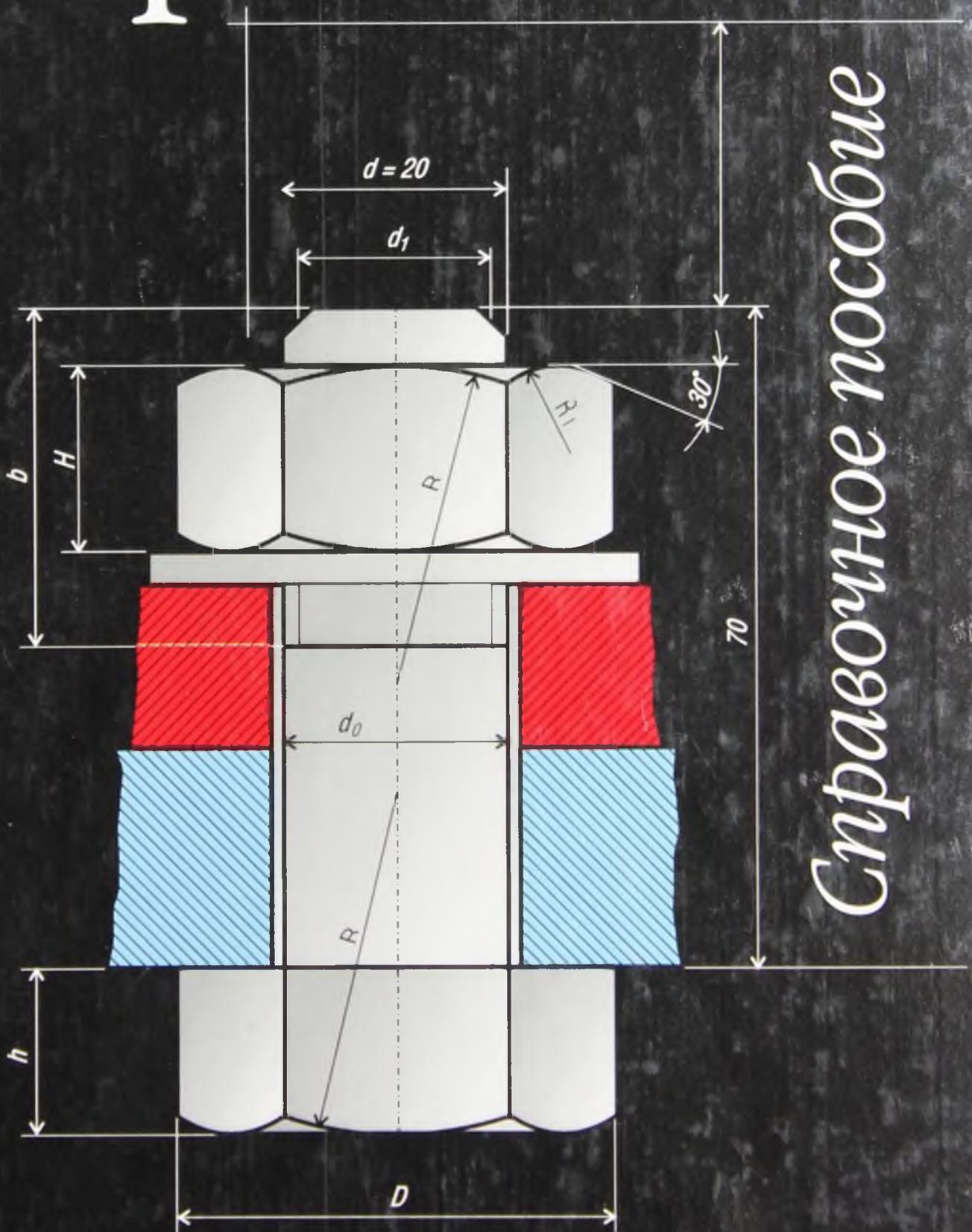


744
Б 21

С. Н. Балягин

Черчение



Справочное пособие

С.Н. БАЛЯГИН

744
Б 21

Черчение

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

4-е издание, дополненное

МОСКВА
АСТ·Астрель
2002

УДК 30.11я2
ББК 744(035)
Б21

*Посвящается моему отцу и учителю
Н.С. Брилингу*

Балягин С.Н.

Б21 Черчение: Справ. пособие / С.Н. Балягин. – 4-е изд., доп. –
М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель»,
2002. – 424 с.: ил.
ISBN 5-17-011534-2 (ООО «Издательство АСТ»)
ISBN 5-271-03319-8 (ООО «Издательство Астрель»)

В книге даны теоретические основы черчения; сведения по теории теней в ортогональных, аксонометрических проекциях и в перспективе; основные положения построения чертежей в перспективе и в проекциях с числовыми отметками. Приведены сведения по техническому рисованию и изготовлению машиностроительных и строительных чертежей. Издание подготовлено на основе действующих стандартов и в методологическом плане отвечает требованиям учебного процесса.

Рекомендуется в качестве справочного пособия среднему техническому персоналу строительных организаций; может быть использовано для обучения студентов строительных вузов, техникумов и колледжей правилам и навыкам черчения.

УДК 744(035)
ББК30.11я2

498371



ISBN 5-17-011534-2 (ООО «Издательство АСТ»)
ISBN 5-271-03319-8 (ООО «Издательство Астрель»)

© Балягин С.Н., 2002
© ООО «Издательство Астрель»

ВВЕДЕНИЕ

В справочном пособии систематизированы указания, нормативы и справочные данные, необходимые для выполнения машиностроительных и строительных чертежей.

Изучение черчения имеет большое значение для общего и политехнического образования. Черчение учит составлять машиностроительные и строительные чертежи изделий, зданий и сооружений, одновременно развивая навык в чтении готовых чертежей, правильном и рациональном использовании чертежных принадлежностей и инструментов, а также работе от руки (эскизы и технические рисунки). Оно воспитывает способность и стремление к творчеству, конструированию и рационализации, развивает графическую грамотность, внимание и наблюдательность, аккуратность и точность, самостоятельность и плановость – важнейшие элементы культуры труда, развивающие эстетический вкус. Черчение помогает понять основы механизации и автоматизации, без которых невозможно развитие ни одной отрасли народного хозяйства.

В зависимости от вида, назначения и техники графического оформления чертежей их делят: на *архитектурно-строительные* (на которых изображают гражданские, промышленные и другие здания); *инженерно-строительные* (конструкции, мостовые, гидротехнические и дорожные сооружения и др.); *машиностроительные* (различные механизмы и машины в целом и их детали и др.).

Каждый вид чертежей требует применения своих условных обозначений, масштабов и т. д., но многое также их связывает, ибо во всех чертежах применяется единый метод проецирования. Дошедшие до нас

чертежи и рисунки говорят о том, что в Древней Руси применялись методы изображения, близкие к геометрическим методам, позднее усовершенствованным и научно обоснованным. Древние памятники инженерной графики свидетельствуют о том, что графическое искусство на Руси стояло на очень высоком уровне и многое из опыта того времени легло в основу дальнейшего развития современной графики.

Замечательные русские изобретатели создавали свои чертежи, применяя ортогональный метод изображения на плоскости. В 1709 г. в Москве была издана одна из первых технических книг в России «Приемы циркуля и линейки». Эта книга давала необходимые научные основы для овладения азбукой инженерного дела – черчения.

Большой интерес представляют чертежи Н. И. Ползунова (1728–1766 гг.) – изобретателя первой в мире паровой машины (рис. 1.1). Чертеж выполнен в одной ортогональной проекции. До нас дошли чертежи замечательного изобретателя-самоучки И. П. Кулибина (1735–1818 гг.) (рис. 1.2). Сохранились его чертежи арочного моста пролетом 140 саженей.

Большое значение в истории развития русского архитектурного чертёжа имела первая в России архитектурная школа, созданная архитектором Д. В. Ухтомским в 1749 г. Из его воспитанников следует назвать гениальных русских зодчих В. И. Баженова, М. Ф. Казакова и многих других. М. Ф. Казаковым был создан шедевр классической архитектуры – Дом союзов ВЦСПС и многие другие здания.

Таким образом, к концу XVII сто-

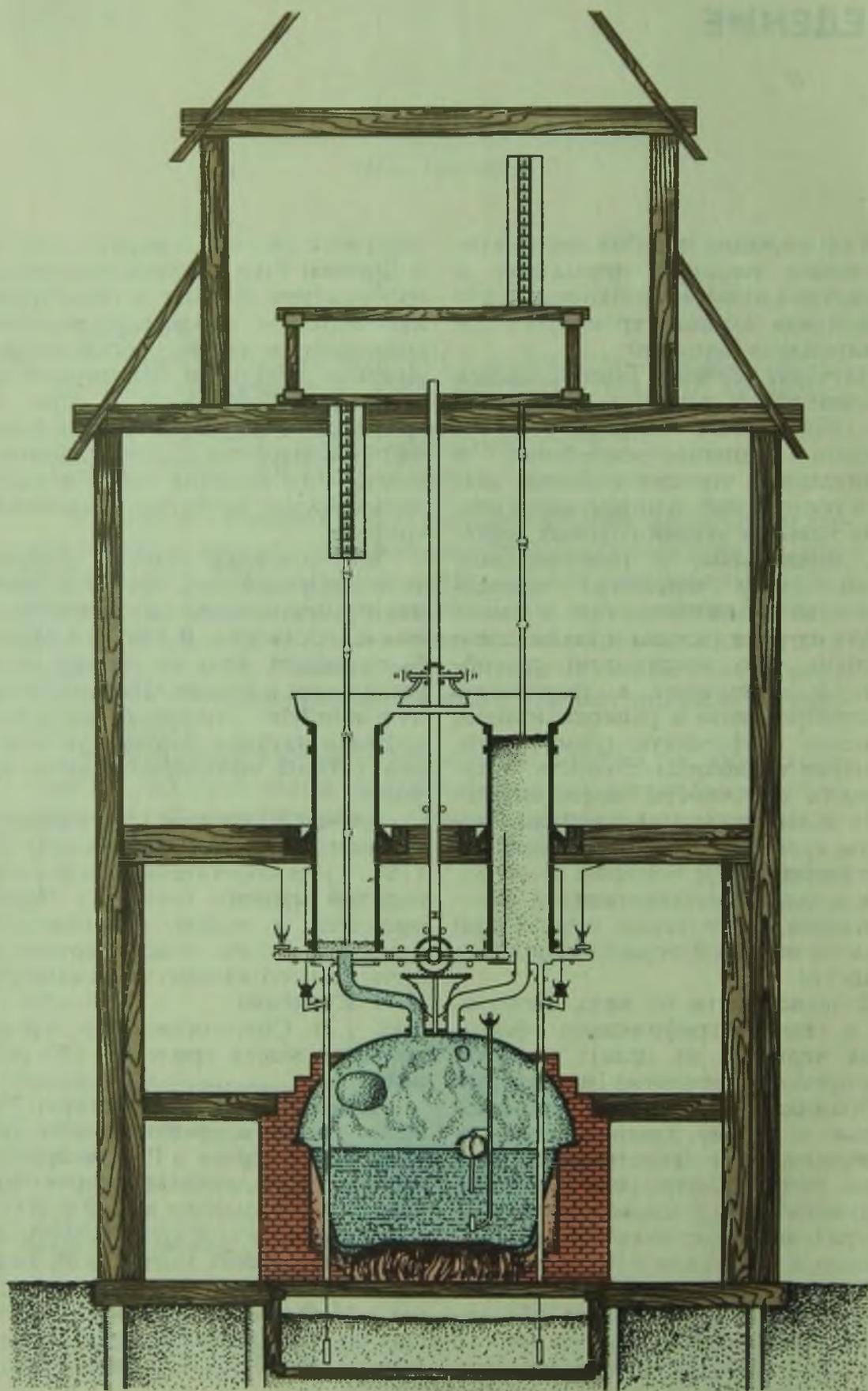


Рис. 1.1



Рис. 1.2

летия был накоплен достаточный практический опыт и появилась необходимость в научном обосновании методов начертательной геометрии, так как начавшееся к тому времени бурное развитие промышленности тормозилось отсутствием общей теории построения чертежа.

Эту теорию создал в конце XVII в. политический деятель французской революции и ученый Гаспар Монж (1746–1818 гг.). Его учение об ортогональном методе проецирования в основном сохранилось и до нашего времени.

В России эту науку стали изучать с 1810 г. в Институте корпуса инженеров путей сообщения (ныне Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта), а в 1830 г. начали преподавать во всех высших учебных заведениях России.

Первым русским ученым, разработавшим теорию чертежа (начертательной геометрии), был проф. Р. А. Севостьянов, издавший в 1821 г.

труд «Основания начертательной геометрии». После него в этой области были последователи: проф. М. М. Макаров, он издал «Полный курс начертательной геометрии» в 1870 г.; профессор В. Н. Курдюмов, которым наиболее полно разработаны все разделы начертательной геометрии.

В трудах советских ученых начертательная геометрия получила еще большее развитие и применяется во многих областях науки, техники и искусства. Здесь следует отметить труды профессоров Н. А. Рынина, А. И. Добрякова, В. О. Гордона, Н. Ф. Четверухина.

Настоящее справочное пособие может быть использовано для обучения студентов вузов и техникумов правилам и навыкам черчения. Оно подготовлено на основе действующих стандартов и в методологическом плане отвечает требованиям учебного процесса.

РАЗДЕЛ ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

1

ГЛАВА ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1

1.1. ЧЕРТЕЖ

Чертеж — это графическое изображение предмета, основной конструкторский документ, по которому изготавливается то или иное изделие. Другими словами, чертеж является языком всех технически грамотных людей, и, как всякий язык, он имеет свою азбуку и грамматику, изучив которые, можно изготавливать и читать всевозможные чертежи.

В азбуку чертежного искусства можно отнести: правильное применение принадлежностей, инструментов, линий, букв и цифр; различных геометрических построений; знание ГОСТов «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД) и «Система проектной документации для строителей» (СПДС).

В ГОСТах даны единые нормы и правила составления чертежей, а также стандартные условные изображения и обозначения. Периодически стандарты изменяют и дополняют.

1.2. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Прежде чем приступить к вычерчиванию, необходимо правильно организовать свое рабочее место. Перед началом работы необходимо подготовить чертежный стол или чертежную доску, которая делается из хорошо высушенного мягкого дерева, например, из липы или еще лучше из груши, а боковые части справа и слева доски обрамляются более твердым деревом (дубом, буком). Чертежные доски делают преимущественно двух размеров: на целый стандартный лист, формат А1 (594 × 841 мм), или на поллиста, формат А2 (594 × 420 мм). Доска должна располагаться на специальном чертежном столе (рис. 1.3), дающем возможность придать доске любой уклон, или на подставке, которая кладется на стол, имеющий ровную поверхность (рис. 1.4). Здесь же рядом должны располагаться все необходимые чертежные инструменты: например, рейшина (рис. 1.5) — чертежная линейка Т-образной формы, служащая преимущественно для проведения горизонтальных параллельных линий, а с помощью угольников — параллельных наклонных и вер-



Рис. 1.3

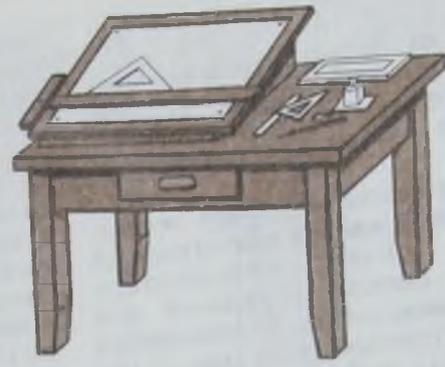


Рис. 1.4



Рис. 1.5



Рис. 1.6

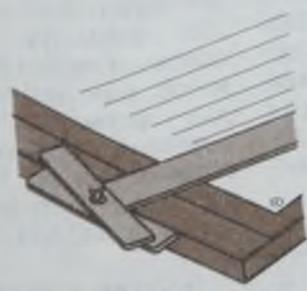


Рис. 1.7

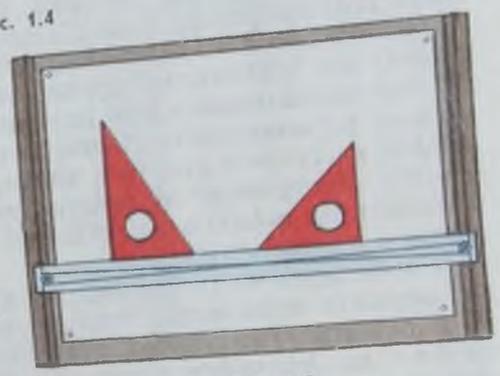


Рис. 1.8

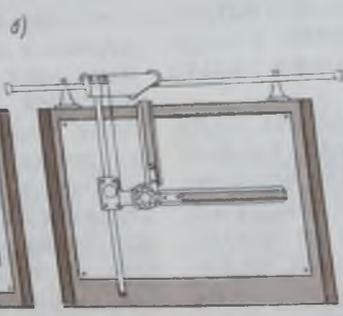
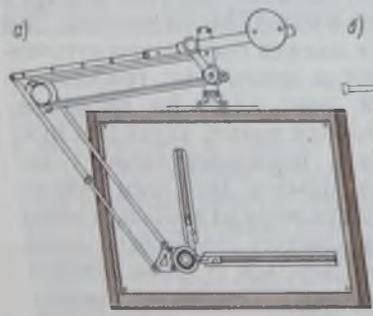


Рис. 1.9

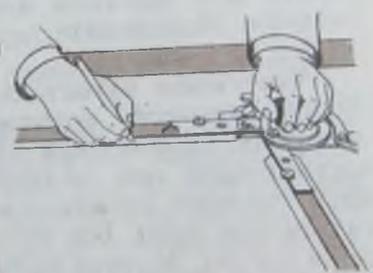


Рис. 1.10

тикальных линий (рис. 1.6). Деревянная рейшина представляет собой длинную линейку, врезанную с одного конца под прямым углом в более толстую и короткую поперечину, называемую головкой. Поперечина состоит из двух планок, соединенных винтом. Неподвижная планка служит направляющей при движении ее

вдоль левого края доски, а поворотная планка — для проведения параллельных линий под любым углом к кромке доски (рис. 1.7).

При работе с рейшиной необходимо иметь на столе чертежные угольники и линейки, сделанные из упругого гладкого материала (дерева, пластмассы и т.п.). Предварительно

проверяют исправность этих инструментов.

Иногда из линейки делают плавающую рейшину (рис. 1.8), для этого по ее краям устанавливают ролики, на которые натягивают леску.

Вместо рейшины можно применять **чертежный прибор** пантографной (рис. 1.9, *а*) или координатной (рис. 1.9, *б*) систем, служащий для ускорения выполнения и повышения качества чертежных работ (рис. 1.10). Он заменяет рейшину, угольник, транспортир и мерительную линейку.

Освещение стола должно быть слева или напротив него. Поток излучения должен быть не менее 60 Вт, чтобы вся плоскость чертежа освещалась равномерно и свет не попадал в глаза работающего. Доска должна лежать на столе с уклоном примерно 15–30°. Инструмент не следует разбрасывать по столу, а держать поблизости в одном месте.

Свободную часть чертежа все время держите прикрытой чистым листом бумаги. Все линии проводите только по верхнему краю линейки слева направо и снизу вверх. Не чертите на плохой бумаге и не употребляйте для черчения плохие инструменты. Исполняйте чертежи только верно и точно.

Чертежная бумага должна быть белой, плотной, возможно гладкой и хорошо проклеенной. При черчении карандашом она должна выдерживать стирание резинкой и не лохматиться при этом. Все чертежи, включая и эскизы, должны выполняться на бумаге стандартного размера.

Чертежи, выполняемые в учебной практике, должны иметь следующие размеры и обозначения: формат А1 (594 × 841), формат А2 (594 × 420), формат А3 (297 × 420), формат А4 (297 × 210). Форматы листов определяются размерами внешней рамки, выполненной тонкой линией (рис. 1.11, *а*). Форматы обозначаются двумя числами, первое из которых

указывает кратность одной стороны формата 297 мм, а второе – кратность другой стороны 210 мм. При необходимости допускается применять формат А5 (148 × 210). Если чертежи подлежат брошюровке, то следует прочерчивать рамку (рис. 1.11, *б, в*). В правом нижнем углу вплотную к линии рамки на чертеже помещается основная надпись (штамп) установленного образца. Форматы листа на чертежной доске могут быть расположены длинной или короткой стороной к себе, что зависит от изображаемого предмета.

В строительной документации допускается к обозначению форматов добавлять дополнительные индексы: для форматов с расположением основной надписи (углового штампа) вдоль короткой стороны – индекс В, для форматов с расположением основной надписи вдоль длинной стороны – индекс Г, например: А3В – это значит, что формат расположен вертикально, или А2Г – горизонтально.

Чертежные карандаши имеют различную твердость грифеля: твердые – Т, 2Т, 3Т; мягкие – М, 2М, 3М; средней твердости – ТМ. Карандаш для черчения должен быть остро отточенным, иногда затачивают грифель лопаточкой (рис. 1.12). Во время работы, проводя линии, карандаш нужно держать перпендикулярно к поверхности бумаги большим, указательным и средним пальцами, причем все линии следует проводить слева направо по световой стороне линейки или угольника. Основную линию можно немного не довести до конца и закончить этот отрезок справа налево. Таким образом достигается четкость начала и конца линий. Во время работы карандашом можно рекомендовать его правку на оселке из наждачной бумаги № 0 или 00 (рис. 1.13). После затачивания можно произвести окончательную доводку грифеля по шероховатой бумаге или бумажной кальке. Не давайте каран-

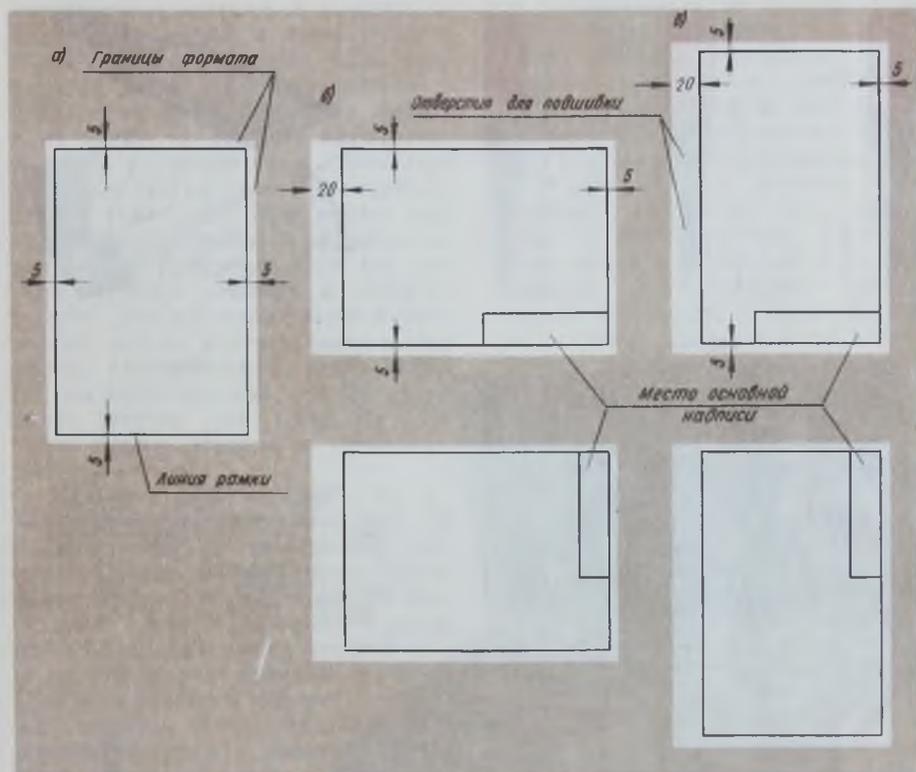


Рис. 1.11

дашам падать. Соблюдайте чистоту и аккуратность в работе.

Для проведения большого числа параллельных прямых линий на одинаковом расстоянии друг от друга применяют **штриховальный прибор** (рис. 1.15), состоящий из линейки, шарнирно прикрепленной одним концом к скобе. Линейка может быть повернута на угол 45° как вправо, так и влево закреплена в этом положении зажимной гайкой. Скоба прикреплена наглухо к стержню, а стержень может скользить в отверстиях двух стоек, укрепленных на планке. На стержень свободно надета муфта с рычажком, удерживаемая пружиной в заданном положении. Для передвижения линейки нажимают на рычажок, вследствие чего муфта несколько перкосится,

прижмется к стержню и передвинется вместе с ним.

Готовальня (рис. 1.14.) состоит из набора инструментов. Хорошая, достаточно полная готовальня должна содержать: циркуль-измеритель, круговой циркуль со вставками-иглой, карандашом и чертежным пером и с надставкой для удлинения ножек для проведения окружностей больших диаметров, разметочный или делительный циркуль-измеритель, пружинный кронциркуль с микрометрическим винтом для проведения малых окружностей, рейсфедер (чертежное перо) для обводки карандашных линий тушью, отвертку, комплект запасных иглол и карандашных стержней в футляре.

Циркуль-измеритель (рис. 1.16)

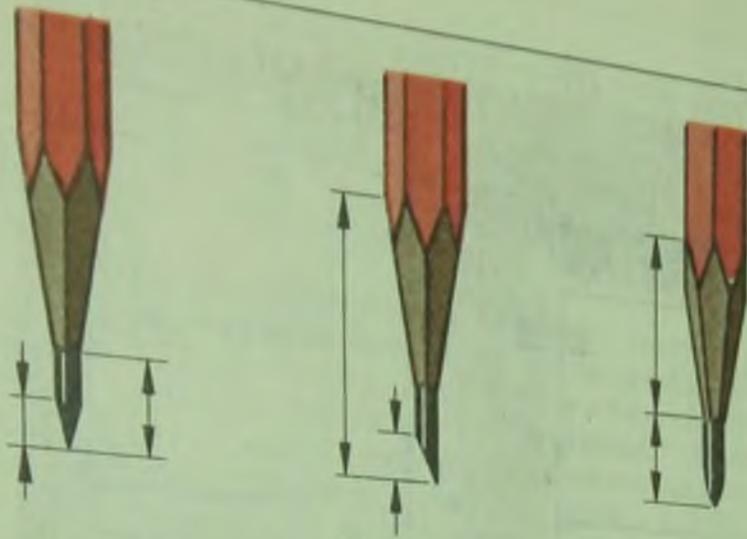


Рис. 1.12



Рис. 1.13

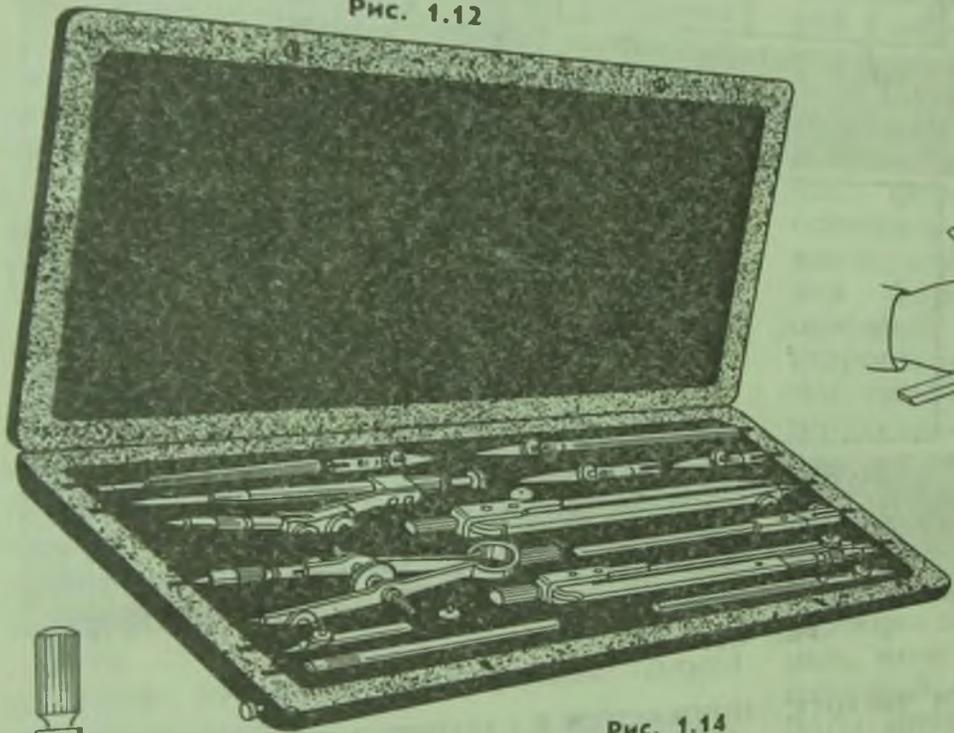


Рис. 1.14

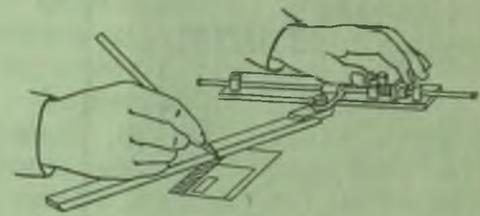


Рис. 1.15



Рис. 1.16

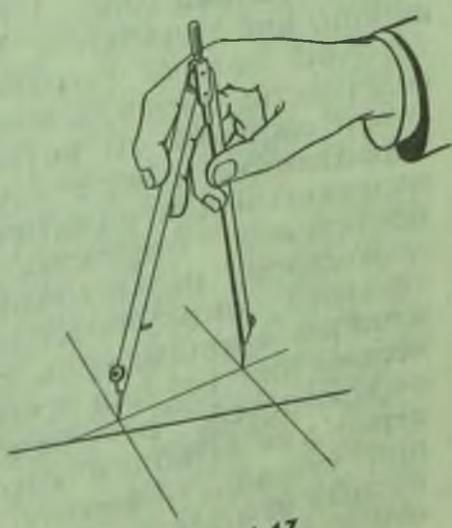


Рис. 1.17

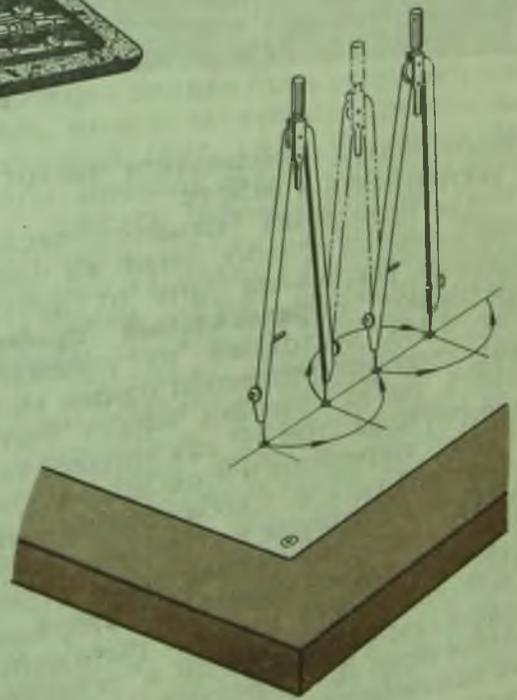


Рис. 1.18

состоит из двух сменных иглонок, привинчиваемых винтами, и головки, за которую его держат во время работы. Ножки циркуля должны быть одинаковой длины, при легком уколе в сложенном виде давать на бумаге одну точку, не должны пружинить, а легко раздвигаться и сдвигаться пальцами той же руки, в которой его держат (рис. 1.17). При работе циркуль держат отвесно и не прокалывают бумагу насквозь, так как при этом теряется точность и портится бумага. Для избежания этого в готовых всегда всегда имеется специальная кнопка с углублением, вкалываемая на том месте чертежа, откуда производят замеры (рис. 1.18). Не вытаскивайте ножки циркуля в чертежную доску.

Круговой циркуль (рис. 1.19) отличается от измерительного тем, что одну из ножек с иглой можно заменить вставкой с карандашом, круговым рейсфедером (рис. 1.20) или наплавкой для удлинения ножек (рис. 1.21), при помощи которой проводят окружности большого радиуса. При вычерчивании следует так держать циркуль, чтобы обе ножки были перпендикулярны к поверхности бумаги (рис. 1.22), для этого ножки циркуля снабжены шарнирами. Чем больше окружность, тем больше следует сгибать ножки.

Разметочный циркуль-измеритель (рис. 1.23) применяется для точных и мелких работ. Он снабжен волосной пружиной и микрометрическим винтом, при помощи которого ножки циркуля можно сдвигать на самое малое расстояние. Винт вращают большим и средним пальцами правой руки.

Пружинный кронциркуль (рис. 1.24) употребляется для вычерчивания окружностей малого диаметра. Работают им следующим образом: установив вертикально ножку кронциркуля в центр окружности и придерживая указательным пальцем головку стержня, легко и без нажима вра-

щают ножку с карандашом (рис. 1.25) или с рейсфедером при помощи большого и среднего пальцев.

При обводке чертежных линий тушью применяется рейсфедер (рис. 1.26), состоящий из двух параллельных створок, соединенных между собой винтом и прикрепленных к ручке. Концы створок должны быть заострены лопаточкой так, чтобы острое не резало бумагу. Толщину линий регулируют винтом, которым сближают или расширяют концы створок. Рейсфедер должен чертить самые тонкие линии и не выливать тушь при черчении толстых. Створки должны быть одинаковой длины. При работе рейсфедер держат с легким наклоном в правую сторону и к себе. Наполнять рейсфедер тушью лучше при помощи гусиного перышка, срезанного лопаточкой и вставленного в пробку (рис. 1.27), или ровно отрезанной и сложенной пополам чистой полоской плотной бумаги. Ни в коем случае нельзя наполнять рейсфедер тушью с помощью металлических перьев. В рейсфедер следует вливать туши не более 6...8 мм, в противном случае она может вылиться и испортить чертёж. Не следует наполнять рейсфедер тушью над чертежом. Не зажимайте слишком туго створки рейсфедера, в нерабочем состоянии они должны быть несколько раздвинуты. Не макайте рейсфедер во флакон с тушью.

При прекращении работы хотя бы на время рейсфедер необходимо тщательно вычистить, вытерев створки мягкой тряпочкой, не допуская засыхания в них туши. В случае засыхания туши в рейсфедере его следует протереть мокрой тряпочкой и ни в коем случае не соскабливать засохшую тушь ножом, пером или другими острыми предметами. Хранить рейсфедер следует с раскрытыми створками, совершенно сухими и чистыми.

Вращающийся рейсфедер — кривоножка (рис. 1.28) применяется для обводки кривых линий, например, го-



Рис. 1.19



Рис. 1.20



Рис. 1.21

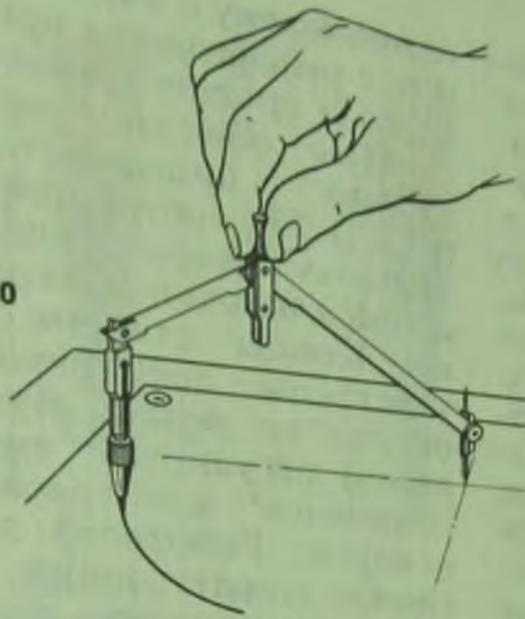


Рис. 1.22

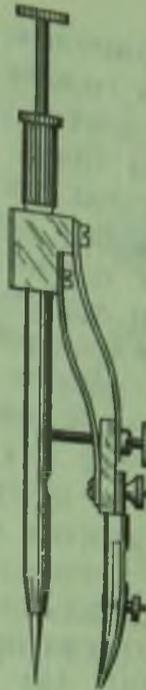


Рис. 1.24

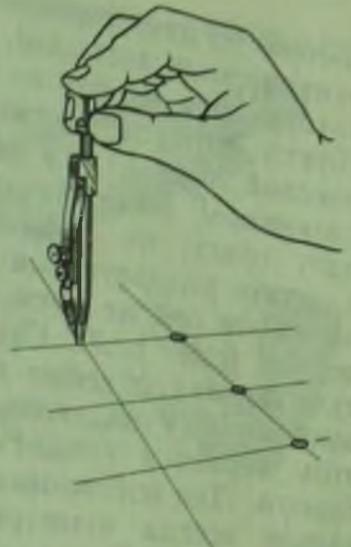


Рис. 1.25

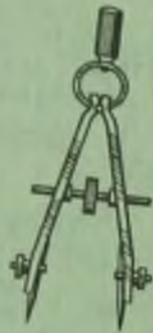


Рис. 1.23

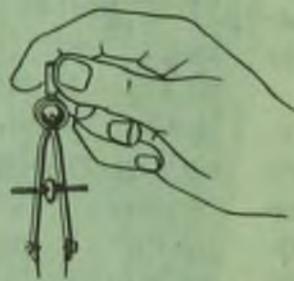


Рис. 1.26

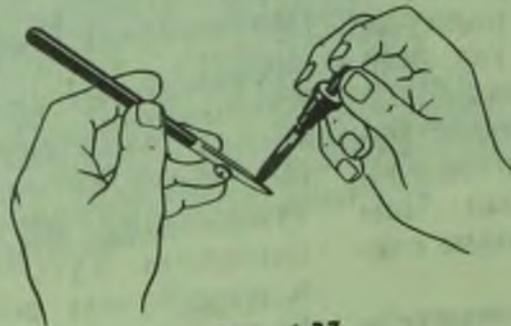
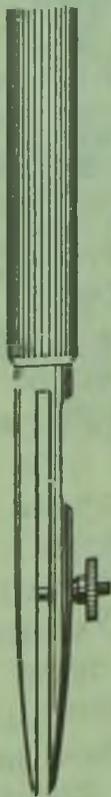


Рис. 1.27

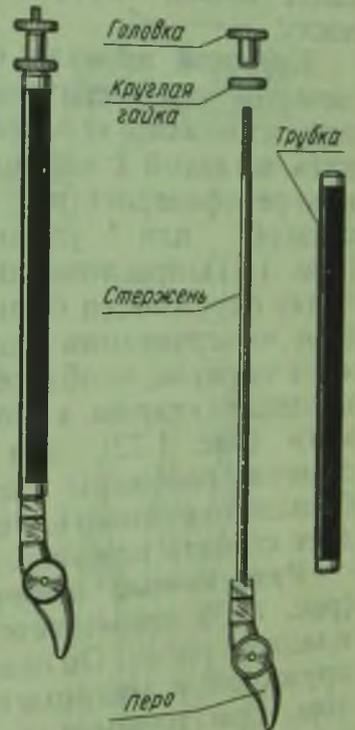


Рис. 1.28

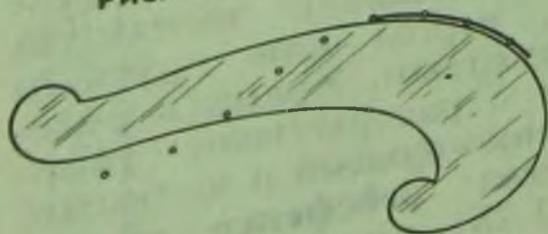


Рис. 1.29

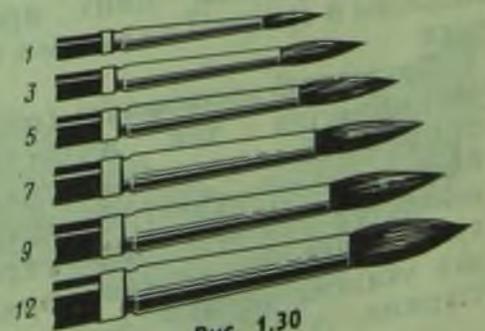


Рис. 1.30

ризонталей местности на топографических чертежах. Линии с помощью этого рейсфедера надо проводить медленным плавным движением так, чтобы перо точно двигалось по предварительно проведенным карандашом линиям.

Тушь применяется для обводки карандашных линий после тщательной проверки чертежа. Она должна быстро сохнуть на чертеже, не должна расплываться на бумаге, выцветать, стираться мягкой резинкой и размываться при окраске чертежа акварельными красками (отмывке). В черчении, главным образом, применяется черная тушь, иногда цветная. Флакон с тушью можно поместить в плоскую коробку, в крышке которой вырезано отверстие по размеру флакона, во избежание его опрокидывания. Не держите флакон с тушью в открытом состоянии даже во время работы, ибо тушь быстро сохнет, и не ставьте флакон с тушью на чертеж. Не подливайте в тушь воды, от которой она плесневеет. Для разведения туши водой надо иметь специальную баночку.

Для обводки кривых линий, построенных по точкам, служат фигурные линейки — **лекала** (рис. 1.29). Они делаются из дерева и других материалов. Для работы надо иметь несколько лекал различной формы. Работая лекалом, на нем выбирают на глаз подходящий участок, совпадающий с несколькими подряд лежащими точками кивой. Необходимо, чтобы совпало не менее трех точек, а соединять по лекалу только две. Можно соединить сразу все совпавшие точки, кроме последней. Затем подбирают следующий участок кривой и т. д. Таким образом, вся кривая обводится по частям. Следует избегать проведения кривых по внутренним частям лекал.

При черчении нужно иметь под рукой **резинки для стирания** линий: мягкую — для стирания линий, проведенных карандашом, а по окончании

чертежа для общей чистки, и жесткую — для вытирания линий, сделанных тушью. Подчистку чертежей можно производить при помощи острого перочинного ножа или особыми стальными скребками, которые вставляются в ручку, как перо. Все подчистки производят очень осторожно, чтобы не повредить бумагу и не испортить чертеж.

К чертежной доске бумагу прикрепляют кнопками, которые вынимают специальными вилочками. Кнопки бывают различных размеров.

Для откладывания на чертеже различных мелких делений нужно иметь линейку с нанесенными с одной стороны делениями в миллиметрах, а на другой — со вставкой из пластмассы для того, чтобы удобнее было обводить чертеж тушью, при этом линейка должна плотно прилегать к доске.

Если чертеж подлежит раскраске, то необходимо иметь **круглые кисти** (рис. 1.30) и **акварельные краски или гуашь**. Акварельные краски относятся к прозрачным краскам, растворимым водой, к непрозрачным краскам относится гуашь, тоже растворимая водой. Чертежнику всегда надо иметь белую гуашь для исправления ошибок, допущенных на чертеже.

Краски на поверхность бумаги наносят с помощью кисти. Основные цвета красок: красный, синий и желтый. Смешивая эти краски, можно получить все дополнительные цвета спектра.

Для раскрашивания чертежей применяют разных размеров кисти, которые отличаются по качеству волоса.

Толщину кисти определяет ее номер: чем больше номер, тем кисть толще. Очень тонкие кисти для работы менее удобны, так как они вбирают в себя мало краски, и приходится делать много мазков, отчего на чертеже бывают затеки.

Наиболее часто используют кисти до № 12 (см. рис. 1.30). Чем больше закрашиваемая поверхность, тем

толще следует брать кисть. В кистях хорошего качества волоски не должны вылезать, такая кисть смачивается водой. Намоченный кончик при встряхивании должен быть острым и если шелкнуть по его концу, волоски не должны рассыпаться.

После употребления кисти нужно тщательно промыть в чистой воде, вытереть тряпочкой и положить так, чтобы волоски не заминались. Кисти следует беречь от жира и пыли, не брать в рот и не выжимать пальцами. Лучше всего хранить кисти в жестяных коробках.

1.3. ЛИНИИ ЧЕРТЕЖА

Чертеж может быть выполнен тонкими линиями, а затем обведен тушью или карандашом, в том и другом случае карандашные линии проводят на чертеже без нажима так,

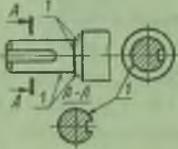
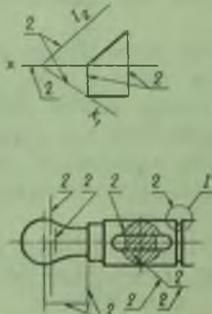
чтобы при стирании резинкой не осталось никаких следов. Карандаш для этого должен быть сравнительно жестким, в зависимости от чертежной бумаги (3Т, 2Т, Т). На такие линии, при обводке тушью, тушь ложится хорошо.

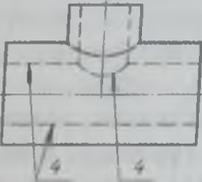
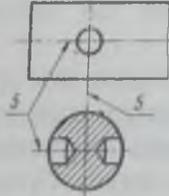
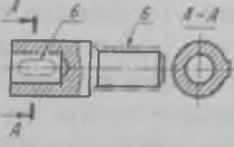
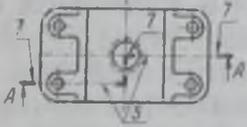
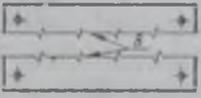
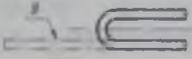
Для того, чтобы чертеж был выразительным и хорошо читался, необходимо выполнять его линиями разной толщины. Применяются следующие типы линий: сплошная, штриховая, штрихпунктирная, волнистая.

Толщину линий обводки выбирают в зависимости от масштаба и сложности изображения и от назначения чертежа, она обозначается буквой *S* и выбирается в пределах 0,5...1,4 мм.

Толщина линий должна быть одинаковой для всех изображений на одном чертеже, вычерчиваемых в одном и том же масштабе (табл. 1.1).

1.1. Линии чертежа

Изображение	Толщина	Назначение
<p>1. Контурная</p> 	<i>S</i>	Для основных линий видимого контура, видимых линий перехода, контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
<p>2. Сплошная тонкая</p> 	<i>S/3...S/2</i>	Для контура наложенного сечения, размерных и выносных линий, линий штриховки, полки и линий-выносок, подчеркивания надписей, пограничных деталей (обстановки), ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях, линий воображаемых переходов, следов плоскостей, построения характерных точек

Изображение	Толщина	Назначение
<p>3. Сплошная волнистая</p> 	<p>$S/3 \dots S/2$</p>	<p>Для изображения обрыва и разграничения вида и разреза</p>
<p>4. Штриховая</p> 	<p>$S/3 \dots S/2$</p>	<p>Для невидимых контуров и переходов. Штрихи должны быть одинаковой длины и увеличиваться с увеличением толщины линий. Длина штрихов 2...8 мм, а расстояние между ними в 2...4 раза меньше их длины</p>
<p>5. Штрихпунктирная тонкая</p> 	<p>$S/3 \dots S/2$</p>	<p>Для осевых и центровых линий, сечений, являющихся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений. Длина штрихов должна быть 5...30 мм, при малых изображениях допускается уменьшение длины. Линии должны заканчиваться штрихами, а не точками</p>
<p>6. Штрихпунктирная утолщенная</p> 	<p>$S/2 \dots 2S/3$</p>	<p>Для изображения: элементов, расположенных перед секущей плоскостью (наложенная проекция); поверхностей, подлежащих термической обработке. Длина штрихов или покрытия принимается 3...8 мм, расстояние между ними 3...4 мм</p>
<p>7. Разомкнутая линия</p> 	<p>$S \dots 1,5S$</p>	<p>Для линий секущей плоскости, сложных разрезов и сечений (концы разомкнутой линии можно соединять трехпунктирной гонкой линией)</p>
<p>8. Сплошная тонкая с изломами</p> 	<p>$S/3 \dots S/2$</p>	<p>Для длинных обрывов</p>
<p>9. Штрихпунктирная с двумя точками</p> 	<p>$S/3 \dots S/2$</p>	<p>Для сгиба на развертках, разверток, совмещаемых с видом, частей изделий в крайних или промежуточных положениях. Длина штрихов 5...30 мм</p>

Примечание. Длину штрихов в штрихпунктирных линиях выбирают в зависимости от размера изображения.

Для рамок чертежей, основных надписей и спецификаций следует применять сплошные линии толщиной S и менее.

Если диаметр окружности менее 12 мм, то центровые линии следует проводить сплошными, а не штрихпунктирными.

В разрезах строительных чертежей видимые линии контуров, не попадающие в плоскость сечения, допускается выполнять сплошной тонкой линией.

При выборе толщины линий для формата А1 и более наименьшая толщина линий 0,3 мм, а наименьшее расстояние между смежными линиями 0,8...1 мм, для форматов 1 и менее наименьшая толщина 0,2...0,3 мм, а наименьшее расстояние между линиями 0,8 мм.

1.4. ПРИМЕНЕНИЕ ЧЕРТЕЖНОГО ШРИФТА

Для того чтобы чертеж был понятен, на нем дают поясняющие надписи и размерные числа. В настоящее время надписи на чертежах (и других технических документах) всех отраслей промышленности и строительства выполняют чертежным шрифтом.

ГОСТ устанавливает следующие типы шрифтов:

тип А ($d = 1/14h$) без наклона и с наклоном около 75° и тип Б ($d = 1/10h$) без наклона и с наклоном около 75° (табл. 1.2).

На рис. 1.31 показано, как провести наклонные линии под углом 75° .

Размер шрифта определяется высотой прописных букв h в миллиметрах. ГОСТ устанавливает следующие размеры чертежных шрифтов: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Высота измеряется перпендикулярно к основанию строки.

Высота строчных букв c определяется относительно размера шрифта

h , например, $c = 7/10h$ (рис. 1.32).

Применение шрифта размером 1,8 допускается только для шрифта типа Б.

За ширину буквы g принимают наибольшую ширину (см. рис. 1.32), определяемую относительно размера шрифта, например $g = 6/10h$, или толщины линии, например $g = 6d$. Толщина линии d определяется в зависимости от типа и высоты шрифта.

Для лучшего построения формы и размеров букв, цифр и знаков строят сетку с ячейками, имеющими форму параллелограмма или квадрата, с основанием и высотой, равными $1/14$ или $1/10h$. Промежутки между словами должны быть не менее ширины одной буквы шрифта данного размера, но не менее $6d$ (рис. 1.33).

На рис. 1.34 показано построение букв русского алфавита шрифта без наклона, расположенных группами по ширине букв, слева даны буквы без закруглений, справа — с закруглениями. На рис. 1.35 дано построение строчных букв шрифта Б без наклона, также буквы даны группами по ширине букв. На рис. 1.36 дано построение букв шрифта типа Б с наклоном. Буквы также расположены по ширине, слева — буквы без закруглений, справа — с закруглениями. На рис. 1.37 показано построение строчных букв с наклоном типа Б. Расстояние между буквами, соседние линии которых не параллельны между собой (рис. 1.38), может быть уменьшено наполовину, т.е. на толщину линии шрифта.

На рис. 1.39 дано построение буквы О и слова «проект № 35», выполненных прямым шрифтом типа Б. На рис. 1.40 даны примеры слов, исполненные шрифтом типа Б.

Минимальным расстоянием между словами e , разделенными знаком препинания, является расстояние между знаком препинания и следующим за ним словом.

Высота букв и цифр на чертежах, выполняемых тушью, должна быть

1.2. РАЗМЕРЫ ШРИФТОВ, ММ

Параметр	Отно- ситель- ный размер	Тип А							
		2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
h – высота прописных букв	$14d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
c – высота строчных букв	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	
a – расстояние между буквами	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	
Минимальный шаг строк h – высота вспомогательной сетки	$22d$	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0	
e – минимальное расстояние между словами	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	
d – толщина линий шрифта	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	

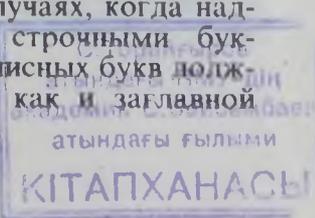
Параметр	Отно- ситель- ный размер	Тип Б							
		1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
h – высота прописных букв	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
c – высота строчных букв	$7d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
a – расстояние между буквами	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Минимальный шаг строк b – высота вспомогательной сетки	$17d$	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
e – минимальное расстояние между словами	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
d – толщина линий шрифта	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

не менее 2,5 мм, а на чертежах, выполняемых карандашом, не менее 3,5 мм. В строительной документации при выполнении надписей прописными буквами допускается начальные буквы предложений, а также имен собственных выполнять размером шрифта, соответствующим выбранному, прочие буквы – следующим меньшим размером шрифта.

При обводке тушью *мелкие шрифты* (номера ниже 5) удобно выполнять чертежными перьями, средние (5...10) – перья с широким концом или рейсфедером, *крупные* выше

14 – специальными перьями, так называемые нормографными (трубчатыми). Очень удобно выполнять надписи шрифтовыми перьями *Redis* (рис. 1.41).

Расстояние между основаниями строк должно быть не менее 1,5 h . Толщина линий должна быть одинаковой. Если надпись состоит из прописных букв, то первую букву не выделяют. В тех же случаях, когда надпись выполняется строчными буквами, толщина прописных букв должна быть такая же, как и заглавной буквы.



498371

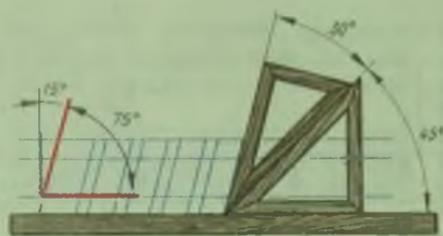


Рис. 1.31

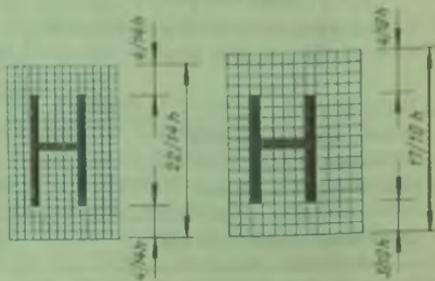


Рис. 1.33

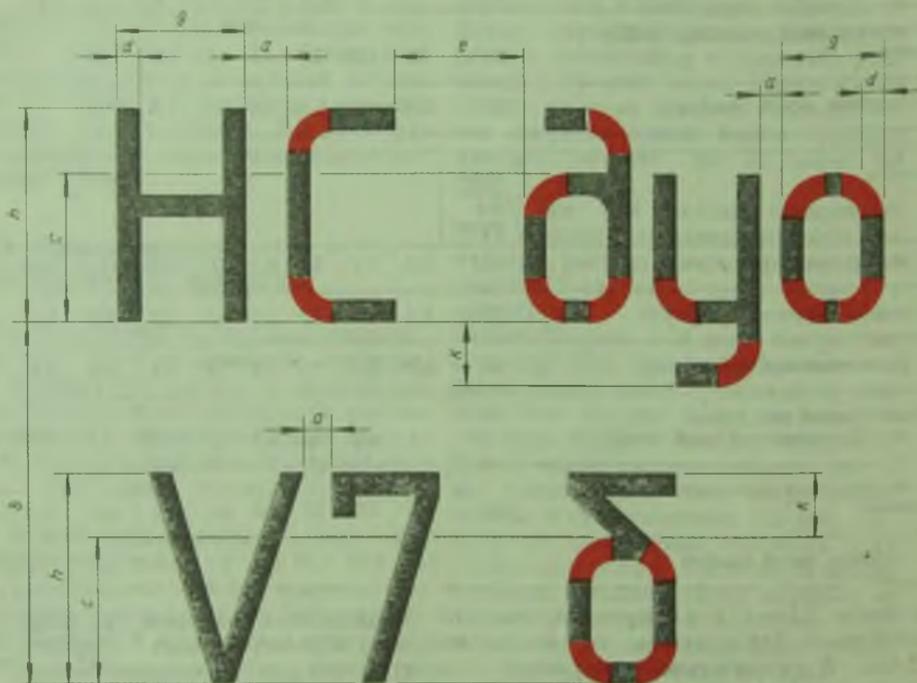


Рис. 1.32

Если слова пишут одними прописными буквами и при этом получается кажущееся увеличение промежутков между смежными буквами, то уменьшают расстояние между ними до размера, равного толщине линий букв.

1.5. МАСШТАБЫ

Масштаб — это отношение длины отрезка, изображенного на чертеже, к его натуральной длине. Это отношение должно соблюдаться с абсолютной точностью.

Предметы, имеющие в природе небольшие размеры, вычерчиваются в натуральную величину 1:1 или с не-

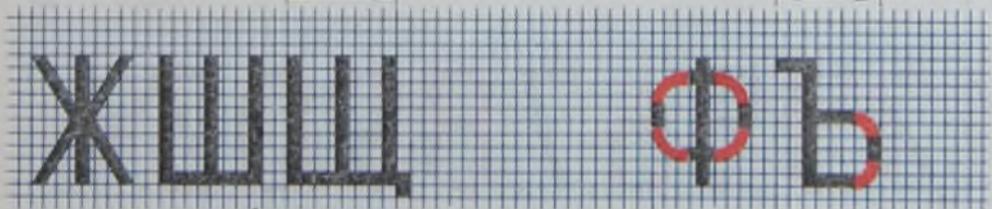
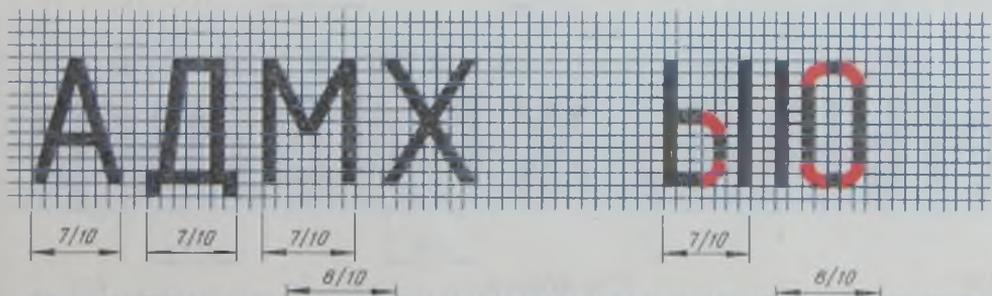
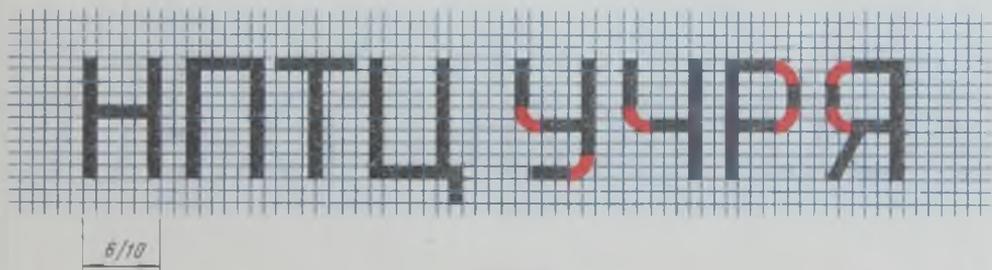
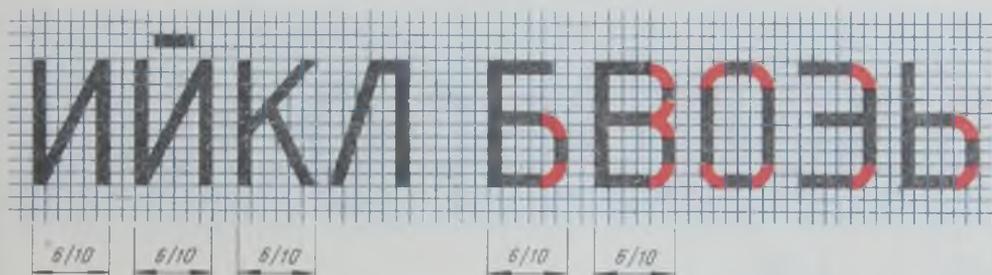
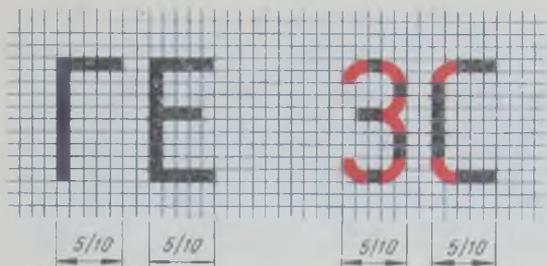


Рис. 1.34

ЗС

4/10 4/10

о а б в д е р у з я ч

5/10

5/10

5/10

г ш ц к л н п х ь

6/10

6/10

7/10

7/10

м ы ю ъ ж т ш щ ф

3/10

на 5/10

7/10

7/10

6/10

1 2 3 5 6 7 8 9 0 3 4

Рис. 1.35

Тип 5

Ширина букв 5/10

ГЕ ЭС

Ширина 6/10

ИЙКЛ БЗОЭ

НПТЦУЧРЯЬ

Ширина 7/10

АДМХ ЫЮ

Ширина 8/10

ЖШЩ ФЪ

Ширина 4/10

ЗС

Ширина 5/10

о о о о б б в в д д е е р р у у з з я я ч ч

г г ш ш щ щ к к л л п п х х ь ь

Ширина 6/10

Ширина 7/10

м м ю ю ъ ъ ж ж т т ш ш щ щ ф ф

3/10

Ширина цифр 5/10

6/10

1 2 3 5 6 7 8 9 0 3 4

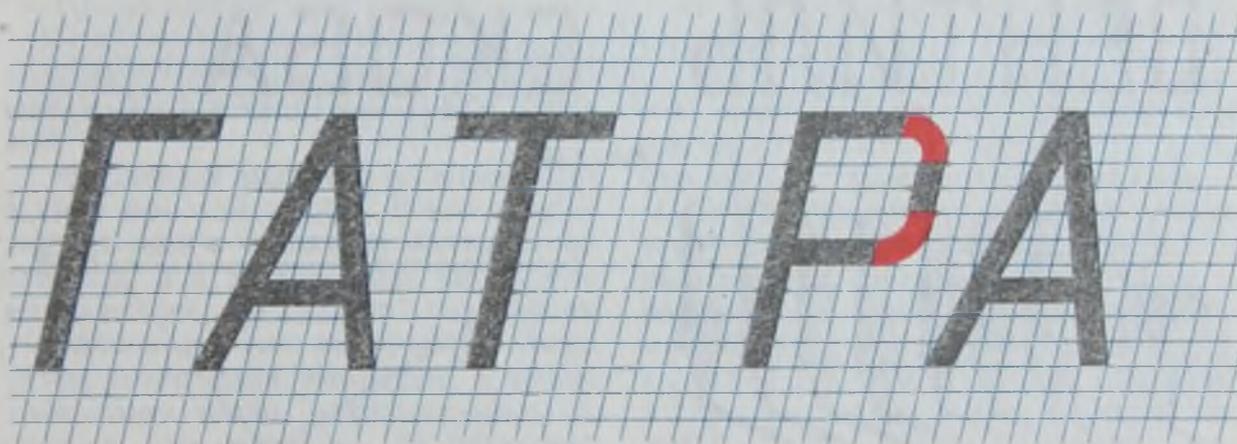
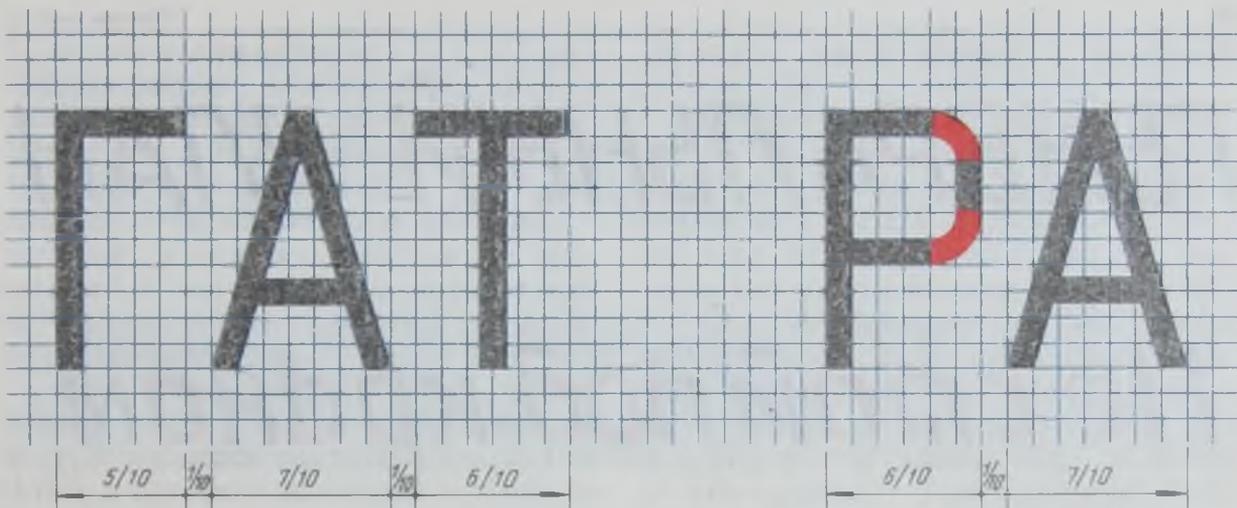


Рис. 1.38

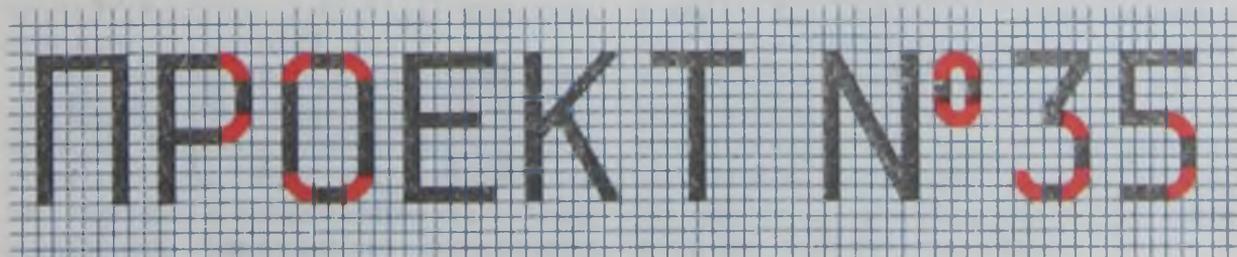
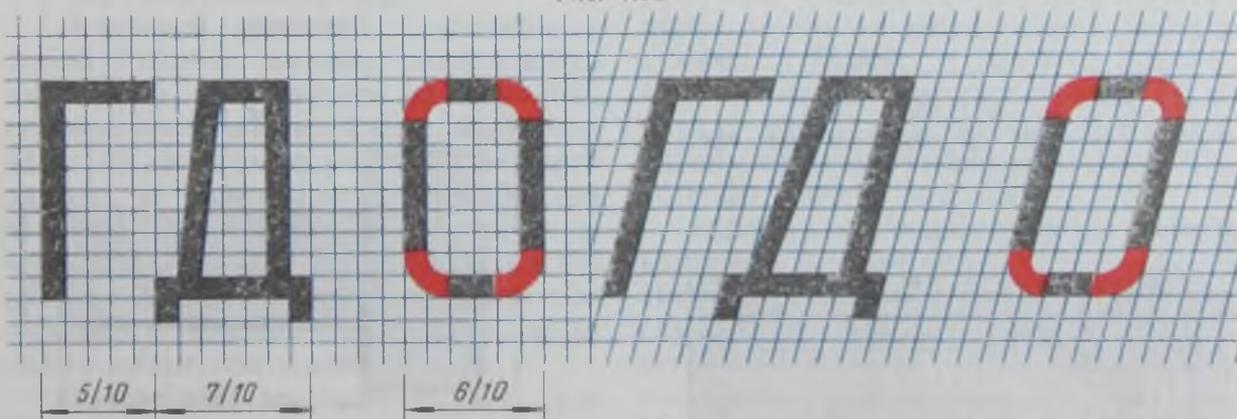


Рис. 1.39

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН

Не стой под краном

ВЕНТИЛЬ СКОБА

Рис. 1.40

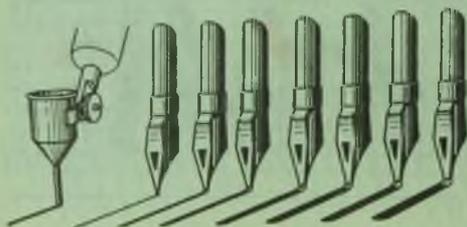


Рис. 1.41

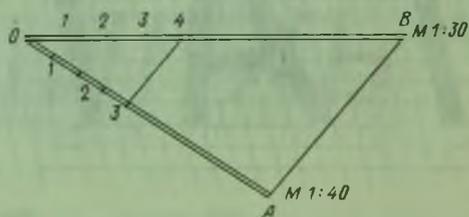


Рис. 1.43

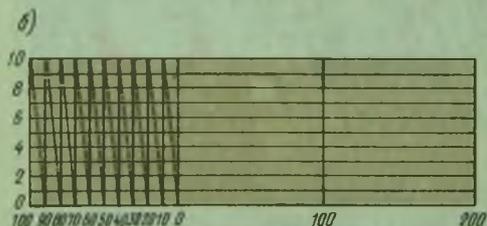
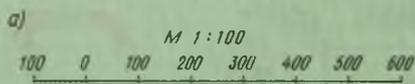


Рис. 1.42

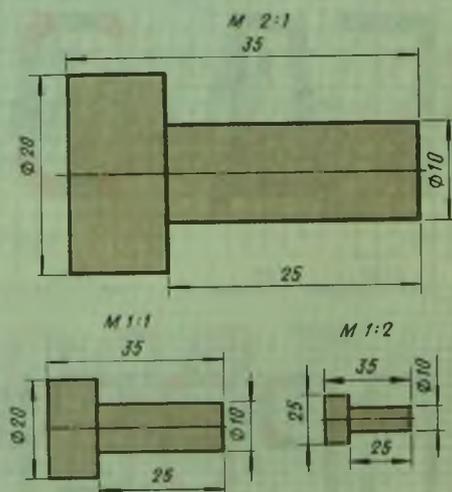


Рис. 1.44

большим уменьшением в 2; 2,5; 5 раз. Следовательно, изображение на чертеже будет меньше, чем в натуре в 2; 2,5; 5 раз, т.е. будет составлять $1/2$, $1/2,5$ или $1/5$ его размеров. Это дробное число и называется масштабом чертежа. Составить чертеж в масштабе $1/2$, значит изобразить предмет на чертеже в 2 раза меньше его натуральных размеров.

При составлении чертежа, плана здания или карты необходимой частью является масштаб. Имея масштаб, в котором выполнен чертеж, по нему можно определить натуральные размеры изображенного предмета.

По значению и строению масштабы делятся на численные или дробные, линейные, поперечные или сложные и пропорциональные или угловые.

Численный масштаб изображается в виде простой дроби. В масштабах уменьшения в числителе всегда стоит единица, а в знаменателе число, показывающее, во сколько раз чертеж уменьшен против природы. В масштабах увеличения, наоборот, в числителе стоит число, показывающее, во сколько раз увеличено изображение, а в знаменателе единица.

Линейный масштаб представляет собой прямую линию, разделенную на части в зависимости от принятой основной меры (рис. 1.42а), например М 1:100. В этом случае в 1 см (принятого за основание масштаба) на чертеже будет 100 м в натуре, т.е. чертеж выполнен с уменьшением в 100 раз. Точностью линейного масштаба называется наименьшее деление основания масштаба слева от нуля.

Поперечный масштаб служит для более точного определения размеров на чертеже (рис. 1.42, б). Построение его ясно из чертежа.

Пропорциональный масштаб служит для определения размеров на чертеже, выполненном с неизвестным уменьшением, или для перечерчивания чертежа с изменением масштаба. Например, необходимо определить

размеры, выполненные в масштабе 1:30 и 1:40.

В масштабе 1:30 действительная длина 120 см изобразится на чертеже отрезком в 4 см, а в масштабе 1:40 отрезком в 3 см. Следовательно, длина всех линий чертежа должна увеличиться в отношении 3:4 (рис. 1.43).

Для определения любой длины вычерчивают горизонтальную прямую OB и от точки O откладывают 4 см (масштаб 1:3), а проведя под острым углом линию OA , от точки O откладывают 3 см (масштаб 1:40) и соединяют прямой линией две точки 3 и 4. Так, отрезок OA в масштабе 1:40 представится отрезком OB в масштабе 1:30.

Все чертежи, кроме эскизов, должны выполняться в определенном масштабе. По возможности надо стремиться вычерчивать изделия в масштабе 1:1. Но так как в натуре имеются большие сооружения, которые невозможно выполнить в натуральную величину, приходится применять масштабы уменьшения: 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:1000; а при проектировании генеральных планов крупных объектов применяются масштабы: 1:2000; 1:5000; 1:10 000; 1:20 000; 1:25 000; 1:50 000. В некоторых случаях, когда деталь очень мала, применяют масштабы увеличения: 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1.

Масштабы изображения указывают в основной надписи чертежа по типу 1:1; 1:2; 2:1, а в остальных случаях необходимо проставить масштаб не в основной надписи, а около изображения; его наносят по типу М 1:1, М 1:2, М 2:1 и т.д. Однако в каком бы масштабе ни выполнялся чертеж, размеры проставляются только действительные, т.е. такие, которые деталь должна иметь после ее изготовления. На рис. 1.44 в разных масштабах выполнена одна деталь, но размеры проставлены везде одни и те же, т.е. натуральные.

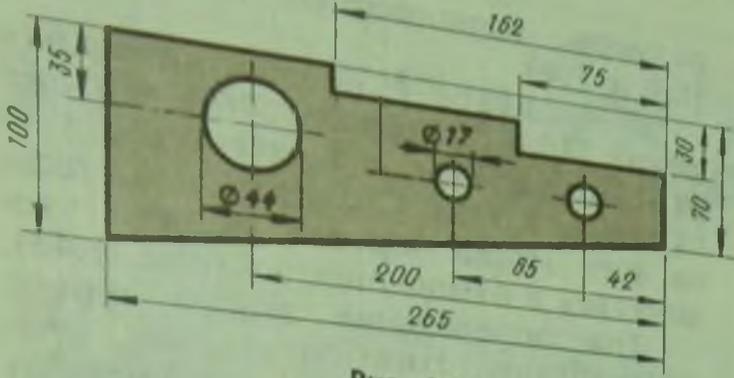


Рис. 1.45

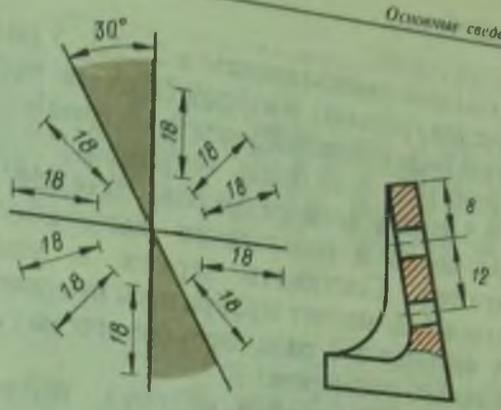


Рис. 1.46

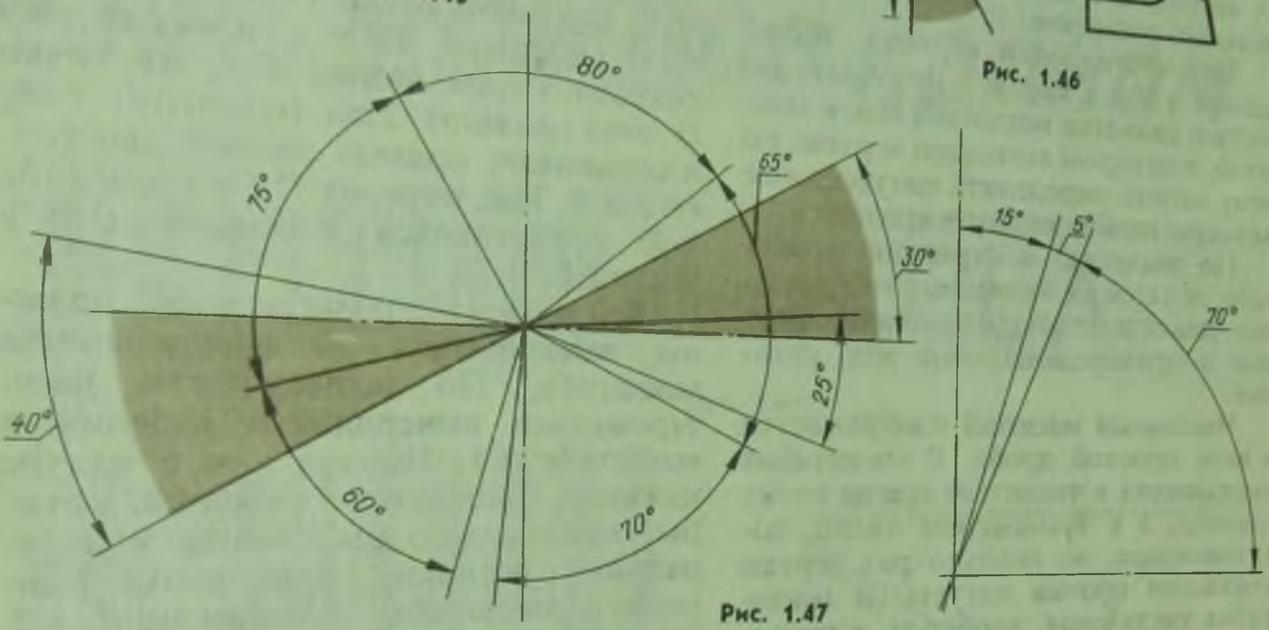


Рис. 1.47

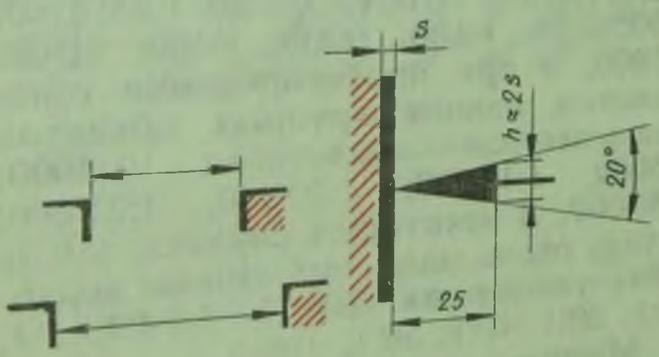


Рис. 1.48

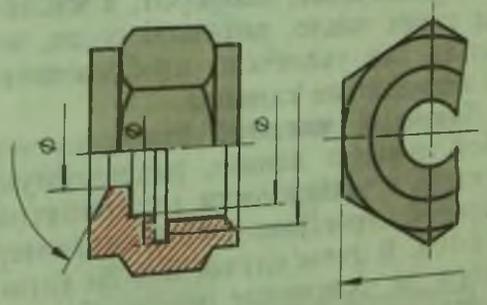


Рис. 1.49

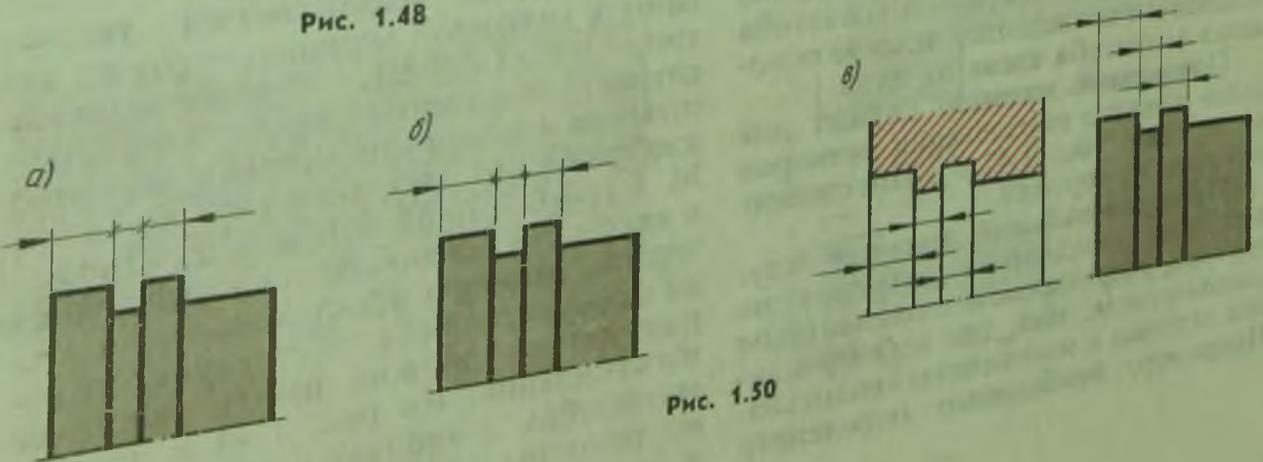


Рис. 1.50

1.6. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ

Нанесение размеров на чертеже регламентировано ГОСТ 2.307–68 для всех отраслей промышленности и строительства. Это один из важнейших этапов черчения, так как размеры служат основанием для определения габаритов изображенного изделия и его элементов. Общее число размеров на чертеже должно быть минимальным, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Размерные числа наносятся над размерной линией, а размерные линии проводятся тонкими сплошными линиями между выносными. Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной и линией контура – 10 мм, в зависимости от размеров изображения и насыщенности чертежа.

Размеры следует распределять равномерно по всем изображениям и выносить их за пределы контура. Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.

От правильного нанесения размерных линий и цифр зависит ясность чертежа. Размеры не должны затемнять чертежа и затруднять его чтение.

Размерные линии не должны пересекаться между собой, а выносные линии должны выходить за размерные, т. е. за концы стрелок на 1...5 мм (рис. 1.45).

Все размеры пишутся по направлению размерных линий, т. е. горизонтальные – по горизонтальному направлению, а вертикальные – вертикально, причем пишутся цифры справа налево или снизу вверх. Повторять размеры не разрешается.

Линейные размеры при различных наклонах размерных линий располагают, как показано на рис. 1.46.

Угловые размеры наносят, как показано на рис. 1.47. В заштрихованной зоне наносить размерные числа не рекомендуется, в этом случае их

указывают на горизонтально вынесенных полках.

Стрелки размерных линий должны касаться выносных линий или линии контура (рис. 1.48). Размер стрелок зависит от толщины сплошной основной линии. Стрелки должны быть одинаковыми на всем чертеже.

Размерные линии допускается проводить с обрывом и со стрелкой только у одного конца при указании размеров симметричного предмета, если он изображен до оси симметрии или линии обрыва (рис. 1.49).

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки можно заменить засечками, наносимыми под углом 45° к размерным линиям (рис. 1.50, а), или точками (рис. 1.50, б). Если же длина размерных линий недостаточна для размещения на ней стрелок, то размерную линию продолжают за выносные линии или за контурные, осевые, центровые и стрелки наносят снаружи (рис. 1.50, в).

При нанесении нескольких параллельных или концентричных размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рис. 1.51).

Если для написания размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размер выносится на полку, которую проводят тонкой линией (рис. 1.52). Если недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят, как показано на рис. 1.53.

Не допускается пересекать или разделять размерные числа какими бы то ни было линиями чертежа. Не разрешается разрывать линию контура для нанесения размерного числа. В местах нанесения размерного числа осевые, центровые и линии штриховки прерываются (рис. 1.54).

Размеры, относящиеся к одному и тому же конструктивному элементу (пазу, выступу, отверстию и т. п.), следует группировать на том изображении, на котором геометрическая

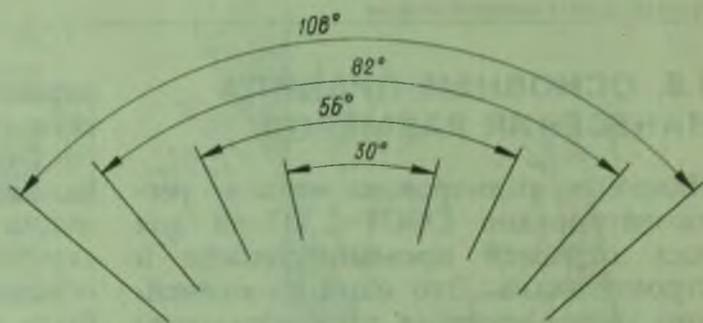
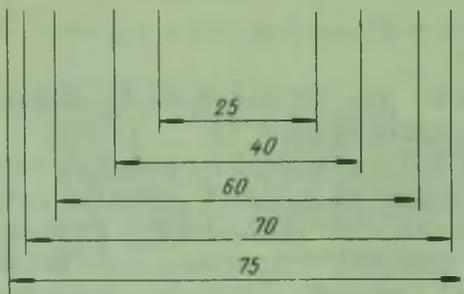


Рис. 1.51

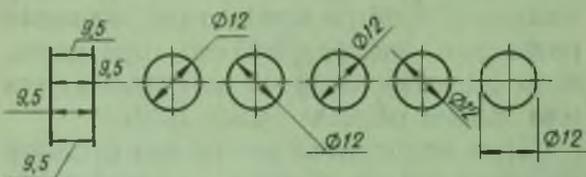


Рис. 1.52

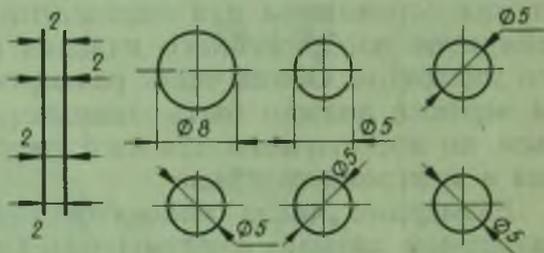


Рис. 1.53

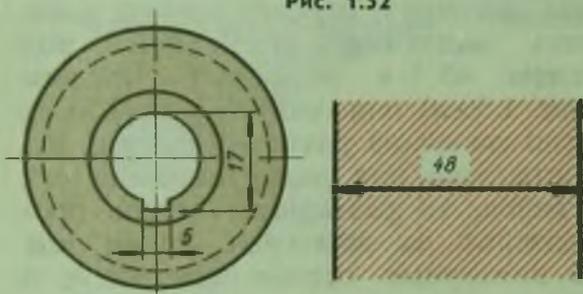


Рис. 1.54

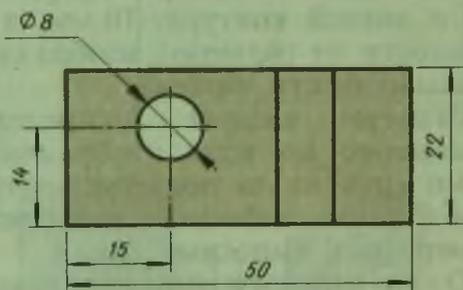
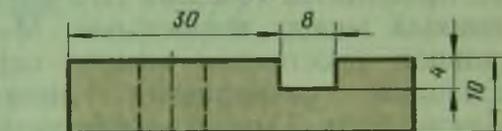


Рис. 1.55

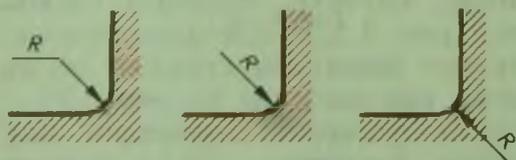
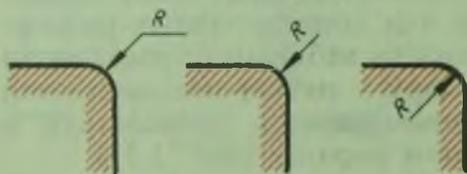


Рис. 1.56

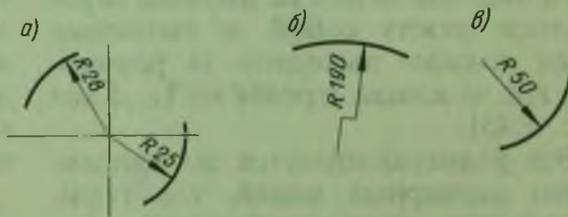


Рис. 1.57

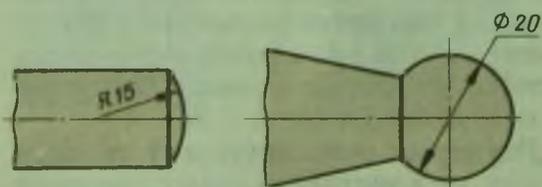


Рис. 1.58

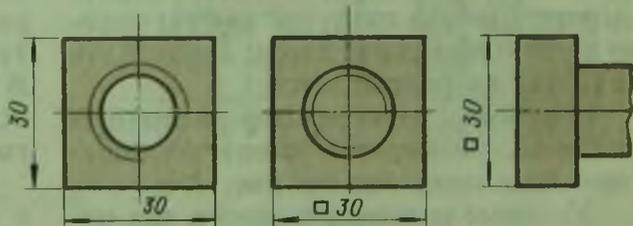


Рис. 1.59

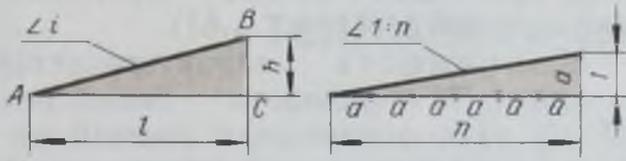


Рис. 1.60

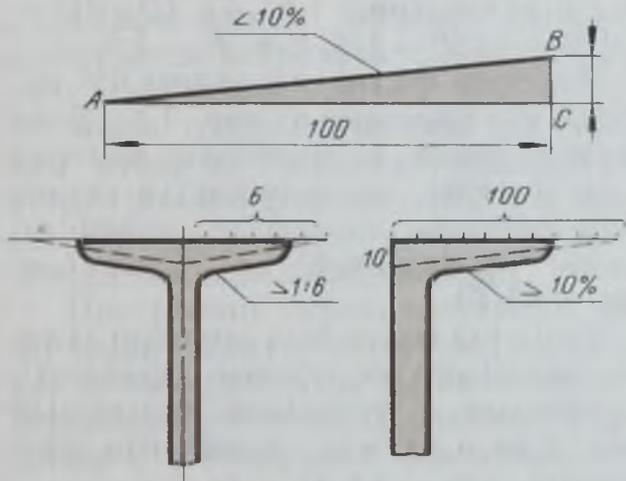
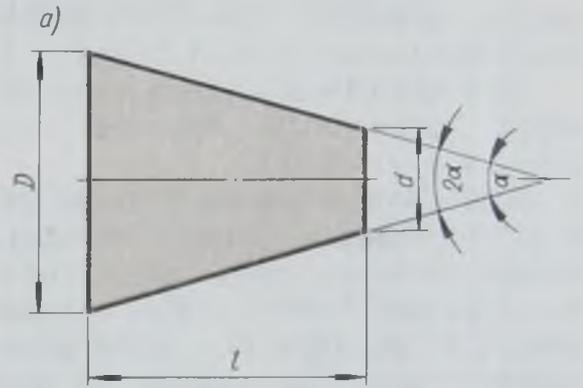


Рис. 1.61

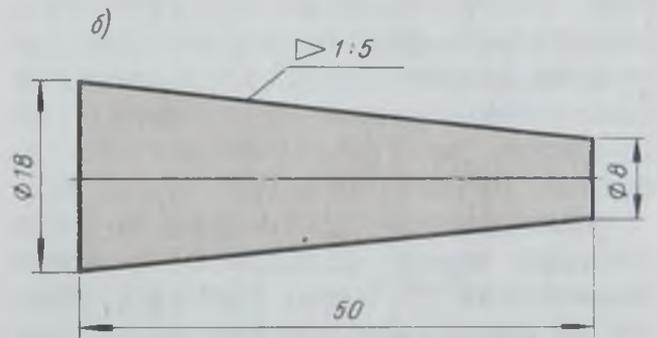


Рис. 1.62

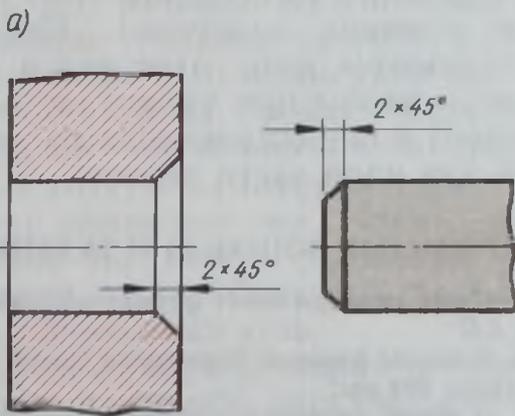


Рис. 1.63

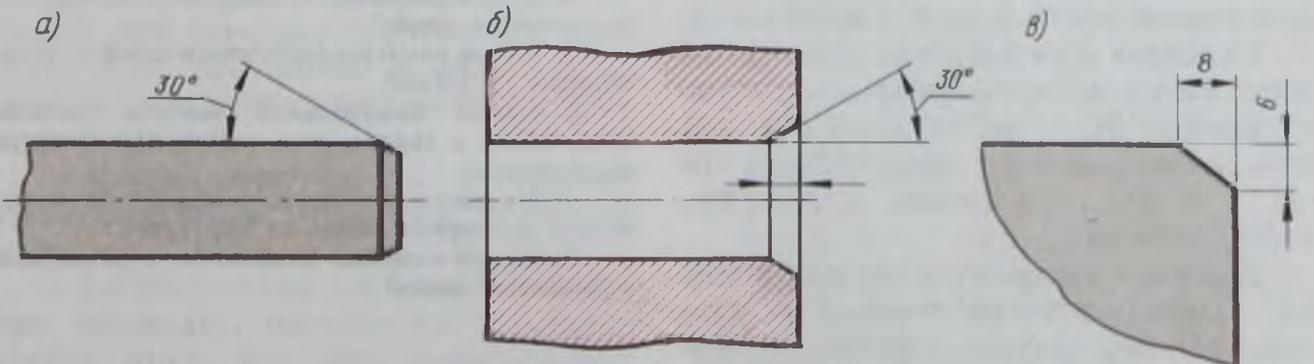
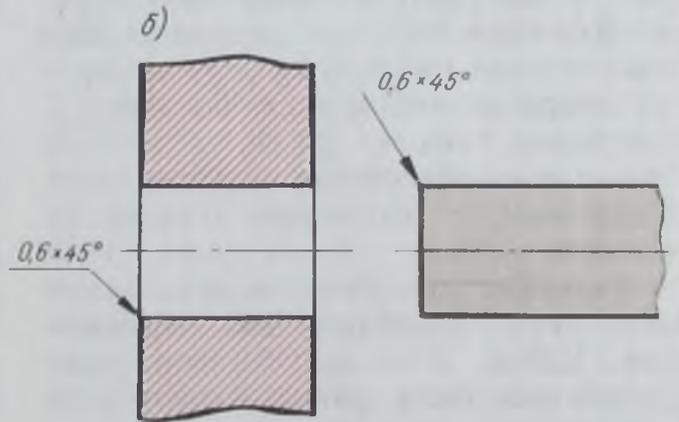


Рис. 1.64

форма данного элемента показана наиболее полно (рис. 1.55).

При нанесении радиуса скруглений перед размерным числом ставят букву R (рис. 1.56).

При проведении нескольких радиусов из одного центра размерные линии любых двух радиусов не располагают на одной прямой (рис. 1.57, а). При большом радиусе центр допускается приближать к дуге, в этом случае его размерную линию показывают с изломом под 90° (рис. 1.57, б). Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию допускается не доводить до центра и смещать ее относительно центра (рис. 1.57, в).

При указании диаметра во всех случаях перед размерным числом ставят знак \varnothing . Перед размером диаметра или радиуса сферы также ставят знак \varnothing или R без надписи «сфера» (рис. 1.58). Допускается слово «сфера» наносить в случаях, когда на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, или ставят знак \circ . Например, сфера $\varnothing 18$, $\circ R 12$. Диаметр знака сферы должен быть равен высоте размерных чисел на чертеже.

Размеры квадрата можно наносить, как показано на чертежах (рис. 1.59, а, б и в). Высота знака \square должна быть равна высоте размерных чисел на чертеже.

Уклон выражается простой или десятичной дробью или в процентах.

Уклоном i называется отношение двух катетов прямоугольного треугольника BC к AC (рис. 1.60) или отношение разности высот h двух точек A и B к заложению, l , $i = h/l = BC/AC = \operatorname{tg} \alpha$.

Для построения уклона, например 1:10, откладываем от точки A по прямой AC некоторый отрезок произвольной длины, а перпендикулярно к ней из точки C отрезок CB , равный $1/10$ отрезка CA . Затем через соответствующую точку на профиле про-

ката проводим прямую, параллельную прямой AB (рис. 1.61).

Конусность характеризуется отношением разности диаметров $(D-d)$ двух поперечных сечений конуса к расстоянию l между ними (рис. 1.62, а): $K = (D-d)/l = 2 \operatorname{tg} \alpha$, т. е. $K = 2i$. Например, если $D = 18$ мм, $d = 8$ мм, $l = 50$ мм, то конусность будет равна (рис. 1.62, б): $(D-d)/l = (18-8)/50 = 1/5$, т. е. $K = 1:5$.

Размеры фасок под углом 45° наносят, как показано на рис. 1.63. Если размер фаски в масштабе чертежа 1 мм и менее, то допускается указывать размеры на полке линии-выноски, проведенной от грани (см. рис. 1.63, б).

Размеры фасок под другими углами указывают по общим правилам — линейными и угловыми размерами (рис. 1.64, а, б) или линейными размерами (рис. 1.64, в).

Все размеры на чертежах наносятся только в миллиметрах, без указания единицы измерения. Цифры проставляются ясно, отчетливо и обдуманно, чтобы при чтении не было сомнений в принадлежности размера к той или иной части чертежа.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие размеры имеет формат чертежного листа А4?
2. В каком формате чертежного листа сторона равна 594 мм?
3. В каких пределах рекомендуется брать толщину контурной линии?
4. Какой толщины должна быть на чертеже разомкнутая линия?
5. Какие размеры чертежного шрифта установлены ГОСТом?
6. Какой минимальной высоты должны быть буквы и цифры, если чертеж выполняется карандашом?
7. На каком расстоянии рекомендуется проводить размерные линии от контурной?
8. Какой толщины должны быть размерные и выносные линии?

ГЛАВА 2 ПРИЕМЫ ВЫЧЕРЧИВАНИЯ КОНТУРА ТЕХНИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

2.1. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ПОСТРОЕНИЙ

При исполнении многих чертежей приходится встречаться с целым рядом построений, поэтому очень важно знать графические приемы решения наиболее часто встречающихся в чертежной практике задач: построение прямого угла, восстановление и опускание перпендикуляров.

Построение перпендикуляров при черчении может быть произведено как геометрическим путем, так и с помощью чертежного прибора, рейсшины с угольником или линейки и угольника. При этом ребро линейки совмещают с заданной прямой ab (рис. 2.1) и затем, плотно приставив к линейке угольник одним из катетов, перемещают его вдоль линейки, пока другой катет не пройдет через точку d , из которой нужно восстановить (или через точку c , из которой нужно опустить) перпендикуляр. Линия, проведенная по катету угольника через данную точку, образует с прямой ab два одинаковых угла.

Комбинируя угольник и линейку, можно проводить параллельные прямые линии под любым углом.

При вычерчивании параллельных линий при помощи чертежного прибора или рейсшины и угольников необходимо придерживаться следующих указаний:

угольник передвигают по верхней кромке линейки рейсшины, а не под ней;

горизонтальные параллельные линии проводят, передвигая рейсшину сверху вниз, это даст возможность заметить и исправить сделанные ошибки;

при передвижении угольника надо следить за тем, чтобы рейсшина не сдвигалась, т.е. не изменяла своего первоначального положения;

передвигать угольник вдоль линейки следует двумя (указательным и средним) пальцами той же руки (левой).

Рассмотрим восстановление перпендикуляра, проведение параллельных прямых и деление прямой на равные отрезки на примере (рис. 2.2). Для выполнения чертежа проведем прямую линию AB (рис. 2.3, а) и из точек A и B восставим перпендикуляры, на которых отложим отрезок, равный 28 мм, с тем, чтобы провести параллельную прямую CD (рис. 2.3, б). Восстановить перпендикуляры можно любым из указанных на рис. 2.4 способов. В первом способе (рис. 2.4, а) из произвольной точки O радиусом OA проводим окружность, затем соединим точку O с точкой C и продолжим прямую до пересечения с окружностью в точке D . Прямая AD будет искомой. Во втором способе (рис. 2.4, б) из точки A произвольным радиусом проводим дугу, которая пересечет прямую AB в точках 1 и 2, из которых тем же радиусом проводим дуги, в результате получаем точки 3 и 4. Из точек 3 и 4 проводим дуги тем же радиусом вверх и получаем точку D . Соединив точку D с A , получим искомый перпендикуляр. Можно воспользоваться рейсшиной и угольником, как показано на рис. 2.1, б.

Далее (см. рис. 2.3, в) от точки A откладываем 60 мм и делим этот отрезок на десять равных частей, для чего проводим под произвольным углом к AB отрезок AM , на котором откладываем десять одинаковых от-

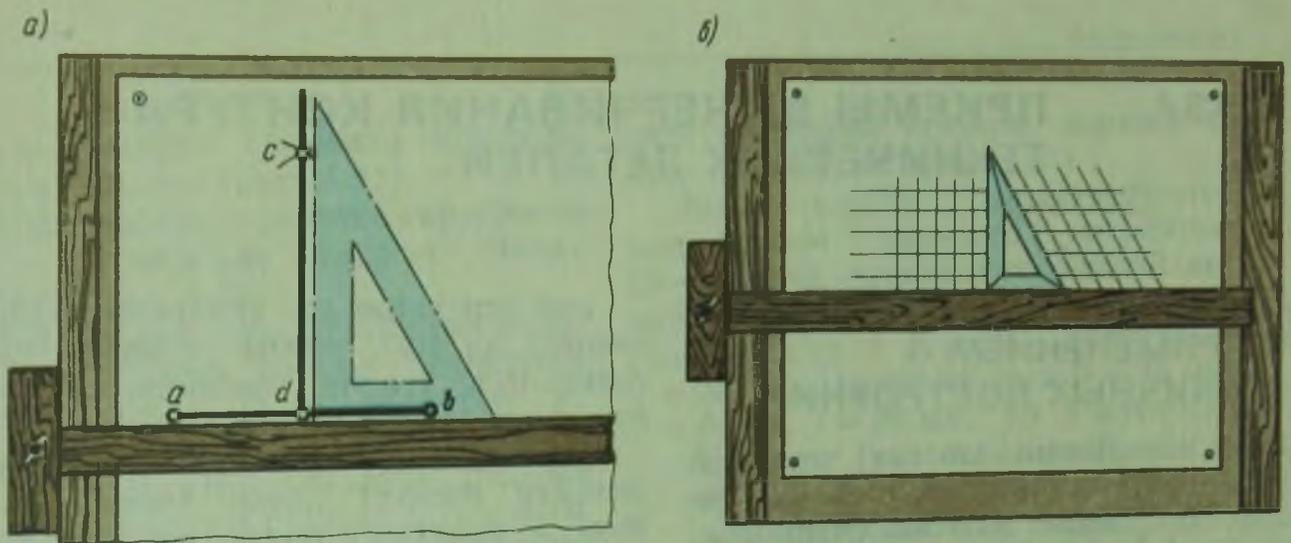


Рис. 2.1

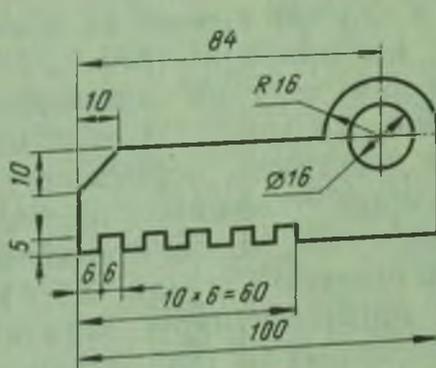


Рис. 2.2

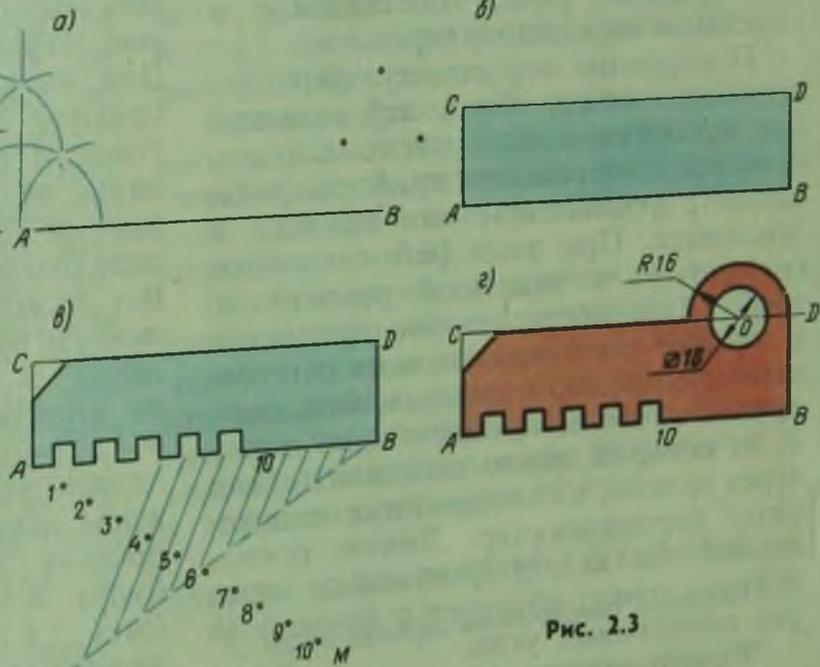


Рис. 2.3

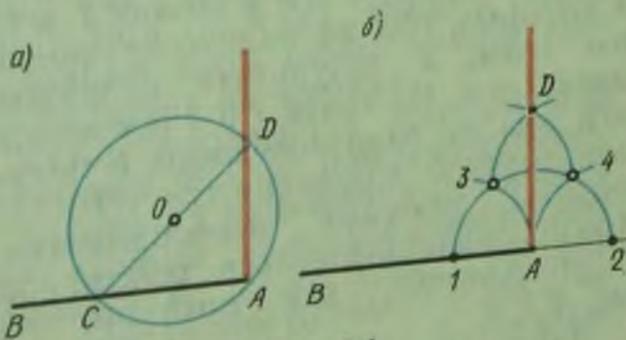


Рис. 2.4

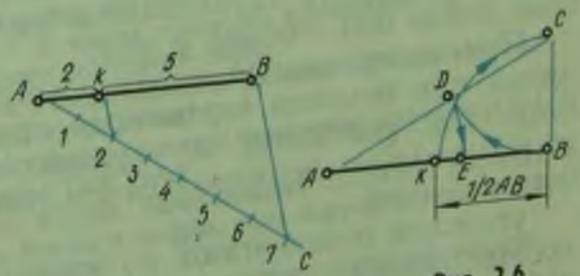


Рис. 2.5

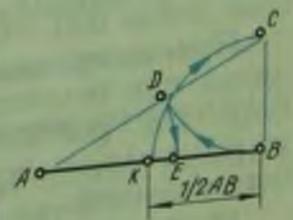


Рис. 2.6

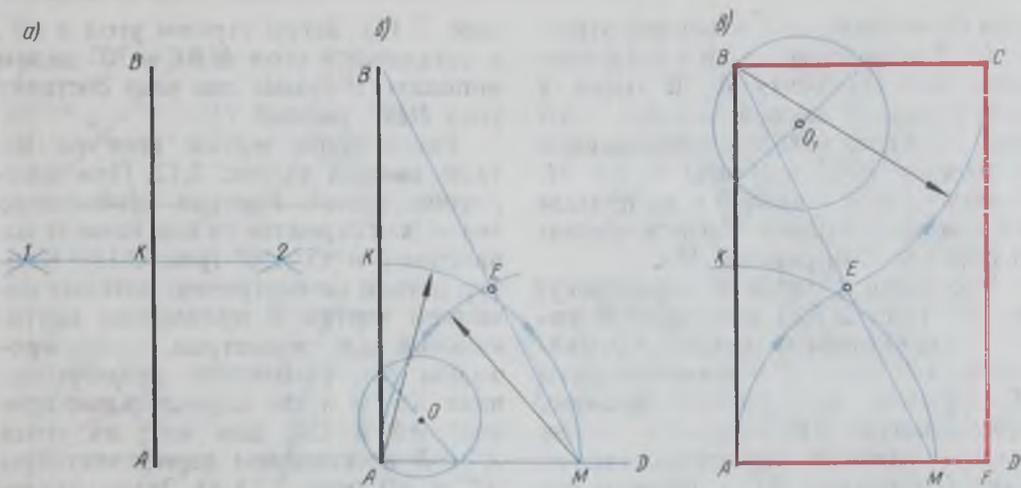


Рис. 2.7

резков. Последнюю точку 10^1 соединяем с точкой 10 на AB и проводим ряд параллельных прямых от O до 10 . Затем достраиваем всю гребенку, отложив вверх 5 мм. Теперь проводим из точки O дугу R 16 мм и окружность \varnothing 16 мм, а затем слева сверху проводим наклонную линию, отложив 10 мм от точки C (см. рис. 2.3, з).

Обратите внимание на нанесение размеров, определяющих расстояние между равномерно расположенными одинаковыми элементами. Вместо размерной цепи наносим размер между соседними элементами и размер между крайними элементами в виде произведения числа промежутков между элементами на размер промежутка, т. е. 10 мм ($10 \times 6 = 60$).

Иногда необходимо разделить отрезок в заданном отношении (рис. 2.5), например 2:5. Делим вспомогательный отрезок на семь равных частей, а затем через точку 2 проводим прямую, параллельную $7B$, и получаем точку K , которая делит отрезок в отношении 2:5.

Очень интересно деление отрезка в заданном отношении методом «золотого сечения». Этот термин ввел Леонардо да Винчи (1452–1519 гг.), итальянский живописец, скульптор,

архитектор, ученый, инженер. «Золотое сечение» (золотая пропорция) – деление в крайнем и среднем отношении, гармоническое деление (рис. 2.6), деление отрезка AB на две части таким образом, что большая его часть AE относится к меньшей EB так, как весь отрезок AB относится к AE . Приблизительно это отношение равно $5/3$, точнее $8/5$, $13/8$ и т. д. В цифровом выражении это отношение приблизительно равно $1:1,62$. Принцип «золотого сечения» используется в архитектуре и изобразительном искусстве. Деление отрезков прямой AB в «золотом сечении» производят следующим образом: в точке B восставим перпендикуляр и отложим на нем отрезок BC , равный половине отрезка AB ($BC = AB/2$). Соединим точку A с точкой C и от точки C отложим отрезок CD , равный CB . Затем из точки A радиусом AD пересечем прямую AB в точке E , которая разделит отрезок AB в «золотом сечении», т. е. $AE:AB = BE:AE$.

Построим прямоугольник в пропорциях «золотого сечения».

Заданную высоту AB делим пополам точкой K (рис. 2.7, а). Для чего из точек A и B проводим дуги радиусом

сами большими, чем половина отрезка AB . Полученные точки 1 и 2 соединяем, получая точку K . В точке A восстанавливаем перпендикуляр AD (рис. 2.7, б), на котором откладываем расстояние AK , получаем точку M , соединяем ее с точкой B и на прямой MB с помощью дуги MA откладываем отрезок ME , равный MA .

Восставив в точке B перпендикуляр BC (рис. 2.7, в) или проведя параллельную прямую прямой AD , найдем на ней точку C с помощью дуги BE . Проведя из точки C прямую, параллельную AB , или, что то же самое, восстановив перпендикуляр из точки C к прямой BC и, проведя его до пересечения с прямой AD , получим точку F и прямоугольник $ABCF$ в пропорциях «золотого сечения».

При выполнении чертежей часто приходится строить, делить и переносить углы, не пользуясь транспортиром.

Для того, чтобы разделить угол ABC пополам (рис. 2.8), из его вершины произвольным радиусом проводят дугу так, чтобы она пересекла стороны угла в точках M и N . Из полученных точек произвольным радиусом делают засечки и точку их пересечения (точку D) соединяют с вершиной угла B , получая прямую, делящую угол пополам. Прямая BD называется *биссектрисой*.

Для получения угла в 60° (рис. 2.9) необходимо из вершины B произвольным радиусом провести дугу NM , а затем тем же радиусом из точки N пересечь дугу NM в точке D , соединив последнюю с вершиной угла B , получим угол 60° .

Для получения угла в 30° (рис. 2.10) необходимо прямой угол ABC разделить на три равные части. Для этого из вершины B проводим дугу MN . Тем же радиусом из точек M и N проводим дуги до пересечения с дугой MN в точках E и D . Соединяя точки D с B и E с B , разделим угол на три равные части. Для построения угла в 75° строим прямой угол ABC

(рис. 2.11). Затем строим угол в 60° , а оставшийся угол MBE в 30° делим пополам. В сумме два угла составят угол DBC , равный 75° .

Рассмотрим чертеж контура детали, данной на рис. 2.12. При построении такого контура необходимо знать, как строятся те или иные углы, например в 15° , 30° (рис. 2.13). Контур детали симметричен, поэтому начинаем чертеж с проведения вертикальной оси симметрии, затем проводим ось симметрии прямоугольника $ABCD$ и две параллельные прямые AB и CD , для чего из точек A и B восстанавливаем перпендикуляры AC и BD (рис. 2.13, а). Затем откладываем расстояния в 84 мм; от точки E вправо и влево 42 мм, и из полученных точек K и M восстанавливаем перпендикуляры тем или иным способом (рис. 2.13, б). Теперь от центра O к горизонтальной оси симметрии строим угол в 30° (рис. 2.13, в), а угол в 120° делим на восемь частей, для чего угол NOP и POM делим на три угла по 30° , а затем в пределах угла KOL каждый из четырех углов делим пополам. На рис. 2.13, г показано построение окружностей, скругление углов и проведение дуги 50 мм.

Рассмотрим построение одинаковых фигур, встречающихся в различных деталях в виде многоугольников. Существуют два способа построения таких фигур: координатный и триангуляции.

Координатный способ заключается в том, что положение любой точки на плоскости определяется двумя координатами, которые откладываются на двух взаимно перпендикулярных прямых, называемых осями координат (рис. 2.14). Горизонтальная ось OX называется осью абсцисс, а вертикальная OY — осью ординат, точка пересечения осей O называется началом координат. Расстояние от точки A до оси OX называется ординатой, расстояние от точки A до оси OY называется абсциссой.

Таким образом, по двум координатам

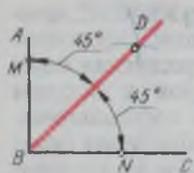


Рис. 2.8

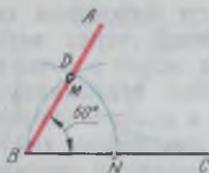


Рис. 2.9

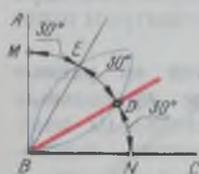


Рис. 2.10

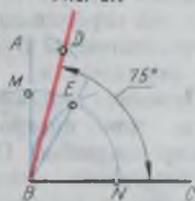


Рис. 2.11

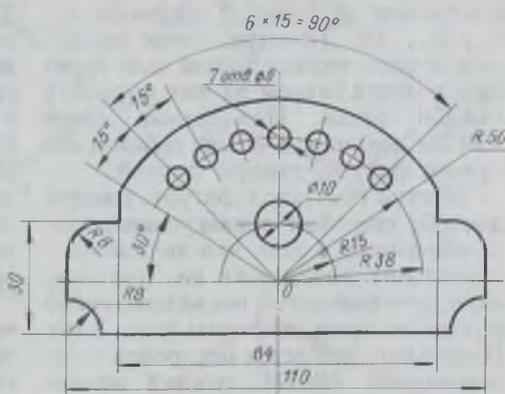


Рис. 2.12

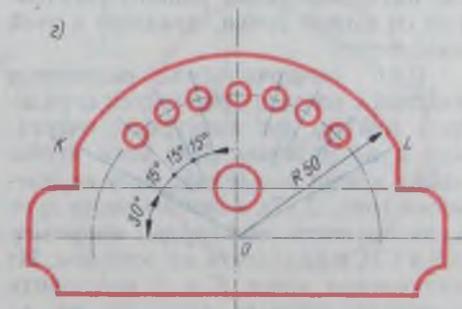
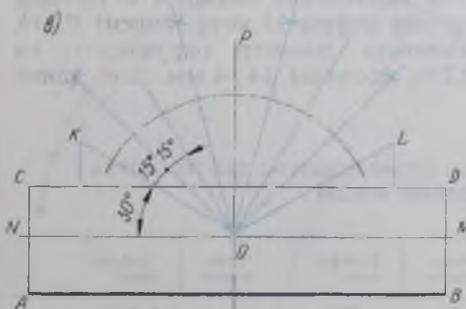
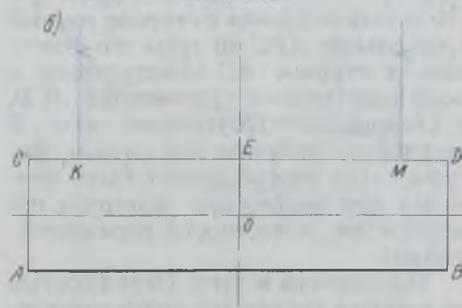
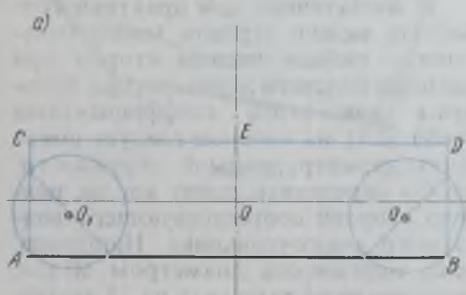


Рис. 2.13

натам можно найти любую точку на плоскости и построить с помощью координат фигуру, равную данной.

Построим плоскую фигуру $ABCDE$, равную фигуре $A_1B_1C_1D_1E_1$ (рис. 2.15). Для чего проводим координатные оси X_1 через точку A_1 и ось

Y_1 через точку B_1 , а рядом строим такие же оси X и Y . Из каждой вершины данного многоугольника к оси абсцисс OX , получим точки A_x, C_x, D_x, E_x . Все точки с оси O_1X_1 переносим на ось OX , т.е. от-

кладываем от точки O абсциссы A_x , C_x , D_x , E_x . Из этих точек проводим линии, параллельные оси ординат, и откладываем на них ординату каждой точки. Полученные точки $ABCDE$ соединяем между собой и получаем фигуру, равную данной.

Можно построить фигуру, равную данной, **способом триангуляции**, заключающимся в том, что любой многоугольник разбивают на треугольники, которые затем последовательно строят по трем сторонам (рис. 2.16). Например, требуется построить многоугольник $ABCDE$, равный многоугольнику $A_1B_1C_1D_1E_1$. Разбиваем многоугольник на элементарные треугольники и строим в стороне равный треугольник ABC по трем его сторонам, к стороне AC пристраиваем с помощью засечек треугольник ACD , к стороне AD — треугольник ADE . В результате получим две равные фигуры. Этот способ может быть применен при построении разверток поверхностей, в частности неразвертываемых.

Окружности и дуги. Окружностью называется множество точек плоскости, находящихся на равном расстоянии от одной точки, лежащей в этой плоскости.

При вычерчивании различных изделий с натуры приходится определять центры дуг контурных очертаний и их радиусы. Для того чтобы найти центр какой-либо дуги окружности (рис. 2.17), в любом месте дуги надо провести две хорды, например AB и CD , и разделить их пополам. Из полученных точек E и F восстановить перпендикуляры и продлить их до взаимного пересечения в точке, которая и будет центром искомой дуги, а OA ее радиусом. С этой задачей приходится встречаться при чтении чертежей и при снятии копий.

В некоторых задачах при выполнении чертежей приходится построить окружность, которая проходит через три вершины заданного или построенного треугольника (рис. 2.18).

Центр описанной окружности, проходящей через вершины треугольника, лежит в точке пересечения серединных перпендикуляров к хордам или к каждой стороне треугольника. Следовательно, для нахождения центра описанной окружности достаточно провести к двум сторонам треугольника два серединных перпендикуляра и пересечение их будет центром искомой окружности.

Деление окружностей на равные части, или построение правильных многоугольников. Правильным многоугольником называется многоугольник, у которого все стороны и все углы равны.

С достаточной для практики точностью можно строить многоугольники с любым числом сторон при помощи подсчета длины хорды, пользуясь для этого коэффициентами (табл. 2.1), на которые следует умножить диаметр делимой окружности, чтобы определить длину хорды, равную стороне соответствующего вписанного многоугольника. Например, дана окружность диаметром 60 мм, которую надо разделить на 13 частей. Для вычисления находим в таблице против цифры 13 коэффициент 0,239. Умножая диаметр окружности на 0,239, получим 14,34 мм, т.е. длину

2.1. КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ДЛИНЫ ХОРДЫ

Число сторон	Коэффициент	Число сторон	Коэффициент
7	0,434	19	0,165
8	0,383	20	0,156
9	0,342	21	0,149
10	0,309	22	0,142
11	0,282	23	0,136
12	0,259	24	0,130
13	0,239	25	0,125
14	0,223	26	0,120
15	0,208	27	0,116
16	0,195	28	0,112
17	0,184	29	0,108
18	0,174	30	0,104

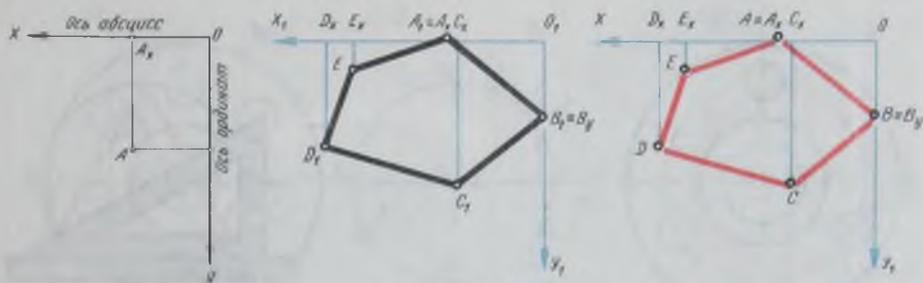


Рис. 2.14

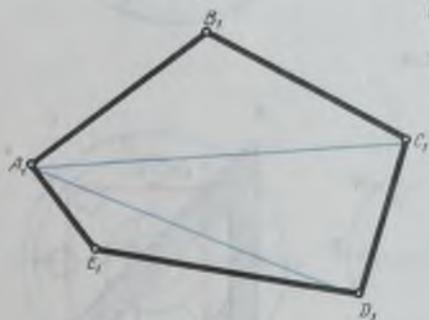


Рис. 2.15

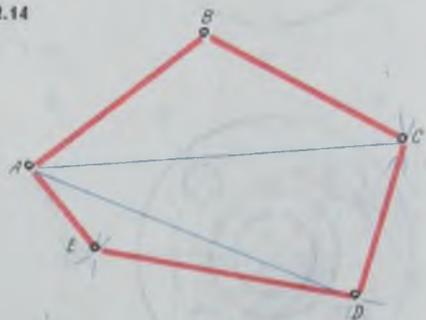


Рис. 2.16

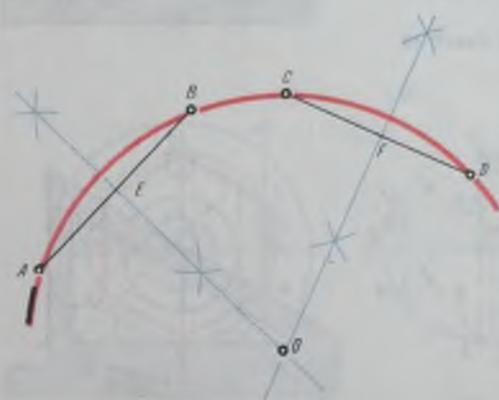


Рис. 2.17

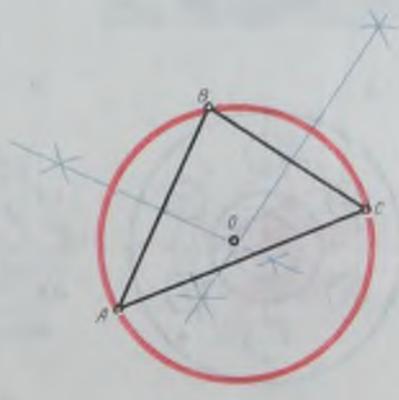


Рис. 2.18

хорды вписанного тринадцатигульника. Откладывая последовательно этот размер по окружности от какой-либо начальной точки, получим правильный вписанный тринадцатигульник.

Рассмотрим примеры геометрического построения пра-

вильных многоугольников.

1. В детали крышки (рис. 2.19, а) просверлены три отверстия, расположенные по окружности на равных расстояниях. Найти центры этих отверстий. Для этого можно из точки D (рис. 2.19, б) провести дугу радиусом OD, которая пересечет окруж-

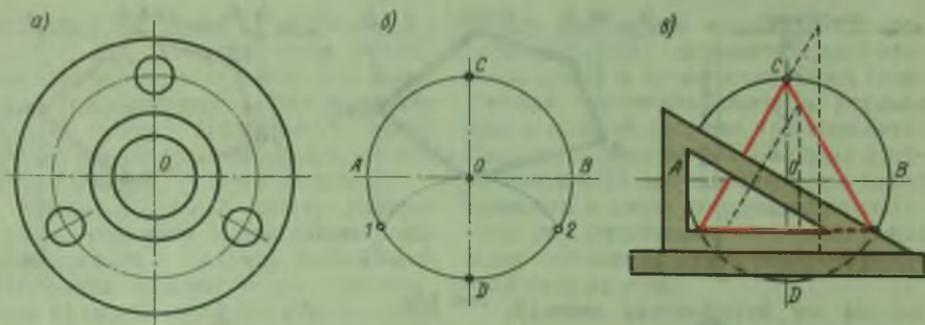


Рис. 2.19

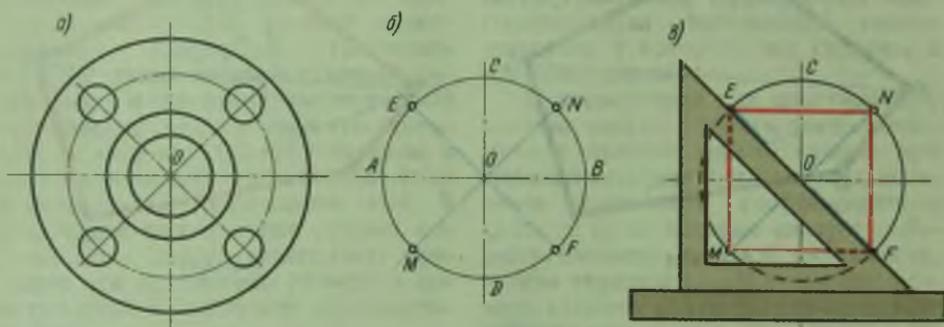


Рис. 2.20

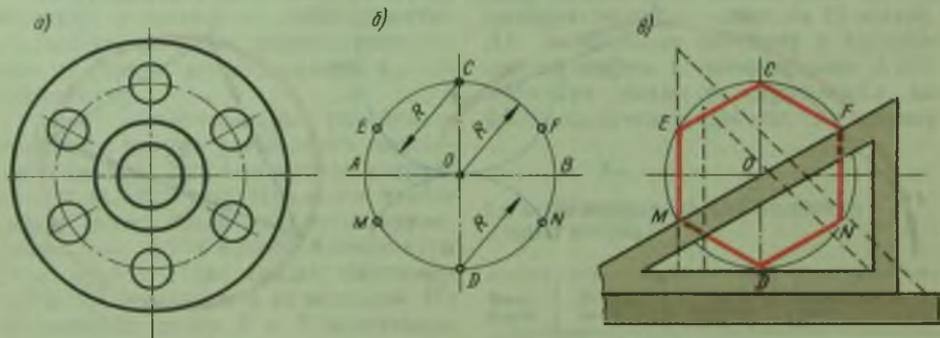


Рис. 2.21

ность в двух точках 1 и 2. Точки C , 1 и 2 будут центрами отверстий.

Разделить окружность на три равные части можно с помощью чертежных угольников в 30 и 60° (рис. 2.19, в).

2. В крышке (рис. 2.20, а) даны четыре отверстия. Для того чтобы найти их центры, необходимо окру-

жность разделить на четыре части. При этом достаточно разделить углы AOC и COB пополам и провести оси через центр окружности. Точки E , N , F , M будут искомыми (рис. 2.20, б).

То же можно выполнить с помощью угольника в 45° , проведя по гипотенузе угольника линии через центр окружности (рис. 2.20, в).

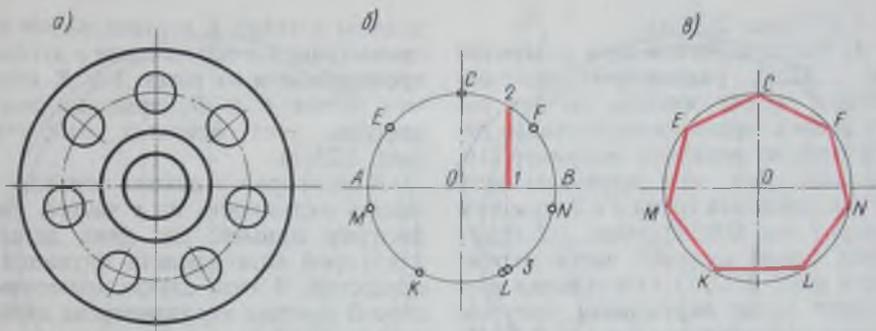


Рис. 2.22

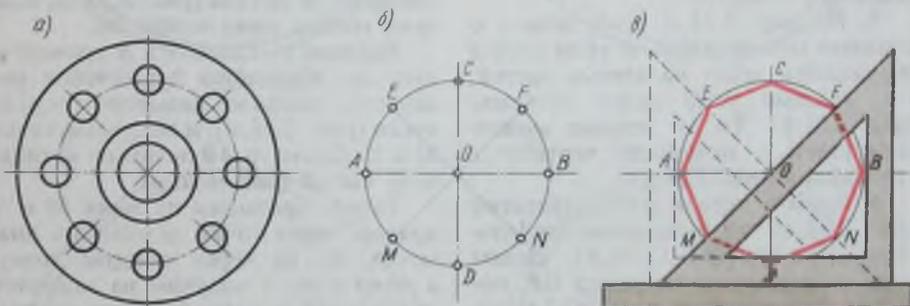


Рис. 2.23

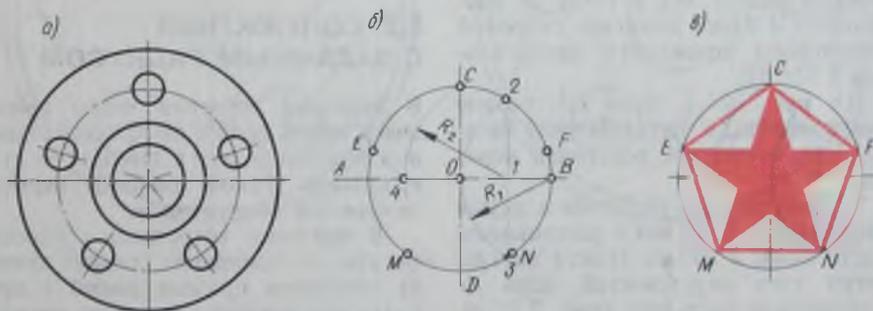


Рис. 2.24

3. Если деталь имеет шесть отверстий, расположенных равномерно по окружности (рис. 2.21, а), то для нахождения их центров необходимо данную окружность разделить на шесть равных частей или вписать в окружность правильный шестиугольник. Для этого достаточно из концов диаметров A и B или из C и D

(рис. 2.21, б) провести дуги радиусом, равным радиусу окружности, ибо сторона правильного вписанного в окружность шестиугольника всегда равна радиусу окружности. Точки C , F , N , D , M и E будут искомыми.

Построение правильного шестиугольника можно выполнить с помощью чертежных угольников в 30,

60 и 45° (рис. 2.21, в).

4. Когда в детали семь отверстий (рис. 2.22, а), равномерно расположенных по окружности, то для нахождения стороны семиугольника делим один из радиусов, например OB , пополам. Для чего проводим дугу 3-0-2 и, соединяя точки 3 с 2, находим точку 1 на OB . Прямая 1-2 будет равна одной седьмой части окружности (рис. 2.22, б). Откладывая расстояние 1-2 по окружности, получим правильный семиугольник $CFNLKME$, вершины которого будут центрами заданных отверстий.

5. На рис. 2.23, а дана деталь с восемью отверстиями. В этом случае окружность делят на восемь частей, т. е. каждый угол делят пополам (рис. 2.23, б). То же деление можно выполнить с помощью чертежных угольников (рис. 2.23, в).

6. Если в детали пять отверстий (рис. 2.24, а), то поступаем следующим образом (рис. 2.24, б). Делим один из радиусов, например OB , пополам, при помощи дуги 3-0-2 получаем точку 1. Из точки 1 радиусом $C1$ засекаем радиус OA в точке A . Расстояние CA будет являться стороной правильного вписанного пятиугольника $CFNME$.

На рис. 2.24, в дано построение пятиугольника и пятиконечной звезды, если соединить все точки через одну.

7. Дана деталь $\varnothing 80$ мм с двумя отверстиями $\varnothing 15$ мм с расстоянием между ними в 30 мм. Найти центры других трех окружностей, если их всего должно быть пять (рис. 2.25, а).

Из точек A и B проводим дуги, радиус которых равен расстоянию между точками A и B , т. е. 30 мм (рис. 2.25, б).

Из точки A или B восставим перпендикуляр и в пересечении с дугой, проведенной из точки A , получим точку C , а из точки M проводим дугу радиусом MC и получим точки K и N (рис. 2.25, в).

Из точек A и B проводим дуги, BN

засечем в точке E вертикальную ось симметрии, а в пересечении с дугами, проведенными из точек A и B , получим точки F и D , принадлежащие центрам трех искоемых отверстий (рис. 2.25, г).

В некоторых заданиях приходится делить окружность на n частей. Рассмотрим пример, где дана деталь, в которой надо сделать пятнадцать отверстий. В этом случае применяют способ деления окружности на любое число частей.

8. Построим пятнадцать отверстий контура детали (рис. 2.26, а), если дано только одно отверстие.

Вначале из точек A и B проводим дуги до взаимного пересечения радиусом, равным диаметру окружности (рис. 2.26, б), и получаем точки M и N . Диаметр AB делим на пятнадцать частей (рис. 2.26, в).

Теперь проводим из точек M и N прямые через точки деления на диаметре, но не через каждую точку, а через одну и получим на заданной окружности центры будущих отверстий (рис. 2.26, г).

2.2. СОПРЯЖЕНИЯ С ЗАДАННЫМ РАДИУСОМ

В практике черчения часто приходится иметь дело с построением плавных переходов дуги к дуге или от дуги к прямой. Такой плавный переход называется сопряжением.

В черчении встречаются плоские фигуры, состоящие из прямых линий, из сочетания прямых линий с кривыми или исключительно из кривых. Криволинейные фигуры могут быть разделены на две группы: те, которые можно выполнить с помощью циркуля, и те, которые строятся по точкам и обводятся по лекалу.

Рассмотрим примеры построения кривых с помощью циркуля. Плавный переход от дуги одной кривизны к дуге другой кривизны достигается построением, основанным на понятии о множестве точек, о касательных к

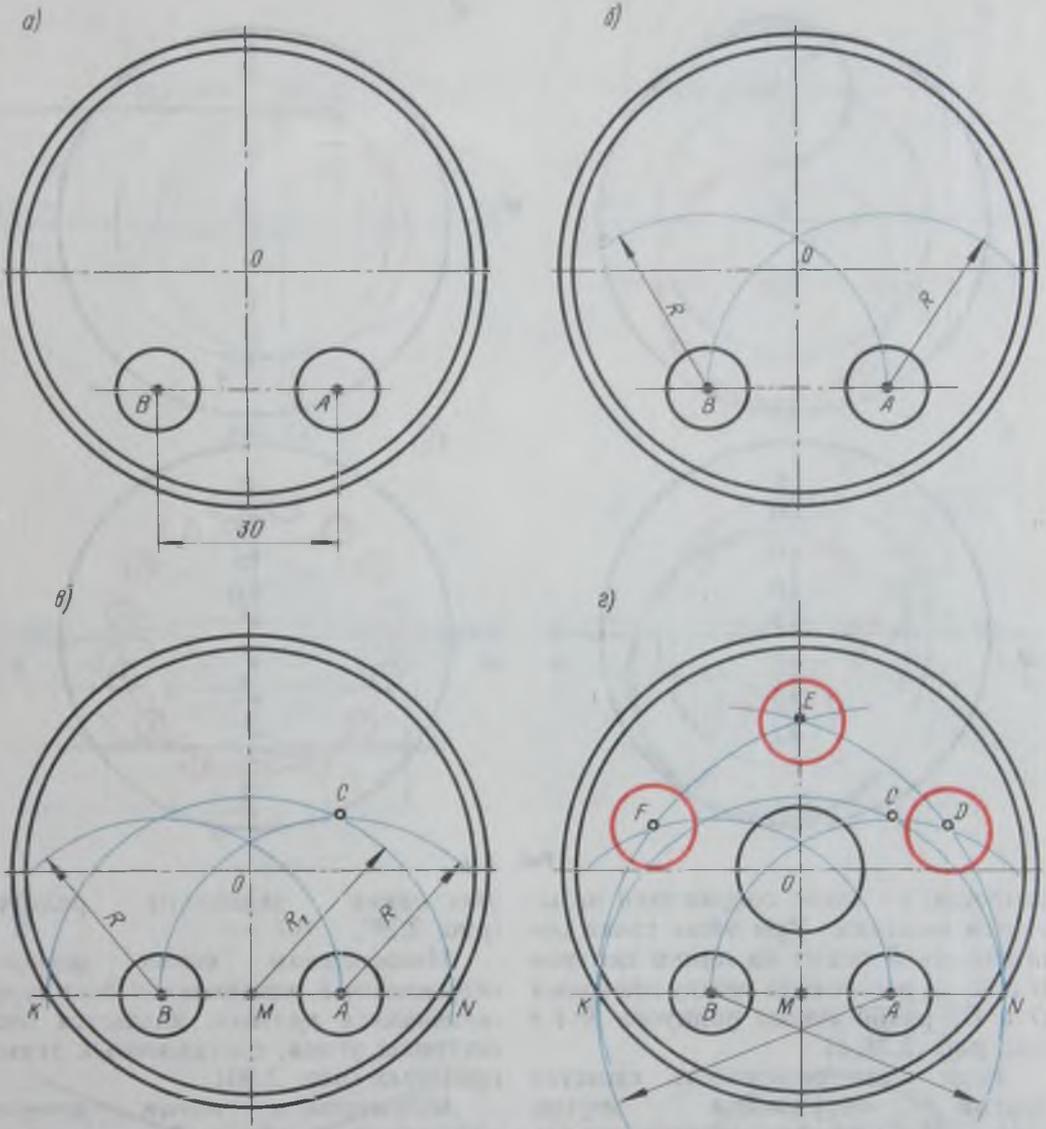


Рис. 2.25

окружности и о касательных окружностях.

Напомним эти понятия с точки зрения их применения в технике черчения: плавный переход от прямой AB к дуге BC имеет место тогда, когда точка перехода B есть точка касания прямой с данной дугой, т.е. когда данная прямая AB перпендикулярна к радиусу OB дуги BC в точке

касания B (рис. 2.27). Плавный переход от дуги AB (радиуса R) к дуге BC (радиуса R) имеет место тогда, когда точка перехода B лежит на линии центров OO_1 сопрягаемых дуг (рис. 2.28).

Сопряжения могут быть внешними и внутренними. Если одна окружность с центром O касается окружности с центром O_1 с внешней

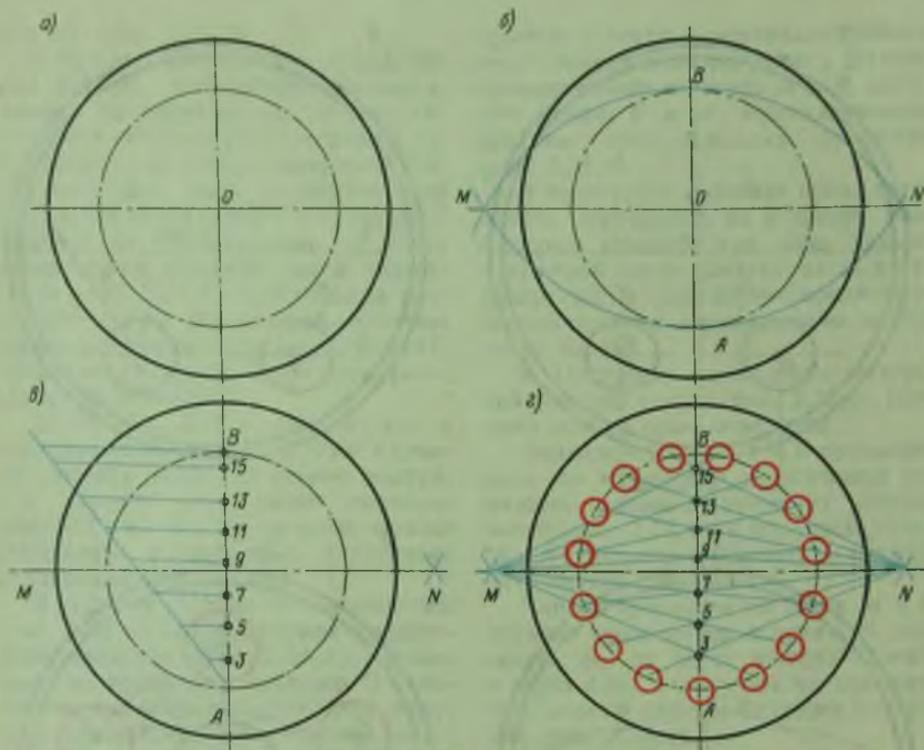


Рис. 2.26

стороны, то такое сопряжение называется *внешним*. При этом точка сопряжения B лежит на линии центров O и O_1 , а расстояние между центрами O и O_1 равно сумме радиусов $R + r$ (см. рис. 2.28, а).

Если одна окружность касается другой окружности внутри (рис. 2.28, б), то такое сопряжение называется *внутренним*, при этом точка сопряжения B лежит на линии центров $OO_1 = R - r$.

Для того, чтобы хорошо усвоить принципы построения сопряжений, необходимо знать, что представляет собой множество точек центров окружностей, касающихся прямой или окружности.

Множеством точек центров окружностей, касающихся данной прямой, являются две прямые, параллельные данной и расположенные на

расстоянии заданного радиуса (рис. 2.29).

Множеством точек центров окружностей, касающихся двух пересекающихся прямых, являются биссектрисы углов, составленных этими прямыми (рис. 2.30).

Множеством точек центров окружностей радиуса R , касающихся окружности радиуса r , являются две окружности, концентричные данной, радиусы которых будут равны $R + r$ и $R - r$ (рис. 2.31).

Рассмотренные положения вполне достаточны для того, чтобы строить любые сопряжения с заданным радиусом. Последние могут быть двух типов: сопряжение прямой с дугой и дуги с дугой.

Провести касательные к окружности из данной точки A (рис. 2.32). Точку A соединяем с

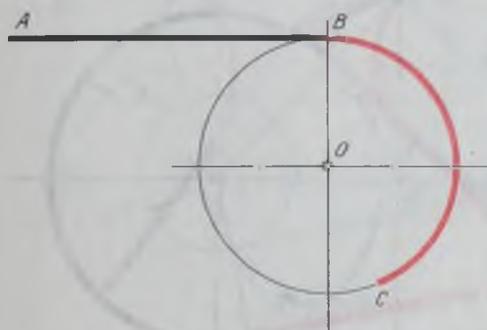


Рис. 2.27

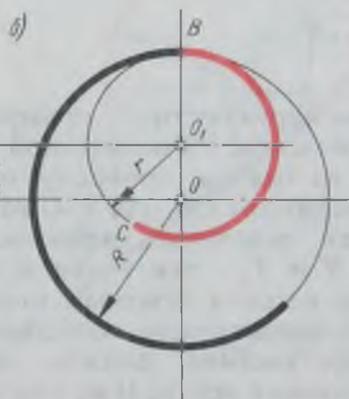
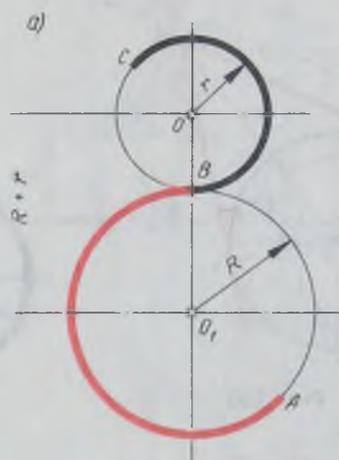


Рис. 2.28

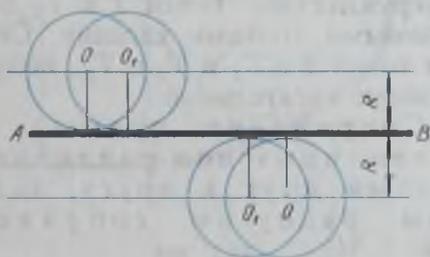


Рис. 2.29

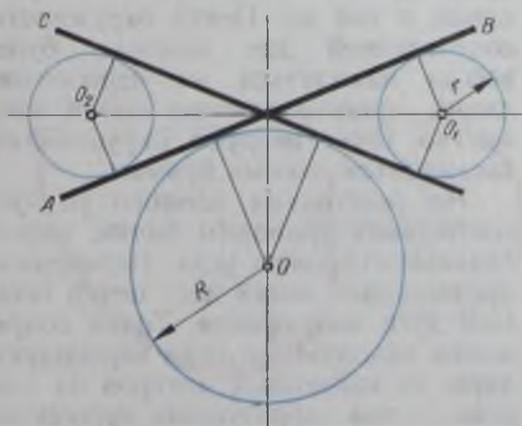


Рис. 2.30

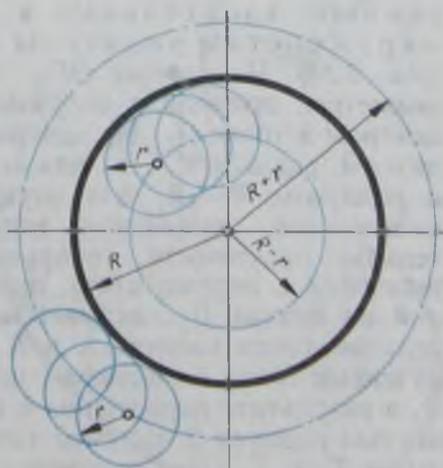


Рис. 2.31

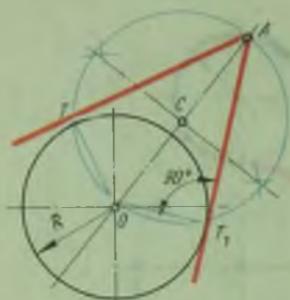


Рис. 2.32

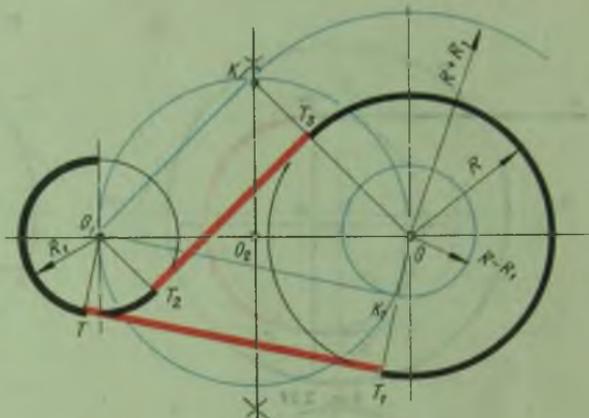


Рис. 2.33

центром окружности O , прямую OA делим пополам. Из полученной точки C , как из центра, проводим окружность радиусом CO или CA , которая пересечет заданную окружность в точках T и T_1 . Эти точки и будут точками касания искомым касательных. Перпендикуляры, восстановленные из точек касания, должны пересекаться точно в центре O на основании того, что радиус окружности, проведенный в точку касания, всегда перпендикулярен к касательной.

Провести внешнюю и внутреннюю касательные к двум окружностям радиусом R и R_1 (рис. 2.33). На отрезке OO_1 , как на диаметре, проводим окружность с центром в точке O_2 . Из центра O радиусом, равным $R + R_1$ для внешней и радиусом $R - R_1$ для внутренней касательной, проводим вспомогательные окружности, которые в пересечении с окружностью, проведенной из центра O_2 , дадут вспомогательные точки касания K и K_1 . Полученные точки соединяем с центром O , в результате пересечения с окружностью радиуса R получим точки касания T_1 и T_3 . Для получения точек касания на другой окружности проводим из центра O_1 прямые, парал-

лельные KT_3 и K_1T_1 , до пересечения с окружностью. Точки T и T_2 будут искомыми точками касания. Соединяя точки T с T_1 и T_2 с T_3 , получим искомые касательные.

Сопряжение прямых, направленных под различными углами друг к другу, заданным радиусом сопряжения (рис. 2.34).

Здесь возможны три случая: прямые пересекаются под прямым углом друг к другу; прямые пересекаются под острым углом и прямые пересекаются под тупым углом. Во всех трех случаях методика решения будет одной и той же. Центр окружности, сопрягающей две прямые, будет всегда находиться на пересечении линий, представляющих собой множество точек центров окружностей, касающихся данных прямых.

На расстоянии данного радиуса сопряжения проводим линии, параллельные сторонам угла. Пересечение проведенных линий даст центр искомой дуги сопряжения. Точки сопряжения находим, опуская перпендикуляры из найденных центров на стороны углов, образуемых пересекающимися прямыми.

Данную окружность ра-

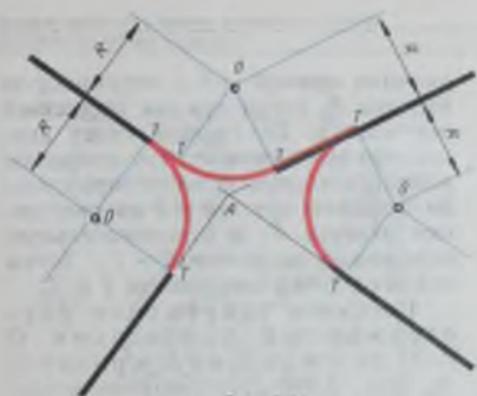


Рис. 2.34

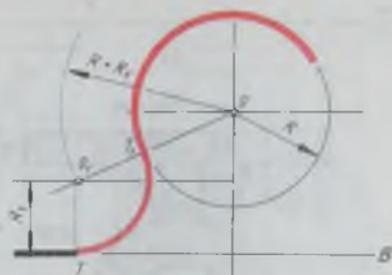


Рис. 2.35

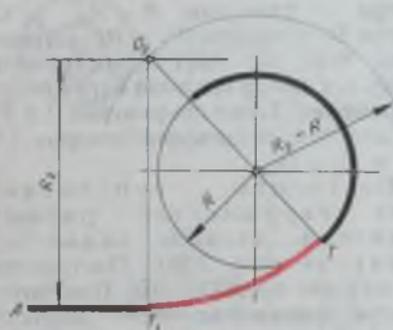


Рис. 2.36

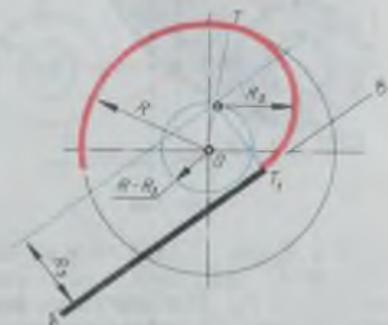


Рис. 2.37

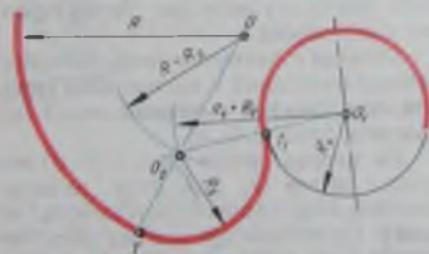


Рис. 2.38

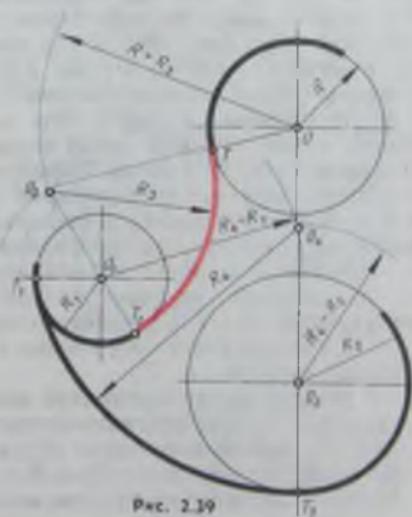


Рис. 2.39

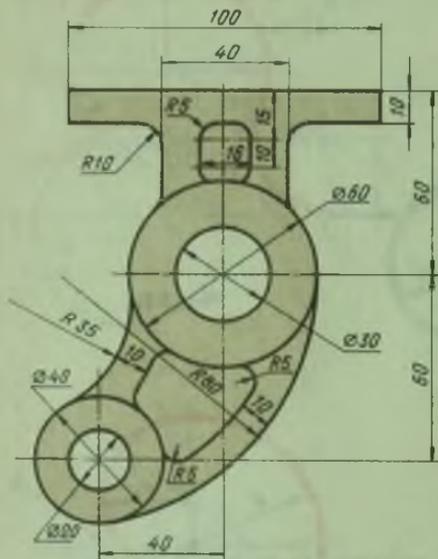


Рис. 2.40

диуса R (рис. 2.35, 2.36) и прямую сопрячь дугами заданного радиуса R_1 . Найдем точки пересечения линий, представляющих собой множество точек центров окружностей, касающихся данной прямой и данной окружности. Рассмотрим случай, когда прямая не пересекает окружность. Здесь можно осуществить внешнее (см. рис. 2.35) или внутреннее сопряжение (см. рис. 2.36). В первом случае проводим вспомогательную прямую, параллельную заданной прямой на расстоянии заданного радиуса R_1 и из точки O вспомогательную окружность радиуса $(R + R_1)$. Пересечение вспомогательных линий даст центр дуги сопряжения O_1 . Опуская из точки O_1 перпендикуляр на заданную прямую, находим точку сопряжения T , а соединяя точку O_1 с O , находим точку сопряжения на заданной окружности T_1 .

Во втором случае построение аналогично, но так как сопряжение внутреннее, то вспомогательную окружность проводят радиусом $R_2 - R$.

На рис. 2.37 дано построение соп-

ряжения прямой AB с окружностью радиуса R , когда прямая пересекает окружность. Построение будет аналогично предыдущему, т. е. проводим вспомогательную прямую параллельно заданной прямой AB на расстоянии радиуса R_3 и вспомогательную окружность радиусом $R - R_3$. Затем находим точки сопряжения T и T_1 .

Построить сопряжение двух окружностей с центрами O и O_1 дугой заданного радиуса R_2 (рис. 2.38). Для построения сопряжения дугой заданного радиуса R_2 проводим вспомогательные дуги: из центра O радиусом $R - R_2$, а из центра O_1 радиусом $R_1 + R_2$. Пересечение этих дуг даст единственную точку, т. е. центр искомой окружности сопряжения. Точки сопряжения T и T_1 найдем при соединении центров O_2 с O и O_2 с O_1 .

Построить сопряжение трех окружностей разных радиусов дугами заданных радиусов (рис. 2.39). Построения аналогичны предыдущим. При внутреннем сопряжении берут разность радиусов для получения точки O_4 — центра сопряжения, при внешнем — сумму радиусов.

Построить контур технической детали «Подвеска» (рис. 2.40). Для того, чтобы начертить контур, необходимо прочесть чертеж, т. е. определить общий контур детали, какие сопряжения следует выполнить, на каких расстояниях расположены отдельные элементы контура, где будет внешнее, где внутреннее сопряжение.

Начнем с вычерчивания прямолинейных очертаний и нахождения центров окружностей и взаимного их положения (рис. 2.41, а).

На втором этапе (рис. 2.41, б) находим центр O_1 для дуги, охватывающей обе данные окружности, ее центр будет находиться на расстоянии $80 - 30 = 50$ мм от центра окружности с $\varnothing 60$ и на расстоянии $80 - 20 = 60$ мм от центра окруж-

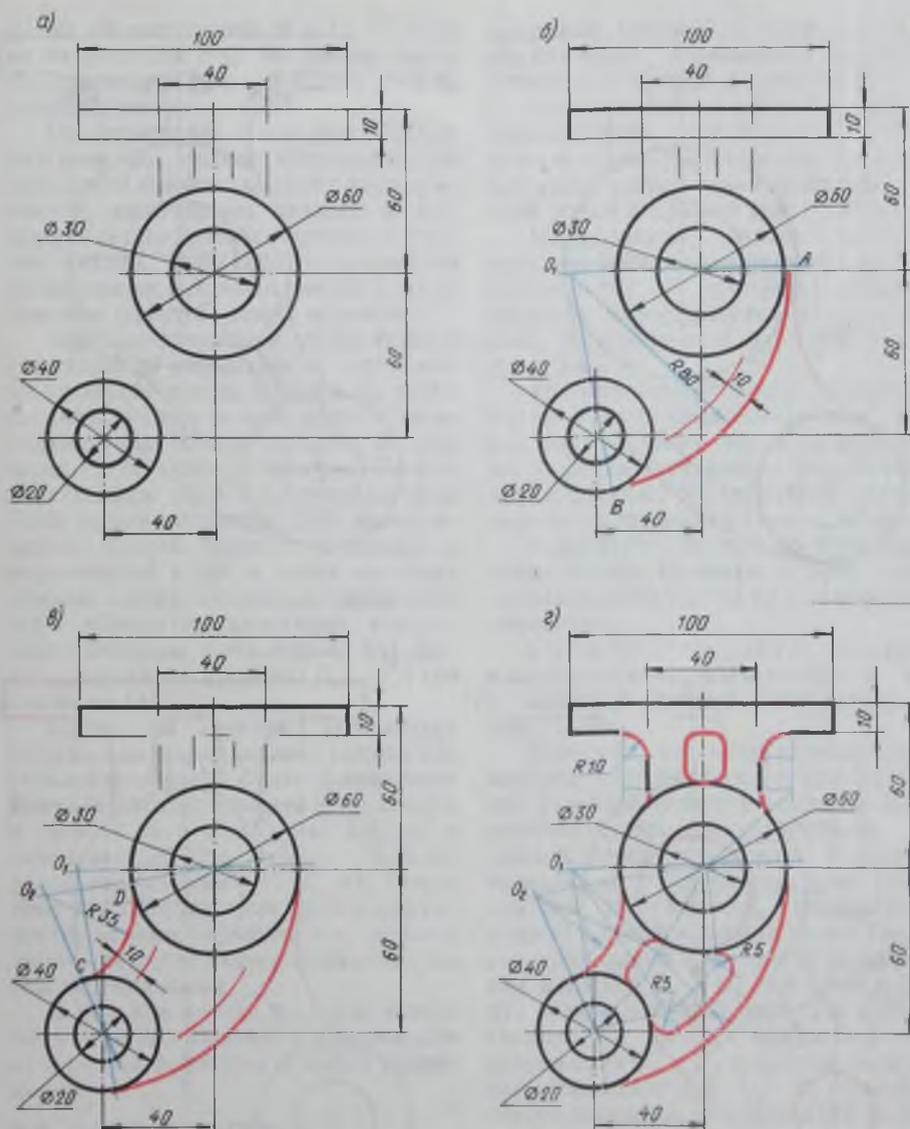


Рис. 2.41

ности с $\varnothing 40$. Найдя центр O_1 , проводим дугу AB . Параллельно ей проводим часть второй дуги $R 70$, так как между дугами дано расстояние в 10 мм.

На третьем этапе отыскиваем

центр O_2 для дуги $R 35$ (рис. 2.41, в) внешнего соприкосновения с окружностями $\varnothing 60$ и $\varnothing 40$. Центр O_2 будет находиться на расстоянии суммы радиусов, т.е. на расстоянии $30 + 35 = 65$ мм от центра окружности с

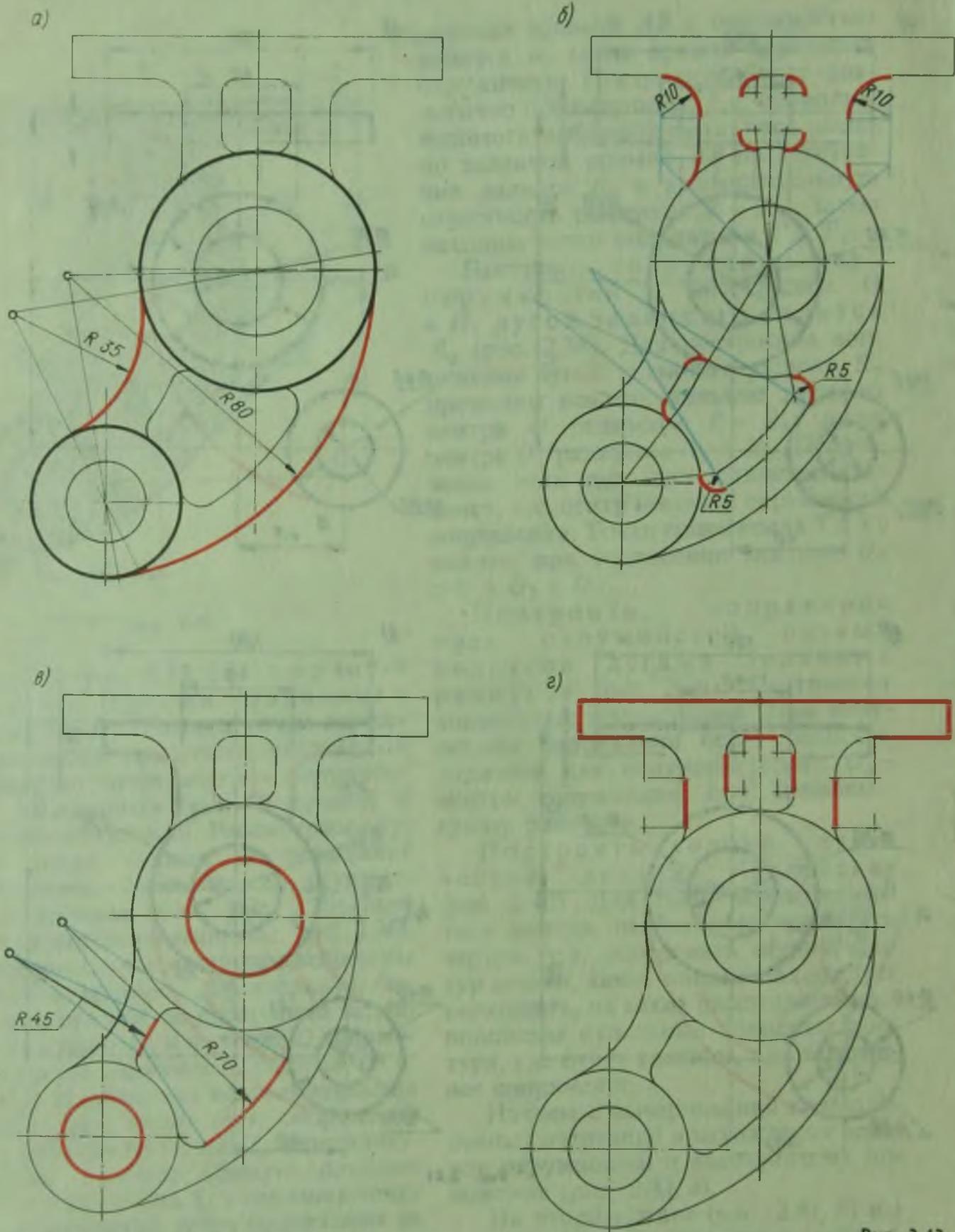


Рис. 2.42

$\varnothing 60$, на расстоянии $20 + 35 = 55$ мм от окружности с $\varnothing 40$. Найдя центр O_2 , проводим дугу CD и дугу $R45$ из того же центра.

На четвертом этапе (рис. 2.41, г) находим все мелкие сопряжения на основании множества центров окружностей, касающихся прямых и дуг, завершая построение чертежа в тонких линиях. Одновременно наносим размерные и выносные линии и представляем размеры также поэтапно.

При вычерчивании сопряженных окружностей карандашом окружности проводят всегда за пределы точки касания, тогда как при работе тушью сопряженные линии должны плавно переходить одна в другую. Линии, переходящие одна в другую, должны быть одной толщины. При вычерчивании тушью чертеж начинают с окружностей и дуг, а затем проводят прямые линии. Основные линии контура обводятся толстыми контурными линиями, выбранными для данного чертежа в пределах $0,5 \dots 1,4$ мм согласно ГОСТу.

Будет ли чертеж обводиться тушью или карандашом — последовательность обводки будет одинаковой. Вначале следует обвести окружности и дуги $R 80$ и $R 35$ (рис. 2.42, а), а затем дуги $R 10$ и $R 5$ (рис. 2.42, б), далее окружности 70 и 45 . После того как обведены все дуги и окружности можно обвести все прямые линии, вначале горизонтальные, затем вертикальные.

В каждом случае порядок может быть немного изменен в зависимости от очертания фигуры и видов сопряжений.

2.3. СОПРЯЖЕНИЯ С ЗАДАННОЙ ТОЧКОЙ НА ОДНОМ ИЗ СОПРЯГАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В приведенных задачах требуется определить радиусы дуг сопряжения и найти их центры. Для этого необходимо знать три положения о на-

хождении множества точек центров окружностей, касающихся данного элемента в данной на нем точке.

Множеством точек центров окружностей, касающихся данной прямой в некоторой точке, является перпендикуляр, восстановленный из этой точки к прямой (рис. 2.43, а).

Множеством точек центров окружностей, касающихся данной окружности в некоторой точке, является перпендикуляр к касательной, восстановленный из этой точки (рис. 2.43, б).

Множеством точек центров окружностей, касающихся двух данных окружностей одинакового радиуса, является серединный перпендикуляр к прямой, соединяющей центры данных окружностей (рис. 2.43, в).

Рассмотрим несколько примеров, когда радиус не задан, а дана точка сопряжения на одном из сопрягаемых элементов.

Сопряжение двух пересекающихся прямых BC и ED с заданной точкой сопряжения T (рис. 2.44).

Известно, что множеством точек центров окружностей, сопрягающих две прямые, является биссектриса, а перпендикуляр, восстановленный из данной точки сопряжения T к данной прямой, является множеством точек центров окружностей, касающихся данной прямой в данной точке. Построим эти линии и найдем их пересечения в точках O_1 и O_2 , которые и будут искомыми центрами для сопрягающих дуг данных прямых. Точки сопряжения T_1 и T_2 найдутся, если из найденных центров O_1 и O_2 опустить перпендикуляры на прямые BC и DE .

Сопряжение окружности с прямой BC в заданной точке сопряжения T , принадлежащей окружности (рис. 2.45).

Зная, что множеством точек центров окружностей, касающихся данной окружности в точке T , является перпендикуляр к касательной, восстановленный из этой точки, проводим пря-

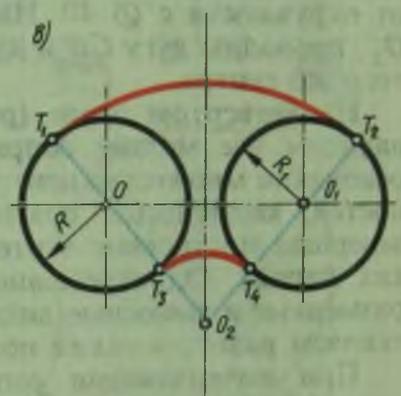
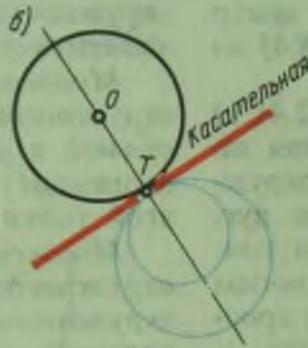
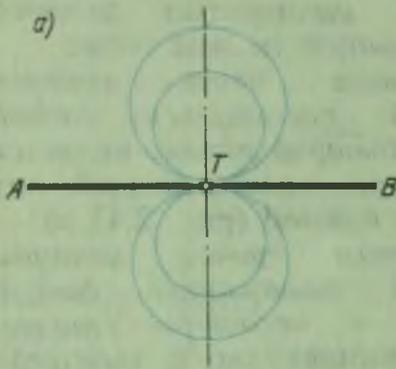


Рис. 2.43

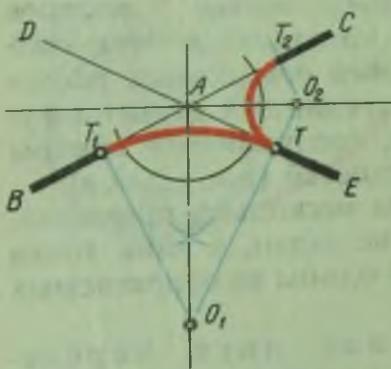


Рис. 2.44

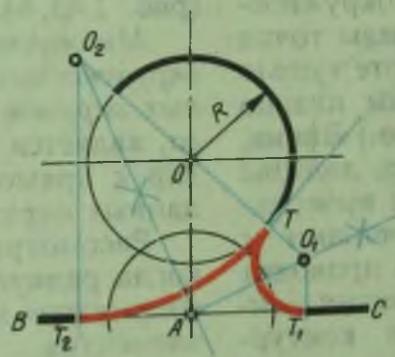


Рис. 2.45

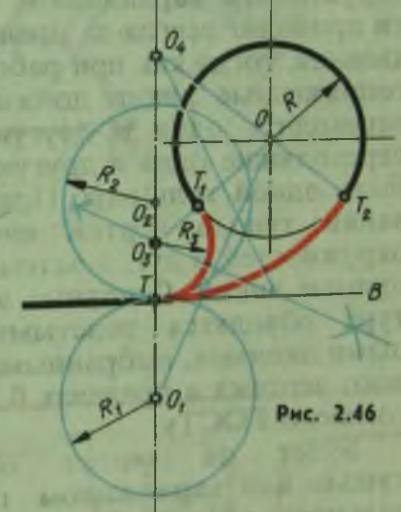


Рис. 2.46

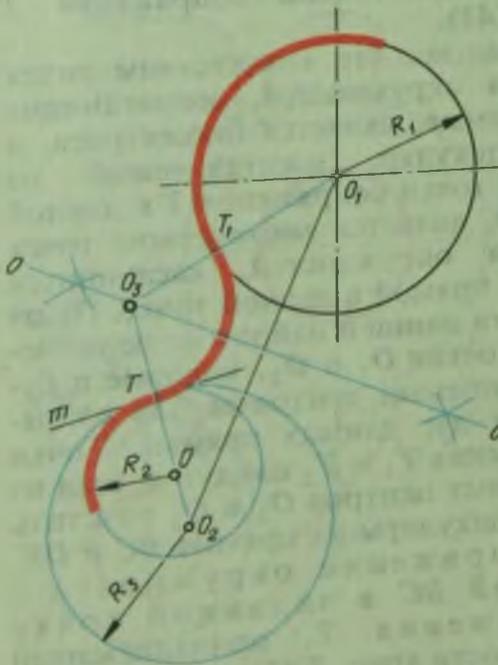


Рис. 2.47

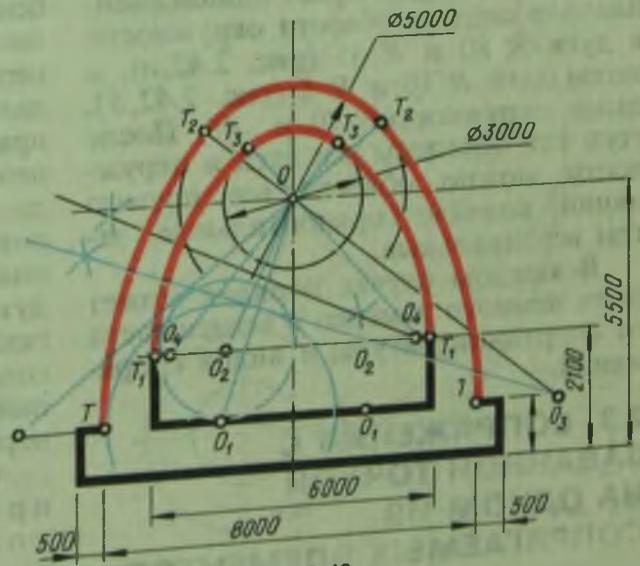


Рис. 2.48

мую OT и через точку T , касательную к окружности, до пересечения с прямой BC в точке A . Проводим биссектрису углов TAB и TAC , которые также являются множеством точек центров окружностей, касающихся сторон этих углов. Пересечение биссектрис с прямой OT дадут искомые центры O_1 и O_2 , из которых, опуская перпендикуляры на прямую BC , и получим точки сопряжения T_1 и T_2 .

Те же точки получим, если из точки A отложить отрезки AT_1 и AT_2 , равные отрезку AT , а из полученных точек сопряжения T_1 и T_2 восстановим перпендикуляры к прямой BC до пересечения с прямой OT .

Сопряжение окружности с прямой AB в точке сопряжения T (рис. 2.46). Центр искомой дуги сопряжения будет находиться на перпендикуляре, восстановленном из точки T к прямой AB , так как эта прямая является множеством точек центров окружностей, касающихся данной прямой в точке T . Далее отыскиваем множество точек центров окружностей, касающихся двух данных окружностей с одинаковыми радиусами. Для этого на перпендикуляре, восстановленном из точки T (в случае внешнего сопряжения – вниз, а в случае внутреннего сопряжения – вверх), отложим радиусы R данной окружности и из полученных точек O_1 и O_2 проведем вспомогательные окружности $R = R_1 = R_2$, касающиеся прямой AB в точке T .

Центры искомых окружностей будут лежать на серединных перпендикулярах, проведенных к прямым OO_1 и OO_2 и в пересечении с перпендикуляром, восстановленным в точке T к прямой AB , – это точки O_3 и O_4 . Точки сопряжения T_1 и T_2 находим на пересечении заданной окружности с прямыми, соединяющими центры OO_3 и OO_4 .

Сопряжение двух окружностей с заданной точкой сопряжения, принадлежащей одной из них (рис. 2.47). Зная, что

множеством точек центров окружностей, касающихся данной окружности в ее точке T , является перпендикуляр к касательной, восстановленный из точки T , проведем эту прямую. Центр O_3 искомой дуги сопряжения будет находиться на перпендикуляре OT в точке пересечения с прямой, которая будет являться множеством точек центров окружностей, касающихся двух окружностей одинакового радиуса. Проведем вспомогательную окружность радиусом $R_3 = R_1$, соединим центры вспомогательной окружности O_2 с центром O_1 и проводим серединный перпендикуляр, который и будет являться множеством точек центров окружностей, касающихся двух окружностей одинакового радиуса.

Построение контура тоннеля заданной формы по заданным размерам и с заданными точками сопряжения T (рис. 2.48).

Прочитав чертеж, вычерчиваем прямолинейный контур, т.е. основание тоннеля, и определяем точки сопряжения T и T , T_1 и T_1 . Затем находим центры окружностей $\varnothing 3000$ и $\varnothing 5000$, после чего находим центры O_2 и O_4 для дуг сопряжения. Чертеж выполняется в масштабе. Для нахождения центра O_3 необходимо от точки T вправо отложить расстояние, равное радиусу окружности $\varnothing 5000$, и получить точку O_1 . Затем соединить O_1 с центром O и провести серединный перпендикуляр, который, пересекаясь с прямой $T = T$, даст центр O_3 . Соединяя точку O_3 с O , получим точку сопряжения T_2 и проведем дугу TT_2 . Для построения дуги $T_1 T_3$ поступаем так же, но от точки T_1 вправо откладываем радиус малой окружности $\varnothing 3000$, проводим прямую $O_2 O$ и серединный перпендикуляр до пересечения его с прямой $T_1 T_1$, где находится центр дуги $T_1 T_3$ точка O_4 , из которой проводим дугу $T_1 T_3$.

2.4. ПОСТРОЕНИЕ ЦИРКУЛЬНЫХ КРИВЫХ

Коробовые кривые—это кривые, составленные из дуг разных радиусов, описанных из нескольких центров. Ввиду того, что вычерчивание кривых по точкам представляет некоторое затруднение, на практике их заменяют коробовыми кривыми. Необходимое условие для плавности кривой состоит в том, чтобы смежные дуги в конечной точке имели общую касательную, или иначе, чтобы центры смежных дуг лежали на перпендикуляре к касательной, проведенной через точку сопряжения дуг.

Рассмотрим построение коробовой кривой по заданной ширине AB и высоте OC (рис. 2.49) при условии, что OC должна быть меньше половины AB . Проводим две взаимно перпендикулярные линии и на горизонтальной прямой от точки O откладываем AB , а на перпендикуляре от точки O вверх откладываем OC . Соединяем точку A с C прямой линией, а из центра O радиусом OA проводим дугу до пересечения с OC в точке D . Отрезок CD переносим на прямую CA , получаем точку E , а отрезок AE делим пополам и проводим серединный перпендикуляр к отрезку до пересечения его с прямой AB в точке O_2 и с прямой OC в точке O_1 . Переносим точку O_2 в точку O_3 , ей симметричную, и получаем три центра, из которых и проводим кривые AM , MN и NB .

Построение овала по заданным осям AB и CD (рис. 2.50). Овал—это тоже коробовая кривая, состоящая из двух конгруэнтных частей. Таким образом, построение овала сводится к построению двух симметричных коробовых кривых, как это было описано ранее, но в этом случае построение повторяют в нижней части осевой линии AB следующим образом. Полученную точку O_1 переносят в симметричную ей точку O_4 и соединяют ее с точками O_2 и O_3 ,

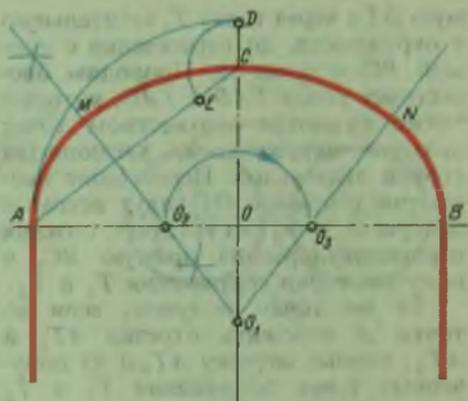


Рис. 2.49

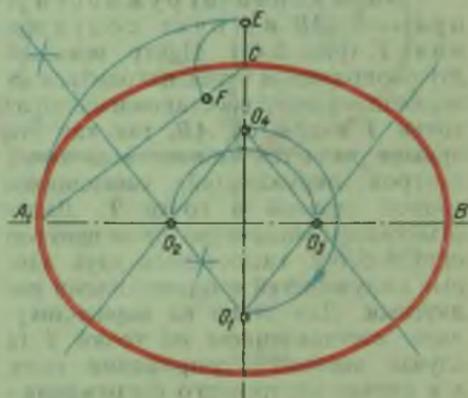


Рис. 2.50

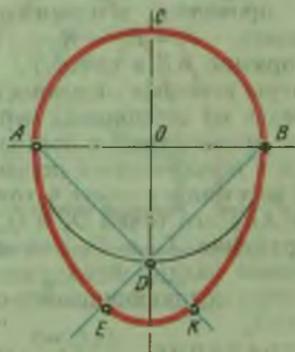


Рис. 2.51

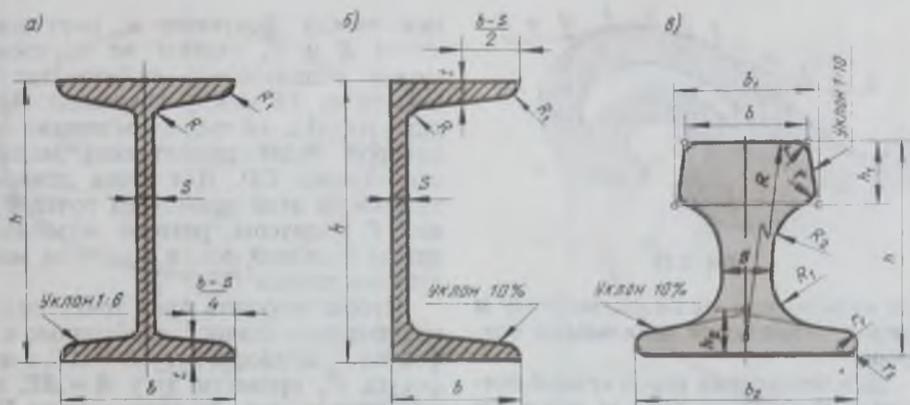


Рис. 2.52

продолжая эти прямые с тем, чтобы проводимые дуги их пересеклись. Таким образом, получаем центры, из которых проводим дуги овала.

Форма овала будет зависеть от соотношения большой и малой осей: чем больше малая ось, тем круглее овал, и чем меньше малая ось, тем овал будет уже.

Построение овоидальной яйцевидной кривой (рис. 2.51). Проводим два взаимно перпендикулярных диаметра AB и CD и из точки их пересечения, как из центра, проводим окружность заданного диаметра. Соединяем точки A и B с точкой D и продолжаем AB и AD немного дальше. Кривую строим из следующих точек: из точки O полуокружность ACB , из точки O проводим дугу BK радиусом AB , из точки B дугу AE тем же радиусом и из точки D радиусом $DE = DK$ проводим дугу KE , которая завершает построение.

Такие кривые имеют применение при вычерчивании рукояток, сечений железобетонных труб и т.п., в то время как коробовые кривые применяются при вычерчивании различной формы фланцев, сальников, головок гаечного ключа, сводов, арок.

Вычерчивание профилей прокатной стали (рис. 2.52). Раз-

личные стальные профили, например, двутавр (рис. 2.52, а), швеллер (рис. 2.52, б) или крановый рельс (рис. 2.52, в), получают при помощи проката различного сортового материала на прокатных станах.

Высота профиля h считается его номером. Если высота равна 200 мм, то это соответствует № 20. Номера и все размеры профилей стандартизированы.

Профили прокатной стали применяются в строительстве довольно широко, например для лестничных клеток зданий, в мостостроении, судостроении и других сооружениях.

Прокат изготавливается из различных марок стали: Ст0, Ст3, Ст4, Ст5. По точности прокатки сталь изготавливается высокой точности A и обычной точности B .

2.5. ПОСТРОЕНИЕ ЛЕКАЛЬНЫХ КРИВЫХ

Коробовые кривые и овалы состоят из нескольких дуг различного радиуса. Это значит, что на всем протяжении каждой дуги кривизна кривой остается постоянной. Но есть много кривых, кривизна которых изменяется непрерывно на каждом элементе кривой, для их выполнения существуют

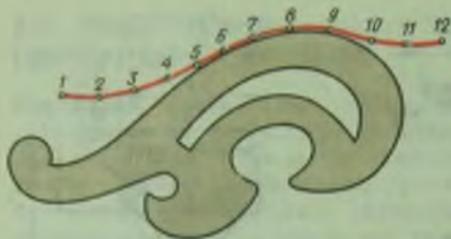


Рис. 2.53

так называемые лекала, поэтому и кривые называются **лекальными кривыми**.

Для построения такой кривой сначала находят несколько ее точек (не менее трех), по которым от руки проводят плавную кривую и затем обводят ее тушью при помощи лекал.

На рис. 2.53 показано, как следует работать лекалом, где участок 1-6 обведен. Чтобы обвести следующий участок кривой, надо подогнать кромку лекала к следующим точкам, например 5-10, при этом лекало должно захватывать часть линии, уже обведенной (5-6). Теперь можно обвести участок 6-9, оставляя часть 9-10 необведенной, чтобы получить кривую между точками 9-12 более плавной.

К лекальным кривым, вычерчиваемым по точкам, относятся кривые различных диаграмм и так называемые плоские кривые второго порядка: эллипс, парабола, гипербола, различные циклические кривые, спирали и др. Построить точки такой кривой можно только в том случае, если известны правила ее построения.

Эллипсом называется замкнутая кривая, сумма расстояний каждой точки которой от двух данных точек, называемых фокусами, постоянна (рис. 2.54) $1F_1 + 1F_2 = 2F_1 + 2F_2 = \dots nF_1 + nF_2 = \text{const.}$

Рассмотрим пример построения эллипса по заданному расстоянию между фокусами F_1 и F и его большой оси AB (рис. 2.55). Для этого откладываем от точек A и B по половине расстоя-

ния между фокусами и получаем точки E и E_1 (таким же образом можно использовать любую точку, взятую на AB между фокусами). Через точку $O \perp AB$ проводим линию, на которой будет расположена малая ось эллипса CD . Для этого делаем засечки на этой прямой из точки F_1 или F радиусом, равным половине длины большой оси, и получаем малую ось эллипса CD .

Чтобы получить одну точку, принадлежащую эллипсу, необходимо из фокуса F_2 провести дугу $R = AE$, а из фокуса F_1 провести дугу $R = BE$, в пересечении дуг получим точку I , принадлежащую эллипсу, так как $AE + BE = AB$.

Таким же способом определяют любую точку эллипса, например точку II , для чего на AB надо взять точку K .

Построим эллипс по заданным осям большой AB и малой CD (рис. 2.56). Из точки O чертим две концентрические окружности, диаметры которых равны заданным осям эллипса. Обе окружности делим на произвольное, но равное число частей, например двенадцать. Через точки деления $1, 2, 3, 4$ и т.д. на большой окружности проводим прямые, параллельные CD , а через точки деления на малой окружности — прямые, параллельные AB . От взаимного пересечения этих прямых получим ряд точек: I, II, III, IV и т.д., это и будут искомые точки эллипса, которые соединим плавной кривой по лекалу.

Параболой называется плоская кривая, каждая точка которой расположена на одинаковом расстоянии от заданной прямой, называемой *директрисой*, и от точки, называемой *фокусом* параболы (рис. 2.57): $BK = KF, B_1K_1 = K_1F$ и т.д. Расстояние между фокусом и директрисой называется параметром параболы, от которого и зависит очертание этой кривой. С изменением параметра изменяется и парабола: чем меньше

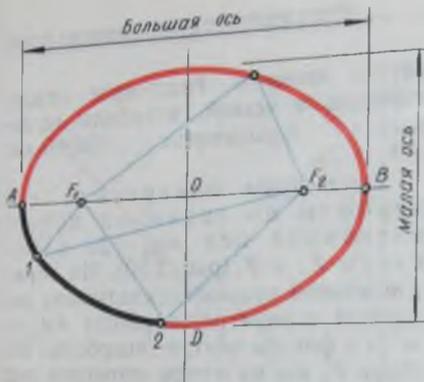


Рис. 2.54

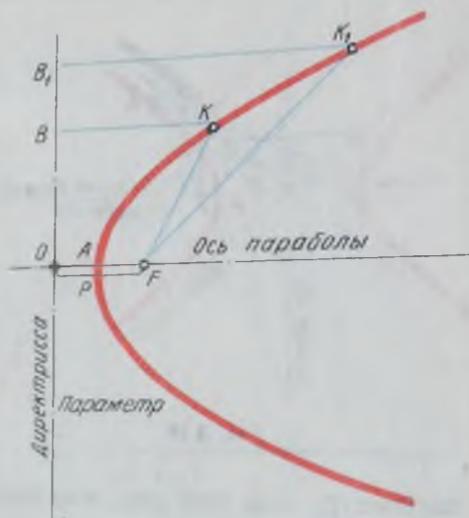


Рис. 2.57

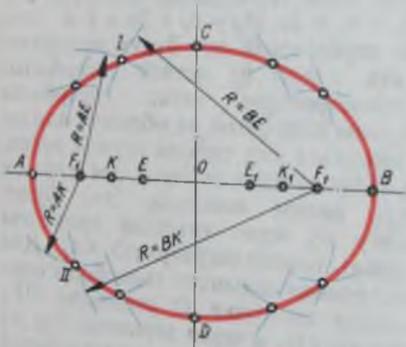


Рис. 2.55

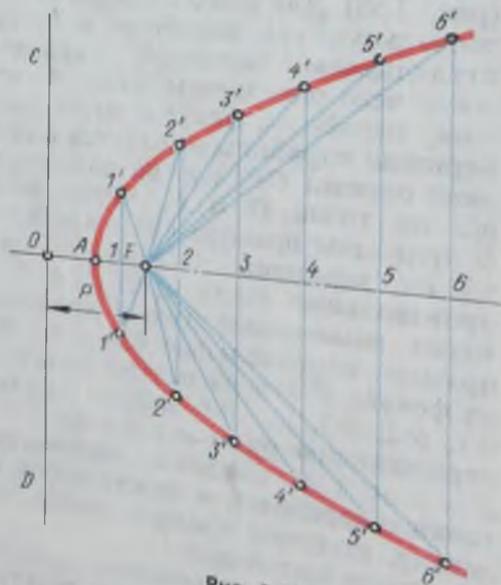


Рис. 2.58

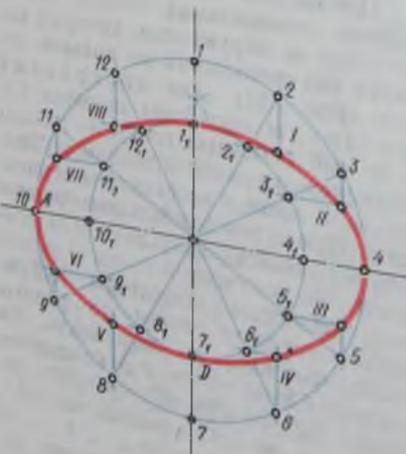


Рис. 2.56

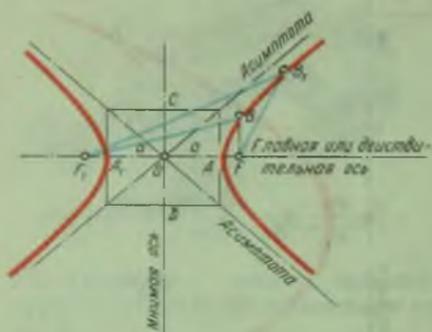


Рис. 2.59

параметр, тем она уже, чем больше, тем парабола шире.

Построим параболу по заданному параметру p (рис. 2.58). Для этого проводим горизонтальную ось параболы и на ней откладываем заданный параметр, после чего определяем точку A — вершину параболы, фокус и директрису. Вершина параболы находится в середине отрезка OF , т.е. на расстоянии $p/2$ от точек O и F . Через точку O проводим прямую $CD \perp AB$. Вправо от вершины A отмечаем ряд произвольных точек $1, 2, 3, 4, 5, 6$. Через намеченные точки проводим прямые, параллельные CD , а на них из фокуса F как из центра радиусом $0-1, 0-2, 0-3, \dots, 0-6$ делаем засечки, пересекающие прямые в точках $1' = 1; 2' = 2$ и т.д. Соединяя полученные точки с вершиной и между собой по лекалу, получим кривую линию, называемую параболой.

Гиперболой называется плоская кривая, у которой разность расстояний любой точки от фокусов F_1 и F_2 постоянна и равна расстоянию между вершинами (рис. 2.59), т.е. $F_1B - FB = F_1B_1 - FB_1 = \dots F_1n - Fn = \text{const} = AA_1$. Гипербола состоит из двух ветвей, симметрично расположенных относительно точки O . Обе ветви стремятся приблизиться к линиям, называемым **асимптотами**. Точка пересечения асимптот назы-

вается **центром**. Расстояние между вершинами ветвей гиперболы называется **параметром гиперболы**: $AA_1 = 2a$.

Рассмотрим построение гиперболы по заданной действительной оси $AA_1 = 2a$ и фокусам F_1 и F_2 (рис. 2.60). На горизонтальной прямой откладываем заданный параметр гиперболы $AA_1 = 2a$ и фокусы внутри гиперболы. Из точки F_1 как из центра проводим ряд дуг произвольными радиусами r_1, r_2, r_3 и т.д., затем из точки F_2 засекаем эти дуги радиусами $R_1 = r_1 + 2a, R_2 = r_2 + 2a, R_3 = r_3 + 2a$ и т.д. Точки пересечения дуг будут принадлежать одной из ветвей гиперболы. Симметричную ветвь гиперболы строим подобным же образом или по известным уже точкам первой ветви. Для проведения мнимой оси отрезок AA_1 делим пополам. Это будет центр O , через который проводим линию, перпендикулярную AA_1 . Для построения асимптот гиперболы описываем из точки O радиусом OF_1 окружность, а через вершины A и A_1 проводим прямые, параллельные мнимой оси OY . Точки пересечения проведенных прямых с окружностью определяют направление асимптот.

Циклоидной называется плоская кривая, описываемая точкой, находящейся на окружности, которая катится без скольжения по прямой линии (рис. 2.61). Для построения циклоиды проводим прямую CB и на ней отмечаем точку A — начало движения окружности заданного диаметра. В точке A восстанавливаем перпендикуляр и на нем откладываем радиус или заданный диаметр данной окружности. Из полученной точки O заданным радиусом описываем окружность, которую делим на равные части, например на двенадцать. На прямой CB от точки A откладываем длину окружности πD , которую делим на то же число равных частей.

Через точки деления $1, 2, 3, \dots, 12$ на окружности проводим линии, па-

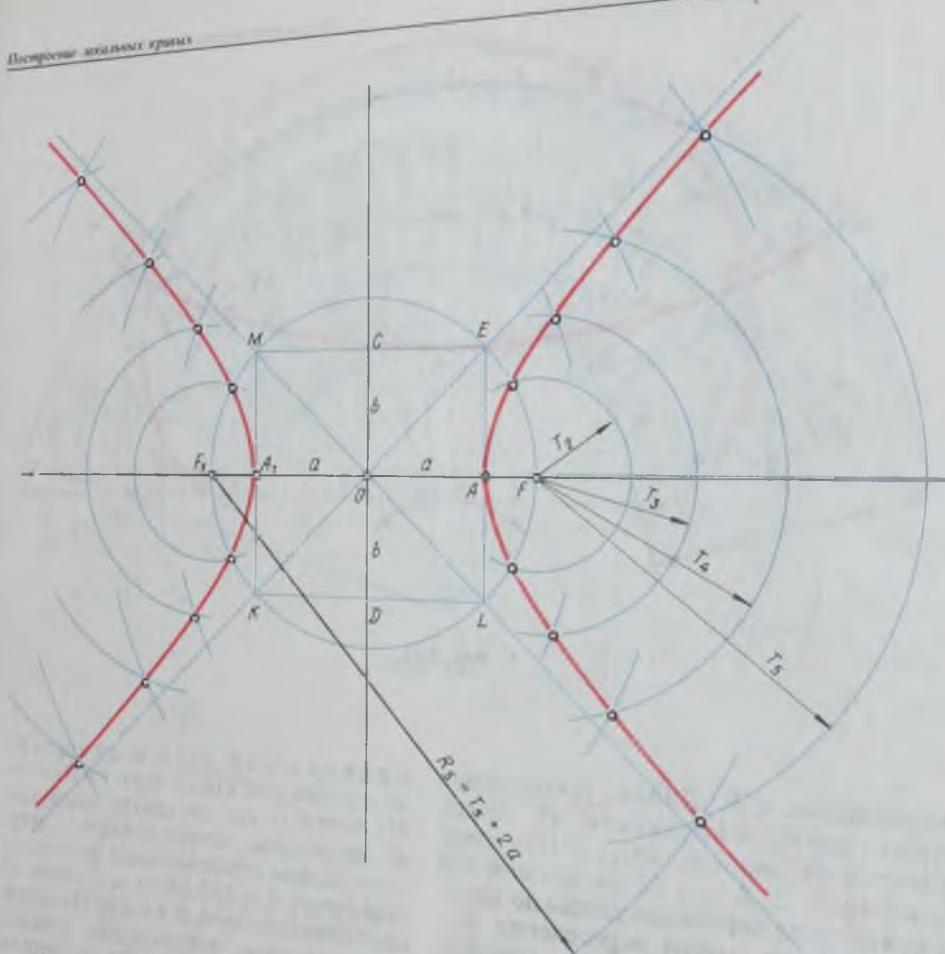


Рис. 2.60

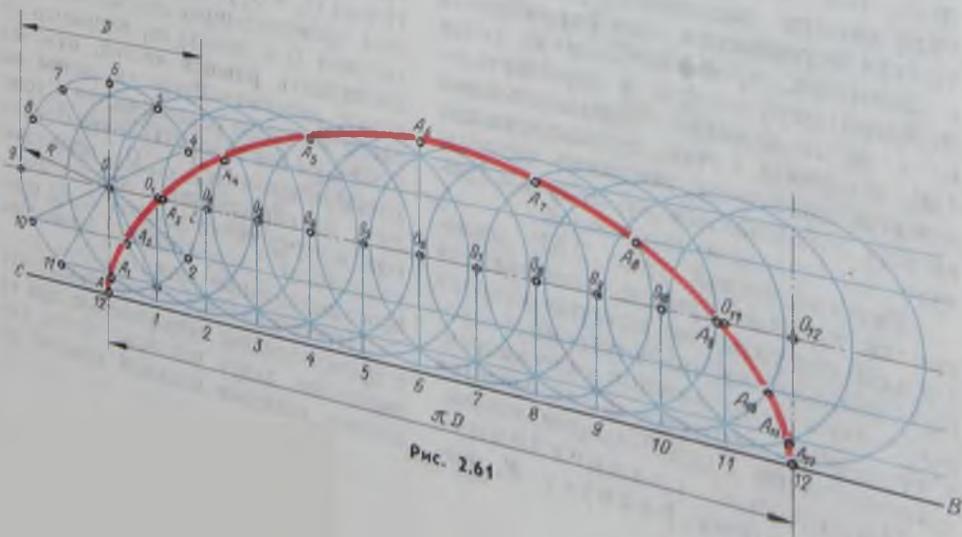


Рис. 2.61

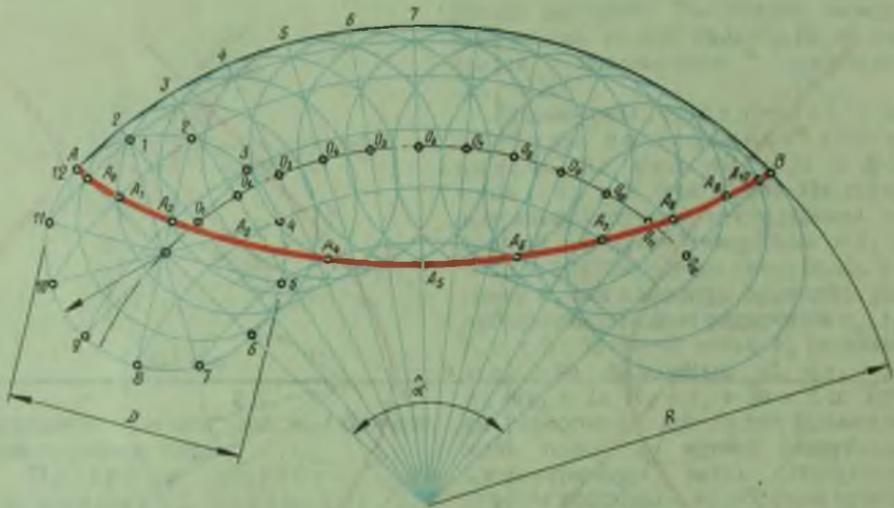


Рис. 2.62

параллельные CB . Линия, проходящая через центр окружности O , будет центральной линией OO_{12} . Из точек деления $1, 2, 3, \dots, 12$ на прямой CB восстанавливаем перпендикуляры до центральной линии, точки пересечения O_1, O_2, \dots, O_{12} — положения центров окружности в различные моменты движения. Из этих точек описываем окружности заданного радиуса. В точках пересечения этих окружностей с линиями, проведенными из точек деления окружности в первоначальном ее положении, параллельными CB , получим точки, принадлежащие кривой циклоиды, соединив которые между собой по лекалу, получим кривую, называемую циклоидой.

Гипоциклоидой (рис. 2.62) называется плоская кривая, описываемая точкой окружности, которая катится без скольжения по внутренней стороне дуги неподвижной окружности. Катящаяся окружность называется *производящей*, а дуга — *направляющей*.

Построим гипоциклоиду по заданному радиусу R , на-

правляющей дуги и диаметру D производящей окружности. Из точки O как из центра радиусом R проводим направляющую дугу. Определяем произвольный центральный угол $\hat{\alpha} = 180d/R$ и из точки O проводим два луча OA и OB . Из точки O_0 проводим центральную линию производящей окружности радиусом $R = OO_0$. Эта линия пересечет лучи, проходящие через точки A и B , в точках O_0 и O_{12} . Из центра O_0 проводим производящую окружность диаметром D и делим ее, например на двенадцать равных частей, отмечая точки деления. Дугу AB делим на такое же число равных частей и тоже отмечаем все точки. Из точки O через точки деления O_1, \dots, O_{12} проводим лучи до пересечения с линией центра, а через точки деления $1..12$ производящей окружности проводим вспомогательные дуги.

Пересечения вспомогательных дуг с производящей окружностью при ее движении дадут искомые точки, соединив которые плавной кривой по

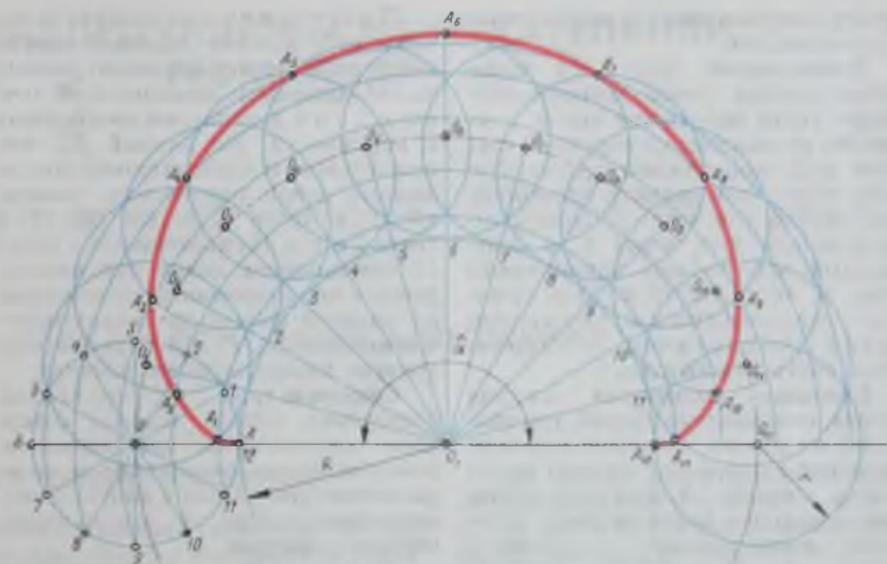


Рис. 2.63

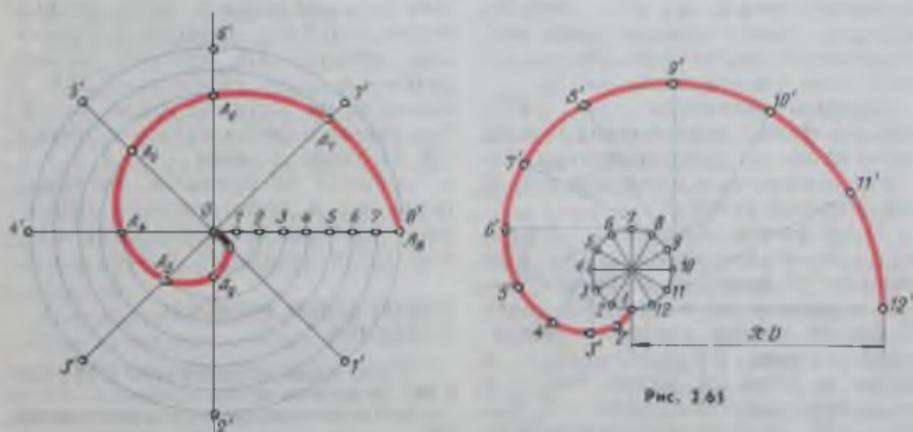


Рис. 2.64

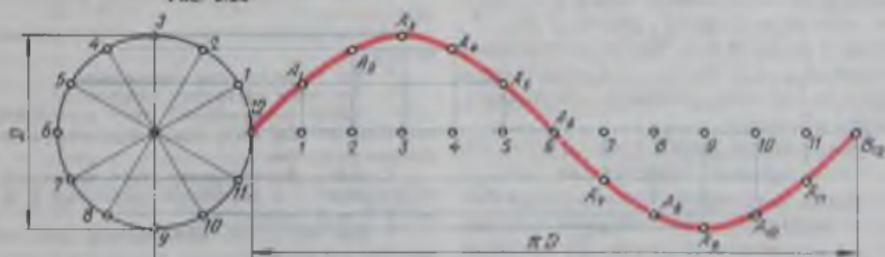


Рис. 2.65

лекалу, получим кривую, называемую гипоциклоидой.

Эпициклоидой (рис. 2.63) называется плоская кривая, которую описывает точка окружности при ее качении без скольжения по наружной стороне дуги неподвижной окружности. Если обозначить диаметр производящей окружности через D , радиус направляющей дуги через R , а центральный угол охвата эпициклоиды через α , то $\alpha = 180D/R$. Построение эпициклоиды производится аналогично построению гипоциклоиды.

Спиралью называется плоская кривая, описываемая точкой, удаляющейся от центра, совершая круговое движение в плоскости чертежа около центра спирали. В практике различают спирали с постоянным и постепенно возрастающим расстоянием между завитками. Обычно спирали строят по точкам и вычерчивают с помощью лекала, но есть спирали, которые вычерчиваются циркулем. Рассмотрим две спирали, строящиеся по точкам и с помощью лекала.

Спираль Архимеда (рис. 2.64) — плоская кривая, описываемая точкой, движущейся по радиусу-вектору, который вращается в плоскости вокруг неподвижной точки O .

Построим спираль Архимеда по заданному шагу. Шаг спирали AB делим на несколько частей, например на восемь. Из точки O как из центра проводим окружность радиуса R , равного шагу, и делим ее тоже на восемь частей и проводим радиусы-векторы $01'$, $02'$, $03'$, ... $08'$. Дугами, проведенными из центра O , переносим точку 1 с шага на радиус-вектор $01'$, точку 2 на $02'$, точку 3 на $03'$ и т. д. Через полученные точки $A_1, A_2, A_3, \dots, A_8$ проводим кривую линию — спираль Архимеда (один оборот).

Эвольвента круга (рис. 2.65) — это плоская кривая, образуемая точкой на прямой, которая перемещается без скольжения по неподвижной окружности заданного радиуса. Эта кривая иногда называется разверткой окружности.

Построение эвольвенты начинается с деления заданной окружности на произвольное число равных частей, например двенадцать. В точках $1, 2, 3$ и т. д. проводим касательных к окружности. На каждой из этих касательных последовательно откладываем длину окружности, равную $\pi D/12$, в точке 1 , затем $2\pi D/12$ — в точке 2 и т. д. На касательной к точке 12 откладываем длину окружности, равную πD . Соединяя последовательно плавной кривой по лекалу полученные точки $1', 2', 3'$ и т. д., получим кривую, называемую эвольвентой.

Синусоида (рис. 2.66) — это кривая, образуемая точкой, которая совершает одновременно два движения: равномерно поступательное и возвратно-поступательное в направлении, перпендикулярном к направлению первого движения.

Для построения синусоиды заданную окружность радиуса R делим на произвольное число равных частей, например двенадцать. Проводим прямую AB , которая должна равняться длине окружности $2\pi R$, и делим ее на такое же число частей. Восставляя перпендикуляры к прямой AB из точек деления $1, 2, 3$ и т. д. и пересекая их прямыми, проведенными через точки деления окружности, получим при пересечении искомые точки синусоиды A_1, A_2, A_3 и т. д.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как можно построить углы в 75° , 125° и 150° , не прибегая к транспортиру?
2. Что значит вычертить деталь в масштабе 2:1?
3. Как построить правильный вписанный пятиугольник?
4. Как разделить окружность на n равных частей?
5. Что такое внешнее сопряжение?
6. Что такое внутреннее сопряжение?
7. Дайте формулировку трех положений, необходимых для построения сопряжений с заданным радиусом.
8. Дайте формулировку трех положений, необходимых для построения сопряжений с заданной точкой сопряжения.
9. Как правильно пользоваться лекалом при обводке чертежа?
10. Как правильно работать с тушью?
11. Какова последовательность обводки чертежа тушью?

РАЗДЕЛ ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

2

ГЛАВА ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

3

3.1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Начертательная геометрия изучает методы точного изображения пространственных форм на плоскости, графические способы решения задач и геометрические свойства фигур.

Изучение начертательной геометрии развивает общее научное мышление человека, совершенствует его пространственное представление и, как всякая наука, развивается, исходя из практических потребностей общества.

Отображением в геометрии называют соответствие любой точки K фигуры Φ единственной точке K_1 фигуры Φ_1 .

Посредством отображений начертательная геометрия позволяет исследовать геометрические свойства предметов, а законы начертательной геометрии являются основой для построения изображений на чертежах.

Чертежом называется плоское изображение пространственного предмета, построенное по законам начертательной геометрии с помощью чертежных инструментов. Изображение предмета должно соответствовать отображению множеств, являющихся основным понятием математики. Нет такой области инженерно-технической деятельности, где начертательная геометрия не имеет применения.

Все задачи начертательной геометрии решаются в пространстве, поэтому очень важно правильно изображать прямую, плоскость и их сочетание.

Для построения плоскости предполагается, что она может быть построена, если найдены элементы, определяющие ее положение в пространстве, т.е. что можно построить плоскость, проходящую через три заданные точки: через прямую и точку вне ее, через две пересекающиеся или две параллельные прямые. Также предполагается, что если даны две пересекающиеся плоскости, то дана и линия их пересечения, т.е. что можно найти линию пересечения двух плоскостей и, что если дана плоскость, то в ней можно выполнить все построения, которые выполнялись в планиметрии. Следовательно, для того, чтобы выполнить какое-либо построение, надо правильно представить в пространстве прямую и плоскость и уметь оперировать с ними.

Будем считать, что прямая и плоскость в пространстве бесконечны и задавать прямую можно отрезком, а плоскость — ограниченным участком правильной или неправильной формы.

Способность пространственного представления приобретает не сразу, а вырабатывается в процессе основательного изучения теоретичес-

Продолжение табл. 3.1

кого материала, самостоятельного решения задач и анализа задач, решенных другими.

При прохождении курса черчения нельзя ограничиваться только копированием чертежей. Необходимо все построения мысленно представлять в пространстве, что дает возможность твердо усвоить предмет.

3.2. СИМВОЛЫ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

3.1. СИМВОЛЫ, ВЫРАЖАЮЩИЕ ОТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ОБРАЗАМИ

Символ	Наименование	Пример чтения
=	Равны	$AB = BC$ – длины отрезков AB и BC равны Совпадают $AB = CD$ – прямая, проходящая через точки A и B , совпадает с прямой, проходящей через точки C и D
~	Подобны	$\triangle ABC \sim \triangle MNK$ – треугольники ABC и MNK подобны
	Параллельны	$a \parallel b$ – прямая a параллельна b
⊥	Перпендикулярны	$a \perp \alpha$ – a перпендикулярна плоскости α
∩	Скрещиваются	$a \cap b$ – прямые a и b скрещиваются
→	Отображаются	Фигура $\Phi_1 \rightarrow \Phi_2$ – фигура Φ_1 отображается на фигуру Φ_2
∈	Принадлежность	$A \in a$ – точка A принадлежит прямой a , или точка A лежит на прямой a
∋	Содержание	$b \ni M$ – прямая b проходит через точку M
∩	Пересечение	$b \cap \gamma = C$ – прямая b пересекает плоскость γ в точке C $a = \alpha \cap \beta$ – прямая a есть пересечение плоскостей α и β

Символ	Наименование	Пример чтения
∧	И	$A \cap B = x: (x \in A \wedge x \in B)$ Пересечение множеств A и B есть множество, состоящее из всех тех и только тех элементов x , которые принадлежат как множеству A , так и множеству B
∨	Или	$A \vee B = x: (x \in A \vee x \in B)$ Объединение множеств A и B есть множество, состоящее из всех и только тех элементов x , которые принадлежат хотя бы одному из множеств A или B , или A и B , или обоим
⇒	Следует	$(a \parallel c) \vee (b \parallel c) \Rightarrow a \parallel b$ – если две прямые параллельны третьей, то они параллельны между собой

Принятые в учебнике обозначения: A, B, C – точки пространства (прописные буквы латинского алфавита); A^1, A^2, A^3 – последовательность точек; a, b, c, a^1, b^1, c^1 – прямые и кривые линии пространства (строчные буквы латинского алфавита); α, β, γ – плоскости (буквы греческого алфавита); $\angle ABC, \angle B$ – угол с вершиной в точке B ; Π_1, Π_2, Π_3 – плоскости проекций; горизонтальная Π_1 , фронтальная Π_2 , профильная Π_3 ; A_1, A_2, A_3 – проекции точек: горизонтальная A_1 , фронтальная A_2 , профильная A_3 ; a_1, a_2, a_3 – проекции линий: горизонтальная a_1 , фронтальная a_2 , профильная a_3 ; $\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{\gamma}$ – углы наклона прямой к плоскостям проекций.

Следы прямой и плоскости: $M(M_1, M_2)$ – горизонтальный след прямой; $N(N_1, N_2)$ – фронтальный след прямой; $P(P_1, P_2)$ – профильный след прямой; $a\Pi_1, a\Pi_2, a\Pi_3$ – следы плоскостей общего положения: горизонтальный $a\Pi_1$, фронтальный $a\Pi_2$, профильный $a\Pi_3$; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – следы проецирующих плоскостей.

Задание прямых и плоскостей на чертеже: $a(A, B)$ – прямая задана двумя точками A и B ; $\alpha(ABC)$ – плоскость задана тремя точками A, B и C ; $\beta(a, A)$ – плоскость задана прямой и точкой A ; $\gamma(a \cap b)$ – плоскость задана пересекающимися прямыми; $\delta(c \parallel d)$ – плоскость задана параллельными прямыми c и d .

Линия уровня: горизонталь h ; фронталь f ; линия ската r .

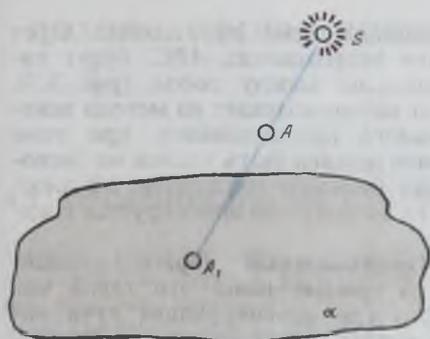


Рис. 3.1

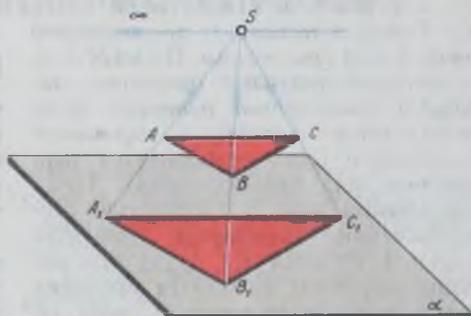


Рис. 3.2

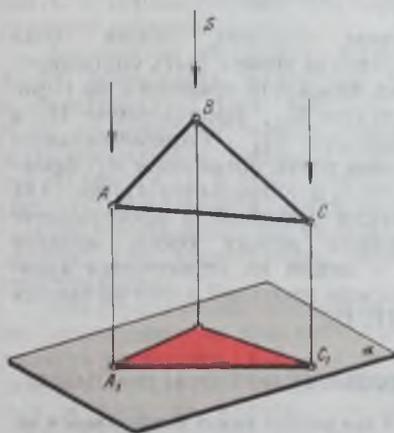


Рис. 3.3

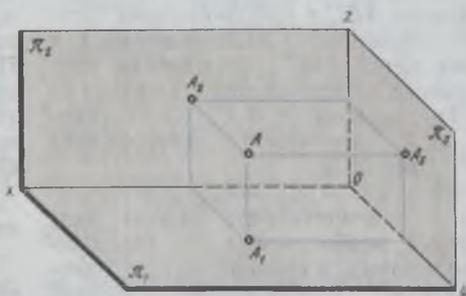


Рис. 3.4

3.3. МЕТОДЫ ПРОЕЦИРОВАНИЯ

Исходя из различных методов изображения, начертательная геометрия содержит четыре основных раздела, а именно: ортогональные проекции, проекции с числовыми отметками, аксонометрические проекции, перспективные проекции. Графические задачи, которые решаются одним методом, можно решить и любым другим. Но какой-то один будет наиболее удобен.

Все разделы начертательной геометрии пользуются одним методом —

методом проецирования, поэтому чертежи, применяемые не только в начертательной геометрии, носят название проекционных чертежей.

Метод проецирования заключается в том, что любая из множества точек пространства может быть спроецирована с помощью проецирующих лучей на любую поверхность. Для этого представим некоторую заданную поверхность (рис. 3.1) и точку A в пространстве. При проведении луча из точки S через точку A в направлении поверхности послед-

ний пересечет ее в некоторой точке A_1 . Точку A называют *проецируемой точкой*, или *оригиналом*. Плоскость α , на которой получают проекцию, называют *плоскостью проекций* (если выполняется чертеж) и *картинной плоскостью* (если выполняется перспектива или аксонометрия). Точка пересечения луча с плоскостью (поверхностью) называется *проекцией точки A*. Прямая AA_1 (луч), при помощи которого находится проекция точки, называется *проецирующим лучом*.

Центральный (конический) метод проецирования основан на том, что при проецировании на плоскость ряда точек (A, B, C и т. д.) все проецирующие лучи проходят через одну и ту же точку, называемую *центром проецирования*, или *полусом*.

Представим в пространстве треугольник ABC и проецирующие лучи, проходящие через данный полюс S и через точки ABC треугольника, проведенные до пересечения с плоскостью α . Треугольник $A_1B_1C_1$ будет центральной проекцией треугольника ABC (рис. 3.2).

Метод центрального проецирования не удовлетворяет целому ряду условий, необходимых для технического чертежа, а именно: не дает однозначности изображения, полной ясности всех геометрических форм, как внешних, так и внутренних, не обладает удобоизмеримостью, не имеет простоты изображения.

Метод параллельного проецирования заключается в том, что все прое-

цирующие лучи, проходящие через точки треугольника ABC , будут параллельны между собой (рис. 3.3). Этот метод вытекает из метода центрального проецирования, при этом полюс должен быть удален на бесконечно большое расстояние от плоскости, на которую проецируется предмет.

Ортогональный (прямоугольный) метод проецирования — это такой метод, когда проецирующие лучи параллельны между собой и перпендикулярны к плоскости проекции (см. рис. 3.3). Данный метод — частный случай параллельного проецирования.

Таким образом, любая точка пространства может быть спроецирована на плоскость проекций: на горизонтальную Π_1 , фронтальную Π_2 и профильную Π_3 . Горизонтальную проекцию точки обозначим A_1 , фронтальную A_2 и профильную A_3 (рис. 3.4). Плоскости проекций в пространстве составляют между собой прямые углы, а линии их пересечения являются осями проекций и обозначаются OX, OY, OZ .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. В чем разница между центральным и параллельным методами проецирования?
2. Что называется проекцией?
3. Что такое плоскость проекций?
4. Как обозначаются плоскости проекций?
5. Что такое ось проекций?
6. Какой метод проецирования называется ортогональным, или прямоугольным?
7. Как спроецировать точку на взаимно перпендикулярные плоскости проекций?

ГЛАВА ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ

4

4.1. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ

Чтобы спроецировать данную в пространстве точку A , необходимо из нее опустить перпендикуляр на данную горизонтальную плоскость Π_1 (рис. 4.1). Точка A_1 будет проекцией точки A и основанием перпендикуляра, опущенного на данную плоскость, а перпендикуляр AA_1 — *проецирующим перпендикуляром*.

Достаточно ли одной проекции, чтобы определить положение точки в пространстве? Нет, так как одна и та же проекция может принадлежать нескольким точкам A^1, A^2, A^3 и т. д. (рис. 4.2). В этом случае говорят, что такой чертеж необратим, т. е. что по одной проекции нельзя определить, где расположена точка в пространстве.

Для определения положения точки по отношению к плоскости нужно указать расстояние точки A от плоскости в некоторых линейных единицах и дать на чертеже эту цифру (указав при этом масштаб, в котором выполнено изображение). Последнее будет соответствовать способу проекций с числовыми отметками (рис. 4.3).

Положение точки в пространстве будет определено, если данную точку спроецировать на две взаимно перпендикулярные плоскости, например, на горизонтальную Π_1 и на фронтальную Π_2 (рис. 4.4, а). Полученные две проекции A_1 и A_2 соответствуют только одному положению точки в пространстве.

Для получения чертежа две взаимно перпендикулярные плоскости Π_1 и Π_2 разворачиваются в одну плоскость с нанесением на них проекций A_1 и A_2 . Причем две эти проекции,

относящиеся к одной точке в пространстве, должны лежать на одной линии связи $A_2 A_x A_1$ (рис. 4.4, б), перпендикулярной к оси проекций.

Рассмотрим проецирование точки на три взаимно перпендикулярные плоскости: Π_1, Π_2, Π_3 (рис. 4.5). Положение любой точки в пространстве определяется расстояниями от плоскостей проекций, что соответствует декартовой прямоугольной системе координат.

Координатами называют числа, которые служат для определения положения точки в пространстве. Координату x называют *абсциссой*, y — *ординатой* и z — *апplikатой*. Абсцисса определяет расстояние точки от плоскости Π_3 , ордината от плоскости Π_2 и апplikата от плоскости Π_1 . Например, при построении точки по координатам $x = 30, y = 20, z = 18$ следует отложить по оси абсцисс 30 мм, по оси ординат 20 мм, а по оси апplikат 18 мм.

Если даны две проекции точки, то по ним можно найти третью проекцию, так как все проекции связаны между собой линиями связи. Для этого проводим прямую под углом 45° к оси Y или проводим дугу из точки O , соединяющую линию связи.

Так же можно определить расстояние от осей проекций (рис. 4.6). Например, расстояние от оси Y до точки A в пространстве определяется на фронтальной плоскости проекций от точки O — начала координат до фронтальной проекции A_2 . Расстояние от оси X определяется на профильной плоскости проекций от начала координат до профильной проекции A_3 , а от оси Z на горизонтальной плоскости проекций отрезком OA_1 .

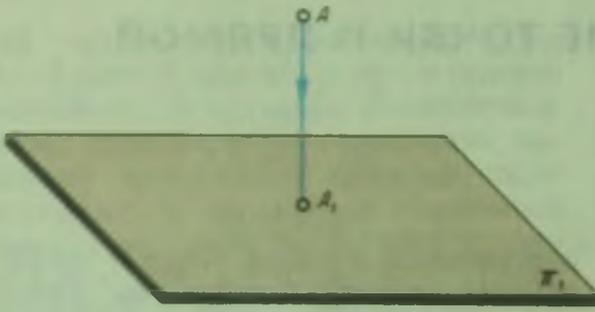


Рис. 4.1

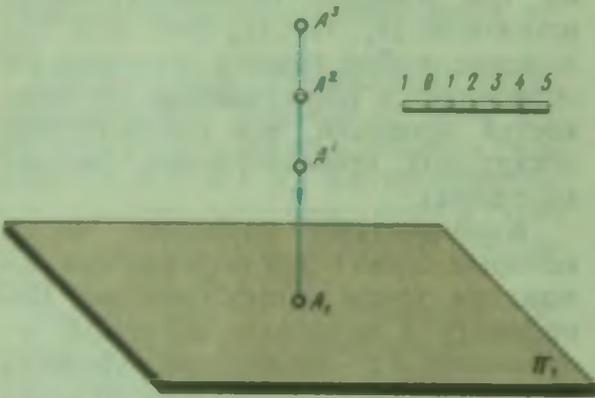


Рис. 4.2

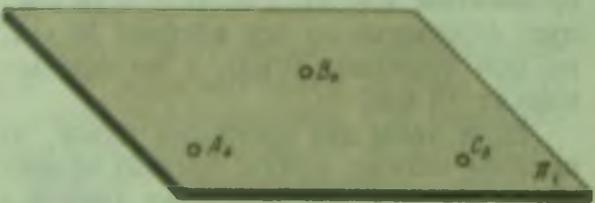


Рис. 4.3

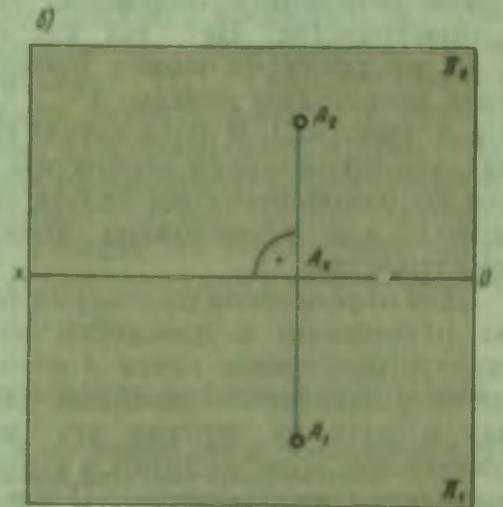
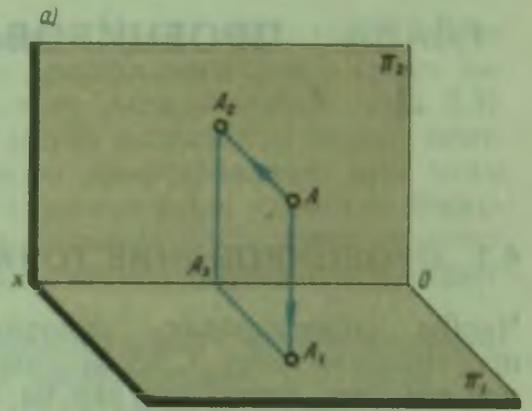


Рис. 4.4

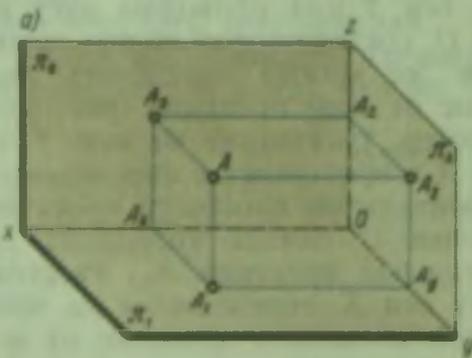
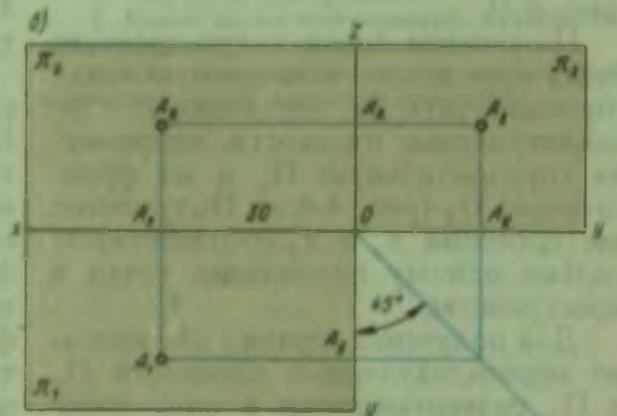


Рис. 4.5



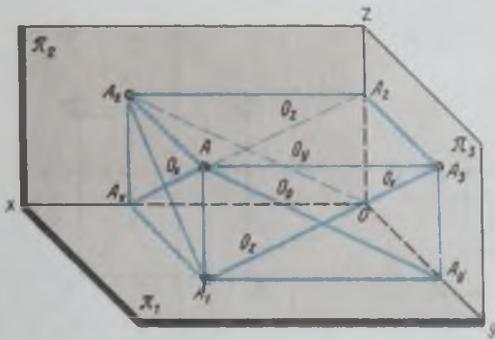


Рис. 4.6

На рис. 4.7 дана ось проекций OX и проекции нескольких точек. Для того, чтобы определить где в пространстве находится точка A , представим себе плоскости проекций Π_1 и Π_2 , пересекающиеся между собой под прямым углом, и из точек A_1 и A_2 восставим к ним перпендикуляры, точка пересечения которых между собой определит положение точки A в пространстве. Так же определим расстояние точки B до плоскостей Π_2 и Π_1 . Точка $C \in \Pi_2$, так как $y = 0$, а точка $D \in \Pi_1$, так как $z = 0$.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Прочитайте чертежи, данные на рис. 4.8, и определите: какая из точек лежит на оси проекций; какая расположена дальше от плоскости Π_1 , Π_2 , Π_3 ; какая принадлежит плоскости Π_1 , Π_2 , Π_3 ; какая из точек расположена на одинаковом расстоянии от всех плоскостей проекций.
2. Проанализируйте построение точек по заданным координатам: $A(80, 20, 40)$; $B(50, 0, 20)$; $C(30, 26, 0)$. Постройте три проекции каждой точки (рис. 4.9). Решение. 1) Проведем оси проекций. 2) Отложим из точки O по оси X расстояние 80 мм для точки A , 50 мм для точки B и 30 мм для точки C . 3) Из полученных точек A_x, B_x, C_x восставим перпендикуляры, на которых отложим вниз соответственно 20; 0; 20 мм, а вверх 40; 20; 0 мм. 4) Найдем третью проекцию: для чего от точки O проведем постоянную прямую под углом 45° и затем линии связи для всех точек. 5) Построим наглядное изображение всех точек и определим положение каждой из них.
3. Сколько проекций точки необходимо, чтобы определить ее положение в пространстве?
4. Почему одна проекция точки не определяет положение точки в пространстве?

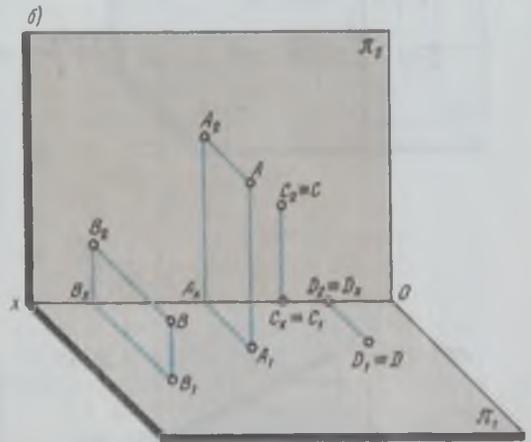
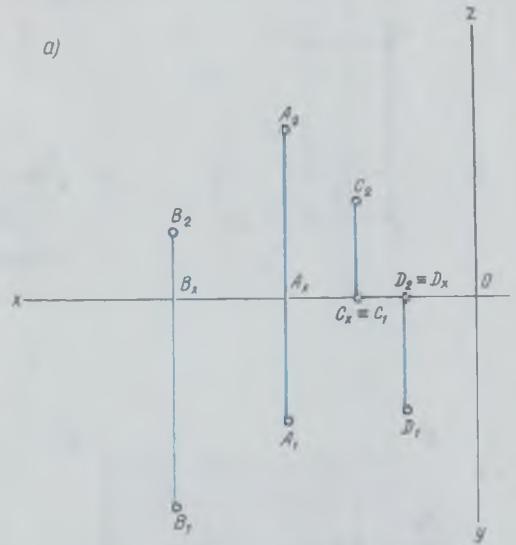


Рис. 4.7

5. Где находятся расстояния на чертеже от точки в пространстве до плоскостей проекций?
6. Как найти расстояния от точки до осей проекций?

4.2. ПРОЕКЦИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ

Чтобы спроецировать отрезок прямой AB , из крайних точек отрезка опускают перпендикуляры на плоскость проекций, полученные основания A_1, B_1 соединяют прямой, которая и будет проекцией данного отрезка (рис. 4.10).

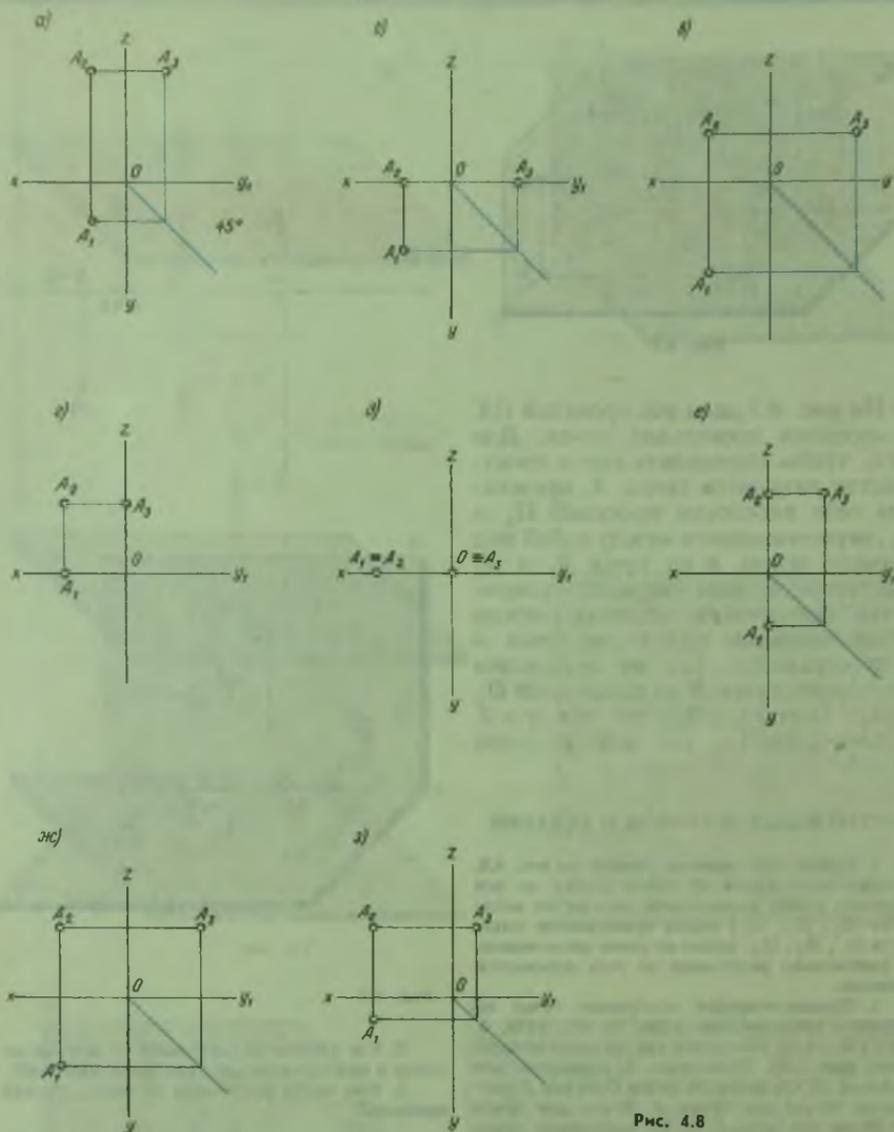


Рис. 4.8

Проекция прямой — всегда прямая.
 Для доказательства этого через отрезок проведем плоскость α , перпендикулярную плоскости проекций Π_1 . Плоскости Π_1 и α пересекутся по прямой A_1B_1 , которая будет проекцией данного отрезка.

Решая обратную задачу, убеждаемся в том, что одна проекция не определяет положение прямой в пространстве (рис. 4.11), так как эта же проекция может соответствовать многим прямым, расположенным в той же проецирующей плоскости.

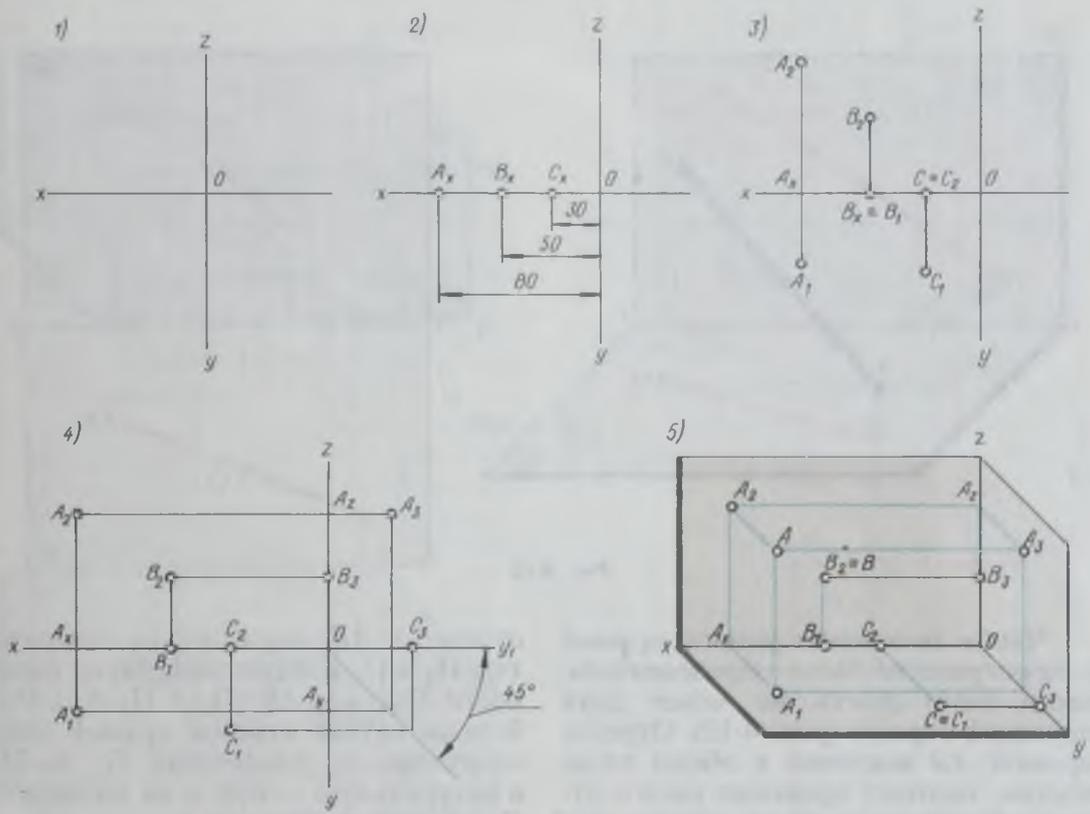


Рис. 4.9

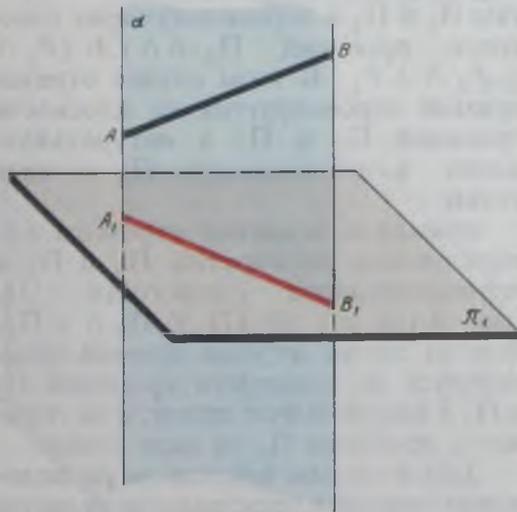


Рис. 4.10

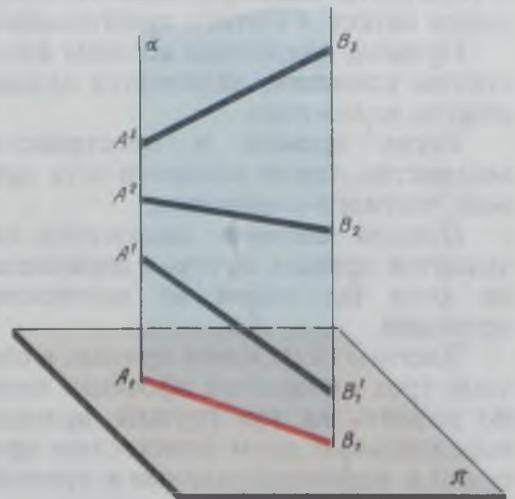


Рис. 4.11

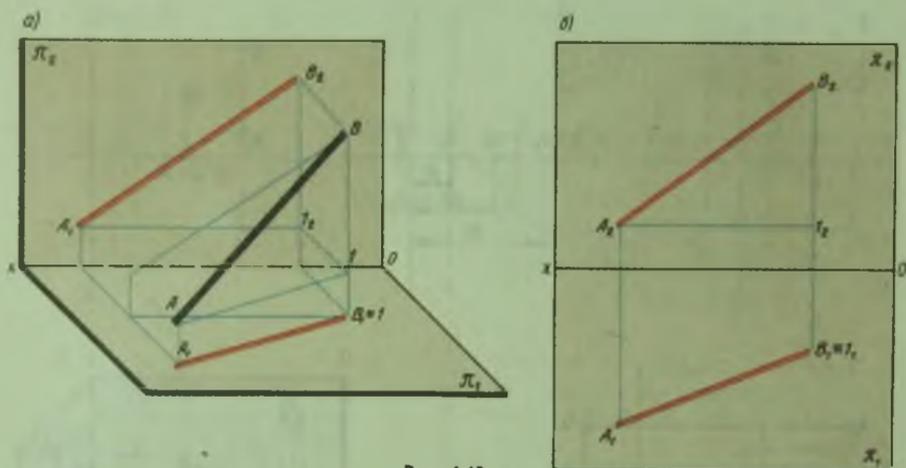


Рис. 4.12

Чтобы положение данной прямой в пространстве было определенным, необходимо иметь не менее двух проекций отрезка (рис. 4.12). Отрезок прямой AB наклонен к обеим плоскостям, поэтому проекции такого отрезка будут меньше его самого, так как треугольник $AB1$ прямоугольный, и горизонтальная проекция AB будет равна катету $A1$ этого треугольника.

Прямая, наклонная ко всем плоскостям проекций, называется *прямой общего положения*.

Таких прямых в пространстве множество, среди которого есть прямые частного положения.

Прямой частного положения называется прямая, которая параллельна хотя бы одной из плоскостей проекций.

Частные положения прямых в системе трех плоскостей проекций можно разбить на три группы: прямые, параллельные двум плоскостям проекций и перпендикулярные к третьей; параллельные одной плоскости проекций, а к двум другим направлены под углом; лежащие в плоскостях проекций.

К первой группе относятся: прямая a (рис. 4.13), заданная

отрезком AB , параллельна плоскостям Π_1 и Π_2 и перпендикулярна плоскости Π_3 , $a \vee AB \parallel \Pi_1 \wedge \Pi_2 \wedge \perp \Pi_3$. В этом случае отрезок прямой проецируется на плоскостях Π_1 и Π_2 в натуральную длину, а на плоскость Π_3 — в виде точки;

прямая b (рис. 4.14), заданная отрезком CD , параллельна плоскостям Π_1 и Π_3 и перпендикулярна плоскости проекций Π_2 : $b \wedge CD \parallel \Pi_1 \wedge \Pi_3 \wedge \perp \Pi_2$. В этом случае отрезок прямой спроецируется на плоскости проекций Π_1 и Π_3 в натуральную длину, а на плоскость Π_2 — в виде точки;

прямая c , заданная отрезком EF , параллельна плоскостям Π_2 и Π_3 и перпендикулярна плоскости Π_1 (рис. 4.15) $c \vee EF \parallel \Pi_2 \wedge \Pi_3 \wedge \perp \Pi_1$. В этом случае отрезок прямой проецируется на плоскости проекций Π_2 и Π_3 в натуральную длину, а на плоскость проекций Π_1 — в виде точки.

Характерным признаком расположения прямой в пространстве является проекция, которая изображается в виде точки. *Прямые, перпендикулярные к плоскостям проекций, называются проецируемыми прямыми.*

Ко второй группе относятся:

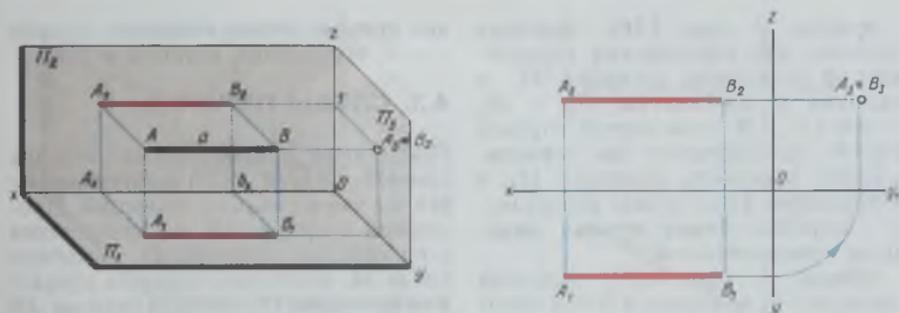


Рис. 4.13

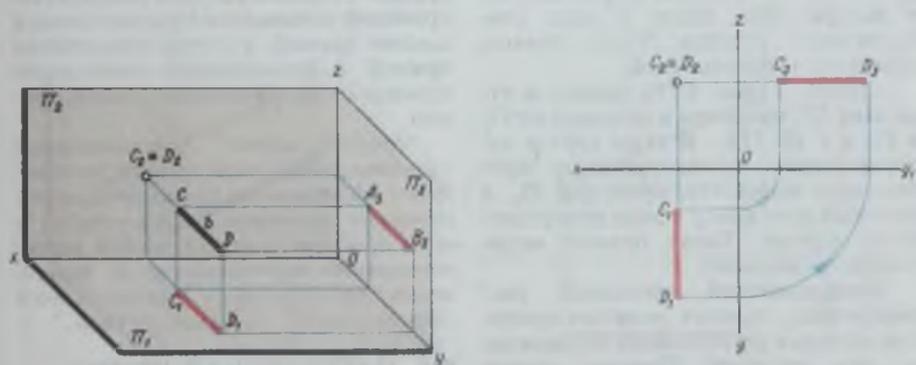


Рис. 4.14

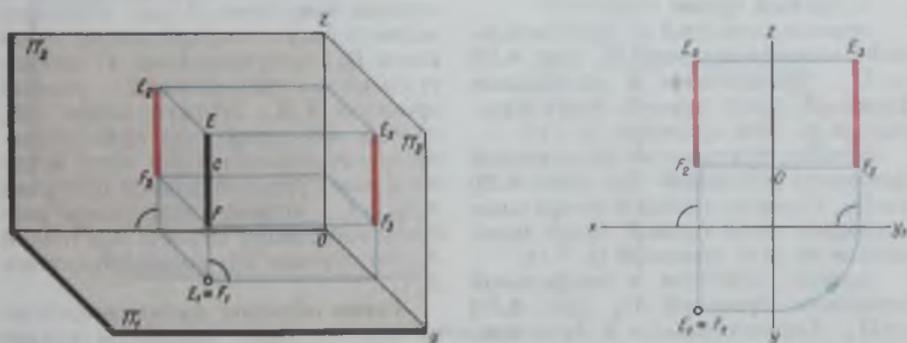


Рис. 4.15

прямая a (рис. 4.16), заданная отрезком AB , параллельна горизонтальной плоскости проекций Π_1 и наклонна к плоскостям Π_2 и Π_3 $a \vee AB \parallel \Pi_1$. В этом случае отрезок прямой проецируется на горизонтальную плоскость проекций Π_1 в натуральную длину в виде конгруэнтного отрезка. Такая прямая называется *горизонтальной*;

прямая b (рис. 4.17), заданная отрезком CD , наклонна к плоскостям Π_1 и Π_3 $b \vee CD \parallel \Pi_2$. В этом случае отрезок прямой проецируется на фронтальную плоскость проекций Π_2 в натуральную длину в виде конгруэнтного отрезка. Такая прямая называется *фронтальной*;

прямая c (рис. 4.18), заданная отрезком EF , наклонна к плоскостям Π_1 и Π_2 $c \vee EF \parallel \Pi_3$. В этом случае отрезок прямой проецируется на профильную плоскость проекций Π_3 в натуральную длину в виде конгруэнтного отрезка. Такая прямая называется *профильной*.

Определяющей проекцией рассмотренных прямых является проекция, которая расположена параллельно оси проекций. Прямые, параллельные плоскостям проекций, называются *прямыми уровня*.

К третьей группе относятся:

прямая, лежащая в горизонтальной плоскости проекций Π_1 (рис. 4.19) $a \in \Pi_1$. Фронтальная и профильная проекции такой прямой будут находиться на осях проекций ($x \wedge y$);

прямая, лежащая во фронтальной плоскости проекций Π_2 (рис. 4.20) $b \in \Pi_2$. Горизонтальная и профильная проекции такой прямой будут находиться на осях проекций ($x \wedge z$);

прямая, лежащая в профильной плоскости проекций Π_3 (рис. 4.21) $c \in \Pi_3$. Горизонтальная и фронтальная проекции будут находиться на осях проекций ($y \wedge z$).

Анализируя частные положения отрезков прямых в пространстве, видно, что нас окружают именно та-

кие прямые линии, например кромки стола, угол стены, плинтус и т. д.

4.3. СЛЕДЫ ПРЯМОЙ

Представим в пространстве отрезок прямой AB (рис. 4.22) и спроецируем его на две плоскости проекций. Продолжая отрезок AB до пересечения с плоскостью проекций Π_1 , получим точку M , в которой сойдется прямая и ее проекция. Продолжая отрезок AB до пересечения с плоскостью Π_2 , получим точку N . Точка пересечения прямой с горизонтальной плоскостью проекций называется *горизонтальным следом прямой*, а точка пересечения прямой с фронтальной плоскостью проекций – *фронтальным следом прямой*.

Чтобы найти горизонтальный (фронтальный) след прямой, необходимо фронтальную (горизонтальную) проекцию продлить до пересечения с осью проекций и из полученной точки восстановить перпендикуляр до пересечения с продолжением горизонтальной (фронтальной) проекции прямой.

4.4. НАТУРАЛЬНАЯ ДЛИНА ОТРЕЗКА

Для нахождения натуральной длины отрезка через точку A (рис. 4.23) проведем прямую, параллельную плоскости Π_1 , получим катет $A1$ прямоугольного треугольника, равный проекции A_1B_1 . В треугольнике $AB1$ прямая AB – гипотенуза прямоугольного треугольника, один катет которого равен горизонтальной проекции $A_1B_1 \parallel A1$, второй катет равен разности расстояний точки B над точкой A , это отрезок $B1$, равный проекции B_21_2 .

Таким образом, *натуральная длина отрезка равна гипотенузе прямоугольного треугольника, один катет которого равен одной из проекций отрезка, а другой – разности расстояний концов второй проекции от оси проекций.*

Натуральная длина отрезка

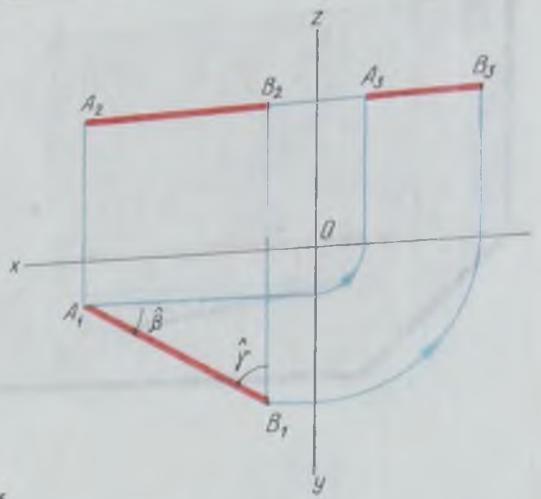
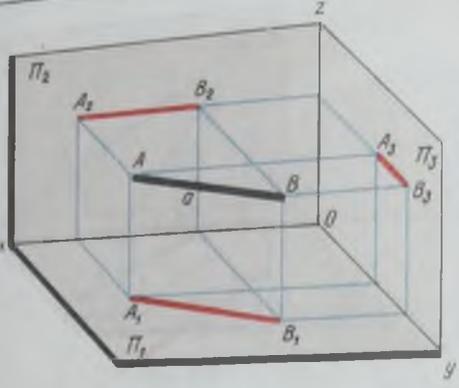


Рис. 4.16

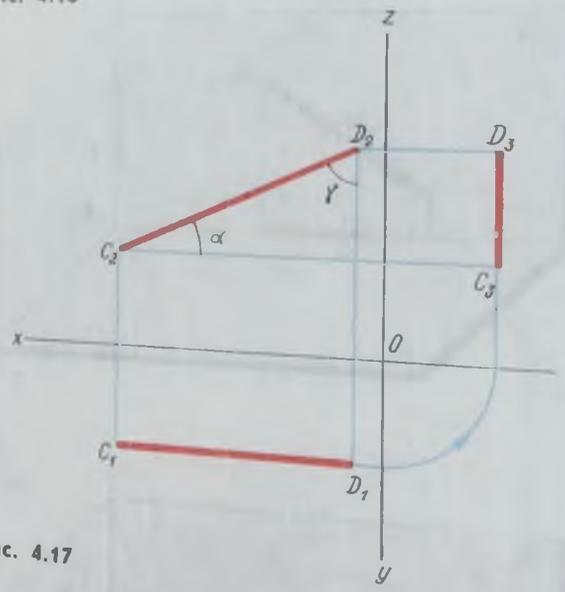
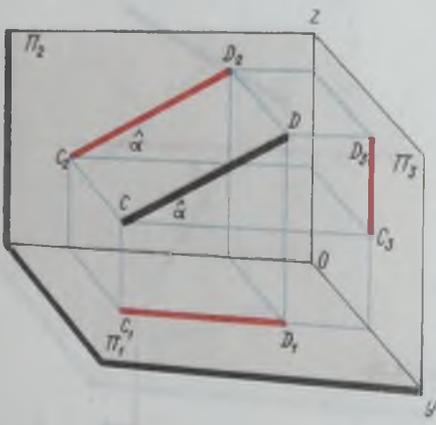


Рис. 4.17

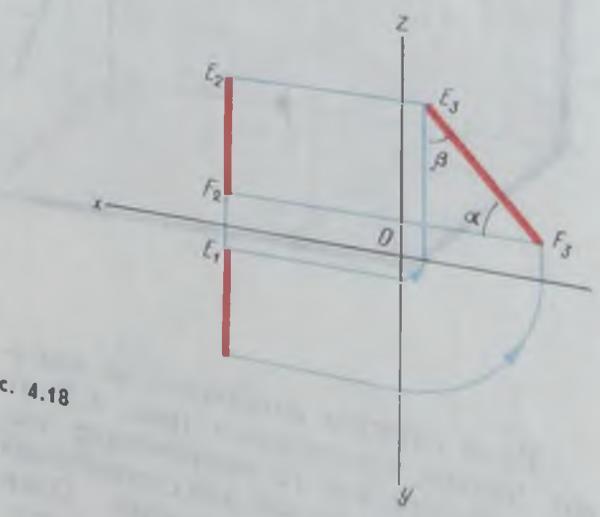
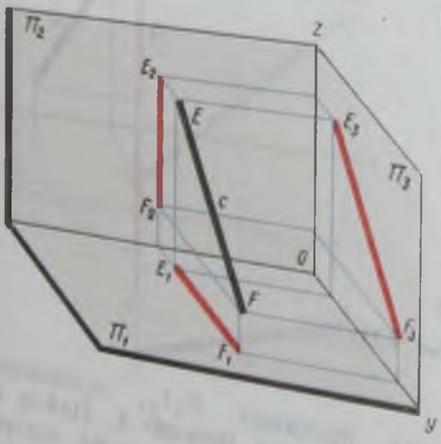


Рис. 4.18

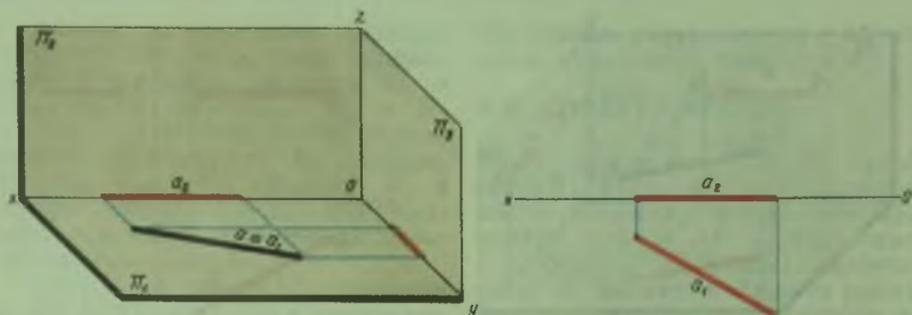


Рис. 4.19

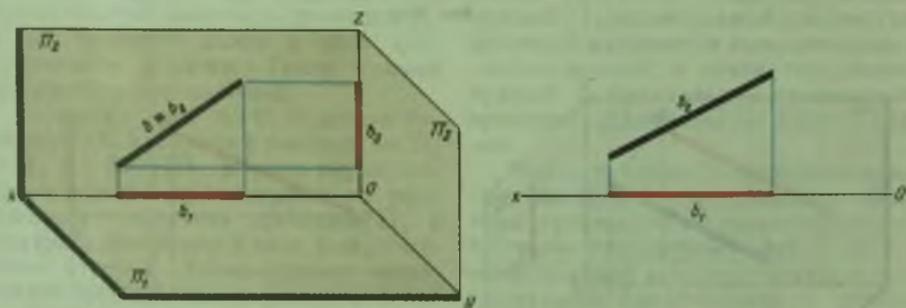


Рис. 4.20

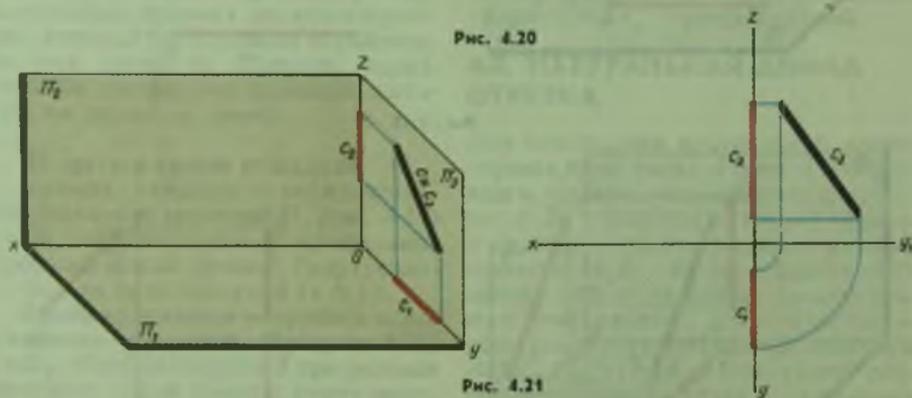


Рис. 4.21

Если отрезок изображен на чертеже двумя проекциями (рис. 4.23, а), то имеются все геометрические элементы, необходимые для определения натуральной длины отрезка. Один катет — горизонтальная проекция прямой A_1B_1 , второй катет — фронтальная

проекция B_2A_2 , превышение точки B над точкой A . Найдя все элементы треугольника на чертеже, построим его на горизонтальной плоскости проекций. Для этого в точке B_1 восставим перпендикуляр к проекции A_1B_1 и на нем отложим

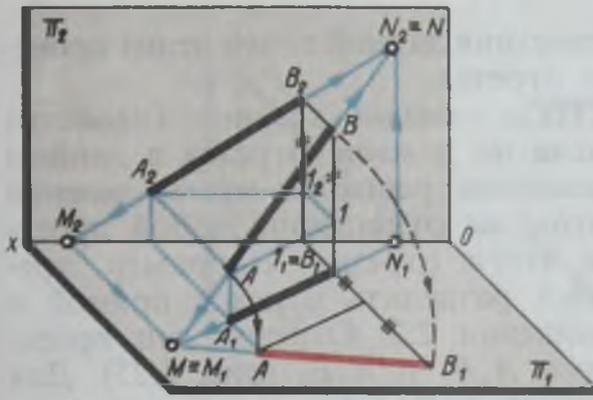
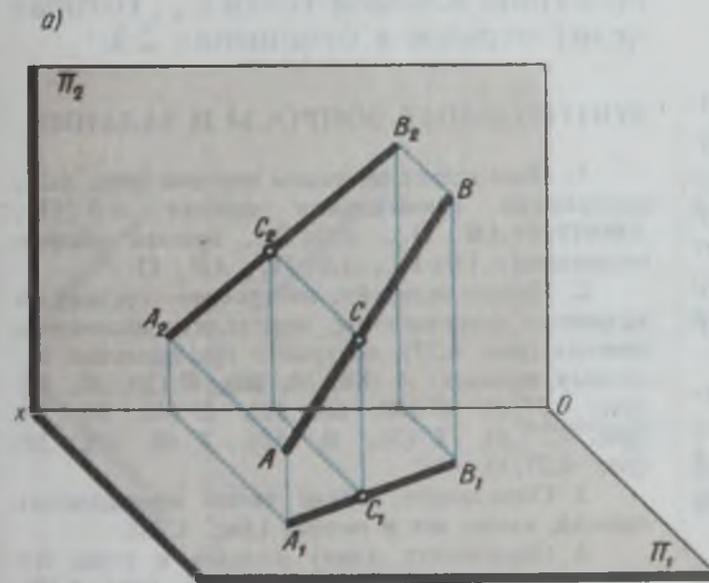


Рис. 4.22



б)

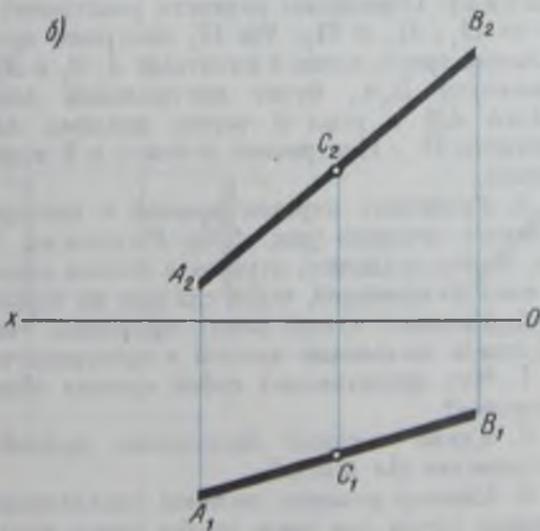
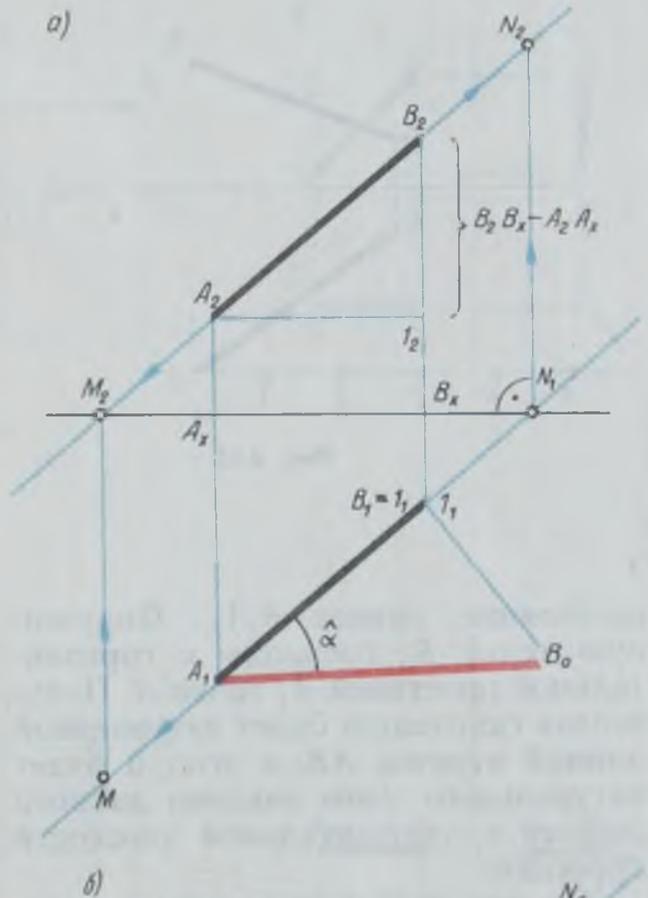


Рис. 4.24



б)

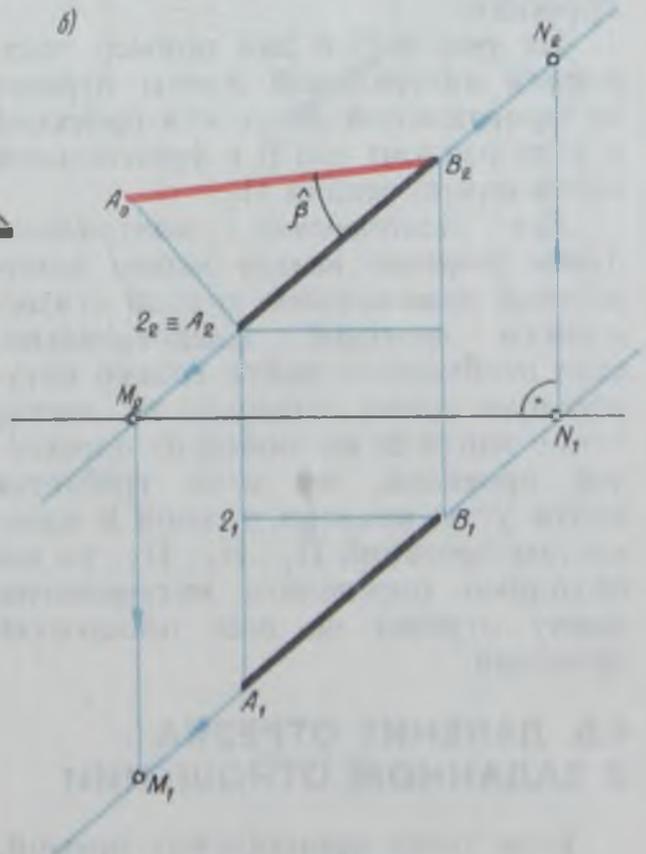


Рис. 4.23

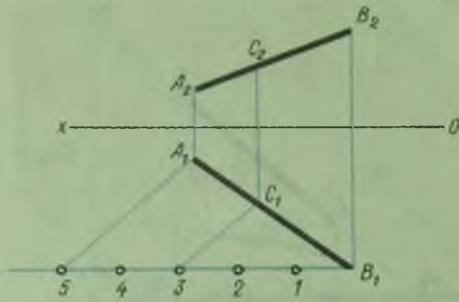


Рис. 4.25

расстояние, равное B_21_2 . Полученную точку B_0 соединим с горизонтальной проекцией A_1 точки A . Полученная гипотенуза будет натуральной длиной отрезка AB , а угол $\hat{\alpha}$ будет натуральным углом наклона данного отрезка к горизонтальной плоскости проекций.

На рис. 4.23, б дан пример построения натуральной длины отрезка на фронтальной плоскости проекций и угла наклона его β к фронтальной плоскости проекций Π_2 .

Без нахождения натуральной длины отрезка нельзя найти натуральный угол наклона прямой к плоскостям проекций. Следовательно, если необходимо найти только натуральную длину отрезка, то достаточно найти ее на любой из плоскостей проекций, но если требуется найти углы наклона прямой к плоскостям проекций Π_1, Π_2, Π_3 , то необходимо определить натуральную длину отрезка на всех плоскостях проекций.

4.5. ДЕЛЕНИЕ ОТРЕЗКА В ЗАДАННОМ ОТНОШЕНИИ

Если точка принадлежит прямой, то ее проекции должны лежать на проекциях этой прямой, на одной линии связи (рис. 4.24).

Точка, принадлежащая отрезку, делит его в таком же отношении, что

и проекция данной точки делит проекции отрезка.

На основании указанного свойства задача на деление отрезка в данном отношении решается путем деления в этом же отношении любой проекции этого отрезка. Например, требуется разделить отрезок прямой в отношении 2:3. Отрезок дан проекциями A_1B_1 и A_2B_2 (рис. 4.25). Для решения достаточно разделить одну из проекций на пять равных частей и, взяв от точки A_1 две части, получим проекцию искомой точки C_1 , которая делит отрезок в отношении 2:3.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Определите на каком чертеже (рис. 4.26) изображена фронтальная прямая $AB \parallel \Pi_2$, $AB \parallel \Pi_1$, $AB \perp \Pi_3$, $AB \in \Pi_1$, прямая общего положения — $AB \in \Pi_3$, $AB \in \Pi_2$, $AB \perp \Pi_1$.

2. Проанализируйте построение отрезков по заданным координатам, определите положение прямых (рис. 4.27), постройте три проекции заданных прямых: $A(80, 30, 40)$, $B(20, 30, 40)$ (рис. 4.27, а), $C(40, 60, 10)$, $D(40, 10, 20)$ (рис. 4.27, б), $E(50, 0, 50)$, $F(0, 60, 20)$ (рис. 4.27, в).

3. Определите, какие точки принадлежат прямой, какие нет и почему (рис. 4.28).

4. Определите длину отрезка и углы его наклона к плоскостям проекций (рис. 4.29). Решение. Определим разность расстояний точек от Π_1, Π_2 и Π_3 . На Π_1 построим прямоугольный треугольник с катетами A_1B_1 и B_21_2 . Гипотенуза B_0A_1 будет натуральной длиной отрезка AB , а угол $\hat{\alpha}$ — углом наклона AB к плоскости Π_1 . Построение углов α и β ясно из чертежа.

5. Разделить отрезок прямой в пропорции «золотого сечения» (рис. 4.30). Решение. Для того, чтобы разделить отрезок в любом отношении одну из проекций, что и сделано на чертеже.

6. Сколько нужно иметь проекций, чтобы определить положение прямой в пространстве?

7. Что представляет собой прямая общего положения?

8. Какие частные положения прямой в пространстве вы знаете?

9. Какому условию должны удовлетворять проекции точки для того, чтобы точка принадлежала данной прямой?

10. Что такое след прямой линии?

11. Как находится натуральная длина отрезка?

12. Как разделить отрезок в данном отношении?

Деление отрезка в заданном отношении

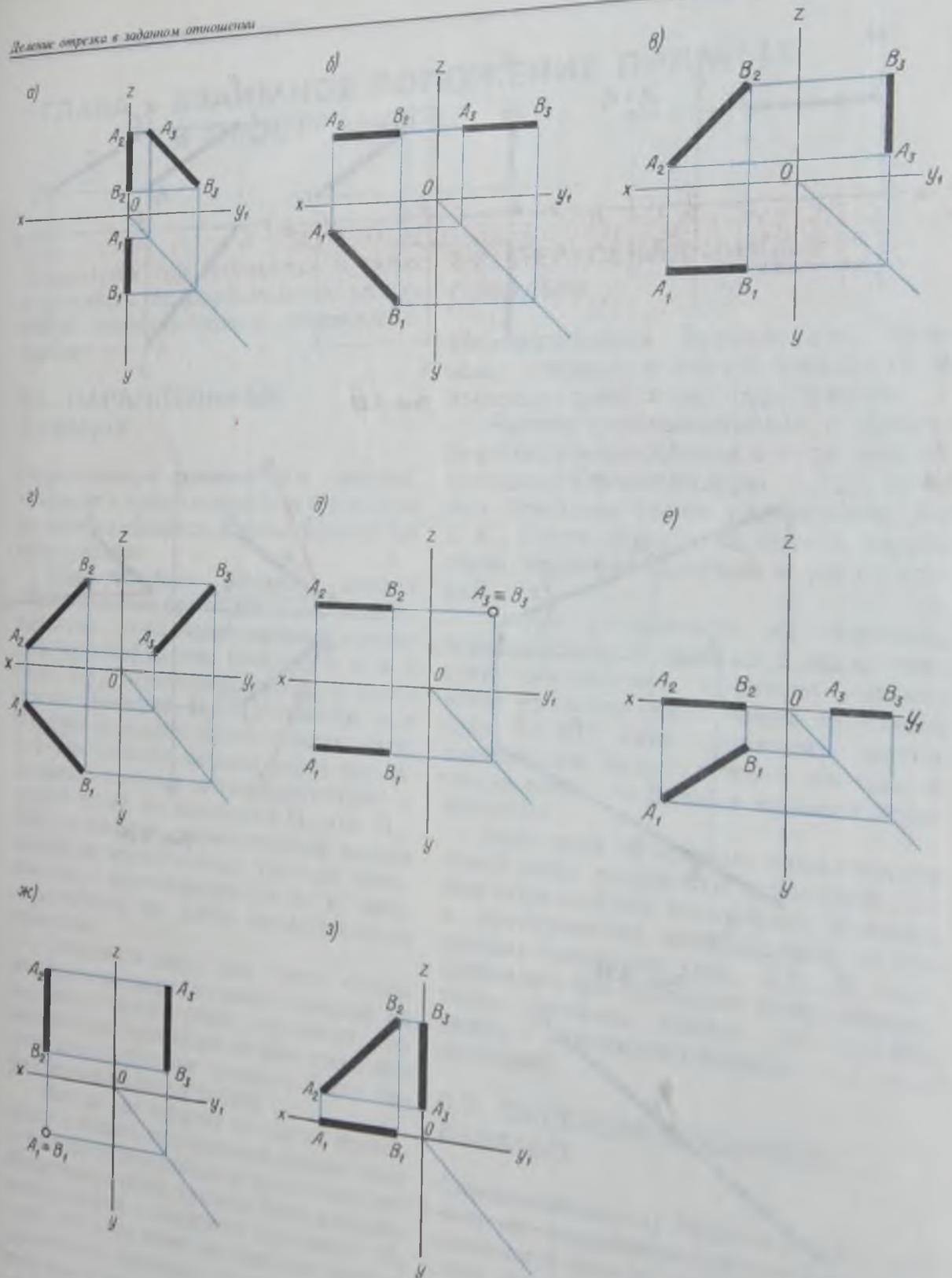


Рис. 4.26

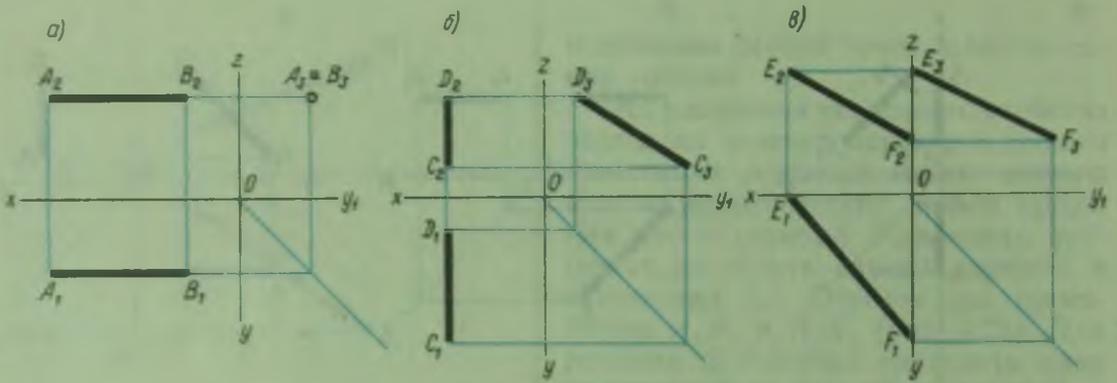


Рис. 4.27

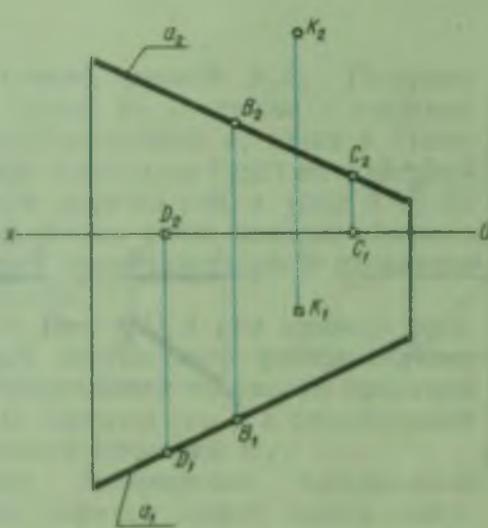


Рис. 4.28

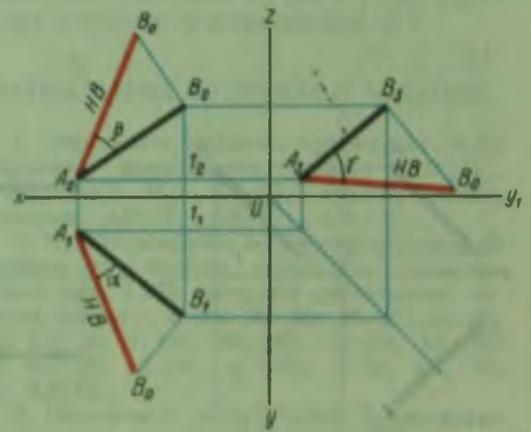


Рис. 4.29

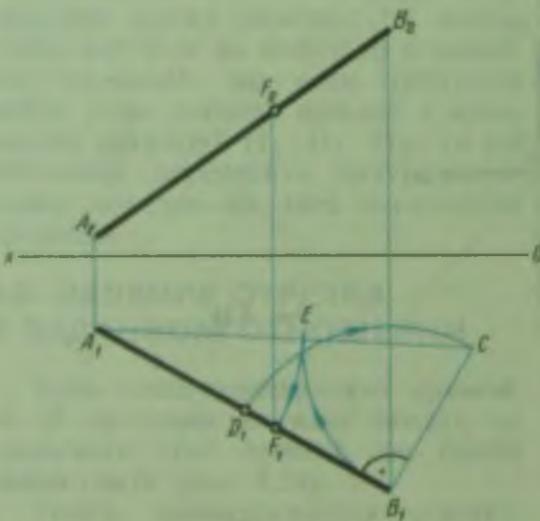


Рис. 4.30

ГЛАВА ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ

5

Рассмотрим три положения прямых в пространстве: параллельные между собой, пересекающиеся, скрещивающиеся.

5.1. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПРЯМЫЕ

Параллельные прямые — это прямые, лежащие в одной плоскости и никогда не пересекающиеся, сколько бы их ни продолжали.

Параллельные прямые имеют параллельные проекции. Для доказательства этого через прямые проведем проецирующие плоскости α и β (рис. 5.1), перпендикулярные к плоскости проекций P_1 . Плоскости α и β будут параллельными плоскостями, так как они проведены через параллельные прямые перпендикулярно к одной и той же плоскости P_1 или P_2 . Две плоскости, параллельные между собой и пересеченные третьей плоскостью, перпендикулярной к ним, пересекутся по двум параллельным прямым.

Следовательно, для того чтобы изобразить параллельные прямые на чертеже, достаточно провести на плоскостях проекций по две проекции отрезков, которые должны быть параллельны между собой.

Всегда ли можно по двум проекциям сделать правильное заключение о положении прямых в пространстве? Например, если прямые параллельны профильной плоскости проекций P_3 (рис. 5.2), то пока не найдем третью проекцию прямых, утверждать, что прямые в пространстве параллельны, нельзя. Если на третьей плоскости проекции отрезков будут параллельными, то такие прямые в пространстве параллельны.

5.2. ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПРЯМЫЕ

Пересекающиеся прямые — это прямые, лежащие в одной плоскости и имеющие одну точку пересечения.

Линии, пересекающиеся в пространстве, проецируются в виде пересекающихся проекций (рис. 5.3, а), причем проекции точки пересечения K_1 и K_2 будут лежать на одной линии связи, перпендикулярной к оси проекций.

Чтобы определить на чертеже, пересекаются ли прямые в пространстве, достаточно провести линию связи из точки пересечения проекций (рис. 5.3, б). Если проекции точки пересечения будут лежать на одной линии связи, то данные прямые пересекаются.

Если одна из прямых параллельна какой-либо плоскости проекций, то для определения положения прямых в пространстве необходимо найти третью проекцию (рис. 5.4). В этом случае все три проекции точки пересечения должны лежать на линиях связи, перпендикулярных к оси проекций.

5.3. СКРЕЩИВАЮЩИЕСЯ ПРЯМЫЕ

Скрещивающиеся прямые — это прямые не параллельные и не пересекающиеся между собой, т. е. эти прямые не имеют общей точки и не лежат в одной плоскости (рис. 5.5).

На чертеже две скрещивающиеся прямые выразятся двумя прямыми, не имеющими общих точек, т. е. точек, проекции которых лежали бы на одной линии связи. В этом случае нас будет интересовать, какая прямая

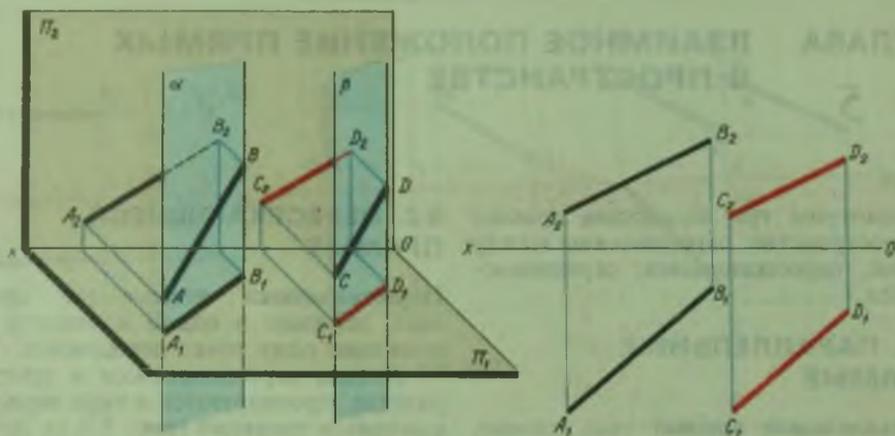


Рис. 5.1

проходит выше, а какая ниже, или какая ближе к нам и какая дальше от нас.

Для этого рассмотрим точки, у которых горизонтальные или фронтальные проекции совпадают, а другие нет. Например, точки M и N , которые на горизонтальной плоскости проекций совпадают, а их фронтальные проекции не совпадают, или точки K и L , у которых фронтальные проекции совпадают, а горизонтальные нет.

Точки, у которых совпадают горизонтальные или фронтальные проекции, а другие проекции точек не совпадают, называются конкурирующими. Такие точки служат для определения видимости. Например, какая прямая AB или CD видны на горизонтальной плоскости проекций в точке совпадения проекций M и N . Проведя линию связи до фронтальных проекций прямых, видим, что проекция N_2 , расположенная на фронтальной проекции C_2D_2 , находится выше, чем проекция M_2 , расположенная на проекции A_2B_2 . Следовательно, прямая CD проходит над прямой AB . Так же определяется видимость в точках K и L . В этом случае определим, какая точка, а следовательно, и прямая в этой точке ближе к нам. Проведя

линию связи, видим, что точка L ближе, чем точка K , которая расположена на прямой CD .

5.4. ВЗАИМНО ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫЕ ПРЯМЫЕ ИЛИ ПРОЕЦИРОВАНИЕ ПРЯМОГО УГЛА

Прямой угол между двумя пересекающимися прямыми проецируется в натуральный размер только в том случае, когда одна из сторон угла параллельна плоскости проекций. Представим себе в пространстве два взаимно перпендикулярных отрезка $AB \perp BC$ (рис. 5.6). Отрезок BC параллелен горизонтальной плоскости проекций Π_1 , и он проецируется в виде конгруэнтного отрезка B_1C_1 , параллельного отрезку BC .

Для доказательства через прямые AB и BC проведем плоскости, перпендикулярные горизонтальной плоскости проекций Π_1 , т.е. проецирующие плоскости, которые будут перпендикулярны между собой и составят прямой двугранный угол. Если прямой двугранный угол пересечен третьей плоскостью, перпендикулярной к плоскостям α и β , то эта плоскость будет перпендикулярна и к

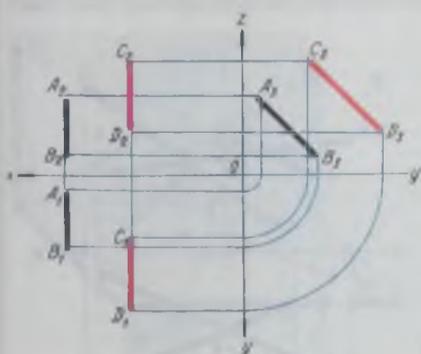


Рис. 5.2

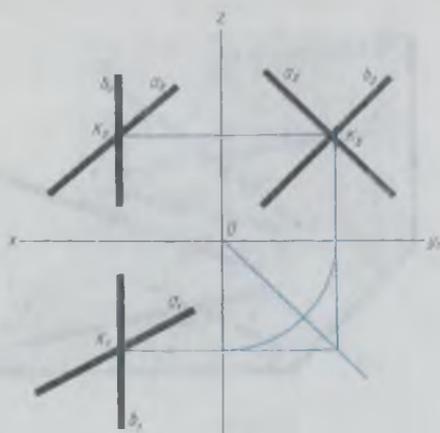


Рис. 5.4

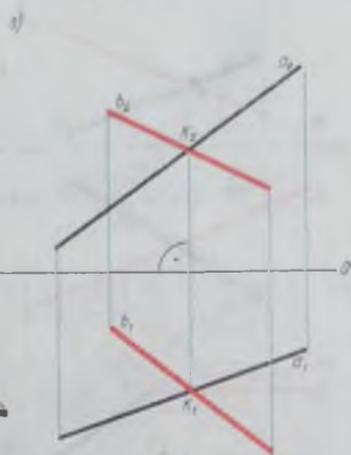
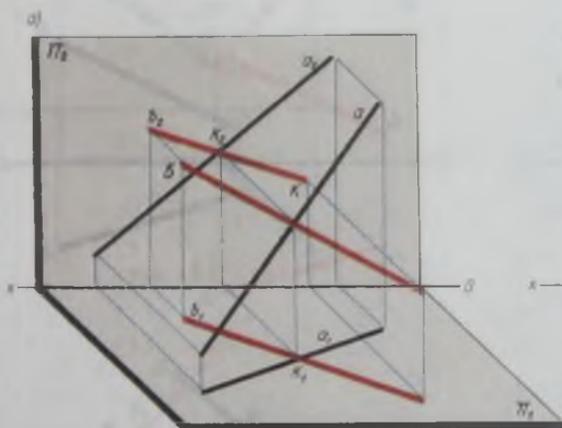


Рис. 5.3

общему ребру BB_1 этих плоскостей, а линии пересечения A_1B_1 и B_1C_1 , являясь проекциями AB и BC , составят линейный угол двугранного угла.

Для построения прямого угла (рис. 5.7) проведем одну сторону параллельно горизонтальной плоскости проекций $\Pi_1: BC \parallel \Pi_1$. В этом примере прямая BC и прямой угол будут

проецироваться на плоскость Π_1 в натуральный размер.

Если одна сторона прямого угла будет параллельна фронтальной плоскости проекций (рис. 5.8), то прямой угол будет проецироваться в натуральный размер на фронтальную плоскость проекций.

Приведенное выше доказатель-

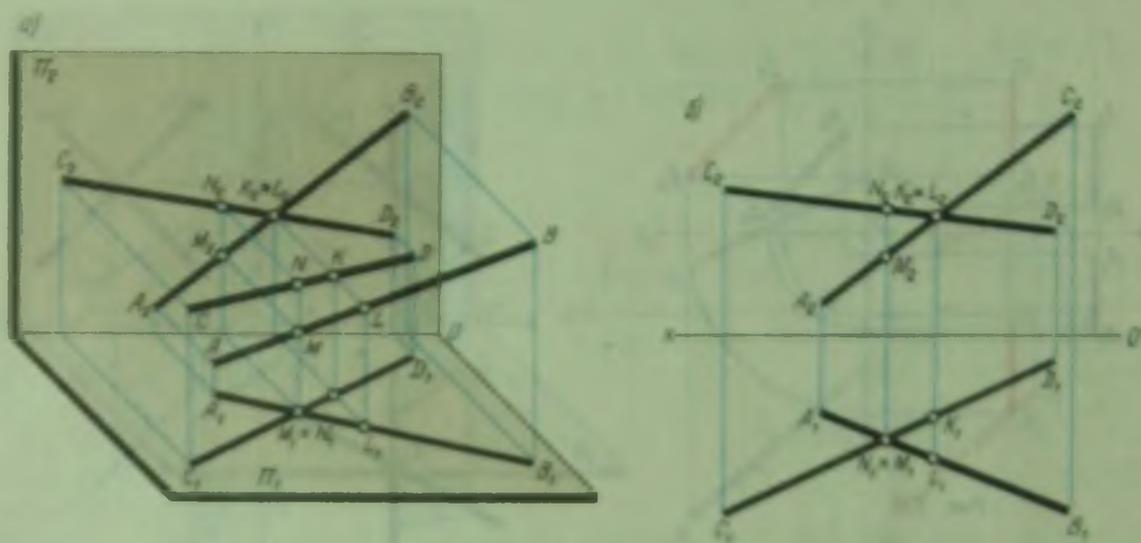


Рис. 3.8

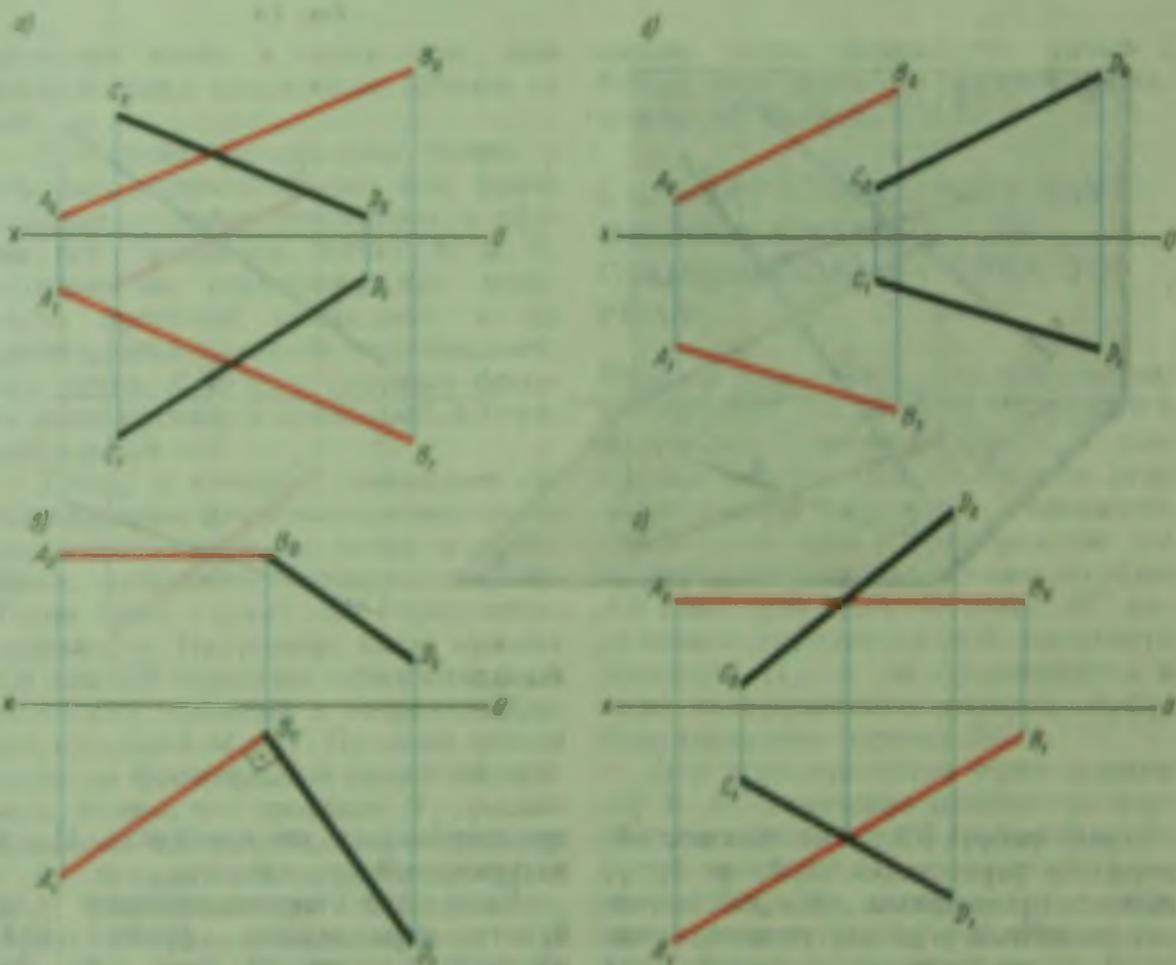


Рис. 3.9

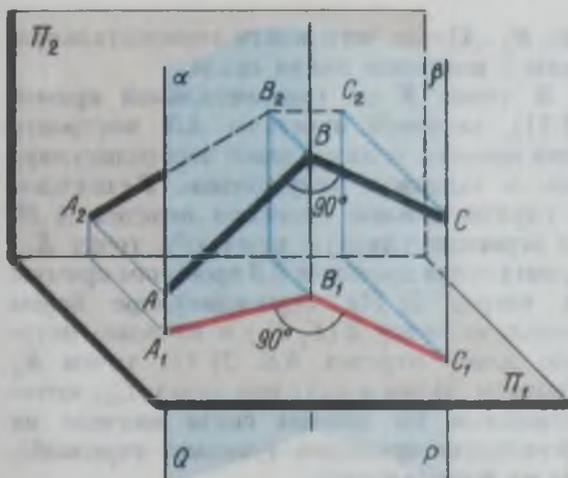


Рис. 5.6

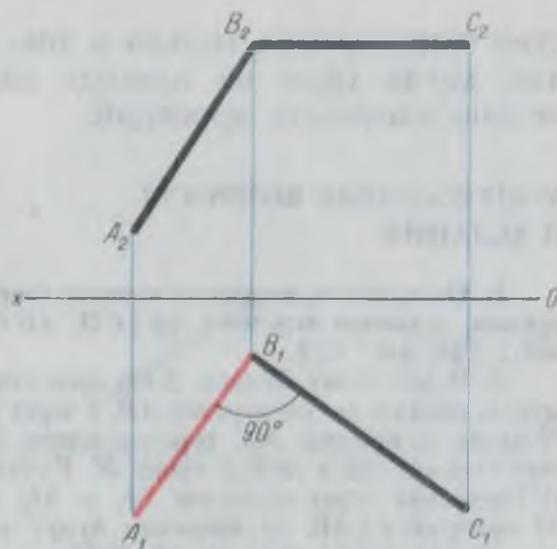


Рис. 5.7

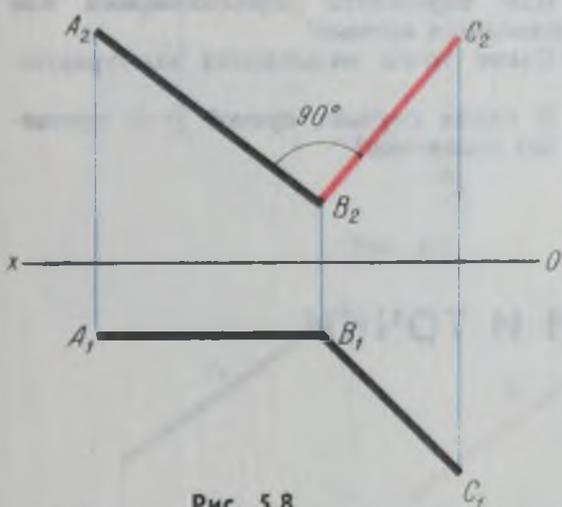


Рис. 5.8

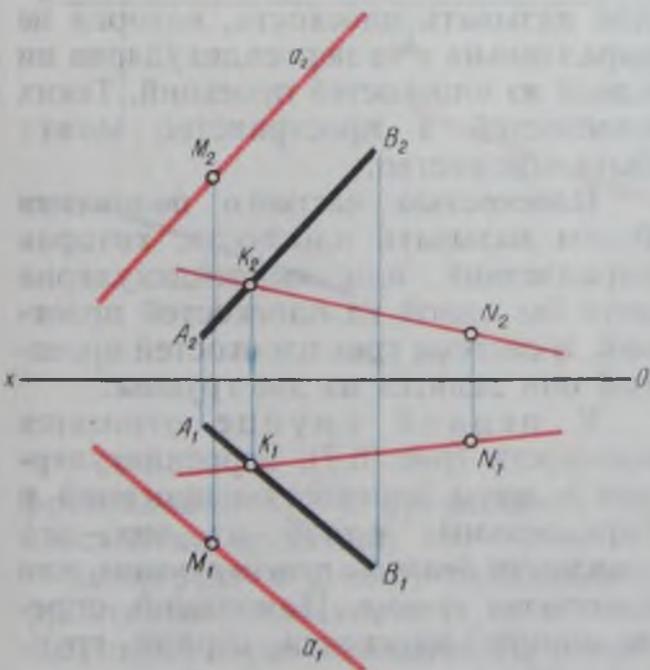
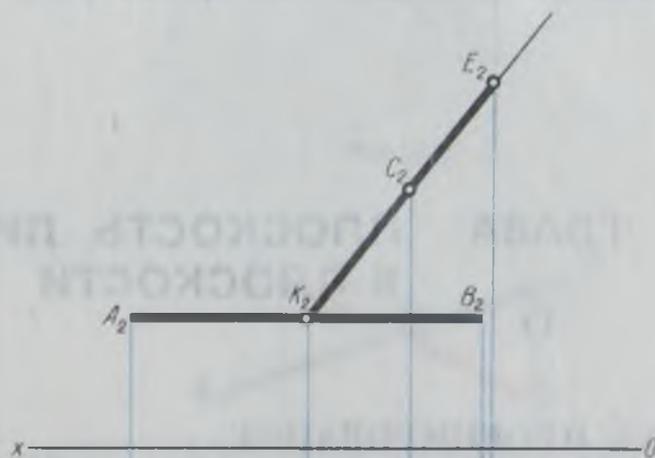


Рис. 5.10

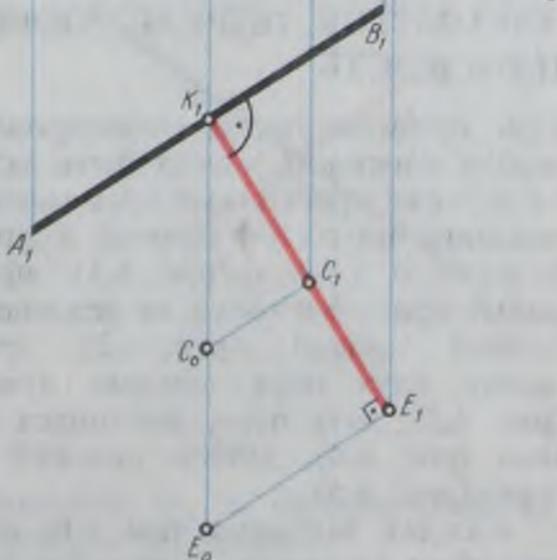


Рис. 5.11

ство имеет смысл только в том случае, когда одна из прямых параллельна плоскости проекций.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Определите, на каком чертеже (рис. 5.9) прямая, заданная отрезком $ab \parallel CD$, $ab \cap CD$, $ab \perp CD$, $ab \circ CD$.

2. Через точку M (рис. 5.10) провести прямую a , параллельную отрезку AB , а через точку N провести прямую NK , пересекающую заданный отрезок AB в любой точке K . Решение.

1) Проведем через проекции M_1 и M_2 точки M прямую $a \parallel AB$, ее проекции будут параллельны проекциям отрезка AB . 2) Из проекций N_1 и N_2 точки N проведем вначале одну проекцию так, чтобы она пересекла отрезок AB в точке K , например фронтальную проекцию A_1B_2

в точке K_2 . После чего найти горизонтальную проекцию с помощью линии связи.

3. В точке K на горизонтальной прямой (рис. 5.11), заданной отрезком AB , построить проекции прямого угла с длиной перпендикуляра в 30 мм в заданном направлении. Решение. 1) На горизонтальной проекции отрезка A_1B_1 строим перпендикулярную прямую в точке K_1 , а на фронтальной проекции AB проводим прямую вправо вверх. 2) На перпендикуляре берем произвольную точку $E(E_1E_2)$ и находим натуральную длину отрезка KE . 3) От точки K_1 откладываем 30 мм и находим точку C_0 , которую переносим по линиям связи вначале на горизонтальную проекцию (указано стрелкой), а затем на фронтальную.

4. Как изображаются на чертеже параллельные прямые?

5. Как определить пересекающиеся или скрещивающиеся прямые?

6. Какие точки называются конкурирующими?

7. В каких случаях прямой угол проецируется без искажения?

ГЛАВА ПЛОСКОСТЬ, ЛИНИИ И ТОЧКИ В ПЛОСКОСТИ

6

6.1. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПЛОСКОСТЬ

При ортогональном проецировании любая плоскость может быть задана на чертеже проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой в пространстве $\alpha (ABC)$ (рис. 6.1); проекциями прямой и точки, не лежащей на данной прямой (рис. 6.2); проекциями двух параллельных прямых (рис. 6.3), двух пересекающихся прямых (рис. 6.4), любой плоской фигуры (рис. 6.5).

Каждая заданная тем или иным способом плоскость может быть выражена линиями пересечения плоскости α с плоскостями проекций, которые называются следами (рис. 6.6).

Все плоскости можно разделить на плоскости общего положения и на плоскости частного положения.

Плоскостью общего положения будем называть плоскость, которая не параллельна и не перпендикулярна ни одной из плоскостей проекций. Таких плоскостей в пространстве может быть множество.

Плоскостью частного положения будем называть плоскость, которая параллельна или перпендикулярна хотя бы одной из плоскостей проекций. В системе трех плоскостей проекций они делятся на две группы.

К первой группе относятся плоскости (рис. 6.7), перпендикулярные к двум плоскостям проекций и параллельные одной из них, — это плоскости *дважды проецирующие*, или *плоскости уровня*. Положений, определяющих плоскости первой группы, — три:

плоскость $\alpha (ABC)$ параллельна горизонтальной плоскости проекций Π_1 (рис. 6.7, а), перпендикулярна

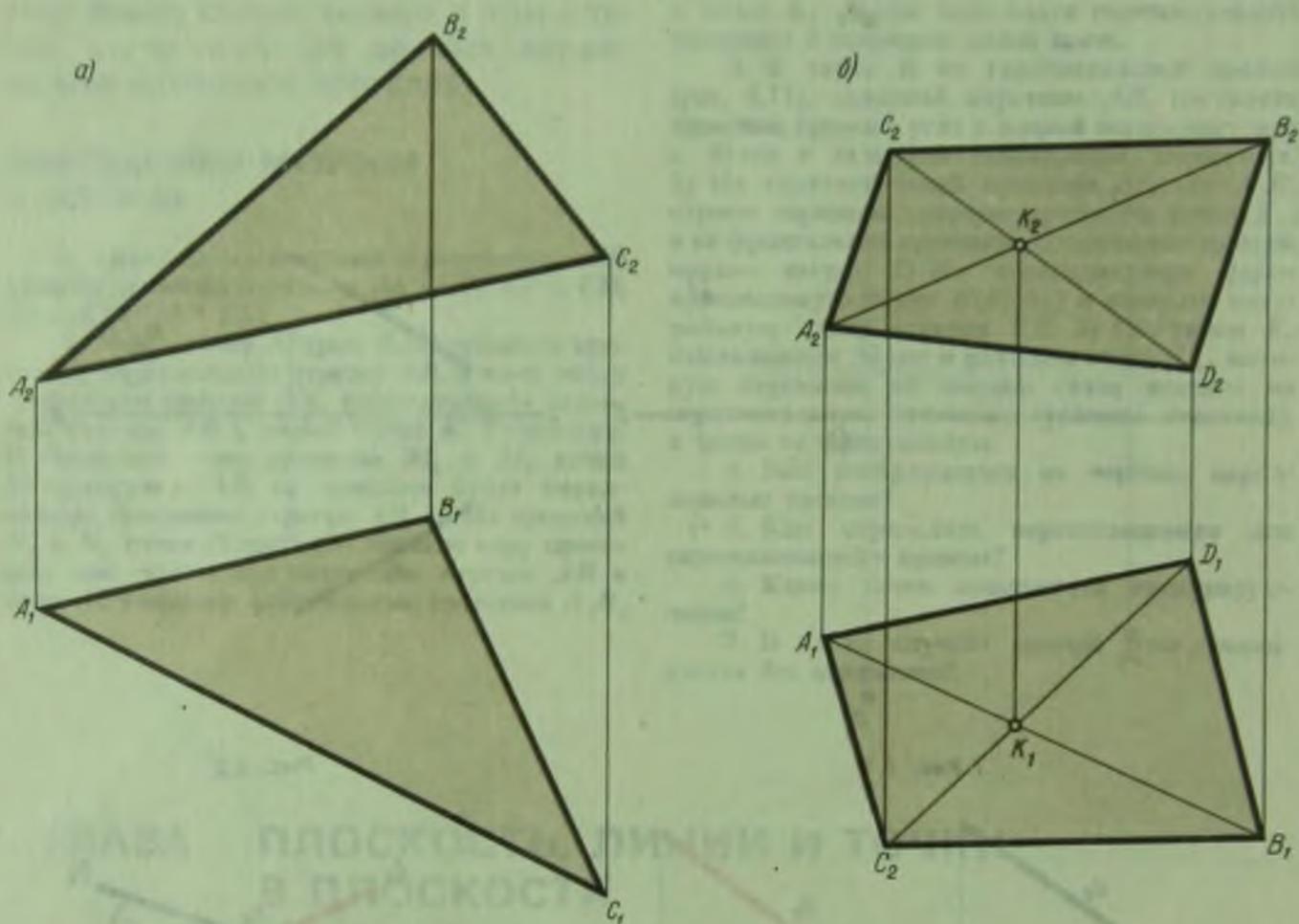


Рис. 6.5

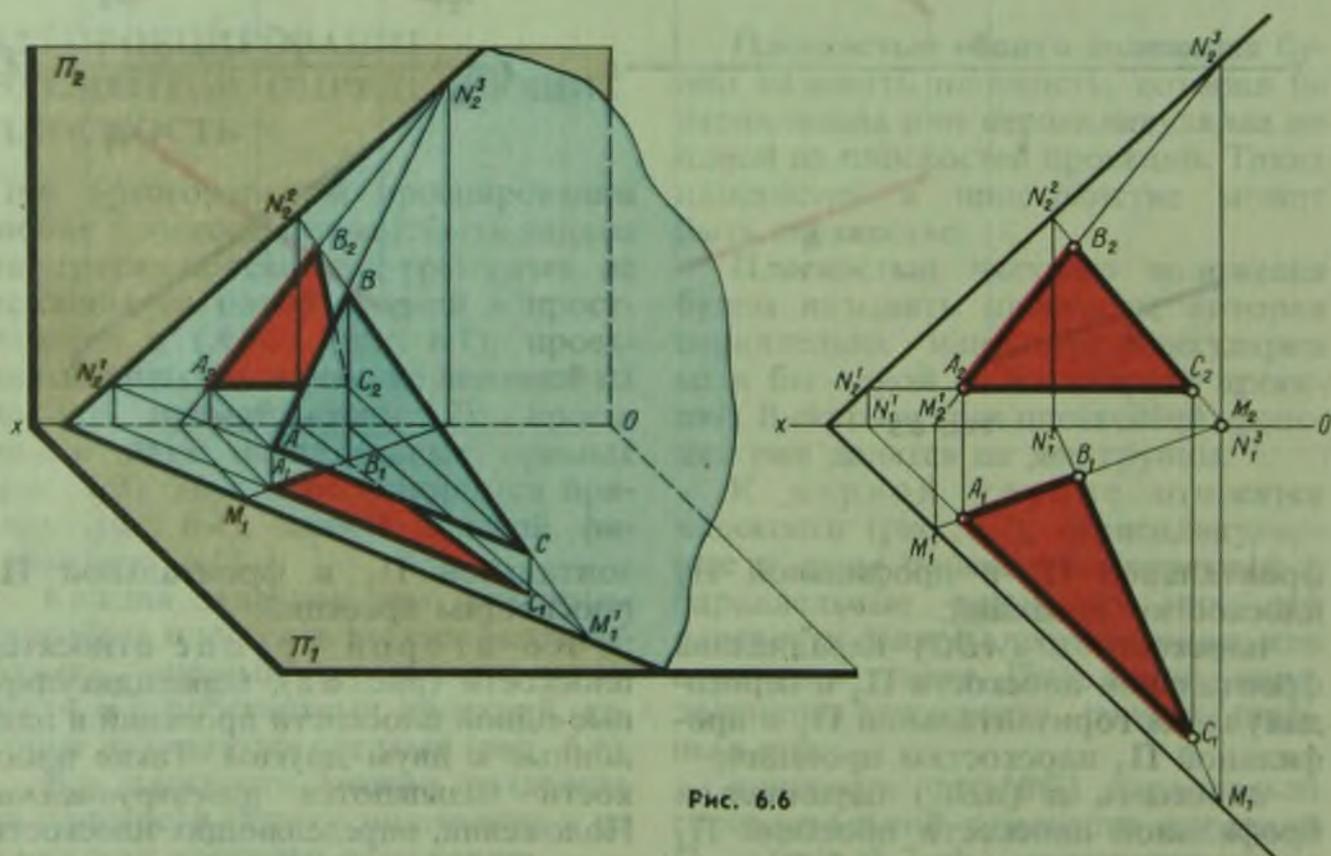


Рис. 6.6

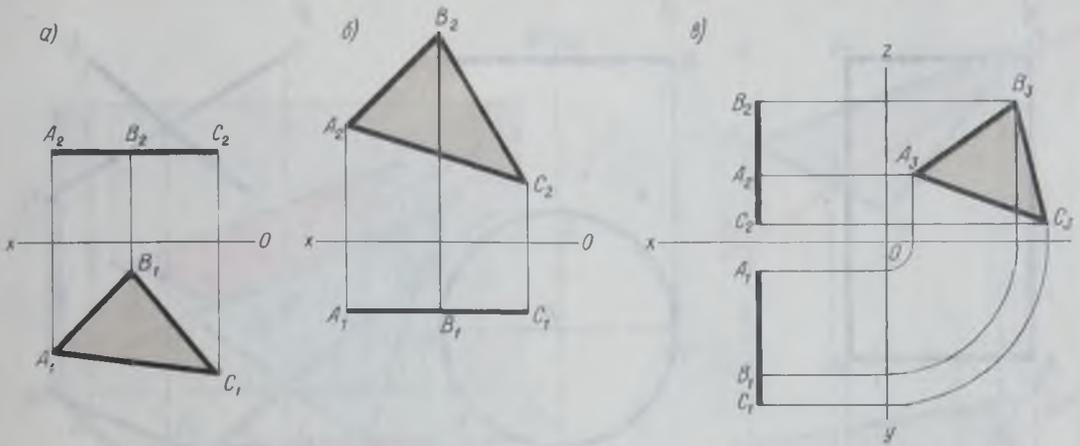


Рис. 6.7

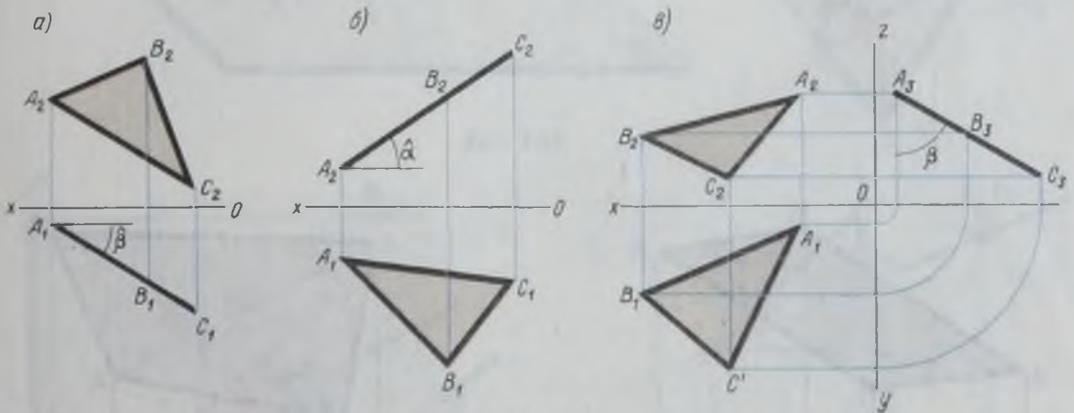


Рис. 6.8

плоскость α (ABC) перпендикулярна горизонтальной плоскости проекции Π_1 (рис. 6.8, а) и наклонна к фронтальной Π_2 и профильной Π_3 плоскостям проекций. Такая плоскость называется *горизонтально проецирующей*;

плоскость α (ABC) перпендикулярна (рис. 6.8, б) фронтальной плоскости проекций Π_2 и наклонна к горизонтальной Π_1 и профильной Π_3 плоскостям проекций. Такая плоскость называется *фронтально проецирующей*;

плоскость α (ABC) перпендикулярна (рис. 6.8, в) профильной плоскости проекций Π_3 и наклонна к горизонтальной Π_1 и фронтальной Π_2

плоскостям проекций. Такая плоскость называется *профильно проецирующей*.

Плоскости этих групп характерны тем, что проекции всех точек и линий, лежащих в этих плоскостях, будут находиться на той проекции, где плоскость изображается прямой линией. Последнее дает нам возможность знать, где расположена одна или две из проекций фигуры, принадлежащей этой плоскости.

Углы наклона проецирующих плоскостей к плоскостям проекций проецируются в натуральный размер.

Проецирующие плоскости могут быть заданы также различными плоскими фигурами: прямоугольником

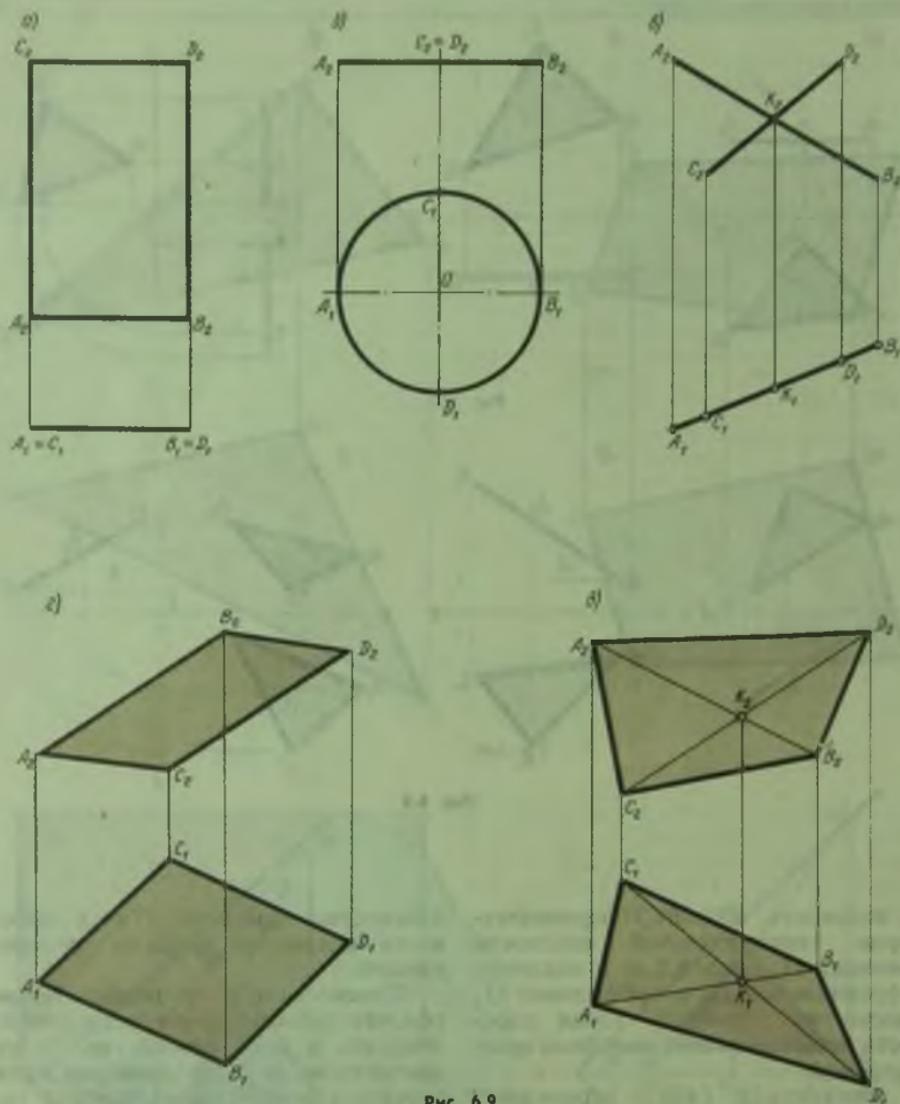


Рис. 6.9

(рис. 6.9, а), параллельным P_2 (рис. 6.9, б), кругом, параллельным P_1 . На рис. 6.9, в дана горизонтально проецирующая плоскость, заданная двумя пересекающимися прямыми. На рис. 6.9, г, д плоскость задана общим положением двух параллельных и двух пересекающихся прямых.

Соединяя крайние точки заданных отрезков, получим фигуры в виде плоских четырехугольников. Для того, чтобы четырехугольник был плоским, необходимо, чтобы его диагонали пересекались или были параллельны его стороны.

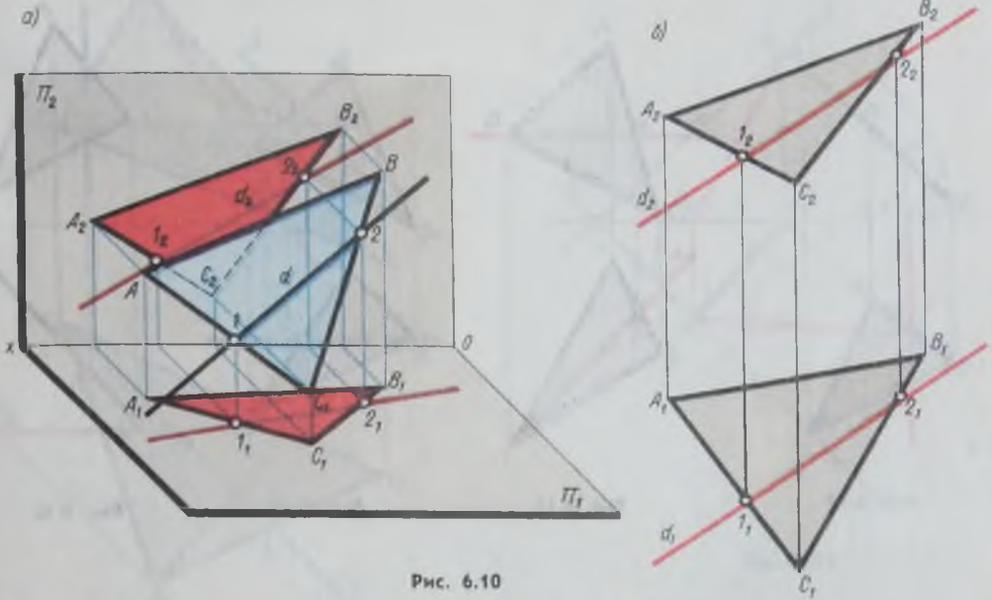


Рис. 6.10

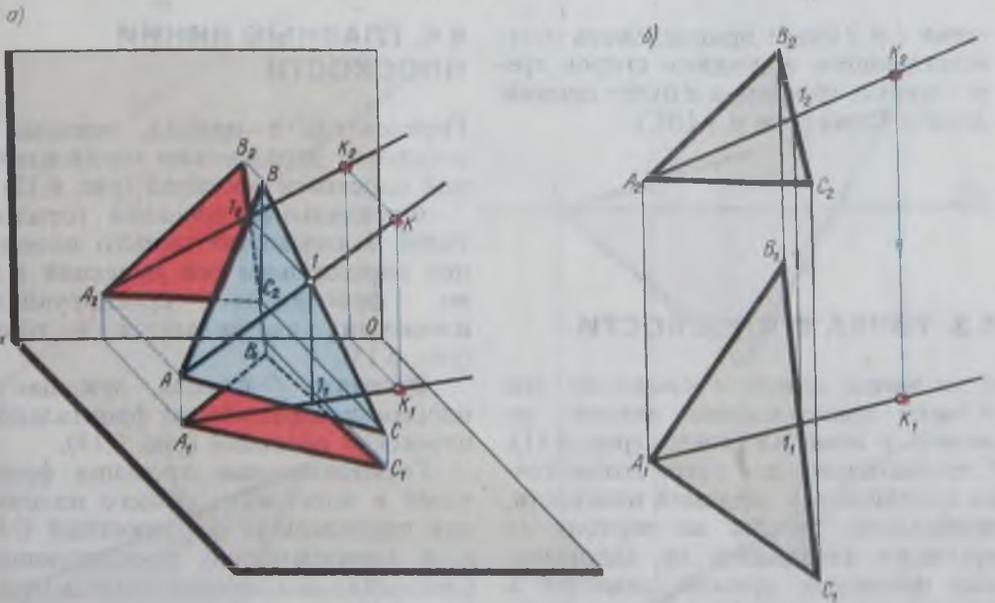


Рис. 6.11

6.2. ЛИНИЯ В ПЛОСКОСТИ

Если две точки прямой принадлежат плоскости, то и все точки данной прямой будут лежать в этой плоскости (рис. 6.10). Для того, чтобы

начертить прямую, лежащую в плоскости, достаточно найти две общие точки. Для этого нужно провести прямую d так, чтобы ее проекции пересеклись с проекциями заданной плоскости α (ABC). Если проекции

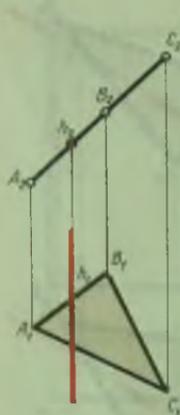


Рис. 6.13

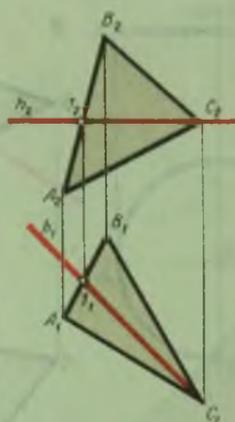


Рис. 6.12

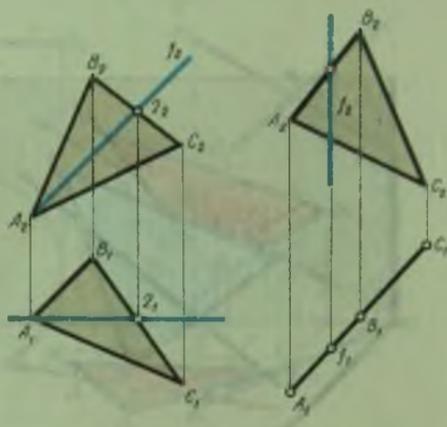


Рис. 6.14

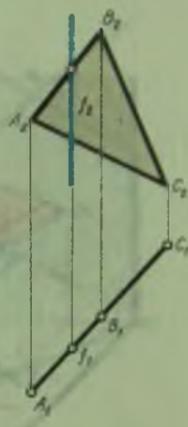


Рис. 6.15

точек 1 и 2 будут принадлежать соответствующим проекциям сторон треугольника, то прямая d будет принадлежать плоскости α (ABC).

6.3. ТОЧКА В ПЛОСКОСТИ

Если точка лежит в плоскости, она должна принадлежать прямой, лежащей в этой плоскости (рис. 6.11). Следовательно, для того, чтобы точка находилась в заданной плоскости, необходимо, чтобы на чертеже ее проекции находились на одноименных проекциях прямой, лежащей в той же плоскости. На чертеже показана точка K , принадлежащая плоскости, так как она лежит на прямой $A-1$, лежащей в плоскости α (ABC).

Прямых общего положения, принадлежащих плоскости, может быть множество, среди которого есть три положения прямой, называемые особыми, или главными линиями плоскости.

6.4. ГЛАВНЫЕ ЛИНИИ ПЛОСКОСТИ

Горизонталь h — прямая, лежащая в плоскости параллельно горизонтальной плоскости проекций (рис. 6.12).

Фронтальные проекции горизонталей в плоскостях общего положения параллельны оси проекций OX , во фронтально проецирующих плоскостях вырождаются в точку (рис. 6.13).

Фронталь f — прямая, лежащая в плоскости параллельно фронтальной плоскости проекций (рис. 6.14).

Горизонтальные проекции фронталей в плоскостях общего положения параллельны оси проекций OX , а в горизонтально проецирующих плоскостях они проецируются в точку (рис. 6.15);

линия наибольшего ската p — прямая, лежащая в плоскости перпендикулярно горизонталям этой плоскости. На чертеже горизонтальная проекция линии ската перпендикулярна горизонтальным проекциям горизонталей (рис. 6.16).

Линия ската применяется для определения угла наклона плоскости к

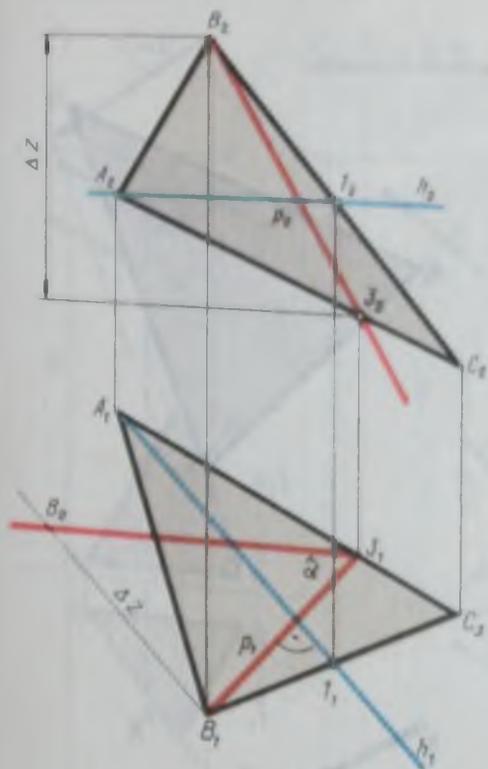


Рис. 6.16

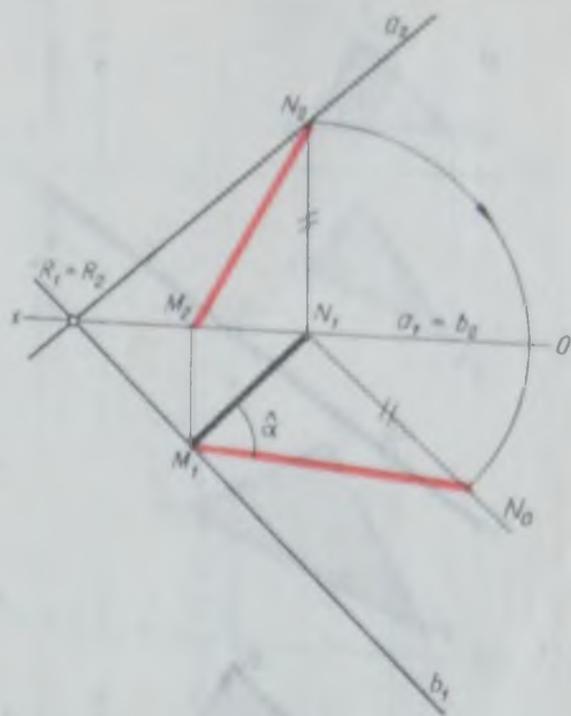


Рис. 6.17

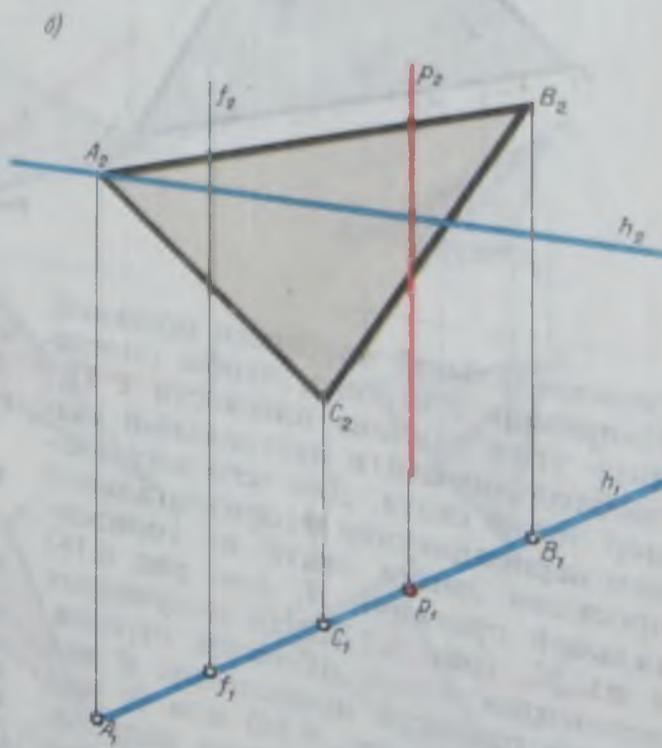
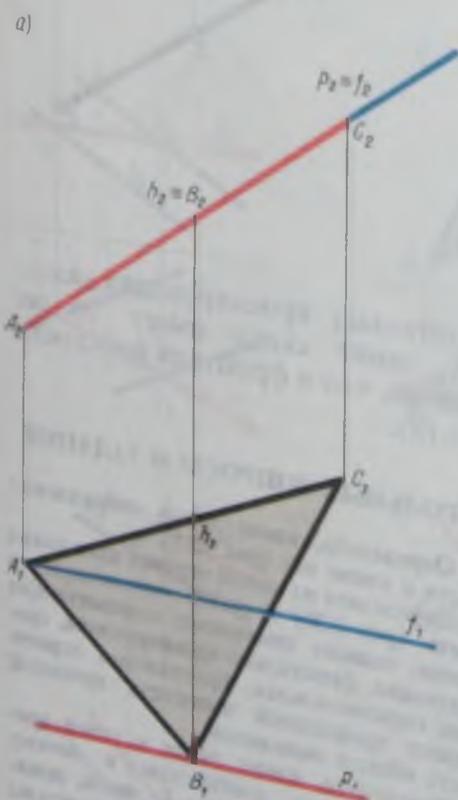


Рис. 6.18

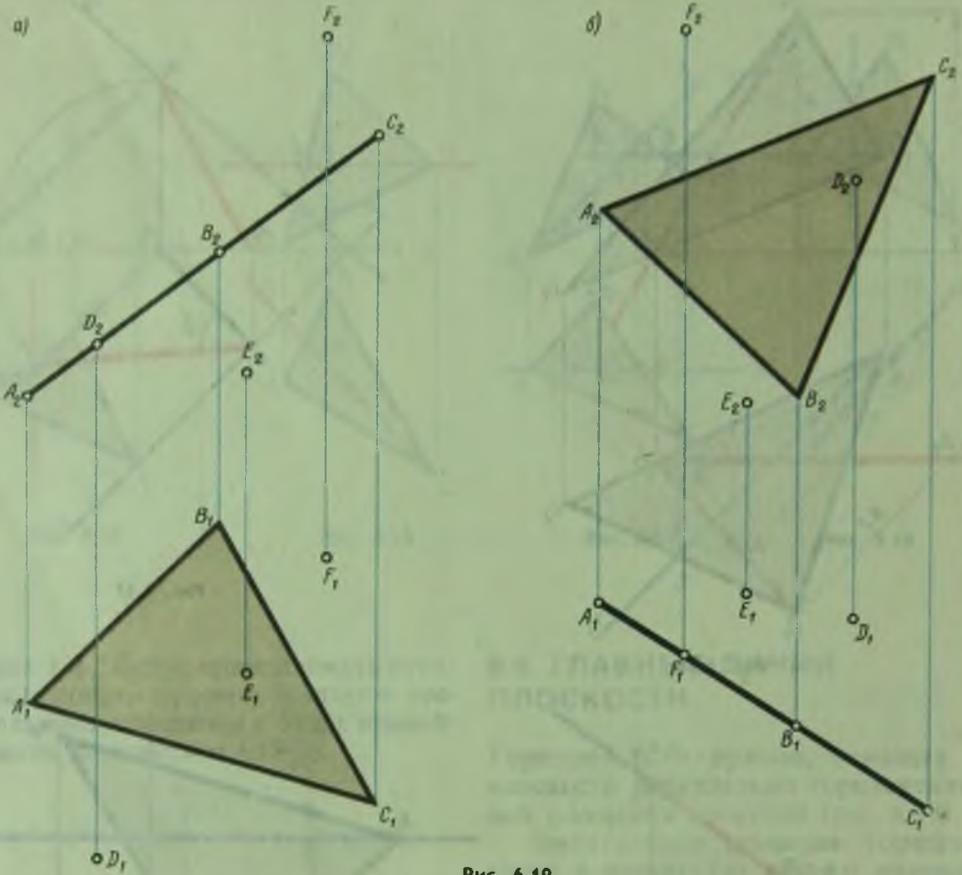


Рис. 6.19

горизонтальной плоскости проекций. Например, для того, чтобы определить угол наклона плоскости к Π_1 , необходимо найти натуральный размер перпендикуляр к горизонтальной проекции линии ската из горизонтальной проекции B_1 (см. рис. 6.16) и из N_1 (рис. 6.17). На полученных перпендикулярах отложим отрезки, равные разности превышения B над точкой Z (см. рис. 6.16) или N над M (см. рис. 6.17). Соединяя полученную точку B_0 с точкой Z_1 , находим натуральный угол наклона заданной плоскости к Π_1 (см. рис. 6.16). На рис. 6.17 натуральный угол найдется, если соединить N_0 с M_1 .

В горизонтально проецирующих

и фронтально проецирующих плоскостях линия ската имеет то же положение, что и фронталь плоскости (рис. 6.18).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Определите, какие точки принадлежат плоскости и какие нет (рис. 6.19).

2. Определите на каком чертеже дана какая плоскость (рис. 6.20) и дайте определение ее положения, записав символами: горизонтально проецирующая, фронтально проецирующая, профильная, горизонтальная, фронтальная, перпендикулярная профильной плоскости проекций, плоскость общего положения.

3. Определите, какие линии и точки принадлежат заданным плоскостям и почему (рис. 6.21). На каком чертеже: 1) линия, лежащая в плоскости, — линия ската, горизонталь; 2) точка лежит на фронтале, горизонтали, в плоскости общего положения?

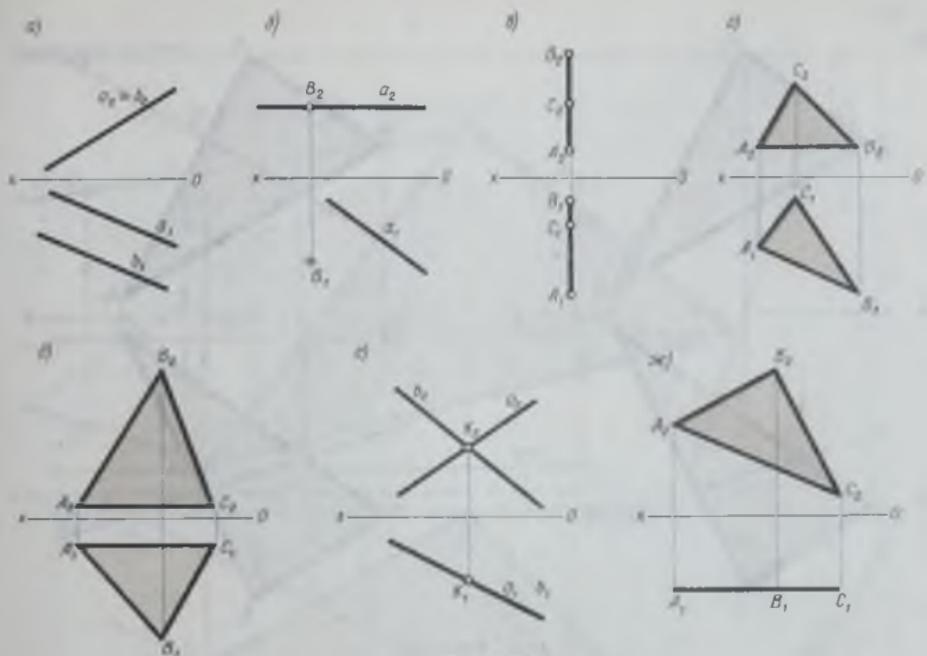


Рис. 6.20

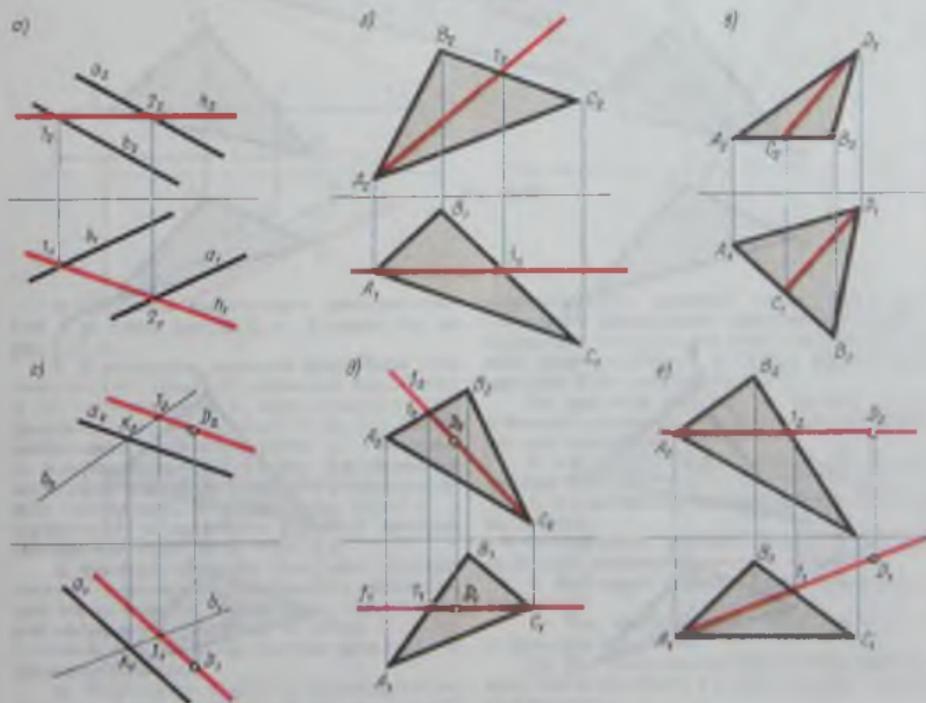


Рис. 6.21

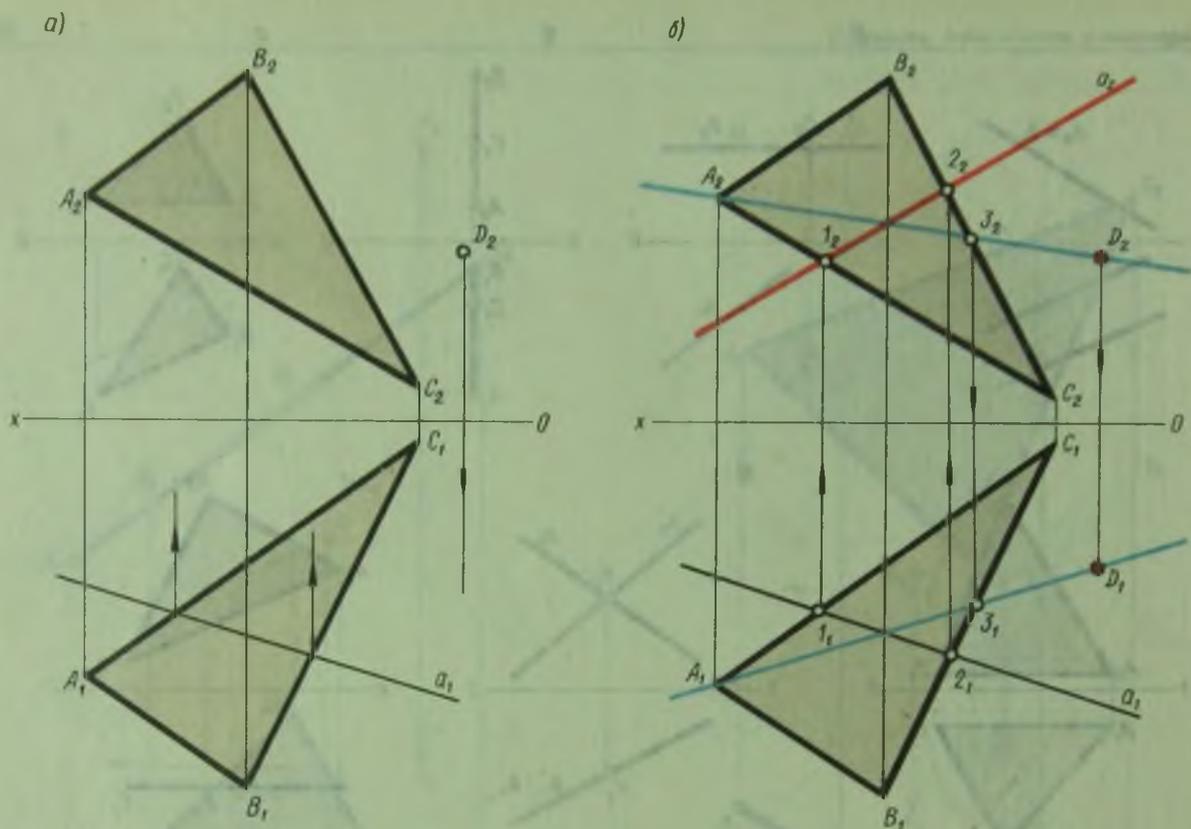


Рис. 6.22

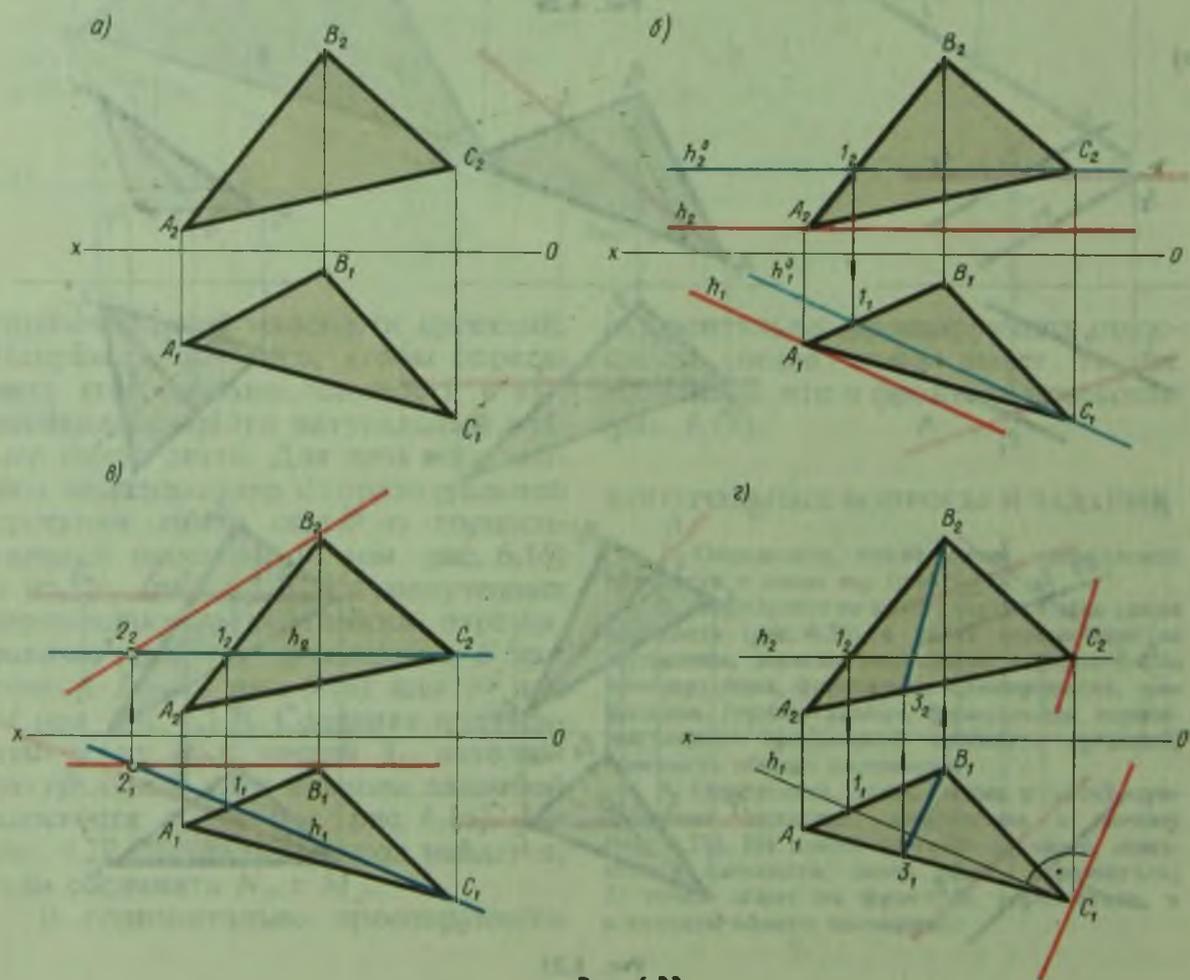


Рис. 6.23

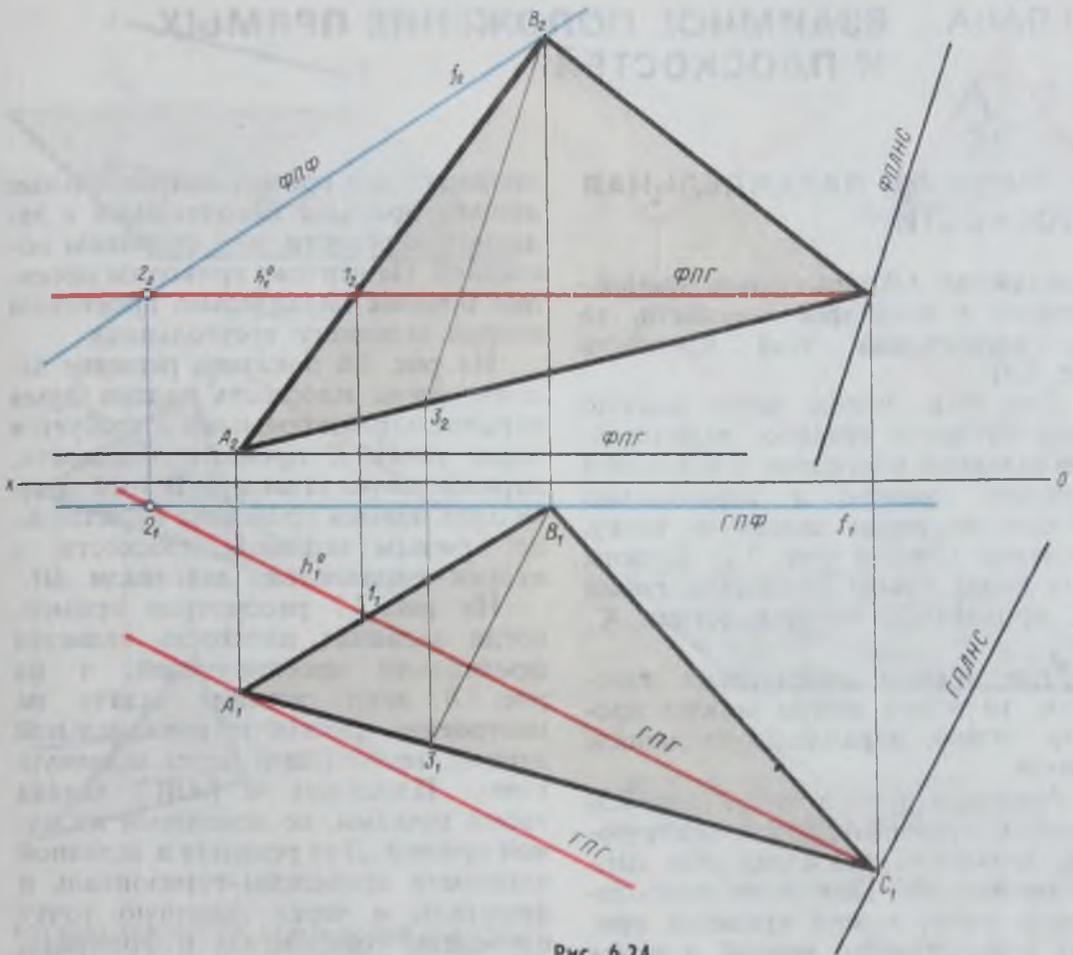


Рис. 6.24

4. Постройте недостающие проекции прямой a и точки (рис. 6.22, а). Решение см. на рис. 6.22, б.

5. В плоскости, заданной проекциями трех точек a (ABC) (рис. 6.23), провести: через точку A ($A_1 A_2$) горизонталь h , через точку B ($B_1 B_2$) фронталь f , а через точку C ($C_1 C_2$) линию наибольшего ската плоскости p . Решение: 1) Для проведения через точку A горизонтали необходимо в плоскости провести вспомогательную горизонталь, например через точку C , и параллельно ее проекциям провести проекции горизонтали через точку A ($A_1 A_2$).

2) Фронталь проводим следующим образом: сначала — горизонтальную проекцию, параллельную оси проекции до пересечения с горизонтальной проекцией горизонтали в точке 2 ($2_1 2_2$). Соединяя точки 2_2 с B_2 , получим фронтальную проекцию фронтали.

3) Через точку C ($C_1 C_2$) перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали проводим

горизонтальную проекцию линии ската. Для проведения фронтальной проекции необходимо провести в треугольнике вспомогательную линию ската через точку B ($B_1 B_2$). Фронтальная проекция будет параллельна $B_2 3_2$.

На рис. 6.24 дан тот же пример, но не в этапном исполнении, к чему должен стремиться каждый учащийся.

6. Как может быть задана на чертеже плоская фигура?

7. Какие частные положения плоских фигур вы знаете?

8. При каких условиях прямая будет принадлежать плоскости?

9. При каких условиях точка принадлежит плоскости?

10. Что представляют собой горизонталь и фронталь плоскости?

11. Что представляет собой линия наибольшего ската плоскости и в каком случае следует ее применять?

ГЛАВА ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМЫХ И ПЛОСКОСТЕЙ

7

7.1. ПРЯМАЯ, ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ПЛОСКОСТИ

Если прямая AB параллельна прямой, лежащей в некоторой плоскости, то она параллельна этой плоскости (рис. 7.1).

Для того, чтобы через данную точку провести прямую, параллельную заданной плоскости, в последней проводят прямую и параллельно ей — прямую через заданную точку. Проекции прямой (рис. 7.2) должны быть параллельны проекциям линии DE , проходящей через проекции K_1 и K_2 .

Если прямая параллельна плоскости, то в ней всегда можно провести линию, параллельную данной прямой.

Например, через точку A (рис. 7.3) провести горизонтально проецирующую плоскость, параллельную данной прямой BC . Для этого через заданную точку нужно провести прямую, параллельную данной, а затем и плоскость. На горизонтальной проекции плоскость выразится в виде прямой, параллельной прямой B_1C_1 , а фронтальная проекция — любой фигурой, включающей проекцию D_2I_2 , проходящую через точку A_2 . Остальное ясно из чертежа.

7.2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ПЛОСКОСТИ

Плоскости будут параллельными, если две пересекающиеся прямые AB и AC одной плоскости α соответственно параллельны двум пересекающимся прямым A_1B_1 и A_1C_1 другой плоскости (рис. 7.4).

Если через точку D (рис. 7.5) следует провести плоскость, параллельную заданной α (ABC), то через точку

проводят две прямые, параллельные любым прямым, находящимся в заданной плоскости, или сторонам последней. На чертеже проводят проекции прямых параллельно проекциям сторон заданного треугольника.

На рис. 7.6 показано решение задачи, когда плоскость задана двумя параллельными прямыми и требуется через точку E провести плоскость, параллельную заданной. В этой задаче одна прямая проведена параллельно прямым заданной плоскости, а вторая — параллельно диагонали AD .

На рис. 7.7 рассмотрен пример, когда заданная плоскость является фронтально проецирующей, а на рис. 7.8 дано решение задачи на построение плоскости, параллельной данной, проходящей через заданную точку. Плоскость α (ABC) задана тремя точками, не лежащими на одной прямой. Для решения в заданной плоскости проведены горизонталь и фронталь, а через заданную точку проведены горизонталь и фронталь, параллельные им. Таким образом можно решать любую задачу на построение параллельных плоскостей.

7.3. ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПЛОСКОСТИ

Если плоскости не параллельны, то они обязательно пересекутся. Представим себе две проецирующие плоскости (рис. 7.9). Одна задана проецирующими прямыми AA_1 и BB_1 , а другая — CC_1 и DD_1 . Предположим, что прямые A_1B_1 и C_1D_1 , лежащие в плоскости, пересекутся в точке M_1 . Проведя через полученную точку M проецирующую прямую M_1M , получим линию пересечения плоскостей α и β . Известно, что через одну прямую

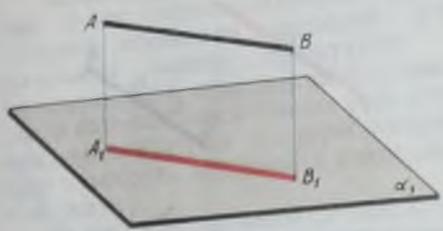


Рис. 7.1

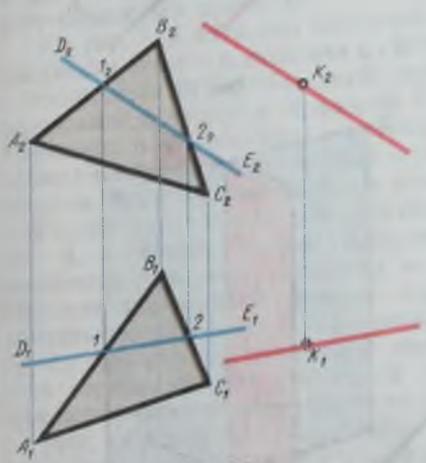


Рис. 7.2

можно провести множество плоскостей.

Фигуру, образованную двумя полуплоскостями α и β , исходящими из одной прямой AB , называют двугранным углом (рис. 7.10), AB — ребром, а α и β — сторонами или гранями двугранного угла.

Если заданы две фронтально проецирующие плоскости (рис. 7.11) тремя точками, не лежащими на одной прямой, то для нахождения линии пересечения достаточно продлить фронтальные проекции до взаимного их пересечения в точке $M_2 = N_2$, которая будет фронтальной проекцией линии пересечения плоскостей. Горизонтальная проекция линии пересечения будет перпендикулярна оси проекций, так как плоскости перпендикулярны фронтальной плоскости проекций.

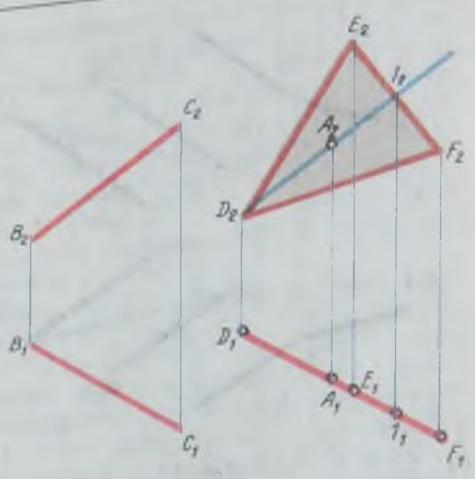


Рис. 7.3

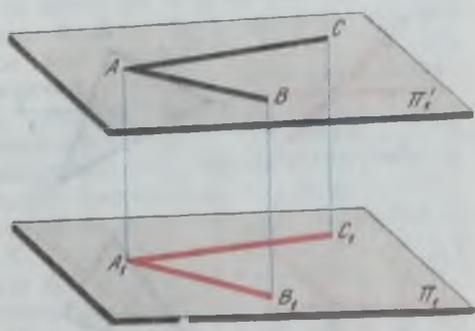


Рис. 7.4

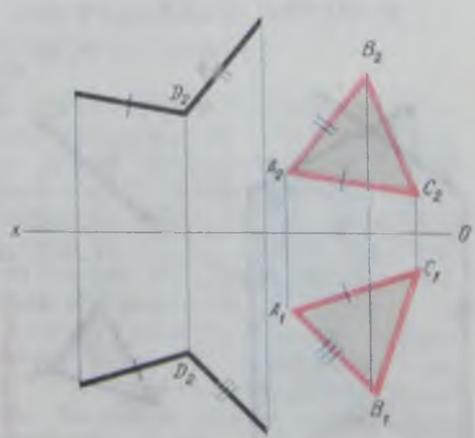


Рис. 7.5

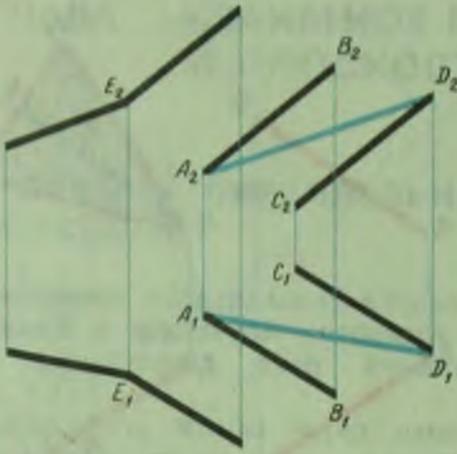


Рис. 7.6

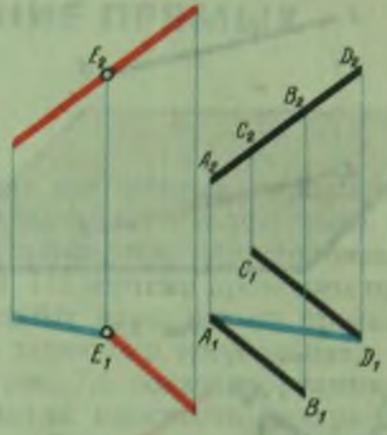


Рис. 7.7

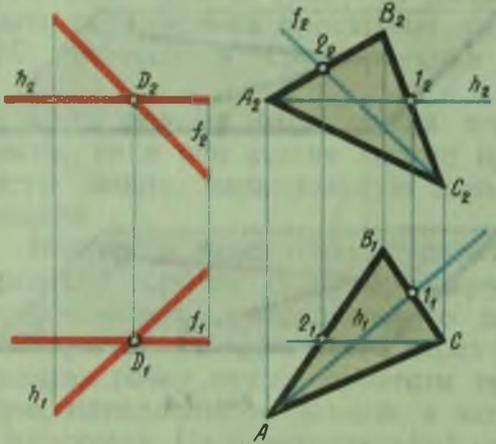


Рис. 7.8

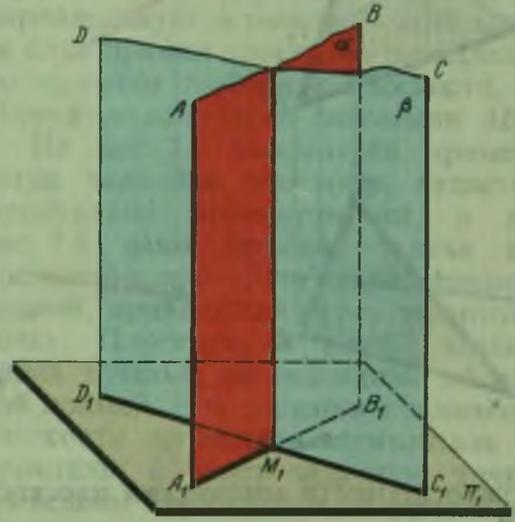


Рис. 7.9

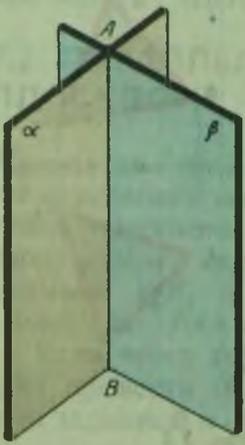


Рис. 7.10

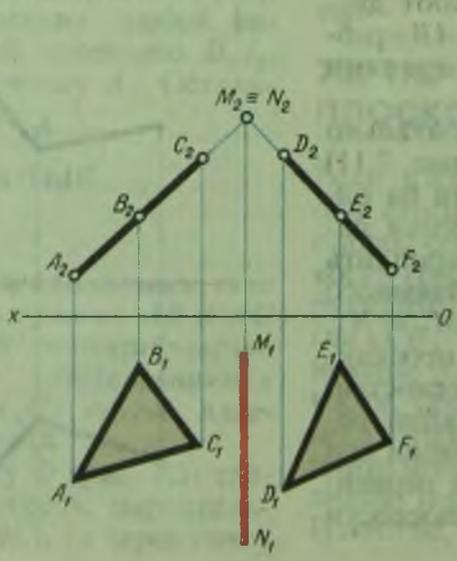


Рис. 7.11

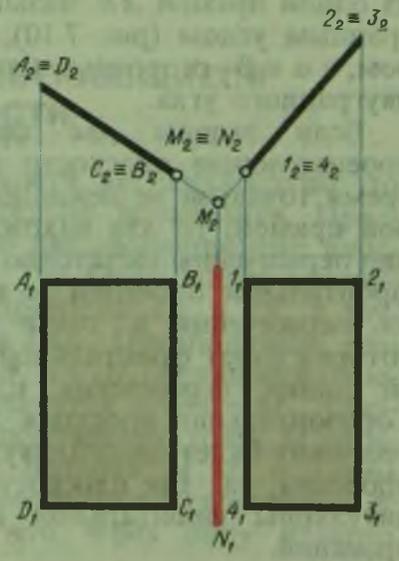


Рис. 7.12

Линия пересечения таких плоскостей будет перпендикулярна фронтальной плоскости проекций. Эти плоскости можно представить в пространстве в виде двускатной крыши, в которой конек — линия пересечения, проецируемая на горизонтальную плоскость проекций в натуральный размер.

На рис. 7.12 дан аналогичный случай, но «скаты кровли» направлены в другую сторону и плоскости заданы параллельными прямыми.

На рис. 7.13 показано пересечение плоскости общего положения α (ABC) с плоскостью β , параллельной горизонтальной плоскости проекций P_1 . Горизонтальная плоскость в пересечении с любой плоскостью даст горизонталь, фронтальная проекция которой будет параллельна оси проекций OX и, в данном случае, пересечет плоскость α в двух точках — 1 и 2. Проведя линии связи, найдем горизонтальную проекцию горизонтали I_1-2_1 , которая одновременно является горизонтальной проекцией линии пересечения плоскостей.

Для определения видимости на горизонтальной плоскости проекций рассмотрим фронтальную проекцию на которой часть плоскости $A_2B_2C_2$ находится над плоскостью β , следовательно, эта часть на горизонтальной плоскости проекций будет видима, а часть $I_12_1C_1$, находящаяся под плоскостью, на горизонтальной плоскости проекций будет невидима, ее следует показать штриховой линией.

На рис. 7.14 дан чертеж пересечения двух плоскостей: α (ABC) — общего положения и β (DEF) — горизонтально проецирующей. В этом примере линия пересечения I_1-2_1 видна на горизонтальной плоскости проекций. Следовательно, треугольник ABC пересекается с треугольником DEF по прямой $I-2$. Переносим прямую $I-2$ с горизонтальной плоскости проекций на фронтальную с помощью линий связи, получим фронтальную

проекцию линии пересечения I_2-2_2 . Рассматривая фронтальную проекцию, видим, что линия пересечения не вся принадлежит обеим плоскостям, а только в пределах 2_2-3_2 . Точку 3_2 получаем на пересечении прямой D_2F_2 с линией пересечения плоскостей I_2-2_2 . Определение видимости производится по конкурирующим точкам.

Рассмотрим случай пересечения плоскостей общего положения (рис. 7.15). Решение проводится с помощью двух горизонтальных вспомогательных плоскостей (посредников) — γ и τ , которые пересекут заданные плоскости по горизонталям 1 и 2, 3 и 4, 5 и 6, 7 и 8. С помощью линий связи находим горизонтальную проекцию K_1 точки K , принадлежащей трем плоскостям α , β и γ . Точка пересечения второй пары горизонталей, лежащих в плоскости τ , будет второй точкой M для искомой линии пересечения MK . Определив горизонтальные проекции точек, принадлежащих линии пересечения плоскостей M_1K_1 , находим с помощью линий связи фронтальную проекцию M_2K_2 линии пересечения.

При решении подобных задач можно в качестве посредников применять плоскости фронтальные и фронтально или горизонтально проецирующие.

7.4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ С ПЛОСКОСТЬЮ

Если прямая не параллельна плоскости, то она пересекает ее под тем или иным углом. Задача на пересечение прямой с плоскостью является одной из основных задач, так как с ее применением встречаются при рассмотрении сечения тел плоскостями, пересечения поверхностей.

Для нахождения точки пересечения прямой с плоскостью (рис. 7.16) заключаем отрезок в плоскость, находим линию пересечения плоскостей. Точка пересечения K

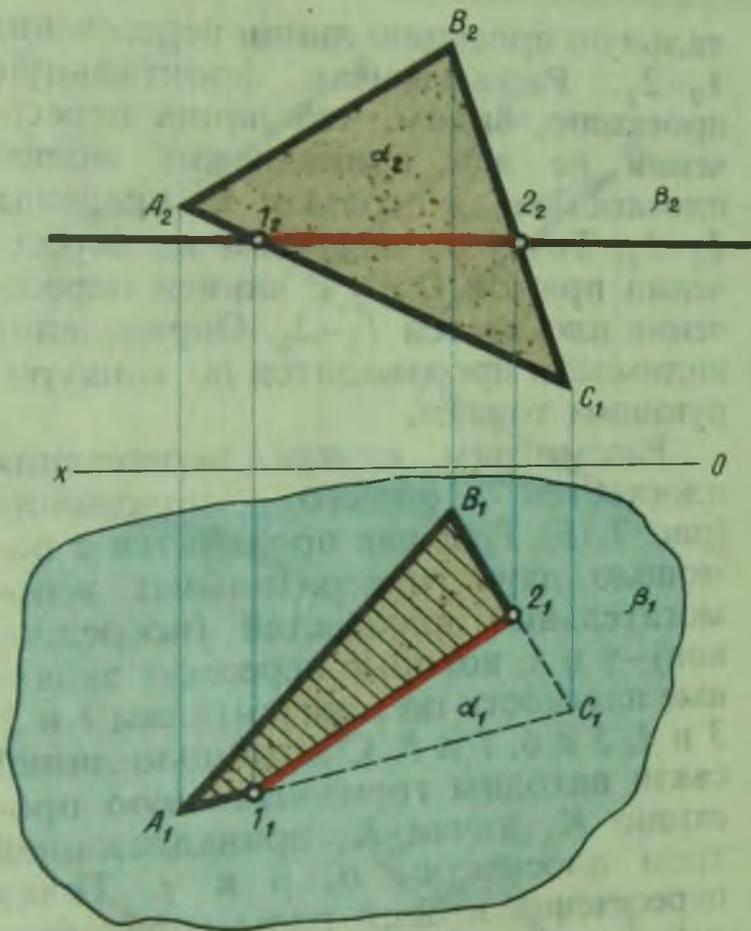


Рис. 7.13

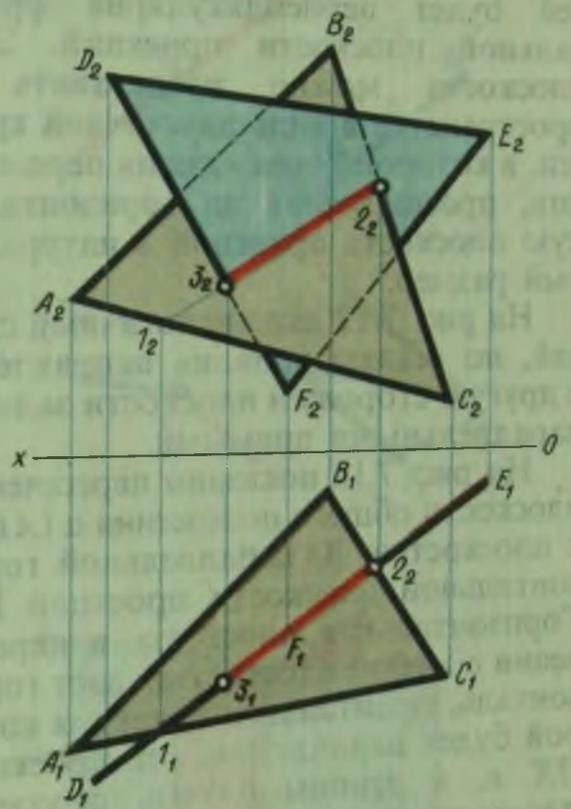


Рис. 7.14

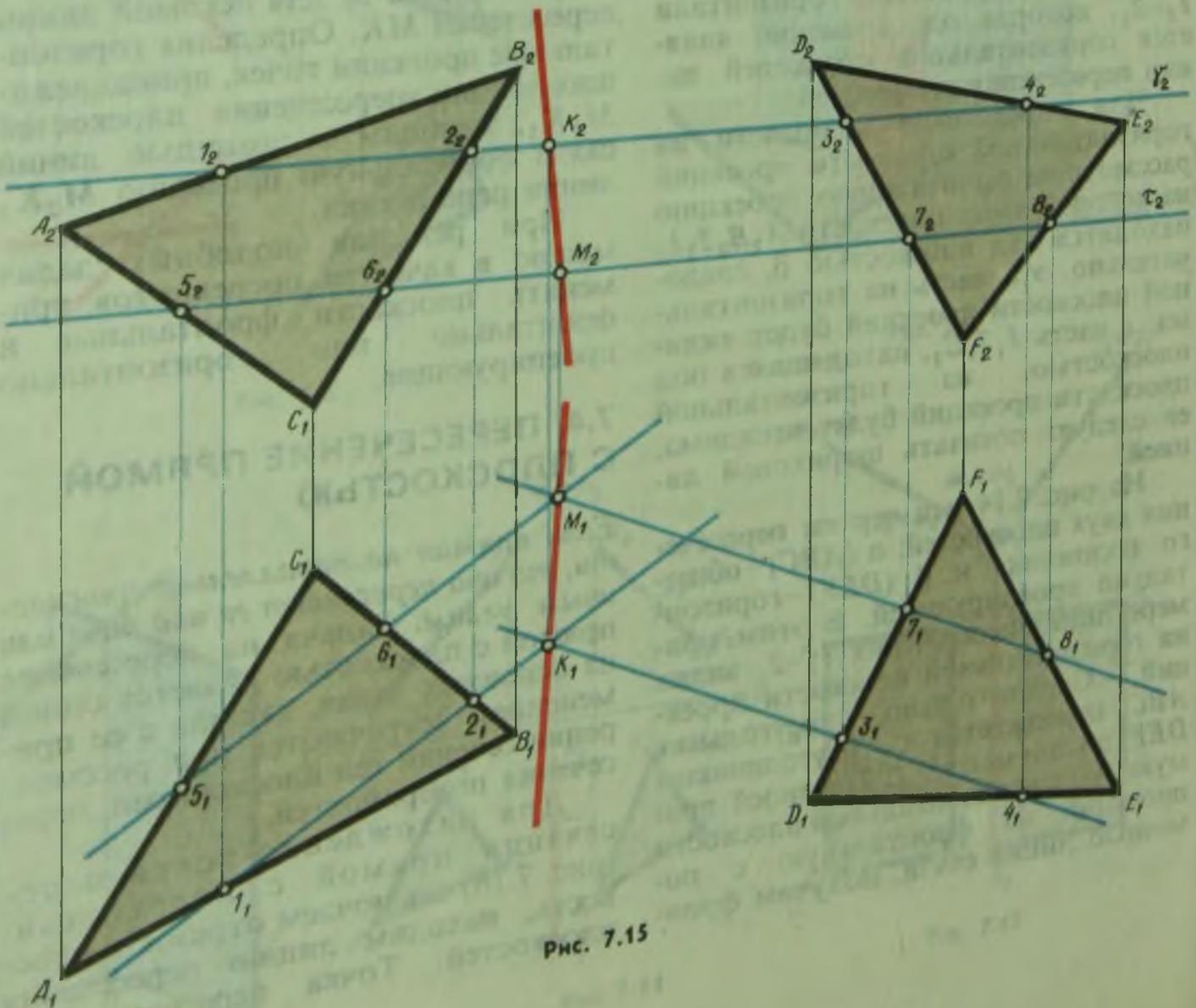


Рис. 7.15

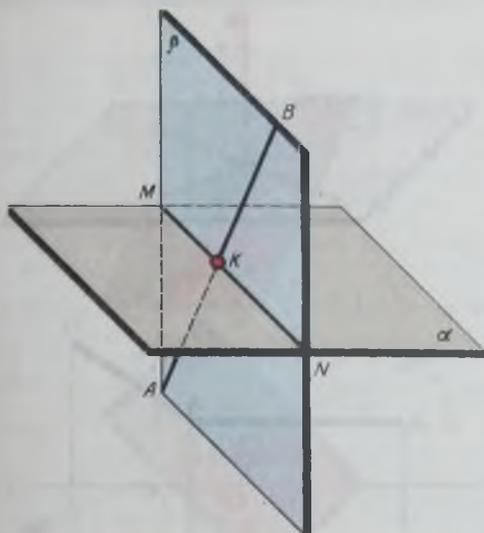


Рис. 7.16

данной прямой AB с линией пересечения MN плоскостей будет искомой точкой K пересечения прямой с плоскостью.

При решении задач в качестве вспомогательных плоскостей применяют проецирующие плоскости. Например, дана плоскость $1-2-3-4$ и отрезок прямой AB своими проекциями (рис. 7.17). Требуется найти точку пересечения прямой AB с плоскостью. Для этого заключаем отрезок AB во фронтально проецирующую плоскость β и проводим след плоскости через фронтальную проекцию A_2B_2 . После чего находим линию пересечения плоскостей MN .

Находим точку K на пересечении горизонтальных проекций A_1B_1 с линией M_1N_1 .

Так как в данном примере заданная плоскость фронтально проецирующая и плоскость, в которую заключаем прямую, тоже фронтально проецирующая, то фронтальная проекция линии пересечения будет точкой $M_2 \equiv N_2$, а горизонтальная проекция M_1N_1 будет в виде прямой, перпендикулярной к оси OX .

Найдем точку пересечения прямой

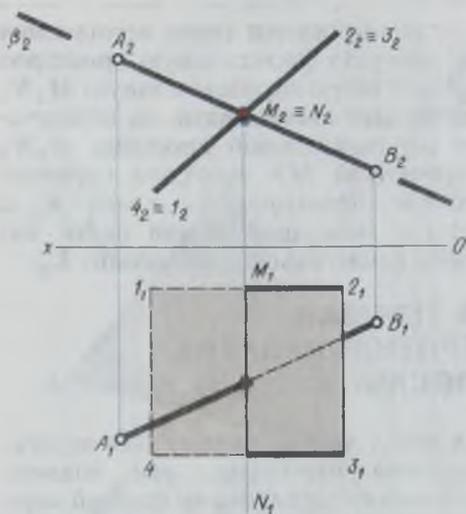


Рис. 7.17

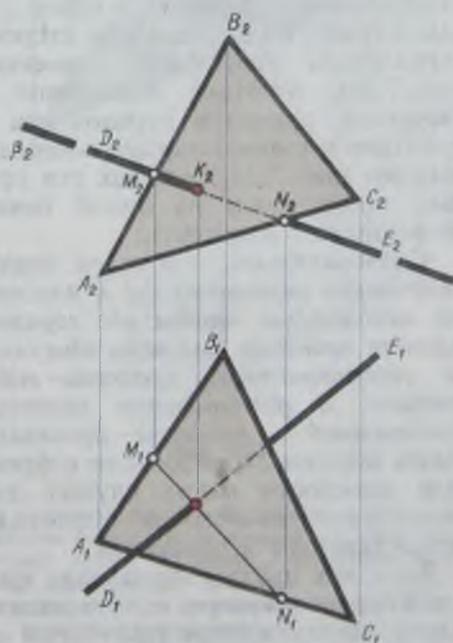


Рис. 7.18

DE (рис. 7.18) с плоскостью общего положения α (ABC).

Закключаем отрезок DE во фронтально проецирующую плоскость.

Находим проекции линии пересечения MN : сначала фронтальную проекцию M_2N_2 , а затем горизонтальную M_1N_1 с помощью линий связи, на пересечении горизонтальной проекции M_1N_1 с проекцией MN находим горизонтальную проекцию K_1 точки K , а затем с помощью линии связи находим фронтальную проекцию K_2 .

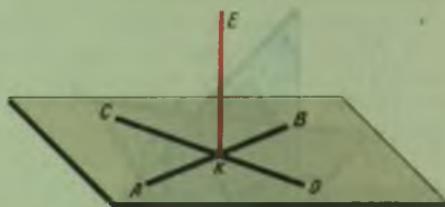


Рис. 7.19

7.5. ПРЯМАЯ, ПЕРПЕНДИКУЛЯРНАЯ ПЛОСКОСТИ

Для того, чтобы прямая была перпендикулярна плоскости, она должна быть перпендикулярна по крайней мере двум прямым, лежащим в плоскости и не параллельным друг другу (рис. 7.19).

Прямой угол проецируется в натуральный размер только в том случае, когда одна его сторона параллельна плоскости проекций (рис. 7.20), поэтому достаточно в плоскости провести горизонталь и фронталь и к ним восставить перпендикуляр (рис. 7.21), так как эти прямые, проведенные из одной точки, представляют плоскость.

Следовательно, для того чтобы восставить перпендикуляр к плоскости, необходимо, чтобы его горизонтальная проекция была перпендикулярна горизонтальной проекции — горизонтали, а фронтальная проекция фронтальной проекции — фронтали. Таким образом, горизонтали и фронтали плоскости могут служить для определения направления проекций перпендикуляра к плоскости.

Зная, как найти направление проекций перпендикуляра, можно решать задачи на нахождение расстояния от точки до любой плоскости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дана плоскость $\alpha-1-2-3-4$ (рис. 7.22) и прямая AB частного положения, т.е. перпендикулярная горизонтальной плоскости проекций. Определить точку пересечения прямой AB с плоскостью α . Решение. Закладываем прямую

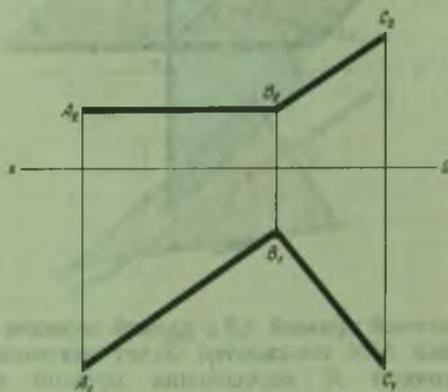


Рис. 7.20

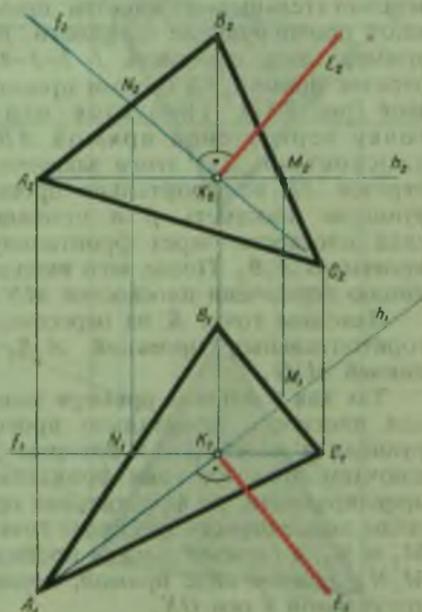


Рис. 7.21

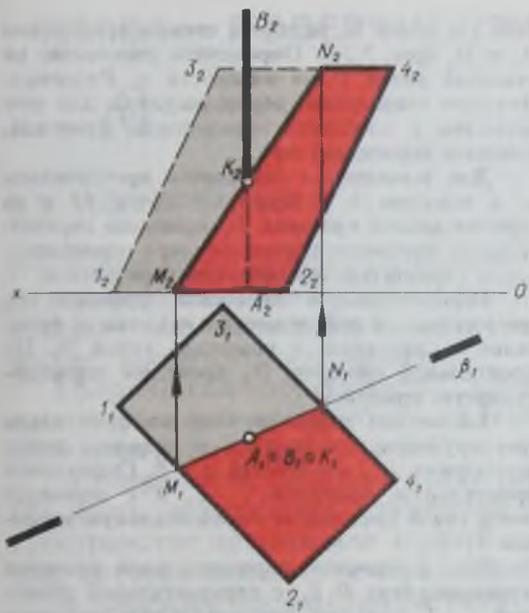


Рис. 7.22

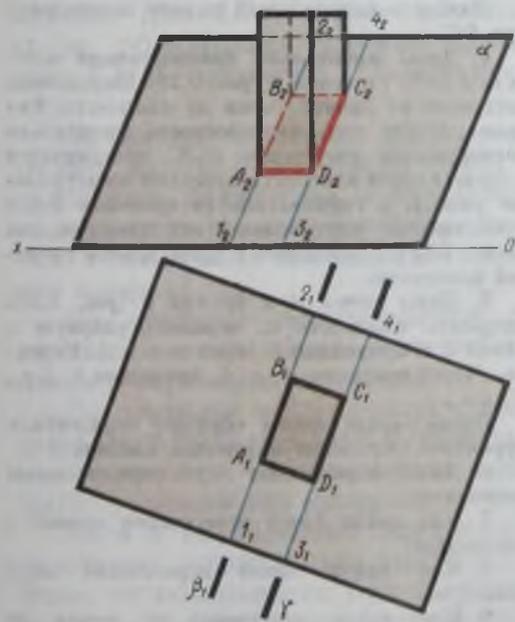


Рис. 7.23

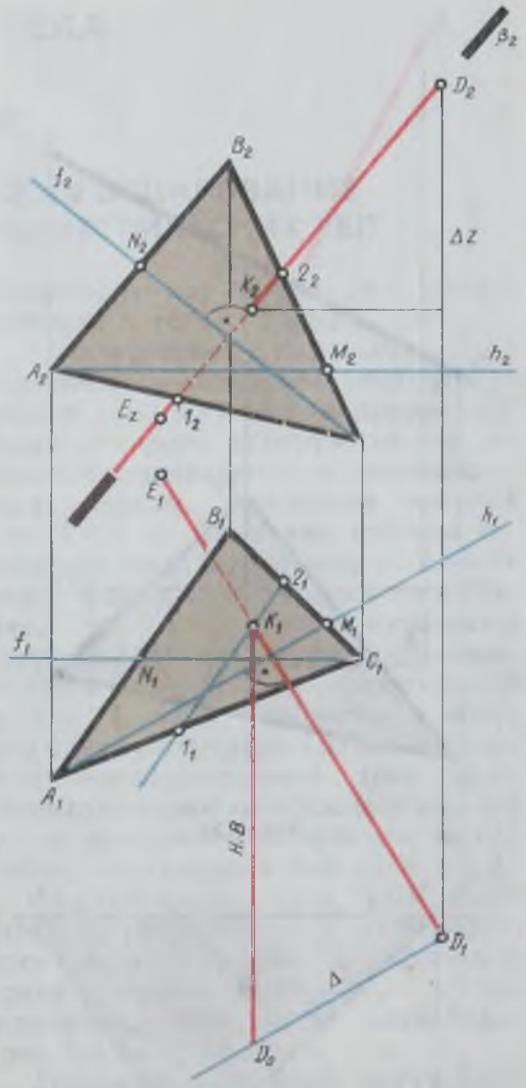


Рис. 7.24

AB в горизонтально проецирующую плоскость. Находим горизонтальную проекцию линии пересечения M_1N_1 , а затем с помощью линий связи — фронтальную проекцию M_2N_2 . Определяем фронтальную проекцию точки пересечения K . Горизонтальная проекция K_1 будет совпадать с горизонтальной проекцией прямой A_1B_1 .

2. Даны проекции части крыши с отверстием для трубы ABC (рис. 7.23). Найти фронтальную проекцию этого отверстия. Решение. Заклучаем прямые AB и CD в горизонтально проецирующие плоскости. Находим линии их пересечения с плоскостью крыши. В результате получаем фронтальные проекции A_2B_2 и C_2D_2 точек пересечения ребер трубы с плоскостью крыши.

3. Дана плоскость общего положения α

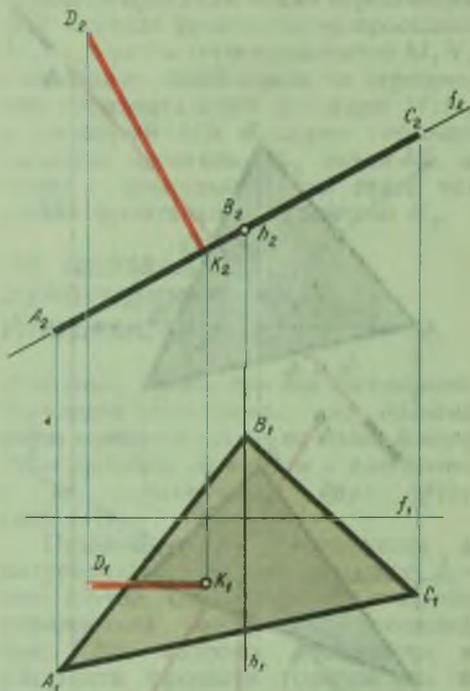


Рис. 7.25

(ABC) и точка D , заданная своими проекциями D_1 и D_2 (рис. 7.24). Определить расстояние от заданной точки D до плоскости α . Решение. Находим направление перпендикуляра, для чего проводим в плоскости горизонталь, фронталь, проекции перпендикуляра.

Для выполнения указанного прочерчиваем h_2 и находим h_1 с помощью точки M и из горизонтальной проекции D_1 проводим горизонтальную проекцию перпендикуляра перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали.

Горизонтальную проекцию фронтали l_1 , прочерчиваем в любом месте и находим ее фронтальную проекцию с помощью точки N . Из фронтальной проекции D_2 проводим перпендикулярную прямую к f_2 .

Заключаем перпендикуляр во фронтально проецирующую плоскость β и находим линию пересечения $l-2$ плоскостей α и β . Определим фронтальную проекцию l_2-2_2 и с помощью линий связи находим ее горизонтальную проекцию l_1-2_1 .

При пересечении горизонтальной проекции перпендикуляра D_1E_1 с горизонтальной проекцией l_1-2_1 получим горизонтальную проекцию K_1 точки пересечения перпендикуляра с плоскостью α , K_2 находим с помощью линии связи. Находим натуральный размер перпендикуляра DK .

4. Даны фронтально проецирующая плоскость α (ABC) и точка D (рис. 7.25). Определить расстояние от данной точки до плоскости. Решение. Ввиду того, что плоскость фронтально проецирующая, расстояние D_2K_2 проецируется на фронтальной плоскости проекций в натуральный размер, а горизонтальная проекция будет в виде прямой, параллельной оси проекции, так как $h \perp P_2$, а f совпадает с фронтальной проекцией плоскости.

5. Даны точка A и прямая α (рис. 7.26). Построить плоскость α , перпендикулярную к прямой α и проходящую через точку A . Решение. Через проекции A_1 и A_2 проводим $h_1 \perp \alpha_1$, а $f_2 \perp \alpha_2$.

Проведенные таким образом горизонталь и фронталь определяют положение плоскости α .

6. Дайте определение двум параллельным плоскостям.

7. Как найти точку пересечения прямой с плоскостью?

8. Как найти линии пересечения двух плоскостей?

9. Как найти расстояние от точки до плоскости?

10. Какому условию должны удовлетворять две пересекающиеся плоскости?

11. Что такое перпендикуляр к плоскости?

12. Какую роль играют горизонталь и фронталь при решении задачи на определение расстояния?

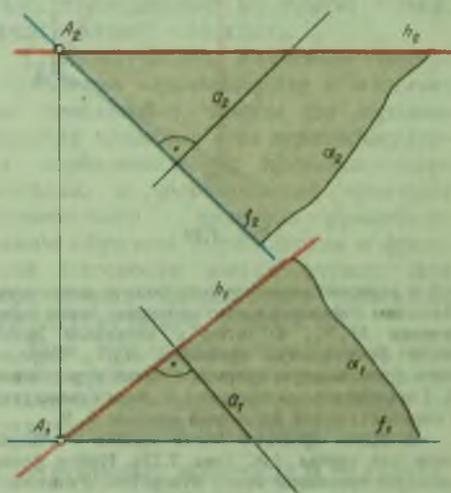


Рис. 7.26

ГЛАВА ПОВЕРХНОСТИ И ТЕЛА

8

8.1. ПОВЕРХНОСТИ

Все поверхности можно подразделить на графические, закон образования которых нам неизвестен, и геометрические, закон которых известен.

Графическая поверхность, отнесенная к земной поверхности, называется **топографической** (рис. 8.1).

Поверхности геометрические могут быть образованы движением в пространстве прямой или кривой линии, которая называется **образующей**.

В зависимости от формы образующей поверхности делятся на **линейчатые**, когда образующей служит прямая (рис. 8.2), и **нелинейчатые**, когда образующей служит кривая (рис. 8.3), например, поверхность тора.

По закону движения образующих можем иметь поверхности с поступательным движением, с вращательным движением — **поверхности вращения**, с винтовым движением — **винтовые поверхности**.

По признаку разворачивания поверхности могут быть **развертываемыми** и **неразвертываемыми**.

По признаку направляющих, которые могут быть ломаными, прямыми или кривыми, поверхности могут быть **гранными** или **кривыми**.

Если в образовании поверхности участвуют правильные многоугольники, то поверхности будут **гранными**, если плоские кривые правильной формы, то поверхности будут **кривыми**, причем, если в образовании участвуют окружности в качестве направляющих, то получаем поверхности вращения.

Часть пространства, ограниченная со всех сторон поверхностью, называется **телом**.

8.2. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Рассмотрим две группы тел: многогранники и тела вращения.

Многогранником называется тело, ограниченное плоскими многоугольниками (рис. 8.4). Многогранник, две грани которого конгруэнтны, а остальные пересекаются по параллельным прямым, называется **призмой** (рис. 8.4, б–е). Название призмы зависит от того, какой многоугольник лежит в ее основании, если треугольник, то и призма называется треугольной, если четырехугольник, то призма будет четырехугольной и т.д. Призма, основанием которой служит параллелограмм, называется **параллелепипедом** (рис. 8.4, в). Прямоугольный параллелепипед, все ребра которого конгруэнтны между собой, называется **кубом** (рис. 8.4, а).

Многогранник, одна грань которого, называемая основанием, есть многоугольник, а остальные грани треугольники с общей вершиной, называется **пирамидой** (рис. 8.4, ж, з, и).

Пирамиды и призмы могут быть правильными, если их основанием служит правильный многоугольник и высота проходит через его центр. У правильных многогранников все грани — равные правильные многоугольники и все двугранные углы его конгруэнтны.

Спроецируем прямую четырехугольную призму на три взаимно перпендикулярные плоскости P_1 , P_2 и P_3 (рис. 8.5, а).

Рассмотрим положение ребер и граней призмы относительно плоскостей проекций. Ребра AB , CD , EF и KL расположены перпендикулярно фронтальной и параллельно горизон-



Рис. 8.1

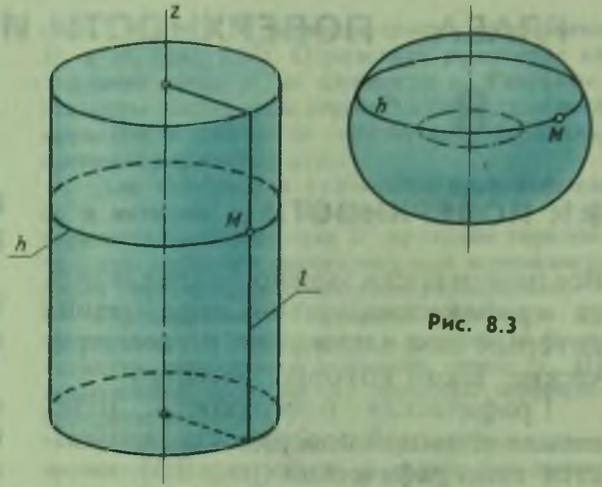


Рис. 8.3

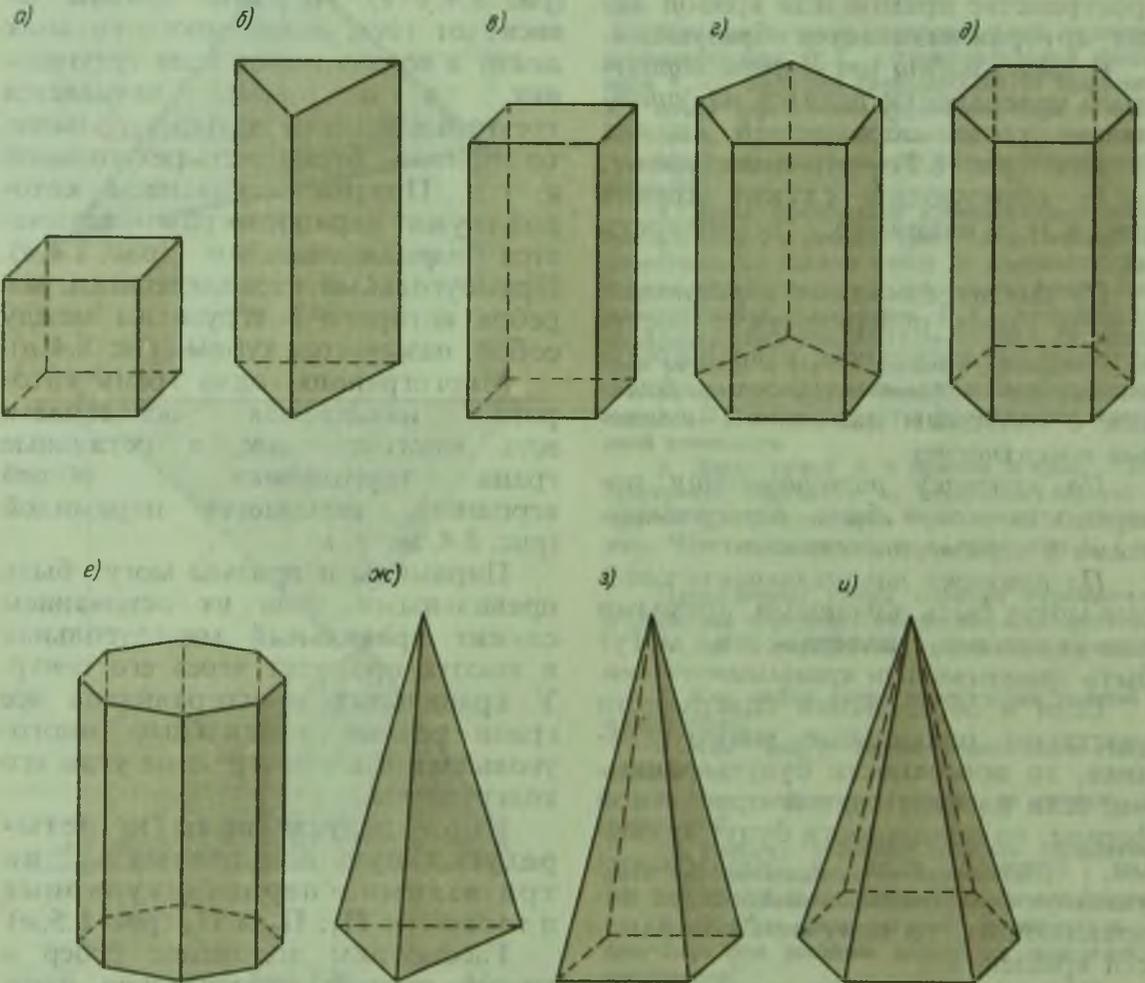


Рис. 8.4

тальной плоскости проекций. Каждое из этих ребер спроецируется на фронтальную плоскость проекций в виде точки, а на горизонтальную плоскость проекций в виде прямых, перпендикулярных к оси проекций OX .

Грани $ABEF$ и $CDKL$ перпендикулярны фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций, и они спроецируются на обе плоскости проекций в виде прямых, перпендикулярных к оси проекций OX . Грани $BDZF$ и $ACEK$ конгруэнтны и параллельны фронтальной и перпендикулярны горизонтальной плоскостям проекций, в силу чего эти грани проецируются на фронтальную плоскость в виде фигуры, равной данным граням, а на горизонтальную плоскость — в виде прямых, параллельных оси проекций OX .

Верхняя грань $ABCD$, равная грани $EKZF$, проецируется в такую же равную фигуру на горизонтальную плоскость проекций.

Ребра AE , BF , CK и DL , расположенные перпендикулярно горизонтальной плоскости проекций, спроецируются на нее в виде точек, а ребра AC , BD , EK , FL , расположенные параллельно фронтальной и горизонтальной плоскостям проекций, проецируются в натуральную длину в виде отрезков, равных данным.

Проанализировав таким образом положение всех ребер и граней призмы, перейдем к вычерчиванию проекций (рис. 8.5, б). На фронтальной плоскости проекций (вид по стрелке S) грань призмы $BDLF$ спроецируется в натуральный размер в виде прямоугольника ($A_2 \equiv B_2$, $C_2 \equiv D_2$, $E_2 \equiv F_2$, $K_2 \equiv L_2$). Задняя грань и передняя грань совпадут. Аналогично находим горизонтальную проекцию призмы, которая изобразится в виде четырехугольника, равного грани $ABDC$.

Нижнее основание и верхнее совпадут и дадут проекцию, у которой $A_1 \equiv E_1$, $C_1 \equiv K_1$, $D_1 \equiv L_1$, $B_1 \equiv F_1$.

По двум проекциям можно построить третью, для этого проведем под углом 45° прямую постоянную, и с ее помощью найдем все точки, проведя линии связи как с горизонтальной плоскости проекций, так и с фронтальной. В пересечении линий связи получим третью проекцию призмы (профильную).

На рис. 8.6, а и б показано проецирование шестиугольной призмы. Проанализируйте положение всех граней и ребер призмы и поставьте (на своем чертеже) все буквенные и цифровые обозначения на каждой проекции.

8.3. ПРОЕЦИРОВАНИЕ МНОГОГРАННИКОВ

Расположим шестиугольную пирамиду в пространстве так, чтобы два ребра SA и SD были параллельны фронтальной плоскости проекций, а основание было параллельно горизонтальной плоскости (рис. 8.7, а, б), и спроецируем ее на три плоскости проекций. Ребра SA и SD , как параллельные фронтальной плоскости, спроецируются на ней в натуральную длину, а на горизонтальной плоскости — в виде прямых, параллельных OX .

Основание пирамиды спроецируется на плоскость Π_1 в натуральный размер, так как оно расположено параллельно горизонтальной плоскости проекций, а на фронтальную плоскость — в виде прямой, параллельной оси проекций.

Грани ASF , ASB , CSD и DSE находятся в общем положении, так как они наклонны ко всем плоскостям проекций. Грани BSC и FSE перпендикулярны профильной плоскости проекций Π_3 .

В данном случае начинают вычерчивать с горизонтальной проекции, так как пирамида изобразится на ней правильным шестиугольником и линиями S_1A_1 , S_1B_1 , S_1C_1 , S_1D_1 , S_1E_1 и S_1F_1 , соединяющими вершину пи-

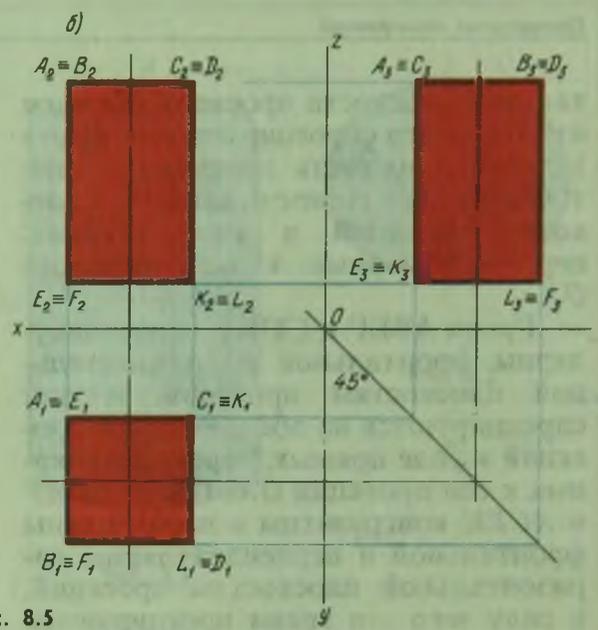
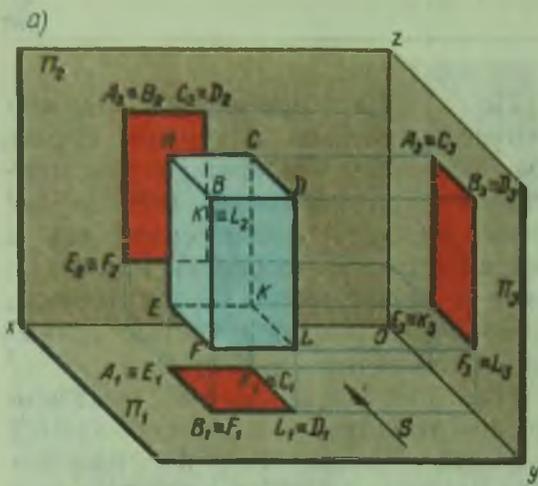


Рис. 8.5

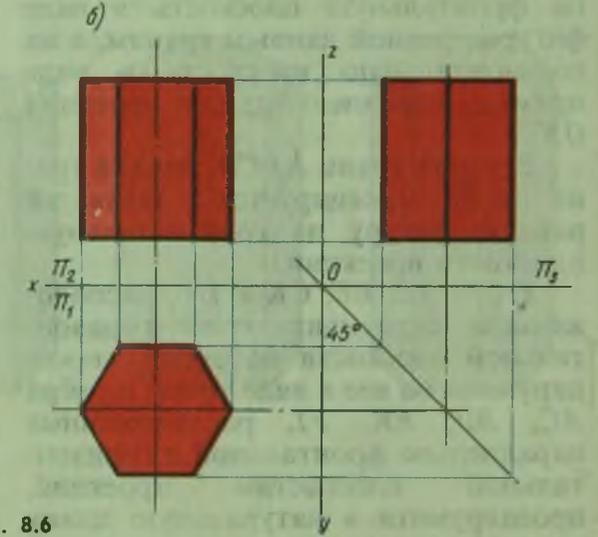
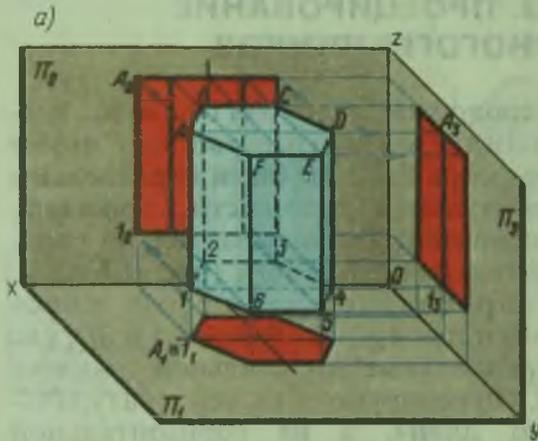


Рис. 8.6

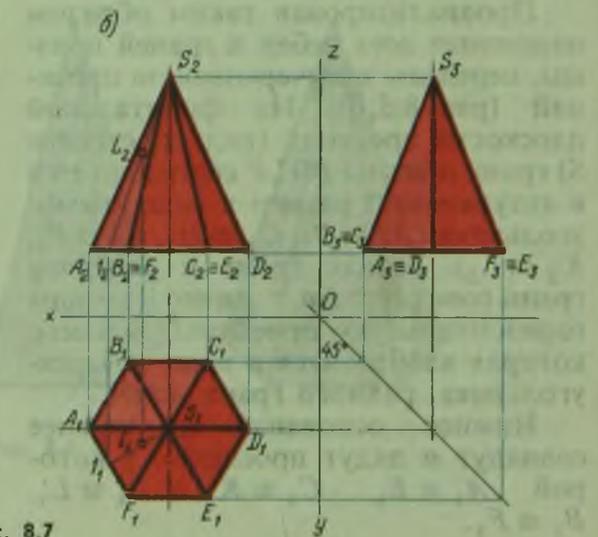
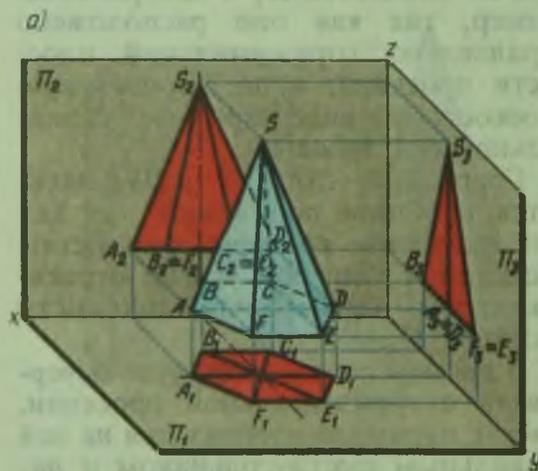


Рис. 8.7

рамыды S с точками основания. На фронтальной плоскости проекций пирамида изобразится в виде треугольника $A_2S_2D_2$ и ребер $B_2S_2 = F_2S_2$, $C_2S_2 = E_2S_2$, попарно совмещенных. Третья проекция строится при помощи постоянной прямой и линий связи.

На любой поверхности можно найти проекции точки, если задана одна из них. Например, на горизонтальной проекции пирамиды (см. рис. 8.7) дана проекция L_1 точки L . Требуется найти фронтальную проекцию данной точки.

Каждая точка находится при помощи прямой, лежащей в плоскости или образующей, так как точка, принадлежащая плоскости лежит на линии, принадлежащей также данной плоскости. Для решения через горизонтальную проекцию L_1 точки L проводим горизонтальную проекцию S_1I_1 и находим ее фронтальную проекцию S_2I_2 , после чего на проекцию прямой переносим проекцию L_2 с помощью линий связи.

8.4. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Представим в пространстве какую-нибудь линию MN и будем ее вращать вокруг неподвижной прямой ON . Тогда линия NM при вращении образует поверхность, которая называется поверхностью вращения (рис. 8.8).

Неподвижная прямая NO называется **осью вращения**, а линия MN называется **образующей** поверхности. Плоскость, перпендикулярная к оси вращения, пересекаясь с поверхностью вращения, дает в сечении окружность. Самая большая окружность называется **экватором**, самая маленькая — **горлом**. Любая секущая плоскость, проходящая через ось, называется **меридиональной плоскостью**, а линия ее пересечения с поверхностью вращения — **меридианом**. Тела вращения — цилиндр, конус, шар, тор и др.

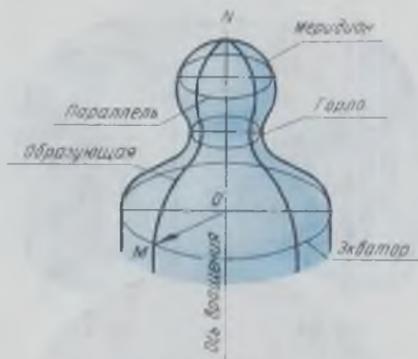


Рис. 8.8

Поверхность, образованная прямой AB , перемещающейся в пространстве параллельно данной прямой и пересекающей при этом кривую линию MN , называется **цилиндрической поверхностью**. Прямая AB называется образующей, а MN — направляющей (рис. 8.9).

Цилиндром (рис. 8.10) называется тело, ограниченное цилиндрической поверхностью и двумя параллельными плоскостями, называемыми основаниями. Основания цилиндра — это конгруэнтные круги. Цилиндр может быть прямым или наклонным, смотря по тому, перпендикулярны или наклонны к основанию его образующие.

Конической поверхностью называется поверхность, образованная движением прямой AB , перемещающейся в пространстве через неподвижную точку S и пересекающей кривую линию MN . Прямая AB называется образующей, линия MN — направляющей, а точка — вершиной конической поверхности (рис. 8.11).

Конусом (рис. 8.12) называется тело, ограниченное частью конической поверхности, расположенной по одну сторону от вершины, и плоскостью, пересекающей все образующие по ту же сторону от вершины.

Конус можно рассматривать как тело, образованное вращением прямоугольного треугольника вокруг ка-

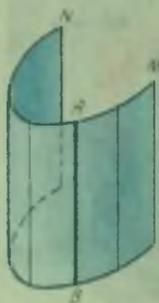


Рис. 8.9

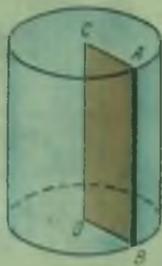


Рис. 8.10

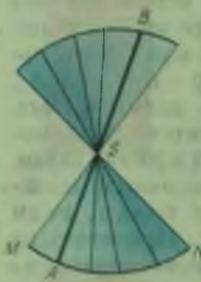


Рис. 8.11

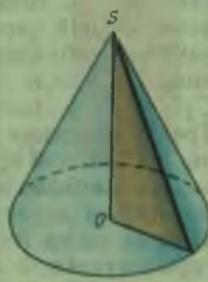


Рис. 8.12

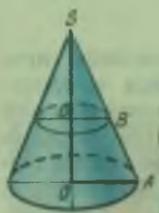


Рис. 8.13

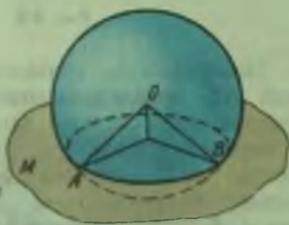


Рис. 8.14

тета, принятого за ось вращения. Сечение прямого кругового конуса плоскостью, перпендикулярной к его оси, есть круг (рис. 8.13).

Сферой (шаром) называется поверхность, образованная множеством точек пространства, находящихся на равном расстоянии от данной точки (рис. 8.14). Сфера может быть образована вращением окружности вокруг диаметра. Центр вращающейся окружности служит центром сферы.

Тор образуется вращением окружности вокруг оси, лежащей в плоскости окружности, но не проходящей через ее центр (рис. 8.15). В случае, когда ось не пересекает образующую окружность, т. е. когда она находится вне окружности, то получается открытый тор (**кольцо**). Применение тора в технике: ободы маховиков, галтели, плавные переходы от одной поверхности изделия к другой и пр.

Проецирование тел вращения происходит так же, как и многогранных тел. Смотря сверху на прямой круговой цилиндр с верти-

кальной осью, видим круг, а спереди и сбоку — прямоугольники (рис. 8.16).

При вычерчивании проекций прямого кругового цилиндра вначале чертятся оси симметрии тела, затем основание в виде окружности, потом фронтальная и профильная проекции. Точки на поверхности цилиндра находят с помощью образующих и линий связи.

Проецирование прямого кругового конуса с вертикальной осью (рис. 8.17) аналогично проецированию пирамиды. В основании конуса будет окружность, с которой следует начинать чертёж. Если ось конуса перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, горизонтальная проекция будет в виде круга, а фронтальная и профильная — в виде треугольников с вершиной S .

Если на поверхности конуса дана одна проекция точки, то через нее проводим образующую, соединяющую основание с вершиной, и, найдя все три проекции образующей, переносим на нее с помощью линий связи проекции данной точки. Вместо образующей можно провести вспомогательную параллель и с ее помощью найти проекции точки.

Шар проецируется на все плоскости проекций в виде равных окружностей одинакового радиуса (рис. 8.18). Самая большая окружность — экватор, который на горизонтальную плоскость проекций проецируется в виде круга, а на фронталь-

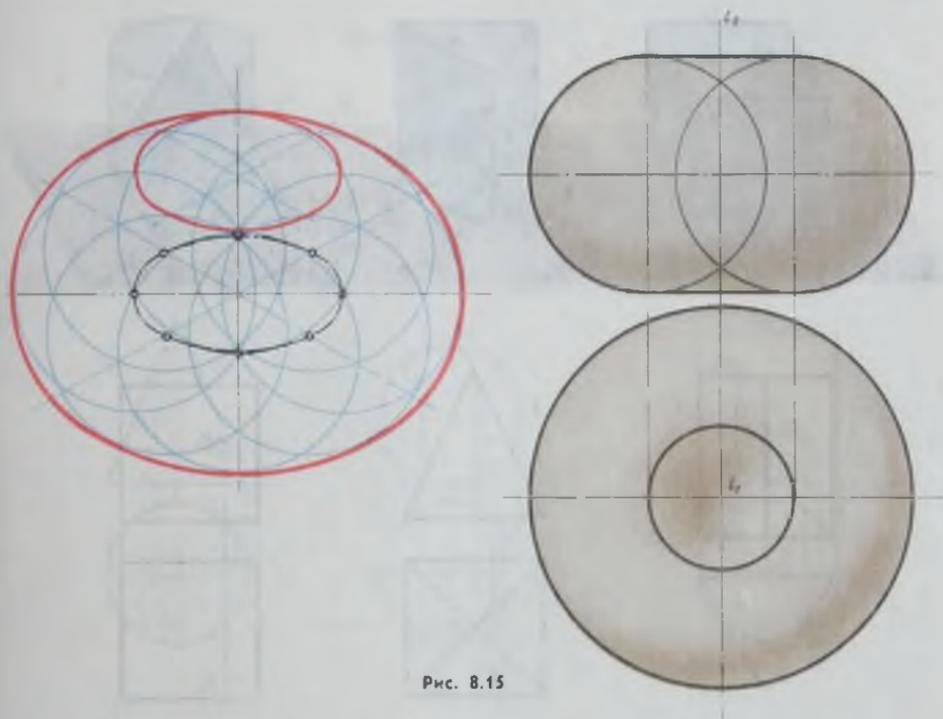


Рис. 8.15

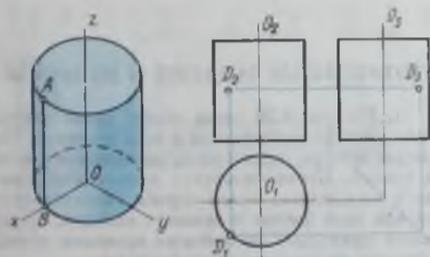


Рис. 8.16

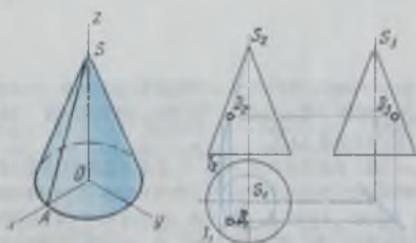


Рис. 8.17

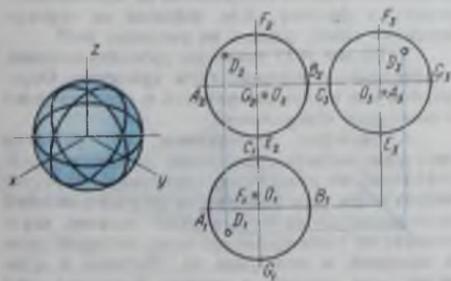


Рис. 8.18

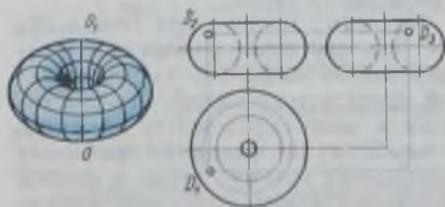


Рис. 8.19

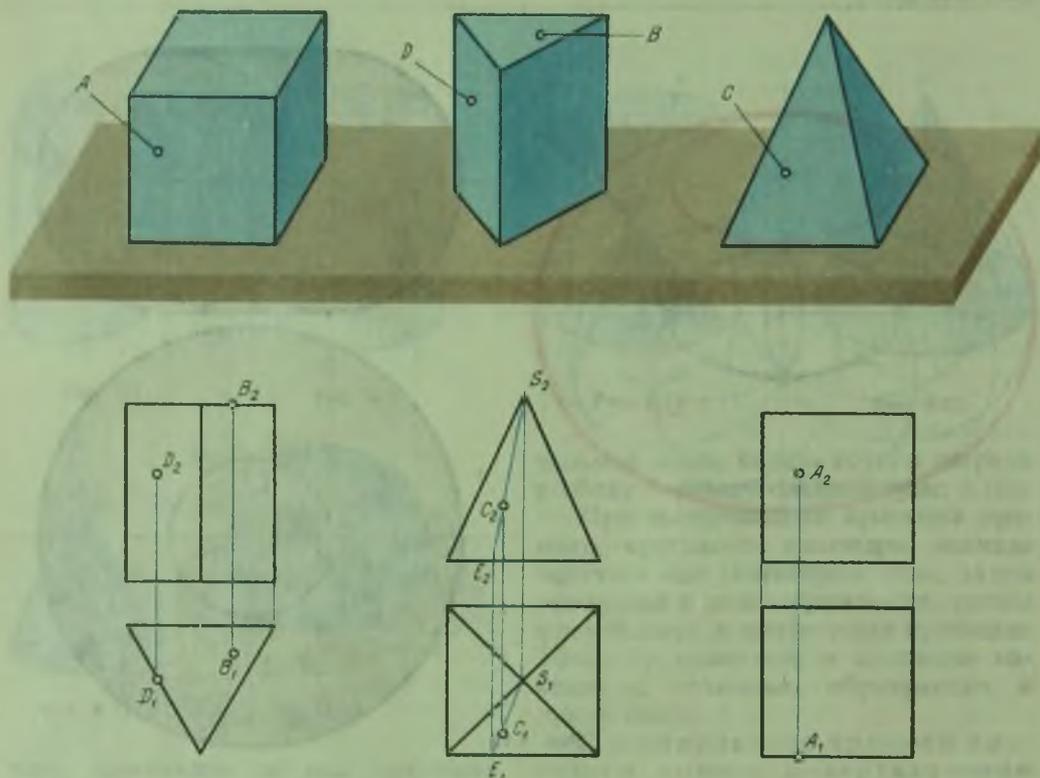


Рис. 8.20

ную плоскость проекций – в виде прямой линии, параллельной оси проекций OX .

Меридиан AFB проецируется на фронтальную плоскость проекций в виде круга, а на горизонтальную плоскость проекций в виде прямой линии. Всякое сечение, параллельное экватору, будет проецироваться на горизонтальную плоскость проекций в виде окружности.

Проецирование тора (рис. 8.19), как тела вращения, аналогично проецированию шара. На горизонтальной плоскости проекций тор изображится в виде окружности, на фронтальной и профильной проекциях образуются крайние левые и правые положения образующих его окружностей, соединенные сверху и снизу прямыми линиями.

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ И ВОПРОСЫ

1. На рис. 8.20 даны общие виды фигур, а под ними их изображения в виде проекций. На каждой фигуре даны точки, расположенные на их гранях. Проанализируйте данные изображения и определите, какой чертеж соответствует той или иной фигуре и назовите каждую. Определите правильно ли найдены проекции точек, заданных на наглядных изображениях.

2. На рис. 8.21 даны рисунки некоторых тел вращения, а под ними – чертежи этих тел. Определите, какое изображение на чертеже соответствует рисунку. Как найдены на чертеже проекции точек, данных на рисунках тел?

3. На рис. 8.22 дана одна проекция клапана, ограниченного поверхностями вращения. Определите, где какая поверхность и сколько всего одинаковых поверхностей.

4. Хорошим упражнением для развития пространственного мышления является представление по словесному описанию геометрических форм. При выполнении таких упражнений надо внимательно читать текст задания, представить те геометрические тела, которые даны в описании, и начертить их, соединив в одно целое, как указано в тексте. Например, дан усеченный конус (рис. 8.23) высотой 60 мм,

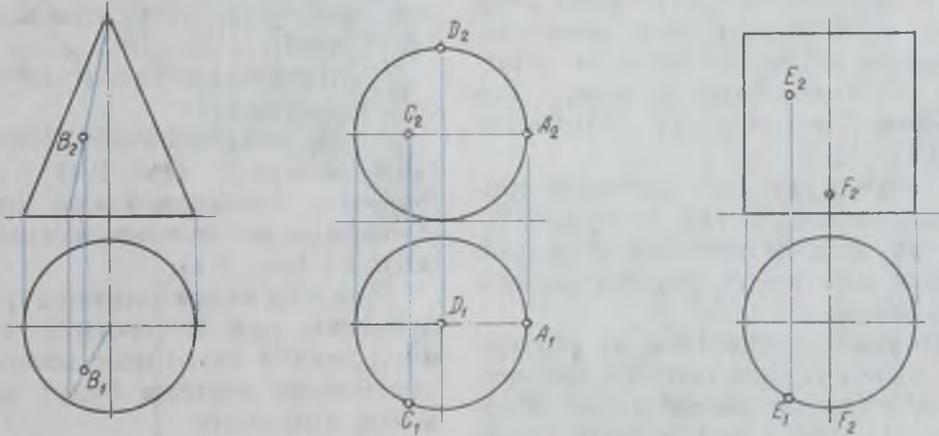
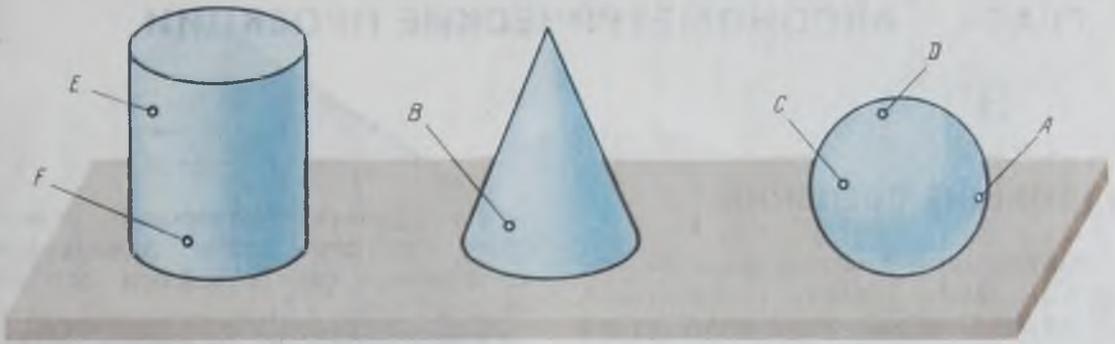


Рис. 8.21

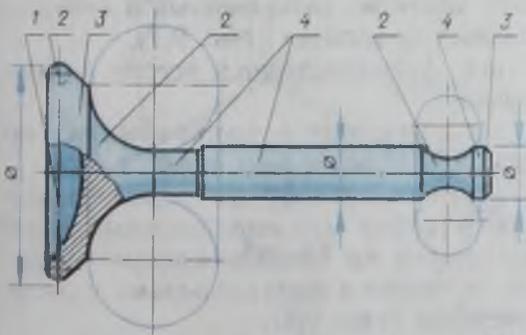


Рис. 8.22

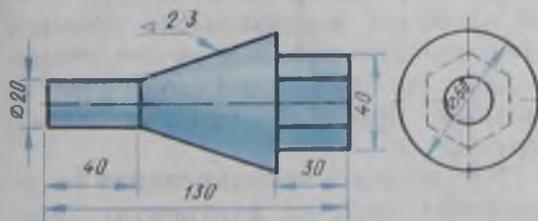


Рис. 8.23

диаметр нижнего основания – 60 мм, верхнего – 20 мм. Со стороны малого основания присоединяется цилиндр диаметром 20 мм и длиной 40 мм, а со стороны большого основания в центре его шестиугольная призма длиной 30 мм, вписанная в окружность, диаметр которой 40 мм.

5. Выполните задачи 53...57 (с. 46...48) и ряд упражнений.

6. Что такое многогранник?

7. Какой многогранник называется параллелепипедом?

8. Какой многогранник называется кубом?

9. От чего зависит название призмы или пирамиды?

10. Что называется телом вращения?

11. Какой цилиндр называется прямым круговым?

12. Какой конус называется прямым круговым?

13. Как на поверхности конуса задать точку?

14. Какая поверхность называется сферой?

15. Как найти на поверхности шара проекции точки?

16. Какая поверхность называется тором?

ГЛАВА АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

9

9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Аксинометрической проекцией фигуры Φ называется условное изображение, когда предмет вместе с одной из его ортогональных проекций и осями координат, к которым она отнесена, проецируется на какую-либо плоскость параллельными лучами. Эта плоскость называется картинной (рис. 9.1).

Аксинометрические проекции широко применяются как в строительной, так и в машиностроительной практике для получения наглядного изображения.

Проекции, полученные на картинной плоскости, называются *вторичными проекциями*, например A_1^1 . Вторичные проекции могут быть горизонтальными, фронтальными и профильными. Без вторичной проекции нельзя построить теней, о которых вы узнаете в следующих главах.

9.2. ВИДЫ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

Аксинометрия – греческое слово, состоящее из двух слов *аксон* – ось и *метрео* – измеряю.

В зависимости от направления проецирующих лучей по отношению к картинной плоскости аксинометрические проекции делятся:

на **прямоугольные** – проецирующие лучи перпендикулярны картинной плоскости;

косоугольные – проецирующие лучи наклонны к картинной плоскости.

В свою очередь прямоугольные аксинометрические проекции делятся:

на *изометрическую проекцию*, которая имеет единый масштаб для всех трех осей (рис. 9.2);

диметрическую проекцию, имеющую, по двум осям одинаковые масштабы, а для третьей оси – особый масштаб (рис. 9.3);

триметрическую проекцию, которая имеет разные масштабы по всем трем осям.

Косоугольные аксинометрические проекции делятся:

на *фронтальную изометрическую (кавалерную)* (рис. 9.4), *горизонтальную изометрическую* (рис. 9.5), *фронтальную диметрическую (кабинетную)* (рис. 9.6).

Для всех видов аксинометрических проекций при построении той или иной детали некоторые положения в построении чертежа будут одинаковыми, а именно:

любому чертежу в аксинометрических проекциях должен предшествовать чертеж, выполненный в ортогональных проекциях (рис. 9.7);

ось Z проецируется всегда вертикально;

все измерения делаются только по осям или параллельно осям;

все прямые линии, параллельные между собой или параллельные осям симметрии на ортогональном чертеже, остаются параллельными в аксиометрии (рис. 9.8).

На чертеже (рис. 9.9) дан пример построения в аксинометрической проекции фигуры пятиугольника. Вначале очень тонкими линиями строят вторичную проекцию пятиугольника. Затем из каждой точки проводят вертикальные прямые, параллельные оси Z , и на них откладывают высоту каждой точки с фронтальной проекции ортогонального чертежа.

В результате проецирования координатных осей на картинную плоскость по осям будет иметь место

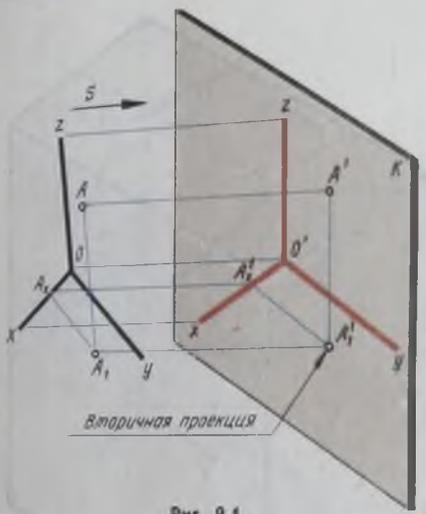


Рис. 9.1

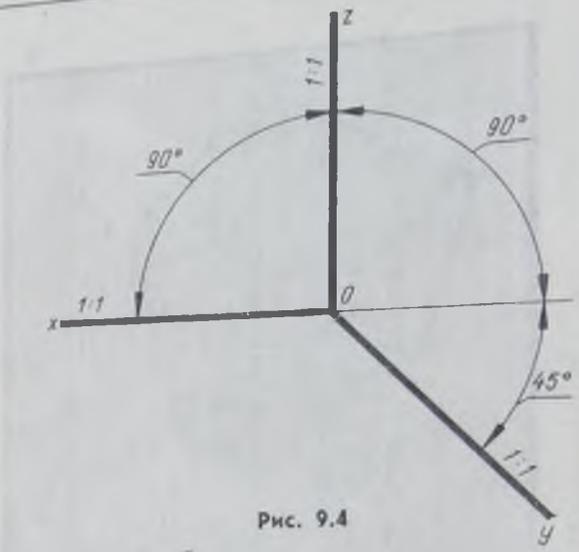


Рис. 9.4

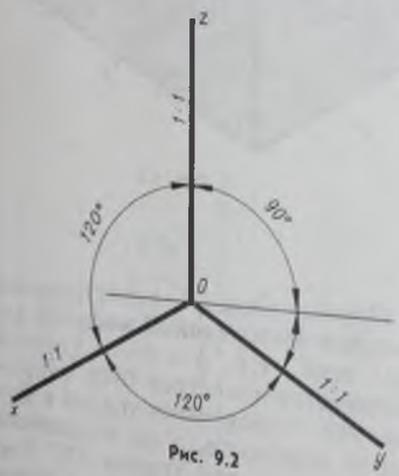


Рис. 9.2

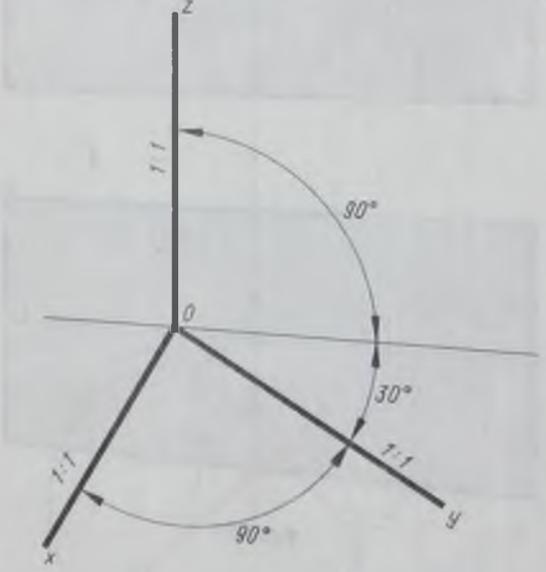


Рис. 9.5

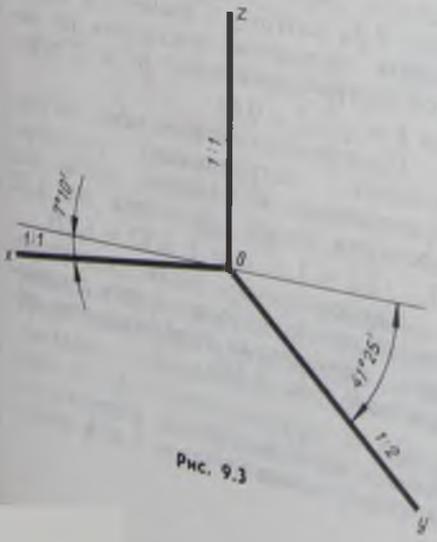


Рис. 9.3

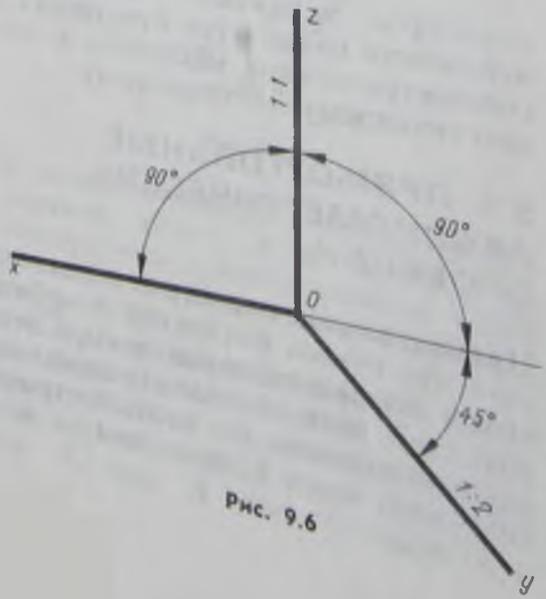


Рис. 9.6

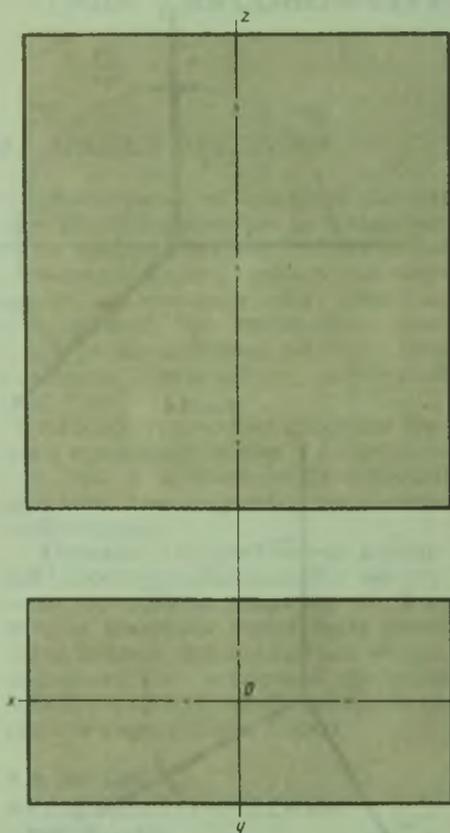


Рис. 9.7

некоторое искажение. Показателем искажения называется отношение аксонометрического масштаба к соответствующему натуральному.

9.3. ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

Прямоугольная изометрия характеризуется тем, что сумма квадратов коэффициентов искажения равна двум. Следовательно, если обозначить коэффициенты искажения по аксонометрическим осям через k , m , n , то $k^2 + m^2 + n^2 = 2$.

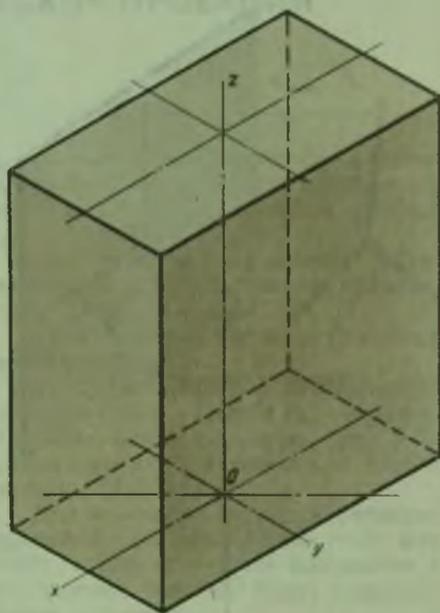


Рис. 9.8

Прямоугольная изометрическая проекция имеет единый масштаб для всех осей, т. е. $k = m = n$, откуда аксонометрические оси будут направлены под одинаковыми углами к картинной плоскости, а по отношению друг к другу — под углами 120° (см. рис. 9.2), поэтому в изометрии будем иметь следующие искажения по аксонометрическим осям: $3k^2 = 2$, откуда $k = \sqrt{2/3} = 0,82$.

Практически по всем осям, откладывают натуральные размеры, приведенные к единице, тогда вся проекция будет увеличена на 1,22 ($1 : \sqrt{2/3} = 1,22$ или $1 : 0,82 = 1,22$).

Следовательно, для изометрических проекций будем иметь следующие приведенные коэффициенты искажений (рис. 9.10):

по осям X, Y и Z (0,82)	1
большая ось эллипса (1)	1,22
малая ось эллипса (0,58)	0,71

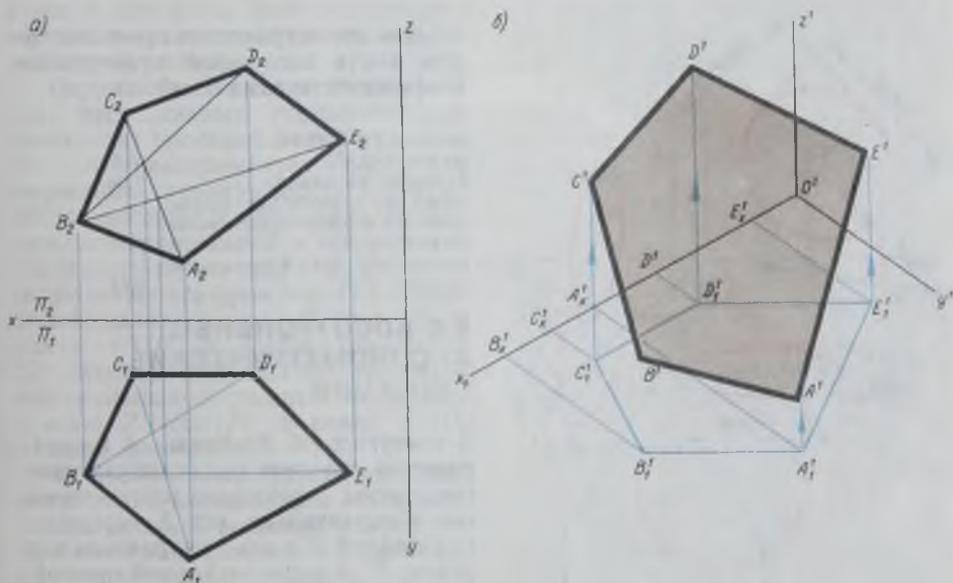


Рис. 9.9

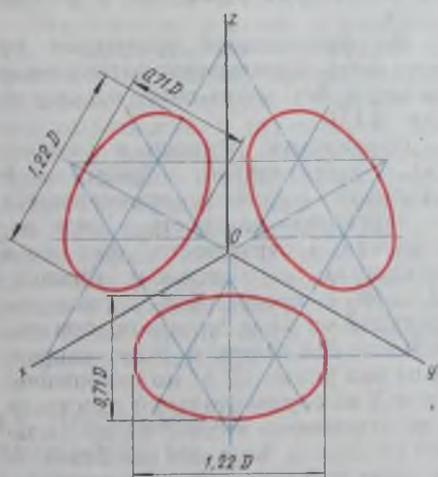


Рис. 9.10

Размеры осей эллипса для изометрической проекции можно определить графически. Для этого проводим две взаимно перпендикулярные оси (рис. 9.11), чертим вокруг центра O окружность заданного диаметра. Из точек E и F делаем засечки радиусом

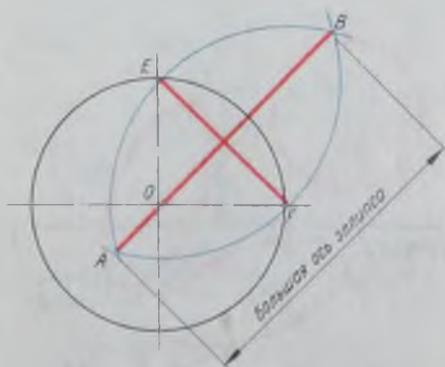


Рис. 9.11

EF , пересекающихся в точках A и B . Соединяя точки A и B , получим большую ось эллипса, равную $1,22D$, а соединяя E с F , получим малую ось, равную $0,71D$.

В прямоугольной диметрии ось Z проецируется вертикально, ось Y — под углом $41^\circ 25'$ к горизонтальной прямой, проведенной через основание оси Z , ось X — под углом $7^\circ 10'$

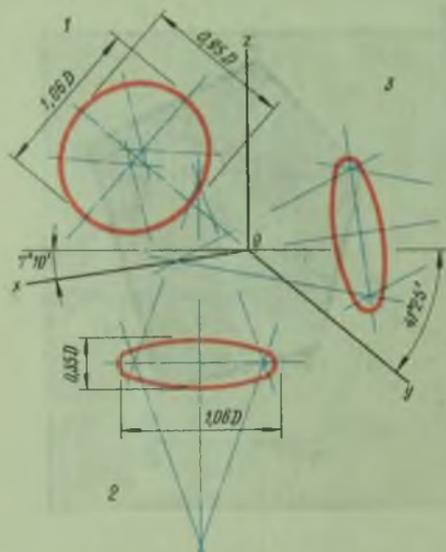


Рис. 9.12

Для диаметрических проекций будем иметь следующие приведенные коэффициенты искажений:

по осям Z и X (0,94)	1
по оси Y (0,47)	0,5
большая ось эллипса (1)	1,06
малая ось эллипса для горизонтального и профильного эллипса (0,33)	0,35
малая ось для фронтального эллипса (0,9)	0,95

9.4. КОСОУГОЛЬНЫЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

В косоугольной фронтальной изометрической проекции аксонометрические оси имеют следующие направления: ось Z вертикальна, ось X перпендикулярна оси Z, а ось Y направлена под углом 45° к горизонтальной прямой. Причем, ось Y может быть направлена как вправо вниз, так и вправо вверх.

Во фронтальной изометрии по всем осям откладывают натуральные размеры без каких-либо искажений (рис. 9.13).

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на картинную плоскость в виде окружности, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций, — в виде эллипсов, причем, большие оси эллипсов будут направлены под углом $22^\circ 30'$ по отношению к оси X на горизонтальной плоскости и по отношению к оси Z на профильной плоскости. Большая ось эллипсов на обеих плоскостях будет равна $1,3D$, а малая — $0,54D$ (D — диаметр окружности).

В косоугольной горизонтальной изометрической проекции аксонометрические оси имеют следующее направление: ось Z вертикальна, ось Y направлена под углом 30° к горизонтальной прямой или под углом 120° к оси Z, а ось X — под углом 90°

(рис. 9.12). Искажения по осям Z и X будут одинаковыми по 0,94, а по оси Y — 0,47. Практически по осям Z и X откладывают натуральные размеры без искажения, а по оси Y — уменьшенные в два раза.

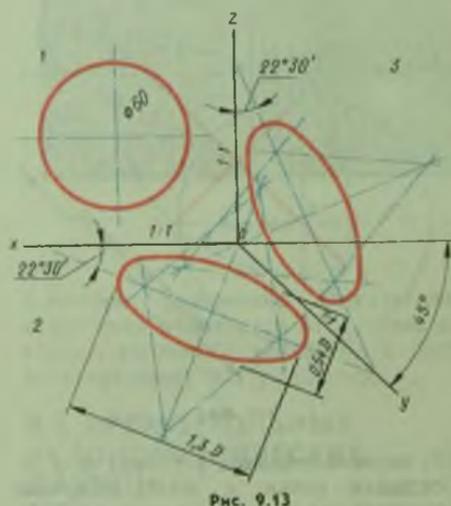


Рис. 9.13

к оси Y (рис. 9.14). Этот вид аксонометрии выполняется без каких-либо искажений по осям.

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость проекций в виде окружности, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной и профильной плоскостям проекций,— в виде эллипса. Большая ось фронтального эллипса составляет с осью Z угол 15° и равна $1,37D$, а малая ось— $0,37D$ (D — диаметр окружности). Большая ось профильного эллипса составляет с осью Z угол 30° и равна $1,22D$, а малая ось— $0,71D$.

В косоугольной фронтальной диметрической аксонометрии ось Z вертикальна, ось X перпендикулярна оси Z , а ось Y направлена под углом 45° к горизонтальной прямой, и она может быть расположена или справа вверх, или справа вниз (см. рис. 9.6).

Окружности, лежащие в плоскостях, параллельных фронтальной плоскости проекций, проецируются на аксонометрическую плоскость в виде окружности, а окружности, лежащие в плоскостях, параллельных горизонтальной и профильной плоскостям проекций,— в виде эллипсов (рис. 9.15), при этом большая ось эллипсов равна $1,07D$, а малая ось— $0,33D$. Ось горизонтального эллипса с осью X составит угол $7^\circ 14'$ и тот же угол будет между осью Z и осью профильного эллипса.

9.5. ПОСТРОЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ В АКСОНОМЕТРИИ

Окружность в аксонометрии может быть построена при помощи сетки. В этом случае окружность делим на n частей (рис. 9.16, а), строим сетку и вписываем эллипс (рис. 9.16, б). Этот способ годится для всех видов аксонометрических проек-

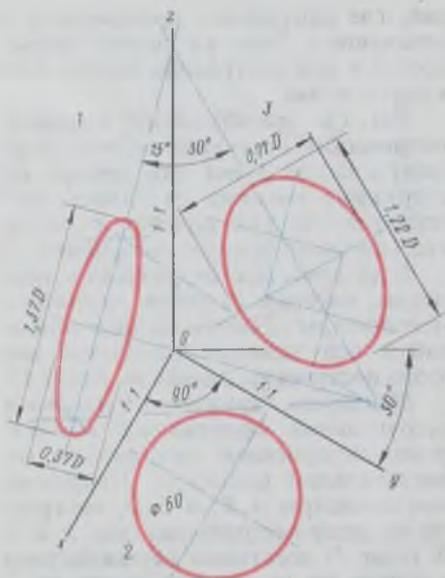


Рис. 9.14

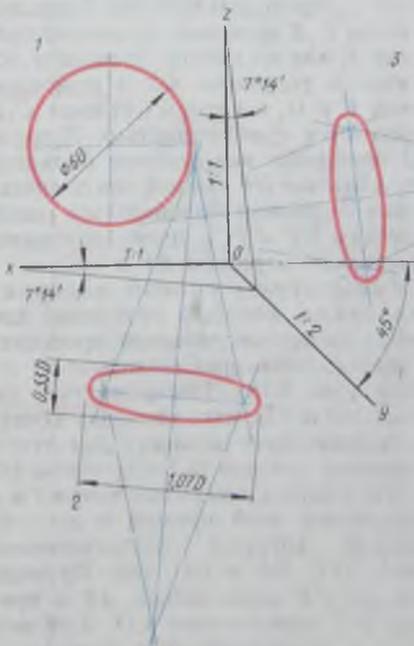


Рис. 9.15

ций, где окружность проецируется с искажением. Этот же способ применяется и при построении окружности в перспективе.

Так, где это возможно, в аксонометрических проекциях эллипс заменяют овалом. Овал — это кривая, по очертанию похожая на эллипс, но строится она при помощи циркуля, что упрощает процесс построения.

Если известны сопряженные диаметры, которые строятся по аксонометрическим осям, то по ним можно найти оси эллипса, используя для этого построение, данное на рис. 9.17.

Например, окружность строится в косоугольной фронтальной изометрической проекции параллельно горизонтальной плоскости. Сопряженные диаметры A_1B_1 и C_1D_1 построены на аксонометрических осях X и Y . В точке O восставим перпендикуляр к одному из диаметров (например к A_1B_1) и отложим на нем половину этого диаметра. Через полученную точку E и конец второго диаметра точку C_1 проводим прямую. Разделив отрезок C_1E пополам, из полученной точки K как из центра проводим окружность радиусом KO и отмечаем точки F и G , в которых прямая C_1E пересечется с окружностью. Прямая OG определит направление большой оси, а прямая OF — малой оси эллипса. Длина половины большой оси равна отрезкам GE и FC_1 , длина половины малой оси — отрезкам EF и GC_1 .

Рассмотрим способ построения овала, который применим для любой аксонометрической проекции, с наибольшим приближением к эллипсу (рис. 9.18). Построив оси эллипса AB и CD , находим одну точку, принадлежащую эллипсу; для этого проводим прямую $O-2$ под углом 45° к осям эллипса и находим точки 1 и 2 пересечения этой прямой с дугами, радиусы которых соответственно равны OA , OB и OC , OD . Проведем прямую $1-E$ параллельно AB и прямую $2-E$ параллельно CD , получим точку E , принадлежащую эллипсу.

Проводим срединный перпендикуляр отрезка CE до пересечения с прямой CD в точке O_1 , которую принимаем за центр дуги радиуса O_1C . Точка O_2 симметрична точке O_1 относительно центра эллипса.

Находим точку L пересечения дуги O_1C с дугой $2B$ и проводим через эту точку прямую LM параллельно OB до пересечения в точке M с прямой BM , перпендикулярной OB .

Из центра M радиусом MB проводим дугу до пересечения с дугой CL в точке K , которая является точкой сопряжения дуг овала. Соединяя точки K и O_1 , находим центр O_3 дуги KB .

На прямой O_2O_3 находим точку P сопряжения дуги KB с дугой BP . Точка O_4 симметрична точке O_3 относительно центра эллипса. Найдя точки сопряжения на левой половине овала, проводим дуги.

9.6. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ПЛОСКИХ ФИГУР

На чертеже (рис. 9.19) дан пример построения плоской фигуры, параллельной фронтальной плоскости проекций. Справа построено изображение в прямоугольной изометрии.

Вначале строим вторичную горизонтальную проекцию $A_1^1 = D_1^1$ и $C_1 = B_1$, но так как фигура стоит на плоскости Π_1 , из точек вторичной проекции проводим вертикальные прямые, параллельные оси Z , на которых отложим высоту прямоугольника.

На рис. 9.20 построен прямоугольник, параллельный горизонтальной плоскости проекций на некотором расстоянии от нее, в прямоугольной изометрии.

Вначале строим очень тонкими линиями вторичную проекцию прямоугольника $A_1^1 B_1^1 C_1^1 D_1^1$, а затем из каждой точки проводим вертикальные прямые линии, на которых от-

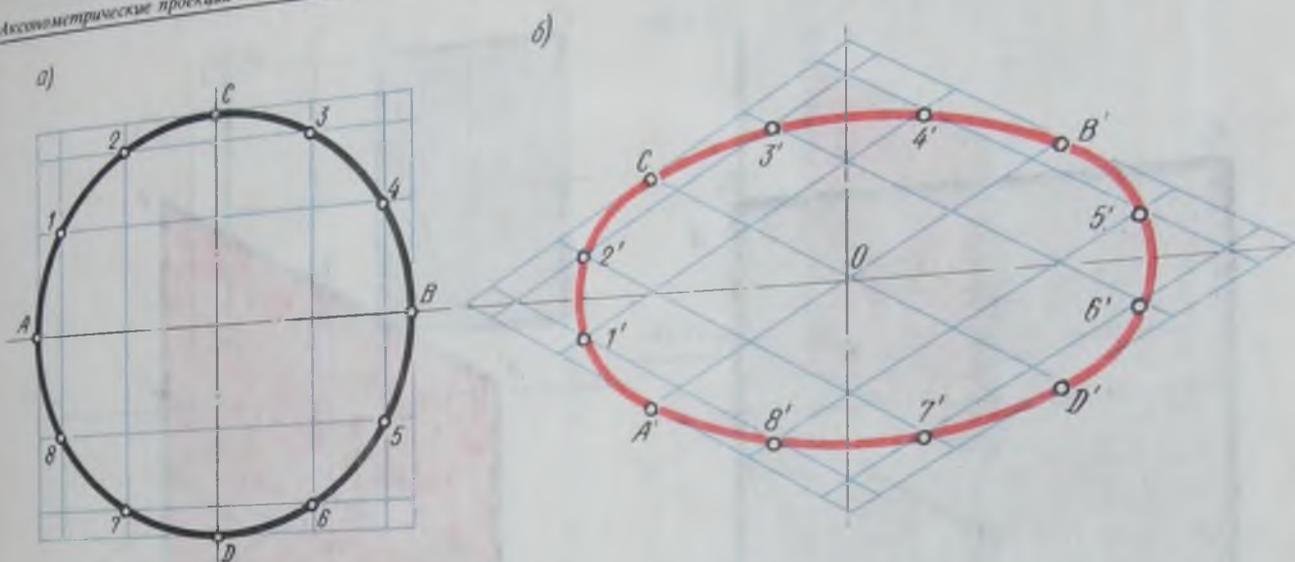


Рис. 9.16

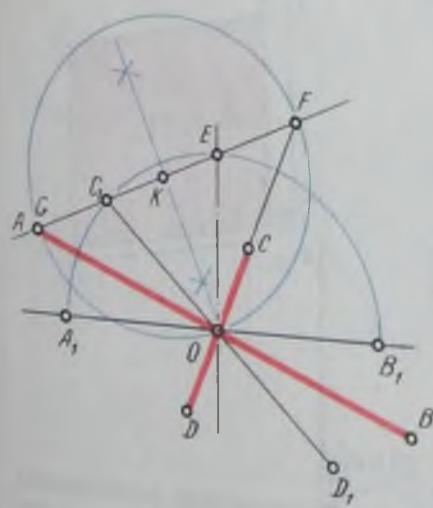


Рис. 9.17

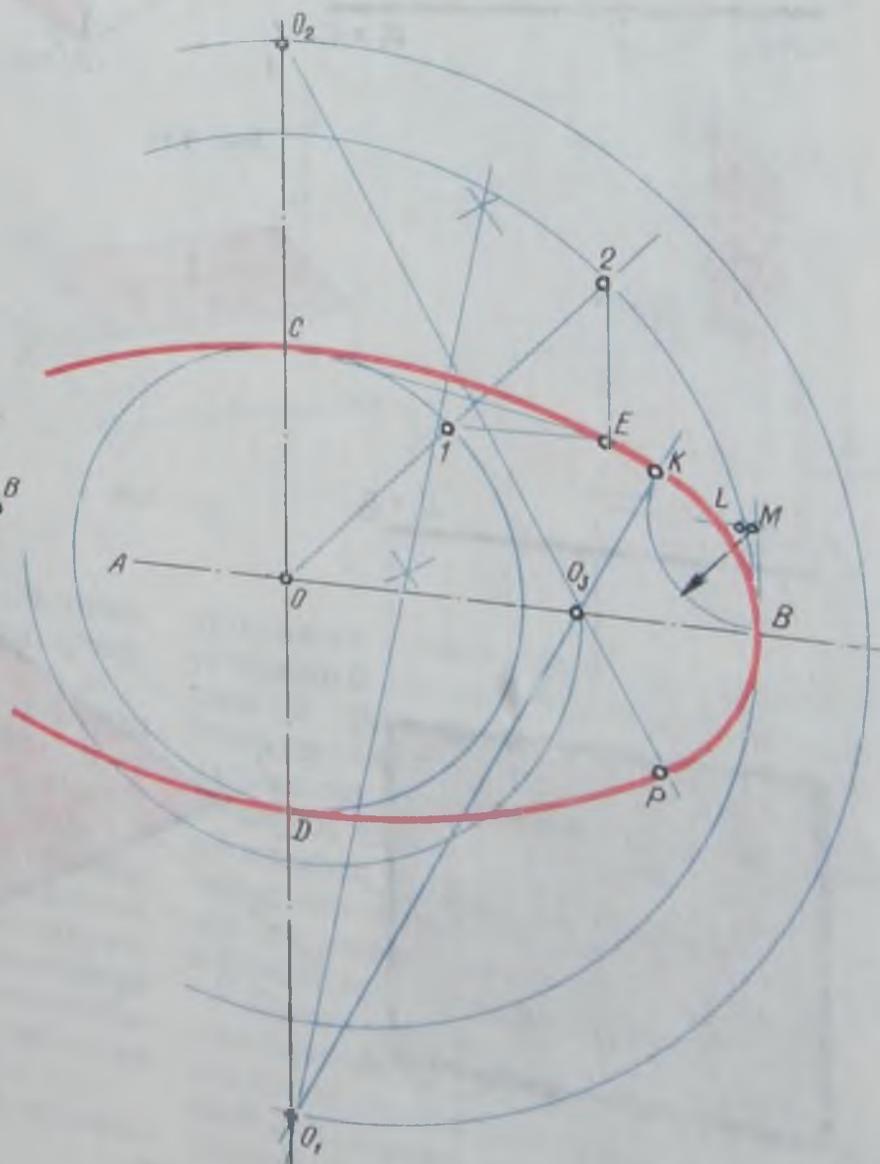


Рис. 9.18

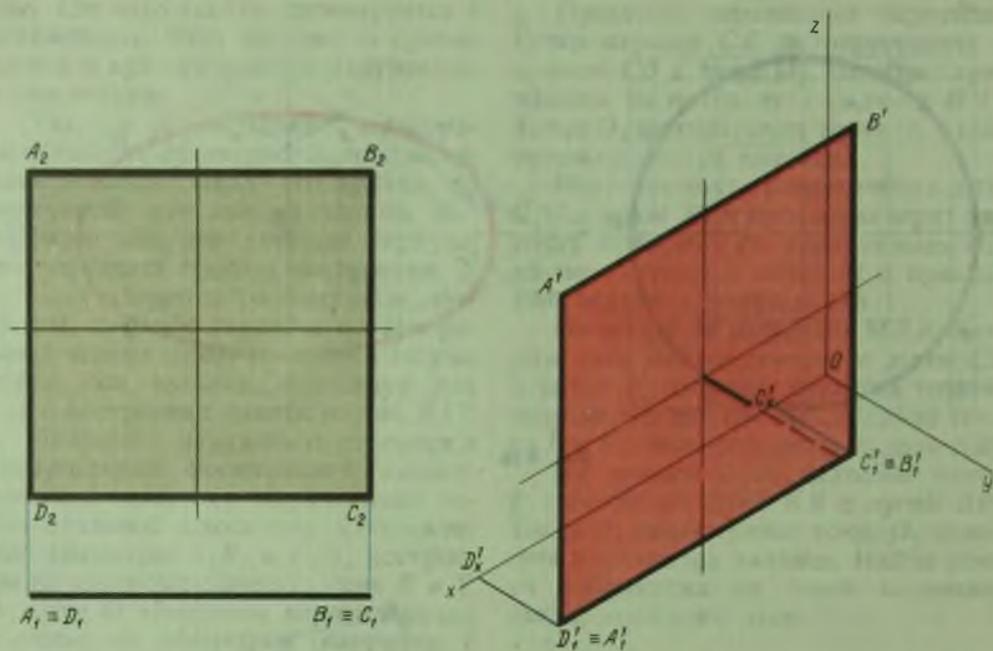


Рис. 9.19

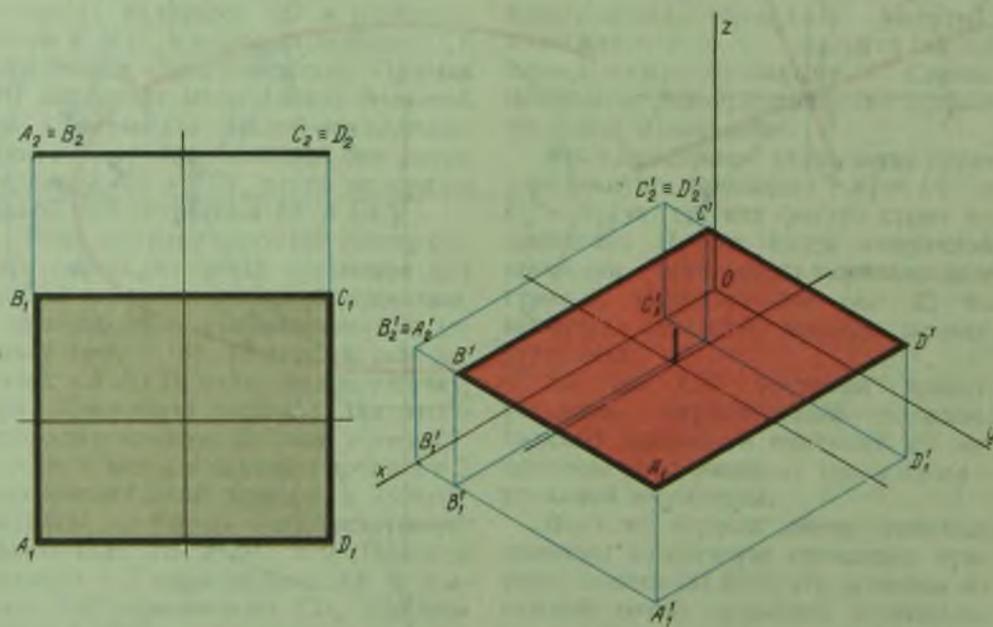


Рис. 9.20

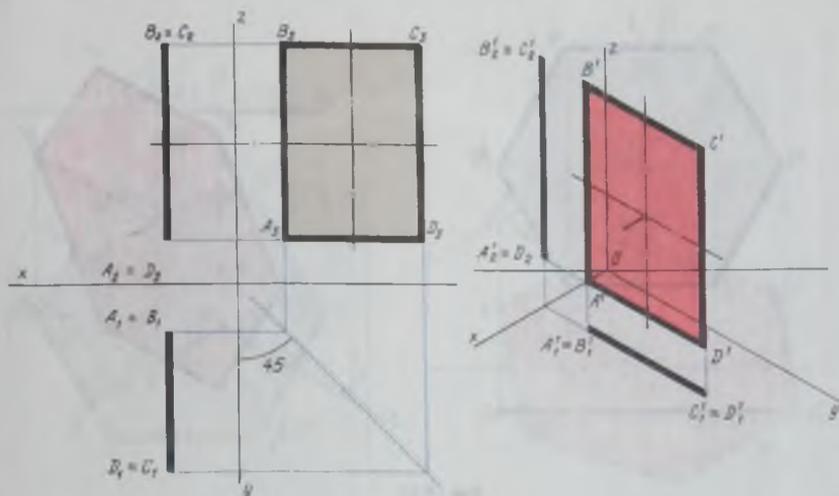


Рис. 9.21

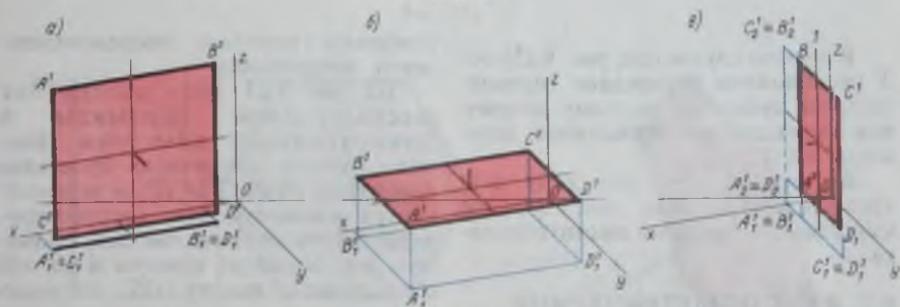


Рис. 9.22

кладываем расстояние каждой точки от горизонтальной плоскости проекций.

На чертеже (рис. 9.21) построен прямоугольник ABC в трех проекциях в положении, параллельном профильной плоскости проекций. Справа построено изображение в прямоугольной изометрии. В этом случае построены две вторичные проекции, которые однозначно определили положение прямоугольной аксонометрической проекции (изометрии).

На рис. 9.22 тот же прямо-

угольник построен в прямоугольной диметрической проекции в различных положениях относительно фронтальной плоскости; а – параллельно фронтальной плоскости; б – параллельно горизонтальной плоскости; в – параллельно профильной плоскости проекций. В этом случае по оси Y отложены размеры с коэффициентом искажения 0,5.

Проанализируйте построение фигур, данных на рис. 9.23, 9.24, 9.25, где построен шестиугольник, параллельный различным плоскостям в прямоугольной изометрии.

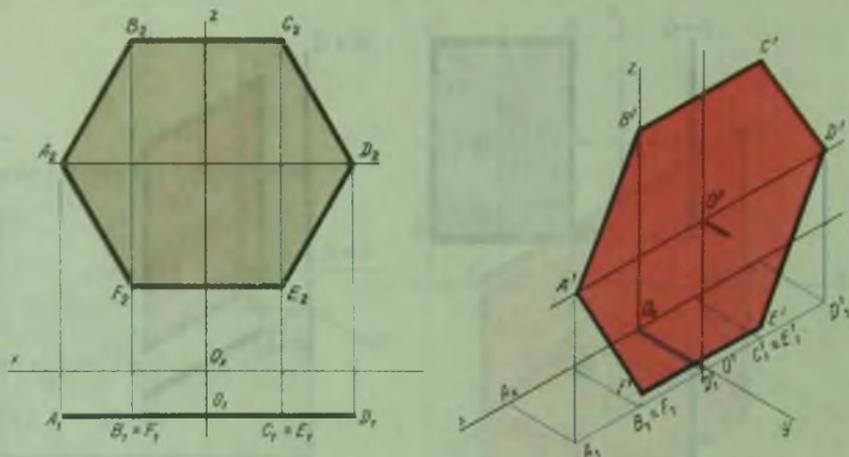


Рис. 9.23

В первом случае (см. рис. 9.23) ось Y расположена в середине горизонтальной проекции, поэтому вторичная проекция шестиугольника пересекла ось Y .

Во втором (см. рис. 9.24) и в третьем случаях (см. рис. 9.25) оси вынесены за пределы шестиугольника.

9.7. АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

На рис. 9.26 показано построение аксонометрического изображения в прямоугольной изометрии шестиугольной призмы, согласно данному чертежу в двух проекциях. Аксонометрические оси проведены по нижнему основанию. Строим вторичную проекцию основания, а затем на вертикальных прямых от каждой вершины откладываем высоты призмы, получая вершины конгруэнтно верхнего основания. Соединив найденные точки, получим верхнее основание призмы. На этом же чертеже показано, как находить точки на поверхности тела

(цифрами показана последовательность построения).

На рис. 9.27 дано построение шестиугольной пирамиды в прямоугольной диметрии. Вначале строим вторичную проекцию основания $A_1' B_1' C_1' D_1' E_1'$, а затем от центра основания, через которое проходят аксонометрические оси, проводим вертикальную прямую и на ней откладываем высоту OS , согласно чертежу.

На рис. 9.28 дано построение цилиндра с вырезами в прямоугольной аксонометрии. Вначале строим вторичную проекцию основания в виде эллипса, затем берем полную его высоту и делаем вырезки согласно чертежу. Вначале находим линию AN , затем опускаемся ниже и находим линии CK и CD и уже потом находим BF и FE .

На рис. 9.29 показано построение прямого кругового конуса во фронтальной диметрии. Вначале строим вторичную проекцию основания в виде эллипса, замененного на овал, затем высоту, остальное ясно из чертежа.

На рис. 9.30 даны две проекции

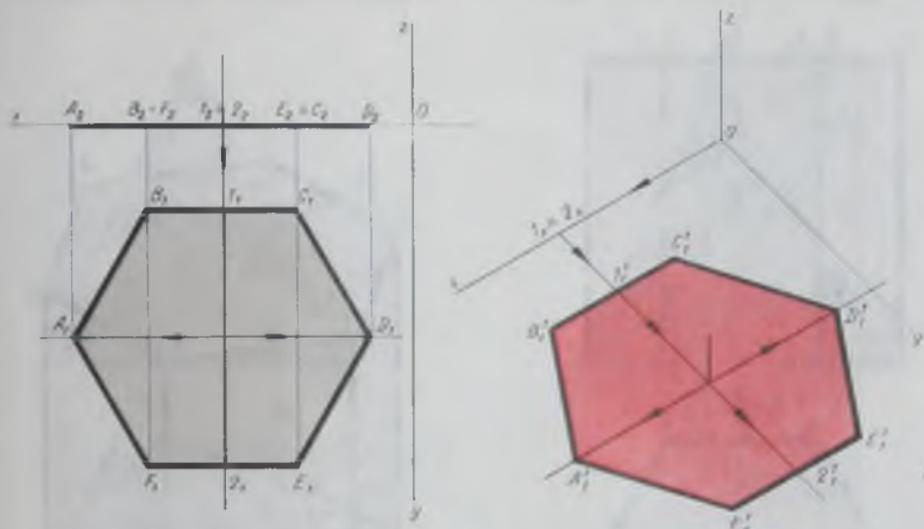


Рис. 9.24

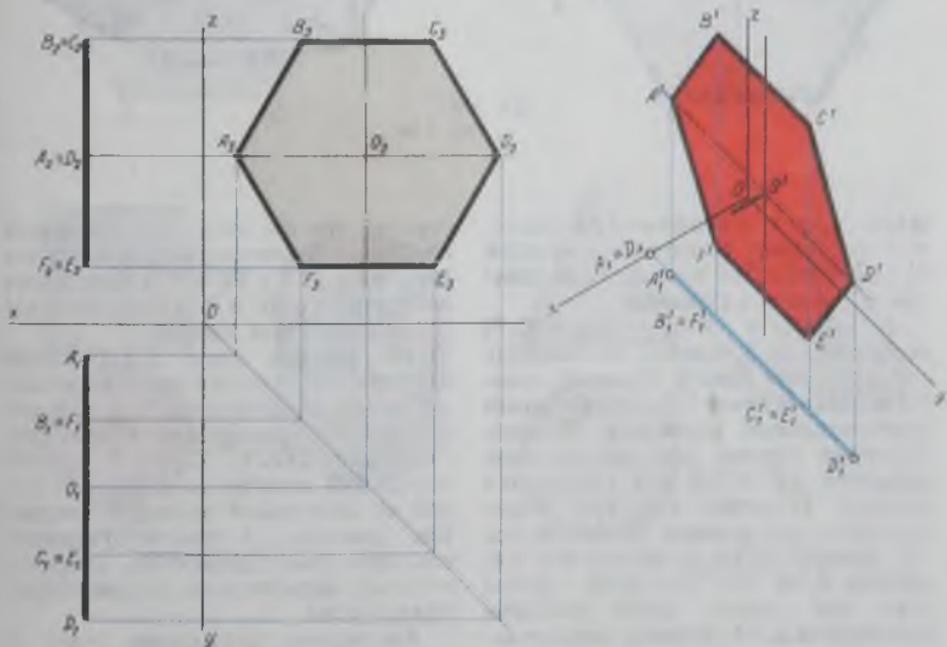


Рис. 9.25

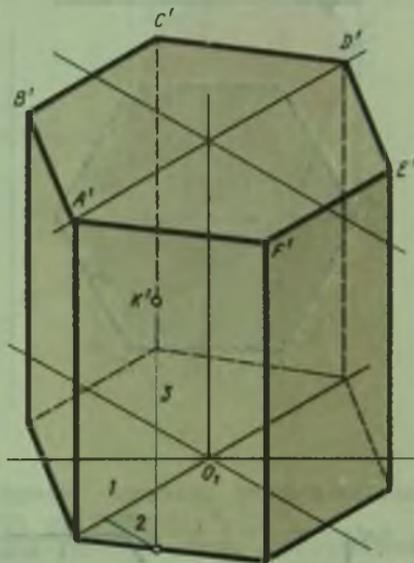
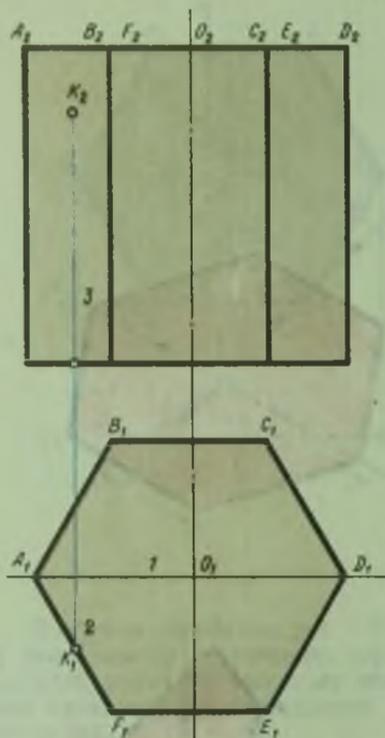


Рис. 9.26

шара и его аксонометрическое изображение в прямоугольной изометрии. Для наглядности даны три этапа его построения.

На первом этапе (рис. 9.30, б) построены два эллипса, замененные овалами. Это овал с большой осью 1-2 и с малой осью 3-4, параллельный горизонтальной плоскости. В аксонометрии строим два сопряженных диаметра AB и CD для построения эллипса. Находим тем или иным способом оси эллипса: большую ось 1-2, равную $1,22D$, и малую ось 3-4, равную $0,7D$. На этих осях строим овал или эллипс. Затем находим большую ось 5-6 эллипса, параллельного фронтальной плоскости, и его малую ось 7-8 и на них тоже строим овал или эллипс.

На втором этапе (рис. 9.30, в)

строим третий овал, параллельный профильной плоскости. Сопряженные диаметры будут EF и CD . Проводим оси эллипса 9-10 и 11-12, на которых строим овал или эллипс.

На третьем этапе для большей наглядности, что это шар, вырезана $1/8$ часть и показано, как следует штриховать материал в разрезе. Согласно ГОСТ 2.317-69 линии штриховки наносят параллельно одной из диагоналей проекций квадратов, лежащих в соответствующих координатных плоскостях, стороны которых параллельны аксонометрическим осям.

Наглядное построение тора в аксонометрической проекции по заданному диаметру выполнено на рис. 9.31. В основу построения положено вращение сферы вокруг оси

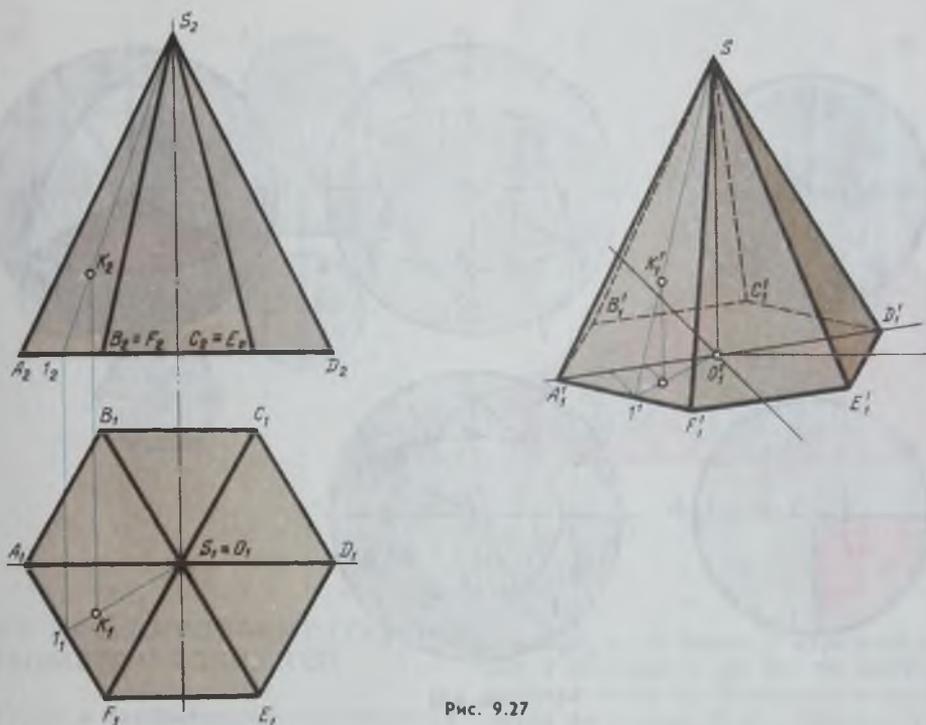


Рис. 9.27

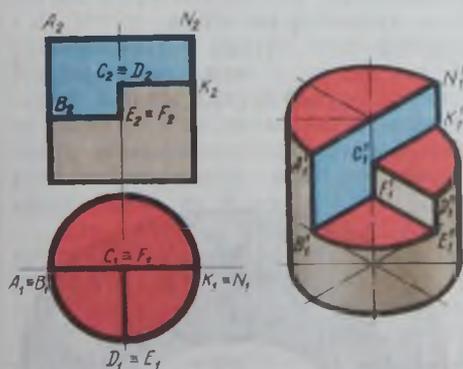


Рис. 9.28

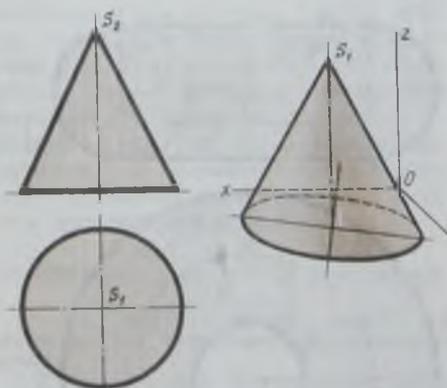


Рис. 9.29

(рис. 9.31, б). Вначале строим ось поверхности в виде эллипса (овала), а затем радиусом образующей сферы проводим окружности, равномерно

располагая их по направляющей. Для изображения кольца проводим плавную касательную ко всем окружностям.

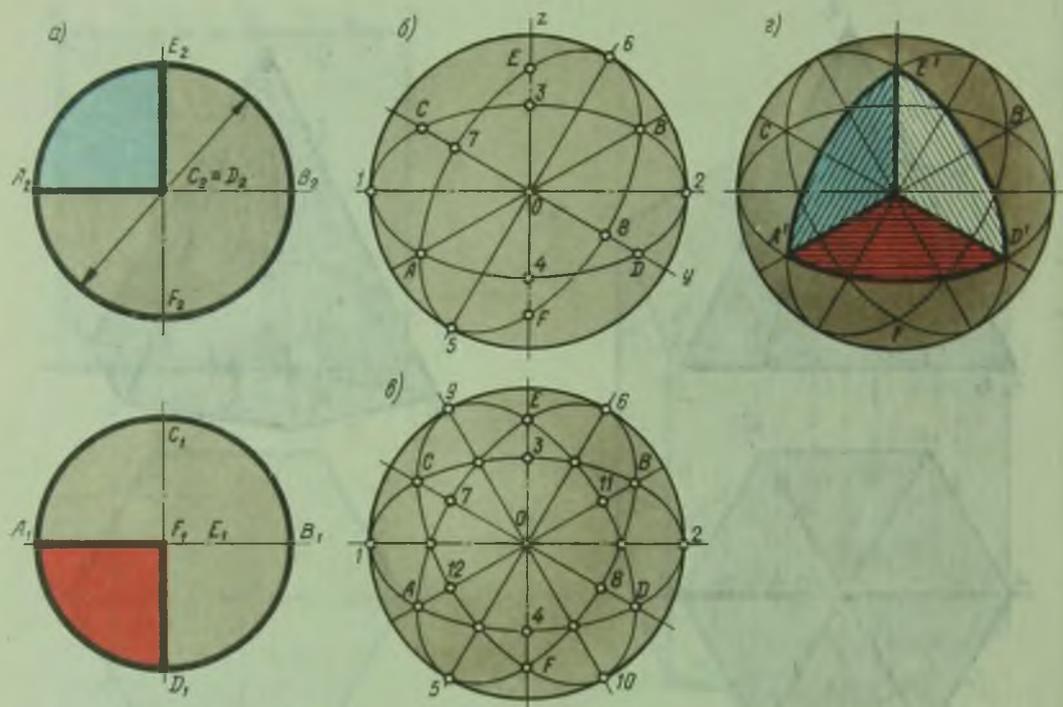


Рис. 9.30

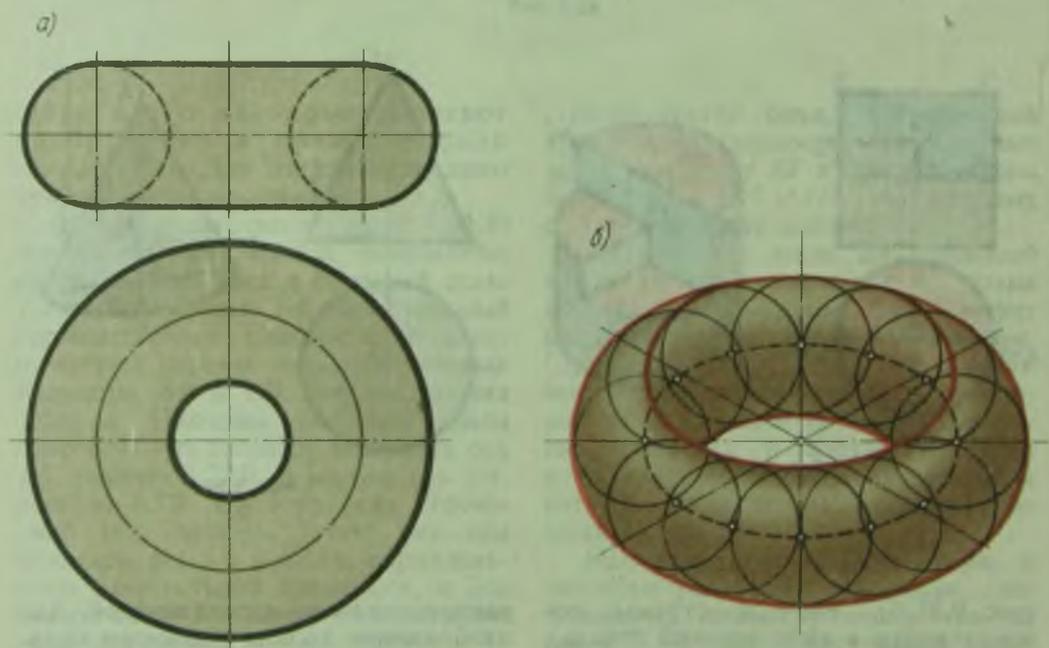


Рис. 9.31

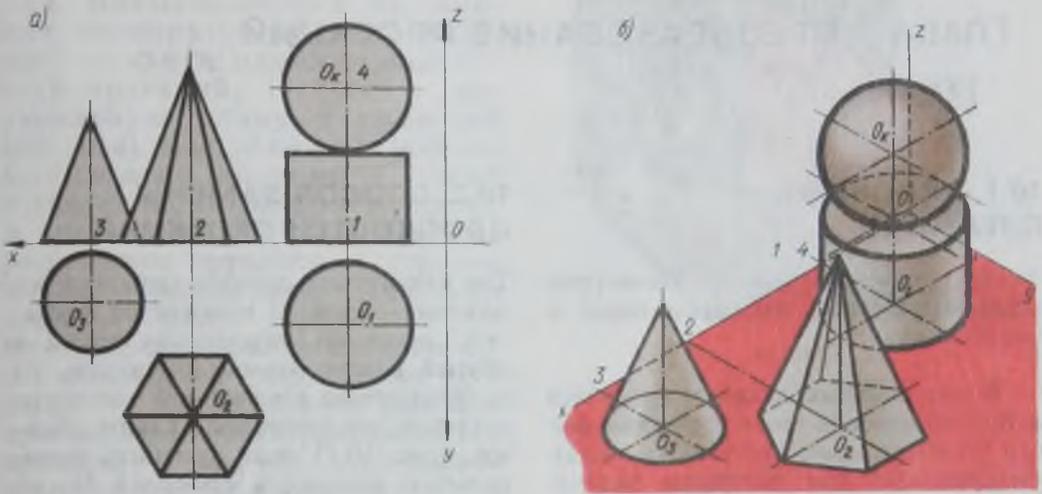


Рис. 9.32

9.8. ПРОЕКЦИРОВАНИЕ ГРУППЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Когда в аксонометрии проецируется одна фигура, то оси симметрии и аксонометрические оси совмещают, т.е. центр аксонометрических осей располагают в центре этой фигуры. Когда же речь идет о группе тел, то встает вопрос, какую фигуру принять за главную и не лучше ли совместить центр аксонометрических осей с центром осей координат и все построения производить из точки O .

Для диаметра на рис. 9.32, *а* дана группа тел, а на рис. 9.32, *б* та же группа тел построена в прямоугольной изометрии. Чтобы построить каждую фигуру, надо найти ее центр. Для этого от точки O откладываем на оси X расстояния до центра основания каждого тела: для цилиндра $O-1$, для шара $O-4$, для пирамиды $O-2$ и для конуса $O-3$. От полученных точек проводим линии, параллельные оси Y , и от точки $1-4$ откладываем расстояние до центров цилиндра и шара, получая точку O_1 ; от точки 2 — расстояние до центра пирамиды, получая

точку O_2 и от точки 3 параллельно оси Y расстояние до центра конуса, получая точку O_3 . Центр шара находится на высоте O_1O_k , поэтому это расстояние надо отложить на аксонометрическом чертеже. Найдя центры оснований всех фигур, строим тела, как было сказано выше. Невидимые части тел надо показывать штриховыми линиями, как линии невидимого контура. На чертежах, выполненных в аксонометрии, допускается наложение теней, как это делается при рисовании тел.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. На какие виды делится аксонометрические проекции в зависимости от направления лучей?
2. На какие виды делится прямоугольная аксонометрическая проекция и чем один вид отличается от другого?
3. На какие виды делится косоугольная аксонометрия?
4. Что общего при построении того или другого вида аксонометрической проекции?
5. Чем заменяется эллипс в аксонометрии?
6. В чем заключается способ построения овала при замене эллипса?
7. Как производится штриховка в аксонометрических проекциях разрезов?

ГЛАВА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРОЕКЦИЙ

10

10.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Задачи начертательной геометрии можно разделить на позиционные и метрические.

В позиционных задачах требуется найти положение геометрических фигур (точки, прямой, плоскости, тела), удовлетворяющих условиям задачи. Например, найти точку пересечения прямой с плоскостью, провести прямую или плоскость через данную точку, найти линию пересечения плоскостей и т. п.

В метрических задачах требуется найти натуральные размеры геометрических фигур, данных на чертеже своими проекциями в общем виде. Например, найти длину отрезка, величину угла, размеры плоских фигур, построить развертку поверхности или построить проекции фигуры, заданной своими размерами.

При решении метрических задач пользуются преимущественно двумя способами преобразования проекций: способом замены плоскостей проекций и способом вращения.

В первом способе *положение фигуры относительно плоскостей проекций остается неизменным*, изменяется только положение одной из плоскостей проекций, причем заменяемая плоскость остается в положении, перпендикулярном к заменяемой плоскости.

Во втором способе вращения *положение плоскостей проекций остается неизменным* и меняется положение фигуры относительно плоскостей проекций путем вращения ее вокруг оси, параллельной одной из плоскостей проекций.

10.2. СПОСОБ ЗАМЕНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ

Так как в этом способе меняется положение одной из плоскостей проекций, оставаясь перпендикулярной к другой незаменяемой плоскости, то координата на измененной плоскости остается неизменной. Таким образом (рис. 10.1), если заменить фронтальную плоскость проекций Π_2 на новую плоскость Π_4 , то последняя должна быть перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций. При этом координата z остается прежней, т. е. точка A не изменит своего расстояния от горизонтальной плоскости проекций Π_1 (рис. 10.2).

При замене горизонтальной плоскости проекций Π_1 на новую плоскость Π_5 координата Y остается неизменной, т. е. расстояние точки от фронтальной плоскости проекций Π_2 не изменится от того, что она будет проектироваться на новую плоскость, так как новая плоскость Π_5 останется в положении, перпендикулярном фронтальной плоскости проекций Π_2 (рис. 10.3). В новой системе плоскостей рассматривается проекция, оставшаяся без изменения, и новая проекция на новой плоскости проекций. Проведем ось O_1X_1 новой заменяемой плоскости и из проекции, по отношению которой производится замена, восставим перпендикуляр к новой оси. При замене плоскости Π_2 на Π_4 от новой оси откладывается расстояние, равное расстоянию точки от горизонтальной плоскости проекций z . При замене горизонтальной плоскости проекций Π_1 на Π_5 от новой оси откладывают расстояние y , равное расстоянию точки от Π_2 .

Рассмотрим четыре основные задачи.

1. Прямую общего положения преобразовать в прямую, параллельную одной из плоскостей проекций, т.е. найти натуральную длину прямой AB (рис. 10.4). При решении задачи новую плоскость, например Π_4 , ставят в положение, параллельное отрезку. В этом случае новую ось проекций располагают параллельно горизонтальной проекции прямой. Если одна проекция прямой параллельна оси проекций, то другая ее проекция будет натуральной длиной. Далее проводим от горизонтальной проекции прямые, перпендикулярные новой оси проекций, и на них откладываем координату z , т.е. расстояние от старой оси проекций до фронтальных проекций точек. Новая проекция A_4B_4 будет натуральной длиной прямой.

Эту же задачу можно решить, заменяя горизонтальную плоскость проекций Π_1 на Π_5 (рис. 10.5). В этом случае ось новой плоскости проводим параллельно фронтальной проекции прямой A_2B_2 , а координаты y берут с горизонтальной плоскости проекции

2. Прямую AB , параллельную одной из плоскостей проекций, преобразовать в проецирующую, т.е. поставить в положение, перпендикулярное плоскости проекций, чтобы прямая спроецировалась в точку (рис. 10.6). Так как данная прямая параллельна горизонтальной плоскости проекций, то для того, чтобы она спроецировалась в точку, необходимо заменить фронтальную плоскость Π_2 на новую $\Pi_4 \perp \Pi_1 \wedge AB$. Тогда в системе плоскостей Π_2, Π_4 прямая AB будет проецирующей относительно плоскости Π_4 и спроецируется на нее в виде точки $A_4 = B_4$.

Для того, чтобы прямую общего положения преобразовать в прямую проецирующую, производят две замены, т.е. обе задачи, первую и вторую, решают последовательно.

3. Плоскость α (ABC) общего

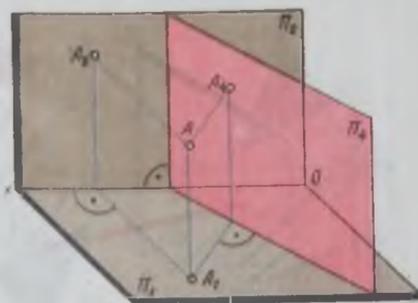


Рис. 10.1

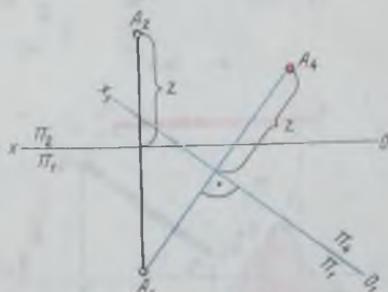


Рис. 10.2

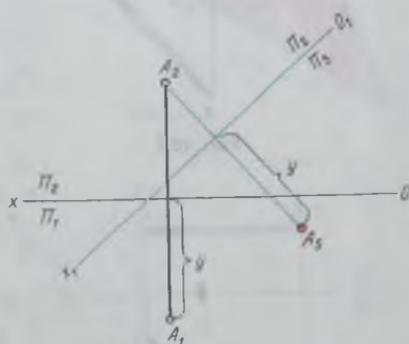


Рис. 10.3

положения преобразовать в проецирующую (рис. 10.7), т.е. перпендикулярную к одной из плоскостей проекций. Если хотят получить фронтально проецирующую плос-

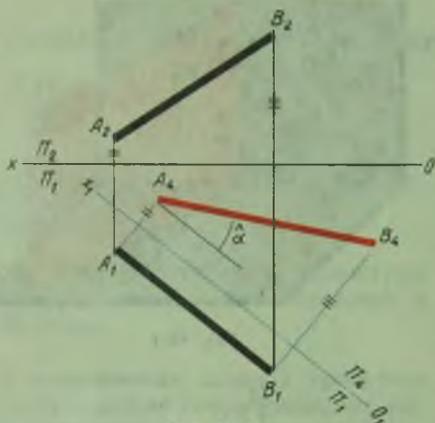


Рис. 10.4

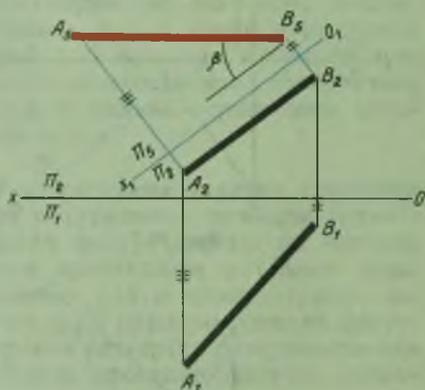


Рис. 10.5

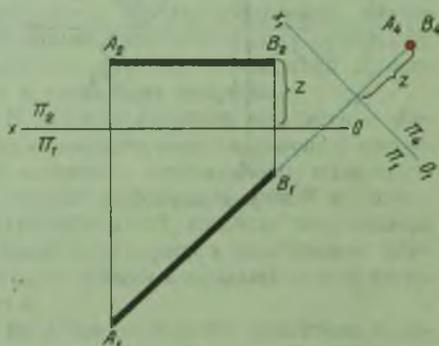


Рис. 10.6

кость, то в плоскости проводят горизонталь и новую плоскость ставят перпендикулярно к ней. Тогда вся плоскость спроецируется на новой плоскости в виде линии. Если хотят получить *горизонтально проецирующую* плоскость, то строят фронталь.

Проведем в заданной плоскости проекции горизонтали C_1I_1 и C_2I_2 . Заменим плоскость Π_2 на Π_4 и проведем новую ось проекций O_1X_1 перпендикулярно горизонтальной проекции горизонтали в любом месте. Сохраняя координаты z , горизонталь преобразуется на плоскость Π_4 в точку, а плоскость α в линию A_4B_4 .

4. Преобразовать плоскость α (ABC) из плоскости проецирующей в плоскость уровня, параллельную одной из плоскостей проекций, т. е. найти натуральный размер плоскости (рис. 10.8). Проводим новую ось проекций Π_5 параллельно фронтальной проекции $A_2B_2C_2$ и новые линии связи перпендикулярно O_1X_1 . Так как заменена горизонтальная плоскость проекций, то координаты y остаются неизменными и перенесем их на новую плоскость. В результате получим натуральный размер плоскости α (ABC).

Та же задача решается аналогично, если плоскость α находится в горизонтально проецирующем положении (рис. 10.9). В этом случае координаты остаются неизменными и их с фронтальной плоскости проекций откладывают на линиях связи от новой оси проекций.

Для того, чтобы фигуру общего положения преобразовать в фигуру, которая будет параллельна одной из плоскостей проекций, необходимо произвести две замены (рис. 10.10): вначале замену плоскости Π_2 на Π_4 , т. е. решить третью задачу, а затем — плоскость Π_1 на Π_5 , поставив последнюю параллельно фигуре, т. е. решить четвертую задачу совместно с третьей.

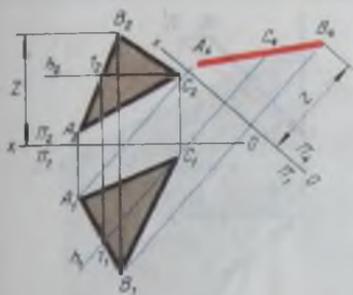


Рис. 10.7

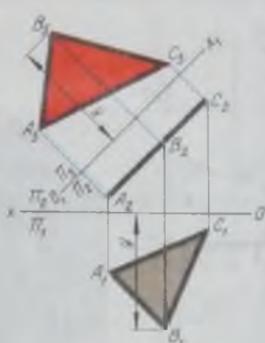


Рис. 10.8

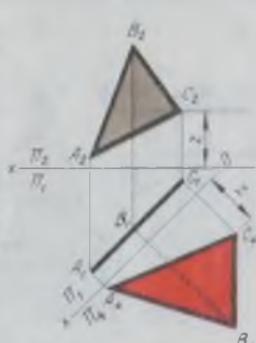


Рис. 10.9

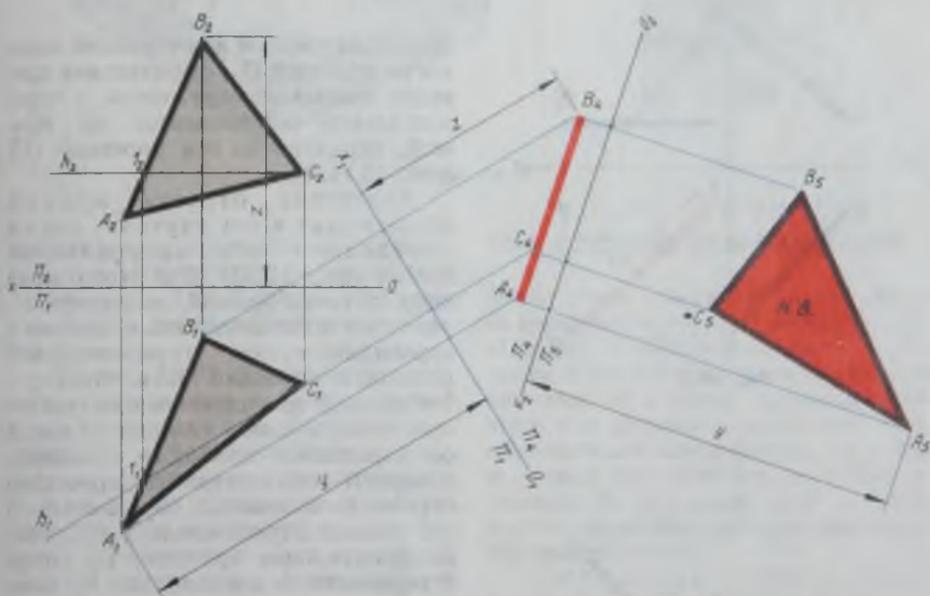


Рис. 10.10

10.3. СПОСОБ ВРАЩЕНИЯ

Это способ заключается в том, что ось вращения всегда параллельна одной из плоскостей проекций, а плоскость вращения всегда перпендикулярна оси вращения. Следовательно, все точки вращаются в плоскостях, перпендикулярных оси вращения. В частном случае ось вращения может

быть перпендикулярна одной из плоскостей проекций.

При вращении точки вокруг оси, перпендикулярной горизонтальной плоскости проекции Π_1 , горизонтальная проекция точки A описывает окружность, а фронтальная проекция — прямую, параллельную оси проекций OX (рис. 10.11, а).

При вращении точки вокруг оси,

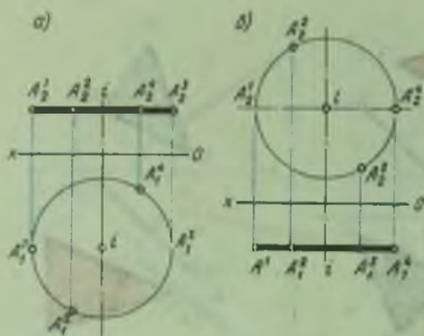


Рис. 10.11

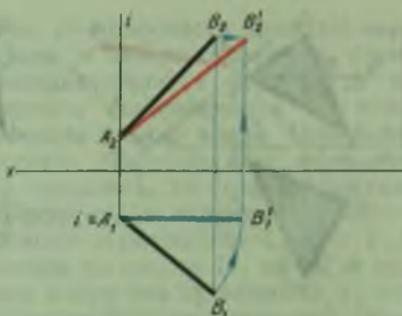


Рис. 10.12

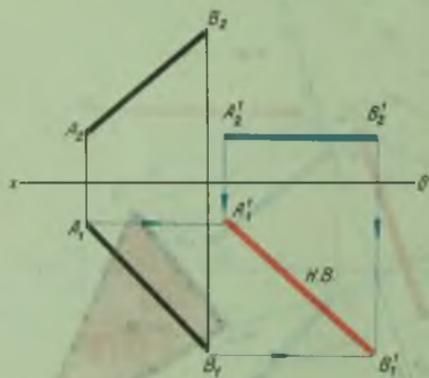


Рис. 10.13

перпендикулярной фронтальной плоскости проекций Π_2 , фронтальная проекция описывает окружность, а горизонтальная — перемещается по прямой, параллельно оси проекций OX (рис. 10.11, б).

Вращение отрезка прямой производят в тех случаях, когда определяют его натуральную длину (рис. 10.12). Для этого через одну из точек прямой, например, через точку A , проводят ось вращения i , перпендикулярную горизонтальной плоскости проекций. Зная, что отрезок прямой проецируется в натуральную длину только в том случае, когда он параллелен плоскости проекций, повернем горизонтальную проекцию отрезка до положения, параллельного оси проекций (положение A_1B_1). Тогда фронтальная проекция B_2 точки B переместится в положение B_2^1 . Соединяя фронтальную проекцию A_2 с B_2^1 , получим натуральную длину отрезка прямой.

Натуральную длину отрезка прямой можно найти без проведения оси вращения (рис. 10.13), так как при вращении фронтальной проекции последняя, не меняя своей длины, изменяет свое положение, а горизонтальная проекция изменяет и длину, и положение. Согласно сделанному выводу можно одну проекцию повернуть в положение, параллельное оси проекций, например

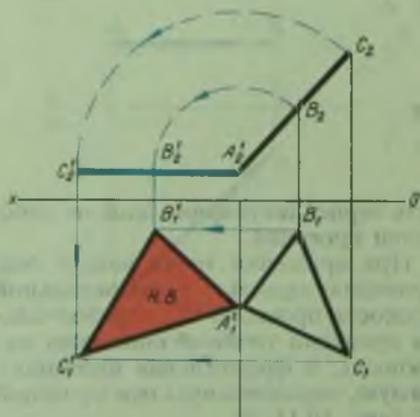


Рис. 10.14

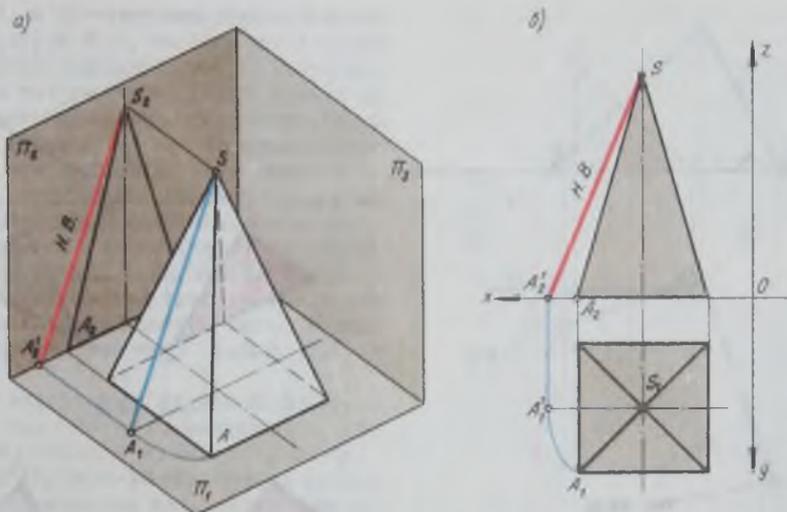


Рис. 10.15

фронтальную проекцию, а горизонтальную получить путем проведения линий связи. Такой способ вращения называется *плоскопараллельным перемещением*.

На рис. 10.14 дан пример того, как находится натуральный размер плоской фигуры, находящейся в частном положении, т.е. во фронтально проецирующем. В этом случае достаточно повернуть фронтальную проекцию до положения, параллельного оси проекций. Для чего через точку A проведем ось вращения, перпендикулярную фронтальной плоскости проекций. Затем все точки переносим при помощи линий связи с новой фронтальной проекции до пересечения с линиями связи, проведенными к горизонтальной проекции параллельно оси проекций OX .

На рис. 10.15 показано нахождение натуральной длины ребра четырехугольной пирамиды.

Способом вращения вокруг осей, перпендикулярных плоскостям проекций, можно решить четыре основные задачи, рассмотренные в способе замены плоскостей проекций.

10.4. СПОСОБ СОВМЕЩЕНИЯ

Этот способ — частный случай способа вращения, когда осью вращения служит линия пересечения данной плоскости с одной из плоскостей проекций или одна из главных линий — горизонталь или фронталь плоскости. Совмещенной считается фигура, когда все ее точки совместились с одной из плоскостей проекций или с плоскостью, параллельной основным плоскостям проекций.

Совмещение точки с плоскостью Π_1 при помощи горизонтали, лежащей в горизонтальной плоскости проекций (рис. 10.16). Через заданную точку M проводим фронталь и находим ее след M_1M_2 . Через горизонтальную проекцию M_1 проводим горизонтальный след плоскости, это будет горизонталь, лежащая в горизонтальной плоскости проекций. Принимаем горизонталь (след) C_1D_1 за ось вращения, тогда точка A будет вращаться в плоскости, перпендикулярной оси вращения. Найдим радиус вращения, для чего из горизонтальной проекции A_1 прово-

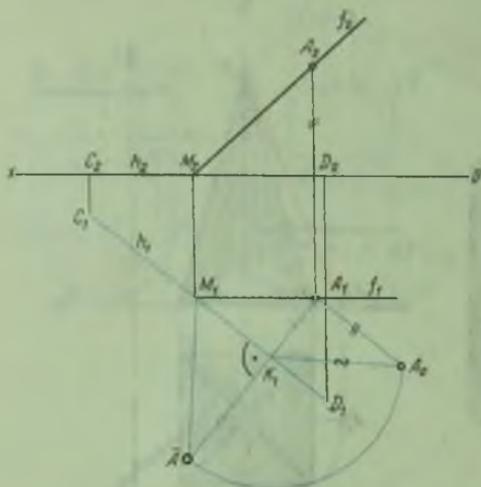


Рис. 10.16

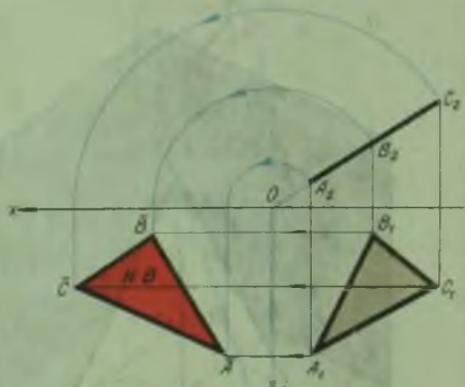


Рис. 10.18

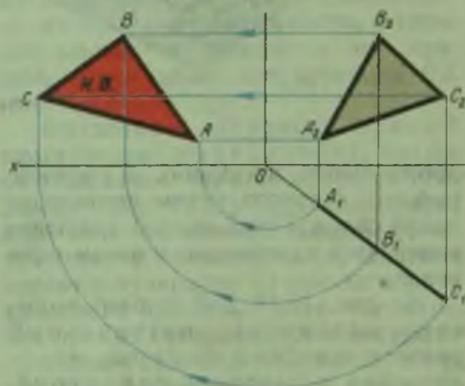


Рис. 10.19

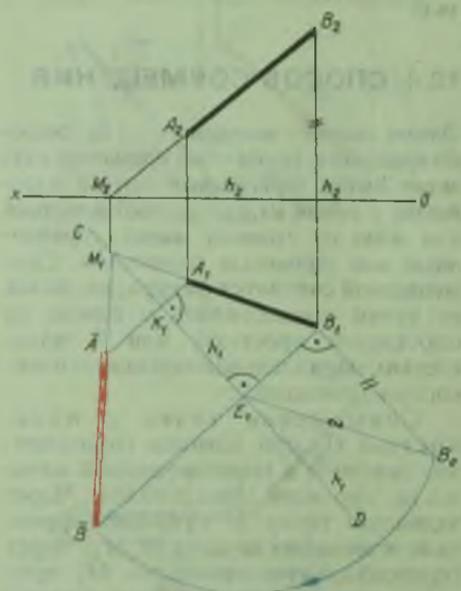


Рис. 10.17

дим перпендикулярную прямую к оси вращения. Отрезок AK будет радиусом вращения, а A_1K_1 — его горизонтальной проекцией. Находим натуральную длину радиуса вращения любым способом (на чертеже приме-

нен способ треугольника) и откладываем ее на перпендикулярной прямой от горизонтальной проекции A_1 . Точка A будет искомым положением совмещенной точки A с горизонтальной плоскостью проекций.

Пример совмещения прямой линии с горизонтальной плоскостью проекций (рис. 10.17). Находим точку пересечения данной прямой с плоскостью проекций (след M_1M_2). Через след M проводим горизонталь h , которая будет лежать в горизонтальной плоскости проекций Π_1 и, принимая ее за ось вращения, вращаем точки A и B в плоскостях, перпендикулярных оси вращения. Для этого из горизонтальных проек-

ций A_1 и B_1 опускаем перпендикуляры A_1K_1 и B_1E_1 на горизонтальную проекцию оси вращения h_1 . Затем находим натуральную длину одного из радиусов вращения, например BE , и откладываем ее на перпендикуляре B_1E_1 от проекции E_1 . Найденную точку B_0 переносим на перпендикуляр B_1E_1 в точку B , совмещенную с горизонтальной плоскостью проекций. Так же может быть найдено совмещенное положение точки A , т. е. точки \bar{A} , или эта точка может быть найдена на пересечении двух линий BM_1 и A_1A .

Совмещение плоской фигуры ABC частного положения с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 (рис. 10.18). Чтобы выполнить совмещение, находим линию пересечения данной плоскости с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 и, принимая ее за ось вращения i , производим совмещение.

На рис. 10.19 дан пример совмещения фигуры ABC с фронтальной проекцией. Фигура находится в положении, перпендикулярном горизонтальной плоскости проекций.

Совмещение при помощи горизонтали плоскости (рис. 10.20). Дана фигура ABC своими проекциями $A_1B_1C_1$ и $A_2B_2C_2$. Требуется найти ее натуральный размер вращения вокруг горизонтали h .

1. Проводим проекции h_1 и h_2 горизонтали. 2. Из горизонтальной проекции B_1 точки B проводим линию, перпендикулярную оси вращения h_1 . Получим проекцию радиуса вращения B_1K_1 . 3. Находим натуральный радиус вращения BK на горизонтальной плоскости проекций Π_1 . Для этого в точке B_1 строим прямой угол и прямоугольный треугольник, где B_1B_0 — расстояние точки B от горизонтали h , а гипотенуза K_1B_0 — натуральная длина радиуса вращения. 4. На продолжении прямой B_1K_1 отложим гипотенузу K_1B_0 и получим совмещенное положение B точки B . 5. Соединяем точку B с C_1

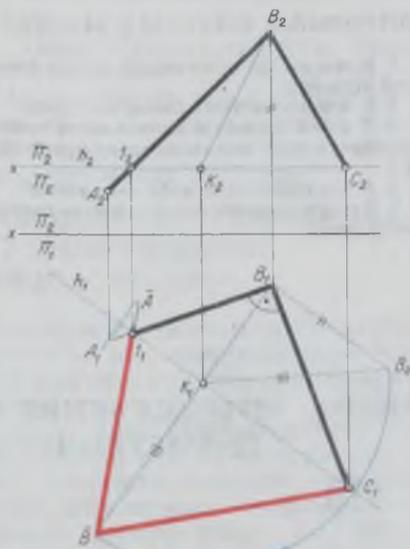


Рис. 10.20

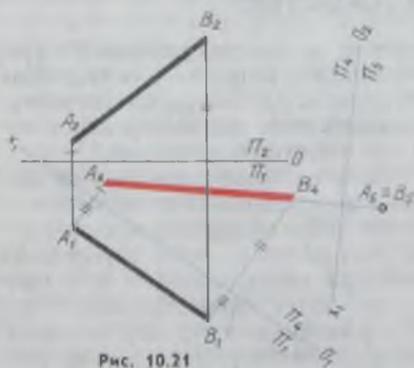


Рис. 10.21

и с точкой I_1 . 6. Из горизонтальной проекции A_1 проведем прямую, перпендикулярную оси вращения до пересечения с прямой B_1I_1 .

Натуральный размер фигуры ABC — треугольник ABC_1 .

Этот способ нахождения натуральных размеров заслуживает большого внимания, так как он очень прост, требует минимального времени и применяется в проекциях с числовыми отметками для определения натуральных размеров.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. В чем заключается способ замены плоскостей проекций?
2. В чем заключается способ вращения?
3. В какой плоскости перемещается точка, вращаемая вокруг оси, перпендикулярной Π_1 и Π_2 ?
4. В чем сущность способа совмещения?
5. Что представляет собой вращение вокруг главных линий?

6. Как находится натуральная длина отрезка прямой?
7. Сколько раз заменяют плоскость (или поворачивают прямую), чтобы прямую общего положения спроецировать в точку?
8. Как располагают новую плоскость проекций, чтобы спроецировать на нее плоскую фигуру в натуральный размер?
9. Сколько раз поворачивают плоскую фигуру, чтобы определить ее натуральный размер?
10. На рис. 10.21 дан пример, когда прямая AB преобразована в проецирующую прямую. Проанализируйте ход построения.

ГЛАВА ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПЛОСКОСТЯМИ

11

11.1. СЕЧЕНИЕ ТЕЛ ПЛОСКОСТЬЮ

Сечением называется плоская фигура, полученная в результате пересечения тела плоскостью и содержащая точки, принадлежащие как поверхности тела, так и секущей плоскости.

Задачи на построение сечения сводятся к построению точек пересечения прямых (образующих) с плоскостью или к нахождению линии пересечения плоскостей между собой. Чтобы найти одну точку, принадлежащую линии пересечения (плоскости сечения), можно рекомендовать одну из следующих последовательностей: *провести вспомогательную плоскость через ребро, грань или образующую, найти линии пересечения вспомогательной плоскости с заданной поверхностью; определить искомые точки на пересечении найденных линий.*

Если задача будет решаться с помощью вспомогательных плоскостей, то последние ставят в такое положение, чтобы линия пересечения их с поверхностью проецировалась на плоскости проекций в виде простейших фигур, прямых или окружностей.

Рассмотрим общий случай пересечения тела плоскостью (рис. 11.1). Даны треугольная пирамида $SABC$ и плоскость α (DEF) общего положения. Требуется построить сечение. Применим нахождение точки пересечения прямой с плоскостью. Ребро SB заключено во фронтально проецирующую плоскость β , найдена линия пересечения плоскостей MN и точка пересечения ребра SB с плоскостью сечения — точка K (K_1K_2).

Для нахождения остальных точек сечения применена вспомогательная плоскость γ (посредник), параллельная горизонтальной плоскости проекций. Последняя, пересекаясь с плоскостью DEF , дает в пересечении горизонталь $h(h_1, h_2)$, а в пересечении с пирамидой — горизонтальное сечение 2-3-4 в виде треугольника, подобного основанию. В пересечении горизонтали h с сечением 2-3-4 получим точки L и P , принадлежащие пирамиде и плоскости сечения DEF . Соединяя точку K с точками L и P , получим сечение KTG пирамиды плоскостью.

Сечение могло быть найдено, если применить три раза одну и ту же задачу — нахождение точки пересече-

ния прямой с плоскостью. В этом случае не нужна плоскость-посредник или можно бы было решить задачу только с помощью посредников, тогда их для данного случая должно быть два. Для решения этой задачи можно применить преобразование проекций, преобразовав плоскость общего положения в проецирующую.

На чертеже (рис. 11.2) выполнено преобразование способом замены плоскостей проекций, где новая плоскость Π_4 поставлена перпендикулярно горизонтали плоскости с тем, чтобы секущая плоскость преобразовалась во фронтально проецирующую. В этом случае точки сечения K , T и G видны на чертеже, это точки K_4 , T_4 и G_4 , которые переносятся на заданные проекции с помощью линий связи. Но так как проекции ребра пирамиды SB оказались в положении, перпендикулярном вертикальной плоскости Π_4 , то пришлось применить для нахождения точки K дополнительную плоскость τ , в которую и заключили ребро SB . В результате найдена точка K . Таким образом определены все три точки сечения K , G и T .

Решим эту задачу способом вращения (рис. 11.3). Выполним преобразование способом вращения без указания оси вращения, где горизонтальная проекция плоскости DEF и пирамиды повернуты относительно фронтальной плоскости проекций. Поворот осуществлен на горизонтальной плоскости проекций до положения, когда горизонталь h заняла положение, перпендикулярное фронтальной плоскости Π_2 , куда она спроецировалась в точку и совместилась с точкой D_2 .

Горизонтальные проекции на рис. 11.1 и 11.3 должны быть конгруэнтны. В этом случае точки сечения получаются на фронтальной проекции без каких-либо дополнительных построений и переносятся на горизонтальную плоскость проекций с помощью линий связи.

Таким образом, применяя способ преобразования, можно не только находить натуральные размеры фигур, но и облегчать решение задач, переводя ту или иную фигуру из общего положения в частное.

11.2. СЕЧЕНИЕ ГРАННЫХ ТЕЛ ПРОЕЦИРУЮЩИМИ ПЛОСКОСТЯМИ

При пересечении поверхности геометрического тела проецирующими плоскостями одна проекция сечения всегда совпадает с проекцией плоскости: если плоскость горизонтально проецирующая, то сечение на горизонтальной плоскости совпадает с плоскостью, если секущая плоскость фронтально проецирующая, то сечение совпадает с фронтальной проекцией плоскости, и наконец, если плоскость профильно проецирующая, то сечение будет совпадать с профильной проекцией плоскости.

На рис. 11.4 дан чертеж шестиугольной призмы в трех проекциях и секущая фронтально проецирующая плоскость α , пересекающая призму в точках 1...7, из них точки 1, 2, 3, 6 и 7 принадлежат вертикальным ребрам призмы, а точки 4 и 5 — верхнему основанию. Так как секущая плоскость фронтально проецирующая, то фронтальные проекции точек нам известны. Горизонтальные проекции совпадают с проекциями ребер и не требуют дополнительных построений, а точки 4 и 5 находятся с помощью линий связи.

Третья проекция находится с помощью постоянной прямой и линий связи. Сечение на третьей проекции будет в виде семиугольника. Любое сечение многогранника будет в виде многоугольника, и для того чтобы решить, какой многоугольник будет в сечении, необходимо уметь читать чертеж.

На рис. 11.5 дан чертеж шестиугольной пирамиды в трех про-

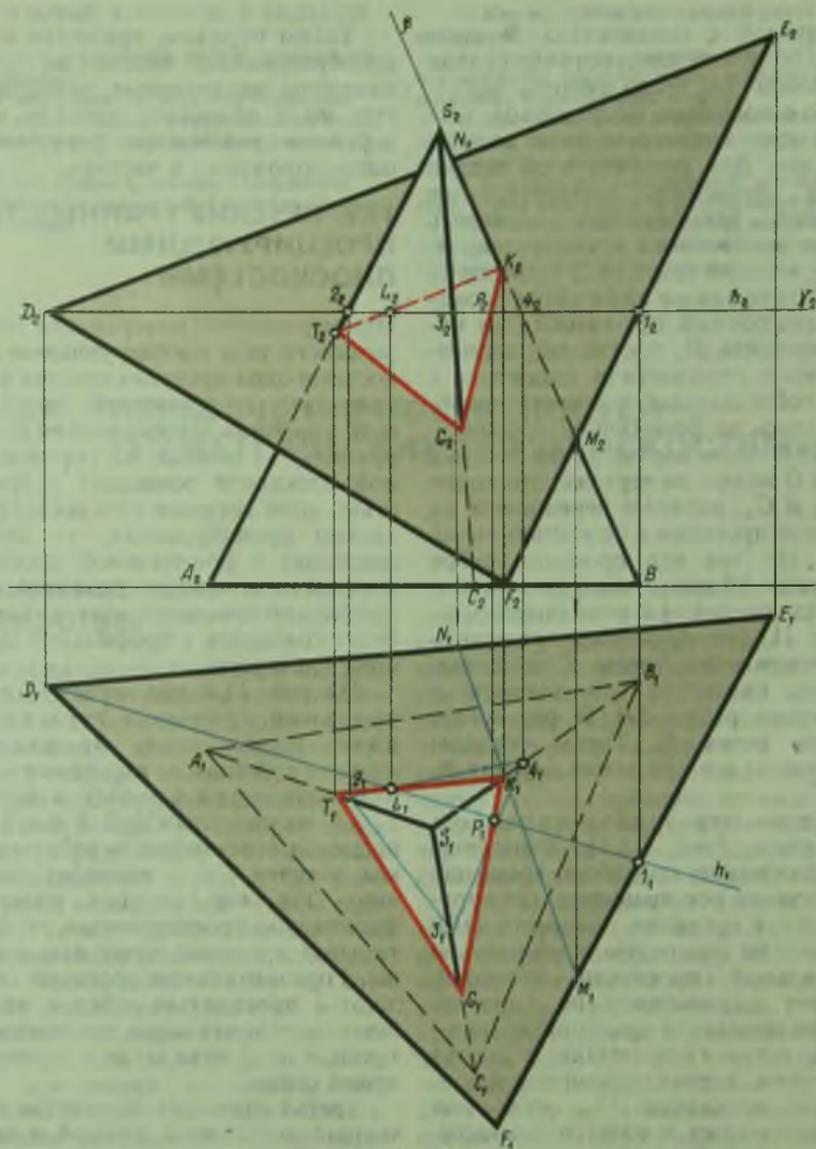


Рис. 11.1

екциях и фронтально проецирующая плоскость α , которая пересекает все ребра пирамиды. В результате в сечении будет шестиугольная фигура, которую следует построить на всех трех проекциях.

Так как секущая плоскость фронтально проецирующая, то фронтальные проекции точек сечения известны, обозначим их $J_2, 2_2 = 6_2, 3_2 = 5_2$ и 4_2 .

Горизонтальные проекции точек сечения получим с помощью линий связи, перенося все точки с фронтальной проекции на горизонтальную по правилу

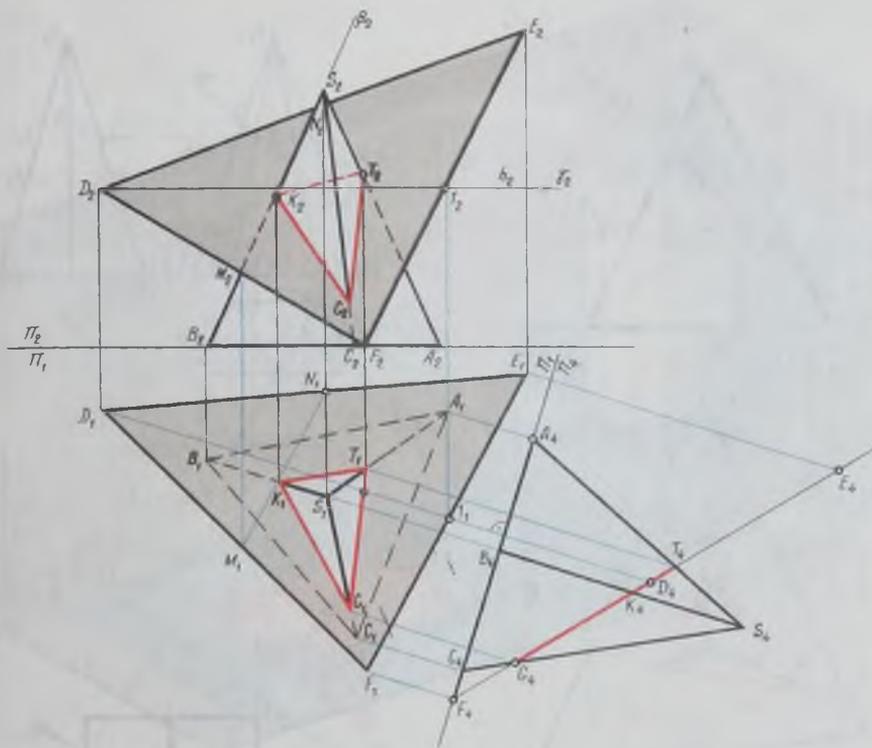


Рис. 11.2

принадлежности. Например, фронтальная проекция I_2 точки I находится на фронтальной проекции S_2A_2 ребра SA , следовательно, горизонтальная проекция I_1 точки I должна находиться на горизонтальной проекции A_1S_1 того же ребра SA и т.д. Третья проекция находится обычным путем.

Аналогично строятся сечения любых геометрических тел, если они пересечены проецирующими плоскостями.

В этих же задачах обычно находят натуральный размер сечения для построения разверток усеченных тел и других целей.

Рассмотрим пример нахождения натурального размера сечения. На рис. 11.6 дан чертеж треугольной призмы, рассеченной секущей плоско-

стью α . Требуется найти натуральный размер сечения.

Определяем, что в сечении будет фигура в виде треугольника $1-2-3$, горизонтальная проекция совпадает с горизонтальной проекцией призмы. В данном случае применим способ замены плоскостей проекций. Новую плоскость Π_5 поставим параллельно сечению, которое спроецируется на ней в натуральный размер.

Зная, что при замене горизонтальной плоскости проекций на новую координаты Y остаются без изменения, откладываем их от новой оси X_1 на линиях связи, проведенных от фронтальной проекции точек сечения. В результате получим натуральный размер сечения.

На рис. 11.7 показан процесс по-

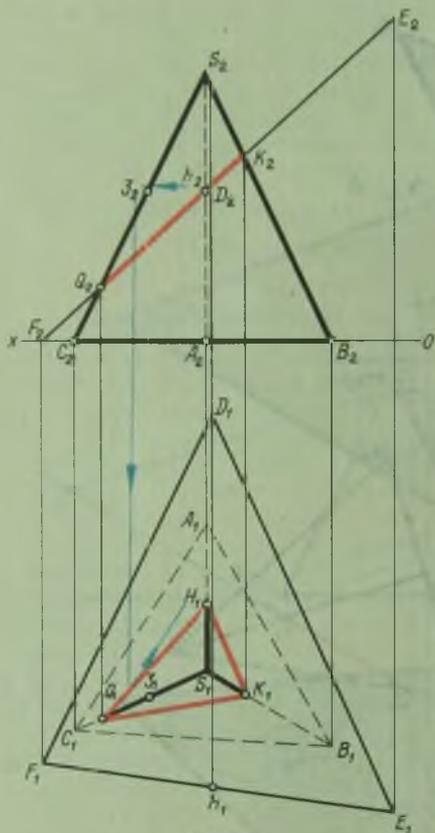


Рис. 11.3

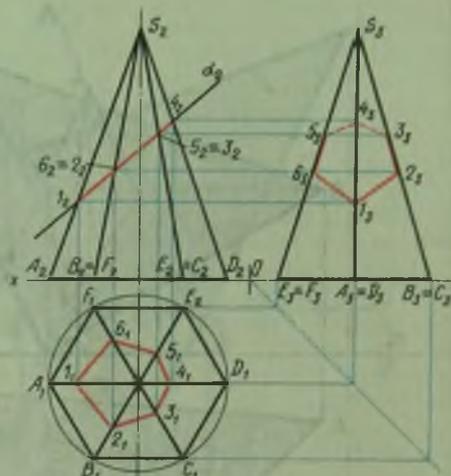


Рис. 11.5

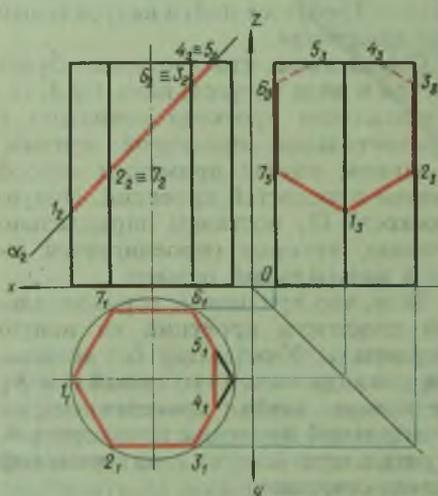


Рис. 11.4

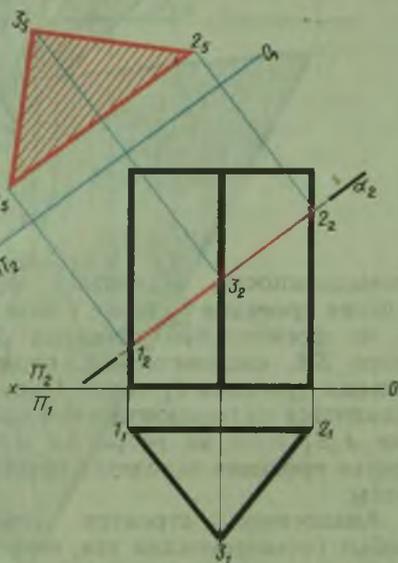


Рис. 11.6

строения сечения тела и нахождение натурального вида сечения, а на рис. 11.8 дано построение чертежа той же шестиугольной призмы. В этом примере применена фронтально проецирующая плоскость α . Для нахождения натурального размера сечения применен способ совмещения. Стрелками

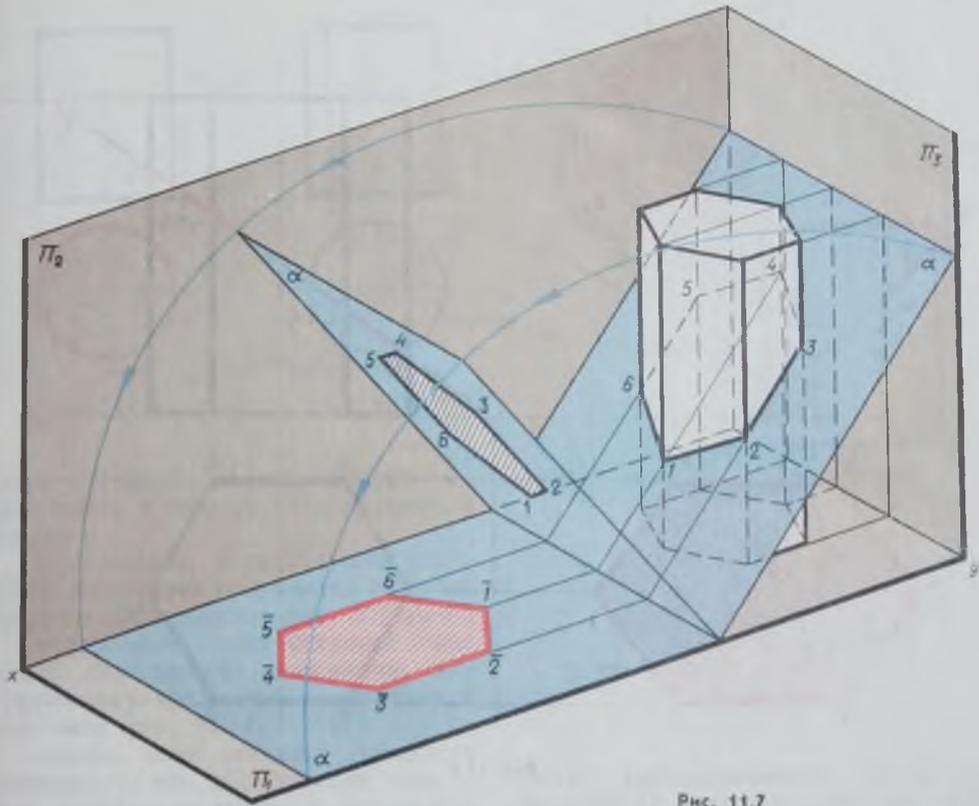


Рис. 11.7

отмечено направление перемещения точек сечения.

На рис. 11.9 дан чертеж шестиугольной пирамиды с построением сечения и его натурального размера, для чего применен способ совмещения секущей плоскости с горизонтальной плоскостью проекций. Найденное сечение штрихуется тонкими сплошными линиями под углом 45° к оси сечения.

11.3. СЕЧЕНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Сечение цилиндра. Любая плоскость может пересекать поверхность прямого кругового цилиндра:

по окружности, если плоскость сечения перпендикулярна его образующим (рис. 11.10), такое сечение называется *нормальным*;

по двум образующим, если секущая

плоскость параллельна оси цилиндра и отстоит от нее на расстоянии, которое меньше радиуса цилиндра (рис. 11.11);

по эллипсу, если секущая плоскость наклонена к оси цилиндра и пересекает все его образующие (рис. 11.12).

Для того, чтобы найти натуральный размер эллипса, полученный в результате сечения цилиндра плоскостью, проводим параллельно фронтальной проекции плоскости сечения α ось X . На эту ось переносим все точки сечения 1, 2, 3 и т.д., через которые проводим прямые перпендикулярные оси, и от этих точек откладываем расстояния, равные расстояниям от оси симметрии на горизонтальной проекции до точек окружности. Получим точки, принадлежащие фигуре сечения, т.е. эллипсу.

Сечение конуса. Конус является

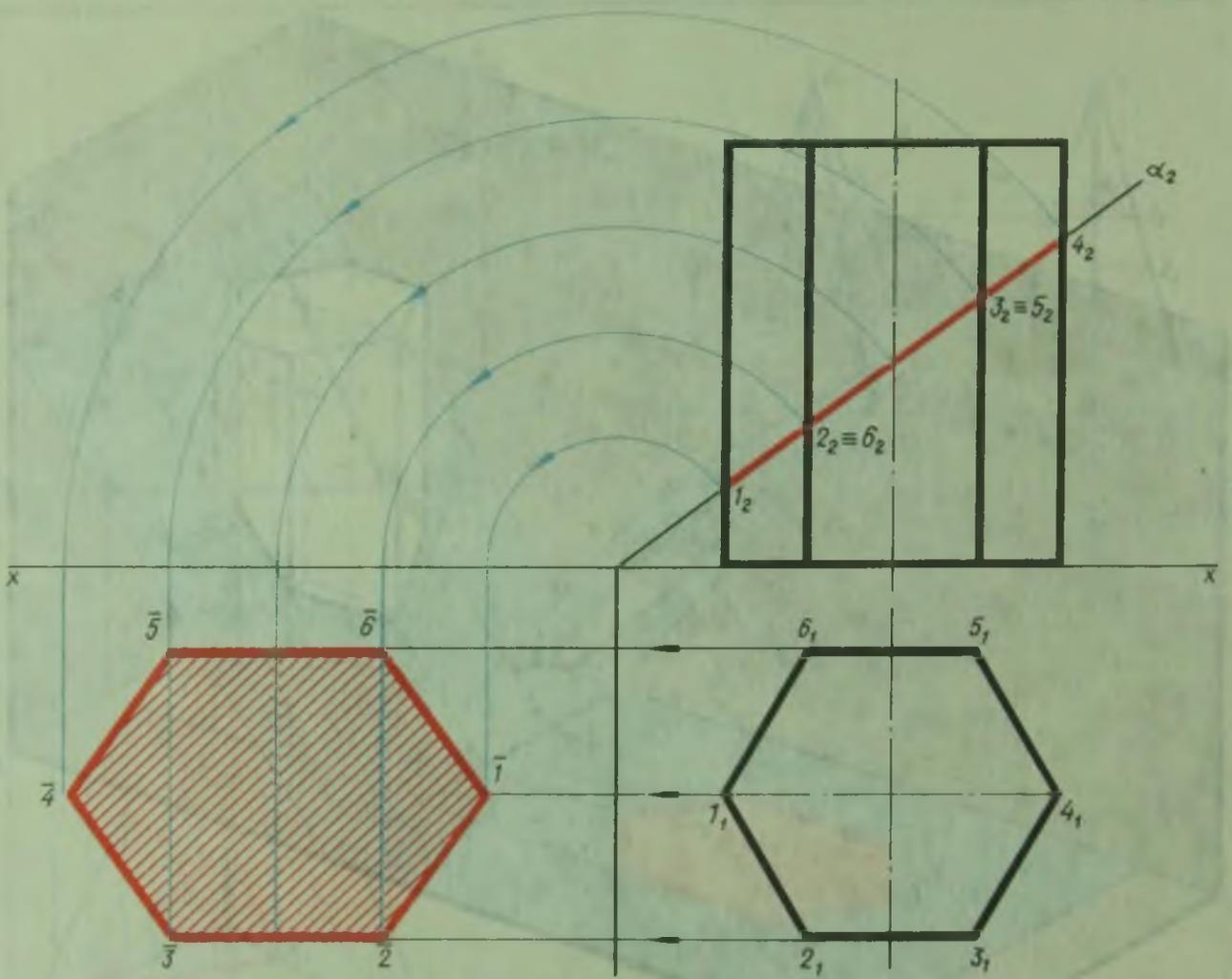


Рис. 11.8

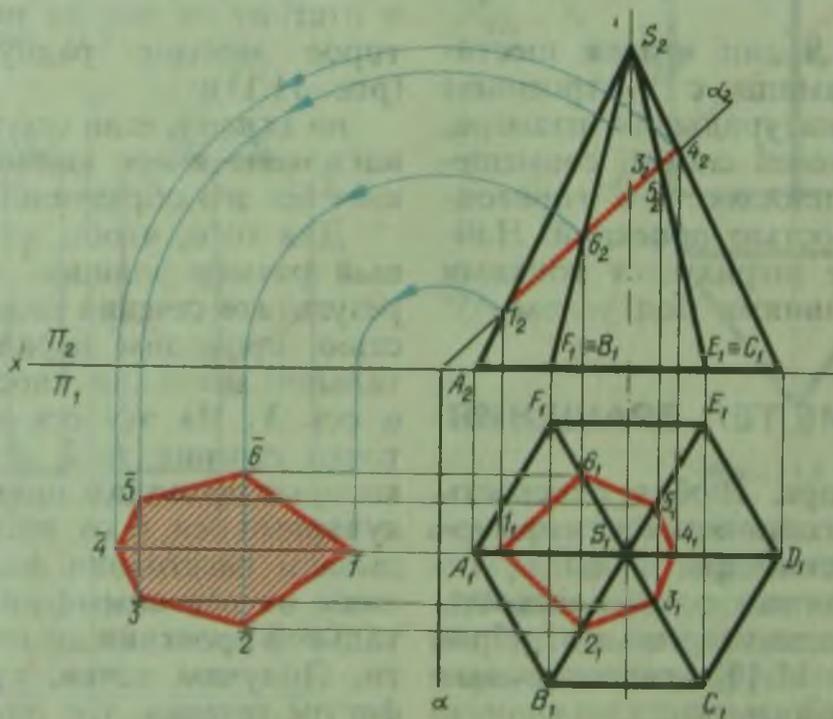


Рис. 11.9

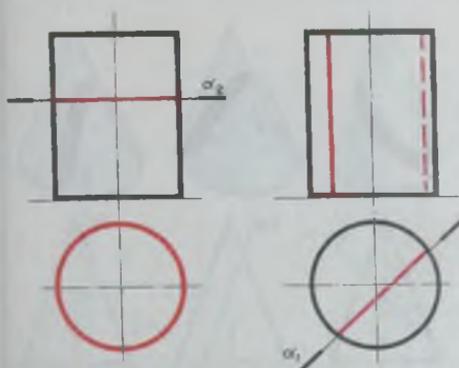


Рис. 11.10

Рис. 11.11

геометрическим телом, которое может иметь в сечении пять различных фигур:

треугольник, если секущая плоскость пересекает конус через вершину по двум образующим (рис. 11.13, а, б);

окружность, если секущая плоскость параллельна основанию или перпендикулярна оси, а конус прямой круговой (рис. 11.14);

эллипс, если секущая плоскость пересекает все образующие конуса под некоторым углом к основанию конуса (рис. 11.15);

параболу, если секущая плоскость параллельна одной из образующих конуса (рис. 11.16);

гиперболу, если секущая плоскость параллельна оси конуса или параллельна двум его образующим (рис. 11.17).

Для того, чтобы облегчить решение некоторых задач, следует применять плоскость не частного, а общего положения, проходящую через вершину. На рис. 11.18 проведена секущая плоскость общего положения. Для этого через вершину проводим прямую, например, параллельную фронтальной плоскости проекций SM , и находим след этой прямой на горизонтальной плоскости проекций M_1 точки M . Через горизонтальную проекцию M_1 точки M проводим горизонтальный след секущей плос-

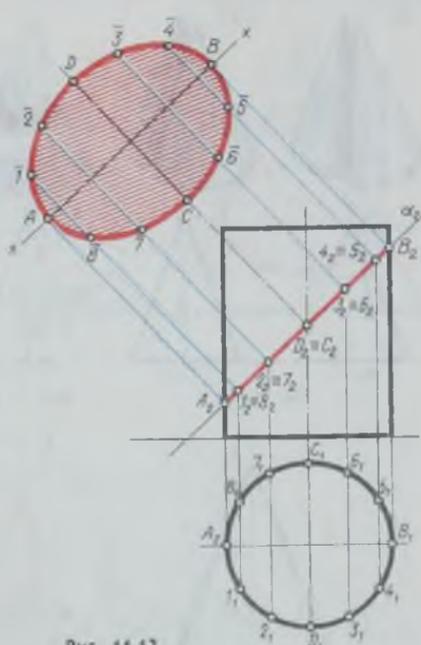


Рис. 11.12

кости, принадлежащий плоскости проекций Π_1 — это линия MN , которая пересечет конус в точках A и B . Соединяя горизонтальные и фронтальные проекции точек A и B с вершиной, получим сечение конуса в виде треугольника.

На рис. 11.19 дано сечение конуса фронтально проецирующей плоскостью β и найдена профильная проекция конуса и сечения, а также построено натуральное сечение в виде эллипса.

Последовательность вычерчивания должна быть следующей; 1) построить три проекции конуса, воспользовавшись постоянной прямой P ; 2) провести секущую плоскость β и несколько образующих на горизонтальной и фронтальной проекциях, например SD , SB ; 3) найти малую ось сечения, для этого разделить фронтальную проекцию I_2-2_2 сечения пополам. Через найденные точки 3_2 и 4_2 провести

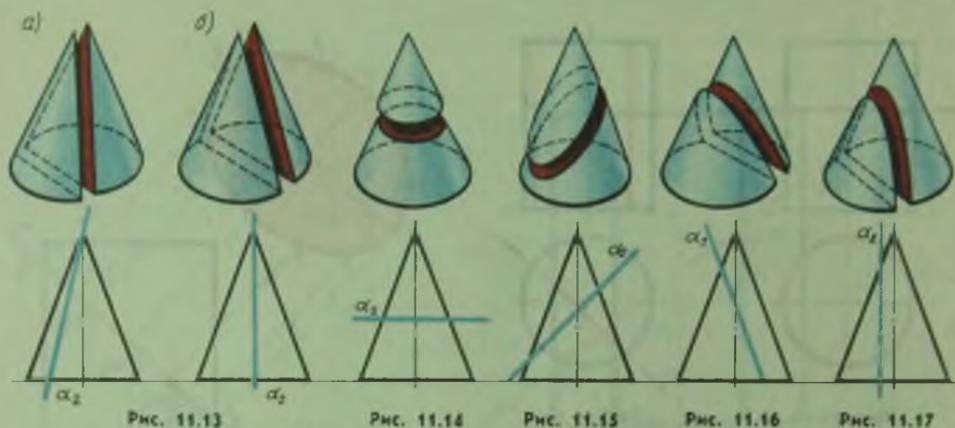


Рис. 11.13

Рис. 11.14

Рис. 11.15

Рис. 11.16

Рис. 11.17

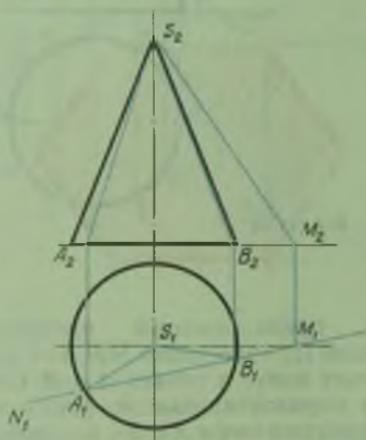
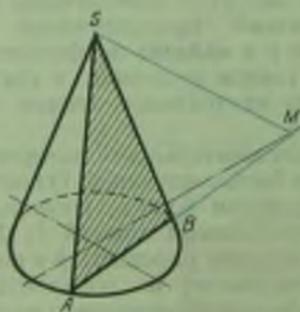


Рис. 11.18



плоскость α , которая рассекает конус по окружности, а на горизонтальной проекции окружности найти горизонтальные проекции 3_1 и 4_1 , принадлежащие оси эллипса; 4) найти третью проекцию сечения; определить натуральное сечение способом совмещения плоскости β с плоскостью Π_1 (стрелками показано перемещение проекций точек сечения).

Сечение шара (рис. 11.20). При построении проекций сечения шара фронтально проецирующей плоскостью находим сначала так называемые опорные точки, их шесть, и они находятся на проекциях контура шара. Точки A и D расположены на главном меридиане, точки B и F принадлежат линии экватора, а точки C и E — на меридиане, параллельном профильной плоскости, поэтому в первую очередь необходимо построить проекции именно этих точек.

Натуральное сечение шара всегда будет окружностью.

В проекциях фигуры сечений как на горизонтальной, так и на профильной плоскостях изображаются в виде эллипсов, если секущая плоскость не параллельна ни одной из плоскостей проекций.

Для построения горизонтальной проекции большой оси эллипса делим фронтальную проекцию A_2D_2 пополам и получаем фронтальную проек-

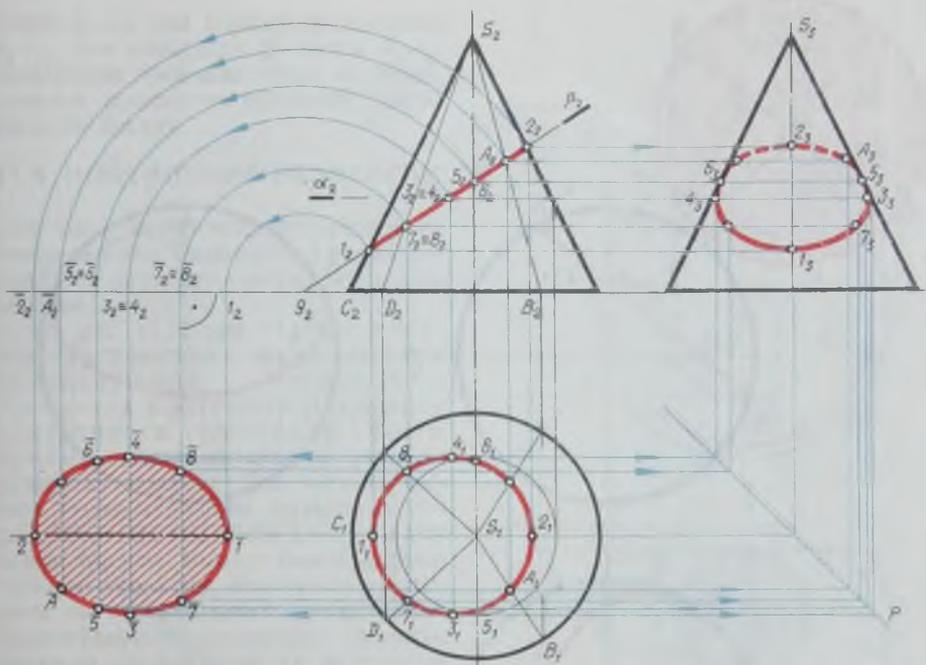


Рис. 11.19

цию I_2-2_2 оси эллипса. Для нахождения горизонтальной и профильной проекций осей проводим вспомогательную плоскость β , параллельную горизонтальной плоскости проекций Π_1 через точки 1 и 2. Строим дополнительное сечение, которое на горизонтальной плоскости проекций изобразится в виде окружности, а на профильной плоскости — в виде прямой. Затем с помощью линий связи переносим точки 1 и 2 на горизонтальную проекцию сечения, получая горизонтальную проекцию I_1-2_1 большей оси эллипса. Третья проекция находится обычным путем.

Натуральное сечение, которое выразится в виде окружности, находится способом замены плоскостей проекций. Таким же путем можно найти сколько угодно дополнительных точек, принадлежащих сечению шара.

В нашем примере часть найденной

кривой сечения будет невидимой, ее следует провести штриховой линией.

Рассмотрим построение линии сечения детали проецирующими плоскостями (рис. 11.21). Вначале определим из каких поверхностей состоит деталь — серьга. Головка серьги — это шаровая поверхность диаметром D , срезанная двумя вертикальными плоскостями на толщину B . Стержень серьги диаметром d — цилиндрический. Сопряжение головки со стержнем происходит с помощью тора, радиус его образующей R . Кроме того, указан диаметр отверстия в головке d_1 .

Требуется построить контур сечения головки серьги, срезанной двумя параллельными фронтальными плоскостями, касательными к стержню. Контур кривых для обоих срезов конгруэнтны, поэтому можно ограничиться построением одного из них.

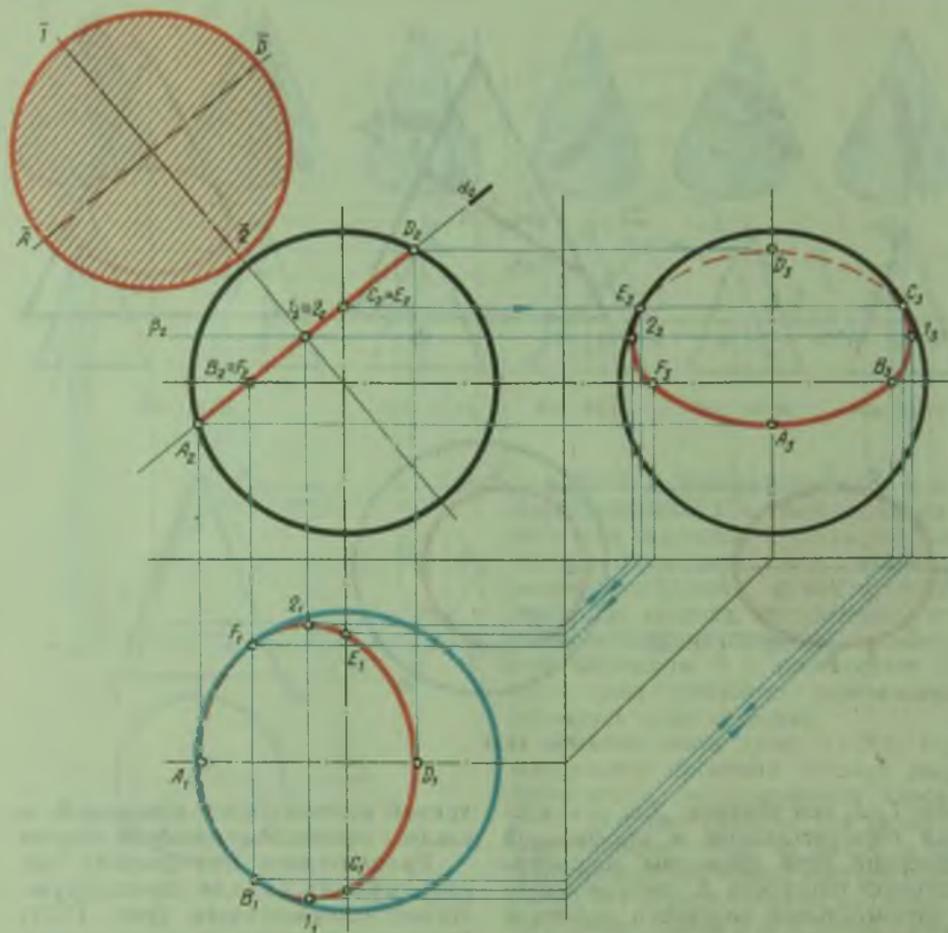


Рис. 11.20

Нижняя часть головки серьги имеет сферическую форму, поэтому в результате среза вертикальной плоскостью в сечении получим окружность диаметром 5-5. Дуга окружности дойдет на фронтальной проекции до кривой сопряжения с поверхностью тора — это точки 4_2-4_2 . Точка 1 находится на оси стрежня в секущей плоскости α , проходящей через точку сопряжения образующей стрежня, диаметром d с кривой сопряжения радиуса R .

Для нахождения промежуточных

точек на поверхности тора проводим горизонтальные плоскости σ , γ , β и т. д., которые при пересечении с серьгой дадут в сечении окружности, проектирующиеся на горизонтальную плоскость в натуральный размер. Эти окружности в пересечении с прямой 5-5 среза дадут горизонтальные проекции точек, принадлежащих кривой пересечения, по которым с помощью линий связи получим фронтальные проекции.

Для горизонтальной вспомогательной плоскости σ искомым будут

точки 2_2-2_2 , для плоскости γ —точки 3_2-3_2 , для плоскости β —точки 4_2-4_2 . Найденные проекции точек на фронтальной плоскости проекций соединяем по лекалу.

11.4. ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТОК

Для того, чтобы строить развертки усеченных тел, необходимо научиться наносить на полную развертку линию сечения.

На рис. 11.22 дан чертеж призмы, усеченной фронтальной проецирующей плоскостью. Требуется построить развертку поверхности усеченной части призмы. Вначале строим полную развертку призмы. Для чего проводим горизонтальную прямую и откладываем на ней шесть сторон основания призмы. Высоту берем с фронтальной проекции, которую откладываем на вертикальных прямых, перпендикулярных сторонам призмы. Затем на полной развертке на каждом ребре откладываем натуральные размеры отсеченных ребер, например, на ребре 1 размер 1_2-A_2 , на ребре 2 и 6 размер 2_2-B_2 и 6_2-L_2 и т. д.

Натуральное сечение может быть найдено любым способом из указанных ранее. На чертеже оно определено способом замены плоскостей проекций. Затем натуральный размер переносится на развертку, причем приставлять ее можно к любой стороне сечения согласно буквенным обозначениям, используя способ триангуляции.

На рис. 11.23 показана развертка шестиугольной правильной пирамиды, усеченной фронтально проецирующей плоскостью α . На чертеже построено сечение при помощи линий связи и найден натуральный размер его способом замены плоскостей проекций.

Вначале построим полную развертку поверхности пирамиды, для чего наносим точку S , из которой проводим дугу $1-1$ радиусом, равным

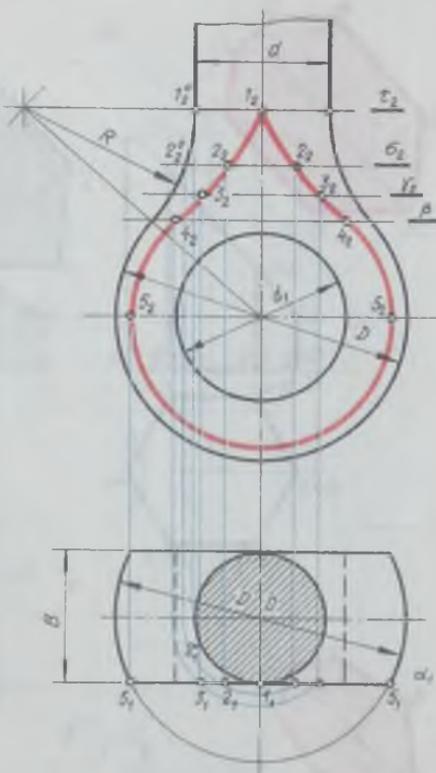


Рис. 11.21

натуральной длине ребра, например S_2-I_2 , а на дуге откладываем стороны основания пирамиды, в данном примере их шесть.

Затем строим линию сечения. Для этого найдены на фронтальной плоскости проекций натуральные длины отсеченных частей ребер способом вращения вокруг оси, перпендикулярной горизонтальной плоскости проекций. Так, для ребра $S-1$ натуральная длина отсеченной части будет S_2A_2 , для ребра SB и SF —натуральный отрезок l_2 , а для ребра $S-4$ будет отрезок S_2D_2 .

После того, как на развертку нанесена линия сечения, к одной из сторон приставляем натуральное сечение способом триангуляции.

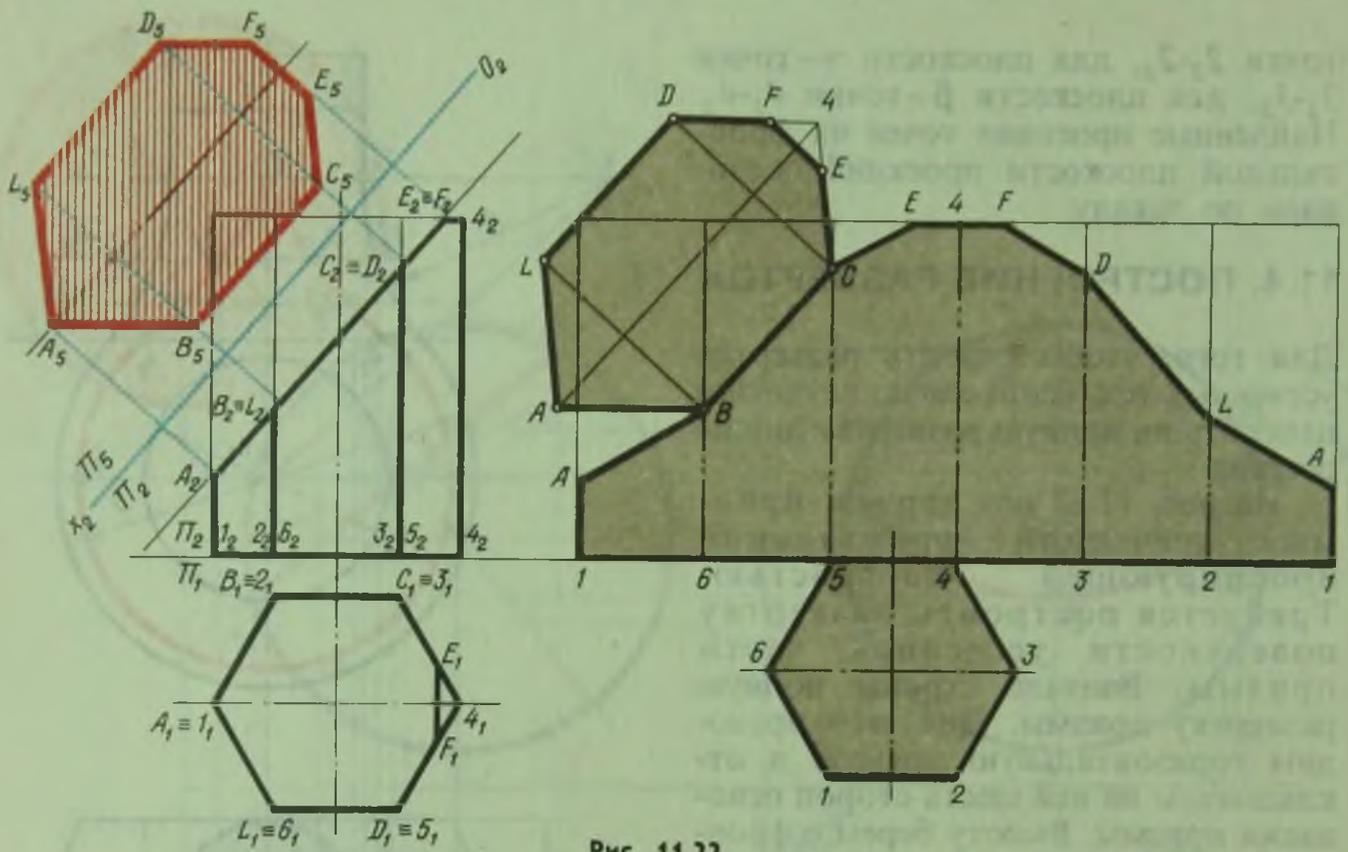


Рис. 11.22

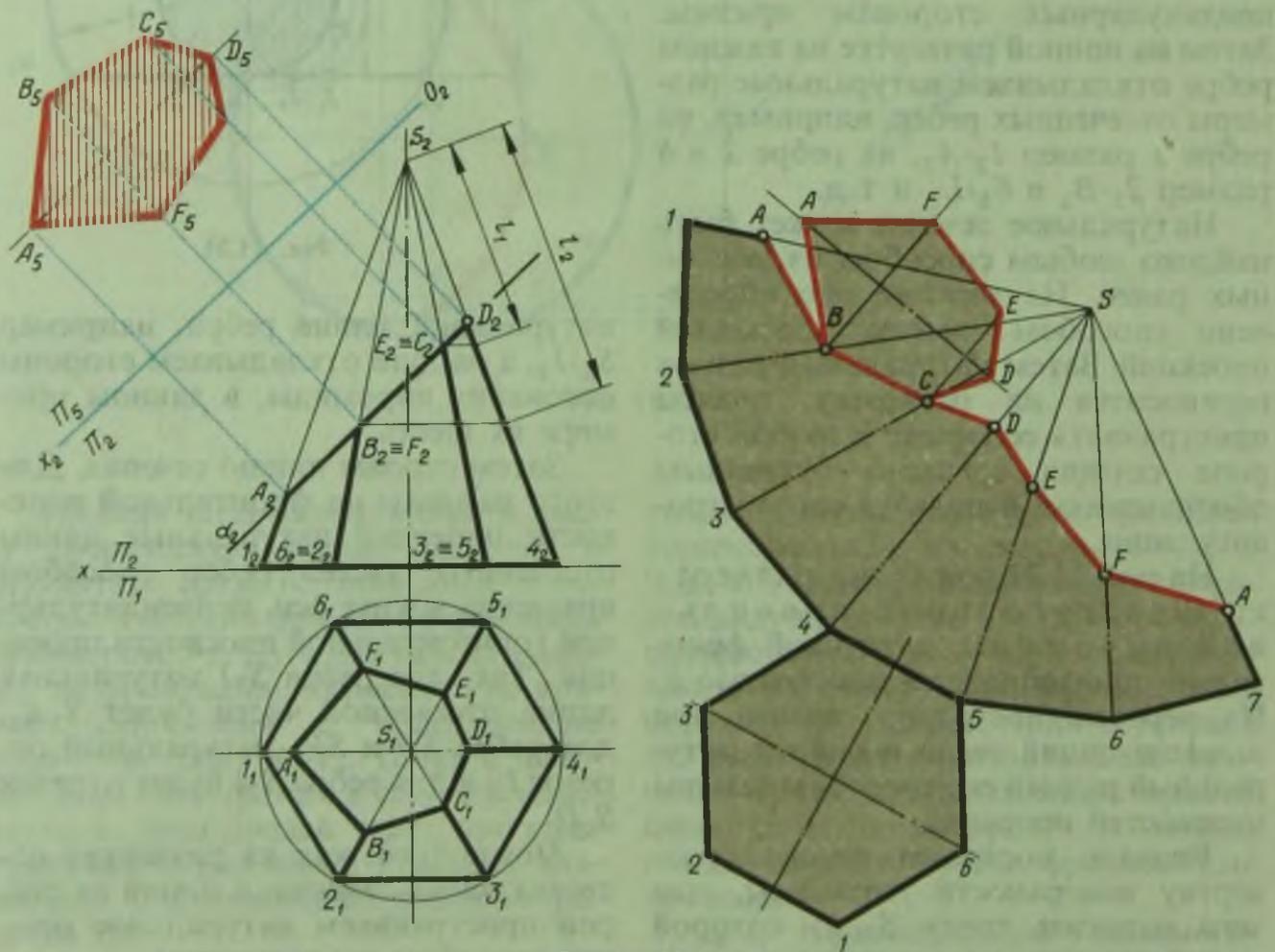


Рис. 11.23

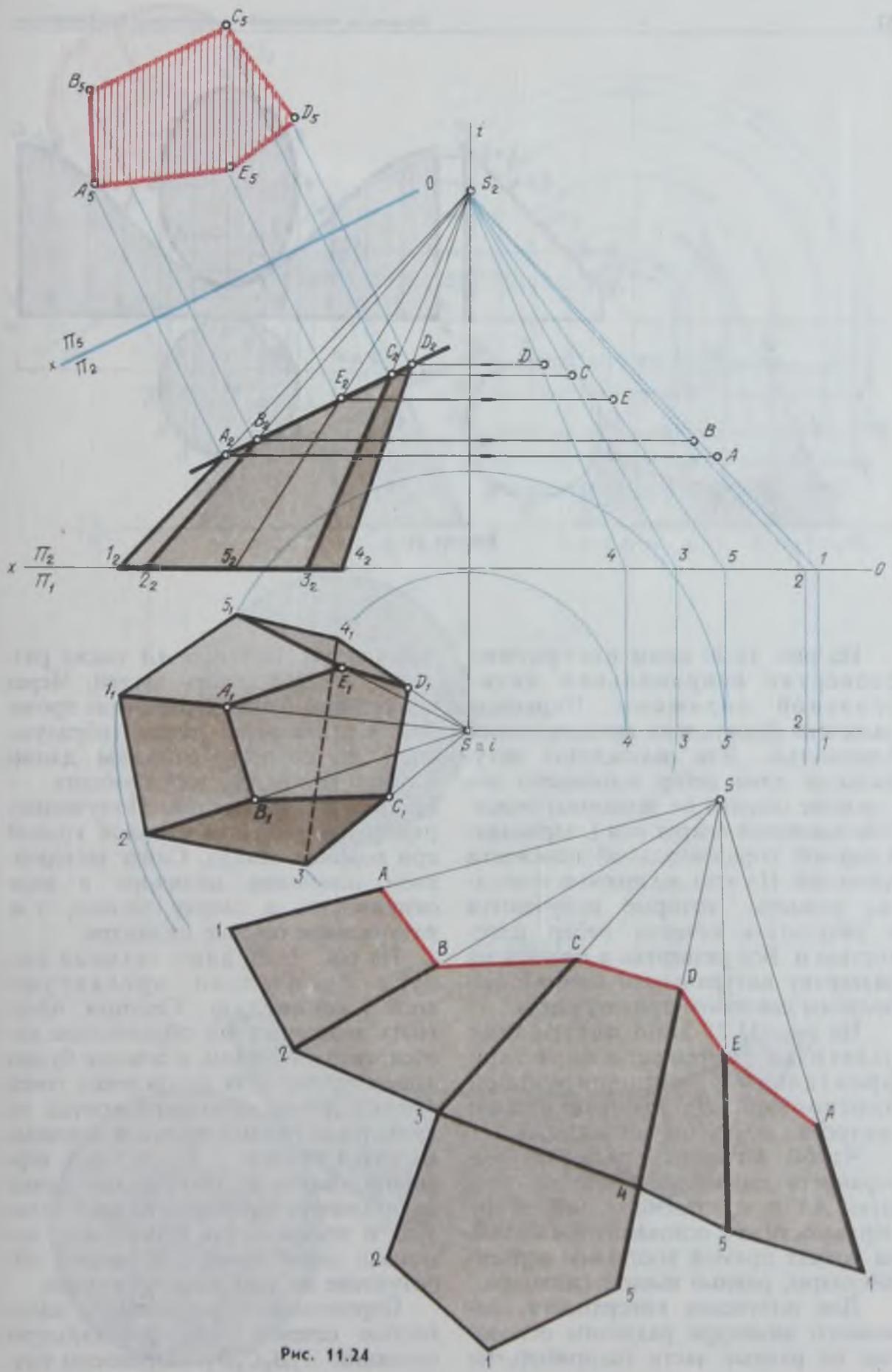


Рис. 11.24

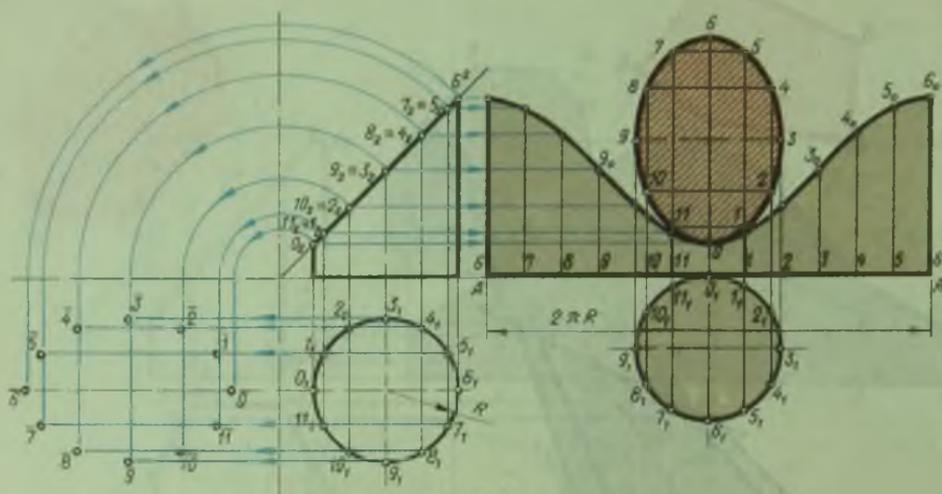


Рис. 11.25

На рис. 11.24 дано построение развертки неправильной пятиугольной пирамиды. Пирамида рассечена фронтально проецирующей плоскостью. Для нахождения натуральных длин ребер выполнено построение (справа от вершины) способом вращения вокруг оси i , перпендикулярной горизонтальной плоскости проекции. На этих же прямых показаны размеры, которые получаются в результате сечения ребер плоскостью α . Вся развертка и перенос на развертку натурального сечения выполнены способом триангуляции.

На рис. 11.25 дано построение развертки усеченного цилиндра фронтально проецирующей плоскостью. Натуральное сечение построено способом совмещения.

Чтобы вычертить развертку поверхности цилиндра, проведем прямую AA и отложим на ней длину окружности его основания $AA = 2\pi R$, на концах прямой восставим перпендикуляры, равные высоте цилиндра.

Для получения поверхности срезанного цилиндра разделим основание на равные части (например, на

двенадцать). Прямую AA также разделим на двенадцать частей. Через полученные точки на развертке проведем вертикальные линии (образующие), на которых отложим длины соответствующих образующих с фронтальной проекции. Полученный ряд точек соединим плавной кривой при помощи лекала. Снизу вычерчиваем основание цилиндра в виде окружности, а сверху — эллипс, т.е. натуральное сечение цилиндра.

На рис. 11.26 дано сечение конуса фронтально проецирующей плоскостью. Секущая плоскость пересекает все образующие конуса, таким образом, в сечении будем иметь эллипс. Для нахождения точек сечения делим основание конуса на двенадцать равных частей и соединяем точки деления $1, 2, 3$ и т.д. с вершиной конуса S . Полученные точки на основании переносим на фронтальную и профильную проекции с помощью линий связи и проводим образующие на всех трех проекциях.

Пересечение образующих с плоскостью сечения дает фронтальную проекцию $A_2B_2C_2D_2$. Переносим точ-

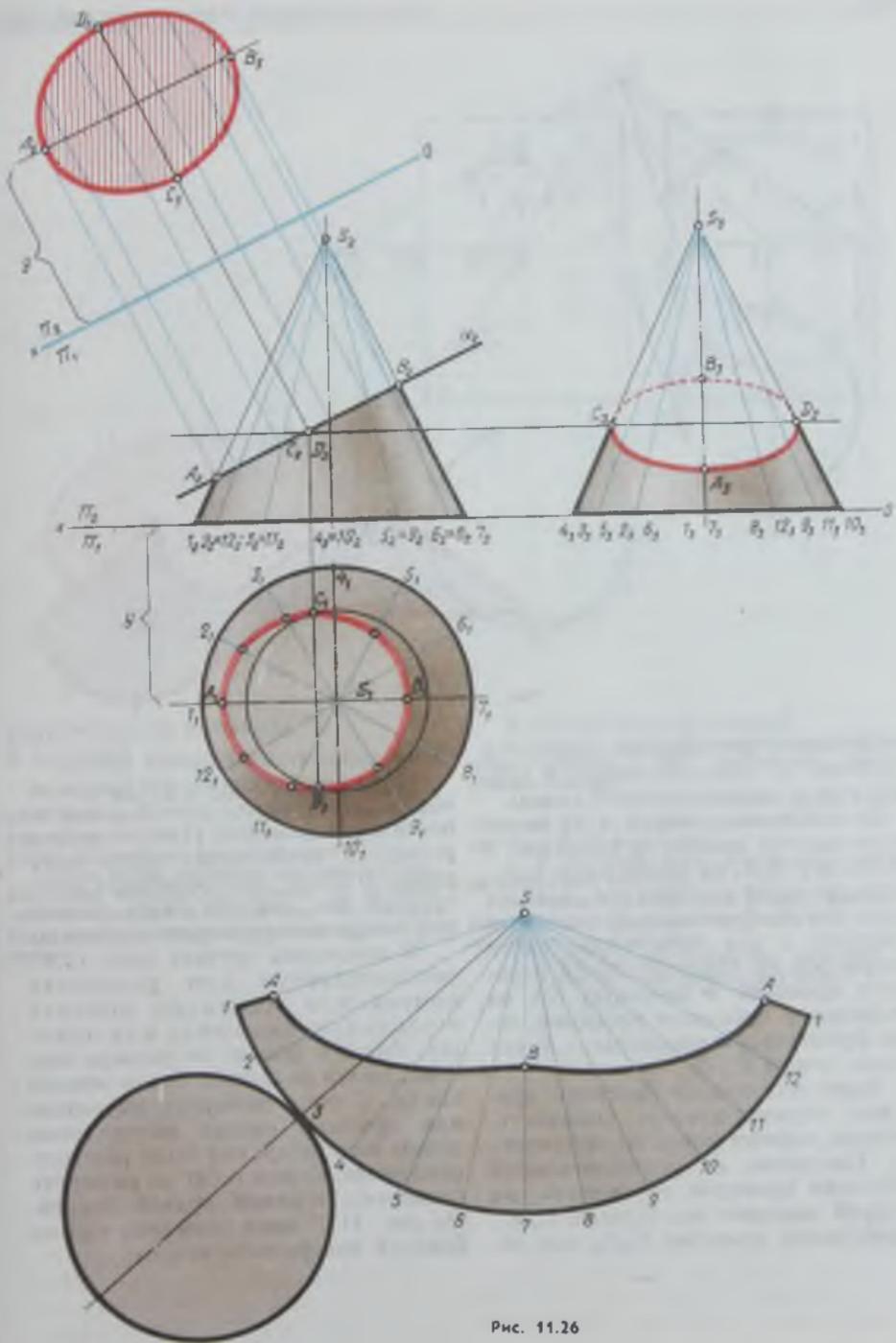


Рис. 11.26

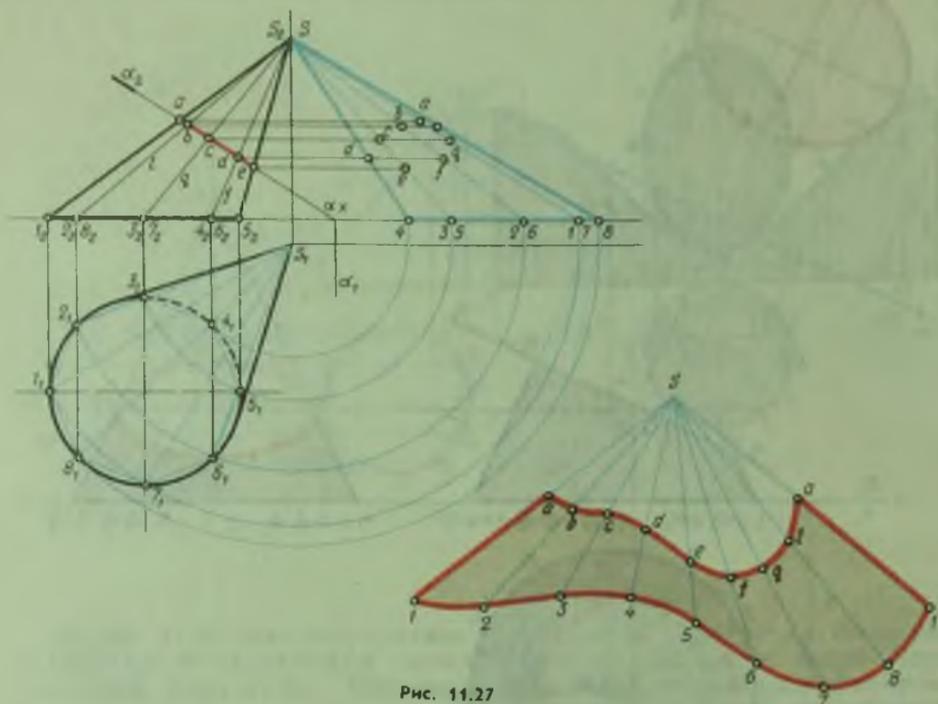


Рис. 11.27

ки сечения с фронтальной плоскости проекций на горизонтальную и профильную с помощью линий связи.

Большую ось эллипса A_1B_1 на горизонтальной плоскости проекций и малую ось A_3B_3 на профильной плоскости проекций получим при переносе точек A и B с фронтальной плоскости проекций, а для того, чтобы найти малую ось на горизонтальной плоскости проекций и большую ось на профильной плоскости проекций, делим фронтальную проекцию A_2B_2 пополам точкой C_2-D_2 .

Через полученные проекции проводим горизонтальную плоскость, которая рассекает конус по окружности. Построим на горизонтальной плоскости проекций окружность, на которой находим ось эллипса C_1D_1 . Профильная проекция C_3D_3 оси эл-

липса находится обычным путем.

Для определения натурального сечения применяем способ замены плоскостей проекций. Для построения развертки необходимо найти натуральную длину всех усеченных образующих так, как это было сделано при построении развертки пирамиды.

В некоторых случаях (рис. 11.27) рекомендуется при развертке конуса или цилиндра вписать n -угольную пирамиду или призму. Число n зависит от размера чертежа, но его не следует брать меньше шести. Строят развертку пирамиды или призмы, находя натуральные длины всех ребер, как было рассмотрено ранее. Концы ребер на развертке соединяют плавной кривой линией. На рис. 11.27 дана развертка только боковой поверхности конуса.

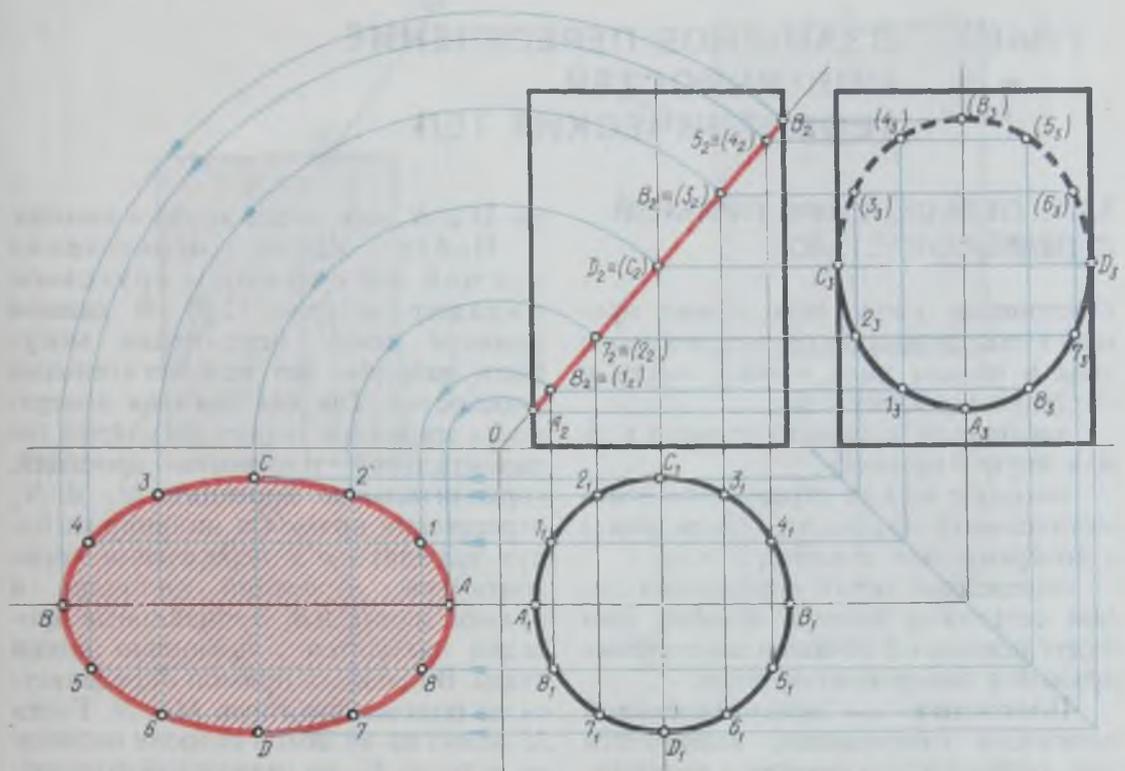


Рис. 11.28

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
И ЗАДАНИЯ**

1. На рис. 11.28 дано сечение цилиндра в трех проекциях. Проследите за построением каждой точки. Какая применена секущая плоскость? Как найдена фигура сечения?

Здесь можно построить натуральное сечение, найдя большую ось эллипса AB на фронтальной проекции и малую ось CD , которая будет равна диаметру окружности данного цилиндра.

2. Что мы называем сечением?
3. Какие плоскости применяются в качестве вспомогательных при построении фигур плоских сечений?
4. В чем состоит последовательность построения фигуры сечения многогранника плоскостью общего положения?
5. В чем особенность построения сечения проецирующей плоскостью?
6. Какая будет фигура в сечении, если рассечь шестиугольную пирамиду плоскостью, параллельной ее основанию?
7. Какие фигуры сечения дает цилиндр?
8. Какие фигуры сечения дает конус?

ГЛАВА 12 ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

12.1. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ С ПОВЕРХНОСТЬЮ

Построение точек пересечения прямой с поверхностью геометрического тела в общем виде можно свести к следующему алгоритму:

закладываем заданную прямую в ту или иную плоскость;

находим линию пересечения вспомогательной плоскости (посредника) с поверхностью заданного тела;

определяем точки пересечения линии сечения с данной прямой, они будут искомыми точками пересечения прямой с поверхностью тела.

Положение вспомогательной плоскости (посредника) выбирается так, чтобы фигура сечения и ее проекции были графически простыми (прямые или окружности). Если геометрическое тело ограничено проецирующими поверхностями или плоскостями (прямой цилиндр, прямая призма), то проекции точек пересечения могут быть построены без применения вспомогательной плоскости.

Построить пересечение прямой AB с поверхностью параллелепипеда (рис. 12.1). В данном примере проекции точек пересечения могут быть найдены без вспомогательных плоскостей, только с помощью линий связи. В точке M прямая AB пересекает грань параллелепипеда, а в точке N — верхнее основание. Проекция M_2M_1 и N_2N_1 найдутся с помощью линий связи.

Найти точки пересечения прямой AB с треугольной пирамидой $SCDE$ (рис. 12.2). В этом случае прямую закладываем во фронтально проецирующую плоскость α . Находим линию пересечения плоскости α с пирамидой, это точки 1, 2, 3. На этом сечении определим искомые точ-

ки M и N , или точки входа и выхода.

Найти точки пересечения прямой AB с прямым круговым цилиндром (рис. 12.3). В данном примере точки пересечения могут быть найдены без вспомогательных плоскостей. Так как боковая поверхность цилиндра перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций, горизонтальные проекции M_1 и N_1 пересечения прямой с цилиндром будут находиться в пересечении горизонтальных проекций цилиндра и прямой линии AB . Фронтальные проекции находятся с помощью линий связи. Видимость прямой определяется по положению точек M и N . Точка M лежит на видимой стороне цилиндра, а точка N — на невидимой стороне.

Найти точки пересечения прямой AB с прямым круговым конусом (рис. 12.4). Так как прямая AB проецирующая и горизонтальная проекция вырождается в точку, то эта задача имеет два решения. *Первое решение* заключается в том, что через горизонтальную проекцию прямой можно провести параллель в виде окружности и найти ее проекцию на фронтальной плоскости, а на ней точки пересечения K . *Второе решение*: через прямую проводим горизонтально проецирующую плоскость так, чтобы она прошла через вершину конуса. В сечении получается треугольник по образующим SC и SN . Строим на фронтальной плоскости проекций сечение, оно будет в виде треугольника, в пересечении с которым находим точку входа K .

Найти точки пересечения прямой AB с прямым круговым конусом (рис. 12.5). Заданная прямая параллельна горизонтальной плоскости проекций, поэтому она имеет два решения. *Первое решение*:

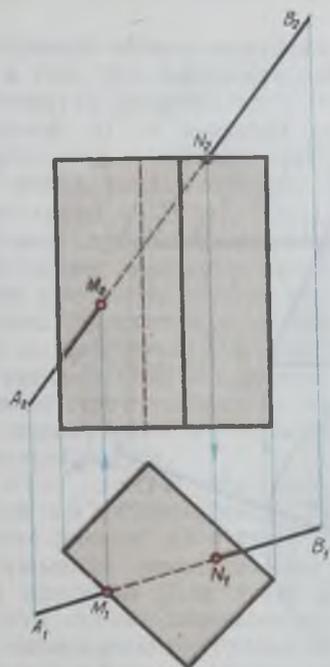


Рис. 12.1

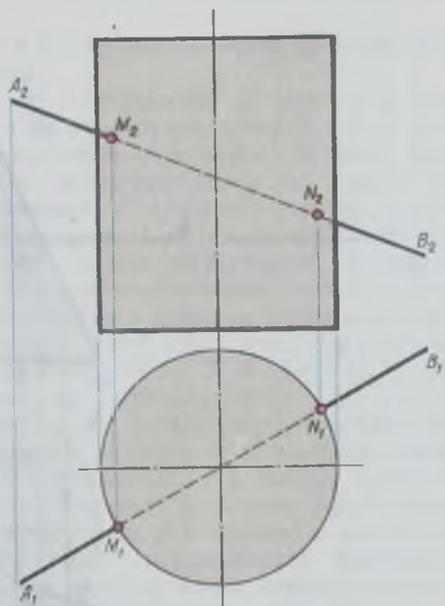


Рис. 12.3

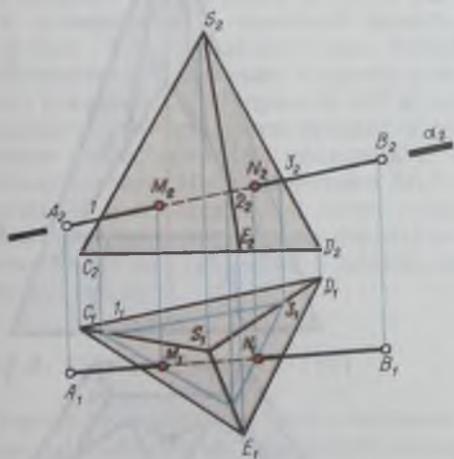


Рис. 12.2

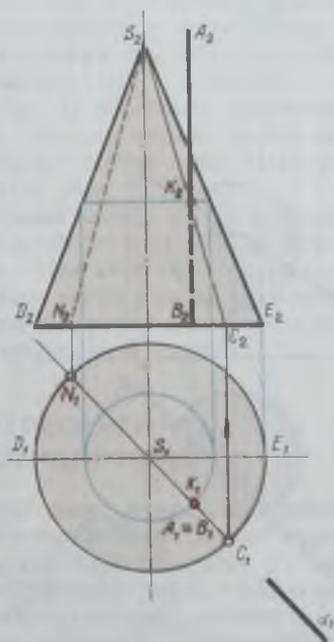


Рис. 12.4

прямую заключаем в горизонтальную плоскость и находим ее сечение с конусом в виде круга на горизонтальной плоскости проекций. Пересечение прямой с окружностью даст две точки K и F . Второе решение, годное

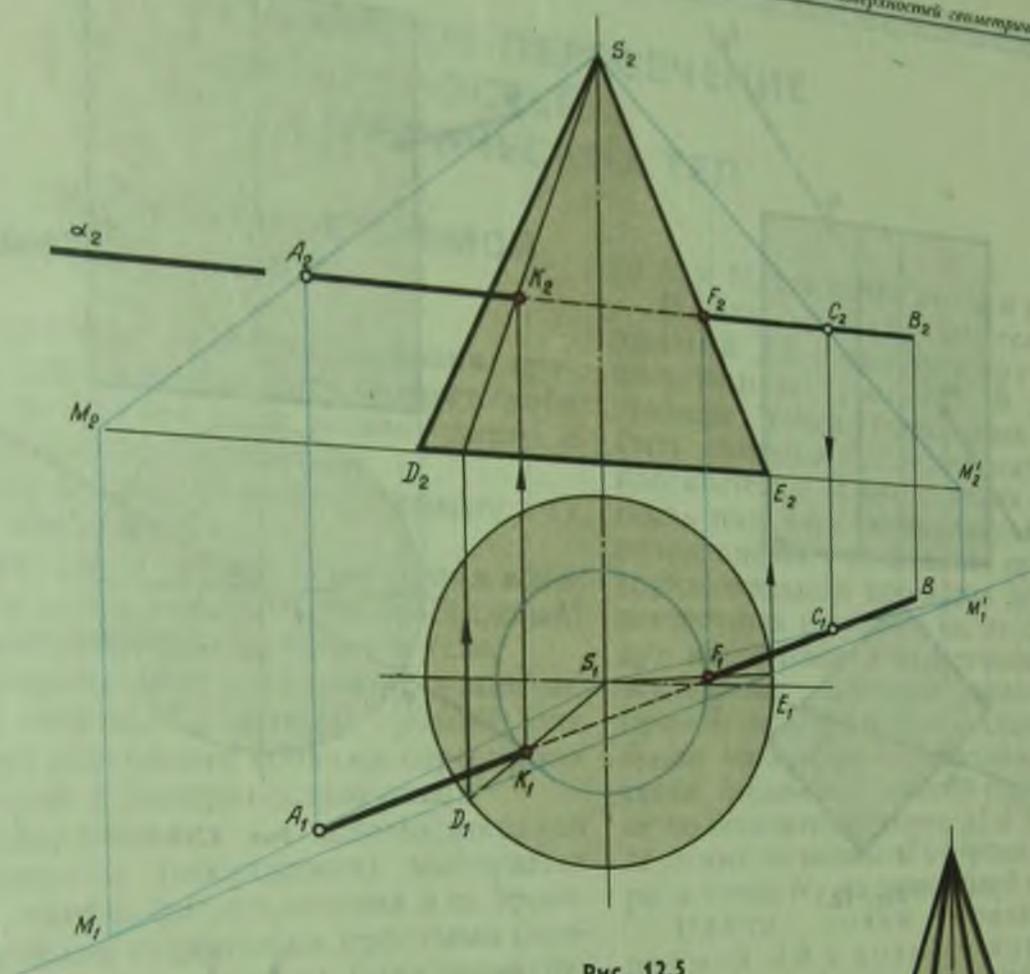


рис. 12.5

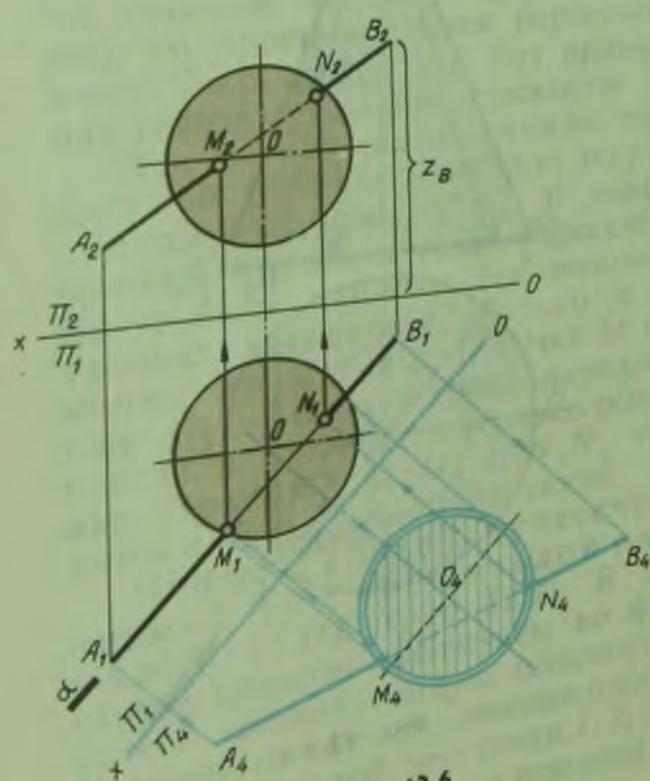


рис. 12.6

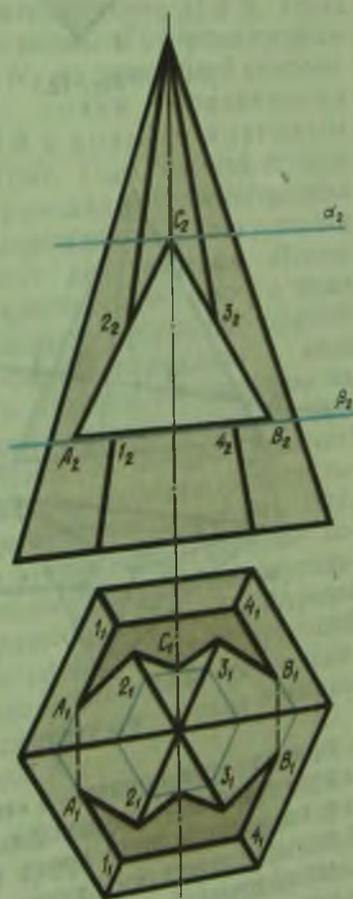


рис. 12.7

и для прямой общего положения, состоит в том, что плоскость (общего положения) проводится через две точки прямой AC и вершину конуса. Находим след плоскости ASC . Для этого ищем следы прямых SA и SC — это точки M_1 и M_1' . Через горизонтальные проекции следов M_1 и M_1' проводим горизонтальный след секущей плоскости. Линия пересечения следа плоскости с основанием конуса даст две точки D и E , соединяя их с вершиной, получим сечение конуса в виде треугольника, а на нем точки пересечения K и F прямой с поверхностью конуса.

Найти точки пересечения прямой AB с шаром (рис. 12.6). Пересечение прямой AB с шаром находим, применяя способ замены плоскостей проекций. Для этого новую плоскость ставим параллельно прямой и определяем натуральную длину прямой и сечения шара, считая, что прямая заключена в горизонтально проецирующую плоскость. На натуральном виде сечения находим точки пересечения с шаровой поверхностью, т.е. проводим ось новой плоскости параллельно горизонтальной проекции A_1B_1 прямой AB и находим новую проекцию прямой и сечения шара, оставляя координаты z без изменения. Найдя проекции M_4N_4 точек M и N , переносим их на горизонтальную, а затем и на фронтальную плоскость проекций с помощью линий связи.

12.2. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ТЕЛ

Пересечение двух поверхностей находят: 1) способом вспомогательных секущих плоскостей — проецирующими плоскостями или плоскостями общего положения; 2) способом сфер или шаровых поверхностей.

Выбор положения вспомогательных плоскостей (посредников) определяется положением данных геометрических тел и необходимо стремиться

к получению сечений простейшего вида.

В зависимости от расположения тел по отношению к плоскостям проекций точки пересечения можно получить непосредственно на одной из проекций, и, в первую очередь, находят характерные (опорные) точки исходной линии пересечения. К таким точкам можно отнести: точки, проекции которых лежат на проекциях контурных линий одной из поверхностей, например точки 2, 3 (рис. 12.7); на крайних ребрах — точки 1, 2, 3 (рис. 12.8); точки, расположенные на главном меридиане в экваторе шара или образующих, а также крайние точки — правые и левые, наивысшие и наинизшие, ближайшие и наиболее удаленные от плоскостей проекций. Все остальные точки линии пересечения поверхностей называются *промежуточными*.

При пересечении поверхностей тел можно получить: 1) полное пересечение (проникание), в этом случае линия пересечения представляет собой два замкнутых контура (см. рис. 12.7); 2) неполное пересечение (врезка), когда линия пересечения представляет собой один замкнутый контур (см. рис. 12.8).

Построив линию пересечения двух поверхностей, нужно определить видимость. При обводке необходимо невидимые части линии пересечения поверхностей, ребер и контуров показывать штриховой линией.

12.3. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ МНОГОГРАННИКОВ

В общем виде линию пересечения двух многогранников можно определить следующим образом: 1) найти точки пересечения ребер одного многогранника с гранями другого и второго многогранника с гранями первого; 2) найденные точки последовательно соединить между собой прямыми линиями.

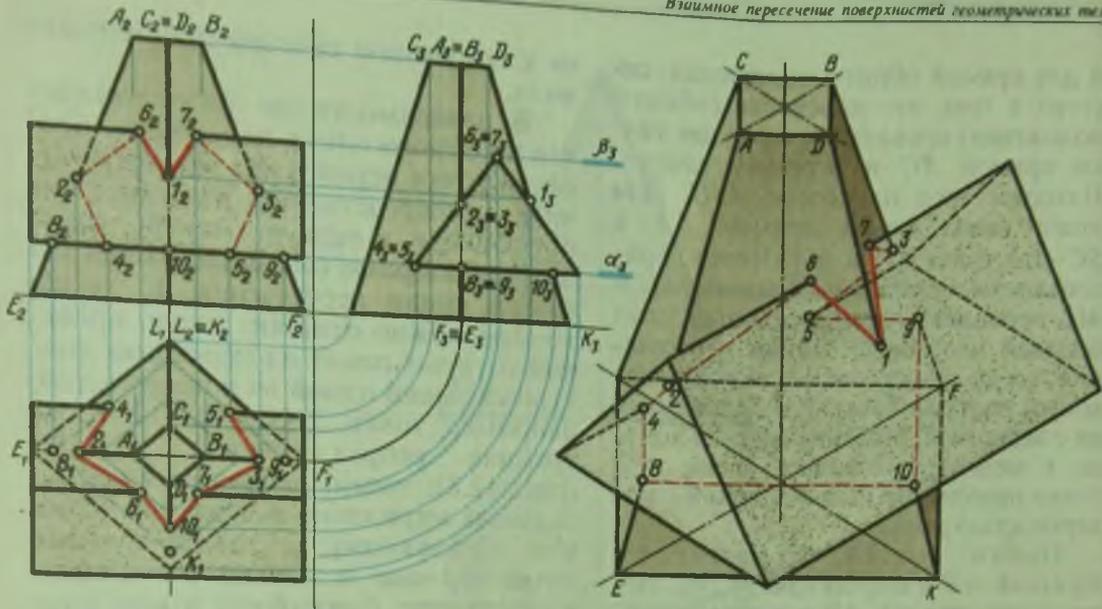


Рис. 12.8

На рис. 12.7 дан пример пересечения шестиугольной пирамиды с треугольной призмой, или треугольным сквозным отверстием. Для решения вводим две вспомогательные плоскости α и β , параллельные горизонтальной плоскости проекций, и строим сечения.

На горизонтальной плоскости проекций они изобразятся в виде двух подобных шестиугольников, а в пересечении с сечениями найдутся искомые точки отверстия. Точки 1, 2 и 3, 4 отыскиваются с помощью линий связи переносом с фронтальной плоскости проекций на горизонтальную.

На рис. 12.8 дан пример пересечения четырехугольной пирамиды с треугольной призмой. Последняя не пронизывает пирамиду, а только частично врезана в нее по линии 1–10, т. е. в линии пересечения участвуют десять точек, которые образуют одну замкнутую линию пересечения.

Сначала находим опорные точки, лежащие на ребрах пирамиды, это точки 1 и 10 на ребре DK , точки 2 и 8 на ребре AE , точки 3 и 9 на ребре BF , остальные точки: 4 и 5, 6 и 7 находят-

ся с помощью вспомогательных секущих плоскостей.

Вводим две плоскости-посредника α и β , параллельные горизонтальной плоскости проекций, и находим два сечения пирамиды, фигуры которых будут подобны основанию пирамиды. Причем точки 4 и 5 будут находиться на большем сечении, а точки 6 и 7 на меньшем сечении. Вначале находим горизонтальные проекции этих точек, а затем фронтальные, как это показано стрелками.

На рис. 12.9 дан пример пересечения многогранников, где применены горизонтально проецирующие плоскости, в которые заключены грани тела A и грани тела B .

12.4. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ МНОГОГРАННИКОВ С ТЕЛОМ ВРАЩЕНИЯ

При пересечении поверхности многогранника с поверхностью вращения образуются две (рис. 12.10), а иногда одна (рис. 12.11) замкнутые пространственные линии, состоящие из частей кривых второго порядка (эллипсов, парабол, окружностей и др.) или пря-

мых, пересекающихся на ребрах многогранника или образующих.

На рис. 12.12 дано пересечение цилиндра с треугольной призмой. Вначале необходимо определить в каком положении находятся тела по отношению друг к другу. В данном примере одно тело врезано в другое, следовательно, в пересечении будет одна замкнутая линия.

Посмотрите внимательно на чертеж и определите, нет ли точек пересечения, которые можно перенести с одной проекции на другую с помощью линий связи без вспомогательных построений. В данном случае это точки $1...10$. Все эти точки переносятся с профильной проекции на горизонтальную, а затем и на фронтальную плоскость проекций.

Для построения других точек, таких, как A, B, C, D , проводим вспомогательную секущую плоскость α и находим профильные проекции A_3B_3 и C_3D_3 , а затем находим фронтальные проекции A_2B_2 и C_2D_2 по двум данным с помощью линий связи. Найденные точки на фронтальной плоскости проекций соединяем плавной кривой по лекалу. Задняя грань призмы 3-4-5-6 пересечет цилиндр по двум прямым 3-5 и 4-6, а наклонные грани призмы дадут в сечении кривые второго порядка — эллипсы.

На рис. 12.13 дано построение двух пересекающихся тел в прямоугольной аксонометрии. Сначала строим вторичные проекции обоих тел, цилиндр, призму и пересечения; определяем видимость; освобождаемся от вспомогательных линий; обводим все контурные линии.

На рис. 12.14 рассмотрен пример пересечения шара с треугольной призмой, третья проекция найдена с помощью постоянной прямой p . Одна плоскость призмы параллельна профильной плоскости проекций, она даст при пересечении с шаром окружность, которая изобразится на профильной проекции в виде круга. Остальные две

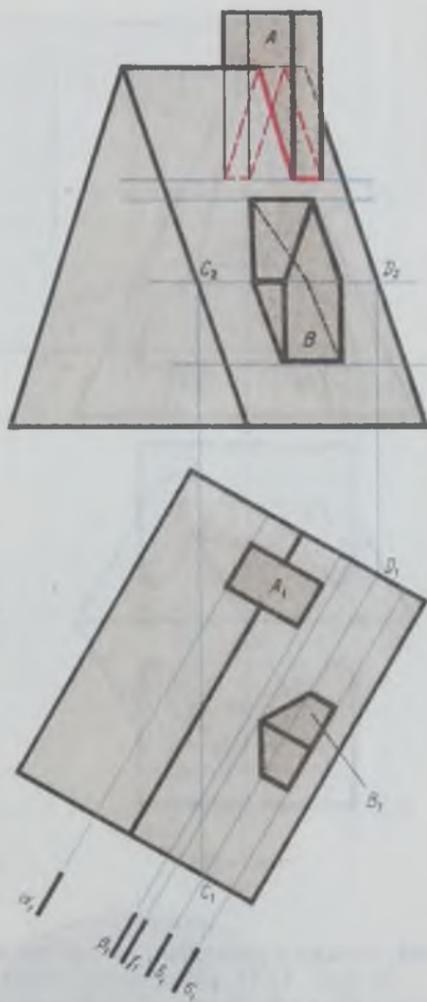


Рис. 12.9

стороны призмы в пересечении с шаром дадут кривые второго порядка — эллипсы, которые строим по отдельным точкам, для чего проводим ряд вспомогательных плоскостей, например, α и β .

Опорными точками будут A и B , лежащие на экваторе, и K, L, M и N , лежащие на профильном меридиане. Все эти точки проецируются без каких-либо дополнительных построе-

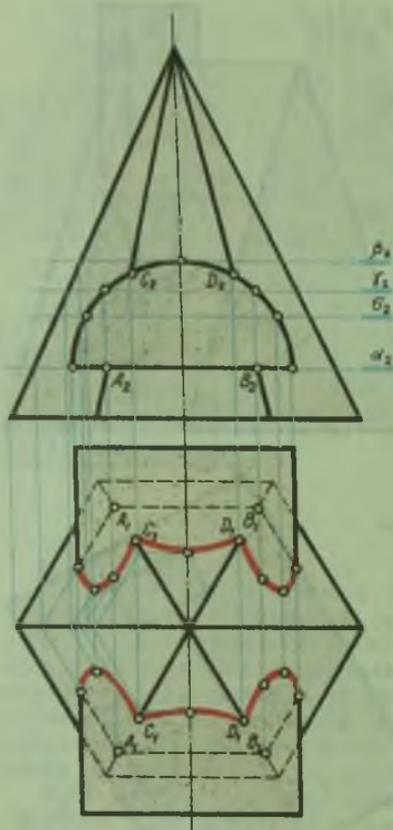


Рис. 12.10

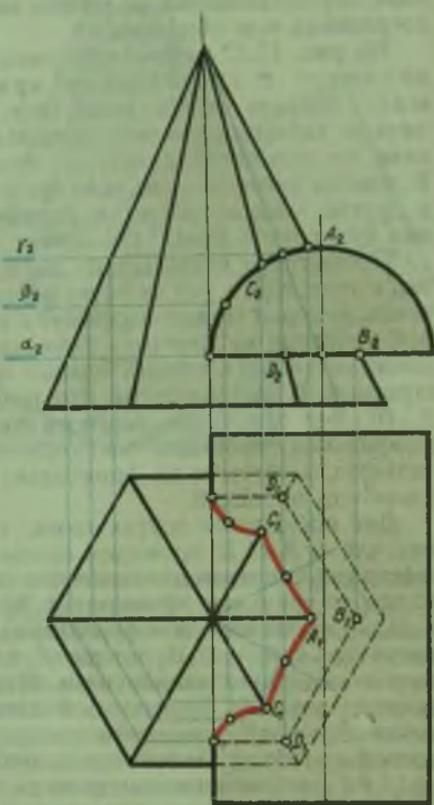


Рис. 12.11

ний, только с помощью линий связи.

На рис. 12.15 дано построение пересечения шара с четырехугольной призмой. Даны проекции шара и контуры призматического отверстия на фронтальной проекции. Найдена профильная проекция шара и проведены вспомогательные плоскости и их сечения. На рис. 12.15, б дано построение в готовом виде.

Грани, пересекающие шар, расположены параллельно горизонтальной и профильной плоскостям проекций, поэтому плоскости, проходящие через грани призмы, пересекут поверхность шара по окружностям. Радиусы

окружностей будут равны полухорде, сливающейся с фронтальными проекциями секущих плоскостей.

12.5. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Общим способом построения линии пересечения двух поверхностей вращения является нахождение точек этой линии при помощи некоторых секущих плоскостей, или с помощью сфер.

Если одна из поверхностей имеет прямолинейные образующие, то линию пересечения можно найти, нано-

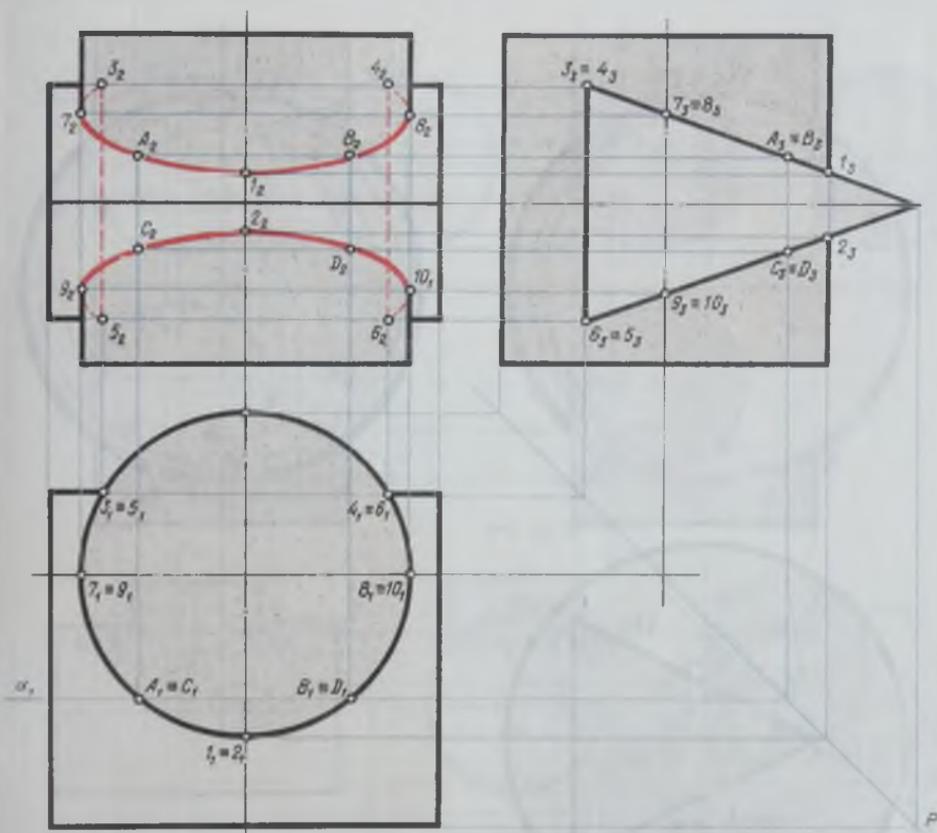
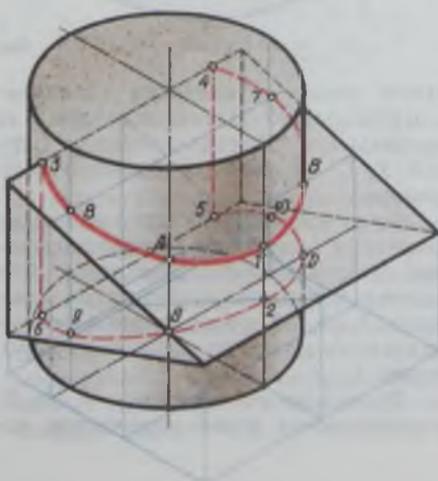


Рис. 12.12

ся на поверхности ряд образующих, определив точки их пересечения с другой поверхностью, а затем соединить эти точки кривыми линиями. В тех случаях, когда оси тел расположены произвольно по отношению к плоскостям проекций, выгодно воспользоваться плоскостями общего положения. Последние проводят так, чтобы при пересечении их с поверхностями получались простейшие фигуры.

На рис. 12.16 дан пример пересечения двух цилиндров разных диаметров. Оси цилиндров взаимно перпендикулярны и лежат в одной фронтальной плоскости. Читая чертеж, видим, что горизонтальная про-



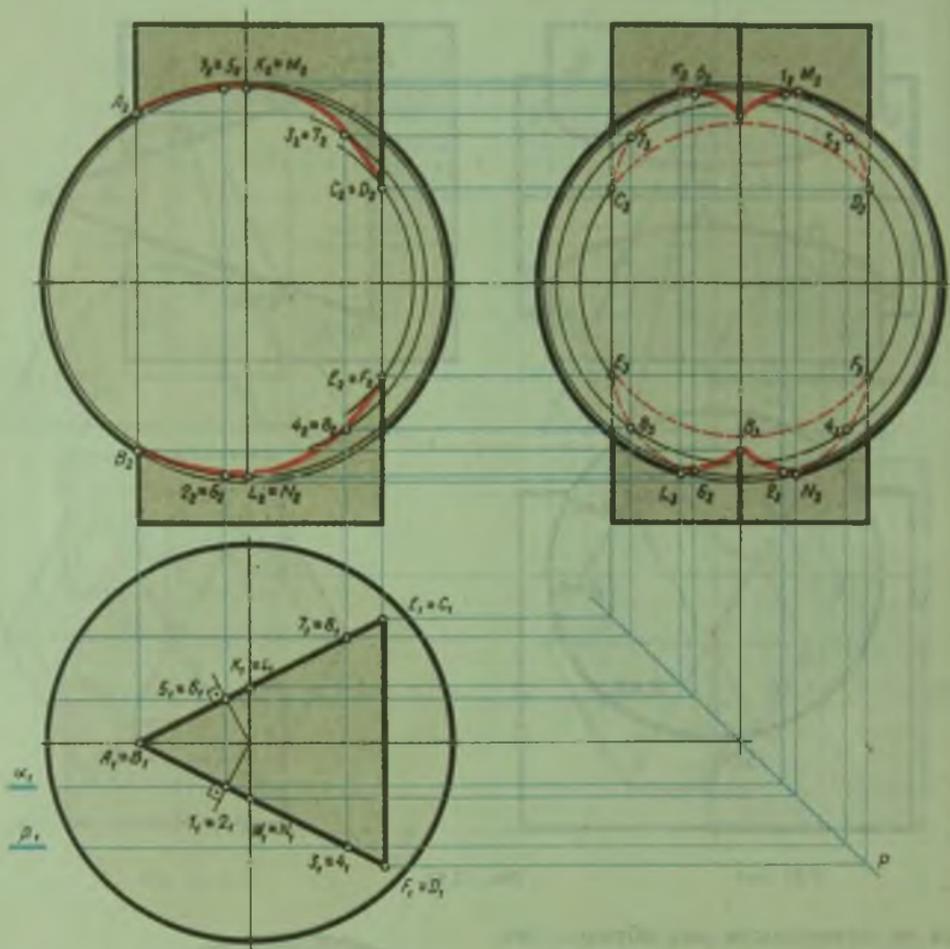


Рис. 12.14

екция линии пересечения совпадает с окружностью малого цилиндра, а ее профильная проекция совпадает с дугой 3_3-7_3 окружности большого цилиндра.

Фронтальную проекцию линии пересечения найдем по ее горизонтальной и профильной проекциям. Для этого отмечаем горизонтальные проекции $1_1, 2_1 \dots 8_1$ точек линии пересечения и определяем их профильные проекции $1_2, 2_2, 3_2 \dots 8_2$.

Фронтальные проекции 1_2 и 5_2 верхних точек линии пересечения на-

ходим без дополнительных построений как точки пересечения контурных образующих, фронтальные проекции точек 3 и 7 — при помощи линий проекционной связи, проводимых с профильных проекций 3_3 и 7_3 . Проекции других точек, как например $2_2, 4_2, 6_2$ и 8_2 , находим в пересечении линий проекционных связей, проводимых с горизонтальных проекций $2_3, 4_3, 6_3$ и 8_3 . Полученные точки соединяем плавной кривой при помощи лекала. Справа построена прямоугольная изометрия двух пересеченных цилинд-

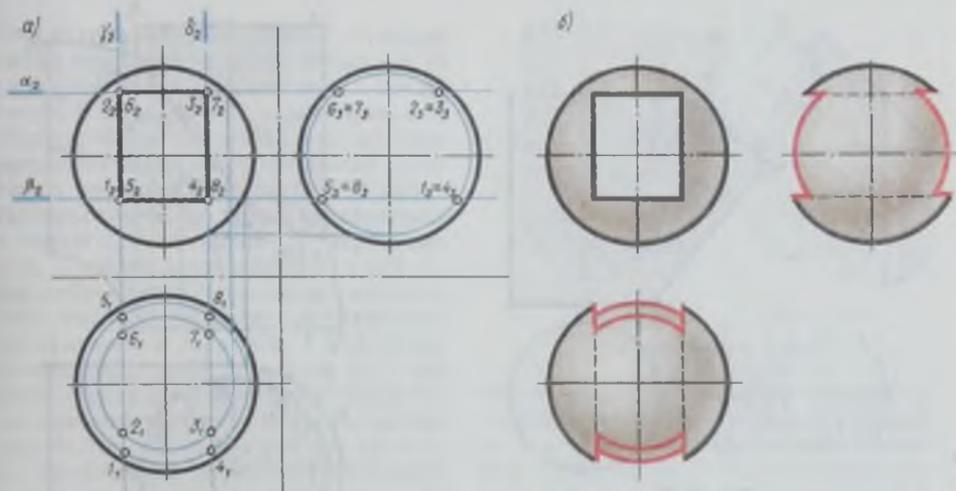


Рис. 12.15

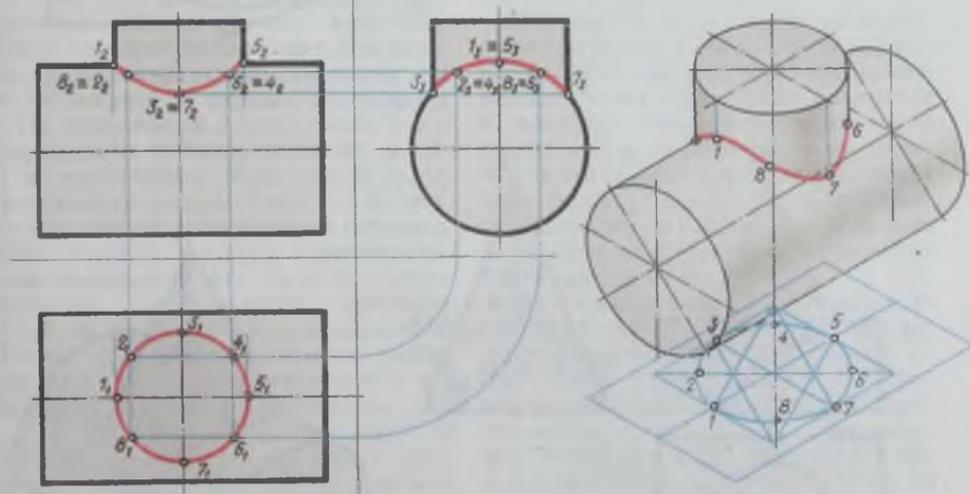


Рис. 12.16

ров. Вначале строится горизонтальная вторичная проекция и каждая точка поднимается на соответствующую высоту согласно фронтальной проекции чертежа.

На рис. 12.17 дан пример пересечения двух цилиндров разных диаметров. Оси их направлены под некоторым углом α друг к другу. Для нахождения линии пересечения поль-

зуемся вспомогательными плоскостями, параллельными фронтальной плоскости проекций. При пересечении такими плоскостями обоих цилиндров в сечении получим прямоугольники, пересекающиеся по образующим. Для того, чтобы расположить равномерно образующие, строим сечение малого цилиндра и делим его на двенадцать частей. Через точки деления

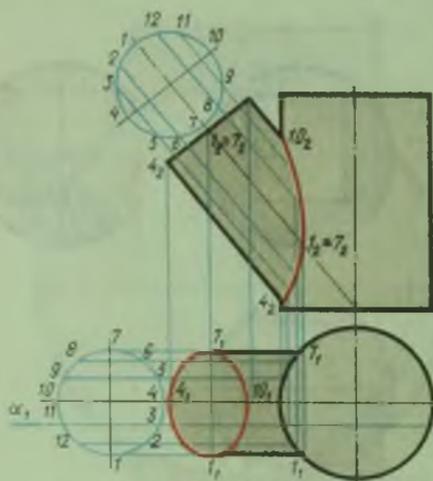


Рис. 12.17

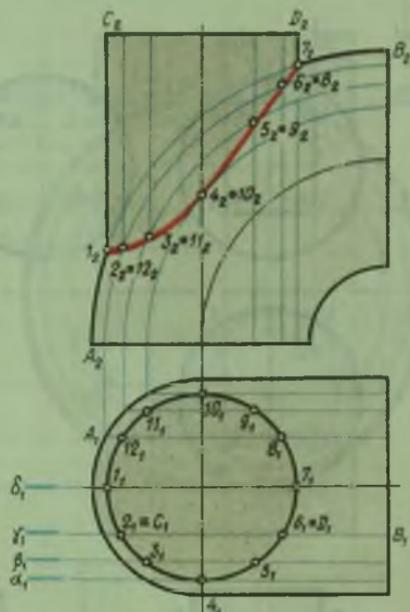


Рис. 12.19

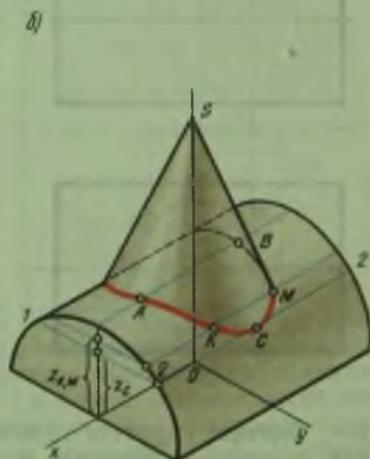
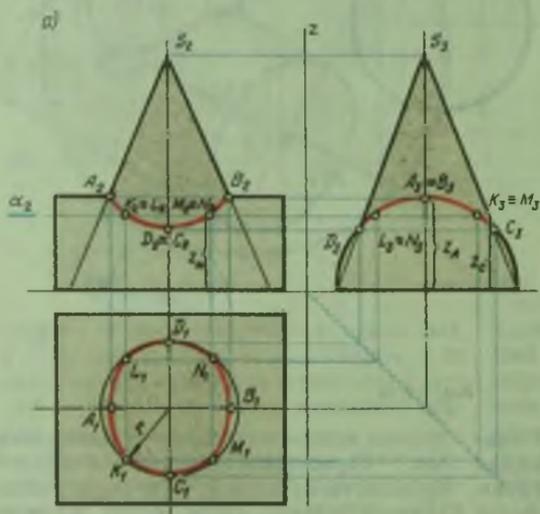


Рис. 12.18

проводим секущие плоскости. При этом проекции точек на горизонтальной плоскости проекций, расположенные по краям, как точки 1_1 и 7_1 будут

на фронтальной плоскости проекций расположены в середине 1_2 и 7_2 и т. д.

На рис. 12.18, а дан пример пересечения цилиндра с конусом.

Характерными (опорными) точками линии пересечения будут точки A и B , расположенные на очерковых образующих, и точки C и D , находящиеся на очерковой кривой, в которую проецируется цилиндр на профильной плоскости проекций. Точки B и A будут высшими точками линии пересечения, а точки C и D низшими. Проекции этих четырех точек находятся без каких-либо дополнительных построений. Вначале находим фронтальные проекции A_2 и B_2 точек A и B , затем профильные проекции A_3 и B_3 , а по двум проекциям находим горизонтальные проекции A_1 и B_1 . Проекции других точек C и D находим вначале на профильной плоскости проекций, затем на фронтальной и потом на горизонтальной плоскости проекций.

Для построения промежуточных дополнительных точек проводим плоскость (посредник), которая пересечет цилиндр по образующим $1-1$ и $2-2$, а конус по окружности радиуса r . В пересечении образующей $1-1$ и окружности найдем точки K и M , а в пересечении образующей $2-2$ и окружности найдем точки L и N , принадлежащие искомой линии пересечения. Вначале находим горизонтальные проекции K_1M_1 , L_1 и N_1 , затем находим фронтальные проекции K_2-L_2 и M_2-N_2 на следе плоскости α . Таким же образом можно найти сколько угодно дополнительных точек, если это будет необходимо.

На этом же чертеже (рис. 12.18, б) дано пересечение двух тел в прямоугольной изометрии. Вначале строим вторичную проекцию обоих тел, затем аксонометрические изображения и в последнюю очередь находим линию пересечения. Для того, чтобы найти точки, через которые проходит линия пересечения конуса и цилиндра, необходимо на поверхности цилиндра провести образующие и на них найти указанные точки. Например, построим точки K и M на аксонометрическом изображении. Проводим на поверхности цилиндра

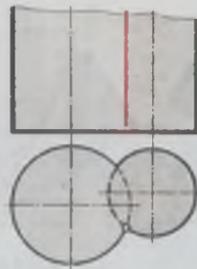


Рис. 12.20

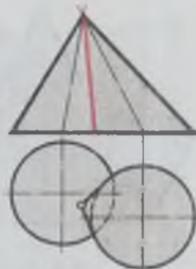


Рис. 12.21

образующую $2-2$, эта образующая находится на высоте $z_{к.м.}$, высота берется с фронтальной плоскости проекций. Отложив на образующей расстояние $2-K$ и $2-M$, получим точки K и M . Аналогично можно построить сколько угодно точек.

На рис. 12.19 дан пример пересечения тора в виде части кольца и цилиндра с вертикальной осью. Линия пересечения находится с помощью вспомогательных плоскостей $\alpha, \beta, \gamma, \sigma$, параллельных фронтальной плоскости проекций. Сечение тора (кольца) проходит по кривым, а цилиндра — по прямым образующим. Пересечения образующих дадут точки пересечения.

Для нахождения точек, принадлежащих линии пересечения, делим горизонтальную проекцию цилиндра на двенадцать равных частей и через точки деления проводим секущие плоскости. Проследим получение двух точек 2 и 6. Для этого через эти точки проводим плоскость γ , которая расщепит тор по кривой AB , а цилиндр по прямым c и d . Пересечения линий, лежащих в плоскости γ , дадут точки пересечения 2_2 и 6_2 .

По этому же принципу производятся построения линий пересечения тел вращения, будет ли это цилиндр с цилиндром, конус с цилиндром, конус с конусом, шар с цилиндром или конусом.

В некоторых частных случаях в пересечении могут получаться плоские

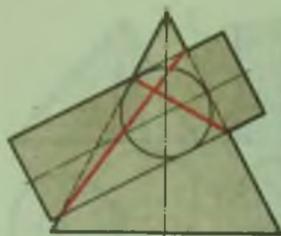


Рис. 12.22



Рис. 12.23

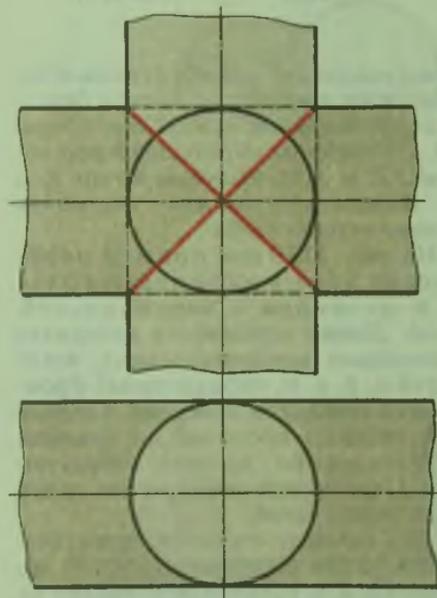


Рис. 12.24

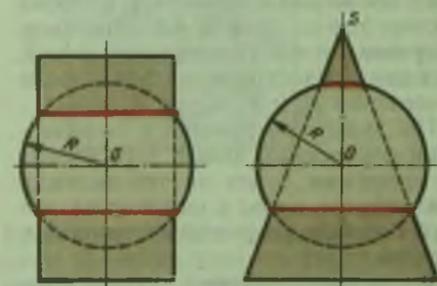


Рис. 12.25

кривые (эллипс, окружность и др.) и даже прямые линии (рис. 12.20, 12.21).

При взаимном пересечении поверхностей вращения второго порядка в некоторых случаях получается распадение линии пересечения на две плоские кривые второго порядка. Это бывает в том случае, когда обе пересекающиеся поверхности вращения описаны вокруг общего для них шара (теорема Монжа) (рис. 12.22, 12.23, 12.24). Соосные поверхности вращения, т.е. поверхности с общей осью, пересекаются по окружности (рис. 12.25).

12.6. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ СО СФЕРОЙ

Пересечение поверхностей вращения со сферой лежит в основе применения сфер в качестве вспомогательных поверхностей. Этот способ применяется только в тех случаях, когда тела имеют общую плоскость симметрии, расположенную параллельно какой-либо плоскости проекций, в этом случае оси поверхностей будут пересекаться. За ось можно принять любую ее диаметр, поэтому пересекающиеся сферы рассматриваются как соосные поверхности вращения, пересекающиеся по окружности (рис. 12.26). Для того, чтобы шар пересек тело вращения по окружности, необходимо, чтобы его центр лежал на оси тела вращения.

ВЫВОДЫ

1) множество точек пространства, из которых можно описать концентрические шары, пересекающие данный шар по окружности, есть *все пространство* (за исключением центра шара);

2) множество точек пространства, из которых можно описать концентрические шары, пересекающие по окружности любую поверхность вращения, есть *ось этой поверхности*;

3) множество точек пространства, из которых можно описать concentрические шары, пересекающие по окружности данную поверхность вращения и шар, есть ось поверхности вращения;

4) множество точек пространства, из которых можно описать concentрические шары, пересекающие по окружности два тела вращения, есть точка пересечения осей этих тел.

Каждая из пересекающихся поверхностей должна содержать систему окружностей, через каждую из которых возможно провести из одной и той же точки пространства, как из центра, concentрические шары.

Рассмотрим применение шаровых поверхностей на примере пересечения двух цилиндров, оси которых лежат в одной плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций (рис. 12.27). Требуется построить линию их пересечения (перехода). Точки 1 и 5 лежат на пересечении крайних образующих малого цилиндра и являются самыми верхними точками линии пересечения малого цилиндра с верхней образующей большого цилиндра. Каждая промежуточная точка линии перехода будет определять окружность пересечения шара с любым из цилиндров.

На приведенном чертеже эти окружности изобразятся: для малого цилиндра горизонтальными прямыми MN , BA , а для большого — вертикальными KS , $C4$, $E2$. Пересечение этих окружностей дает искомые точки, так как шар радиуса OC пересечет малый цилиндр по окружности, проекцией которой является прямая BA , а большой — по дугам окружностей $4C6$ и $2E8$. Пересечение этих дуг определит положение точек перехода 4 и 6, 2 и 8.

Для определения точек 3 и 7 построим шар, радиус которого будет равен $D/2$, касательный к большому цилиндру. Проекция этого шара пересечет проекции крайних образующих

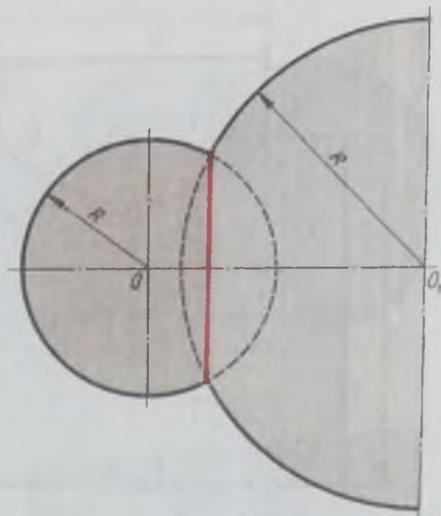


Рис. 12.26

малого цилиндра в двух точках N и M и будет касаться большого по окружности KS . В свою очередь пересечение линий MN и KS дает искомые точки 3 и 7. Полученные точки соединяем кривой.

Если один цилиндр соединяется с другим по кривой радиуса R , то построение линии пересечения (см. правый цилиндр) выполняется так же.

Из приведенного примера видна целесообразность применения способа шаровых поверхностей (сфер), так как решение производится без построения дополнительных проекций.

Рассмотрим другой пример. Требуется построить линию пересечения поверхностей цилиндра с конусом, оси которых пересекаются в точке Q и параллельны фронтальной плоскости проекций (рис. 12.28). Для построения линии пересечения применяем шаровую поверхность, центр которой лежит в точке пересечения осей пересекающихся поверхностей. Шар-посредник пересечет каждую из поверхностей по окружности, принадлежавшей этому шару, например, шар радиуса R пересечет цилиндр по окружности 1-2 и 3-4, а конус — по окружности 5-6. Пе-

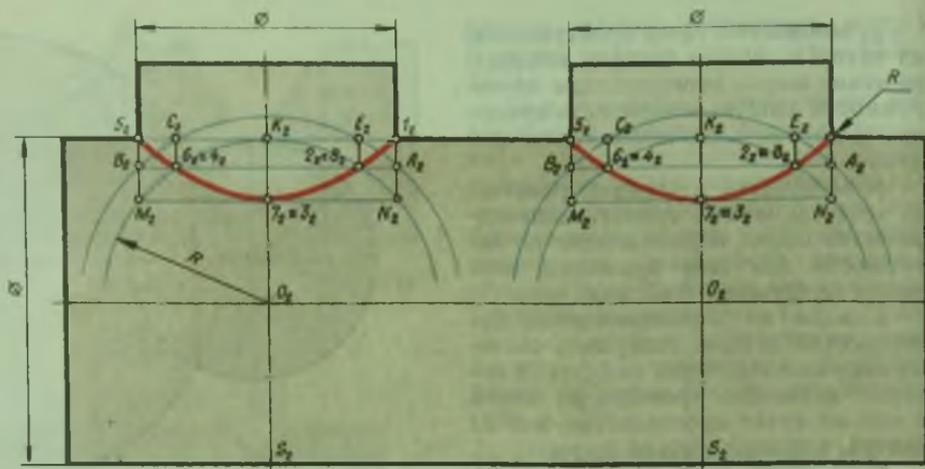


Рис. 12.27

ресеение окружности 1-2 с окружностью 5-6 даст точку пересечения C , а окружность 3-4 с окружностью 5-6 даст точку E . Точки A и B являются опорными и находятся на крайней правой образующей цилиндра в пересечении с очерковыми линиями конической поверхности, а точка D , являясь крайней левой точкой перехода (пересечения), находится на пересечении окружностей 9-10 и 7-8, полученных в результате проведения шаровой поверхности из центра O радиусом $D/2$.

На рис. 12.29 дан пример построения линии пересечения тела вращения (тора) с шаровой поверхностью. В этом примере центр для шаровой поверхности (посредника) берем на оси тела вращения в произвольной точке O , но с таким расчетом, чтобы описанные шаровые поверхности пересекали бы как тело вращения, так и заданную шаровую поверхность. Шар-посредник, пересекая тело вращения, в пересечении даст окружность AB , проецирующуюся в прямую A_2B_2 , а с шаровой поверхностью — окружность CD , проецирующуюся в прямую C_2D_2 . Пересечение проекций окружностей AB и

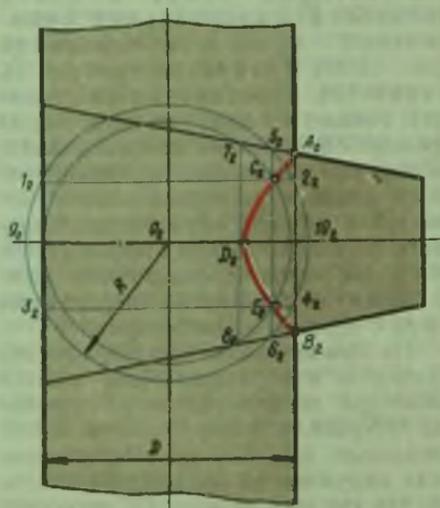


Рис. 12.28

CD даст искомую точку пересечения, принадлежащую обеим поверхностям, точку 5 (их две — с одной и с другой стороны). Таким же образом находятся все точки пересечения тела вращения с шаровой поверхностью.

Рассмотрим теперь пример, где нельзя применить концентрические сферы (рис. 12.30). Постро-

им линию пересечения поверхности тора (колена) с конической поверхностью вращения, имеющих общую плоскость симметрии, параллельную фронтальной плоскости проекций. Отметим две опорные точки A и B в пересечении контура конической поверхности с поверхностью тора. Для построения промежуточных точек нельзя воспользоваться способом концентрических сфер, так как их оси i^1 и i^2 не пересекаются, поэтому применим способ эксцентрических сфер, с помощью которого можно найти сколько угодно дополнительных точек, принадлежащих линии пересечения. Центры сфер, пересекающие поверхность тора по окружностям, расположенным в плоскостях, проходящих через ось i^1_2 , будут находиться на перпендикулярах к плоскостям этих окружностей, проведенных через их центры K^1, K^2, K^3 , поэтому, если взять центры эксцентрических сфер в точках пересечения этих перпендикуляров O^1, O^2, O^3 с осью конической поверхности i^2 , то сферы соответствующих радиусов пересекут обе данные поверхности по окружностям, а точки пересечения последних, например CD и EF , принадлежащих одной и той же сфере, будут точками искомой линии пересечения.

В этом примере приведены три эксцентрические сферы из центров O^1, O^2, O^3 , с помощью которых найдены точки $1, 2, 3$ линии пересечения. Так, для нахождения точек 2-2 проведем меридиан CD на поверхности тора, расположенный во фронтально проецирующей плоскости, проходящей через ось i^1 (i^1_2), и из его центра K^2 (K^2_2) восставим перпендикуляр к этой плоскости. В точке пересечения перпендикуляра O^2 (O^2_2) с осью i^2 (i^2_2) и будет находиться центр вспомогательной сферы. Если провести сферу с центром в точке O^2 (O^2_2) того же радиуса R , чтобы ей принадлежала окружность CD , то эта сфера пересечет коническую поверхность по окружности EF . В пересечении окруж-

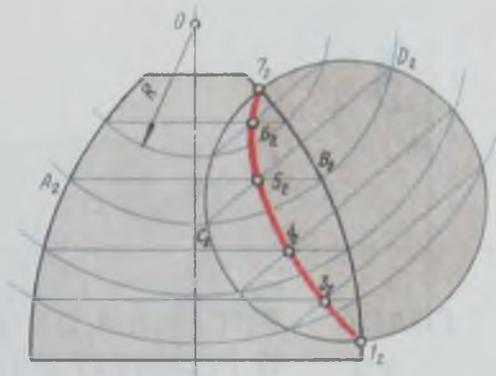


Рис. 12.29

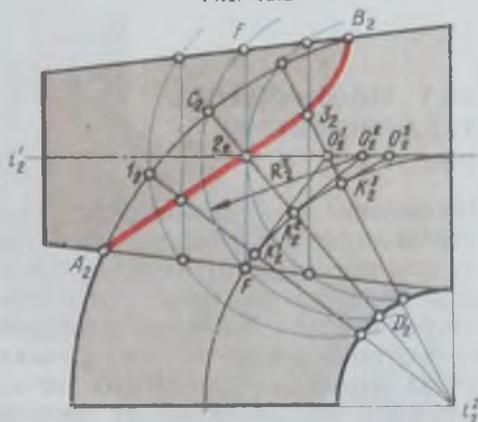


Рис. 12.30

ностей CD и EF получим две искомые точки пересечения 2_2 .

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как находятся точки пересечения прямой с поверхностью?
2. Какие вспомогательные плоскости применяются при определении точек пересечения поверхности тела прямыми линиями?
3. Какой способ применяется при нахождении точек пересечения прямой с поверхностью шара?
4. Как производится построение линии пересечения двух многогранников?
5. Какие плоскости следует применять в качестве вспомогательных плоскостей?
6. Какие точки называются опорными или характерными и почему их следует определить в первую очередь?
7. В каких случаях возможно применение в качестве вспомогательных поверхностей сферы?
8. В каких случаях тела вращения будут пересекаться по плоским кривым второго порядка?

ГЛАВА РИСУНКИ ПЛОСКИХ ФИГУР И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

13

13.1. НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО РИСУНКА

Назначение его заключается в том, чтобы научиться наглядно выполнять ту или иную фигуру от руки, соблюдая пропорциональность отдельных частей фигуры. Каждому технически грамотному человеку очень важно уметь наглядно изобразить деталь или конструкцию. В основу технического рисунка положено применение аксонометрических проекций, т. е. рисовать необходимо от руки на глаз, но по правилам аксонометрических проекций.

Таким образом, отличием технического рисунка от чертежа, который выполнен в аксонометрической проекции, является то, что технический рисунок делается на глаз, без применения инструментов, а чертеж в аксонометрических проекциях — точно по размерам с помощью чертежных инструментов.

13.2. НАГЛЯДНОСТЬ РИСУНКА

Технический рисунок в практике конструирования имеет большое значение, являясь первичной формой изображения. Наглядность же его зависит от выбранного вида аксонометрической проекции. Для технического ри-

сунка рекомендуется применять прямоугольную изометрию или диметрию, а также фронтальную косоугольную (кабинетную) проекцию.

Выбор той или иной аксонометрической проекции целиком зависит от фигуры, которую следует изобразить. Например, если в детали преимущественно окружности, параллельные горизонтальной плоскости проекций, то можно рекомендовать прямоугольную изометрию (рис. 13.1); если дана фигура, у которой в центре квадратная форма, то при изображении в изометрии такая фигура будет выглядеть плохо (рис. 13.2) и в этом случае ее следует изобразить в прямоугольной диметрии (рис. 13.3); если деталь цилиндрической формы и расположена так, что все окружности параллельны фронтальной плоскости проекций, то ее лучше изображать во фронтальной (кабинетной) диметрии (рис. 13.4).

13.3. ТЕХНИКА ЗАРИСОВКИ ФИГУРЫ

Умение и навыки в техническом рисовании приобретаются тренировкой. Рисовать необходимо карандашом и только от руки без каких-либо инструментов и измерительных принадлежностей. Карандаш во время рисования держат свободно большим и указательным пальцами и поддер-

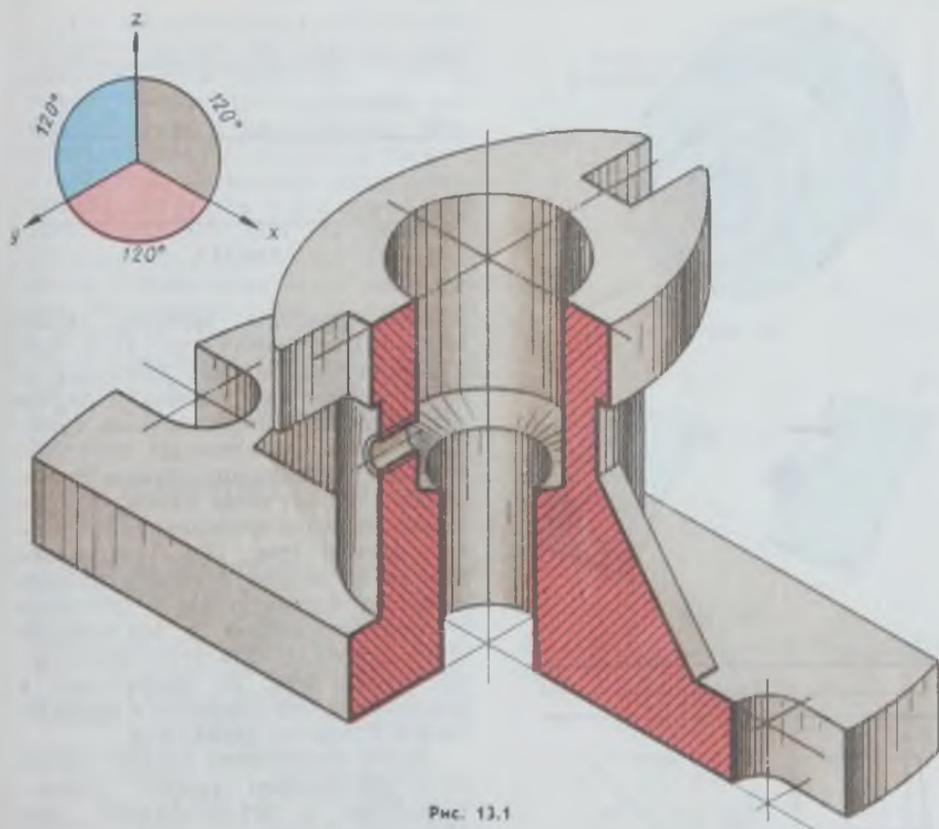


Рис. 13.1

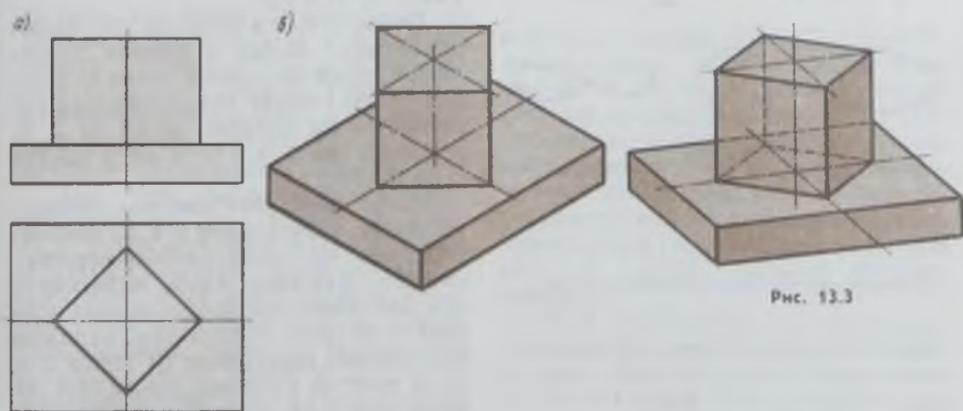


Рис. 13.3

Рис. 13.2

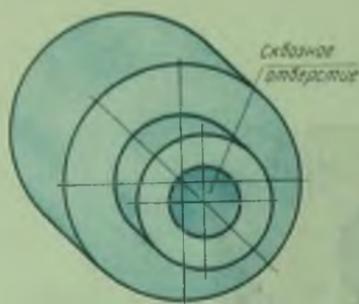


Рис. 13.4



Рис. 13.5

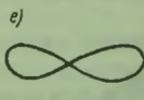
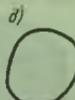
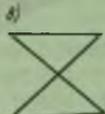
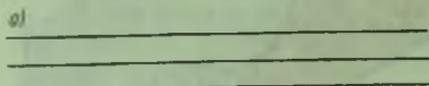


Рис. 13.6

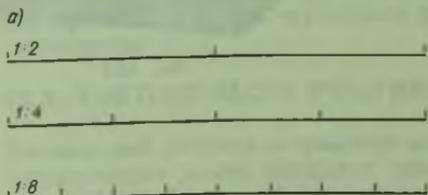


Рис. 13.7

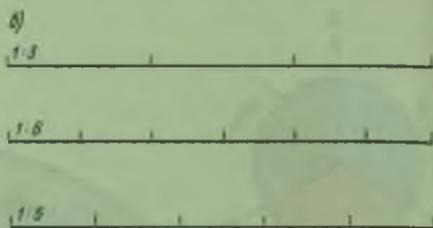


Рис. 13.7

живают средним, мизинец может скользить по бумаге (рис. 13.5). Рука с карандашом должна двигаться по бумаге легко, без нажима, в любом направлении. При неудачном проведении линий их проводят повторно. На рис. 13.6 показаны первые упражнения для получения навыка в зарисовках. Вначале проведите параллельные прямые (рис. 13.6, а) несколько раз, затем можно менять направление на вертикальные в сочетании с горизонтальными и наклонными (рис. 13.6, б, в). При этом необходимо, чтобы рука не напрягалась и вырабатывалась привычка к правильным и удобным движениям.

Затем упражнения можно усложнить рисованием кривых линий — замкнутых и петлеобразных (рис. 13.6, г, д, е) и др.

Очень важно в процессе рисования приобрести навык в умении разделить отрезок на равные части на глаз, для этого следует проделать ряд упражнений на деление линий на 2, 4, 8 частей, на 3 и 6 или на 5 частей (рис. 13.7).

Затем нарисуйте квадрат, прямоугольник, треугольник и т. д., предварительно построив аксонометрические оси. Для того, чтобы нарисовать оси, постройте два конгруэнтных прямых угла (рис. 13.8). Затем, отложив одинаковые расстояния от точки O в ту и другую стороны, проведите от руки дуги $СAB$. Дуги CA и AB делим на глаз на три равные части, получаем точки 1, 2 и 3, 4. Изометрические оси OX и OY проведите через точки 4 и 2.

Так же можно построить аксонометрические оси для прямоугольной диметрии. Для этого (рис. 13.9) от точки O влево отложите восемь равных отрезков и один отрезок вниз, получите точку C . Соединив точку C с точкой O , определите направление оси OX под углом $\approx 7^\circ$ к прямой AB . Для построения оси OY отложите вправо восемь равных отрезков и от точки B вниз—семь таких же отрезков, полученную точку D соедините с точкой O . Прямая DO будет осью OY в прямоугольной диметрической проекции, которая направлена под углом $\approx 41^\circ$ к горизонтальной прямой AB .

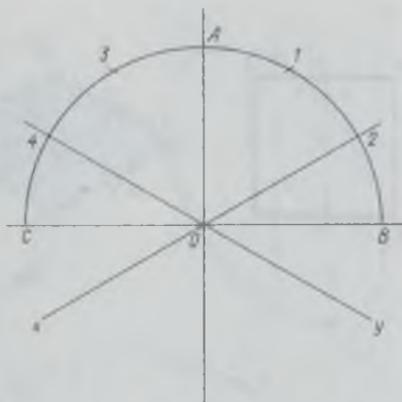


Рис. 13.8

13.4. РИСОВАНИЕ ПЛОСКИХ ФИГУР

При рисовании любых плоских фигур необходимо определить, где расположить аксонометрические оси. Если фигура симметричная, то желательнее центр аксонометрических осей расположить в центре фигуры и, вспомнив основные положения построения аксонометрии, построить фигуру.

Напомним, что все размеры откладываются (на глаз или при измерении) только по осям или параллельно осям, все линии параллельные остаются параллельными и в аксонометрии. Таким образом, если необходимо построить квадрат, правильный шестиугольник или круг, оси располагаем в центре фигуры и от центра начинаем откладывать размеры.

Так, при построении квадрата (рис. 13.10, а) от точки O (рис. 13.10, б) откладываем по оси OX размер $O1$ на глаз и тот же размер $O3$, по оси OY — $O2$ и $O4$. Затем через полученные точки проводим прямые линии, параллельные осям, в пересечении сторон получим точки A, B, C и D . В результате рисования квадрат изображается в виде ромба.

При рисовании квадрата, параллельного другим плоскостям, построение будет такое же, но

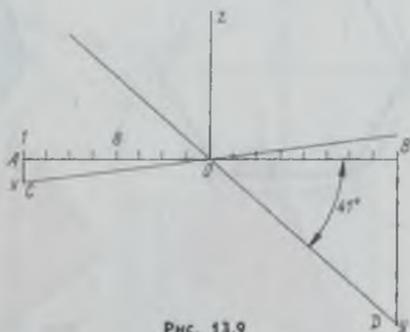


Рис. 13.9

в плоскости, параллельной фронтальной плоскости проекций, участвуют оси OX и OZ , а в плоскости, параллельной профильной,— оси OY и OZ .

При построении квадрата в прямоугольной и косоугольной диметрии квадрат изобразится в виде параллелограмма, большая сторона которого равна стороне заданного квадрата, а другая—половине стороны квадрата.

При рисовании правильного шестиугольника (рис. 13.11) расстояние AB всегда больше расстояния $1-2$. Найдя точки 1 и 2 , проведем через них прямые, параллельные оси OX , во фронтальной и горизонтальной плоскостях и оси OY в профильной плоскости проекций.

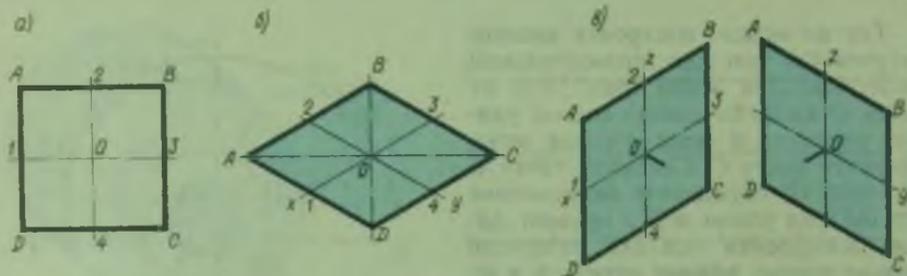


Рис. 13.10

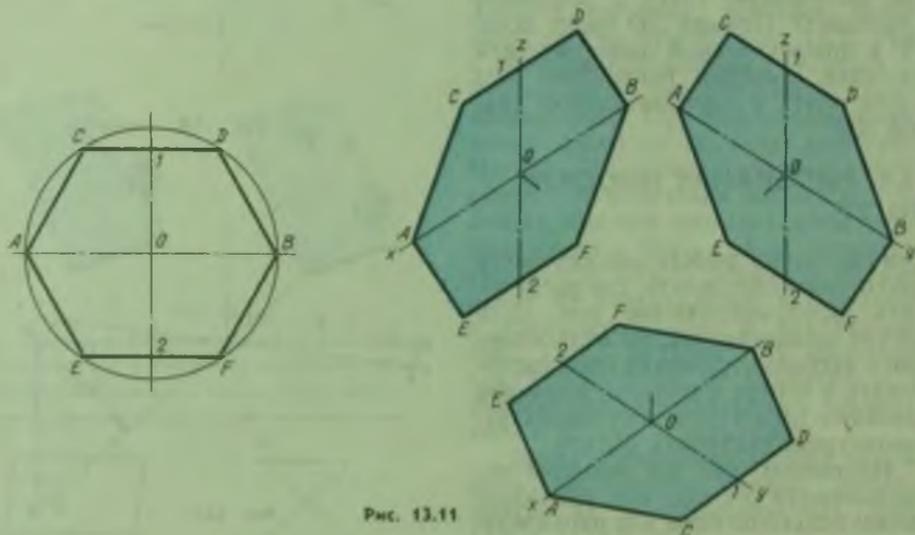


Рис. 13.11

При рисовании окружности ее следует вписать в квадрат и, разделив окружность (на глаз) на двенадцать равных частей, провести вертикальные и горизонтальные прямые линии (рис. 13.12). Нарисовав квадрат, проведем в нем горизонтальные и вертикальные линии, параллельные сторонам ромба, через точки деления окружности, остальное ясно из чертежа. Окружность изобразилась в виде эллипса.

При рисовании треугольника аксонометрические оси проводят вне его, как это сделано на рис. 13.13, остальное ясно из чертежа.

При рисовании концентрических окружностей размеры AA_1 , B_1B нельзя изображать равными раз-

мерам C_1C и DD_1 , так как при применении коэффициента искажения $AB = 0,82$ или $AB = 1,22$, а $CD = 0,58\varnothing$ или $CD = 0,7\varnothing$ отношение отрезков AA_1 и CC_1 равно отношению осей эллипсов, поэтому отрезок $AA_1 > CC_1$ (рис. 13.14).

13.5. ТЕХНИЧЕСКИЙ РИСУНОК ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Процесс рисования должен быть тот же, что и при построении аксонометрических проекций, т. е. начинаем всегда со вторичной проекции, только с той разницей, что чертеж, как правило, делается линиями одинаковой толщины, рисунки же должны делаться линиями различной толщины. В

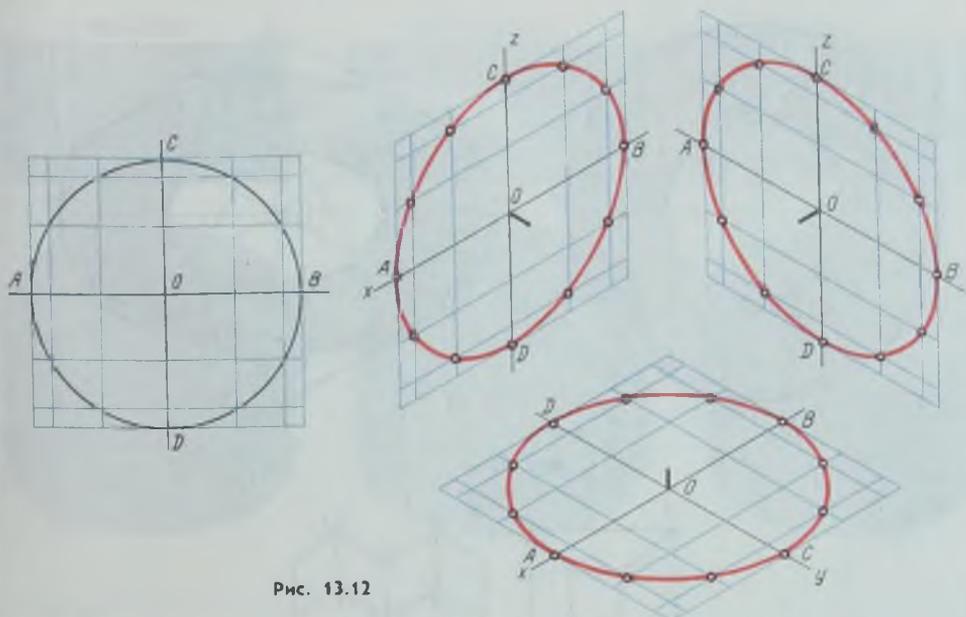


Рис. 13.12

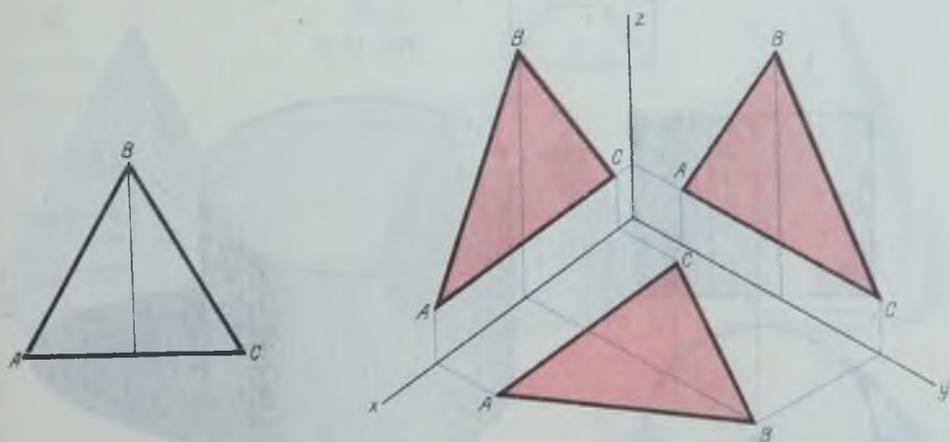


Рис. 13.13

местах, где предмет более освещен, проводим контур тонкими линиями, где менее освещен – более толстыми линиями с тем, чтобы не получилось ложных впечатлений.

Рассмотрите пирамиду на рис. 13.15, а, она может показаться выступающей вперед или в виде впадины, а на рис. 13.15, б ребра AB , CD и EF можно представить себе как ребра выступов или впадин.

Для того, чтобы избежать неверных впечатлений, необходимо рисунок подвергнуть отделке тушевкой, штриховкой или шрафировкой, для чего необходимо усвоить, как распределяются свет и тени на поверхности тел.

Рассмотрите чертеж на рис. 13.16, где показано распространение света и тени.

На рис. 13.17 показано, что пред-

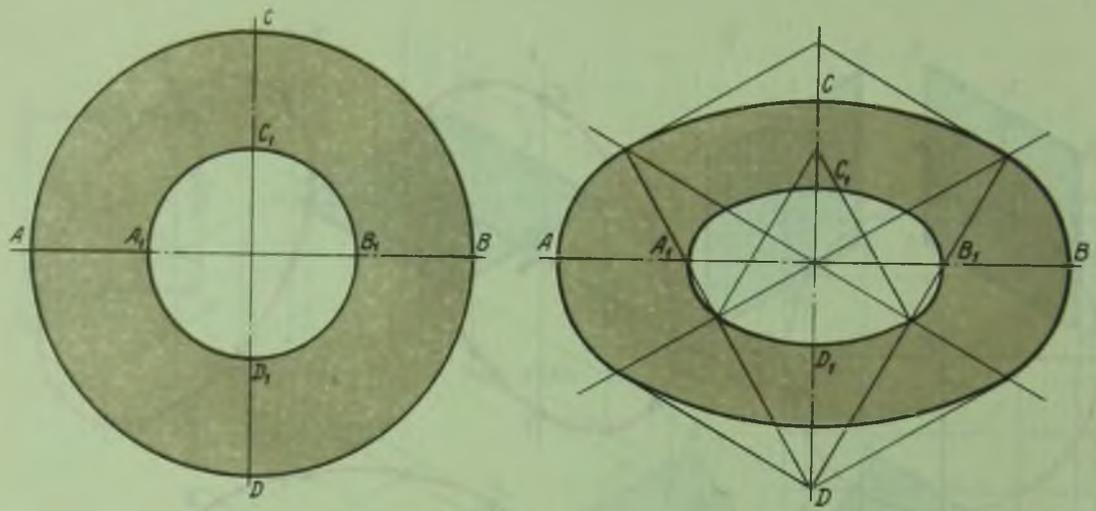


Рис. 13.14

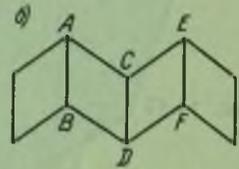
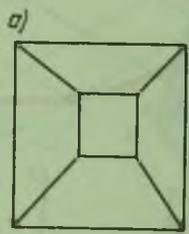


Рис. 13.15

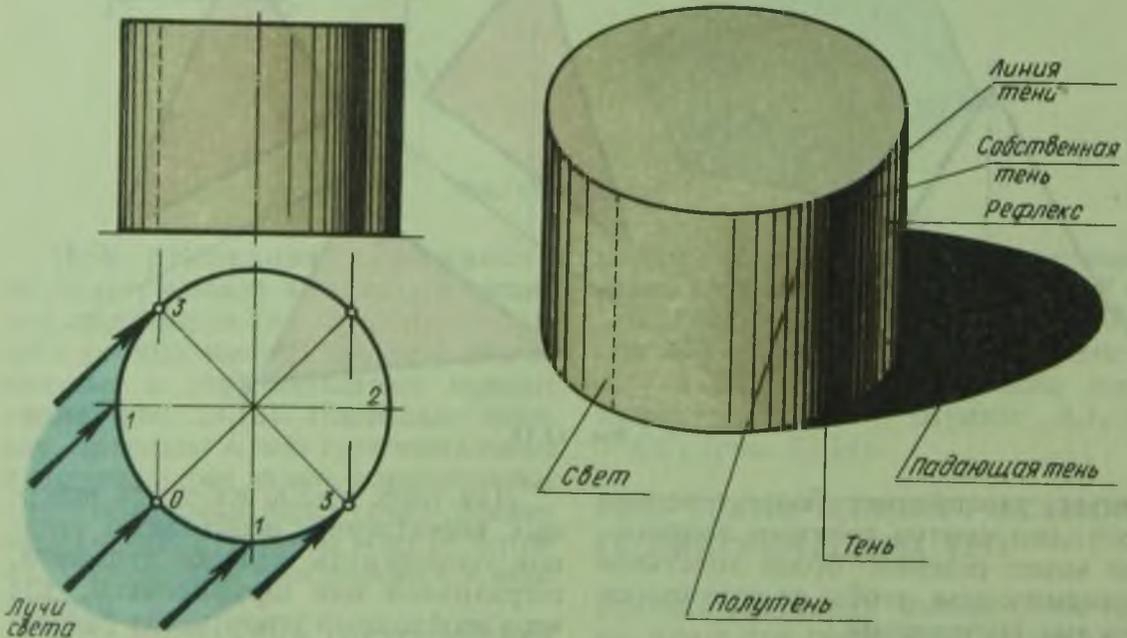


Рис. 13.16

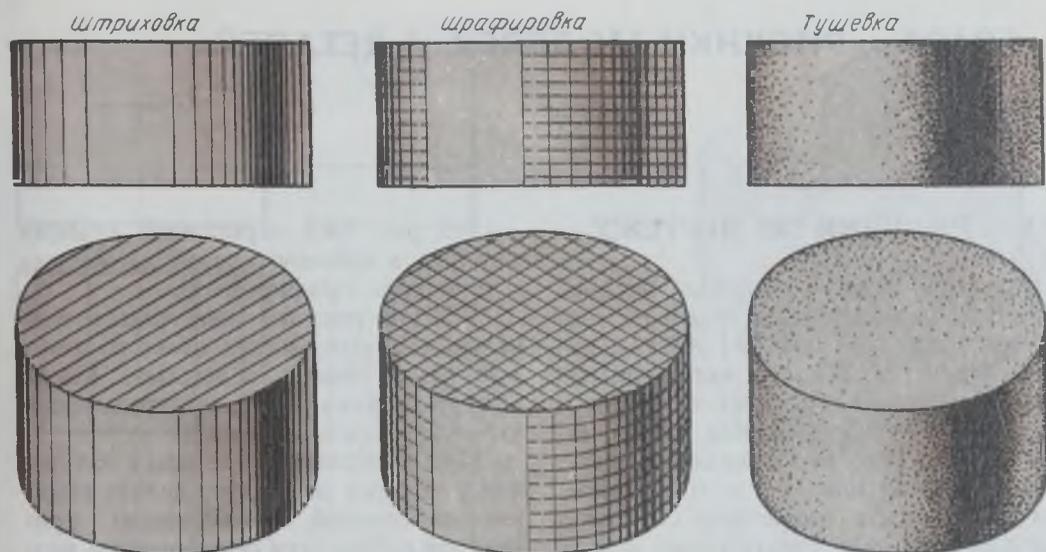


Рис. 13.17

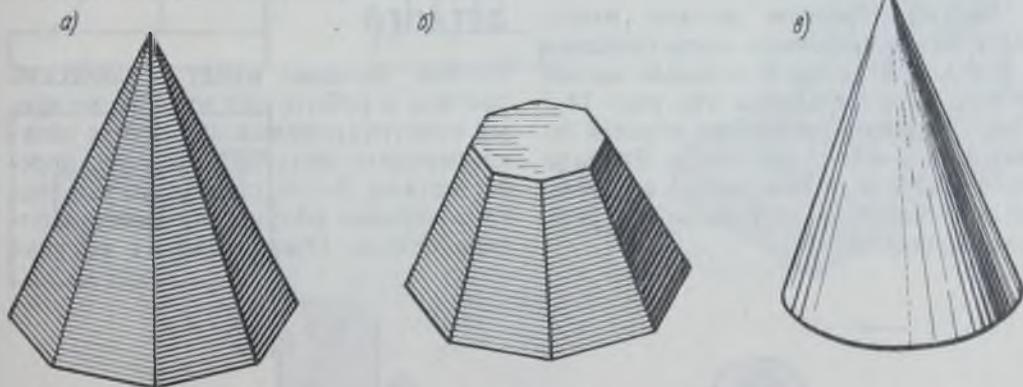


Рис. 13.18

ставляют собой виды отделки рисунка, а на рис. 13.18 дано применение штриховки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что называется техническим рисунком?
2. Чем технический рисунок отличается от художественного?

3. Какие тренировочные упражнения следует выполнить для приобретения умения делать технические рисунки?

4. Какие виды аксонометрических проекций применяются для выполнения технических рисунков?

5. Почему не следует применять прямоугольную изометрическую проекцию для построения деталей с квадратным основанием?

6. Как построить аксонометрические оси для диметрической прямоугольной проекции?

ГЛАВА РИСУНКИ МОДЕЛЕЙ И ДЕТАЛЕЙ

14

14.1. РИСУНКИ ПО ЧЕРТЕЖУ

При рисовании моделей и деталей вначале надо уяснить, из каких геометрических тел состоит деталь, затем наметить, в какой аксонометрической проекции следует ее нарисовать, чтобы изображение было наглядно. На рис. 14.1 показана деталь, состоящая из плиты 1 с отверстием, из цилиндра 2 с отверстием, стоящего на плите, и двух треугольных призм 3 и 4. После того, как все составляющие представлены, рисуем деталь (рис. 14.1, а).

Рисунок вначале должен иметь вид каркаса, дающего представление о форме в целом и отдельных частей детали и их размерах. На рис. 14.2 и 14.3 показано рисование деталей по ортогональному чертежу. Вначале строим каркас, затем призму в целом, после чего строим полуцилиндр с ребром жесткости.

На рис. 14.4 нарисована крышка корпуса в прямоугольной изометрии и отделана шрафировкой.

Контур рисунка выполняют тонкими линиями, затем обводят темные места более толстыми. Когда контур рисунка готов, заштриховывают поверхности детали.

При изображении детали с натуры или с чертежа не следует делать никаких измерений, необходимо привыкнуть соблюдать соотношение размеров на глаз.

14.2. РИСУНКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Особое значение имеет технический рисунок в работе над эскизом во время конструирования. В рисунке можно передать материал (кирпич, дерево, металл, бетон, стекло), из которого построено сооружение или выполнена деталь. Очень важно в рисунке

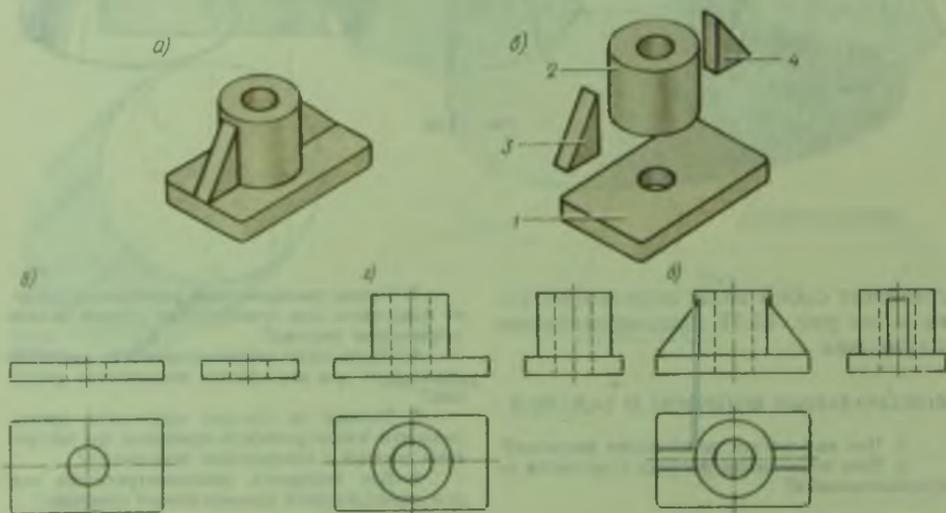


Рис. 14.1

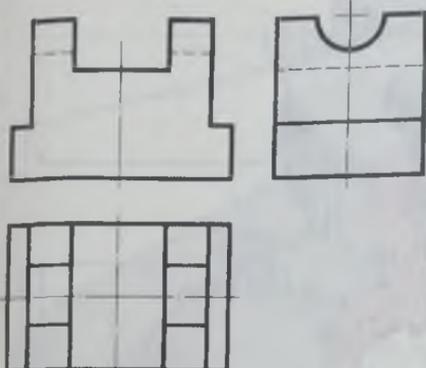


Рис. 14.2

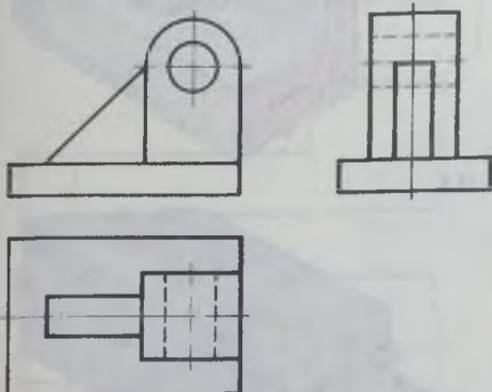


Рис. 14.3

выявить фактуру изделия, т.е. состояние поверхности материала. Материал зрительно воспринимается по различию в цвете, по структуре.

В качестве объектов для рисования полезно выбрать предметы, наиболее часто встречающиеся в специальности, например врубки, детали окон, балки, блоки фундаментов, перекрытия и т.д.

Начинать учиться рисовать надо с простых деталей, например: нарисовать (рис. 14.5) прируб в полдерева и показать, что материал дерево, затем нарисовать по чертежу (рис. 14.6)

косой прируб и, усложняя задание, нарисовать прируб с торцовым гребнем (рис. 14.7), с гребнем в виде сковородня, т.е. с гребнем в виде ласточкина хвоста (рис. 14.8).

На рис. 14.9 дан рисунок портика: *а* – чертеж; *б* – рисунок по правилам аксонометрии, а на рис. 14.10 дан рисунок того же портика в перспективе с нанесением теней и отделкой тушевкой.

На рис. 14.11, *а* выполнено здание в перспективе, на рис. 14.11, *б* – рисунок фасада здания с отделкой.

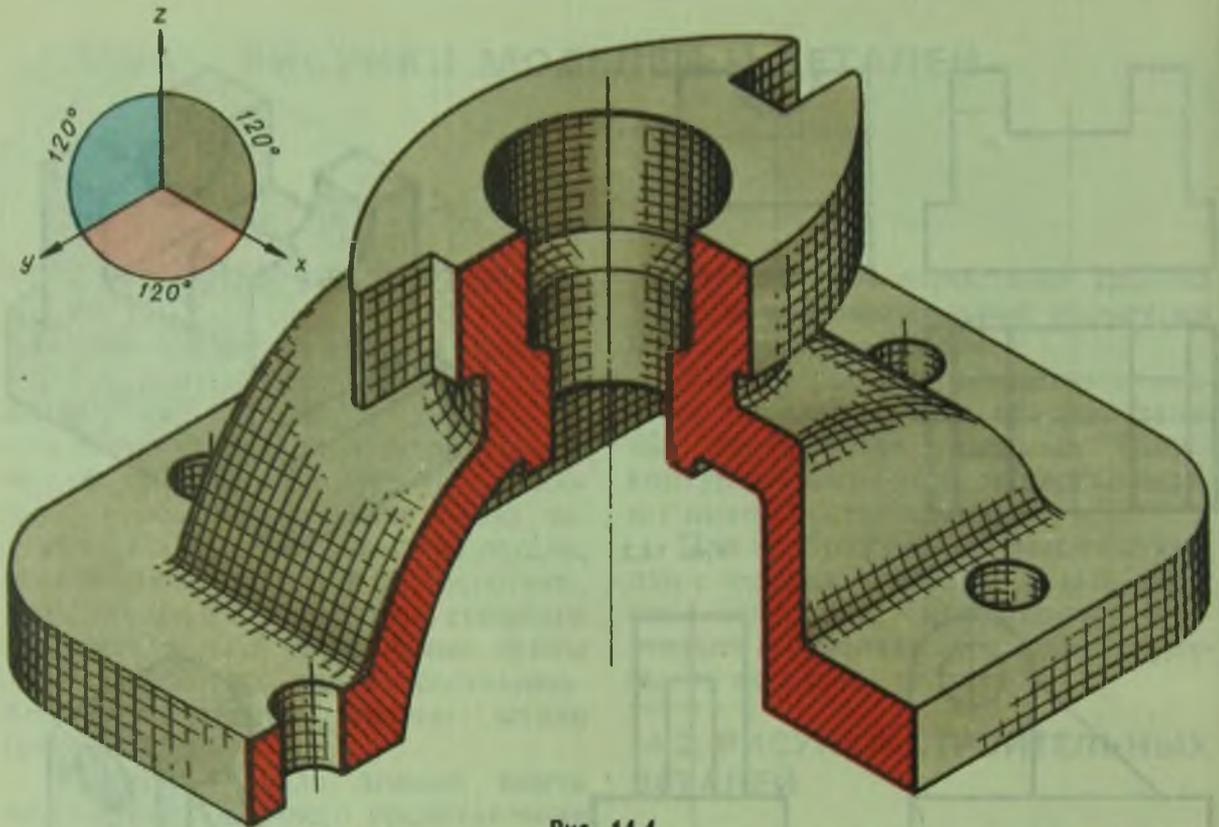


Рис. 14.4

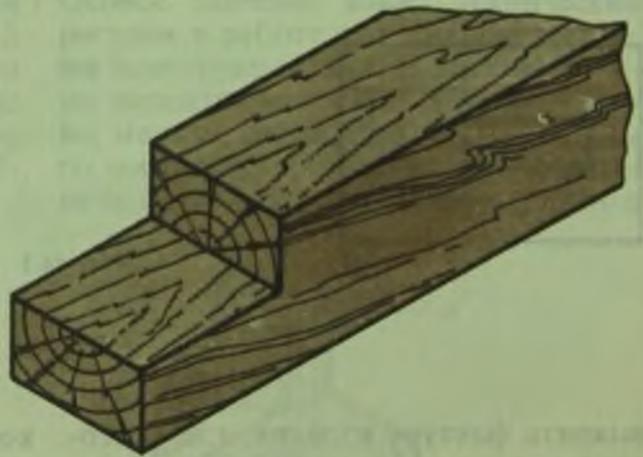
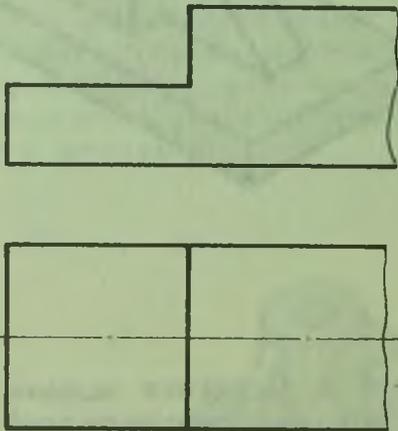


Рис. 14.5

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Как выполняется технический рисунок с натуры?
2. Как выполняется технический рисунок с чертежа детали?
3. Что представляет собой каркас детали?
4. Как следует выполнять технический рисунок детали, состоящий из нескольких геометрических фигур?

5. Какие виды отделки вы знаете для применения их в техническом рисунке?
6. От чего зависит выбор того или иного вида аксонометрической проекции для технического рисунка?
7. В какой последовательности выполняется технический рисунок строительной детали?
8. Чем следует руководствоваться при выборе вида аксонометрической проекции?

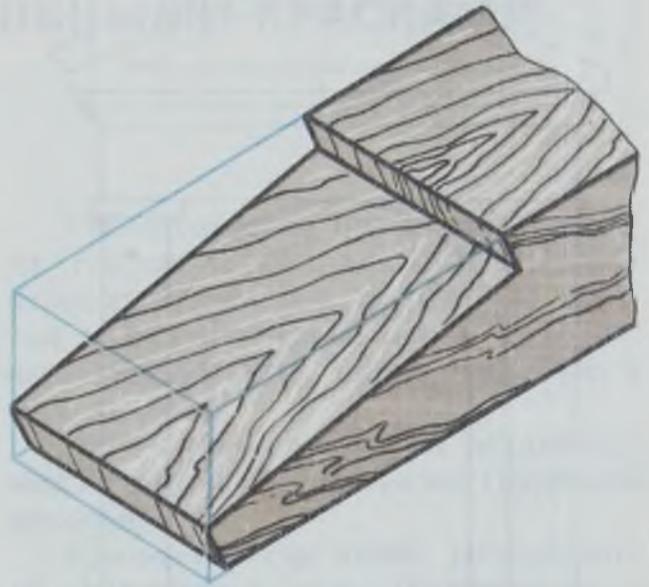


Рис. 14.6

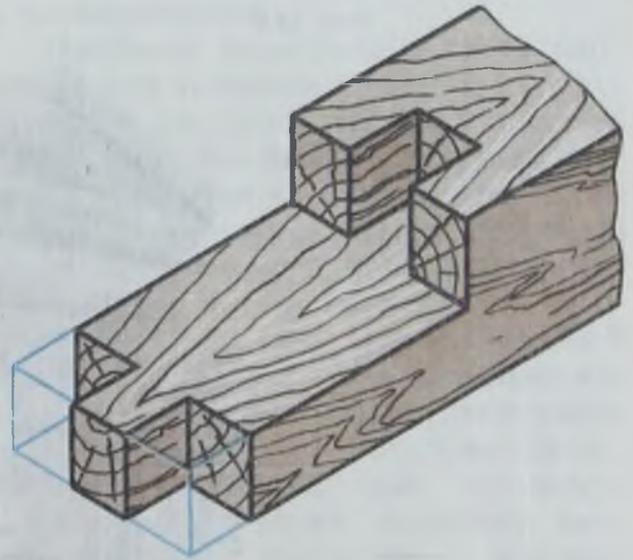


Рис. 14.7

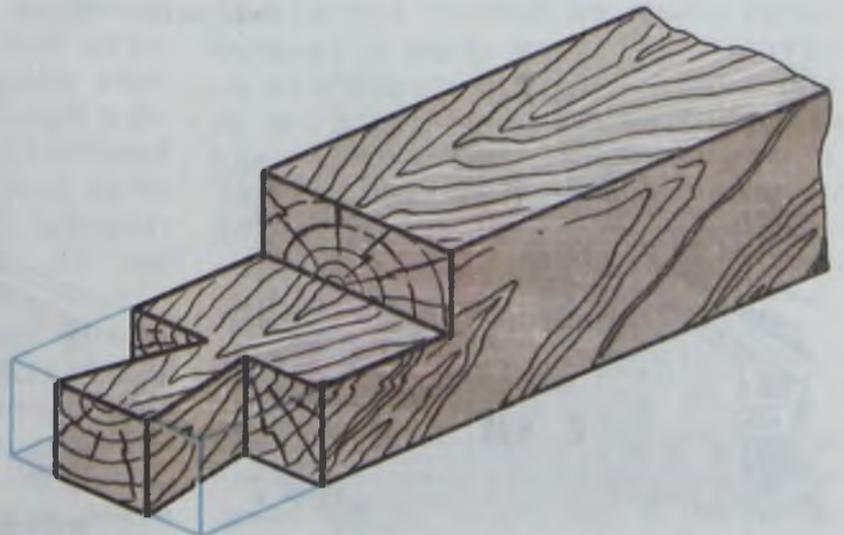
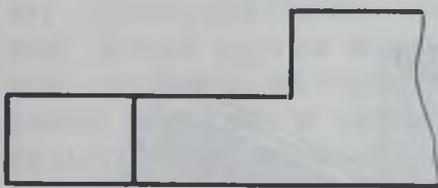
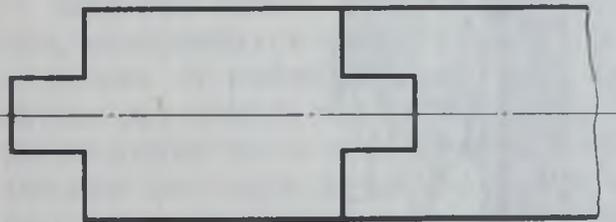
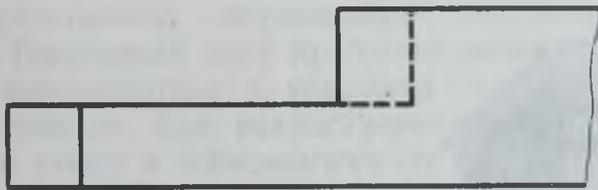
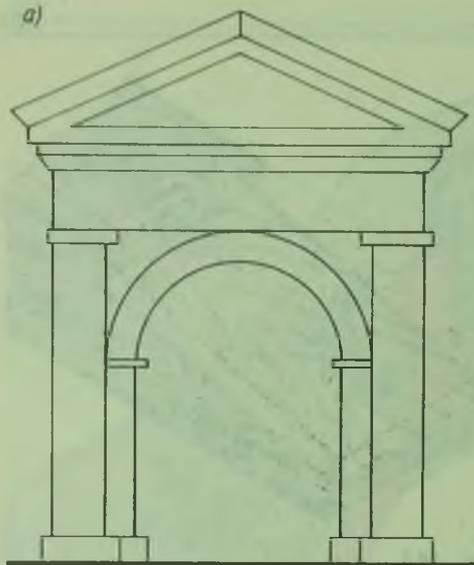


Рис. 14.8

a)



b)

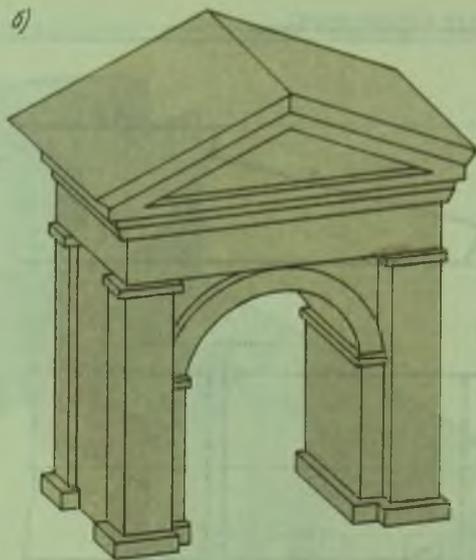


Рис. 14.9



Рис. 14.10

a)

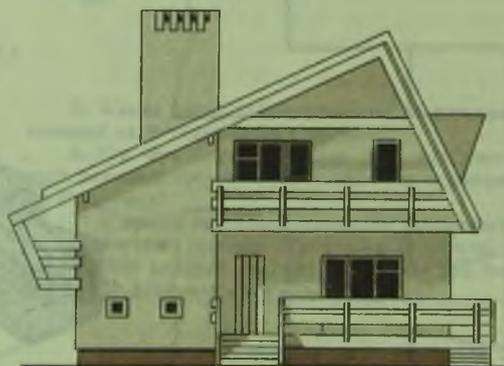


Рис. 14.11

ГЛАВА РАБОТА АКВАРЕЛЬНЫМИ КРАСКАМИ

15

15.1. ЦВЕТ

Наблюдаемый нами цвет предметов зависит от рассеивающих и поглощающих свойств поверхности и внутрилежащих частиц тела. Различные тела обладают способностью поглощать и рассеивать световые волны различной длины. От длины волны световых лучей будет зависеть цветовой тон окраски (красный, желтый, зеленый и т. д.), а от числа световых лучей — яркость окраски.

Цвет, присущий данному предмету в условиях дневного естественного освещения, называется *локальным*. Локальный цвет предмета может видоизменяться в условиях освещения лунным или искусственным светом, а также в зависимости от положения предмета относительно источника света (образование светотени).

Окраска одних и тех же предметов, находящихся на различных расстояниях от наблюдателя, будет казаться различной, так как на больших расстояниях часть отражаемых предметами световых лучей рассеивается по пути не доходит до глаза наблюдателя.

Таким образом, удаленные предметы кажутся бледными и принимают преимущественно голубой оттенок. Более других изменяются темные предметы, которые по мере удаления светлеют и синеют. Особенно сильно синеет зеленый цвет, что легко заметить, сравнивая зеленые деревья, находящиеся на различных от нас расстояниях.

Человеческий глаз может различать более 150 тысяч цветовых оттенков. Все цвета принято делить на две группы: цвета *ахроматические* — серые, от белого до черного и *хроматические* — все остальные, в том числе и чистый цвет спектра.

Хроматические цвета часто делят на теплые и холодные. К *теплым* относятся: красные, оранжевые, желтые и желто-зеленые цвета; к *холодным* — фиолетовые, синие, голубые и сине-зеленые.

Ахроматические цвета различают между собой *по светлости* (видимой яркости).

Хроматические цвета различаются *по цветовому тону* (красные, желтые, зеленые и т. д.), *по светлости и насыщенности*.

Наиболее насыщенные цвета наблюдаются, главным образом, в спектре. Цвета спектра в сумме составляют белый цвет. Но белый или серый цвет можно получить смешением даже двух хроматических цветов, например красного и зеленого, оранжевого и сине-зеленого и т. д. Такие цвета, дающие при смешении ахроматический цвет, называются *дополнительными*. При смешении же недополнительных хроматических цветов получается новый хроматический цвет, промежуточный между ними, например желтый цвет при смешении с зеленым дает желто-зеленый цвет.

В спектре основными цветами являются три: *красный, желтый и синий*. Остальные цвета могут быть получены наложением основных цветов друг на друга в различных пропорциях или при смешении двух основных цветов. Так, от смешения *красного с желтым* получаем *оранжевый цвет*, *желтого с синим* — *зеленый цвет*, *синего с красным* — *фиолетовый цвет*.

15.2. КРАСКИ

Аквафельные краски имеют самые разнообразные названия. При разведении краски водой она не растворяется, а находится во взвешенном со-

стоянии, при этом более крупные частицы оседают на дно.

Разводят краски в белых блюдечках, что позволяет лучше различать разводимый тон. *Только что разведенной краской окрашивать поверхность не следует*, так как при этом она может оставить на бумаге пятна и полосы. Поэтому рекомендуется краске дать отстояться, а затем осторожно перелить ее в другой сосуд, оставив в первом выпавший осадок. Иногда переливание приходится повторить, если перелитая краска дала вновь осадок. Приготовленная таким образом краска более ровно ляжет на бумагу.

Краски следует разводить при естественном освещении, так как при электрическом они приобретают несколько иной оттенок.

Густоту разведенной краски пробуют на отдельном куске такой же бумаги, на какой будет окрашиваться чертеж.

Акварельные краски называют прозрачными, существуют еще так называемые *непрозрачные краски — гуашь*.

15.3. ПОКРАСКА

Чертежи, подлежащие покраске, могут быть отмыты или просто гладко покрашены. В последнем случае следует понимать нанесение ровного слоя краски по всей окрашиваемой поверхности чертежа. Отмывку делают, чтобы показать объемность поверхности.

Акварелью надо работать на хорошей плотной чертежной бумаге, которую следует предварительно натянуть на подрамник. Делают это так: бумагу следует смочить с двух сторон, с тем чтобы было равномерное увеличение ее при размачивании и медленное, равномерное уменьшение при высыхании. Вначале можно влажной губкой смочить внутреннюю сторону так, чтобы не замочить краев, предназначенных для клея, а затем смочить внешнюю сторону полностью вместе с краями. Намоченная с двух

сторон бумага сохнет медленнее. Немоченные края смазываются клеем и приклеиваются к боковым сторонам подрамника, при этом бумагу слегка натягивают. Подрамник с бумагой кладут для просушки в горизонтальном положении. Просохнув, бумага натянется, и на ней можно смело красить, так как после высыхания окрашиваемой поверхности бумага примет свой первоначальный вид, т.е. будет абсолютно гладкой. На такой бумаге можно смыть водой с помощью губки все то, что было неправильно или плохо покрашено.

Для покраски и отмывки кроме бумаги необходимо иметь: две мягких кисти № 10... 18 из колонковых, беличьих или хорьковых волос. Хорошая кисть после того, как ее смочишь водой и слегка встряхнешь, должна образовывать острый кончик; краски простые акварельные; тушь черную; два стакана с водой; кусок бумаги для пробы цвета краски.

Покраска поверхности бумаги ровным тоном краски заключается в следующем: держа бумагу с небольшим наклоном к себе (рис. 15.1), начинают покраску с верхнего угла, сгоняя краску вниз кистью. Каждый мазок должен быть сочным, для этого на кисть следует набирать достаточное количество красящего раствора (рис. 15.2).

Дотрагиваться кистью до мест уже окрашенных не рекомендуется, так как при этом будут оставаться пятна. Во время покраски необходимо следить за тем, чтобы кисть гнала по окрашиваемой поверхности вал краски, не давая ему засыхать и не пропуская сухих мест. Таким образом, вал постепенно сгоняется все ниже и ниже и если низ нанесенной полосы начинает подсыхать, то необходимо добавлять раствор краски. Остаток краски у нижнего края окрашиваемой поверхности снимают прикосновением полусухой кисти. Если тон окрашенной поверхности оказался

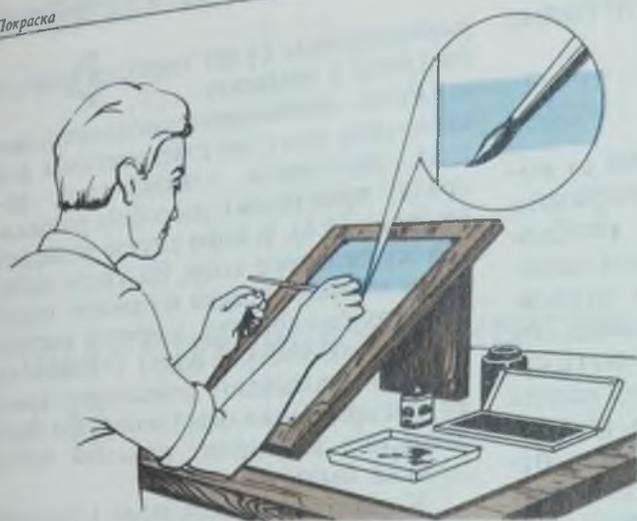


Рис. 15.1

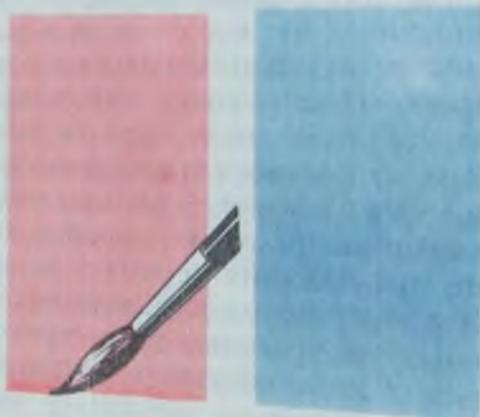
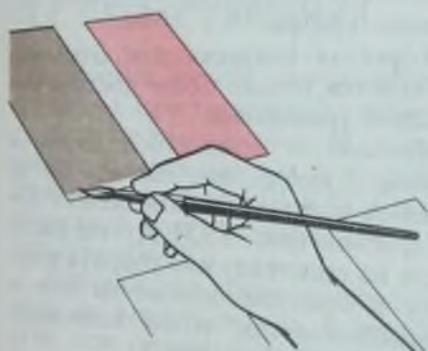
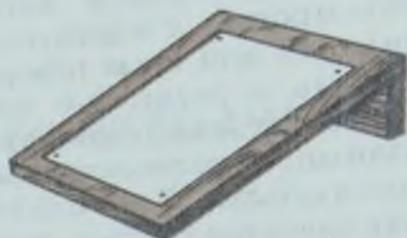


Рис. 15.2

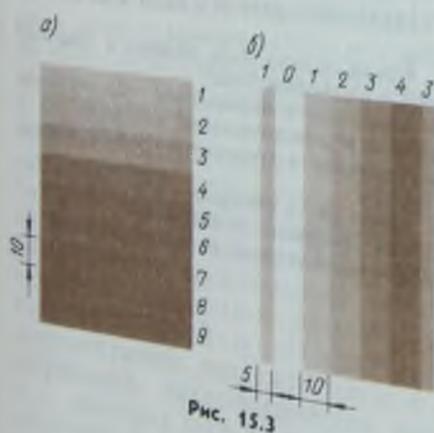


Рис. 15.3



Рис. 15.4

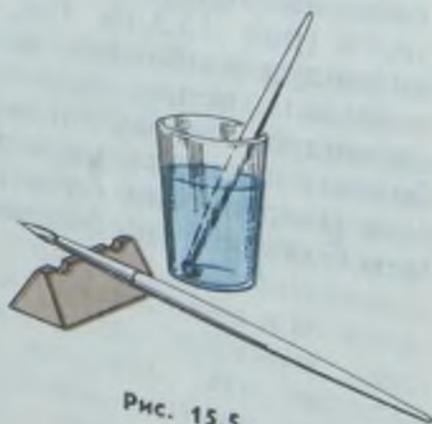


Рис. 15.5

слабым, его покрывают вторично после высыхания.

15.4. ОТМЫВКА

Отмывка несколько отличается от покраски. Отмывкой хотят выразить объемность, следовательно, необходимо те или иные поверхности окрашивать в различные тона в зависимости от освещенности объема, от взаимного расположения, от цвета самого объема. Тень собственная всегда оказывается светлее, чем тень падающая. Круглые тела должны быть отмывы с плавным переходом от более светлых тонов к более темным. Все это достигается следующим образом: разводят слабый раствор краски и покрывают им все отмываемые поверхности, за исключением самых светлых мест. После того, как покрашенные места высохнут, чертеж покрывают тем же раствором вторично (рис. 15.3), но уже не везде, а только в тех частях, которые требуют усиления тона. После просыхания чертежа те места, которые требуют дальнейшего усиления тона, покрываются в третий раз и т. д. Таким образом достигается различные тонов.

Кривые поверхности покрывают таким же образом многократно после того, как поверхность их разбита на части (рис. 15.3, б). Так, поверхность цилиндра разбивают на ряд прямоугольных полос, параллельных оси цилиндра, шаровую поверхность разбивают на ряд колец, перпендикулярных направлению луча света, и т. д. Чем больше будет делений, тем более

равномерным будет переход тона от светлого к темному.

Если необходимо получить поверхность контура с незаметным для глаз переходом тональностей, покраску производят способом размывки (рис. 15.4). В этом случае разводят краску сильного тона. На кисть набирают немного краски и наносят полосу сверху по контуру, а другой кистью (набирают чистую воду) с влажным концом размывают нанесенную краску в направлении осветления. По мере движения в сторону размыва кисть должна быть все суше.

К работе акварельными красками следует приступать с чистыми руками. От рук могут остаться пятна на бумаге, что препятствует ровному нанесению краски.

Хорошая покраска или отмывка достигается только после достаточно большой тренировки.

Никогда не оставляйте кисти в стакане с водой, так как кончик ее согнется и такой кистью нельзя будет красить (рис. 15.5). Лучше кисть класть на подставку или убирать в коробку в лежачем положении или в вертикальном так, чтобы волосяной конец был обращен вверх.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какая должна быть разница в тоне собственной и падающей тени?
2. Какие цвета называются хроматическими, а какие ахроматическими?
3. Какие цвета относятся к теплым, а какие к холодным?
4. Какие цвета считаются основными?
5. Как производится покраска?
6. Как производится отмывка рисунка?

ГЛАВА ТЕХНИЧЕСКИЙ ЧЕРТЕЖ И ЕГО НАЗНАЧЕНИЕ

16

16.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Технический чертеж составляется по правилам начертательной геометрии с соблюдением условностей, которые вводят: Единая система конструкторской документации (ЕСКД), Система проектной документации для строительства (СПДС).

Чертежи, как правило, разрабатывают на каждую деталь. В производстве, при серийном выпуске продукции, очень важно, чтобы одна деталь могла заменить другую. В свою очередь, взаимозаменяемость потребовала выработки соответствующих стандартов на выпускаемую продукцию и улучшения качества. Колоссальное значение приобретают задачи стандартизации и стандартов в технике, так как они влияют в первую очередь на качество выпускаемой продукции. Современное производство немислимо без тщательно разработанной конструкторской и технологической документации: чертежей, схемы, спецификаций, технологических карт и т. д., поэтому большое значение приобретает правильное составление, изготовление и размножение технической документации, ее прохождение, хранение и т. д. В связи с этим встал вопрос о разработке ЕСКД и СПДС.

16.2. ВИДЫ ИЗДЕЛИЙ

Согласно ГОСТ 2.101-68 *изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.*

Все изделия подразделяются на *детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты.*

В зависимости от наличия или отсутствия составных частей в изделии они делятся на *неспецифицированные детали*, не имеющие составных частей, *специфицированные*, т. е. сборочные единицы, комплексы, комплекты, состоящие из двух и более составных частей.

На все виды изделий выполняются конструкторские документы. К ним относятся по ГОСТ 2.102-68 графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Это чертежи деталей, сборочные чертежи, чертежи общего вида, монтажные чертежи, монтажные схемы, спецификации и др.

Документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на проектные (техническое предложение,

эскизный и технический проект) и рабоче (рабочая документация).

Установлены наименования конструкторских документов в зависимости от способа их выполнения и характера использования: оригиналы, подлинники, дубликаты, копии, эскизы.

16.3. ИЗОБРАЖЕНИЕ

Изображение представляет собой графическое выражение предмета, как правило, выполненное способом проецирования при соблюдении основных правил упрощения в определенном масштабе, и служит для определения требуемых геометрических свойств предмета.

Изображение должно определять форму предмета и взаимосвязь его составных частей (элементов конструкции).

Предметы, используемые в любом положении, изображаются в положении, удобном для изготовления. Предметы, рабочее положение которых наклонное, изображают в вертикальном или горизонтальном положении.

Но, как правило, предметы изображают в рабочем положении или в положении, удобном для изготовления, а если предмет состоит из нескольких частей, его следует изображать в рабочем положении.

Длинные предметы (высокие), рабочее положение которых вертикальное (столбы, колонны, мачты), можно изображать в горизонтальном положении, причем нижнюю часть следует помещать справа.

Все чертежи изделий должны выполняться по методу прямоугольного проецирования, в котором за плоскости проекций принимают шесть граней куба (рис. 16.1), совмещая которые с плоскостью можно получить шесть проекций предмета.

Изображение сзади может быть размещено с левой стороны от изображения справа.

Согласно ГОСТ 2.305-68, изображения подразделяются на: виды, разрезы, сечения. Этот стандарт обязателен к применению в чертежах всех отраслей промышленности и строительства, является связующим звеном между азбукой, грамматикой (начертательной геометрией) и техническими чертежами, как-то: чертежи деталей, сборочные чертежи, строительные и т. п.

16.4. ВИДЫ

Прямоугольная проекция поверхности предмета, обращенная к наблюдателю и спроецированная на плоскость проекций, параллельную изображаемой поверхности, называется видом.

Основным видом является, как правило, вид, который наиболее полно изображает предмет. Он принимается за главный вид и располагается на фронтальной плоскости проекций. *Названия основных видов на чертежах надписывать не следует.*

Для уменьшения числа изображений допускается на видах показывать необходимые невидимые части поверхности предмета при помощи штриховых линий (рис. 16.2).

Сколько же надо делать видов того или другого изделия? Число видов должно быть минимальным, но достаточным, чтобы чертеж читался однозначно, т. е. всеми одинаково, и чтобы можно было представить по чертежу как наружное, так и внутреннее устройство предмета.

На рис. 16.3. изображена модель в аксонометрической проекции. Требуется выполнить чертеж модели в трех проекциях. Главный вид указан стрелкой. Перед тем, как приступить к выполнению чертежа, необходимо изучить модель, определить ее габаритные размеры. В данном примере это длина 70 мм, ширина 60 мм, высота 100 мм. Затем выбрать формат чертежа, решить, в каком масштабе будет выполнен чертеж.

Виды

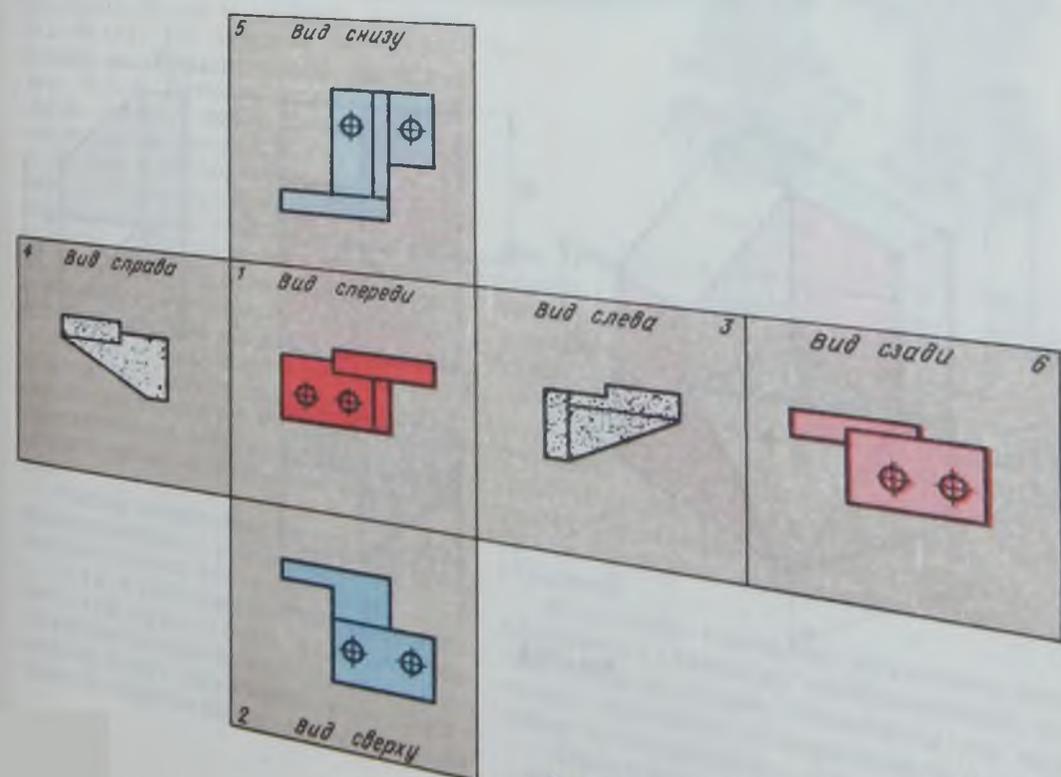
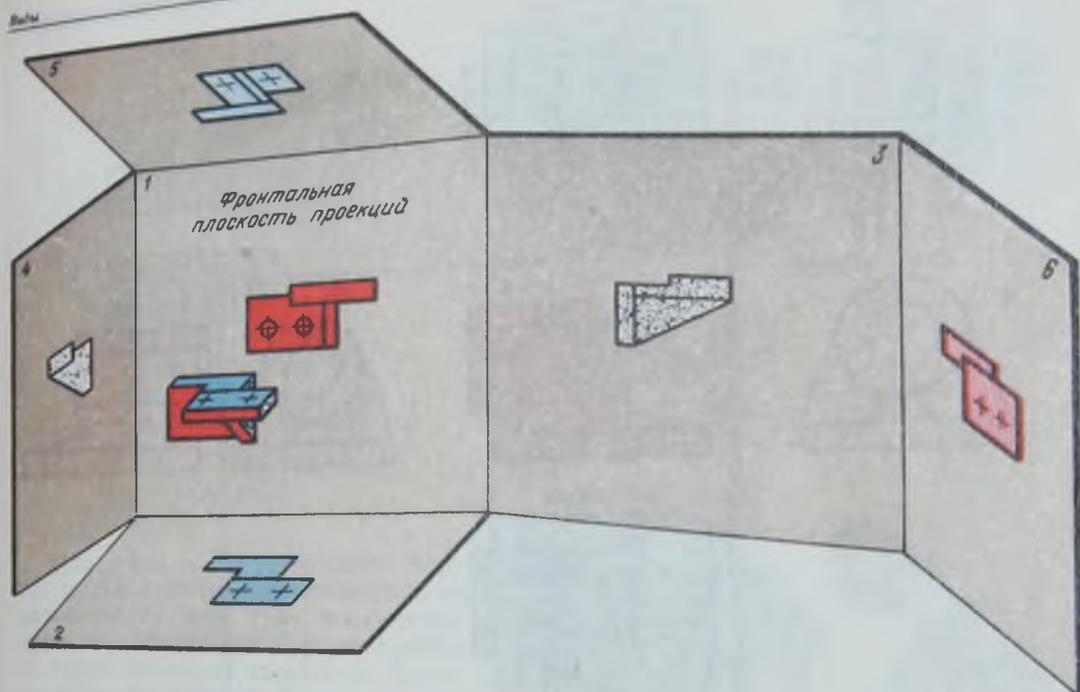


Рис. 16.1

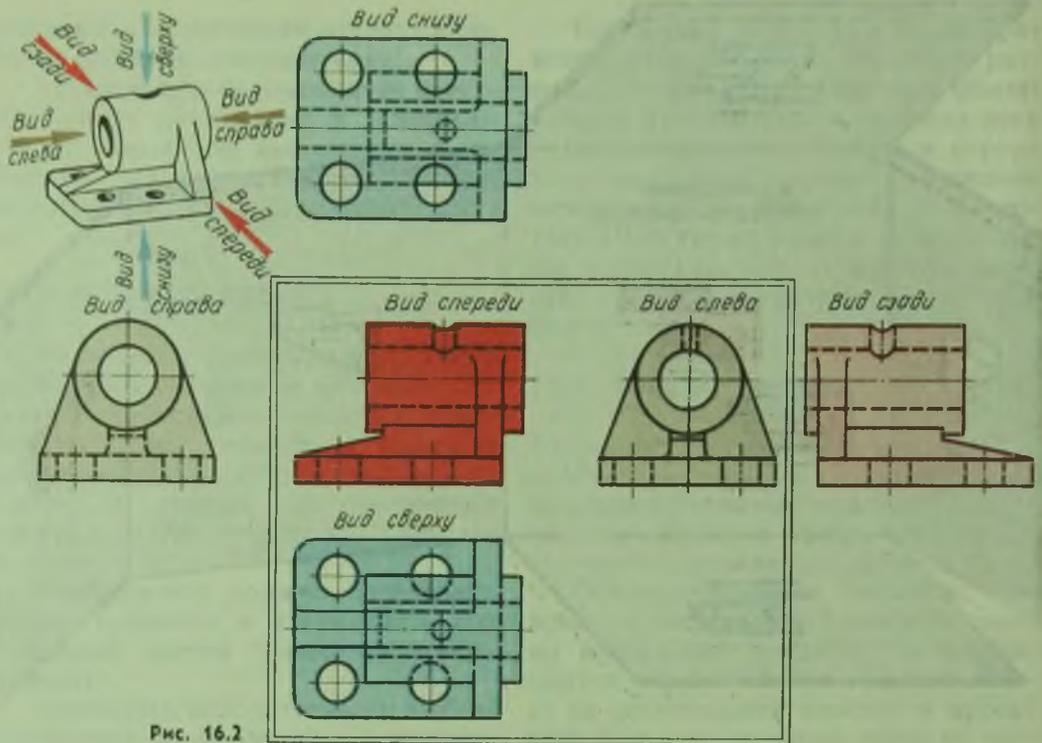


Рис. 16.2

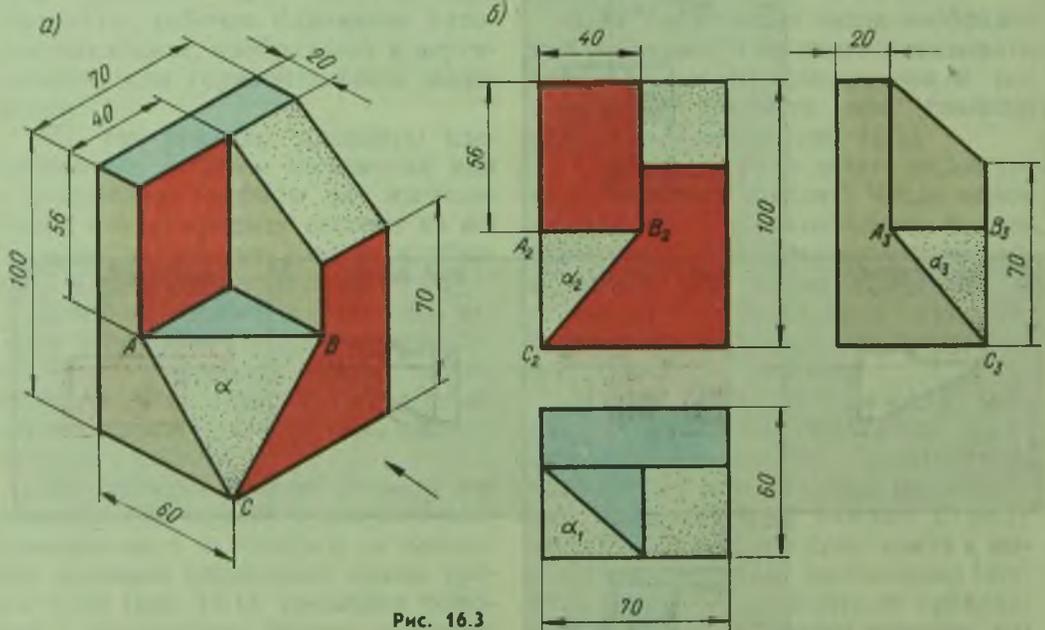


Рис. 16.3

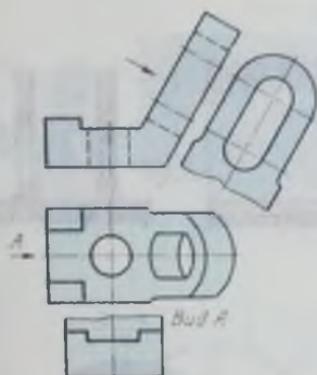


Рис. 16.4

Приступая к вычерчиванию, чертят прямоугольники по габаритным размерам на всех трех плоскостях проекций. Модель следует поставить на горизонтальную плоскость. Затем на проекциях нанести заднюю стенку размером 20 мм и глубину выемки 56 × 40 мм. Не забудьте начертить выемку на горизонтальной проекции (рис. 16.3, б). Размеры, относящиеся к одной геометрической фигуре, наносят на одной проекции.

Остается прочертить проекции линии, отображающей наклонную плоскость α в виде треугольника, и заполнить срез, который изобразится на виде сбоку. Проанализируйте представленные буквенные обозначения, ограничивающие плоскость α .

В этой стадии чертеж проверяется, а затем обводится линиями соответствующей толщины. Размеры следует проставить на всех проекциях, не сосредоточивая их на одном изображении.

Числа, нанесенные на вертикально расположенных размерных линиях, читают только снизу вверх.

Для изображения некоторых деталей (рис. 16.4), которые на горизонтальной плоскости проекций дают искаженное изображение, применяют проецирова-

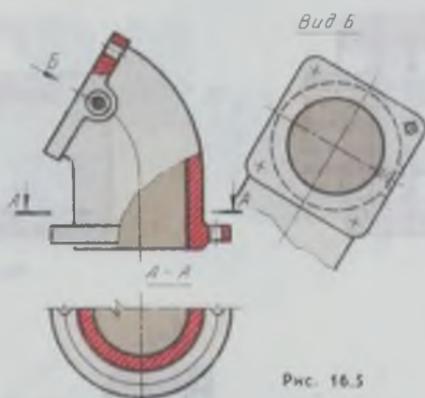


Рис. 16.5

Вид А повернуто

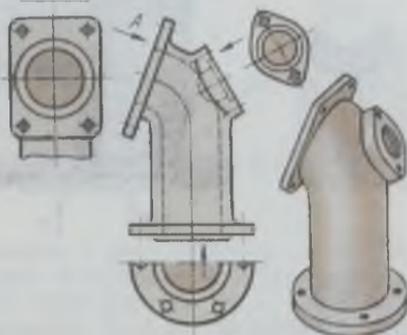


Рис. 16.6

ние на дополнительную плоскость. Это делается тогда, когда часть поверхности предмета не параллельна плоскостям проекций. В этом случае допускается эту часть поверхности изображать на дополнительной плоскости проекций, параллельной изображаемой части. Этот дополнительный вид должен быть расположен в направлении проецирования, которое необходимо указать стрелкой.

Если виды смещены относительно основного (главного) изображения, то они должны быть отмечены на чертеже стрелкой, указывающей направление проецирования (рис. 16.5)

Дополнительный вид может быть смещен или повернут (рис. 16.6). В

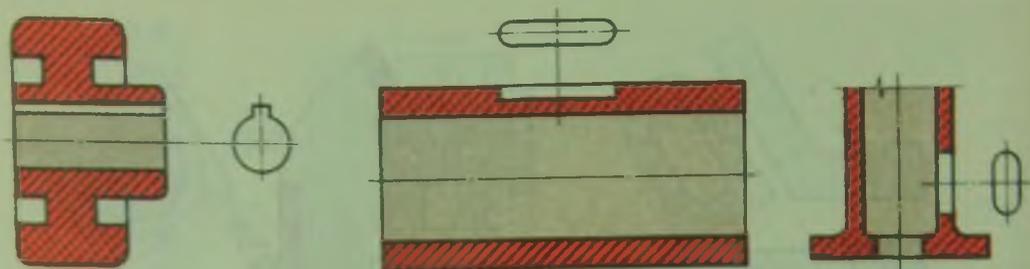


Рис. 16.7

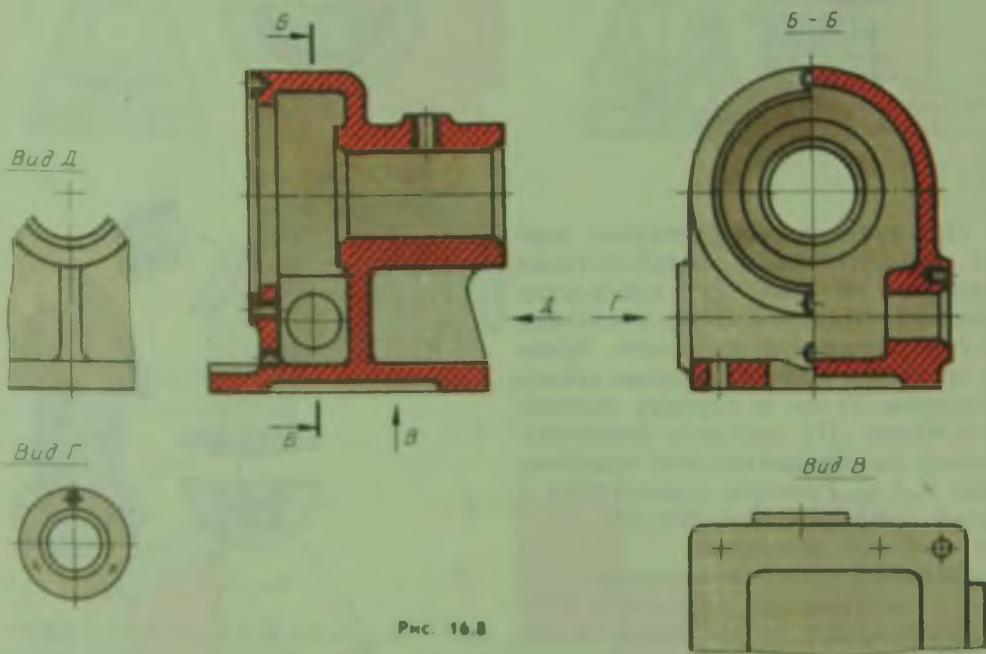


Рис. 16.8

в этом случае дополнительный вид необходимо обозначить буквой, а к повернутому виду добавить слово «повернуто».

Иногда применяют *частичный вид* (местный). В этом случае, если изображение однозначно, то допускается вместо целого вида вычерчивать только его часть (рис. 16.7). В этом случае проекционная связь частичного вида с основным изображением осуществляется с помощью оси.

В некоторых случаях частичный вид может быть ограничен линией обрыва, по возможности в наимень-

шем размере (вид Д, рис. 16.8), или не ограничен (вид Г, см. рис. 16.8).

Иногда применяют развернутые виды для изображения искривленных предметов (рис. 16.9), которые развертываются в плоскости без искажения изображения. При таком изображении контуры выполняют сплошной линией, а места изгибов обозначают тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками (рис. 16.10). При этом развернутое (или повернутое) изображение сопровождается знаком в виде кружка со стрелкой вниз (рис. 16.11).

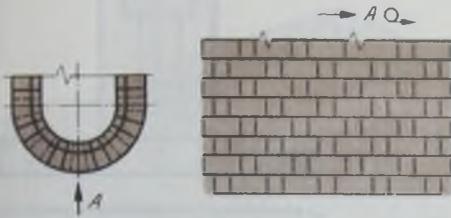


Рис. 16.9

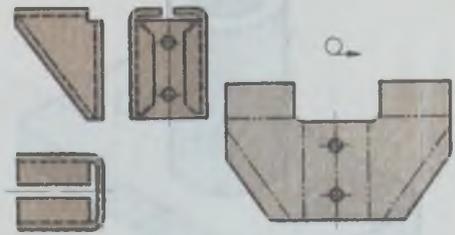


Рис. 16.10

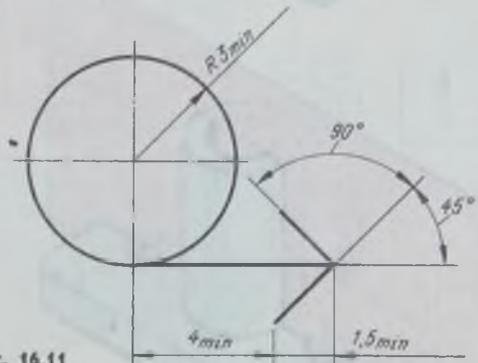
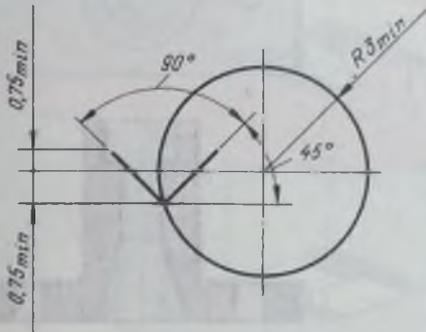


Рис. 16.11

16.5. РАЗРЕЗЫ

Если на чертеже имеется много штриховых линий, т. е. линий невидимого контура, приходится мысленно скрывать изделие, для этого применяют изображения, которые называются **разрезами**.

Разрезом называется изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями, при этом мысленное рассечение предмета относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета. На разрезе показывается то, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней (рис. 16.12).

На рис. 16.12, а изображена цилиндрическая втулка в аксонометрической проекции. Втулка имеет сквозное отверстие переменного сечения и фланец прямоугольной формы с двумя отверстиями.

На рис. 16.12, б эта же втулка изо-

бражена в двух видах со всеми линиями невидимого контура на главном виде. На рис. 16.12, в показана плоскость, которая рассекает втулку, а на рис. 16.12, г — втулка в разрезе, плоскость α рассекла втулку на две части. Переднюю половину втулки мысленно удаляем, а на чертеже воспроизводим изображение ее задней половины (рис. 16.12, д).

На виде сверху втулка должна быть показана полностью, так как разрез делается условно, а не фактически.

ГОСТ 2.305-68 допускает изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, если это не требуется для понимания конструкции предмета (рис. 16.13).

В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы делятся:

на *горизонтальные* — секущая (мни-

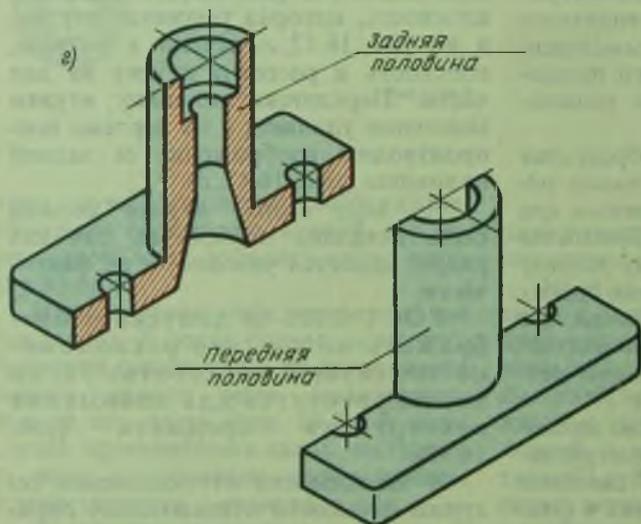
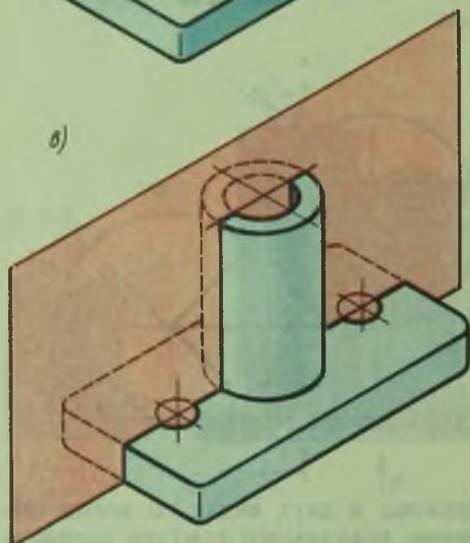
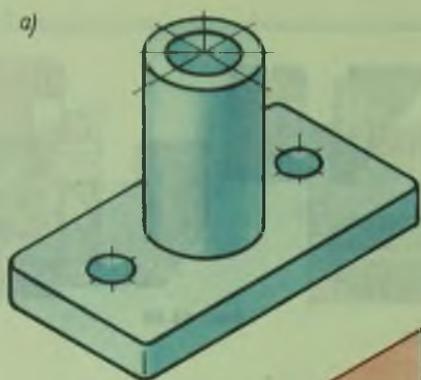


Рис. 16.12

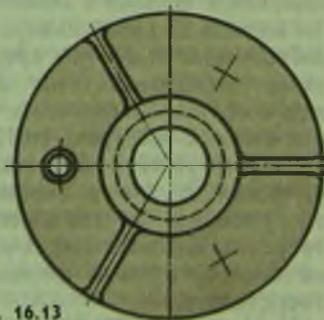
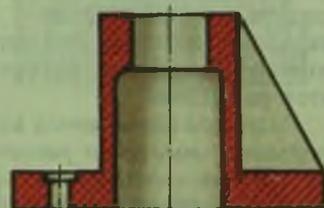
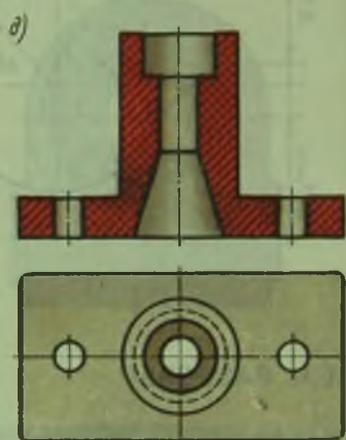
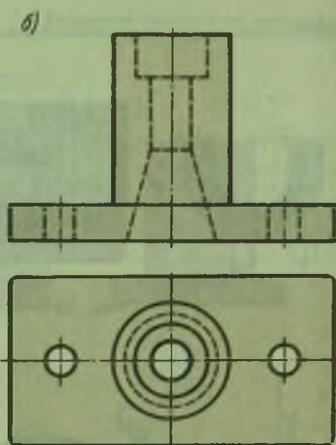


Рис. 16.13

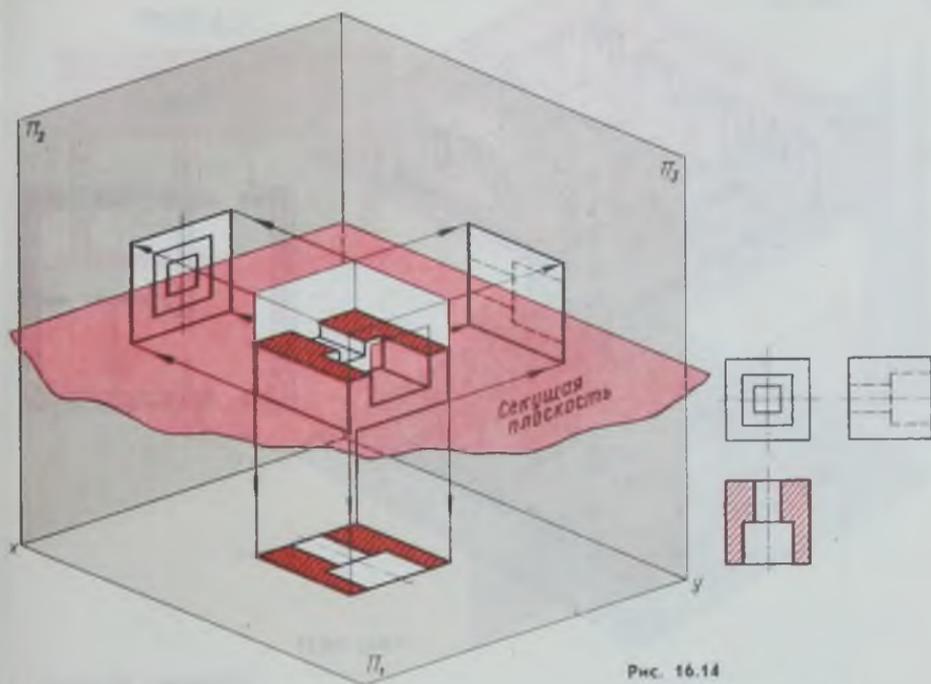


Рис. 16.14

мая) плоскость параллельна горизонтальной плоскости проекций (рис. 16.14). В строительных чертежах горизонтальным разрезам могут присваиваться другие названия, например «план» (рис. 16.15); *вертикальные* – секущая (мнимая) плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (например, разрез на месте фронтального вида, такой разрез называется фронтальным (рис. 16.16). В строительных чертежах это будет соответствовать продольному разрезу (рис. 16.17). Разрез плоскостью, параллельной профильной плоскости проекций, называется профильным (рис. 16.18 и 16.19).

Кроме того, различают разрезы *продольные* – вдоль длины или высоты предмета и *поперечные*, если секущая плоскость направлена перпендикулярно длине предмета.

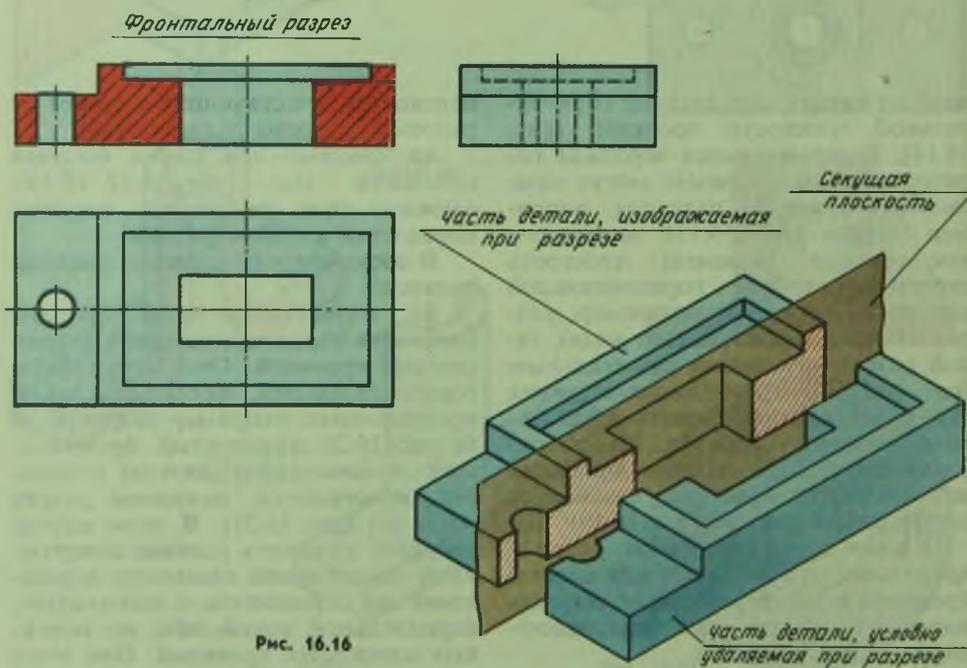
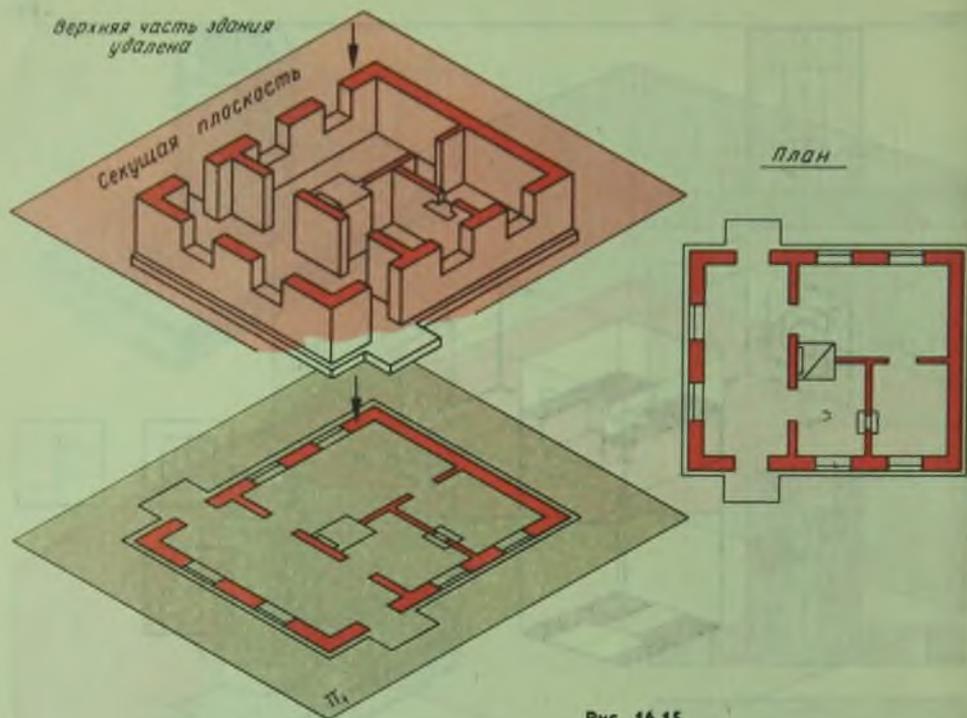
В зависимости от числа секущих

плоскостей, участвующих в одном из разрезов, разрезы разделяются:

на простые – при одной секущей плоскости (см. рис. 16.12–16.19); *сложные* – при нескольких секущих плоскостях в одном разрезе.

В свою очередь сложные разрезы делятся:

на ступенчатые – если секущие плоскости параллельны одной из плоскостей проекций. Они могут быть горизонтальными, фронтальными и профильными, например разрез $A-A$ на рис. 16.20 ступенчатый, фронтальный; *ломаные* – если секущие плоскости пересекаются, например разрез $A-A$ (на рис. 16.21). В этом случае секущую плоскость условно повертывают около линии взаимного пересечения до совмещения с плоскостью, параллельной какой-либо из основных плоскостей проекций. При этом направление поворота может не сов-



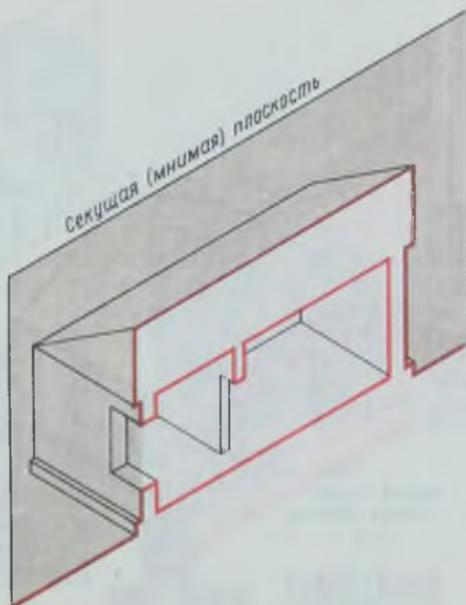
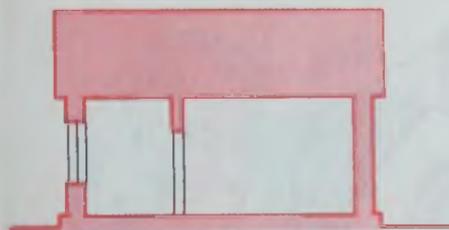
Разрез Б-Б

Рис. 16.17

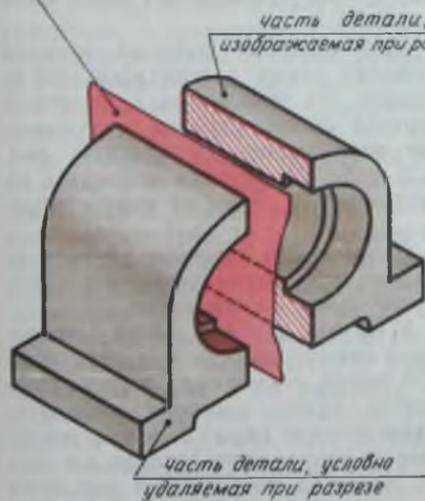
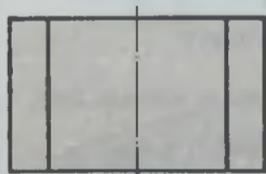
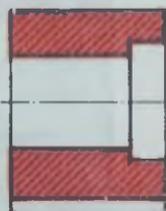
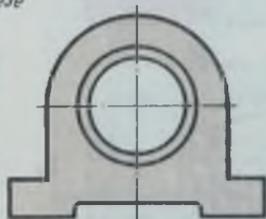
Секущая плоскость*часть детали, изображаемая при разрезе**часть детали, условно удаляемая при разрезе*Профильный разрез

Рис. 16.18

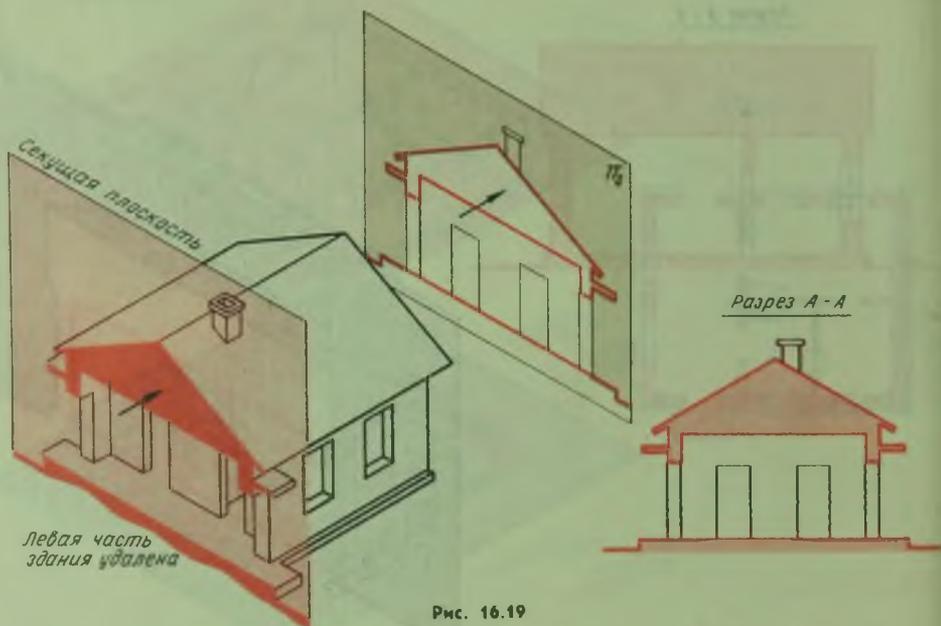


Рис. 16.19

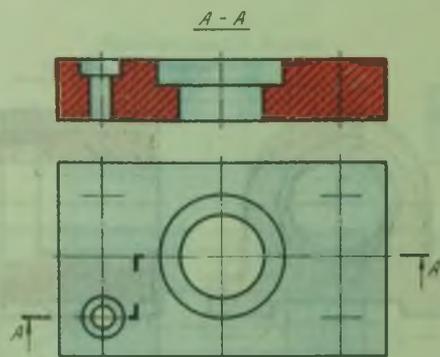


Рис. 16.20

ния. Для линии сечения применяется утолщенная разомкнутая линия толщиной 1,5 S.

При сложных разрезах штрихи проводят также у перегибов линии сечения. На начальном и конечном штрихах ставят стрелки, указывающие направление взгляда (см. рис. 16.21 и 16.22), стрелки наносятся на расстоянии 2...3 мм от конца штриха.

Начальные и конечные штрихи не должны пересекать контурные и размерные линии изображения.

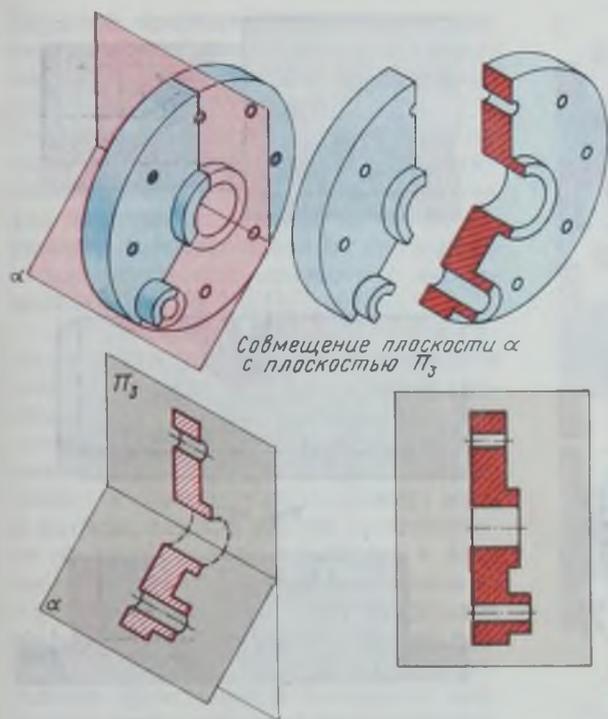
У начала и конца линий сечения, а при необходимости и у перегибов этой линии, ставят одну и ту же прописную букву русского алфавита. Буквы наносят около стрелок, указывающих направление взгляда, и в местах перегиба со стороны внешнего угла; они должны быть крупнее, чем цифры на чертеже.

Разрез должен быть отмечен надписью А-А всегда двумя буквами через тире, подчеркнутой тонкой линией.

падать с направлением взгляда (рис. 16.22, 16.23).

Элементы предмета, расположенные за секущей плоскостью, вычерчиваются так, как они проецируются на соответствующую плоскость, до которой производится совмещение (см. рис. 16.23).

Положение секущей плоскости указывают на чертеже линией сече-



Совмещение плоскости α с плоскостью Π_3

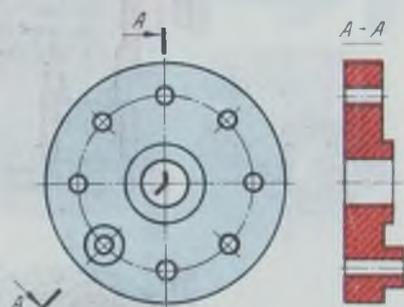


Рис. 16.21

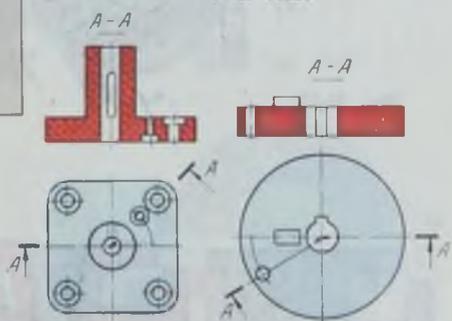


Рис. 16.22

Рис. 16.23

В случае, когда секущая плоскость совпадает с плоскостью симметрии предмета в целом, а соответствующие изображения расположены на одном и том же листе в проекционной связи и не разделены какими-либо другими изображениями, разрезы не отмечают и положение секущей плоскости, как и разреза, надписью не сопровождают (рис. 16.24), т. е. если соединяются половина вида и половина разреза, каждый из которых является симметричной фигурой, то разделяющей линией служит ось симметрии.

Если разрез выполняется не в проекционной связи и он повернут относительно секущей плоскости, то к надписи $A-A$ должно быть добавлено слово *повернуто* (рис. 16.25, разрез $\Gamma-\Gamma$) или поставлен знак, заменяющий слово *повернуто*.

В некоторых случаях, когда необходимо выяснить устройство предмета лишь в отдельном, ограниченном месте, делают так называемый частичный (местный) разрез. Местный

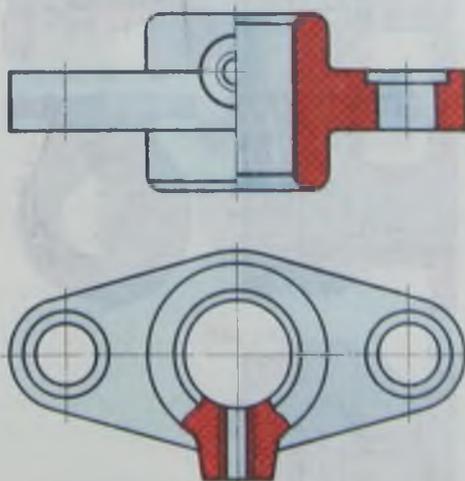


Рис. 16.24

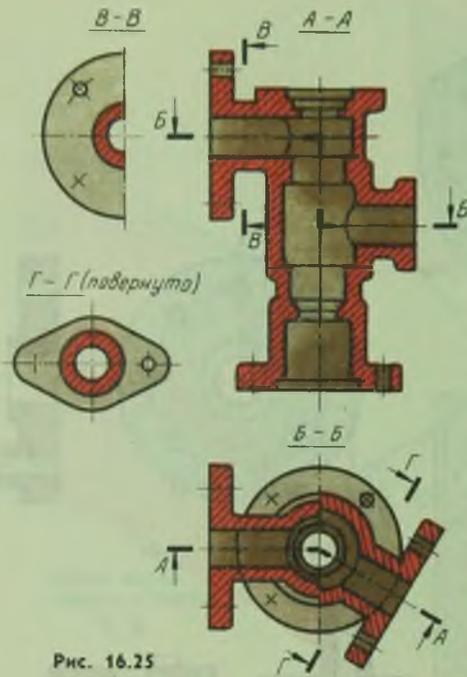


Рис. 16.25

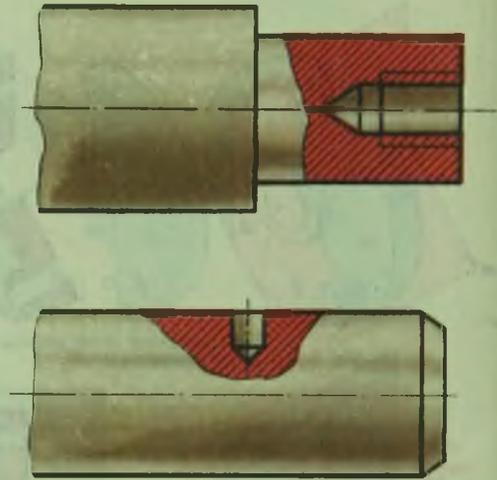


Рис. 16.26



Рис. 16.27

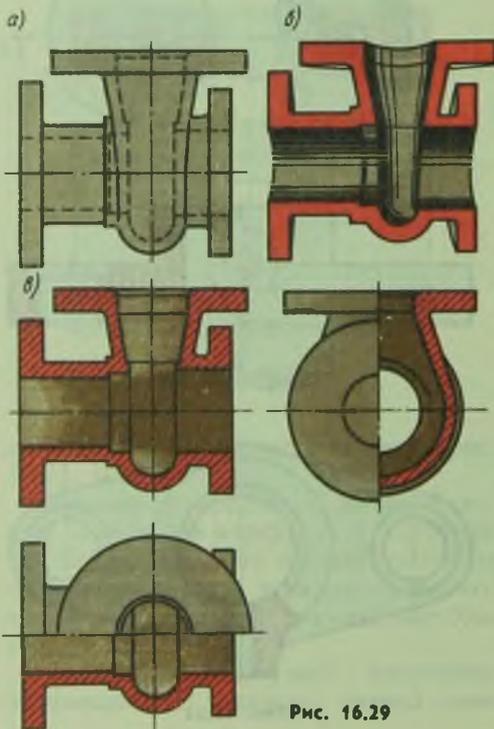


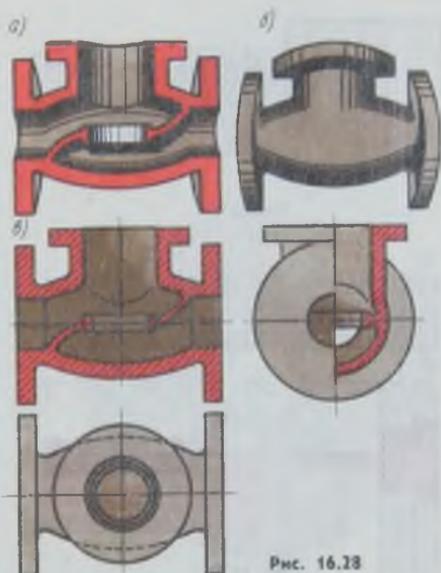
Рис. 16.29

разрез (рис. 16.26) выделяется на виде сплошной волнистой линией, причем эта линия не должна совпадать с какими-либо другими линиями изображения (рис. 16.27). Допускается соединять часть вида и часть соответствующего разреза, разделяя их сплошной волнистой линией.

Рассмотрим чертёж корпуса проходного вентиля (рис. 16.28). Корпус не имеет внутренней симметрии, лобовые перегородки вентиля направлены в разные стороны. В этих случаях рекомендуется делать полный разрез, как это показано на основном виде (рис. 16.28, в). Для про-

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

На рис. 16.29 дан чертеж корпуса питательного клапана. На основном виде на фронтальной проекции дан полный разрез, так как деталь дает несимметричное изображение. На профильной проекции дан разрез в совмещении половины вида и разреза, так как корпус проецируется на профильную плоскость в виде симметричной фигуры относительно вертикальной оси. Горизонтальная проекция дана с разрезом нижней части, так как симметрия детали относительно фронтальной плоскости позволяет изобразить ее в разрезе только так, как показано на этой проекции.



16.6. УСЛОВНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ

При изображении видов, разрезов, сечений необходимо стремиться к тому, чтобы их было как можно меньше, но вместе с тем чтобы их число обеспечило полное представление о предмете или конструкции при применении условных обозначений, знаков и надписей. Для этого применяются некоторые упрощения. Например, если изображение представляет собой симметричную фигуру, то допускается вычерчивать половину (рис. 16.30) или четверть изображения. При этом ось симметрии должна быть отмечена на каждом конце двумя параллельными отрезками длиной не менее 3,5 мм перпендикулярными оси.

В случае равномерно повторяющихся элементов, например окружностей, расположенных на прямых или окружностях, проводимых штрих-

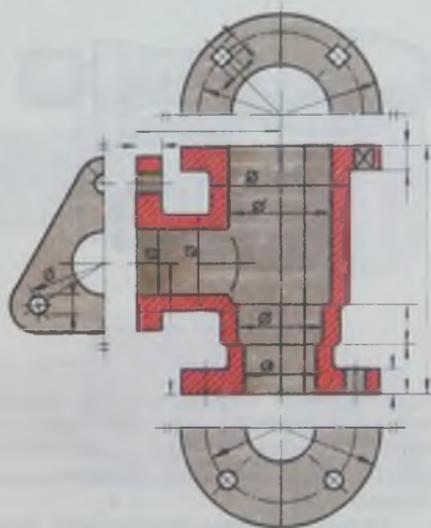


Рис. 16.30

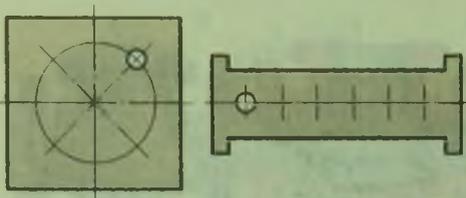


Рис. 16.31

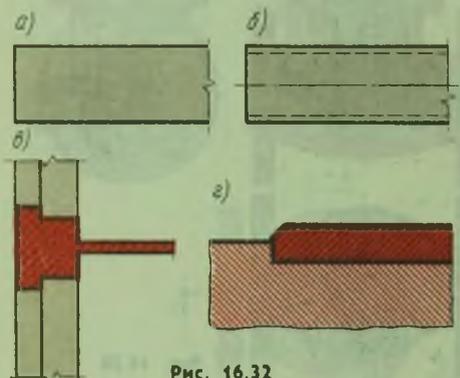


Рис. 16.32

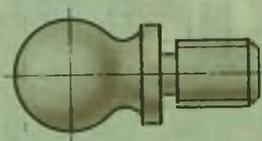


Рис. 16.33

пунктирными линиями, когда исключается неясность, их, как правило, чертят только один раз (рис. 16.31), у остальных элементов обозначаются только оси.

Разрывы можно ограничить тонкой сплошной линией с изломом (рис. 16.32, а и б) или так, как указано на рис. 16.32, в и г, особенно для поверхностей, изображенных в разрезе, или сплошной линией, проведенной от руки.

На видах и разрезах допускается упрощенно изображать проекции ли-

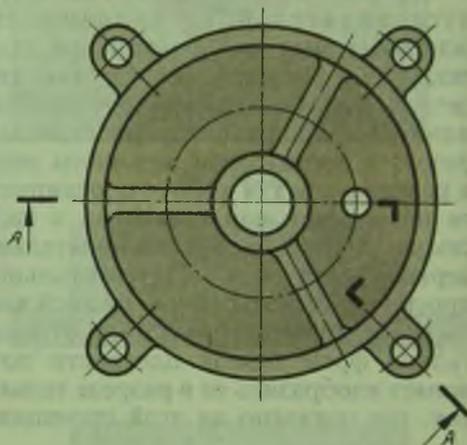
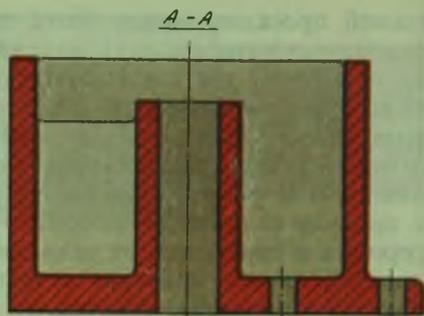


Рис. 16.34

ний пересечения поверхностей, если не требуется точного их построения, например вместо лекальных кривых проводят дугу окружности и прямые линии.

ГОСТ 2.305-68 разрешает плавный переход от одной поверхности к другой показывать условно или совсем не показывать. Допускаются такие упрощения, которые показаны на рис. 16.33. Допускаются упрощения в отношении как отдельных деталей, так и их элементов, например такие детали, как винты, заклепки, валы, непустотелые и шпиндели, шатуны, рукоятки и т. п., при продольном разрезе показывают нерассеченными.

Шарики всегда показывают незатрихованными, а также гайки и шайбы на сборочных чертежах, а такие элементы, как тонкие стенки типа ребра жесткости, спицы маховиков, шкивы зубчатых колес и т. п., показы-

вают незаштрихованными, если секущая плоскость направлена вдоль оси или длинной стороны такого элемента (рис. 16.34). Если же на ребре детали имеется отверстие или углубление, то выполняется сложный разрез (рис. 16.35).

Отверстия, фаски, пазы, углубления и т. п. размером на чертеже 2 мм и менее разрешается изображать с отступлением от масштаба, принятого для всего изображения в сторону увеличения. Также разрешается изображать с увеличением незначительную конусность или уклон.

При выделении на чертеже плоских поверхностей предмета проводят диагонали сплошными тонкими линиями (рис. 16.36).

На рис. 16.37 даны два вида детали с наклонной поверхностью. Так как мнимая (секущая) плоскость не параллельна ни одной из плоскостей проекций, приходится делать наклонный разрез. Основываясь на способе замены плоскостей проекций, выбираем плоскость так, чтобы на ней дать новую проекцию разреза в нормальном (натуральном) виде, т. е. без искажений.

Для упрощения чертежей или сокращения числа изображений допускается:

часть предмета изображать штрихпунктирной линией непосредственно на разрезе (положенная проекция);

применять сложные разрезы вместо полного изображения детали;

давать только контур отверстия или паза;

Изображать в разрезе отверстия, расположенные на круглом фланце, когда они не попадают в секущую плоскость.

16.7. ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКЦИОННЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

На рис. 16.38 даны два вида детали. Требуется выполнить чертеж в трех проекциях в М 1:1

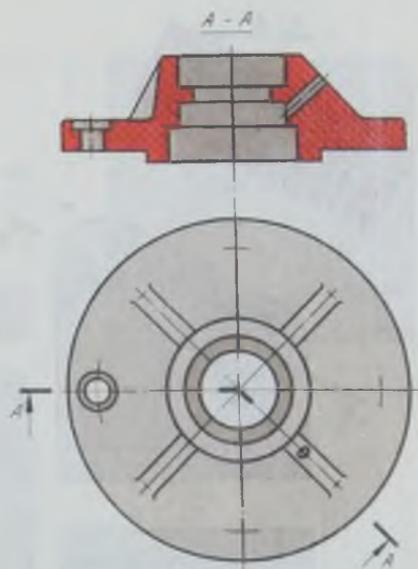


Рис. 16.35

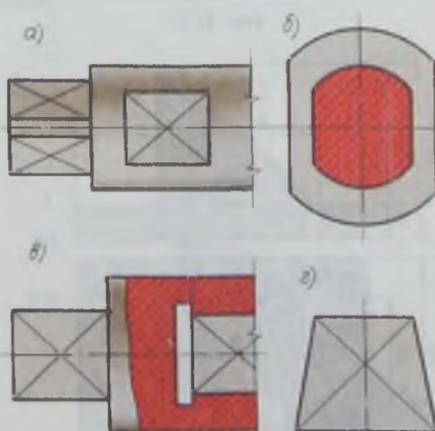


Рис. 16.36

с построением простых разрезов и аксонометрического изображения. Вначале надо изучить чертеж детали и представить деталь в пространстве, после чего разбить ее на элементарные фигуры. В данном примере деталь состоит из плиты в виде

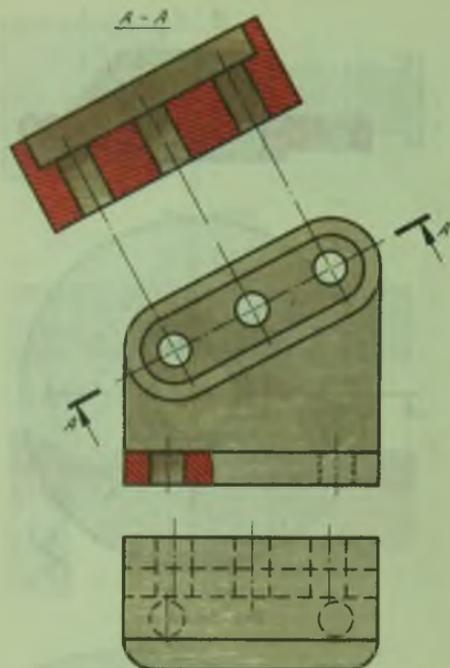


Рис. 16.37

Определив размеры формата, прочерчиваем три проекции в виде прямоугольников в габаритных размерах детали (рис. 16.39): 1 – размером 120×80 мм, 2 – 120×75 и 3 – 80×75 мм. Затем вычерчиваем вертикальный параллелепипед, после чего – ребро жесткости в виде тонкой стенки толщиной 10 мм, причем чертим ее сразу на всех трех проекциях. Теперь можно, согласно данным размерам, найти центры окружностей, проведя осевые линии, и начертить окружности заданных диаметров, после чего строим разрезы на фронтальной плоскости проекций по оси симметрии, параллельной фронтальной плоскости. Зная, что тонкие стенки типа ребер жесткости, попадая в секущую плоскость, не штрихуются, заштриховываем стенки горизонтального и вертикального параллелепипедов. На виде слева делаем местный разрез, так как полный разрез для данной детали делать нецелесообразно.

После тщательной проверки чертежа производим обводку контурных линий. Все вспомогательные линии такие, как осевые, размерные, выносные, должны быть проведены четкими, ясными, но тонкими линиями одинакового цвета и толщины.

Теперь изобразим деталь в прямоугольной изометрии с вырезом одной четверти без искажения по осям (рис. 16.40). Штриховка делается по диагоналям квадратов, построенных в координатных плоскостях.

На рис. 16.41 дан более сложный пример детали. Требуется построить третью проекцию, выполнить необходимые разрезы и построить изображение детали в прямоугольной изометрии. Изучаем деталь: она состоит из плиты 100×80 мм толщиной 10 мм, шаровой поверхности диаметром 80 мм, срезанной по экватору, и на высоте 30 мм по параллели на срезе поставлена шестиугольная призма высотой 45 мм. Внутри детали снизу сделано четырехугольное квадратное

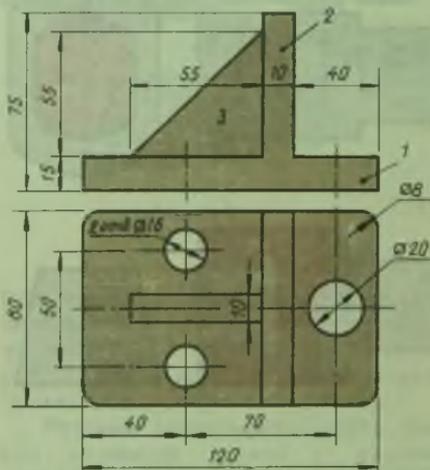


Рис. 16.38

параллелепипеда 1, вертикального параллелепипеда 2, треугольной призмы 3 и трех цилиндрических отверстий.

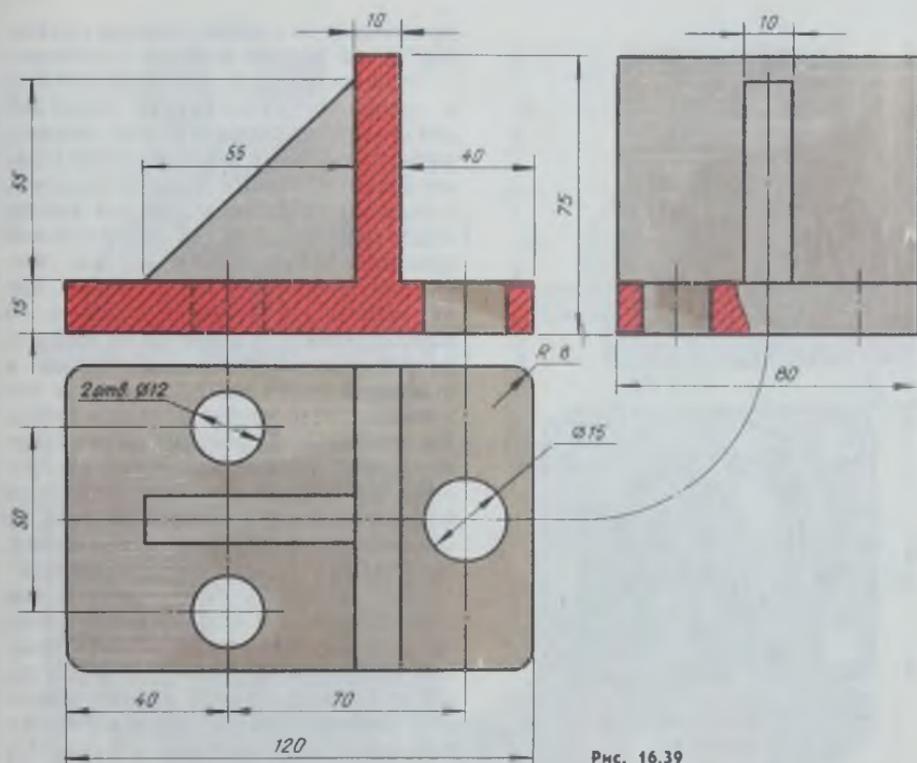


Рис. 16.39

отверстие 20×20 мм, а сверху – цилиндрическое $\varnothing 20$ мм, длиной 32 мм.

Порядок вычерчивания (рис. 16.42):

на всех трех проекциях чертим прямоугольники очень тонкими линиями с габаритными размерами 100×80 , 100×85 , 85×80 мм;

на горизонтальной плоскости чертим проекцию шара в виде окружности диаметром 80 мм и строим две его другие проекции;

на высоте 40 мм от основания фигуры срезаем шар горизонтальной плоскостью, получая в сечении окружность, строим ее проекцию на горизонтальной плоскости;

на горизонтальной плоскости вписываем в окружность среза шестиугольник, основание призмы и с по-

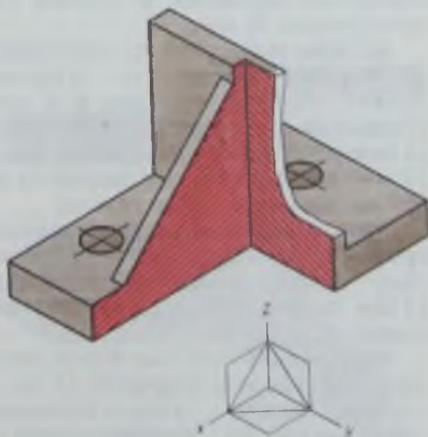


Рис. 16.40

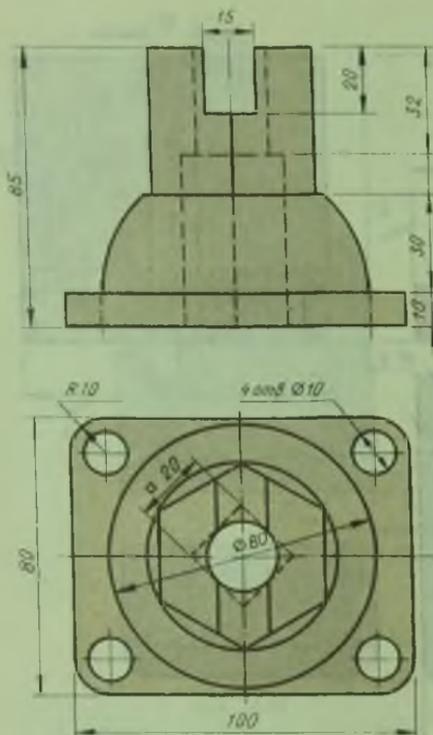


Рис. 16.41

мощью линий связи находим проекции ее на фронтальной и профильной плоскостях проекций до полной высоты детали 85 мм;

на горизонтальной проекции детали строим квадрат со стороной 20 мм — он будет невидим и в него вписываем проекцию цилиндрического отверстия диаметром 20, глубиной 32 мм, прочерчивая эти элементы на других двух проекциях детали;

прочерчиваем на горизонтальной проекции, согласно данным размерам, четыре отверстия диаметром 10 мм, нанося их оси на других проекциях;

чертим на фронтальной плоскости проекций прорезь шириной 15 мм и глубиной 20 мм, а затем с помощью линий связи — на горизонтальной и профильной проекциях. Внимательно

проследите за вертикальными прямыми: *A* — на призме и *B* — на цилиндре;

строим разрез: на фронтальную и профильную плоскости проекций деталь проецируется в форме симметричных изображений, так чтобы можно было половину вида совместить с половиной разреза. Но так как на виде спереди, т.е. на фронтальной проекции изображения, на оси симметрии проецируются два ребра: одно внешнее, а другое внутреннее, то необходимо в нижней части сделать разрез немного больше половины, а в верхней части немного меньше половины с тем, чтобы показать ребра. На профильной проекции на ось проецируется только внутреннее ребро, поэтому разрез делаем несколько больше половины. Линию разреза, не совпадающую с осью симметрии, проводим тонкой волнистой линией.

На рис. 16.43 дано изображение той же детали в прямоугольной изометрии. Построение начинаем с нижней части, представляющей собой параллелепипед, на ней строим шаровую поверхность, на срезе которой — шестиугольную призму, а затем то, что внутри. Штриховку проводим по диагоналям квадратов, построенных рядом.

На рис. 16.44 даны две проекции детали. Требуется построить сложный разрез и аксонометрическую проекцию. Ввиду того, что деталь состоит из двух частей, направленных под некоторым углом друг к другу, делаем сложный ломаный разрез по оси детали *A-A*. Такие разрезы могут быть горизонтальными, фронтальными и профильными. В данном случае деталь расчленена двумя плоскостями, одна из которых является фронтальной, другая под углом к фронтальной плоскости проекций. Секущая плоскость, расположенная правее, мысленно поворачивается вокруг линии пересечения секущих плоскостей до совмещения ее с фронтальной секущей плоскостью (показано стрелками). Вместе

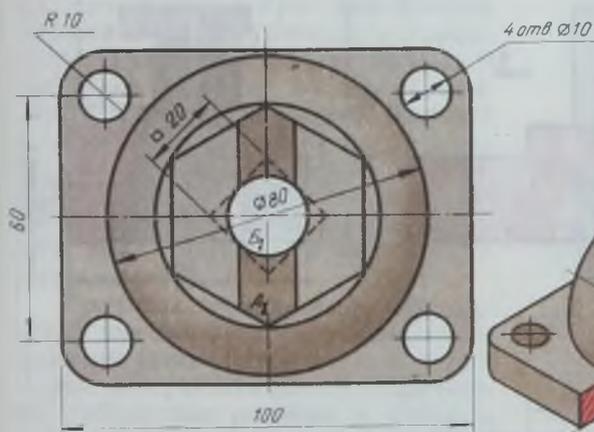
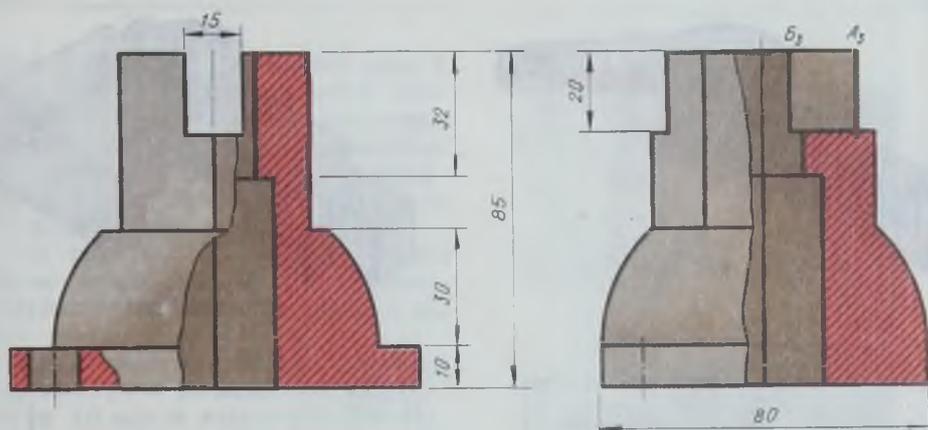


Рис. 16.42

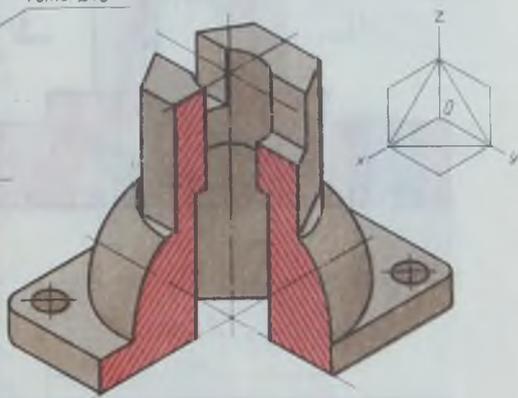


Рис. 16.43

с секущей плоскостью поворачиваются все расположенные в ней элементы. На фронтальной плоскости проекций дано изображение рассеченной детали после выполнения указанного поворота.

На рис. 16.45 дано изображение той же детали в аксонометрической проекции.

На рис. 16.46 даны изображения детали, требующей на главном виде сложного разреза $B-B$, на виде сверху — разреза $A-A$, а на виде слева — простого разреза по оси детали. Данная деталь прямоугольной формы, плата $180 \times 78 \times 30$ мм, на ней тоже плата,

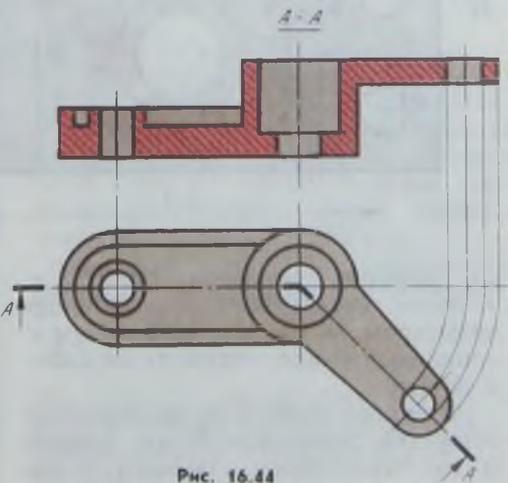


Рис. 16.44

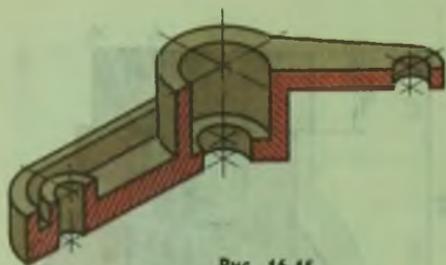


Рис. 16.45

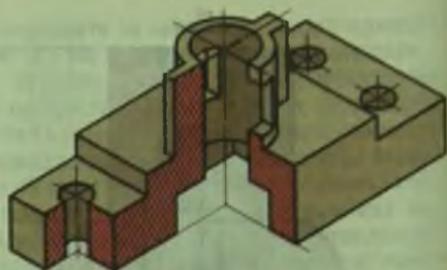


Рис. 16.47

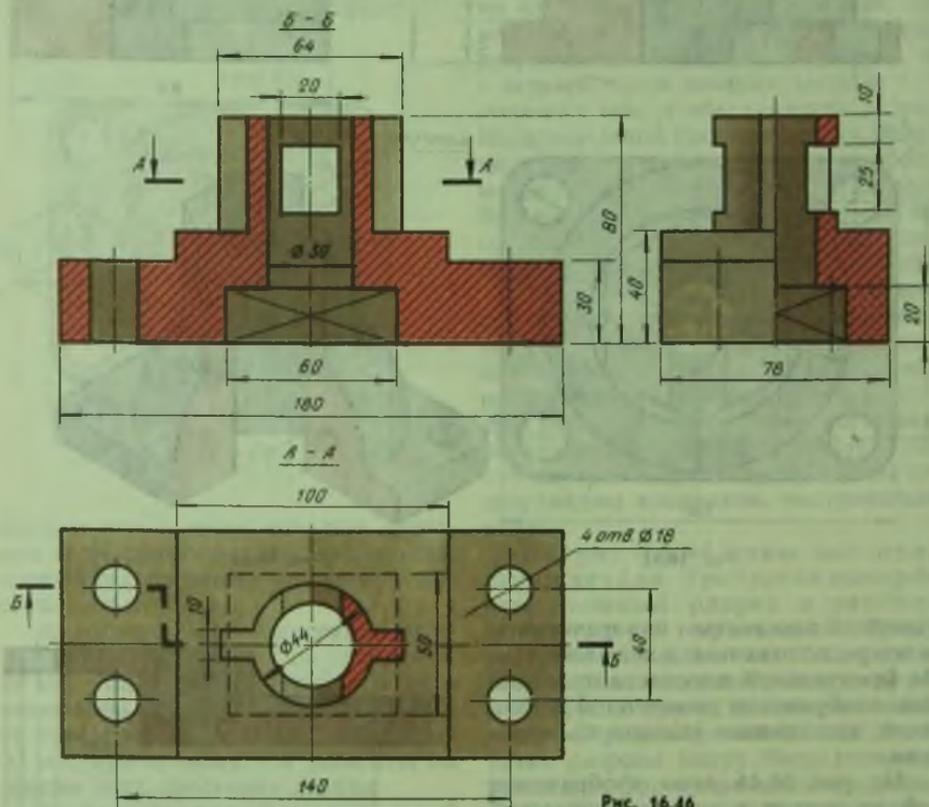


Рис. 16.46

но меньших размеров $100 \times 78 \times 10$ мм, сверху поставлен цилиндр диаметром 44 мм, высотой 40 мм с приливами в виде тонких стенок слева и справа.

В детали имеется цилиндрическое отверстие диаметром 30 мм, длиной 60 мм, переходящее в прямоугольное

отверстие размером $60 \times 50 \times 20$ мм.

Определив размер листа (формат), определяем габаритные прямоугольники для каждой проекции. После чего приступаем к вычерчиванию нижней большой плиты в трех проекциях. Затем чертим малую плиту тоже во всех трех проекциях, предвари-

тельно прочерчив центровые оси. В пересечении осей на горизонтальной плоскости строим горизонтальную проекцию цилиндра и с помощью осей связи – фронтальную и профильную проекции. Затем строим все мелкие подробности.

На рис. 16.47 дано изображение той же детали в одной из аксонометрических проекций, определите, в какой?

Дана шестиугольная призма с диаметром описанной окружности 80 мм и высотой 100 мм, на одной оси с призмой имеется сквозное цилиндрическое отверстие диаметром 25 мм, на высоте 50 мм проходит ось призматического отверстия в форме трапеции с размерами по низу 60 мм, по верху 35 мм, высота трапеции 50 мм (рис. 16.48). Ось отверстия перпендикулярна оси призмы. Требуется построить три проекции и выполнить аксонометрию.

Прочитав чертеж, намечаем масштаб для выполнения и определяем размеры листа (формата), на котором будем вычерчивать деталь. Определяем габаритные размеры и тонкими линиями вычерчиваем места для каждой проекции в виде прямоугольников, связанных проекционной связью. Так как фигура будет стоять на горизонтальной плоскости, вычерчивание начинаем с горизонтальной проекции, куда наша фигура проецируется в виде правильного шестиугольника (рис. 16.49). Построив шестиугольник, строим фронтальную и профильную проекции с помощью линий связи. Затем строим трапецию по заданным размерам на фронтальной плоскости, найдя предварительно центр трапеции, на горизонтальной проекции чертим окружность диаметром 25 мм в центре шестиугольника.

На горизонтальной плоскости проекций строим разрез $A-A$, на фронтальной плоскости делаем разрез по оси симметрии плоскостью, параллельной фронтальной плоско-

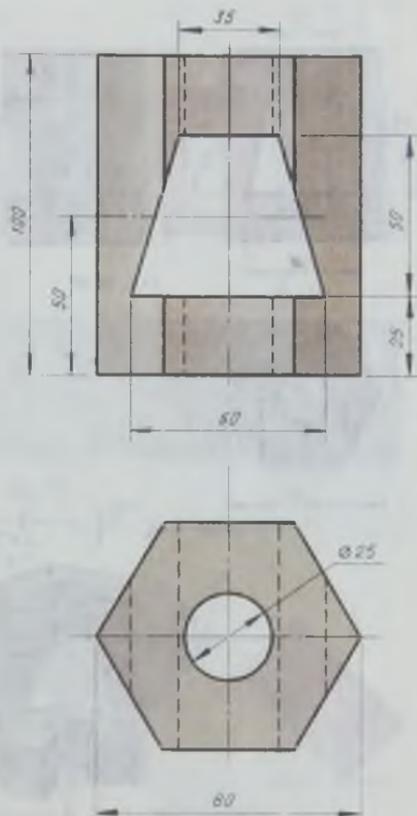


Рис. 16.48

сти проекций, совмещая половину вида и половину разреза. На профильной плоскости проекций выполняем разрез немного меньше половины из-за того, что на профильной проекции изображается ребро призмы, совпадающее с осью фигуры.

На рис. 16.50 дано изображение фигуры в прямоугольной диметрии.

16.8. СЕЧЕНИЯ

Изображение фигуры, полученное в результате мысленного разреза предмета плоскостью называется сечением (рис. 16.51 и 16.52).

В сечении показывается только

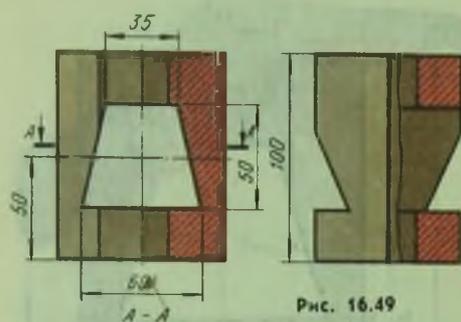


Рис. 16.49

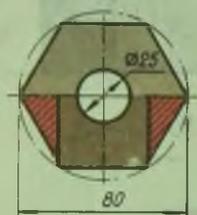


Рис. 16.50

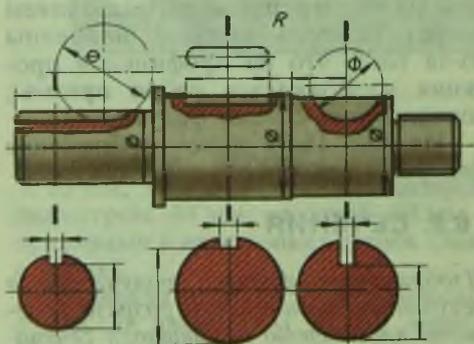


Рис. 16.51

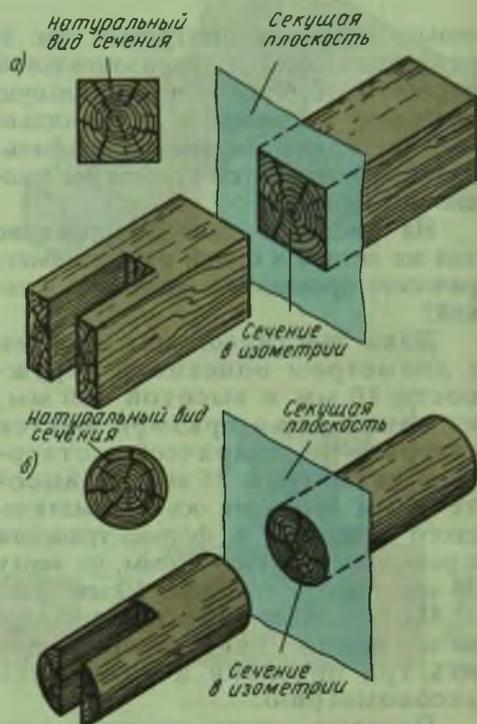


Рис. 16.52

то, что попадает непосредственно в секущую плоскость, а все что находится за ней, в сечении не показывают.

Сечения применяются как дополнительные изображения, поясняющие конструкцию невыявленных в проекциях форм.

Сечения, не входящие в состав разреза, разделяются на выносные (см. рис. 16.51 и 16.53, а) и наложенные (рис. 16.53, б).

Выносное сечение обводится сплошными контурными линиями, как и сечение в разрезах, а наложенное сечение обводится сплошной тонкой линией. Внутри контура сечение штрихуется тонкими линиями под углом 45° .

Если линии штриховки будут совпадать с направлением линий контура, то разрешается выполнять штриховку под углом 30° и 60° (рис. 16.54).

Линии штриховки наносятся с наклоном влево или вправо, но как

правило, всегда в одну и ту же сторону на всех сечениях, относящихся к одной и той же детали, независимо от числа листов, на которых эти сечения расположены. Расстояние между параллельными прямыми линиями штриховки (частота) должно быть одинаковым для всех выполняемых в одном и том же масштабе сечений данной детали (1...10 мм) в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений.

Для смежных сечений двух деталей следует брать наклон линий штриховки для одного сечения вправо, для другого – влево (встречная штриховка).

В смежных сечениях со штриховкой одинакового наклона и направления следует изменять расстояние между линиями штриховки (рис. 16.55, а) или сдвигать эти линии в каком-либо одном сечении, не изменяя угла их наклона (рис. 16.55, б).

Ось симметрии наложенного или выносного сечения указывают штрихпунктирной тонкой линией без обозначения буквами и стрелками и линию сечения не проводят, так же как в случае симметричной фигуры сечения (рис. 16.56).

Во всех остальных случаях для линии сечения применяют разомкнутую линию с указанием стрелками направления взгляда и обозначают ее одинаковыми прописными буквами русского алфавита (в строительных чертежах допускается обозначать линию сечения прописными или строчными буквами русского алфавита или цифрами). Сечение сопровождается надписью А-А.

В строительных чертежах допускается подписывать названия сечения. При симметричных сечениях применяют разомкнутую линию с обозначением ее, но без стрелок, указывающих направление взгляда.

Сечения допускается выполнять в любом месте чертежа в проекционной и не в проекционной связи и с пово-

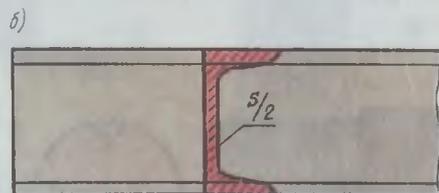
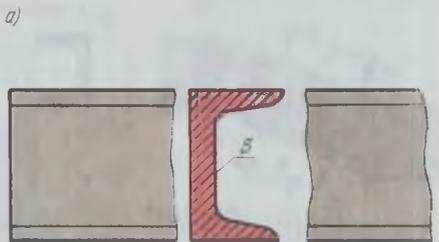


Рис. 16.53

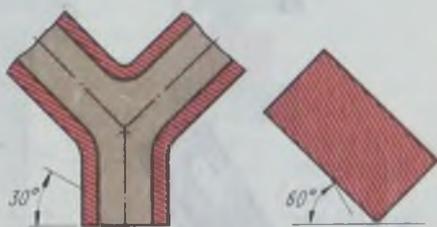


Рис. 16.54

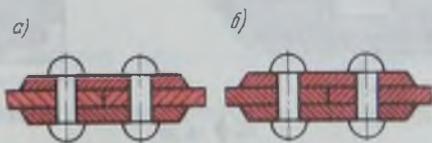


Рис. 16.55

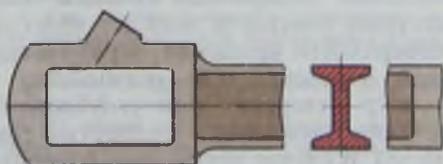


Рис. 16.56

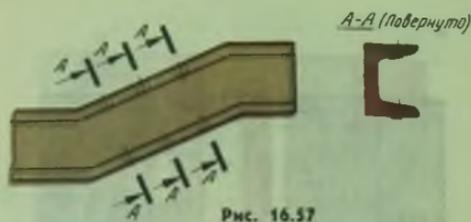


Рис. 16.57

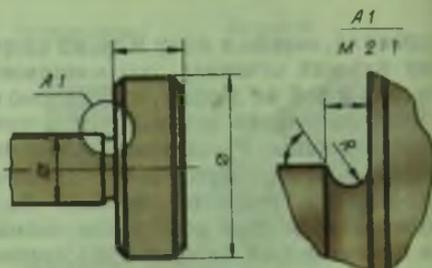


Рис. 16.60

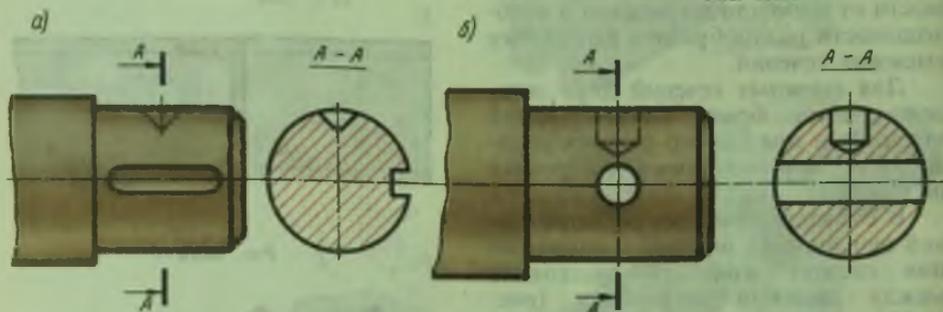


Рис. 16.58

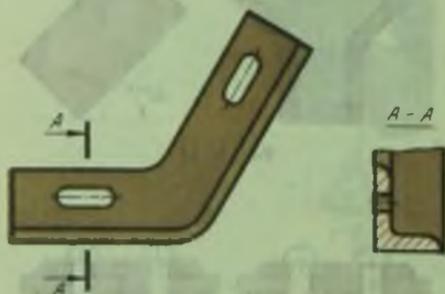


Рис. 16.59

из отдельных самостоятельных частей, следует применять разрез (рис. 16.59).

16.9. ВЫНОСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Под выносным элементом понимают дополнительное изображение (обычно увеличенное) какой-либо части предмета, требующей графического и другого пояснения в отношении формы, размеров и иных данных. Часть детали или конструкции, которую хотят пояснить, обводят обычно окружностью и обозначают арабской цифрой или прописной буквой на полке линии выноски, а у выполняемого элемента ставят ту же цифру и масштаб увеличения $1/(M2:1)$ (рис. 16.60). Выносной элемент может содержать подробности, не указанные на соответствующем изображении, и может отличаться от него по содержанию, например, изображение может быть видом, а выносной элемент разрезом.

ротом, в последнем случае добавляется слово «повернуто» или графический знак (рис. 16.57).

Секущие плоскости необходимо располагать так, чтобы получать нормальные поперечные сечения. Если секущая плоскость пройдет через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, то контур отверстия или углубления в сечении показывают полностью (рис. 16.58). В случае некруглого отверстия и если получается сечение, состоящее

В строительных чертежах вынос-

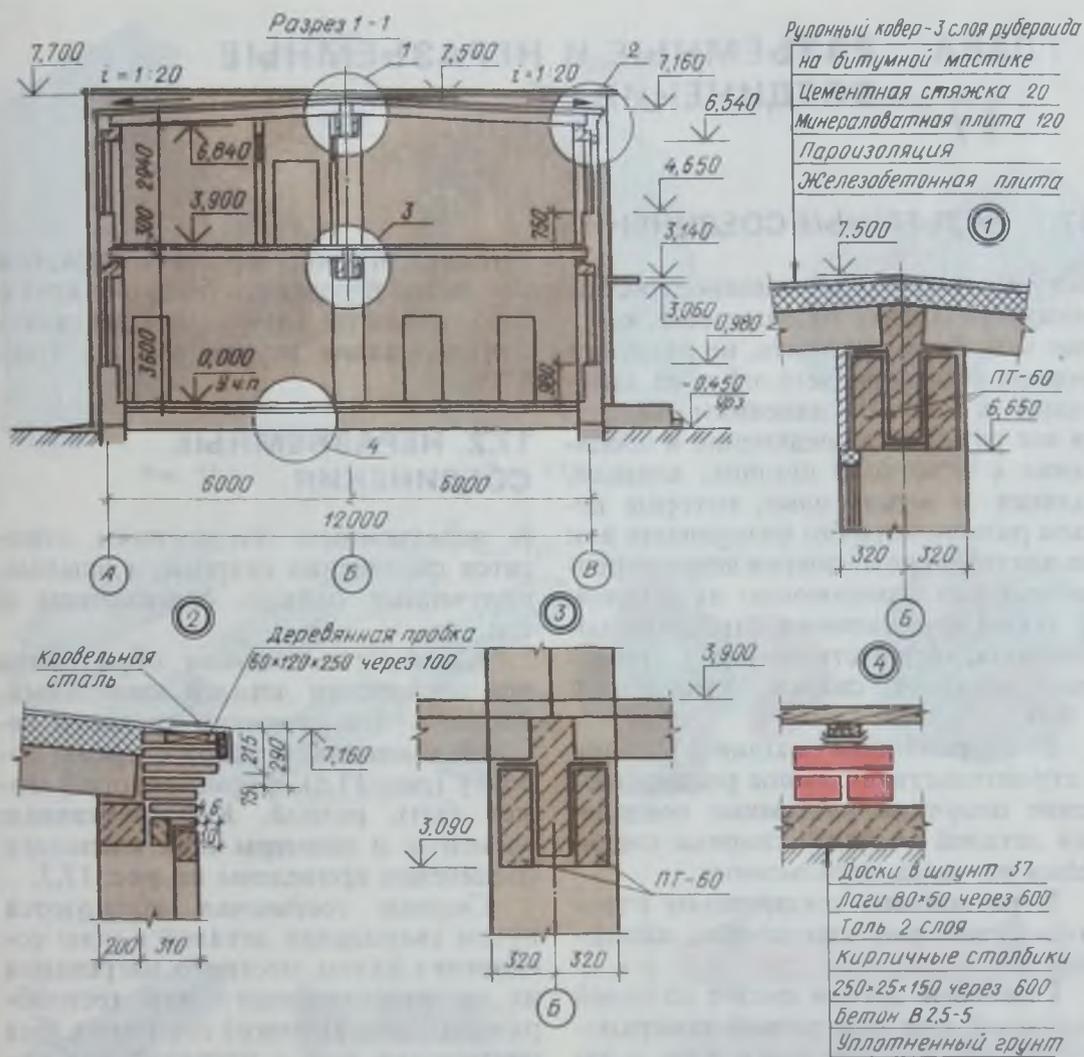


Рис. 16.61

ной элемент имеет особое значение (рис. 16.61). На нем указываются в более крупном масштабе элементы конструкций и на изображении его допускается отмечать фигурной или квадратной скобкой или графически не отмечать.

У изображения, откуда элемент выносится, и у выносного элемента допускается наносить присвоенное выносному элементу буквенное или цифровое (арабскими цифрами) обозначение и название.

Номер выносного элемента ставится в двойном кружке, внутренняя линия которого обводится толщиной основной линии, а наружная — тонкой линией. Выносной элемент располагают как можно ближе к соответ-

ствующему месту на изображении предмета.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что называется изображением и как оно делится в зависимости от содержания?
2. Какое изображение называется видом и сколько их может быть?
3. Какие виды являются основными?
4. Какое изображение называется разрезом?
5. Как делаются разрезы в зависимости от положения секущей плоскости?
6. Как делаются разрезы в зависимости от числа секущих плоскостей, участвующих в разрезе?
7. Какое изображение называется сечением и какое оно бывает?
8. На каком расстоянии следует наносить на чертеже размерные линии от линии контура?
9. Какие линии не допускается использовать в качестве размерных?
10. Какое число размеров следует проставлять на чертеже?

ГЛАВА РАЗЪЕМНЫЕ И НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

17

17.1. РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Все соединения в машиностроении можно разделить на *разъемные*, которые можно разъединить, не разрушая формы основных деталей и их креплений — к таким соединениям относятся все резьбовые соединения и соединения с помощью шпонок, клиньев, шлицев — и *неразъемные*, которые нельзя разъединить без разрушения или же значительного повреждения скрепляемых или скрепляющих их деталей. К таким соединениям относятся соединения, осуществляемые с помощью заклепок, сварки, прессования и т. п.

В современном машиностроении и строительстве большое распространение получили разъемные соединения деталей машин и сварные соединения из числа неразъемных.

К разъемным соединениям относятся резьбовые, шпоночные, шлицевые.

Резьбовые детали имеют на своей наружной или внутренней поверхности резьбу определенного типа в зависимости от назначения этой детали, например болт (рис. 17.1) или шпилька (рис. 17.2).

Шпоночные соединения (рис. 17.3) применяются для закрепления на валах шкивов, муфт и т. п. при помощи шпонок, обеспечивающих передачу крутящего момента с одного вала на другой.

Наибольшее распространение имеют *шпонки призматической формы* (рис. 17.4, а и б), но могут быть клиновые (рис. 17.4, в, г, и д) и сегментные (рис. 17.4, е).

Шлицевые (зубчатые) соединения применяются для тех же целей, что и шпоночные соединения, но благодаря значительному числу выступов

(зубцов), играющих роль шпонок, они способны передавать большие крутящие моменты, лучше осуществлять центрирование втулки и вала (рис. 17.5).

17.2. НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

К неразъемным соединениям относятся соединения сварные, клепаные, полученные пайкой, склеиванием и т. п.

Клепаные соединения образуются при соединении деталей заклепками. **Заклепки** — это стержень круглого сечения, имеющий с одной стороны головку (рис. 17.6), форма которой может быть разной. Конструктивные элементы и размеры шва клепаного соединения приведены на рис. 17.7.

Сварные соединения образуются путем сваривания деталей в зоне соединения путем местного нагревания их до расплавленного или тестообразного (пластичного) состояния (без применения или с применением механического усилия). Сварные соединения изображаются так, как показано на рис. 17.8.

Швы неразъемных соединений, получаемых **пайкой** (рис. 17.9), **склеиванием** (рис. 17.10), изображают, как показано на рисунках.

Швы по периметру, выполненные пайкой или склеиванием, обозначают линией-выносной, заканчивающейся окружностью диаметром 3...4 мм (рис. 17.11).

17.3. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ НА КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЯХ

Все резьбы на чертежах изображают условно, согласно ГОСТ 2.311-68.

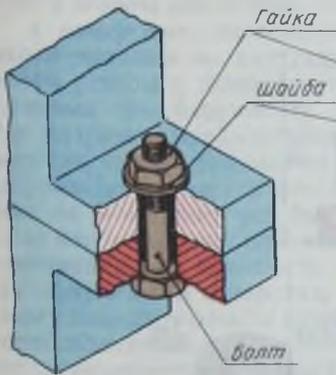


Рис. 17.1

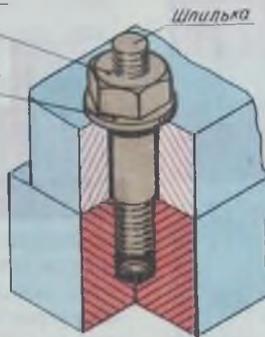


Рис. 17.2

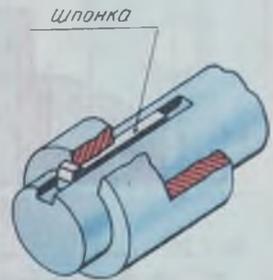


Рис. 17.3

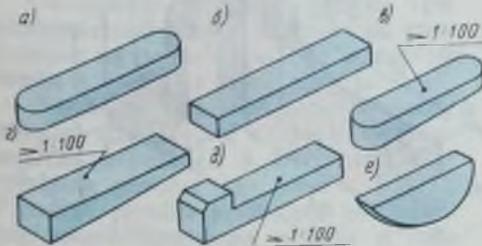


Рис. 17.4

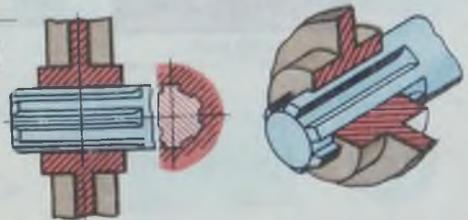


Рис. 17.5

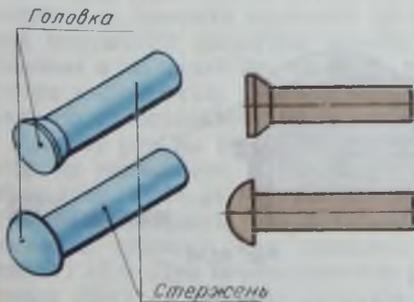


Рис. 17.6

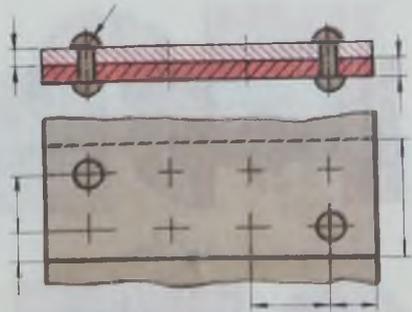


Рис. 17.7

Этот стандарт устанавливает правила изображения и нанесения обозначения резьбы на чертежах всех отраслей промышленности и строительства.

Резьбу изображают:

на стержне — сплошными основными линиями по наружному диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями по внутреннему диаметру (рис. 17.12). На изображениях, полу-

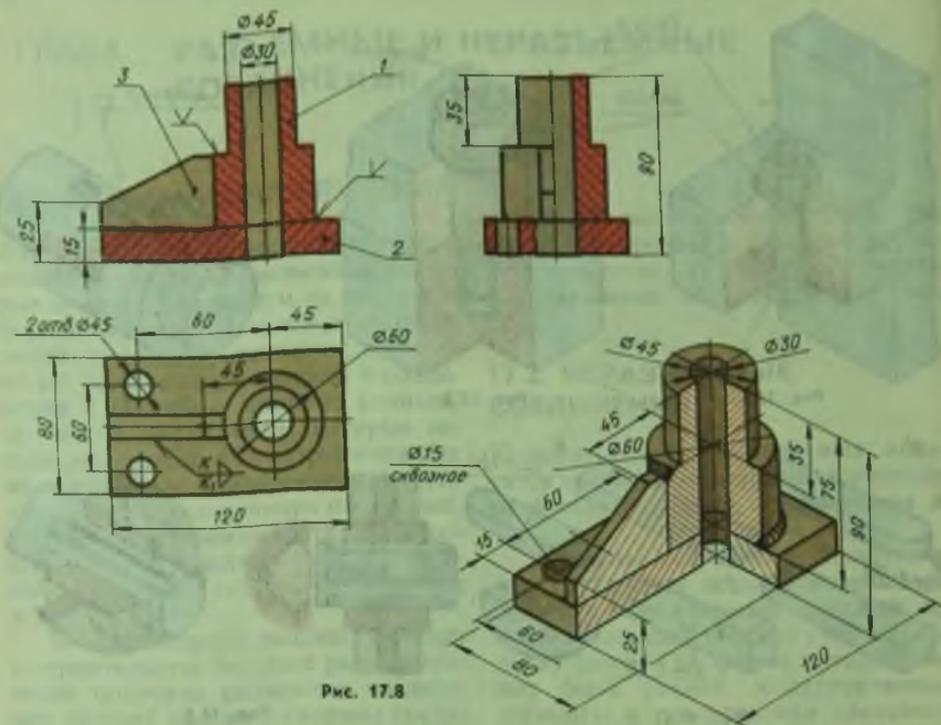


Рис. 17.8

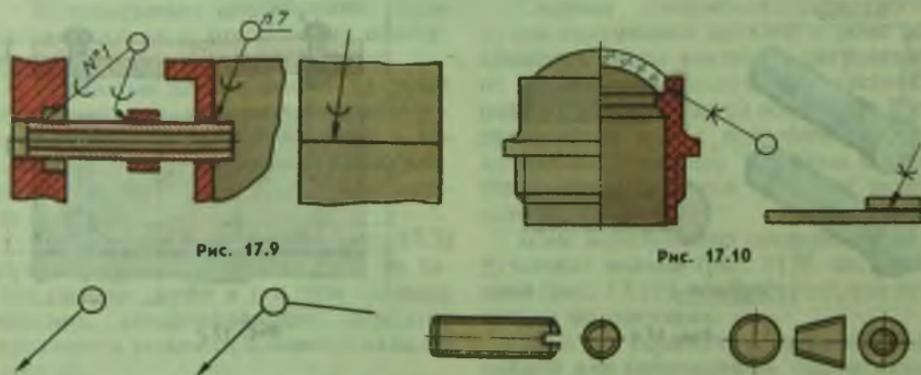


Рис. 17.9

Рис. 17.10

Рис. 17.11

Рис. 17.12

Рис. 17.13

ченных проецированием на плоскость, параллельную оси стержня, сплошную тонкую линию по внутреннему диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на

видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси стержня, по внутреннему диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $3/4$ окружности, разомкну-

тую в любом месте (рис. 17.13);

в отверстиях — сплошными основными линиями по внутреннему диаметру резьбы и сплошными тонкими линиями — по наружному диаметру. На разрезах, параллельных оси отверстия, сплошную тонкую линию по наружному диаметру резьбы проводят на всю длину резьбы без сбега, а на изображениях, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную к оси отверстия, по наружному диаметру резьбы проводят дугу, приблизительно равную $3/4$ окружности, разомкнутую в любом месте (рис. 17.14).

Сплошную тонкую линию при изображении резьбы наносят на расстоянии не менее 0,8 мм от основной линии и не более шага резьбы.

Линию, определяющую границу резьбы, наносят на стержне и в отверстии с резьбой в конце полного профиля резьбы (до начала сбега). Границу резьбы проводят до линии наружного диаметра резьбы и изображают основной или штриховой линией, если резьба изображена как невидимая (рис. 17.15). Штриховку в разрезах и сечениях проводят до линии наружного диаметра резьбы на стержне и до линии внутреннего диаметра в отверстии, т.е. в обоих случаях до сплошной основной линии.

Длину резьбы на стержне и в отверстии указывают, как правило, без сбега (рис. 17.16, а). При необходимости указания длины резьбы со сбегом размеры наносят, как показано на рис. 17.16, б. При необходимости указания сбега на стержне размеры его наносят, как показано на рис. 17.16, в, а сбеги резьбы изображают сплошной тонкой линией, как показано на рис. 17.16, г и д.

Фаски на стержне с резьбой и в отверстиях с резьбой, не имеющие специального конструкторского назначения, в проекции на плоскость, перпендикулярную оси стержня или отверстия, не изображают (рис. 17.17). Сплошная тонкая линия изображения

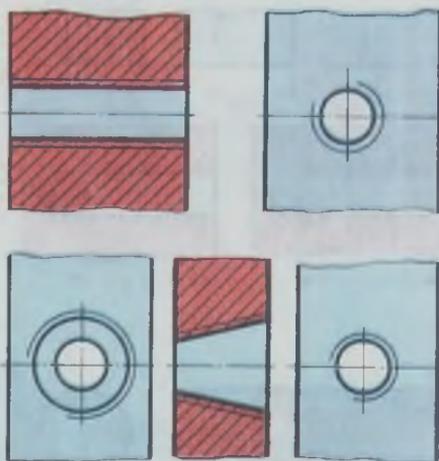


Рис. 17.14

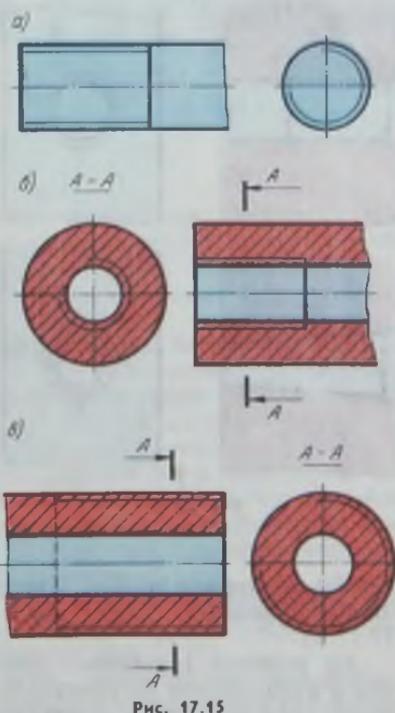


Рис. 17.15

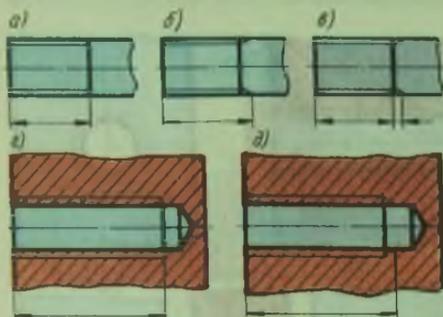


Рис. 17.16

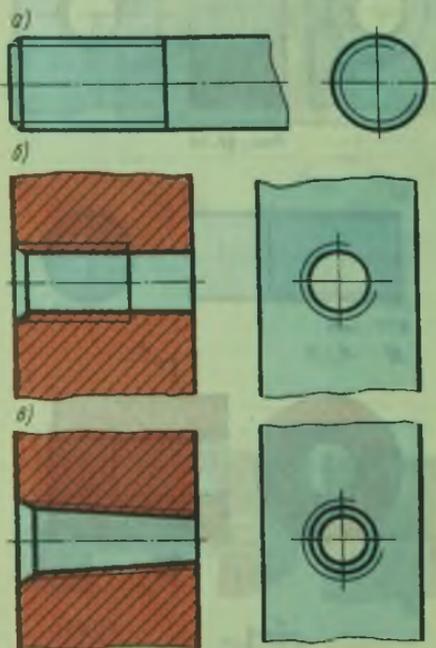


Рис. 17.17

17.4. ОБОЗНАЧЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Резьба метрическая обозначается буквой *M*, диаметром и указанием поля допуска резьбы, резьба имеет угол заострения 60° .

Примеры обозначения: 1. Резьба метрическая наружная с крупным шагом диаметром 14 мм и полем допуска 6*q*: *M 12-6q*. 2. Резьба метрическая внутренняя с крупным шагом диаметром 12 мм и полем допуска 6*H*: *M 12-6H*. 3. Резьба метрическая наружная диаметром 24 мм с мелким шагом 2 мм и полем допуска 8*q*: *M 24 × 2-8q*. 4. Резьба метрическая внутренняя диаметром 24 мм с мелким шагом 2 мм и полем допуска 8*H*: *M 24 × 2-8H*.

Обозначение резьбы указывают для всех резьб по наружному диаметру в соответствии со стандартами, кроме конической и трубной цилиндрической.

Трубная резьба отличается от дюймовой тем, что имеет более мелкий шаг и поэтому меньшую высоту профиля, что удобно для тонкостенных деталей, угол заострения трубной резьбы 55° .

Обозначения конической и трубной цилиндрической резьбы наносят на полках линий-выносок (на рисунках место, где ставить цифру, показано звездочкой).

Трубная резьба обозначается по условному проходу, т. е. по диаметру трубы в свету. Условный проход измеряют в дюймах, например (*G" 2-A*). У такой трубы диаметр отверстия равен 1", т. е. 25,4 мм, а наружный диаметр резьбы на ее поверхности равен 33,291 мм. Шаг резьбы указывают числом ниток на 1" (рис. 17.19).

Обозначение для трубной резьбы устанавливает ГОСТ 6357-81. В условное обозначение трубной цилиндрической резьбы должны входить: буква *G*, обозначение размера резьбы и класс точности среднего диаметра. Условное обозначение для левой

резьбы на стержне должна пересекать линию границы фаски (см. рис. 17.17, а).

На разрезах резьбового соединения в изображении на плоскости, параллельной его оси, в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня (рис. 17.18).

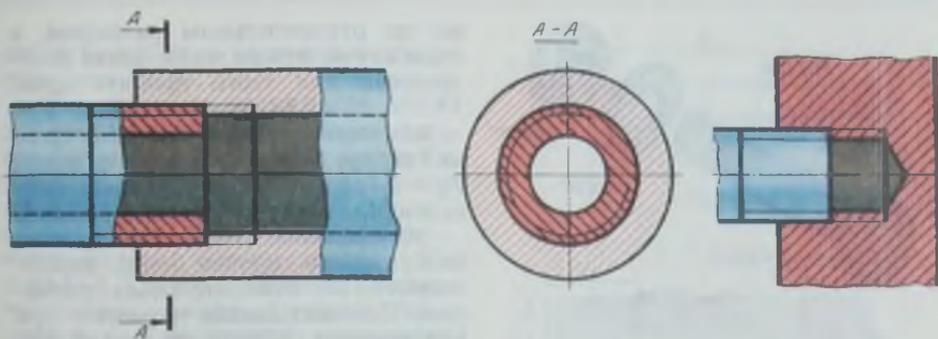


Рис. 17.18

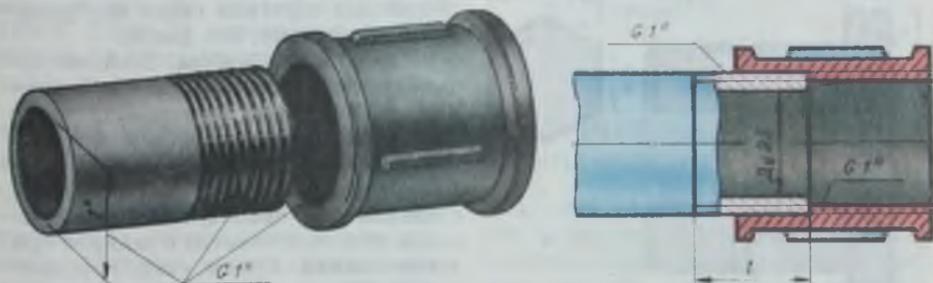


Рис. 17.19

резьбы дополняют буквами *LH*.

Примеры условного обозначения трубной резьбы класса точности *A*: $G1^{1/2}-A$. Левая резьба класса точности *B*: $G1^{1/2}LH-B$.

Длина свинчивания *L* указывается в мм, например $G1^{1/2}LH-B-40$ (длина свинчивания).

Специальную резьбу со стандартным профилем обозначают сокращенно *Sp* и условным обозначением профиля (*M*—для метрической резьбы, *Трап.*—для трапецидальной, *Уп.*—для упорной).

17.5. ИЗОБРАЖЕНИЕ КРЕПЕЖНЫХ ДЕТАЛЕЙ С РЕЗЬБОЙ

Наиболее распространенными резьбовыми изделиями являются: болты, шпильки, винты, гайки, детали трубопроводов (угольники, тройники,

штуцера и ниппели). Все резьбовые изделия стандартизированы и служат соединительными деталями для подвижных и неподвижных разъемных соединений.

Изображение болта. Болт представляет собой стержень с головкой, у которого на конце нарезана резьба (рис. 17.20). Существуют различные типы болтов, отличающиеся друг от друга формой и размерами. В машиностроении болт имеет большое распространение, в особенности болт с шестигранной головкой нормальной точности.

Болт может быть вычерчен по действительным и по относительным размерам (рис. 17.21).

Болт, выполненный по относительным размерам, имеет следующие соотношения: $h = 0,7d$ —высота головки болта; $D = 2d$ —диаметр описанной окружности вокруг шестиугольной

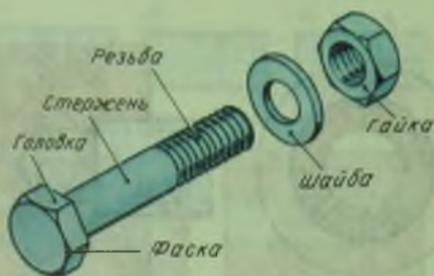


Рис. 17.20

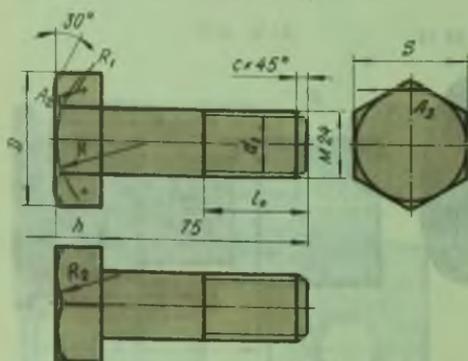


Рис. 17.21

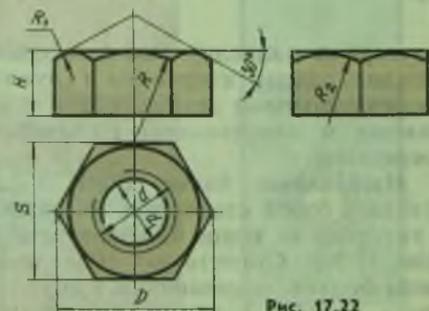


Рис. 17.22

головки болта; $l_0 = 1,5d$ — длина резьбы; $R = 1,5$ — радиус дуги на головке; R_1 — определяется по построению; $c = 0,15d$ — высота фаски; $R_2 = d$ (d — диаметр болта, мм).

Изображение гайки. Чертеж гайки может быть выполнен по размерам, которые содержатся в соответствующих ГОСТах.

Гайка может быть вычерчена так-

же по относительным размерам, в этом случае нужно знать, какие соотношения для этого приняты (рис. 17.22): $H = 0,8d$ — высота гайки; $D = 2d$ — диаметр гайки; $R = 1,5d$ — средний радиус гайки; R_1 — по построению; $R_2 = d$ — радиус на профильной проекции; $d_1 = 0,85d$ (d — диаметр резьбы).

Изображение гайки аналогично изображению головки болта, выполняемого по относительным размерам. Действительным размером при изображении гайки будет только размер наружного диаметра резьбы. На сборочных чертежах гайки изображаются упрощенно, без фасок.

Изображение шайбы. Шайбой называется крепежное изделие, имеющее форму диска или пластинки, с цилиндрическим отверстием для болта, шпильки или винта. Шайбу подкладывают под гайку болтового соединения для предохранения поверхности детали от смятия и задилов при завинчивании. Кроме того, применение шайб способствует более равномерному распределению давления на соединяемые детали (рис. 17.23).

Для предотвращения самоотвинчивания гаек применяют стопорные и пружинные шайбы.

Шайба может быть также вычерчена по относительным размерам: $D_{ш} = 2,2d$ — наружный диаметр; $d_{ш} = 1,1d$ — внутренний диаметр; $t = 0,15d$ — толщина.

На сборочных чертежах болтового соединения шайбы вычерчиваются по относительным размерам в зависимости от диаметра болта.

Изображение шпильки. Шпилька — резьбовое изделие, состоящее из цилиндрического стержня, с обоих концов которого выполнена резьба. В тех случаях, когда нельзя выполнить соединение с помощью болта (одна из деталей не может быть просверлена насквозь или нет возможности расположить головку болта), применяют шпильки.

Один конец шпильки l_1 называется посадочным, он предназначен для по-

сადки шпильки в нарезанное отверстие (рис. 17.24).

Стандарты на шпильки нормальной точности предусматривают их использование в различных деталях с диаметром резьбы 2... 48 мм, а именно:

по ГОСТ 22034-76 шпильки с ввинчиваемым концом длиной $1,25d$ и по ГОСТ 22036-76 шпильки с ввинчиваемым концом длиной $1,6d$ в стальных и бронзовых деталях; по ГОСТ 22038-76 шпильки с ввинчиваемым концом длиной $2,5d$ и по ГОСТ 22040-76 шпильки с ввинчиваемым концом длиной $2,5d$ в деталях из легких сплавов.

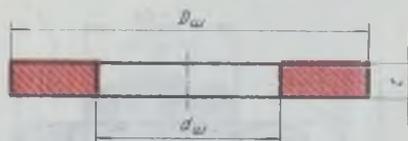


Рис. 17.23

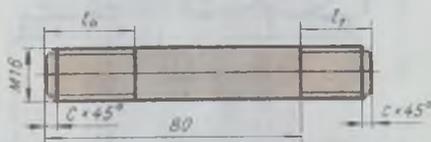


Рис. 17.24

17.6. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ БОЛТОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Для того, чтобы вычертить болтовое соединение, необходимо знать диаметр отверстия, для которого подбирают болт. Если отверстие имеет диаметр 21 мм, то болт должен иметь диаметр не больше 20 мм (рис. 17.25). Выбрав диаметр болта, подбираем его длину, которая складывается из толщины скрепляемых деталей ($A + B$), высоты шайбы $t = 0,15d$, высоты гайки $H = 0,8d$ и выступающей части над гайкой $a + c = 0,25 \dots 0,5d$.

Например, подбираем болт для скрепления двух деталей — $A = 24$ мм, $B = 18$ мм, тогда длина болта должна быть $A + B + t + H + a + c = 24 + 18 + 3 + 19 + 10 = 71$ мм.

По табл. (см. справочник): берем ближайший болт длиной 70 мм, определяем длину нарезанной части — она равна 46 мм. Все остальные элементы подсчитываем по относительным размерам: $D = 40$ мм; $h = 14$ мм; $t = 3$ мм; $D_{ш} = 14$ мм; $H = 16$ мм; $a + c = 9$ мм; $l_0 = 46$ мм или $l_0 = 30$ мм. После того, как все размеры определены, можно приступить к вычерчиванию болтового соединения. Болт, изображенный на рис. 17.25, обозначают: Болт М20 × 70 ГОСТ 7798-70.

17.7 ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ШПИЛЕЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Для того, чтобы вычертить шпилечное соединение, необходимо знать диаметр отверстия и размер скрепляемых деталей. Рассмотрим шпильку с одинаковыми диаметрами резьбы и гладкой части (рис. 17.26). М16 показывает, что на обоих концах шпильки имеется метрическая резьба диаметром 16 мм, а длина стержня шпильки равна 80 мм (длина завинчиваемого резьбового, посадочного конца l_1 в рабочую длину не входит).

При выполнении чертежа шпильки все размеры можно брать из ГОСТа и вычерчивать ее по действительным размерам. При вычерчивании по относительным размерам (например, на сборочном чертеже) действительными размерами шпильки будут диаметр резьбы и рабочая длина стержня, остальные размеры берутся из соотношений (d — диаметр шпильки): $l_0 = (1,5 \dots 2,5)d$; $l_1 = (1 \dots 1,25)d$; $l_2 = (1,5 \dots 1,75)d$; $c = 0,15d$; $H = 0,8d$; $t = 0,15d$; $e = (0,25 \dots 0,5)d$. Ввинчивание шпильки производят поэтапно (рис. 17.27): в детали делается отверстие при помощи сверла на глубину l_1 , нарезается резьба метчиком, подбирается шпилька по диаметру нарезанного отверстия d , ввинчивается

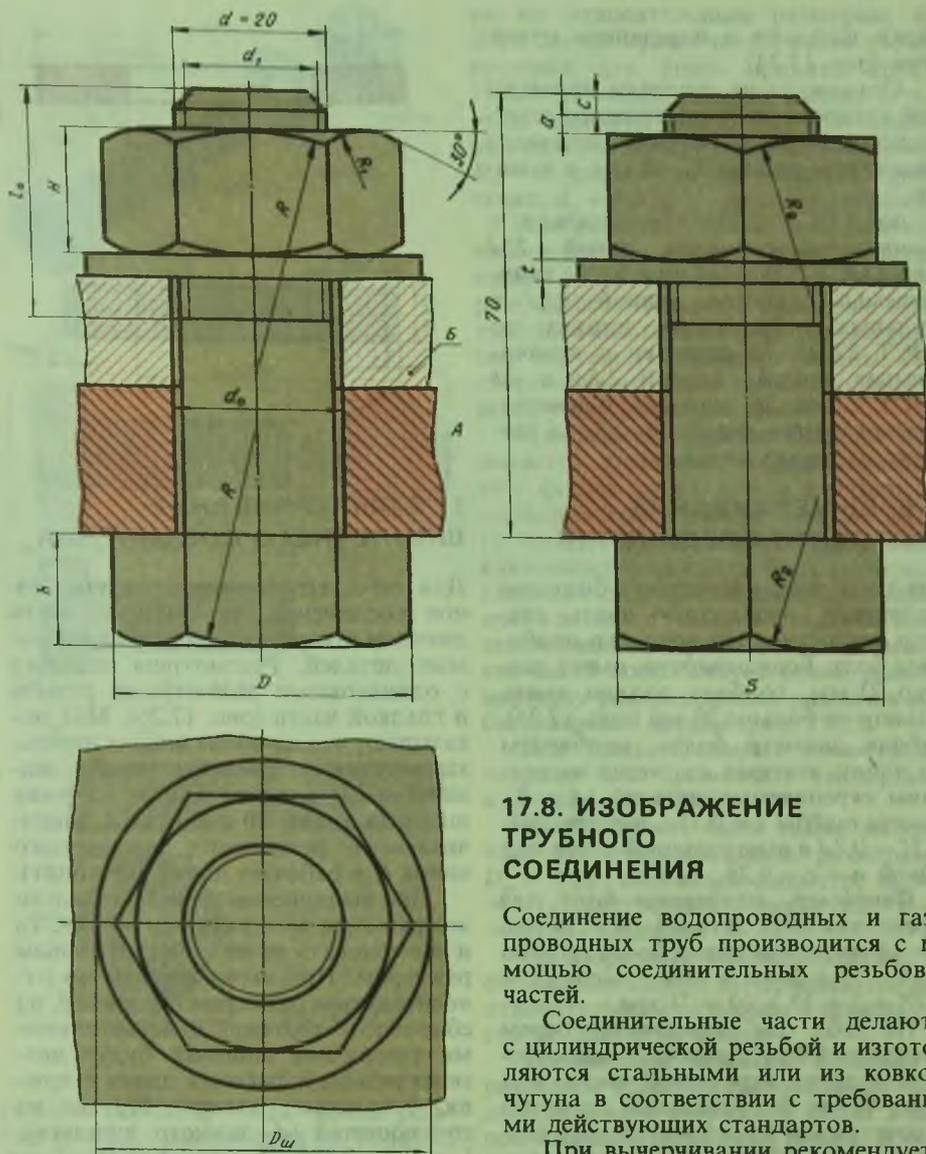


Рис. 17.25

шпилька на весь посадочный конец, ставится прикрепляемая деталь, надевается шайба и закручивается гайка.

17.8. ИЗОБРАЖЕНИЕ ТРУБНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Соединение водопроводных и газопроводных труб производится с помощью соединительных резьбовых частей.

Соединительные части делают с цилиндрической резьбой и изготавливаются стальными или из ковкого чугуна в соответствии с требованиями действующих стандартов.

При вычерчивании рекомендуется показывать трубу не завинченной на 1...2 нитки, т.е. на 2...4 мм.

Приступая к выполнению задания, необходимо по заданному условному проходу D подобрать по ГОСТ 6357-81 размеры всех элементов деталей, входящих в соединение. Основным параметром для трубы и соединитель-

ных частей является условный проход (см. рис. 17.19).

Для одного и того же условного прохода длина нарезанной части трубы до сбега больше длины нарезанной части соединительной детали примерно на 3 мм. Следовательно, резьба трубы будет выступать за торец соединительной детали на 8...9 мм.

На конце одной трубы нарезают резьбу более длинную с расчетом, что на нее можно будет навинтить контргайку, муфту и при этом остался бы еще запас в 2...3 нитки. Такое соединение называется сгоном, а резьба — длинной. Сгон делается для удобства монтажа и демонтажа при ремонтных работах. Между муфтой и контргайкой должен быть проложен уплотнитель.

На рис. 17.28. показаны соединения труб: *а* — тройником с контргайкой; *б* — муфтой с контргайкой; *в* — муфтой переходной с контргайкой; *г* — угольником.

Стандарт предусматривает для всех соединительных частей общие конструктивные размеры (рис. 17.29, табл. 17.1), которыми пользуются при вычерчивании соединительных частей.

17.9. ИЗОБРАЖЕНИЕ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

Сваркой называется один из способов получения неразъемного соединения

17.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ РАЗМЕРЫ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ, ММ

Условный проход D_r , мм	Резьба					d_1	d_2
	Обозначение	d	l	l_2	l_1 не более		
			не менее				
25	G1	33,250	15	19	11	34	32
32	G1 1/4	41,912	17	21,5	13	42,5	40,5
40	G2 1/2	47,805	19	24	15	48,5	46,5
50	G2	59,616	21	24	17	60,5	58,5
70	G2 1/2	75,187	23,5	27	19,5	76	74
80	G3	87,887	26	30	22	89	87

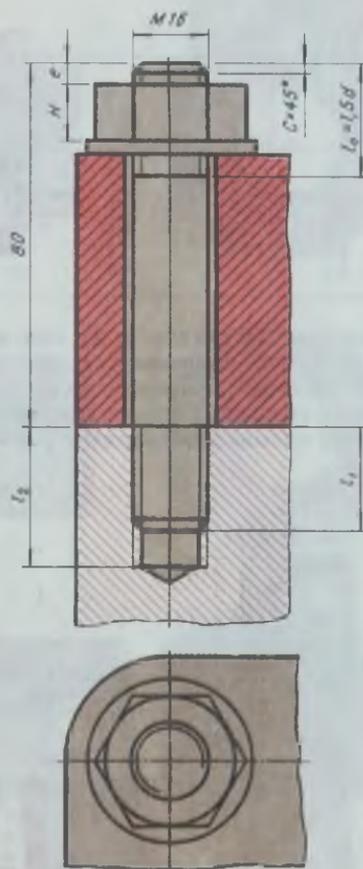


Рис. 17.26

Продолжение табл. 17.1

Условный проход D , мм	S	S_1	S_2	S_3	b	h	b_1	b_2
25	3,3	4	5,2	4,8	4	2,5	2,5	4,5
32	3,6	4	5,4	4,8	4	3	2,5	4
40	4	4	5,8	4,8	4	3	3	5
50	4,5	4,5	6,4	5,4	5	3,5	3	6
70	4,5	4,5	6,4	5,4	5	3,5	3,5	6,5
80	4,5	4,5	6,4	6	6	4	4	7

деталей из металлов и их сплавов, при котором применяется местный нагрев и используются силы молекулярного сцепления. Место сваривания деталей называется сварным швом.

Классификация и конструктивные элементы сварных швов и их обозначения установлены в ГОСТ 2.312-72. Этот стандарт устанавливает условные изображения и обозначения швов

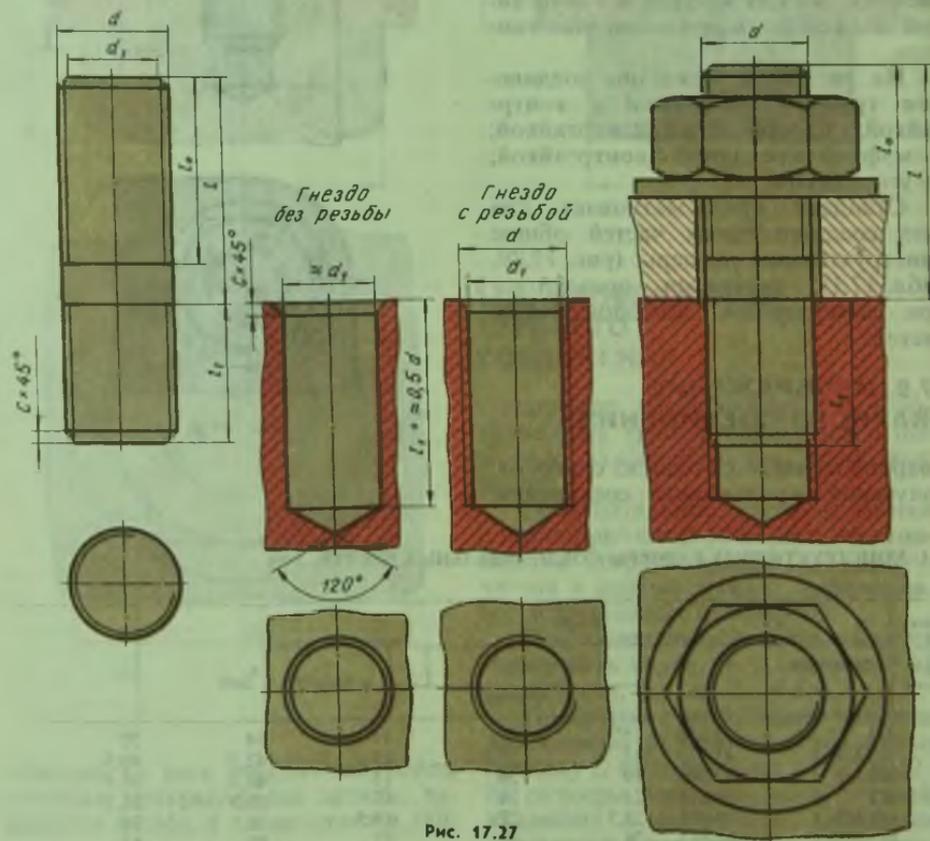


Рис. 17.27

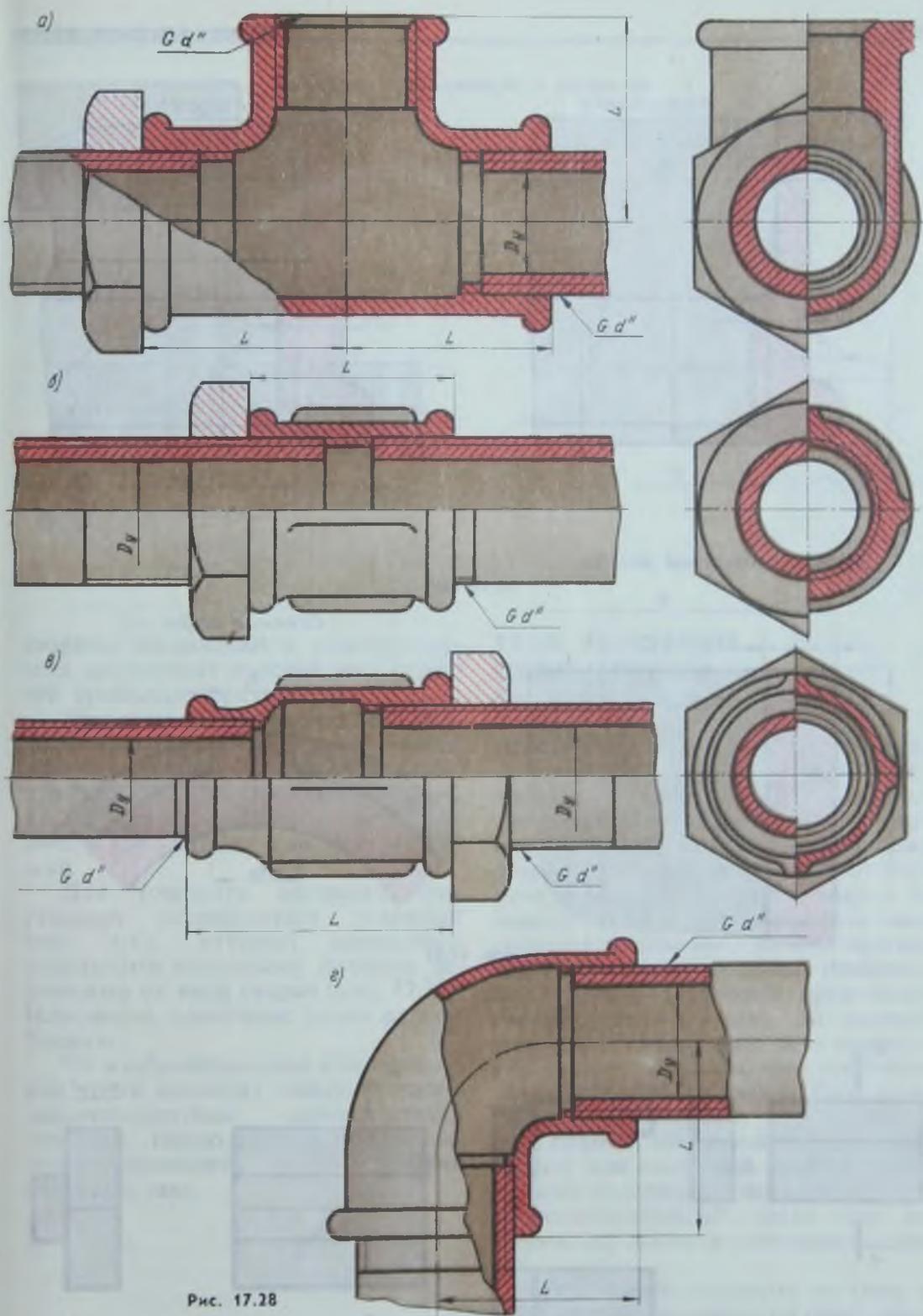
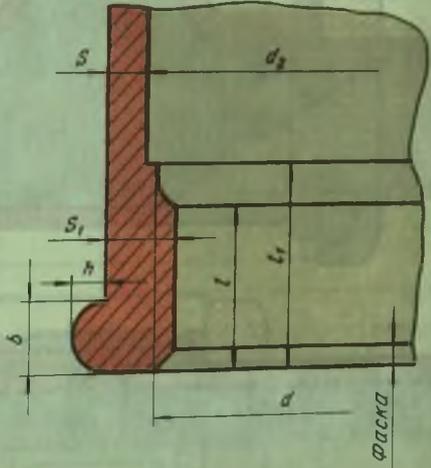
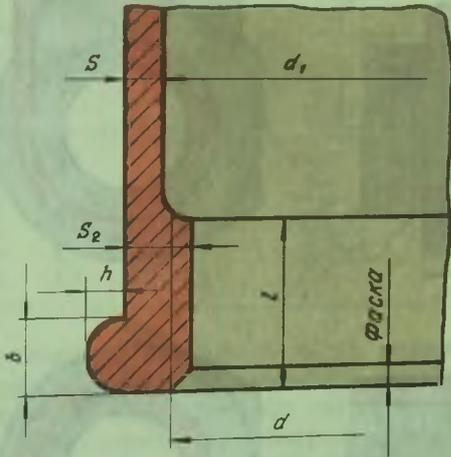


Рис. 17.28

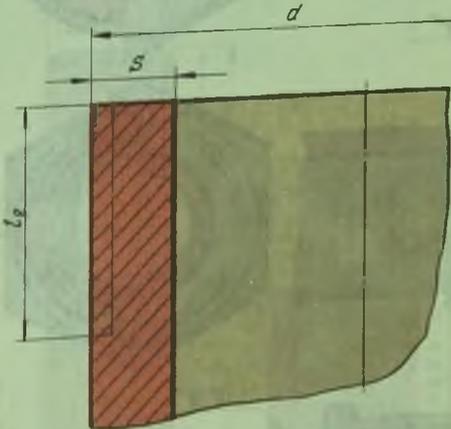
Детали с внутренней резьбой

Вариант 1

Вариант 2



Детали с наружной резьбой



Сечение ребра

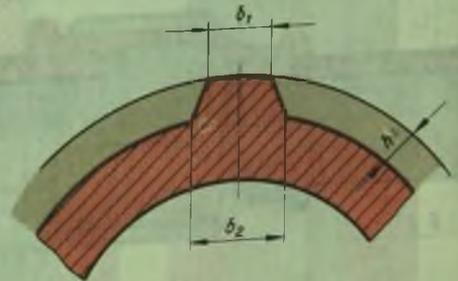


Рис. 17.29

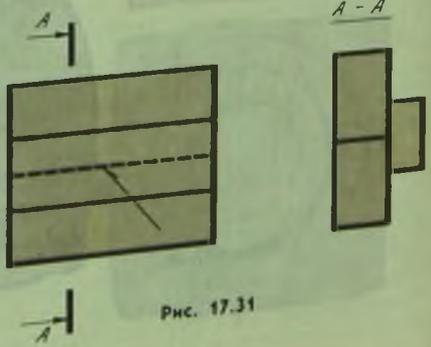
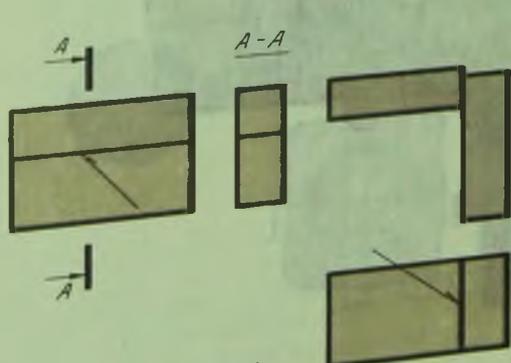


Рис. 17.30

Рис. 17.31

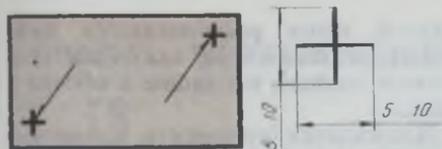


Рис. 17.32

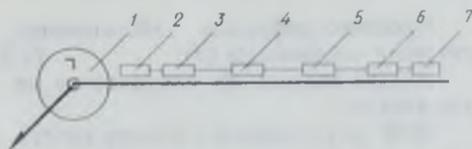


Рис. 17.33

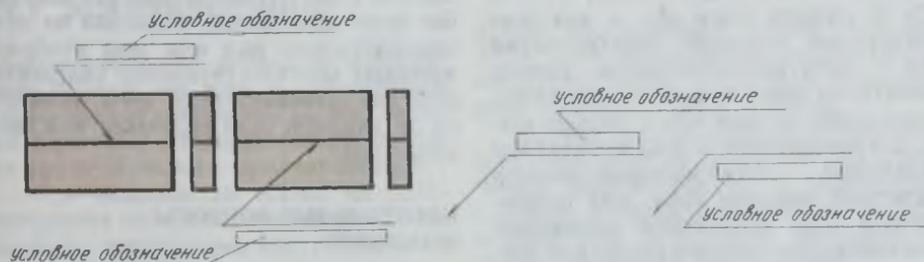


Рис. 17.34

сварных соединений в конструкторских документах изделий всех отраслей промышленности.

Шов сварного соединения независимо от способа сварки условно изображается сплошной основной линией, принятой для данного чертежа (рис. 17.30), если шов видимый, и штриховой линией (рис. 17.31), если шов невидимый.

Для точечного видимого шва стандарт устанавливает условный знак «+», который выполняют сплошными основными линиями независимо от вида сварки (рис. 17.32). Невидимые одиночные точки не изображают.

От изображения шва или одиночной точки проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой. Линию-выноску предпочтительно проводить от изображения видимого шва.

17.10. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ СВАРНОГО ШВА

Вспомогательные знаки для обозначения сварных швов должны быть одинаковой высоты с цифрами, входящими в обозначение шва. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

Условное обозначение стандартного шва или одиночной сварной точки должно содержать (рис. 17.33):

вспомогательные знаки шва по замкнутой линии и монтажного шва (1);

обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (2);

буквенно-цифровое обозначение сварных соединений (3);

способ сварки (4) допускается не указывать;

знак треугольника и размер катета (5);

для прерывистого шва – длину провариваемого участка знак «/» или «Z» и размер шага (6), а для шва контактной точечной электросварки или электрозаклепочного – размер расчетного диаметра точки или электрозаклепки «/» или «Z» и размер шага; для непрерывного шва контактной роликовой электросварки – размер расчетной ширины шва; для прерывистого шва контактной роликовой электросварки – размер расчетной ширины шва, знак умножения, размер длины провариваемого участка и размер шага;

вспомогательные знаки (7).

Условное обозначение шва наносят на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны, или под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны (рис. 17.34).

Все условные обозначения стан-

дартных швов располагаются над полкой, не касаясь ее, как и все остальные данные, входящие в обозначение.

Допускается применять условные изображения швов сварных соединений по ГОСТ 21.107–78. Обозначения швов в этом случае можно указывать без выносных линий, помещая их непосредственно над или под изображениями соответствующего сварного шва вне зависимости от того, является ли сварной шов видимым или невидимым.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какой линией изображается резьба на стержне, если плоскость проекций параллельна его оси?
2. Как изображается резьба на стержне в плоскости, перпендикулярной его оси?
3. Как изображается резьба в отверстии на плоскости, перпендикулярной его оси?
4. Как изображается резьба в отверстии на плоскости, параллельной его оси?
5. Каковы предельные расстояния между тонкой и основной линиями при изображении резьбы?
6. Как выполняется штриховка детали, если в разрез попала резьба, отверстие, стержень.

ГЛАВА ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

18

18.1. ЭСКИЗИРОВАНИЕ

Эскизом принято называть чертеж, выполненный от руки с соблюдением соотношений отдельных частей детали. При этом сохраняются все правила ортогонального проецирования.

При выполнении эскиза не рекомендуется пользоваться какими бы то ни было чертежными инструментами, за исключением циркуля.

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

Эскиз необходимо выполнять очень аккуратно, не торопясь, с тем, чтобы он был понятен не только составителю его, но и всякому технически грамотному человеку. Чем больше эскиз будет по внешнему виду похож на чертеж, изготовленный при помощи чертежных инструментов, тем выше его ценность.

Как правило, выполнять эскиз рекомендуется на простой писчей клетчатой бумаге, но обязательно с соблюдением размера стандартного формата бумаги по ГОСТ 2.301-68. Применять миллиметровку не рекомендуется.

Каждая деталь должна быть изображена в достаточном числе проекций, расположенных на одном листе чертежной бумаги. При выборе размера изображения руководствуются сложностью устройства каждой детали, а также возможностью и удобством простановки размеров с тем,

чтобы изображения заняли лист на 75%. При выполнении эскиза рекомендуется также соблюдать типы линий, согласно ГОСТ 2.303-68.

Детали изображаются в положении обработки их на станке или в рабочем положении, но в отдельных случаях допускается принять за основной вид положение, выгодное с точки зрения его изображения.

Число проекций должно быть минимальным, но достаточным для очерчивающей передачи формы и устр-ва детали.

К каждому эскизу необходимо дать соответствующие пояснения в виде надписей, в которых указывается материал, из которого должна быть изготовлена деталь, некоторые пояснения, не видимые на чертеже, направление нарезки и т. п.

На эскизе должны быть даны все размеры, необходимые для выполнения по нему чертежа, а затем и самой детали по чертежу.

Для выполнения эскиза рекомендуется применять два карандаша: мягкий М для обводки контурных линий и жесткий 2Т или Т для обводки осевых, центровых, размерных, выносных линий и штриховки.

Каждый эскиз должен быть снабжен основной надписью установленного образца.

18.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭСКИЗА

Изготовление эскиза для выполнения по нему чертежа состоит из трех основных этапов:

1 этап — выполнение проекций без нанесения выносных и размерных линий и самих размеров. Изготовление

эскиза в необходимых проекциях и с необходимыми разрезами;

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

III этап – тщательное измерение детали и четкое нанесение размеров на заранее поставленные размерные линии.

Каждый из указанных этапов состоит из отдельных действий. Например, этап I можно начать с выяснения названия и назначения детали и установления технологического или рабочего положения, выяснения конструктивных детали, т.е. определения элементарных геометрических форм, из которых состоит деталь. Определяется число видов, разрезов, сечений, необходимых для полной передачи формы и устройства детали. Определяется формат листа для данной детали, после чего выполняется рамка и основная надпись.

На этом же этапе устанавливаются соотношения габаритных размеров (глазомерно) и на листе выделяются прямоугольные площадки для каждого вида проекций (рис. 18.1, а). Затем проводят оси симметрии, после чего рисуют основные формы детали в трех проекциях (если деталь изображается в трех видах), увязывая все проекции между собой. Далее проводятся все линии, необходимые для показания всех подробностей в устройстве детали. Явные дефекты детали на эскизах не показывают.

На этом же этапе выполняют все необходимые разрезы, не заштриховывая их (рис. 18.1, б и в).

Выполнив проекции и тщательно проверив все полученные изображения, приступают к выполнению следующего этапа. Этап II состоит в том, чтобы правильно расставить размерные и выносные линии без измерения детали. Тут же можно проставить знаки диаметра, радиуса, градуса, конусности, уклона и т.д.

Чтобы обеспечить правильную простановку размеров, *размерные линии следует проводить в определенной последовательности:*

наносят выносные и размерные линии, определяющие *габаритные размеры* детали. Это самые большие размеры в трех направлениях;

наносят выносные и размерные линии, определяющие *размерные и установочные размеры* детали. К ним относятся размеры между отдельными геометрическими формами и элементами детали;

определяют *конструктивную группу размеров*, т.е. размеры, определяющие геометрическую форму отдельных элементов детали. Здесь следует определить каждую элементарную геометрическую форму и нанести выносные и размерные линии, определяющие ее;

наносят все выносные и размерные линии, относящиеся к *мелким* деталям размерам, без которых невозможно изготовить данную деталь;

выделяют *специальную группу размеров*, т.е. размеры, определяющие сложную геометрическую форму.

При нанесении выносных и размерных линий следует учесть, что каждый размер должен быть проставлен только один раз и только на одной проекции или на дополнительном виде. По возможности не наносите размерные линии в пределах контура детали. Размеры внешней части детали ставятся со стороны неразрезанной части, а размеры внутренние выносятся на сторону разрезанной части детали.

Размерные линии располагают по отношению к контурным линиям чертежа не ближе чем 10 мм. Выносные линии должны быть перпендикулярны контурным, а размерные – перпендикулярны выносным, при этом выносные линии должны выходить за размерные на 2...5 мм.

Размерные и выносные линии не следует сосредотачивать на одной какой-либо проекции.

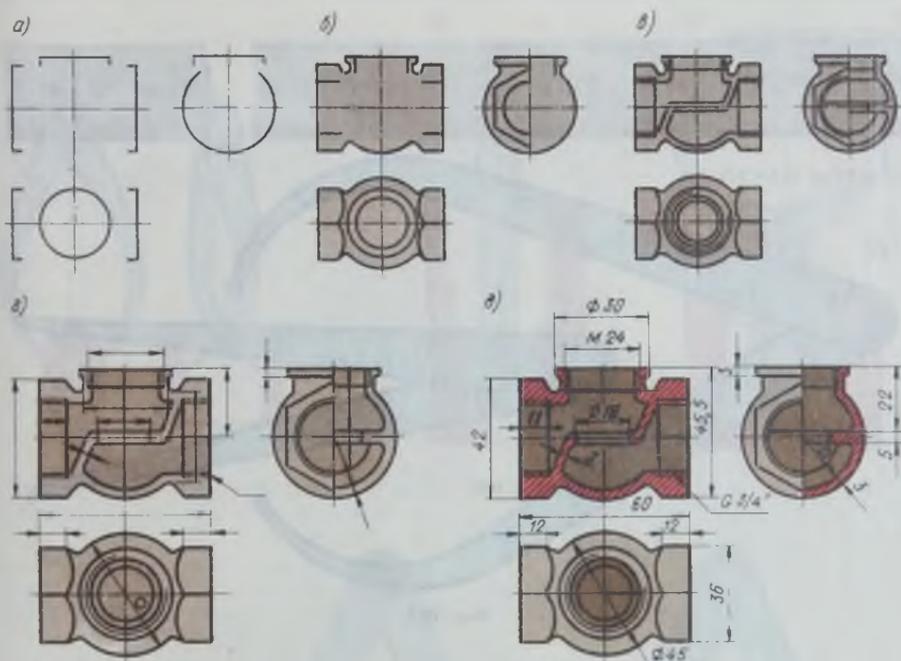


Рис. 18.1

После нанесения выносных и размерных линий можно приступить к измерению детали и нанесению всех необходимых размеров.

Этап III состоит в измерении детали. Здесь следует обратить внимание на точность измерений (рис. 18.1, д). Для измерения используются набор измерительных инструментов.

18.3. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Измерительные инструменты, применяемые при эскизировании: металлическая линейка, кронциркуль, нутромер, штангенциркуль, а для обмера крупных предметов, таких, как части зданий или здания в целом, применяют складной метр и рулетку.

Металлическая линейка (рис. 18.2, а) применяется для измерения

прямолинейных участков детали, ею пользуются при обмерах детали кронциркулем и нутромером.

Кронциркуль используется для измерения наружных размеров деталей (рис. 18.2, б).

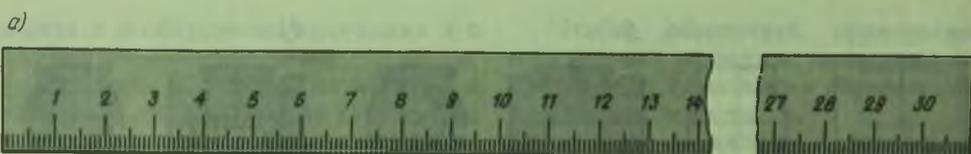
Нутромер (рис. 18.2, в) служит для измерения внутренних диаметров отверстий, труб и др.

Штангенциркуль (рис. 18.3) применяется для более точных измерений и может заменить кронциркуль и нутромер.

На рис. 18.4... 18.6 показаны приемы обмера деталей.

Размеры цифр обычно зависят от масштаба чертежа. На эскизе рекомендуется проставлять цифры высотой не менее 3,5 мм.

Размерные числа и знаки не должны быть зачеркнуты, или перечеркнуты, или разъединены какими-либо ли-



Торцевая плоскость

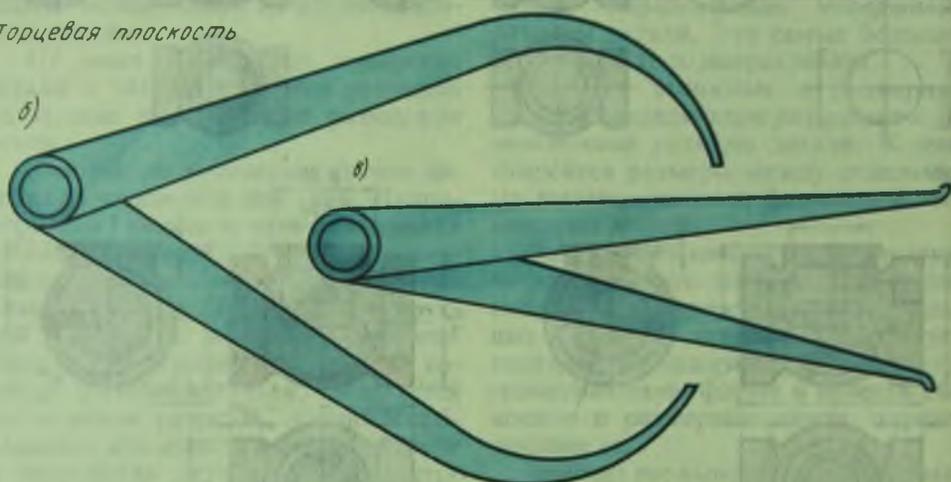


Рис. 18.2

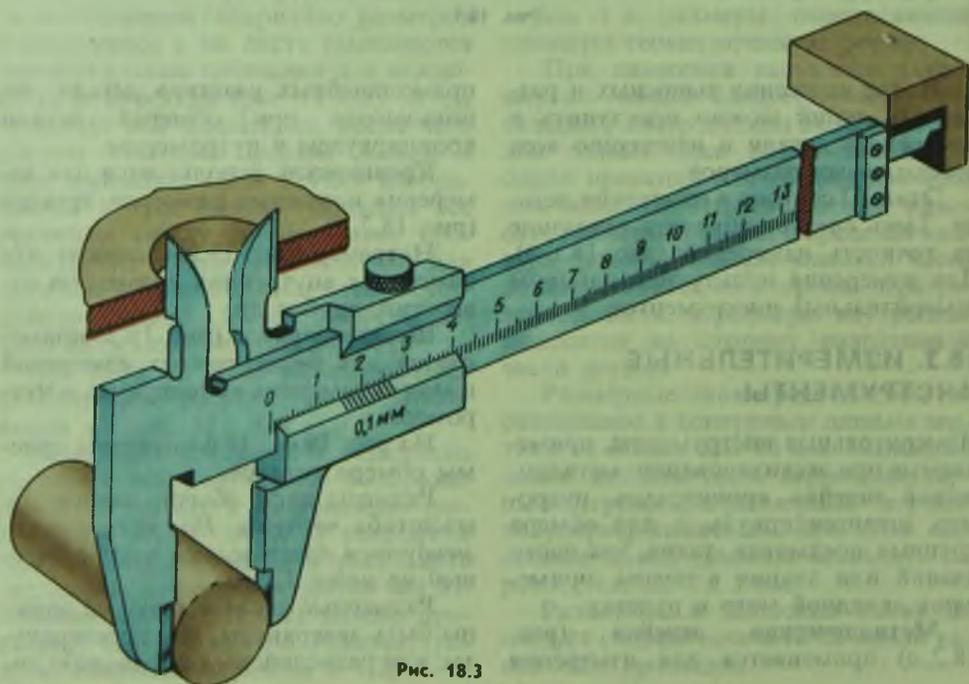


Рис. 18.3

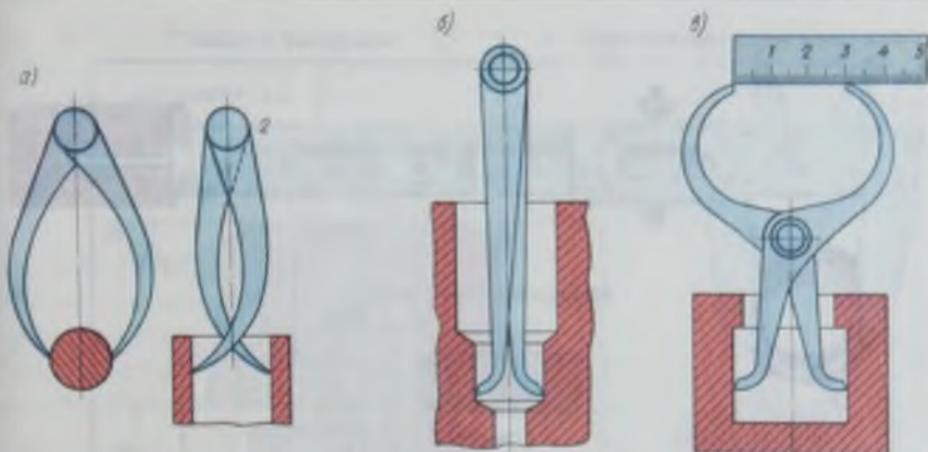


Рис. 18.4

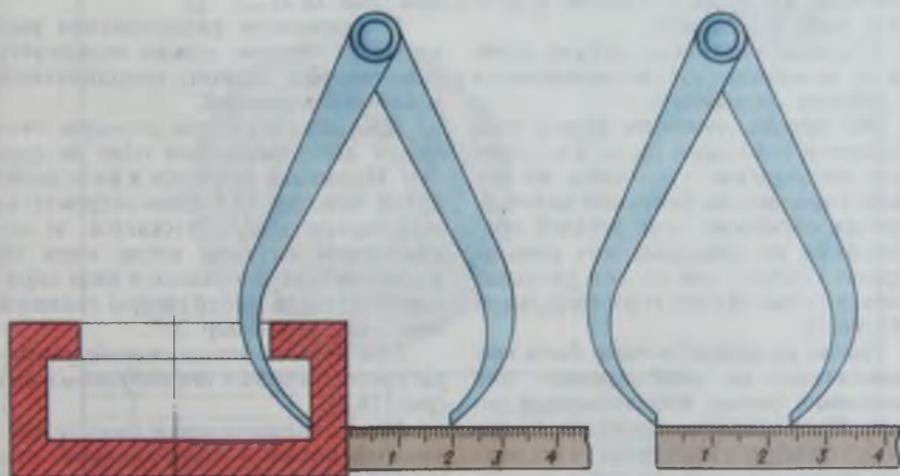


Рис. 18.5

ниями или посторонними значками.

После нанесения размеров эскиз обводится по контуру без помощи каких бы то ни было инструментов и заштриховывается в местах разрезов.

18.4. ЧЕРТЕЖИ ДЕТАЛЕЙ

Рабочий чертеж должен давать ясную и исчерпывающую характеристику формы и размеров детали. Для этого необходимо правильно определить главный (основной) вид детали. Главный вид выбирается в зависимости от

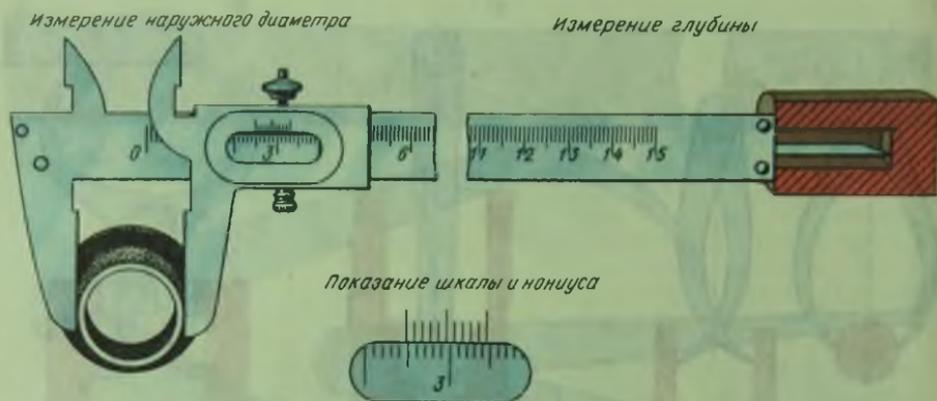


Рис. 18.6

ее положения при обработке или в сборочной единице и должен давать наиболее ясное представление о форме и размерах детали.

Станина, корпусные детали, стойки и подобные им — вычерчиваются в рабочем положении.

Все детали, имеющие форму тела вращения, шпиндели, валы, и т. д. следует располагать так, чтобы их ось была параллельна основной надписи, так как обработка этих деталей производится на токарных или револьверных станках, где их оси располагаются параллельно горизонтальной плоскости.

Число проекций должно быть минимальным, но необходимым для выявления формы всех элементов детали. Если основные проекции не дают полного представления о геометрии (форме) детали, то дают дополнительные виды и сечения. Валы и другие детали следует чертить в одной проекции, а если на них есть канавки, проточки, то необходимо давать выносные сечения.

Рекомендуется чертежи деталей выполнять в масштабе 1:1. Формат листа выбирается в зависимости от масштаба чертежа и числа проекций.

Необходимо стремиться к равномерному заполнению поля листа и не забывать, что на чертежах деталей

должны быть проставлены все размеры, необходимые для их изготовления (рис. 18.7).

По характеру расположения размеров на чертеже можно определить три способа: цепной, координатный и комбинированный.

При цепном способе размеры ставятся последовательно один за другим. Нанесение размеров в виде замкнутой цепочки на машиностроительных чертежах не допускается, за исключением случаев, когда один из размеров цепочки указан в виде справочного, тогда около цифры ставится звездочка, например 20*.

При координатном способе размеры проставляются от выбранных баз (рис. 18.8).

При комбинированном способе применяются цепной и координатный, что позволяет достигать повышенной точности на более ответственных размерах (рис. 18.9).

Все размеры можно разбить на две группы: сопряженные и свободные.

Сопряженные размеры входят в размерные цепи и определяют относительное положение детали в собранном изделии. Размеры должны обеспечивать правильное положение детали в механизме, точность ее работы, а также возможность сборки

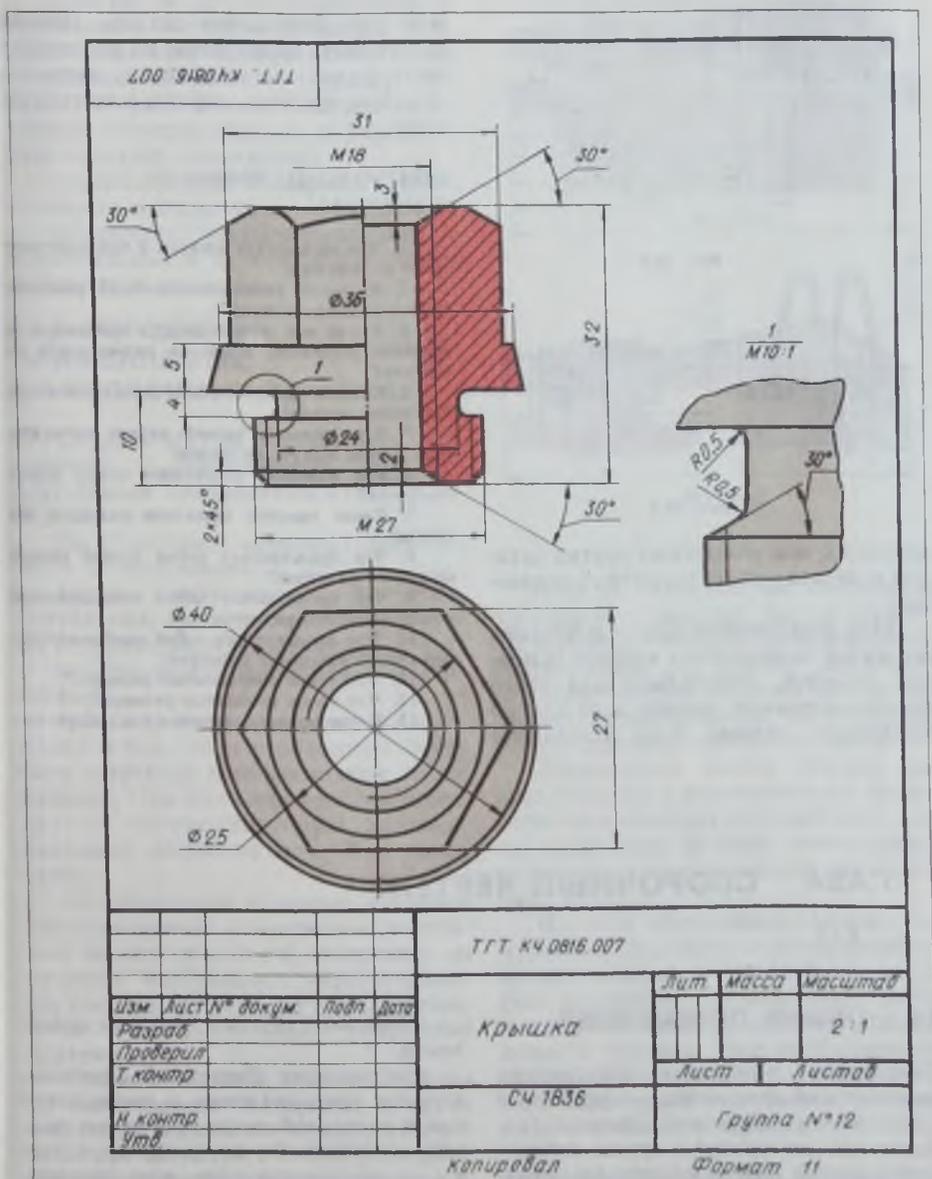


Рис. 18.7

всего механизма, взаимозаменяемость деталей. Такие размеры обычно выполняются с указанием допуска.

Свободные размеры определяют положение поверхностей деталей, которые входят в непосредственный

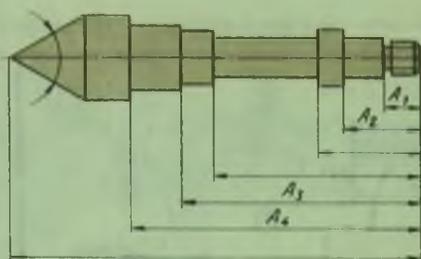


Рис. 18.8

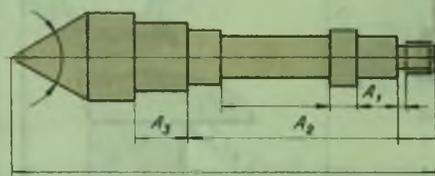


Рис. 18.9

контакт с поверхностями других деталей и не влияют на характер соединения.

При выполнении эскиза и чертежа по эскизу необходимо в графе основной надписи, специально для этого предназначенной, написать из какого материала должна быть выполнена

или уже выполнена деталь. Детали могут быть выполнены из различных материалов — чугуна, стали, цветного металла, сплавов, дерева, пластмассы и др.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что называется эскизом и чем отличается он от чертежа?
2. В какой последовательности рекомендуется выполнять эскиз?
3. Какой вид детали следует принимать за основной (главный) и где он размещается на чертеже?
4. Какими инструментами пользуются при измерении детали?
5. Как измерить размер внутри цилиндра, если нельзя вынуть нутромер?
6. Как измерить расстояние между осями отверстий?
7. Какие способы нанесения размеров вы знаете?
8. Что представляет собой цепной способ нанесения размеров?
9. Что представляет собой координатный способ нанесения размеров?
10. Что представляет собой комбинированный способ нанесения размеров?
11. Что такое сопряженные размеры?
12. Что такое свободные размеры?
13. Какие размеры называются габаритными?

ГЛАВА СБОРОЧНЫЙ ЧЕРТЕЖ

19

19.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сборочным чертежом называется технический документ, содержащий изображение сборочной единицы (изделия или его части) и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля.

При необходимости на сборочном чертеже приводят данные о работе изделия и о взаимодействии его частей.

Сборочный чертёж должен содержать:

изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы. Допускается на сборочных чертежах помещать дополнительные схематические изображения соединений и расположение составных частей изделия;

размеры и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу. Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющие характер сопряжений;

номера позиций составных частей, входящих в изделие;

габаритные, установочные присоединительные и другие необходимые справочные размеры.

19.2. УПРОЩЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖАХ

Сборочный чертеж выполняется, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов ЕСКД.

На сборочных чертежах допускается не показывать:

фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки и другие мелкие элементы;

зазоры между стержнем и отверстием;

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

На сборочном чертеже применяют упрощенное изображение составных частей и изделий, например на разрезах изображают нерассеченными составные части, на которые имеются самостоятельные сборочные чертежи.

Сварные, паяные, клееные изделия из однородного материала в сборе с другими изделиями на разрезах и сочетаниях изображают в одну сторону, изображая границы между деталями изделия сплошными основными линиями (рис. 19.1). *Допускается не показывать границы между деталями, т. е. изображать конструкцию как монолитное тело.*

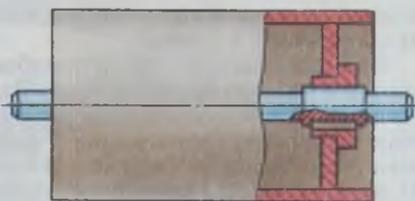


Рис. 19.1

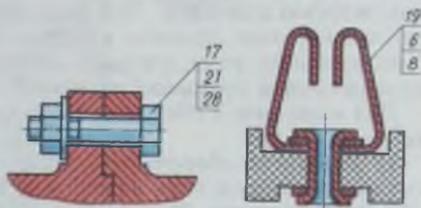


Рис. 19.2

Номера позиций на сборочном чертеже всех сварных частей нумеруют в соответствии со спецификацией, составленной для данной сборочной единицы. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проведенных от изображений составных частей.

Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления (рис. 19.2).

На поле сборочного чертежа допускается помещать отдельно изображения нескольких деталей, на которые допускается не выпускать рабочие чертежи при условии сохранения ясности чертежа. Над изображением пишут номер позиции и его масштаб, если последний отличается от масштаба основного чертежа.

19.3. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭСКИЗОВ ДЛЯ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА

Составление сборочных чертежей по образцу сборочной единицы начинается с эскизирования натуральных

деталей и заканчивается составлением сборочного чертежа.

При выполнении эскизов приобретают конструкторские навыки. Так, разбирая ту или иную сборочную единицу, происходит знакомство с формами, назначением и взаимодействием деталей. Составляя чертеж, решают вопросы выбора основного вида, числа проекций, а также необходимых разрезов и сечений. При обмерах деталей изучают способы измерений и пользования измерительными инструментами и приспособлениями.

Для выполнения сборочного чертежа необходимо:

- 1) осмотреть сборочную единицу, постараться определить назначение и рабочее положение;
- 2) несколько раз разобрать и собрать сборочную единицу для изучения последовательности соединения деталей и не путать их, если нужно, то составить схему сборки;
- 3) изучить каждую деталь в отдельности, определив для каждой главный (основной) вид, не связывая его с положением данной детали в изделии, после чего приступить к изготовлению эскизов;
- 4) выполнить эскизы всех деталей, входящих в сборочную единицу.

На стандартные изделия (болты, гайки, шайбы и т. п.) эскизы не составляются.

Детали, подлежащие эскизированию, необходимо тщательно осмотреть, выяснить название, материал, способ изготовления (литье, поковка, штамповка), а также назначение детали. Определить конструктивные особенности — из каких геометрических тел образована форма детали.

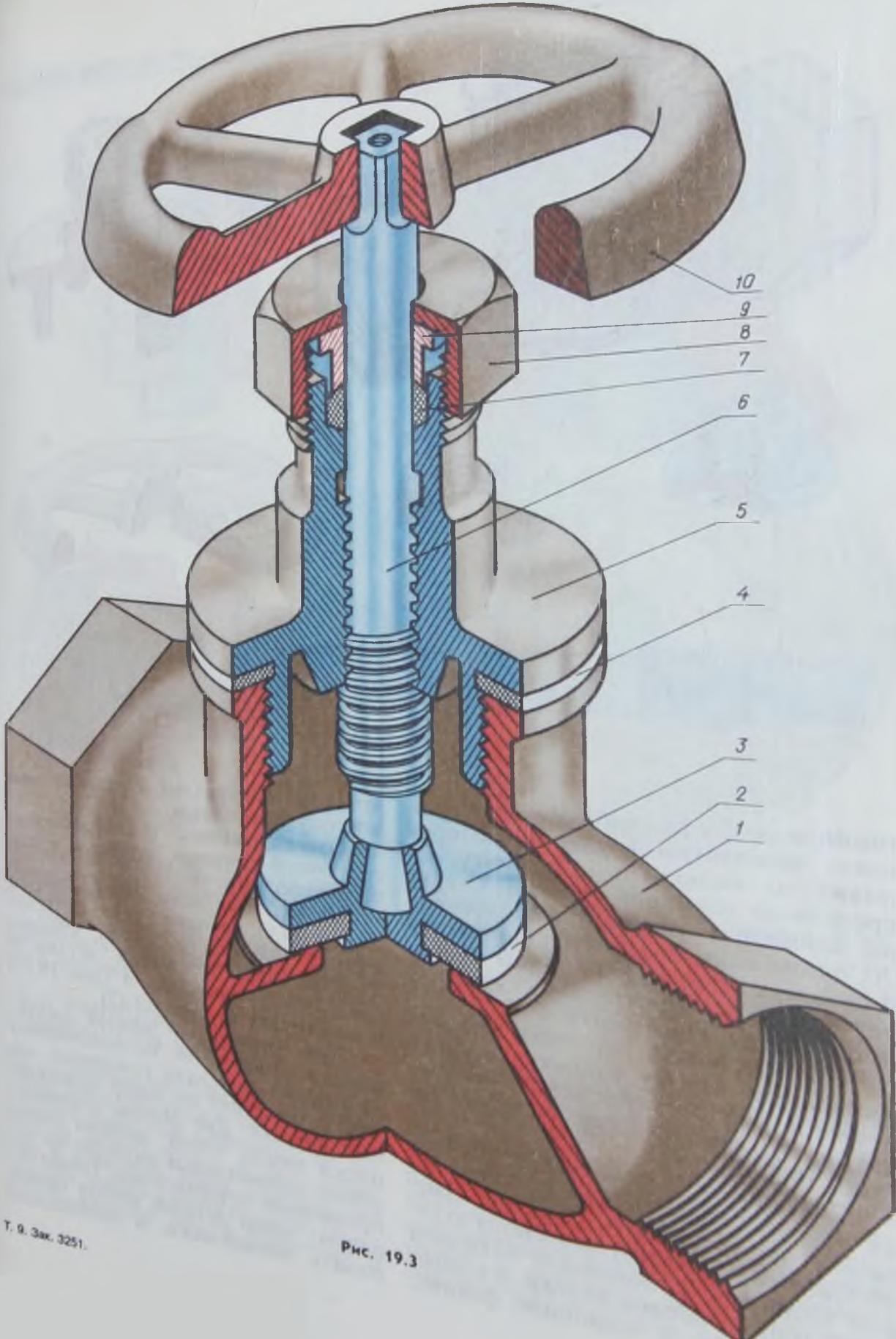
Каждый эскиз должен быть выполнен на отдельном листе, формат не менее А4 стандартного размера по ГОСТ 2.301-68. При вычерчивании корпуса его следует располагать так, чтобы основной вид и зависящие от него остальные изображения способствовали проведению сборки, контролю и рациональному использованию поля чертежа.

Деталь простой формы следует располагать так, чтобы ее основной вид соответствовал технологической операции в механической обработке.

Оси, валы, втулки, шпиндели, изготовляемые в процессе обработки вращением, располагают так, чтобы их ось была параллельна надписи чертежа. В этом случае детали могут иметь только одно изображение, второе — заменяют условными знаками диаметра « \varnothing », квадрата « \square » и т. д.

Число изображений для каждой детали должно быть минимальным, но достаточным для полного выявления внешней и внутренней формы детали. При выборе числа необходимых изображений следует исходить из сложности конструкции детали. Важно полностью выявить внутреннее очертание детали за минимальное время, для этого следует уметь применить ту или иную условность (разрез, сечение, частичный разрез или их взаимное сечение). Если проекции детали симметричны, то следует соединить половину вида с половиной разреза.

В качестве примера рассмотрим выполнение сборочного чертежа вентиля (рис. 19.3, 19.4). Осматривая сборочную единицу — вентиль, определяем, что он служит для регулирования жидкости. Вентиль присоединяется к трубопроводу при помощи нарезки, сделанной на внутренней поверхности входного отверстия корпуса 1. Сверху к корпусу привинчивается крышка 5. Между крышкой и корпусом кладется прокладка 4. Через крышку проходит шпindel 6. Конец шпинделя имеет форму конуса. При сборке он вводится в цилиндрическое углубление, имеющееся в клапане 3. Для соединения шпинделя 6 с клапаном стенки последнего в верхней части обжимаются. Под клапан кладется кожаное кольцо 2 для уплотнения при закрытии вентиля. В верхней части крышки располагается сальниковая набивка 7 для устранения течи воды вдоль



Т. 9. Зак. 3251.

Рис. 19.3

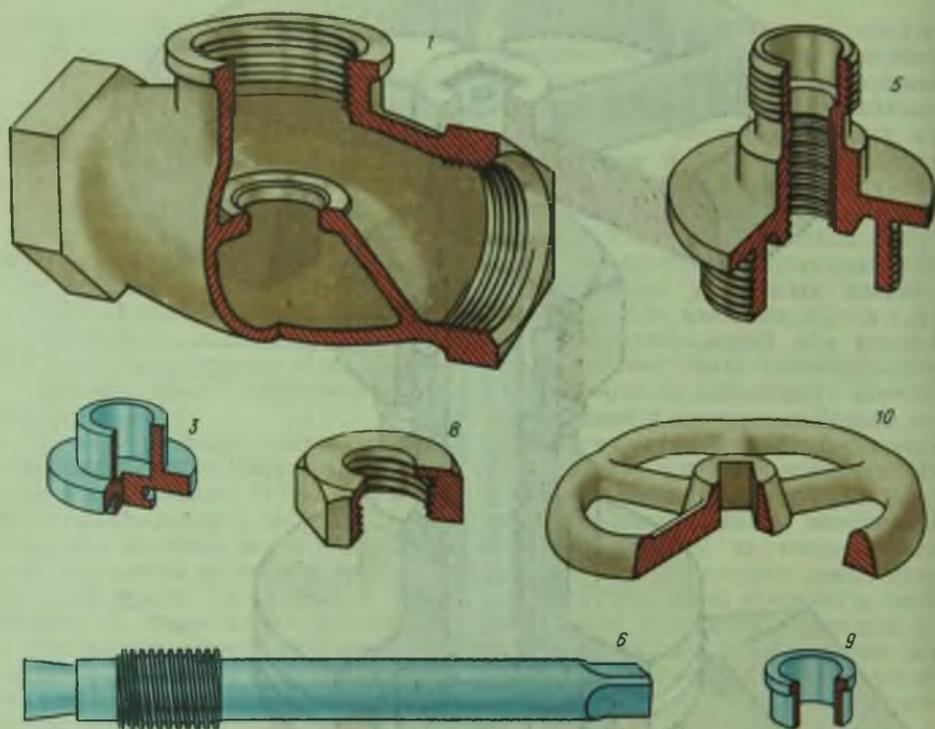


Рис. 19.4

шпинделя. Сверху набивки устанавливаются нажимную втулку 9, которая давит на сальниковую набивку посредством накидной гайки 8. Сверху на шпindelъ надевается маховичок 10, с помощью которого поднимается или опускается клапан и тем самым регулируется количество жидкости, проходящей через вентиль.

На сборочных чертежах принято нажимную втулку сальника ставить в самое верхнее положение, предполагая, что набивка еще не сжата ею (рис. 19.5, а).

Сальниковое уплотнение состоит из втулки сальника или крышки, набивки и крепежных деталей (рис. 19.5, а, б, в). Набивка сжимается втулкой сальника с помощью накидной гайки или резьбовой втулки, а в некоторых случаях с помощью фланца,

который прикреплен к крышке или корпусу шпильками.

Ознакомившись с устройством сборочной единицы, перейдем к выполнению эскизов.

На чертежах даны эскизы корпуса 1 (рис. 19.6), крышки 5 (рис. 19.7), накидной гайки 8 (рис. 19.8), клапана 3 (рис. 19.9), нажимной втулки 9 (рис. 19.10), шпинделя 6 (рис. 19.11) и маховичка 10 (рис. 19.12).

При составлении эскизов следует обратить внимание на простановку размеров, нанесение размерных линий и особенно на замер сопряженных деталей. Две детали, соединяющиеся между собой, должны иметь общие номинальные размеры по сопряженным поверхностям. Таким образом, замер деталей нельзя производить механически, а необходимо

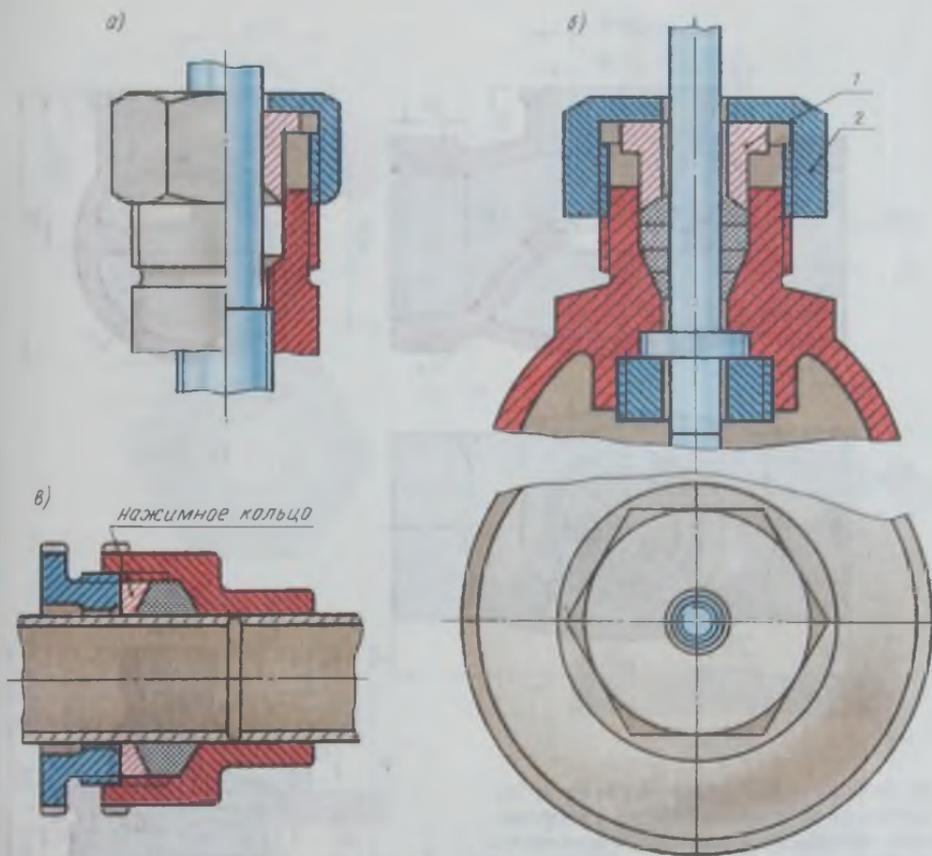


Рис. 19.5

все время следить за тем, как связан каждый размер с размерами смежных деталей.

После составления эскизов можно приступить к вычерчиванию сборочного чертежа.

19.4. ВЫПОЛНЕНИЕ СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА

На сборочном чертеже должно быть такое число изображений с необходимыми разрезами, сечениями, по которому можно судить о расположении и взаимной связи (соединении) деталей, понять работу изделия, определить процесс сборки (монтаж) и

разборки (демонтаж), прочесть форму каждой детали.

Сборочный чертеж может быть получен при проектировании нового изделия, тогда он делается на основе утвержденного чертежа «Общего вида».

Если сборочный чертеж сборочной единицы делается с натуры, то следует выполнить его в определенной последовательности, обеспечивающей требования, предъявляемые к сборочным чертежам ГОСТ 2.109-73. Начинать сборочный чертеж необходимо с организации поля чертежа: провести рамку и огранить место основной надписи (185 × 55) мм, предваритель-

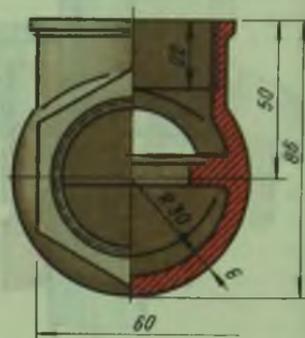
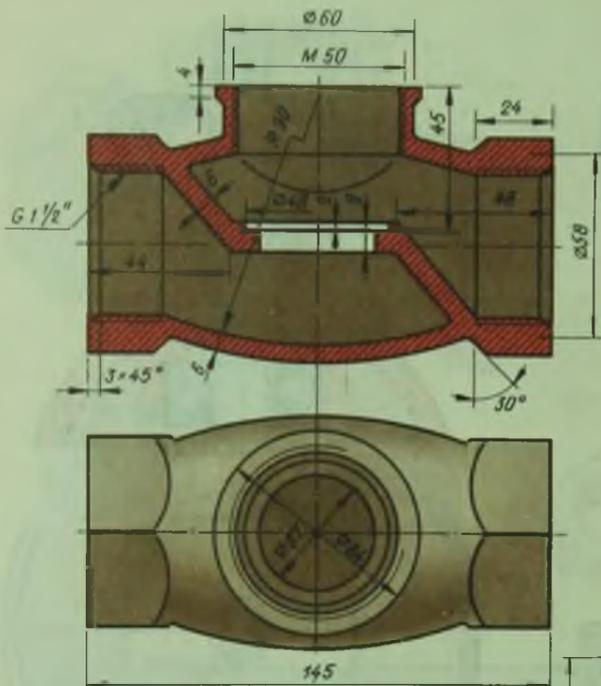


Рис. 19.6

но определив формат чертежа и наметив необходимое число изображений, выбрав основной вид сборочного изделия. Затем выбирается масштаб чертежа согласно ГОСТ 2.302-68.

Число изображений зависит от сложности сборочной единицы и правильного применения разрезов, сечений, местных видов и других условий. Решив эти задачи, следует приступить к разметке поля чертежа.

Здесь необходимо учесть места, на которых будут расположены основные и дополнительные виды, а также нанесены номера позиций. Нанести основные оси симметрии и приступить к вычерчиванию чертежа тонкими линиями (карандашом Т или 2Т). Начинать надо с вычерчивания основной корпусной детали, в порядке процесса сборки. Вычерчивание всех деталей ведется по элементам на

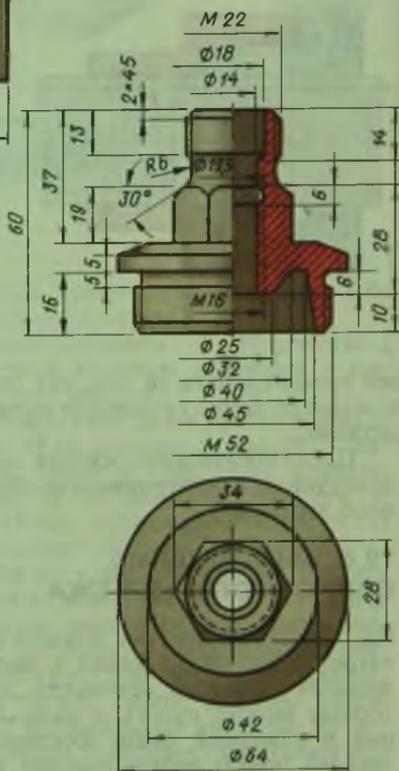


Рис. 19.7

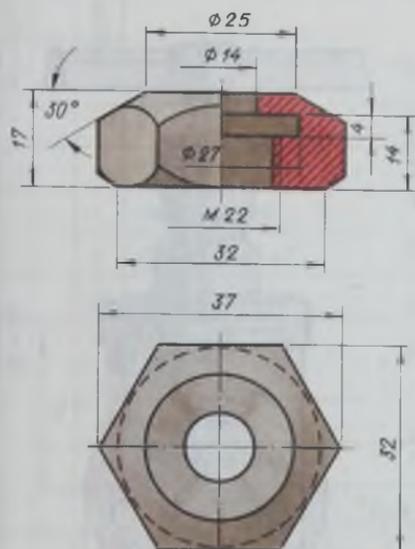


Рис. 19.8

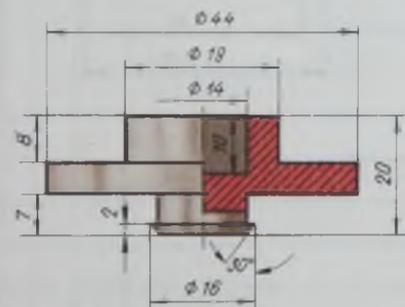


Рис. 19.9

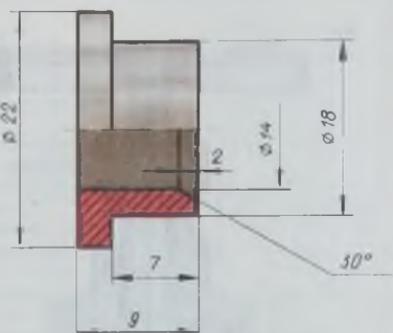


Рис. 19.10

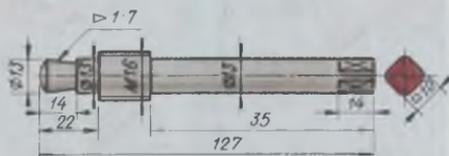


Рис. 19.11

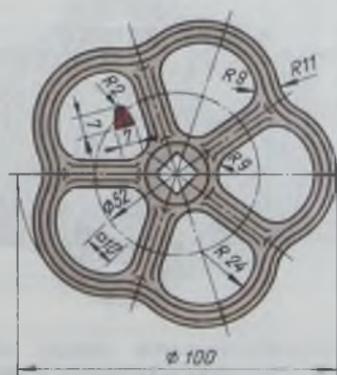
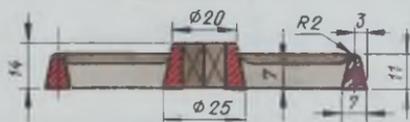


Рис. 19.12

всех видах одновременно с соблюдением проекционной связи.

При последовательном вычерчивании деталей постепенно получается чертеж сборки. Как только линии вычерчиваемой детали закроют линии предыдущей, закрытые линии надо сразу удалить. Затем производится обводка чертежа (карандашом ТМ или М), штриховка сечений. Проводятся размерные линии и проставляются размеры.

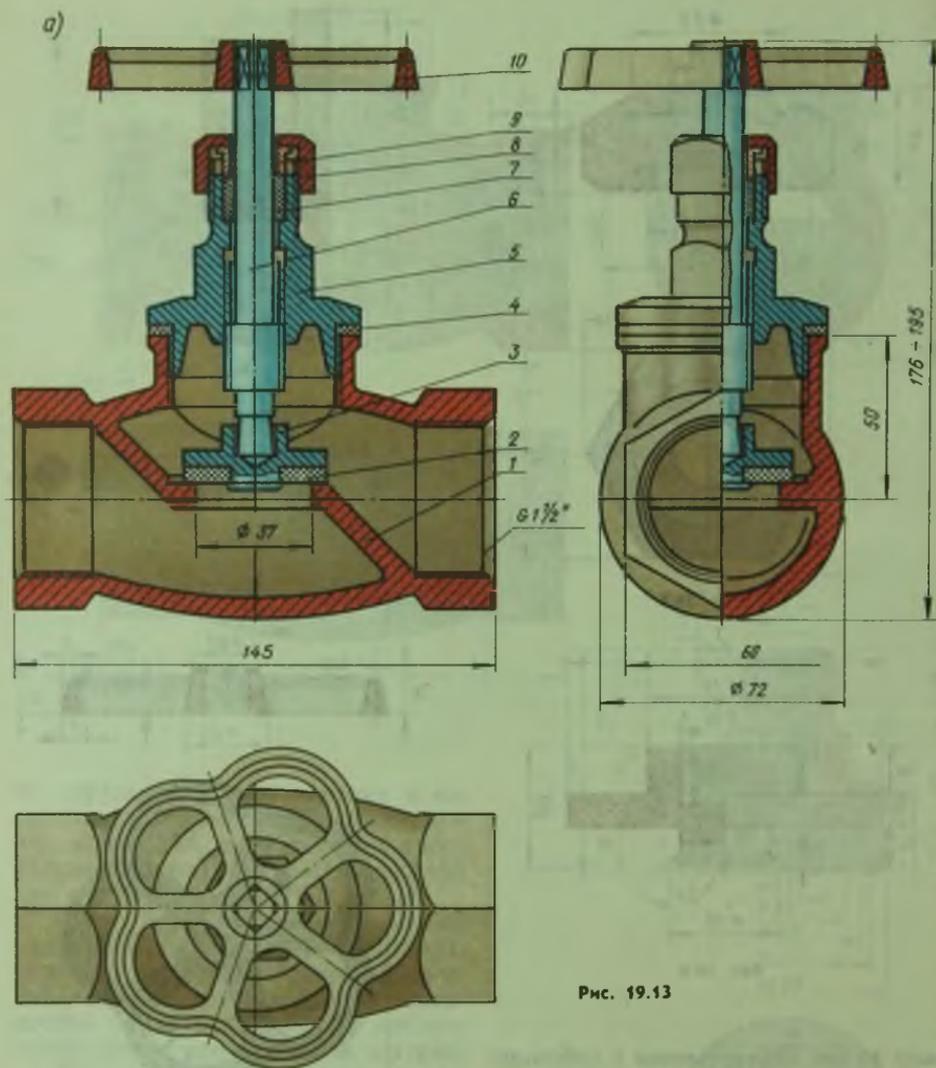


Рис. 19.13

Соприкасающиеся между собой детали заштриховываются с наклоном в разные стороны, но обязательно в одну сторону на всех проекциях, относящихся к одной и той же детали, и независимо от числа изображений.

На рис. 19.13, а дан сборочный чертеж вентиля в законченном виде. На рис. 19.14 показаны варианты креплений шпинделя к клапанам.

19.5. СПЕЦИФИКАЦИЯ

Каждый сборочный чертеж должен иметь спецификацию. Спецификацию по ГОСТ 2.108-68 составляют на отдельных листах формата А4, она определяет состав сборочной единицы, комплекса и комплекта и необходима для их изготовления, комплектования конструкторских документов

б)

Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-ч.	Примечание
				<u>Детали</u>		
		1	СБ-26-15-17-01	Корпус	1	Бр ОЦС-12-5
		2	СБ-26-15-17-02	Прокладка	1	Кожза
		3	СБ-26-15-17-03	Клапан	1	ЛКС 80-3-3
		4	СБ-26-15-17-04	Прокладка	1	Кожза
		5	СБ-26-15-17-05	Крышка	1	Бр ОЦС-12-5
		6	СБ-26-15-17-06	Шпindelь	1	ЛКС 80-3-3
		7	СБ-26-15-17-07	Набивка	1	
		8	СБ-26-15-17-08	Накидная гайка	1	Бр ОЦС-12-5
		9	СБ-26-15-17-09	Втулка сальника	1	ЛКС 80-3-3
		10	СБ-26-15-17-10	Маховик	1	СЧ 12-28
				<u>Стандартные изделия</u>		
				<u>Материалы</u>		
				Пенька		
6	6	8	10	63	10	20
			СБ 26 15 17 01			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Вентиль 123	
Чертил						
Проверил						
Принял						

Рис. 19.13

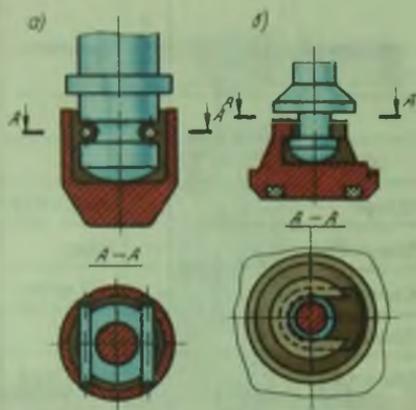


Рис. 19.14

и планирования запуска в производство указанных изделий.

Спецификация в общем случае состоит из разделов, которые располагают в такой последовательности: документация, комплексы, сборочная единица, детали, стандартные изделия, материалы, комплекты.

Наличие тех или иных разделов определяется составом изделия. Наименование каждого раздела указывают в виде заголовка в графе «Наименование» и подчеркивают.

В разделы «Комплексы», «Сборочная единица» и «Детали» вносят комплексы, сборочную единицу и детали, непосредственно входящие в специфицируемое изделие. В разделе «Стандартные изделия» записывают изделия в алфавитном порядке.

Графы спецификации заполняются следующим образом (рис. 19.13, б):

в графе «Формат» указывают формат документа, в графе «Зона» указывают обозначение зоны, в которой находится записываемая составная часть. Зоны обозначаются сочетанием букв и цифр, например 1А, 2А, 2В, 1В и т.п. по ГОСТ 2.104; в графе «Позиция» указывают порядковые номера составных частей, непосредственно входящих в специфицируемое изделие; в графе «Обозначение» указывают обозначение чертежа, номера деталей; в графе «Наименование» указывают наименование всех деталей и стандартных изделий.

После составления спецификации на чертеже проставляются номера позиций, которые указывают на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей.

Размер шрифта номеров позиций должен быть на один размер больше размера шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже. Полка должна быть проведена тонкой линией.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какой вид изделия называется сборочной единицей?
2. Какой вид документа называется сборочным чертежом?
3. Какие размеры содержит сборочный чертеж?
4. Как на сборочном чертеже в разрезе штрихуются смежные детали, соединяемые сваркой, пайкой и т.п.?
5. Как на сборочном чертеже изображаются крепежные детали?
6. Что такое спецификация?
7. Из каких разделов в общем виде состоит спецификация?

ГЛАВА ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

20

20.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

На производстве для изготовления изделия необходимы рабочие чертежи деталей этого изделия. Составление чертежей деталей по сборочному чертежу называется *деталированием*. При этом часть деталей завод может не изготавливать, а заказать их на другом предприятии, для чего также нужны чертежи деталей. Чертеж детали должен быть предельно ясным, четким, без лишних изображений и надписей. При его выполнении следует обратить особое внимание на правильный выбор основного (главного) вида. Основной вид выбирается из условия основной технологической операции при ее изготовлении и не связывается с положением детали и самой сборочной единицы.

Каждая деталь должна занимать отдельный лист стандартного формата в общем листе, но не менее формата А4. Разбивку основного листа формата А1 на необходимые более мелкие форматы производят путем последовательного деления большего листа пополам по длинной стороне.

Границы форматов, намеченные для каждой детали, наносятся тонкой сплошной линией толщиной $S/3$. Рамка каждого чертежа и основной надписи обводится линией толщиной S . В соответствии с ГОСТ 2.104-68 основную надпись на листах формата А4 следует располагать только вдоль короткой стороны листа, для листов больших форматов — в правом нижнем углу вдоль короткой или длинной стороны листа.

Правильное выполнение всех чертежей деталей определяется применением ГОСТ 2.305-68 ЕСКД. Изображения — виды, разрезы, сечения».

20.2. ДЕТАЛИРОВАНИЕ

Получив задание в виде сборочного чертежа (рис. 20.1), его необходимо прочитать, это значит представить размеры и форму изделия, понять взаимную связь отдельных деталей, представить изделие в целом (рис. 20.2), а затем каждую деталь в отдельности, т.е. мысленно представить и разобрать, развинтить всю сборочную единицу (рис. 20.3). После чего прочесть название изделия и всех его составных частей, для чего изучить спецификацию к данному сборочному чертежу (рис. 20.4).

Затем *устанавливают число проекций и масштаб*, в котором должна быть вычерчена каждая деталь, а по габаритным размерам детали определяют, на каком формате листа бумаги нужно ее вычертить. Для каждой детали выбирают основной (главный) вид и определяют необходимые разрезы и сечения.

Желательно, чтобы детали были вычерчены в натуральную величину, т.е. в масштабе 1:1. Очень крупные детали могут выполняться в уменьшенном масштабе, а мелкие в увеличенном.

После выбора листа определенно-го формата для каждой детали можно

20.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМАТОВ ДЛЯ ДЕТАЛИРОВАНИЯ

Номер детали	Название детали	Число проекций	Масштаб	Формат
02-01	Ролик	1	1:2	A4
02-02	Вилка	3	1:2	A3
02-03	Кронштейн	3	1:2	A3
02-04	Планка	2	1:1	A4
02-05	Ось	1	1:1	A4
Кронштейн вычертить в прямоугольной аксонометрии				A4

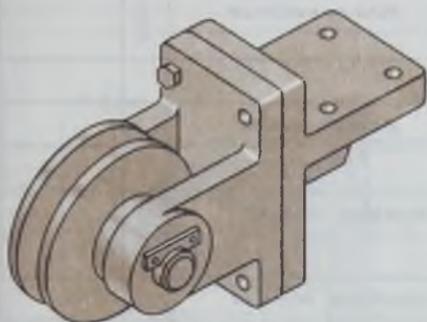


Рис. 20.2

Деталь следует изображать в наименьшем числе видов, но не за счет уменьшения ясности и полноты чертежа. Необходимо выбирать такое наименьшее число видов, чтобы по ним можно было прочесть чертеж однозначно, т. е. всеми одинаково.

20.3. ВЫПОЛНЕНИЕ ЧЕРТЕЖА ДЕТАЛИ

При вычерчивании детали необходимо равномерно распределить изображение по всей площади отведенного для нее листа. Расстояние между проекциями одной и той же детали должно быть минимальным, оно назначается с учетом места, занимаемого размерными линиями; чертеж выполняют тонкими линиями толщиной $S/3$. После вычерчивания необходимых изображений проводят размерные линии. Тщательно выверяют правильность чертежа каждой детали, после чего приступают к обводке.

Основные линии чертежа обводят линиями толщиной $S = 1 \dots 1,2$ мм. Все остальные линии: осевые, выносные, размерные, штриховки и т. д., имеющие толщину $S/3$, не обводят, их сразу наносят соответствующей толщиной и яркости.

Для построения на чертеже тонких линий следует применять карандаш 2Т, для обводки основных линий — ТМ, а для циркуля — М.

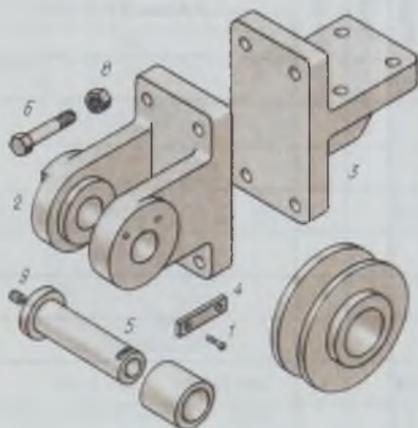


Рис. 20.3

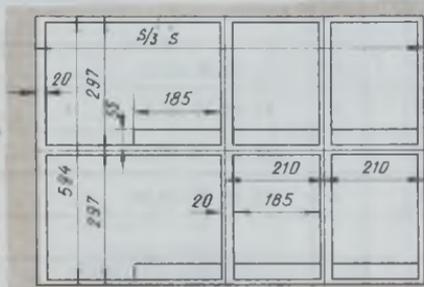


Рис. 20.5

При выполнении чертежей детали недостающие размеры определяют непосредственно обмером на сборочном чертеже. Полученные размеры следует округлять до миллиметра.

Часть размеров необходимо предоставлять в соответствии с принятыми в машиностроении стандартами: нормальные диаметры и длины, накатки, конусность, углы, резьба и т. п. Все эти данные берут из соответствующих ГОСТов, выборки из которых сосредоточены в справочниках по машиностроительному и строительному черчению.

Для правильной простановки размеров необходимо руководствоваться ГОСТ 2.307-68 «Нанесение размеров и предельных отклонений».

Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол-ч.		
				<u>Документация</u>			
A 2			ПК 02.06.00.00.СБ	Сборочный чертеж			
				<u>Сборочная единица</u>			
A 4	1		ПК 02.06.01.00	Ролик	1		
				<u>Детали</u>			
A 4	2		ПК 02.06.00.01	Вилка	1		
A 4	3		ПК 02.06.00.02	Кронштейн	1		
A 4	4		ПК 02.06.00.03	Планка	1		
A 4	5		ПК 02.06.00.04	Ось	1		
				<u>Стандартные изделия</u>			
		6		Болт М16×80 58 ГОСТ 7805-70	4		
		7		Болт М6×20 58 ГОСТ 7811-70	2		
		8		Гайка М16×5 ГОСТ 2524-70	4		
		9		Пресс-масленка V-2	1		
				ГОСТ 1303-56			
				ПК 02.06.00.00			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Чертил					Лит		
Проверил					Лист		
Принял					Листов		
Блок направляющий					Т.Г.Х С 15		

Рис. 20.4

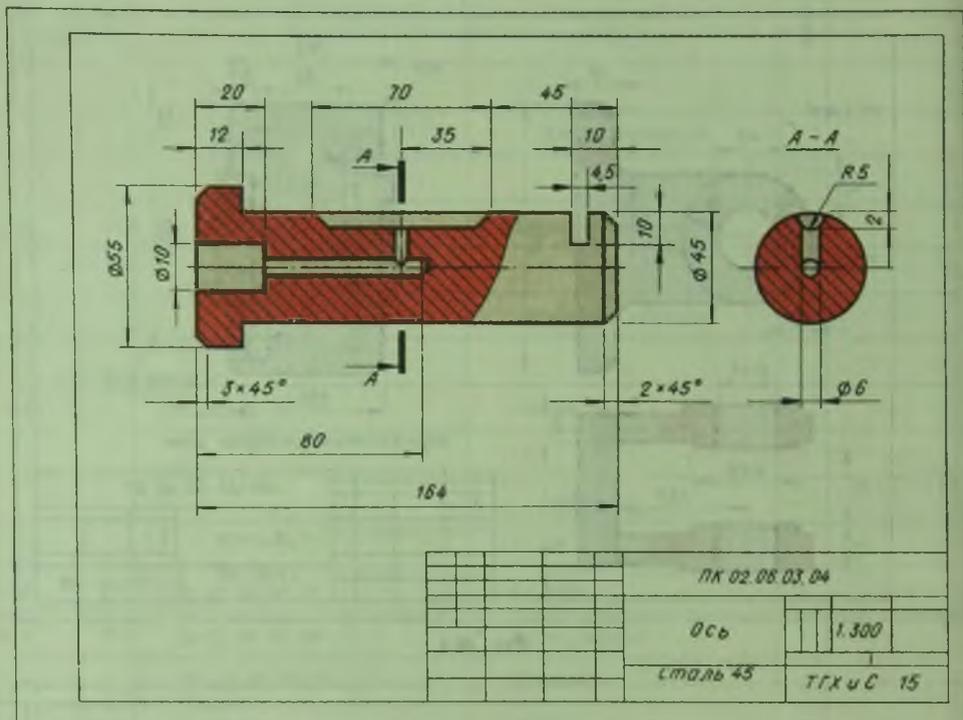


Рис. 20.8

Независимо от принятого масштаба на чертеже детали наносятся только натуральные размеры, т. е. те размеры, которые будет иметь деталь после ее изготовления. Каждая деталь вычерчивается с разрезом, если в этом есть необходимость, а в некоторых случаях выполняют дополнительное сечение. После того, как все детали вычерчены в ортогональных проекциях, вычерчивается одна деталь в аксонометрической проекции.

На рис. 20.1 был дан пример сборочного чертежа «Блок направляющий», подлежащего детализованию. В учебных целях спецификацию разрешается поместить на одном листе с заданием.

На рис. 20.2 дано аксонометрическое изображение всей сборочной единицы в целом так, как мы должны были представить ее в пространстве по сборочному чертежу.

На рис. 20.3 даны все детали в отдельности и пронумерованы согласно спецификации для лучшего представления каждой детали.

На рис. 20.6...20.11 даны примеры выполнения чертежей отдельных деталей сборочных единиц.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что называется детализированием и каково его назначение?
2. Что значит прочесть чертеж?
3. В каком масштабе предпочтительно выполнять чертежи деталей?
4. Исходя из каких условий выбирают размер формата для чертежа детали?
5. Какое изображение детали считается основным (главным) и какие к нему предъявляются требования?
6. Где предпочтительно наносить размерные линии?
7. Можно ли использовать линии контура, осевые, центровые и выносные линии в качестве размерных?
8. В каких случаях сечение должно быть заменено разрезом?

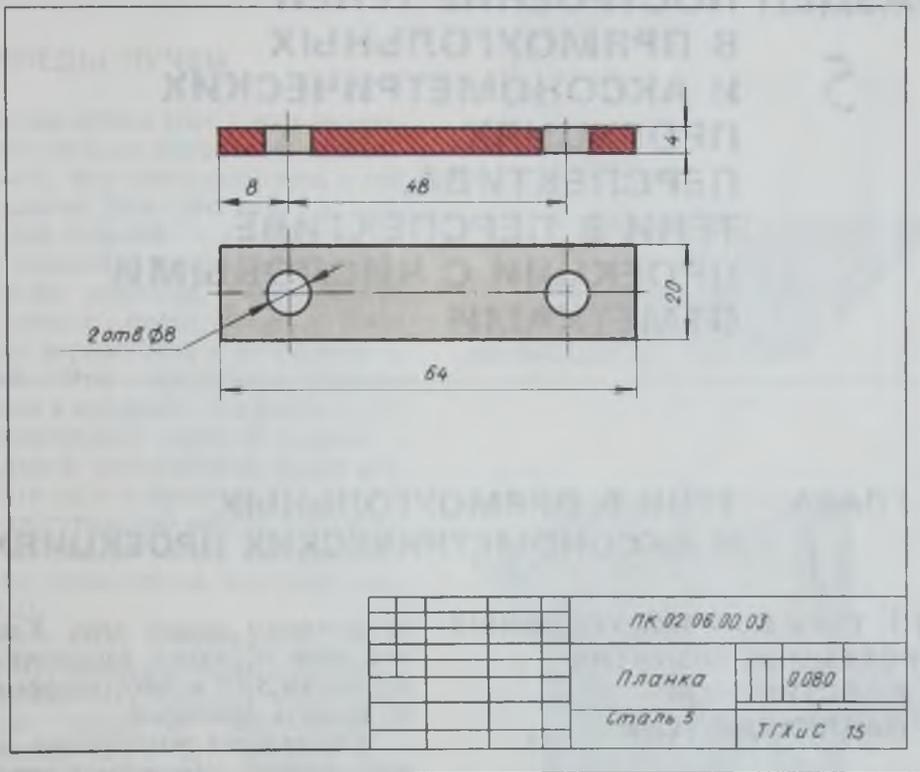


Рис. 20.9

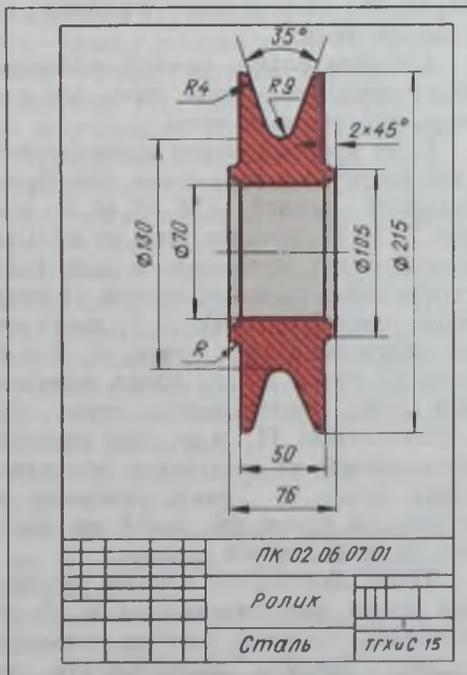


Рис. 20.10

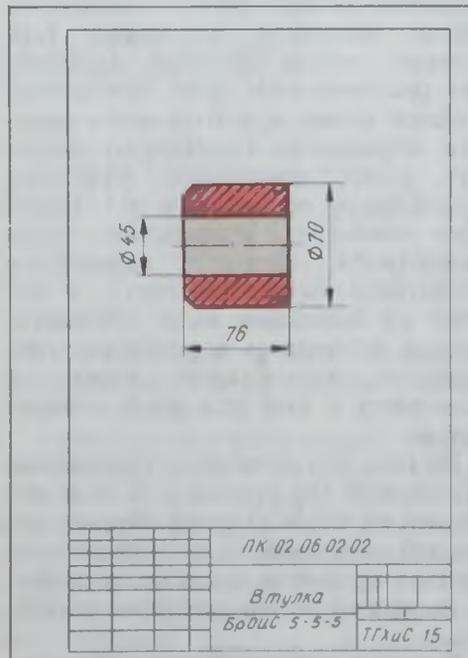


Рис. 20.11

РАЗДЕЛ ПОСТРОЕНИЕ ТЕНЕЙ В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ. ПЕРСПЕКТИВА, ТЕНИ В ПЕРСПЕКТИВЕ. ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

5

ГЛАВА ТЕНИ В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ 21

21.1. ТЕНИ В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПРОЕКЦИЯХ. ПОНЯТИЕ О СОБСТВЕННОЙ И ПАДАЮЩЕЙ ТЕНИ

При естественном или искусственном освещении каждая фигура освещается лучами светового источника. Как правило, любой световой источник дает рассеивающие лучи, исходящие из одной точки, при этом часть предмета, обращенная к световому источнику, будет освещенной (светлой), другая часть предмета в это время будет затемнена. Затемненная часть освещенного предмета называется *собственной тенью* предмета, в отличие от *падающей тени* предмета, которая получается в результате пересечения касательной плоскости к предмету с той или иной поверхностью.

На рис. 21.1 показано образование собственной (на гранях 2 и 3) и падающей от $EABCD$ теней. Форма падающей тени зависит от формы освещенного предмета, а также от рельефа поверхности, на которую падает тень.

Граница падающей тени образуется лучами, касательными к предмету,

от которого падает тень. Касательные лучи образуют касательные поверхности SAB и SBC , которые можно назвать лучевыми.

Касательная поверхность определяет границу собственной тени предмета, а следы касательных плоскостей $M_A M_B M_C$ определяют границу падающей тени.

Следовательно, *контур падающей тени предмета — есть тень от контура собственной тени.*

Если предмет имеет призматическую форму, то падающая тень будет ломаной линией $EM_A M_B M_C D$ (см. рис. 21.1). Падающие тени от прямых линий будут прямыми и для того, чтобы найти падающую тень от предмета, данного на рис. 21.1, достаточно найти тени трех точек: A , B и C . Тень от точки A — это точка пересечения луча, проходящего через нее, с плоскостью Π_1 или след прямой, проходящей из светового источника через точку A . Точки, лежащие на плоскости проекций, теней не дают, они сами являются тенью.

Тени обогащают чертеж, делают его более выразительным и убедительным, поэтому особое внимание следует уделять правильности построения теней.

21.3. СЛЕДЫ ЛУЧЕЙ

Так как падающая тень точки является следом луча на плоскости, необходимо знать, что такое след луча и как он находится. Луч — это отрезок прямой. След прямой — это точка пересечения прямой с плоскостью проекций. Таким образом, чтобы найти следы прямой, необходимо ее продлить до пересечения с плоскостями проекций. Это пересечение может произойти в пределах двугранного угла, составленного горизонтальной и фронтальной плоскостями проекций, или выйти за его пределы.

Все пространство может быть разделено на четыре части, которые называются *четвертями пространства* (рис. 21.2).

Заднюю полу плоскости Π_1 обозначим Π'_1 , нижнюю полу плоскости Π_2 обозначим Π'_2 . Первой четвертью считается четверть, образованная плоскостями Π_2 и Π_1 ; вторая четверть находится между плоскостями Π_2 и Π'_1 ; третья четверть — между плоскостями Π'_1 и Π'_2 и четвертая четверть — между плоскостями Π'_2 и Π_1 .

Все точки, расположенные над плоскостью Π_1 , имеют положительную координату z , под плоскостью Π_1 — отрицательную; все точки, расположенные перед плоскостью Π_2 , имеют положительную координату y , а точки, расположенные за плоскостью Π_2 , — отрицательную. При совмещении плоскостей фронтальная плоскость совмещается с задней полou горизонтальной плоскости проекций, а горизонтальная плоскость совмещается с нижней полou фронтальной плоскости проекций.

При проецировании точек в различных четвертях пространства проекции этих точек будут расположены на чертеже так, как это указано в табл. 21.1.

Знание четвертей пространства и умение с ними оперировать дают возможность легко находить следы прямой.

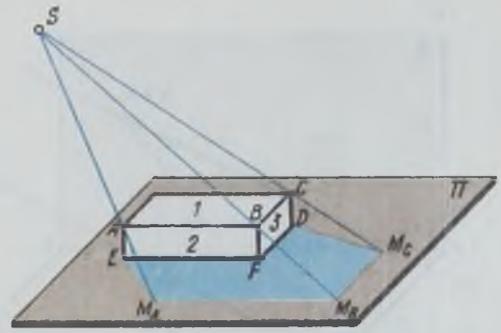


Рис. 21.1

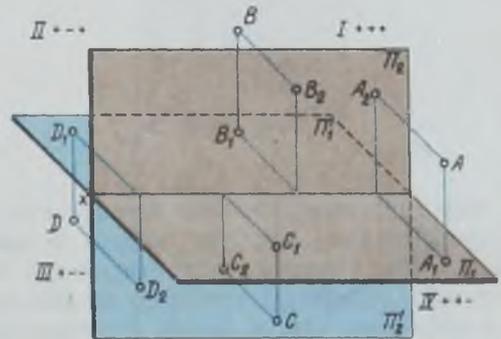


Рис. 21.2

21.1. ТОЧКИ В РАЗЛИЧНЫХ ЧЕТВЕРТЯХ ПРОСТРАНСТВА

Точка	Чет-верть	Горизонтальная проекция	Фронтальная проекция
A	I	A_1 — ниже оси X	A_2 — выше оси X
B	II	B_1 — выше оси X	B_2 — выше оси X
C	III	C_1 — выше оси X	C_2 — ниже оси X
D	IV	D_1 — ниже оси X	D_2 — ниже оси X

Итак, *следом прямой называется точка пересечения прямой с плоскостью проекций.*

Всякая прямая может иметь с плоскостями проекций Π_1 и Π_2 два следа, за исключением прямых, параллельных плоскостям проекций. Наклонная прямая имеет один фронтальный след в пересечении прямой с фронтальной плоскостью проекций Π_2 и один горизонтальный след в пересечении с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 (рис. 21.3). Прямая не имеет

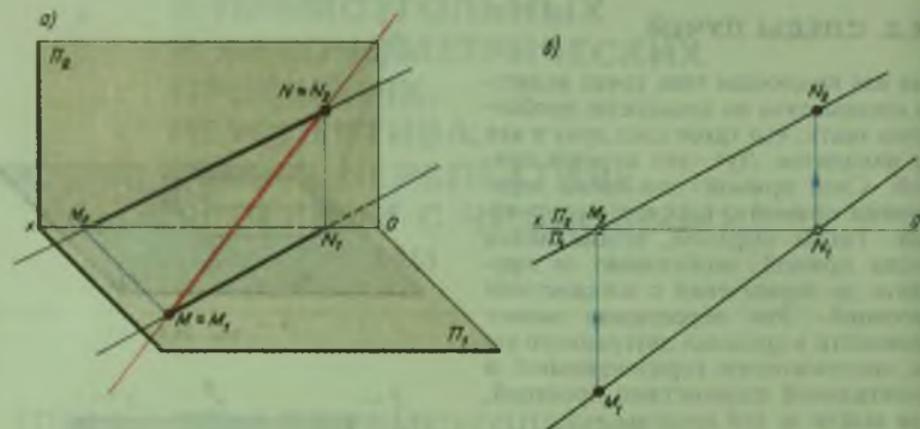


Рис. 21.3

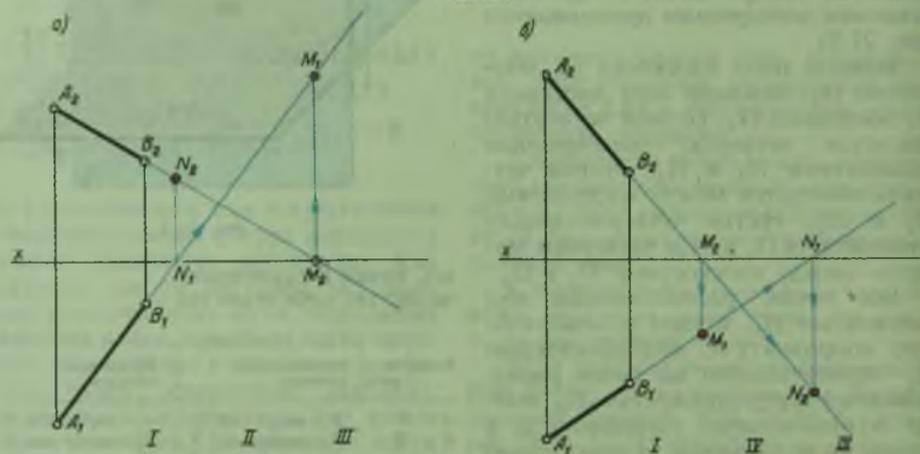


Рис. 21.4

следа с той плоскостью проекций, к которой она параллельна.

Обычно фронтальный след обозначается буквой N , а горизонтальный — буквой M .

На рис. 21.3, б, где дано изображение прямой общего положения, видно, что для того чтобы найти горизонтальный (фронтальный N) след M прямой, надо фронтальную (горизонтальную) проекцию продлить до пересечения с осью проекций и из

полученной точки восстановить перпендикуляр до пересечения с продолжением горизонтальной (фронтальной) проекции прямой.

На рис. 21.3, а и б следы прямой находятся в первой четверти пространства. В некоторых случаях прямая может быть расположена так, что фронтальный след будет найден в первой четверти пространства, а горизонтальный след во второй четверти пространства (рис. 21.4, а), или го-

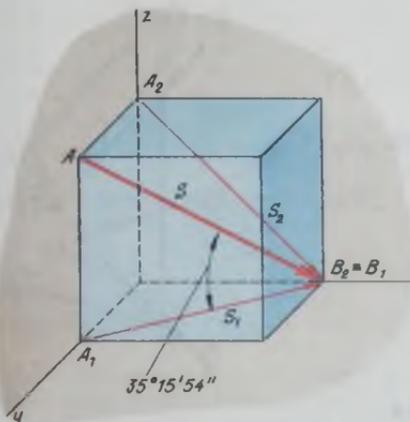
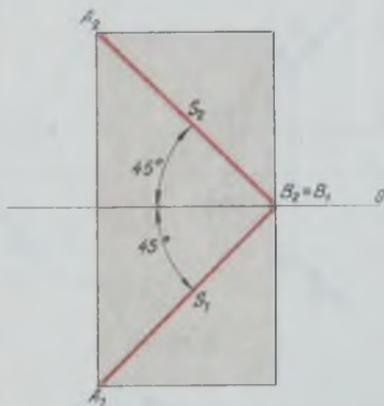


Рис. 21.5



горизонтальный след M (M_1M_2) будет найден в первой четверти пространства, а фронтальный след N (N_1N_2) — в четвертой четверти пространства (рис. 21.4, б).

Знание и умение находить следы необходимо для правильного построения теней различных фигур.

21.3. УСЛОВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЛУЧЕЙ

При построении теней направление лучей светового источника можно взять произвольное, но в практике это было бы неудобно, поэтому в ортогональных проекциях на архитектурных чертежах направление лучей принято брать по диагонали куба (рис. 21.5) из верхнего левого переднего угла A в правый нижний задний угол B . В этом случае диагональ куба проектируется в диагонали квадратов сторон куба, направленных под углом 45° к оси проекций. В действительности же угол между диагональю куба и плоскостью проекций $\theta = 35^\circ 15' 54''$ ($AA_1 = l$; $AB_1 = l\sqrt{2}$, следовательно, $ABA_1 = 1/\sqrt{2} = 0,707$, что соответствует углу $35^\circ 15' 54''$).

Такое направление лучей света удобно при построении теней на фа-

садах зданий, оно упрощает построение и чтение чертежа, соответствует примерно полуденному стоянию солнца на широтах Москвы и Санкт-Петербурга летом, когда тени в натуре получаются более резкими.

21.4. ТЕНЬ ОТ ТОЧКИ И ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ

Для получения тени от точки A на чертеже (рис. 21.6) через проекции A_1 и A_2 проводим проекции S_1 , S_2 луча S под углом 45° к оси проекций. Затем находим следы лучей как следы прямых линий, т. е. находим точку пересечения луча с плоскостью проекций. Тень падает на ту плоскость, к которой точка ближе.

Так, на рис. 21.6, а точка A расположена ближе к плоскости Π_1 и тень M_A легла на плоскость Π_1 . На рис. 21.6, б точка B расположена ближе к плоскости Π_2 , тень N_B легла на плоскость Π_2 и, наконец, в том случае, когда точка расположена в пространстве на одинаковом расстоянии от плоскостей проекций, тень от точки упадет на ось проекций в точку T_x (рис. 21.6, в).

Для нахождения тени от отрезка прямой на плоскостях проекций не-

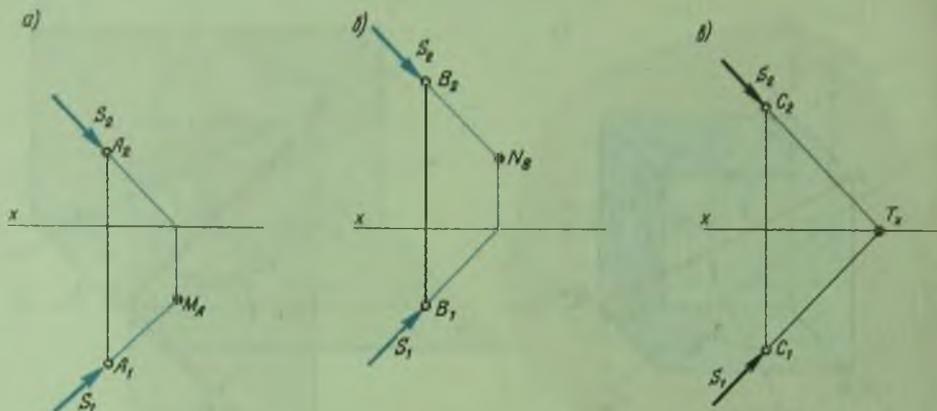


Рис. 21.6

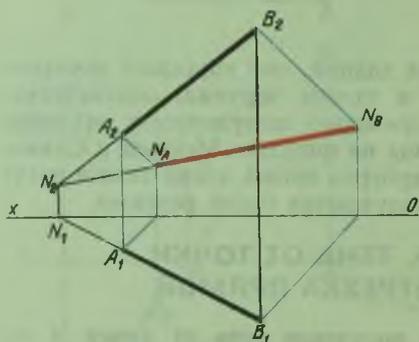


Рис. 21.7

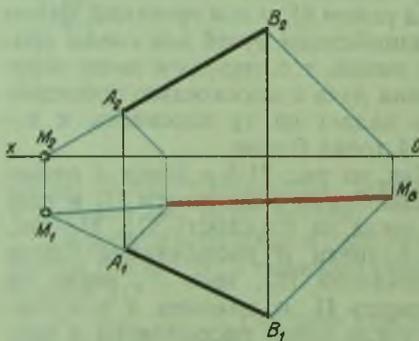


Рис. 21.8

обходимо найти тень от каждой точки отрезка прямой. При этом будем иметь три разных случая расположения тени на плоскостях проекций

в зависимости от расположения отрезка прямой в пространстве.

Тень от отрезка прямой может лечь целиком на фронтальную или на горизонтальную плоскость проекций или частично на фронтальную и на горизонтальную плоскость проекций. В последнем случае тень будет в виде ломаной линии.

Отрезок прямой расположен всеми своими точками ближе к фронтальной плоскости проекций (рис. 21.7). Зная, что тень от прямой всегда прямая, находим тень от двух крайних точек отрезка, т.е. от точек A и B , для чего через проекции $A_1 A_2$ и $B_1 B_2$ проводим проекции лучей и находим следы этих лучей на плоскости проекций Π_2 . Если тени от обеих точек легли на одну плоскость, например Π_2 , то их можно соединить, т.е. N_A соединяется с N_B , эта прямая и будет тенью от отрезка AB .

Если отрезок прямой всеми своими точками расположен ближе к горизонтальной плоскости проекций Π_1 (рис. 21.8), то вся тень этого отрезка упадет на горизонтальную плоскость проекций Π_1 .

Нахождение точек перелома падающей тени от отрезка прямой. Если отрезок прямой расположен в про-

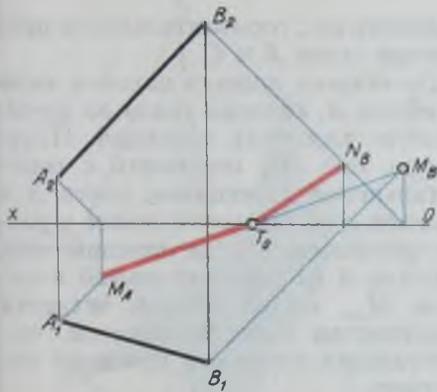


Рис. 21.9

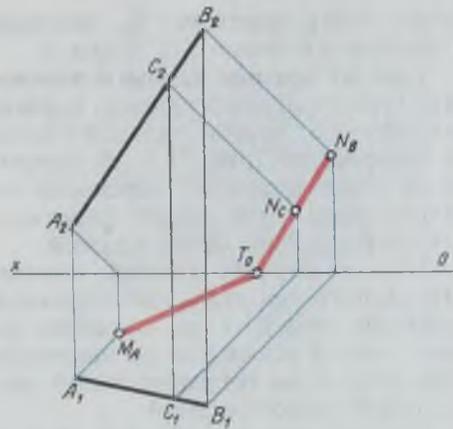


Рис. 21.10

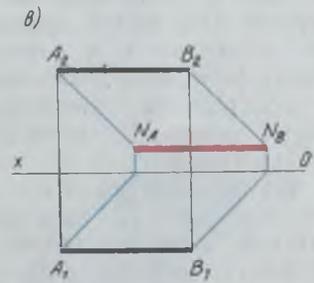
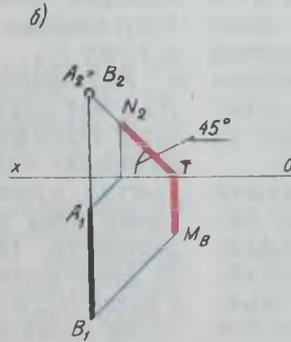
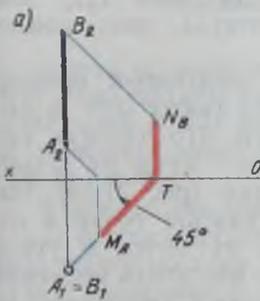


Рис. 21.11

пространстве так, что одна его точка находится ближе к плоскости Π_1 , а другая ближе к плоскости Π_2 , то тень ляжет на разных плоскостях проекций и соединить полученные тени точек прямой будет нельзя как точки, лежащие в разных плоскостях. В этом случае тень пересечет ось проекций, и точка перелома будет находиться на оси проекций.

Для нахождения точек перелома можно поступить следующим образом (рис. 21.9). Представим, что плоскость Π_2 отсутствует, тогда вся тень ляжет на плоскости Π_1 . Отсюда решение сведется к нахождению следа луча, проходящего через точку B на плоскости Π_1 , т. е. во второй четверти

пространства в точке M_B . Получив две тени от точек A и B отрезка на одной плоскости, можно их соединить прямой $A_M M_B$. После этого восстановим положение фронтальной плоскости проекций и на оси проекций получим точку перелома T_0 , которую соединим с тенью от точки B на плоскости Π_2 , т. е. с точкой N_B .

Точку перелома можно найти и другим путем. Для этого возьмем на прямой AB дополнительную точку C в произвольном месте, и найдем тень этой точки (рис. 21.10). Полученную тень N_C соединим с тенью N_B от точки B , лежащей на той же плоскости. Продолжая тени N_B и N_C до пересечения с осью проекций OX , по-

лучим точку перелома T_0 , которую и соединим с тенью M_A точки A .

Тени от прямых частного положения. Тень от отрезка прямой, перпендикулярного горизонтальной плоскости проекций (рис. 21.11, *a*), ложится на горизонтальной плоскости по направлению луча, а на фронтальной — параллельно самой прямой.

Тень от отрезка прямой, перпендикулярного фронтальной плоскости проекций (рис. 21.11, *б*), ложится на фронтальной плоскости по направлению луча, а на горизонтальной — параллельно самой прямой.

Тень от отрезка прямой, параллельной плоскостям проекций Π_1 и Π_2 (рис. 21.11, *в*), будет располагаться параллельно самой прямой и ляжет на ту плоскость, к которой прямая ближе, или, если расстояние отрезка в пространстве одинаковое от плоскостей проекций, то тень упадет на ось проекций.

Из рассмотренных примеров можно сделать вывод, что падающие тени от прямых, параллельных плоскостям проекций, будут параллельны самим прямым на той плоскости, которой данные прямые параллельны.

Пересекающиеся прямые дадут пересекающиеся тени, причем наклонные прямые, имея наклонные тени, могут дать различные тени по длине и наклону в зависимости от расположения прямых в пространстве.

21.5. ТЕНИ ОТ ПЛОСКИХ ФИГУР

Возьмем фигуру в виде плоского треугольника (рис. 21.12) и поставим ее стороной BC на горизонтальную плоскость проекций. В тех случаях, когда точка или прямая расположена в плоскостях проекций, задача несколько упрощается тем, что теней от точек, лежащих в плоскостях, искать не надо, в этом случае эти точки сами являются тенью. Для построения тени от данного треугольника надо найти тень только от точки A и

соединить ее с горизонтальными проекциями точек B и C .

По общему правилу находим тень от точки A , которая упала на фронтальную плоскость проекций. Полученную тень N_A соединить с горизонтальными проекциями точек B и C нельзя, так как точки лежат в разных плоскостях. Тогда находим тень от точки A на горизонтальной плоскости M_A , но во второй четверти пространства в предположении, что фронтальная плоскость проекций отсутствует.

Найденную точку можно соединить с основанием треугольника B_1C_1 , а в пересечении с осью проекций OX находим точки перелома T_0T_0 тени треугольника, откуда тень пойдет в точку N_A .

Рассмотрим следующий пример. Дан четырехугольник $ABCD$ в общем положении. Построить падающую тень от него на плоскостях проекций (рис. 21.13). Находим тени от каждой точки в отдельности. Тень от точки B упала на фронтальную плоскость проекций в точку N_B , от точки C тень падает на ту же плоскость Π_2 в точку N_C , от точки A тень падает на горизонтальную плоскость проекций в точку M_A , от точки D тень падает тоже на горизонтальную плоскость проекций в точке M_D .

Тени от точек, упавшие на одну и ту же плоскость проекций, могут быть соединены между собой. Например N_C с N_B и M_A с M_D , а тени от точек, лежащих на разных плоскостях проекций, соединять нельзя. Следовательно, тени от прямых AB и CD будут с переломом на оси проекций. Для того чтобы найти перелом не только прямых, а линию перелома тени всей данной плоскости, необходимо предположить, что фронтальная плоскость проекций временно отнята и вся тень от четырехугольника ляжет на плоскость Π_1 .

Найдем тени от точек B и C на горизонтальной плоскости проекций

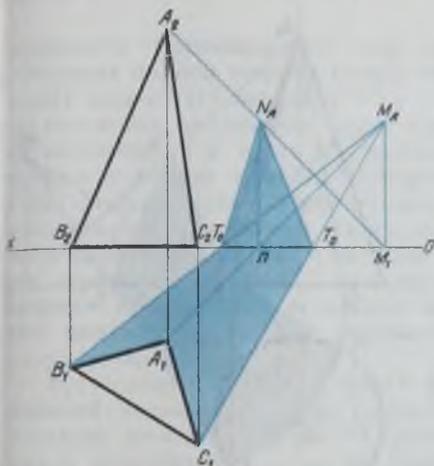


Рис. 21.12

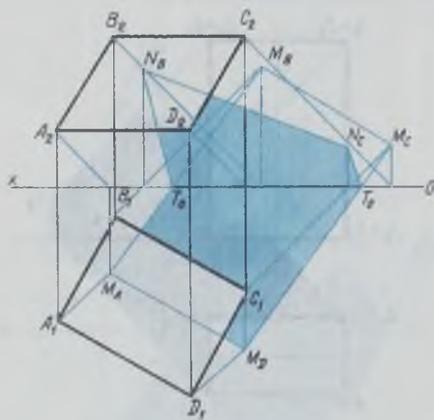


Рис. 21.13

во второй четверти пространства M_B и M_C , мы сможем соединить их с тенями точек A и D , найденными ранее на горизонтальной плоскости проекций M_A и M_D .

В пересечении теней от прямых AB и CD с осью проекций получим линию перелома тени T_0T_0 . Найденные точки соединяем с тенями от точек C и B , полученными на фронтальной плоскости проекций, т.е. N_C и N_B . Таким образом, получим полную тень фигуры $ABCD$ на плоскостях проекций.

Построить падающую тень от круга (рис. 21.14). Для построения тени от круга необходимо его разделить на несколько частей (на 8 или 12) и найти тень от каждой точки. На рис. 21.14 найдена тень от круга, поставленного в положение, параллельное фронтальной плоскости проекций. Для той части тени, которая ложится на фронтальную плоскость проекций, достаточно найти тень от центра круга и из него радиусом окружности провести круг — это и будет контур падающей тени. Та тень, которая падает на горизонтальную плоскость проекций, будет изображаться в виде эллипса. В этом случае следует искать тень от боль-

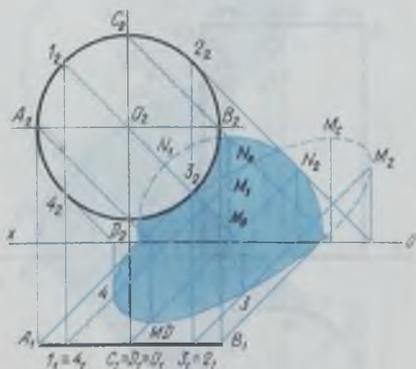


Рис. 21.14

шего числа точек для того, чтобы соединить их плавной кривой по лекалу.

21.6. ПАДАЮЩИЕ ТЕНИ ОТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

На рис. 21.15 даны изображения прямого параллелепипеда, стоящего на горизонтальной плоскости проекций. Требуется построить падающую тень от параллелепипеда на плоскости проекций. Вначале следует проанализировать положение всех прямых данного параллелепипеда, его ребер и граней. Видим, что теньвыми ли-

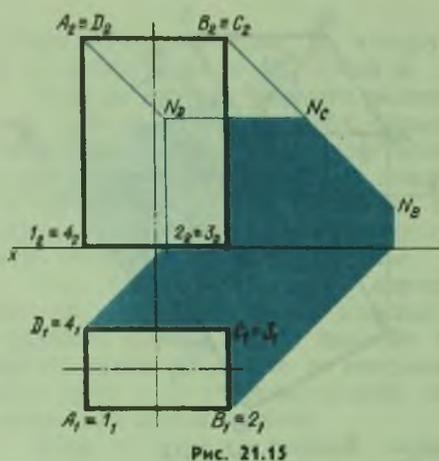


Рис. 21.15

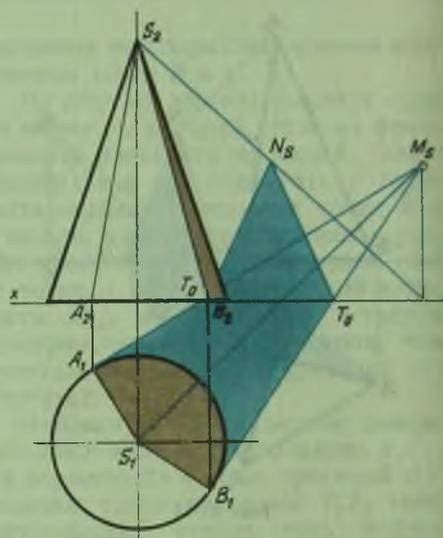


Рис. 21.17

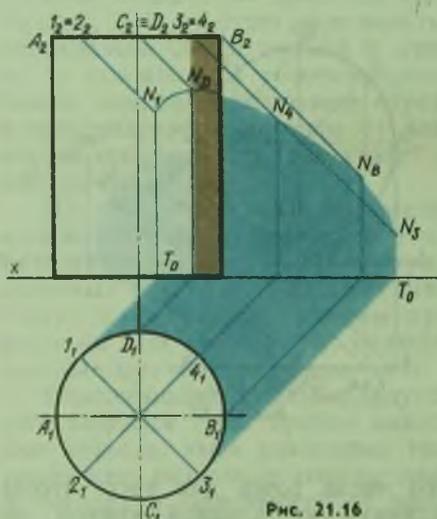


Рис. 21.16

плоскости проекций, направленную по лучу, а прямые, перпендикулярные к Π_1 и параллельные Π_2 , дадут тени на горизонтальной плоскости проекций Π_1 по лучу, а на фронтальной плоскости проекций Π_2 — параллельно самим себе.

Построение падающей тени от цилиндра, поставленного на горизонтальную плоскость проекций, показано на рис. 21.16. Принцип построения теней тот же, что и для параллелепипеда, но от дуги 1-4-3 тень на фронтальной плоскости проекций будет в виде кривой эллипса, для чего требуется найти тени от большого числа точек, взятых на верхнем основании цилиндра.

Тень от прямого кругового конуса, стоящего на горизонтальной плоскости проекций, построена на рис. 21.17. В этом случае тени от основания не будет и остается найти тень только от вершины конуса. В данном случае тень от вершины S падает на фронтальную плоскость проекций в точку N_S , которую нельзя соединить с основанием, так как тень от вершины лежит в другой

ниями будут: $4D$, перпендикулярная Π_1 ; DC , параллельная Π_1 ; CB , перпендикулярная Π_2 и параллельная Π_1 и $B2$, перпендикулярная Π_1 .

Следовательно, достаточно найти тени от точек D , C , B и соединить их с точками основания 4 и 2.

Прямая DC , параллельная плоскости Π_1 и Π_2 , даст тень, параллельную самой себе, в точках N_D и N_C . Прямая CB , перпендикулярная плоскости Π_2 , даст тень на фронтальной

плоскости. Следовательно, для нахождения полной тени от конуса находят тень от его вершины S на той же плоскости, на которую падает тень от основания, т.е. точку M_S , находящуюся во второй четверти пространства. Затем из этой точки проводят касательные к основанию конуса, для чего на прямой SM_S , как и на диаметре, строим окружность. Точки пересечения проведенной вспомогательной окружности с тенью основания дадут точки касания A и B .

Треугольник $A_1M_S B_1$ и будет падающей тенью конуса на горизонтальную плоскость проекций, которая в пересечении с осью проекций даст линию перелома тени $T_0 T_0$. От точек перелома тень пойдет в точку N_S . Соединив точки A_1 и B_1 с вершиной конуса S , получим собственную тень конуса. Найдя собственную тень на горизонтальной проекции, ее легко найти и на фронтальной плоскости проекций с помощью линий связи.

Если конус будет несколько приподнят над плоскостью Π_1 (рис. 21.18), то задача усложнится только тем, что придется находить тень от всех точек основания конуса, которое при параллельности плоскости Π_1 дало бы тень, параллельную самой себе, для чего потребовалось найти только тень от центра основания. А собственная тень на конусе находится в этом случае при помощи обратных лучей, проведенных из точек M_A и M_B .

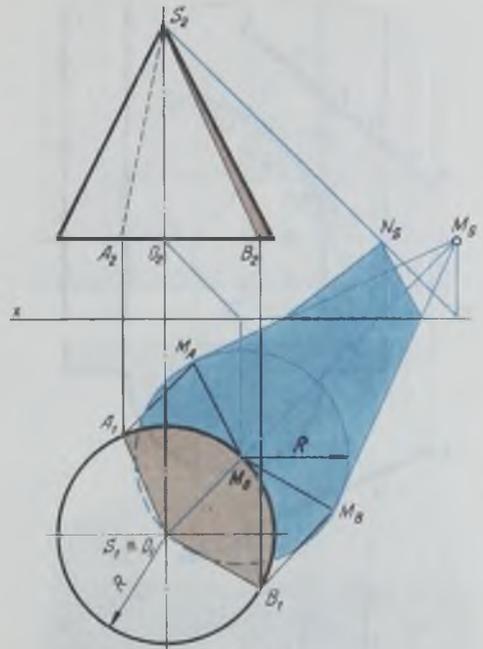


Рис. 21.18

21.7. ПАДАЮЩИЕ ТЕНИ ОТ ПРЯМЫХ НА ПОВЕРХНОСТИ ТЕЛ

На рис. 21.19 найдена тень от прямой общего положения AB на вертикальную плоскость α , параллельную фронтальной плоскости проекций. Фронтальная проекция тени N_B^{α} от точки B найдена при помощи горизонтально проецирующей плоскости β , прове-

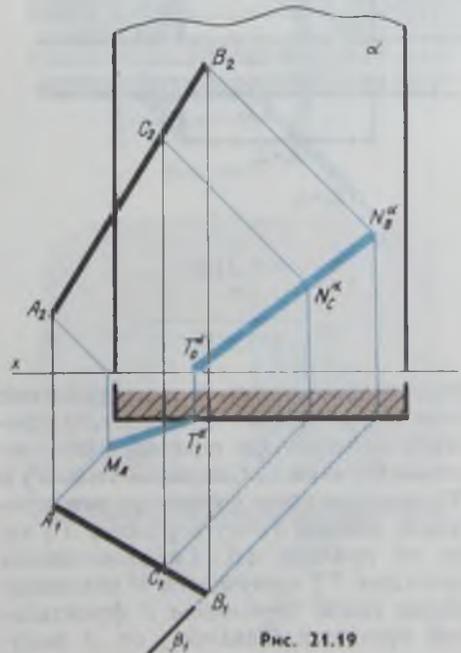


Рис. 21.19

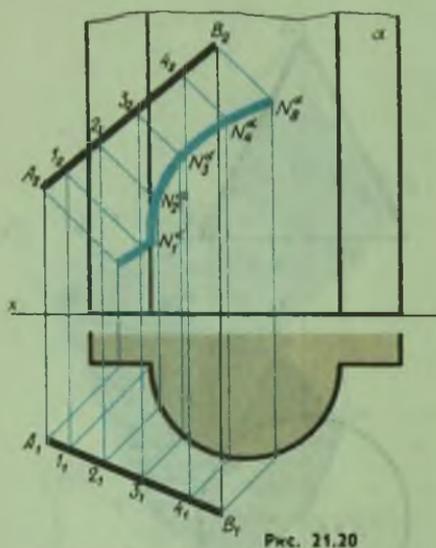


Рис. 21.20

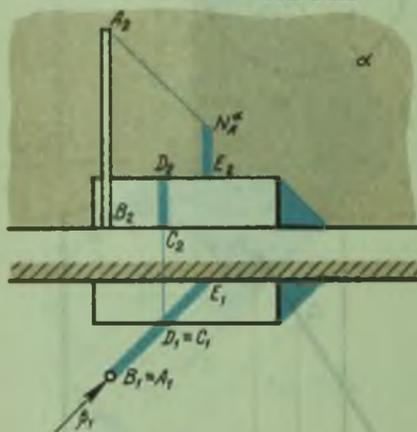


Рис. 21.21

чится на горизонтальной плоскости проекций обычным путем. В данном примере тень на ортогональном чертеже получилась разорванной.

Тень от прямой на цилиндрической поверхности изобразится в виде кривой линии, которую строят по точкам и обводят при помощи лекала (рис. 21.20). Точки для построения тени берут на прямой AB , например 1, 2, 3, 4, и находят тень от каждой точки на цилиндрической поверхности.

На рис. 21.21 заданы отрезок AB в горизонтально проецирующем положении и стена в виде плоскости α с уступом в виде параллелепипеда. Требуется построить падающую тень от прямой AB на стену и параллелепипед. Отрезок AB занимает вертикальное положение, поэтому лучи, проходящие через все его точки, образуют вертикальную (горизонтально проецирующую) лучевую плоскость β . Она пересечет плоскость Π_1 по линии AC , затем вертикальную плоскость параллелепипеда по линии CD и горизонтальную плоскость параллелепипеда по линии DE , после чего пересечет плоскость α по линии EN . Полученная таким образом ломаная линия и будет являться тенью от прямой AB .

На рис. 21.22 дан другой пример, где вместо параллелепипеда дана наклонная плоскость γ (1-2-3-4). Здесь горизонтально проецирующая лучевая плоскость пересечет горизонтальную плоскость Π_1 по прямой AC , наклонную плоскость γ по прямой CD и фронтальную плоскость α по прямой DN .

21.8. ПАДАЮЩИЕ ТЕНИ ОТ ВЫСТУПАЮЩИХ ЧАСТЕЙ ЗДАНИЯ

Рассмотрим как строится падающая тень от нависающих карнизов зданий, фронтонов и тени в нишах.

денной через точку B , а направление тени на фронтальной плоскости проекций найдено при помощи дополнительной точки C . Соединяя тени N_B^a и N_C^a и продолжая линию до оси проекций, найдем точку перелома T_0^a тени от прямой AB . Горизонтальная проекция T_1^a получается с помощью линии связи переносом с фронтальной проекции. Тень M_A от A полу-

Тень от карниза на рис. 21.23 падает от прямых AB , BC и CD . Тень от прямой AB будет параллельна самой прямой, так как прямая параллельна той плоскости, на которую падает тень. Тень от прямой BC ложится на фронтальную плоскость параллельно самой прямой, а тень от прямой CD , как от прямой, перпендикулярной фронтальной плоскости, ляжет по направлению луча. Прямая a (ребро выступа) дает тень, параллельную самой себе на фронтальной плоскости проекций. Те же построения даны на рис. 21.24.

На рис. 21.25 дан пример построения тени на цилиндрической поверхности от нависающей плиты. В этом случае часть тени на цилиндрической поверхности будет кривой линией, которая строится по точкам 1 , 2 , 3 , взятым на прямой, а часть тени на вертикальной стенке будет в виде прямых. Собственная тень находится с помощью проведения касательной лучевой плоскости к цилиндру через точку F . Остальное построение ясно из чертежа.

Тень в нише, если она прямоугольная (рис. 21.26), будут давать прямые AB и BC . Прямая AB перпендикулярна Π_1 и параллельна Π_2 . На фронтальной плоскости проекций она даст тень в виде прямой, параллельной самой себе. Так как обе прямые AB и BC перпендикулярны друг другу и параллельны тем плоскостям, на которые падают тени, то их тени останутся в положении перпендикулярном, как в натуре.

Следовательно, если ниша прямоугольная, то для того чтобы построить тень, достаточно найти тень от одной точки B на пересечении прямых AB и BC и из полученной точки провести прямые, параллельные самим прямым.

На рис. 21.27 дан пример построения тени в нише цилиндрической формы. В данном примере тени будут давать прямые AB и BC . Тень от прямой AB в нише будет

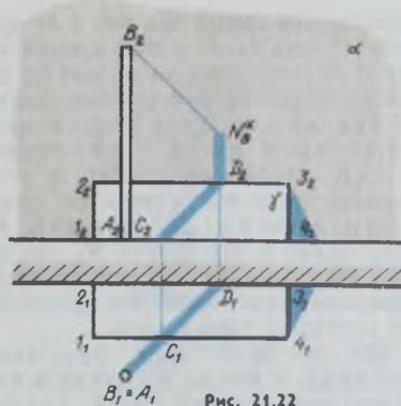


Рис. 21.22

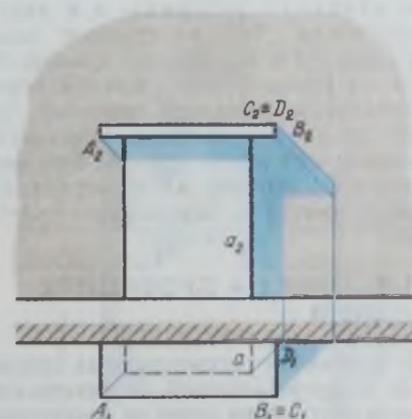


Рис. 21.23

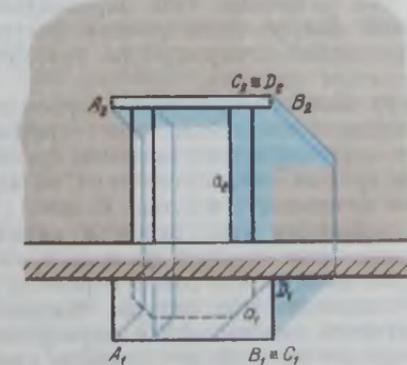


Рис. 21.24

параллельна самой прямой, а от прямой BC тень будет в виде кривой линии O_2C_2 , так как тень падает на цилиндрическую вогнутую поверхность.

Так же строится тень в прямоугольной нише с цилиндрической аркой (рис. 21.28). В этом примере надо найти тень от точки A (пять арки) и от центра арки O . Из полученной точки (тени) N_0 центра арки проводим дугу в пределах ниши радиусом самой арки. Эта дуга и будет контуром тени в нише.

На рис. 21.29 дан фрагмент лестницы и входа в здание в виде прямоугольной ниши. Требуется построить падающие тени на ступенях лестницы и в дверной нише. Тень на ступенях дают прямые AB и BC . Тень от прямой BC как от прямой, параллельной горизонтальной плоскости проекций, будет на горизонтальных плоскостях параллельна самой прямой, а от вертикальной прямой AB на вертикальных плоскостях параллельна самой себе.

21.9. ТЕНИ НА ПРОЕКЦИЯХ ЗДАНИЙ

На основании рассмотренных примеров и проработанной теоретической части построения теней на фасаде здания от выступающих на нем частей видно:

что падающая тень параллельна самой фигуре, если данная фигура параллельна плоскости, на которую падает от нее тень;

падающая тень отрезка, перпендикулярного плоскости, есть отрезок, совпадающий с направлением проекции луча независимо от того, на какую поверхность эта тень падает;

падающая тень равна и параллельна тени от двух равных и параллельных между собой отрезков;

падающая тень фигуры, лежащей в лучевой плоскости, т.е. параллельно лучам света, будет отрезком прямой линии;

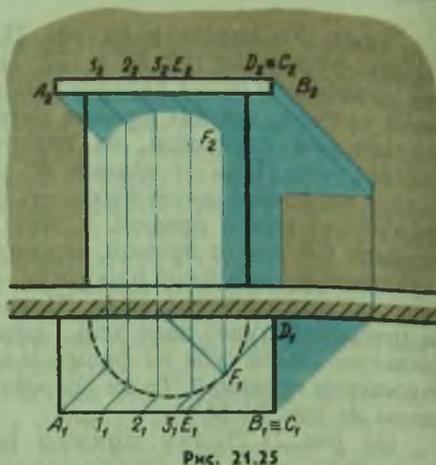


Рис. 21.25

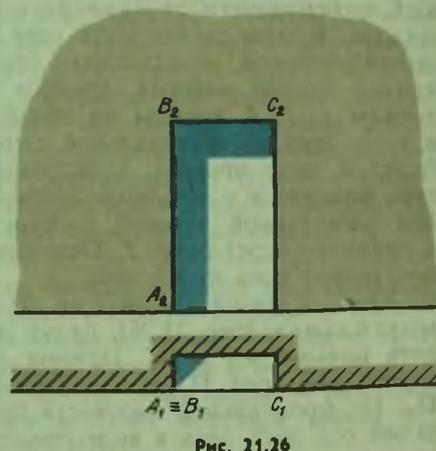


Рис. 21.26

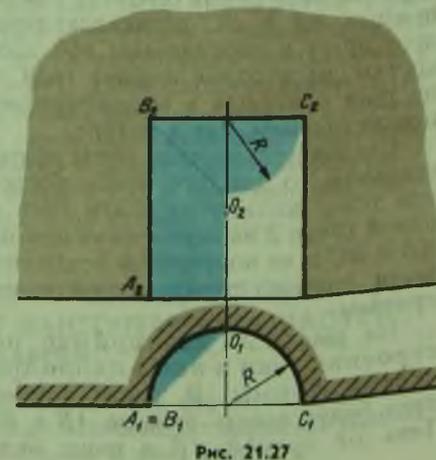


Рис. 21.27

падающая тень от какого-либо выступа, перпендикулярного вертикальной плоскости, по ширине равна этому выступу (например, тень под карнизом равна отступу карниза от стены).

Таким образом, чтобы найти тени на фасаде здания, необходимо вначале внимательно прочитать чертеж, затем проанализировать каждый выступ, каждую линию, после чего приступить к построению теней. Построение теней производится постепенно от каждой линии и точки, от каждого выступа отдельно. В некоторых случаях удобно пользоваться профильной проекцией для построения падающих теней. На рис. 21.30 показано, как выглядит архитектурный фрагмент без теней (*a*) и как он же выглядит с тенями (*б*). В первом случае чертеж смотрится плоско, на нем не чувствуются выступы и впадины, а после построения собственных и падающих теней стало ясно, где впадины и где выступающие части. И так как тень построена под углом 45° , то по ней можно определить, на сколько выступает та или иная часть.

21.10. ТЕНИ В АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ

Основные правила построения теней, изложенные в методе ортогонального проецирования, остаются в силе и при построении теней в аксонометрических проекциях. Направление лучей света может быть выбрано произвольно, но с соблюдением условия правдоподобности. Лучи не должны быть слишком пологими или слишком крутыми, лучшим углом наклона луча света к горизонту можно считать $30^\circ \dots 40^\circ$. Тень может быть построена в аксонометрии с чертежа, выполненного в ортогональных проекциях, если на нем построены тени. Лучи для построения теней берем параллельные между собой.

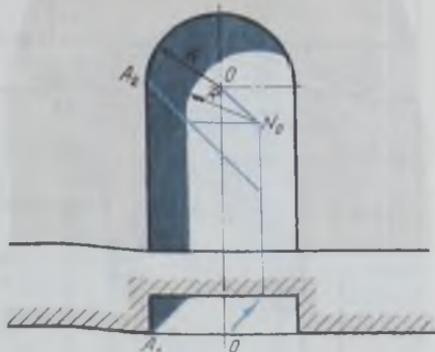


Рис. 21.28

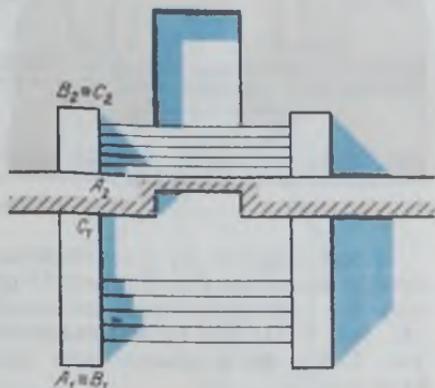


Рис. 21.29

В аксонометрических проекциях также различают тени собственные и тени падающие.

Перед построением тени от точки в аксонометрии необходимо задаться направлением светового луча S в пространстве и вторичной его проекцией S_1 (рис. 21.31). Для построения тени через аксонометрическую проекцию A' точки A проводим луч параллельно заданному S , а через вторичную проекцию A'_1 проводим прямую, параллельную вторичной проекции луча S_1 . Точка пересечения лучей будет тенью от точки A .

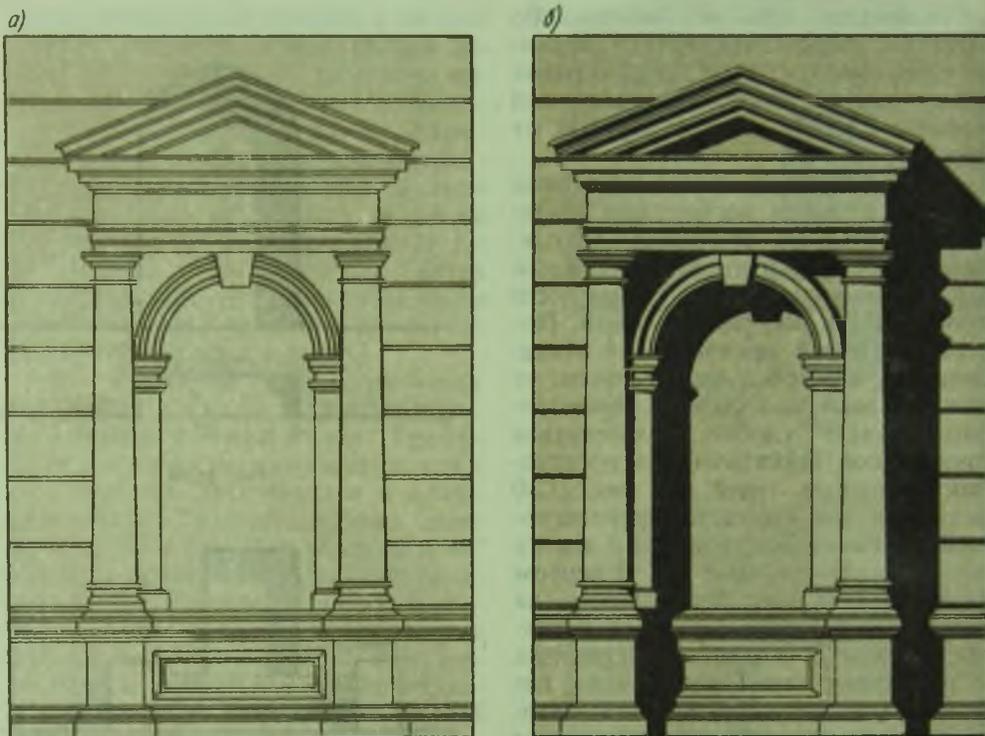


Рис. 21.30

В зависимости от расположения точки в пространстве тень может падать на горизонтальную плоскость (см. рис. 21.31) или на вертикальную (рис. 21.32), фронтальную или профильную.

Если тень от точки A^1 будет падать на наклонную плоскость (рис. 21.33), например на плоскость α , то тень найдется в результате построения точки пересечения луча S с плоскостью α . Для этого следует: 1) заключить луч S в горизонтально проецирующую плоскость β ; 2) найти линию пересечения MN плоскостей α и β , тогда точка пересечения луча S с линией пересечения MN даст тень от точки A на плоскость α .

Рассмотрим построение тени прямой общего положения AB . Зададимся аксонометрическими осями X, Y, Z , прямой A^1B^1 общего положения с ее вторичной проекцией $A_1^1B_1^1$, а также

направлением светового луча S и его вторичной проекцией S_1 (рис. 21.34).

Для нахождения падающей тени проводим через отрезок прямой лучевую плоскость и находим ее след на горизонтальной или на фронтальной плоскости проекций. Для этого через точки A^1 и B^1 проводим лучи и находим следы (тени) этих лучей M_A и M_B . Из построения видно, что тень от точки B легла на горизонтальную плоскость, а тень от точки A легла за пределами вертикальной плоскости и на пересечении с осью Y будем иметь точку перелома тени T . Теперь найдем тень от точки A на вертикальной плоскости, для этого из точки A , составим перпендикуляр до пересечения его с лучом, идущим от точки A . Точка пересечения и будет тенью от точки A на профильной плоскости. Найденную точку соединяем с точкой перелома T .

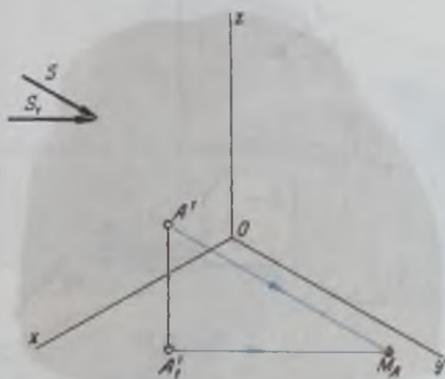


Рис. 21.31

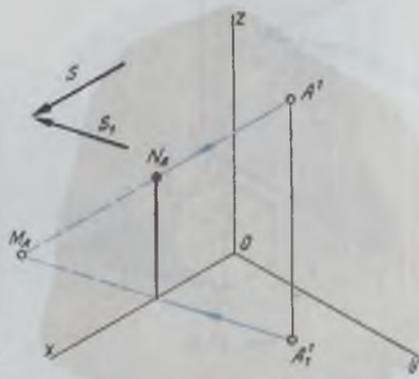


Рис. 21.32

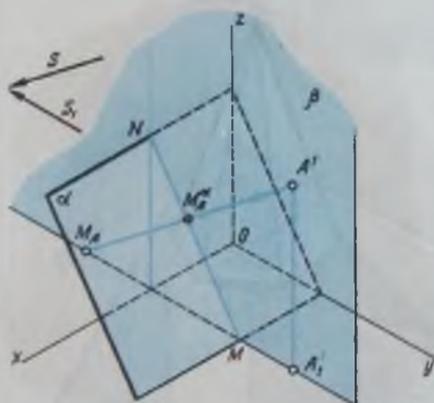


Рис. 21.33

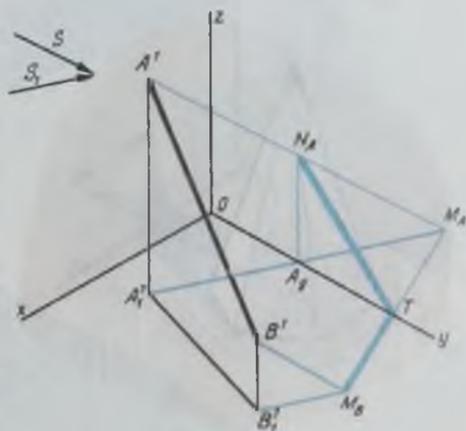


Рис. 21.34

В аксонометрических проекциях, так же как и в ортогональных проекциях, могут иметь место различные положения прямой в пространстве. Если прямая будет расположена ближе к горизонтальной плоскости, то и тень от нее упадет на горизонтальную плоскость, а при расположении отрезка ближе к фронтальной (вертикальной) плоскости сама тень упадет на фронтальную плоскость.

От любого геометрического тела можно построить в той или иной аксо-

нометрической проекции падающую тень, а на самом теле найти его собственную тень. На рис. 21.35 и 21.36 построены кубы в прямоугольной изометрии и диметрии, найдены падающие тени и показаны тени собственные.

Во всех видах аксонометрических проекций техника построения теней одинакова. Вычерчиваем предмет, задаемся направлением луча S и его вторичной проекцией S_1 . Через каждую точку проводим лучи S , а через

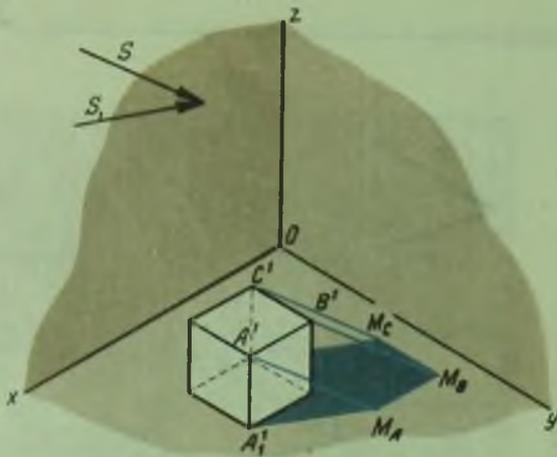


Рис. 21.35

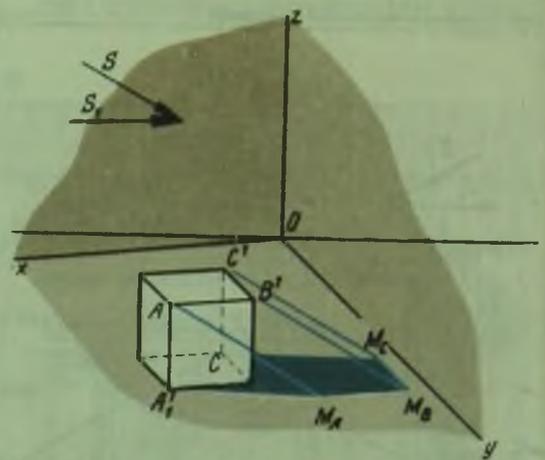


Рис. 21.36

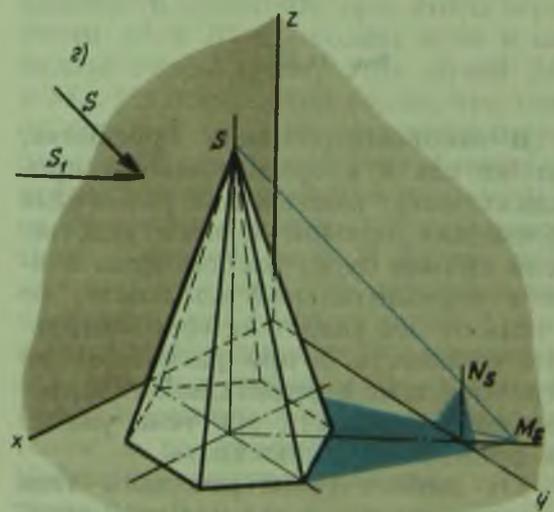
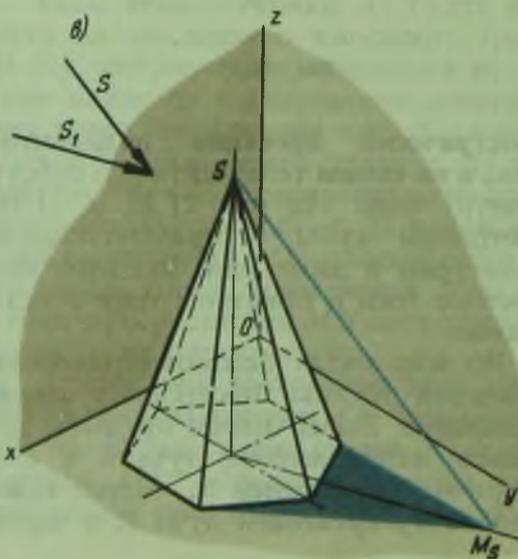
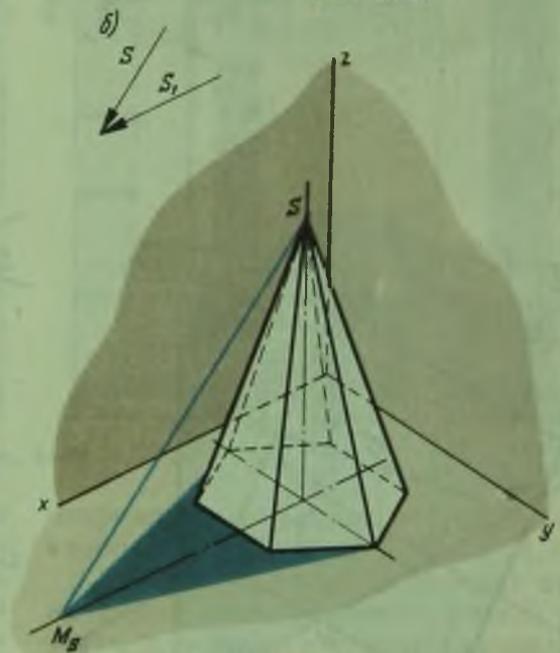
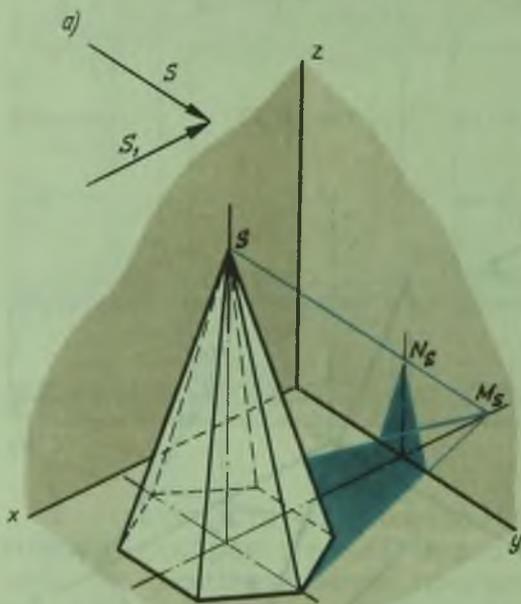


Рис. 21.37

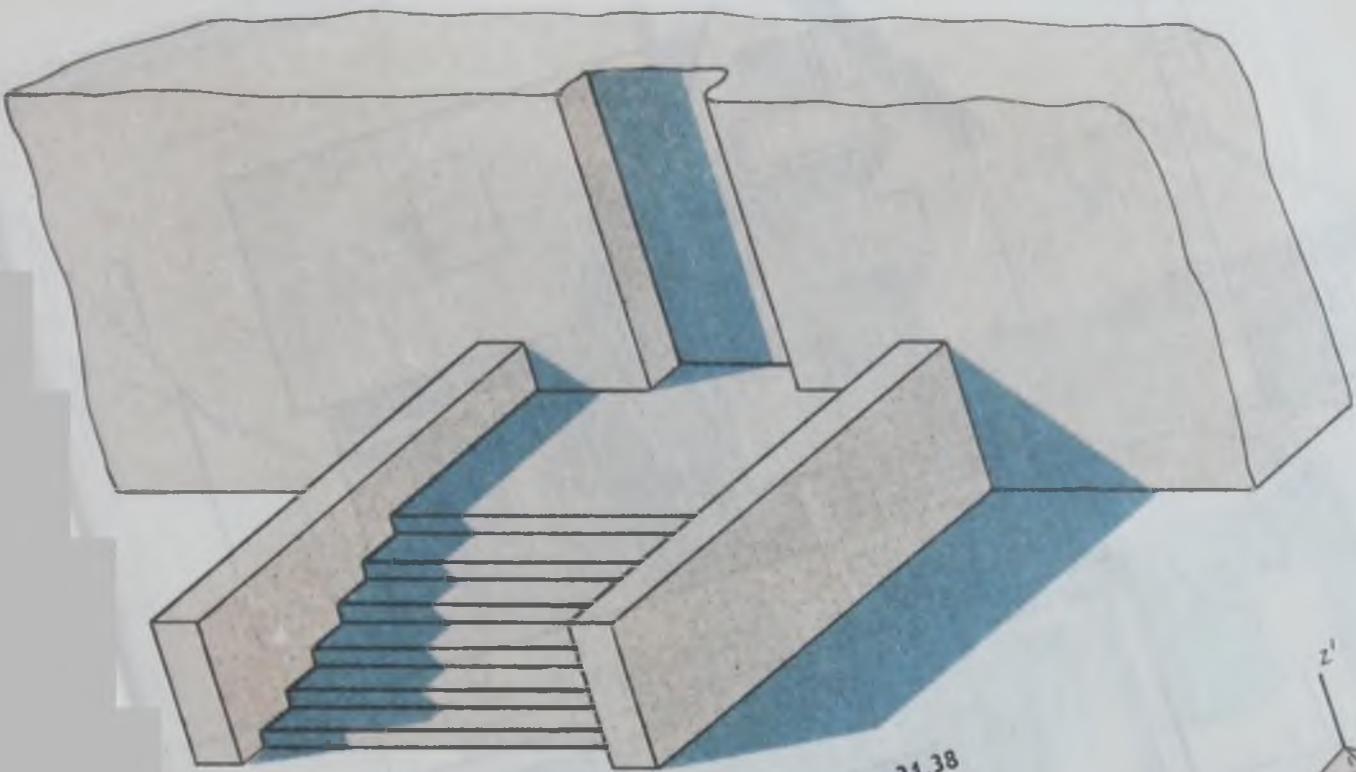
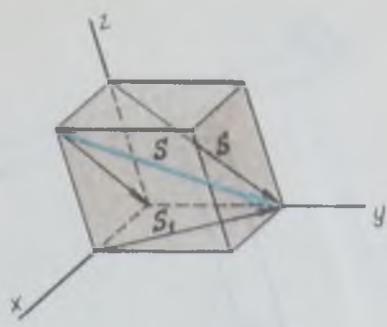


Рис. 21.38

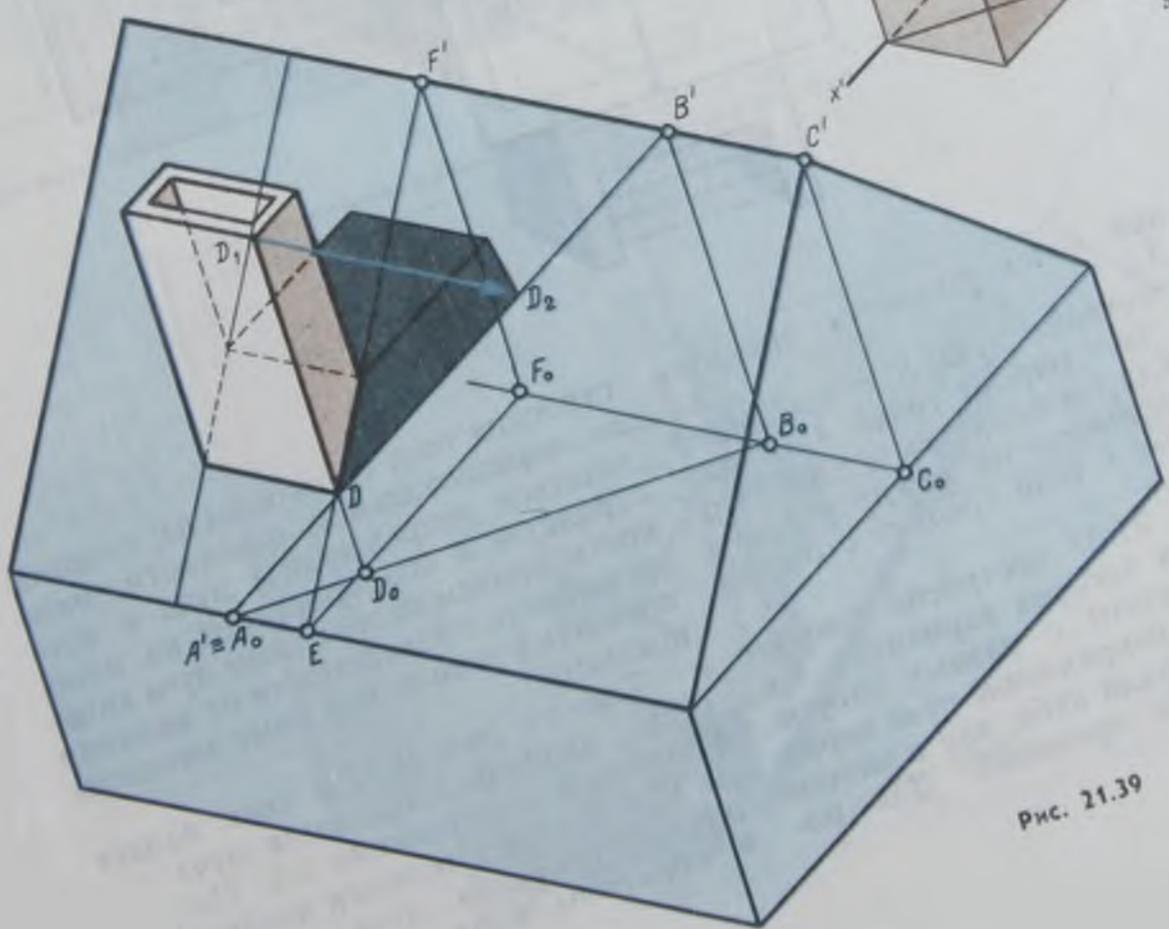
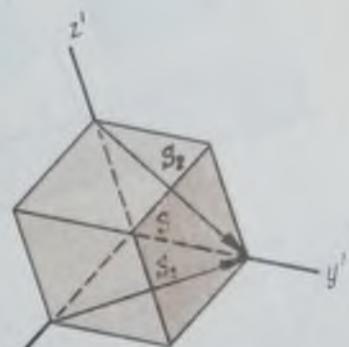


Рис. 21.39

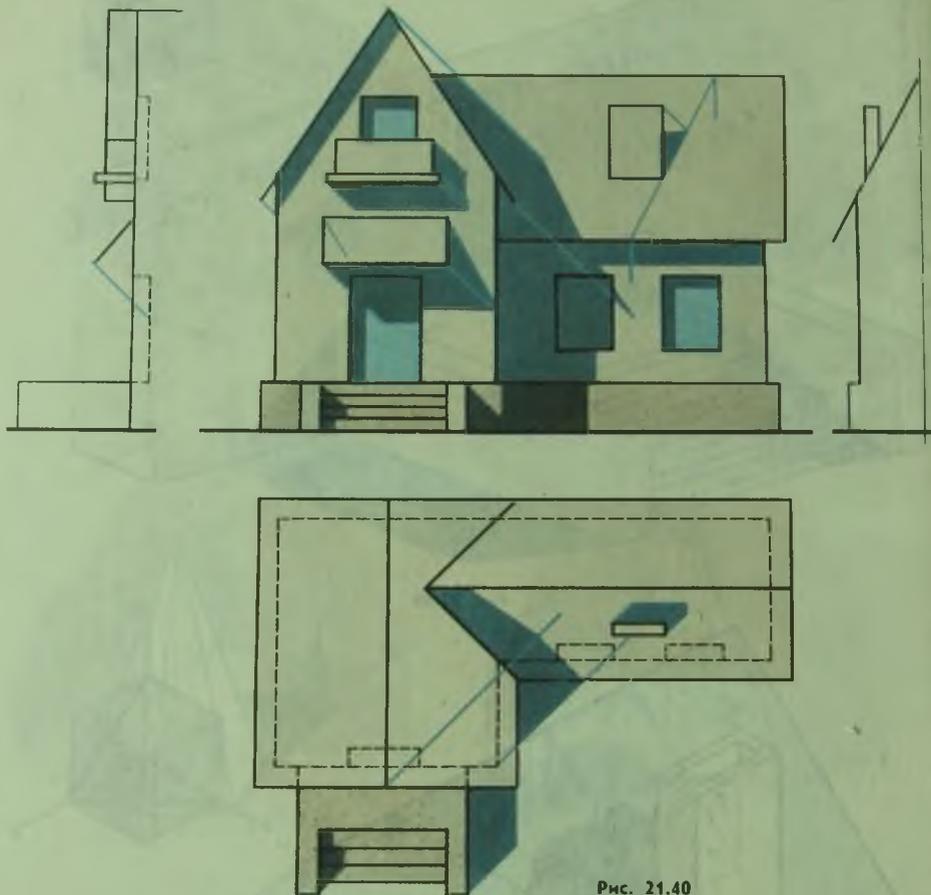


Рис. 21.40

проекции точек предмета – проекции лучей S_1 .

Пересечение луча S с проекцией луча S_1 даст тень от точки A в точке M_A . Найдя таким образом тени ряда точек, соединяем их между собой и с основанием, если предмет стоит на плоскости.

На рис. 21.37 построена тень от пирамиды в четырех вариантах, т.е. освещение взято с разных сторон. Часто берут направление луча параллельно диагонали куба, как в методе ортогональных проекций. Для по-

строения тени от пирамиды, стоящей на горизонтальной плоскости, надо задаться направлением луча в пространстве и его проекцией на плоскости, причем направление луча можно выбрать в зависимости от желания показать в тени те или иные элементы предмета.

Так, на рис. 21.37, *a* тень падает слева, вторичная проекция луча параллельна оси проекции OX . На рис. 21.37, *б* предмет освещен сзади, вторичная проекция луча направлена в обратном направлении. На рис.

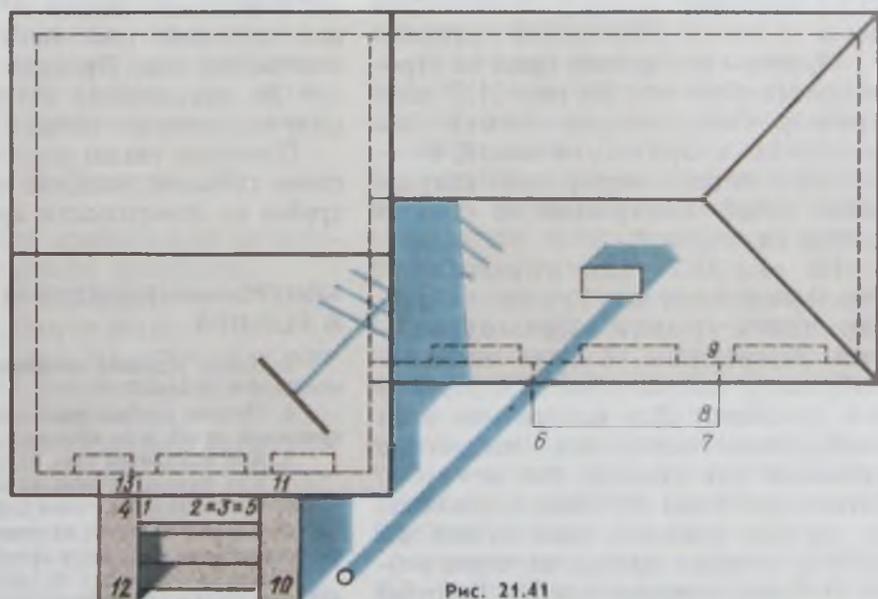
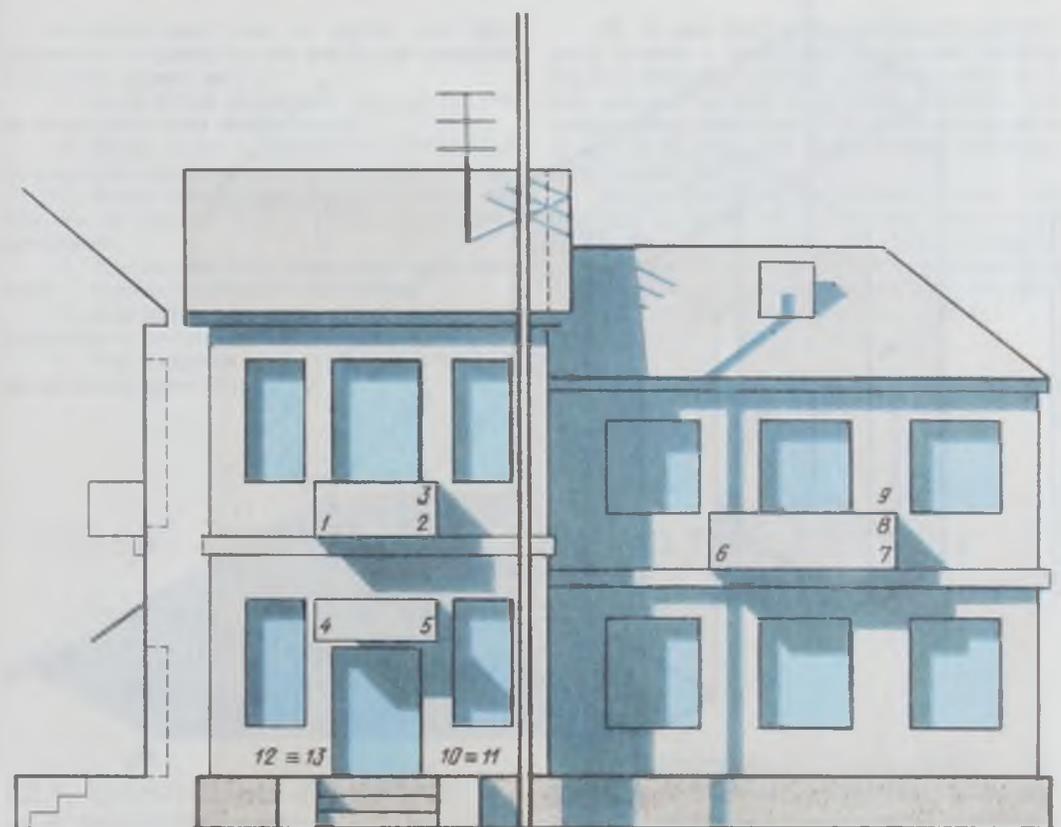


Рис. 21.41

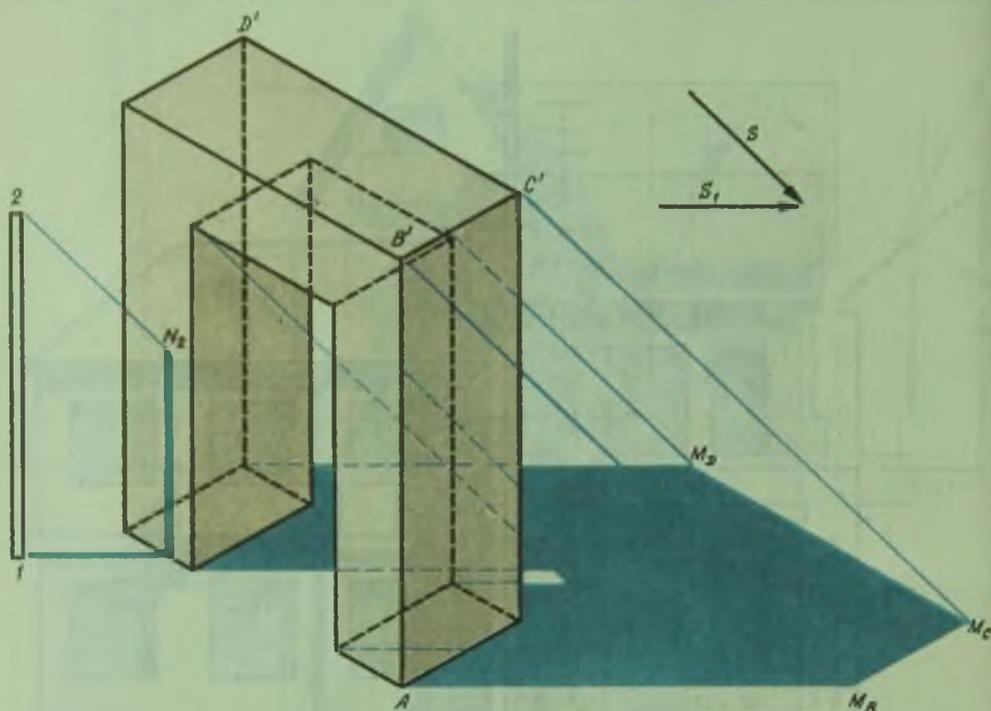


Рис. 21.42

21.37, *b* предмет освещен слева и сзади, а на рис. 21.37, *г* — слева направо.

Примеры построения теней на строительных объектах. На рис. 21.38 дан пример построения теней на лестнице в прямоугольной изометрии, справа сверху дано направление лучей. Построение не сложно и ясно из чертежа.

На рис. 21.39 дан пример построения тени от трубы на поверхности кровли в прямоугольной изометрии. Справа показано выбранное направление для луча и его проекции. Для построения тени необходимо построить вторичные проекции как кровли, так и трубы. Затем проводим лучевые плоскости, на чертеже показана одна из них AB (A^1B^1), которая проведена через ребро D . Через основание ребра D трубы проводим вторичную проекцию луча

AB и находим линию A^1B^1 пересечения лучевой плоскости с поверхностью кровли. Проведя из точки D^1 луч до пересечения с прямой A^1B^1 , получим тень от точки D .

Поступая таким же образом с другими точками, найдем всю тень от трубы на поверхности кровли.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какое условное направление лучей применяется в технике?
2. Почему удобнее применять условное направление лучей, а не произвольное?
3. Как находится тень от точки?
4. Как находится тень от прямой линии?
5. Как находится точка перелома тени?
6. Какая тень будет от вертикальной прямой на фронтальной плоскости проекций?
7. Какая тень будет от прямой, параллельной горизонтальной и фронтальной плоскостям проекций?

8. Какая тень будет от круга, если круг параллелен горизонтальной плоскости проекций и вся тень падает на Π_1 ?

9. Какая будет падающая тень от прямой на цилиндрическую поверхность?

10. Какая будет падающая тень от прямой на шаровую поверхность?

11. Какое направление следует давать лучам при построении тени в аксонометрических проекциях?

12. Что должно быть задано при построении теней в аксонометрических проекциях?

13. Как найти тень от точки на наклонной плоскости в аксонометрических проекциях?

14. Как строится тень от прямой в аксонометрических проекциях?

15. На рис. 21.40 даны изображения небольшого здания с построенными на нем тенями. Проанализируйте каждый выступ и определите, как найдена та или иная тень и почему она заняла такое положение. То же самое сделайте по рис. 21.41, где даны две проекции двухэтажного здания.

16. На рис. 21.42 дано построение падающих теней от арки прямоугольной формы, построенной в прямоугольной изометрии. Тень найдена на горизонтальной плоскости по заданному направлению. Построение ясно из чертежа, проанализируйте его.

ГЛАВА ПЕРСПЕКТИВА, ТЕНИ В ПЕРСПЕКТИВЕ

22

22.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Перспективой называется изображение, построение которого основано на методе центрального проецирования. В зависимости от того, на какую поверхность строят перспективу, различают следующие основные виды перспектив:

линейную – изображение на плоскости;

панорамную – изображение на внутренней поверхности цилиндра;

купольную – изображение на внутренней поверхности шара.

В данной главе излагаются основные сведения о линейной перспективе.

Получение перспективного изображения можно представить следующим образом (рис. 22.1). Если пучок лучей, идущих от глаза наблюдателя по направлению к предмету ABS , пересечь плоскостью K , то полученное сечение $A^1B^1C^1$ будет перспективным изображением предмета.

Перспективное изображение сооружения можно получить, если перед сооружением поставить прозрачную плоскость (стекло) и по стеклу обвести краской видимые контуры сооружения. Изображение на стекле будет перспективным.

Слово *перспектива* происходит от латинского *perspicere* и означает «увиденный насквозь, ясно увиденный».

Перспектива подчиняется законам и правилам, по которым можно изображать предметы так, как они представляются нашему глазу в пространстве.

Система проецирования для построения перспективного изображения включает в себя следующие элементы (рис. 22.2):

предметную плоскость Π , на которой располагается предмет, зритель и вертикальная плоскость K , называемая картинной плоскостью или картиной;

картинную плоскость или картину K , перпендикулярную предметной плоскости Π , служащей для получе-

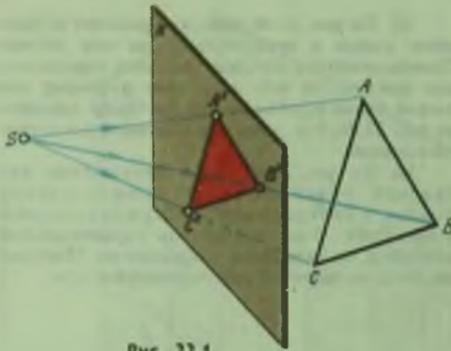


Рис. 22.1

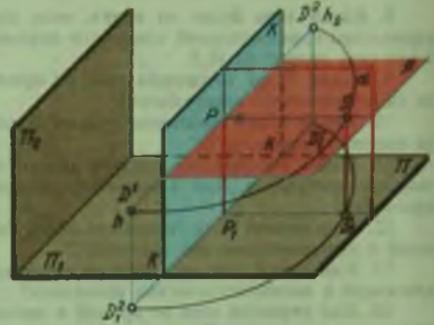


Рис. 22.2

ния на ней перспективного изображения;

основание картины — прямую KK линии пересечения картинной плоскости с предметной;

центр проекций S или точку зрения (полюс), соответствующие положению глаз наблюдателя;

точку стояния S_1 — проекцию точки зрения на предметную плоскость, называемую основанием точки зрения;

главный луч SP , перпендикулярный картине, длина его называется главным расстоянием;

главную точку картины P — точку пересечения главного луча с картиной;

основание главной точки P_1 — проекцию главной точки P на предметной плоскости;

центральную линию картины PP_1 ;

плоскость горизонта β , проходящую по главному лучу SP и параллельную предметной плоскости Π . Эта плоскость проходит на уровне глаз зрителя;

линию горизонта $h-h$ — линию пересечения плоскости горизонта с картинной плоскостью;

плоскость главного луча α — проходит по главному лучу перпендикулярно предметной и картинной плоскостям;

дистанционные точки D^1 и D^2 , которые находятся от главной точки

картины на одинаковом расстоянии, равному расстоянию PS ;

промежуточное пространство — между точкой зрения S и картиной;

предметное пространство, которое находится за картиной, в котором располагаются проецируемые предметы;

мнимое пространство, расположенное за точкой зрения в направлении, обратном главному лучу SP .

22.2. ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ ЛИНИИ

Перспективное изображение точки.

Представим заданную точку A в предметном пространстве (рис. 22.3) и ее проекцию A_1 на плоскости. Требуется построить перспективное изображение точки A . Для этого необходимо провести луч от зрителя в точку A . Точка пересечения A^1 с картинной плоскостью даст перспективное изображение точки A . Следовательно, для того, чтобы определить положение A^1 точки A необходимо луч AS заключить в горизонтально проецирующую плоскость α и найти линию пересечения двух плоскостей α и K , на которой будет находиться перспективное изображение A^1 в пересечении с лучом AS .

Соединяя проекцию A_1 с точкой S , получим точку a , которую будем на-

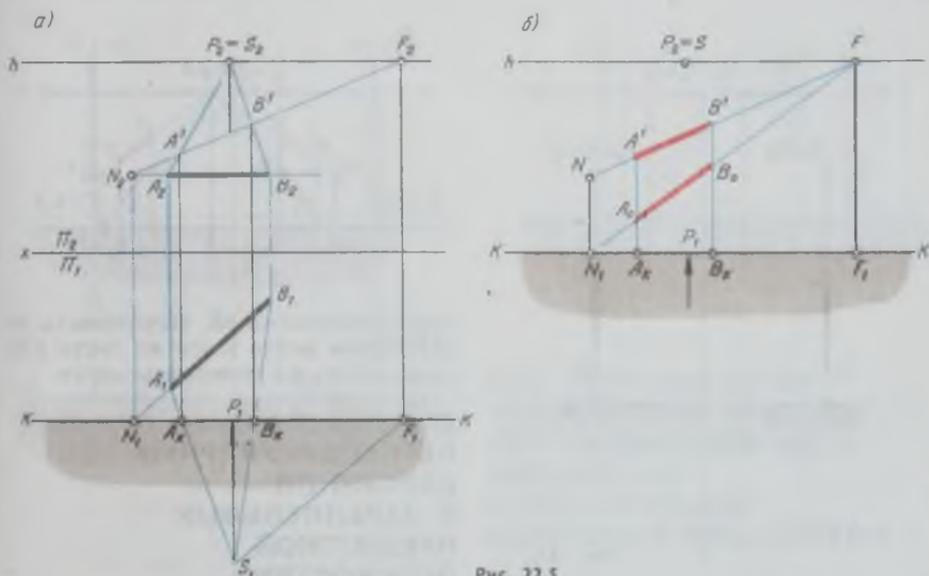


Рис. 22.5

ного изображения отрезка воспользоваться горизонтальными проекциями лучей S_1A_1 и S_1B_1 , которые в пересечении с основанием картины дадут точки A_K , B_K . Проведя перпендикуляры к основанию картины через эти точки, найдем на пересечении с полной перспективой прямой точки A^1 , B^1 .

Для того, чтобы перспективное изображение прямой было однозначным обратимым, необходимо перспективу прямой дополнить перспективой ее горизонтальной проекции, последняя называется вторичной проекцией.

На рис. 22.4 полной вторичной проекцией будет прямая N_1F , вторичной же проекцией отрезка AB будет отрезок A_0B_0 на картине.

Для построения перспективного изображения описанным способом необходимо, чтобы объект был задан двумя ортогональными проекциями, горизонтальная плоскость которого принимается за предметную плоскость Π .

Построить полную перспективу прямой, параллельной плоскости Π_1 , заданной отрез-

ком AB (A_1B_1 и A_2B_2) на ортогональном чертеже (рис. 22.5). Принимая горизонтальную плоскость проекций в качестве предметной плоскости Π ($\Pi_2 = \Pi$), располагаем на ней картину. Горизонтальный след KK картины намечаем между горизонтальной проекцией отрезка A_1B_1 и точкой стояния S_1 и проводим его параллельно оси проекций OX . При этих условиях картина будет параллельна фронтальной плоскости проекции Π_2 .

Проводим линию горизонта $h-h$ и переносим на нее точку зрения проекции точки зрения S_2 и главную точку картины P_2 (на линии горизонта эти точки совпадают: $S_2 = P_2$). Точка зрения S (S_1S_2) и высота расположения горизонта относительно предметной плоскости в данном примере считаются заданными на ортогональном чертеже (рис. 22.5, а).

Создав таким образом систему проецирования, строим перспективу прямой. Начальную точку N (N_1N_2) находим, продолжая прямую в сторону картинной плоскости до пересечения. Конечную точку, или точку

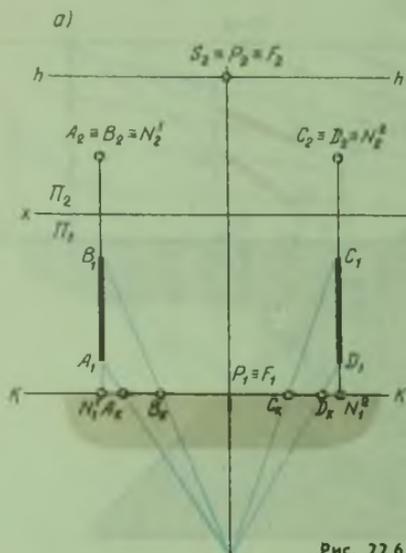
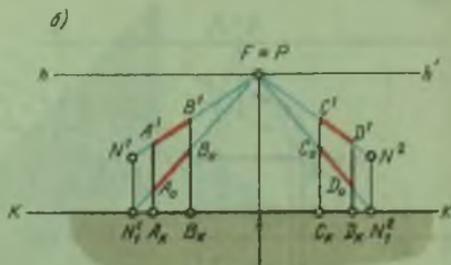


Рис. 22.6



схода $F (F_1 F_2)$, получим, проведя луч $SF (S_1 F_1$ и $S_2 F_2)$ параллельно прямой AB до пересечения с картинной плоскостью в точке $F (F_1 F_2)$. Если соединить точки N_2 и F_2 , получим полную перспективу прямой NF .

Чтобы получить перспективу $A^1 B^1$ отрезка AB прямой, необходимо провести проецирующие лучи $SA (S_1 A_1$ и $S_2 A_2)$ и $SB (S_1 B_1$ и $S_2 B_2)$ и найти точки их пересечения с картиной.

Для того, чтобы перспектива $A^1 B^1$ отрезка AB была однозначно обратимой, необходимо построить вторичную проекцию, или перспективу горизонтальной проекции $A_1 B_1$.

Вторичной проекцией в данном случае будет отрезок $A_0 B_0$, построение которого ясно из чертежа (рис. 22.5, б). Прямая NF будет вторичной проекцией полной перспективы прямой.

Для того, чтобы перспективное изображение не накладывалось на фронтальную плоскость проекций и изображение, имеющееся на фронтальной плоскости Π_2 , не просвечивалось через картинную плоскость K , принято картину с изображениями,

принадлежащими ей, вычерчивать на свободном месте этого же листа или располагать на отдельном листе.

22.3. ПЕРСПЕКТИВА ПРЯМЫХ, ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ КАРТИННОЙ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРЕДМЕТНОЙ ПЛОСКОСТЯМ

Прямые AB и SD , картина, точка зрения и линия горизонта заданы ортогональным чертежом (рис. 22.6). Построение перспективного изображения прямых производится следующим образом. Определяем начальные точки $N (N_1^1 N_1^2$ и $N_2^1 N_2^2)$, для чего продолжим горизонтальные проекции прямых до пересечения с картиной. Находим конечную точку или точку схода прямых, для чего проводим из точки зрения луч, параллельный заданным прямым (в нашем примере луч SP будет перпендикулярен картине, т.е. совпадает с главным лучом). Точка схода F прямых AB и CD сольется в одну точку с главной точкой картины $P \equiv F$.

Проводим проекции лучей SA, SB, SC и SD , получая на следе картинной плоскости KK точки A_K, B_K, C_K и D_K .

Располагая картину отдельно от комплексного чертежа, переносим все точки, расположенные в ней, начиная с точек $N_1^1, A_K, B_K, P, D_K, C_K$ и N_2^1 , отмеченных на основании картины. На перпендикулярах, проведенных из точек N_1^1 и N_2^1 , откладываем высоты

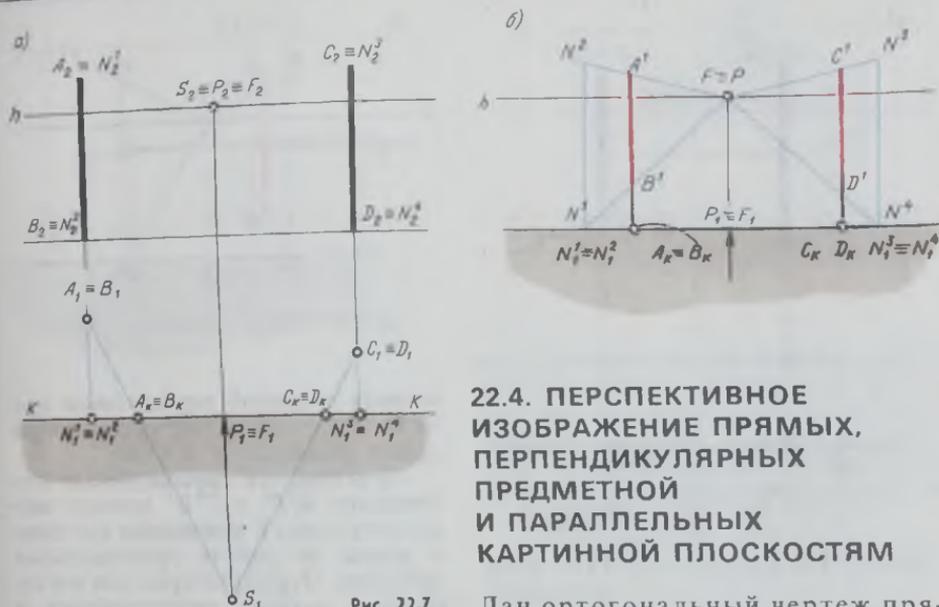


Рис. 22.7

22.4. ПЕРСПЕКТИВНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ПРЯМЫХ, ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ ПРЕДМЕТНОЙ И ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КАРТИННОЙ ПЛОСКОСТЯМ

и получаем точки N^1 и N^2 . Это будут начальные точки на картинной плоскости.

Соединив начальные точки N^1 и N^2 с точкой схода $F \equiv P$, получим полные перспективные изображения прямых, перпендикулярных картинной плоскости (рис. 22.6, б).

Имея полные перспективы, найдем перспективы отрезков AB и CD , для этого переносим точки A_K, B_K, C_K и D_K на полные перспективы прямых, получим перспективные изображения отрезков A^1, B^1, C^1 и D^1 .

Строим вторичные проекции полных перспектив и на них находим вторичные проекции отрезков AB и CD . На рис. 22.6, б N_1^1P и N_2^2P — вторичные проекции полных перспектив прямых, A_0B_0 и C_0D_0 — вторичные проекции отрезков AB и CD .

Дан ортогональный чертеж прямых AB и CD , где обе прямые перпендикулярны горизонтальной плоскости проекций Π_1 и параллельны картине K (рис. 22.7). Построим их перспективное изображение. На перспективном изображении у таких прямых не будет начальных точек $N|AB|$ и $N|CD|$, так как прямые параллельны картинной плоскости. Не будет у таких прямых и конечных точек или точек схода F , так как центрально проецирующий луч, проведенный из точки зрения, будет параллелен картине и не пересечет ее.

Перспективные изображения вертикальных линий строят с помощью «посредников» — прямых, перспективы которых имеют начальные и конечные точки. Проведем через концы A^1B^1 и C^1D^1 прямые, перпендикулярные картине, и построим перспективу этих дополнительных линий (посредников), а на них найдем перспективные изображения A^1B^1 и C^1D^1 вертикальных отрезков AB и CD .

Построение на ортогональном чертеже сводится к следующему: проводим на горизонтальной

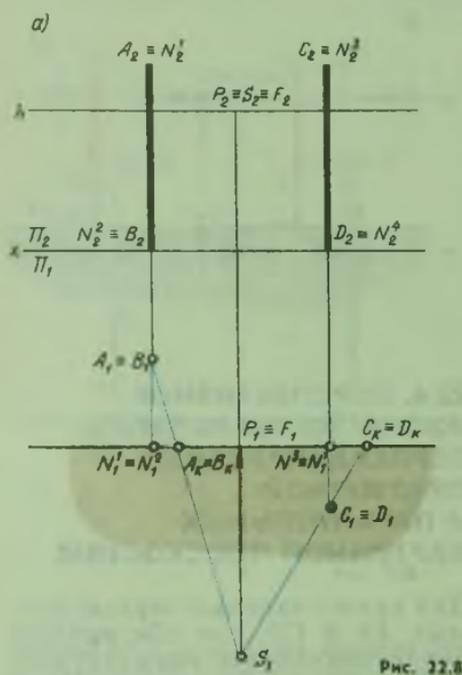
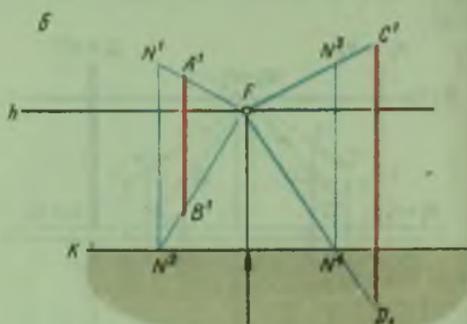


Рис. 22.8



сечения с полной перспективой прямых – получим перспективное изображение прямых A^1B^1 и C^1D^1 .

Заметим, что перспективные изображения A^1B^1 и C^1D^1 прямых перпендикулярны к основанию картины, а длины их короче ортогональных проекций. Это характерно для вертикальных прямых, расположенных в предметном пространстве параллельно картинной плоскости.

В случае, изображенном на рис. 22.8, одна из прямых AB расположена в предметном пространстве, другая же CD – в промежуточном пространстве.

Построение перспектив ничем не отличается от предыдущего и ясно из чертежа, но перспективное изображение прямой CD получается длиннее ортогональной проекции ($C^1D^1 > CD$) и перспектива нижнего конца D^1 располагается ниже основания картины.

22.5. ПЕРСПЕКТИВА ПРЯМЫХ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРЕДМЕТНОЙ И КАРТИННОЙ ПЛОСКОСТЯМ

Эти прямые не имеют (на перспективном изображении) ни начальных, ни конечных точек, поэтому для построения перспективы прибегают к вспомогательным прямым, перпендикулярным или наклонным картинной плоскости и проведенным через концы данных прямых.

На рис. 22.9 показано построение

плоскости проекций $A_1N_1^1 = B_1N_1^1$ и $C_1N_1^1 = D_1N_1^1$ прямые перпендикулярно горизонтальному следу картинной плоскости KK . Это будет соответствовать проведению в пространстве прямых AN^1 , BN^2 , CN^3 и DN^4 , перпендикулярных картине;

фиксируем на фронтальной плоскости проекций точки $N_2^1 = A_2$, $N_2^2 = B_2$, $N_2^3 = C_2$ и $N_2^4 = D_2$ – проекции начальных точек дополнительных прямых (посредников);

проводим горизонтальную проекцию главного луча SP ;

отмечаем на линии горизонта картины проекцию главной точки P . Конечная точка, т.е. точка схода, совпадает с главной точкой P картины ($F \equiv P$), так как посредники перпендикулярны картинной плоскости;

на картине (рис. 22.7, б) прочерчиваем полные перспективы посредников N^1F , N^2F , N^3F , N^4F и переносим на картину точки $A_K \equiv B_K$ и $C_K \equiv D_K$, восстанавливаем перпендикуляры до пере-

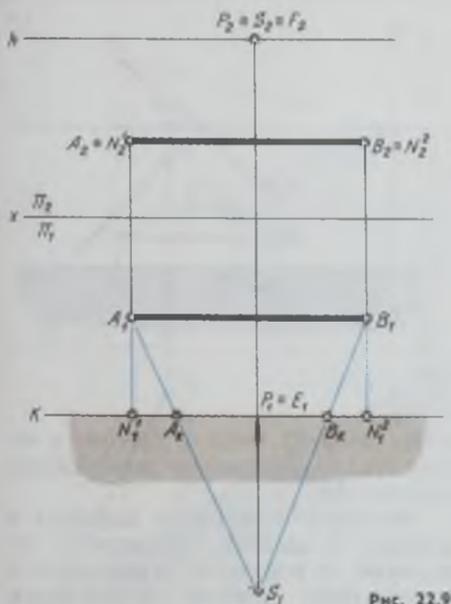


Рис. 22.9

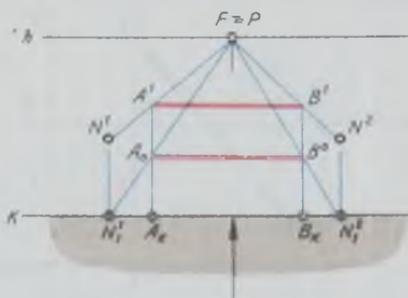
перспективы отрезка AB , параллельного картинной и предметной плоскостям.

В качестве вспомогательных прямых использованы отрезки AN^1 ($A_1N_1^1$, $A_2 = N_1^2$) и BN^2 ($B_1N_1^2$, $B_2 = N_2^2$), перпендикулярные картинной плоскости.

Для этих прямых-посредников начальными точками для построения перспективы будут N^1 и N^2 , конечная точка F (F_1F_2) в данном случае будет сливаться с главной точкой P картины.

Для построения перспективы прямой A^1B^1 , которая вынесена на отдельный чертеж, необходимо перенести все точки, полученные на картине в ортогональном чертеже, на картину в перспективе. Затем из точек A_k и B_k восставить перпендикуляры до пересечения их с полной перспективой прямой в точках A^1B^1 и с полной перспективой вторичной проекции в точках A_0B_0 .

Из построения видно, что прямая,



параллельная картинной и предметной плоскостям, изобразится в перспективе отрезком, параллельным основанию картины. Вторичная проекция — также параллельна основанию картины, причем длина ее $A_0B_0 = A^1B^1$.

22.6. ПЕРСПЕКТИВА ПРЯМЫХ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ

В зависимости от расположения прямой в пространстве перспектива прямой общего положения может быть получена с помощью вспомогательных горизонтальных прямых, проведенных через концы отрезка прямой или путем построения полной перспективы прямой.

Построение перспективы отрезка прямой общего положения, параллельного картинной плоскости (рис. 22.10). В данном случае рассмотрен пример построения перспективы отрезка прямой, когда нельзя получить начальных и конечных точек для построения перспективных проекций, так как $AB \parallel K$ и центрально проецирующий луч, проведенный из точки зрения S параллельно AB , не пересечет картинной плоскости.

На чертеже показано использование вспомогательных прямых AN^1 (AN_1^1 , $A_2N_2^2$) и BN^2 ($B_1N_1^2$, $B_2N_2^2$), проведенных, например, параллельно фронтальной и предметной плоскостям. Точки N^1 и N^2 будут началь-

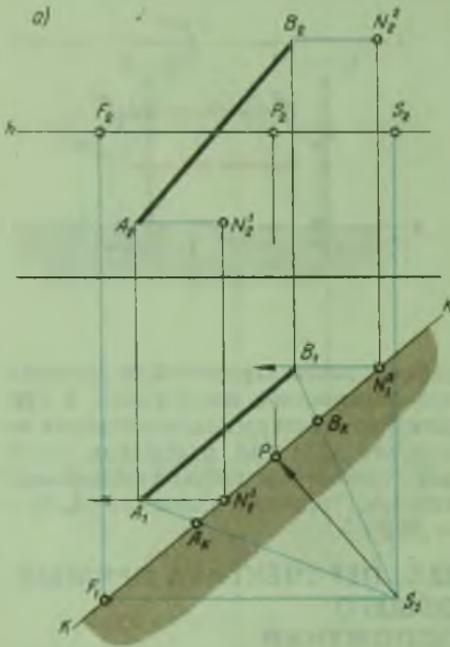
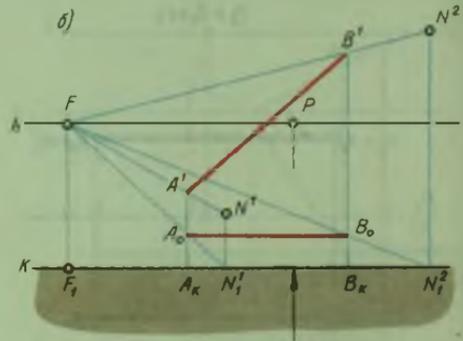


Рис. 22.10

ными точками перспектив вспомогательных прямых. Точка схода F получается в результате пересечения центрально проецирующего луча SF , проведенного из S параллельно N^1A и N^2B с картинной плоскостью.

Перенос с горизонтальной проекции след картинной плоскости со всеми точками, строим полную перспективу вспомогательных прямых, на которые переносим, как и раньше, точки A_k и B_k , получая перспективное изображение прямой A^1B^1 и вторичную проекцию A_0B_0 . Не забудьте, что высоту для начальных точек надо брать с фронтальной плоскости проекций.

Построение перспективы отрезка прямой общего положения, не параллельного картинной плоскости (рис. 22.11). Отрезок AB задан ортогональными проекциями A_1B_1 и A_2B_2 . Плоскость картины расположена между точкой зрения и отрезком, образуя с фронтальной



плоскостью Π_2 угол α . Требуется построить перспективное изображение отрезка AB .

Взаимное положение картины и отрезка позволяет определить начальную и конечную точки полной перспективы прямой. Построения, выполняемые на ортогональном чертеже, аналогичны предыдущим и ясны из чертежа, отметим лишь несовпадение на картине точек S_2P_2 .

Перенос картины с перспективным изображением на подготовленное место необходимо начинать с горизонтальной проекции чертежа, нанося точки N_1, A_k, P_1, B_k и F_1 на полосу бумаги, которую затем переносим на основание картины (рис. 22.11, б) и отмечаем на ней эти точки.

Найдя на картине высоту расположения начальной точки N и конечной точки F , строим полную перспективу прямой, на которой затем находим перспективное изображение отрезка с помощью точек A_k и B_k . Остальное построение ясно из чертежа.

ВЫВОДЫ:

линии, параллельные между собой в пространстве, имеют в перспективе общую точку схода;

линии, совпадающие с картинной плоскостью, сохраняют в перспективе натуральную величину;

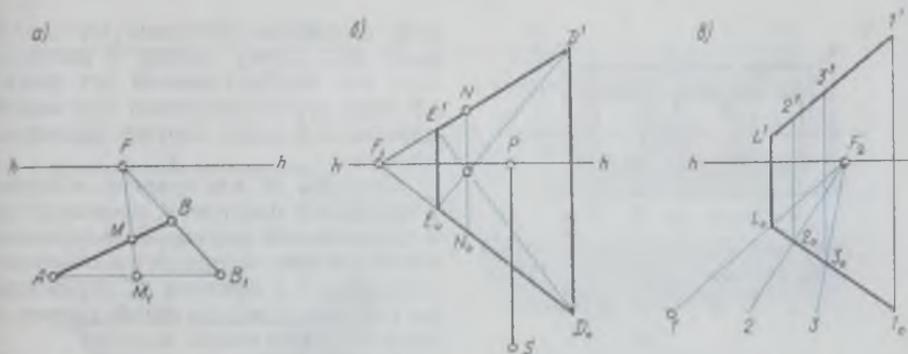


Рис. 22.13

Следовательно, прямая в перспективе, идущая в точку дальности, есть диагональ квадрата. Прямая, идущая в точку $D/2$, есть диагональ прямоугольника, состоящего из двух квадратов. Прямая, идущая в точку $D/4$, есть диагональ прямоугольника, состоящего из четырех квадратов.

22.8. ДЕЛЕНИЕ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ НА РАВНЫЕ И ПРОПОРЦИОНАЛЬНЫЕ ЧАСТИ

Если заданный в пространстве отрезок разделен точкой в определенном отношении, то в перспективе это отношение сохранится только в том случае, когда данный отрезок параллелен плоскости картины. Следовательно, *отрезки, параллельные плоскости картины, можно делить в заданном отношении непосредственно в перспективе. Отрезки, не параллельные картине, можно разделить в заданном отношении (делительный масштаб) при помощи вспомогательных отрезков, параллельных плоскости картины.*

На чертеже (рис. 22.13, а) на отрезке AB найдена точка, делящая этот отрезок на две равные части. Для этого проводим вспомогательную прямую, параллельную основанию

картины, до пересечения с прямой FB_1 , а отрезок A_1B_1 делим на две равные части точкой M_1 . Соединяя точку M с F , прямой разделим отрезок в перспективе на две равные части.

Если заданный отрезок является стороной прямоугольника, то разделить его на две равные части можно при помощи точки пересечения диагоналей прямоугольника. Таким образом, получена точка N , делящая пополам отрезок ED (рис. 22.13, б).

Если необходимо разделить отрезок $L=1$, данный в перспективе в общем положении, на три равные части, то следует вначале разделить его вторичную проекцию в том же отношении, после чего найти искомые точки 2 и 3 на отрезке в перспективе (рис. 22.13, в).

Рассмотрим пример на деление в перспективе прямой на пропорциональные отрезки. На построенную в перспективе стену $ABCE$ (рис. 22.14) нанести оконные проемы в соответствии с заданным чертежом.

На переднем вертикальном ребре стены BC наносим границы окон MN по высоте и через полученные точки проводим (в точку схода F^1) горизонтальные прямые, ограничивающие оконные проемы сверху и снизу. Чтобы разделить в перспективе отрезок EC в том же отношении, в каком

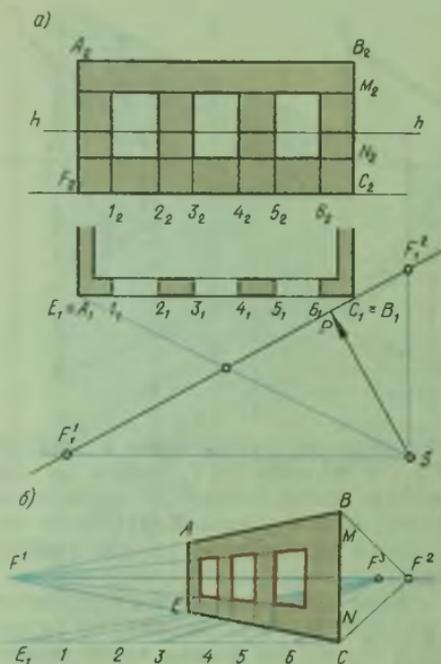


Рис. 22.14

разделен на фасаде точками $1 \dots 6$ отрезок F_1C_1 , воспользуемся перспективным делительным масштабом.

Проводим через точку C прямую, параллельную основанию картины, и при помощи полоски бумаги переносим на нее с фасада длину прямой E_1C_1 с нанесенными на ней границами проемов. Точки E_1 и E соединяем прямой линией и определяем на линии горизонта ее точку схода F^3 . При помощи прямых, параллельных прямой E_1E , идущим в ту же точку схода F^3 , переносим точки $1 \dots 6$ с прямой E_1C на прямую EC . После этого строим перспективу контуров оконных проемов.

22.9. ПЕРСПЕКТИВА ПЛОСКИХ ФИГУР

Построение перспективного изображения плоского треугольника ABC (рис. 22.15). Картин-

ную плоскость проведем через сторону AC . Точку зрения S расположим так, чтобы главный луч зрения SP был перпендикулярен картинной плоскости и делил картину примерно пополам.

Сторона AC как прямая, лежащая в картинной плоскости, проецируется в натуральный размер. Ее положение в перспективе определяется обычным порядком, т. е. прямую AC переносим на картину в натуральный размер и на соответствующую высоту.

Чтобы найти точку схода прямой BC , проводим из точки стояния параллельно горизонтальной проекции C_1B_1 прямую до пересечения с основанием картинной плоскости в точке P_1^1 . Найденная точка схода переносится на заданную линию горизонта в точку F^1 . Точку C_x соединяем с точкой схода F^1 . Точку B_0 находим при пересечении перпендикуляра, восстановленного из точки B_x до прямой C_xF^1 , при построении с одной точкой схода точку A^1 соединяем с точкой B^1 .

При построении перспективного изображения с двумя точками схода B_0 находится на пересечении прямых A_xF^2 и C_xF^1 .

Построение перспективного изображения квадрата (рис. 22.16). Дан комплексный чертеж квадрата. Квадрат расположен параллельно горизонтальной плоскости проекций. Картинную плоскость проведем через точку A . Точку зрения S расположим так, чтобы главный луч зрения SP делил расстояние между крайними лучами SB и SD примерно пополам, т. е. чтобы $PB_x \approx PD_x$.

Точка схода для прямых AD и CB , как параллельных, найдется, если из точки стояния S провести прямую $S_1F_1^1$ параллельно прямым AD и CB , а для прямых AB и CD — линию $S_1F_1^2$, параллельную прямым AB и CD .

Процесс построения перспективного изображения квадрата тот же, что и отдельных прямых (рис. 22.16, б).

Построение может быть выполне-

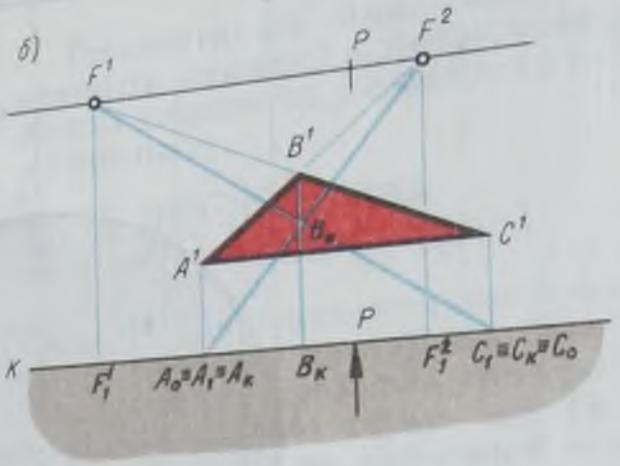
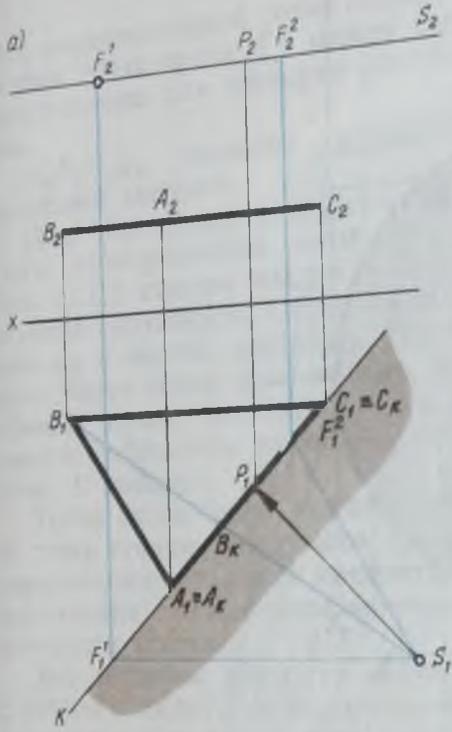


Рис. 22.15

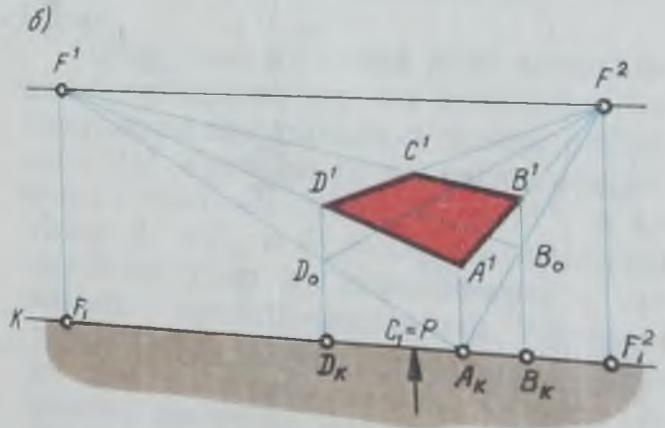
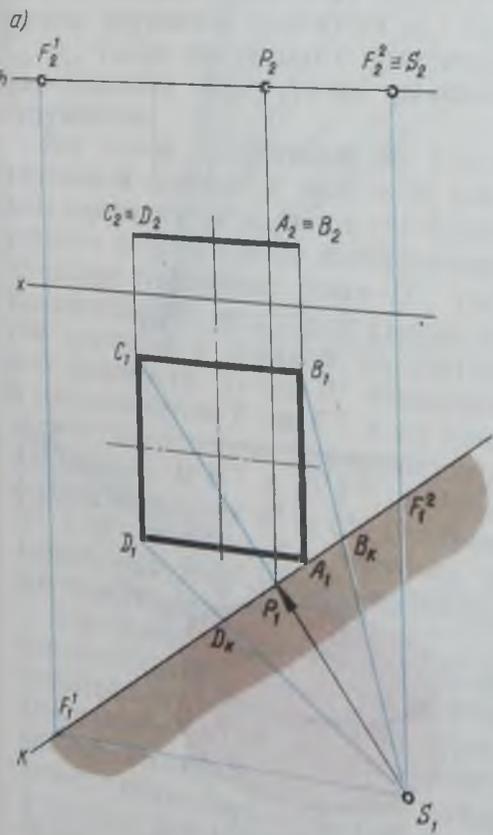


Рис. 22.16

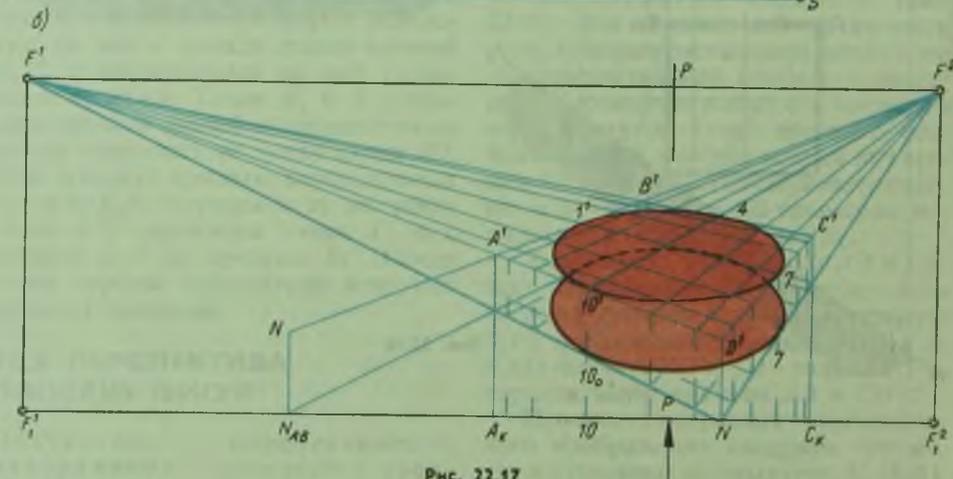
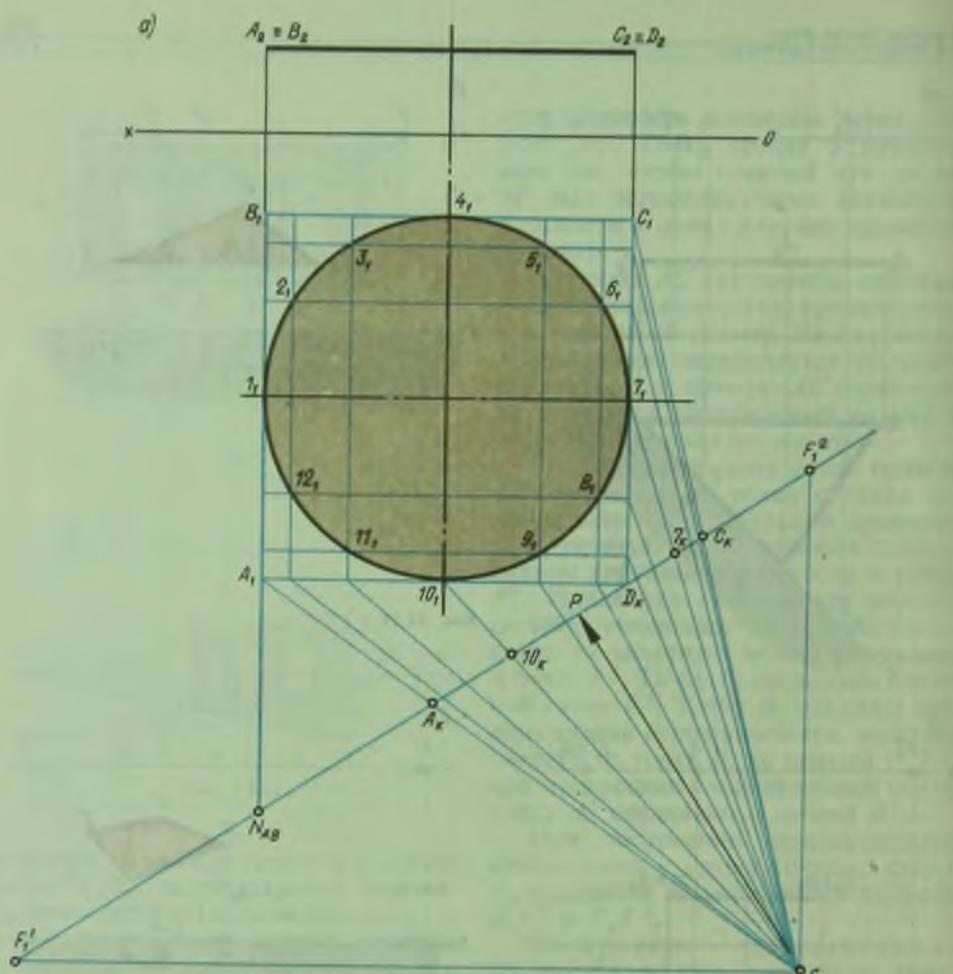


Рис. 22.17

но с помощью одной точки схода F^1 , вторая точка схода F^2 может быть использована для проверки построения.

$A_0B_0C_0D_0$ является вторичной проекцией квадрата.

Для построения перспективного изображения окружности (рис. 22.17) строим квадрат, описывающий окружность. Окружность делим на n частей, например двенадцать. Через точки деления проводим прямые линии, получая сетку. Картинную плоскость проводим через точку D квадрата.

Точки схода будут найдены, если из точки стояния S провести прямые, параллельные сторонам квадрата, до пересечения с основанием картинной плоскости в точках F^1 и F^2 .

Все вершины квадрата соединим с точкой стояния S , в результате чего получим точки пересечения лучей со следом картинной плоскости A_k, B_k, C_k, D_k . Также поступаем с прямыми, проходящими через точки деления окружности.

Все точки, полученные на следе картинной плоскости, вместе со следом переносим на то место, где будем строить перспективное изображение. Находим положение точки D^1 , расположенной на некоторой высоте от оси проекций и лежащей на картинной плоскости. Точку D^1 соединяем с точками схода F^1 и F^2 , а из точек A_k и C_k восстанавливаем перпендикуляры до прямых D^1F^1 и D^1F^2 , получая перспективу точек A^1 и C^1 . Соединяя A^1 с F^1 и C^1 с F^2 , получим на пересечении этих линий перспективное изображение точки B^1 .

Построив перспективу каждой линии, проходящей через точки деления окружности, получим перспективное изображение сетки, где в пересечении соответствующих прямых найдем точки, принадлежащие окружности в перспективном изображении. Полученные точки обводят по лекалу.

Аналогично строится вторичная проекция окружности.

Перспективное изображение окружающих, лежащей в других координатных плоскостях, строится по тому же принципу.

22.10. ПЕРСПЕКТИВА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Построение перспективного изображения куба (рис. 22.18). Картинную плоскость проводим через ребро куба BM , в этом случае оно будет процироваться на картинной плоскости в натуральный размер. Зададимся положением линии горизонта и произведем все построения аналогично предыдущим (рис. 22.18, а). Точки схода прямых AB, CD, AD и CB определяются ранее рассмотренным способом.

Перенос точек с основания картинной плоскости на картину производится как и в предыдущих примерах.

На картине из точки $B-M$ восстанавливаем перпендикуляр, на котором откладываем натуральную длину ребра куба BM . Крайние точки ребра соединяем с точками схода F^1 и F^2 , а из точек $A_k = E_k$ и $C_k = G_k$ восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с линиями, представляющими полные перспективы прямых, идущих от ребра BM к точкам схода. Таким образом, получим перспективное изображение ребер AE и CG . Чтобы получить изображение ребра DK , надо из крайних ребер точек AE и CG провести прямые в точки схода F^1 и F^2 . На пересечении этих линий получим точки ребра DK .

Если вторая точка схода лежит вне пределов чертежа, например точка F^2 , то можно построить перспективу и с одной точкой схода F^1 . Для этого продолжим горизонтальную проекцию D_1A_1 до пересечения с картинной плоскостью в точке N^1 . Точку N^1 перенесем на картину и из нее восстановим перпендикуляр, на котором отложим натуральную высоту куба. Соединяя полученные точки с

a)
 $\Pi \Gamma$

$A_2 = D_2$ $C_2 = B_2$

Π_2

$K_2 = E_2$

$G_2 = M_2$

Π_1

$K_1 = D_1$

$C_1 = G_1$

$A_1 = E_1$

$B_1 = I_1$

N^2

N^1

F_1^1

$\delta)$

F^1

F_1^2

N^1

N^2

A^1

D^1

C^1

N^3

Рис. 22.18

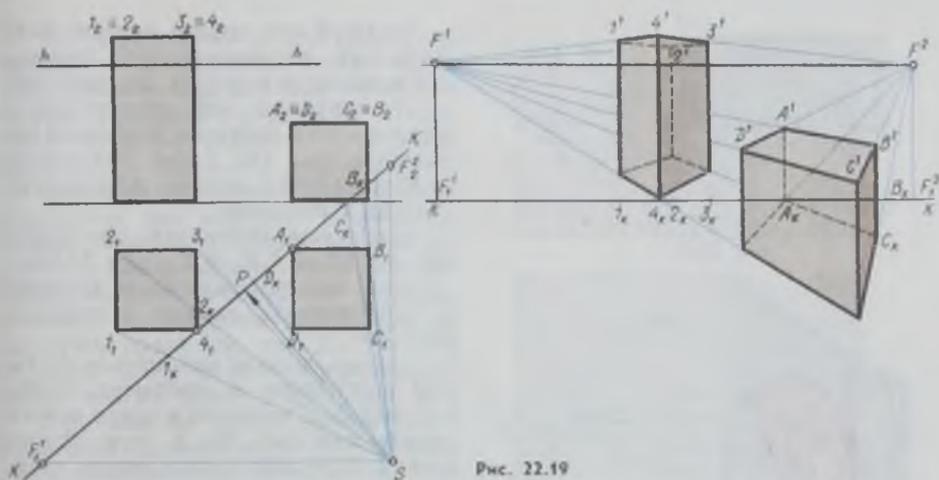


Рис. 22.19

правой точкой схода F^2 , получим перспективное изображение ребер куба AE и DK как результат пересечения прямых N^1F^2 с перпендикулярами AE и DK , восставленными с картинной плоскости.

Так же можно построить изображение куба, если использовать прямые, перпендикулярные картинной плоскости, проведенные через вершины куба. На рис. 22.18, б показано построение перспективы двух ребер AE и CG . В этом случае главный луч зрения направляют так, чтобы он не совпадал с ребром KD .

Перспективное изображение может быть построено с увеличением в несколько раз, например в 2 или 4 и т. д. Для этого все размеры как по вертикали, так и по горизонтали увеличивают при переносе всех точек на картину.

На рис. 22.19 дан пример построения перспективного изображения двух геометрических тел, куба и параллелепипеда, расположенных на одном уровне. Картинная плоскость проведена так, чтобы два ребра (одно у куба, другое у параллелепипеда) проецировались на картинной плоскости без искажения, т. е. картинная плоскость

проведена через ребро 4 параллелепипеда и ребро A куба. Линия горизонта проведена так, чтобы у куба было видно верхнее основание, а у параллелепипеда верхнее основание будет невидимым.

Зрителя располагаем так, чтобы главный луч зрения был перпендикулярен картинной плоскости (картине) и главная точка P находилась в средней трети картины.

Через все точки фигуры проводим лучи в точку зрения и находим левую и правую точки схода. Затем след картинной плоскости вместе во всеми точками переносим на то место, где будет строиться перспективное изображение.

На картине вначале находим натуральные ребра 4 и A и от них проводим линии в точки схода. Проведя из точек $1_x, 2_x, 3_x, D_x, C_x$ и B_x вертикальные прямые линии, найдем перспективное изображение каждой точки. Соединяя их между собой, получим перспективное изображение заданных объемов.

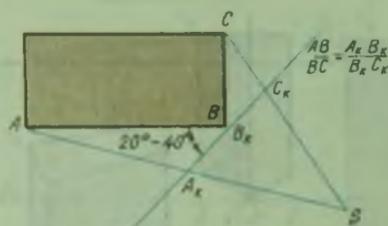


Рис. 22.20

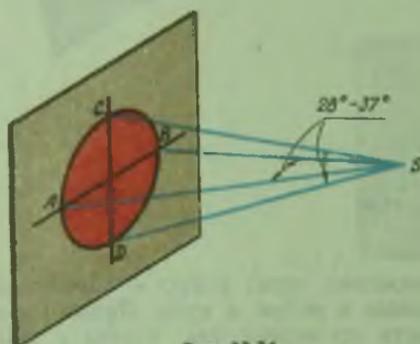


Рис. 22.21

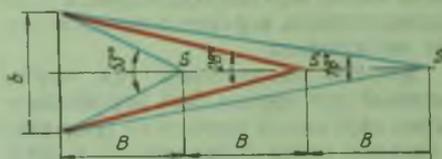


Рис. 22.22

22.11. ВЫБОР ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Чтобы изображение в перспективе хорошо смотрелось, надо учитывать естественный угол зрения человека, поэтому относительное расположение объекта, картины и точки зрения не может быть произвольным.

При выборе точки зрения рекомендуется придерживаться следующих положений:

главный луч зрения должен быть направлен перпендикулярно картинной плоскости и делить картину примерно пополам или находиться в средней трети картины. Картиной называется то, что будет заключено между крайними лучами, идущими от зрителя к предмету;

желательно соблюдать соотношение $AB/BC = A_k B_k / B_k C_k$ (рис. 22.20);

угол между основанием картины и сооружением должен составлять $20^\circ \dots 40^\circ$;

зритель должен находиться на таком расстоянии от предмета, чтобы предмет был включен в конус ясного зрения или был бы в поле ясного зрения. Для этого угол между крайними лучами зрения должен быть в пределах $28^\circ \dots 37^\circ$ (рис. 22.21);

в том случае, когда у сооружения вертикальные размеры больше горизонтальных, зрителю следует отойти на полторы-две высоты от сооружения для того, чтобы угол зрения в вертикальной плоскости оказался в допустимых границах (рис. 22.22).

По расположению картинной плоскости относительно объекта перспективы могут быть двух видов: *центральная фронтальная перспектива* применяется для построения интерьеров, т. е. перспективы внутреннего вида помещений (рис. 22.23); *угловая перспектива* (рис. 22.24) применяется при изображении отдельных объектов, в этом случае картинная плоскость располагается под углом к объекту.

По расположению линии горизонта перспективные изображения могут быть (см. рис. 22.24, а): с *нормальной высотой горизонта*, т. е. на высоте человеческого роста $1,5 \dots 1,7$ м, применяется при построении перспективы на равном месте (рис. 22.24, б); *при виде снизу* применяется для отдельных деталей, наблюдаемых снизу, и для зданий, стоящих на возвышении (рис. 22.24, в); с *высоким горизонтом*, при этом высоту горизонта берут до 100 м и выше (рис. 22.24, г).

По расстоянию точки зрения от предмета перспективы могут быть разделены на перспективы с острым, резким ракурсом и перспективы с тупым, пологим ракурсом. *Ракурсом называется положение изображаемого предмета относительно картинной плоскости, при котором получается резкое укорочение удаленных от переднего плана частей.* Мерилом ракурса является отношение перспективного изображения ребер BB_0 на переднем плане (см. рис. 22.25, а и б) к ребру A^1A_0 наиболее удаленного ребра той же грани $B'B_0/A'A_0$.

При выборе точки зрения необходимым условием является реальное расположение точки зрения, т.е. наилучшее. Выбирая точку зрения, можно использовать такую схему (рис. 22.26). Намечая точки стояния, мысленно представить, как будет выглядеть здание. Например, точка 1 (см. рис. 22.26, 22.27) показывает вид здания сбоку. Основная часть фасада скрыта, точка 2 хорошо раскрывает основной фасад, но не видны боковые стороны; точка 3 дает вид на оба фасада, что так как перспективный ракурс для обоих фасадов одинаков, перспектива здания оказалась невыразительной; точку 4 можно считать наиболее удачной, так как с этой точки зрения композиция здания раскрывается наилучшим образом.

22.12. ПОСТРОЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗДАНИЯ

Перспектива любого здания (сооружения) складывается из перспективы множества точек, каждая из которых строится как след луча зрения на картинной плоскости. Существует несколько способов построения перспектив, мы рассмотрим один из них — метод архитектора. *Этот способ сводится к определению проекций точек сооружения на картинную плоскость лучами, идущими из*

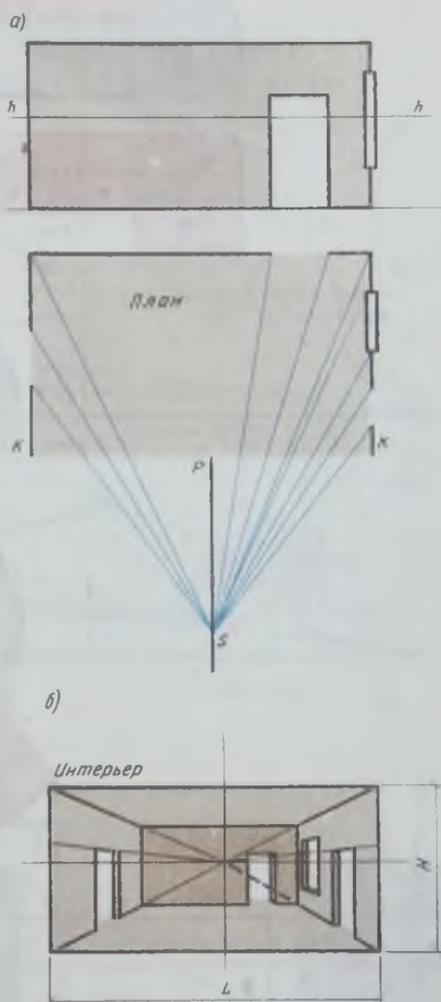


Рис. 22.23

точек зрения к каждой точке сооружения.

При построении перспективы методом архитектора картинную плоскость располагают под углом к зданию и проводят след ее через один из углов (рис. 22.28).

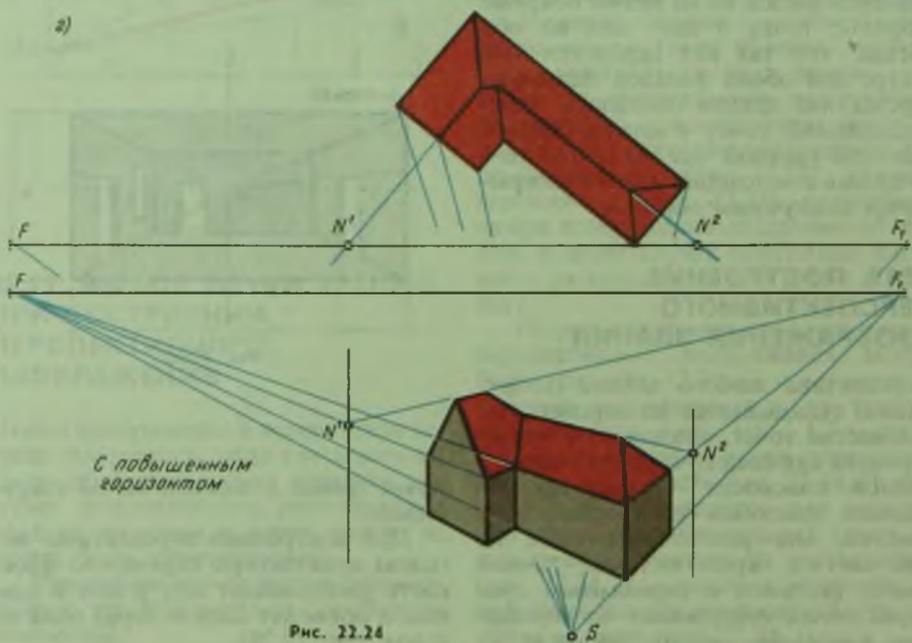
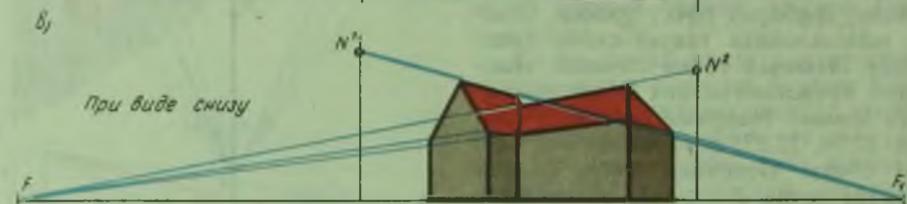
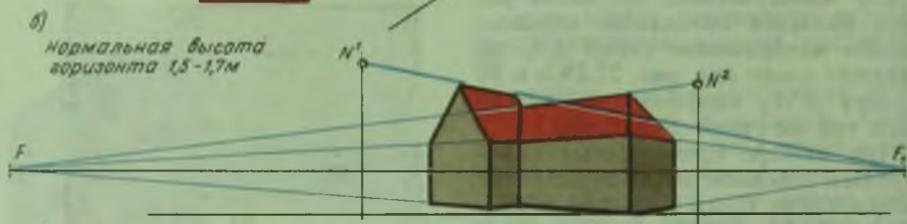
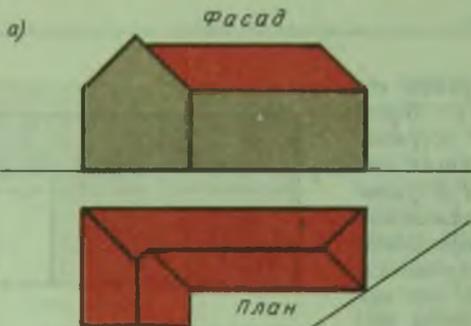


Рис. 22.24

Зрителя устанавливают так, чтобы главный луч зрения был перпендикулярен картинной плоскости, а сам зритель находился бы на таком расстоянии, чтобы угол зрения α , определяемый крайними лучами зрения S_1 и S_5 , был равен $23^\circ \dots 37^\circ$. Главный луч зрения SP должен делить картину приблизительно пополам, чтобы точка P находилась в средней трети картины.

Точки схода для основных направлений плана найдутся, если провести прямые из точки стояния S_1 параллельно сторонам сооружения до пересечения с картинной плоскостью в точках F^1 и F^2 .

Точка схода F^1 (левая) будет являться точкой схода для всех прямых, параллельных сторонам 1-2, 3-4, 5-6, 8-9, а точка схода F^2 (правая) — для параллельных сторон 1-7, 11-10, 2-3, 4-5 и им параллельных.

После установки зрителя, картин-

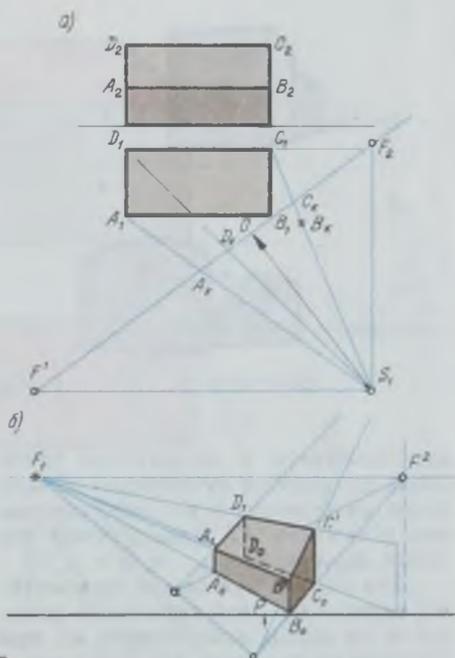


Рис. 22.25

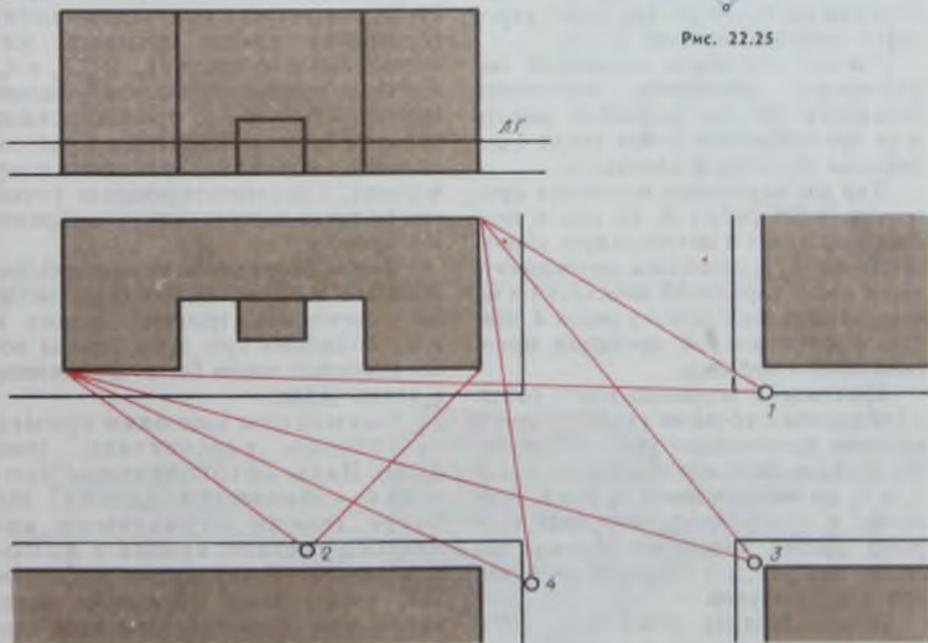


Рис. 22.26

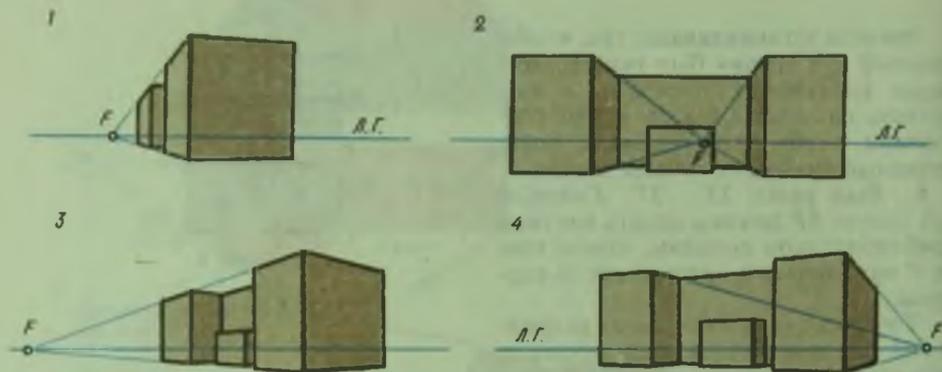


Рис. 22.27

ной плоскости и нахождения точек схода проводятся лучи зрения из всех точек сооружения и на следе картинной плоскости KK фиксируются все точки пересечения $1_x \dots 6_x$ и т. д.

Для построения самой перспективы вы переносим след картинной плоскости со всеми нанесенными на нем точками на то место, где будет строиться перспектива (рис. 22.29).

Линию горизонта проводим параллельно основанию картинной плоскости KK на заданной высоте и на нее переносим точки схода с основания картинной плоскости.

Так как картинная плоскость проведена через ребро 4, то она в перспективе будет в натуральную длину. Из точки 4_x восстанавливаем перпендикуляр к следу картинной плоскости и на нем откладываем высоту ребра 4, взятую с фронтальной проекции ортогонального чертежа.

Нижнюю и верхнюю точки ребра 4 соединяем с точками схода F^1 и F^2 , получая направление сторон здания. Восстанавливаем перпендикуляры из точек 3_x и 5_x до пересечения с лучами, идущими в точки схода, получим стороны здания. Таким же образом находим все ребра и стороны сооружения в перспективе.

Для получения точек 8, 9, 10 и 11 в перспективе продолжим линии конька 11-10 (см. рис. 22.28) до пере-

сечения с картинной плоскостью KK в точке N_1^1 , а линию 8-9 до пересечения в точке N_1^2 и переносим эти точки в перспективу. Из полученных точек восстанавливаем перпендикуляры, на которых откладываем высоты от земли до конька.

Соединяя точки N^1 и N^2 с точками схода и пересекая полученные линии перпендикулярными прямыми, восстановленными из точек $11_x, 10_x, 8_x$ и 9_x , получим перспективное изображение прямых 11-10 и 8-9, принадлежащих конькам кровли. Найденные точки соединяем, согласно ортогональному чертежу, с соответствующими точками, получая перспективное изображение кровли.

Чтобы сооружение не казалось висющим в воздухе, необходимо около него начертить тротуар, дорогу и т. п., соблюдая при этом, чтобы все проведенные линии были направлены в точки схода.

Рассмотрим еще один пример построения перспективы (рис. 22.30). Даны ортогональные проекции небольшого здания. На плане здания штриховыми линиями показаны крыша и дымовая труба. Точку зрения выбираем так, чтобы была обеспечена видимость всех основных элементов здания и угол между крайними лучами был равен 30° . Линию горизонта при-

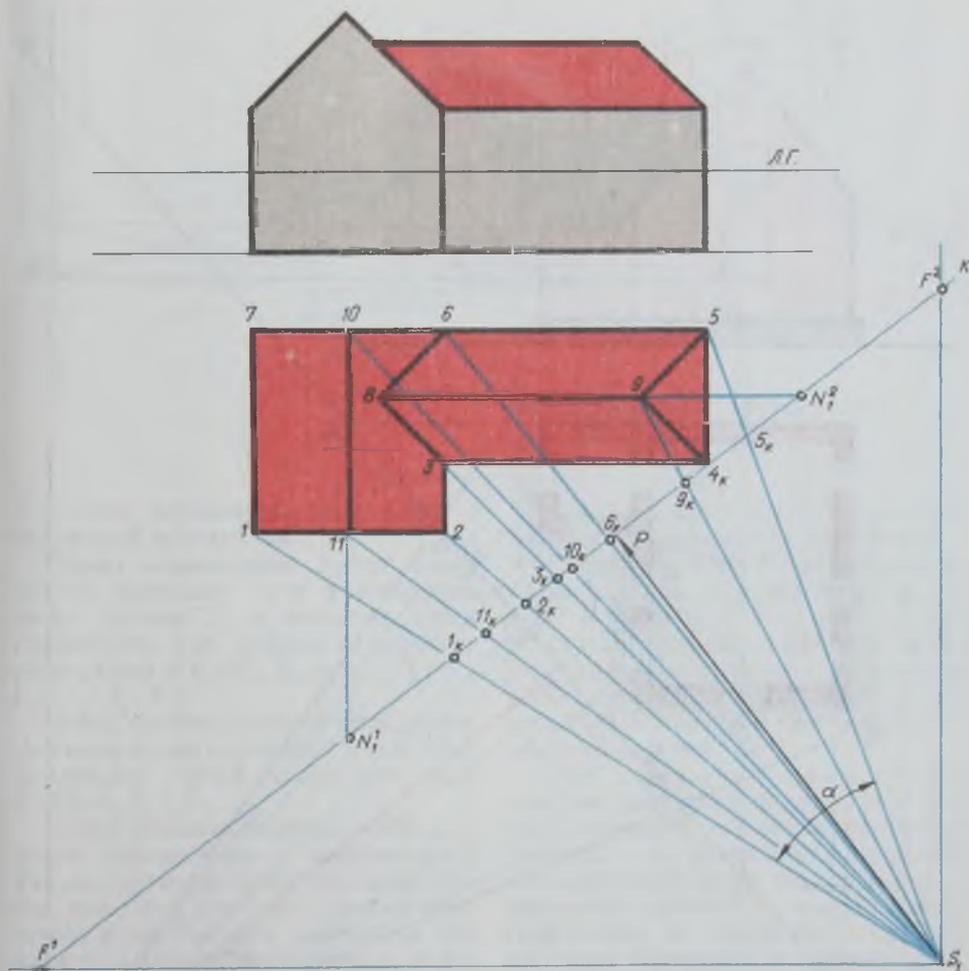


Рис. 22.28

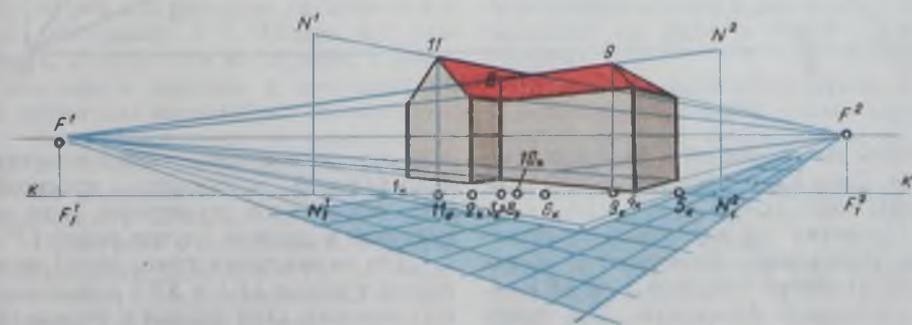


Рис. 22.29

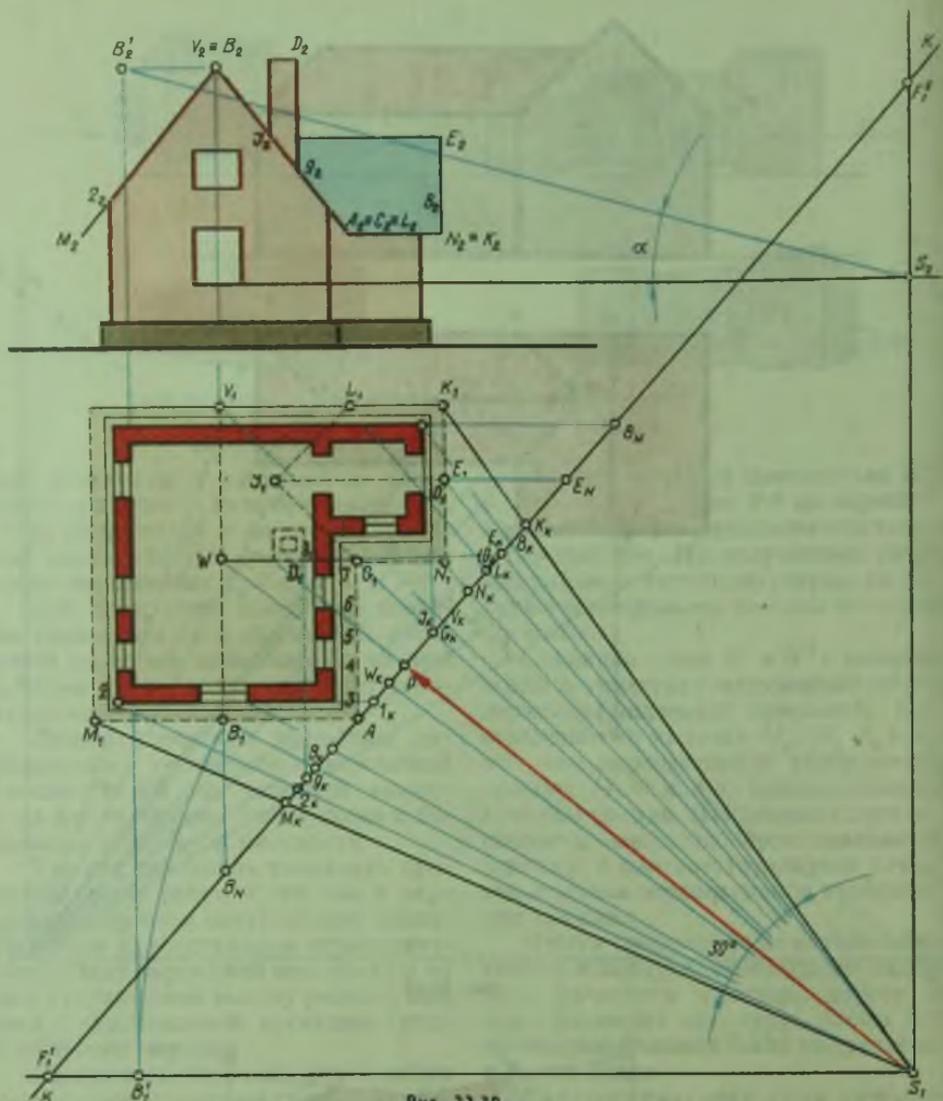


Рис. 22.30

нимаем на уровне низа оконных проемов. След картинной плоскости проводим через точку A .

Проверку по вертикали производим упрощенно, проверкой угла наклона крайнего верхнего луча SB к горизонтальной плоскости. Для этого луч SB вращаем вокруг вертикальной

оси до положения, параллельного фронтальной плоскости проекций SB^1 , после чего проверяем угол α , который в данном случае равен 15° .

Для нахождения точек схода проводим прямые SF^1 и SF^2 параллельно сторонам стен здания и определяем горизонтальные проекции F_1^1 и

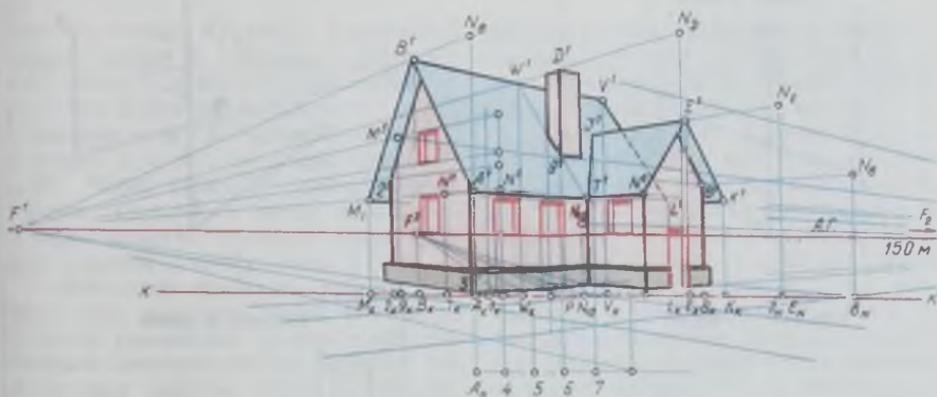


Рис. 22.31

F_1^2 точек пересечения этих лучей с картинной плоскостью.

Через характерные точки плана здания проводим лучи в основание точки зрения S_1 и находим точки пересечения этих прямых с основанием картины KK ($M_k, 2_k, 1_k, C_k, Y_k, N_k, L_k, F_k, 3_k, K_k$).

В необходимом случае определяем дополнительно картинные следы продолженных линий плана (см. рис. 22.30) $B_N E_N I_k D_N$.

Очень важным является выбор размеров перспективного изображения. Так как ортогональные проекции здания даются в довольно мелком масштабе и перспектива получается еще мельче, а желательно получать ее более крупную, в этом случае можно при построении перспективного изображения все размеры увеличить в n раз, например 2:1. Теперь все размеры переносятся на картину с ортогонального чертежа в соответствии с принятым масштабом увеличения.

Если точки схода не помещаются на листе (рис. 22.31), его следует временно надставить с обеих сторон или приблизить точки схода.

Приступая к построению перспективы здания, надо помнить, что видимые линии плана здания строятся при помощи картинных следов, точек схода

и вертикальных прямых, проведенных через соответствующие точки.

Соединяя точки, полученные на следе картины, с точками схода F^1 и F^2 и проводя из соответствующих точек картины вертикальные линии (это точки, полученные на картине пересечением лучей, идущих в точку стояния), определяем перспективу характерных точек.

Для определения границ оконных проемов на торцевой стене находим след торцевой стены на картинной плоскости, это будет точка I картины. На найденном следе откладываем от основания картины 1_k , высоту цоколя (удвоенную по сравнению с ортогональным чертежом) и границы окон по высоте. Найденные точки соединяем с точкой схода F^1 , а ширину окон определяем с помощью лучей, проведенных от окон в точку стояния (зрения).

При построении перспективы окон и цоколя продольной стены можно воспользоваться пропорциональным делением отрезка.

Следует обратить внимание на то, как найти коньки крыши.

Перспектива точки B^1 , а также точки E^1 определится при помощи картинных следов B_N и E_N прямых, проходящих через эти точки. Отло-

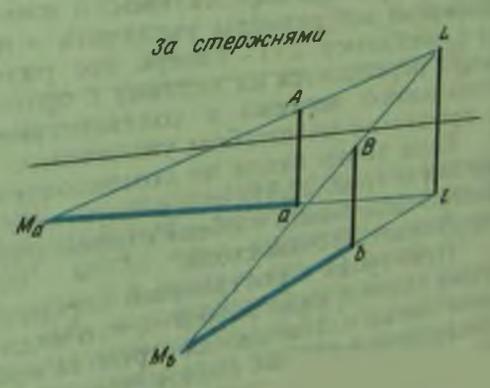
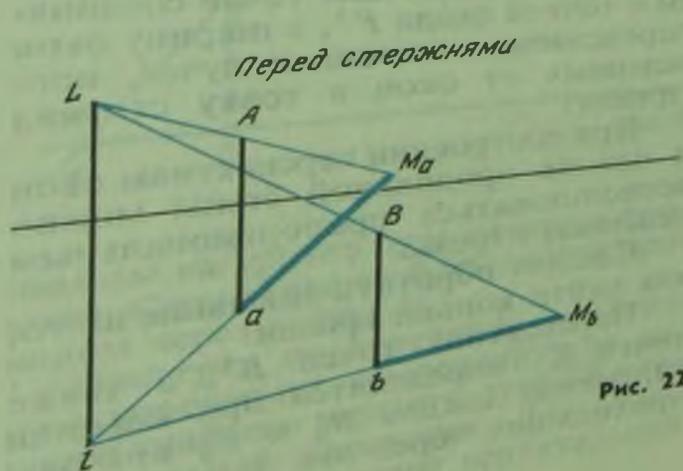
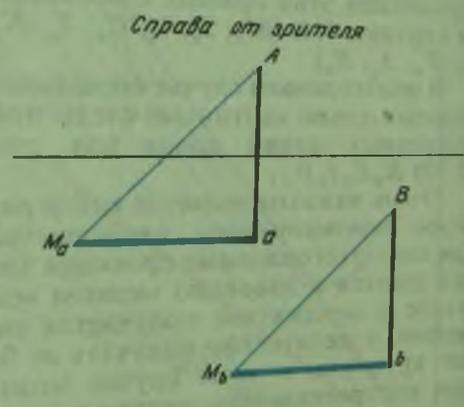
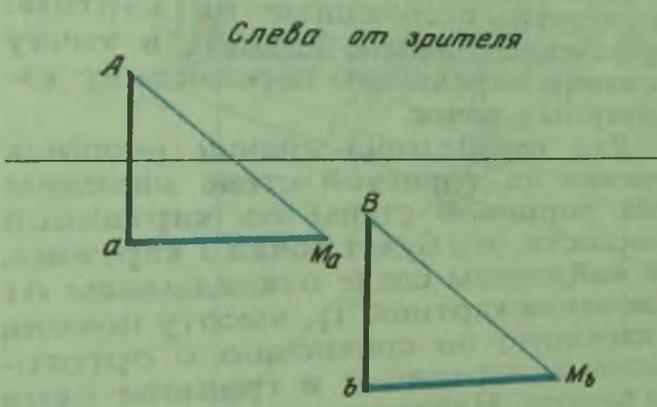
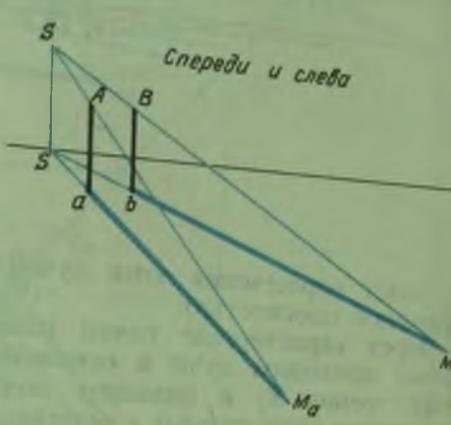
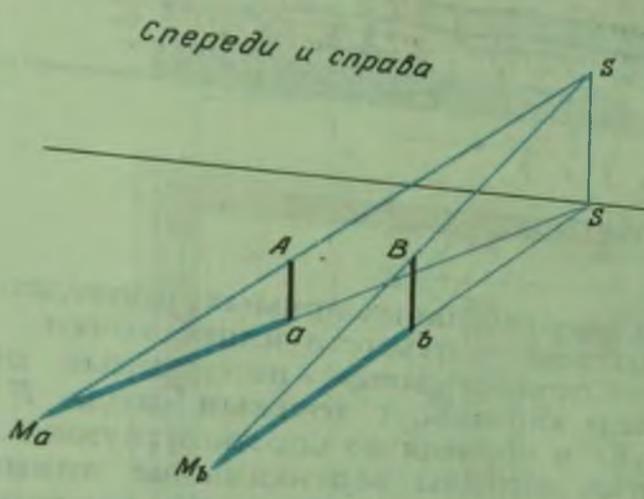
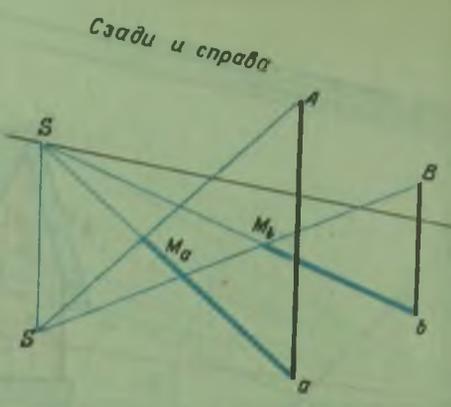
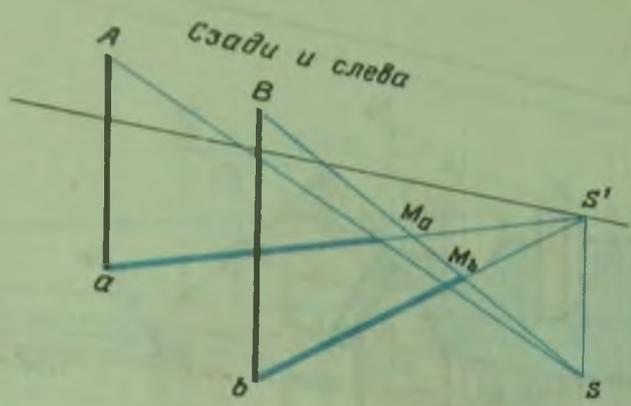


рис. 22.32

жив от точки A_1 вверх удвоенную высоту точки B , получим точку B^1 , а от точки E_1 высоту от оси проекций до точки E конька, получим точку E^1 . Соединяя точку B с точкой схода F^1 , а точку E с F^2 , получим точки B^1 и E^1 . Через точку B^1 пройдет конек крыши, идущий в точку схода P^2 , а через точку E^1 пройдет конек крыши, идущий в точку схода F^1 .

Основание трубы на крыше найдено при помощи линии WT пересечения плоскости крыши с продолженной плоскостью грани трубы. Определение высоты трубы в перспективе ясно из чертежей.

22.13. ТЕНИ В ПЕРСПЕКТИВЕ

Так же как и в аксонометрии, тени в перспективе могут быть построены с различных точек расположения источника света.

На рис. 22.32 показаны восемь возможных расположений источников света относительно положения точки зрения и двух вертикальных стержней, от которых падает тень на горизонтальную плоскость. Здесь тени от вершин стержней, т.е. от точек A и B , найдены как горизонтальные следы лучей света, проходящие через данные точки. Из рассмотренных примеров видно, что тени от вертикальных прямых падают по направлению точки схода на горизонте, а длина тени определяется пересечением луча света, проходящего через верхний конец прямой в точку схода лучей, с поверхностью, на которую падает тень.

Направление лучей света может быть выбрано в зависимости от характера изображаемого объекта и от желания показать его освещенным с той или другой стороны. При этом следует руководствоваться эстетическими соображениями, так как построение теней на проекте не является самоцелью, а всего лишь средством для выявления форм и пропорций.

В тех случаях, когда сооружение состоит из арок и колоннад, хорошо

применять так называемые *приходящие тени*. В этом случае лучи света, проникающие сквозь проемы, создают эффективную игру светотени.

Для построения тени от здания, имеющего выступ, можно рекомендовать следующий прием для выбора направления лучей света. Рассмотрим построение (рис. 22.33). К углу 4 выступа здания прикладываем линейку KN так, чтобы падающая от выступа тень на фасад 5-6 была или немного меньше или немного больше перспективного размера выступа 4-5, и, проведя по ребру линейки проекцию луча света в плане, отыскиваем точку F^3 на оси OX как проекцию точки схода горизонтальных проекций лучей света ($S_1F^3 \parallel KN$).

Теперь определим расстояние d , на которое будет удалена на картине точка схода лучей света в пространстве F^4 от точки схода горизонтальных проекций лучей F^3 . Для этого предположим, что солнце расположено сзади и слева от зрителя, а лучи направлены вниз направо, составляя угол $\alpha = 35^\circ 54'$ ($\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{2}/2 = 0,707$). В точке S строим угол α и находим катет d прямоугольного треугольника SF^3F^4 , который и является искомой величиной, и его следует отложить на картине по вертикали вниз от точки F^3 горизонта. Все остальные построения по нахождению теней ясны из чертежа.

Рассмотрим построение падающих теней на ступенях лестницы от боковой стенки (рис. 22.34). При построении теней в перспективе от здания обычно берут направление лучей, параллельное картинной плоскости, в этом случае лучи и тени от вертикальных прямых будут параллельными, последнее облегчает построение теней на чертеже.

Для построения падающей тени от боковой стенки лестницы на ступенях использован прием продолжения ребра, от которого строится тень (в данном случае ребро AB) до пересечения

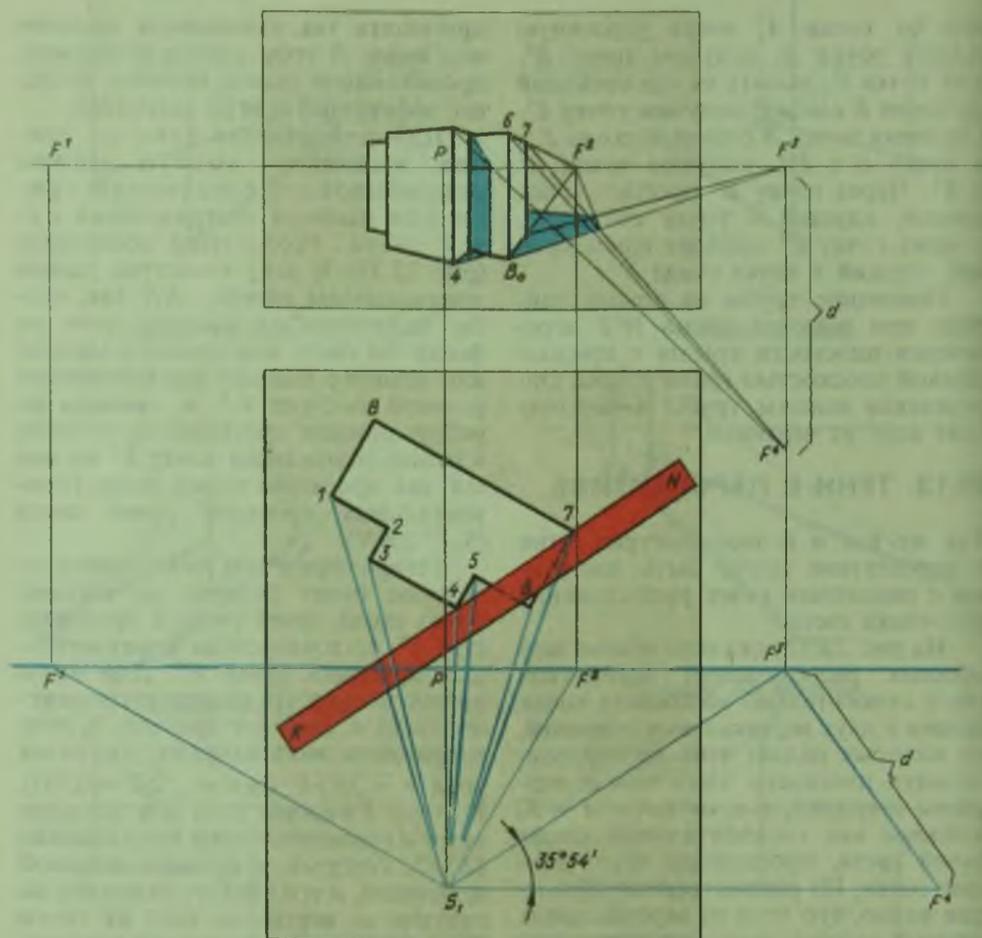


Рис. 22.33

с той гранью, на которую строится падающая тень.

Вначале строим тень от вертикальной прямой A_0A^1 , для этого из основания A_0 проводим проекцию луча S_0 до подступенка первой ступени, у основания которого тень переломится и, как от вертикали, на вертикальной плоскости пойдет вверх до проступи. Дойдя до второго подступенка, луч опять переломится и по вертикали поднимается на вторую ступень, далее по проступи луч пойдет в направлении проекции луча S_0

до встречи с лучом S в точке K .

Теперь строим тень от наклонной AB , для этого продолжаем прямую A^1B^1 до пересечения с прямой B_1C_1 , принадлежащей верхней площадке P . Тень от прямой A^1B^1 в точке 1 будет равна нулю, а прямая $1-B_p$ даст тень на площадке P от B_p до точки 4 . Чтобы найти тень на проступи N , продолжаем A^1B^1 до точки 2 , лежащей в плоскости N , и отыскиваем в этой же плоскости тень от точки B^1 — это будет точка B_N . При соединении точек 2 и B_N прямая пересечет

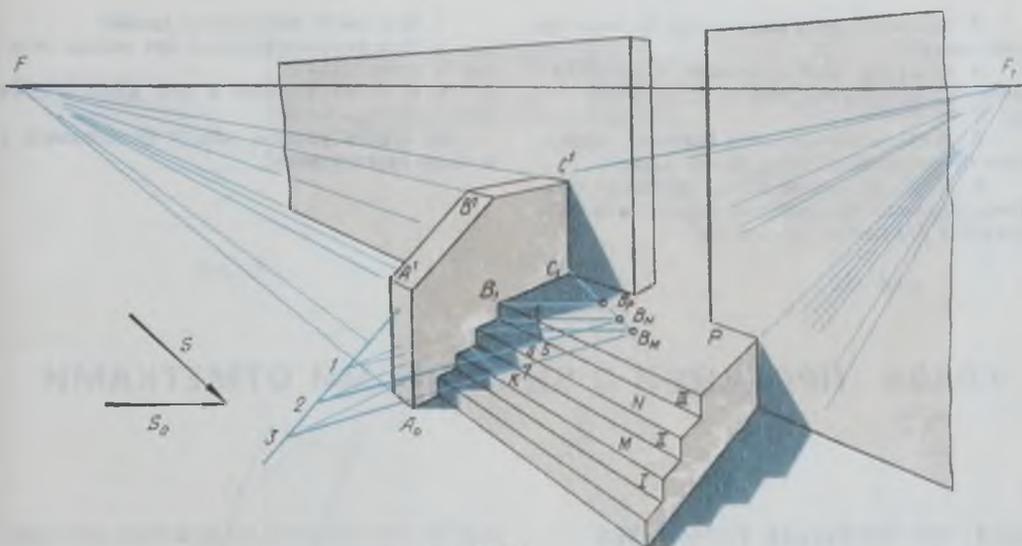


Рис. 22.34

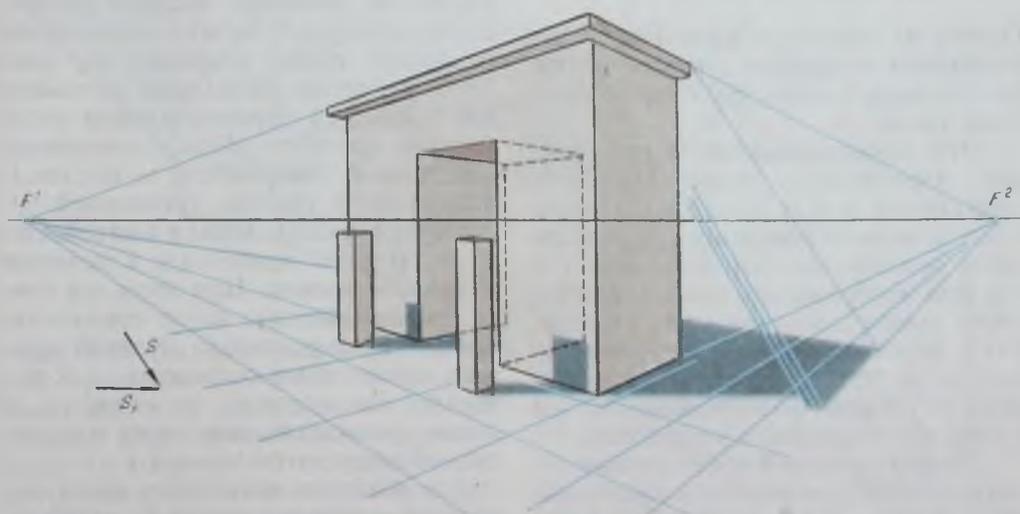


Рис. 22.35

подступенок N в точках 5 и 6. Точка 7 на проступи M получается аналогично. Тень на подступенках II и III получится от соединения точек 7 с 6 и 5 с 4.

Тень от прямой B^1C^1 , так от горизонтальной прямой на горизонтальную плоскость ляжет по направлению луча, идущего в ту же точку схода, что и от точки B_p до вертикальной стены, откуда тень пойдет в точку C^1 .

Остальные построения ясны из чертежа.

На рис. 22.35 дан пример построения падающих теней лучами, параллельными картинной плоскости.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что такое начальная и конечная точки прямой в перспективе?
2. Что надо сделать, чтобы построить перспективу точки?

3. Как находится полная перспектива прямой линии?

4. В каком случае прямая в перспективе имеет большую длину, чем ее натуральная длина?

5. В каком случае длина прямой в перспективе будет равна ее натуральной длине?

6. Какое положение займет прямая перспективе, если она в пространстве параллельна предметной и картинной плоскостям?

7. Что такое поле ясного зрения?

8. Чем руководствуются при выборе положения точки зрения?

9. В каких случаях и как располагается плоскость горизонта?

10. Какая разница между фронтальной и угловой перспективой?

ГЛАВА ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

23

23.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И СУЩНОСТЬ СПОСОБА

Одним из основных способов проектирования земляных сооружений является способ проекций с числовыми отметками.

При проектировании дорог, мостов, аэродромов, гидротехнических сооружений и т. п. приходится изображать земную поверхность с различными земляными сооружениями. Так как при изображении земной поверхности имеют место большие расстояния в двух измерениях и незначительные в третьем измерении по вертикали, то способ проецирования на две плоскости становится неудобным.

Способ проекций с числовыми отметками был применен для показания на морских картах глубины различных пунктов водных бассейнов. В XVI в. был предложен способ изображения кривыми линиями (названными впоследствии горизонталями), которые соединяли целый ряд точек, лежащих на одном уровне, что представляло собой начало изображения топографической поверхности в горизонталях.

При этом способе все точки ортогонально проецируются только на одну плоскость проекций (обычно горизонтальную), но так как одна проек-

ция не определяет положение предмета в пространстве, то фронтальную проекцию заменяют числами (отметками), которые ставятся около проецируемых точек, например A_6 (рис. 23.1). Отметки указывают превышение точек над горизонтальной плоскостью проекций. При проецировании земной поверхности за абсолютный нулевой уровень принимают постоянный уровень воды в Балтийском море. Иногда прибегают к помощи условного уровня. При этом все точки, расположенные выше плоскости, принятой за условный нулевой уровень, обозначают со знаком «+», который, как правило, не ставится, а точки, расположенные ниже плоскости, обозначаются знаком «-».

Для решения некоторых задач используют проецирование на горизонтально проецирующую (вертикальную) плоскость, совмещаемую затем с горизонтальной плоскостью, при этом плоскость может быть расположена в любом месте относительно точки.

23.2. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ТОЧКИ

На ортогональном чертеже расстояние точки A от горизонтальной плоскости Π определяется расстоянием ее фронтальной проекции A_2 до оси про-

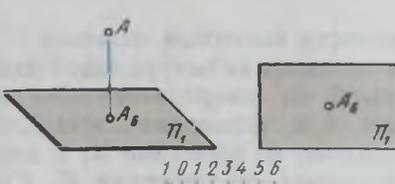


Рис. 23.1

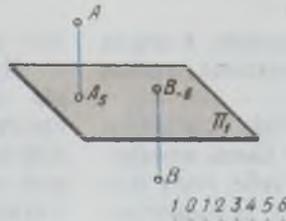


Рис. 23.2

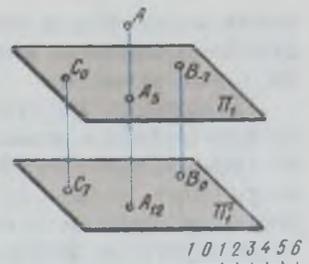


Рис. 23.3

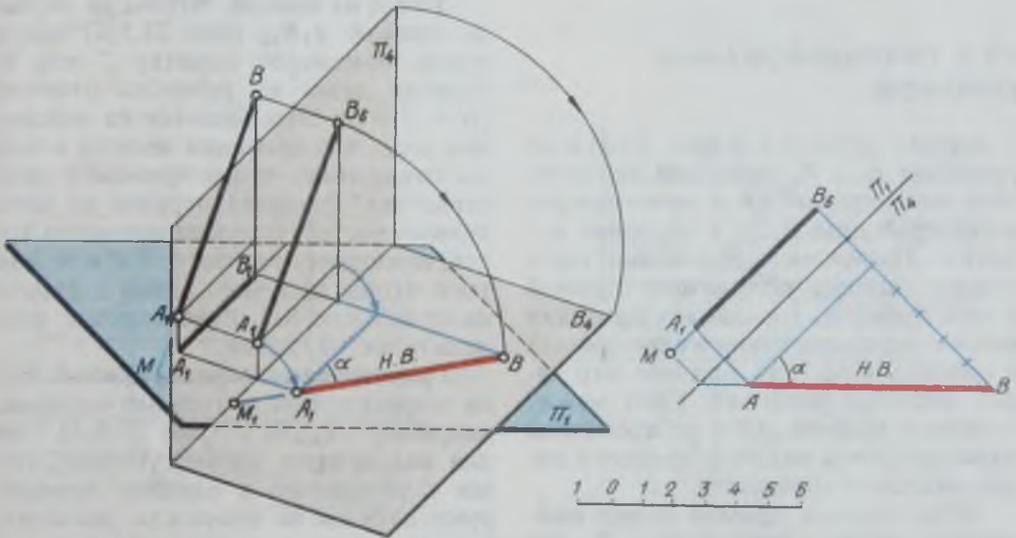


Рис. 23.4

екций OX , т.е. расстояние фронтальной проекции A_2 точки A до оси проекций есть превышение данной точки A над горизонтальной плоскостью Π_1 . На рис. 23.2 это превышение равно пяти, т.е. точка A имеет координату, равную пяти единицам. Если точка будет расположена под плоскостью Π_1 , то координата будет иметь отрицательное значение. Точка B имеет отметку -6 .

В проекциях с числовыми отметками горизонтальная плоскость проекций принимается за условный нулевой уровень, от которого и производятся отсчеты. Так, точка C (рис. 23.3) имеет нулевую отметку, значащую, что данная точка лежит в плоскости нулевого уровня. Точка B имеет отметку -7 , следовательно, эта

точка находится под горизонтальной плоскостью проекций.

Все вышеприведенные точки имеют проекции, которые расположены на горизонтальной плоскости проекций, и около каждой поставлено число, указывающее число единиц превышения или понижения точек от плоскости, принятой за условный нулевой уровень. Чтобы по проекциям с числовыми отметками определить положение точек в пространстве, достаточно из каждой точки B_7 и A_5 восстановить перпендикуляры и на них в заданном масштабе отложить указанное число единиц.

Следовательно, для задания точек по способу проекций с числовыми отметками помимо числовых отметок проецируемых точек необходимо

иметь масштаб или указание, в каких линейных единицах выражены данные числовые отметки.

Положение плоскости условного нулевого уровня может быть изменено параллельно самой себе вниз или вверх, при этом будут изменяться числовые отметки заданных точек на ту величину, на которую будет перемещена плоскость. На рис. 23.3 плоскость перемещена на 7 единиц.

23.3. ПРОЕЦИРОВАНИЕ ПРЯМОЙ

Соединяя точки A с B (рис. 23.4) и их проекции A_1 с B_6 прямыми линиями, получим отрезок AB в пространстве и его проекцию A_1B_6 в числовых отметках. Проекция A_1B_6 соответствует только одному положению прямой в пространстве, т. е. данная проекция вполне определяет положение прямой в пространстве (при условии, что задан масштаб чертежа). Угол между отрезком прямой AB и ее проекцией является углом наклона прямой к горизонтальной плоскости.

Если отрезок прямой имеет одинаковые отметки, например A_5B_5 , это означает, что прямая горизонтальная, т. е. параллельна горизонтальной плоскости проекций. Фронтальная проекция такой прямой, построенная с помощью линий связи, будет параллельна оси проекций.

Предположим, что точка A прямой находится от плоскости Π_1 на 1 единицу, а точка B на 6 единиц. Проецируем отрезок на дополнительную плоскость, поставленную параллельно данному отрезку, получим новую проекцию отрезка в натуральную длину и угол наклона его к плоскости Π_1 . Последнее соответствует способу замены плоскостей проекций или способу треугольника, при котором натуральная длина будет равна гипотенузе прямоугольного треугольника, у которого один катет равен проекции отрезка, а другой ка-

тет — разности высотных отметок.

Для нахождения натуральной длины прямой на эпюре восставим из проекции A_1B_6 перпендикуляры длиной в единицу из проекции A_1 и длиной в 6 единиц — из проекции B_6 . Соединяя точки A и B , получим новую проекцию отрезка прямой AB в натуральную длину и угол наклона α к плоскости Π_1 — угол между отрезком и его проекцией.

Точка на прямой. Чтобы на отрезке прямой A_5B_{10} (рис. 23.5, а) найти точку, имеющую отметку 7 или 8, отрезок делят на разность отметок ($10 - 5 = 5$). Это делается на основании того, что проекции делятся в том же отношении, что и прямая в пространстве. Разделив отрезок на пять равных частей, получим проекции точек, имеющих отметки 6, 7, 8 и 9. Для того чтобы получить точки с отметками 6,5 или 8,5, надо отрезок разделить на 10 частей.

Градуирование отрезка прямой. Если прямая задана на целыми числами, например $A_{2,4}B_{8,5}$ (рис. 23.5, б), то для нахождения промежуточных точек с разностью в единицу проецируют отрезок на плоскость, расположенную параллельно проекции, и принимают ось проекций за нулевой уровень или за любой другой. Затем эту плоскость совмещают с горизонтальной плоскостью проекций. Процесс нахождения точек, отметки которых выражены в целых числах с разностью в одну единицу, называется *градуированием*.

Построение заключается в следующем: на расстоянии, равном масштабной единице, проводят ряд параллельных прямых, соответствующих уровням в 2...9 единиц (линии уровня). Из проекций точек $A_{2,4}$ и $B_{8,5}$ восставляют перпендикуляры и на них отыскивают уровень в 2,4 и 8,5 единиц между соответствующими линиями уровня. Полученные точки соединяют прямой линией AB , которая пересечет все линии уровня в соответствующих точках 3...8. Проведя ли-

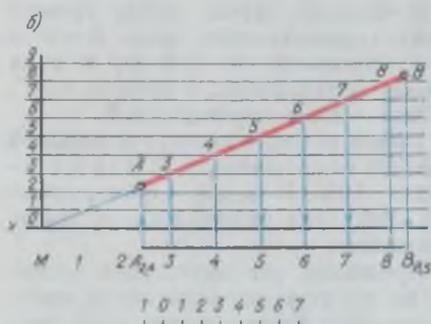
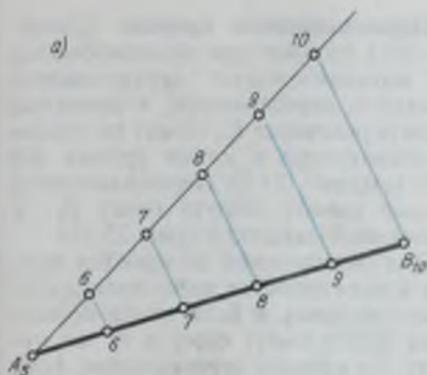


Рис. 23.5

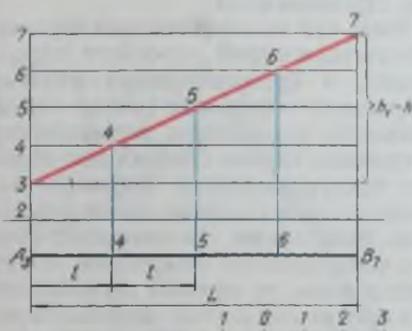


Рис. 23.6

нии связи из точек 3...8 на проекции прямой AB , находят проекции точек, отметки которых выражены целыми числами с разностью в одну единицу и расположены на равном расстоянии друг от друга. При помощи градуирования может быть найдена любая точка на прямой.

23.4. ЗАЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ, ИНТЕРВАЛ, УКЛОН

Заложением прямой называется длина проекции заданной прямой и обозначается L (рис. 23.6).

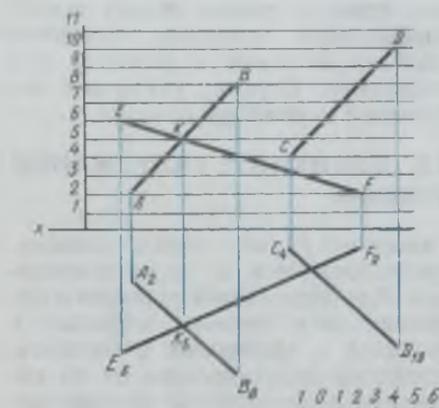


Рис. 23.7

Уклоном называется отношение разности высотных отметок концов прямой к длине заложения. Уклон обозначается буквой i : $i = (h_1 - h) / L = \operatorname{tg} \alpha$, где $(h_1 - h)$ – разность уровней (отметок).

Интервалом прямой называется горизонтальная проекция отрезка между двумя точками прямой, имеющими разность уровней в одну единицу. Интервал обозначается буквой l :

$$l = 0 / (h_1 - h) = \operatorname{ctg} \alpha.$$

Так как $\operatorname{ctg} \alpha = 1 / \operatorname{tg} \alpha$, то $l = 1 / i$, т. е. уклон и интервал – величины, обратные друг другу.

В частном случае, когда прямая линия горизонтальна, угол $\alpha = 0$ и $i = 0$, интервал $l = 1/i = \infty$, и если прямая вертикальна, а угол $\alpha = 90^\circ$, тогда $i = \infty$, а интервал $l = 0$.

Уклон откосов выемок и насыпей задается отношением 1:2, 1:3 в процентах — 10%, 20%, или в промиллях — 20‰, 50‰ для уклонов вдоль дорог и каналов.

Промилле (от латинского *promille* — на тысячу) — одна тысячная часть какого-либо числа, десятая часть процента.

В проекциях с числовыми отметками прямую линию можно задать направлением проекций, отметкой одной из ее точек и уклоном или интервалом. Стрелка указывает направление понижения отметок.

23.5. ВЗАИМНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМЫХ

Прямые могут быть параллельными, пересекающимися и скрещивающимися. Для определения взаимного положения двух прямых, заданных в проекциях с числовыми отметками, достаточно спроецировать их на какую-либо горизонтально проецируемую плоскость и затем совместить эту плоскость с горизонтальной плоскостью проекций P_1 (рис. 23.7), иначе, привести чертеж к комплексному.

У параллельных прямых проекции параллельны. Этого определения в проекциях с числовыми отметками недостаточно, так как отсутствуют другие проекции, определяющие положение прямых. Для того чтобы задать параллельные прямые по способу проекций с числовыми отметками, необходимо (рис. 23.8), чтобы проекции их были параллельны, интервалы или уклоны равны, отметки возрастали в одном направлении.

Параллельные прямые могут быть заданы при помощи двух начальных точек A_{15} и B_{10} , направлением прямых и уклоном, который должен быть одинаковым для обеих прямых.

Пересекающиеся прямые. Проекция этих прямых при проецировании на дополнительную вертикальную плоскость пересекаются, а проекция точки пересечения K_5 лежит на одном перпендикуляре к линии уровня AB и BC (см. рис. 23.7). Пересекающиеся прямые имеют общую точку B_{11} с одинаковой отметкой (рис. 23.9).

Для определения положения прямых в пространстве надо проградировать прямые, и если точка пересечения будет иметь одну и ту же отметку, то прямые пересекаются, если в точке пересечения отметки разные, то эти точки конкурирующие и прямые скрещиваются.

Зная, что на комплексном чертеже горизонтали одной плоскости параллельны, а пересекающиеся прямые определяют положение только одной плоскости, определить, пересекаются ли прямые, можно следующим образом: проградировать прямые и соединить точки с одинаковыми отметками. Если линии, соединяющие точки с одинаковыми отметками, будут параллельны, то прямые пересекаются, в противном случае — прямые скрещиваются (см. рис. 23.7).

23.6. ПЛОСКОСТЬ

В проекциях с числовыми отметками плоскость может быть задана: 1) проекциями трех точек, не лежащих на одной прямой (рис. 23.10); 2) проекциями двух параллельных прямых, при этом могут быть заданы отметки начальных точек и уклон (см. рис. 23.8); 3) проекциями двух пересекающихся прямых (см. рис. 23.9).

Прямая в плоскости. В проекциях с числовыми отметками основной задачей является проведение горизонтали заданной плоскости. Горизонталью называется прямая, лежащая в плоскости параллельно горизонтальной плоскости проекций. Например, плоскость задана тремя проекциями точек $A_5 B_8 C_3$ (рис. 23.11). Требуется провести горизонтали этой плоско-

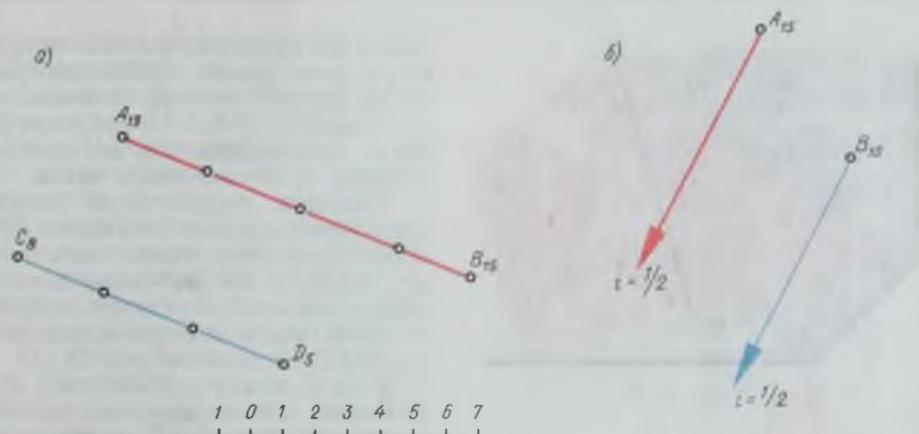


Рис. 23.8

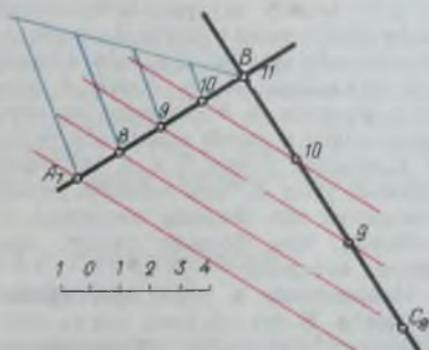


Рис. 23.9

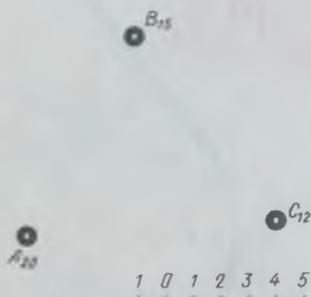


Рис. 23.10

сти. Соединяем проекции точек A_5 с B_8 и B_8 с C_3 , градуируем прямую с наибольшей разностью отметок, в данном примере сторону B_8C_3 , получаем промежуточные отметки. Соединяем точки, имеющие одинаковые отметки, в данном случае A_5 с отметкой 5 на линии B_8C_3 , и проводя прямые, ей параллельные, получим искомые горизонталь.

Чтобы в плоскости из точки D_8 провести прямую с заданным уклоном (например, 1:3), необходимо определить интервал (в данном случае он будет равен трем единицам) и из проекции D_8 радиусом, равным 3 единицам, засечь горизонталь 7. Полученная точка K определит ис-

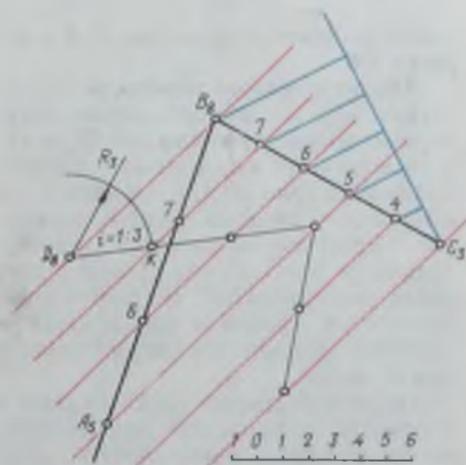


Рис. 23.11

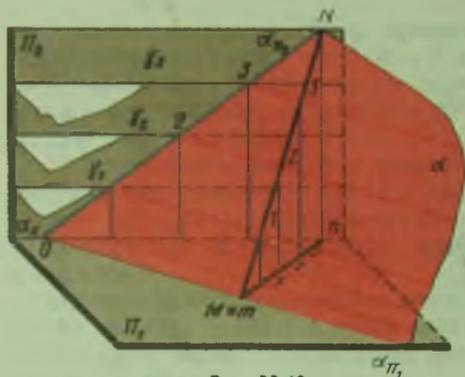


Рис. 23.12

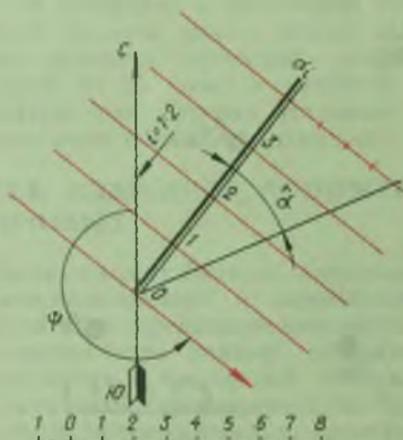


Рис. 23.13

комое положение проекции D_8K_7 отрезка DK .

Масштаб уклона плоскости. Представим себе две взаимно перпендикулярные плоскости проекций Π_1 и Π_2 и пересечем их плоскостью α общего положения (рис. 23.12), тогда α/Π_1 и α/Π_2 будут следами данной плоскости. Пересечем плоскость α горизонтальными плоскостями уровня с равными интервалами. В пересечении плоскостей уровня с плоскостью α получим горизонтали, параллельные между собой.

Перпендикулярно горизонталям в плоскости α проведем линию MN , это будет линия наибольшего ската. Спроецируем ее на горизонтальную

плоскость проекций. Плоскости уровня разделят линию наибольшего ската на равные отрезки, «интервалы» плоскости 0-1, 1-2, 2-3 и т. д., которые будут проецироваться на горизонтальную проекцию линии ската.

Проекция горизонталей называются горизонталями плоскости. Проекция линии наибольшего ската с нанесенными на ней интервалами называется масштабом уклона плоскости, который определяет положение плоскости в пространстве (рис. 23.13).

Угол α между линией ската и ее проекцией называется углом падения плоскости, или углом наибольшего ската плоскости. Следовательно, угол наклона плоскости определяется как угол между натуральной длиной линии наибольшего ската и проекцией масштаба уклона. Для нахождения угла откладываем от точки 4 разность отметок в 4 единицы на перпендикуляре к линии масштаба уклона. Соединяя точки 0 и 4, получим искомый угол $\tilde{\alpha}$. Чем меньше уклон плоскости, тем больше интервал, и наоборот, чем больше уклон, тем меньше интервал.

Направление и угол простирания плоскости. В тех случаях, когда ориентируют плоскость относительно стран света, пользуются направлением простирания и углом простирания плоскости.

Направлением простирания плоскости считается правое направление горизонталей, если смотреть в сторону подъема плоскости (см. рис. 23.13).

Углом простирания Ψ называется угол, измеряемый в горизонтальной плоскости против хода часовой стрелки, от северного конца магнитной стрелки до направления линии простирания плоскости.

23.7. НАТУРАЛЬНЫЙ РАЗМЕР ПЛОСКОЙ ФИГУРЫ

Натуральный размер плоской фигуры находят путем вращения ее вокруг одной из горизонталей до положения,

параллельного горизонтальной плоскости проекций (рис. 23.14).

Найдем натуральный размер плоскости, заданной тремя точками A_4 , B_8 и C_1 . Для этого проведем горизонтали заданной плоскости, проградуйровав одну из сторон плоскости с наибольшей разностью отметок. Вращение произведем вокруг горизонтали с отметкой l . Из проекции B_8 проведем прямую (линию ската), перпендикулярную горизонтали $l-l$. Точка K_1 будет центром вращения, а B_8K_1 — проекцией радиуса вращения. Найдя натуральный радиус вращения и отложив его на перпендикуляре от точки K_1 , получим совмещенное положение точки B , т.е. B . Соединив точку B с точками l и C_1 , получим натуральный размер плоскости lB_8C_1 . Для нахождения точки A проведем из проекции A_4 перпендикуляр к горизонтали $l-l$ до пересечения с прямой lB . Треугольник ABC_1 будет натуральным размером заданного.

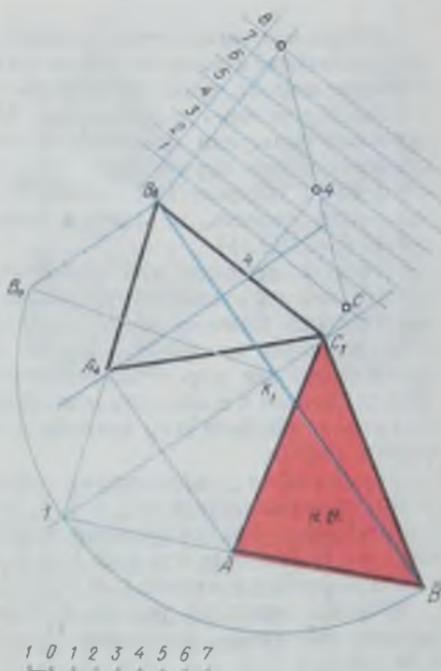


Рис. 23.14

23.8. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ

Чтобы построить линию пересечения плоскостей в проекциях с числовыми отметками, необходимо найти две точки, принадлежащие этим плоскостям. Для этого вводим вспомогательные плоскости-посредники, пересечение их с заданными плоскостями даст линии, в пересечении которых получим точки, принадлежащие данным плоскостям. В качестве посредников, как правило, берем горизонтальные плоскости по горизонталям, в результате чего точки пересечения лежат на пересечении горизонталей с одинаковыми отметками.

Возьмем две плоскости, заданные масштабом уклона α_1 и β_1 , и построим их линию пересечения (рис. 23.15).

Рассечем заданные плоскости плоскостями уровня δ_{11} и плоскостью уровня γ_{15} . В пересечении получим

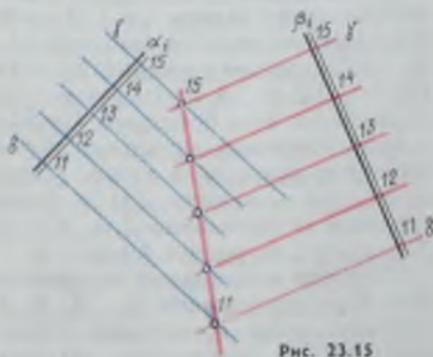


Рис. 23.15

горизонталей, каждая пара которых дает точки 15 и 11 . Через эти две точки пройдет линия пересечения плоскостей.

Правильность решения подтверждается тем, что все горизонталы той и другой плоскости пересекаются на линии пересечения.

Аппарелью называется наклонный въезд или съезд в выемках или насыпях, которые широко применяются при постройке земляных сооружений. Построение аппарели сводится к отысканию линии пересечения откосов аппарели с плоскостью, принятой за условный уровень, и откосов между собой (рис. 23.16).

Откосы аппарели можно рассматривать как касательные плоскости к поверхности прямого кругового конуса, вершина которого скользит по прямой (бровке дороги), а образующая наклонена к плоскости основания под углом, равным углу наклона плоскости откоса.

Постройте аппарель, если уклон полотна аппарели $i_a = 1:4$, высота подъема 3 м (от нулевой отметки), уклон боковых откосов $i_b = 1:2$, уклон торцового откоса $i_t = 1:1$.

Строим масштаб уклона и определяем по нему заложение $l_1 = 4$, $l_2 = 2$ и $l_3 = 1$ м.

Чертим ось аппарели, от точки 0 откладываем три интервала соответствующего уклона $i_a = 1:4$ и строим проекцию полотна аппарели (A, B, K, L). Проводим горизонтали полотна 1-1, 2-2 и 3-3 и отмечаем точки пересечения их с бровками. Из полученных точек как из вершин строим проекции конусов: в точке 1 конус будет иметь высоту 1 м и радиус окружности основания 2 м, в точке 2 — высоту 2 м, радиус 4 м и т. д.

Проведя касательные из проекций B и K к окружности R_2, R_4 и R_6 , получим линии пересечения откосов аппарели с плоскостью нулевого уровня. Для получения линии пересечения торцового откоса, спускающегося влево от края AL с уклоном $i = 1:1$, необходимо построить масштаб уклона a_i плоскости откоса и через нулевую отметку провести прямую CD , параллельную AL (или перпендикулярную масштабу уклона).

Пересечение плоскостей боковых откосов с торцовым произойдет по прямым AC и LD . В этом легко убе-

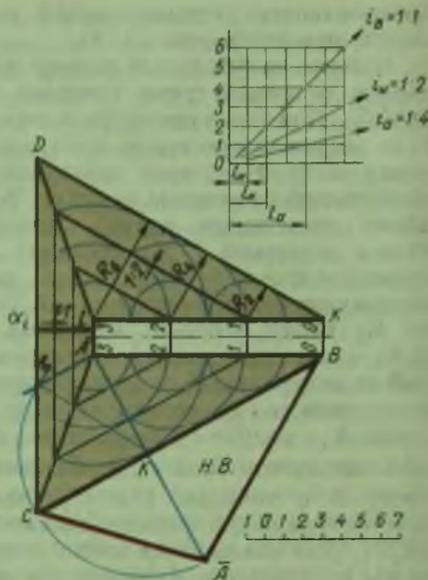


Рис. 23.16

даться, проведя горизонтали на плоскостях всех откосов, так как пересечение горизонталей с одинаковыми отметками произойдет в точках, которые будут расположены на прямых AC и LD . Для определения натурального размера откоса SAB применим вращение плоскости SAB откоса вокруг горизонтали CB , для этого из точки A опускаем перпендикуляр на горизонталь CB ; AK будет проекцией радиуса вращения. Найдя его натуральную длину A_0K , переносим ее на продолжение перпендикуляра AK . Точка A является совмещенным положением точки A , а треугольник SBA_0 — натуральным размером плоскости откоса SBA .

23.9. ПОВЕРХНОСТИ

При проектировании различных сооружений, дорог, мостов, строительных площадок широко используются

геометрические и графические поверхности.

Графической является поверхность, закон образования которой неизвестен. Примером графической поверхности может служить земная поверхность, называемая топографической, поверхности кузовов автомобилей, турбинных лопаток, корпусов судов и самолетов и т. п.

К геометрическим относятся все линейные и кривые поверхности, образование которых подчинено определенным геометрическим законам. Из большого числа этих поверхностей в проекциях с числовыми отметками при строительстве различных сооружений наибольшее применение имеют конические поверхности и поверхности постоянного ската.

Для изображения геометрических и топографических поверхностей пользуются проекциями горизонталей, полученных в результате пересечения данной поверхности рядом горизонтальных плоскостей, отстоящих друг от друга на одну какую-либо единицу длины. Обычно за единицу принимаем 1 м.

На рис. 23.17 показано образование горизонталей конической поверхности: в первом случае дан конус прямой круговой (а), во втором — конус наклонный (б).

Рассекая конусы горизонтальными плоскостями с равными интервалами на горизонтальной плоскости проекций, в первом случае получим горизонтали в виде концентрических окружностей с равными интервалами, во втором — горизонтали тоже в виде окружностей, но эксцентрических, т. е. интервалы с левой и правой стороны будут разными.

Концентричность горизонталей прямого кругового конуса и эксцентричность горизонталей наклонного конуса дают возможность различить эти конусы в проекциях с числовыми отметками.

По интервалам можно судить об уклоне. Так, в первом случае интер-

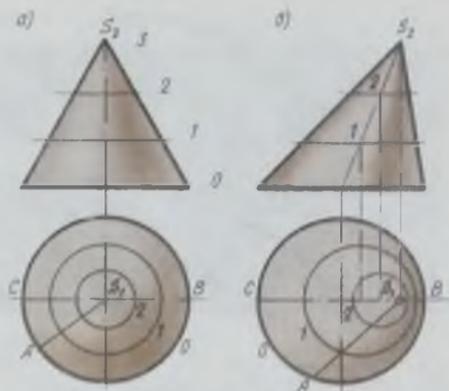


Рис. 23.17

валы равны по всем образующим конуса. Следовательно, данная коническая поверхность имеет один и тот же уклон по всем направлениям, уклон образующей SA равен уклону SB и SC . Во втором случае уклон образующей SC меньше, чем уклон образующей SA , так как интервал YC больше интервалов SA .

Наименьший интервал имеет образующая SB , которая в данном случае будет иметь наибольший уклон, т. е. для поверхности данного конуса образующая SB является линией наибольшего ската.

Линия наибольшего ската поверхности представляет собой непрерывную цепь наименьших интервалов этой поверхности.

Коническая поверхность используется при сооружении дамб, при примыкании двух дорог, идущих в плане под некоторым углом друг к другу. При одинаковом уклоне откосов насыпей интервалы будут одинаковыми, и соединение откосов произойдет по поверхности кругового конуса. При разных уклонах, что имеет место при подходе дороги к мосту, интервалы будут разные и соединение произойдет по поверхности эллиптического конуса.

При закруглении дороги с одновременным подъемом в откосах образу-

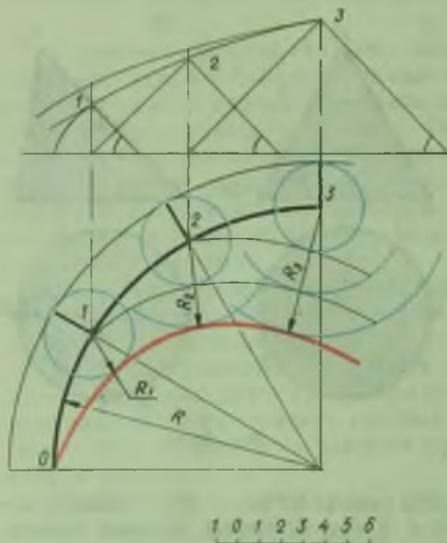


Рис. 23.18

ется поверхность, имеющая на всем своем протяжении постоянный уклон и называемая поверхностью постоянного ската. Поверхность задается направляющей, направлением и величиной уклона. Для построения такой поверхности зададимся направляющей, т.е. бровкой дороги (рис. 23.18), идущей с подъемом с отметки 0 до отметки 3, с уклоном откоса 1:2. В данном случае бровка будет являться цилиндрической винтовой линией.

Градуируем бровку полотна дороги, разделив дугу 0-3 на три равные части. Из точек 1, 2, 3 радиусом, равным интервалу, который при уклоне 1:2 будет равен двум масштабным единицам, строим окружности. Из точки 1—радиусом, равным одному интервалу, из точки 2—радиусом, равным двум интервалам, а из точки 3—радиусом в три интервала. Из точки 0 проводим плавную кривую, касательную к проведенным окружностям. Эта кривая будет горизонталью с нулевой отметкой поверхности постоянного ската. Другие горизонтали будут параллельны по-

лученной нулевой и проводятся из точек 1 и 2.

Топографическую поверхность в плане показывают с помощью горизонталей, и т.е. линий, соединяющих одинаковые отметки. Разность высотных отметок между двумя соседними горизонталями принято брать равной единице (за единицу берут 1 м в том или ином масштабе). Расстояние между горизонталями—интервал—определяет уклон топографической поверхности.

Принято считать, что топографическая поверхность в интервалах между горизонталями имеет одинаковый уклон по линии наибольшего ската.

На рис. 23.19, а дано наглядное изображение различных образований земной поверхности, а на рис. 23.19, б—план той же местности в горизонталях.

Часть поверхности, выраженной в горизонталях в виде замкнутых кривых, называют *вершиной*, когда каждая внутренняя горизонталь имеет числовую отметку больше каждой внешней, *котловиной*, когда каждая внутренняя горизонталь имеет числовую отметку меньше каждой внешней.

Седловиной называется поверхность, ограниченная с четырех сторон выпуклыми сторонами горизонталей. При этом противоположные горизонтали образуют одно семейство горизонталей, каждая из которых имеет числовую отметку, меньшую (или большую) числовой отметки каждой горизонтали второго семейства, образованного другими противоположными горизонталями.

Водоразделом (или линией хребта) называется линия наибольшего ската поверхности, проходящей через точки максимальной кривизны горизонталей в случае, когда всякая огибающая горизонталь имеет меньшую числовую отметку, чем огибаемая.

Водослив (тальвег)—это линия ската, проходящая через точки максимальной кривизны горизонталей (ли-

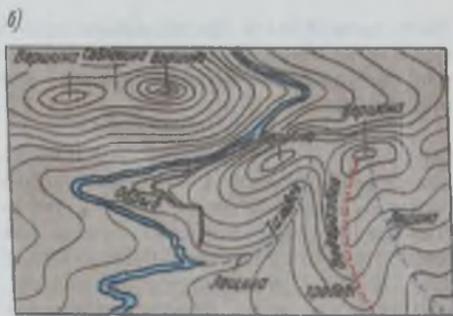
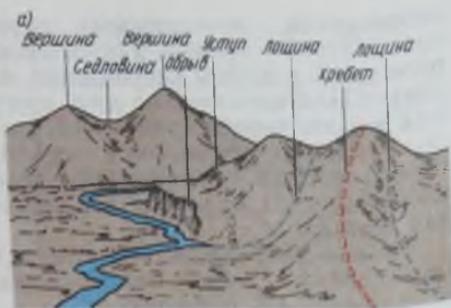


рис. 23.19

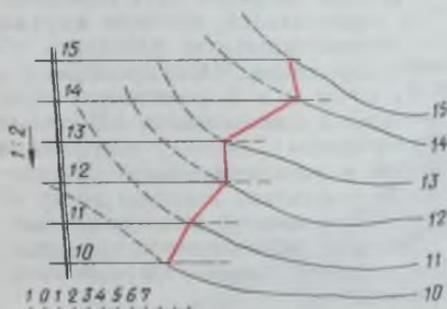


рис. 23.20

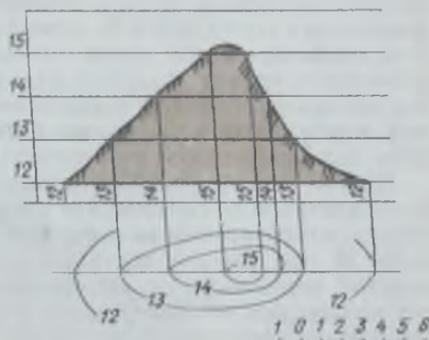


рис. 23.21

ния долины), если каждая огибающая горизонталь имеет числовую отметку больше числовой отметки огибаемой горизонтали. Водяные струи всегда стремятся от линии водораздела к линии водослива.

23.10. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПЛОСКОСТИ С ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Нахождение линии пересечения плоскости с топографической поверхностью производят так же, как и пересечение плоскостей, т. е. отыскивают пересечение горизонталей, имеющих одинаковые отметки (рис. 23.20). Но если при пересечении плоскостей достаточно было найти две точки, принадлежащие линии пересечения, то при пересечении с топографической по-

верхностью необходимо найти пересечение всех горизонталей, так как в пересечении получится кривая линия. Иногда приходится проводить промежуточные горизонталы для уточнения направления линии пересечения.

Задача на пересечение плоскости с топографической поверхностью применяется при определении границ земляных работ, при проектировании земляного сооружения на топографической поверхности.

Профилем называется сечение вертикальной плоскостью заданной поверхности. Горизонтальная проекция такой плоскости проецируется в линию, называемую направлением профилирования.

Профиль строится при определении характера рельефа местности и решения специальных задач. Про-

филь может быть продольным (вдоль оси сооружения), поперечным (поперек сооружения) и по заданному направлению.

Для построения профиля топографической поверхности все точки пересечения плоскости с горизонталями топографической поверхности переносятся на начерченные в стороне или сверху две горизонтальные прямые (рис. 23.21). Слева чертим вертикальную прямую и на ней откладываем единицы масштаба, через которые проводим прямые уровня. Восставив перпендикуляры из точки пересечения плоскости с горизонталями поверхности, проводим их до линий соответствующего уровня, получим ряд точек, которые соединяем плавной кривой, в результате чего получаем профиль топографической поверхности.

Иногда при сохранении одинаковых масштабов по горизонтали и вертикали рельеф местности выражается слабо. В этих случаях вертикальный масштаб рекомендуется увеличивать в несколько раз, например, в десять. Применение увеличенного вертикального масштаба имеет место при решении задач на пересечение прямой с поверхностью, например нахождение точки выхода трубопровода на поверхность земли и т. д.

23.11. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРЯМОЙ С ПЛОСКОСТЬЮ И ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Пересечение прямой с плоскостью. Если прямая не лежит в плоскости и не параллельна ей, то она пересекает плоскость в некоторой точке. В этом случае точку пересечения прямой с плоскостью находят с помощью вспомогательной плоскости частного или общего положения, для чего прямую заключаем в плоскость, находим линию пересечения плоскостей, а затем и точку пересечения.

Плоскость, в которую заключают прямую, в проекциях с числовыми отметками удобно задавать двумя го-

ризонталями, проводимыми через концы отрезка прямой. Горизонтали проводятся в любом направлении, но обязательно параллельно друг другу (так как это горизонтали одной плоскости общего положения) и так, чтобы они пересекались с горизонталями плоскости того же уровня и в пределах чертежа.

На рис. 23.22 приведен пример определения точки пересечения K прямой AB с плоскостью α , заданной масштабом уклона. Через проекции A_{10} и B_5 точек A и B проведены проекции двух параллельных горизонталей, которые выражают вспомогательную плоскость общего положения. Через проекции C_{10} и D_5 точек C и D пересечения горизонталей с одинаковыми отметками прочерчиваем линию пересечения данной и вспомогательной плоскостей. В результате находим точку K пересечения прямой AB с плоскостью.

Решение, выполненное с помощью горизонталей, называется способом горизонталей.

На чертеже (рис. 23.23) та же задача решена способом профилей, сущность которого заключается в следующем: через проекцию $A_{10} B_5$ прямой AB проводим горизонтально проецирующую плоскость и находим совмещенное положение с плоскостью. В этом положении вспомогательной плоскости построены профиль сечения $5-10$ и прямая AB , пересечение которых дает точку K . Полученную точку переносим на проекцию прямой $A_{10} B_5$. В случае малых уклонов прямой и плоскости вертикальный масштаб можно увеличить в несколько раз.

Пересечение прямой линии с топографической поверхностью. Точку пересечения прямой линии с топографической поверхностью можно находить теми же способами, т. е. способом горизонталей, заключая прямую в плоскость общего положения, или способом профилей (рис. 23.24), заключая прямую в плоскость, гори-

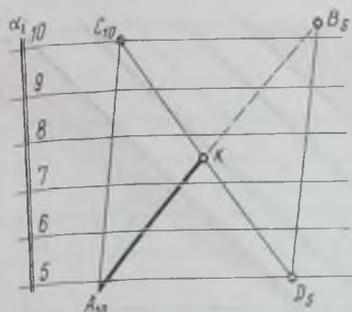


Рис. 23.22

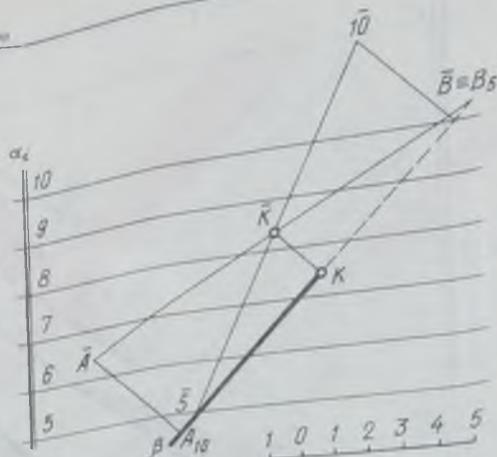


Рис. 23.23

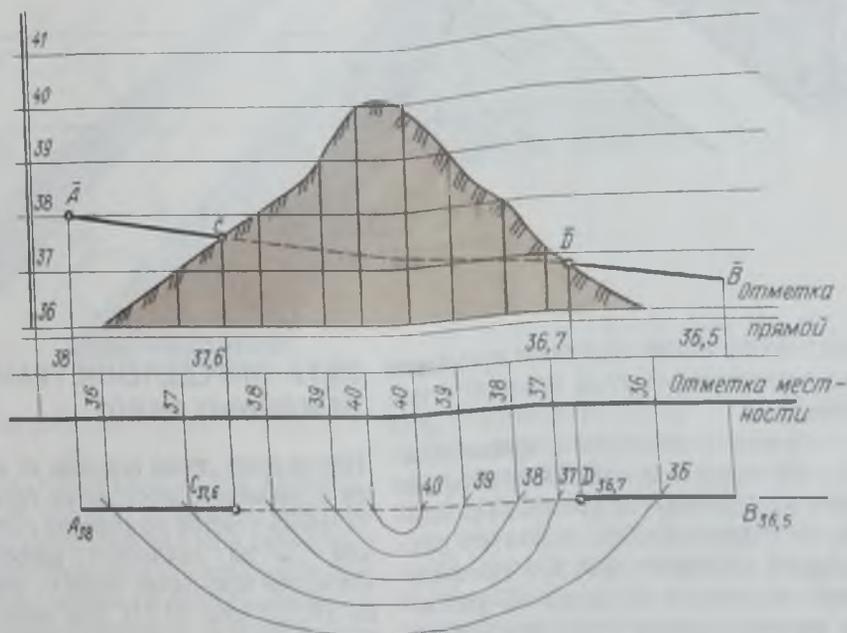


Рис. 23.24

зонтально проецирующую.

В первом случае прямую градуируют и через каждую точку проводят горизонтали плоскости. Точки пересечения горизонталей, имеющих одинаковые с топографической поверхностью отметки, соединяют, получая линию пересечения, на которой и находят точку пересечения. Обычно эту задачу решают способом профилей.

При решении способом профилей прямую заключают в горизонтально

проецирующую плоскость и строят профиль как заданной прямой, так и профиль поверхности, с которой данная прямая пересекается. В совмещенном положении на профиле определяют точки пересечения заданной прямой с топографической поверхностью. В данном случае это точки С и D, между которыми прямая проходит внутри поверхности, а за этими точками — вне поверхности (см. рис. 23.24). Переноса точки С и D на

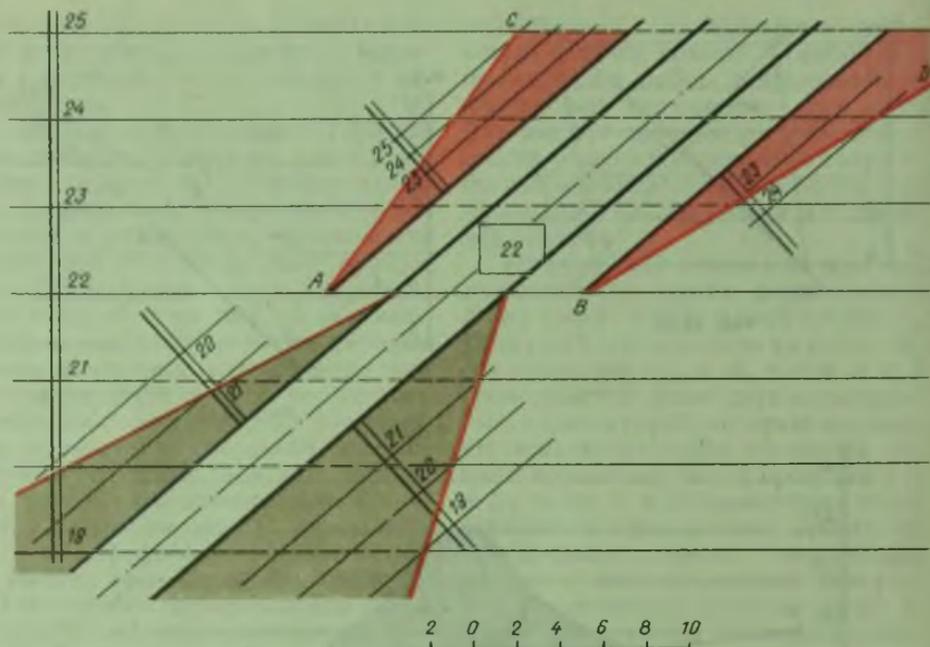


Рис. 23.25

проекцию прямой, получим проекции точек пересечения этой прямой с поверхностью.

В случае пересечения кривой линии с топографической поверхностью кривую заключают в кривую проецирующую поверхность, затем ее развертывают (выпрямляют), а профиль местности строят по кривой, разбивая ее на отдельные участки — хорды.

На профиле проводят три горизонтальные прямые, между которыми наносят отметки местности и отметки заданной прямой. Слева на вертикальной прямой наносят масштаб высот и проводят линии уровня. Проводя перпендикуляры с горизонтальных прямых, строят профиль местности и профиль прямой. Найденные точки пересечения переносят на линию отметок, а с нее — на проекцию кривой линии.

23.12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Нахождение линии перехода от выемки к насыпи. Спроектируем горизонтальный участок сооружения с отметкой 22 на наклонной плоскости, имеющей некоторый уклон от отметки 19...25 (рис. 23.25). Для этого необходимо подсыпать грунт в той части, где отметки местности меньше, чем отметки сооружения, когда необходимо создать откосы сооружения в виде насыпи. Там, где отметки местности больше, чем отметки сооружения, снять некоторую часть грунта, т.е. сделать выемку с откосами, а для того, чтобы не размывало сооружение, сделать кювет глубиной 0,5 м с откосами 1:1,5. Где горизонталь местности с отметкой 22 пересечет сооружение с отметкой 22, будем иметь точки нулевых работ, т.е. в этом месте не придется производить

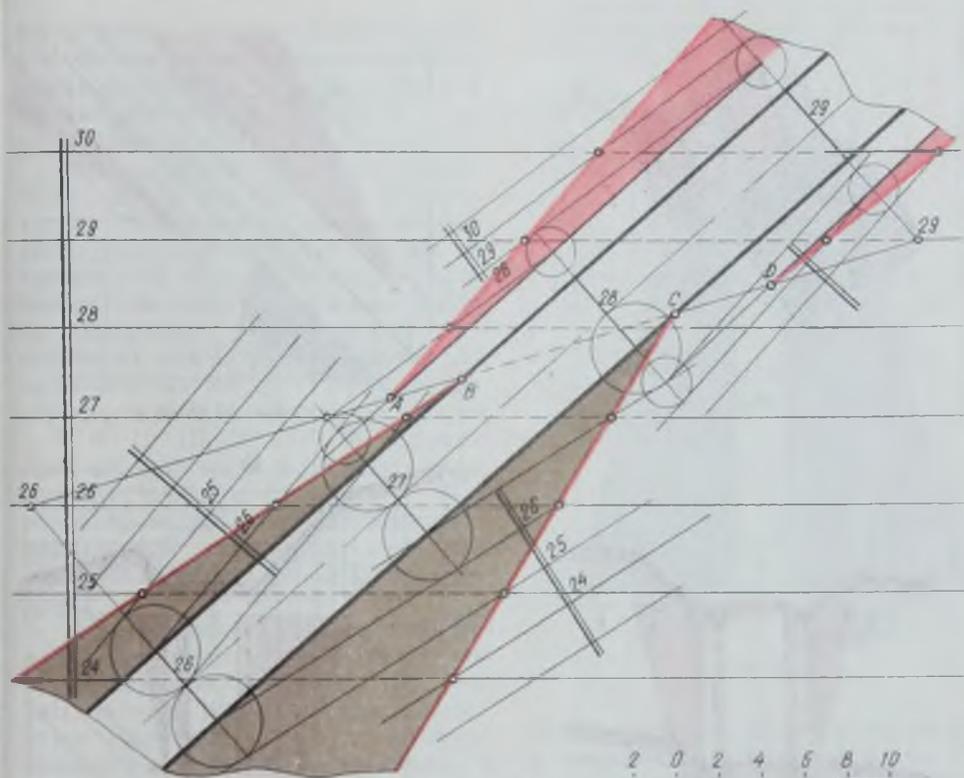


Рис. 23.26

никаких работ (на чертеже это прямая *AB*).

Для того чтобы найти границы откосов выемки и насыпи, чертим линии масштабов уклонов перпендикулярно бровкам сооружения и на них наносим интервалы откосов, согласно заданным уклонам в заданном масштабе. Через полученные интервальные деления проводим горизонтали откосов, а в пересечении с горизонталями заданной плоскости получим линии (как, например, *AC*, и *BD*), которые являются границами земляных работ.

На рис. 23.26 участок сооружения дан с уклоном от отметки 26...29. В этом случае горизонтали откосов будут не параллельны бровке и строятся по принципу построения откосов аппарели.

Градуируем поверхность сооруже-

ния, получаем отметки 27 и 28. Определяем интервалы для насыпи и выемки по заданным уклонам. В точках 26, 27, 28 и 29 на бровке проводим окружности радиусом, равным интервалу выемки или насыпи. Проводим касательные: на насыпи в сторону понижения отметок, на выемке в сторону повышения. Пересечение горизонталей откосов с горизонталями местности дадут границы земляных работ по выемке. Пересечение границ земляных работ с бровкой определит точки нулевых работ *A*, *B*, *C* и *D*. Линии масштабов уклонов будут перпендикулярны горизонталям откосов.

Следует учесть, что где будет насыпь, отметки на масштабе уклонов от бровки будут понижаться, а там, где будет выемка, — возрастать (рис. 23.27); на выемке устраивается кювет для стока воды.

пересечения с горизонталями плоскости. Соединяя полученные точки *A* с *B*, находим линию нулевых работ или линию пересечения плоскости с сооружением.

Рассмотренные примеры могут быть решены как способом горизонталей, так и способом профилей. Для этого (рис. 23.29) через определенные промежутки строим поперечные профили. Если сооружение имеет уклон, то поперечные профили можно строить через интервальные деления сооружения. На рис. 23.29 профили построены в четырех местах по линиям I-I, II-II, III-III, IV-IV. Строим профиль местности и на него накладываем профиль сооружения. Для этого проводим линии, перпендикулярные оси сооружения, и строим профили непосредственно на этих линиях.

В пересечении профиля сооружения с профилем местности получим точки пересечения откосов сооружения, выемки или насыпи с местностью. Полученные точки на профиле сносим на линию профилирования и через них проводим искомые линии пересечения откосов насыпи и выемки с местностью.

В верхней части чертежа сооружение расположено в выемке, причем вдоль сооружения (как видно из профиля) строится кювет, служащий для отвода воды, стекающей с откосов выемки. Дно кювета имеет отметку ниже, чем поверхность сооружения, и пересечется с местностью ниже бровки, что выражено изломом линии пересечения откоса выемки с местностью.

Попробуем решить обратную задачу (рис. 23.30). Даны два профиля некоторого участка дороги, проложенной на плоском косогоре. Построить горизонтали плоского откоса и найти границы земляных работ. 1) построив профили I-I и II-II по заданным параметрам, находим горизонтали плоского откоса; 2) определим горизон-

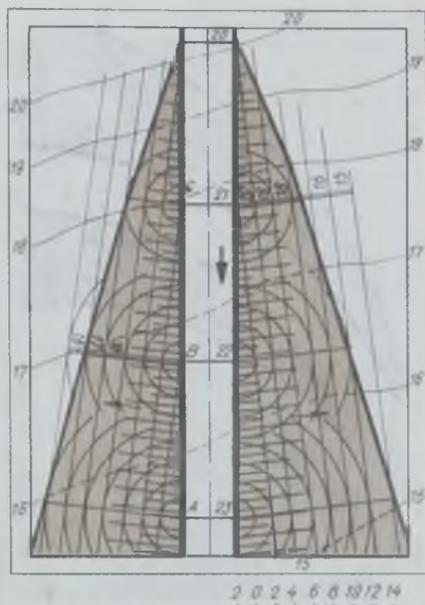


Рис. 23.31

зонталей откосов, которые проводим до горизонталей с одинаковыми отметками плоского откоса; 3) проводим линии, определяющие границу земляных работ как по выемке, так и по насыпи.

Найдите линию пересечения откосов прямолинейного участка дороги с некоторым уклоном с топографической поверхностью (рис. 23.31). Вначале определяются интервалы оси дороги и проводятся горизонтали пология 21, 22, 23. Для проведения масштаба уклона откосов достаточно определить хотя бы одну горизонталь откоса. Для этого в точке *A* строим окружность (основание кругового конуса) радиусом, равным двум единицам, так как заданный уклон равен 1:2. Радиусы оснований конусов будут изменяться на интервал уклона откоса насыпи. Из точек *B* и *C* бровки пология проводим касательные к основанию конусов. Эти линии будут горизонталями откосов. Масштаб уклона откоса бу-

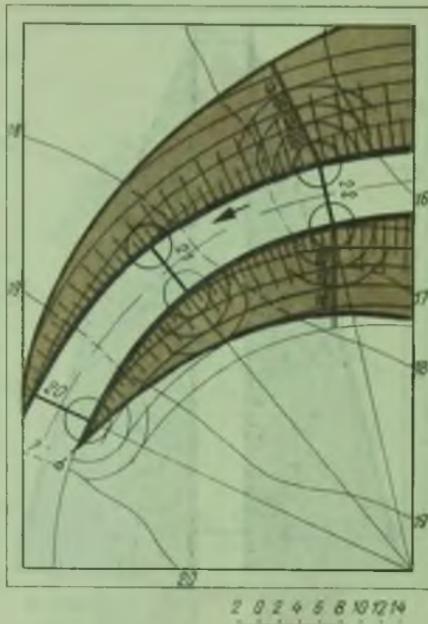


Рис. 23.32

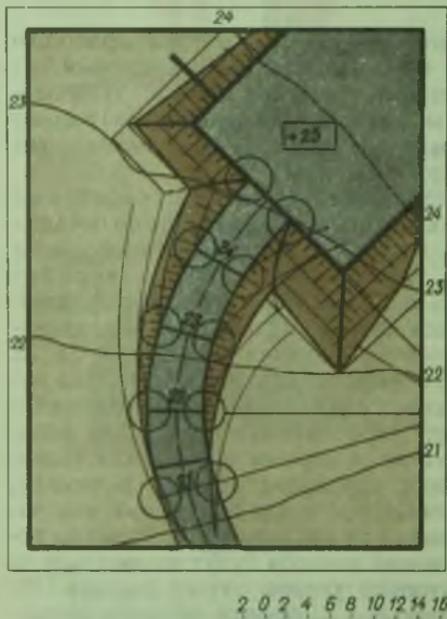


Рис. 23.33

дет перпендикулярен горизонталям.

Точки пересечения горизонталей откосов с горизонталями топографической поверхности соединяем плавной кривой. Полученная линия будет границей земляных работ.

Если ось земляного полотна криволинейна и имеет продольный уклон, то принцип построения откосов (которые будут являться поверхностью постоянного ската) тот же, что и в предыдущем примере. Горизонталями откоса будут кривые линии, касательные к основаниям конусов.

Граница земляных работ будет плавной кривой пересечения горизонталей с одинаковыми отметками откосов насыпи с горизонталями топографической поверхности (рис. 23.32).

Точка нулевых работ *A*, лежащая на бровке, получена в результате пересечения бровки полотна с границей откоса насыпи, для чего найдена дополнительная точка *B* на горизонтали 20.

Примыкание въезда или съезда к площадке может быть выполнено аналогично. Откосы въезда будут поверхностями постоянного ската, горизонталями откосов — кривые линии (рис. 23.33).

Интервалы откладываются по оси аппарели. Для построения горизонталей из точек пересечения интервальных делений с бровкой проводятся окружности радиусом, равным интервалу уклона откоса, в котором проводятся касательные кривые линии. Точки пересечения горизонталей откосов аппарели с горизонталями местности будут принадлежать линии пересечения откосов аппарели с местностью, а горизонтали торцевого откоса, пересекая горизонтали откоса аппарели, дадут линии пересечения откосов (которые будут тоже кривыми линиями).

Определение границ земляных работ при сооружении площадки на наклонной плоскости. При проецировании различных сооружений на мест-

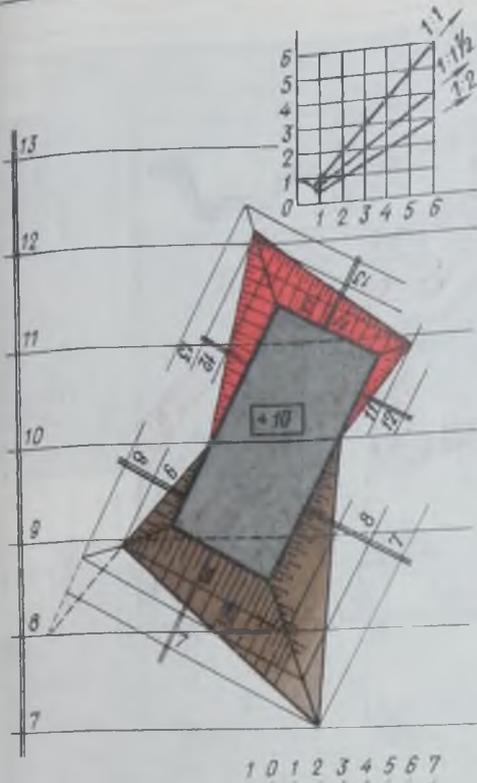


Рис. 23.34

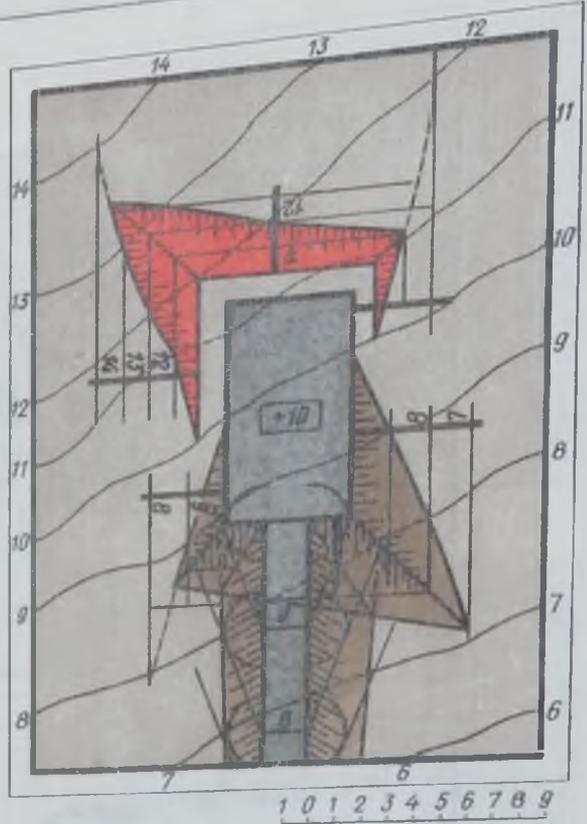


Рис. 23.35

ности приходится считаться с условиями рельефа, так как поверхность земли часто имеет неправильную форму, выраженную горизонталями. Но в тех случаях, когда уклон местности однообразен, его можно принять за плоскость на некотором участке. Тогда задача сведется к построению линий пересечения элементов данного сооружения с наклонной плоскостью.

Постройте горизонтальную площадку с отметкой 10, лежащую частью в выемке, частью в насыпи. Площадка пересекается с наклонной плоскостью. Уклон откосов насыпи $i_n = 1:1,5$, выемки $i_b = 1:1$. Найдены линии пересечения откосов насыпи и выемки как между собой, так и с наклонной плоскостью, изображающей местность (рис. 23.34).

Определим интервалы откосов согласно заданным уклонам. Чертим

линии масштаба уклонов перпендикулярно каждой стороне заданной площадки, на которых откладываем интервалы откосов, а через полученные точки проводим горизонтали откосов. В пересечении горизонталей откосов с одинаковыми отметками получим линии пересечения откосов между собой, а в пересечении горизонталей откосов с горизонталями местности получим линию пересечения откосов с плоскостью, или границу земляных работ. Так как в данном примере откосы выемки, насыпи и местности представляют собой плоскости, то линии пересечения будут прямыми.

Горизонталь местности 10 в пересечении с площадкой сооружения, имеющей отметку 10, дает линию нулевых работ.

Определить границы земляных работ при сооружении площадки с отметкой 10 на топо-

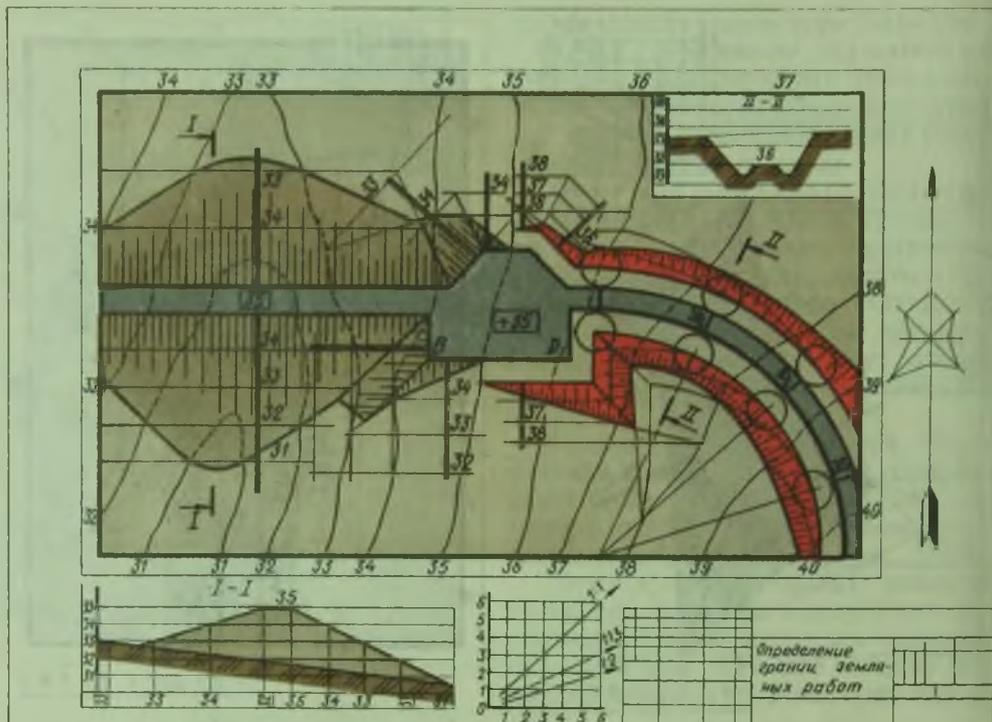


Рис. 23.36

графической поверхности и расположенной частью в выемке, частью в насыпи (рис. 23.35). С одной стороны подходит аппарат с уклоном 1:4. Уклон откосов насыпи $i_H = 1:1,5$; выемки $i_B = 1:1$.

Решение этой задачи базируется на пересечении плоскостей (откосов), пересечении плоскостей с топографической поверхностью и на построении аппарата.

Вначале находят линии пересечения откосов между собой, затем пересечения откосов с топографической поверхностью и отметки нулевых работ на площадке. Для этого определяются интервалы согласно заданным уклонам.

Проводят линии масштабов уклонов перпендикулярно сторонам площадки, на которых откладывают интервалы уклонов откосов. Через полученные точки проводят горизонта-

ли откосов и находят их пересечения. На аппарате откладывают интервалы с уклоном 1:4 и проводят горизонталы откосов аппарата. Находят линии пересечения откосов аппарата с горизонталями откосов насыпи и в последнюю очередь находят пересечения горизонталей откосов сооружения с горизонталями топографической поверхности.

Определить границы земляных работ при построении земляного сооружения на топографической поверхности (рис. 23.36). Задана площадка с отметкой 35 с дорогой (дамбой). Справа – въезд с уклоном 1:6. Уклон насыпи $i_H = 1:2$, уклон выемки $i_B = 1:1$.

Последовательность решения:

1) определяют отметки нулевых работ в пересечении с горизонталью 35; 2) находят в какой стороне выемка, а в какой насыпь, и в той части,

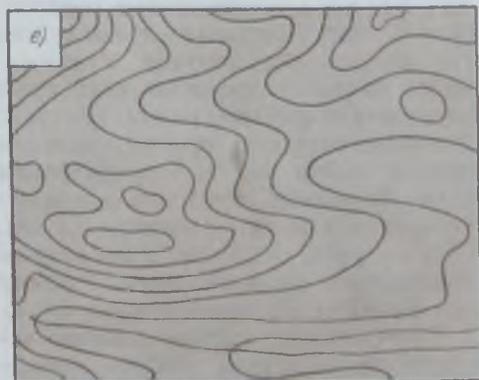
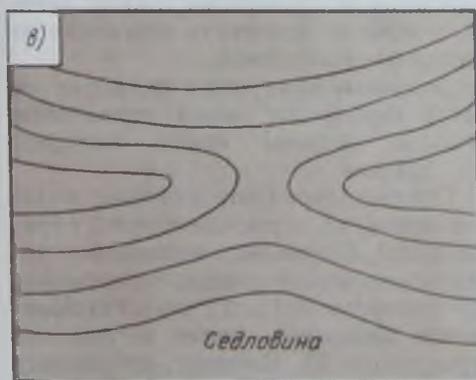
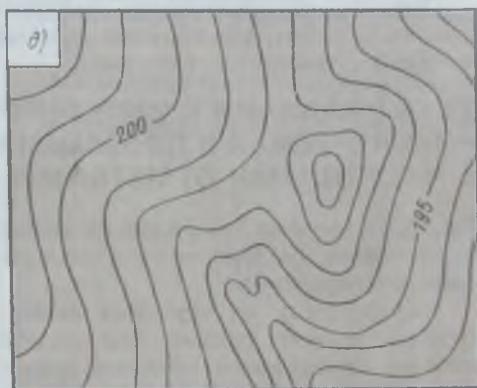
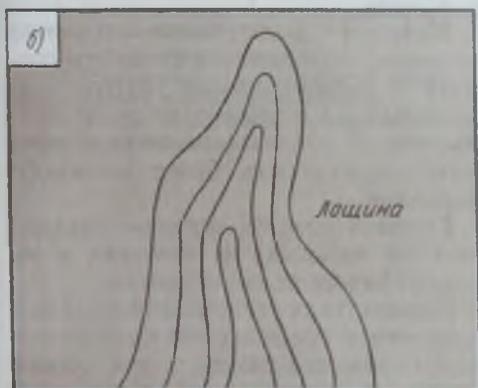
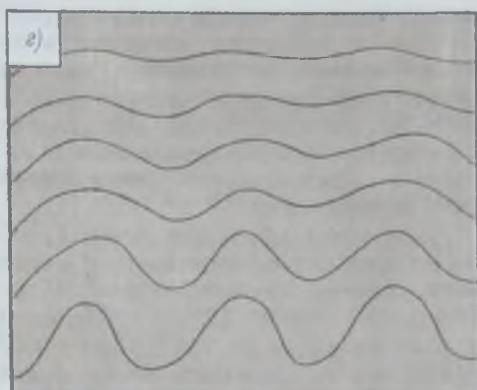
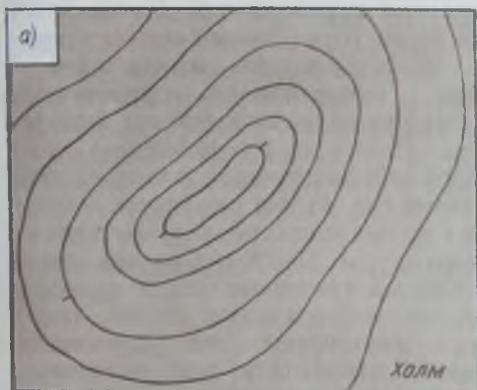


Рис. 23.37

где будет выемка, наносят границы для устройства кювета (канавы) для стока воды; 3) градуируют ось въезда, для чего определяют интервал, кото-

рый наносят на ось въезда; 4) перпендикулярно границам площадки проводят линию масштаба уклонов и наносят интервальные деления согласно

заданным уклонам; 5) через полученные точки проводят горизонтали откосов выемки и насыпи и находят линии пересечения откосов между собой; 6) находят точки пересечения горизонталей откосов выемки и насыпи с горизонталями топографической поверхности.

Для таких точек, как точка E , находят дополнительную точку A_{38} , для чего проводится горизонталь 38 параллельно стороне BD до пересечения с горизонталью 38 топографической поверхности. Соединяя точку A_{38} с точкой F_{37} , получим искомую точку E на пересечении с ребром откосов.

Линии, определяющие границы земляных работ, как правило, кривые линии и строятся по точкам.

23.13. УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ В ПРОЕКЦИЯХ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ

При выполнении графических работ необходимо придерживаться следующих рекомендаций.

Горизонталы на чертежах вычерчивают черной тушью или сиеной жженой сплошными тонкими, утолщенными и прерывистыми (типа штриховой) линиями. Сплошными линиями проводят основные горизонталы, прерывистыми — промежуточные или полугоризонталы. Утолщенными линиями проводят некоторые горизонталы (обычно каждую пятую). Это облегчает счет при определении высоты точек на топографическом плане. Основные горизонталы и полугоризонталы имеют толщину 0,1 мм, а утолщенные — 0,25 мм. Утолщенные горизонталы проводят одновременно с основными, но через каждые пять.

Горизонталы, имеющие общее направление на одном участке, вычерчивают одну за другой движением пера на себя. Затем план поворачивают, находят другое удобное направление и на новом участке опять вычерчивают все горизонталы. На рис. 23.37 показаны примеры по-

строения горизонталей. После того, как будет отработана техника проведения горизонталей, можно приступить к вычерчиванию горизонталей при помощи вращающегося рейсфедера. Линии с его помощью надо проводить медленным, плавным движением так, чтобы перо точно двигалось по предварительно проведенным карандашом линиям. Сначала рекомендуется тренироваться в проведении слегка волнистых линий, затем более извилистых. Это упражнение следует отработать при различных движениях руки: слева направо, на себя, справа налево и в любом направлении.

Качество выполнения считается хорошим, если линии в точности совпадут с карандашными, будут одинаковыми по толщине на всем протяжении. В последнюю очередь проводят горизонталы более сложного очертания.

Горизонталы на чертеже показывают на насыпях, на выемках и на топографической поверхности.

Горизонталы топографической поверхности в пределах искусственного сооружения показывают как линии невидимого контура, т. е. штриховой линией. На иллюстрациях в книге все горизонталы проведены тонкой линией, чтобы не отвлекать внимание от основных построений.

Заданные контурные видимые линии и найденные линии пересечения откосов должны иметь толщину 0,6 ... 0,8 мм.

Откосы штрихуют линиями, которые проводят перпендикулярно горизонталям. Штриховку выполняют линиями различной длины, но одинаковой толщины (0,1 ... 0,2 мм). Рекомендуется проводить линии штриховки карандашом 2Т. Начинать штриховку следует от горизонталей с небольшими отметками, причем длинные штрихи надо доводить до горизонталей с наименьшей отметкой. Короткие штрихи должны иметь длину, равную примерно 1/3 длинных. Рас-

стояние между штрихами 2...5 мм (ГОСТ 21.108–78).

Отметки горизонталей топографической поверхности должны быть проставлены между рамками, ограничивающими поверхность, причем внутренняя рамка имеет толщину 1 мм, а наружная 0,5 мм.

Все линии вспомогательных построений должны быть показаны на чертеже.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. В чем сущность способа проекций с числовыми отметками?
2. Что такое градуирование?
3. Что называется заложением прямой, уклоном прямой и интервалом прямой?
4. Какая существует зависимость между уклоном и интервалом?

5. В каких единицах может быть задан уклон, что такое промилле?

6. Как находится линия пересечения плоскостей?

7. Как находится натуральная длина отрезка прямой?

8. Какими признаками определяется параллельность отрезков?

9. Как находится натуральная величина откоса?

10. Как находится линия пересечения плоскости с топографической поверхностью?

11. Что такое профиль и как он строится?

12. Как находится точка пересечения прямой с плоскостью?

13. Как находится точка пересечения прямой с топографической поверхностью?

14. Что такое точки нулевых работ?

15. Как располагают горизонтали на откосе, если бровка горизонтальна?

16. Как находятся горизонтали откоса, если бровка дороги с уклоном?

17. Как и где делается кювет (канавы)?

18. Как изображаются поверхности в проекциях с числовыми отметками?

19. Что представляет собой поверхность постоянного ската?

ГЛАВА ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И УСЛОВНОСТИ
24 В СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖАХ

24.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В строительстве принимают участие проектные и научные институты, конструкторские бюро (проектирование), предприятия стройиндустрии (изготовление строительных материалов и изделий), государственные строительно-монтажные и ремонтно-строительные организации (производство строительно-монтажных работ).

Проектирование делится на основные стадии:

составление проектной организацией технико-экономического обоснования строительства на основе перспективных данных развития отдельных отраслей промышленности и экономических районов, оно представляется в виде проектных соображений или докладной записки;

составление министерствами или ведомствами, или по их поручению комбинатами, трестами, предприятиями при непосредственном участии проектной организации задания на проектирование, основой которого служит архитектурно-планировочное задание, полученное заказчиком проекта от местного Совета народных депутатов;

разработка проектной документации, содержащей технический проект и рабочие чертежи или технический проект, совмещенный с рабочими чер-

тежами. При составлении рабочих чертежей уточняют и детализируют предусмотренные техническим проектом решения, чтобы обеспечить выполнение строительно-монтажных работ.

Проект должен содержать сметно-финансовый расчет, развернутую смету, проект организации работ (где указывают, какие механизмы и в течение какого времени должны быть использованы, сколько рабочих и каких профессий, в какой период надо использовать на данном строительстве) и график завоза строительных материалов.

Чертежи проекта выполняются *по правилам строительного черчения*, куда входит:

изучение условных обозначений строительных материалов; обозначений, применяемых при вычерчивании планов, разрезов и фасадов зданий и других архитектурно-строительных чертежей;

чтение и выполнение строительных чертежей; чертежей, содержащих изделия строительных конструкций, санитарно-технические и энергетические устройства; оформление строительных чертежей.

Основными видами чертежей, из которых складывается любой проект, являются планы здания (планом называется разрез здания горизонтальной

плоскостью на уровне 300 мм от подоконной доски), разрезы (продольные и поперечные) вертикальными плоскостями и фасады, т.е. виды здания с внешней стороны (рис. 24.1).

Работы по строительству зданий подразделяются на общестроительные и специальные. К общестроительным относятся все работы по возведению самого здания, включая и отделочные работы. К специальным видам строительных работ относятся устройства водоснабжения и канализации, отопления и вентиляции, газоснабжения, электроосвещения, телефонизации, работы по благоустройству.

В связи с таким делением строительных работ производится разделение рабочих чертежей на отдельные части. Каждой такой части присваивают особую марку, которая и представляется на каждом чертеже в основной надписи. Марка состоит из заглавных начальных букв названия данной части проекта.

Для отдельных частей рабочих чертежей установлены следующие марки:

архитектурные чертежи	АР
железобетонные конструкции	КЖ
металлические конструкции	КМ
деревянные конструкции	КД
строительные конструкции (объединение марок КЖ, КМ и КД в одну часть)	КС
архитектурно-строительная часть (объединение марок АР и КС)	АС
водопровод и канализация	ВК
отопление и вентиляция	ОВ
электроосвещение	ЭО

Индустриализация строительства и переход на заводское домостроение требует применения типовых (стандартных) деталей, а в интересах эффективности заводского изготовления унифицированных строительных и архитектурных элементов и деталей при проектировании одного и того же объекта необходимо сокращать число различных типовых элементов. Это, в свою очередь, требует перехода на

типовое проектирование с соблюдением следующих основных требований: простоты и планового решения, типизации и стандартизации конструктивных деталей, сокращения типов и размеров деталей, уменьшения общего веса всех конструкций здания за счет их совершенствования и применения новых эффективных строительных материалов.

При проектировании все объемно-планировочные размеры и размеры конструктивных элементов зданий, а также расположение координационных осей здания должны удовлетворять требованиям Единой системы модульной координации размеров (ЕМСК), которая представляет собой совокупность правил координации размеров и взаимного размещения объемно-планировочных и конструктивных элементов зданий и сооружений, строительных изделий и оборудования на базе пространственной системы модульных координат с членением, соответствующим основному модулю 100 мм и производным от него модулям.

ЕМСК является одной из важнейших основ унификации и стандартизации размеров в строительстве, ее цель — создание базы для типизации и стандартизации в проектировании и строительстве.

Для привязки здания (сооружения) к строительной координатной сетке и реперам генерального плана и для определения взаимного расположения элементов здания (сооружения) применяется сетка координационных осей несущих конструкций (рис. 24.2).

Координационной осью называется линия, проходящая вдоль наружных и капитальных внутренних стен, эти оси наносят на чертеж тонкими штрихпунктирными линиями и обозначают в кружках. Диаметр кружков для чертежей в масштабе 1:400 и мельче принимается 6 мм, для чертежей, выполненных в масштабе 1:200 и крупнее, — 8...12 мм.

Все наружные и капитальные внут-

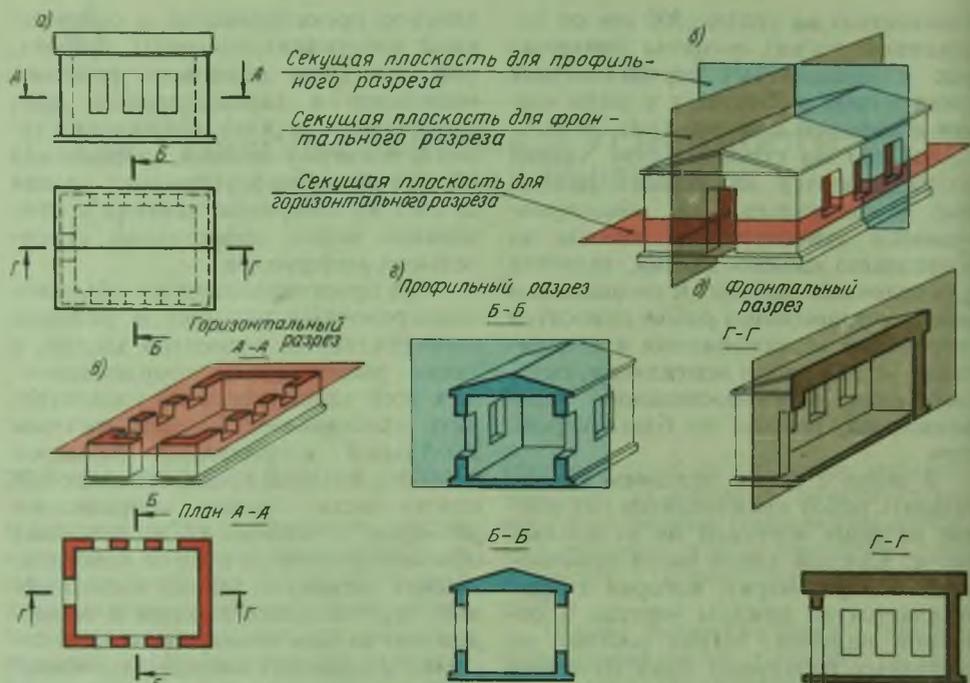


Рис. 24.1

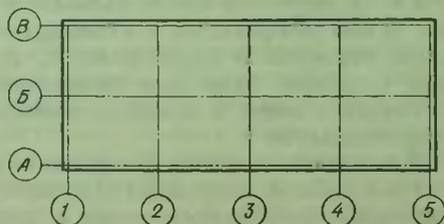


Рис. 24.2

ренные стены, а также отдельно стоящие опоры (колонны и столбы) должны иметь координационные оси. Обозначения осей на планах зданий и сооружений наносятся по левой и нижней сторонам и только при несовпадении осей противоположных сторон плана в местах расхождения разбивки обозначения наносят дополнительно по правой и верхней сторонам плана.

Каждое отдельное здание должно иметь самостоятельную нумерацию осей.

Цифрами обозначают координационные оси по стороне здания или сооружения с большим числом координационных осей, буквами русского алфавита по стороне с меньшим числом осей.

Размер шрифта для обозначения координационных осей должен быть больше размера цифр размерных чисел, применяемых на том же чертеже, в полтора-два раза.

Для отдельных элементов конструкций, технологического, санитарно-технического и т. п. оборудования, инженерных сетей применяется размерная привязка к ближайшим координационным осям здания или к поверхности основных элементов конструкций.

Ссылки на места расположения элементов здания по отношению к координационным осям приводятся в форме «Стена по оси 7», «Колонна на пересечении осей Б-6» и т. д.

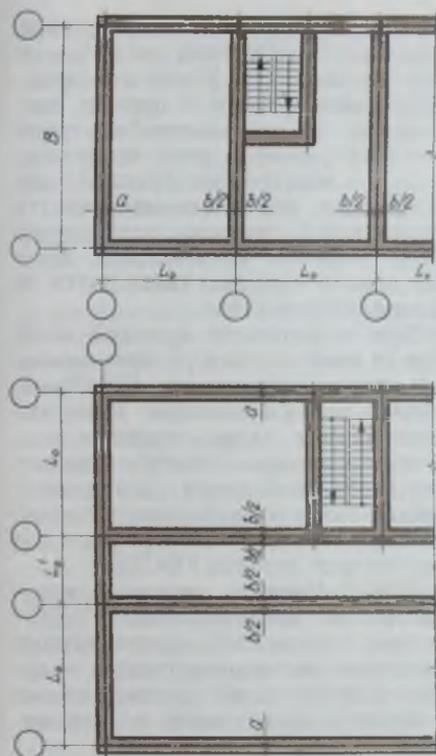


Рис. 24.3

Привязку стен к модульным координационным осям в зданиях с несущими продольными или поперечными стенами осуществляют, руководствуясь следующими указаниями:

геометрическая ось внутренних стен, как правило, совмещается с модульными координационными осями (рис. 24.3), асимметричное расположение по отношению к модульной координационной оси допускается для стен лестничных клеток, для стен с вентиляционными каналами и т. п., если это целесообразно для применения унифицированных элементов лестниц и перекрытий;

внутреннюю грань наружных стен размещают от координационной оси на расстоянии $h/2$, т. е. равном половине толщины стены, или кратном

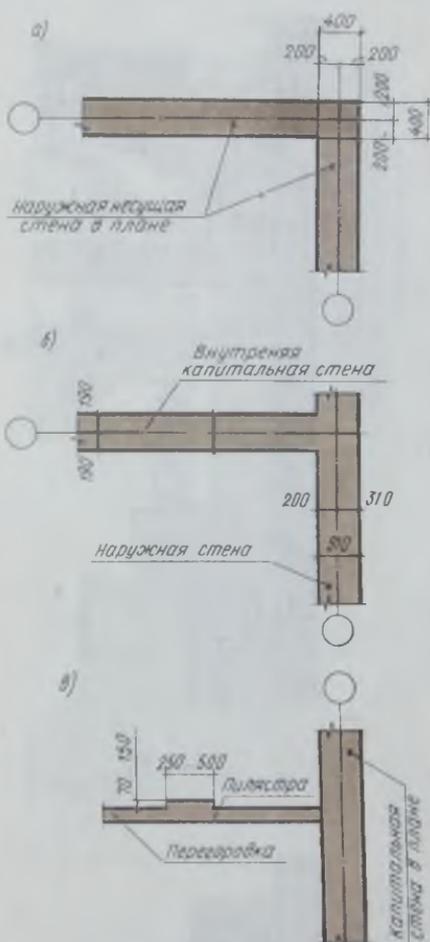


Рис. 24.4

$M/100$ мм/ или $M/2$ (рис. 24.4). Иногда в промышленных зданиях можно допустить совмещение внутренней грани стены с координационной осью (рис. 24.5).

В стенах лестничных клеток координационные оси проводятся на расстоянии, кратном модулю от внутренней грани стены. В лестничных клетках внутренней гранью считается та, которая обращена в сторону лестницы.

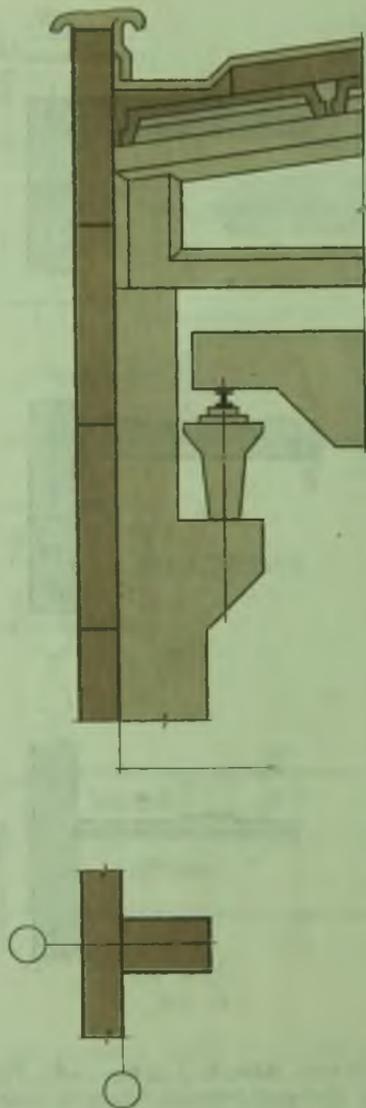


Рис. 24.5

24.2. ВЫПОЛНЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

В основном строительные чертежи выполняются по тем же правилам, что и машиностроительные (те же методы проецирования, используют-

ся такие же типы линий, одинаковые условности построения разрезов и т. д.). Однако есть у них и отличительные особенности, например, применяются другие масштабы, иначе наносятся размеры, иная последовательность выполнения чертежей и др.

Для того, чтобы правильно читать строительный чертеж, необходимо иметь хотя бы элементарное представление о том, как возводятся те или иные сооружения.

При выполнении чертежей необходимо пользоваться строительными нормами и правилами — СНиПами. Нормы — это узаконненные и научно обоснованные меры, приходящиеся на определенную принятую единицу измерения. Учащимся необходимо хорошо знать все условности, применяемые в строительных чертежах, для чего следует изучить ГОСТы:

ЕСКД — Единую систему конструкторской документации; СПДС — Систему проектной документации для строительства; инструкции по составу и оформлению чертежей жилых и общественных зданий и сооружений.

Строительные чертежи выполняются: 1. На стандартных листах чертежной бумаги по ГОСТ 2.301-68; 2. Более тонкими линиями по ГОСТ 2.303-68, в связи с чем контурная линия принимается толщиной не более 0,8 мм.

При обводке чертежа, выполняемого в масштабе 1 : 100, рекомендуется следующая толщина линий: линия земли — 0,8 мм, линии контуров элементов, попавших в разрез, — 0,6 мм, линии контура здания и проемов на фасаде — 0,4 мм, линии элементов, не попавших в разрез, рисунок переплетов на фасаде, штриховые линии, выносные, размерные и пр. — 0,2 мм. При обводке линий на чертеже надо знать, что элементы, которые нужно выделить, следует обвести более толстой линией даже при наличии других линий видимого контура (рис. 24.6).

Так, на планах перекрытия выделяется более толстыми линиями, чем

контуры стен. На сантехнических чертежах марок ВК и ОВ сантехническое оборудование обводится более толстой линией, чем планы этажей. На чертежах железобетонных конструкций арматуру выделяют более толстой линией (рис. 24.7).

Надписи на всех технических чертежах принято выполнять чертежным шрифтом в соответствии с ГОСТ 2.304-81. Допускается применение прямого (без наклона) шрифта с сохранением указанных в стандарте начертаний и размеров букв и цифр.

При выполнении строительных чертежей промышленных сооружений, общественных и жилых зданий в зависимости от их размеров применяются следующие **масштабы**: планы этажей, перекрытий, покрытий, фасады, монтажные схемы каркасов и т. п.—1:100, 1:200, 1:400; фрагменты фасадов, планы секций с показом мебели, секции фундаментов, планы и разрезы лестничных клеток, монтажные схемы (развертки) внутренних стен, схемы—1:50, 1:100; планы фундаментов, подпольных каналов и т. п.—1:100, 1:200; развертки фундаментов—1:100, разрезы по характерным местам, планы стропил—1:50, 1:100, 1:200; узлы: 1:5, 1:10, 1:20; для кладочных планов стен при необходимости допускается масштаб 1:50.

Масштаб изображения следует принимать минимальный в зависимости от сложности изображения, но обеспечивающий четкость копий при современных способах размножения чертежей.

Масштаб на чертежах не проставляют, за исключением чертежей изделий и случаев, оговоренных соответствующими стандартами СПДС. Причем единый масштаб для всех изображений проставляется в специально для этого отведенной графе основной надписи. В случае разных масштабов для разных изображений его надо написать под наименованием данного вида, например

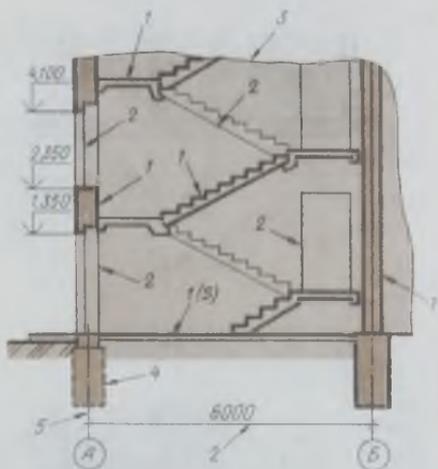


Рис. 24.6

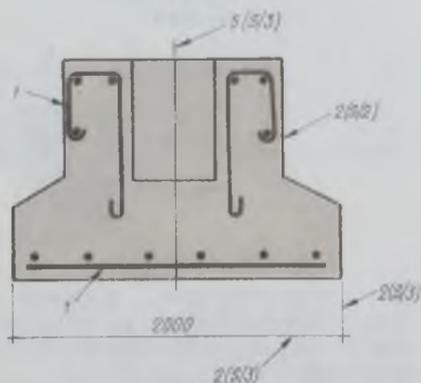


Рис. 24.7

Фасад 1-7

М 1:100

Изображения на строительных чертежах должны отвечать ГОСТ 2.305-68, ГОСТ 21.101-79.

Направление взглядов для изображений видов и разрезов для зданий и сооружений принимается, как правило, по плану снизу вверх и справа налево.

Изображение симметричных схем планов, схем фасадов и

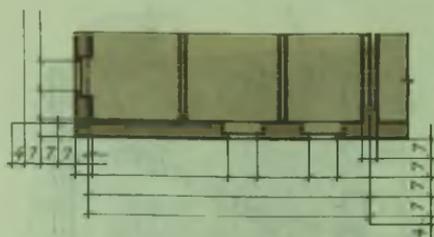


Рис. 24.8

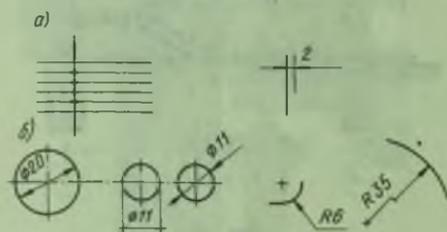


Рис. 24.9

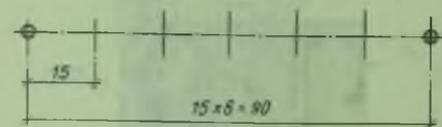


Рис. 24.10

схем конструкций, планов и схем инженерного оборудования только до оси симметрии не допускается.

Отверстия, скосы, углубления, пазы размером на чертеже (или разницей в размерах) менее 2 мм изображаются с отступлением от масштаба в сторону увеличения.

Размеры на строительных чертежах наносят:

в миллиметрах — на планах и разрезах зданий (допускается наносить размеры в сантиметрах, но в этом случае это указывается на чертеже в примечании); на рабочих чертежах отдельных узлов строительных конструкций; *в метрах с тремя десятичными знаками* — высотные отметки на разрезах; *в метрах* — на генеральных планах.

Для указания границ измерения служат тонкие сплошные линии (выносные). Между выносными линиями проводят размерные линии с таким расчетом, чтобы выносная линия выходила за нее на 2...3 мм. Размерные линии на строительных чертежах допускается заканчивать засечкой в виде основной линии длиной 2...4 мм под углом 45°, проводимой с наклоном вправо к размерной линии, при этом размерные линии должны выступать за крайние выносные линии на 1...3 мм. Размерные цифры ставят над размерной линией на расстоянии ≈ 1 мм.

На строительных чертежах размеры допускается повторять и наносить в виде замкнутой цепи (рис. 24.8).

Допускается проводить размерные линии непосредственно к линиям видимого контура, осевым, центровым и другим линиям, но не допускается использовать линии контура, осевые, центровые и выносные в качестве размерных. При нанесении размеров следует в основном руководствоваться ГОСТ 2.307-68.

На строительных чертежах различают три вида размеров:

номинальные (расстояние между координационными осями зданий); *конструктивные* — размеры элементов строительных изделий отличаются от номинальных на нормированный зазор, установленный нормами (толщина шва и др.); *натурные* — фактический размер элементов построенного здания;

В некоторых случаях допускается вместо засечек ограничивать размерную линию точкой на пересечении с близко расположенными линиями чертежа (рис. 24.9, а) или стрелками для указания размеров диаметров и радиусов (рис. 24.9, б).

При расположении ряда одинаковых элементов на равных расстояниях друг от друга (например, стен здания, отверстий и т. п.) размеры между элементами проставляются только в начале и конце ряда или указывается

расстояние между крайними элементами (рис. 24.10).

Перед размерным числом, определяющим уклон, проставляется стрелка, острием направленная в сторону уклона (рис. 24.11, а), или прямоугольный треугольник с проставленными на катетах абсолютными или относительными значениями их величин (рис. 24.11, б).

Уклон трубопроводов без указания размера обозначается стрелкой (рис. 24.11, в), а при необходимости указания — стрелкой в сопровождении надписи (рис. 24.11, г); при отсутствии необходимости указания направления уклона приводится только надпись (рис. 24.11, д).

При нанесении на чертеже надписей, технических требований и при составлении таблиц необходимо руководствоваться указаниями ГОСТ 21.105–79 и ГОСТ 2.316–68.

Выносные надписи к многослойным конструкциям наносятся в соответствии с рис. 24.12, а и б, толщина слоев указывается в миллиметрах.

Отметки для привязки элементов здания (сооружения) по высоте указываются в метрах с тремя десятичными знаками после запятой.

За условную нулевую отметку, как правило, принимается отметка чистого пола 1-го этажа, обозначаемая 0,000.

Отметки ниже нулевого уровня обозначаются со знаком минус, например $-0,250$; отметки выше условной нулевой указываются без знака, например 3,100.

Графическое обозначение отметки (рис. 24.13) дается в виде угольника; на планах в случае перепада уровня пола этажа (или площадки) отметка обозначается так, как показано на рис. 24.14, а, на разрезах и фасадах — на рис. 24.14, б.

Отметка уровня чистого пола обозначается Ур. ч.п.; отметка уровня земли обозначается Ур. з. (рис. 24.15).

Координационные отметки уровней чистых полов следует распола-

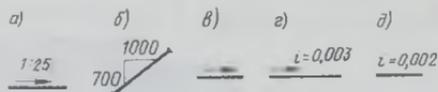


Рис. 24.11

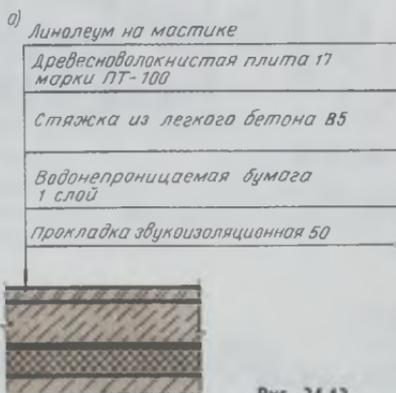


Рис. 24.12

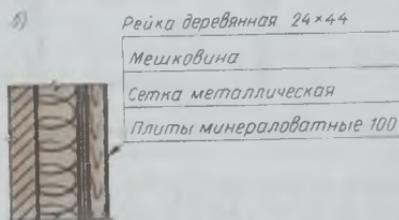


Рис. 24.12

гать так, чтобы они совмещались с горизонтальными модульными координационными плоскостями, расстояния между которыми определяют координационные высоты этажей (рис. 24.16).

Координационные отметки верха чердачных перекрытий и перекрытий, совмещенных с кровлей (за исключением помещений с подвесным потолком), толщина которых условно принята равной толщине междуэтажного перекрытия, а при отсутствии таких перекрытий — координационные отметки низа несущих конструкций перекрытий (стропильных ферм, балок) на

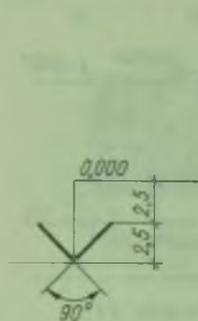


Рис. 24.13

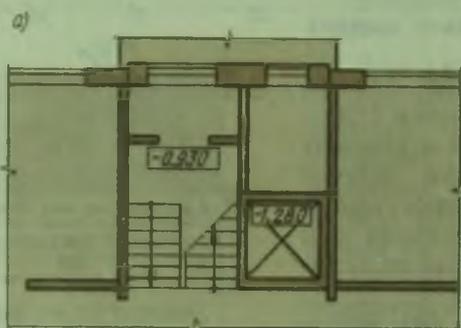


Рис. 24.14

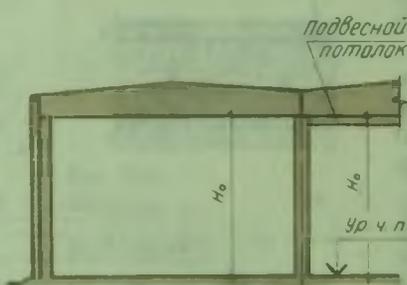
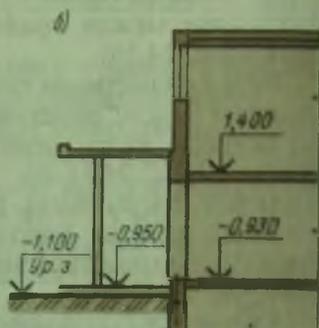


Рис. 24.15

Рис. 24.16



Рис. 24.17

опоре у наружных стен также следует совмещать с горизонтальными модульными координационными плоскостями (рис. 24.17).

Минимальная высота букв и цифр на чертежах, выполненных тушью, 2,5 мм, а на чертежах, выполненных карандашом 3,5 мм.

Название изображения наносится над изображением с минимальным разрывом. Название изображений и заголовки текстовых указаний допускается подчеркивать тонкой линией. Заголовки ведомостей и таблиц следует наносить над ними вне рамки и не подчеркивать. Если на листе расположено одно изображение (или группа изображений с общим названием), то его название (или общее название группы) приводится только в основной надписи.

Наименование планов в основной надписи следует приводить в форме

«План технического подполья» в наименовании разрезов, сечений и видов указывается обозначение соответствующей секущей плоскости, например, *Разрез 2-1*, Вид 2-2, в наименованиях фасадов указывается крайние оси, между которыми расположен фасад, например *Фасад 1-12*, в наименованиях фрагментов зданий, разрезов и фасадов указывается порядковый номер фрагментов, например *Фрагмент плана 1*.

Типовые изделия (элементы конструкций) обозначают марками, присвоенными им соответствующими стандартами, чертежами типовых изделий или каталогами.

Монолитным железобетонным участкам, конструкциям и элементам кроме буквенного обозначения присваивается дополнительный индекс «М», например: участок - Ум, плита - Пм, балка - Бм, ребристая конструкция - РКм и т. д.

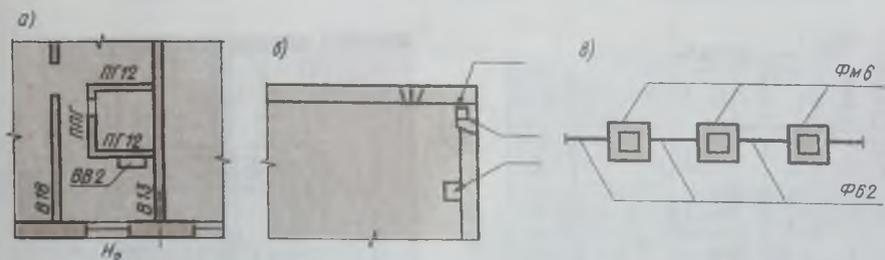


Рис. 24.18

виде, разрезе, сечении обозначаются согласно примерам, данным на рис. 24.21, а б, в.

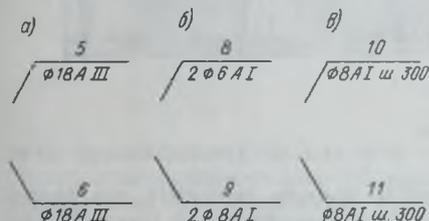


Рис. 24.19

Марки изделий (элементов) наносятся рядом с ним или на полках линий-выносок (рис. 24.18, а); линия-выноска может заканчиваться стрелкой (рис. 24.18, б).

Для маркировки нескольких одинаковых изделий (элементов) на чертежах наносятся линии-выноски с общей полкой (рис. 24.18, в).

Марки изделий (элементов), изображенных контуром, допускается наносить в пределах контура. Марки нескольких повторяющихся изделий (элементов), изображенных контуром, допускается наносить только по концам ряда. Марки преобладающих на чертеже элементов на изображениях не наносятся, а оговариваются в текстовых указаниях.

Номера позиций при указании дополнительных сведений наносятся в виде полных выносок, при указании диаметра и обозначения круглой стали и профиля (рис. 24.19, а), числа единиц в совмещенном изображении (рис. 24.19, б), шага расположения (рис. 24.19, в), ссылки на фрагменты (рис. 24.20, а и б) — как показано на соответствующих рисунках. Узлы на

24.3. ГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Каждый чертеж должен содержать поясняющие надписи и даже в том случае, если на нем применены близкие по характеру обозначения для различных материалов (например, штриховка, отличающаяся только частотой). Штриховку следует наносить под углом 45° к рамке чертежа, частота штриховки может изменяться в пределах 1 ... 10 мм в зависимости от масштаба чертежа. Расстояние между линиями штриховки, как и в машиностроительном черчении, должно быть одинаковым для одного и того же элемента.

Если поле чертежа очень велико, то разрешается наносить обозначение материалов узкой полосой равномерной ширины по периметру поля или отдельными участками в пределах соответствующего поля (рис. 24.22). При этом допускается:

не применять обозначение материалов, если нет необходимости в графическом его выявлении (например, при его единообразии), или применять их частично, если необходимо выделить на чертеже отдельные элементы, изготавливаемые из разных материалов;

применять дополнительные обозначения, не предусмотренные в стан-

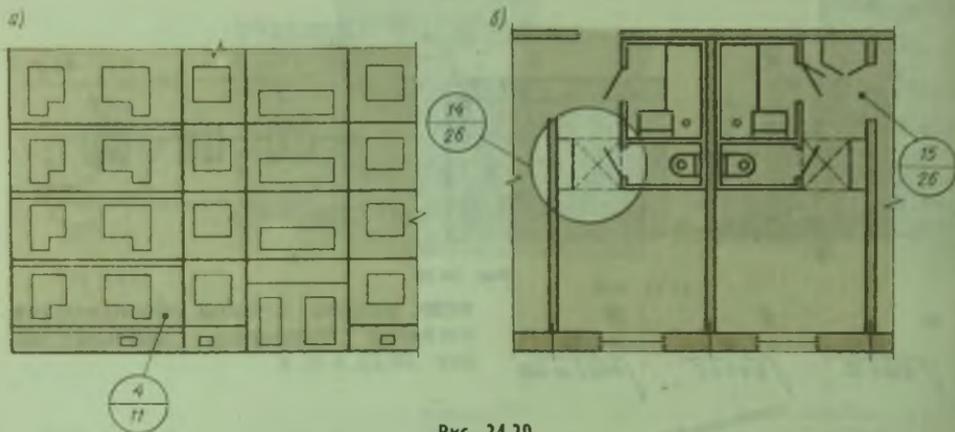


Рис. 24.20

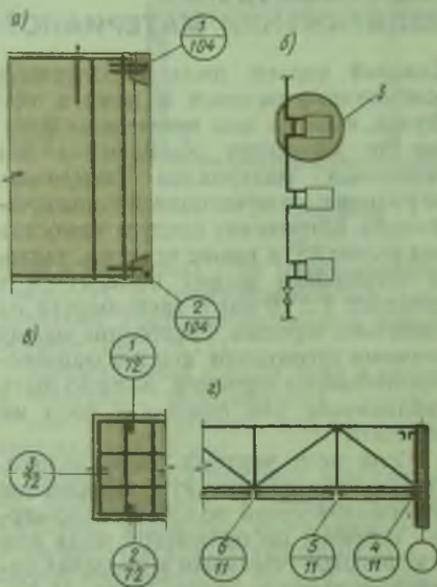


Рис. 24.21

дарте, поясняя их надписью на поле чертежа.

Графические обозначения материалов регламентированы ГОСТ 2.306-68 и представлены на рис. 24.23 с указанием рекомендованных к применению.

Обозначение грунта (рис. 24.23, а) в сечении применяется только при

необходимости выделить его границы. Его наносят узкой полосой равномерной ширины у поверхности земли и у контура фундамента.

Жидкости (рис. 24.23, б) обозначаются одинаково. Но если надо выявить вид жидкости, то обозначение сопровождаются соответствующей поясняющей надписью.

Металлы и твердые сплавы (рис. 24.23, в) в сечении штрихуются под углом 45°.

Неметаллические материалы (рис. 24.23, г), в том числе волокнистые монолитные и плитные (прессованные), штрихуются в клетку, штрихи проводят под углом 45°. При штриховке «в клетку» для смежных сечений двух деталей расстояние между линиями штриховки в каждом сечении должно быть разным. Так же следует обозначать термоизоляционные, звукоизоляционные материалы, кроме засыпок.

Условное обозначение бетона (рис. 24.23, д) одинаково для всех бетонов, как армированного, так и неармированного. Бетоном называется материал, полученный в результате смешивания вяжущего материала (цемента, извести, глины) с инертными добавками (песка и гравия или щебня) при помощи воды.

В тех случаях, когда надо выде-

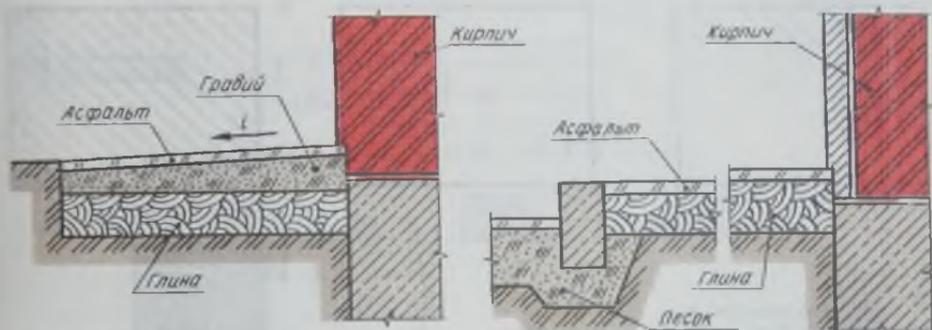


Рис. 24.22

лить разновидность бетона или характер конструкции из него (сборный, монолитный, предварительно напряженный и т. п.), обозначение сопровождается поясняющей надписью.

Дерево обозначают в соответствии с рис. 24.23, *е*, когда нет необходимости указывать направление волокон. В противном случае используют условные обозначения, показанные на рис. 24.23, *ж* и *з* соответственно вдоль волокон и поперек.

Для выявления деревянных элементов на фасаде применяют те же обозначения, что и в сечении, но с более тонкими и более редко расположенными линиями от руки.

Когда необходимо выявить вид древесины, на чертеже делают поясняющую надпись.

Керамику и силикатные материалы для кладки обозначают в соответствии с рис. 24.23, *и*. Это же графическое обозначение следует применять для обозначения кирпичных изделий (обожженных и необожженных), огнеупоров, строительной керамики, электротехнического фарфора, шлакобетонных блоков и т. п.

Камень естественный (рис. 24.23, *к*) обозначается штриховыми линиями под углом 45° . Так же может быть обозначена кладка из любых естественных камней.

Для обозначения глины рекомендуются изображения, данное на рис.

24.23, *м*, не предусмотренное ГОСТом.

ГОСТ устанавливает (см. рис. 24.24) обозначение сетки и засыпки из любого материала (в сечении), это обозначение применяют на чертежах строительных конструкций.

В тех случаях, когда необходимо выявить материал, обозначение сопровождается соответствующей надписью.

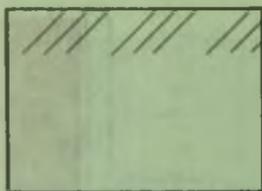
Композиционные материалы, содержащие металлы и неметаллические материалы, обозначаются как металлы.

Общее графическое обозначение материалов в сечении, независимо от вида материала, установлено ГОСТом. Это штриховка под углом 45° , в особенности это касается узких полос, где невозможно показать материал другим способом.

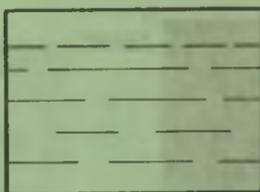
Материалы и изделия на фасаде графически обозначаются иначе, чем в сечении.

Обозначения материалов на фасаде допускается наносить не полностью, а только небольшими участками по контуру или пятнами внутри него.

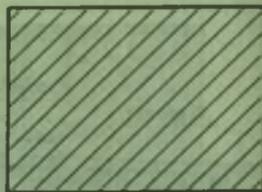
а) Грунт естественный



б) Жидкости



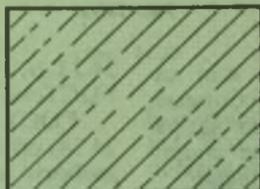
в) Металлы и твердые сплавы



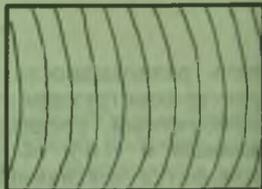
г) Неметаллические материалы



д) Бетон



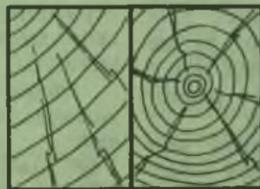
е) Дерево



ж) Дерево вдоль волокон



з) Дерево поперек волокон



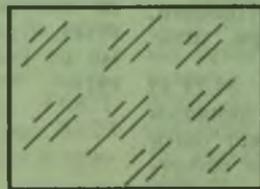
и) Керамика и силикатные материалы для кладки



к) Камень естественный



л) Стекло и другие светопрозрачные материалы



м) Глина



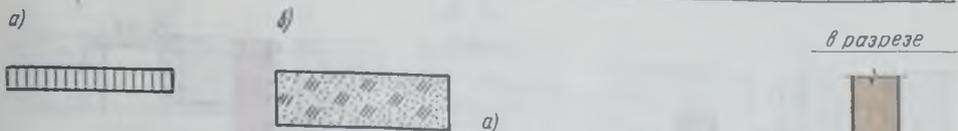


Рис. 24.24

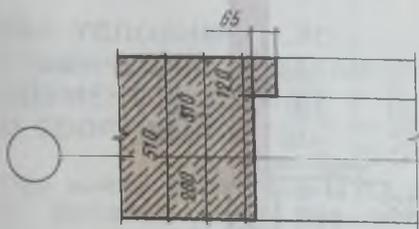


Рис. 24.26

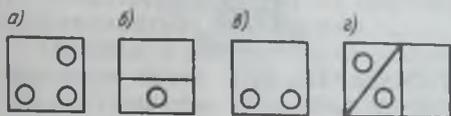


Рис. 24.29

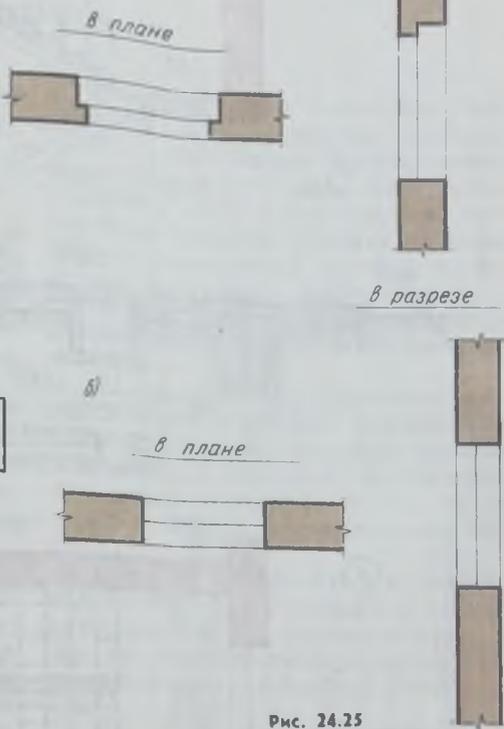


Рис. 24.25

дверь (ворота) в проеме без четвертей

однопольная в плане

двухпольная в плане



дверь (ворота) в проеме с четвертями

однопольная в плане

двухпольная в плане

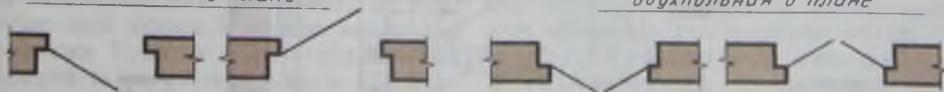


Рис. 24.27

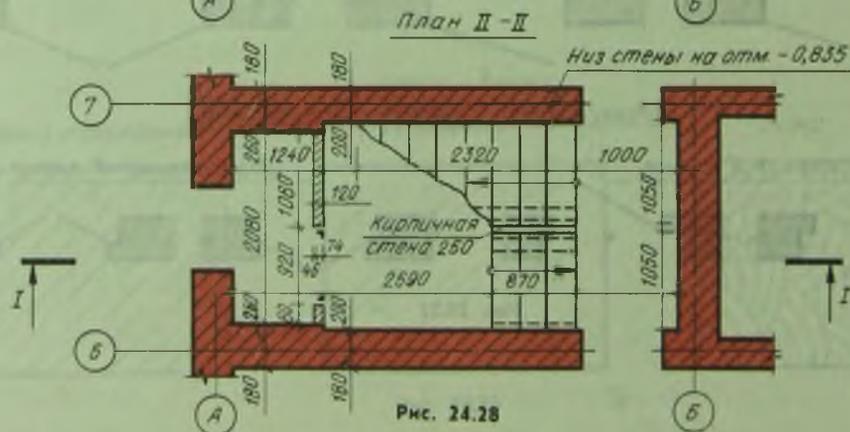
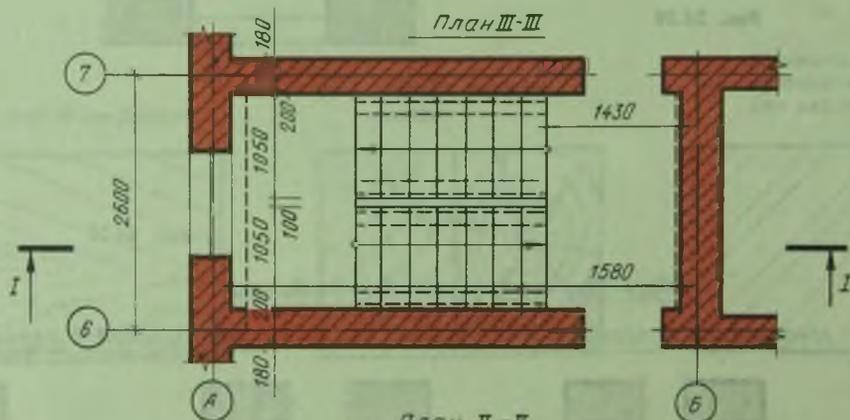
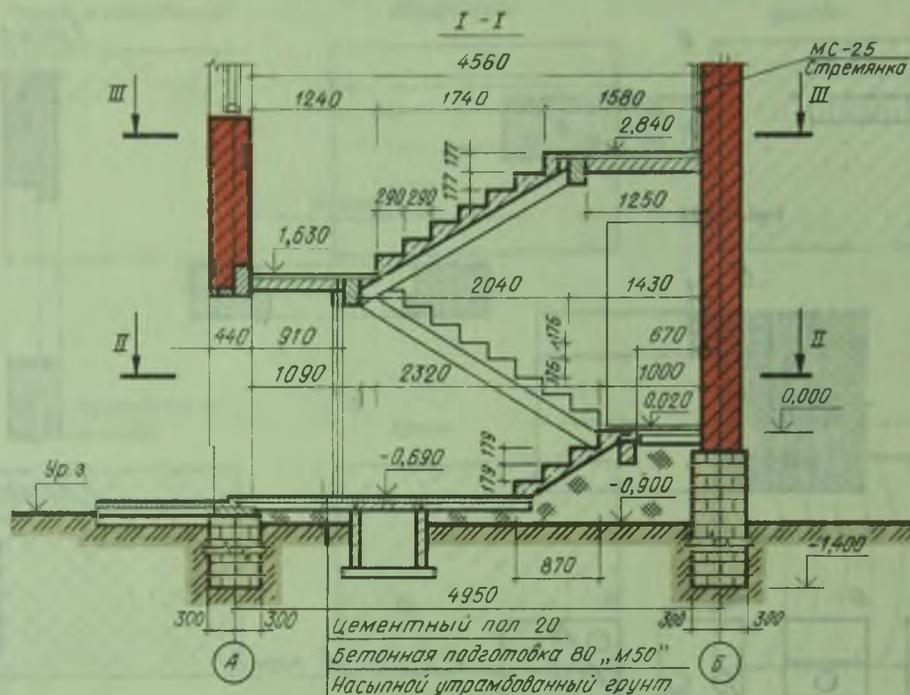


Рис. 24.28

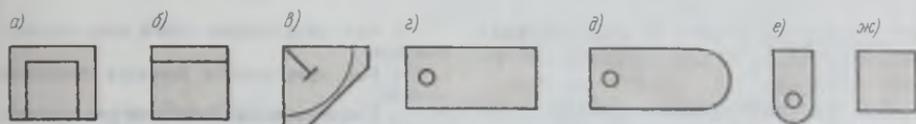


Рис. 24.30

24.4. УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

При вычерчивании планов, разрезов и фасадов зданий применяются условные изображения по ГОСТ 21.107–78. Условные изображения, не предусмотренные ГОСТом, должны сопровождаться пояснениями.

Оконные и дверные проемы показываются более тонкими линиями, чем контуры стен. В проемах не показываются коробки, в которых помещаются оконные переплеты или дверные полотна.

На рис. 24.25, *а* и *б* показаны проемы с четвертями и без четвертей. Четвертью в оконных проемах называется выступ в проеме, равный размеру одной четвертой части кирпича, т. е. 65 мм (рис. 24.26). Делают четверти в оконных и дверных проемах. В четверти устанавливают деревянные рамы, называемые коробками, а в коробку навешивают оконный переплет.

На чертежах в масштабе 1:200 и мельче, независимо от наличия оконных четвертей, четверти не показывают.

Угол наклона створного полотна (рис. 24.27) двери к плоскости проема (в плане) следует изображать на чертеже под углом 30°. При масштабе чертежа 1:400 и мельче открывание дверей и ворот показывать необязательно. На чертежах в масштабе 1:100 и крупнее допускается дополнение схематическое изображение коробок, отражающее их положение в проеме.

Все обозначения необходимо наносить в масштабе чертежа с соблюдением действительного габаритного очертания элемента. При этом расположение и число дверей шкафов, гардеробных шкафов, крючков-вешалок в крупномасштабных чертежах должно соответствовать действительному.

На рис. 24.28 показано, как следует изображать лестничные марши на чертежах.

На чертежах, выполненных в масштабе 1:100 и крупнее, разрешается более детальное изображение элементов лестниц, нанесение маркировки отдельных элементов, в том числе перил, и других поясняющих надписей.

Точки у начала стрелок нижних и промежуточных маршей и острия концевых стрелок промежуточных и верхних маршей ставятся у края площадки этажа, к которому относится план.

На обозначениях пандусов (наклонных въездов в здание или съездов из него) в плане наносят стрелку, направленную в сторону падения, а на лестницах – в сторону повышения.

На рис. 24.29 показано, как следует изображать: *а* – плиту электрическую; *б* – холодильник электрический; *в* – плиту газовую; *г* – плиту комбинированную.

На рис. 24.30 показаны некоторые часто применяющиеся на планах зданий условные изображения внутренних систем водопровода, канализации и газоснабжения: *а* – раковина; *б* – умывальник; *в* – умывальник угловой; *г* – ванна обыкновенная; *д* – ванна сидячая; *е* – унитаз; *ж* – люфт-клозет, которые в общестроительных чертежах вычерчиваются в масштабе (ван-

на размером 1700 × 70 мм, сидячая ванна 1500 × 70 мм, умывальник – 600 × 450 мм, раковина – 500 × 500 мм, плита 600 × 600 мм, унитаз – 450 × 600 мм).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. На какие стадии делится проектирование здания?
2. Какие марки установлены для отдельных частей рабочих чертежей?

3. Что представляют собой координационные оси?
4. Как производится привязка элементов здания?
5. Какой толщины линия контура принимается при обводке строительных чертежей?
6. В каких масштабах выполняются строительные чертежи?
7. Какие размеры различают на строительных чертежах?
8. Какой способ нанесения размеров принимается на строительных чертежах?
9. Как заканчивается размерная линия на пересечении с выносной?
10. Как изображаются оконные и дверные проемы в плане здания?

ГЛАВА ЧЕРТЕЖИ ПЛАНОВ, РАЗРЕЗОВ, ФАСАДОВ 25

25.1. ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ ЗДАНИЙ

Общий чертеж здания представляет собой сборочный чертеж, так как каждое здание в целом состоит из отдельных частей – узлов, а каждый узел – из отдельных элементов. Для понимания строительного чертежа следует вначале ознакомиться с терминологией, применяемой в строительном деле. Для этого рассмотрим основные части, из которых состоит здание.

Здание – наземное сооружение, включающее различные изолированные помещения.

Основными конструктивными элементами здания являются фундаменты, стены, перегородки, перекрытия, окна, двери, крыша и лестницы (рис. 25.1).

Основание и фундаменты. Подземная часть здания, предназначенная для передачи на грунт нагрузки, называется фундаментом. Грунт, на который опирается фундамент, называется основанием.

Цоколь является продолжением фундамента и поднимается над поверхностью земли до уровня первого этажа, называемого уровнем чистого пола (Ур. ч.п.). На разрезах цоколь обязательно показывается в виде выступа на 100...120 мм или углубления на 40 мм.

Стены могут быть выполнены из бетона (в виде панелей заводского изготовления или крупных блоков), камней (естественных или искусственных) и дерева.

Если стены выполнены из стандартного кирпича, размер которого 250 × 120 × 65 мм, то стены кладут с соблюдением перевязки швов (т.е. ряд кирпичной кладки стен перекрывает швы предыдущего ряда).

Для усиления стены в плоскости фасада устраивают вертикальные выступы небольшой ширины (пилястры), полуколонны и горизонтальные пояса и карнизы.

На рис. 25.2 дан пример разреза по стене кирпичного здания облегченной конструкции.

Карниз – венчающая часть наруж-

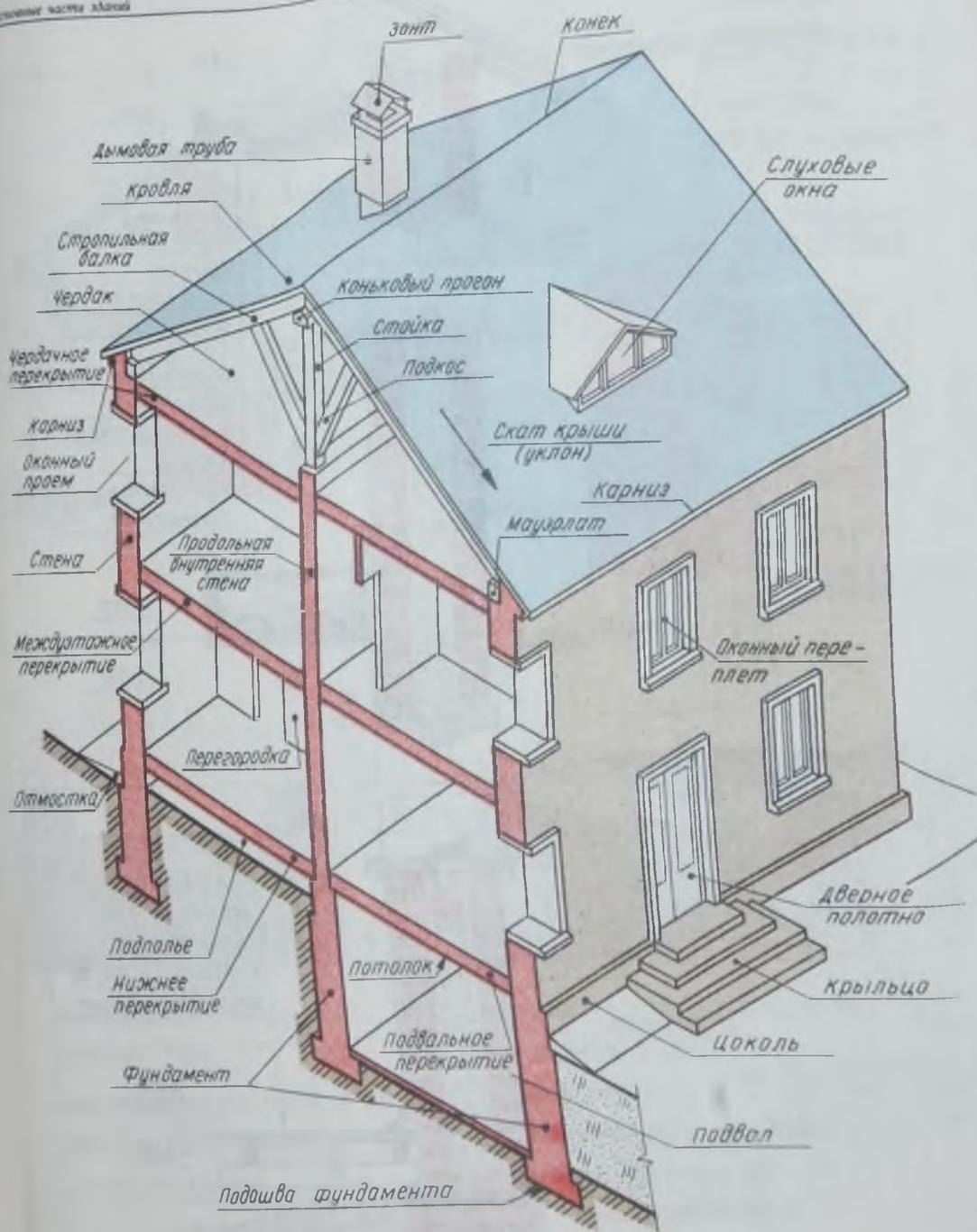


Рис. 25.1

ных стен может быть выполнен из кирпича. В этом случае он выступает от плоскости стены не более чем на 250 мм. Бетонный карниз в виде плиты может выступать или, как говорят, иметь вынос до 680 мм (рис. 25.3), у деревянных стен карниз может выступать на 500 ... 800 мм.

Перекрытия и полы. Горизонтальные элементы зданий, делящие их по высоте на отдельные участки (этажи), называются перекрытиями.

Перекрытия различают надподвальные, междуэтажные и чердачные. Они представляют собой многослойную конструкцию, состоящую из не-

Подшивка вагонкой

Кобылка

Обрешетка

Волнистые асбоцементные плиты

5,030

70 300

3,600

5-16

5,640

5,340

Утеплитель
Балка 50x80
Бумага
Щит наката
Штукатурка

Дощатый пол - 29
Балка 50x80
Засыпка (шлак) - 60
Бумага
Щит наката
Штукатурка

2,250

5-16

75

Покрытие слюда оцинкованной или окрашенной кровельной стали

0,820

Кирпич

Утеплитель

пол - 29
Лага 50(80-100)
Прогон 2(50x80)
Утеплитель (шлак) - 100
Утрамбованный грунт

-0,06

Гидроизоляция

0,000
Урч. л.

-0,220

-0,800
Ур з

-0,750 220

-0,800

Глина

-0,300

-0,830

-0,900

Рис. 25.2

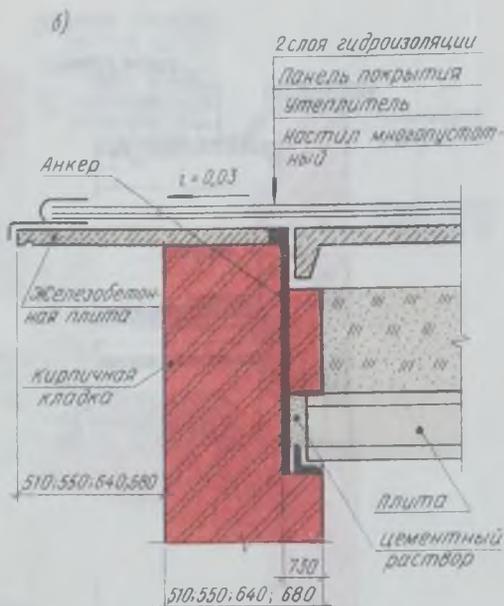
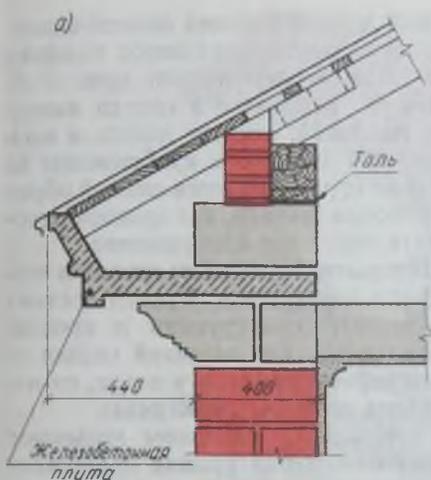


Рис. 25.3

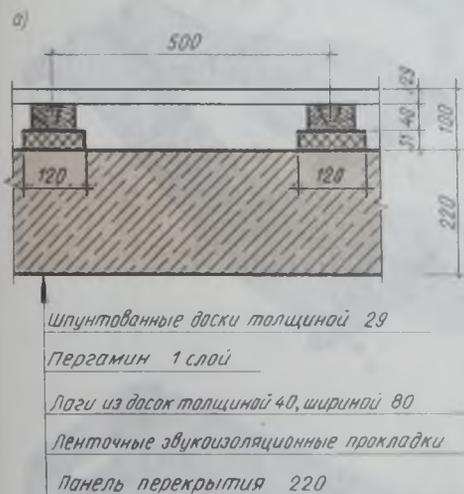


Рис. 25.4

суших элементов (балки из дерева, металлические балки, железобетонные балки, плиты и др.) и различных полов с заполнениями, обеспечивающими утепление и звукоизоляцию помещений. Заполнителями могут служить минераловатные плиты, крупнозернистые насыпки, шлаки, различ-

ные плиты, укладываемые по накату. В жилых помещениях толщина междуэтажного перекрытия может быть 320...400 мм.

Многослойная конструкция на чертеже сопровождается выносными надписями, которые располагают од-

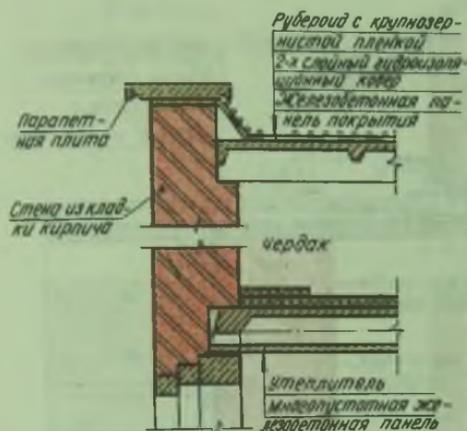


Рис. 25.5

ну над другой с общей линией-выносной. В надписях указывают толщину слоя или марку детали (рис. 25.4). Размеры, входящие в состав выносных надписей, следует давать в миллиметрах. Неполное изображение на чертеже ограничивается линией обрыва, которая должна, как правило, проходить через все изображение.

Покрытие состоит из крыши и чердачного перекрытия. Крыша состоит из несущей конструкции и кровли. Покрытие служит защитой здания от атмосферных осадков и ветра, от нагревания солнцем (перегрева).

Покрытия с чердаком называют чердачными; если кровля примыкает вплотную или объединяется с чердач-

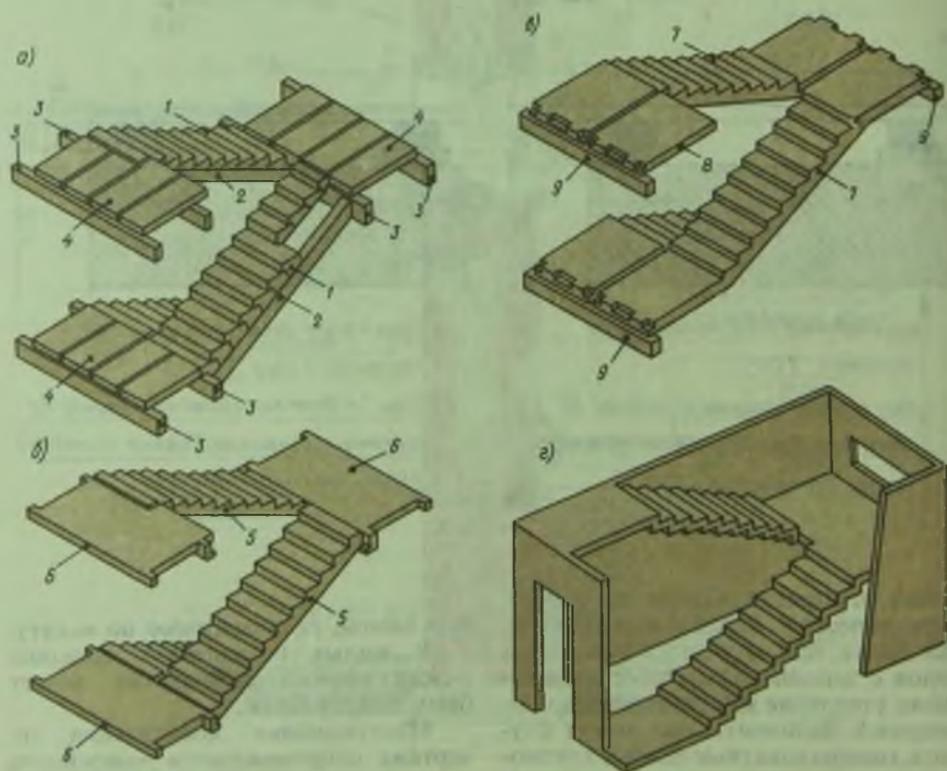


Рис. 25.6

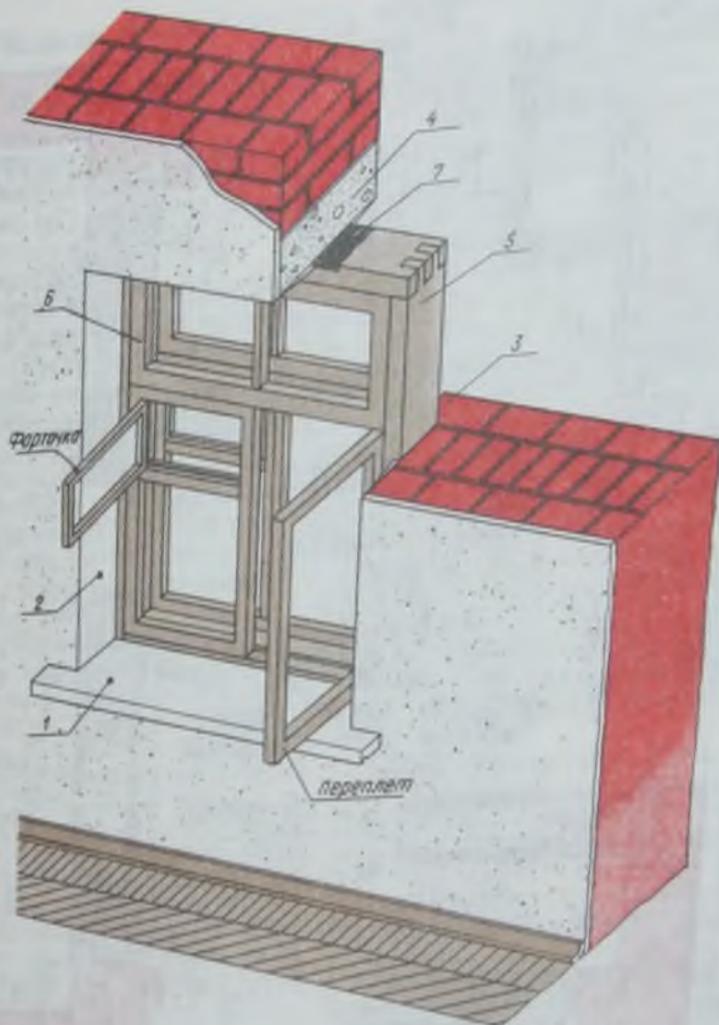


Рис. 25.7

ным перекрытием, то его называют совмещенным или бесчердачным покрытием (рис. 25.5).

Для отвода атмосферных осадков чердачные и бесчердачные покрытия делают с уклонами, а уклон покрытия зависит от материала и конструкции его верхнего водоизоляционного слоя. Чем плотнее материал кровли и чем герметичнее стыки ее элементов, тем меньше может быть уклон покрытия.

Лестница. Помещение, в котором размещают лестницу, называют лестничной клеткой. Лестницы представляют собой несущие конструкции, состоящие из наклонных ступенчатых элементов — маршей и горизонтальных плоскостных элементов — лестничных площадок и перил. На рис. 25.6 даны варианты сборных лестниц: *а* — содержит отдельные ступени, косоуры, балки и плиты; *б* — марши и площадки; *в* — марши с

тального верхника, боковых косяков и нижней обвязки.

На рис. 25.7 показан общий вид окна, конструктивные элементы и детали заполнения оконного проема: 1—подоконная доска; 2—откос оконного проема; 3—четверть; 4—перемычка; 5—оконная коробка; 6—глухая фрамуга; 7—толь.

Окна могут быть одностворчатыми, двухстворчатыми, трехстворчатыми или с балконной дверью. На рис. 25.8 дан чертеж балконного блока, состоящего из дверной и оконной коробки, для двух окон и балконной двери. На чертеже показаны размеры окон и двери и их форма, даны детали и поперечные сечения элементов, а также ссылки на конструктивные детали, которые выполнены в виде сечений.

Двери по назначению делятся на внутренние и наружные, по способу открывания—на распашные, раздвижные, складчатые, вращающиеся и двери-шторы. Распашные двери разделяют по числу дверных полотен на однопольные, двупольные и полуторные.

При определении ширины двери учитывают габариты оборудования, размещаемого в помещении, и пропускную способность в момент срочной эвакуации людей. Ширину двери при этом выбирают из расчета 0,6 м на каждые 100 человек.

25.2. ПЛАНЫ ЗДАНИЙ ВЫШЕ НУЛЕВОЙ ОТМЕТКИ

План этажа изображается в виде разреза горизонтальной плоскостью, проходящей в пределах дверных и оконных проемов.

Число планов на чертеже зависит от числа этажей в здании. Если в многоэтажном здании этажи имеют одну и ту же планировку, то можно вычерчивать план первого этажа и один общий план для остальных этажей с указанием их номеров.

При расположении на листе не-

скольких планов их располагают в порядке возрастания нумерации этажей снизу вверх или слева направо (СПДС. ГОСТ 21.101—79).

На плане показывают расположение помещений внутри здания (планировка), места расположения лестниц, стен, перегородок, санитарно-технических приборов, вентиляционных каналов и т. д. (рис. 25.9):

Стеновой материал, являющийся для данного здания преобладающим, на планах, разрезах и фасадах условным обозначением не выделяется.

В необходимых случаях выделяется участок стены (перегородки), выполненной из другого материала.

Конструкции на планах и разрезах изображаются упрощенно, без детализации. В крупнопанельных зданиях оконные проемы изображаются без четвертей.

Монтажные планы, схемы и другие чертежи допускается сопровождать спецификацией по соответствующим формам.

Планы именуются: *План ... этажа, План технического подполья, План перекрытия ... этажа* и т. п.

Для зданий, сооружаемых из конструктивных элементов заводского изготовления, оформляются схемы расположения элементов конструкций (рис. 25.10). На схеме показывают:

координационные оси здания, расстояния между ними и между крайними осями, оконные и дверные проемы, лестницы в пределах этажа (схематично), обозначение разрезов, узлов, фрагментов.

На плане указывают толщину стен и перегородок, а при несимметричном расположении стен приводят их привязку к координационным осям или конструкциям здания.

В одноэтажных однопролетных производственных зданиях небольшой ширины (9...12 м) все стены считаются несущими, т. е. непосредственно воспринимающими нагрузку от стропильных ферм покрытия. Для повышения их несущей способности

План 2 этажа

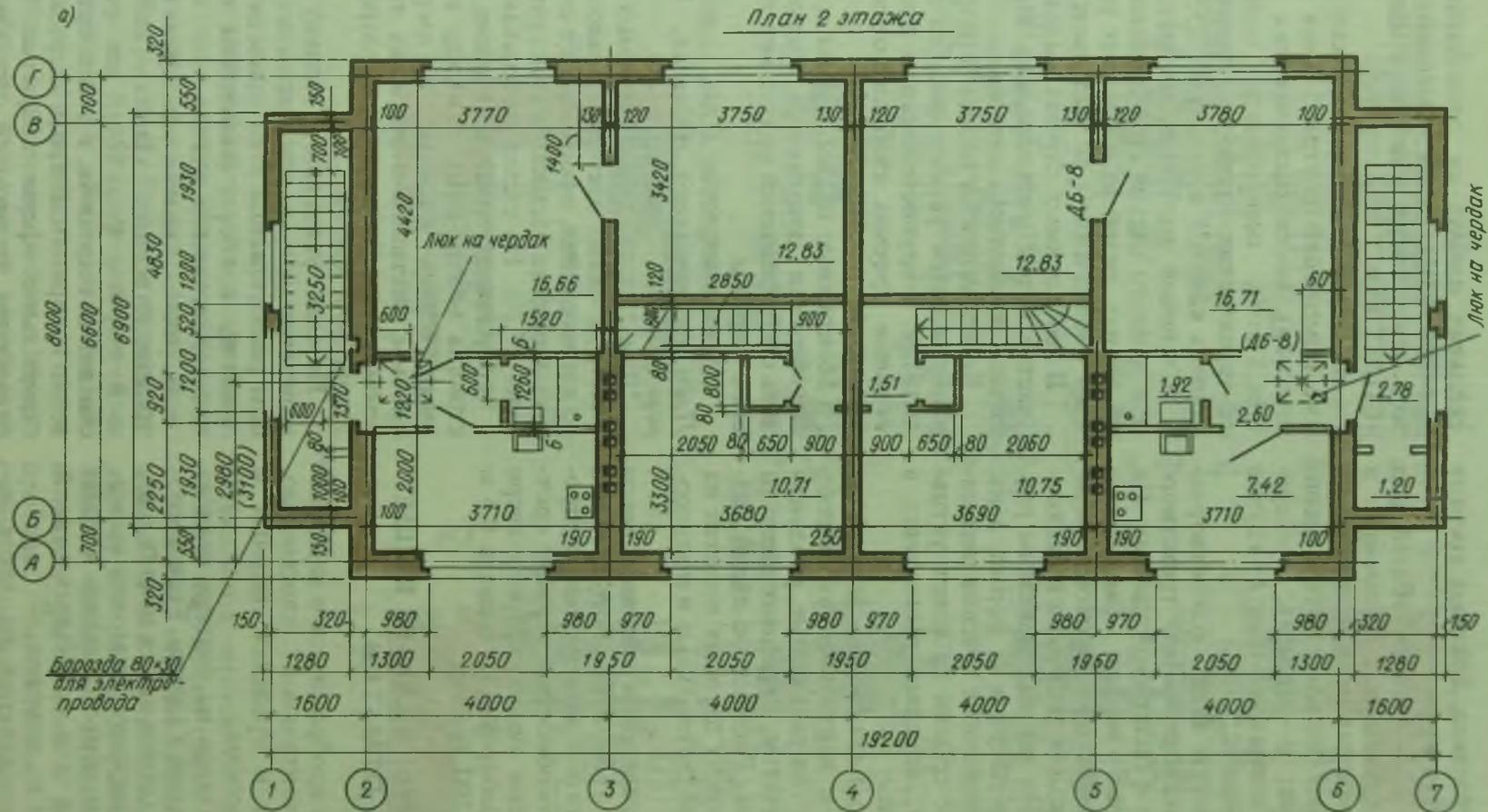


Рис. 25.9

План 1 этажа

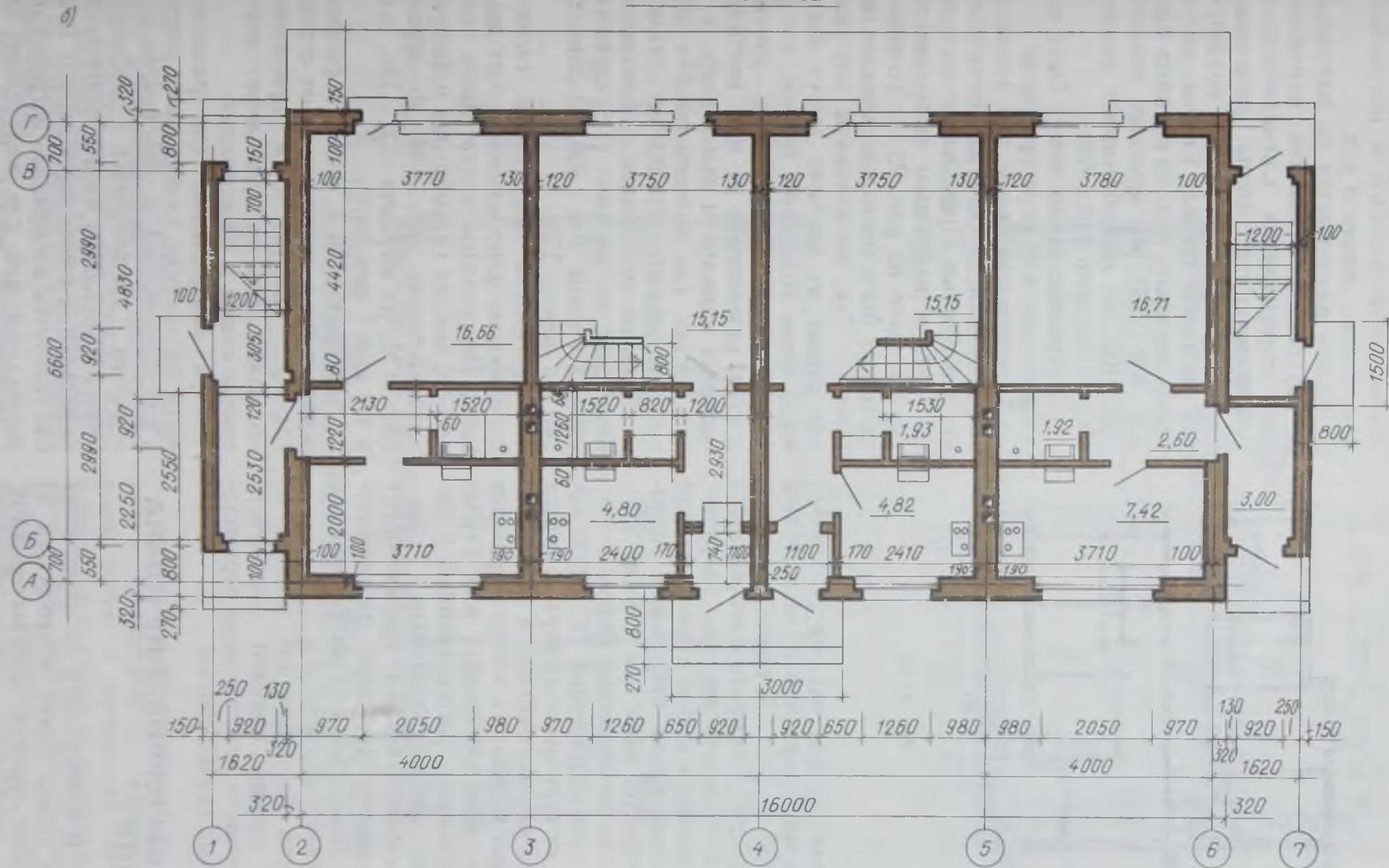


Рис. 25.9

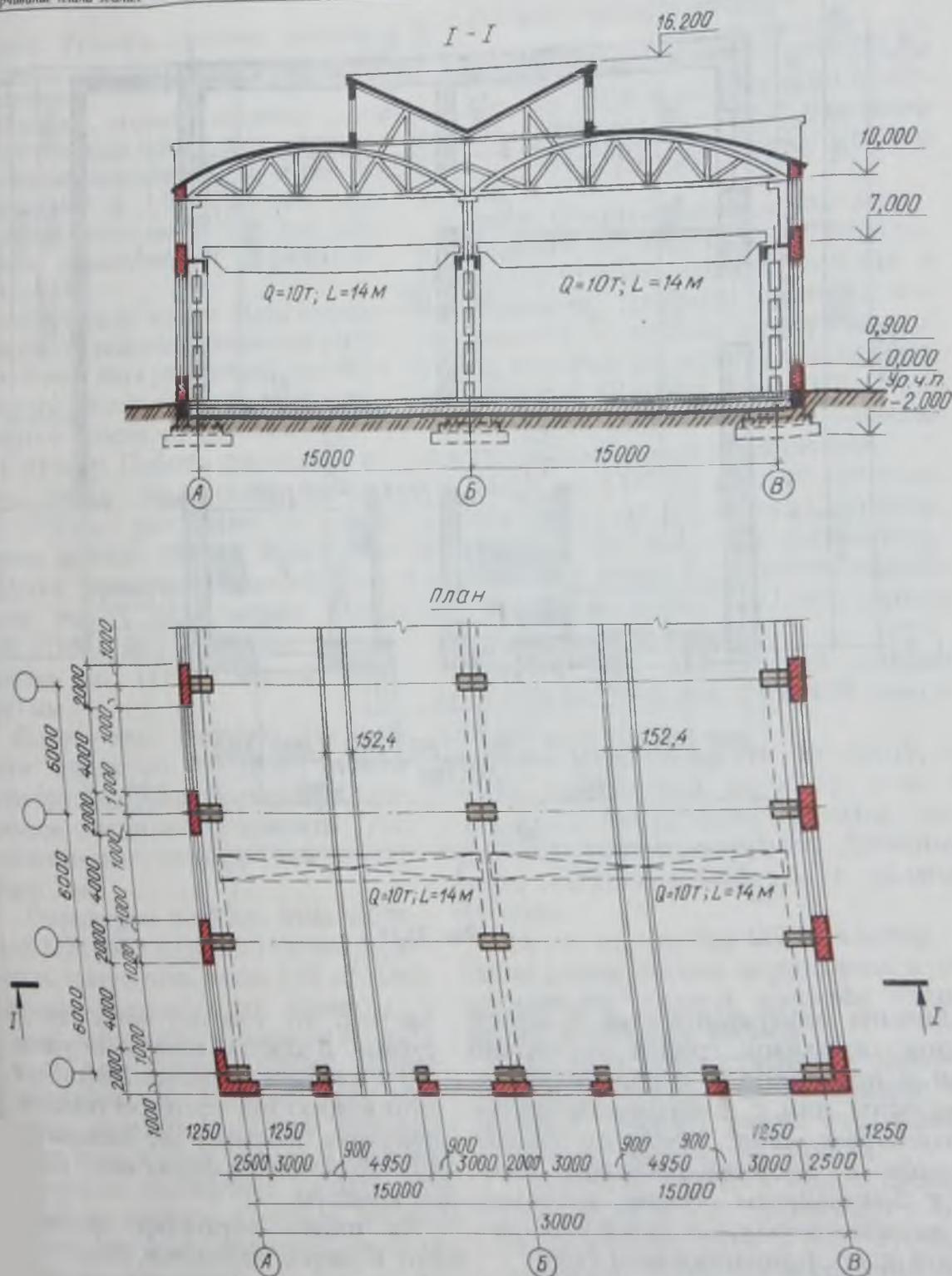


Рис. 25.11

тем или иным соображениям отделить одно помещение от другого более толстой стеной. Лестничная клетка должна иметь капитальные стены. В остальных местах следует показать перегородки.

На плане здания проставляются размеры:

проемов и простенков (для проемов с четвертями — с фасадной стороны стены в четвертях); привязок граней простенков к координационным осям; между осями стен или колонн с привязками к координационным осям; расстояний между крайними координационными осями;

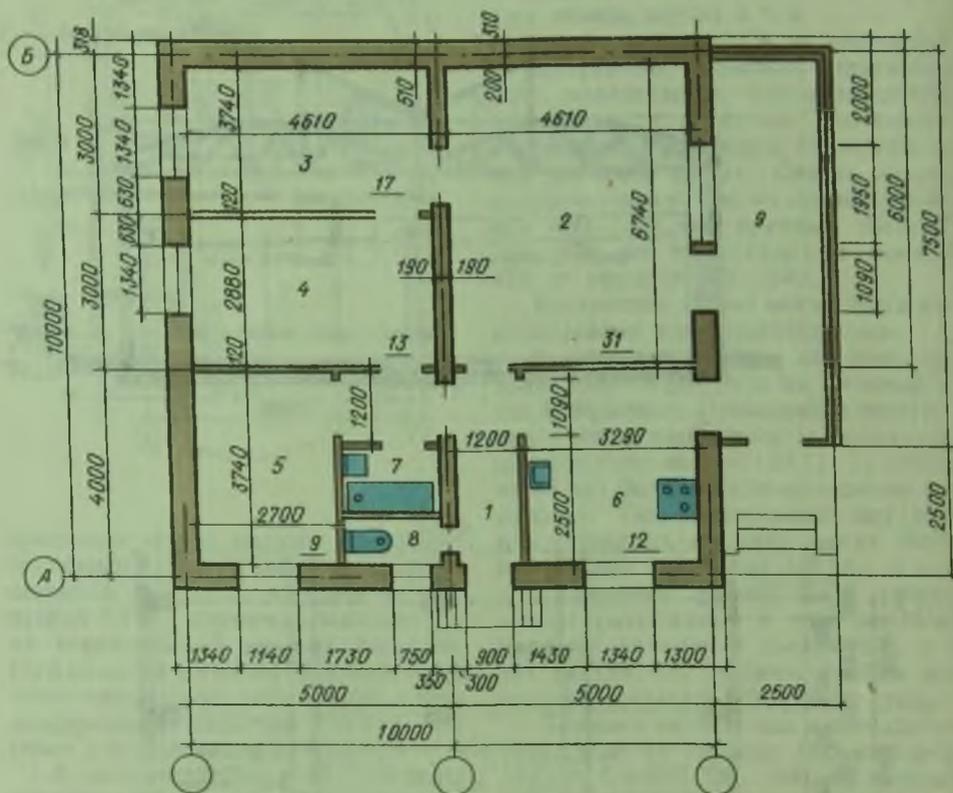


Рис. 25.12

толщины внутренних стен и перегородок; привязок граней внутренних стен и перегородок к координационным осям или к поверхности противоположных стен; привязок граней проемов к координационным осям или к ближайшим стенам; привязок осей железнодорожных путей и монорельсов к координационным осям.

Первую линию размеров рекомендуется наносить от контура стен на расстоянии не менее 10 мм. Наиболее четко чертеж читается, если это расстояние 15...20 мм, а расстояние между соседними размерными линиями 7...8 мм. Высота размерных цифр 3,5 мм.

На планах зданий наносят размеры внутри каждого помещения в

чистоте, что означает «от стены до стены». В каждом помещении указывают площадь комнаты. Цифру при этом наносят над чертой без указания измерения, например 26, располагая ее по возможности справа внизу каждой комнаты.

На планах маркируют проемы ворот и дверей, перемычки, окна.

В пределах помещений надписывают их наименование, но допускается замена наименований экспликационным номером в кружке диаметром 7 мм.

На плане и в разрезе стены штриховкой не покрывают.

Окна. Для освещения помещения естественным светом в наружных стенах здания устраивают оконные

проемы. Размеры проемов устанавливаются в зависимости от назначения помещения.

Площадь оконных проемов зависит от площади пола и должна быть: для жилых помещений — не менее $1/8$ (принимают и $1/6 \dots 1/8$), для специальных помещений — $1/2$, для подсобных помещений и коридоров — $1/10 \dots 1/14$.

Высота окон может быть определена так: из высоты помещения вычитают сумму двух расстояний — от низа оконного проема до пола и от верха оконного проема до потолка.

Пример. Примем расстояние от верха проема до потолка равным 400...600 мм, расстояние от низа проема до пола — 800 мм. Высоту помещения принимаем равной 3 м. Тогда высота окна может быть: $3000 - (800 + 400) = 1800$ мм. Ближайшая по ГОСТ высота окна 1760 мм.

Ширину окна, например, для комнаты площадью $S = 16 \text{ м}^2$ можно подобрать следующим образом: принимаем освещенность комнаты $1/8S$, следовательно, площадь окна должна быть 2 м^2 .

Определяем площадь окна шириной 1320 мм и высотой 1460 мм. Площадь такого окна равна $1,93 \text{ м}^2$. Оно вполне подходит для комнаты в 16 м^2 , так как отступления на $8 \dots 10\%$ в ту или другую сторону вполне допустимы. Но в здании есть комнаты, имеющие меньшую площадь. Как быть в этом случае? В меньших комнатах необходимо сделать окна той же ширины. Световая площадь при этом будет несколько увеличена, но это допустимо.

Подобрав размеры окна, их располагают по периметру здания таким образом, чтобы выдержать определенный ритм между проемами и простенками.

Размеры окон могут быть по высоте 850, 1160, 1460 и 1760 мм, по ширине одностворчатые — 720 и 870 мм, двухстворчатые — 1170, 1320

и 1470 мм, трехстворчатые 1770 и 2070 мм.

В плане окна чертят с четвертями или без них. При вычерчивании с четвертями размеры их берут равными 65×120 мм и вычерчивают с учетом масштаба.

Двери. Открывающаяся часть двери называется дверным полотном. Двери могут быть однопольными и двухпольными. Дверные полотна навешиваются на петлях в дверные коробки, которые устраиваются так же, как оконные. Ширина и высота дверных проемов подбирается в зависимости от назначения помещения.

Двери по ГОСТу имеют следующую ширину, мм: в кладовых, ваннных и уборных 600, в кухнях (однопольные) 700, в комнатах: однопольные 800, 900, двухпольные 1202, наружные двухпольные 1390 и 1790.

Высота всех внутренних дверей может быть 2000 мм, входной двери 2300 мм.

Двери из квартир на лестницу, в общий квартирный коридор или в поэтажный вестибюль должны открываться внутрь квартиры. Двойные двери могут открываться в разные стороны.

Двери на лестничную клетку, а также двери общих коридоров в общественных зданиях должны открываться в сторону выхода.

Двери в общественных зданиях, предназначенные для эвакуации (запасные), должны также открываться в сторону выхода из здания.

Дверной проем, нанесенный на план, должен быть привязан к одной из ближайших стен с тем, чтобы при постройке дверь была сделана на том месте, где ее запроектировали. При этом надо проставлять марку двери.

Расположение дверных полотен наносят на плане здания по ГОСТ 21.107-78.

Дымоходы и вентиляционные каналы. Печи и кухонные плиты располагаются в плане, как правило, около капитальных стен, где предусматри-

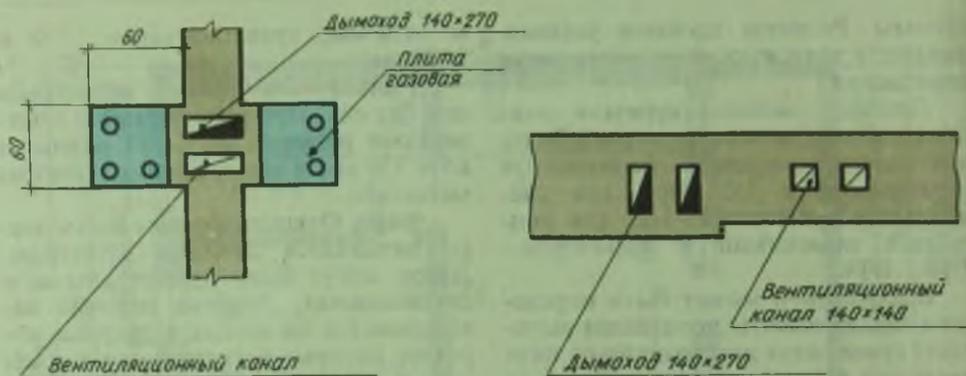


Рис. 25.13

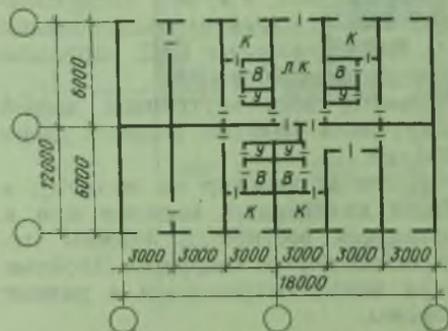


Рис. 25.14

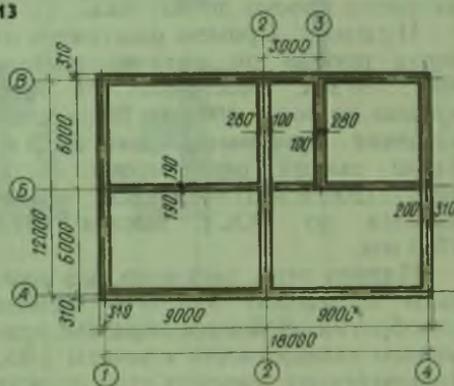


Рис. 25.16

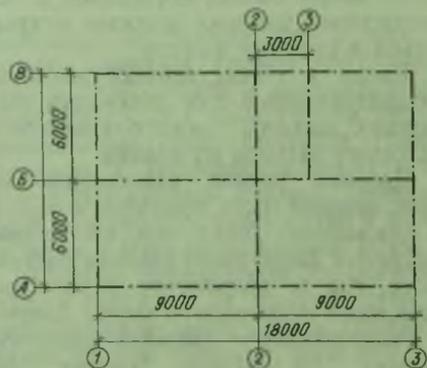


Рис. 25.15

ваются дымоходные каналы. Вентиляционные каналы показывают в стенах ванн, кухонь, уборных,

и других помещениях, требующих вентиляции. Каналы на плане изображают в виде прямоугольников размером, мм: дымоходные 140 × 270, вентиляционные 140 × 140 или 140 × 270 (рис. 25.13).

В случае устройства в здании печного отопления, смежные комнаты должны отапливаться одной печью. Между печью и деревянной перегородкой предусматривается противопожарная разделка кирпичом. Во избежание возгорания перегородки, толщину разделки принимают 1/2 кирпича, а длину в 1 кирпич, т.е. 120 × 250 мм.

Указания к вычерчиванию планов здания. Вычерчивание строительного

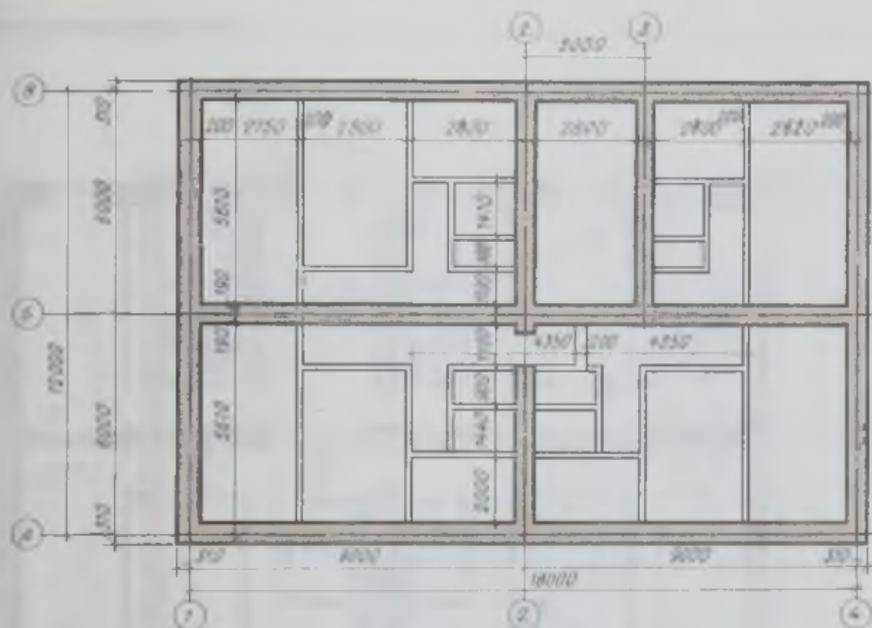


Рис. 25.17

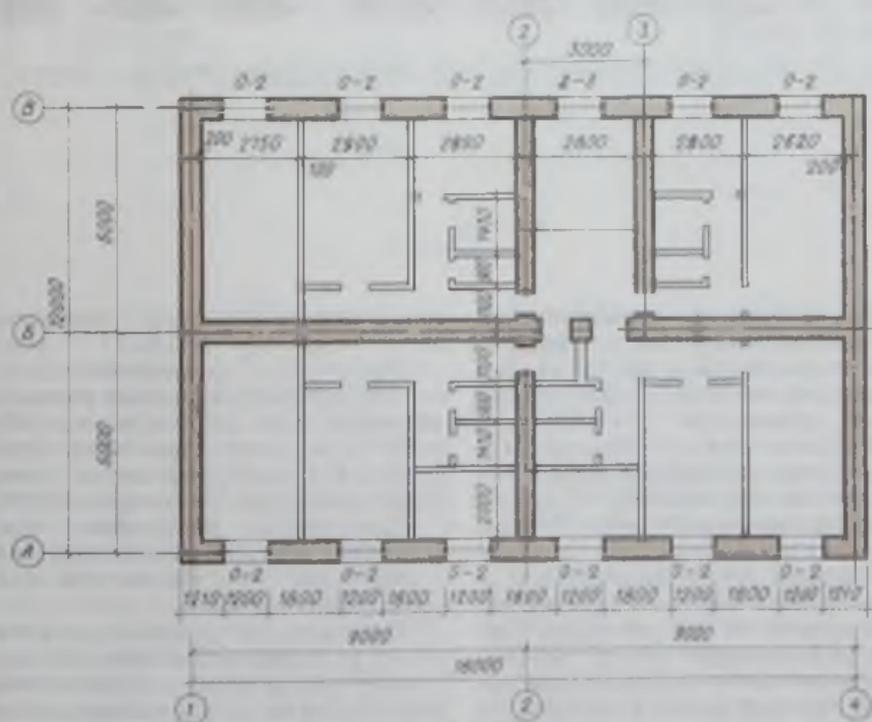
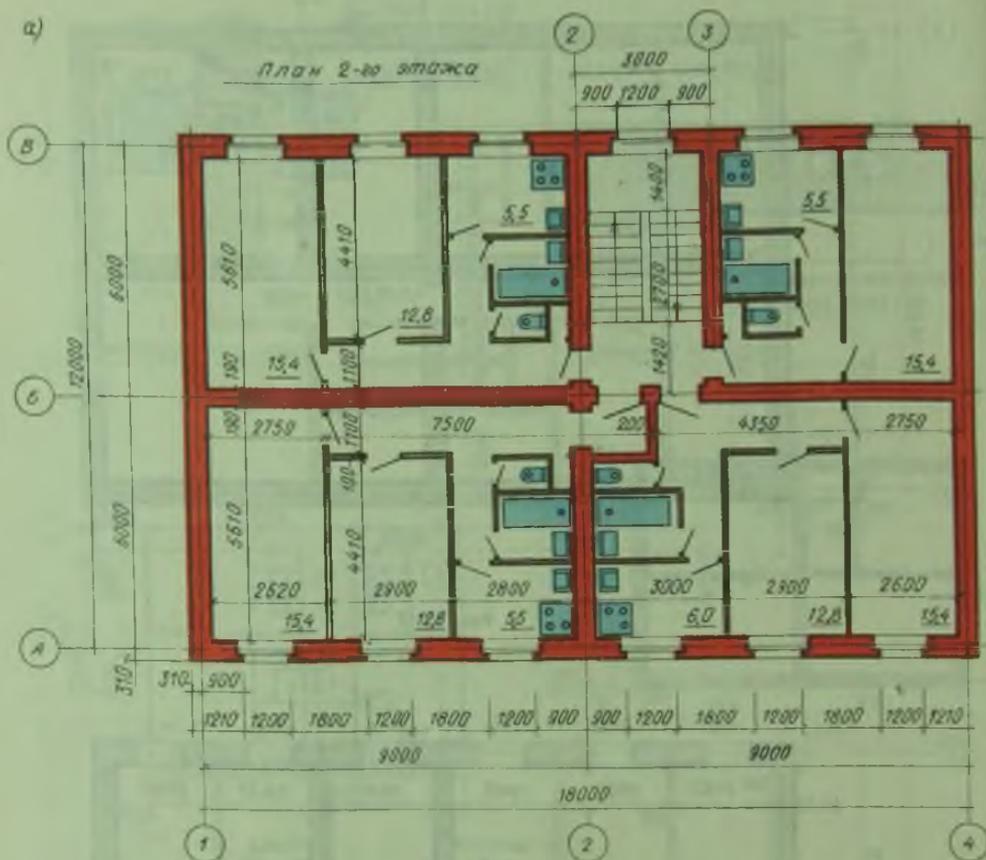


Рис. 25.18



чертежа начинается с планов. Выполним чертежи двухэтажного здания по схеме, приведенной на рис. 25.14. Здание кирпичное с ленточным фундаментом, перекрытие — бетонные плиты, покрытие — сталь с уклоном 30° .

Вычерчивание планов первого и второго этажей начинается с нанесения координационных осей. Первая линия размеров проводится от координационной оси на расстоянии примерно $20 \dots 30$ мм, а остальные на расстоянии 8 мм друг от друга. Следовательно, вокруг здания необходимо иметь место для нанесения выносных и трех размерных линий и маркировочных кружков, считая от

координационной оси примерно около 50 мм (рис. 25.15).

После того, как начерчены координационные оси, наносится толщина наружных стен 510 мм в масштабе 1:100 (если стены кирпичные). Привязка оси в этом случае внутрь стены 200 мм, снаружи 310 мм (рис. 25.16).

Капитальные внутренние стены вычерчиваются (в данном примере) с привязкой 190×190 мм при толщине стены 380 мм.

Одновременно рекомендуется нанести размеры габаритные (между осями), между осями капитальных стен, привязок к координационным осям. Далее вычерчиваются перего-

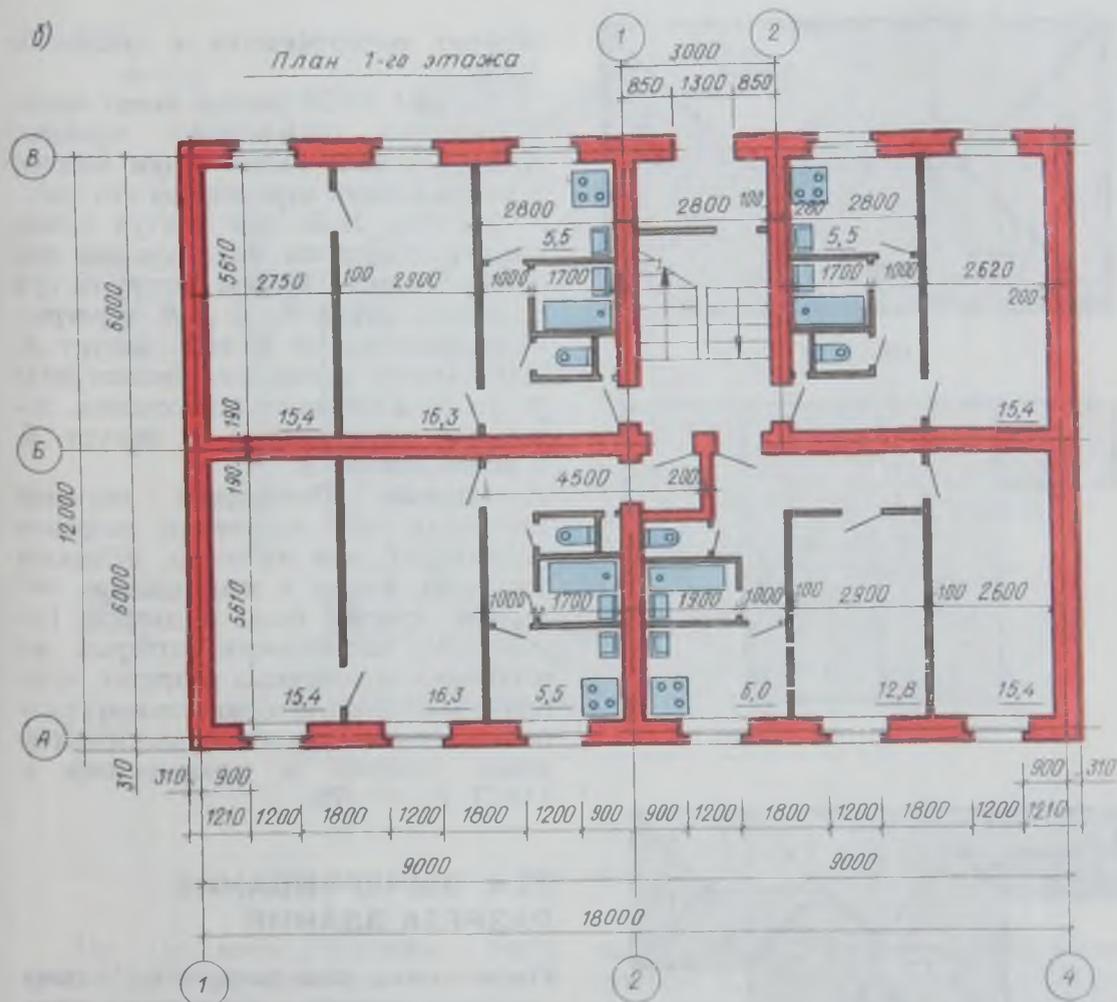


Рис. 25.19

родки в соответствии с данной схемой (рис. 25.17).

Для нанесения на план оконных проемов вначале подбирают тип окна и его размеры, учитывая нормы освещенности. Надо учесть, что высоты окна задают (как было указано ранее), так как она должна быть единой для всего этажа здания. Можно варьировать только ширину окна. При этом желательно, чтобы варианты окон по ширине были как можно меньше для одного здания (рис. 25.18).

При разбивке оконных проемов надо помнить, что от того, как будут они размещены на плане, соответственно будет выглядеть фасад здания.

На чертежах технического проекта принято вычерчивать оконные проемы в стенах без оконных коробок, переплетов и подоконной доски.

Разбив оконные проемы, наносим размеры окон в четвертях, после чего вычерчиваем четверти таким образом, чтобы окно внутрь расширялось до размера, равного двум четвертям, т.е. до 130 мм.

Размеры на первой линии от здания наносят от края стены до окна, затем размер самого окна в четвертях и т.д. (иногда эти размеры на чертеже не показывают). Оконные проемы привязывают и к осям капитальных стен.

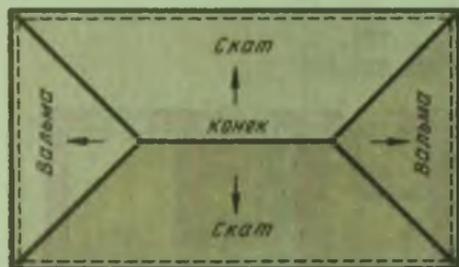


Рис. 25.20

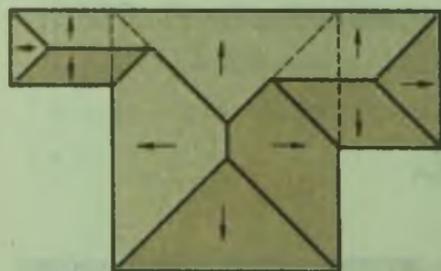
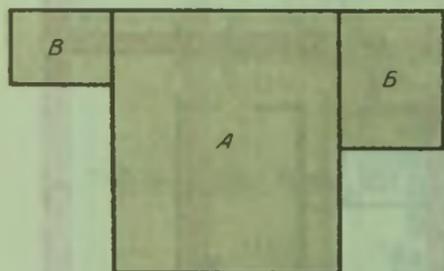


Рис. 25.21

Затем наносят на плане размеры внутри помещения (рис. 25.19), подсчитывают и наносят на чертеже площади каждой комнаты.

Построение планов скатных крыш. План крыши здания представляет собой вид на здание сверху. Все скаты крыши, как правило, имеют одинаковый уклон. В таком случае ребра между гранями кровли на плане будут биссектрисами углов. План кровли

обычно вычерчивается в масштабе 1:200.

На рис. 25.20 здание имеет четырехскатную (вальмовую) крышу. Каждая крыша имеет грани (скаты) и ребра (линии пересечения скатов).

На рис. 25.21 дан контур плана здания. Начертим план крыши для данного здания. Разбив фигуру на три прямоугольника *A*, *B* и *B*, перекрываем наибольшую из них — фигуру *A*. Для этого проводим биссектрисы углов до взаимного пересечения. Затем так же перекрываем фигуру *B*, а затем фигуру *B*.

Разрезы. Положение секущей плоскости для получения разрезов принимают, как правило, с таким расчетом, чтобы в изображении попадали проемы окон и дверей. По участкам, особенности которых не выявились в основных разрезах, приводят местные (дополнительные) разрезы. Проемы и лестницы изображают условно в соответствии с ГОСТ 21.107-78.

25.4. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ РАЗРЕЗА ЗДАНИЯ

После того, как вычерчены планы здания и кровли, можно приступать к вычерчиванию разреза. Разрезы служат для выявления взаимного расположения внутренних частей здания и размеров (высот). Вычерчивание разреза ведется на основании выполненных поэтажных планов и плана кровли, причем начинать его вычерчивание следует до того, как на плане будет построена лестница в лестничной клетке. Лестница вычерчивается одновременно и на плане и на разрезе.

На строительных чертежах разрезы могут быть фронтальными и профильными. В некоторых случаях применяют разрезы несколькими параллельными плоскостями, в этом случае он будет ступенчатым (сложным).

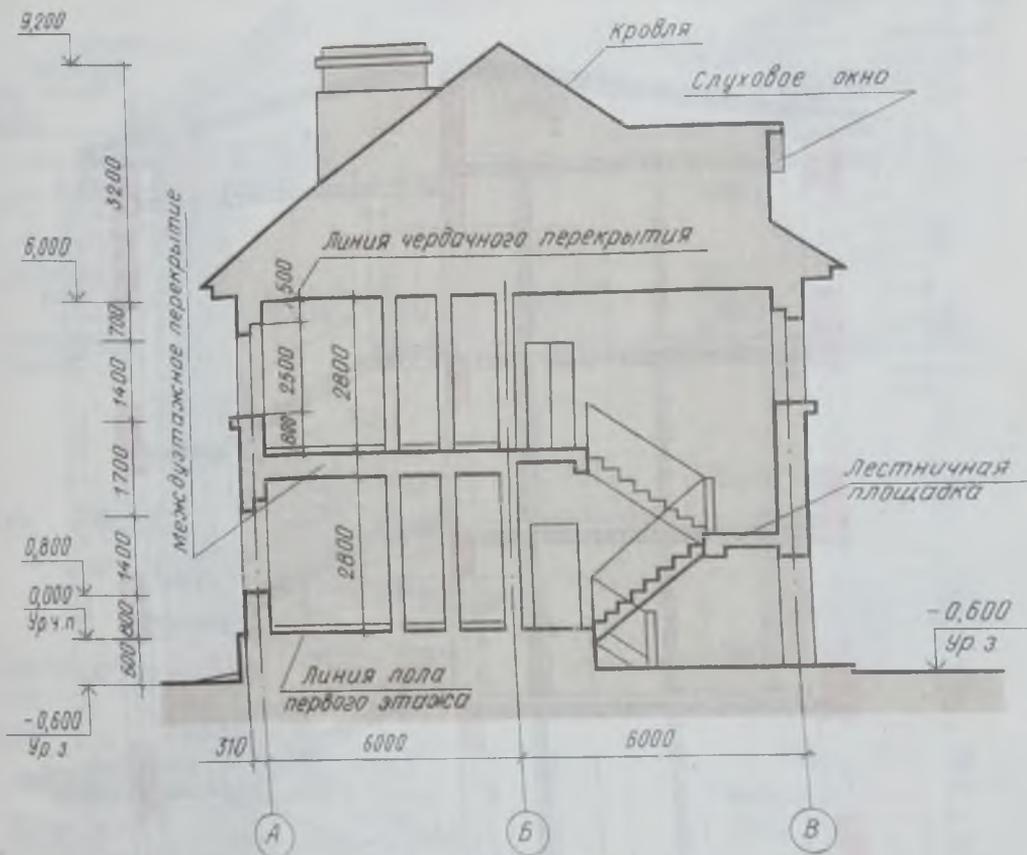


Рис. 25.22

На разрезах должны быть (рис. 25.22): координационные оси и расстояние между ними с привязками наружных стен к крайним осям; отметки уровня земли, чистого пола каждого этажа, верха стен и карнизов, уступов стен и т.п.; общая толщина перекрытия с конструкцией пола; разметки и отметки проемов и отверстий (для кирпичных и блочных зданий).

При вычерчивании разреза элементы, попавшие в плоскость разреза, должны выделиться утолщенными линиями, а в отдельных случаях штриховкой. Из видимых элементов на разрезах показывают только находящиеся непосредственно за плоскостью разреза: колонны, балки, открытые лестницы и площадки.

Разрезы на строительных чертежах допускается выполнять в ином масштабе, чем планы и фасады. На

разрезах наносят размеры, характеризующие высоту помещений и отдельных элементов зданий. При этом внутренние размеры — внутри контура здания, наружные — за контуром. Наружные размеры наносят на горизонтальную линию (выноску) того или иного уровня, заканчивающуюся угольником, опирающимся вершиной в линию-выноску. Так же наносят размеры между линиями-выносками в миллиметрах, эти размеры характеризуют расстояние между окнами, простенки и др.

По капитальным стенам проводят координационные оси, соответствующие осям плана, и между ними наносят размеры.

В разрезах (рис. 25.23) перекрытие первого этажа без подвала показывают на чертеже тремя линиями — линией пола первого этажа и несущей

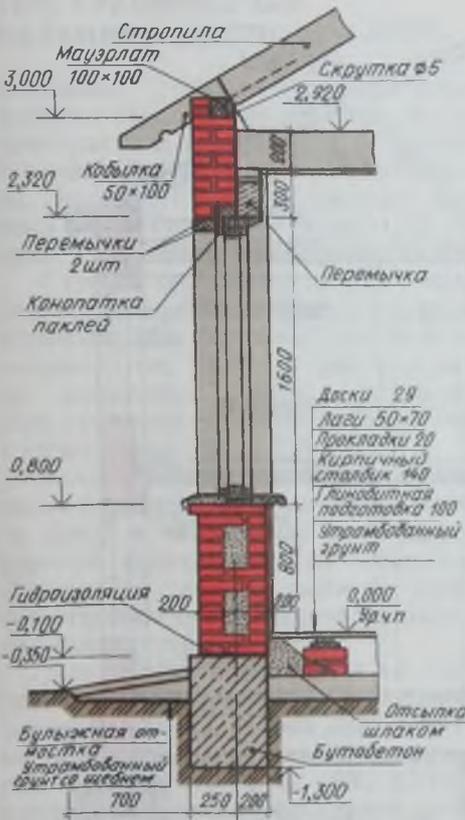


Рис. 25.24

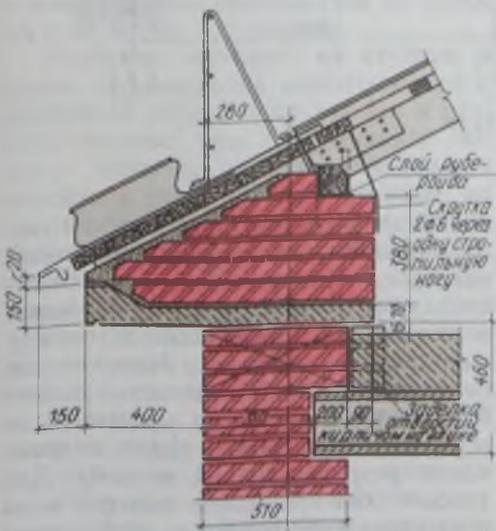


Рис. 25.26

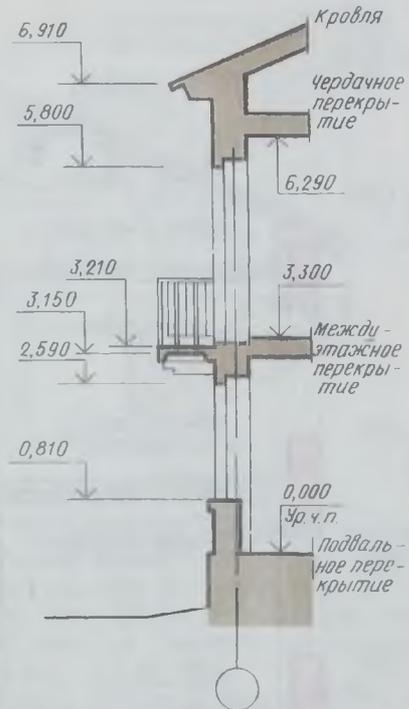


Рис. 25.25

тить внимание на расстояние между потолком чердачного перекрытия и линией кровли, которое должно быть в натуре не менее 1 м (рис. 25.25). Такое расстояние необходимо для того, чтобы в нем уместились все необходимые конструктивные элементы (рис. 25.26).

Крышу на разрезе можно показать одной линией кровли (см. рис. 25.22) или тремя линиями (см. рис. 25.23), а иногда в учебных целях можно показать чертеж разреза в большем масштабе и с указанием некоторых конструктивных элементов (рис. 25.27), например конструкции стропил и их соединений.

Разрезы промышленных зданий строят по тому же принципу.

Проемы на разрезе в масштабе 1:100 могут быть показаны с четвертями и без них, в масштабе 1:50 — обязательно с четвертями.

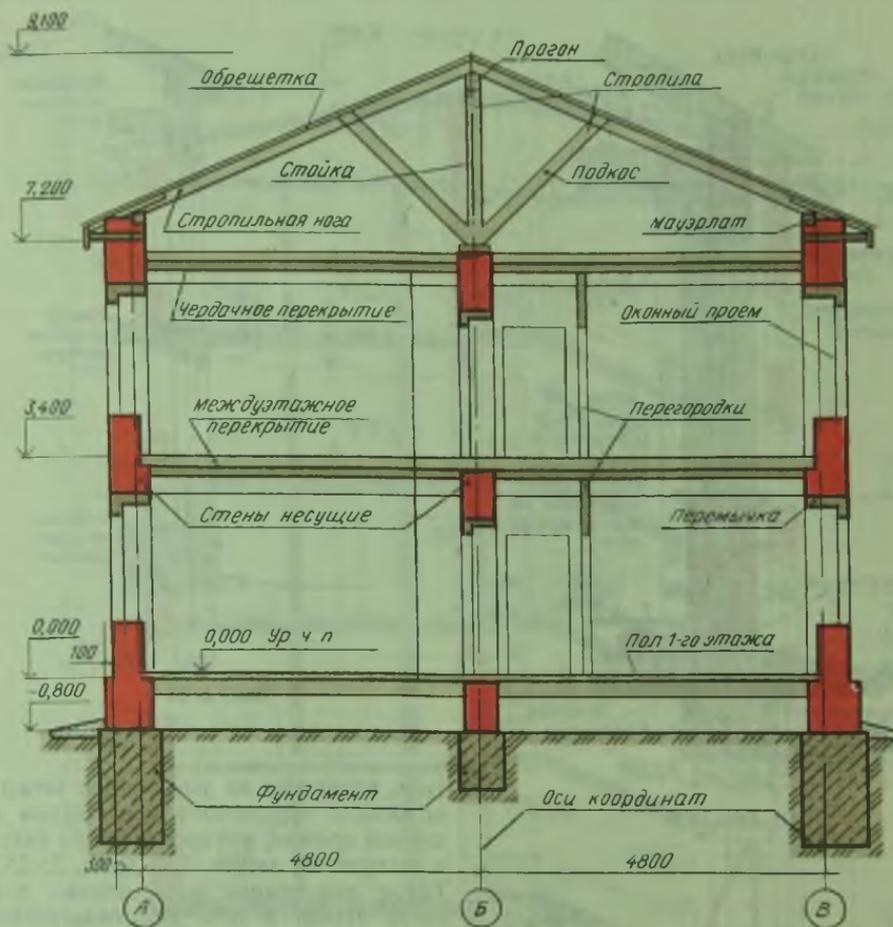


Рис. 25.27

Разрезам здания или сооружения присваивают общую последовательную нумерацию арабскими цифрами в пределах каждого основного комплекта рабочих чертежей.

Допускается разрезы обозначать прописными буквами русского алфавита.

В названиях разрезов, сечений и видов указывают обозначение соответствующей секущей плоскости, например, *Разрез 1-1, Вид 2-2*.

Обязательно выполняют разрез по

лестничной клетке. Лестница состоит из маршей, представляющих собой наклонную ступенчатую часть лестницы, соединяющую две площадки, и площадок, находящихся между маршами и этажами. Направление (мнимой) секущей плоскости должно быть таким, чтобы на разрезе были показаны оба марша (один в плоскости разреза, другой за ней). Для того, чтобы правильно вычертить на плане и разрезе лестницу, необходимо выполнить ее графическую разбивку.

25.5. ГРАФИЧЕСКАЯ РАЗБИВКА ЛЕСТНИЦЫ

Основным элементом лестницы является ступень, которая состоит из проступи a и подступенка h . Высота ступени (подступенок) должна быть не более 170 мм, а ширина ступени (проступь) — не менее 260 мм (рис. 25.28).

Ступени опираются на наклонные балки, называемые при устройстве каменных или бетонных лестниц косоурами (рис. 25.29), а при устройстве деревянных лестниц — тетивами. Для косоуров применяют железобетонные балки 200×350 мм.

Высота проходов под лестничными площадками и маршами должна быть в чистоте (до низа выступающих конструкций) не менее 2 м. Лестничные клетки должны иметь естественное освещение через окно в наружных стенах.

Для графической разбивки лестницы используются следующими указаниями: ширина марша должна быть не менее 1200 мм, пожарное расстояние между маршами 80...120 мм, ширина лестничных площадок должна быть не менее ширины марша, в одном марше допускается не более 16 и не менее 3 ступеней.

Разбивка лестницы на ступени в плане производится одновременно с разбивкой ступеней по высоте в разрезе, поэтому при вычерчивании общего чертежа здания необходимо перейти к вычерчиванию разреза, не закончив плана. При этом на плане видны проступи, а на разрезе — подступенки. В каждом марше подступенков будет на один больше, чем проступей, так как одна ступень входит в площадку. Эта ступень называется фризовой (см. рис. 25.29).

В основу графической разбивки лестницы берут высоту этажа, т.е. расстояние от пола нижнего этажа до пола верхнего этажа. Задают высоту подступенка и определяют число ступеней.

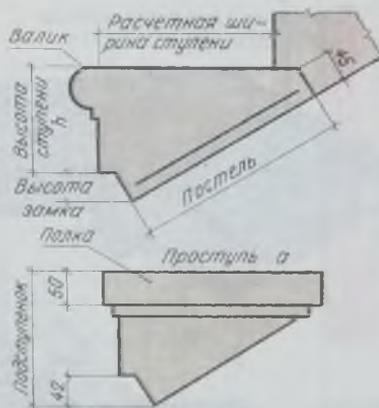


Рис. 25.28

По заданному или принятому подступенку можно подсчитать ширину проступи или подобрать ее по таблице (рис. 25.30). Так, высота этажа 3400 мм, а высота подступенка 150 мм.

Находим число подступенков, для чего делим высоту этажа на высоту подступенка ($3400:150 = 22,66$), получаем число подступенков в двух маршах. В каждом марше должно быть одинаковое число подступенков, т.е. 22.

Изменение числа подступенков отразится на высоте подступенка, поэтому делаем перерасчет, для чего высоту 3400 мм делим на 22 ($3400:22 = 154,5$ мм).

Подбираем по графику размер проступи — он будет равен 295,5 мм. Проступь можно вычислить, пользуясь формулой $a + h = 450$ мм, откуда $a = 450 - h = 450 - 154,5 = 295,5$ мм.

Помня, что в каждом марше число проступей на одну меньше, чем подступенков, определим длину (заложение) марша в плане:

$$l = a(n/2 - 1),$$

где l — длина заложения марша, a — ширина проступи; n — число подступенков.

Подставляя в формулу найденные ранее значения, получим заложение

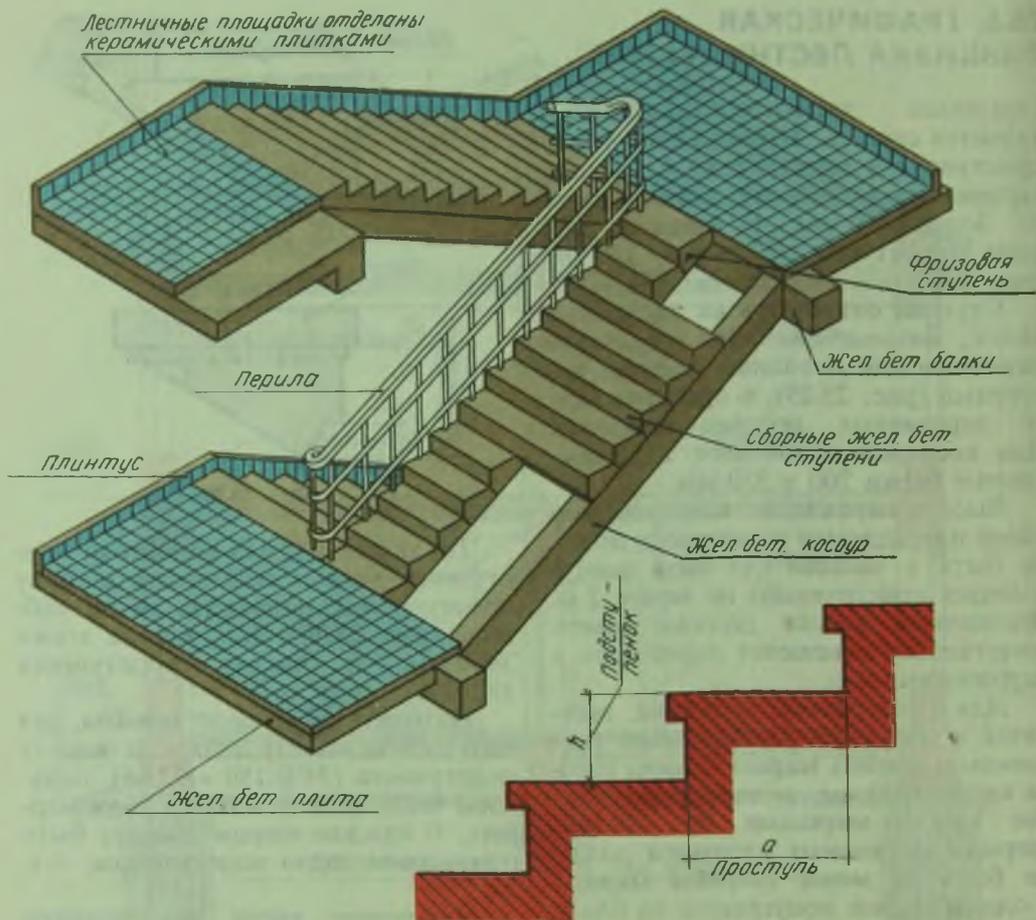


Рис. 25.29

марша: $l = 295,5 (22/2 - 1) = 295,5 \times 10 = 2955 \text{ мм}$.

Длина лестничной клетки:

$L = 2t + l = 2 \cdot 1200 + 2950 = 5350 \text{ мм} = 5,35 \text{ м}$,
где t — ширина площадки.

Это минимальный размер длины лестничной клетки при высоте 3400 мм.

Определив размеры элементов лестничной клетки, разбиваем на разрезе сетку (рис. 25.31), отложив предварительно от наружной стены размер 1200 мм — ширину междуэтажной площадки.

Размеры прямоугольников сетки по горизонтали равны ширине проступи, а по вертикали — высоте под-

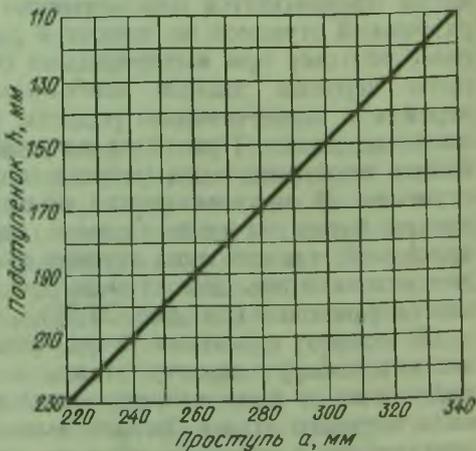


Рис. 25.30

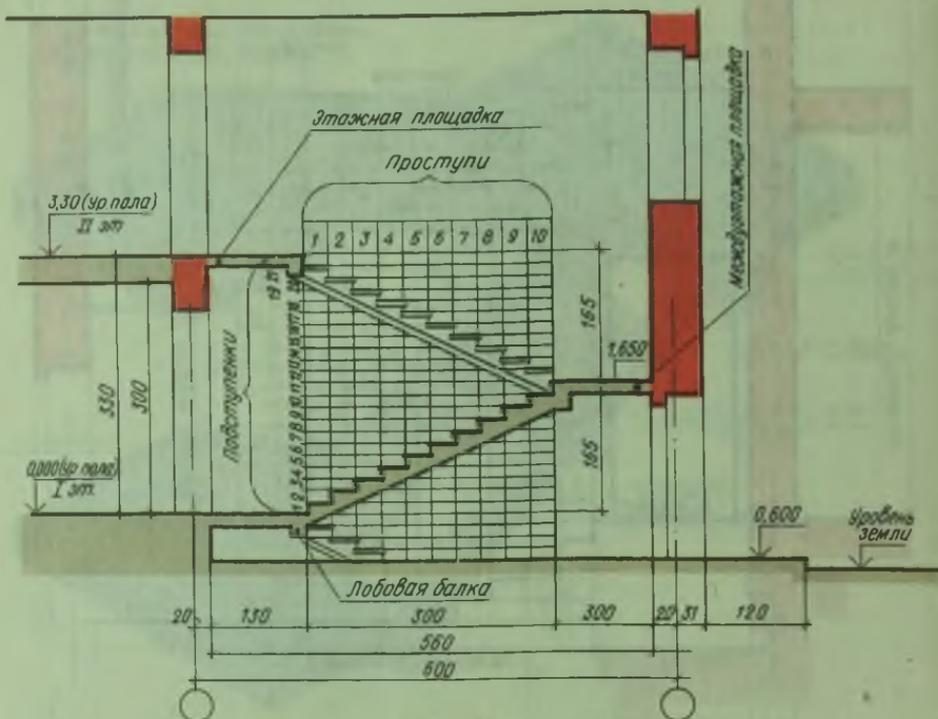


Рис. 25.32

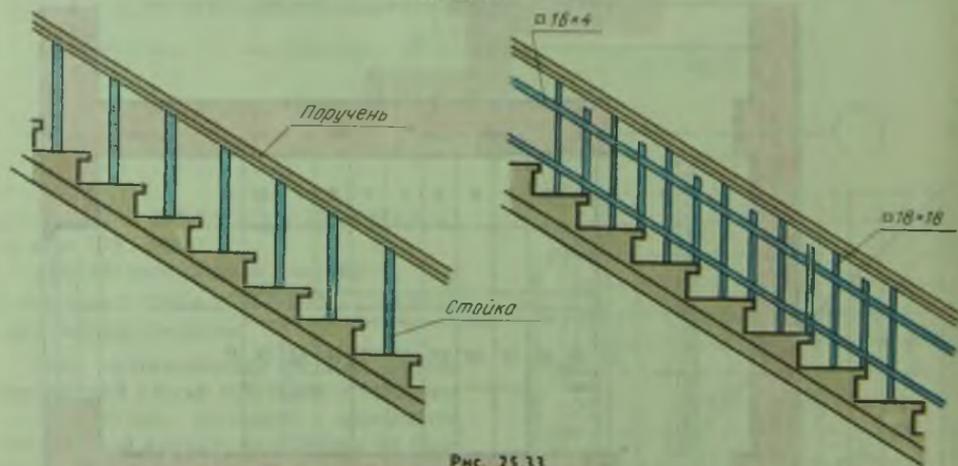


Рис. 25.33

ступенка. В сетку вписывают ступени и проводят линии косоура. Конструкцию крепления косоура на чертеже не показывают (рис. 25.32).

Площадки бетонных и каменных лестниц на косоурах делают сборными из железобетонных ребристых плит, уложенных по балкам площа-

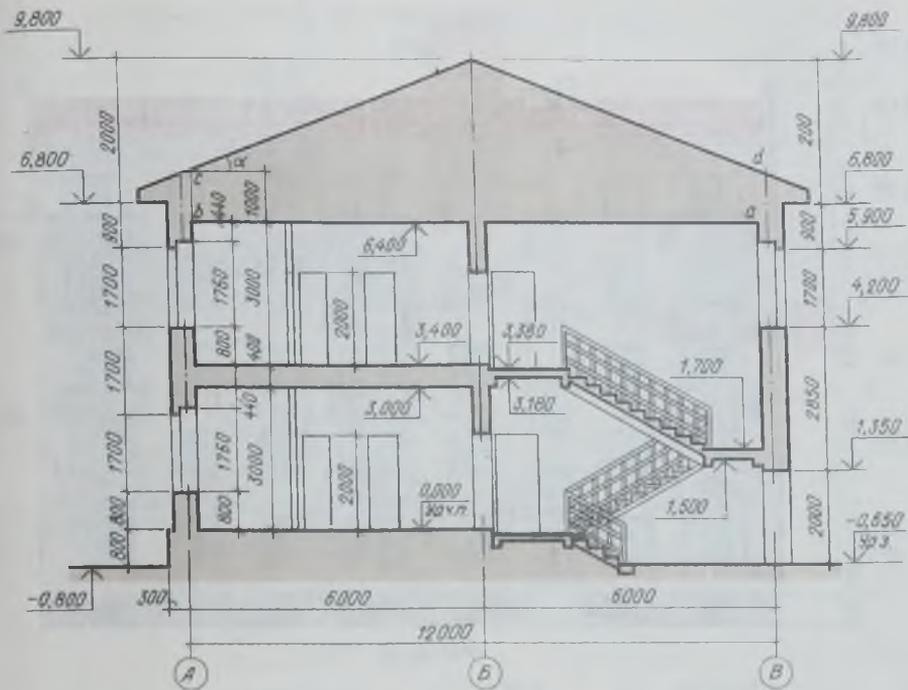


Рис. 25.34

док. По плитам кладется слой шлакобетона 40...50 мм, а по нему чистый пол. Лестничные марши и площадки ограждают перилами высотой 900 мм. Лестничные перила могут иметь самую разнообразную конструкцию. При их вычерчивании следует обратить внимание на то, как заделываются стойки перил, на которых держится поручень. На рис. 25.33 приведены два наиболее простых вида перил.

На рис. 25.34 показано построение учебного разреза здания, план которого дан на рис. 25.19.

25.6. ФАСАДЫ

Проекция здания на вертикальную (фронтальную) плоскость называется фасадом. Он должен давать представление о внешнем виде сооружения. Строится фасад как третья проекция,

по двум данным проекциям — плану и разрезу. Он может быть вычерчен над планом в том же масштабе или на отдельном листе и в другом масштабе. Обычно выполняется один фасад, но иногда в дополнение к нему вычерчивают боковой и задний фасады.

Фасад должен быть простым и красивым. В некоторых случаях на чертеже может быть показана фактура стен (материал, из которого сделана отделка стен).

На фасаде показывают: 1) координатные сети, проходящие в характерных местах фасадов (крайние, в местах уступов в плане и перепадов высот зданий или сооружений); 2) отметки уровня земли, входных площадок и элементов фасадов, расположенных в разных уровнях; 3) марки оконных блоков или типы заполнения оконных проемов, если они не при-

Фасад 1-10

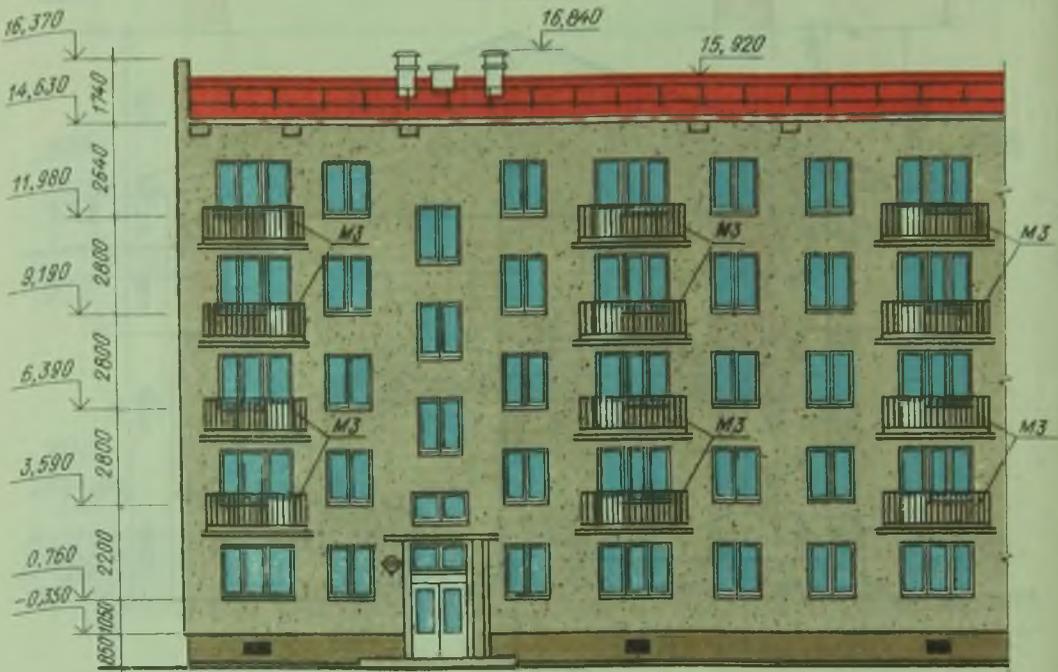


Рис. 25.35

Фасад А-В

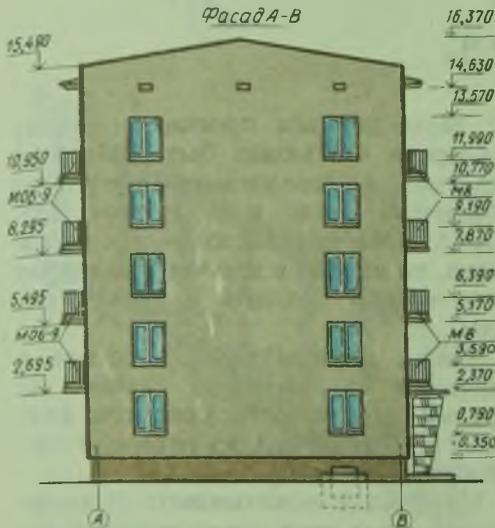


Рис. 25.36

элемент фасада

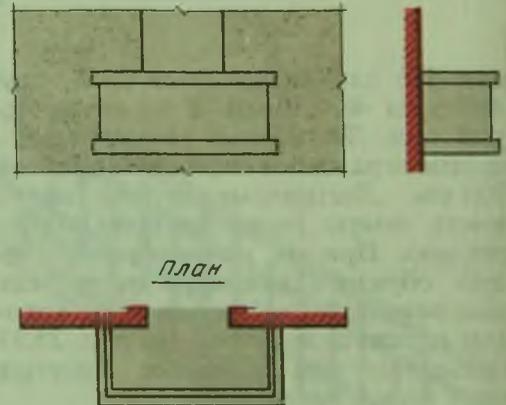
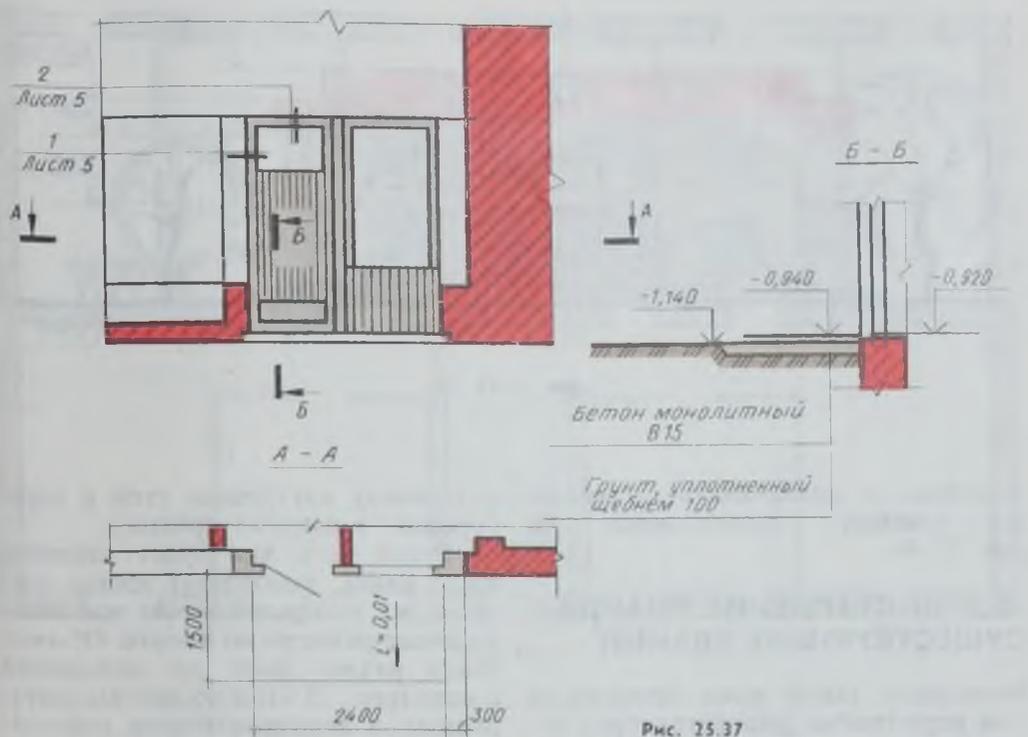


Рис. 25.40

ведены на планах; 4) размеры и привязку элементов, не выявленных на планах, разрезах и фрагментах; 5) пожарные лестницы, элементы наруж-

ного водостока, фонари, жалюзийные решетки, разбивку стен на блоки и пояса.

Наименования фасадов обозначают номерами крайних координатных осей, например *Фасад 1-7*.



Бетон монолитный В15
Грунт, уплотненный щебнем 100

Фасад 1-4

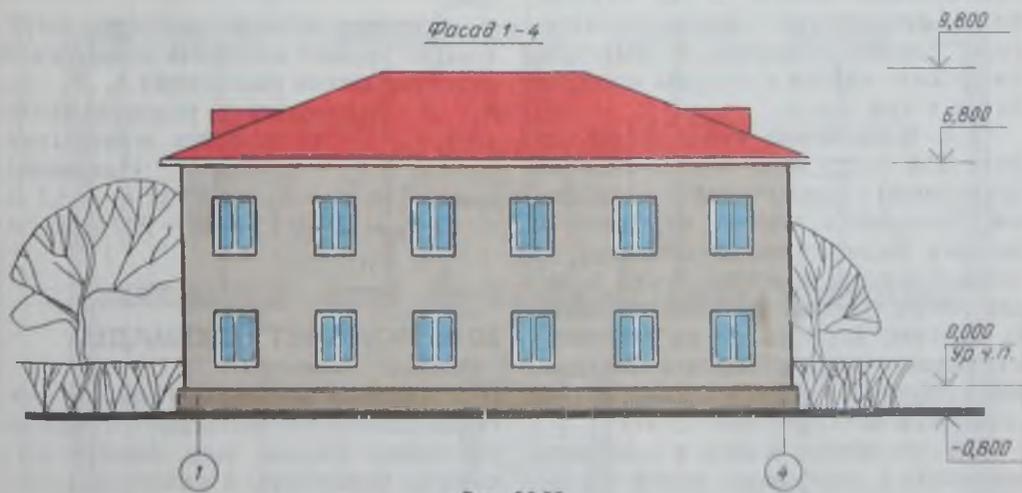


Рис. 25.38

На рис. 25.35, 25.36 даны примеры фасадов пятиэтажного здания.

На рис. 25.37 дан чертеж фрагмента входа в здание.

На рис. 25.38 выполнен учебный

чертеж фасада здания, план и разрез которого даны на рис. 25.19 и 25.34.

Оконные проемы на фасадах здания можно оформить наличниками (рис. 25.39), а если в здании имеются

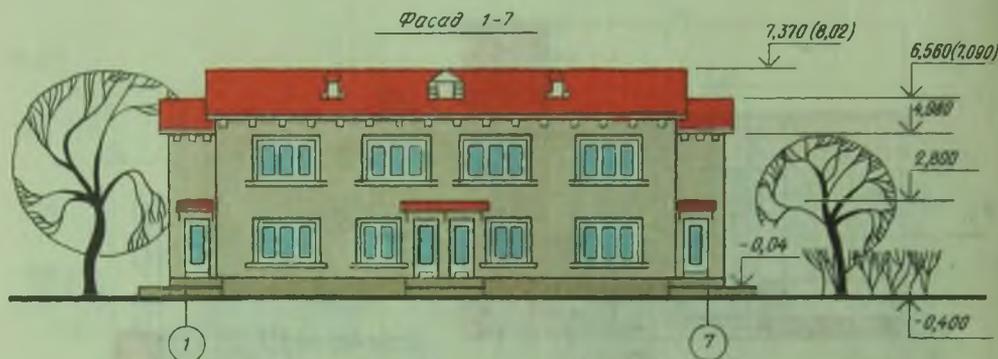


Рис. 25.39

балконы, то вычерчивать их можно по примеру, приведенному на рис. 25.40.

25.7. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ

Выполнять такой эскиз приходится при перестройке (реконструкции) существующих зданий в тех случаях, когда отсутствует чертеж, по которому здание возводилось. Выполнение эскиза здания с натуры производится в три этапа:

1-й – выполнение эскиза плана здания. Для этого надо иметь планшет (фанерный) с приколотой к нему писчей бумагой в клетку, карандаш и резинку. Если здание двухэтажное, то делают эскизы каждого этажа в отдельности. Обходя помещения одно за другим, наносят их на планшет. Указывают расположение окон, дверей и других элементов здания, встречающихся на пути (рис. 25.41);

2-й – уточнение эскиза и нанесение выносных и размерных линий как по контуру здания, так и внутри его со всеми привязками (рис. 25.42);

3-й – измерение здания при помощи рулетки и нанесение размеров на эскиз. Измерения выполняют вдвоем. Все размеры на плане наносят в миллиметрах (рис. 25.43).

Толщину наружных стен измеряют в оконном или дверном проеме,

а толщину внутренних стен и перегородок – в дверных проемах.

После того как будет закончен эскиз плана, выполняют эскизы разрезов, на которых наносят все необходимые размеры по высоте. Обычно такой разрез дают по лестничной клетке (рис. 25.44) и по местам, интересным в конструктивном отношении.

Для определения толщины перекрытия можно измерить с наружной стороны здания расстояния h_1, h_2, h_3, h_4 . К полученному размеру добавить h_2 . Тогда толщина перекрытия: $h_5 = h_1 + h_2 - h_3 - h_4$. Например, $h_4 = 2,8$ м; $h_2 = h_3 = 0,85$ м; $h_1 = 3,2$ м, тогда $h_5 = 320 + 85 - 85 - 280 = 40$ см.

25.8. ПОДСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ

При выполнении строительных чертежей зданий подсчитывают площадь застройки – жилую или производственную, подсобную и полезную, строительный объем.

Площадь застройки определяется как площадь, заключенная в пределах внешнего периметра наружных стен, взятая на уровне тротуара или отмостки.

Жилая площадь равна сумме площадей жилых помещений. Если квартира имеет печное отопление, то из

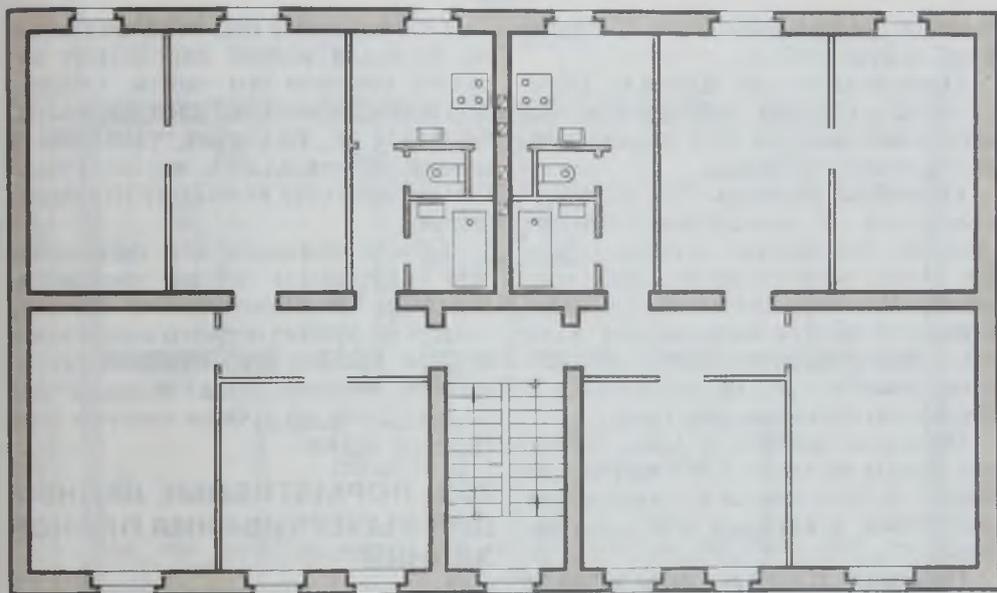


Рис. 25.41

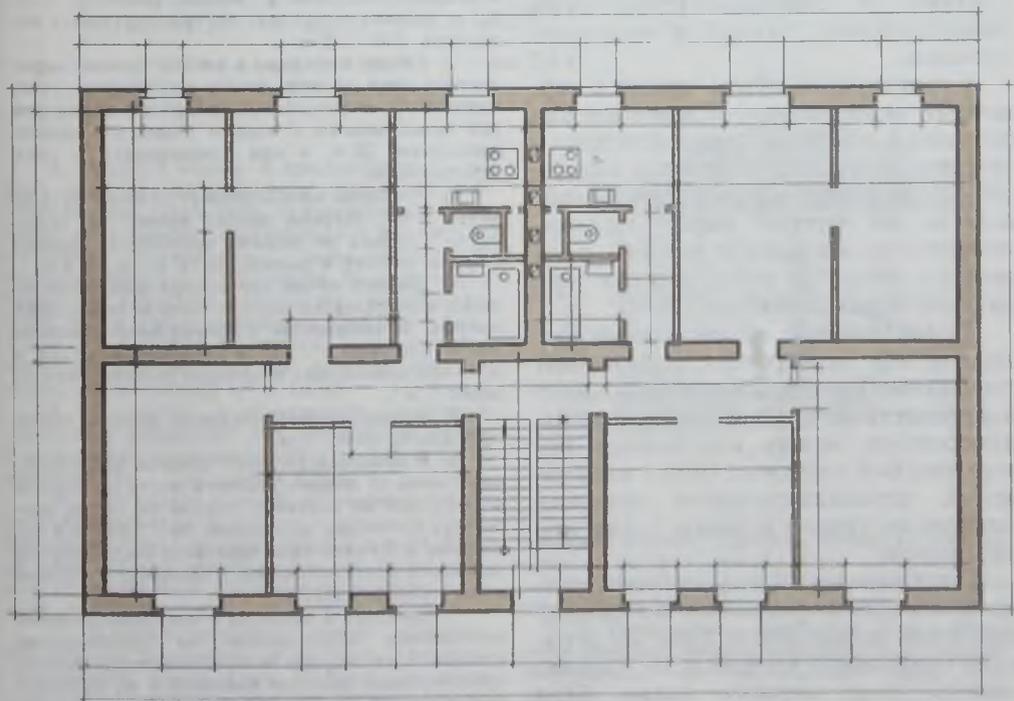


Рис. 25.42

жилой площади вычитают площадь, занимаемую печами.

Производственная площадь определяется как сумма площадей, непосредственно занятых под производственными помещениями.

Подсобная площадь — это площадь помещений, не вошедших в жилую площадь (коридоры, ваннные, уборные, кухни, встроенные шкафы и кладовые). Площадь лестничной клетки, коридоров общего пользования (в домах коридорного типа), вестибюлей, колясочных и т. п. не включается в подсобную площадь квартир.

Площадь эркеров и ниш, имеющих высоту не менее 1,9 м ширину не менее 1 м, включается в площадь тех помещений, в которых они расположены.

Полезная площадь определяется как сумма жилой и подсобной площади. Площадь, занятая кухонными плитами и санитарно-техническим оборудованием, входит в полезную площадь.

Строительный объем здания с чердачным перекрытием определяют умножением площади горизонтального сечения, взятой по внешнему обводу здания на уровне первого этажа выше цоколя, на полную высоту здания, измеренную от уровня чистого пола первого этажа до верха засыпки чердачного перекрытия.

Строительный объем здания без чердачного перекрытия определяют умножением площади вертикального поперечного сечения на длину здания, измеренную между наружными поверхностями торцовых стен в направлении, перпендикулярном площади сечения на уровне первого этажа выше цоколя.

Площадь вертикального поперечного сечения определяют по обводу наружной поверхности стен, по верхнему очертанию кровли и по уровню чистого пола первого этажа. При этом выступающие на поверхности стен архитектурные детали и ниши не учитывают.

Объем здания при наличии разных по площади этажей определяют как сумму объемов его частей. Объемы портиков, веранд, крылец, открытых балконов и холодных тамбуров в общий объем здания не включают. Объем проездов вычитают из объема здания.

Объем подвалов или полуподвалов определяют путем умножения площади горизонтального сечения здания на уровне первого этажа выше цоколя на высоту, измеренную от уровня чистого пола подвала или полуподвала до уровня чистого пола первого этажа.

25.9. НОРМАТИВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫЧЕРЧИВАНИЯ ПЛАНОВ ЗДАНИЙ

1. В квартирах прихожие или передние могут иметь ширину 1,2 ... 1,4 м, внутриквартирные коридоры, ведущие в жилые комнаты, — 1 ... 1,2 м, ширина остальных внутриквартирных коридоров — 0,9 ... 1 м.

2. Общие коридоры в жилых зданиях коридорного типа должны иметь естественное освещение и проветривание. Длина общих коридоров при освещенности с одного торца не должна превышать 20 м, а при освещенности с двух торцов — 40 м.

3. Площадь жилых комнат должна быть не менее 9 м². Ширина жилых комнат не менее 2,5 м. Глубина не должна превышать двойной ширины комнат и должна быть не более 6 м.

4. Ширина кухни при однорядном расположении оборудования должна быть не менее двух метров. В общежитиях кухни-кубовые должны иметь площадь 9 ... 15 м². Площадь кухни в двух-трехкомнатных квартирах должна быть не менее 7 м².

5. Хозяйственные кладовые должны иметь площадь не менее 1 м².

6. В производственных зданиях предельное расстояние от любого рабочего места до выхода наружу или на лестницу, считая по линии свободных проходов, принимают 30 ... 100 м в зависимости от категории производства (пожарная опасность технологического процесса) и степени огнестойкости здания.

7. Проезды и проходы в производственных помещениях подразделяют на транспортные (главные) и пожарные (второстепенные). Высоту транспортных проездов принимают по габариту транспортных средств, но не менее 2,5 м. Пожарные сквозные проезды с наименьшей шириной 4 м располагают в производственном помещении на расстоянии 75 ... 200 м в зависимости от степени пожарной опасности производства.

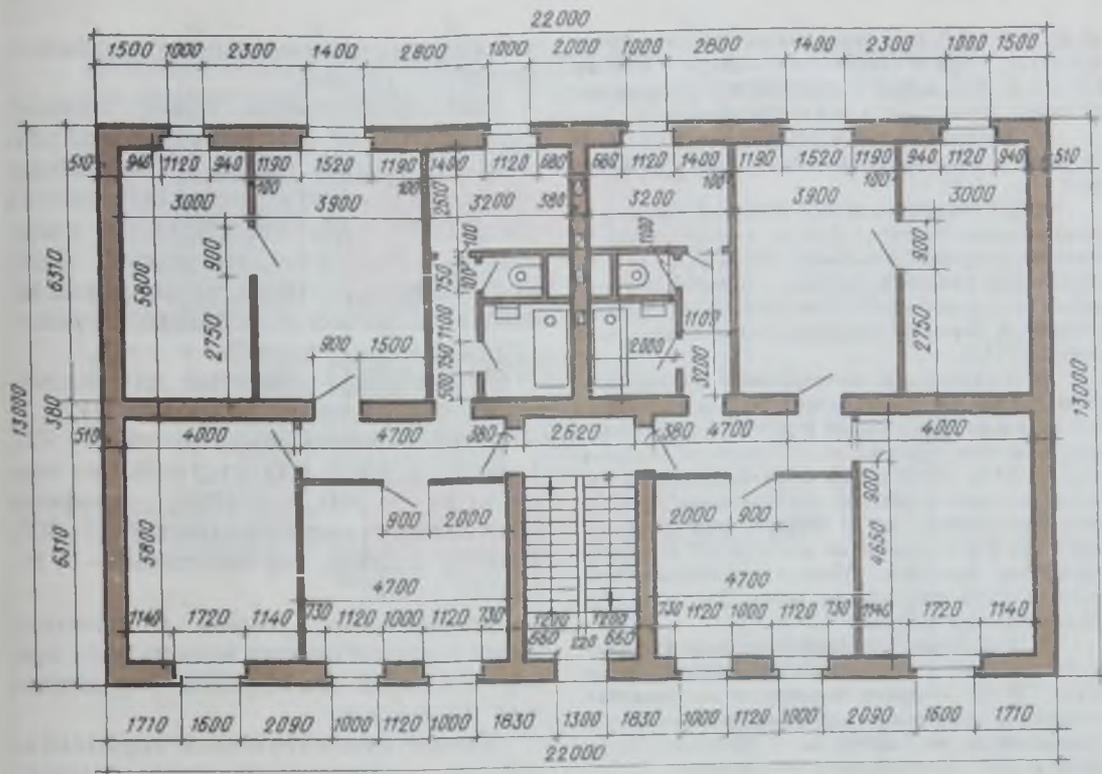


Рис. 25.43

8. Цеховые ворота в промышленных зданиях применяются различных типов. По конструкции они могут быть створными, раздвижными, подъемными, с калитками и без них; по материалу – деревянными, деревянными со стальной обвязкой и стальными. Размеры ворот зависят от характера и габаритов транспортируемых грузов и вида транспорта. Они могут быть 3×3 ; 4×4 м и т.д. Ворота, через которые проходят железнодорожные составы широкой колеи, имеют размер $4,7 \times 5,6$ м.

9. В гаражах, в помещениях различных мастерских устраивают яму для осмотра машин и выполнения крепежных работ глубиной 1,2 м, шириной 0,9 ... 1 м, длиной 6,7 м.

10. Для въезда в здание устраивают пандус (наклонный въезд). Заложение пандуса (т.е. расстояние от стены по горизонтали) должно быть не менее 2,2 м, в общем случае оно будет зависеть от уровня пола. Уклон пандуса может быть 1:10, 1:8, 1:5 и 1:3.

11. В производственных зданиях устраивают бытовые помещения, к которым относятся гардеробные, умывальные, уборные, душевые, курительные комнаты, пункты питания, здравпункты.

12. Гардеробные могут быть как открытого, так и закрытого типа. В последнем случае они оборудуются закрытыми шкафами для

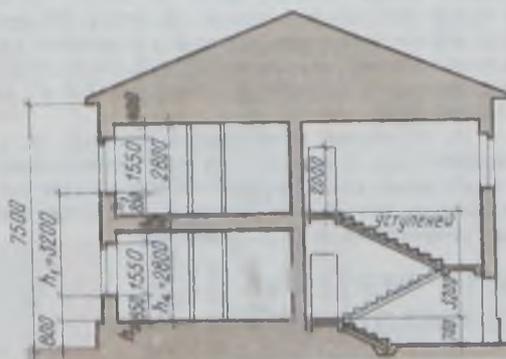


Рис. 25.44

хранения одежды. Проходы между рядами закрытых шкафов должны быть не менее 1 м, а расстояния между осями параллельных проходов вдоль открытых вешалок не менее 1,5 м.

13. Располагать санитарные узлы непосредственно над жилыми комнатами и кухнями не допускается, их располагают один над другим.

14. Индивидуальные уборные и умывальник, а также кабины общих уборных должны быть размером, м, не менее: при открывании двери внутрь $0,9 \times 1,4$, при расположении двери

сбоку $0,9 \times 1,5$, при низко расположенном бачке $0,9 \times 1,5$, при открывании двери наружу $0,9 \times 1,2$. Для кабин общих уборных указанные размеры принимают в осях перегородок.

15. Индивидуальные санитарные узлы размещают с соблюдением минимальных расстояний:

между стеной и длинной стороной ванны или умывальника (проход) $0,65$ м, между стеной и боковой стороной умывальника $0,15$ м, между стеной или ванной и боковой стороной унитаза $0,2$ м, между водогрейной колонкой на твердом топливе и боковой стороной умывальника или унитаза $0,2$ м.

16. Умывальные помещения в производственных зданиях располагают вблизи гардеробной отдельной для мужчин и женщин. При буфетах, если они удалены от умывальной больше чем на 50 м, необходимо предусматривать отдельные умывальники из расчета один кран на пять посадочных мест. Ширина корыта умывальника $0,4$ м, длина из расчета $0,7$ м между смежными кранами. Между умывальниками должны быть проходы не менее 2 м, а между умывальником и стеной $1,25$ м.

17. Расстояние от уборной до рабочего места должно быть по возможности наименьшим (не более 125 м). Уборные изолируют от смежных помещений шлюзами, в которых располагаются умывальники, по одному на 6 туалетов, но не менее одного умывальника на уборную.

18. Души располагают в кабинках размером 900×900 мм (в осях). Ширина проходов между рядами кабин должна быть не менее $1,5$ м, а между кабинками и стеной — не менее 900 мм. Для переодевания при душевой устраивают отдельные изолированные помещения, оборудованные скамьями, из расчета 3 места по $0,6$ м² на каждый душ.

19. Площадь курительных комнат устанавливается в зависимости от числа работающих в наибольшей смене. Курительные комнаты устраивают в том случае, когда в производственных помещениях курить запрещено.

25.10. ЧЕРТЕЖИ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ

Генеральный план составляют при проектировании отдельных зданий, кварталов при застройке городских территорий и промышленных комплексов. Чертеж генерального плана представляет собой документ, показывающий принцип организации застройки или подлежащей застройке территории. Его составляют на основе топографической основы и геодезической съемки, где рельеф местности изображают горизонталями в абсолютных или относительных от-

метках, отсчитываемых от условного нулевого уровня.

На генеральном плане наносят существующие и проектируемые здания, указывают границы отведенных участков, дороги и другие сооружения (рис. 25.45). На генеральном плане могут быть показаны рельеф местности в горизонталях, планировка зеленых массивов и отдельных насаждений (газоны, клумбы и т. п.).

Масштабы, принятые для выполнения генеральных планов (ГП):

план инженерных сетей — $1:500$, $1:1000$, $1:5000$; благоустройство территории — $1:500$, $1:1000$; профили планировки: горизонтальный — $1:500$, $1:1000$, $1:2000$; вертикальный — $1:50$, $1:100$, $1:200$.

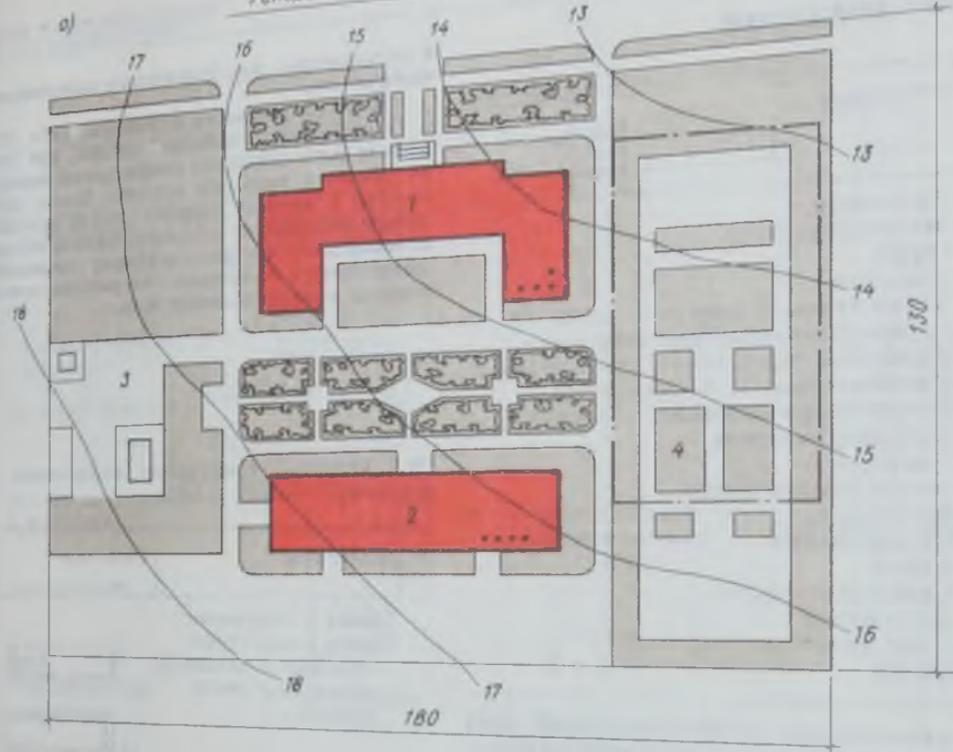
Генеральные планы с нанесенными горизонталями используют при вертикальной планировке строительных площадок.

Кроме существующих горизонталей на генеральный план наносят проектируемые горизонталы (14), которые останутся после производства работ по вертикальной планировке (рис. 25.46). На плане проставляют отметки тех и других горизонталей (15), направление и размер уклонов (16). Затем высчитываются отметки (рабочие), необходимые для производства земляных работ. Эти отметки определяются как разность отметок существующих и проектируемых.

На генеральных планах, выполняемых в масштабе $1:200$, наименования зданий наносят внутри контуров. При более мелком масштабе здания и сооружения на плане обозначают цифрами, а наименования выносят в экспликацию.

На рис. 25.47 приведен пример ситуационного плана строительного участка промышленного предприятия с экспликацией проектируемых зданий и вспомогательных помещений.

Генеральный план



б) Генеральный план

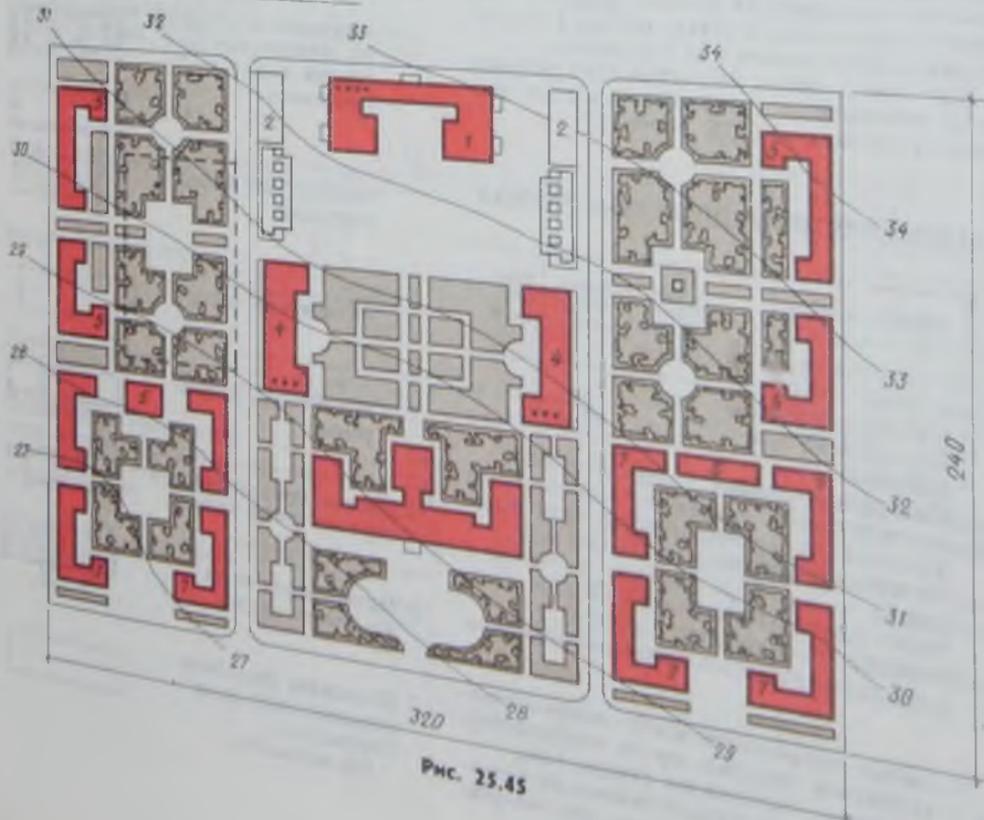


Рис. 25.45

ЭКСПЛИКАЦИЯ ЗДАНИЙ

№ п/п	Наименование зданий	Количество	№ проекта
1	Проходная	1	...
2	Заводоуправление	1	...
3	Гараж	1	...
4	Столовая	1	...
5	Хозяйственный двор	1	...
6	Деревообделочный цех	1	...
7	Кузнечный цех	1	...
8	Литейный цех	1	...
9	Механосборочный цех	1	...
10	Трансформаторная	1	...
11	Насосная	1	...
12	Водонапорная башня	1	...
13	Котельная	1	...
14	Склад топлива	1	...
15	Склад	1	...
16	Склад огнеопасных материалов	1	...
17	Депо мотовозов	1	...
18	Склад	1	...

Примечание. Если генеральный план большой и поиск номеров затруднен, то дается графа «координаты угла квадрата», в которой указывают координаты правого нижнего угла квадрата строительной сетки, внутри которого помещен номер здания или сооружения.

Для выполнения чертежей генеральных планов используют различные условные изображения согласно ГОСТ 21.108-87.

ЭКСПЛИКАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Позиция	Наименование	Единица измерения	Количество	Примечание
I	Контора прораба	м ²	21,7	
II	Помещение для рабочих	»	30	
III	Инструментальная мастерская	»	11,6	
IV	Уборная на 2 очка	»	1	
V	Проходная-табельная	»	1	
VI	Навес для столярных изделий	»	28	

Условные графические изображения выполняются в масштабе чертежа, кроме изображений, размеры которых определены стандартом.

Размеры, которые даны в таблице на условных изображениях, не показывают, они указаны

в миллиметрах для правильного вычерчивания изображения.

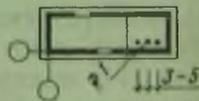
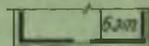
Контуры наземного здания (см. табл. 25.1, п. 1) изображают сплошной линией, при этом должна быть соблюдена конфигурация периметра здания в масштабе чертежа. Вдоль линии контура с внешней стороны тонкой сплошной линией показывают отмостку, ширина которой не менее 3 мм. Внутреннюю сторону утолщенной линии контура совмещают с штрихпунктирными линиями координационных осей.

25.1. Условные графические изображения на инженерных планах

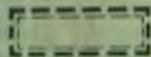
№ п/п	Наименование	Обозначение
-------	--------------	-------------

Здания и сооружения

1 Здание (сооружение): наземное с указанием отмостки и числа этажей



наземное со стенами, не доходящими до уровня земли, навес подземное



подлежащее реконструкции



подлежащее сносу



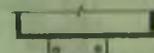
подлежащее расширению



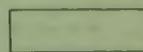
2 Проезд, проход в уровне первого этажа здания



3 Нависающая часть здания на опорах



4 Площадка производственная, складская (открытая): без покрытия



Продолжение табл. 25.1

Продолжение табл. 25.1

№ п/п	Наименование	Обозначение
	с покрытием	
	с оборудованием (без покрытия)	
5	Эстакада крановая	
6	Платформа с пандусом и лестницей	
7	Автостоянка	
8	Откос: планируемый	
	с бермой и укреплением нижней части	
9	Кювет, канава, арык	
10	Автомобильная дорога	
11	Дорожное покрытие	
12	Ограждение барьерного типа (парапет, перила, тумбы) у откосов и подпорных стенок	
13	Ограждение территории с воротами	

№ п/п	Наименование	Обозначение
Элементы озеленения и благоустройства		
14	Деревья лиственные: рядовой посадки групповой посадки	
15	Деревья хвойные: рядовой посадки групповой посадки	
16	Кустарник свободно растущий: рядовой посадки групповой посадки	
17	Газон	
18	Цветник	
19	Бассейн	

Число этажей (меньше пяти) обозначают соответствующим числом точек, при этажности выше пяти — цифрами.
 Для чертежей масштаба 1:2000 и мельче отмостку и дверные проемы не показывают, места проемов обозначают осями.
 На чертежах масштаба 1:2500 и мельче показывают только с крайними опорами.

Генеральный план застройки квартала
(вертикальная планировка)

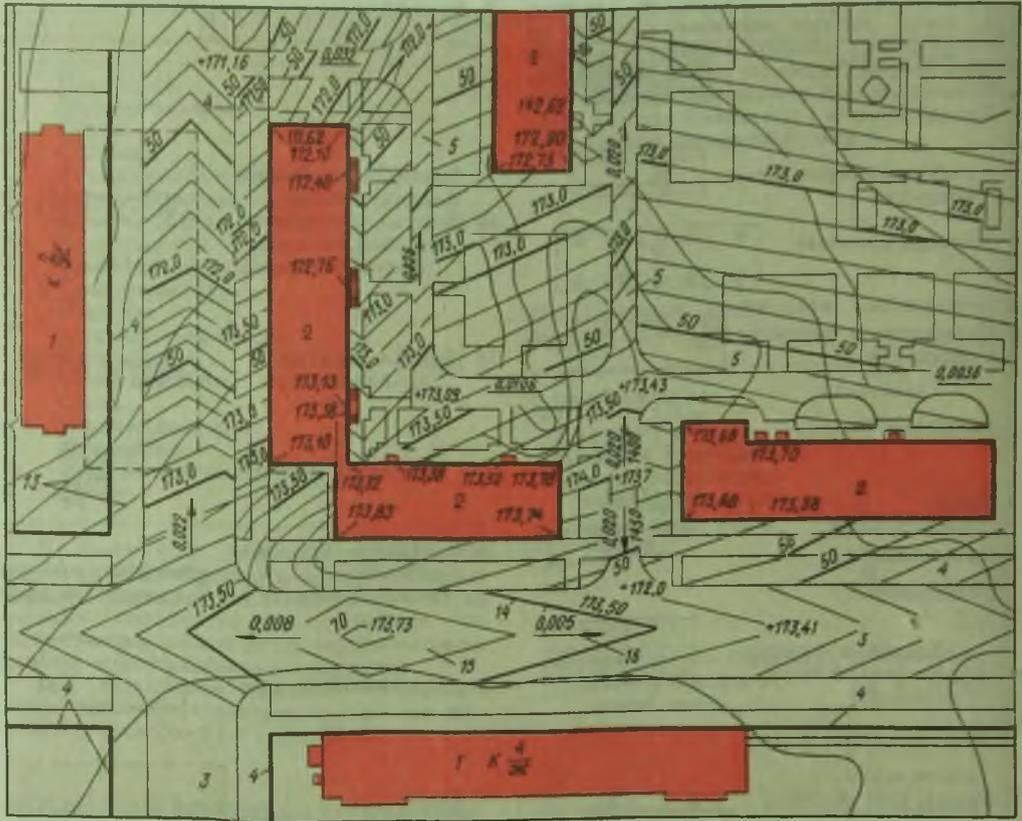


Рис. 25.46

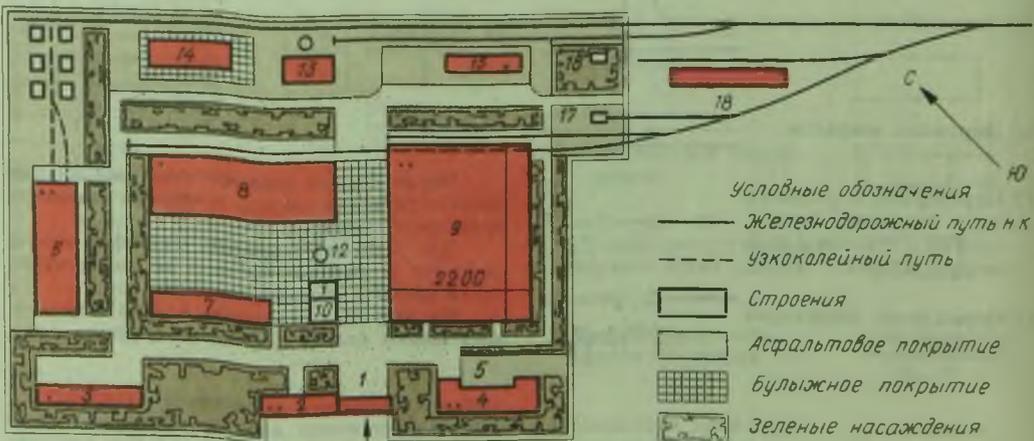
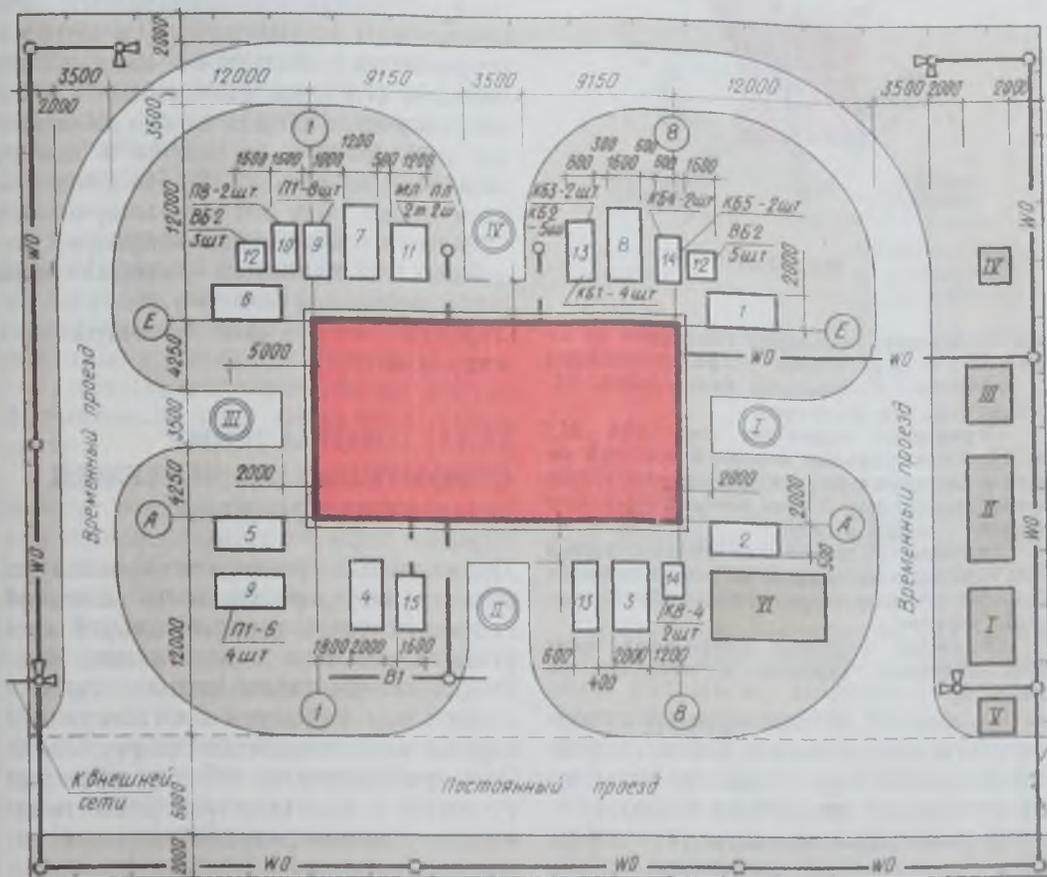


Рис. 25.47

Стройгенплан

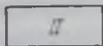
М 1 200



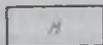
Условные обозначения



Строящееся здание



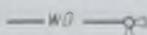
Временные сооружения



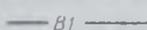
Места складирования изделий и материалов



Стойки автотракана К 104



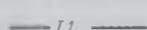
Временная электрисеть и прожекторная мачта



Ввод водопровода



Выпуск канализации



Ввод теплотрассы



Ограждение стройплощадки

Рис. 25.48

Открытые площадки (см. табл. 25.1, п. 4) выполняют тонкой сплошной линией.

Плоскости откосов (см. табл. 25.1, п. 8), которые осуществляют перепад между площадками разных уровней, изображают сплошной основной линией (горизонтально), проведенной по верхнему краю откоса - бровке, со штрихами короткими и длинными (тонкими). Штрихи проводят по направлению уклона плоскости откоса.

Подношву откоса изображают тонкой сплош-

ной линией, уклон отношением 1:2, 1:3 и т.д., штриховку при большей протяженности откоса наносят участками.

Вместо многоточия приводят сокращенное наименование материала, например, ж.-б. плита, берма шириной ..., и уклон откоса, например 1:1,5.

Автомобильную дорогу (см. табл. 25.1, пп. 10, 11) изображают двумя сплошными крайними линиями и осевой линией. В разрыве штри-

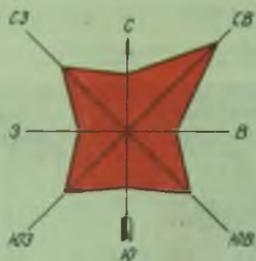


Рис. 25.49

хов буквенными символами указывают ее покрытие: *А* — асфальтовое (асфальтобетонное), *Ц* — цементное, *Б* — мощенное булыжником, *Ш* — щебеночное, *Шл* — шлаковое.

Ограждение территории (см. табл. 25.1 пп. 12, 13) изображают сплошной основной линией с короткими штрихами в сторону ограждаемой территории. Ворота изображают в виде разрыва с осевой линией.

Условные обозначения, не предусмотренные ГОСТом, должны сопровождаться пояснениями. Размеры условных обозначений зависят от масштаба чертежа.

Остальные условные изображения носят изобразительный характер и пояснений не требуют.

На рис. 25.48 дан пример строительного генерального плана (стройгенплана) на монтажные работы по строительству двухэтажного здания.

Стройгенплан представляет собой план строительной площадки, на котором показаны строящиеся здания и сооружения, сохраняемые или подлежащие сносу здания, места, отводимые для складирования строительных материалов и сборных конструкций, административные и временные сооружения, а также бытовые помещения. На стройгенплан наносят также проезды, сети водоснабжения и энергоснабжения, положение и зоны действия строительных механизмов.

Чертежи стройгенпланов отдельных объектов и комплексов составляют в масштабе 1:200, 1:500.

На места складирования изделий и материалов составляется экспликация.

На каждом плане обязательно указывают направление магнитной стрелки и изображают розу ветров.

Это графически выраженное направление и преобладание ветров в данной местности в течение какого-либо времени, т.е. диаграмма, в которой отражается основное направление ветра и его сила. Направление ветра определяется направлением движения по ориентирам от острия к центру диаграммы (рис. 25.49). На генеральном плане розу ветров вычерчивают для полноты решения вопросов, связанных с наиболее рациональным расположением домов в квартале застройки, с учетом проветривания квартала.

25.11. ОФОРМЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ И ИХ КОМПОНОВКА

План здания (сооружения) следует, как правило, располагать длинной стороной вдоль горизонтальной стороны листа или в положении, принятом генеральным планом, либо с поворотом к нему в соответствии с чертежом, приведенным на рис. 25.50. Это требование не обязательно при привязке к местным условиям типовых или ранее разработанных нетиповых проектов.

Расположение планов зданий и сооружений на листах, обозначение координатных осей и высотных отметок принимают одинаковыми для основных комплектов рабочих чертежей.

Изображения, не помещающиеся на листе принятого формата, расчлениют на несколько участков, размещаемых на последующих листах.

Несколько планов, изображенных на одном листе, следует располагать в порядке возрастания этажей снизу вверх или слева направо.

Отдельные сложные участки основных чертежей изображают схематично, чертежи этих участков следует приводить в более крупном масштабе в виде фрагментов или узлов. Если по двум сторонам плана или разреза узлы повторяются, их обозначения при-

водятся с левой стороны или внизу.

Узлы, повторяющиеся в зеркальном исполнении, изображают только в основном исполнении. При ссылке на узел, изображенный в зеркальном исполнении, указания об этом, как правило, не приводят. Допускается для уточнения обозначения узла сопровождать надписью *Зерк.* (зеркально).

В каждом основном комплекте рабочих чертежей здания или отдельном выпуске все листы должны быть, как правило, одного формата. В обоснованных случаях для отдельных листов допускается применение других форматов за счет изменения длины листа.

Допускается размещение на одном неразрезанном листе нескольких листов меньшего формата, оформленных основными надписями и рамками, при этом линии внешних рамок смежных форматов следует совмещать.

Строительные чертежи вначале вычерчивают тонкими линиями, чтобы можно было исправить все замеченные ошибки. После тщательной проверки чертеж обводят карандашом или тушью.

Все элементы, находящиеся в плоскости разреза, на плане и разрезе обводят более толстой линией, чем элементы, не попавшие в нее. Так, стены, находящиеся в плоскости разреза, обводят линией, толщина которой принимается равной 0,6 мм. Все остальные линии зависят от толщины контурной линии. Линии оконных проемов обводят более тонкой линией, а вспомогательные линии, как осевые, выносные, размерные, — еще более тонкой линией, равной примерно 0,2 мм (рис. 25.51). Обводке чертежа следует уделять особое внимание с тем, чтобы линии были однородными по толщине и тону, если чертежи обводят линиями разной толщины. Существует обводка архитектурно-строительных чертежей линиями одинаковой толщины, но разной тональности.

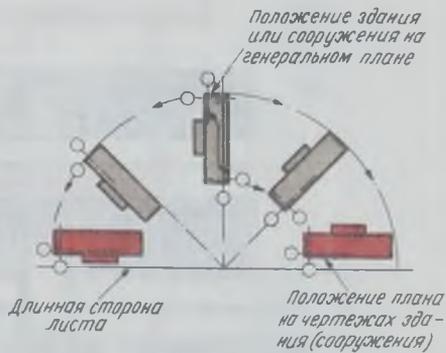


Рис. 25.50

Название видов, как правило, надписывать не следует, но в строительных чертежах допускается надписывать их с присвоением буквенного, цифрового или другого обозначения.

Наименование чертежа располагают над изображением с минимальным разрывом. Наименование изображений и заголовки текстовых указаний подчеркивают сплошной тонкой линией. Если на листе расположено одно изображение, то его наименование приводят только в основной надписи.

В строительных чертежах направление взгляда указывают двумя стрелками (аналогично указанию положения секущих плоскостей в разрезах).

Для более полного выявления объема в архитектурно-строительных чертежах применяют различные цвета. При помощи линий и цвета, например, отражают художественный образ фасада здания, его композицию, форму и пропорции.

Характер графики зависит от назначения чертежа. Так, в технических проектах фасады показывают в цвете или с тушевкой и подцветкой. Фасады рабочих проектов, как правило, не раскрашивают. Чертежи архитектурных деталей очень редко дают с тушевкой и цветом.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. От чего зависит световая площадь окна?
2. Сформулируйте правило маркировки координационных осей.
3. Как производится графическая разбивка лестницы?
4. В каком масштабе принято вычерчивать план кровли?

5. Что представляет собой разрез здания и что показывается в разрезе?
6. Что представляет собой фасад здания и что показывается на фасаде?
7. Какой толщины должна быть линия при обводке горизонталей?
8. Какой инструмент называют «кривоножкой» и для каких целей он служит?
9. Что называется генеральным планом?
10. Что такое роза ветров и для чего она на генеральном плане?

ГЛАВА ЧЕРТЕЖИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

26

26.1. ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Каждая часть здания состоит из отдельных элементов, выполненных из того или иного материала: железобетона, металла, дерева или камня.

В настоящее время преимущественно применяют конструкции из железобетона (ГОСТ 21.503–80). Железобетонные конструкции в свою очередь подразделяются на монолитные, бетонируемые в опалубке и сборные элементы заводского изготовления.

Чертежи железобетонных конструкций объединяют в комплекты чертежей марки КЖ. Сборочные чертежи элементов железобетонных конструкций состоят из видов, разрезов и схем армирования. Для несложных элементов допускается схему армирования совмещать с видами элементов.

Привязочные размеры указываются от торца стержня или от наружной поверхности крюка (лапки) и от продольной оси стержня.

Характер взаимного соединения арматурных изделий на чертеже не указывается. При необходимости дают поясняющую надпись на линии-выноске или на поле чертежа, а при сложных соединениях используют

выносные элементы к основному изображению.

На рис. 26.1. дан пример оформления элемента монолитной конструкции. На схеме армирования, как правило, приводятся сокращенные выноски позиции стержней, полные выноски (с указанием номера позиции, диаметра стержня, класса стали и числа стержней) приводятся на разрезах к схеме. Для стержней, не попадающих в разрез, полную выноску приводят на схеме армирования.

Чертежи на одиночные стержни не выполняют, а данные, необходимые для их изготовления, приводят в спецификации элементов конструкций или в ведомости стержней.

В ведомости стержней в графе «Эскиз или сечение» гнутые стержни и сечения профильного металла изображаются без скругления углов, в нее выносят все чертежи, входящие в состав данной конструкции, имеющие различные размеры и различную форму.

Рабочую и распределительную арматуру вычерчивают в одну линию, толщина которой в зависимости от масштаба чертежа принимается 0,4 ... 1,5 мм.

Стержни арматуры нумеруются, номера ставятся на полках-выносках.

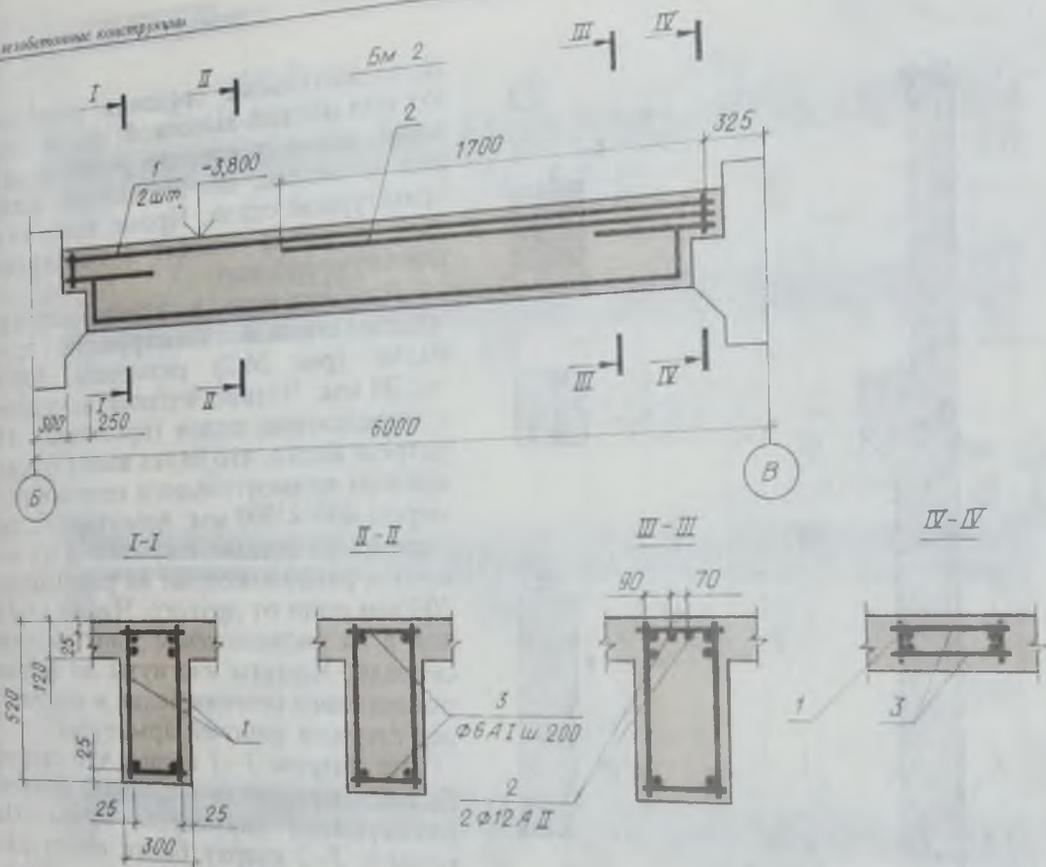


Рис. 26.1

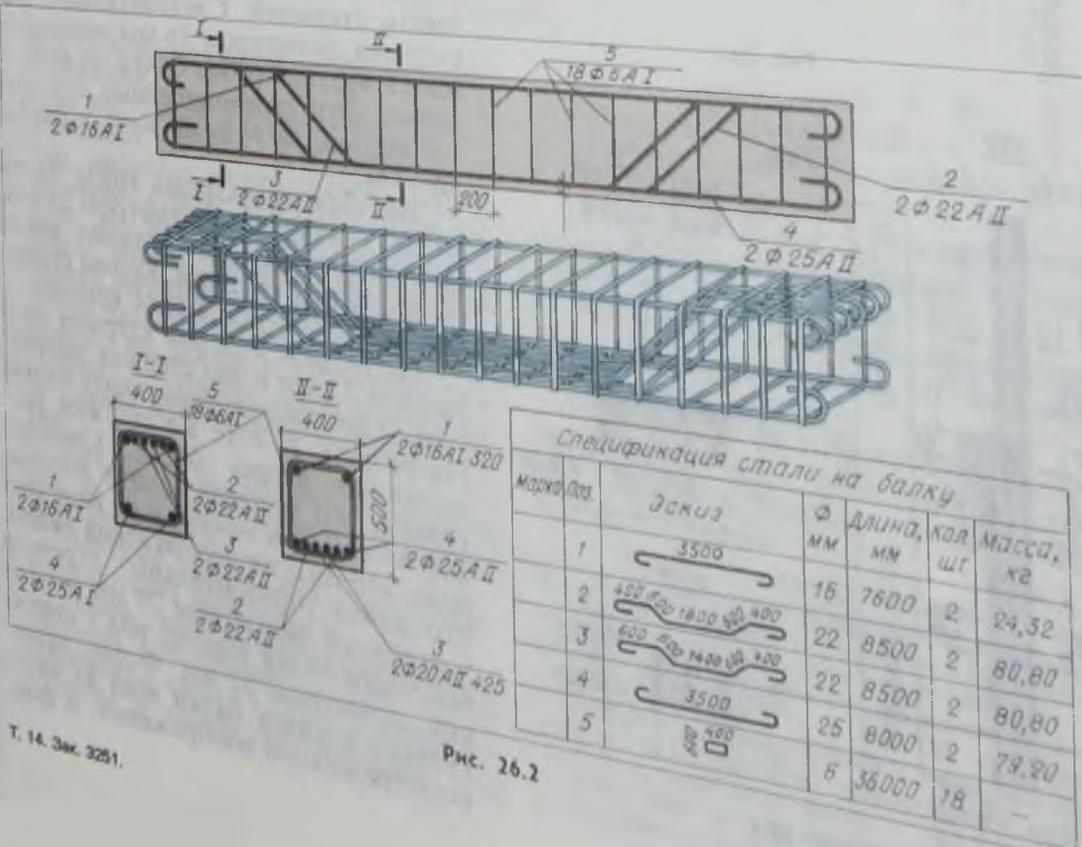


Рис. 26.2

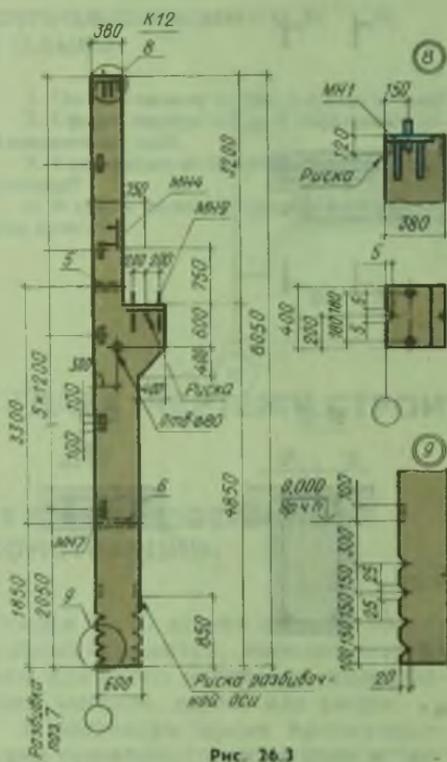


Рис. 26.3

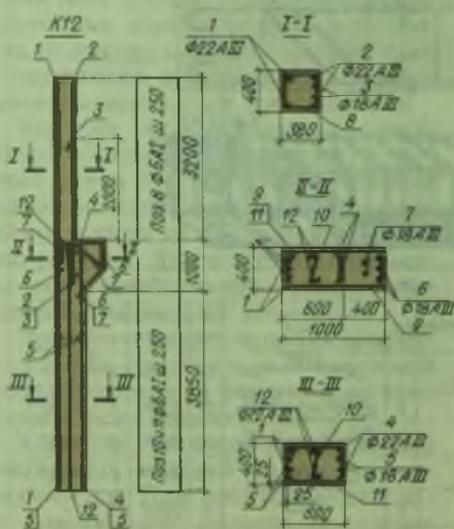


Рис. 26.4

Дополнительные сведения размещают под полкой-выноской: число стержней, диаметр стержня в миллиметрах и индекс, обозначающий класс арматурной стали. Кроме того, каждый стержень заносят в спецификационную таблицу.

Для примера в чтении чертежа железобетонной конструкции дана балка (рис. 26.2) размером 400×500 мм. Чтение чертежа начинают с определения видов (проекций). На разрезе видно, что балка имеет форму призмы прямоугольного сечения размером 400×500 мм. Арматура балки состоит из восьми стержней и 18 хомутов, расположенных на расстоянии 200 мм один от другого. Число хомутов и их расположение даны на виде спереди. Хомуты изогнуты по форме поперечного сечения балки и оггибают все стержни рабочей арматуры.

На разрезе 1-1 видно, что сверху балка имеет шесть стержней, причем два крайних диаметром 16 мм. На разрезе 2-2 сверху балка имеет два стержня диаметром 16 мм, а снизу — шесть стержней. Следовательно, два стержня диаметром 16 мм положены вдоль верхних ребер балки по всей ее длине. Это прямолинейные стержни с концами, загнутыми вниз в форме крючка.

На трех же разрезах внизу балки видны два стержня диаметром 25 мм. Они положены вдоль нижних ребер балки по всей ее длине. Концы стержней также загнуты в виде крючка.

На разрезе 2-2 два стержня диаметром 22 мм и два стержня диаметром 25 мм расположены внизу балки. На разрезе 1-1 те же стержни расположены сверху балки. Следовательно, эти стержни имеют изгибы, форма которых показана на виде спереди. Из того же изображения видно, что длина горизонтальных отрезков у стержней диаметром 20 мм в нижней части балки короче, чем у стержней диаметром 22 мм. Форма арматурного каркаса балки ясна из аксонометрического изображения, а фор-

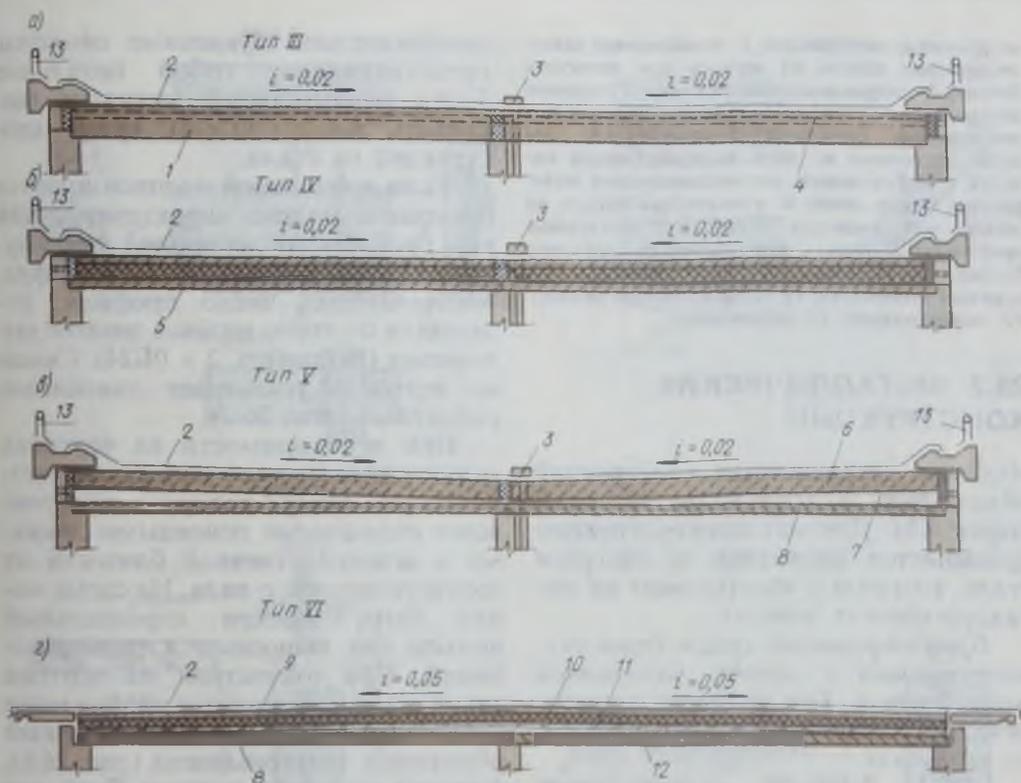


Рис. 26.5

ма стержней из графы «Эскиз» — в спецификации.

В настоящее время из бетона изготавливают блоки фундаментов и стен, возводят гидротехнические сооружения, строят автомобильные дороги. Из железобетона делают стеновые панели, панели перекрытий, марши лестничных клеток и т. д. Элементы зданий изготавливают непосредственно на заводе и готовыми доставляют на стройку, где ведется сборка здания при помощи мощных кранов.

Как правило, все бетонные изделия и железобетонные конструкции рассчитываются.

Чертежи марок КЖ выполняют в следующих масштабах:

схемы расположения элементов сборных конструкций — 1 : 200, 1 : 500; фрагменты схем — 1 : 50, 1 : 100; виды, разрезы и схемы армирования эле-

ментов конструкций — 1 : 20, 1 : 50, 1 : 100, узлы конструкций — 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50; арматурные и закладные детали — 1 : 10, 1 : 20.

На рис. 26.3 дан пример сборочного чертежа железобетонной колонны К12 и выносные элементы 8 и 9.

На рис. 26.4 показана схема армирования колонны К12 со шкалой и разрезами.

На рис. 26.5 даны примеры принципиальных схем бесчердачных сборных железобетонных совмещенных покрытий (крыш):

а — тип III, из однослойных панелей, выполненных из легких или ячеистых бетонов; б — тип IV, из многослойных комплексных панелей, состоящих из двух железобетонных панелей с применением эффективного теплоизоляционного материала между ними; в — тип V, с несущими панелями из тяжелого бетона с укладкой по ним утепляющих панелей из эффективного материала, с воздушной прослойкой; г — тип VI, из многослойной конструкции построчного выполнения с засыпным утеплителем и стяжкой под кровлю

из рулонных материалов; 1 — комплексная неventedлируемая панель из легкого или ячеистого бетона; 2 — гидроизоляционный ковер; 3 — воронка внутреннего водостока; 4 — комплексная панель с воздушными каналами; 5 — комплексная панель, состоящая из двух железобетонных панелей с эффективным теплоизоляционным материалом между ними; 6 — утепляющая панель из легких или ячеистых бетонов; 7 — воздушная прослойка; 8 — панель перекрытия из тяжелого бетона; 9 — цементно-песчаная стяжка; 10 — плитный утеплитель; 11 — слой шлака по уклону; 12 — парозащита; 13 — ограждение.

26.2. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Чертежи металлических конструкций объединяют в комплекты чертежей марки КМ. Для металлоконструкций применяется прокатная и листовая сталь, которую и изготовляют на металлургических заводах.

Профилированная сталь (прокат), поступающая с завода, называется сортаментом. Его размеры (геометрические) можно найти в справочнике по черчению.

ГОСТ 2.410–68 устанавливает правила выполнения чертежей металлических конструкций (металлоконструкций).

На чертежах металлоконструкций вид сверху располагается в проекционной связи над главным видом; вид сверху — под главным видом; вид справа — справа от главного вида; вид слева — слева от главного вида. При этом над каждым видом (кроме главного) делают надпись по типу *Вид А*, а направление взгляда, как и в машиностроительных чертежах, указывают стрелкой, обозначенной соответствующей буквой (рис. 26.6).

Число профилей обозначается цифрой перед знаком профиля (например, 2 \angle 63 × 5). При наличии в сечении одного профиля или нескольких число профилей в сечении в выносной надписи не указывается (например, $\frac{1}{4}$ 63 × 5,] [22).

В случае, когда применяются конструкции из различных металлов, перед обозначением следует наносить

дополнительно буквенные символы, представляющие собой начальные буквы наименований металлов (например, Ал \angle 50 × 5), кроме конструкций из стали.

Если в выносной надписи имеется буквенный индекс, характеризующий вид профиля (облегченный ОБ, гнутый ГН, прессованный ПР), цифра, обозначающая число профилей, отделяется от этого индекса знаком умножения (например, 2 × ОБ24). Скосы на чертежах указывают линейными размерами (рис. 26.7).

При необходимости на чертежах металлоконструкций наносят геометрическую схему, которую вычерчивают сплошными основными линиями в непосредственной близости от соответствующего вида. На схеме может быть нанесен строительный подъем без выносных и размерных линий. При отсутствии на чертеже такой схемы допускается направление наклонных линий в элементах связей обозначать треугольником (рис. 26.8), стороны которого должны быть параллельны соответствующим линиям. Треугольник располагают в непосредственной близости от этих элементов.

В проектных чертежах допускается условное обозначение и размеры профиля материала указывать на изображении. Данные о профилях наносят параллельно изображениям деталей. Допускается наносить их на полках линий-выносок.

Стальные конструкции состоят из отдельных элементов, соединяемых между собой при помощи заклепок, болтов или сварки. При указании размещения болтов следует пользоваться теми же правилами, что и в машиностроительных чертежах. Болты в соединениях при малых масштабах на чертежах изображаются в виде знака «+».

Для всех видов сварки, кроме электродуговой, перед данными о размерах шва буквенным символом указывают вид сварки. Если на дан-

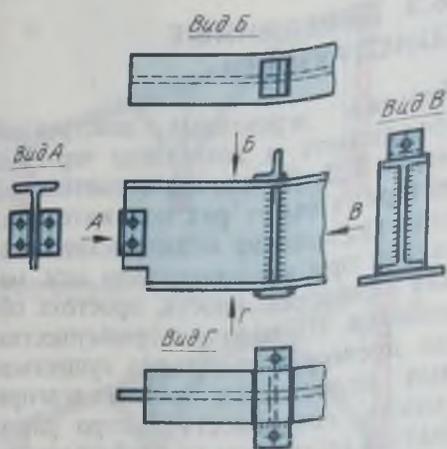


Рис. 26.6

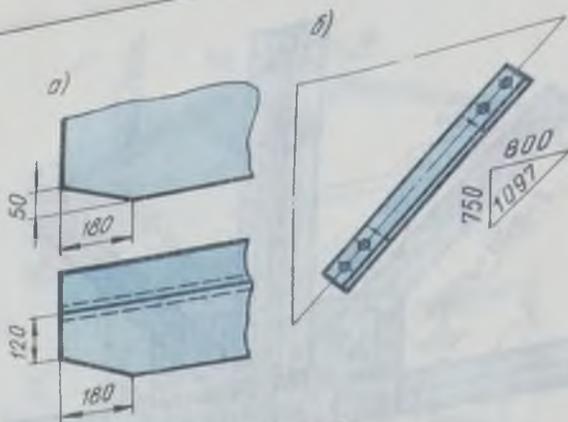
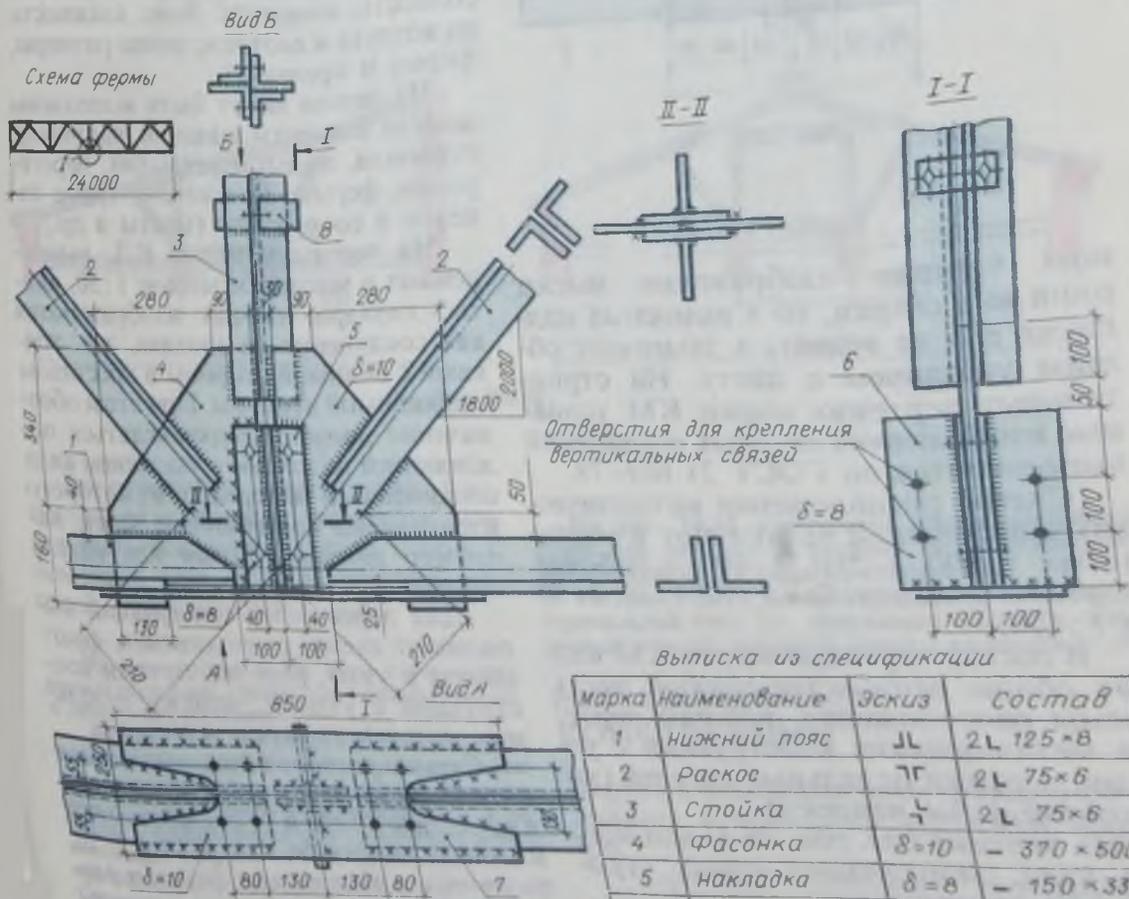


Рис. 26.7



Выписка из спецификации

марка	наименование	эскиз	состав
1	нижний пояс	Л	2L 125×8
2	раскос	Г	2L 75×6
3	стойка	Л	2L 75×6
4	фасонка	$\delta=10$	- 370×500
5	накладка	$\delta=8$	- 150×330
6	ребро	$\delta=8$	- 125×330
7	накладка	$\delta=10$	- 250×850
8	уголок	Г	L 90×56×6

Примечания:

- 1 Все отверстия для долтов $\phi 20$
Сборку производить в соответствии с ГОСТом
- 2 Все швы $n_w = 6$ мм, кроме оговоренных

Рис. 26.8

26.3. ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Чертежи деревянных конструкций объединяют в комплекты чертежей марки КД. Дерево как строительный материал имеет ряд положительных качеств: высокие механические показатели при незначительном весе, малая теплопроводность, простота обработки. Но наряду с преимуществами древесина имеет ряд существенных недостатков: легкая возгораемость, способность быстро разрушаться от гниения при неблагоприятных условиях хранения и эксплуатации, неоднородность строения и способность изменять свою влажность на воздухе и соответственно размеры, форму и прочность.

Из дерева могут быть выполнены многие элементы в здании, например, стропила, полы, перекрытия, перегородки, фермы, многие столярные изделия и сооружения (мосты и др.).

На чертежах марки КД, выполненных в масштабе мельче 1 : 50, винты, глухары, нагели изображаются как соединения на гвоздях, т.е. точками с видимой стороны и крестиком с невидимой стороны. При этом обозначение должно сопровождаться поясняющей надписью с указанием вида соединения и материала, из которого изготовлены соединяющие части, например нагели дубовые или нагели стальные.

Для деревянных конструкций выполняют схемы расположения, фрагменты и узлы, рабочие чертежи конструкций с узлами, чертежи отдельных деталей из дерева и металла.

Схемы расположения выполняют в виде планов, фасадов, и разрезов в масштабе 1 : 100 и 1 : 200, фрагменты и узлы в масштабе 1 : 5, 1 : 10 и 1 : 20, на которых показывают форму и размеры врубок, расположение, размеры и число соединяющих элементов (шпонок, болтов, гвоздей, нагелей и т.п.) и других частей, входящих в соединение.

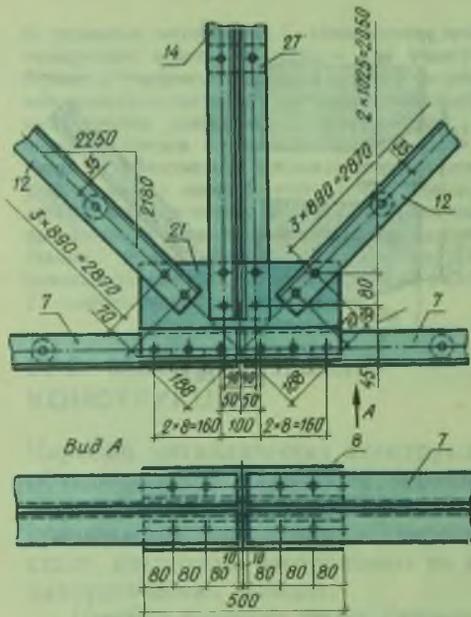


Рис. 26.9

ном чертеже изображения имеют один вид сварки, то в выносных надписях его не ставят, а заменяют общим указанием к листу. На строительных чертежах марки КМ условные изображения сварных соединений выполняются по ГОСТ 21.107-78.

Схемы расположения металлических конструкций выполняют в масштабах 1 : 100, 1 : 200, 1 : 400, а рабочие чертежи в масштабах 1 : 10, 1 : 20, 1 : 50 и 1 : 100.

В состав чертежей марки КМ входят общие данные (заглавный лист), схемы расположения, рабочие чертежи металлических конструкций с узлами, чертежи отдельных деталей (заготовительные чертежи).

На чертеже (см. рис. 26.8) дан пример узла, монтажного стыка стропильной фермы.

На чертеже (рис. 26.9) показан пример клепаного узла стропильной фермы.

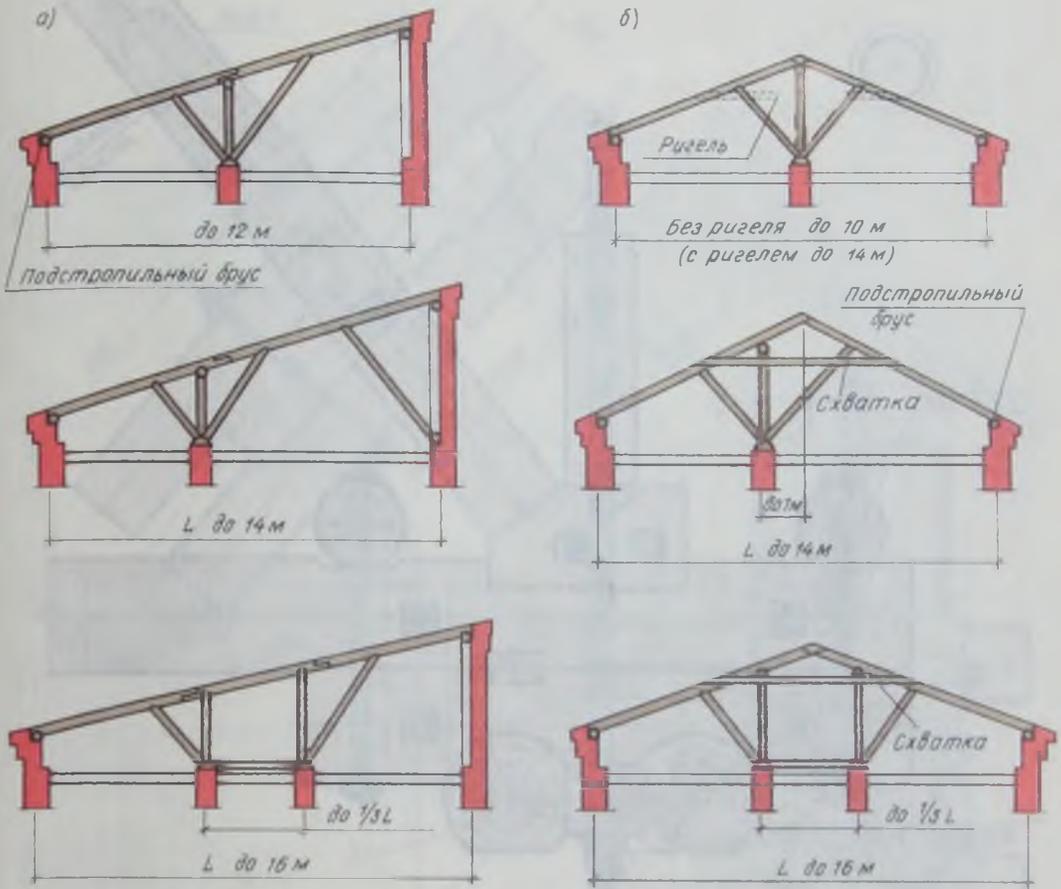


Рис. 26.10

Все деревянные конструкции, состоящие из отдельных элементов, могут быть соединены между собой с помощью клея, врубок, шпонок, нагелей, глухарей, скоб и т. д.

На чертеже (рис. 26.10) даны схемы деревянных наклонных стропил для односкатных (а) и двускатных (б) крыш.

На рис. 26.11 дан сборочный чертеж узла деревянной фермы. Для каждого такого чертежа составляют спецификации на листах стандартного размера отдельно на лесоматериалы и металлы. Узел вычерчен в трех проекциях с дополнительным видом и схемой фермы. На схеме кружком отмечен узел, который дан на чертеже. Соединение элементов осуществляется врубкой с подушкой. На опорные мауэрлаты 1 уложены подбалки опорного узла 3, а на них бревна нижнего пояса фермы 2. В нижний пояс фермы врублены две дубовые подушки 10. Вся конструкция скреплена болтами.

На рис. 26.12 изображена схема опирания стоек для двускатных крыш на внутреннюю продольную стену (а) и на столбы (б).

На рис. 26.13 даны крепление схватки к стропильной ноге (а), коньковый узел (б), карнизный узел (в), опирание стоек и подкосов (г, д).

26.4. КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Чертежи каменных конструкций объединяют в комплект чертежей марки КК.

Чертежи каменных конструкций выполняют по тем же правилам, как и все строительные чертежи. Толщину основной линии принимают не толще 0,8 мм.

Масштаб выбирают с таким рас-

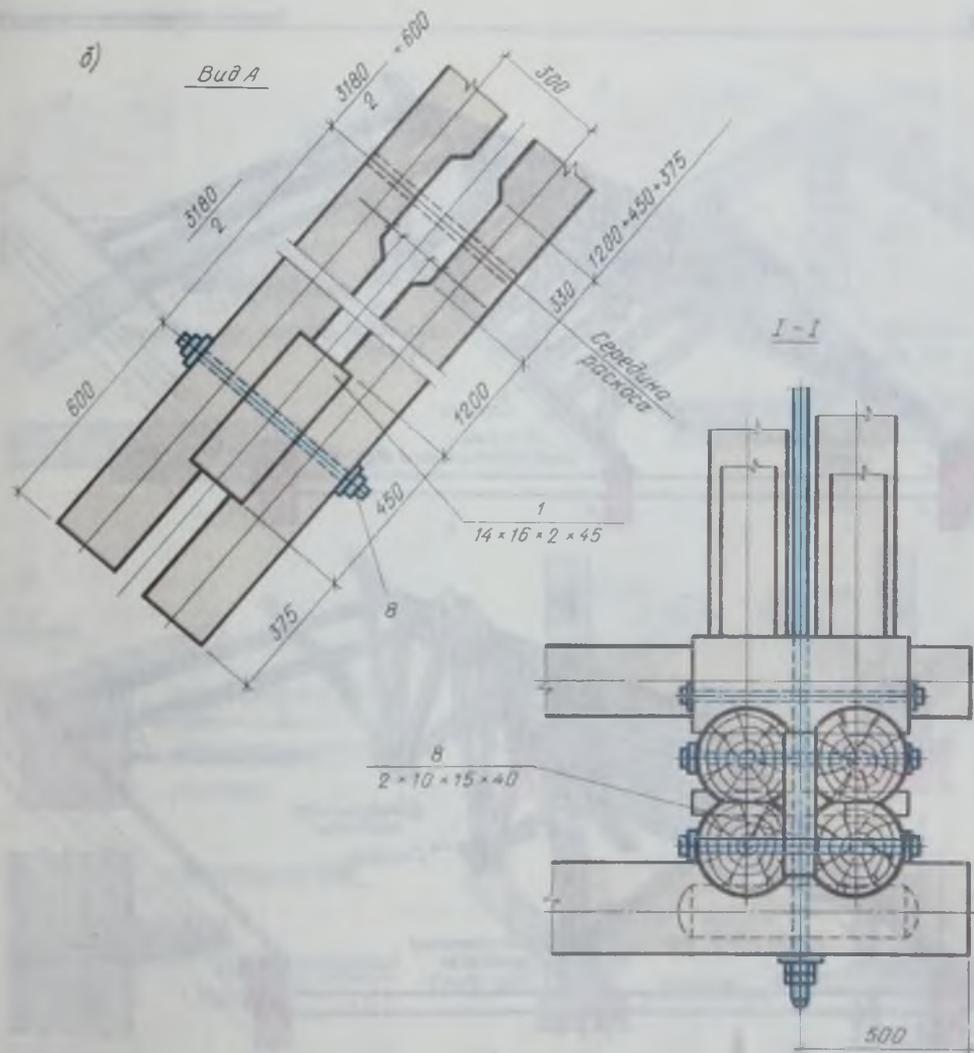


Схема размещения
сдвинутых стыков нижнего пояса

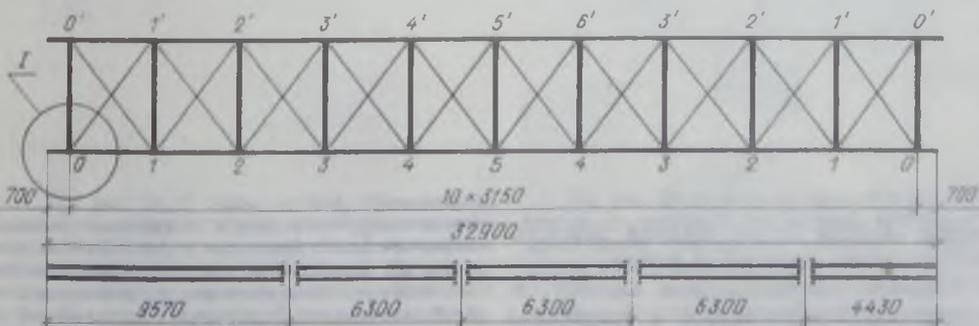


Рис. 26.11

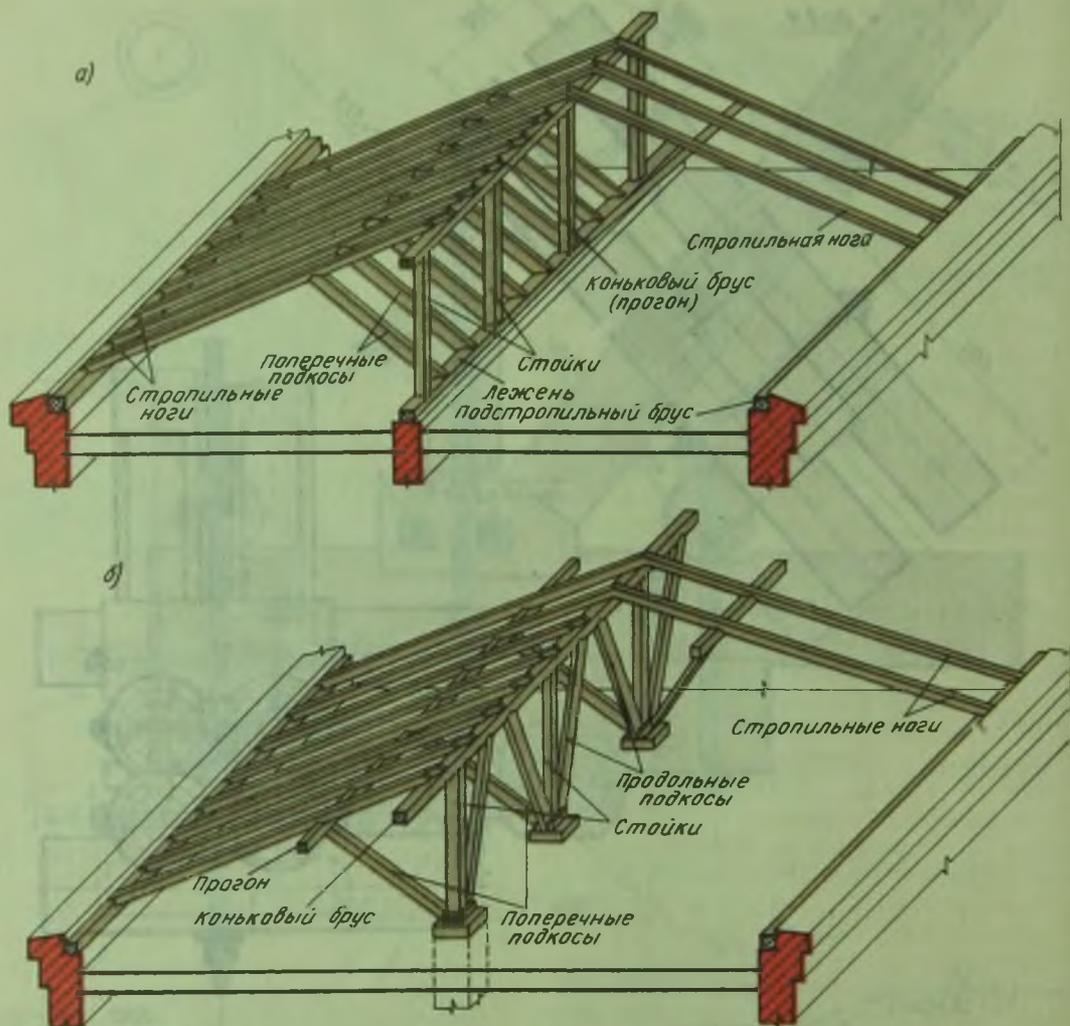


Рис. 26.12

четом, чтобы была полная ясность изображения деталей и узлов.

Схемы расположения элементов конструкций выполняют в масштабе 1:100, 1:200 в виде планов, фасадов и разрезов.

На рис. 26.14 показаны примеры кирпичной

кладки наружных стен с облицовкой лицевым кирпичом (а, б); лицевыми керамическими камнями (г); закладными керамическими плитами (д), керамическими камнями (е); плоскими плитами (каменными, бетонными) с прокладками из тех же плит (з); примеры кладки стен из керамических камней совместно с лицевым кирпичом (в) и прислонными керамическими плитами на растворе (ж).

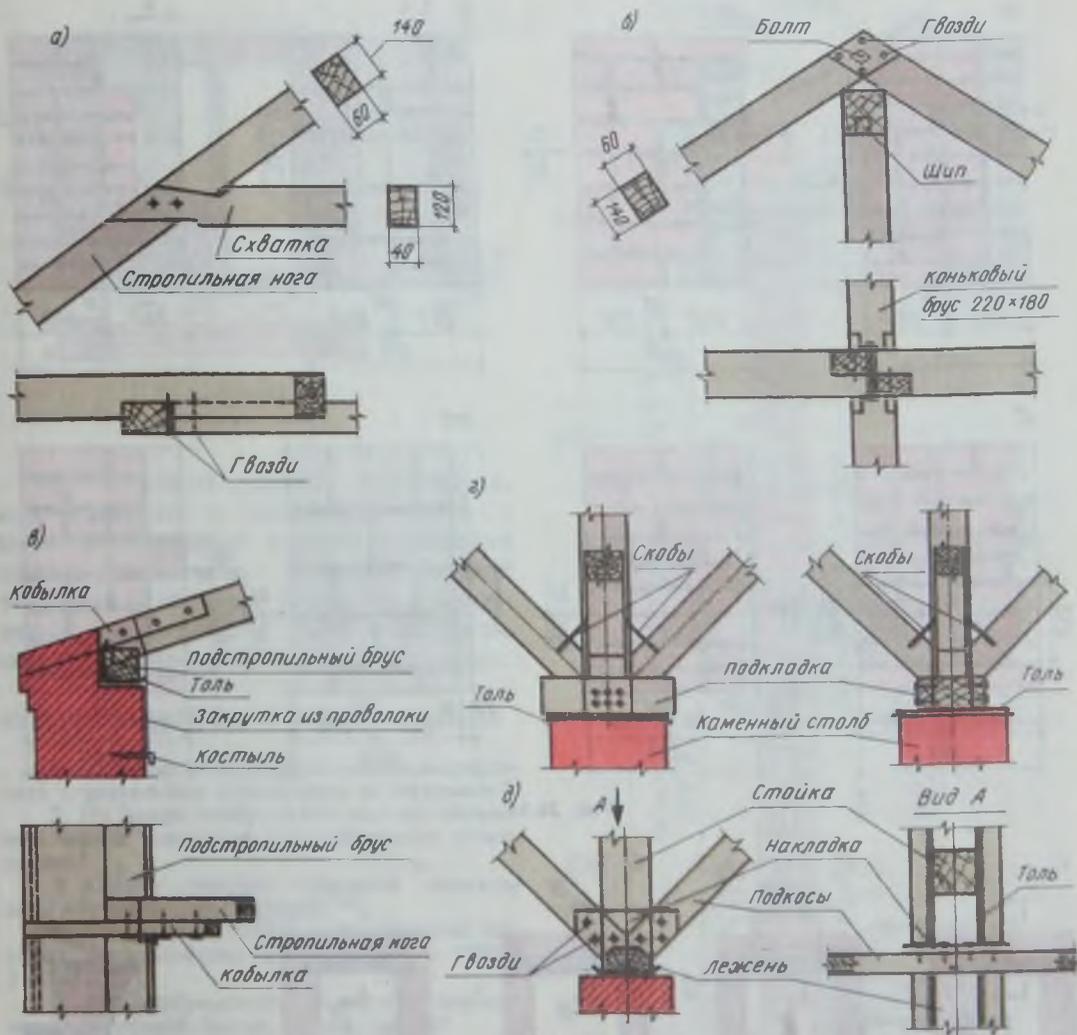


Рис. 26.13

На рис. 26.15 даны детали, применяемые в каменных стенах: перемычка сборная железобетонная (а, б); то же, с закладным стальным уголком (в) и рядовая (г); каменный (д) и железобетонный (е) карнизы; парапет (ж); брусковая (1) и балочная (2) перемычки; профильный кирпич (3); стальной уголок (4); арматурный стержень (5); цементный раствор (б); карнизная железобетонная плита (7); анкерная балка (8); парапетный камень (9).

На рис. 26.16 показан пример однослойной панели из керамических камней, состоящей из арматурного каркаса (1), польемной петли (2) и паза для заполнения стыка (3).

На рис. 26.17 дан пример вертикальной порядовки кладки из легкбетонных камней наружной стены здания, выполненной в масштабе 1:10 или 1:20.

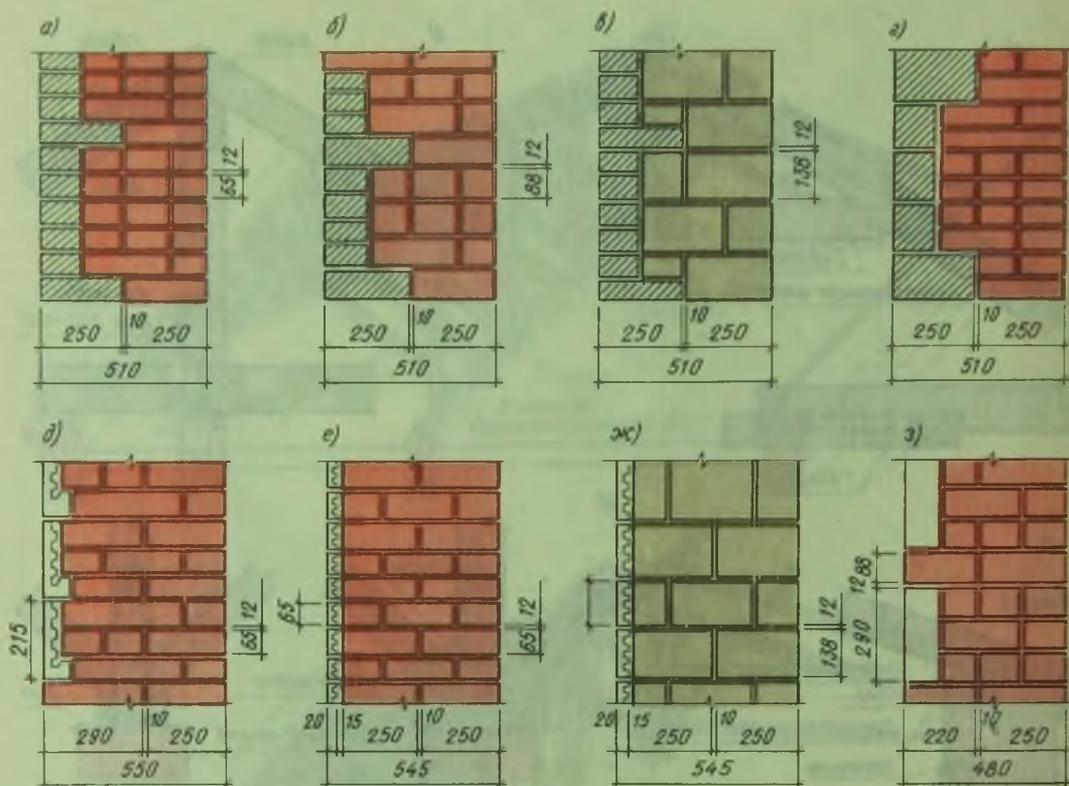


Рис. 26.14

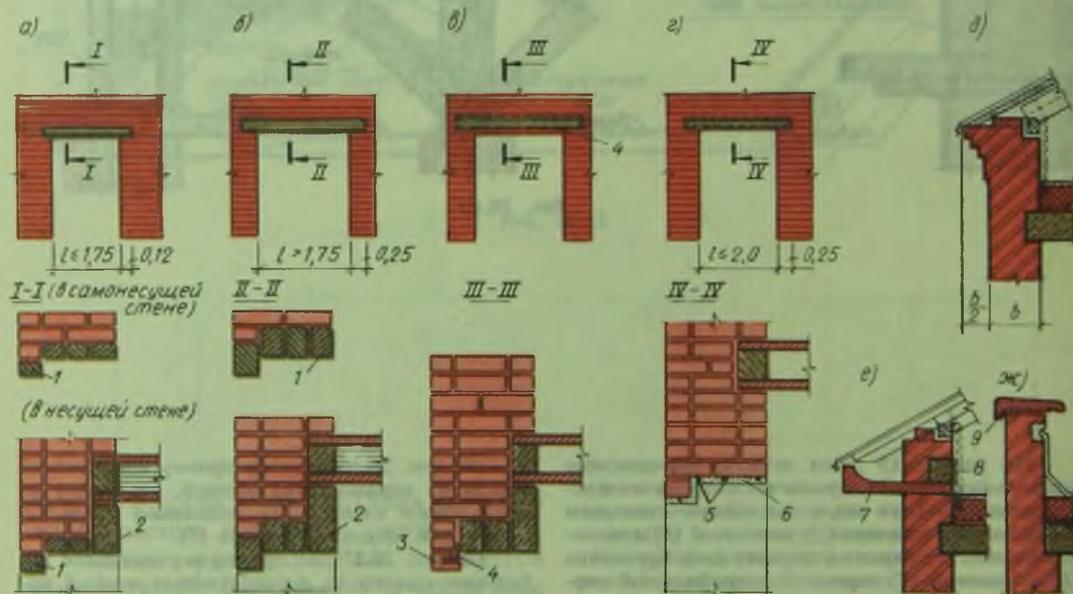


Рис. 26.15

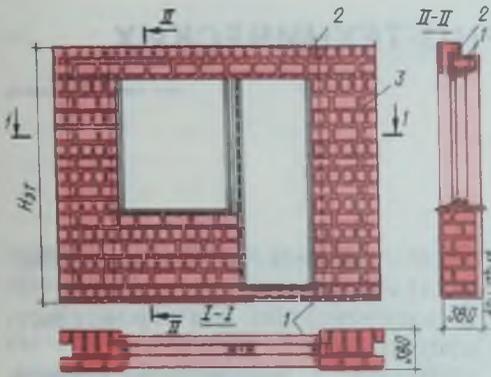


Рис. 26.16

На чертежах зданий, в разрезах, выполненных в масштабе 1:50 и мельче, каменную кладку в сечении можно показать заштрихованной тонкими двойными линиями, наклонными под углом 45°, или обвести по контуру сплошной основной линией.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. На какие виды изделий можно подразделить строительные конструкции по материалу?
2. Из каких изображений состоит сборочный чертеж элементов железобетонных конструкций?
3. Какими линиями обводятся элементы железобетонных конструкций?
4. Как располагаются изображения на чертежах металлических конструкций по ГОСТ, 2-410-68?
5. Как изображаются на чертеже деревянных конструкций болты, нагели, гвозди?
6. Какой толщины проводится основная линия на строительных чертежах?

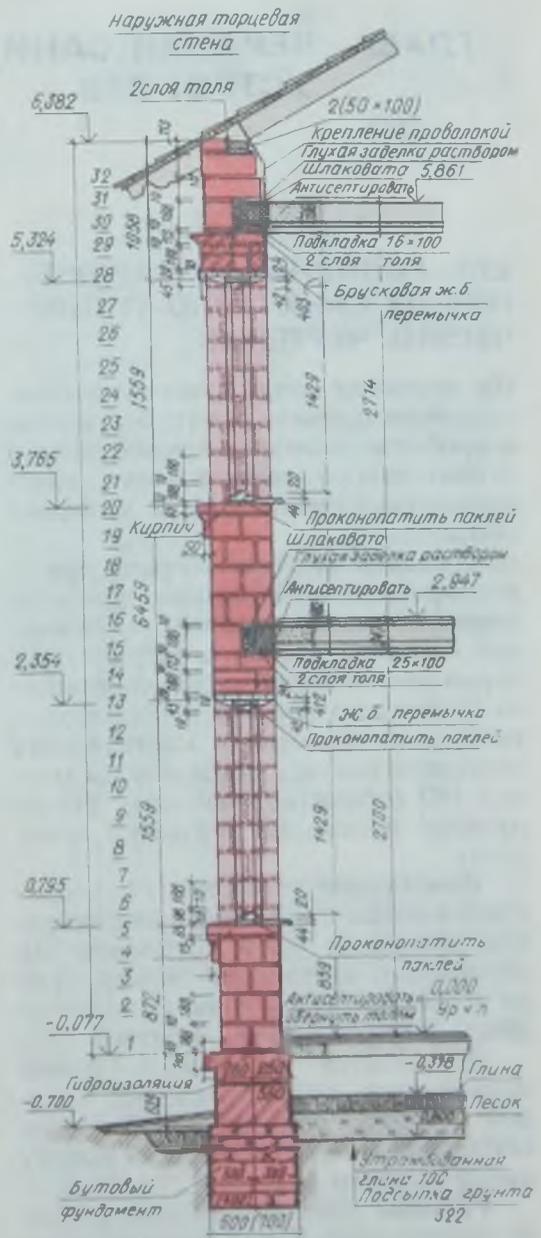


Рис. 26.17

ГЛАВА ЧЕРТЕЖИ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

27

27.1. УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ НА САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖАХ

На чертежах санитарно-технических устройств принято все трубопроводы и приборы санитарно-технического и отопительного оборудования наносить схематически в виде условных обозначений.

Инженерные сети (теплопровод, водопровод, канализация, газоснабжение) обозначают на чертеже сплошной основной линией, в разрывах которой проставляют марки, состоящие из буквенного индекса и порядковой нумерации. Силовая и осветительная электрическая сеть обозначается маркой *ИО* (общее обозначение), последующая нумерация указывает мощность.

Инженерные сети (рис. 27.1), прокладываемые в траншее, при одиночной прокладке (*а*) и групповой (*б*), обозначают штриховой линией, сети на эстакадах (*в*) и в каналах непроходных — штрихпунктирной линией.

Допускается изображать одной линией сети, прокладываемые в одной траншее или на одной линии опор, указывая виды сетей на полках линии-выноски (см. рис. 27.1, *а*, *б*).

Размеры обозначений стандартом не устанавливаются. В документации для строительства размеры обозначений принимают:

в схемах и чертежах санитарно-технических устройств — в зависимости от компоновки и насыщенности схемы или чертежа, без соблюдения масштаба;

в общестроительных (архитектурных) чертежах при необходимости указать размещение и габариты са-

нитарно-технического оборудования — в масштабе чертежа.

В документации для строительства допускается:

применять нестандартизованные обозначения, если в стандартах ЕСКД нет обозначения какого-либо элемента санитарно-технических устройств и его нельзя отнести к более общему понятию, для которого обозначение стандартами предусмотрено, либо нельзя построить на основании комбинирования стандартизованных обозначений. В этом случае на поле схемы или чертежа приводят соответствующие пояснения;

сопровождать условные графические обозначения дополнительными буквенными, цифровыми или смешанными обозначениями, уточняющими техническую характеристику обозначаемого элемента, принадлежность его к определенной санитарно-технической системе и т. п.

27.2. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

В состав основного комплекса рабочих чертежей включают:

заглавный лист и сводную спецификацию; планы и разрезы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха; схемы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха; планы и разрезы отопительно-вентиляционных установок и установок кондиционирования воздуха; рабочие чертежи тепловых пунктов, установок водоприготовления для горячего водоснабжения (в

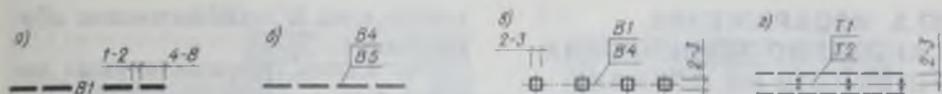


Рис. 27.1

индивидуальных проектах и проектах привязки).

Установлены следующие масштабы для чертежей отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: планы и разрезы систем 1:100 или 1:200, фрагменты планов и разрезов — 1:50, узлы систем 1:20 или 1:50, при детальном изображении узлов — 1:2, 1:5 или 1:10. При небольших зданиях, когда выполнение фрагментов нецелесообразно, для планов и разрезов систем применяют масштаб 1:50.

Для чертежей систем водопровода и канализации применяют следующие масштабы: планы систем 1:100, 1:200 или 1:400, фрагменты планов — 1:50 или 1:100, узлы систем — 1:20 или 1:50, при детальном изображении узлов — 1:2, 1:5 или 1:10.

Элементы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, трубопроводы и воздуховоды на чертежах показываются основной линией, строительные конструкции и технологическое оборудование — тонкой линией.

Рекомендуется применять следующие толщины линий для обводки, мм:

На планах и разрезах:	
строительные конструкции . . .	0,2
контуры технологического оборудования . . .	0,2
трубопроводы . . .	0,6
санитарные приборы . . .	0,4

На схемах трубопроводов:	
контуры строительных конструкций . . .	0,2
контуры нагревательных приборов . . .	0,4
трубопроводы . . .	0,6

На чертежах деталей и узлов:	
строительные конструкции, оборудование, санитарные приборы . . .	0,4
монтажные узлы и детали . . .	0,6
трубопроводы . . .	0,8

Существующие сети и трубопроводы в проектах реконструкции 0,4

Как правило, трубопровод на чертеже изображается линией черного цвета, но допускается изображать его и цветными линиями.

Направление потока жидкости или газа следует указывать стрелкой. Условные обозначения должны быть однотипными и даны на чертеже в виде пояснения к применяемым условным обозначениям.

Отопительные-вентиляционные системам и установкам присваиваются буквенные позиционные обозначения (марки):

С механическим побуждением:	
приточные системы	П
вытяжные системы	В
воздушные завесы	У
агрегаты отопительные	А
С естественным побуждением:	
приточные системы	ПЕ
вытяжные системы	ВЕ

На чертежах и других документах после буквенного обозначения указывается номер системы (установки) по плану. Порядковые номера принимаются в пределах каждого буквенного обозначения в отдельности, например П-1, П-2, П-3 . . . ; В-1, В-2, В-3, . . . и т. д.

Элементам систем отопления присваивают следующие обозначения (марки):

Стояк системы отопления	Ст
Главный стояк системы отопления	ГСт
Компенсатор	К
Горизонтальная ветвь	ГВ

Каждому стояку кроме марки присваивается порядковый номер (например, Ст 1, Ст 2, Ст 3, К 1, К 2). Допускается индексацию стояков систем отопления обозначать прописными буквами в пределах обозначения стояка (например, Ст 2А, Ст 2Б).

27.3. ИЗОБРАЖЕНИЕ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ПЛАНАХ И РАЗРЕЗАХ

Отопление и вентиляция. На планах систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха условно принимают расположение плоскости разреза под перекрытием данного помещения (этажа). Трубопроводы, расположенные друг над другом, условно показывают параллельными линиями.

Планы и разрезы систем отопления, насыщенные трубопроводами и оборудованием, допускается оформлять раздельно. Если в здании имеется центральное отопление, дополнительно к поэтажным планам чертят планы чердачного и подвального помещений. На планах этажей и чердачного помещения наносят систему отопления.

На планах, разрезах и их фрагментах, узлах элементы систем вентиляции (фильтры, вентиляторы и др.) показывают упрощенно. Элементы систем отопления и теплоснабжения отопительно-вентиляционных установок (трубопроводы, арматура, нагревательные приборы, отопительные агрегаты и др.) показывают условными графическими обозначениями.

Стояки на планах (вертикально расположенные трубы) изображают в виде точек. Горизонтальные трубопроводы горячих магистралей проводят сплошными основными линиями. Нагревательные приборы изображают в виде прямоугольников шириной 2 мм (при выполнении чертежа в масштабе 1 : 100). Прямоугольник не заштриховывают и не заливают тушью. Трубопроводы обратной магистрали изображают штриховой линией толщиной 0,5 мм и более. На планах и разрезах кроме элементов систем показывают строительные

конструкции и технологическое оборудование.

На планах, разрезах и узлах показывают:

координационные оси здания (сооружения) и основные строительные размеры; отметки чистых полов этажей и основных площадок; привязки отопительно-вентиляционных установок к координационным осям или конструкциям здания (сооружения); диаметры (сечения) воздухопроводов и их привязку к координационным осям или конструкциям здания; число секций радиаторов или марок нагревательных приборов, число и длину ребристых труб; условный проход для водогазопроводных труб, наружный диаметр и толщину стенок — для прочих труб; обозначения стояков отопления, теплоснабжения; места расположения и марки или размеры вентиляционных решеток; отметки трубопроводов (на разрезах) или указания об их расположении.

На разрезах, кроме того, наносят отметки уровней осей трубопроводов и круглых воздухопроводов, низа прямоугольных воздухопроводов, опорных конструкций отопительно-вентиляционных и вытяжных установок.

На рис. 27.2 показан пример оформления плана жилого дома с отоплением. При оформлении таких планов зданий для двух и более расчетных температур наружного воздуха и (или) двух и более этажей, номер этажа, расчетную температуру наружного воздуха, данные о нагревательных приборах, показанных на плане, приводят в таблице. Чертежи с планами систем именуются *План подполья*, *План 2...9 этажей в осях*.... При выполнении в пределах этажа второго плана приводят наименование *План 1-1* или *План на отметке*....

Схемы для каждой системы отопления, теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха выполняются раздельно, в аксонометричес-

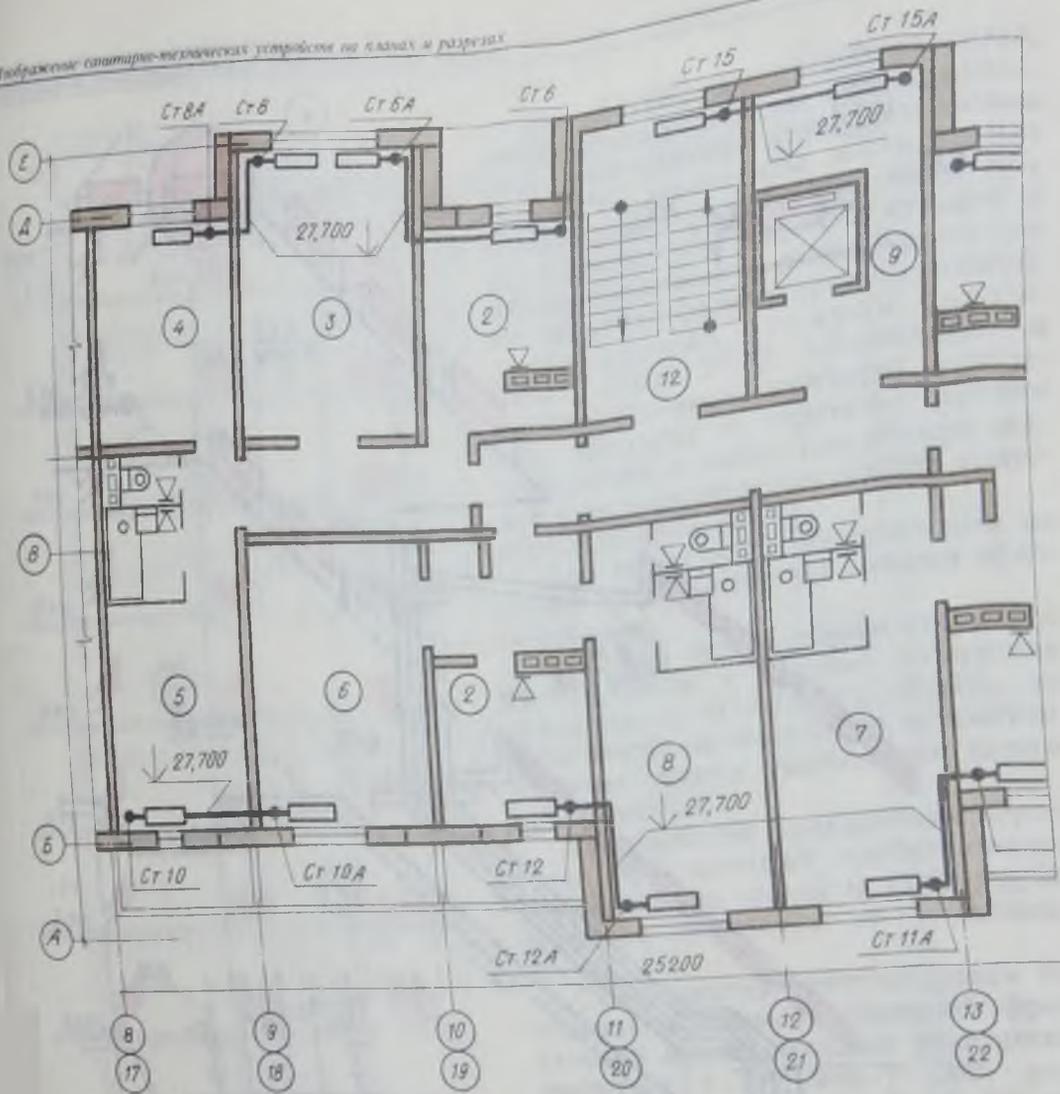


Рис. 27.2

кой проекции. Места разрывов трубопроводов обозначаются строчными буквами. Элементы систем и установок на схемах показываются условными графическими обозначениями. Стойки на планах и в аксонометрических проекциях нумеруются арабскими цифрами. Номера указываются на полке линии-выноски.

На схемах систем отопления (рис. 27.3) и теплоснабжения отопительно-вентиляционных установок показываются нагревательные приборы с указанием числа секций или длины (в метрах) агрегата и калорифера; трубопрово-

ды, стояки и подвески к приборам с указанием диаметров и отметок, номеров стояков и их привязочных размеров; отметки уровней осей и уклоны трубопроводов; запорно-регулирующую арматуру (вентили, краны, задвижки); контрольно-измерительные приборы (при отсутствии проекта автоматизации системы) и другие элементы систем.

При необходимости показывают неподвижные опоры, компенсаторы и нетиповые крепления. Схемы систем отопления и теплоснабжения сопровождаются схемами узлов управления, системой отопления и схемами

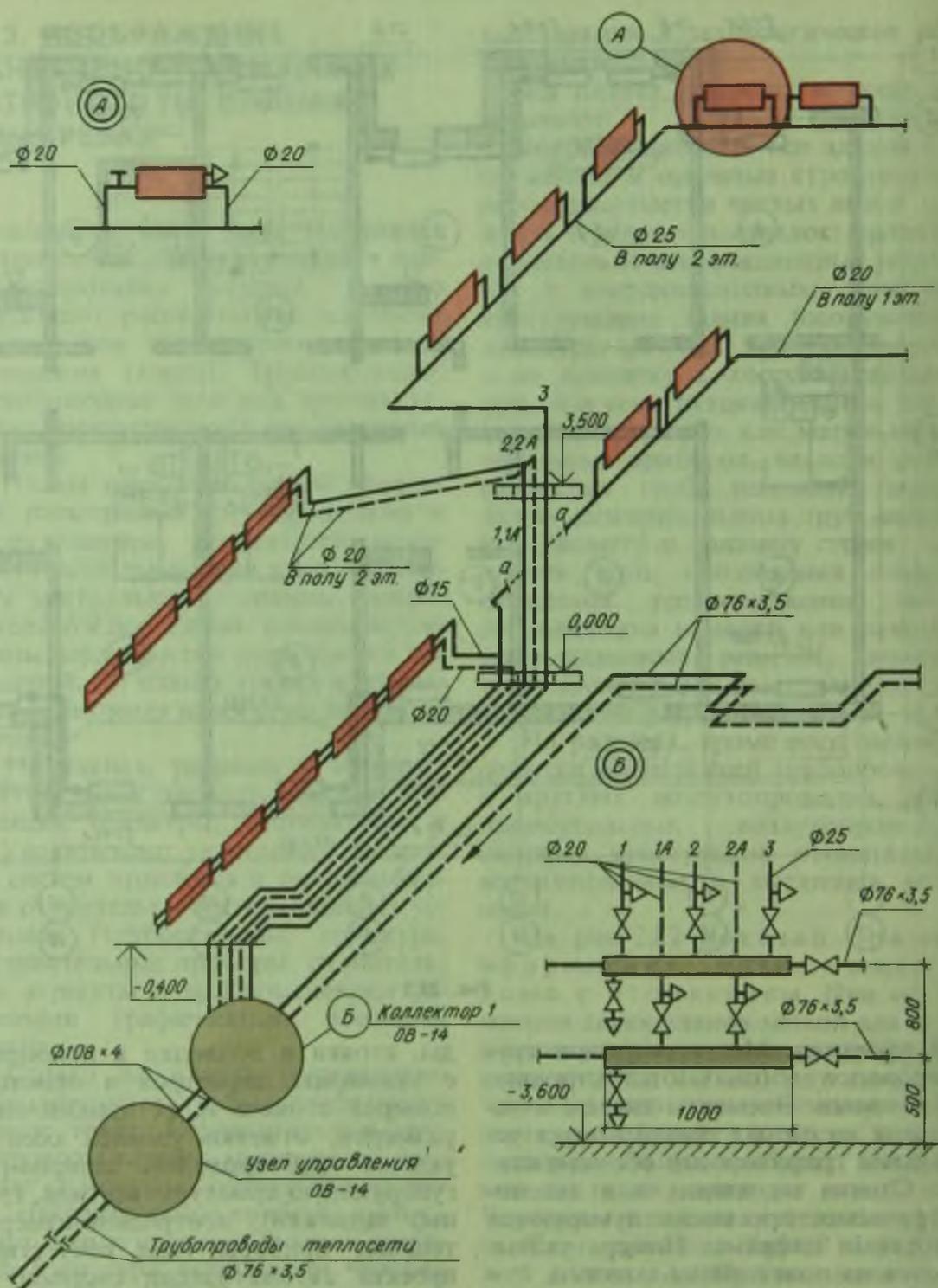
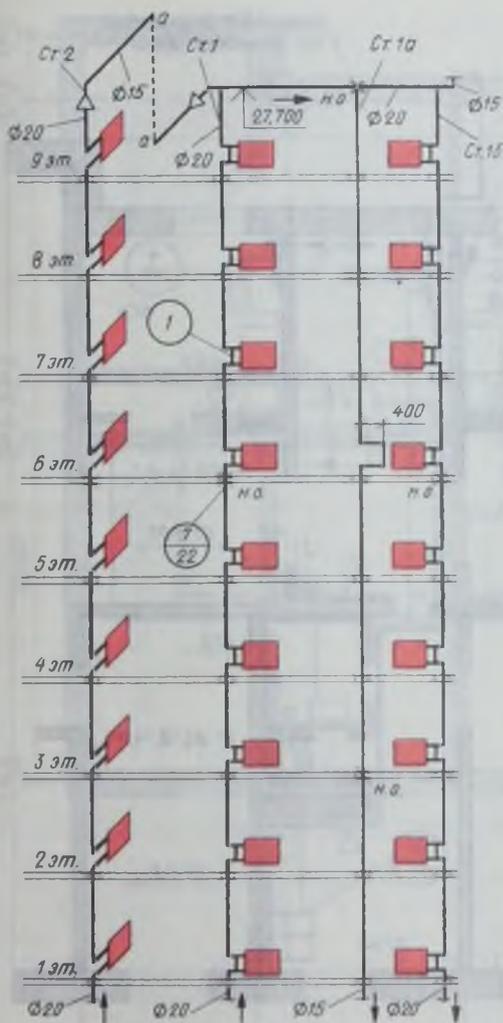


Рис. 27.3



узлов обвязки воздухонагревателей, воздухоохладителей и т.п. Допускается выполнение схем отопления только на подземную часть здания (сооружения), надземную часть при этом оформляют схемами стояков и при необходимости — схемой разводок по чердаку (верхнему уровню здания).

На схемах стояков указывают (рис. 27.4): обозначение и диаметр стояков; приборы отопления; арматуру и переходы; уровни перекрытия, отметки или номера этажей (для малоэтажных зданий допускается не проводить).

Всю арматуру и оборудование на схемах изображают условными обозначениями.

Так как уклон горизонтального трубопровода в системе отопления незначителен ($i = 0,003 \dots 0,005$), то практически на чертеже он незаметен. Наличие уклона указывается стрелкой и цифрой.

Для удобства пользования чертежами при монтаже трубопроводов рекомендуется схемы и узлы трубопроводов помещать на отдельных листах.

Схемы систем рекомендуется выполнять в аксонометрической фронтальной изометрической проекции в масштабе 1:100 или 1:200, узлы схем — в масштабе 1:10, 1:20 или 1:50.

Водопровод и канализация. Обычно системы водопровода, канализации, а также горячего водоснабжения показывают на одном плане. В особо сложных случаях, когда размещение всех систем на одном плане затрудняет чтение чертежа, а выноска элементов планов не облегчает пользование ими, допускается планы систем водопровода выполнять отдельно от планов систем канализации. Элементы плана участка здания, которые сильно насыщены водопроводно-канализационным оборудованием и трубопроводами, могут быть выполнены в большем масштабе.

Строительные конструкции на

№ узла	Вариант установки кранов	
	трехходовые	двойной регулировки

Рис. 27.4

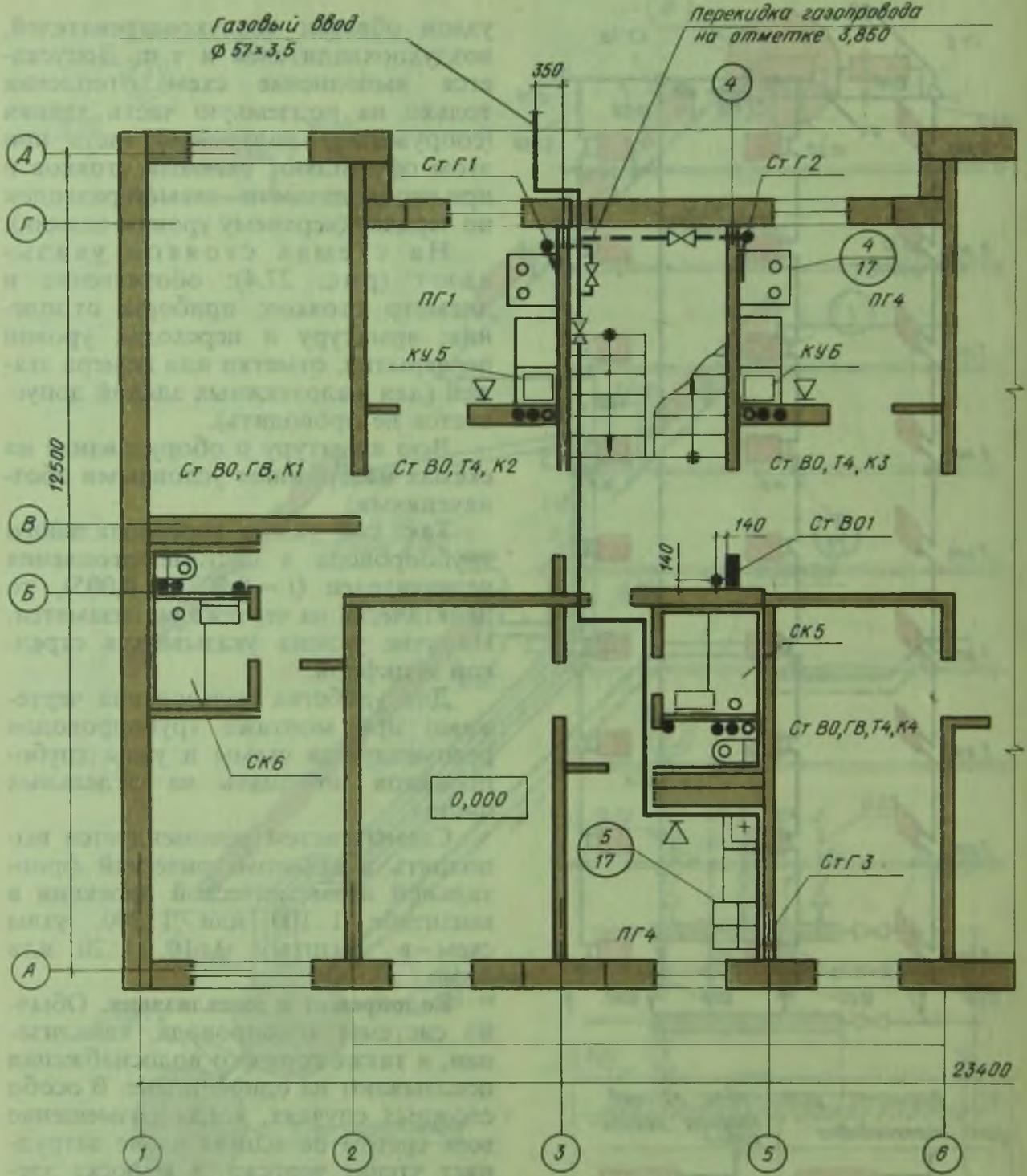


Рис. 27.5

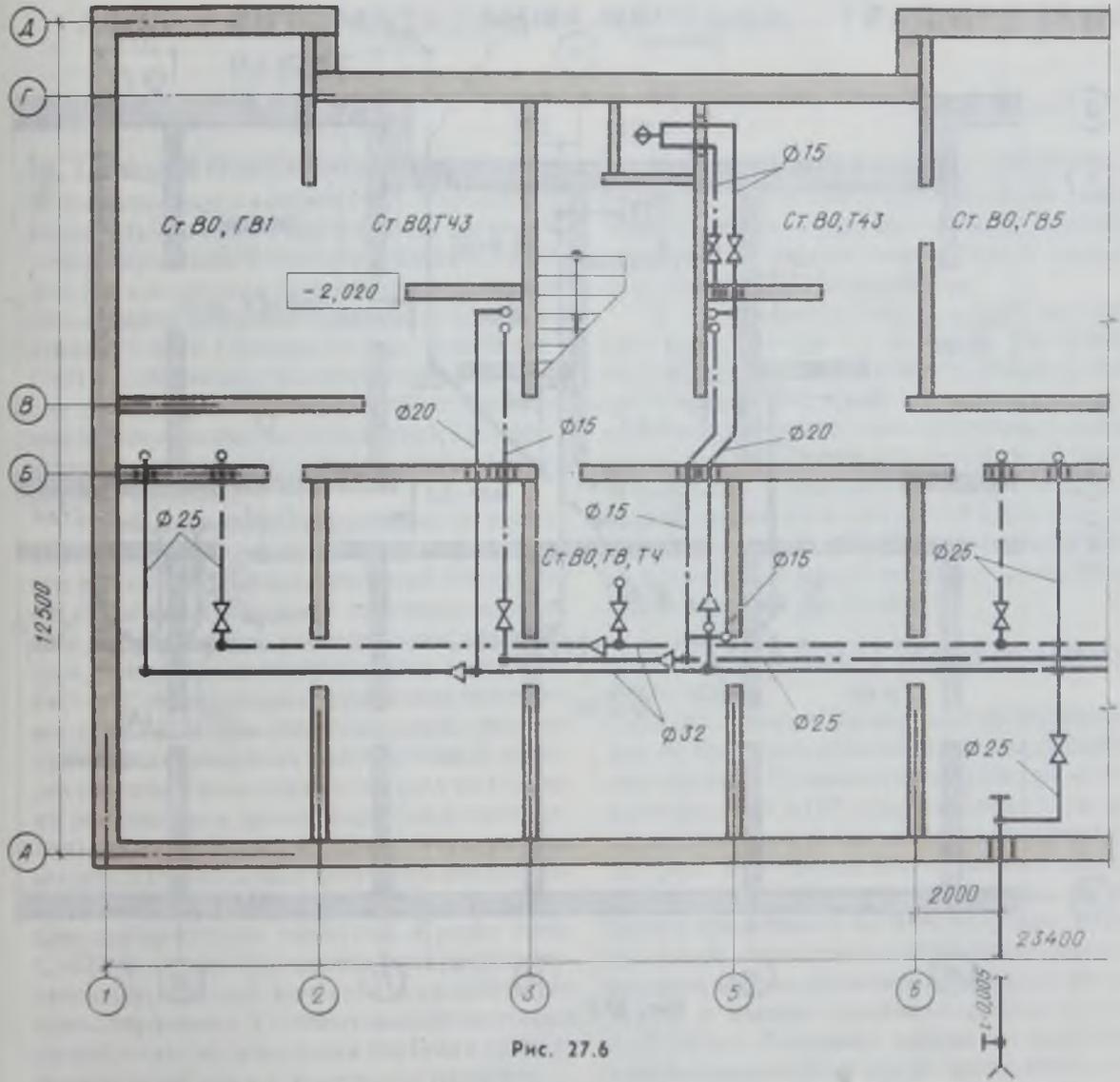


Рис. 27.6

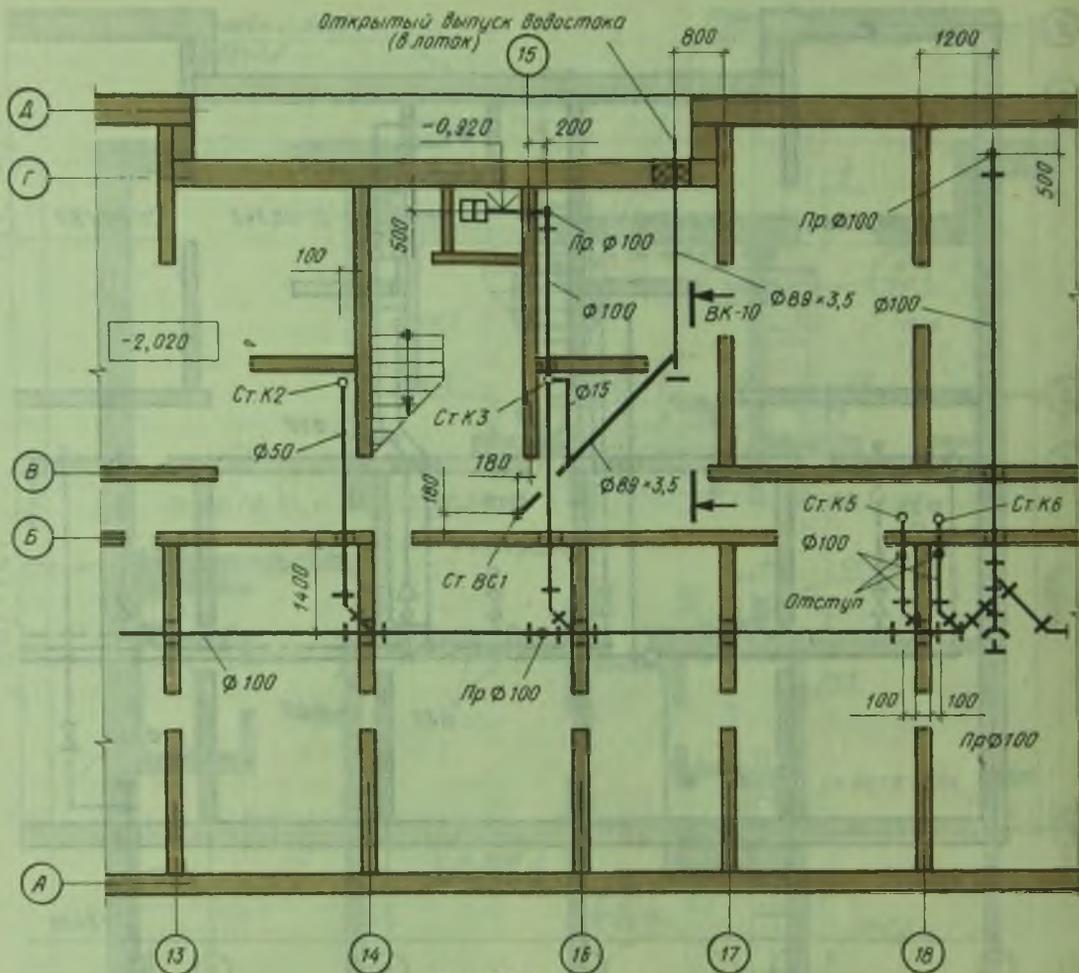


Рис. 27.7

чертежах санитарно-технических устройств показывают схематически, тонкими линиями.

На рис. 27.5 дан пример оформления плана водопровода, канализации и газопровода вместе, на рис. 27.6 показан пример оформления плана водопровода, а на рис. 27.7 — пример оформления плана канализации.

На планах сетей наносят технологическое оборудование, к которому подводится вода или от которого отводится сточная вода, а также оборудование, влияющее на трассировку сетей.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. В каких масштабах выполняются чертежи санитарно-технических устройств?
2. Линиями какой толщины обводятся строительные конструкции при выполнении санитарно-технических чертежей?
3. Какими линиями изображаются трубопроводы инженерных сетей?
4. Как обозначаются на чертеже стояки отопления?
5. Что показывают на планах, разрезах и узлах в чертежах марки ОВ?
6. В какой аксонометрической проекции рекомендуется изображать схемы отопления?

ГЛАВА 28 АВТОМАТИЗАЦИЯ ЧЕРТЕЖНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

28. 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

За последние годы в нашей стране произошли кардинальные изменения в области систем автоматизированного проектирования (САПР). Для тех, кто связан с современным производством, уже не возникает вопроса, нужны ли им в работе САПР. Сегодня тот, кто не работает с САПР, либо ничего не проектирует, либо не смотрит в будущее, которое требует применения новых методов проектирования как в трехмерном моделировании, так и в обычном двухмерном черчении.

Системы автоматизированного проектирования революционизировали инженерное дело. САПР используются во многих отраслях и прежде всего в автомобилестроении, судостроении, авиационной, архитектуре, в научных исследованиях и других областях. Современные графические программы для САПР позволяют создавать трехмерные модели, получать плоскостные и фотореалистические изображения (для подготовки рекламных и презентационных материалов) проектируемых изделий. Электронная модель изделия может непосредственно использоваться в качестве исходных данных для прочностных расчетов. Кроме того, САПР позволяют повысить конкурентоспособность изделия, качество и скорость его проектирования. Поэтому важное значение приобретает оптимизация перехода от первоначальной идеи к конечному продукту.

После появления в нашей стране персональных компьютеров (ПК) с хорошим унифицированным программным обеспечением (та-

ким как AUTOCAD (Автокад), ARKHCAD (Архикад), КОМПАС) пользователям стало понятно, что не всегда нужно знать физический принцип работы компьютера, а следует лишь грамотно им пользоваться.

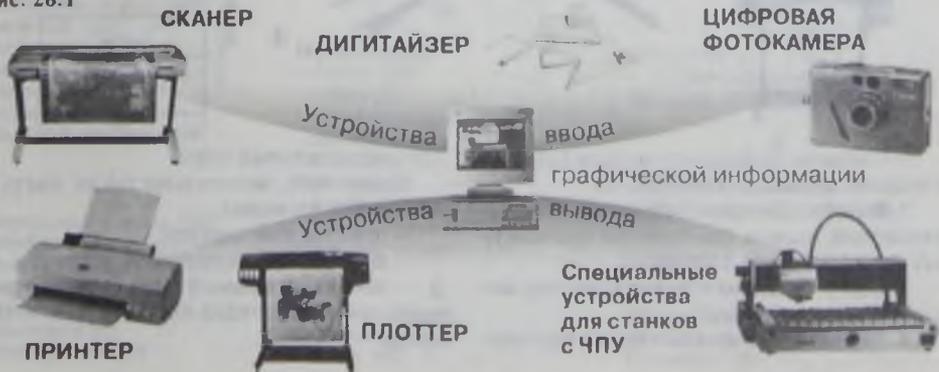
В этой главе не ставится цель обучить читателя работе с пакетом программ AUTOCAD 15-й версии или любыми другими программами; в ней мы схематично показываем взаимодействие программно-аппаратных комплексов в системах автоматизированного проектирования и хотим подвести будущих инженеров (техников) к пониманию важности знания САПР и преимуществ пользователя компьютерными технологиями в практической деятельности.

28. 2. ВВОД И ВЫВОД ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Системы автоматизированного проектирования не могут функционировать без аппаратных средств. Графические устройства, необходимые для САПР, сформировались два десятилетия назад и, несмотря на технический прогресс, принципиально не меняются. Ввод графической информации может осуществляться средствами AUTOCAD. Этот пакет программ - сложная универсальная система, которой можно управлять с помощью клавиатуры и мыши, предварительно изучив AUTOCAD. Используя панели инструментов и информационные панели, мы можем создавать на мониторе нужное изображение.

На рис. 28.1 показаны устройства ввода и вывода графической информации.

Рис. 28.1



Ввод графической информации осуществляется при помощи следующих периферийных устройств:

СКАНЕР - применяется для ввода растрового изображения, которое может быть преобразовано в векторное с помощью специальных программ;

ДИГИТАЙЗЕР (планшет) - применяется для ввода информации непосредственно с имеющегося чертежа;

ЦИФРОВАЯ ФОТО- или ВИДЕОКАМЕРА - подключается непосредственно к компьютеру; просматривая на мониторах графический материал, можно изменять или добавлять изображение.

Вывод графической информации осуществляется на:

ПРИНТЕР;

ПЛОТТЕР;

передается при помощи специальных устройств на станки с ЧПУ.

28.3. ПРИМЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОГРАММЫ AUTOCAD С ПРОГРАММАМИ САПР

На рис. 28.2 приведена схема взаимодействия программ в системе автоматизированного проектирования:

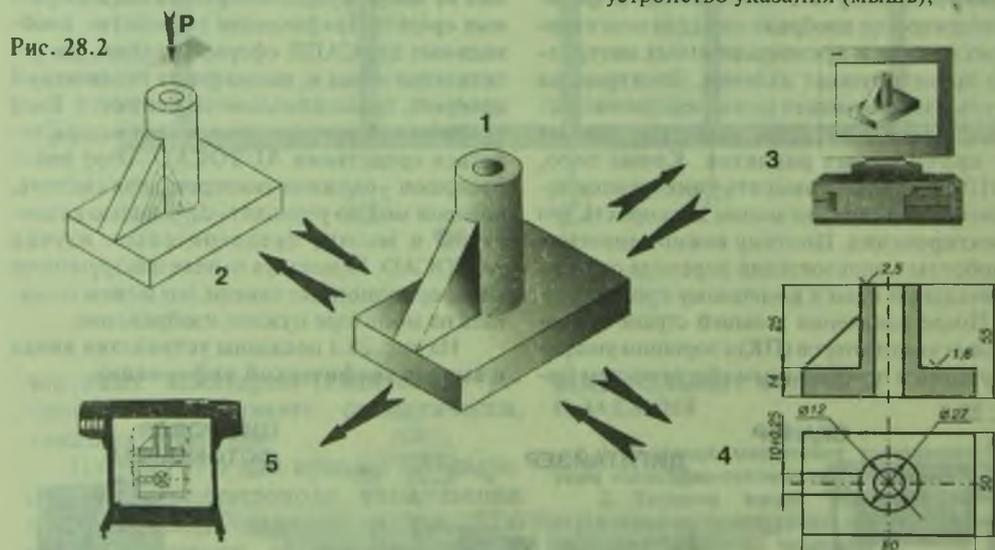


Рис. 28.2

1. Создание трехмерной модели будущего изделия средствами AUTOCAD.

2. Выполнение прочностных расчетов по трехмерной модели (программы прочностных расчетов SKAD, COSMOS).

3. Оценка дизайна изделия (с учетом моделируемого освещения).

4. Выполнение чертежа изделия с проста-

новой размеров и всех технологических условий (программы CS и TECHNOLOGY).

5. Распечатка рабочих чертежей.

AUTOCAD поддерживает большое число форматов векторных изображений, что позволяет работать с чертежами, созданными при помощи программ третьих разработчиков (независимо от AUTODESK).

28.4. НЕКОТОРЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОМПЬЮТЕРУ И ЕГО ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ

В этом разделе мы хотим дать информацию для будущих пользователей универсальной системы AUTOCAD 15-й версии для Windows 98, Windows 2000, Windows NT4SP5.

Требования к компьютеру и дополнительным устройствам к нему:

- операционная система Windows NT4.0, Windows 95, Windows 98, Windows 2000;
- оперативная память - 64-128 Мб;
- память на жестком диске - 128 Мб;
- память на жестком диске для своп-файлов 64 Мб;
- компьютер Pentium III;
- монитор с разрешающей способностью не менее 1024 x 768 точек;
- устройство указания (мышь);

- параллельный порт.

Кроме того, желательно также иметь в составе оборудования:

- принтер или плоттер;
- дигитайзер планшетного типа;
- последовательный порт (для подключения некоторых видов плоттера и дигитайзеров).

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ГОСТ. Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Издание официальное. Изд-во стандартов. 1984.

Система проектной документации для строительства (СПДС). Издание официальное. Изд-во стандартов. 1977–1985.

Аксенов Н. Н., Кузнецов Н. С., Кириллов А. Ф. Черчение и рисование. – М.: Высшая школа, 1983. – 308 с.

Балягин С. Н., Брилинг Н. С., Симонин С. И. Справочник по строительному черчению. – М.: Стройиздат, 1987. 446 с.

Боголюбов С. К. Черчение. – М.: Машиностроение, 1985. – 334 с.

Брилинг Н. С., Евсеев Ю. П. Задания по черчению: Учеб. пособие для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1984. – 255 с.

Дятков С. В. Архитектура промышленных

зданий. – М.: Стройиздат, 1984. – 415 с.

Кириллов А. Ф. Чертежи строительные. – М.: Стройиздат, 1985. – 310 с.

Кириллов А. Ф. Черчение и рисование. – М.: Высшая школа, 1980. – 375 с.

Короев Ю. П. Инженерно-строительное черчение и рисование. – М.: Высшая школа, 1983. – 287 с.

Крылов Н. Н. Начертательная геометрия. – М.: Высшая школа, 1984. – 186 с.

Семенов В. Н. Унификация и стандартизация проектной документации для строительства. – Л.: 1985. – 222 с.

Тосунова М. И. Курсовое и дипломное архитектурное проектирование. – М.: Высшая школа, 1983. – 143 с.

Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. – Л.: Машиностроение, 1983. – 416 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- | | | |
|--|--|---|
| <p>А</p> <p>Автоматизация 412</p> <p>Аксонометрия 114</p> <p>– геометрических тел 124</p> <p>– группы тел 129</p> <p>– косоугольная 118</p> <p>– окружности 119</p> <p>– плоских фигур 120</p> <p>– прямоугольная 116</p> <p>Аппарель 315</p> | <p>Градуирование отрезка 310</p> <p>Графопостроитель 414</p> | <p>Картина 278</p> <p>Кисти 13</p> <p>Кнопки 13</p> <p>Конусность 30</p> <p>Краски 185</p> <p>Кровля 362</p> |
| <p>В</p> <p>Вид</p> <p>– главный 190</p> <p>– дополнительный 194</p> <p>– местный 189</p> <p>– развернутый 189</p> <p>– частичный 189</p> <p>Водораздел 318</p> <p>Водослив 318</p> <p>Выносной элемент 214</p> | <p>Д</p> <p>Деление</p> <p>– окружности 36</p> <p>– углов 34</p> <p>Диметрия</p> <p>– косоугольная 118</p> <p>– прямоугольная 118</p> | <p>Л</p> <p>Линии</p> <p>– выносные 26</p> <p>– размерные 26</p> <p>– чертеж 14</p> <p>Лекала 13</p> <p>Лекальные кривые 54–60</p> <p>Лестничная клетка 352, 369</p> |
| <p>Г</p> <p>Генеральные планы 380</p> <p>Гипербола 56</p> <p>Гипоциклоида 58</p> <p>Готовальня 9</p> <p>Горизонталь</p> <p>– плоскости 90</p> <p>– поверхности 318</p> | <p>З</p> <p>Заложение прямой 310</p> | <p>М</p> <p>Масштаб 18</p> <p>– уклона плоскости 312</p> <p>Методы проецирования 64</p> |
| <p>К</p> <p>Карандаши 12</p> <p>Карниз 347</p> | <p>И</p> <p>Изображение</p> <p>– болта 221</p> <p>– гайки 222</p> <p>– перспективное 277</p> <p>– шайбы 222</p> <p>– шпильки 222</p> <p>Изометрия</p> <p>– косоугольная 114</p> <p>– прямоугольная 114</p> <p>Интервал прямой 310</p> | <p>Н</p> <p>Нанесение размеров 26</p> <p>Направление простираания 314</p> |
| | <p>К</p> | <p>О</p> <p>Обозначение материалов 341</p> <p>Основание картины 278</p> <p>Отмывка 188</p> |

П

- Парабола 54
- Перпендикуляр 31
- Перечение тел
 - со сферой 168
 - многогранных 159
 - с многогранником вращения 160
 - вращения 162
- Перспектива
 - куба 293
 - окружности 291
 - прямой 278
 - точки 278
 - фигуры 290
- Планы зданий 356
- Плоскость
 - горизонтальная 84
 - общего положения 84
 - параллельная 96
 - пересекающаяся 96
- Поверхность
 - постоянного ската 317
 - топографическая 316
- Покраска 186
- Построение
 - в золотом сечении 33
 - пятиугольника 38
 - с помощью сфер 168
 - семиугольника 38
 - треугольника 38
 - четырехугольника 38
 - шестиугольника 38
- Процирование
 - многогранников 107
 - прямой 67, 309
 - тел вращения 109
 - точки 65, 278, 305
- Проекции
 - аксонометрические 114
 - перспективные 277
 - с числовыми отметками 308
- Проемы 352
- Профиль 319
- Прямая
 - параллельная плоскости 96
 - пересекающая плоскость 96
 - перпендикулярная плоскости 102
- Прямые
 - параллельные 79, 312
 - пересекающиеся 79, 312
 - перпендикулярные 80
 - скрещивающиеся 79

Р

- Рейсшина 6
- Рейсфедер 11
- Разверка 149
- Разрез 195
 - здания 363
 - ломаный 197
 - местный 205

- простой 197
- сложный 192
- ступенчатый 197

С

- Седловина 318
- Сечение 138
 - выносное 214
 - гранных тел 139
 - наложенное 211
 - тел плоскостью 211
 - тел вращения 143
 - шара 146
- Символы
 - теоретико-множественные 62
 - математической логики 62
- Следы
 - прямой 72
 - лучей 256
- Соединения
 - болтовое 223
 - неразъемное 216
 - разъемное 216
 - резьбовое 216
 - сварное 229
 - трубное 224
 - шпилечное 223
- Сопряжение
 - с заданной точкой 49
- Спецификация 246
- Способы преобразования
 - замены плоскостей 130
 - вращения 133
 - совмещения 135
- Стены 347

Т

- Тени
 - в аксонометрии 270
 - в ортогональных проекциях 256
 - в перспективе 303
 - зданий 299
- Технический рисунок 172
- Точка в плоскости 77

У

- Угольники 6
- Уголь простираия 314
- Уклон 30, 310

Ф

- Фасад здания 371
- Формат чертежей 6
- Фронталь 90
- Фундаменты 347

Ц

- Цвет 185
- Циклоида 56
- Циркуль
 - измеритель 9
 - круговой 11
 - разметочный 11

Ч

- Чертежи 6
 - водоснабжения 408
 - генеральных планов 380
 - деталей 251
 - канализации 408
 - отопления и вентиляции 404
 - планов зданий 354
 - разрезов 365
 - сборочные 238
 - конструкций
 - бетонных 390
 - железобетонных 390
 - деревянных 396
 - каменных 400
 - металлических 393
- Чертежная
 - доска 6
 - бумага 6
- Чертежный прибор 7

Ш

- Шрифты чертежные 16
- Штриховка в аксонометрии 114
- Штриховальный прибор 14

Э

- Эвольвента 53
- Эллипс 54
- Эпициклоида 58
- Эскизы 231, 239

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3	5.4. Взаимно перпендикулярные прямые или проецирование прямого угла	80
РАЗДЕЛ 1		Глава 6. Плоскость, линии и точки в плоскости	84
ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ	6	6.1. Проецирование элементов, определяющих плоскость	84
Глава 1. Основные сведения	6	6.2. Линия в плоскости	89
1.1. Чертеж	6	6.3. Точка в плоскости	90
1.2. Применяемые инструменты и принадлежности	6	6.4. Главные линии плоскости	90
1.3. Линии чертежа	14	Глава 7. Взаимное положение прямых и плоскостей	96
1.4. Применение чертежного шрифта	16	7.1. Прямая, параллельная плоскости	96
1.5. Масштабы	18	7.2. Параллельные плоскости	96
1.6. Основные правила нанесения размеров	27	7.3. Пересекающиеся плоскости	96
Глава 2. Приемы вычерчивания контура технических деталей	31	7.4. Пересечение прямой с плоскостью	99
2.1. Вычерчивание деталей с применением различных построений	31	7.5. Прямая, перпендикулярная плоскости	102
2.2. Сопряжения с заданным радиусом	40	Глава 8. Поверхности и тела	105
2.3. Сопряжения с заданной точкой на одном из сопрягаемых элементов	49	8.1. Поверхности	105
2.4. Построение циркульных кривых	52	8.2. Проецирование геометрических тел	105
2.5. Построение лекальных кривых	53	8.3. Проецирование многогранника	107
РАЗДЕЛ 2		8.4. Проецирование тел вращения	109
ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ	61	Глава 9. Аксонометрические проекции	114
Глава 3. Основные положения	61	9.1. Общие сведения	114
3.1. Общие указания	61	9.2. Виды аксонометрических проекций	114
3.2. Символы и обозначения	62	9.3. Прямоугольные аксонометрические проекции	116
3.3. Методы проецирования	63	9.4. Косоугольные аксонометрические проекции	118
Глава 4. Проецирование точки и прямой	65	9.5. Построение окружности в аксонометрии	119
4.1. Проецирование точки	65	9.6. Аксонометрические проекции плоских фигур	120
4.2. Проецирование прямой	67	9.7. Аксонометрические проекции геометрических тел	124
4.3. Следы прямой	72	9.8. Проецирование группы геометрических тел	129
4.4. Натуральная длина отрезка	72	Глава 10. Преобразование проекций	130
4.5. Деление отрезка в заданном отношении	76	10.1. Основные сведения	130
Глава 5. Взаимное положение прямых в пространстве	79	10.2. Способ замены плоскостей проекций	130
5.1. Параллельные прямые	79	10.3. Способ вращения	133
5.2. Пересекающиеся прямые	79	10.4. Способ совмещения	135
5.3. Скрещивающиеся прямые	79	Глава 11. Пересечение поверхностей геометрических тел плоскостями	138

11.1. Сечение тел плоскостью	138	Глава 17. Разъемные и неразъемные соединения	216
11.2. Сечение гранных тел проецирующими плоскостями	139	17.1. Разъемные соединения	216
11.3. Сечение тел вращения	143	17.2. Неразъемные соединения	216
11.4. Построение разверток	149	17.3. Изображения резьбы на крепежных деталях	216
Глава 12. Взаимное пересечение поверхностей геометрических тел	156	17.4. Обозначение резьбы	220
12.1. Пересечение прямой с поверхностью	156	17.5. Изображение крепежных деталей с резьбой	221
12.2. Пересечение тел	159	17.6. Вычерчивание болтового соединения	223
12.3. Пересечение многогранников	159	17.7. Вычерчивание шпилечного соединения	223
12.4. Пересечение многогранников с телом вращения	160	17.8. Изображение трубного соединения	224
12.5. Пересечение тел вращения	162	17.9. Изображение сварного соединения	225
12.6. Пересечение тел вращения со сферами	168	17.10. Условные обозначения сварного шва	229
РАЗДЕЛ 3		Глава 18. Чертежи деталей	231
ТЕХНИЧЕСКОЕ РИСОВАНИЕ		18.1. Эскизирование	231
Глава 13. Рисунки плоских фигур и геометрических тел	172	18.2. Порядок выполнения эскиза	231
13.1. Назначение технического рисунка	172	18.3. Измерительные инструменты	233
13.2. Наглядность рисунка	172	18.4. Чертежи деталей	235
13.3. Техника зарисовки фигуры	172	Глава 19. Сборочный чертеж	238
13.4. Рисование плоских фигур	175	19.1. Общие положения	238
13.5. Технический рисунок геометрических тел	176	19.2. Упрощения, применяемые на сборочных чертежах	239
Глава 14. Рисунки моделей и деталей	180	19.3. Выполнение эскизов для сборочного чертежа	239
14.1. Рисунки по чертежу	180	19.4. Выполнение сборочного чертежа	243
14.2. Рисунки строительных деталей	180	19.5. Спецификация	246
Глава 15. Работа акварельными красками	185	Глава 20. Чтение чертежей	249
15.1. Цвет	185	20.1. Общие положения	249
15.2. Краски	185	20.2. Детализирование	249
15.3. Покраска	186	20.3. Выполнение чертежа детали	251
15.4. Отмычка	188		
РАЗДЕЛ 4		РАЗДЕЛ 5	
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЧЕРЧЕНИЕ		ПОСТРОЕНИЕ ТЕНЕЙ В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ И АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ.	
Глава 16. Технический чертеж и его назначение	189	ПЕРСПЕКТИВА, ТЕНИ В ПЕРСПЕКТИВЕ.	
16.1. Общие сведения	189	ПРОЕКЦИИ С ЧИСЛОВЫМИ ОТМЕТКАМИ	
16.2. Виды изделий	189	Глава 21. Тени в прямоугольных и аксонометрических проекциях	256
16.3. Изображения	190	21.1. Тени в прямоугольных проекциях. Собственные и падающие тени	256
16.4. Виды	190	21.2. Следы лучей	257
16.5. Разрезы	195	21.3. Условное направление лучей	259
16.6. Условности и упрощения	203	21.4. Тень от точки и отрезка прямой	259
16.7. Примеры выполнения проекционных чертежей	205	21.5. Тени от плоских фигур	262
16.8. Сечения	211		
16.9. Выносные элементы	214		

21.6. Падающие тени от геометрических тел	263		
21.7. Падающие тени от прямых на поверхности тел	265		
21.8. Падающие тени от выступающих частей здания	266		
21.9. Тени на проекциях зданий	268		
21.10. Тени в аксонометрических проекциях	269		
Глава 22. Перспектива, тени в перспективе	277		
22.1. Основные понятия и определения	277		
22.2. Перспективное изображение точки и прямой линии	278		
22.3. Перспектива прямых, перпендикулярных картинной и параллельных предметной плоскостям	282		
22.4. Перспективное изображение прямых, перпендикулярных предметной и параллельных картинной плоскостям	283		
22.5. Перспектива прямых, параллельных предметной и картинной плоскостям	284		
22.6. Перспектива прямых общего положения	285		
22.7. Перспективный масштаб	287		
22.8. Деление отрезка прямой на равные и пропорциональные части	289		
22.9. Перспектива плоских фигур	290		
22.10. Перспектива геометрических тел	293		
22.11. Выбор точки зрения при построении перспективного изображения	296		
22.12. Построение перспективного изображения здания	297		
22.13. Тени в перспективе	305		
Глава 23. Проекция с числовыми отметками	308		
23.1. Основные понятия и сущность способа	308		
23.2. Проецирование точки	308		
23.3. Проецирование прямой	310		
23.4. Заложение прямой, интервал, уклон	311		
23.5. Взаимное положение прямых	312		
23.6. Плоскость	312		
23.7. Натуральный размер плоской фигуры	314		
23.8. Пересечение плоскостей	315		
23.9. Поверхности	316		
23.10. Пересечение плоскости с топографической поверхностью	319		
23.11. Пересечение прямой с плоскостью и топографической поверхностью	320		
23.12. Определение границ земляных работ	322		
23.13. Указания к выполнению чертежей в проекциях с числовыми отметками	330		
		РАЗДЕЛ 6	
		ЧЕРТЕЖИ СТРОИТЕЛЬНЫЕ	332
		Глава 24. Общие сведения и условности в строительных чертежах	332
		24.1. Общие сведения	332
		24.2. Выполнение строительных чертежей	336
		24.3. Графические изображения материалов	341
		24.4. Условные графические изображения элементов зданий и сооружений	347
		Глава 25. Чертежи планов, разрезов, фасадов	348
		25.1. Основные части зданий	348
		25.2. Планы зданий выше нулевой отметки	355
		25.3. Вычерчивание плана здания	358
		25.4. Вычерчивание разреза здания	366
		25.5. Графическая разбивка лестницы	371
		25.6. Фасады	375
		25.7. Составление планов существующих зданий	378
		25.8. Подсчет площадей	378
		25.9. Нормативные данные для вычерчивания планов зданий	380
		25.10. Чертежи генеральных планов	382
		25.11. Оформление строительных чертежей и их компоновка	388
		Глава 26. Чертежи строительных конструкций	392
		26.1. Железобетонные конструкции	392
		26.2. Металлические конструкции	396
		26.3. Деревянные конструкции	398
		26.4. Каменные конструкции	399
		Глава 27. Чертежи санитарно-технических устройств	406
		27.1. Условные изображения на санитарно-технических чертежах	406
		27.2. Правила оформления чертежей санитарно-технических устройств	406
		27.3. Изображение санитарно-технических устройств на планах и разрезах	408
		Глава 28. Автоматизация чертежно-графических работ	415

Справочное издание

Балягин Сергей Николаевич

Черчение

Справочное пособие

Зав. редакцией *Т.М. Минеджян*

Художественный редактор *Л.Л. Сильянова*

Технический редактор *Т.П. Тимошина*

Корректор *И.Н. Мокина*

Подписано в печать с готовых диапозитивов 15.11.01. Формат 70x100/16.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Усл.печ.л. 44,52. Тираж 7000 экз. Заказ 3251.

Общероссийский классификатор

продукции ОК-005-93, том 2;

953000 – книги, брошюры

Санитарно-эпидемиологическое заключение

№ 77.99.11.953.П.002870.10.01 от 25.10.01

ООО «Издательство Астрель». Изд. лиц. ЛР № 066647 от 07.06.99

143900, Московская обл., г. Балашиха, пр-т Ленина, 81

ООО «Издательство АСТ». Изд. лиц. ИД № 02694 от 30.08.2000

674460, Читинская обл., Агинский р-н, п. Агинское, ул. Базара Ринчино, 84

Наши электронные адреса: www.ast.ru

E-mail: astpub@aha.ru

При участии ООО «Харвест». Лицензия ЛВ № 32 от 10.01.2001.

220013, РБ г. Минск, ул. Кульман, д. 1, корп. 3, эт. 4, к. 42

Налоговая льгота – Общегосударственный классификатор

Республики Беларусь ОКРБ 007-98, ч.1;22.11.20.650.

Республиканское унитарное предприятие

«Минская фабрика цветной печати».

220024, Минск, ул. Корженевского, 20.

**ПЕРЕЧЕНЬ СТАНДАРТОВ СПДС,
КОТОРЫМИ СЛЕДУЕТ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ**

ГОСТ	Наименование
21.001 - 93	Общие положения
21.101 - 97	Основные требования к рабочим чертежам
21.103 - 78	Основные надписи
21.104 - 79	Спецификации
21.105 - 79	Нанесение на чертежи размеров, надписей, технических требований и таблиц
21.106 - 78	Условные обозначения трубопроводов санитарно-технических систем
21.107 - 78	Условные изображения элементов зданий, сооружений и конструкций
21.108 - 78	Условные графические изображения и обозначения на чертежах генеральных планов и транспорта
21.109 - 80	Ведомости потребности в материалах
21.110 - 95	Спецификация оборудования
21.201 - 78	Правила оформления внесения изменений в рабочую документацию
21.202 - 78	Правила оформления привязки проектной документации
21.203 - 78	Правила учета и хранения подлинников проектной документации
21.204 - 93	Паспорта строительных рабочих чертежей зданий и сооружений
21.402 - 83	Антикоррозионная защита технологических аппаратов, газопроводов и трубопроводов. Рабочие чертежи
21.403 - 80	Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое
21.501 - 80	Архитектурные решения. Рабочие чертежи
21.502 - 78	Схемы расположения элементов сборных конструкций
21.503 - 80	Конструкции бетонные и железобетонные. Рабочие чертежи
21.507 - 81	Интерьеры. Рабочие чертежи

ГОСТ	Наименование
21.511 - 83	Автомобильные дороги. Земляное полотно и дорожная одежда. Рабочие чертежи
21.513 - 83	Антикоррозионная защита конструкций зданий и сооружений. Рабочие чертежи
21.601 - 79	Водопровод и канализация. Рабочие чертежи
21.602 - 79	Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Рабочие чертежи
21.603 - 80	Связь и сигнализация. Рабочие чертежи
21.604 - 82	Водоснабжение и канализация. Наружные сети. Рабочие чертежи
21.605 - 82	Сети тепловые (теплотехническая часть). Рабочие чертежи
21.607 - 82	Электрическое освещение территории промышленных предприятий. Рабочие чертежи
21.608 - 84	Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи