000. — 352 с.

5. *Бродский А.М.* Черчение / А.М.Бродский, Э.М.Фазлулин, В.А.Халдинов. — М. : Издательский центр «Академия», 2011. — 400 с.

6. *Вышнепольский И.С.* Техническое черчение / И.С.Вышнепольский. — 8-е изд., стер. — М. : Высш. шк., 2009. — 224 с.

7. *Гордон В.О.* Курс начертательной геометрии / В.О.Гордон, М.А.Семенцов-Огиевский ; под ред. Ю.Б.Иванова. — М. : Наука, 2009. — 272 с.

8. *Новичихина Л.И.* Справочник по техническому черчению / Л.И.Новичихина. — 2-е изд., стер. — Минск : Книжный Дом, 2005. — 320 с.

9. *Попов Г.Н.* Машиностроительное черчение : справочник / Г.Н.Попов, С.К.Алексеев. — СПб. : Политехника, 2006. — 447 с.

10. *Фазлулин Э.М.* Инженерная графика / Э.М.Фазлулин, В.А.Халдинов. — 4-е изд., перераб. — М. : Изд. центр «Академия», 2011. — 432 с. — (Сер. Бакалавриат).

11. *Фролов С.А.* Машиностроительное черчение / С.А.Фролов, А.В.Воинов, Е.Д.Феоктистов. — М. : Машиностроение, 1981. — 304 с.

12. *Чекмарев А.А.* Инженерная графика / А.А.Чекмарев. — М. : Высш. шк., 2007. — 364 с.

13. *Чекмарев А.А.* Справочник по машиностроительному черчению / А.А.Чекмарев, В.К.Осипов. — М. : Высш. шк., 2001. — 493 с.

Оглавление

Глава 1. Геометрические построения 4

1.1. Построение параллельных прямых 4
1.2. Построение взаимно-перпендикулярных прямых 5
1.3. Деление отрезка прямой 7
1.4. Построение углов 8
1.5. Деление окружности на равные части, построение правильных многоугольников 10
Деление окружности на 4 и 8 частей 10
Деление окружности на 3, 6 и 12 частей 11
Деление окружности на 5 частей 13
Деление окружности на произвольное число равных частей 14
1.6. Сопряжения 14
Сопряжение двух пересекающихся прямых линий 16
Сопряжение прямой линии с окружностью 17
Сопряжение двух заданных окружностей 20
Построение касательных к окружностям 22

Глава 2. Основные положения начертательной геометрии 26

2.1. Предмет начертательной геометрии 26
2.2. Прямоугольное проецирование на две и три взаимно-перпендикулярные плоскости проекций. Образование чертежа 26
Прямоугольное проецирование на две взаимно-перпендикулярные плоскости проекций (метод Монжа) 27
Проецирование на три взаимно-перпендикулярные плоскости проекций. Координаты точки 29
Дополнительная система плоскостей проекций 31
2.3. Проекции прямой линии и ее отрезка 33
2.4. Многогранники 35
Призма 37
Пирамида 39
2.5.Поверхности вращения 43
Цилиндр 43
Конус 45
Сфера 49
2.6. Взаимное пересечение поверхностей вращения 51
Использование плоскостей в качестве вспомогательных поверхностей 52

Использование сфер в качестве вспомогательных поверхностей 54
2.7. Аксонометрические проекции 58
Общие положения 58
Изометрические изображения плоских многоугольников 60
Изометрические проекции окружностей 62
Изометрические проекции цилиндра, конуса и сферы 65

Глава 3. Основные правила выполнения чертежей 71

3.1. Единая система конструкторской документации. Классификационные группы стандартов ЕСКД 71
3.2. Общие правила оформления чертежей 72
Линии чертежа 72
Форматы 76
Основные надписи 77
Масштабы 81
Шрифты чертежные 81
3.3. Изображения. Основные положения и определения 88
Виды 88
Сечения 93
Разрезы 101
Выносные элементы 105
Условности и упрощения 108
3.4. Нанесение размеров 117
Необходимость указания размеров на чертежах и общие требования к их нанесению 117
Правила нанесения размеров 117
3.5. Чтение чертежа детали 135
3.6. Построение недостающих проекций точек на поверхностях детали 139
3.7. Построение третьего вида по двум заданным 141
3.8. Построение проекций и натурального вида фигуры сечения детали проецирующей плоскостью 146
Порядок построения проекций фигуры сечения 146
Порядок построения натурального вида фигуры сечения координатным методом (рис. 3.120) 147
Построение проекции фигуры сечения 148
Построение фигуры сечения в натуральном виде 149
3.9. Построение прямоугольной изометрии детали с вырезом ее четверти. Технический рисунок 150
Построение аксонометрических проекций деталей 150
Технический рисунок 153
3.10. Эскиз детали 157
Определение и основные требования к эскизу 157
Порядок выполнения эскиза 158
Обмер деталей 165
Планировка эскиза 170

Глава 4. Правила выполнения чертежей некоторых деталей и их соединений 177
4.1. Общие положения 177
4.2. Резьбы 178
Назначение, основные параметры и элементы резьбы 180
Изображение резьб на чертеже 185
Резьбы стандартные 190
Резьбы нестандартные 199
4.3. Крепежные изделия 201
4.4. Резьбовые соединения 219
4.5. Шпоночные и шлицевые соединения 230
Шпоночные соединения 230
Шлицевые соединения 235
4.6. Неразъемные соединения 240
Сварные соединения 241
Соединения клепаные 252
Соединение пайкой, склеиванием, сшиванием 256
4.7. Зубчатые передачи 261
Общие положения 261
Цилиндрические зубчатые передачи 264
Реечные передачи 270
Конические зубчатые передачи 271
Червячные передачи 275
4.8. Пружины 281
Глава 5. Чертежи общего вида и сборочные чертежи 288
5.1. Стадии разработки конструкторских документов 288
5.2. Чертежи общего вида 291
Общие сведения 291
Размеры, проставляемые на чертежах 295
Условности и упрощения 296
Изображение некоторых изделий и устройств 299
Нумерация позиций на чертежах 309
Обозначение чертежа 310
5.3. Деталирование 311
Основные требования к рабочим чертежам 311
Общие правила выполнения чертежей 313
Чтение чертежа общего вида 314
Деталирование чертежа общего вида 315
Пример чтения и деталирования чертежа общего вида 316
5.4. Спецификация 322
5.5. Сборочный чертеж 328

Список литературы 331

Учебное издание

Бродский Абрам Моисеевич,
Фазлулин Энвер Мунирович,
Халдинов Виктор Алексеевич

Техническая графика (металлообработка)

Учебник

Редактор *В. Н. Махова*
Технический редактор *Н. И. Горбачёва*
Компьютерная верстка: *С. Ф. Фёдорова*
Корректор *С. Ю. Свиридова*

Изд. № 101116324. Подписано в печать 19.09.2012. Формат 60 × 90/16.
Гарнитура «Ньютон». Бумага офс. № 1. Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,0.
Тираж 3 000 экз. Заказ № 3615.

ООО Издательский центр «Академия». www.academia-moscow.ru
129085, Москва, пр-т Мира, 101В, стр. 1.
Тел./факс: (495) 648-0507, 616-0029.
Санитарно-эпидемиологическое заключение № РОСС RU. АЕ51. Н 16068 от 06.03.2012.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных
издательством материалов в ОАО «Тверской ордена Трудового Красного Знамени
полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР».
170040, г. Тверь, проспект 50 лет Октября, 46.