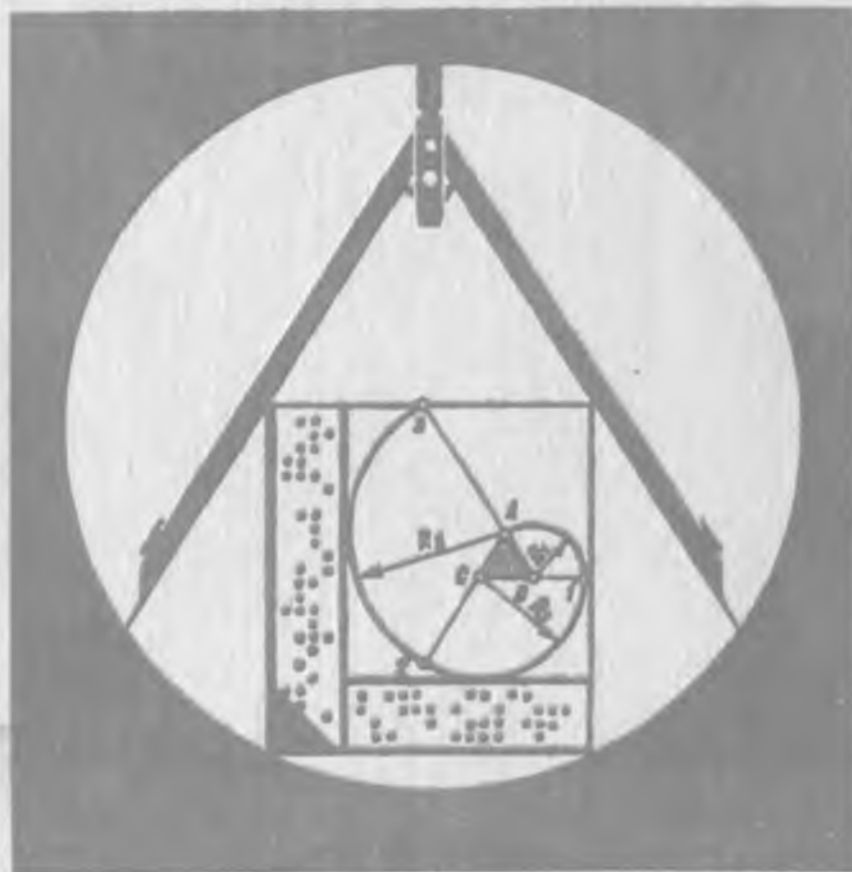


С.В. ПОЗОВ

КУРС ЧЕРЧЕНИЯ

С ЭЛЕМЕНТАМИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ

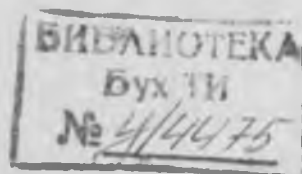


ПРОФ. С. В. РОЗОВ

КУРС ЧЕРЧЕНИЯ

с элементами
автоматизированного контроля

Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования СССР в качестве
учебного пособия для машиностроительных
специальностей средних специальных
учебных заведений



Москва «Машиностроение» 1980

ББК 30.11.я7

Р65

УДК 744 (075)

Рецензенты: *Б. Г. МИРОНОВ и Б. И. БОРЩЕВСКИЙ*

Розов С. В.

Р65 Курс черчения с элементами автоматизированного контроля: Учебное пособие для техникумов. — М.: Машиностроение, 1980. 413 с., ил.

В пер. 95 к.

В учебном пособии даны сведения об оформлении чертежей в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и стандартов СЭВ. Изложены основы начертательной геометрии проекционного и машиностроительного черчения и технического рисования. Даны элементы строительного черчения. Для большинства глав даны карточки автоматизированного контроля.

Р 30105-43
038(01)-80 43-80. 2104000000.

ББК 30.11.я7

Р65

© Издательство «Машиностроение», 1980 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 22 августа 1974 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию руководства средними специальными учебными заведениями и об улучшении качества подготовки специалистов со средним специальным образованием» указано, что необходимо «... обеспечить дальнейшее развитие среднего специального образования в соответствии с задачами строительства коммунизма, потребностями научно-технического прогресса, обратив особое внимание на повышение качества подготовки специалистов, совершенствование учебного процесса, органическое соединение обучения и воспитания с практикой коммунистического строительства».

Л. И. Брежнев в отчетном докладе на XXV съезде КПСС обратил внимание на необходимость всемерного развития социалистического соревнования, движения за коммунистическое отношение к труду. Он подчеркнул, что это особенно важно теперь, в условиях научно-технической революции, когда объем необходимых человеку знаний резко и быстро растет и нельзя ограничиваться усвоением определенной суммы фактов. Необходимо прививать умение самостоятельно пополнять свои знания, ориентироваться в стремительном потоке научной и политической информации.

Хорошо подготовленные объяснения учебного материала оказывают большое влияние на формирование марксистско-ленинского мировоззрения и общей культуры учащихся. Во вступительных и заключительных беседах преподавателям необходимо подчеркивать руководящую роль КПСС в коммунистическом строительстве, преимущества социалистического способа производства перед капиталистическим. При объяснении учебного материала по тем или другим темам курса черчения следует обращать внимание учащихся на достижения русских и советских ученых и производственников, на приоритет Советского Союза в различных областях техники (в космонавтике, сварке металлов, стандартизация и др.). Подобные сообщения развивают у учащихся патриотизм, гордость за свою Родину.

ВВЕДЕНИЕ

Чертежи в настоящее время широко применяются во всех отраслях народного хозяйства страны: на заводах и фабриках, на строительных объектах, в сельском хозяйстве и т. д. Еще М. И. Калинин говорил, что «... умение понимать рисунок и чертеж в огромной степени облегчает изучение инструмента, станка, машины и разных сложных агрегатов». Чертежами широко пользуются в учебных заведениях при изучении теоретических, общетехнических и специальных предметов.

В зависимости от того, для какой цели используются чертежи, они имеют свои названия. Чертежи, применяемые для изготовления машин, приборов, аппаратов, называют машиностроительными. Чертежи, применяемые при сооружении зданий, мостов, плотин, дорог, называют строительными чертежами. Чертежи, изображающие земную поверхность, называют топографическими.

При составлении чертежей строго соблюдают правила и нормы, изложенные в государственных стандартах (ГОСТах). Стандартизация имеет важное значение для ускорения технического прогресса, внедрения комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, осуществления специализации и кооперации предприятий, повышения качества продукции и снижения ее себестоимости. Стандарты на чертежи устанавливают правила и нормы, которыми руководствуются при составлении чертежей. Стандарты имеют силу закона. Применение их обязательно на всех предприятиях, изготавливающих машины и аппараты, на стройках, в проектных учреждениях и в учебных заведениях.

При изучении памятников Киевской Руси XI в., Новгородской школы XVI—XV вв., миниатюрных рисунков рукописных книг Московской старины XVI в. видно, как постепенно совершенствовались методы изображений.

До наших дней сохранились планы русских городов — Пскова, Москвы («Годунов чертеж»), план Тихвинского монастыря.



Рис. 1. Оружейный двор в г. Тобольске, 1701 г.

В России в начале XVIII в. заметно развиваются способы изображений, о чем свидетельствует, в частности, «Чертежная книга городов и земель Сибири» — атлас, составленный Семеном Ремезовым по указу Петра I. В качестве примера можно привести чертеж Ремезова, изображающий оружейный двор в Тобольске (рис. 1).

В архивах сохранился чертеж 22-весельного шлюпа, выполненный в 1719 г. лично Петром I. Чертеж составлен с соблюдением проекционной связи и с применением наложенных сечений.

С развитием машинной техники наблюдается дальнейшее совершенствование способов изображений. Чертежи многочисленных русских строителей и изобретателей приближаются по своему виду к современным чертежам. Таков, например, чертеж молотовой фабрики Ф. Санникова, относящийся к 1741 г. (рис. 2).

Широко известны чертежи первой заводской паровой машины, изобретенной И. И. Ползуновым в 1763 г., чертежи механика-самоучки И. П. Кулибина. В области строительства зданий известны чертежи замечательных русских архитекторов В. И. Баженова, М. Ф. Казакова и др.

Исторические сведения о развитии начертательной геометрии, являющейся теоретической основой черчения, изложены в начале второго раздела книги.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ

Глава I

МАТЕРИАЛЫ, ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

§ 1. МАТЕРИАЛЫ, ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Для выполнения чертежей применяют плотную чертежную бумагу, со слегка шероховатой поверхностью. Эту бумагу изготовляют в соответствии с ГОСТ 597—73. Для выполнения чертежей, обводимых тушью, можно использовать бумагу с глянцевой поверхностью, однако подготовка чертежа карандашом на ней затруднена. Для копировальных работ применяют прозрачную бумагу — кальку (ГОСТ 892—70). Миллиметровую бумагу (ГОСТ 334—73) применяют для расчетно-графических работ, а также в топографическом и строительном черчении.

Чертежные карандаши маркируются в зависимости от твердости их стержней. Для подготовки чертежа применяют карандаши марок 2Т и Т, для обводки — ТМ и М, для рисования — М и 2М. Чем более шероховата поверхность бумаги, тем тверже надо выбирать карандаш. Карандаши некоторых стран маркируются буквами Н и В с соответствующими числовыми указателями твердости или мягкости; карандаш средней твердости маркируется буквами НВ. Карандаши затачивают на длину до 25 мм с конца, противоположного тому, на котором расположена надпись. Пишущий стержень выпускают из деревянной оправы на длину до 8 мм. Для работ по подготовке чертежа стержень затачивают на конус или срезают наискось (в циркуле). Мягкие карандаши для обводки чертежей чаще затачивают в виде лопатки, что позволяет получать линии одинаковой толщины.

Для выполнения некоторых чертежей нужна тушь. Тушь надо предохранять от высыхания, закрывая флакон пробкой, и от охлаждения до температуры $+5^{\circ}$ и ниже. Морозоустойчивая тушь сохраняется и при более низких температурах; критическая температура для такой туши указывается на флаконе. Загустевшую тушь можно разбавить нашатырным спиртом или охлажденной кипяченой водой. Жидкая тушь иногда расплывается на бумаге низкого качества; в таких случаях тушь делают более густой, добавляя в нее небольшое количество сахара.

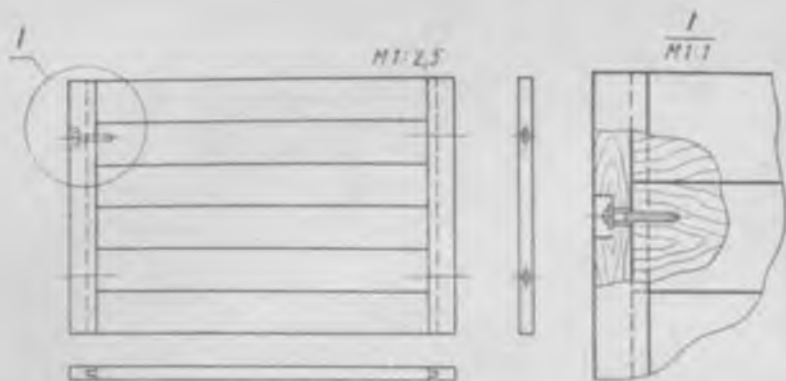


Рис. 3. Чертежная доска

В зависимости от размеров листов чертежной бумаги ГОСТ 6671—70 устанавливает размеры чертежных досок. Чертежная доска № 2 с размерами 1000 × 650 мм представляет собой деревянный щит (рис. 3), собранный из продольных дощечек на клею, скрепленных торцовыми наружными планками. Продольные дощечки обычно готовят из ольхи или липы, а торцовые планки — из более твердых лиственных пород. Ширину дощечек щита выбирают в пределах от 40 до 120 мм; торцовые планки изготавливают шириной 60—65 мм. Высоту гребня в шпунтовом соединении принимают в пределах от 10 до 15 мм. Отверстия под шурупы в торцовых планках должны быть овальной формы для того, чтобы обеспечить возможность перемещения шурупов при деформации щита в результате усыхания или набухания древесины. Толщина досок должна быть 20 мм.

Для успешной и быстрой работы, т. е. для выполнения надписей стандартным шрифтом, для нанесения штриховки и т. д., учащимся полезно иметь различные чертежные приспособления и приборы. О применении подобных приспособлений будет сказано в соответствующих местах курса. Простейшие приспособления полезно конструировать и изготавливать своими силами.

§ 2. ЧЕРТЕЖНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИ

Для проведения на чертеже линий разного направления применяют рейсшину и угольник. По рейсшине чаще проводят горизонтальные параллельные линии. Обычная рейсшина представляет собой длинную линейку, на одном конце которой укреплены поперечные планки, составляющие головку рейсшины (рис. 4, а); нижняя планка прикреплена к линейке неподвижно, верхняя планка после поворота на необходимый угол может быть закреплена с помощью винта и гайки.

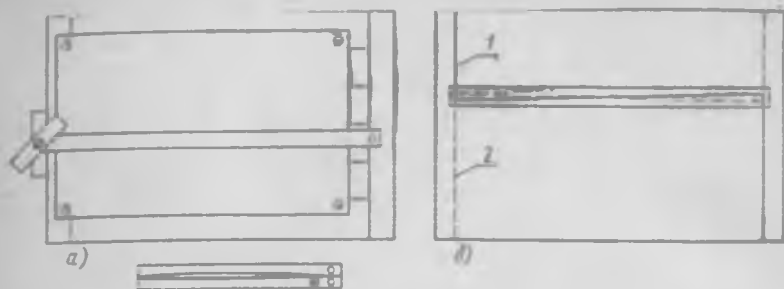


Рис. 4. Рейшины:
а — обычная; б — «плавающая»

При работе головку рейшины прижимают к левой кромке чертежной доски, что обеспечивает проведение параллельных горизонтальных линий в любом месте чертежа. Для проведения наклонных параллельных линий рейшину поворачивают обратной стороной, подвижную планку закрепляют винтом в нужном положении и, прижимая ее к левой кромке доски, проводят наклонные линии. У покупной рейшины следует проверить прямолинейность ее кромок. Проверяют тем же путем, каким и обычную линейку, т. е. проводят по линейке линию, поворачивают рейшину обратной стороной и смотрят, совпадает ли кромка линейки с только что проведенной линией. На рисунке (внизу, рис. 4, а) видно, что при проверке кромка линейки оказалась непрямолинейной (вогнутой).

Более удобна рейшина, у которой между нижней и верхней планками головки имеется зазор. При отсутствии такого зазора лист бумаги приходится прикреплять на некотором удалении от головки рейшины, чтобы обеспечить свободу перемещения угольника. Это невыгодно, так как удаленный от головки конец рейшины может давать некоторое смещение.

Для работы на чертежной доске № 2 применяют рейшину также № 2 с длиной линейки 1000 мм (ГОСТ 7286—68).

Есть рейшины с роликами на концах. Такую «плавающую» рейшину укрепляют на чертежной доске или на крышке обычного стола с помощью шнуров или капроновых нитей (рис. 4, б). Ролики имеют по две канавки; в одну из них пропускают нить 1, показанную на рисунке сплошной линией, в другую — нить 2, показанную штриховой линией. Концы шнура или нити закрепляют на верхней и нижней кромках доски или на крышке стола. При передвижении рейшины нельзя прижимать лежащие на ней нити; их иногда прикрывают деревянной планкой корытообразного профиля.

Вертикальные линии на чертеже проводят с помощью угольников (ГОСТ 5094—74). Надо иметь два угольника: один с углами 45, 45 и 90°, другой с углами 30, 60 и 90°. Одним катетом

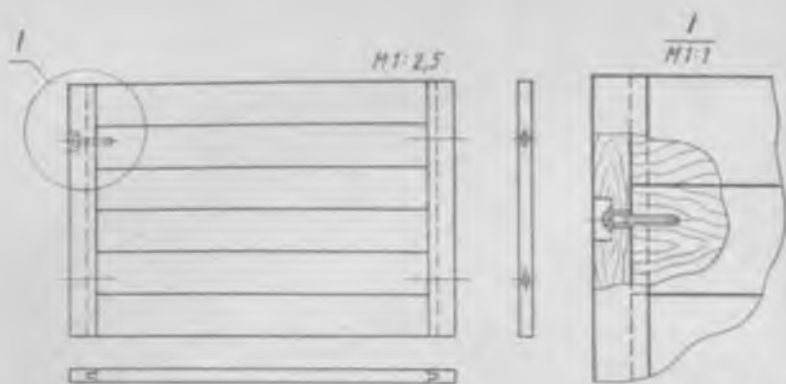


Рис. 3. Чертежная доска

В зависимости от размеров листов чертежной бумаги ГОСТ 6671—70 устанавливает размеры чертежных досок. Чертежная доска № 2 с размерами 1000 × 650 мм представляет собой деревянный щит (рис. 3), собранный из продольных дощечек на клею, скрепленных торцовыми наружными планками. Продольные дощечки обычно готовят из ольхи или липы, а торцовые планки — из более твердых лиственных пород. Ширину дощечек щита выбирают в пределах от 40 до 120 мм; торцовые планки изготавливают шириной 60—65 мм. Высоту гребня в шпунтовом соединении принимают в пределах от 10 до 15 мм. Отверстия под шурупы в торцовых планках должны быть овальной формы для того, чтобы обеспечить возможность перемещения шурупов при деформации щита в результате усыхания или набухания древесины. Толщина досок должна быть 20 мм.

Для успешной и быстрой работы, т. е. для выполнения надписей стандартным шрифтом, для нанесения штриховки и т. д., учащимся полезно иметь различные чертежные приспособления и приборы. О применении подобных приспособлений будет сказано в соответствующих местах курса. Простейшие приспособления полезно конструировать и изготавливать своими силами.

§ 2. ЧЕРТЕЖНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИ

Для проведения на чертеже линий разного направления применяют рейсшину и угольник. По рейсшине чаще проводят горизонтальные параллельные линии. Обычная рейсшина представляет собой длинную линейку, на одном конце которой укреплены поперечные планки, составляющие головку рейсшины (рис. 4, а); нижняя планка прикреплена к линейке неподвижно, верхняя планка после поворота на необходимый угол может быть закреплена с помощью винта и гайки.

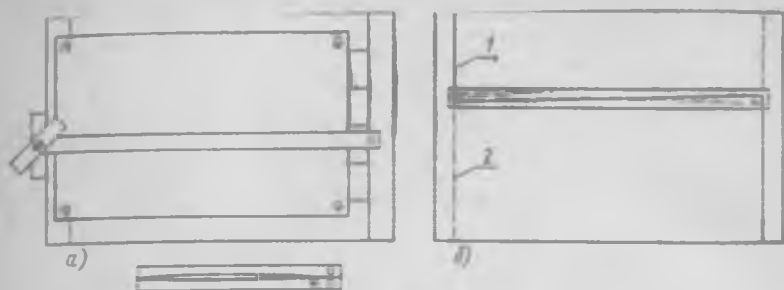


Рис. 4. Рейшины:
а — обычная; б — «плавающая»

При работе головку рейшины прижимают к левой кромке чертежной доски, что обеспечивает проведение параллельных горизонтальных линий в любом месте чертежа. Для проведения наклонных параллельных линий рейшину поворачивают обратной стороной, подвижную планку закрепляют винтом в нужном положении и, прижимая ее к левой кромке доски, проводят наклонные линии. У покупной рейшины следует проверить прямолинейность ее кромок. Проверяют тем же путем, каким и обычную линейку, т. е. проводят по линейке линию, поворачивают рейшину обратной стороной и смотрят, совпадает ли кромка линейки с только что проведенной линией. На рисунке (внизу, рис. 4, а) видно, что при проверке кромка линейки оказалась непрямолинейной (вогнутой).

Более удобна рейшина, у которой между нижней и верхней планками головки имеется зазор. При отсутствии такого зазора лист бумаги приходится прикреплять на некотором удалении от головки рейшины, чтобы обеспечить свободу перемещения угольника. Это невыгодно, так как удаленный от головки конец рейшины может давать некоторое смещение.

Для работы на чертежной доске № 2 применяют рейшину также № 2 с длиной линейки 1000 мм (ГОСТ 7286—68).

Есть рейшины с роликами на концах. Такую «плавающую» рейшину укрепляют на чертежной доске или на крышке обычного стола с помощью шнуров или капроновых нитей (рис. 4, б). Ролики имеют по две канавки; в одну из них пропускают нить 1, показанную на рисунке сплошной линией, в другую — нить 2, показанную штриховой линией. Концы шнура или нити закрепляют на верхней и нижней кромках доски или на крышке стола. При передвижении рейшины нельзя прижимать лежащие на ней нити; их иногда прикрывают деревянной планкой корытообразного профиля.

Вертикальные линии на чертеже проводят с помощью угольников (ГОСТ 5094—74). Надо иметь два угольника: один с углами 45, 45 и 90°, другой с углами 30, 60 и 90°. Одним катетом

угольник прикладывают к рейсшине, а по второму проводят линию (рис. 5, а). Вертикальные линии проводят снизу вверх (на рисунке показано стрелкой). Место чертежа, на котором проводят линию, должно быть освещено, в частности, на него не должна падать тень от угольника. Наклонные линии проводят по кромке гипотенузы угольника (рис. 5, б). Угольником с углами 45, 45 и 90° часто пользуются при нанесении штриховок; угольник с углами 30, 60 и 90° применяют для вычерчивания деталей шестиугольной формы (гайки и т. п.). Удобнее работать прозрачными угольниками.

Покупной угольник также проверяют. Для этого, пользуясь вторым угольником или линейкой, проводят прямую *a* (рис. 5, в), переворачивают угольник обратной стороной и смотрят, совпадает ли кромка того же катета с проведенной линией; в данном случае угол оказался больше 90°.

В настоящее время применяется много приспособлений и приборов, заменяющих рейсшину, угольник и транспортир. Одним из них является чертежный прибор (рис. 6). Прибор крепится с помощью кронштейна-струбцины к чертежной доске. Линейки прибора установлены под прямым углом друг к другу. Поворотом головки можно устанавливать линейки под различными углами наклона. К прибору прилагается инструкция, которой следует руководствоваться при установке и использовании прибора. Прибор позволяет экономить до 25% времени, необходимого для выполнения чертежных работ с помощью рейсшины.

Более сложными и дорогими приспособлениями являются чертежные станки различных заводов, например чертежный станок завода «Киевполиграфмаш».

Чертежные инструменты для проведения окружностей, обводки линий тушью, измерения длин линий продаются в виде набора, называемого готовальней. Для выполнения чертежных работ следует приобрести готовальню У14 или У15; можно обойтись и готовальней У10. На рис. 7 показана готовальня из 14 предметов.

Для правильного пользования готовальней нужно знать следующее.

При постановке пишущего стержня в карандашную вставку (ножку) во время завинчивания муфты он иногда ломается. Это объясняется тем, что взятый стержень толст; надо взять другой или обстругать первый. Если стержень тонок, то перед постановкой его можно обернуть тонкой бумагой. По мере исписывания стержня общую длину ножки циркуля можно регулировать путем выдвигания карандашной вставки, не отвинчивая каждый раз муфту и не выдвигая пишущий стержень. Если карандашная или игольная ножки шатаются, несмотря на сильное завинчивание гайки винта, то надо вынуть ножку и слегка обжать держатель. После этого даже легкое завинчивание гайки удерживает ножку. Сильное завинчивание гайки может привести к срыву

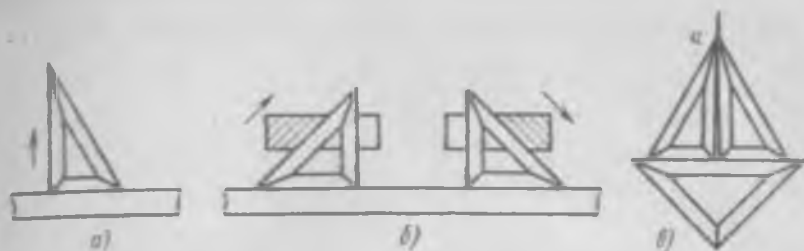


Рис. 5. Пользование угольником

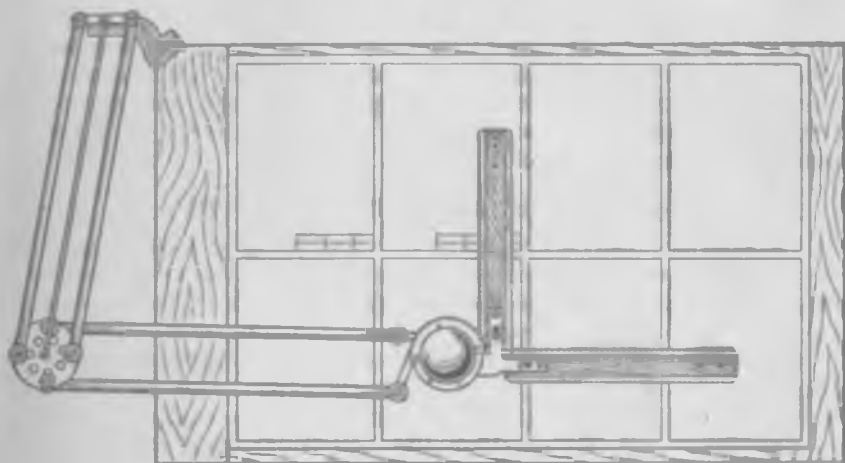


Рис. 6. Чертежный прибор

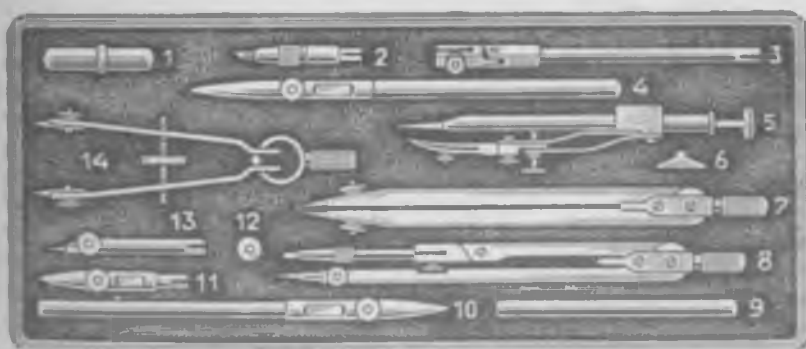


Рис. 7. Готовальня:

1 — перо; 2 — карандашная ножка к чертежному падающему кронциркулю; 3 — удлинитель к чертежному циркулю; 4 — рейсфедер линейный; 5 — кронциркуль падающий с рейсфедером; 6 — отвертка; 7 — разметочный циркуль; 8 — циркуль чертежный с карандашной вставкой; 9 — ручка-удлинитель; 10 — рейсфедер линейный; 11 — рейсфедер к чертежному циркулю; 12 — центрик; 13 — ножка игольная к чертежному циркулю; 14 — измеритель

ее резьбы. Если ножки циркуля сбиваются при проведении окружностей, то им надо придать более тугое перемещение путем завинчивания с помощью отвертки верхнего винта. При проведении окружностей циркуль слегка наклоняют в сторону движения. Окружности значительного радиуса проводят, используя шарниры и устанавливая обе ножки циркуля перпендикулярно к плоскости чертежа. Если рейсфедер циркуля не пишет, то это значит, что не обе его створки касаются бумаги. Для того чтобы они касались, нужно повернуть нижнюю часть ножки в шарнире или изменить положение иглы. Высоту столбика туши в рейсфедере следует поддерживать на уровне 4—6 мм. Время от времени надо очищать рейсфедер и наполнять его заново. Винт рейсфедера нельзя завинчивать туго; при малом расстоянии между створками тушь быстро засыхает и рейсфедером трудно писать. Затупившиеся створки затачивают на оселке. Для этого их сближают и затачивают с наружных сторон.

§ 3. ПРИЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

Различают две стадии выполнения чертежа: подготовку карандашом и обводку его карандашом или тушью. Подготовка заключается в построении всех фигур чертежа и надписей тонкими линиями остро очиненным твердым карандашом.

Построения начинают с проведения осевых линий, являющихся осями симметрии изображения. Если в дальнейшем предполагают чертеж обводить тушью, то для ускорения работы осевые линии проводят тонкими сплошными. Если чертеж предстоит обводить карандашом, то осевые линии сразу проводят тонкими штрихпунктирными.

Для откладывания длин отрезков на чертежах существует два приема: непосредственно по линейке со скошенными краями или же нужный размер берут предварительно с помощью циркуля-измерителя. Местоположение точки отмечают легким уколом иглы измерителя; для лучшей видимости точку «накалывают» карандашом, для этого острие карандаша ставят в нужную точку и, держа карандаш вертикально, поворачивают его. Также поступают, когда надо отметить точку, полученную в результате пересечения двух засечек, сделанных циркулем. При этом, «наколов» точку, засечки стирают. Иногда вместо «наколки» точек их обводят маленькими кружками. Нанесенные точки соединяют прямыми или кривыми линиями, получая контур изображения. После построения контура переходят к нанесению подробностей фигуры.

При подготовке чертежа линии проводят с легким нажимом на карандаш; это позволяет в случае ошибки стереть линию и провести ее в новом месте. Избегают проведения лишних линий, длинных засечек и т. п. При подготовке чертежа стараются реже пользоваться резинкой; применение ее грязнит чертеж, а на поврежденную поверхность бумаги плохо ложится тушь.

Закончив построение чертежа, его тщательно проверяют. При этом следят за тем, чтобы на чертеже не было неправильно проведенных и лишних линий. Стирание таких линий, обведенных тушью, приносит много хлопот, отнимает время, а иногда ведет к переделке всего чертежа.

Линии, не подлежащие обводке, зачеркивают карандашом; стирают их позднее, после окончания всей обводки. Если чертеж будет обводиться карандашом, то лишние линии лучше убрать до обводки чертежа.

Большинство чертежей в производственных условиях обводятся карандашом. Тушью обводят преимущественно чертежи, предназначенные для размножения путем фотографирования или светокопирования. В последнем случае чертеж выполняют тушью на прозрачной бумаге — кальке. Обводка на кальке значительно труднее, чем на обычной чертежной бумаге. Выбирая лист бумаги, следует провести на ней тушью несколько линий, при этом тушь не должна расплываться. На глянцевої бумаге (так же, как и на кальке) обводить линии труднее, чем на обычной чертежной бумаге, имеющей шероховатую поверхность. Кроме того, последняя более удобна при подчистке на ней неправильно проведенных линий.

Обводку следует вести широким фронтом, т. е. сначала проводят горизонтальные линии на всех изображениях данного формата, затем все вертикальные линии, все наклонные линии одного направления и т. д. Закончив обводку сплошных линий, в той же последовательности обводят штриховые, сплошные тонкие и штрихпунктирные линии. Иногда считают, что обводку чертежей следует начинать с осевых и центровых линий. Вообще возможен и такой порядок обводки. Однако он имеет определенный недостаток: проведенные тушью линии скрывают центры окружностей и дуг и их приходится разыскивать на чертеже.

Закончив обводку, чертеж проверяют вторично. На этот раз проверяют, полностью ли обведены линии, не проведены ли лишние линии, везде ли нанесены стрелки размерных линий, нанесены ли все необходимые размеры и т. д. Каждый вопрос при этом решают отдельно. Такая система проверки позволяет избежать пропуска ошибок.

Обводка карандашом имеет свои особенности. Первая особенность заключается в том, что при обводке карандашом трудно сохранить чистоту чертежа из-за невозможности вычистить резинкой все поле чертежа (можно почистить только части поля, не занятые изображениями). Таким образом, подготовку чертежа, который предполагают обводить карандашом, следует делать более тщательно, соблюдая чистоту и избегая проведения всяких лишних линий. Вторая особенность заключается в трудности проведения линий одинаковой толщины и черноты для прямых линий и окружностей: часто циркульные кривые получаются менее черными, чем прямые линии и лекальные кривые. Объясняется

это тем, что на пишущий стержень, поставленный в циркуль, нельзя нажать так сильно, как на карандаш. Поэтому в циркуль обычно ставят пишущий стержень от более мягкого карандаша.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Карандаши какой твердости применяют при подготовке чертежей, обводке и рисовании?
2. В каком направлении следует проводить линии по рейсшину и угольнику?
3. Проверьте Ваши инструменты — рейсшину и угольник.
4. В чем преимущества чертежного прибора? Как им пользуются?
5. Для чего служит верхний винт циркуля?
6. Прочитайте указания о пользовании циркулем, напалните рейсфедер тушью и поучитесь проводить им линии разной толщины.
7. В какой последовательности следует вести подготовку чертежа?

Глава II

ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

§ 4. ФОРМАТЫ ЛИСТОВ

Правила и нормы составления и оформления чертежей сосредоточены в государственных стандартах (ГОСТах), объединенных в 1968 г. в сборники «Единая система конструкторской документации» (ЕСКД).

В целях экономного расходования бумаги и удобства хранения чертежей ГОСТ 2.301—68 обязывает выполнять чертежи на листах стандартных размеров (табл. 1).

Таблица 1

Основные форматы листов

Обозначение формата	44	24	22	12	11
Размеры сторон формата в мм	1189×841	594×841	594×420	297×420	297×210
Соответствующее обозначение потребительского формата бумаги по ГОСТ 9327—60 (для справок)	A0	A1	A2	A3	A4

Площадь формата 44 с размерами сторон 1189×841 мм равняется 1 м². Другие основные форматы получают путем последовательного деления его на две равные части параллельно меньшей стороне соответствующего формата. Обозначения форматов со-

ставляются из двух цифр (или чисел), первая из которых указывает кратность одной стороны формата величине 297 мм (точнее 297,25 мм), а вторая — кратность другой стороны величине 210 мм (210,25 мм). Так, например, в обозначении формата 24 цифра 2 позволяет определить ширину листа ($2 \times 297 \text{ мм} = 594 \text{ мм}$), цифра 4 — длину листа ($4 \times 210,25 \text{ мм} = 841 \text{ мм}$). Произведение цифр, составляющих обозначение формата, позволяет определить количество форматов 11, содержащихся в данном формате ($2 \times 4 = 8$ форматов 11).

Если соединить два основных формата 11 длинной стороной, то получится основной формат 12; если соединить три формата 11, то получится дополнительный формат 13; если соединить четыре формата 11, то получится дополнительный формат 14. По этому принципу образуются и другие дополнительные форматы: 15, 16, 17, 18, 19, 1.10, 1.11 и т. д.; 23, 25, 26, 27, 28, 29, 2.10, 2.11 и т. д.; 32, 42, 52, 62, 72, 82, 92, 10.2, 11.2 и т. д.; 34, 54, 64, 74, 84, 94, 10.4, 11.4 и т. д.; 45, 46, 47, 48 и т. д.

В строительной документации к обозначению форматов допускается 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 12В, 12Г.

Для документов учета допускается применение форматов, образованных путем последовательного деления формата 11 (297×210).

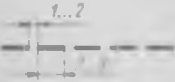
§ 5. ЛИНИИ ЧЕРТЕЖА

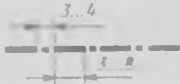
Государственный стандарт ГОСТ 2.303 — 68 устанавливает следующие наименования линий: 1) сплошная основная; 2) сплошная тонкая; 3) сплошная волнистая; 4) штриховая; 5) штрихпунктирная тонкая; 6) штрихпунктирная утолщенная; 7) разомкнутая; 8) сплошная тонкая с изломами.

Толщина сплошной основной линии s должна выбираться в пределах от 0,6 до 1,5 мм в зависимости от величины и сложности изображения, назначения и формата чертежа. Толщину и вид других линий следует выбирать по табл. 2.

Концы разомкнутой линии для сложных разрезов и сечений разрешается соединять тонкой штрихпунктирной линией. Толщина линий рамки чертежа выбирается в пределах от $s/2$ до s . Внешнюю рамку чертежа (границы форматов) выполняют тонкой сплошной линией. Штрихпунктирные линии должны заканчиваться штрихами, а не точками. Центры окружностей должны отмечаться пересечением штрихов. Для окружностей небольшого диаметра (до 12 мм) центровые линии допускается проводить тонкими сплошными. Точки в штрихпунктирных линиях следует наносить одновременно с проведением штрихов.

Виды линий

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине сплошной основной линии	Основное назначение
1. Сплошная основная		s	Линии видимого контура. Линии перехода видимые. Линии контура сечения (вынесенного и входящего в состав разреза)
2. Сплошная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Линии контура наложенного сечения. Линии размерные и выносные. Линии штриховки. Линии-выноски. Полки линий-выносок. Линии для изображения пограничных деталей («обстановка»). Линии ограничения выносных элементов на видах, разрезах и сечениях. Линии перехода воображаемые. Линии сгиба на развертках. Оси проекций, следы плоскостей, линии построения характерных точек при специальных построениях
3. Сплошная волнистая			Линии обрыва. Линии разграничения вида и разреза
4. Штриховая			Линии невидимого контура. Линии перехода невидимые
5. Штрихпунктирная тонкая			Линии осевые и центровые. Линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений. Линии для изображения частей изделий в крайних или промежуточных положениях. Линии для изображения развертки, совмещенной с видом

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине сплошной основной линии	Основное назначение
6. Штрихпунктирная утолщенная		От $\frac{s}{2}$ до $\frac{2}{3} s$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию. Линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная проекция»)
7. Разомкнутая		От s до $1 \frac{1}{2} s$	Линии сечений
8. Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Длинные линии обрыва

На занятиях по черчению выполняются сравнительно некрупные чертежи. При обводке карандашом толщину обводки основных линий можно выбирать в пределах 0,7 . . . 0,8 мм, длину штрихов в штриховых линиях рекомендуется принимать равной 5 . . . 6 мм, а в штрихпунктирных линиях — 12 . . . 15 мм. Расстояния между штрихами принимают по табл. 2.

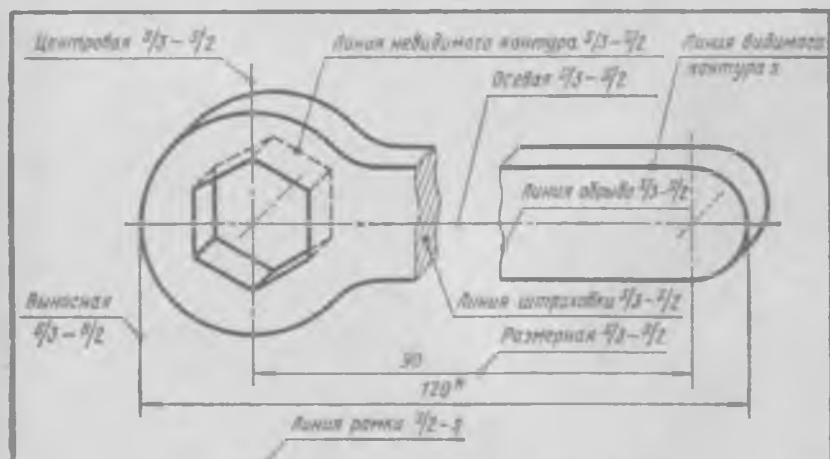


Рис. 8. Применение различных видов линий

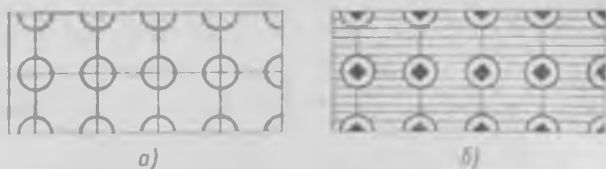


Рис. 9. Вычерчивание орнаментов:

а — подготовка; б — обводка

От правильного выбора видов линий, соблюдения постоянной толщины обводки, длины штрихов и промежутков между ними, от аккуратности проведения линий зависит качество выполняемого чертежа. Полезно изготовить для себя образцы линий разного вида и толщины. Постепенно глаз научится оценивать толщину и расстояния достаточно точно и образцы будут не нужны.

Пример чертежа с различными видами линий приведен на рис. 8. Деталь изображена на чертеже с разрывом, что заставило применить сплошную волнистую линию — линию обрыва. Невидимые для наблюдателя части детали начерчены штриховыми линиями. Центровые и осевые начерчены штрихпунктирными линиями и т. д.

Для упражнения в проведении линий разной толщины нередко вычерчивают орнаменты — украшения, состоящие из геометрических фигур. Орнаменты довольно часто встречаются в строительной технике, например, при облицовке стен, настиле паркета и т. п. Для того чтобы правильно выполнить орнамент, изучают его рисунок: находят центры окружностей, выясняют чередование фигур и т. д., наносят на лист рисунок орнамента (рис. 9, а), зачеркивают лишние линии, проверяют и обводят его (рис. 9, б).

§ 6. НАДПИСИ НА ЧЕРТЕЖАХ

Еще в школе каждому приходилось писать чертежным шрифтом. При выполнении надписей главными недостатками обычно являются: 1) смесь прописного и строчного шрифтов; 2) не совсем правильная конструкция (начертание) букв; 3) потеря наклона при письме отдельных букв; 4) неровность обводки букв и цифр. Устранить отмеченные недостатки можно путем дополнительного изучения материала и приобретения навыков уверенного и четкого письма.

ГОСТ 2.304—68 «Шрифты чертежные» устанавливает чертежные шрифты для надписей, которые наносятся от руки на чертежи, и другие технические документы всех отраслей промышленности и строительства. Стандарт устанавливает следующие размеры шрифтов: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40. Размеры шрифтов определяются высотой h прописных букв в миллиметрах.

Прописные буквы

А Б В Г Д Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т

У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я

Строчные буквы

а б в г д е ж з и й к л м н о п р с

т у ф х ц ч ш щ ъ ы ь э ю я

Арабские цифры

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Римские цифры

I II III IV V VI VII VIII IX X L C D M

Рис. 10. Основной шрифт

Надписи могут составляться из одних прописных букв; в этом случае первая буква должна иметь ту же высоту, что и остальные. Исключение из последнего правила допускается при оформлении строительной документации. Более мелкие надписи рекомендуется составлять из строчных букв, при этом первая буква в начале предложения пишется как прописная, но без утолщения обводки. Допускается писать ее такой же ширины, какую имеют строчные буквы. Цифры, встречающиеся в тексте, должны иметь высоту прописных букв (рис. 10).

Размеры букв и цифр, толщину их линий, расстояния между буквами, словами и строками следует брать из табл. 3, в которой *h* обозначает высоту цифр и прописных букв.

Нижние и боковые отступки букв Д, Ц, Щ, Ъ, цифры 4 и верхний знак буквы Й должны выполняться за счет промежутков между строками и буквами.

Наклон букв к основанию строки должен быть около 75°. Такой наклон при работе с обыкновенной или «плавающей» рейс-

Размеры букв и цифр

Определяемая величина	Обозначение	Соотношение размеров	Размеры шрифта в мм					
			2,5	3,5	5	7	10	14

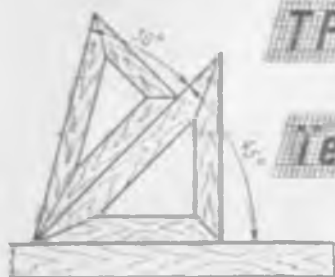
1. Прописные буквы и цифры:								
высота букв и цифр . . .	h	—	2,5	3,5	5	7	10	14
ширина букв и цифр, кроме букв А, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю и цифры 1	b	$4/7h$	1,4	2	2,8	4	5,7	8
то же, для широкого шрифта	$b_{ш}$	$5/7h$	1,8	2,5	3,6	5	7	10
ширина букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю . . .	b_1	$6/7h$	2,1	3	4,3	6	8,6	12
то же, для широкого шрифта	$b_{1ш}$	h	2,5	3,5	5	7	10	14
ширина букв А, М . . .	b_2	$5/7h$	1,8	2,5	3,6	5	7	10
ширина букв А, М для широкого шрифта . . .	$b_{2ш}$	$6/7h$	2,1	3	4,3	6	8,6	12
ширина цифр 1 . . .	b_3	$2/7h$	0,7	1	1,4	2	2,9	4
2. Строчные буквы:								
высота букв, кроме букв в, д, р, у, ф	h_1	$5/7h$	—	2,5	3,6	5	7	10
высота букв в, д, р, у, ф	h	—	—	3,5	5	7	10	14
ширина букв, кроме букв ж, м, т, ф, ш, щ, ы, ю . . .	b_4	$3/7h$	—	1,5	2,1	3	4,3	6
то же, для широкого шрифта	$b_{4ш}$	$4/7h$	—	2	2,8	4	5,7	8

Определяемая величина	Обозначение	Соотношение размеров	Размеры шрифта в мм					
			2,5	3,5	5	7	10	14
ширина букв ж, т, ф, ш, щ, ы, ю	b_b	$5/7h$	—	2,5	3,6	5	7	10
то же, для широкого шрифта	$b_{bш}$	$6/7h$	—	3	4,3	6	8,6	12
ширина букв ы, м	b_m	$4/7h$	—	2	2,8	4	5,7	8
то же, для широкого шрифта	$b_{mш}$	$5/7h$	—	2,5	3,6	5	7	10
3. Толщина линий букв и цифр	s	$1/7+$ $1/10h$	$0,4+$ $+0,25$	$0,5+$ $+0,35$	$0,7+$ $+0,5$	$1+$ $+0,7$	$1,4+$ $+1$	$2+$ $+1,4$
4. Высота индексов, показателей степени, предельных отклонений . . .	h_z	0,5— 0,7h, но не менее 2,5 мм	2,5	2,5	$2,5+$ $+3,5$	$3,5+$ $+5$	5+7	7+10
5. Расстояние между буквами и цифрами . . .	A	$2/7h$	0,7	1	1,4	2	3	4
6. Расстояния между словами и числами . . .	A_1	Не менее ширины букв текста						
7. Расстояния между основаниями строк . . .	A_2	Не менее 1,5h	3,8	5,3	7,5	10,5	15	21

шиной достигают прикладыванием к ней угольников с углами 45 и 30° (рис. 11), а при работе с механической рейсшиной — поворотом головки на угол 75°.

При кажущемся увеличении промежутков между некоторыми прописными буквами эти промежутки следует уменьшать до размера, равного толщине линий букв и цифр. Уменьшать промежутки следует при сочетании букв, имеющих неполный по ширине низ или верх: Г и А, Р и А, Т и А, Г и Л и т. п. Этим указанием можно пользоваться также при сочетании прописных букв со строчными, например, в словах: *Телефон, Рама, Гайка* (рис. 11).

При обозначении величин углов и в других случаях применяются буквы латинского и греческого алфавитов (рис. 12). Начертание некоторых из них отличается от начертания сходных



ТРАКТОР ГАЙКА

Телефон Рама Гайка

ТРАКТОР

Рис. 11. Сближение некоторых букв

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S

T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

Α α Β β Γ γ Δ δ Ε ε Ζ ζ Η η Θ θ Ι ι Κ κ

Альфа Бета Гамма Дельта Эpsilon Дзета Зта Тэта Иота Каппа

Λ λ Μ μ Ν ν Ξ ξ Ο ο Π π Ρ ρ Σ σ Τ τ

Ламбда Мю Ню Кси Омикрон Пи Ро Сигма Тау

Υ υ Φ φ Χ χ Ψ ψ Ω ω

Иpsilon Фи Хи Пси Омега

Рис. 12. Латинский и греческий алфавиты

букв русского алфавита, что позволяет различать язык, на котором сделаны надписи.

Усвоение правильного написания стандартного шрифта надо начинать с изучения конструкции букв и цифр. Каждая буква может быть вписана в параллелограмм указанных в табл. 3 размеров. Начинать подготовку следует с написания наиболее простых букв, состоящих из прямых линий. Эти линии или совпадают



Рис. 13. Приемы написания букв

со сторонами параллелограммов, как у букв Г, П, Ц и др., или параллельны им (у букв Н, Ш, Щ), или являются диагоналями параллелограммов, как у букв М и Х. Несколько труднее пишутся буквы А, К, Ж. Горизонтальная линия у буквы А проводится на уровне второй горизонтальной линии сетки. Верхние наклонные линии у букв К, Ж присоединяют также на уровне второй горизонтальной линии; нижние наклонные прямые направляют по диагоналям одного или двух параллелограммов. Буквы Л и Д пишутся одинаково, с небольшим кривым участком в левой верхней части; у буквы Д, кроме того, имеются отростки, идущие в стороны и вниз. Примерно одинаковое начертание имеют буквы Р, Б, Ъ и др. Округлая часть этих букв имеет высоту, равную $4/7h$; у буквы Я наклонную черту проводят в направлении диагонали. К этой группе букв можно отнести открытые сверху буквы У и Ч.

Наиболее трудны для написания буквы последней группы, в которой используются элементы буквы О. К этой группе букв относится большинство строчных букв. Надо научиться рациональным приемам написания этих букв. В отличие от каллиграфического письма стандартные буквы чертежного шрифта не выполняют без отрыва пера; их пишут в два или три приема, как показано на рис. 13; стык двух половин буквы О делают вверху и внизу или же слева и справа (на разной высоте).

Наименования, заголовки, обозначения в основной надписи и на поле чертежа допускается писать без наклона (рис. 11, внизу). Не допускается писать без наклона буквы греческого алфавита.

Помимо основного шрифта для русского и латинского алфавитов допускается применять широкий шрифт для цифр, прописных и строчных букв.

Первоначально надписи выполняют в такой последовательности: а) решают вопрос о размещении надписи при выбранном размере шрифта; б) наносят сетку, состоящую из параллелограммов; в) заполняют сетку соответствующими буквами, не проводя двойных линий; г) проверяют текст и обводят надпись тушью или мягким карандашом.

Для решения вопроса о размещении надписи, например выполняемой шрифтом, подсчитывают количество букв в заданном тексте. Ширина большинства прописных букв для этого шрифта равна $5/7h$, расстояние между буквами $2/7h$. Таким образом, общая ширина одной буквы и одного промежутка равна $5/7h + 2/7h = h$. Минимальное расстояние между словами также равно h . Предварительный расчет ведут без учета широких и узких букв и цифр. Суммируют количество букв и промежутков между словами, умножают полученную сумму на величину размера h выбранного шрифта и получают общую длину надписи. Если место для надписи на чертеже меньше полученной величины, то берут следующий меньший размер шрифта или планируют размещение надписи в несколько строк.

Пусть требуется разместить на поле формата 11 обычной страницы (297×210 мм) текст известного мичуринского выражения: «Мы не можем ждать милостей от природы: взять их у нее — наша задача!». Подсчитывают количество букв в словах и количество промежутков между словами. Букв в тексте 52, промежутков между словами 12, всего $52 + 12 = 64$. При шрифте размера 10 общая длина надписи составит приблизительно 64×10 мм = 640 мм. Ширина страницы 210 мм, следовательно, надпись размера 10 придется разместить не менее, чем в трех строках. Учитывая, что с обеих сторон надписи необходимо оставить по 10—15 мм, надпись следует разместить в четырех строках (рис. 14). В четвертой, неполной строке размещают фамилию автора цитаты. Подобным приемом рассчитывают содержание каждой строки, избегая переносов слов. Ширина большинства строчных букв равна $4/7h$, расстояние между ними — $2/7h$. При 64 буквах и промежутках между словами надпись строчного шрифта 10 имела бы длину, несколько меньшую: $64 \times 10 \times 6/7 \approx 548$ мм. Такая надпись разместилась бы в трех строках. Аналогично рассчитывают надписи

м ы н е м о ж е м ж д а т ь
~~МЫ НЕ МОЖЕМ ЖДАТЬ~~

**„МЫ НЕ МОЖЕМ ЖДАТЬ
 МИЛОСТЕЙ ОТ ПРИРОДЫ:
 ВЗЯТЬ ИХ У НЕЕ—НАША
 ЗАДАЧА!“**

И. В. Мичурин.

Рис. 14. Размещение надписей

для основного прописного и строчного шрифтов, используя формулы $4/7h + 2/7h = 6/7h$ и $3/7h + 2/7h = 5/7h$.

Следующим этапом в работе является нанесение сетки. Разметку ширины букв и промежутков между ними делают с помощью мерительной линейки со скошенными краями или с помощью полоски бумаги, на которой нанесена ширина букв и расстояния между ними. Прежде чем начинать разметку, в тексте выявляют широкие буквы и случаи необходимого сближения букв. Если этого не сделать заранее, то кропотливая работа по разметке надписи может оказаться проделанной впустую. В части надписи «Мы не можем ждать . . .» кружками помечены семь широких букв; случаев сближения букв в надписи нет. Сверху каждого параллелограмма для контроля надписывают соответствующую букву.

Заполнение сетки буквами показано в верхней строке. Как видно, оно отнимает очень мало времени, так как большинство линий букв нанесено при подготовке сетки. Для буквы М надо провести диагонали параллелограмма, для буквы Ы нарисовать округлую часть буквы, для букв Н и Е провести горизонтальные линии и т. д.

Наиболее ответственная часть работы — обводка букв. Обводку тушью делают с помощью стеклянных трубочек, специальных или обыкновенных перьев (для некрупных шрифтов). Прежде чем обводить надпись на чертеже, надо потренироваться на отдельном листе бумаги. При обводке карандашом нужно научиться вращать его после проведения нескольких штрихов, чтобы пишущий стержень все время имел симметричную форму и давал бы линии одинаковой толщины.

Изложенная последовательность выполнения надписей относится к начальному периоду в освоении надписей. По мере приобретения навыков появляется возможность отказаться от выполнения сетки. В этот период надписи выполняют, пользуясь двумя горизонтальными прямыми и редкими наклонными линиями, которые играют роль ориентиров. В дальнейшем отказываются и от наклонных линий. Горизонтальные прямые, определяющие высоту шрифта, при выполнении надписи карандашом проводят каким-нибудь не очень острым предметом (тупой иглой), чтобы после выполнения надписи эти линии не стирать. Более подробные указания о выполнении надписей имеются в специальной литературе *.

К периоду выполнения последних работ по черчению надо овладеть «свободным письмом», т. е. научиться выполнять надписи без какой-либо предварительной подготовки.

Одной из первых работ является заполнение основной надписи чертежа. Согласно ГОСТ 2.104—68 основную надпись чертежа следует помещать в правом нижнем углу листа в рамке,

* Пугачев А. С. и Никольский Л. П. Надписи на чертежах. — Л.: Судостроение, 1976.

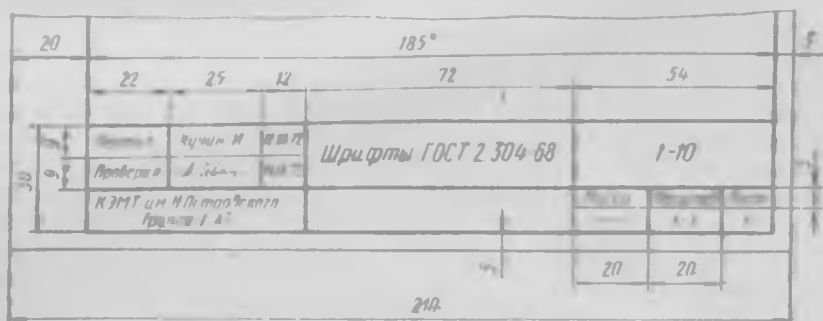


Рис. 15. Пример упрощенной надписи чертежа

непосредственно примыкающей к главной рамке чертежа. Надпись должна содержать: наименование детали, изображенной на чертеже, обозначение ее материала, сведения о массе детали, масштаб чертежа, порядковый номер листа, сведения о том, где, кем и когда изготовлен данный чертеж, кто проверил чертеж и когда, за каким номером чертеж выпущен в производство и т. д.

В учебных заведениях при выполнении чертежей геометрического и проекционного черчения целесообразно применять более простую форму надписи № 2 по ГОСТ 5293—60, рекомендованную в свое время для изделий вспомогательного производства. В учебных целях можно несколько увеличить размеры граф этой формы (рис. 15).

Тонкими линиями изображены границы формата. Звездочка, поставленная справа сверху от размера 185, показывает, что этот размер является справочным, суммирующим нижестоящие размеры. Шифр, помещенный в верхней правой графе, означает: задание 1, вариант задания 10. Название чертежа рекомендуется писать шрифтом 7 или 5. Остальные надписи — шрифтом 3,5. Фамилии с большим количеством букв следует писать в две строки. Оценка проставляется в графе с подписью преподавателя.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Перечислите основные виды линий, применяющихся в технических чертежах.
2. Каких правил придерживаются при проведении штриховых и штрихпунктирных линий?
3. В каких случаях применяют утолщенные штрихпунктирные линии и как их проводят?
4. Смотря на прописные и строчные буквы алфавита, установите, какие буквы имеют одинаковое очертание в том и другом шрифтах.
5. В какой последовательности рекомендуется осваивать стандартный шрифт?
6. Подготовьте и обведите тушью надпись «Научно-технический прогресс»; размер шрифта 7, прописной и строчной.
7. Потренируйтесь в написании букв латинского и греческого алфавитов.

Одним из важных элементов обучения является контроль знаний учащихся, который должен быть постоянным, своевременным, интересным для учащихся, не обременительным для преподавателя (автоматическим с помощью контролирующих машин или перфокарт). Такой вид контроля уже больше десятилетия успешно применяется во многих вузах и техникумах страны. Материалы автоматизированного контроля по начертательной геометрии и техническому черчению неоднократно публиковались в учебной и методической литературе [8, 10, 15, 17] и др. Важно, чтобы подобные материалы использовались наиболее широко: а) для самоконтроля; б) для контроля по разделам курса; в) для опроса учащихся с многократным использованием карточек; г) в процессе приема зачетов (экзаменов) в качестве дополнительного контроля к конструктивно решаемым задачам. Такое широкое использование материалов автоматизированного контроля возможно в том случае, когда они будут опубликованы большим тиражом и будут иметься в распоряжении каждого учащегося.

В «Курсе черчения» предлагаются к использованию 60 карт, в каждой карте имеется по четыре карточки-билета. Таким образом, имеется всего 240 карточек. В конце большинства глав приведено по две карты, т. е. по восемь карточек. По некоторым сложным темам разработано по четыре и даже по шесть карт (гл. VIII, XI, XII, XVII и XXVII).

Изучая и закрепляя материал к главе, учащийся знакомится с вопросами, помещенными в карточках, находит ответы на них, составляя при этом четырехзначный код, например, 4 1 2 3, что значит: для первой карточки, по мнению учащегося, ответом является четвертая запись, для второй карточки — первая, для третьей — вторая и для четвертой — третья запись. В рабочей тетради отводится страница, где учащийся последовательно записывает коды для каждой карты. Преподаватель при просмотре рабочих тетрадей контролирует работу учащихся, проверяя правильность кодов.

В ходе этой проверки преподаватель должен обратить внимание учащихся на то, что ответы в карточках могут быть замаскированы с помощью других обозначений или чисел, близких или внешне похожих на ответ; на то, что наряду с полными ответами могут быть приведены неполные ответы и что ответ должен быть дан полным. Следует подчеркнуть и то, что работа с карточками заставляет учащихся думать, анализировать. Хорошим примером этого является вторая карточка карты 27. При ответе у учащегося возникает ряд вопросов:

- В каком случае может образоваться окружность?
- В каком случае прямоугольник?
- Когда образуется часть эллипса?

И, наконец: когда образуется полный эллипс?



Рис. 16. Комплект карточек с перфокартой

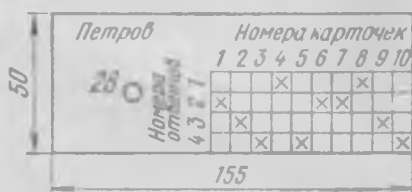


Рис. 17. Перфокарта

Разрешая вопросы один за другим, учащийся находит ответ. Следует подчеркнуть и то, что работа над карточками учит проверять чертежи, находить ошибки. В результате учащиеся быстрее находят ошибки и в собственных чертежах.

Полезно указать на объективность оценки знаний учащихся в процессе автоматизированной проверки. Пенять, как говорится, не на кого, сам не доработал!

Вопросы, предлагаемые в карточках, достаточно просты. Ответы на большинство из них имеются в тексте книги, поэтому специальной страницы «Ответов» в книге нет.

Указания для преподавателей. Для проведения проверочной работы по части курса или по всему курсу с помощью карточек последние копируются из книги и по одной наклеиваются на чертежную бумагу размера 200×60 мм; слева карточки оставляется поле для отверстия под скрепку, вокруг которой вращаются карточки (рис. 16). Скрепки изготовляют из узких полосок стали, вырезанных из консервной банки. Скрепка из такой стали может многократно сгибаться и разгибаться при перезарядках комплекта карточек. Форма скрепки показана на рисунке справа.

Размеры перфокарты 155×50 мм. В ней имеется 40 клеток для нанесения ответов: по горизонтали записаны номера десяти карточек, скрепленных между собой, по вертикали — номера четырех возможных ответов. Слева на поле преподаватель записы-

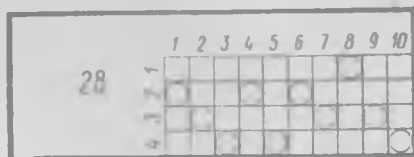
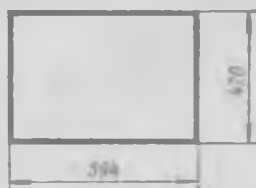


Рис. 18. Кружки ответов на кальке («ключи»)



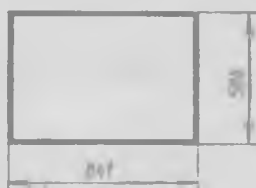
Рис. 19. Момент проверки

Размеры какого стандартного формата бумаги приведены на рисунке? Найдите ответ и отметьте его номер в перфокарте.



- | | |
|----|---|
| 12 | 1 |
| 24 | 2 |
| 22 | 3 |
| 11 | 4 |

Размеры какого стандартного формата бумаги приведены на рисунке? Найдите ответ и отметьте его номер в перфокарте.



- | | |
|----|---|
| 22 | 1 |
| 44 | 2 |
| 12 | 3 |
| 24 | 4 |

Приведены следующие марки стержней карандашей: 2Т, 2М, М, ТМ, Т. Какая из приведенных марок относится к наиболее мягкому карандашу? Найдите ответ и отметьте его номер в перфокарте.

- | | | | |
|----|----|----|---|
| ТМ | 2М | 2Т | М |
| 1 | 2 | 3 | 4 |

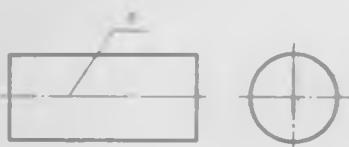
Сколько основных форматов бумаги установлено ГОСТ 2.301—68? Найдите ответ и отметьте его номер в перфокарте.

- | | | | |
|---|---|---|---|
| 5 | 4 | 6 | 3 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |

Сколько форматов II содержится в дополнительном формате 23? Найдите ответ и отметьте его номер в перфокарте.

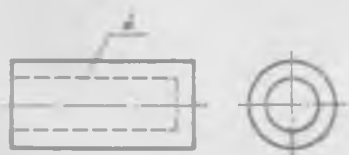
4	5	6	7
1	2	3	4

Толщина сплошной основной линии в ГОСТ 2.303—68 обозначается буквой s . Какой толщины (ширины) должна быть линия a ? Найдите наиболее полный ответ.



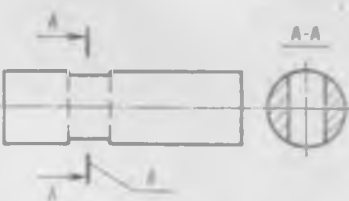
$\frac{s}{3}$	1
От $\frac{s}{2}$ до $\frac{s}{3}$	2
$\frac{s}{2}$	3
От $\frac{s}{2}$ до $\frac{2}{3}s$	4

Толщина сплошной основной линии в ГОСТ 2.303—68 обозначается буквой s . Какой толщины (ширины) должна быть линия b ? Найдите наиболее полный ответ.



От $\frac{s}{2}$ до $\frac{2}{3}s$	1
$\frac{s}{2}$	2
$\frac{s}{3}$	3
От $\frac{s}{2}$ до $\frac{s}{3}$	4

Толщина сплошной основной линии в ГОСТ 2.303—68 обозначается буквой s . Какой толщины (ширины) должна быть линия c ? Найдите наиболее полный ответ.



$\frac{s}{2}$	1
От $\frac{s}{2}$ до $\frac{1}{2}s$	2
От $\frac{s}{2}$ до $\frac{2}{3}s$	3
От s до $1\frac{1}{2}s$	4

вает номер комплекта (например 28, рис. 17). Здесь же учащийся записывает свою фамилию, например *Петров*.

Отвечая на вопросы карточек, учащийся заштриховывает соответствующие клетки или, проще, ставит в них крестики, как показано на рисунке. При проверке преподаватель накладывает на перфокарту листок кальки («ключ») тех же размеров, на котором в клетки ответов заранее карандашом вписаны кружки (рис. 18). Если учащийся ответит правильно на все вопросы, то все его крестики окажутся в кружках и он получит оценку 5. В противном случае полного совпадения не будет и преподаватель быстро подсчитает незаполненные кружки, т. е. определит количество допущенных ошибок (рис. 19). Из рисунка видно, что учащийся неправильно ответил на вопросы четвертой и седьмой карточек и получил, по всей видимости, оценку 4. Такую же оценку ставят за девять правильных ответов. За семь и шесть правильных ответов ставят оценку 3.

Если карточки скрепить в ином порядке, то код ответов изменится и получится новый комплект задач. Таких вариантов комплектов путем перестановок можно получить очень много. Разумеется, что для каждого из них надо по-новому расположить кружки в «ключе» на кальке (стереть и нарисовать новые). Такие перестановки делают при проведении проверочных работ в разных группах, причем вместо первой перестановки достаточно сменить номера вариантов на перфокартах; это значительно быстрее полной перестановки.

Проверочные работы можно проводить и в течение семестра, например, после прохождения первого раздела программы. В этом случае можно ограничиться пятью карточками в комплекте. За пять решений ставят оценку 5, за четыре — 4, за три — 3. Проведение таких работ знакомит учащихся с системой контроля, повышает их ответственность за приобретение прочных знаний по курсу.

Глава III

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

§ 8. ПОСТРОЕНИЕ ФИГУР И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Простейшие задачи на построение решались на уроках геометрии в средней школе. Каждый помнит, как разделить циркулем отрезок прямой или угол пополам, как построить квадрат, как восстановить или опустить перпендикуляр, как построить правильный треугольник, правильный шестиугольник и т. д. Зная эти элементарные приемы, следует применять их в соответствующих случаях при построении технических чертежей. Особенно

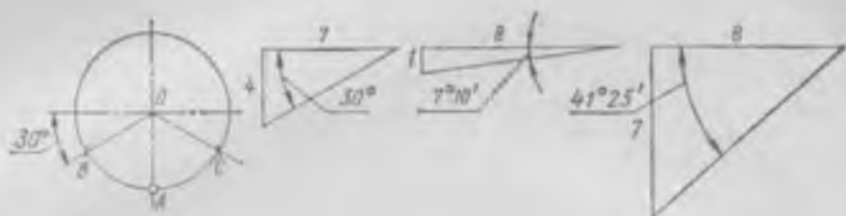


Рис. 20. Приемы построения углов

часто в техническом черчении приходится строить углы 30° , 45° , 7° и 41° , делить окружности на произвольное число равных частей (в чертежах зубчатых колес, звездочек, фрез), строить фигуры, равные данным, строить уклоны и конусности.

Построение углов. Величину любого угла можно отложить по транспортиру, но транспортир небольших размеров не обеспечивает достаточной точности и удобства в работе. Поэтому часто углы строят с помощью циркуля. Для построения угла 30° из точки O проводят дугу произвольного радиуса (рис. 20), а из точки A на вертикальной прямой тем же радиусом делают засечки в точках B и C . Прямые BO и CO образуют углы 30° с горизонтальной прямой. Угол BOC , равный 120° , часто используется в прямоугольной изометрии. Угол 30° можно строить по катетам прямоугольного треугольника при их соотношении $4 : 7$. Углы $7^\circ 10'$ и $41^\circ 25'$, применяющиеся в прямоугольной диметрии, строят по катетам прямоугольных треугольников при соотношениях $1 : 8$ и $7 : 8$.

Деление окружностей. При построении угла 30° первым способом попутно решилась другая задача — деление окружности на три равные части (рис. 21, а, точки B, D, C). Соединяя точки B и C хордой и беря ее половину GC , получают приближенную длину засечки в точках E и F , то окружность разделится на шесть рав-

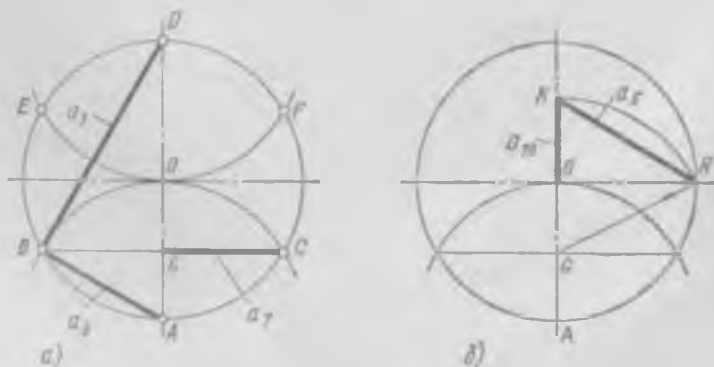


Рис. 21. Деление окружности на равные части

ных частей (AB , BE и др.). Если радиусом GH сделать засечку на вертикальном диаметре в точке K (рис. 21, б), то хорда KH даст величину стороны правильного пятиугольника, а катет OK определит длину стороны правильного десятиугольника.

Итак, для определения длины стороны a_5 правильного пятиугольника, вписанного в окружность, необходимо: а) радиус OA разделить пополам; б) из полученной точки G радиусом GH сделать засечку на диаметре AD ; в) хорда HK будет равна стороне правильного пятиугольника. Намеченный план или последовательный путь решения задачи называют *алгоритмом* решения задачи. Кратко алгоритм

может быть записан так: а) $\frac{OA}{2}$; б) $GH = GK$; в) $KH = a_5$.

Деление окружности на произвольное число равных частей производят с помощью транспортира или таблицы хорд. Пусть требуется разметить семь зубьев звездочки (рис. 22).

В первом случае делят 360° на семь, получают $51^\circ 26'$, полученную величину откладывают на чертеже 6 раз и проверяют седьмой центральный угол; в случае неувязки делают разбивку углов вторично, прибавляя или отнимая понемногу от каждого угла.

Во втором случае пользуются табл. 4, в которой даны длины хорд для радиусов окружностей, равных единице. Длина хорды при семи зубьях для радиуса, равного 1 мм, равна 0,868 мм, а для делительной окружности, радиус которой равен 118 мм, хорда будет равна $0,868 \times 118 = 102,4$ мм. Полученную величину откладывают по делительной окружности 7 раз.



Рис. 22. Практический пример деления окружности на равные части

Таблица 4

Длины хорд для $R = 1$ мм

Число делений	Длина хорды	Число делений	Длина хорды	Число делений	Длина хорды	Число делений	Длина хорды
5	1,176	12	0,518	19	0,329	26	0,241
6	1,0	13	0,479	20	0,313	27	0,232
7	0,868	14	0,445	21	0,298	28	0,224
8	0,765	15	0,416	22	0,285	29	0,216
9	0,684	16	0,390	23	0,272	30	0,209
10	0,618	17	0,368	24	0,261		
11	0,563	18	0,347	25	0,251		

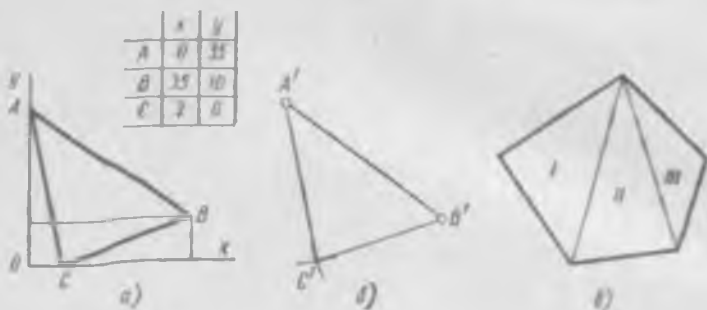


Рис. 23. Построение фигур по координатам и засечкам

Построение фигур. При построении фигур, равных данным, применяется или метод координат, или метод засечек (триангуляции). В первом случае (рис. 23, а) через любые две вершины фигуры, например A и C , проводят координатные оси Ox и Oy , определяют координаты остальных вершин фигуры, после чего в любом месте чертежа проводят координатные оси и, пользуясь таблицей координат, строят фигуру, равную данной (на рисунке не построена). Во втором случае с помощью угольника и рейсшины проводят прямую, параллельную AB (рис. 23, б), откладывают на ней отрезок $A'B'$, равный AB ; из точек A' и B' радиусами, равными соответственно AC и BC , проводят короткие дуги (засечки); точка пересечения этих дуг является третьей вершиной C' фигуры $A'B'C'$, равной треугольнику ABC . Способ засечек часто применяют при построении многоугольников, для чего заданную фигуру (рис. 23, в) разбивают на несколько треугольников. Построив первый из них (I), получают прямую, которая является стороной треугольника III , в результате чего получают многоугольник, равный заданному.

Иногда ошибочно считают, что в практической работе следует пользоваться только рейсшиной и угольником, избегая применения циркуля. Верно, что в большинстве случаев построения экономнее производить рейсшиной и угольником. Однако в ряде случаев геометрические построения, выполняемые с помощью циркуля, не уступают другим как в отношении быстроты, так, особенно, и в отношении точности. Выше приводился пример удобного и быстрого построения углов 30° и 120° . С помощью циркуля удобно проводить перпендикуляр через середину отрезка, быстро и удобно делить окружность на 3, 5, 6, 8, 12 и 16 частей. Построения с помощью циркуля широко применяются при построении разверток, где требуется высокая точность. Таким образом, выбирать способ построения надо с учетом конкретных условий задач и запросов практики.

§ 9. УКЛОНЫ И КОНУСНОСТЬ

Во многих деталях машин используются уклоны и конусность. Уклоны встречаются в профилях прокатной стали, в крановых рельсах, в косых шайбах и т. д. Конусности встречаются в центрах бабок токарных и других станков, на концах валов и ряда других деталей.

Уклоном прямой по отношению к какой-либо другой прямой называется величина ее наклона к этой прямой, выраженная через тангенс угла между ними. Для того чтобы построить уклон 1 : 1, на сторонах прямого угла от точки O откладывают произвольные, но равные величины (рис. 24). Очевидно, что уклон 1 : 1 соответствует углу 45° .

Чтобы построить линию с уклоном 1 : 2, по горизонтали откладывают две единицы (отрезок $O2$), для уклона 1 : 3 — три единицы (отрезок $O3$) и т. д. Как видно из чертежа, уклон 1 : 2 определяется отношением $i = \frac{OA}{O2} = \operatorname{tg} \alpha$, чем подтверждается приведенное выше определение. Величину уклона на чертеже в соответствии с ГОСТ 2.307—68 указывают с помощью линии-выноски, на полке которой наносят знак и величину уклона. Расположение знака уклона должно соответствовать определяемой линии: одна из прямых знака должна быть горизонтальна, другая — наклонена к ней примерно под углом 30° ; острый угол знака должен быть направлен в сторону уклона.

На рис. 25 в качестве примера построен профиль несимметричного двутавра, правая полка которого имеет уклон 1 : 16. Для ее построения находят точку A с помощью заданных размеров 26 и 10. В стороне строят линию с уклоном 1 : 16, для чего по вертикали откладывают, например, 5 мм, а по горизонтали 80 мм; проводят гипотенузу, направление которой определяет искомый уклон. С помощью «механической рейсшины» через точку A проводят линию уклона, параллельную гипотенузе.

Конусностью называют отношение диаметра основания конуса к его высоте (рис. 26, а). В этом случае конусность $K = \frac{d}{l}$.

Для усеченного конуса $K = \frac{d-d_1}{l}$. Пусть требуется построить конический конец вала по заданным размерам: d — диаметр вала —

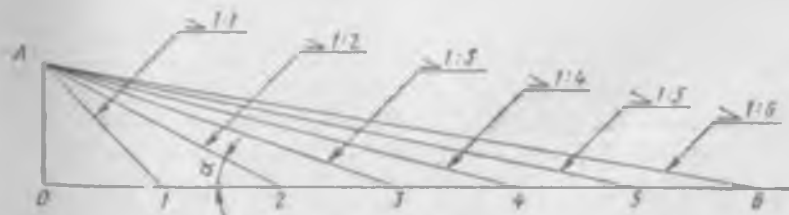


Рис. 24. Построение уклонов

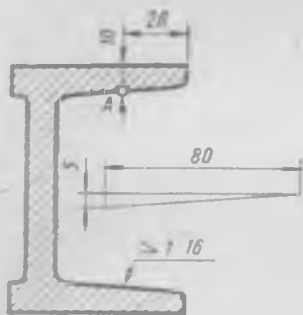


Рис. 25. Пример построения уклонов

25 мм; l — общая длина конца вала — 60 мм; l_1 — длина конической части — 42 мм; d_1 — наружный диаметр резьбы — 16 мм; K — конусность 1 : 10 (рис. 26, б).

Прежде всего, пользуясь осевой, строят цилиндрическую часть вала диаметром 25 мм. Этот размер определяет также большое основание конической части. Затем строят конусность 1 : 10. Для этого строят конус с основанием, равным 10 мм, и высотой, равной 100 мм (можно было бы воспользоваться и размером 25 мм, но в этом случае высота конуса должна быть взята равной 250 мм,

что не совсем удобно). Параллельно линиям найденной конусности проводят образующие конической части вала и ограничивают ее длину размером 42 мм. Как видно, размер меньшего основания конуса получается в результате построения. Этот размер обычно не наносят на чертеж.

Перед размерным числом, характеризующим конусность, наносят условный знак в виде равнобедренного треугольника, вершину которого направляют в сторону вершины самого конуса. Знак конусности располагают параллельно оси конуса над осью (рис. 26, б) или на полке линии-выноски, заканчивающейся стрелкой, как в случае надписи уклона (рис. 26, а). Конусность выбирают в соответствии с ГОСТ 8593—57 (табл. 5).

Сведения о нормальных уклонах имеются в некоторых справочниках по черчению *.

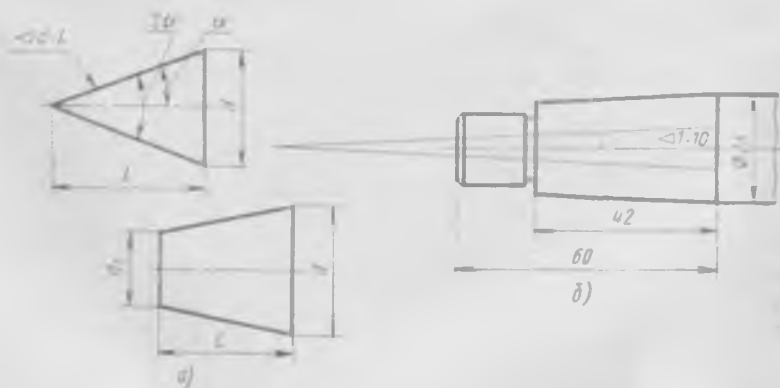


Рис. 26. Построение конусности

* Новичихина Л. И. Справочник по техническому черчению. — Минск: Высшая школа, 1976, с. 8.

Нормальные конусности по ГОСТ 8593—57

Конусность K	Угол конуса 2α	Угол уклона α	Исходное значение (K или 2α)	Конусность K	Угол конуса 2α	Угол уклона α	Исходное значение (K или 2α)
1 : 200	0° 17' 11"	0° 8' 36"	1 : 200	1 : 7	8° 10' 16"	4° 5' 8"	1 : 7
1 : 100	0° 34' 23"	0° 17' 11"	1 : 100	1 : 5	11° 25' 16"	5° 42' 38"	1 : 5
1 : 50	1° 8' 45"	0° 34' 23"	1 : 50	1 : 3	18° 55' 29"	9° 27' 44"	1 : 3
1 : 30	1° 54' 35"	0° 57' 17"	1 : 30	1 : 1,866	30°	15°	30°
1 : 20	2° 51' 51"	1° 25' 56"	1 : 20	1 : 1,207	45°	22° 30'	45°
1 : 15	3° 49' 6"	1° 54' 33"	1 : 15	1 : 0,866	60°	30°	60°
1 : 12	4° 46' 19"	2° 23' 9"	1 : 12	1 : 0,652	75°	37° 30'	75°
1 : 10	5° 43' 29"	2° 51' 45"	1 : 10	1 : 0,500	90°	45°	90°
1 : 8	7° 9' 10"	3° 34' 35"	1 : 8	1 : 0,289	120°	60°	120°

§ 10. МАСШТАБЫ ЧЕРТЕЖЕЙ

Машины и некоторые их детали, здания и их части имеют большие размеры, поэтому начертить их в натуральную величину не представляется возможным. Их изображения приходится вычерчивать в масштабе уменьшения, а мельчайшие детали ручных часов и других механизмов, наоборот, в масштабе увеличения.

Во всех случаях, когда это возможно, детали следует вычерчивать в натуральную величину, т. е. в масштабе 1 : 1.

Уменьшать или увеличивать изображения в произвольное количество раз не разрешается. ГОСТ 2.302—68 установлены следующие масштабы уменьшения: 1 : 2, 1 : 2,5; 1 : 4, 1 : 5, 1 : 10; 1 : 15; 1 : 20, 1 : 25; 1 : 40; 1 : 50; 1 : 75; 1 : 100; 1 : 200; 1 : 400; 1 : 500; 1 : 800; 1 : 1000. При составлении генеральных планов крупных объектов допускается применять масштабы: 1 : 2000; 1 : 5000; 1 : 10 000; 1 : 20 000; 1 : 25 000; 1 : 50 000.

Масштабы увеличения записываются в виде отношения к единице. Стандартом установлены следующие масштабы увеличения: 2 : 1; 2,5 : 1; 4 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 40 : 1; 50 : 1; 100 : 1. В необходимых случаях допускается применять масштабы увеличения $(100)n : 1$, где n — целое число. В тех случаях, когда полное слово «масштаб» отсутствует в записи, перед обозначением масштаба проставляют букву М, например пишут: М1 : 2 (масштаб уменьшения), М2 : 1 (масштаб увеличения). На рис. 27 шайба прямоугольной формы изображена в трех масштабах: в натуральную величину (М1 : 1) и в масштабах уменьшения и увеличения. Линейные размеры последнего изображения по сравнению со средним больше в 4 раза, а площадь, занимаемая изображением, — в 16 раз. Такое резкое изменение величин изображения следует учитывать при выборе масштаба чертежа.

Кроме численных масштабов в черчении применяют *линейные масштабы*, которые бывают двух видов: простые и поперечные



Рис. 27. Сравнение различных масштабов

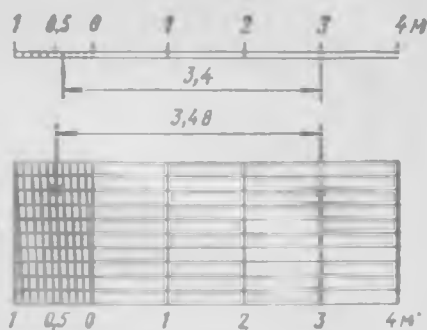


Рис. 28. Линейные масштабы

(рис. 28). Простой линейный масштаб, соответствующий численному масштабу $1 : 100$, представляет собой линию, на которой от нулевого деления вправо отложены сантиметровые деления, а влево — одно такое же деление, разделенное на миллиметры. Каждое сантиметровое деление линейного масштаба соответствует 100 см (или 1 м). Каждое миллиметровое деление соответствует, очевидно, 1 дм. Взяв измерителем размер с чертежа, ставят одну иглу на соответствующее полное деление справа от нуля (например на деление 3). Тогда вторая игла покажет, сколько дециметров свыше 3 м имеет измеряемый размер: В данном случае он равен 3,4 м.

Преимущества простого линейного масштаба перед обычной линейкой заключается в следующем: 1) он всегда находится на чертеже; 2) дает более точные показания, так как размеры на чертеже откладывают, как правило, по данному линейному масштабу; 3) после фотографирования чертежа масштаб, уменьшаясь пропорционально, позволяет получать размеры без построения пропорционального масштаба.

Более совершенным является линейный поперечный масштаб. На чертеже он дан для того же масштаба $1 : 100$. Наклонные линии, транверсали, позволяют получать не только дециметры, но и сантиметры. Для примера на масштабе показан размер 3,48 м.

Линейные масштабы применяют преимущественно на строительных и топографических чертежах.

В проектной и производственной практике нередко пользуются пропорциональным (угловым) масштабом. Он представляет собой простейший график. Пусть требуется построить такой график для масштаба $1 : 5$. На горизонтальной прямой от точки *A* (рис. 29) откладывают отрезок, равный 100 мм; в точке *B* строят прямой угол и по его второй стороне откладывают отрезок, уменьшенный в 5 раз ($100 \text{ мм} : 5 = 20 \text{ мм}$); соединяют полученную точку *C* с точкой *A*. Линию длиной 12,8 мм, взятую с чертежа, располагают вертикально и по ее основанию находят на горизонтальной пря-

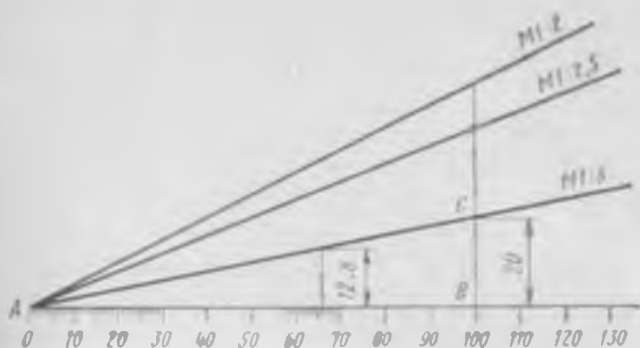


Рис. 29. График масштабов

мой действительную длину, равную 66 мм. График строят на миллиметровой бумаге или на бумаге, разлинованной в клетку. Для масштаба 1 : 2,5 на продолжении катета BC откладывают 40 мм, для масштаба 1 : 2 — 50 мм. Изображенный на рисунке ряд пропорциональных масштабов называют *графиком масштабов*. Пользование графиком экономит время. Построив график масштабов, пользуются им в течение всей работы над курсом черчения.

§ 11. ПРАВИЛА НАНЕСЕНИЯ РАЗМЕРОВ

Первое и главное требование к рабочему чертежу — правильность изображения детали. Не менее важно второе требование — правильность нанесения размеров. Размеры должны быть назначены и нанесены так, чтобы по ним можно было изготовить деталь, не прибегая к подсчетам. На чертеж должны быть нанесены все необходимые размеры; отсутствие хотя бы одного из них делает чертеж практически непригодным. Размеры должны быть нанесены так, чтобы при их чтении не возникло никаких неясностей или вопросов. Следует помнить, что чертеж читают в отсутствие автора (исполнителя).

Условились судить о величине предмета и его частей по размерным числам независимо от того, в каком масштабе и с какой точностью выполнено изображение. Числа на чертежах выражают почти всегда в миллиметрах; это позволяет не указывать единицы измерения. Каждый размер наносят на чертеже только один раз; повторять его недопустимо (ГОСТ 2.307—68).

Наибольшее количество указаний в этом стандарте касается вопроса о том, как наносить размеры. Многие из этих правил известны учащимся по их школьным упражнениям.

При указании размеров прямолинейных отрезков размерные линии проводят параллельно этим отрезкам на расстоянии 6 ... 10 мм. Размерные линии целесообразнее наносить вне кон-

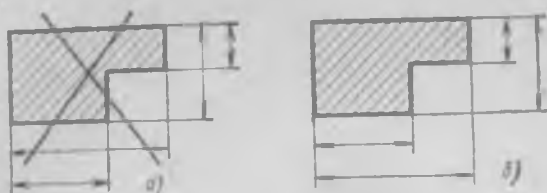


Рис. 30. Проведение размерных и выносных линий

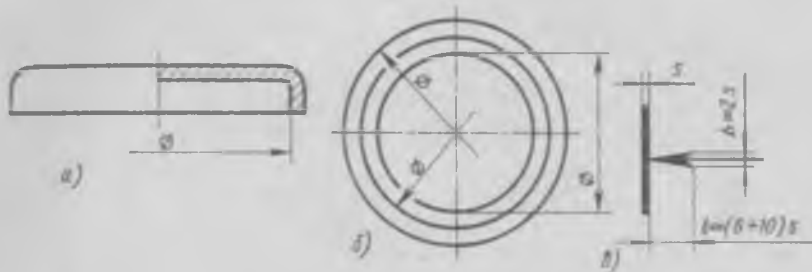


Рис. 31. а и б — применение неполных размерных линий; в — форма и размеры стрелки

тура изображения, при этом реже встречаются случаи пересечения размерных и выносных линий. Совершенно недопустимо пересечение этих линий, показанное на зачеркнутом рис. 30, а. Правильный прием нанесения размеров для этого случая показан на рис. 30, б. Как видно, меньшие размеры следует размещать вблизи контура детали, количество пересечений при этом резко сократится. Размерные линии рекомендуется размещать по возможности справа и снизу от изображения.

Размерную линию проводят неполностью, если с одной стороны изображения нет возможности провести выносные линии (рис. 31, а). Размерные линии диаметров, наносимые в окружностях, допускается обрывать также в других случаях (рис. 31, б). На рисунке показано, что основные линии прерваны, если они пересекаются со стрелкой. Размеры стрелок зависят от толщины основной линии s . Длина стрелки выбирается в пределах $l \approx (6 \div 10) s$, ширина $b \approx 2s$ (рис. 31, в). Выносные линии должны выступать за размерную на 1 ... 5 мм.

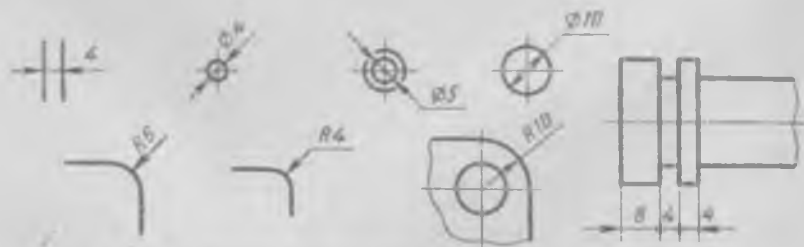


Рис. 32. Прием нанесения размеров при недостатке места

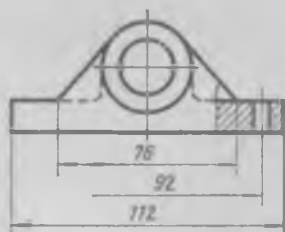
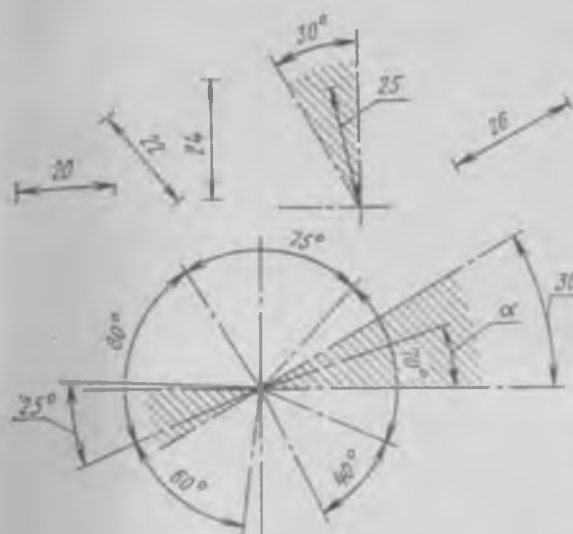


Рис. 34. Расположение размерных чисел в «шахматном» порядке

Рис. 33. Расположение чисел линейных и угловых размеров

Если нет возможности разместить стрелки между близко идущими сплошными основными или тонкими линиями (рис. 32), их наносят снаружи. Аналогично поступают при нанесении размера радиуса, если стрелка не помещается между кривой и его центром. Допускается заменять стрелки точками или штрихами, если между выносными линиями невозможно разместить стрелку (размеры 8, 4, 4).

Размерные числа следует наносить над размерной линией; нанесение размеров в разрыве размерной линии не допускается. Для вертикальных размерных линий число всегда располагают слева и пишут снизу вверх (рис. 33, размер 24). Для размерных линий, наклон которых близок к вертикали, размерные числа рекомендуются наносить на полках (размер 25). Также поступают с числами, которые в перевернутом положении изменяют свое значение (98, 16, 66 и др.). Угловые размеры наносят по схеме,

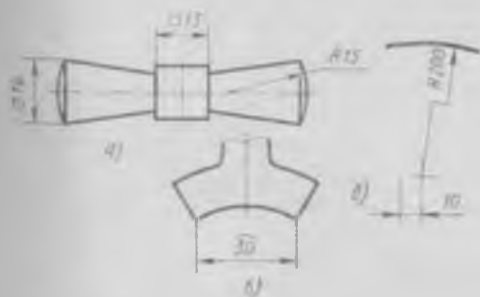


Рис. 35. Знаки и надписи, сопровождающие размерные числа

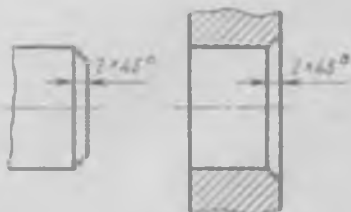


Рис. 36. Нанесение размеров фасок с углом 45°

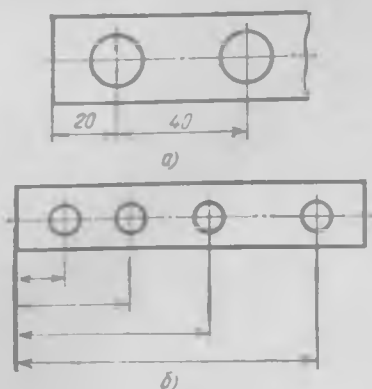


Рис. 37. Приемы нанесения размеров

изображенной внизу на рис. 33. Размерные числа нельзя наносить в месте пересечения двух размерных линий; их нельзя также пересекать какими-либо линиями чертежа. Размерные числа над параллельными размерными линиями следует располагать в шахматном порядке, а не друг под другом (рис. 34).

При нанесении размеров применяют различные условные знаки: знак диаметра — $\varnothing$, знак радиуса — R , знак квадрата — $\square$ (рис. 35, а). Эти знаки наносят перед размерными числами. В тех случаях, когда на чертеже трудно отличить сферу от других по-

верхностей, допускается добавлять слово «Сфера», например: «Сфера $\varnothing 20$ », «Сфера $R18$ ». При большой величине радиуса (рис. 35, б) допускается центр приближать к дуге; размерную линию при этом проводят с изломом под углом 90° . Над размерным числом длины дуги наносят знак в виде дуги, обращенной выпуклой частью вверх (рис. 35, в).

Размеры фасок, имеющих угол 45° , следует наносить упрощенно (рис. 36). Размеры фасок, имеющих другие углы, наносят по общим правилам — двумя линейными размерами или линейным и угловым.

Более трудным является вопрос о том, какие размеры следует наносить на чертеже в том или другом случае. Этот вопрос должен решаться с учетом технологии изготовления деталей и контроля изготовления. Поэтому при изучении курса черчения можно использовать лишь общие соображения и принятые практикой приемы. Как правило, размеры полных окружностей задаются диаметром окружности, размеры неполных окружностей — радиусом. Когда требуется задать расстояние между окружностями, на-

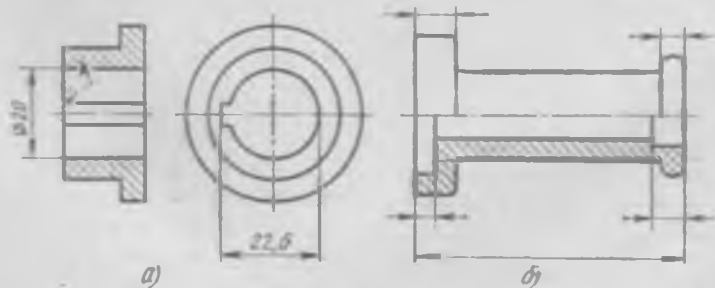


Рис. 38. Приемы нанесения размеров

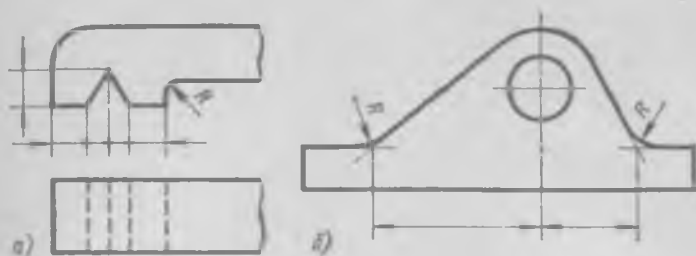


Рис. 39. Приемы нанесения размеров

пример изображающими отверстия, задают расстояние между центрами окружностей или расстояние центра окружности от одной из поверхностей детали (рис. 37, а). Поверхности, от которых наносят размеры других элементов детали, называют базовыми поверхностями, или *базами*. На рис. 37, б в качестве базовой поверхности выбрана левая торцовая поверхность планки. Такая система нанесения размеров имеет то преимущество, что при ней размеры являются независимыми друг от друга; ошибка в использовании одного из них не отражается на других.

Так как контроль за изготовлением цилиндрических, конических и других деталей, ограниченных поверхностями вращения, ведется путем промера их диаметров, то и на чертеже должны наноситься размеры диаметров (рис. 38, а). Глубину шпоночного паза обычно измеряют от противоположной стенки цилиндрического или конического отверстия. Именно этот размер (22,6) и наносят на чертеж. Так как наружные и внутренние части деталей при изготовлении и контроле обмеряются отдельно, то и на чертеже их размеры следует наносить отдельно (рис. 38, б).

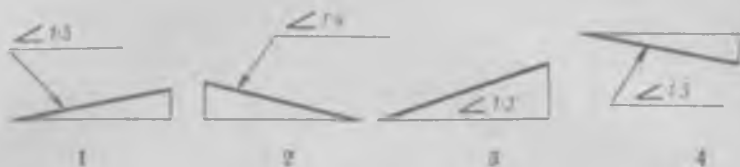
Размеры, относящиеся к одному и тому же элементу детали, рекомендуются размещать в одном месте (рис. 39, а), причем там, где этот элемент изображен наиболее отчетливо.

В случае скруглений размеры для частей детали наносят без учета скруглений, а их радиусы наносят отдельно (рис. 39, б).

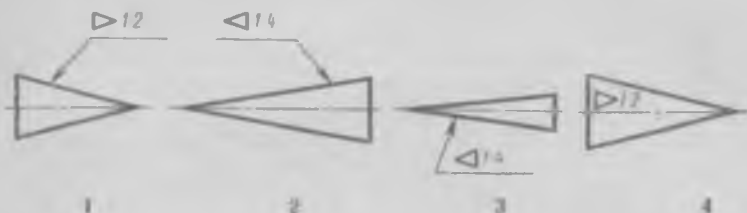
ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Как построить циркулем угол 120° ?
2. Разделите окружность на 15 равных частей, пользуясь таблицей хорд.
3. Дайте определение уклона.
4. Постройте уклон $1:8$ и, не смотря в учебник, обозначьте его по правилам ГОСТ 2.307—68.
5. Что называется конусностью? Как обозначают на чертежах конусность?
6. Как обозначают на чертежах масштабы уменьшения и увеличения?
7. Постройте пропорциональный масштаб $1:2,5$.
8. Зависят ли наносимые на чертеже размерные числа от масштаба чертежа?
9. Насколько близко от линий чертежа может проходить размерная линия?
10. Должна ли выносная линия выступать за размерную?
11. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 3, 4.

На котором чертеже неправильно обозначен уклон?



На котором чертеже неправильно построена оусность



Даны примеры на построение стороны правильного вписанного пятиугольника. В котором примере алгоритм решения имеет ошибку?

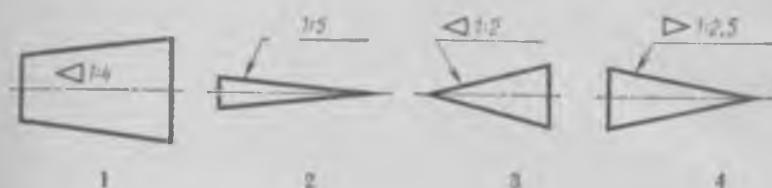


- | | | | |
|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| 1) $\frac{OA}{2}$; | 1) $AB = BO$; | 1) $\frac{OA}{2}$; | 1) $AO_1 = OC$; |
| 2) $GK = GH$; | 2) $BD = BC$; | 2) $BD = BC$; | 2) $O_1C = O_1B$; |
| 3) NK — искомая | 3) DC — искомая | 3) CD — искомая | 3) CB — искомая |
| 1 | 2 | 3 | 4 |

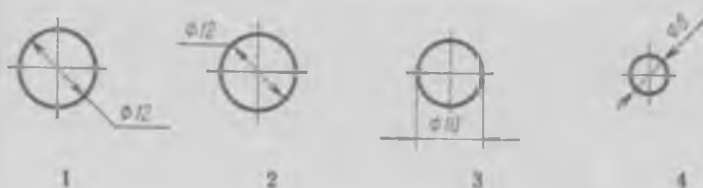
В котором из четырех примеров длина хорды для построения правильного многоугольника записана неверно? Проверьте по таблице хорд и отметьте номер примера в перфокарте.

Пример	Число делений	Длина хорды для $R = 1$
1	5	1,176
2	10	0,618
3	15	0,410
4	20	0,313

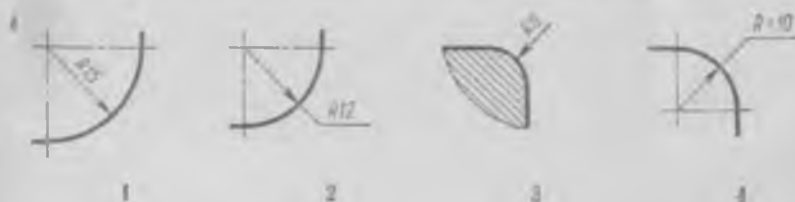
На котором чертеже неправильно обозначена конусность?



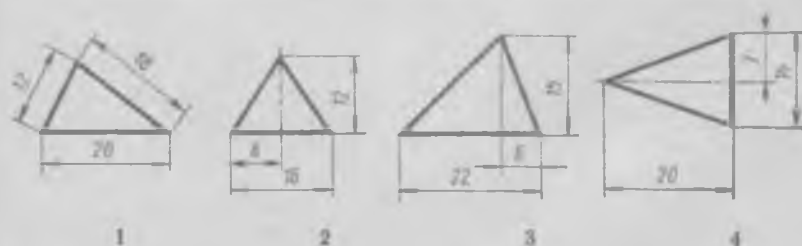
На котором чертеже неправильно нанесен размер диаметра?



На котором чертеже неправильно нанесен размер радиуса?



На котором чертеже неудачно нанесены размеры треугольника?



СОПРЯЖЕНИЯ ЛИНИЙ И ОВАЛЫ

На чертежах машин и строительных объектов часто встречаются сопряжения прямых линий и дуг окружностей, например в чертежах собачек автоматов (рис. 40, а), кулачков различных механизмов, храповиков, фланцев, изоляторов (рис. 40, б) и т. п. Строить сопряжения приходится между двумя прямыми, между прямой и кривой заданного радиуса, между двумя кривыми оди-



Рис. 40. Практические примеры сопряжений

наковых или различных радиусов. Во всех случаях задача сводится к отысканию центра дуги сопряжения и тех точек сопряжения, которые являются концом одной линии и началом другой. Итак, *сопряжением называют плавный переход от одной прямой линии к другой, от прямой линии к окружности и от окружности к окружности.*

§ 12. ПОСТРОЕНИЕ КАСАТЕЛЬНЫХ

Построение сопряжений основано на решении известных геометрических задач: проведение прямых, касательных к окружностям, проведение окружностей, касательных к окружностям и др.

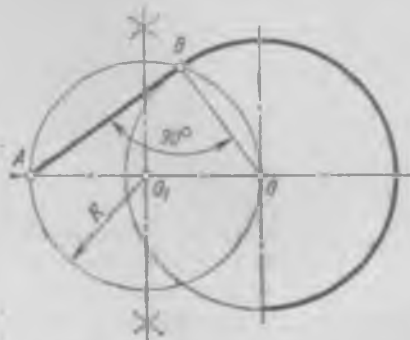


Рис. 41. Построение касательной

Для того чтобы провести касательную через точку A к окружности, центр которой находится в точке O (рис. 41), пользуются вспомогательной окружностью, построенной на диаметре AO . Центр вспомогательной окружности будет находиться в точке O_1 , делящей расстояние AO пополам. Точка B , в которой пересекаются

окружности, является точкой касания, так как угол, составленный радиусом BO и прямой AB , равен 90° , как опирающийся на диаметр окружности AO . В точке B прямая AB плавно переходит в окружность. Точка, в которой одна линия плавно переходит в другую, называется точкой сопряжения. Алгоритм решения этой задачи можно записать так: 1) $\frac{AQ}{2}$; 2) $O_1O = R$; 3) $\angle ABO = 90^\circ$; 4) AB — касательная.

§ 13. СКРУГЛЕНИЕ УГЛОВ

Пусть требуется начертить верхний ролик подвесной одно-рельсовой дороги (рис. 42, а). На чертеже имеет место сопряжение двух прямых: вертикальной 1 с наклонной 2, идущей под углом 45° . Радиус дуги сопряжения задан и равен 8 мм. Для того чтобы закругление было плавным, т. е. чтобы оно являлось *сопряжением*, необходимо, чтобы имело место касание прямых к окружности радиуса 8 мм. При этих условиях центр окружности должен находиться на расстоянии 8 мм как от одной, так и от другой прямой. Этот вывод является ключом к решению задачи.

На расстоянии 8 мм от заданных прямых 1 и 2 (рис. 42, б) проводят параллельные им прямые 3 и 4, пересекающиеся в точке O , которая и является центром дуги сопряжения. Остается найти точки сопряжения A и B , для чего из точки O опускают перпендикуляры на прямые 1 и 2.

Алгоритм решения: 1) $3 \parallel 1$; 2) $4 \parallel 2$; 3) $O = 3 \times 4$; 4) $OA \perp 1$ и $OB \perp 2$.

В примере рассмотрено скругление острого угла. Аналогично строят скругление тупого угла. Вместо проведения двух прямых, параллельных данным, можно провести прямую, параллельную одной из заданных, и биссектрису угла; на их пересечении будет находиться центр дуги скругления. Более просто находят центр дуги скругления прямого угла: откладывают от вершины угла

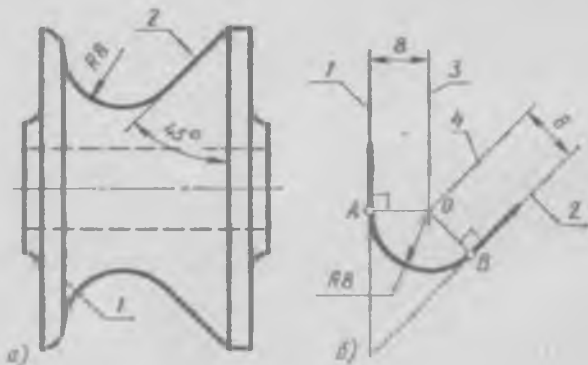


Рис. 42. Скругление острого угла

на его сторонах отрезки, равные радиусу дуги скругления, и из полученных точек тем же радиусом делают засечки; их пересечение определит искомый центр.

§ 14. РАЗЛИЧНЫЕ СЛУЧАИ СОПРЯЖЕНИЙ

Пусть требуется построить чертеж прокладки (рис. 43, а). Как видно из чертежа, контур прокладки образуется в результате построения сопряжения окружностей, имеющих радиус 20 мм, дугой окружности $R112$. Изобразив в стороне этот случай сопряжения (рис. 43, б), замечают, что центр дуги сопряжения O должен находиться от центров малых окружностей на расстояниях, равных сумме радиусов окружностей: $20 + 112 = 132$ мм. Для построения центра O из центров малых окружностей дугой радиуса 132 мм делают засечки. Соединив точку O с центрами малых дуг, получают точки сопряжения A и B , между которыми и проводят дугу $R112$. В рассматриваемом примере имеет место внешнее касание дуг, при котором центры находятся по разные стороны от точек сопряжения.

Алгоритм решения задачи: 1) $R = O_1A + AO$; 2) $R = O_2B + BO$; 3) $O = a \times b$.

Сопряжения прямых линий с окружностями часто встречаются в таких деталях, как гаечные ключи, шатуны, различные рычаги. Пусть требуется начертить контур головки шатуна (рис. 44, а). В чертеже имеет место сопряжение окружности $R20$ с прямой l , параллельной оси шатуна и расположенной на расстоянии 11 мм от нее, дугой радиуса $R15$.

При решении задачи используют общее правило: центр дуги сопряжения должен находиться на равных расстояниях от сопрягаемых линий. В рассматриваемом примере центр O (рис. 44, б) должен находиться от окружности на расстоянии 15 мм, от центра окружности на расстоянии $20 + 15 = 35$ мм, от оси шатуна на расстоянии $11 + 15 = 26$ мм. Для нахождения центра O проводят дугу радиусом 35 мм и прямую, параллельную оси шатуна на расстоянии 26 мм от этой оси. Точка пересечения дуги и пря-

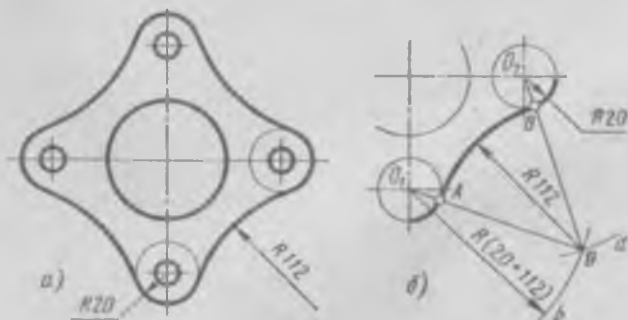


Рис. 43. Сопряжение окружностей

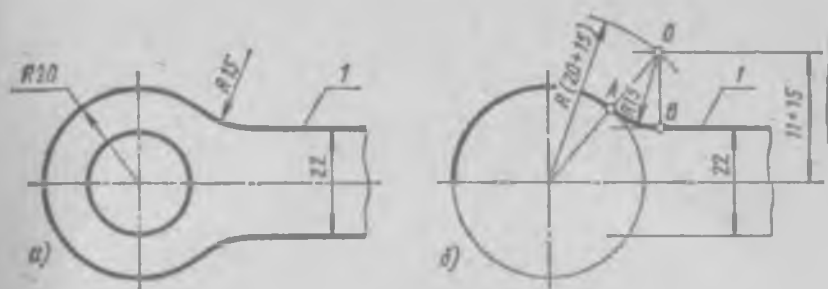


Рис. 44. Сопряжение прямой с окружностью

мой определит искомый центр. Соединяют центр дуги сопряжения O с центром окружности и находят первую точку сопряжения A . Затем опускают перпендикуляр из точки O на прямую и находят вторую точку сопряжения B . Между точками сопряжения A и B проводят дугу сопряжения $R15$.

Пусть требуется начертить рычаг криволинейной формы (рис. 45, а). Предполагают, что задача решена: центр дуги $R105$ найден (рис. 45, б). Определяют, чему будет равно расстояние от центра дуги сопряжения O до центра окружности $\varnothing 40$. Очевидно, что оно будет равно разности радиусов $105 - 20 = 85$ мм. Таким же путем находят расстояние от центра дуги сопряжения O до центра окружности $\varnothing 60$ ($105 - 30 = 75$ мм). Пользуясь найденными величинами, из центров окружностей делают засечки, пересечение которых определит точку O . Соединяя найденный центр O с центрами окружностей $\varnothing 40$ и 60 , на продолжении линий находят точки сопряжения A и B . В примере имеет место внутреннее касание дуг, при котором центры находятся по одну сторону от точек касания.

Центр O_1 для проведения дуги $R58$ предлагается найти самостоятельно. Подобный случай сопряжения уже рассматривался

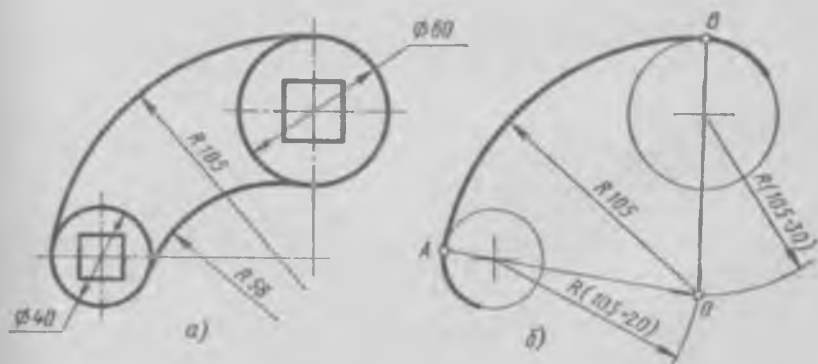


Рис. 45. Практический пример сопряжения

на рис. 43. Точки сопряжения в этих случаях находят по общему правилу, известному из геометрии: *центры касающихся дуг и точки их касания (сопряжения) всегда лежат на одной прямой*.

§ 15. ПОСТРОЕНИЕ ОВАЛОВ

В практике технического черчения часто приходится вычерчивать овалы — замкнутые выпуклые кривые линии, составленные из дуг окружностей. Существует множество способов построения различных овалов. Строят их чаще по двум осям. Пусть требуется построить овал двойной симметрии по заданным осям AB и CD (рис. 46). Для нахождения центров 1 и 2 соединяют концы осей прямой CB ; откладывают от точки C отрезок CF , равный отрезку AE — разности полуосей овала; через середину отрезка FB проводят перпендикуляр, который пересекает продолжение малой



Рис. 46. Построение овала



Рис. 47. Применение овоида в технике

оси CD и большую ось AB в нужных точках 1 и 2 . Точка G является точкой сопряжения дуг. Другие части овала строят из центров, симметричных центрам 1 и 2 .

При вычерчивании железобетонных труб нередко применяют овоидальные (яйцевидные) овалы (рис. 47, а). Их задают обычно радиусом или диаметром основной окружности. Для построения овоида проводят линии центров AC и BC (рис. 47, б). Радиусом AB , равным диаметру заданной окружности, проводят дугу BF до линии центров AC , а радиусом BA — дугу AE до линии центров BC . После этого замыкают овал дугой EF из центра C .

При обводке кривых в местах сопряжений не должно получаться неровностей, стыки линий должны быть незаметными для глаза. Чтобы соблюсти эти условия, обводку начинают с дуги сопряжения, к которой справа и слева присоединяют участки сопрягаемых кривых. С этой же целью кривые иногда не доводят друг до друга на 1—2 мм, заполняя промежуток между линиями пером или карандашом от руки.

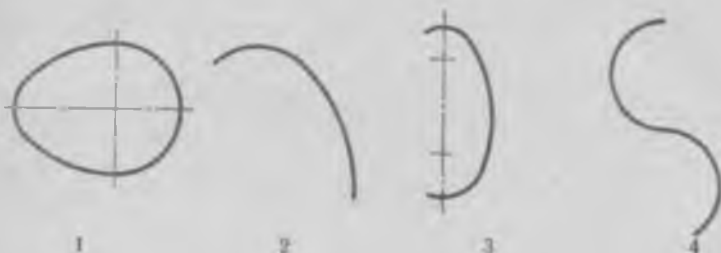
Профили прокатной стали (размеры в мм)

Валки двутавровые (ГОСТ 5239—72)						Швеллеры (ГОСТ 8240—72)						Угловые равнополочные стали (ГОСТ 5509—72)					
№ балки	h	b	s	r	R	t	№ швеллера	h	b	s	r	R	t	№ профиля	h	s	R
10	100	55	4,5	7,2	7,0	2,5	10	100	46	4,5	7,6	7,0	3,0	8	80	8	3,0
12	130	64	4,8	7,5	7,5	3,0	12	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0	9	90	9	3,3
14	140	73	4,9	7,5	8,0	3,0	14	140	58	4,9	8,1	8,0	3,0	10	100	10	4,0
16	160	81	5,0	7,8	8,5	3,5	16	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	11	110	12	4,0
18	180	90	5,1	8,1	9,0	3,5	18	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5	12,5	125	14	4,6
20	200	100	5,2	8,4	9,5	4,0	20	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	14	140	14	4,6
22	220	110	5,4	8,7	10,0	4,0	22	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0	15	160	16	5,3
24	240	115	5,6	9,5	10,5	4,0	24	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	18	180	18	5,3

В которой фигуре имеется внутреннее касание дуг?



В которой фигуре имеется внешнее касание дуг?



В которой фигуре имеется смешанное касание дуг?



Найти, в котором алгоритме решения задачи на проведение касательной допущена ошибка.

1) $\frac{AO}{2}$;

2) $AO_1 = R$;

3) $B = a \times b$;

4) B — точка касания

1

1) $\frac{AO}{2}$;

2) $AO_1 = OB$;

3) $B = a \times b$;

4) AB — касательная

2

1) $AO = d$;

2) $O_1O = R$;

3) $B = a \times b$;

4) B — точка касания

3

1) $AO_1 = O_1O = R$;

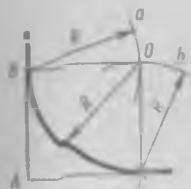
2) $a \times b = B$;

3) $\angle ABO = 90^\circ$;

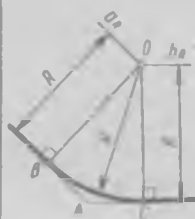
4) AB — касательная

4

Найти, при составлении которого алгоритма допущена ошибка.

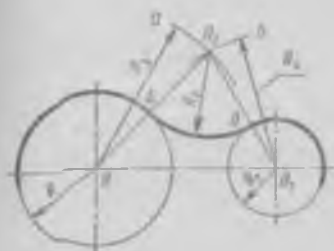


- 1) $AB = AC = R$;
 - 2) $O = a \times b$;
 - 3) O — центр сопряжения
- 2) $AB = AC = R$;
 - 2) $BO \perp AB$;
 - 3) $CO \perp AC$;
 - 4) O — центр сопряжения



- 8) $AB = AC$;
 - 2) $OB \perp AB$;
 - 3) $OC \perp AC$;
 - 4) O — центр сопряжения
- 4) $a_R \parallel AB$;
 - 2) $b_R \parallel AC$;
 - 3) $O = a_R \times R$;
 - 4) O — центр сопряжения

Найти, при составлении которого алгоритма допущена ошибка.



- 1) $OO_3 = R + R_3$;
 - 2) $O_1O_3 = R_1 + R_3$;
 - 3) $O_3 = a \times b$;
 - 4) O_3 — центр дуги сопряжения
- 3) $R_3 = OA + R_1$;
 - 2) $R_4 = O_1B + R_1$;
 - 3) $O_3 = a \times b$;
 - 4) O_3 — центр дуги сопряжения
- 2) $OA + AO_3 = R + R_3$;
 - 2) $O_1B + BO_3 = R_1 + R_3$;
 - 3) $a \times b = O_3$ — центр дуги сопряжения
- 4) $R + R_3 = R_3$;
 - 2) $R_1 + R_3 = R_4$;
 - 3) $O_3 = a \times b$;
 - 4) O_3 — центр дуги сопряжения

Какое будет сопряжение, если центры сопрягаемых дуг находятся на прямой по одну сторону от точки сопряжения?

Внешнее

Смешанное

Внутреннее

1

2

3

Какое будет сопряжение, если центры сопрягаемых дуг находятся на прямой по разные стороны от точки сопряжения?

Смешанное

Внешнее

Внутреннее

1

2

8

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Приведите практические примеры на сопряжения.
2. Повторите материал о касательных к двум окружностям по учебнику геометрии.
3. На чем основан общий прием нахождения центра сопрягающей дуги?
4. Примените этот прием к построению контура барашика крышки радиатора (рис. 48).



Рис. 48. Упражнение на построение сопряжений

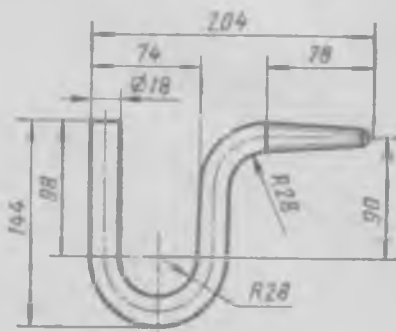


Рис. 49. Крюк для штыревых изоляторов

5. Постройте овал двойной симметрии, если большая ось его равна 90 мм, а малая 50 мм.
6. Начертите контур крюка для изолятора (рис. 49).
7. Постройте профиль прокатной стали по одному из табличных чертежей и размерам, взятым из табл. 6. Замышлоты $\frac{b-a}{4}$ и $\frac{b-a}{2}$ замкнуть на чертеже числами.
8. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 5, 6.

Глава V

ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

Отдельные участки овалов являются кривыми постоянной кривизны, так как они могут быть начерчены с помощью циркуля, их называют циркульными кривыми. Кривые, имеющие переменную кривизну, вычерчивают с помощью лекал и называют лекальными кривыми. К лекальным кривым относятся: эллипс, парабола, гипербола, эвольвента окружности, различного вида циклоиды, синусоиды, различные спирали. Многие лекальные кривые образуются в результате плоских сечений различных поверхностей. Так, например, эллипс, парабола и гипербола образуются при пересечении поверхности конуса плоскостями различного наклона.

§ 16. ЭЛЛИПС, ПАРАБОЛА И ГИПЕРБОЛА

Эллипс. Множество точек плоскости, сумма расстояний от которых до двух заданных точек той же плоскости, называемых фокусами, есть величина постоянная, называется эллипсом. Существует много способов вычерчивания эллипса. Наиболее распространенным является способ двух окружностей, диаметры которых равны большой и малой осям эллипса (рис. 50). Если через центр O провести произвольный диаметр, то он пересечет окружности в точках E, F и G, H . Через полученные точки проводят прямые, параллельные осям эллипса: на пересечении этих прямых определяются две точки эллипса K и L . Обычно диаметры проводят, деля одну из окружностей на 12 равных частей.

Пусть требуется вписать эллипс в параллелограмм (рис. 51). Принимают нижнюю сторону параллелограмма за сторону квадрата, строят на ней квадрат и вписывают в него окружность. Центру O окружности будет соответствовать центр O' эллипса, диаметру AB окружности будет соответствовать сопряженный диаметр $A'B'$ эллипса и т. д. Делят половину диаметра OD и половину сопряженного диаметра $O'D'$ на равные части (например, на четыре) и через точки деления проводят линии, параллельные AB . На соответственных прямых будут находиться соответствующие точки окружности и эллипса, например E и E' . Получают эти точки с помощью ломаных прямых, параллельных ломаной ODO' .

В технике эллипсы встречаются в эллиптических зубчатых колесах, в спицах маховиков и т. д.

Парабола. Множество точек плоскости, равноудаленных от данной точки, являющейся фокусом, и данной прямой, являющейся директрисой, называется параболой. Наиболее часто параболу приходится строить, сопрягая ее прямые разного направления (рис. 52, а). Для построения параболы на участке AB делят отрезки прямых AO и OB на одинаковое число равных частей и обозначают точки деления в последовательности 1 — 5, 1 — 5. Одинаково обоз-

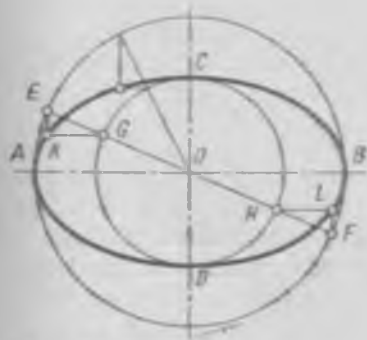


Рис. 50. Построение эллипса

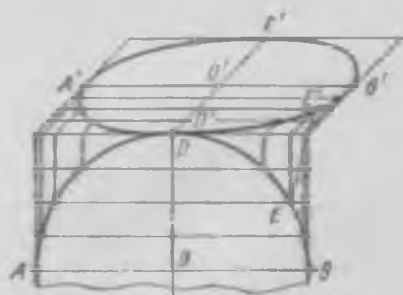


Рис. 51. Построение эллипса, вписанного в параллелограмм

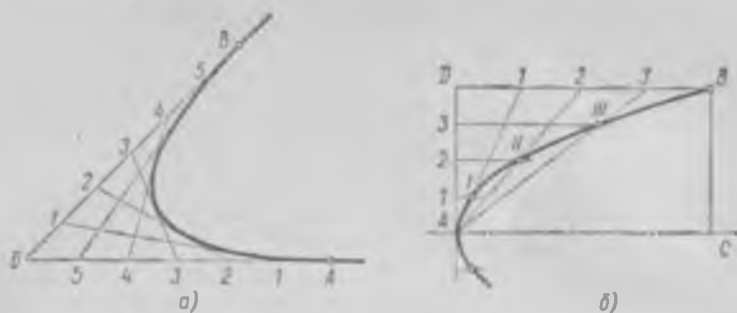


Рис. 52. Построение параболы

наченные точки соединяют прямыми и проводят кривую, касательную к семейству прямых.

Можно построить параболу по ее вершине A и произвольной точке B (рис. 52, б). Для этого через точку A проводят ось параболы AC и строят на ней прямоугольник $ADBC$; стороны прямоугольника делят и обозначают так же, как в предыдущем случае. Через точки деления на прямой AD проводят отрезки, параллельные оси параболы, а точки деления, находящиеся на прямой DB , соединяют с вершиной параболы A . Точки пересечения прямых, проходящих через точки, обозначенные одинаковыми цифрами, будут являться точками параболы (точки I, II, III).

Гипербола. Множество точек плоскости, разность расстояний от которых до двух заданных точек (фокусов) той же плоскости есть величина постоянная, называется гиперболой. В техническом черчении гипербола встречается в деталях конической формы, усеченных плоскостями. Кривую обычно строят, используя методы начертательной геометрии. Геометрические приемы построения этой кривой не отличаются простотой; вот один из них. Для



Рис. 53. Построение гиперболы

построения гиперболы по сторонам угла AO и OB (асимптотам) и какой-либо точке C через эту точку проводят линии, параллельные асимптотам (рис. 53). Затем пересекают эти линии лучами $O1$, $O2$ и из точек пересечения лучей вновь проводят линии, параллельные асимптотам до их взаимного пересечения в точках 1_1 , 2_1 . Эти точки и являются точками гиперболы. Ветви гиперболы при продолжении приближаются к асимптотам, но практически никогда с ними не пересекаются. Существует другой практический прием построения гиперболы *.

* Розов С. В. Сборник заданий по черчению. — М.: Машиностроение, 1978, с. 38.

§ 17. ЦИКЛОИДА, ЭПИЦИКЛОИДА И ГИПОЦИКЛОИДА

Циклоида. Незамкнутая плоская кривая, которую описывает точка, лежащая на производящей окружности, катящейся без скольжения по прямой линии, называется циклоидой (рис. 54). Окружность радиуса R делят на восемь равных частей и мысленно катят ее слева направо по горизонтальной прямой $\delta-\delta$. Очевидно, расстояние между точками $\delta-\delta$ будет равно длине окружности $2\pi R$. Это расстояние делят также на восемь равных частей. Из полученных точек $1, 2, 3, \dots, 8$ восставляют перпендикуляры для того, чтобы получить центры $1_1, 2_1, 3_1, \dots, 8_1$ перемещающейся окружности на линии $\delta-2$. Если теперь из центра 1_1 провести окружность радиуса R , то в пересечении ее с прямой $\delta-1$ будет найдена точка I циклоиды. Аналогично строят другие точки. Для более точного построения кривой используют деление окружности на 12 или 16 равных частей.

Эпициклоида. Эпициклоидой называют плоскую кривую, которую описывает точка производящей окружности при качении ее без скольжения снаружи направляющей окружности (рис. 55, а). Зная диаметр производящей окружности D и радиус направляющей окружности R , определяют центральный угол $\alpha = 180^\circ \frac{D}{R}$.

Это важно для того, чтобы расположить эпициклоиду симметрично. Делят производящую окружность и дугу направляющей окружности AB на 12 равных частей, находят центры $1, 2, \dots, 11$ на линии центров OO_1 , проводят дуги $11-1, 10-2$ и т. д. и находят точки эпициклоиды на пересечении дуг так, как в случае циклоиды. Разница только в том, что здесь вместо прямых $11-1$ и др. имеются дуги $11-1$ и др. Если центральный угол определен, то делят на равные части не направляющую окружность AB , а непосредственно линию центров OO_1 .

Если диаметры производящей и направляющей окружностей равны (рис. 55, б), т. е. если R равно половине D , то эпициклоида будет замкнутой кривой линией. Такая эпициклоида называется *кардиоидой*. Кардиоиду применяют для очертания деталей машин, предназначенных для осуществления возвратно-поступательного движения.

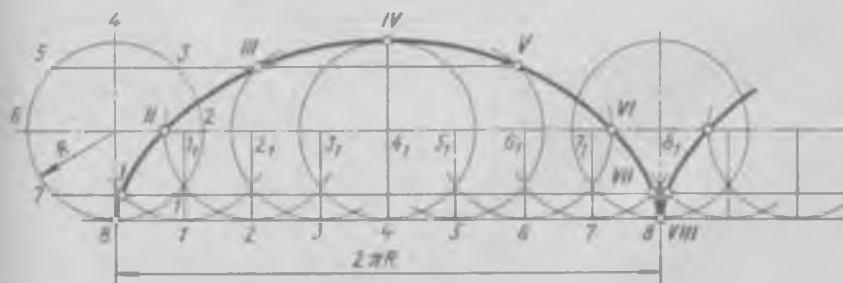


Рис. 54. Построение циклоиды

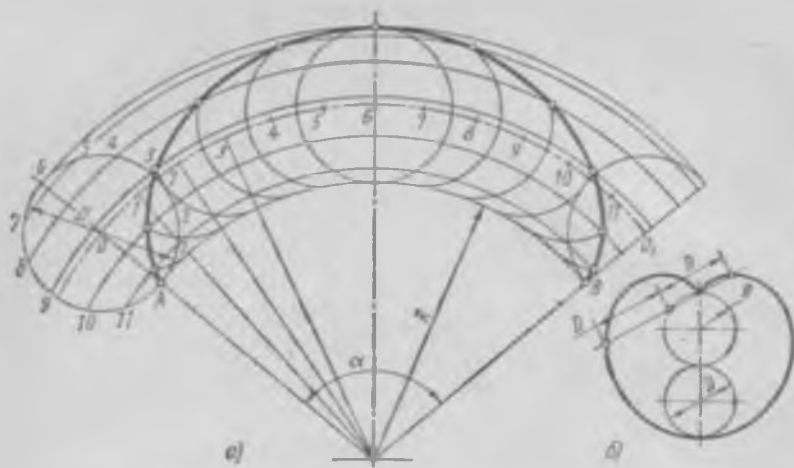


Рис. 55. Построение эпициклоиды

Гипоциклоида. Гипоциклоидой называют кривую, которую описывает точка производящей окружности при качении ее без скольжения внутри направляющей окружности (рис. 56, а) Центральный угол α определяют по той же формуле, что и для эпициклоиды. Также производят и построение точек. По дуге направляющей окружности AB откладывают двенадцатые части производящей окружности, т. е. делят дугу AB на 12 равных частей. Соединяя точки деления с центром направляющей окружности, получают центры вспомогательных окружностей $1, 2, 3, \dots, 11$ на линии центров OO_1 . Проводят вспомогательные концентрические дуги $11-1, 10-2$ и т. д. На пересечении этих дуг с окружностями, проведенными из соответствующих центров, получают точки гипо-

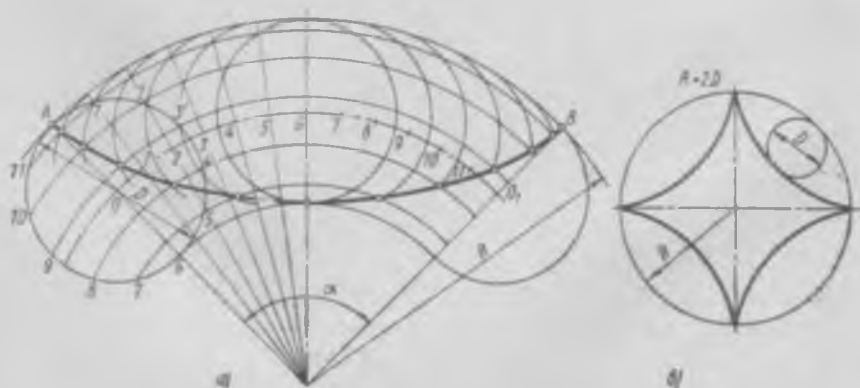


Рис. 56. Построение гипоциклоиды

циклоиды, которые и соединяют по лекалу плавной кривой линией.

Если радиус направляющей окружности будет вдвое больше диаметра производящей окружности, то гипоциклоида будет иметь четыре полные ветви. Образованная при этом замкнутая кривая носит название *астроиды* (рис. 56, б).

Циклические кривые рассмотренных видов используются при построении профиля зубьев зубчатых колес.

§ 18. ЭВОЛЬВЕНТА ОКРУЖНОСТИ

Плоская кривая, которую описывает точка прямой линии, катящейся без скольжения по неподвижной окружности, называется эвольвентой окружности. Считают, что вокруг цилиндра обмотана нить и одним концом закреплена в точке O (рис. 57). Нить разматывают, держа все время натянутой, при этом ее часть

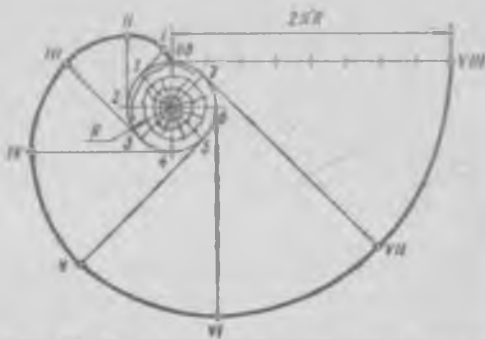


Рис. 57. Построение эвольвенты окружности

$I-I$ равна длине дуги $I-O$, часть $II-III$ равна длине двух таких дуг и т. д., а часть $VIII-VIII$ равна длине восьми дуг или длине всей окружности основания цилиндра ($2\pi R$). Это положение используют при построении кривой, откладывая на касательных к окружности соответствующее количество частей.

Кривая, которую «разматывают», носит название *эволюты*. Эволютой может быть не только окружность; каждая кривая, как эволюта, имеет свою эвольвенту. Для окружности эволютой является точка — центр окружности.

§ 19. ДРУГИЕ ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

Синусоида. Плоская кривая, характеризующая изменение синуса угла в зависимости от величины угла, называется синусоидой.

Для построения синусоиды заданную окружность делят на несколько равных частей (рис. 58). На столько же равных частей

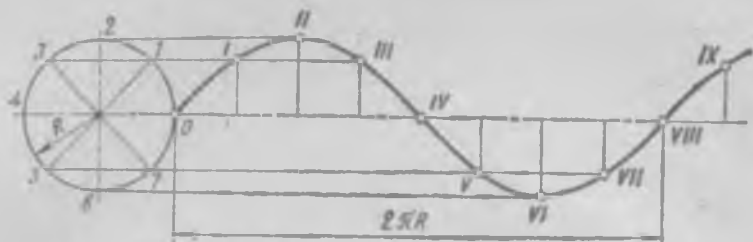


Рис. 58. Построение синусоиды

делят ось синусоиды, длину которой принимают равной длине окружности $2\pi R$. Из точек деления восставляют к оси перпендикуляры, на которых откладывают ординаты точек деления окружности. Полученные точки I, II, III, ..., VIII соединяют плавной кривой. В случае надобности кривая может быть продолжена за точку VIII.

При построении винтовых линий, часто встречающихся в технике, применяется сжатая синусоида, у которой шаг меньше длины окружности.

Спирали. Плоская кривая, которая получается при движении точки по радиусу, вращающемуся вокруг неподвижного центра, называется спиралью. Если удаление от центра пропорционально угловому перемещению точки, то кривая называется спиралью Архимеда. Размеры кривой зависят от величины шага спирали $O-VIII$ (рис. 59). Для построения кривой проводят окружность радиусом, равным шагу спирали. Делят шаг и окружность на одинаковое число равных частей. От центра O по радиусам откладывают одну, две, три и т. д. части и получают точки спирали I, II, III и т. д.

Кривые, выраженные уравнениями. Закономерные кривые часто задают уравнениями. Пусть, например, требуется построить кривую, заданную уравнением $x = y + 2$ (рис. 60). Проводят координатные оси x и y . Подставляя в уравнение вместо y величины: 0, 1, 2, 3, 4 и т. д., находят, чему равна величина x : $x = 2$, $x = 3$, $x = 6$, $x = 11$ и т. д. По осям x и y



Рис. 59. Построение спирали Архимеда

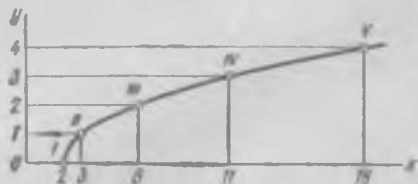


Рис. 60. Построение кривой по уравнению

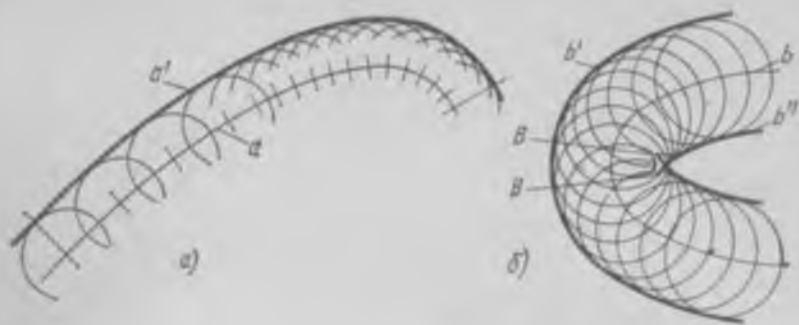


Рис. 61. Построение равноотстоящих кривых

откладывают соответствующие величины и на пересечении перпендикуляров находят точки *I*, *II*, *III*, *IV*, *V* и т. д.

Эквидистантные кривые. Кривые, имеющие общие нормали и отсекающие на нормалях равные отрезки, называются эквидистантными или равноотстоящими. Такие кривые обычно строят с помощью циркуля, проводя ряд дуг на заданной кривой *a* (рис. 61, *a*), для чего центры дуг располагают на заданной кривой *a*. К построенным дугам проводят огибающую их эквидистантную кривую *a'*.

В ряде случаев эквидистантные кривые по своей форме значительно отличаются от заданной кривой. Так, эквидистантная кривая *b'* (рис. 61, *б*), проведенная снаружи эллипса *b*, уже не является эллипсом, а кривая *b''*, проведенная внутри эллипса *b*, состоит, кроме того, из четырех участков, разграниченных точками возврата *B*.

Эквидистантные кривые используются при построении чертежей наклонно расположенных поверхностей вращения, а также чертежей пружин, змеевиков и т. п.

Кривые, заданные координатами точек. На производственных чертежах лекальные кривые чаще задаются координатами точек с помощью размерных чисел (рис. 62). Заготовка отвала плуга сверху и справа ограничена лекальными кривыми. Для построения верхней кривой от горизонтальной прямой, имеющей длину 650 мм и разбитой на участки по 50 мм, откладывают по вертикалям ординаты, величины которых берут с эскиза. Полученные точки соединяют плавной кривой. Аналогично строят правую кривую, откладывая от вертикальной прямой, разбитой на участки по 40 мм, абсциссы, величины которых берут с эскиза (35, 66, 92 и т. д.).

Кривые линии на диаграммах и графиках. Графики и диаграммы широко используются в различных областях знаний: в технической механике, термодинамике, электронике и т. д. На рис. 63 приведена диаграмма изменения состояния газа, на которой по оси абсцисс отложены значения удельного объема *v*, а по оси ординат — соответствующие этим значениям давления *p*. Работу

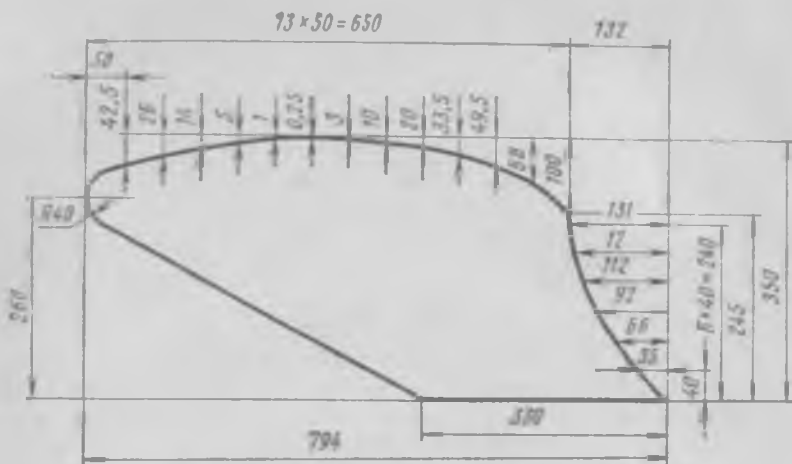


Рис. 62. Построение кривых с помощью абсцисс и ординат

газа измеряют площадью, ограниченной кривой процесса, осью абсцисс и крайними ординатами (заштрихована на чертеже).

Из химии известно, что растворимостью называется наибольшее весовое количество вещества, способное раствориться при данной температуре в 100 частях растворителя. Растворимость определяют опытным путем; результаты опытов наносят на график (рис. 64), на котором по оси абсцисс откладывают температуру, а по оси ординат — растворимость. Опыты повторяют несколько раз. В результате на графике появляется ряд точек, отражающих растворимость при различных температурах. Кривую проводят по средним значениям и достаточно плавной. График показывает, что с повышением температуры растворимость резко возрастает.

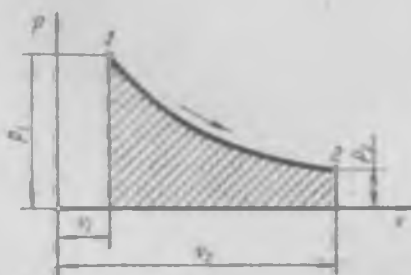


Рис. 63. Построение диаграммы по

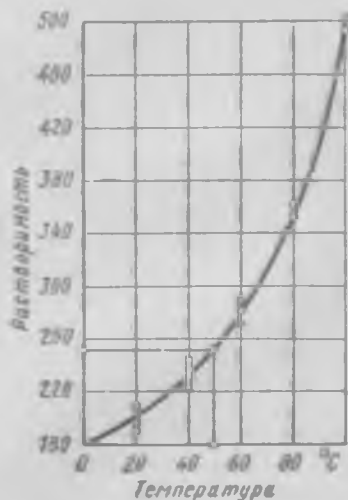


Рис. 64. Построение графика растворимости сахара в воде

По графику можно определить растворимость для любой температуры. Так, для температуры 50°C растворимость приблизительно равна 253.

При обводке лекальных кривых придерживаются следующих правил. Найденные точки соединяют от руки плавной кривой. Пользуясь лекалом, подбирают на нем участки, соответствующие кривизне намеченной от руки линии. Если кривая симметричная, то на лекале делают пометки мягким карандашом с тем, чтобы использовать подобранный на лекале участок несколько раз. При обводке эллипса, например, отмеченный на лекале участок используют 4 раза, причем в двух случаях лекало прикладывают обратной стороной. При подборе следующего участка захватывают часть обведенной линии; это позволяет избежать неровностей в обводке.

§ 20. КОРОБОВЫЕ КРИВЫЕ ЛИНИИ

Коробовой кривой называется линия, состоящая из ряда дуг окружностей различных радиусов. Заменой лекальных кривых коробовыми линиями, близкими им по форме, ускоряется и облегчается процесс черчения. С примером замены лекальной кривой коробовой линией встречаемся в § 15. Рассмотренным там овалом двойной симметрии в практике часто заменяют кривую эллипса. Лекальные кривые — спирали — заменяют, когда это допустимо, коробовыми кривыми — завитками (рис. 65). На рисунке показано построение завитка, центры которого совпадают с вершинами равностороннего треугольника ABC . Радиус R_1 первого участка кривой $A-1$ равен стороне AB треугольника; радиус R_2 второго участка кривой $1-2$ равен сумме двух сторон треугольника; радиус R_3 третьего участка кривой $2-3$ равен сумме трех сторон треугольника и т. д.

Коробовые кривые широко применяются при проектировании и строительстве арок и сводов (рис. 66). На чертеже показано

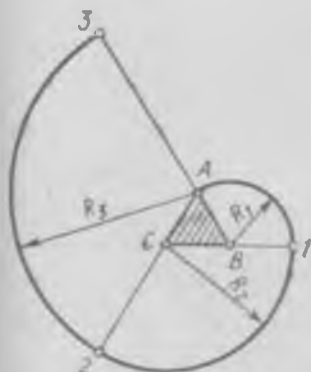


Рис. 65. Построение трехцентрового завитка

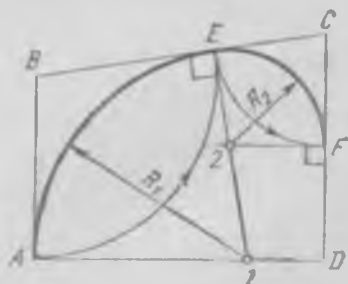
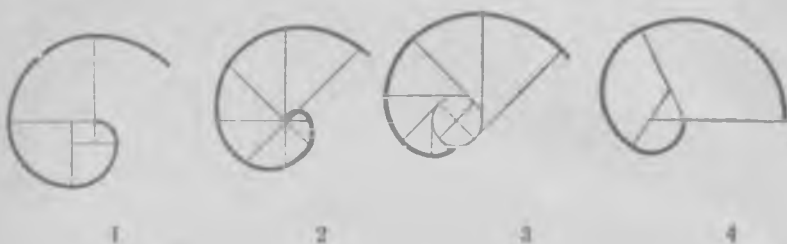


Рис. 66. Построение ползучего свода

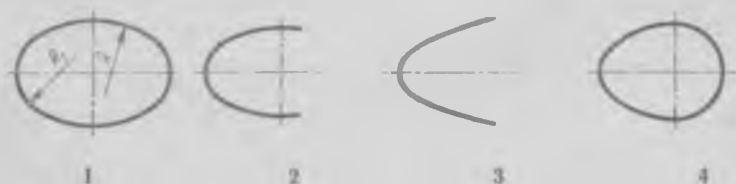
Даны четыре кривые. Отметьте в перфокарте номер, соответствующий эвольвенте окружности.



Даны четыре кривые. Отметьте в перфокарте номер, соответствующий гипоциклоиде.



Даны четыре кривые. Отметьте в перфокарте номер, соответствующий параболе.



Даны четыре кривые. Отметьте в перфокарте номер, соответствующий циклоиде.



При каких условиях эпициклоида превращается в кардионду? Отметьте номер ответа в перфокарте.

При $D = R$

1

При $D = 2R$

2

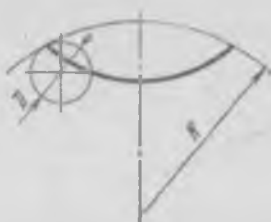
При $D = 0,5R$

3

При $2R = 2D$

4

При каких условиях гипоциклоида превращается в астроиду? Отметьте номер ответа в перфокарте.

При $R = 4D$

1

При $R = D$

2

При $R = 3D$

3

При $R = 2D$

4

Которое из приведенных выражений характеризует собой практический прием образования эллипса? Отметьте номер этого выражения в перфокарте



$$AF_1 + F_1F_2 + F_2B = AB$$

1

$$AF_1 + F_1F_2 = AF_2$$

2

$$EF_1 + EF_2 = AB$$

3

$$BF_2 + F_1F_2 = BF_1$$

4

Которая кривая является множеством точек плоскости, равноудаленных от фокуса F и прямой директрисы, лежащих в этой же плоскости? Отметьте номер этой кривой в перфокарте.

Гипербола

1

Эллипс

2

Парабола

3

Овоид

4

построение так называемого ползучего свода. На наклонной (замковой) прямой BC , характеризующей угол подъема свода, откладывают размер $BE = BA$ и из точки E восстанавливают перпендикуляр к прямой BC ; он пересечет прямую AD в точке 1 — центре первой части коробовой кривой радиуса R_1 . По прямой CD откладывают отрезок $CF = CE$ и из полученной точки F восстанавливают перпендикуляр к прямой CD ; его пересечение с прямой $E1$ определит центр 2 , которым пользуются для проведения второй части коробовой кривой радиуса R_2 .

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Приведите примеры использования лекальных кривых в технике.
2. Почему эллипс, парабола и гипербола называются кривыми конического сечения?
3. При каких условиях эллипсоида превращается в кардиоиду?
4. Как образуется спираль Архимеда?

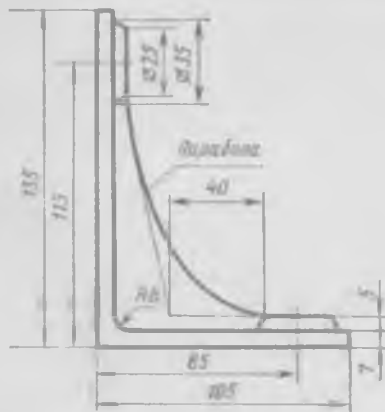


Рис. 67. Кронштейн с параболическим ребром жесткости

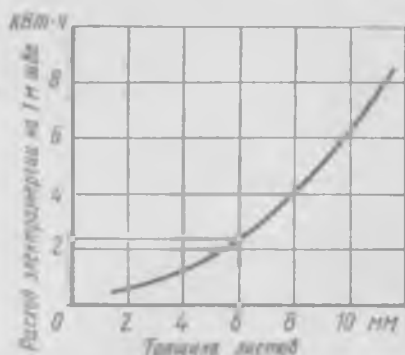


Рис. 68. Упражнение в чтении кривых графика

5. Постройте по эскизу (рис. 67) контур кронштейна, имеющего в своем очертании параболу.

6. Пользуясь кривой графика (рис. 68), определите расход электроэнергии в кВт·ч на 1 м шва при сварке листов металла толщиной 9 мм.

7. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 7, 8.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ, ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ РИСОВАНИЕ

Глава VI

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СПОСОБАХ ИЗОБРАЖЕНИЯ

§ 21. НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ЕЕ ЗАДАЧИ

В первой части курса черчения рассматривались фигуры и построения, все точки которых находились в одной плоскости. Изображение таких плоских фигур на листе бумаги не требовало применения особых приемов и способов. Иначе обстоит дело при переходе к изображению пространственных фигур — геометрических тел и других объемных предметов. Сразу же встает вопрос о том, как изобразить тела, имеющие три измерения, на листе бумаги, имеющем два измерения.

Способы изображения пространственных форм на плоскости рассматриваются и изучаются в курсе, который называется начертательной геометрией. Очевидно, надо изучить основы этого курса с тем, чтобы усвоить различные способы изображения и успешно применять их в курсе технического черчения.

Рассматриваемые в курсе начертательной геометрии способы служат не только целям изображения предметов; они позволяют также решать различные задачи, носящие производственный характер, такие, как определение площадей плоских фигур и кривых поверхностей, построение разверток изделий из листового материала, определение массы предметов по их изображениям, конструирование различных поверхностей и многие другие.

Накопленный в различных странах опыт проекционной грамоты позволил французскому ученому и инженеру Гаспару Монжу разработать в конце XVIII в. стройную научную дисциплину о прямоугольных проекциях. Вскоре эта дисциплина заняла подающее ей место в системе подготовки инженеров и техников.

В нашей стране этот курс был введен впервые в 1810 г. в Петербургском институте корпуса инженеров путей сообщения. В 1816 г. преподаватель этого института Яков Александрович Севастьянов напечатал первое руководство по начертательной геометрии, переведенное им на русский язык. В 1821 г. он издал свой курс под названием «Основания начертательной геометрии», сыгравший

большую роль в освоении этой дисциплины в нашей стране. Я. А. Севастьянов (1796—1849 гг.) был первым русским профессором по начертательной геометрии.

Дальнейшее развитие начертательной геометрии связано с именами Николая Ивановича Макарова (1824—1904 гг.), издавшего в 1870 г. полный курс начертательной геометрии с широким освещением раздела о кривых линиях и поверхностях, и Валериана Ивановича Курдюмова (1853—1904 гг.), создавшего в 1892—1896 гг. капитальные труды по прямоугольным проекциям, аксонометрии и проекциям с числовыми отметками.

Новое направление в начертательной геометрии связано с мировым именем академика Ефграфа Степановича Федорова (1853—1919 гг.). Его работы способствовали внедрению начертательной геометрии в химию, кристаллографию и другие науки, где она ранее не применялась.

В Советском Союзе уделяется огромное внимание развитию проекционных методов. Во всех технических вузах созданы самостоятельные кафедры начертательной геометрии и инженерной графики. Работниками этих кафедр выполнены значительные научно-исследовательские работы, публикуемые в сборниках научных трудов, опубликованы оригинальные курсы начертательной геометрии и технического черчения. Ведется разработка приборов для механического вычерчивания перспективных и аксонометрических изображений. Выпускаются учебники и методические рекомендации по черчению для средних специальных учебных заведений страны.

§ 22. ЦЕНТРАЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОЕЦИРОВАНИЕ

Если между точкой S и плоскостью P' (пи-штрих) расположить точку A (рис. 69, а), провести прямую SA и найти точку пересечения этой прямой с плоскостью, то на плоскости P' появится изображение точки A или ее проекция A' . Процесс получения проекции точки пространства на плоскости называется *проецированием*. Плоскость P' , на которую проецируют, называется *плоскостью проекций* или *картинной плоскостью*. Прямые, с помощью которых получают проекции, называются *проецирующими прямыми* или *проецирующими лучами*. Постоянная точка S , через которую проводят проецирующие лучи, называется *центром проецирования*. Предполагается, что в этой точке находится глаз наблюдателя, когда он проецирует точку A на плоскость P' . Точка пересечения проецирующего луча с плоскостью проекций называется *центральной проекцией точки*. Такой вид проецирования называется *центральной*.

Если вместо точки взять кривую линию AB , то для ее проецирования необходим ряд точек A, C, B (рис. 69, б). Проведя проецирующие лучи SA, SC и SB и найдя точки пересечения этих лучей с плоскостью проекций P' , определяют проекции A', C' и B'

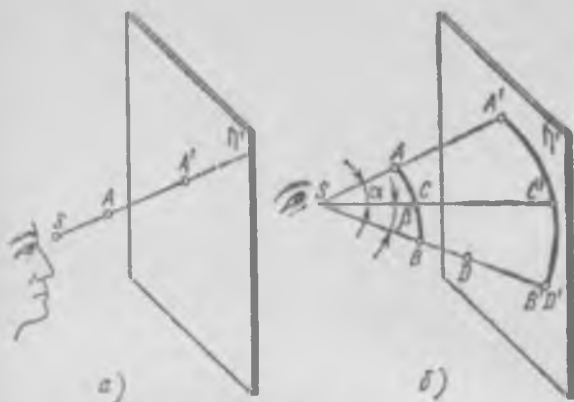


Рис. 69.

точек A , C и B . Найденные проекции точек соединяют плавной кривой и получают проекцию $A'C'B'$ кривой ACB . Когда наблюдатель смотрит на кривую линию ACB , она собой закрывает проекцию $A'C'B'$. Если убрать кривую ACB , то наблюдатель будет видеть проекцию $A'C'B'$ кривой, причем углы α и β , составленные проецирующими лучами SA , SC и SC , SB , не изменяются, изображение на сетчатой оболочке глаза также не изменится. Благодаря этому свойству рассматриваемые центральные проекции отличаются большой наглядностью.

Пользуясь чертежом, можно установить некоторые свойства проекций точек. Прямая линия пересекается с плоскостью только в одной точке, поэтому точка имеет на плоскости проекций только одну проекцию, следовательно, *точка определяет свою проекцию*. Возьмем на одном из проецирующих лучей, например на луче SB , точку D и найдем ее проекцию D' . Она, очевидно, будет совпадать с проекцией B' точки B . Любая точка, взятая на луче SB , будет иметь свою проекцию в той же точке $B'D'$, а это значит, что *проекция точки не определяет саму точку*, т. е. по одной проекции точки нельзя восстановить положение точки в пространстве.

В связи с тем, что при проецировании кривых линий проецирующие лучи образуют коническую поверхность с вершиной в точке S , центральные проекции иногда называют *коническими проекциями* или *конической перспективой*. Проекция кривой линии рассматривается при этом как линия пересечения проецирующей конической поверхности с плоскостью проекций P' .

Кроме центрального существует *параллельное проецирование*. Если предположить, что центр проекций — точка S_∞ — удален бесконечно далеко, то проецирующие лучи окажутся практически параллельными друг другу (рис. 70, а); на рисунке схематически показано (как это делалось в геометрии), что проецирующие лучи AA' , CC' и BB' параллельны между собой. Для получения проек-

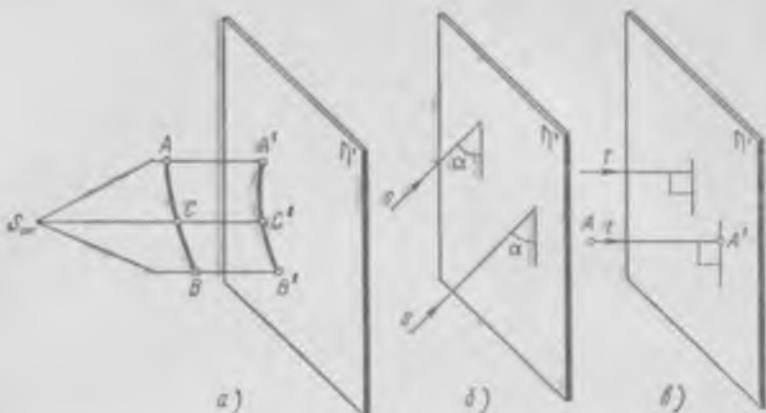


Рис. 70

дий кривой линии AB на ней берется ряд промежуточных точек и с помощью пучка параллельных лучей проецируется. Находя точки пересечения этих лучей с плоскостью проекций Π' , получают проекцию $A'C'B'$ кривой линии ACB . Как видно, проецирование кривой осуществляется в этом случае с помощью цилиндрической поверхности, в связи с чем параллельное проецирование иногда называется *цилиндрическим*. Различают *косоугольное* и *прямоугольное* или *ортогональное* параллельное проецирование. При *косоугольном* проецировании проецирующие лучи s составляют с плоскостью проекций Π' острые углы (рис. 70, б). При *прямоугольном* параллельном проецировании проецирующие лучи l составляют с плоскостью проекций Π' прямые углы (рис. 70, в). Для того чтобы спроецировать точку A при *прямоугольном* проецировании, надо опустить перпендикуляр из этой точки на плоскость проекций Π' и найти точку пересечения перпендикуляра с плоскостью в точке A' . Отсюда видно, что *проекцией точки при прямоугольном проецировании можно называть основание перпендикуляра, опущенного из точки на плоскость проекций*.

Прямоугольное проецирование имеет наибольшее распространение в проектной и производственной практике.

§ 23. СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В жизни и в производственных условиях применяют различные способы изображений: центральные или перспективные проекции, аксонометрические проекции, прямоугольные проекции на несколько плоскостей проекций, проекции с числовыми отметками, картографические проекции и др. Перечисленные способы отличаются один от другого как характером изображения, так и условиями построения.

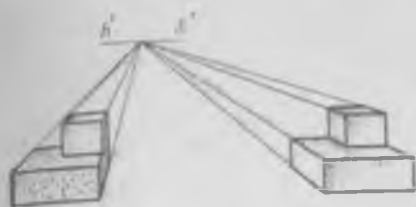


Рис. 71

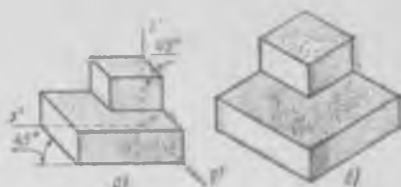


Рис. 72

Центральные проекции (рис. 71), как уже отмечалось, отличаются большой наглядностью, однако они имеют крупные недостатки. Главный недостаток этого способа так же, как и фотографии, заключается в том, что линии предмета разного направления при изображении уменьшаются не в одинаковое число раз и по изображению трудно судить о действительных размерах той или иной части предмета. Другим недостатком является сложность построений. Центральные проекции применяются в живописи, в архитектурных проектах при изображении зданий, мостов и других инженерных сооружений.

Аксонометрические проекции являются достаточно наглядными и более простыми в построении. С одним из видов аксонометрических проекций учащимся часто приходится встречаться в школе при изучении геометрии и черчения. Это — так называемая «кабинетная» проекция. При этом способе передние грани предмета не изменяют своей формы (рис. 72, а), а верхние и боковые грани проецируются в виде параллелограммов, с углами 45° к линии горизонта. Размеры глубины верхних и боковых граней уменьшаются при построении вдвое. Иначе этот способ называется фронтальной диметрической проекцией (косоугольной).

Аксонометрические проекции могут быть также прямоугольными (рис. 72, б). Образование прямоугольных аксонометрических проекций и их свойства будут рассмотрены несколько позже. Прямоугольные или ортогональные проекции значительно отличаются от центральных и аксонометрических проекций. При этом способе предмет проецируется не на одну, а на несколько взаимно перпендикулярных плоскостей (рис. 73, а): горизонтальную Π_1 , фронтальную Π_2 и профильную Π_3 . После получения горизонтальной, фронтальной и профильной проекций предмета все три плоскости совмещают в одну путем вращения: горизонтальную плоскость Π_1 вращают вокруг оси x_1 , являющейся линией пересечения плоскостей Π_1 и Π_2 ; профильную плоскость Π_3 вращают вокруг оси z_1 , являющейся линией пересечения плоскостей Π_3 и Π_2 ; плоскость Π_2 остается неподвижной, с ней совмещаются плоскости Π_1 и Π_3 . Изображение на фронтальной плоскости Π_2 нередко называют главным видом.

Изображение предмета на нескольких совмещенных плоскостях называют комплексным чертежом (рис. 73, б). На таком чертеже

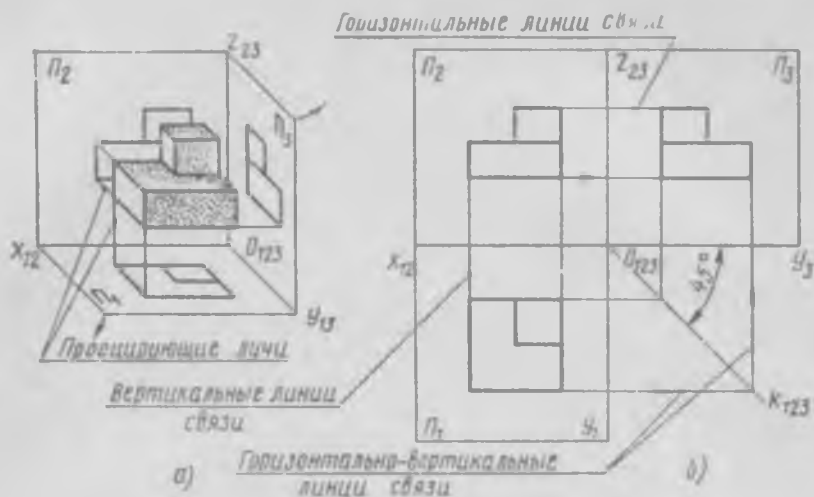


Рис. 73

фронтальная и горизонтальная проекции предмета связаны между собой *вертикальными* линиями проекционной связи, фронтальная и профильная проекции — *горизонтальными* линиями проекционной связи, горизонтальная и профильная проекции — *горизонтально-вертикальными* линиями проекционной связи, имеющими общую точку на так называемой *постоянной прямой* k_{123} комплексного чертежа. Эта прямая проходит под углом 45° к осям y_1 и y_3 .

Прямоугольные проекции имеют меньшую наглядность, но отличаются следующими положительными свойствами:

- 1) дают исчерпывающие сведения о предмете благодаря применению нескольких видов и условных разрезов;
- 2) отличаются простотой, так как каждый вид представляет собой изображение предмета лишь с одной стороны;
- 3) отличаются точностью и удобством измерений.

Этот способ является основным для изображения предметов во всех отраслях техники. Только при изображении земной поверхности и производстве работ, связанных с ней, более удобен другой способ прямоугольных проекций, называемый *способом проекций*



Рис. 74

с числовыми отметками, при котором используется одна горизонтальная плоскость проекций P_1 . Высоты точек записываются с помощью числовых отметок (рис. 74, а). Кроме числовых отметок используются кри-

вые линии — горизонтали, которые соединяют на чертеже проекции точек местности, имеющих одну и ту же высоту. Приведенный план местности изображает возвышенность с наивысшей отметкой 84,4 м. Местность полого понижается вправо и более круто влево. Правая пониженная часть местности имеет отметку 81 м, что видно из записи, сделанной около крайней правой горизонтали. На рис. 74, б для наглядности нарисован участок местности. Проекции с числовыми отметками применяются в геодезии и топографическом черчении.

В рассматриваемой второй части курса, кроме основных сведений по начертательной геометрии, будет изложен раздел проекционного черчения. В этом разделе будут применяться и закрепляться способы изображения, изученные в начертательной геометрии. Причем если в начертательной геометрии объектами изучения являются точки, линии, плоскости и геометрические тела, то в проекционном черчении будут рассматриваться более сложные фигуры, являющиеся комбинацией геометрических тел. Кроме того, в этом разделе будут изучаться некоторые условности, принятые в практике технического черчения. Этот раздел поможет подойти вплотную к изучению основной части курса — машиностроительного черчения.

ВОПРОСЫ

1. В чем значение начертательной геометрии?
2. В чем заключается принцип центрального проецирования?
3. Что называется проекцией точки?
4. В чем особенности параллельного проецирования?
5. В чем разница между косоугольным и прямоугольным проецированием?
6. Укажите на особенности различных способов изображения.

Глава VII

ПРОЕКЦИИ ТОЧЕК И ПРЯМЫХ ЛИНИЙ

При изучении этой главы воспользуемся макетом плоскостей проекций (рис. 75, а). Его нетрудно изготовить самим из двух фанерных дощечек, скрепив их петлями. Можно пользоваться куском картона, согнутым пополам. Плоскость Π_2 , находящаяся впереди, называется *фронтальной* плоскостью проекций, плоскость Π_1 — *горизонтальной* плоскостью проекций. Линия пересечения плоскостей x_{12} называется *осью проекций*. Нижняя надпись — индекс 12 — означает, что x принадлежит как первой, так и второй плоскостям. На чертежах пользуются рисунком плоскостей, выполненным в «кабинетной» проекции.

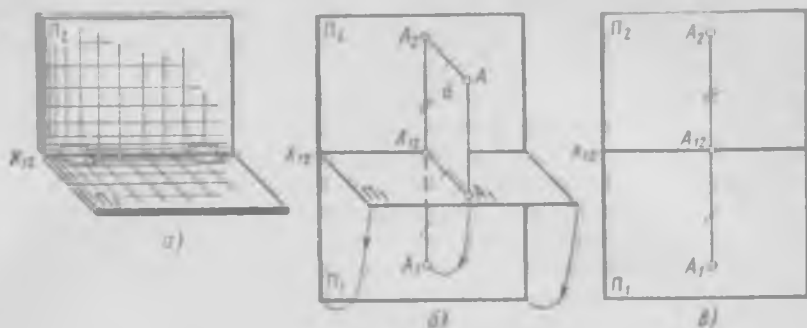


Рис. 75

§ 24. ДВЕ ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ

Расположим перед плоскостями проекций точку A (рис. 75, б). Опустим из этой точки перпендикуляр на горизонтальную плоскость Π_1 и найдем точку пересечения A_1 перпендикуляра с плоскостью; точка A_1 будет *горизонтальной проекцией* точки A на плоскости Π_1 . Опустим перпендикуляр из точки A на фронтальную плоскость проекций Π_2 и найдем *фронтальную проекцию* A_2 точки A . Два перпендикуляра AA_1 и AA_2 определили плоскость σ (сигма), перпендикулярную к обеим плоскостям проекций Π_1 и Π_2 и к их линии пересечения x_{12} ; плоскость σ пересекла ось проекций x_{12} в точке A_{12} .

Перейдем теперь к образованию комплексного чертежа. Для этого повернем плоскость Π_1 вместе с проекцией A_1 вниз вокруг оси x_{12} на угол 90° до совмещения с плоскостью Π_2 ; когда плоскости Π_2 и Π_1 совместятся в одну, перпендикуляры A_2A_{12} и $A_{12}A_1$ расположатся один на продолжении другого, т. е. будут представлять собой одну прямую, перпендикулярную оси x_{12} (рис. 75, в). Это позволяет записать основное свойство проекций точек: *фронтальная и горизонтальная проекции точки всегда находятся на одном перпендикуляре к оси проекций x_{12}* . Как было указано выше, на комплексном чертеже этот перпендикуляр называют вертикальной линией связи.

Так как плоскость σ является прямоугольником, у которого противоположные стороны равны, то $AA_1 = A_2A_{12}$ и $AA_2 = A_1A_{12}$ (рис. 75, б). Отсюда видно, что по комплексному чертежу можно ответить на вопрос о том, на каком расстоянии от плоскостей проекций Π_1 и Π_2 находится точка A . *Расстояние от точки A до фронтальной плоскости проекций Π_2 равно расстоянию от горизонтальной проекции A_1 до оси проекций x_{12} , а расстояние от точки A до горизонтальной плоскости проекций Π_1 равно расстоянию от фронтальной проекции A_2 до оси проекций x_{12} .*

Заметим, что на комплексном чертеже нет самой точки A , есть только ее проекции (изображения). Выражение «построить

точку A на комплексном чертеже следует понимать как задание на построение *проекций* этой точки.

В отличие от этого на наглядном изображении (рис. 75, б) есть и сама точка A и ее проекции A_1 и A_2 . Точки, находящиеся в пространстве, обозначают прописными буквами латинского алфавита без каких-либо индексов.

§ 25. ТРИ ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ

При выполнении комплексных чертежей моделей и деталей в ряде случаев бывает недостаточно изображений на двух плоскостях проекций, поэтому приходится строить третью проекцию детали. Для этого чаще используют профильную плоскость проекций Π_3 (см. рис. 73), перпендикулярную плоскостям Π_1 и Π_2 . Возникает новая задача: *как по двум заданным проекциям точки построить ее третью проекцию*.

Разберем решение этой задачи на примере построения трех проекций точки A .

За основу возьмем рис. 75, б. Добавим к имеющимся плоскостям Π_1 и Π_2 третью, профильную плоскость Π_3 (рис. 76, а). Спроецируем точку A на эту плоскость, для чего опустим перпендикуляр из точки A на плоскость проекций Π_3 и найдем точку A_3 пересечения перпендикуляра с плоскостью. Теперь совместим плоскости Π_1 и Π_3 с фронтальной плоскостью Π_2 , для чего плоскость Π_1 повернем вниз на угол 90° , а плоскость Π_3 вправо на такой же угол. Направление вращения на рисунке показано стрелками. После совмещения получим комплексный чертеж точки на трех плоскостях проекций (рис. 76, б). Как видно из чертежа, профильная проекция A_3 точки A в результате этих построений будет находиться на такой же высоте, как и фронтальная A_2 , и на таком же расстоянии от оси z_{12} , на каком горизонтальная проекция A_1 находится от оси x_{12} . На чертеже следующие четыре

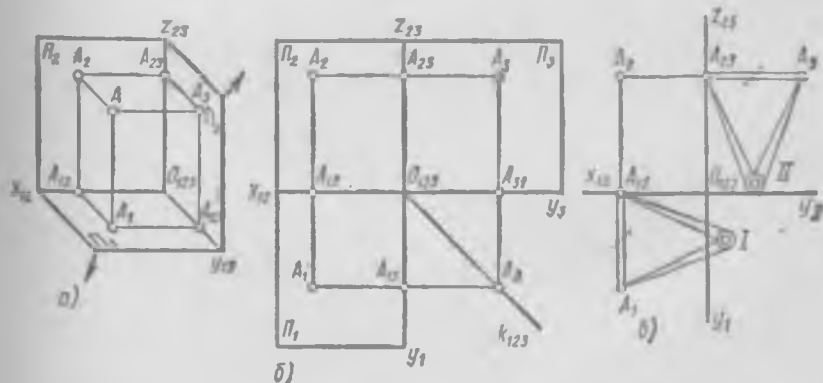


Рис. 76

отрезка равны друг другу: $A_{12}A_1 = O_{123}A_{13} = O_{123}A_{31} = A_{23}A_3$. Это равенство позволяет установить правило построения третьей проекции A_3 , когда заданы две основные проекции A_1 и A_2 . Сформулируем это правило для разных приемов построения третьей проекции точки.

Прием постоянной прямой. Для построения третьей проекции точки необходимо: а) провести постоянную прямую чертежа k_{123} , б) из фронтальной проекции A_2 провести горизонтальную линию связи, в) из горизонтальной проекции A_1 провести ломаную горизонтально-вертикальную линию связи до пересечения ее с горизонтальной линией связи в искомой точке A_3 .

Прием ординаты (рис. 75, в). Для построения третьей проекции точки необходимо: а) из фронтальной проекции A_2 провести горизонтальную линию связи, б) измерить циркулем величину ординаты $A_{12}A_1$ (положение I). в) отложить эту величину право от оси z_{23} по горизонтальной линии связи (положение II); точка A_3 — искомая.

Как видно, наиболее простым является прием ординаты; им чаще пользуются в практике технического черчения. В процессе изучения курса нам придется нередко пользоваться приемом постоянной прямой, так как он более наглядно показывает связь горизонтальной и профильной проекций при большом количестве точек.

§ 26. РАСПОЛОЖЕНИЕ ТОЧЕК В ПРОСТРАНСТВЕ

Рассмотренные на рис. 75 и 76 точки расположены в пространстве. В частном случае точки могут быть расположены в плоскостях проекций или на осях проекций. Рассмотрим эти частные (особенные) случаи расположения точек.

Пусть точка A принадлежит фронтальной плоскости проекций Π_2 (рис. 77, а). Опуская перпендикуляры из точки A на плоскости проекций, убедимся в том, что фронтальная проекция совпадает с самой точкой A ($A_2 \equiv A$), а две другие проекции расположатся на осях проекций x_{12} и z_{23} . Учитывая это, легко построим комплексный чертеж (рис. 77, б). Делаем вывод: *если точка принадлежит*

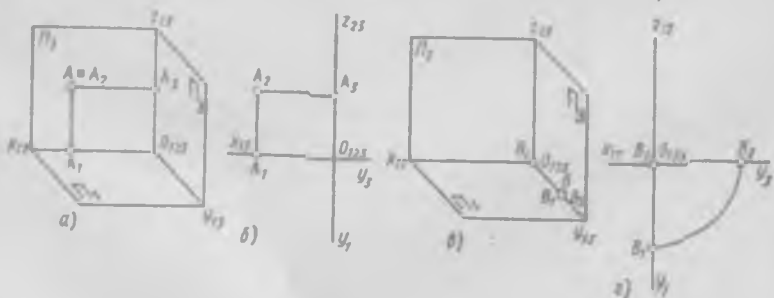


Рис. 77

плоскости проекций, то одна ее проекция совпадает с самой точкой, а две ее другие проекции лежат на соответствующих осях проекций.

Пусть точка B принадлежит оси проекций y_{13} (рис. 77, в). Опуская перпендикуляр из точки B на фронтальную плоскость проекций Π_2 , найдем, что основание этого перпендикуляра, точка B_2 , совпадает с точкой O_{123} пересечения осей, а две другие проекции B_1 и B_3 окажутся лежащими на оси y_{13} . При совмещении плоскостей проекций горизонтальная проекция B_1 точки B окажется ниже оси x_{12} на оси y_1 (рис. 77, г), а профильная проекция B_3 — на оси y_3 на таком же расстоянии от точки O_{123} , что показано на чертеже с помощью дуги построения B_1B_3 . Таким образом, если точка принадлежит оси проекций, то все ее проекции лежат на осях проекций, причем одна из них совпадает с точкой пересечения осей.

§ 27. ПОНЯТИЕ О КООРДИНАТАХ ТОЧКИ

На занятиях в школе учащиеся нередко строили точку на плоскости по ее координатам: абсциссе x и ординате y . Для построения точки в пространстве необходимо иметь еще одну координату z . Пусть точка A (рис. 78, а) находится в пространстве на определенных расстояниях от плоскостей проекций. Ее расстояние от профильной плоскости проекций Π_3 будем называть *абсциссой* или *широтой*, расстояние от плоскости Π_2 — *ординатой* или *глубиной*, расстояние от плоскости Π_1 — *аппликатой* или *высотой*.

На чертеже отрезок $O_{123}A_{12}$ — абсцисса точки A , отрезок $O_{123}A_{13}$ — ордината точки A , отрезок $O_{123}A_{23}$ — аппликата точки A . Если измерить длину отрезков, то можно записать координаты точки A . Обычно пользуются записью такого вида: $A(15, 12, 18)$, первое число показывает величину абсциссы, второе — величину ординаты и третье — величину аппликаты. Такая запись вполне определяет положение точки в пространстве, поэтому, пользуясь ею, мы можем построить комплексный чертеж точки A (рис. 78, б).

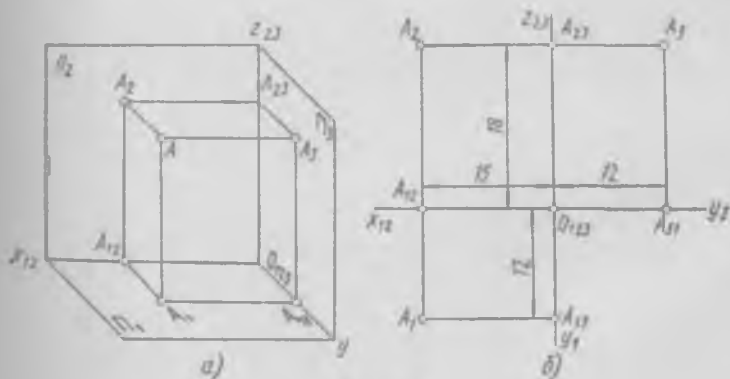


Рис. 78

Для построения проекций точки откладываем от точки O_{123} по оси x_{12} величину 15, по осям y_1, y_3 величину 12, по оси z_3 величину 18. Из полученных точек A_{12}, A_{13}, A_{31} и A_{23} проводим к соответствующим осям перпендикуляры, в пересечении которых получаем проекции A_2, A_1 и A_3 точки A .

При пользовании координатами точек оси проекций чаще называют *координатными осями*, а точку O_{123} их пересечения — *началом координат*.

Для упражнения запишем координаты точек A и B для рис. 77. Точка A лежит в плоскости Π_2 , значит ее расстояние от этой плоскости равно нулю ($y = 0$); определяем абсциссу x и аппликату z и записываем: $A(20, 0, 16)$. Точка B лежит на оси y , значит ее расстояния от плоскостей Π_3 и Π_1 равны нулю; остается измерить расстояние точки от плоскости Π_2 , т. е. определить ординату точки B . Запись будет иметь такой вид: $B(0, 20, 0)$.

§ 28. ДВЕ ПРОЕКЦИИ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ

Примем карандаш за макет отрезка прямой линии. Поместим его перед плоскостями проекций Π_2 и Π_1 (рис. 79, а) и мысленно спроецируем отрезок на эти плоскости. Для этого из конечных точек карандаша опустим перпендикуляры на плоскости проекций и найдем их основания. Пусть нижний конец карандаша спроецируется в виде точек A_2 и A_1 , а верхний — в виде точек B_2 и B_1 . Тогда, соединив горизонтальные проекции A_1 и B_1 , получим горизонтальную проекцию A_1B_1 отрезка прямой линии AB ; соединив фронтальные проекции A_2 и B_2 , получим фронтальную проекцию A_2B_2 прямой AB (карандаша).

Теперь совместим плоскость Π_1 с плоскостью Π_2 , поворачивая первую плоскость вниз вокруг оси x_{12} на угол 90° (рис. 79, б). Образовавшийся при этом комплексный чертеж (эпюр) позволяет судить о расположении прямой в пространстве. Смотря на фронт-

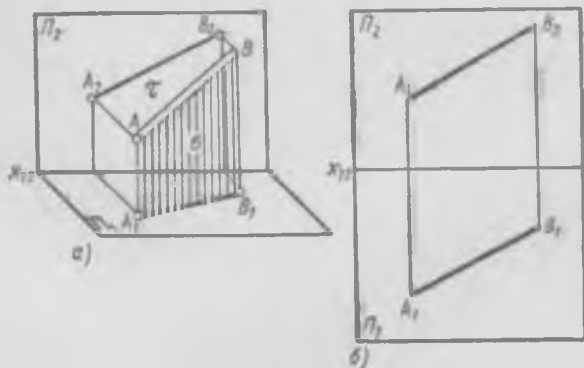


Рис. 79

тальную проекцию A_2B_2 , видим, что точка B_2 расположена выше, чем точка A_2 ; это значит, что точка B в пространстве расположена выше, чем точка A . Смотри на горизонтальную проекцию A_1B_1 отрезка прямой, замечаем, что проекция A_1 дальше удалена от оси проекций x_{12} , чем проекция B_1 . Отсюда заключаем, что точка A в пространстве расположена дальше от фронтальной плоскости Π_2 , чем точка B , или, иначе, точка A ближе к нам, чем точка B . Таким образом, получаем представление о расположении прямой в пространстве; удаляясь от нас, она поднимается вверх.

Подобный разбор комплексных чертежей называется их *чтением*. Одной из главных задач изучения курса черчения является приобретение навыка чтения чертежей.

Возвращаясь к рис. 79, а, замечаем, что горизонтальная проекция A_1B_1 отрезка прямой может быть получена путем проведения через отрезок AB плоскости σ , перпендикулярной к горизонтальной плоскости проекций Π_1 . Плоскость σ представляет собой трапецию ABV_1A_1 и заштрихована на рисунке. Плоскости, с помощью которых прямые проецируются на плоскости проекций, называются *проецирующими*. Так как плоскость σ проецирует отрезок на горизонтальную плоскость проекций, то она называется *горизонтально-проецирующей*; плоскость ABV_2A_2 проецирует отрезок AB на фронтальную плоскость проекций; она называется *фронтально-проецирующей* и обозначается буквой τ .

§ 29. ТРИ ПРОЕКЦИИ ОТРЕЗКА ПРЯМОЙ

Введем третью плоскость проекций Π_3 и спроецируем на нее отрезок AB (рис. 80, а). Для этого опустим перпендикуляры из точек A и B на профильную плоскость проекций и найдем их основания A_3 и B_3 ; полученные точки соединим прямой. Отрезок A_3B_3 будет профильной проекцией отрезка AB . Совместим плоскости Π_1 и Π_3 с фронтальной плоскостью Π_2 (рис. 80, б), получим комплексный чертеж прямой AB , состоящий из трех проекций. Такой

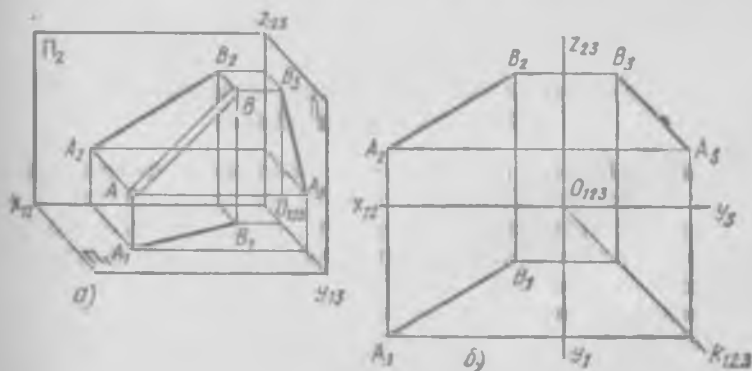


Рис 80

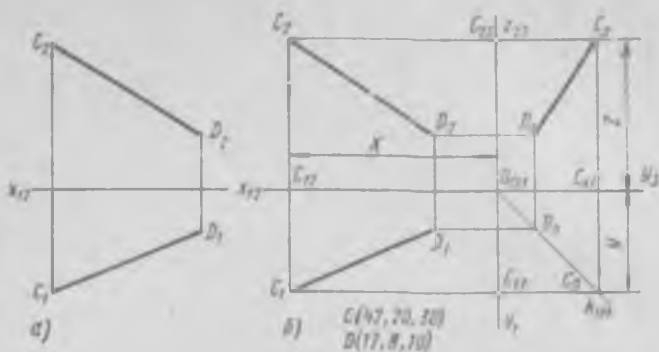


Рис. 81

комплексный чертеж более нагляден, чем чертеж с двумя проекциями. Вот почему в ряде случаев мы будем дополнять изображение третьей проекцией.

Для упражнения построим третью проекцию C_3D_3 отрезка CD . Отрезок задан двумя проекциями C_2D_2 и C_1D_1 (рис. 81, а). Правее заданного отрезка в произвольном месте проводим ось $z_{23}y_1$ перпендикулярно к оси x_{12} (рис. 81, б), получаем точку O_{123} — начало координат. Через эту точку проводим биссектрису угла $y_1O_{123}y_3$; это будет постоянная прямая чертежа k_{123} . Для построения третьей проекции C_3 точки C проводим горизонтальную линию связи C_2C_{23} и продолжаем ее за ось z_{23} ; через горизонтальную проекцию C_1 точки C проводим горизонтально-вертикальную линию связи C_1C_{13} и продолжаем ее вертикальную часть до пересечения с горизонтальной линией связи в точке C_3 . Точно так же находим третью проекцию D_3 точки D . Соединив точки C_3 и D_3 , получаем профильную проекцию C_3D_3 отрезка CD .

Если требуется, то можно записать координаты отрезка CD . Для определения координат точки C надо измерить величину абсциссы x , ординаты y и аппликаты z , а также величину координат точки D . В нашем случае: $C(42, 20, 30)$; $D(12, 8, 10)$.

§ 30. РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРЯМОЙ ОТНОСИТЕЛЬНО ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ

Прямые AB и CD на рис. 79—81 наклонены ко всем трем плоскостям проекций. Такие прямые называются прямыми *общего положения*. В отличие от них прямые, параллельные или перпендикулярные плоскостям проекций, называются прямыми *частного (особенного) положения*.

Расположим неочиненный карандаш так, чтобы он оказался параллельным горизонтальной плоскости проекций Π_1 (рис. 82, а), и спроецируем его на обе плоскости проекций Π_1 и Π_2 . Так как прямая AB параллельна плоскости Π_1 , то проецирующие линии

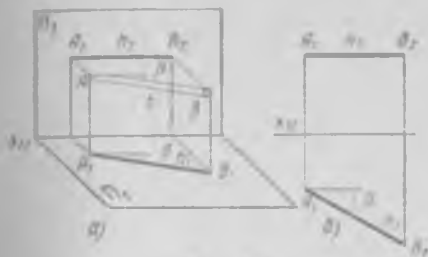


Рис. 82

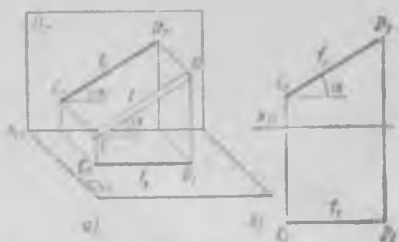


Рис. 83

AA_1 и BB_1 будут равны друг другу, а горизонтально-проецирующая плоскость ABB_1A_1 будет прямоугольником. Отсюда следует, что горизонтальная проекция A_1B_1 прямой AB будет равна длине самой прямой, т. е. $A_1B_1 = AB$. Равные между собой стороны прямоугольника AA_1 и BB_1 спроецируются на фронтальную плоскость проекций Π_2 без искажения в виде равных отрезков. Отсюда следует, что фронтальная проекция A_2B_2 прямой AB окажется параллельной оси x_{12} , т. е. $A_2B_2 \parallel x_{12}$. Имея это в виду, легко построить комплексный чертеж прямой AB , параллельной горизонтальной плоскости проекций (рис. 82, б). Фронтальная проекция A_2B_2 такой прямой будет горизонтальна (параллельна оси x_{12}). Горизонтальная проекция A_1B_1 будет наклонена к оси под углом β , равным углу наклона прямой AB к фронтальной плоскости проекций Π_2 ; длина этой проекции будет равна действительной величине отрезка. Прямая AB , параллельная горизонтальной плоскости проекций, называется горизонтальной прямой или, короче, горизонталью. Часто ее обозначают одной буквой h (h_2 , h_1).

Расположим карандаш или какой-нибудь другой длинный предмет так, чтобы он стал параллельным фронтальной плоскости проекций Π_2 (рис. 83, а). Фронтальная проекция C_2D_2 прямой CD в этом случае будет равна и параллельна самой прямой. Горизонтальная проекция C_1D_1 будет параллельна оси проекций x_{12} . Угол α наклона прямой CD к горизонтальной плоскости проекций Π_1 спроецируется на фронтальную плоскость проекций без искажения, в натуральную величину. Имея это в виду, мы легко построим комплексный чертеж прямой CD (рис. 83, б). На нем $C_1D_1 \parallel x_{12}$, $C_2D_2 = CD$, угол α равен углу наклона прямой CD к плоскости Π_1 . Прямая CD , параллельная фронтальной плоскости проекций, называется фронтальной прямой или фронталью. Часто ее обозначают одной буквой f (f_2 , f_1).

Третью прямую p , параллельную профильной плоскости проекций, удобнее рассмотреть при проецировании ее на три плоскости проекций (рис. 84, а). Ее профильная проекция p_3 будет равна действительной величине прямой p . Две другие проекции p_2 и p_1 окажутся параллельными осям z_{23} и y_1 или перпендикулярными к оси проекций x_{12} . Наклон профильной проекции p_3 к осям проек-

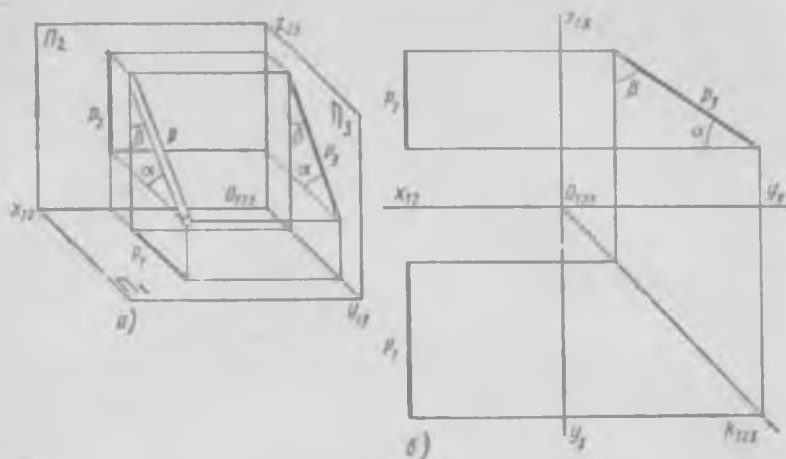


Рис. 84

ций y_1 и z_{12} определит углы α и β наклона прямой r к плоскостям Π_1 и Π_2 . Учитывая все это, строим комплексный чертеж прямой r (рис. 84, б). Прямая r , параллельная профильной плоскости проекций, называется *профильной прямой*.

Если прямая KL одновременно параллельна двум плоскостям проекций Π_2 и Π_3 , то она перпендикулярна третьей плоскости проекций Π_1 (рис. 85, а). С помощью таких прямых мы проецируем точки на горизонтальную плоскость проекций. Прямые, перпендикулярные к горизонтальной плоскости проекций, будем называть, по аналогии с плоскостями, *горизонтально-проецирующими прямыми*. У горизонтально-проецирующей прямой две проекции параллельны оси z_{12} , а третья является точкой; нередко говорят, что третья проекция вырождается в точку. На комплексном чертеже прямую KL обычно изображают двумя проекциями (рис. 85, б), причем $K_2L_2 \perp x_{12}$, а K_1L_1 изображается точкой.

Если прямая MN перпендикулярна фронтальной плоскости проекций Π_2 , т. е. если она является *фронтально-проецирующей*

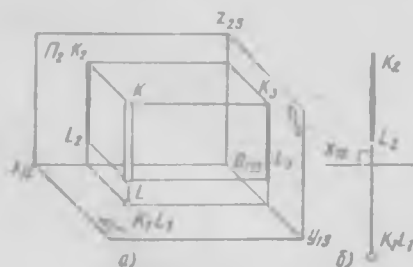


Рис. 85

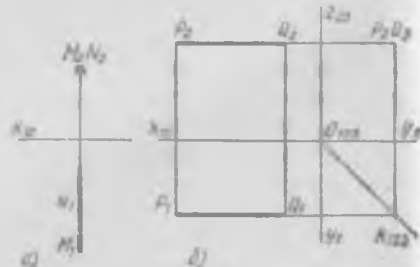


Рис. 86

прямой, то ее фронтальная проекция изображается в виде точки M_2N_2 (рис. 86, а), а горизонтальная — в виде прямой, перпендикулярной к оси x_{12} .

Наконец, если прямая PQ перпендикулярна профильной плоскости проекций Π_3 , т. е. является *профильно-проецирующей прямой*, то ее профильная проекция изображается в виде точки P_3Q_3 , а две другие проекции параллельны оси x_{12} (рис. 86, б). Такую прямую нередко называют *прямой, параллельной оси проекций* (x_{12}).

В отдельных случаях рассмотренные прямые могут оказаться лежащими в плоскостях проекций или совпадать с их осями.

§ 31. ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ

Спроецируем прямую AB на горизонтальную плоскость проекций Π_1 с помощью горизонтально-проецирующей плоскости σ . Линия пересечения A_1B_1 плоскости σ с плоскостью Π_1 (рис. 87, а) является горизонтальной проекцией прямой AB . Возьмем на прямой AB точку C и спроецируем ее на горизонтальную плоскость проекций. Для этого опустим из точки C перпендикуляр на плоскость Π_1 и найдем его основание — точку C_1 . Перпендикуляр, опущенный из точки C на плоскость Π_1 , не может при проецировании выйти из горизонтально-проецирующей плоскости $\sigma \perp \Pi_1$ и, следовательно, встретит плоскость Π_1 на линии пересечения плоскостей, т. е. в точке C_1 , лежащей на горизонтальной проекции A_1B_1 прямой AB . Аналогично можно доказать, что фронтальная проекция C_2 точки C будет лежать на фронтальной проекции A_2B_2 прямой AB (рис. 87, б). Итак, *если точка принадлежит прямой, то ее проекции принадлежат одноименным им проекциям прямой*.

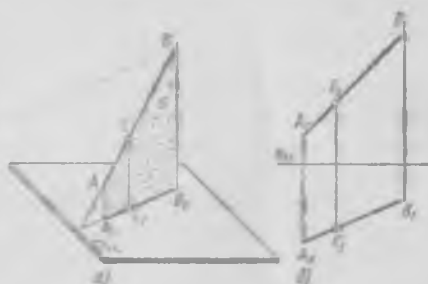


Рис. 87

Точка C делит отрезок прямой AB в определенном отношении, например в отношении $1 : 2$ (рис. 87, а). Интересно, разделит ли проекция C_1 точки C проекцию A_1B_1 прямой AB в этом же отношении?

Чтобы ответить на этот вопрос, продолжим отрезок BA и его проекцию B_1A_1 до их взаимного пересечения. При этом образуется известная из геометрии картина: стороны угла будут пересечены рядом параллельных между собой прямых AA_1 , CC_1 и BB_1 . Как известно, стороны угла пересекутся этими прямыми на пропорциональные части, и мы можем записать, что $\frac{AC}{A_1C_1} = \frac{CB}{C_1B_1}$ или,

иначе, $\frac{AC}{CB} = \frac{A_1C_1}{C_1B_1} = \frac{1}{2}$. Отсюда сформулируем следующее положение: *если точка делит отрезок прямой в данном отношении, то проекция точки делит проекцию отрезка прямой в том же отношении*. Зная это, мы легко решим часто встречающуюся в практике черчения задачу деления отрезка прямой пополам, на три части и т. д. Чтобы разделить отрезок пополам, достаточно разделить его проекции пополам.

§ 32. ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ДВУХ ПРЯМЫХ

Две прямые в пространстве могут быть параллельны друг другу, пересекаться и скрещиваться.

Разберем свойства проекций этих прямых. Если прямые a и b параллельны друг другу (рис. 88, а), то две горизонтально-проецирующие плоскости σ и σ' , проведенные через них при проецировании, окажутся параллельными друг другу. Из геометрии известно, что две параллельные плоскости пересекаются с третьей (Π_1) по параллельным прямым. В рассматриваемом примере такими параллельными прямыми будут a_1 и b_1 , которые являются горизонтальными проекциями прямых a и b .

Таким же путем можно доказать что и фронтальные проекции a_2 и b_2 прямых a и b будут параллельны друг другу (рис. 88, б). Итак, *если прямые параллельны в пространстве, то на комплексном чертеже параллельны их одноименные проекции*, т. е. $a_2 \parallel b_2$ и $a_1 \parallel b_1$.

Для определения параллельности профильных прямых недостаточно убедиться в параллельности их фронтальных и горизонтальных проекций, так как они всегда параллельны; следует убедиться в параллельности третьих, профильных проекций.

Если прямые c и d пересекаются между собой (рис. 89, а), то они имеют общую точку A . При проецировании прямых на горизонтальную плоскость проекций Π_1 их проекции пересекутся в точке A_1 ; при проецировании прямых на фронтальную плоскость проекций Π_2 их проекции в общем случае также пересекутся между собой; точки пересечения проекций будут проекциями

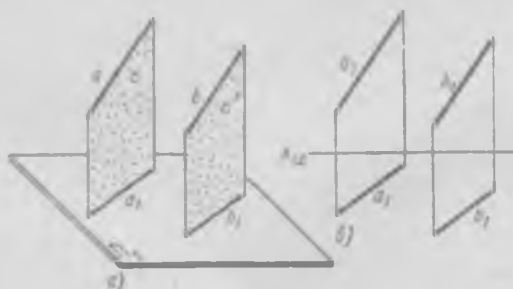


Рис. 88

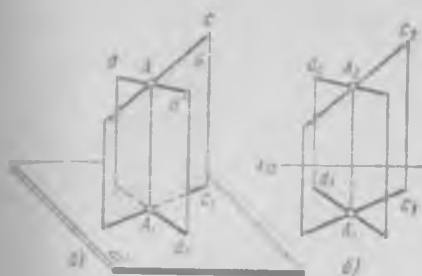


Рис. 89

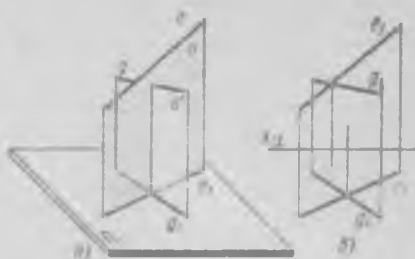


Рис. 90

одной и той же точки A и, следовательно, будут находиться на одной вертикальной линии связи (рис. 89, б). Итак, *если прямые пересекаются в пространстве, то на комплексном чертеже пересекаются их одноименные проекции, причем точки пересечения проекций лежат на вертикальной линии связи A_2A_1* . В частном случае одна пара проекций может совпасть и изображаться на чертеже одной прямой; это будет означать, что обе пересекающиеся прямые лежат в одной проецирующей плоскости.

Если прямые e и g не параллельны друг другу и не пересекаются (рис. 90, а), то их одноименные проекции могут пересечься друг с другом, но точки пересечения проекций не будут лежать на одной вертикальной линии связи (рис. 90, б). Две одноименные проекции скрещивающихся прямых могут оказаться параллельными друг другу, а две другие — пересекающимися.

§ 33. СЛЕДЫ ПРЯМОЙ

Отрезок прямой общего положения AB (рис. 91, а) всегда можно продолжить до пересечения с плоскостями проекций Π_1 и Π_2 . Точки пересечения прямой с плоскостями проекций называются *следами прямой*. Точка $M (M_1, M_2)$ пересечения прямой AB с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 называется горизонтальным следом прямой. Точка $N (N_2, N_1)$ пересечения прямой AB с фронтальной плоскостью проекций Π_2 называется фронтальным следом прямой. Из рисунка хорошо видно, как найти (построить) следы прямой. Для того чтобы построить горизонтальный след M прямой, надо: а) продолжить фронтальную проекцию B_2A_2 до пересечения с осью проекций x_{12} в точке M_2 ; б) провести через эту точку вертикальную линию связи; в) продолжить горизонтальную проекцию B_1A_1 прямой до пересечения с этой линией связи в точке M_1 (рис. 91, б). Для того чтобы построить фронтальный след N прямой, надо: а) продолжить горизонтальную проекцию A_1B_1 до пересечения с осью проекций x_{12} в точке N_1 ; б) через эту точку провести вертикальную линию связи; в) фронтальную проекцию A_2B_2 продолжить до пересечения с этой линией связи в точке N_2 .

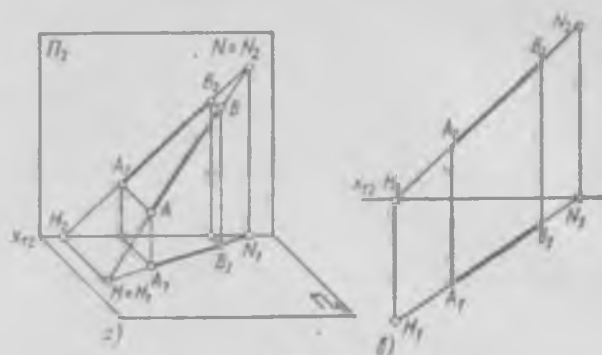


Рис. 91

Если мы представим не две, а три плоскости проекций (рис. 92, а), то прямая общего положения AB пересечет все три плоскости проекций и будет иметь три следа: горизонтальный M , профильный P и фронтальный N . Все пространство в данном примере разделится плоскостями на восемь частей, которые называются *октантами*: левый верхний передний октант — первый (I), за плоскостью Π_2 — II октант, ниже его — III октант, впереди внизу — IV октант, справа за плоскостью Π_3 — V октант, за ним — VI октант, под шестым — VII октант, внизу справа — $VIII$ октант. Как видно из чертежа, прямая AB проходит из IV октанта в I , из I октанта в V , из V октанта в VI .

Прямые частного положения, как параллельные плоскостям проекций, имеют меньшее количество следов. Так, например, горизонталь или фронталь будут иметь на трех плоскостях проекций только по два следа, а проецирующие прямые — по одному. Если рассматривать построения на двух плоскостях проекций, то

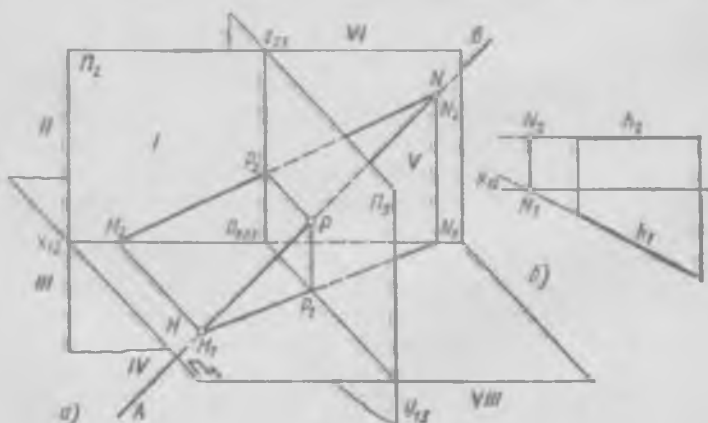
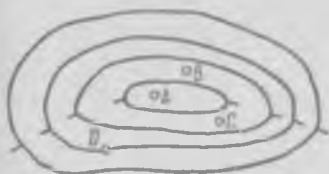


Рис. 92



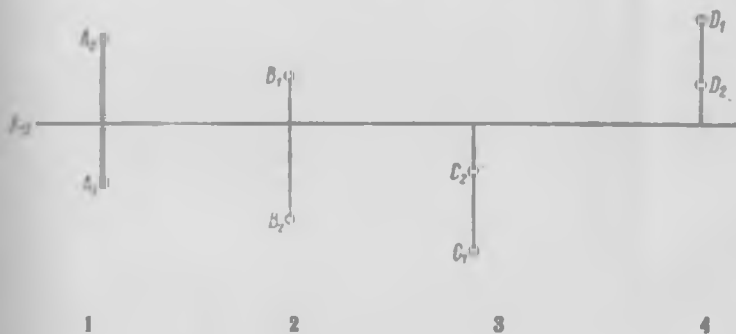
Которая из четырех точек местности расположена ниже других?

<i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>D</i>
1	2	3	4

Даны координаты четырех точек: $A(10, 10, 0)$, $B(15, 10, 15)$, $C(20, 0, 5)$, $D(10, 20, 10)$. Которая из точек принадлежит плоскости Π_1 ?

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
1	2	3	4

Которая из точек расположена во второй четверти?

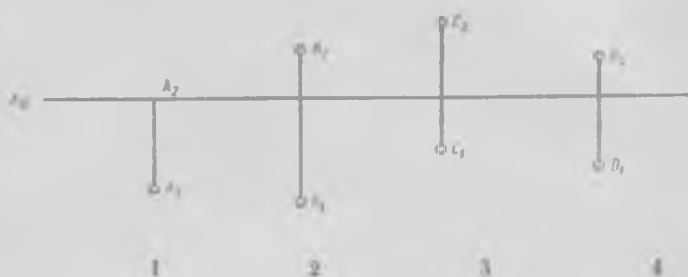


1	2	3	4
---	---	---	---

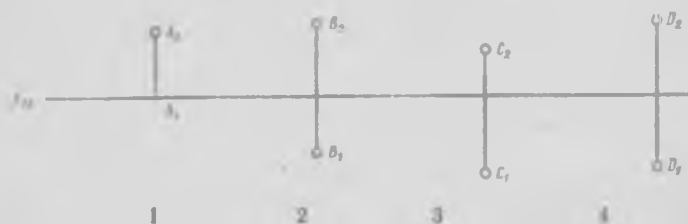
Которая из точек расположена выше других?

$A(15, 0, 40)$	$B(20, 10, 30)$	$C(25, 20, 25)$	$D(40, 10, 0)$
1	2	3	4

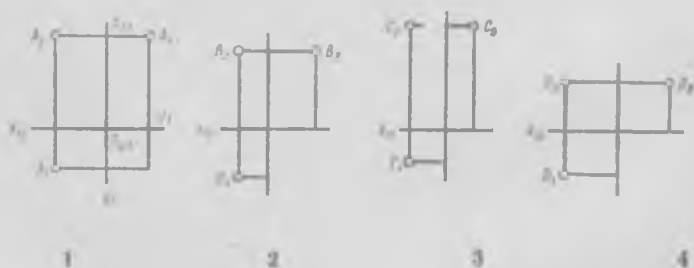
Которая из точек расположена ближе всех к наблюдателю, мысленно проецирующему эти точки на плоскость Π_2 ?



Которая точка расположена в плоскости биссектора первой четверти?



Профильная проекция которой точки построена неверно?



Которые точки $A(30, 20, 10)$, $B(30, 20, -10)$, $C(30, -20, -10)$, $D(30, -20, 10)$ симметричны друг другу относительно плоскости Π_2 ?

A и D

A и C

A и B

B и D

1

2

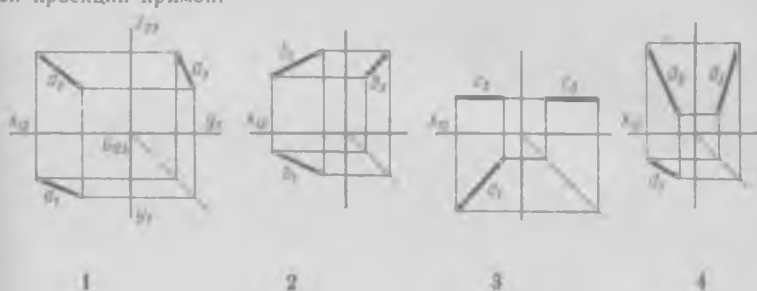
3

4

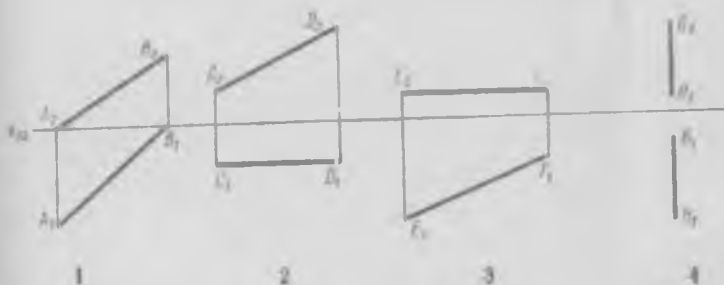
Какая из заданных прямых является прямой общего положения?

- | | |
|---------------------------------|---|
| $A (25, 20, 10), B (5, 5, 10)$ | 1 |
| $C (30, 20, 10), D (5, 20, 25)$ | 2 |
| $E (25, 20, 0), F (5, 0, 20)$ | 3 |
| $G (20, 5, 25), H (20, 25, 5)$ | 4 |

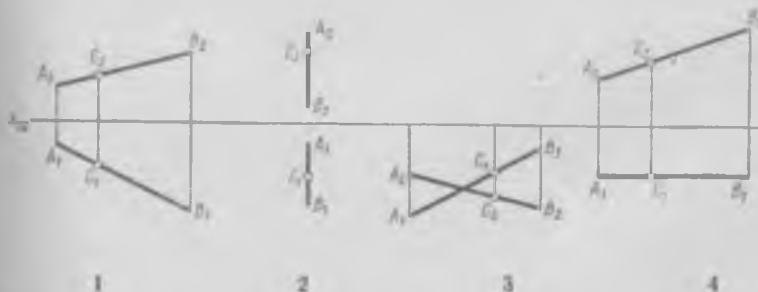
В котором из чертежей допущена ошибка при построении профильной проекции прямой?



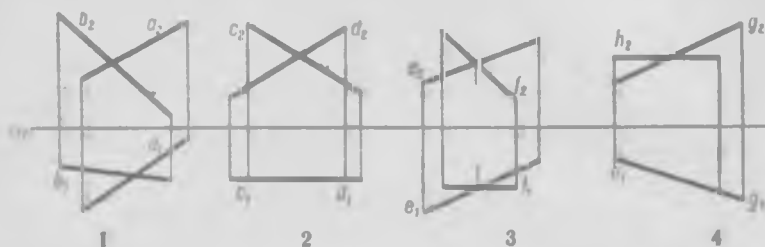
На котором чертеже изображена горизонтальная прямая?



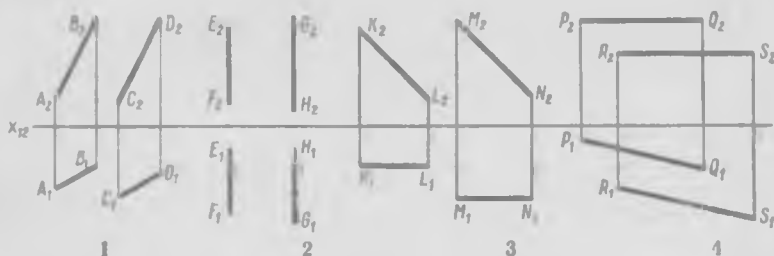
На котором чертеже заданная точка C не принадлежит прямой AB ?



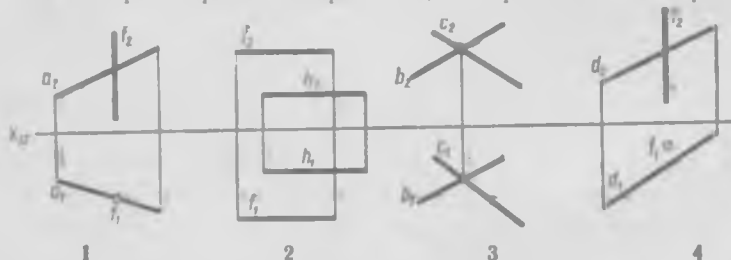
На котором чертеже изображены две не пересекающиеся между собой прямые?



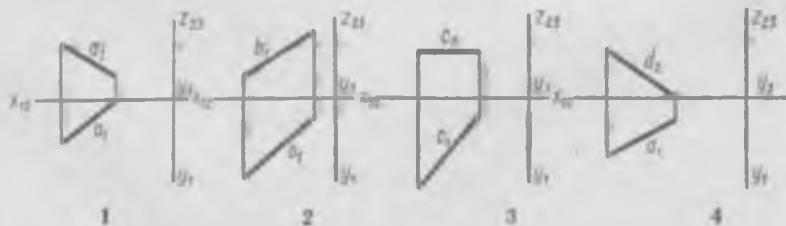
На котором чертеже изображены две не параллельные друг другу прямые?



На котором чертеже изображены две скрещивающиеся прямые?



Которая из прямых при продолжении пройдет через I—II—III—VII октанта?



горизонталь будет иметь только один фронтальный след N (рис. 92, б), так как при продолжении фронтальной проекции h_2 пересечение с осью произойдет лишь в бесконечности, т. е. практически горизонтального следа у прямой не будет. Заметим, что прямая может быть продолжена за точку N . Продленная часть будет невидима для наблюдателя, так как будет находиться во II октанте.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Назовите основное свойство проекций точки.
2. Как по комплексному чертежу узнать, на каком расстоянии от плоскостей проекций находится точка?
3. Прочитайте правило построения третьей проекции точки с использованием постоянной прямой чертежа.
4. Как по комплексному чертежу узнать, является ли точка точкой частного положения?
5. Постройте три проекции точки по ее координатам $A(25, 20, 8)$.
6. Какая плоскость называется фронтально-проецирующей?
7. Какими свойствами обладают проекции горизонталей?
8. Что можно сказать о проекциях точки, принадлежащей отрезку прямой?
9. Как по комплексному чертежу узнать, параллельны ли между собой прямые в пространстве?
10. Что можно сказать о проекциях прямых, пересекающихся в пространстве?
11. Что называется следами прямой линии?
12. Постройте следы прямой AB , если известны координаты точек $A(40, 20, 10)$ и $B(25, 20, 30)$.
13. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 9, 10 и 11, 12.

Глава VII

ПРОЕКЦИИ ПЛОСКОСТЕЙ

В этой главе предстоит ознакомиться с приемами заданий плоскостей на комплексном чертеже, с различным их положением в пространстве, а также изучить относительное положение прямых и плоскостей, т. е. случаи параллельности прямых и плоскостей, их взаимного пересечения и перпендикулярности.

§ 34. ЗАДАНИЕ ПЛОСКОСТИ НА КОМПЛЕКСНОМ ЧЕРТЕЖЕ

Из геометрии известно, что положение плоскости в пространстве может быть определено: с помощью трех точек, не лежащих на одной прямой; с помощью прямой и точки, не лежащей на этой прямой; с помощью плоской фигуры (треугольника, прямоугольника, круга) и т. д. Очевидно, что эти способы задания применимы и в начертательной геометрии. Так, чтобы задать плоскость

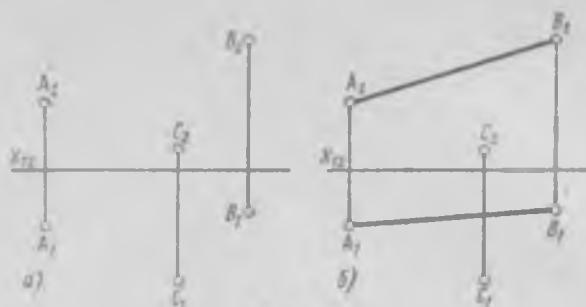


Рис. 93

три точки, надо построить на комплексном чертеже проекции трех точек A , B и C (рис. 93, а), а чтобы задать плоскость с помощью прямой линии и точки, достаточно соединить на первом чертеже проекции двух точек, например A и B (рис. 93, б). Оба эти задания малонаглядны; более наглядно изображение плоскости с помощью плоской фигуры (рис. 94, а); треугольник ABC позволяет судить о положении плоскости в пространстве. Из чертежа видно, что точка C плоскости находится к нам ближе других, что по мере удаления от нас плоскость поднимается (такую плоскость называют *восходящей*). Сказанное можно подтвердить, если по двум проекциям треугольника построить изображение плоскости во фронтальной диметрии (рис. 94, б). Если убрать сторону AC , то плоскость будет задана двумя пересекающимися в точке B прямыми (рис. 95, а). Наконец, плоскость может задана с помощью двух параллельных прямых. Это задание может быть получено из чертежа, изображенного на рис. 93, б. Для задания достаточно через точку C провести прямую CD , проекции которой были бы соответственно параллельны проекциям прямой AB ($C_2D_2 \parallel A_2B_2$ и $C_1D_1 \parallel A_1B_1$), что и выполнено на рис. 95, б.

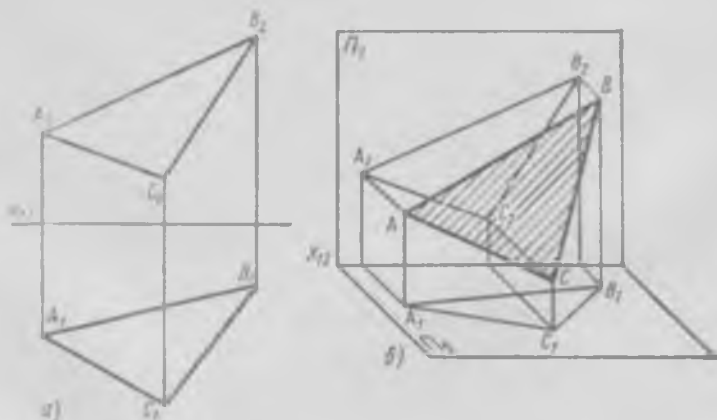


Рис. 94

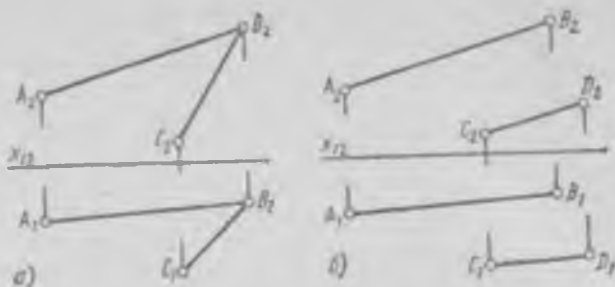


Рис. 95

В начертательной геометрии иногда применяется еще один способ. Это — способ задания с помощью следов плоскости. Поставив чертежный угольник так, чтобы его гипотенуза прилежала к фронтальной плоскости проекций Π_2 (рис. 96, а), а один из катетов — к горизонтальной плоскости проекций Π_1 , получим макет плоскости, пересекающейся с плоскостями проекций. Линии, по которым плоскость угольника пересекается с плоскостями проекций, называются ее *следами*. Линия k пересечения плоскости с фронтальной плоскостью проекций Π_2 называется *фронтальным следом* плоскости. Линия l пересечения плоскости с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 называется *горизонтальным следом* плоскости. Очевидно, что следы плоскости являются прямыми частного положения: фронтальный след k является фронталью плоскости, а горизонтальный след l — горизонталью плоскости. Эти прямые пересекаются между собой в точке F_{12} , принадлежащей оси проекций x_{12} . Таким образом, задание плоскости с помощью следов есть частный случай задания ее с помощью двух пересекающихся прямых $k \times l$ (см. рис. 95, а). На комплексном чертеже (рис. 96, б) достаточно провести линии k_2 и l_1 , так как вторые проекции этих линий совпадают с осью проекций x_{12} ($k_1 \equiv l_2$). Необходимо представлять, что поле, заключенное между k_2 и k_1 , является горизонтальной проекцией этой части плоскости. На рисунке фронтальная и горизонтальная проекции плоскости для наглядности заштрихованы в разные стороны. Точка F_{12} пересечения следов называется *точкой схода следов*. Так как размеры плоскости могут быть неограниченно увеличены, то и следы плоскости k_2, k_1 и l_2, l_1 могут быть неограниченно продлены. Задание

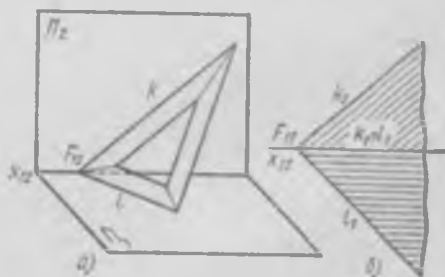


Рис. 96

плоскостей с помощью следов несколько нагляднее других способов; при таком задании легче судить о наклоне плоскости к плоскостям проекций.

§ 35. ПЛОСКОСТИ ЧАСТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ

К плоскостям частного положения относятся плоскости, перпендикулярные и параллельные плоскостям проекций. С перпендикулярными (проецирующими) плоскостями мы познакомились в § 28. С помощью таких плоскостей мы проецировали отрезки прямых линий на плоскости проекций. У *горизонтально-проецирующей* плоскости $\sigma (k \times l) \perp \Pi_1$ фронтальный след k всегда перпендикулярен к оси проекций x_{12} (рис. 97, а). Горизонтальный след l , как правило, наклонен к оси проекций x_{12} и составляет с ней некоторый угол α . Угол наклона этого следа к оси, очевидно, равен углу α' наклона самой плоскости σ к фронтальной плоскости проекций Π_2 . На комплексном чертеже (рис. 98, а) показанная на рисунке плоскость σ отстоит от плоскостей Π_2 и Π_1 и не образует следов k и l . В таком случае плоскость может быть задана на комплексном чертеже двумя своими проекциями σ_2 и σ_1 (рис. 98, б).

Плоскость τ , перпендикулярная к фронтальной плоскости проекций Π_2 , называется *фронтально-проецирующей* (рис. 99, а). Фронтальная проекция плоскости τ изобразится при этом прямой линией τ_2 , а горизонтальная проекция — прямоугольником τ_1 . Если форма отсека плоскости неизвестна, то плоскость τ задается одной фронтальной проекцией τ_2 (рис. 99, б). Горизонтальной проекцией τ_1 такой плоскости является все поле горизонтальных проекций Π_1 (обычно не подписывается).

Плоскость $\nu (k \parallel l)$ перпендикулярная профильной плоскости проекций Π_3 , называется *профильно-проецирующей*. При задании такой плоскости отсеком целесообразно применять фронтальную ν_2 и профильную ν_3 проекции (рис. 100, а). В случае надобности может быть построена горизонтальная проекция ν_1 . Для этого (рис. 100, б) строим постоянную прямую чертежа k_{123} и с помощью вертикально-горизонтальных линий связи находим недостающую

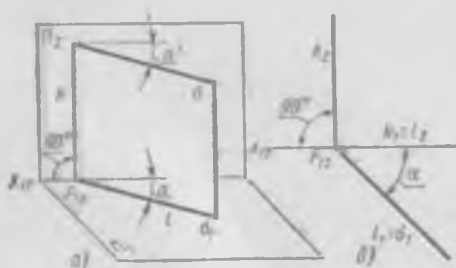


Рис. 97

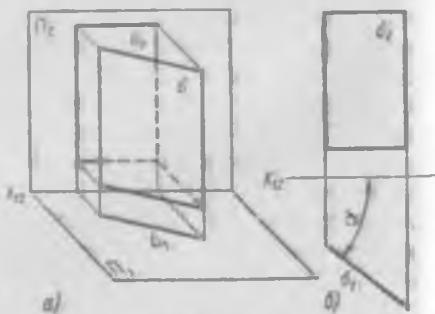


Рис. 98

горизонтальную проекцию плоскости; способ построения показан на чертеже стрелками.

Таковы три проецирующие плоскости σ , τ и ν .

Проецирующие плоскости в частном случае могут оказаться параллельными плоскостям проекций. Так, горизонтально - проецирующая плоскость может оказаться параллельной фронтальной плоскости проекций Π_2 (рис. 101, а). Такая плоскость называется **фронтальной**. Условимся обозначать ее греческой буквой λ (лямбда). Нетрудно видеть, что фронтальная плоскость одновременно является горизонтально- и профильно-проецирующей; иногда говорят, что она является дважды проецирующей плоскостью. На рис. 101, б даны две проекции λ_2 и λ_1 фронтальной плоскости λ . Если не интересоваться формой и размерами фронтальной плоскости, то ее можно задавать одной горизонтальной проекцией λ_1 , параллельной оси проекций x_{12} .

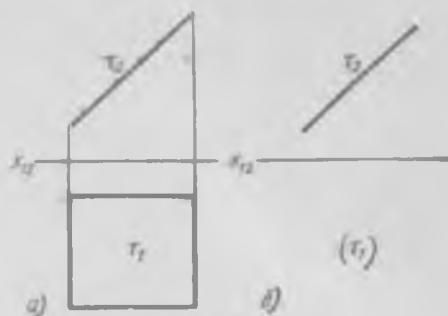


Рис. 99

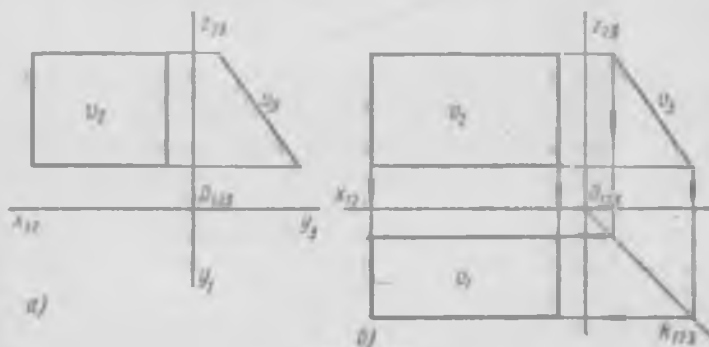


Рис. 100

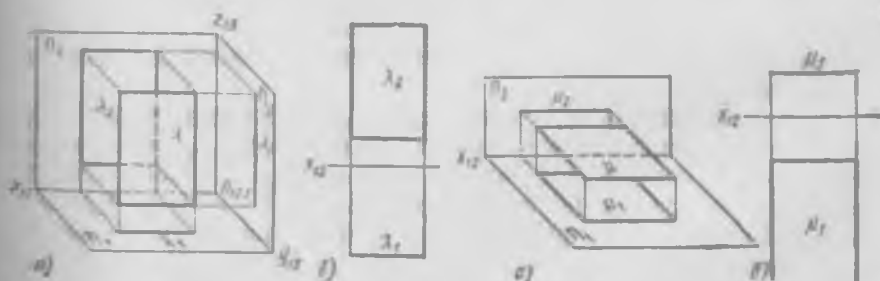


Рис. 101

Рис. 102

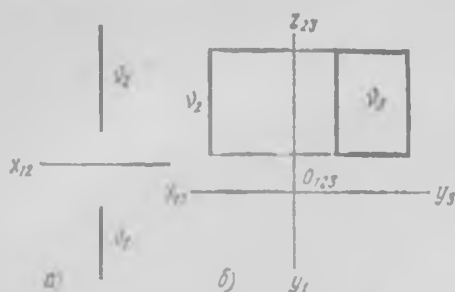


Рис. 103

Фронтально - проецирующая плоскость может оказаться параллельной горизонтальной плоскости проекций Π_1 (рис. 102). В этом случае ее называют *горизонтальной*. Будем обозначать такую плоскость греческой буквой μ (мю).

Третьей из группы параллельных плоскостей является *профильная* плоскость ν (ню); она парал-

лельна профильной плоскости проекций Π_3 и является одновременно горизонтально- и фронтально-проецирующей. Задание ее двумя основными проекциями ν_2 и ν_1 недостаточно наглядно, так как оно не выявляет формы плоского отсека (рис. 103, а). Форма отсека выявляется при проецировании на третью плоскость проекций Π_3 . Поэтому профильную плоскость на комплексном чертеже целесообразно задавать фронтальной ν_2 и профильной ν_3 проекциями (рис. 103, б); в случае надобности по ним может быть построена горизонтальная проекция ν_1 .

Таковы три параллельные плоскостям проекций плоскости λ , μ и ν .

§ 36. ПРОЕКЦИИ ТОЧЕК И ПРЯМЫХ, ПРИНАДЛЕЖАЩИХ ПРОЕЦИРУЮЩИМ ПЛОСКОСТЯМ

С такими прямыми и точками мы встречались в § 28 и 31 (см. рис. 79 и 87). Если точка A принадлежит горизонтально-проецирующей плоскости σ ($k \times l$), то ее горизонтальная проекция A_1 (рис. 104, а) при проецировании совпадает с горизонтальным следом l плоскости σ . Если в плоскости σ взять прямую BC , то ее горизонтальная проекция B_1C_1 также совпадает с горизонтальным следом l плоскости σ . Если соединить точку A с концами отрезка прямой BC , то горизонтальная проекция $A_1B_1C_1$ треугольника ABC тоже совпадает со следом l . Выявленное свойство можно сформулировать так: *горизонтальные проекции геометрических элементов (точек, прямых и плоскостей), принадлежащих горизонтально-проецирующей плоскости, совпадают с горизонтальным следом этой плоскости.*

На комплексном чертеже (рис. 104, б) горизонтальный след l плоскости σ изображается двумя проекциями l_2 и l_1 . Фронтальная проекция l_2 совпадает с осью проекций x_{12} . С горизонтальной проекцией l_1 следа l должны совпадать горизонтальные проекции A_1 и B_1C_1 точки A и прямой BC . Фронтальные проекции точки A и прямой BC будут находиться на соответствующих вертикальных линиях связи. Высоты точек A_2 , B_2 и C_2 будут зависеть от положения точек в натуре или на аксонометрическом чертеже.

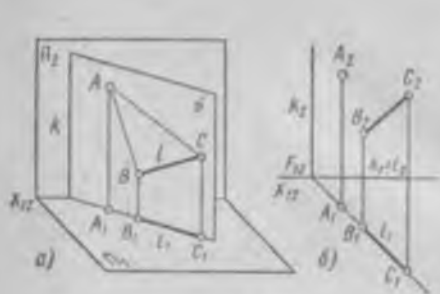


Рис. 104

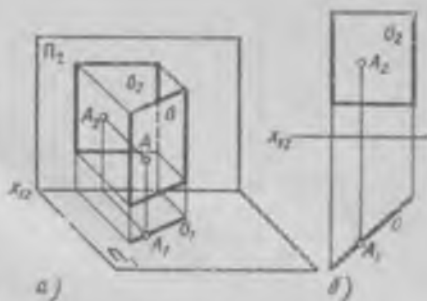


Рис. 105

Если точка D принадлежит фронтально-проецирующей плоскости τ ($k \times l$), то ее фронтальная проекция D_x будет совпадать с фронтальным следом k этой плоскости. Отмеченное свойство сформулируем так: *фронтальные проекции геометрических элементов, принадлежащих фронтально-проецирующей плоскости, совпадают с фронтальным следом этой плоскости.*

Как изменится приведенная формулировка, если проецирующая плоскость σ не будет иметь своих следов на плоскостях проекций?

Пусть горизонтально-проецирующая плоскость σ не образует следов на плоскостях Π_1 и Π_2 (рис. 105, а). Горизонтальная проекция плоскости σ изображается прямой σ_1 ; горизонтальные проекции любых точек плоскости будут находиться на этой прямой. Одной из таких точек является точка A , следовательно, ее горизонтальная проекция A_1 будет совпадать с горизонтальной проекцией σ_1 плоскости σ (рис. 105, б). Формулировка примет такой вид: *горизонтальные проекции геометрических элементов, принадлежащих горизонтально-проецирующей плоскости, совпадают с прямой, являющейся горизонтальной проекцией этой плоскости.* Аналогичную формулировку можно дать для геометрических элементов, лежащих во фронтально-проецирующей плоскости τ . Предлагаем учащимся сформулировать это положение самостоятельно.

§ 37. ПЛОСКОСТИ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ

Плоскость, наклоненная ко всем трем плоскостям проекций, называется плоскостью *общего положения*. В § 34 на рис. 93—96 были рассмотрены различные приемы задания плоскости общего положения α . Перечислим их α (A, B, C), α (AB, C), α (ABC), α ($AB \times BC$), α ($AB \parallel CD$), α ($k \times l$ — следами). В практике наиболее часто плоскость задают с помощью плоской фигуры — *отсека*. Так выглядят, в частности, грани многогранников (рис. 106, а). На рисунке оттенением выделена грань SCB треугольной пирамиды $SABC$. Эта грань наклонена ко всем трем плоско-

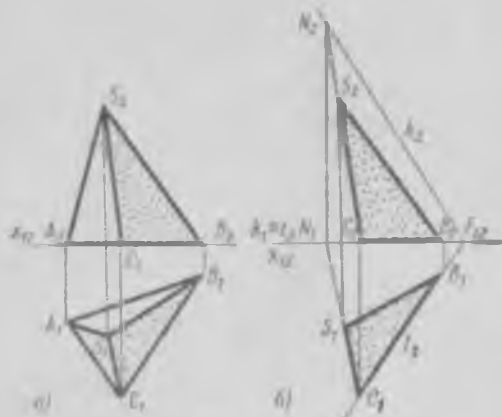


Рис. 106

стям проекций и является примером плоскости общего положения. На рисунке видны еще две плоскости общего положения; это грани SAC и SAB пирамиды. Четвертая грань пирамиды — основание ABC — является, очевидно, горизонтальной плоскостью, т. е. плоскостью частного положения. На рис. 106, б выделенная плоскость SCB изображена отдельно. Можно найти следы k и l этой плоскости. Линия CB пло-

скости принадлежит горизонтальной плоскости проекций Π_1 , т. е. является частью горизонтального следа l плоскости. Проводим горизонтальную проекцию l_1 этого следа до пересечения с осью проекций x_{12} в точке F_{12} . Эта точка является точкой схода следов.

Для нахождения проекций второй точки, определяющей фронтальный след плоскости, продолжаем горизонтальную проекцию C_1S_1 прямой CS до пересечения ее с осью проекций x_{12} в точке N_1 , принадлежащей искомому фронтальному следу плоскости. Восстанавливаем перпендикуляр из точки N_1 к оси x_{12} и продолжаем его до пересечения с продолженной фронтальной проекцией C_2S_2 стороны CS треугольника. Полученную точку N_2 соединяем с точкой схода следов F_{12} . Таким путем находим фронтальную проекцию k_2 фронтального следа k ; горизонтальная проекция k_1 этого следа будет совпадать с осью проекций x_{12} и с фронтальной проекцией l_2 горизонтального следа l ($k_1 \equiv l_2$).

§ 38. ЛИНИИ УРОВНЯ В ПЛОСКОСТИ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ

Линиями уровня плоскости называются прямые, параллельные плоскостям проекций и лежащие в данной плоскости. В практике наиболее часто применяются горизонтالي и фронтали плоскости. *Горизонталью данной плоскости называется прямая, лежащая в этой плоскости и параллельная горизонтальной плоскости проекций Π_1 .*

Фронталью данной плоскости называется прямая, лежащая в этой плоскости и параллельная фронтальной плоскости проекций Π_2 .

Пусть требуется построить горизонталь плоскости треугольника ABC (рис. 107, а). Зная, что фронтальная проекция горизонтали всегда перпендикулярна вертикальным линиям связи (гори-

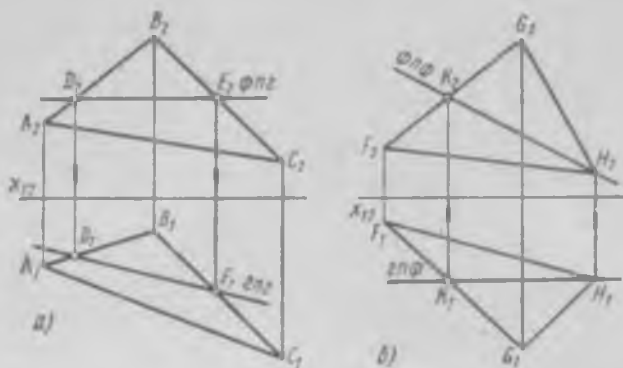


Рис. 107

зонтальна), проводим фронтальную проекцию горизонтали в любом месте фронтальной проекции $A_2B_2C_2$ треугольника. Линия фронтальной проекции горизонтали ($\phi n \zeta$) пересечет стороны треугольника в точках D_2 и E_2 . Чтобы точка D принадлежала прямой AB , необходимо, чтобы ее горизонтальная проекция D_1 принадлежала горизонтальной проекции A_1B_1 стороны треугольника; проводим из точки D_2 вертикальную линию связи и в точке пересечения прямых находим точку D_1 . Рассуждая таким же образом, находим точку E_1 на горизонтальной проекции B_1C_1 . Полученные при этом точки D_1 и E_1 соединяем; линия D_1E_1 — горизонтальная проекция горизонтали (сокращенно — $гн \zeta$), линия D_2E_2 — фронтальная проекция горизонтали ($\phi n \zeta$).

Построение можно было несколько упростить, проведя фронтальную проекцию горизонтали не в произвольном месте, а через точку A_2 . В этом случае нужно было бы построить только одну новую точку E .

Аналогично строится фронталь плоскости общего положения (рис. 107, б). Построение начинаем с проведения горизонтальной проекции фронтали ($гн \phi$), поскольку известно ее горизонтальное направление. Для упрощения эту прямую проводим через точку H_1 ; прямая пересекает проекцию F_1G_1 стороны FG треугольника в точке K_1 . С помощью вертикальной линии связи находим фронтальную проекцию K_2 на фронтальной проекции F_2G_2 . Проводим фронтальную проекцию K_2N_2 фронтали KN ($\phi n \phi$).

Горизонталь и фронталь плоскостей общего положения, заданных плоскими отсеками, часто используются при решении различных задач начертательной геометрии.

§ 39. ПРОЕКЦИИ ТОЧКИ И ПРЯМОЙ, ПРИНАДЛЕЖАЩИХ ПЛОСКОСТИ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ

Одной из задач, для решения которых применяются линии уровня, является задача на построение проекций точки, принадлежащей плоскости. Пусть будет задана горизонтальная проекция

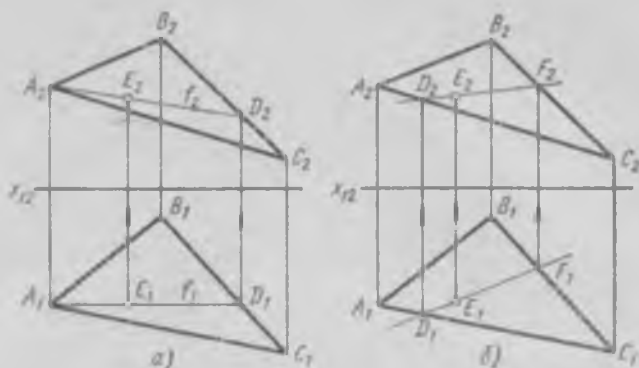


Рис. 108

E_1 точки E и плоскость ABC , определенная проекциями треугольника (рис. 108, а). В этой задаче нельзя воспользоваться горизонталью плоскости, поскольку отсутствует фронтальная проекция точки E . Применяем фронталь f ; через точку E_1 проводим горизонтальную проекцию f_1 фронтали, находим ее фронтальную проекцию f_2 и на ней точку E_2 .

Точку в плоскости можно построить не только с помощью горизонтали и фронтали, но и с помощью прямой общего положения. В некоторых случаях это даже удобнее.

Построение прямой общего положения, принадлежащей плоскости общего положения, принципиально не отличается от построения горизонтали и фронтали, принадлежащих плоскости. Построение основано на положении, известном из геометрии: прямая принадлежит плоскости, если она имеет две общие точки с этой плоскостью. Таким образом, если пересечь одну из проекций плоскости произвольной прямой и для построения второй проекции линии использовать две точки пересечения этой прямой с линиями, принадлежащими плоскости, то мы сможем решить задачу.

Для примера решим предыдущую задачу с помощью прямой общего положения (рис. 108, б). Через точку E_1 проводим прямую D_1F_1 любого наклона; находим фронтальную проекцию D_2F_2 линии DF , используя точки пересечения D_1 и F_1 . На пересечении фронтальной проекции D_2F_2 с вертикальной линией связи находим фронтальную проекцию E_2 точки E .

§ 40. ПРОЕКЦИИ ТРЕУГОЛЬНИКА, МНОГОУГОЛЬНИКА И КРУГА

С проекциями треугольника мы неоднократно встречались (см. рис. 94, 106, 107, 108). Для построения проекций треугольника можно взять проекции трех произвольных точек, наблюдая лишь за тем, чтобы они не оказались лежащими на одной прямой линии. Построенные точки принимаем за вершины треугольника и соеди-

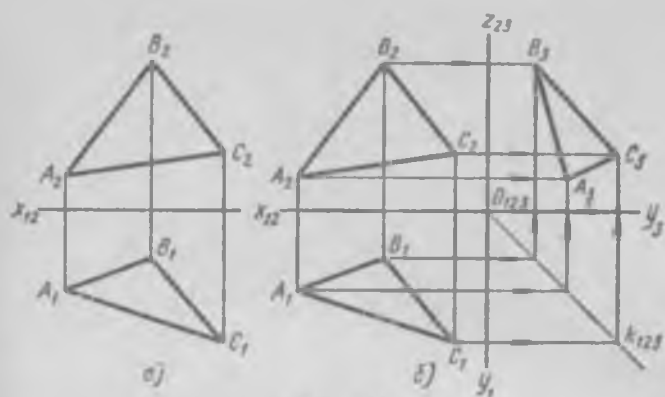


Рис. 109

няем их прямыми линиями (рис. 109, а). В случае надобности строим третью проекцию треугольника — его вид слева. Для этого правее основных проекций, в произвольном месте, проводим оси z_{23} и y_1 (рис. 109, б). Через начало координат, точку O_{123} , проводим постоянную прямую чертежа k_{123} . Пользуясь горизонтальными и горизонтально-вертикальными линиями связи, строим профильные проекции A_3 , B_3 и C_3 точек A , B и C ; полученные точки соединяем.

Перенос оси z_{23}/y_1 вправо или влево перемещает третью проекцию $A_3B_3C_3$ треугольника вправо или влево, однако не изменяет формы и размеров самой проекции. Перенос оси связан в данном случае с переносом профильной плоскости проекций Π_3 . Подобный перенос возможен и для других плоскостей проекций. Следовательно, *оси проекций можно не изображать на комплексных чертежах; в большинстве случаев без них можно обойтись и тем самым упростить проекционные чертежи. Этой возможностью пользуются на заводах и в проектных организациях, где чертежи выполняются без осей проекций.*

Для примера изобразим прямоугольник $ABCD$ без осей проекций (рис. 110, а). Расстояние горизонтальной и профильной проекций от фронтальной проекции выберем произвольно. Встает вопрос о том, можно ли теперь «восстановить» положение осей, а следовательно, и плоскостей проекций.

Для построения постоянной прямой чертежа (рис. 110, б) используем горизонтальную и профильную проекции любой точки, например точки A . Через точку A_1 проведем горизонтальную линию связи, а через точку A_2 — вертикальную линию связи. Проведенные прямые пересекутся между собой в точке A_0 , через которую проведем постоянную прямую k_{123} под углом 45° к горизонтальной линии связи. Очевидно, что постоянная прямая будет единственной. Этого нельзя сказать о системе координатных плоскостей, которых может быть много.

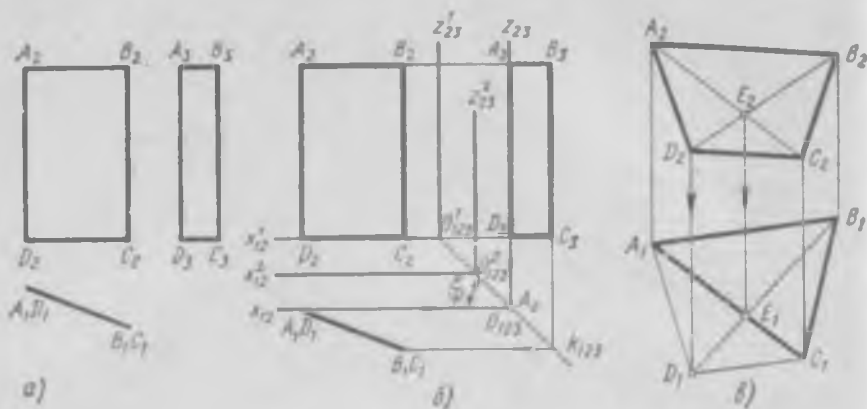


Рис. 110

Действительно, одну из систем можно определить, приняв горизонтально-вертикальную линию связи за направление осей проекций x_{12} и z_{23} . Точка A_0 для этой системы будет началом координат O_{123} . Плоскость прямоугольника будет прикасаться своей стороной AD к фронтальной плоскости проекций Π_2 .

Вторую систему можно получить, если провести координатные оси x'_{12} и z'_{23} через точку O'_{123} , являющуюся точкой пересечения постоянной прямой с линией D_2D_3 . В новой системе прямоугольник будет стоять на горизонтальной плоскости проекций Π_1 , пересекаясь с ней по прямой DC . В промежутке между осями первых двух систем можно провести еще большое количество осей, которые определяют новые системы плоскостей. Одну из таких систем определяют оси $\bar{x}_{12}$ и $\bar{z}_{23}$, пересекающиеся между собой в точке O_{123} , являющейся началом координат третьей системы плоскостей. В последнем случае прямоугольник отстоит от всех трех плоскостей проекций.

Итак, найдя постоянную прямую чертежа, можно построить одну из возможных систем плоскостей проекций. Очевидно, что начало координат любой системы должно находиться на постоянной прямой чертежа. Отсюда следует, что *постоянная прямая чертежа является множеством точек, фиксирующих начало координат всех возможных систем плоскостей проекций.*

При построении проекций четырехугольника общего положения нельзя взять четыре произвольные точки. Как только мы возьмем три точки, плоскость определится, и четвертую точку надо строить при условии, чтобы она принадлежала этой плоскости. Практически пользуются диагоналями проекций четырехугольника (рис. 110, в). Фронтальную проекцию четырехугольника $ABCD$ строим произвольно; также произвольно строим горизонтальные проекции трех точек A_1 , B_1 и C_1 треугольника $A_1B_1C_1$. Для построения горизонтальной проекции D_1 точки D проводим фронталь-

ные проекции A_2C_2 и D_2B_2 диагоналей четырехугольника. Проекция диагоналей пересекутся между собой в точке E_2 . Находим горизонтальную проекцию E_1 этой точки на горизонтальной проекции A_1C_1 будущей диагонали AC ; соединяем точки B_1 и E_1 и на продолжении этой линии находим точку D_1 на вертикальной линии связи D_2D_1 . При таком построении четырехугольник $ABCD$ будет плоским. Пользуясь вспомогательными прямыми, пересекающимися со сторонами четырехугольника, можно построить проекции пятиугольника, шестиугольника и т. д.

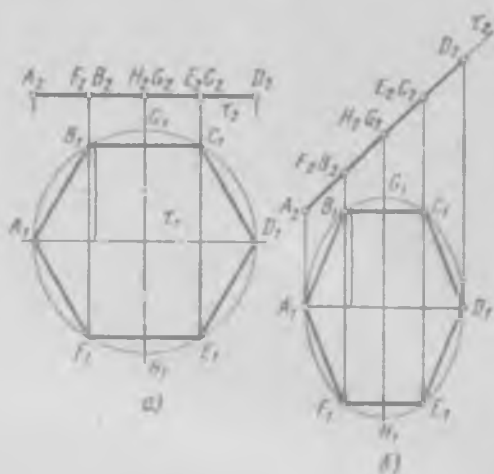


Рис 111

Построим проекции правильного шестиугольника, вписанного в окружность, при горизонтальном его расположении (рис. 111, а). Построение начинаем с проведения окружности; затем вписываем в нее правильный шестиугольник $A_1B_1C_1D_1E_1F_1$. Фронтальная проекция шестиугольника изобразится прямой горизонтально расположенной линией A_2D_2 , точки B_2F_2 и C_2E_2 , принадлежащие этой линии, попарно совпадут.

В практике нередко приходится строить наклонно расположенные многоугольники и, особенно, окружности. Придадим плоскостям шестиугольника и круга наклонное положение, т. е. расположим их во фронтально-проецирующей плоскости τ (рис. 111, б). При таком расположении плоскости прямые FB и EC шестиугольника и диаметр HG круга останутся фронтально-проецирующими прямыми и спроецируются на плоскость Π_1 в истинную величину. Наоборот, прямые BC , AD и FE спроецируются с искажением, зависящим от величины угла наклона плоскости τ . В связи с этим горизонтальная проекция шестиугольника не будет правильным шестиугольником, а горизонтальная проекция круга будет проецироваться эллипсом, большая ось которого — H_1G_1 , малая — A_1D_1 .

§ 41. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ И ПЕРЕСЕКАЮЩИЕСЯ ПЛОСКОСТИ

Из геометрии известно, что две плоскости могут быть параллельны друг другу или пересекаться одна с другой. Известно также, что плоскости параллельны, если две пересекающиеся прямые одной плоскости параллельны двум пересекающимся прямым другой плоскости.

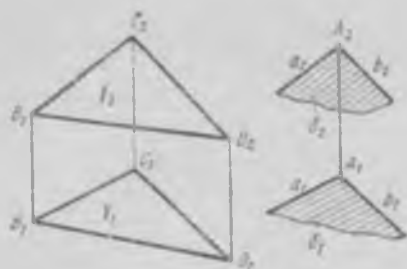


Рис. 112

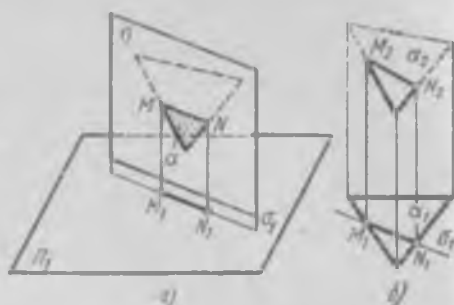


Рис. 113

Пусть требуется провести через точку A плоскость δ (дельта), параллельную заданной плоскости γ (гамма) (рис. 112). Применяя последнее положение, через точку A проводим две пересекающиеся прямые $a \times b$, параллельные соответственно двум пересекающимся прямым плоскости γ ($BC \times CD$). Чтобы прямые были параллельны друг другу, на комплексном чертеже необходимо выдержать параллельность их одноименных проекций. В нашем примере $a_2 \parallel B_2C_2$, $b_2 \parallel C_2D_2$, $a_1 \parallel B_1C_1$ и $b_1 \parallel C_1D_1$. Проекции найденной плоскости δ для наглядности заштрихованы. Для построения можно было использовать две другие прямые плоскости γ , например BC и BD , или провести в плоскости новые прямые например горизонталь и фронталь $h \times f$, и параллельно их проекциям провести проекции горизонтали и фронтали новой плоскости.

Второй случай взаимного положения плоскостей — их пересечение между собой. Эта задача решается легко, если одна из плоскостей — плоскость частного положения (рис. 113, а). На рисунке горизонтально-проецирующая плоскость σ пересекает плоскость общего положения α по прямой MN . Горизонтальная проекция M_1N_1 этой прямой сливается с горизонтальной проекцией σ_1 плоскости σ . Это является ключом к решению задачи. На комплексном чертеже (рис. 113, б) горизонтальную проекцию M_1N_1 линии пересечения находим в пересечении проекций сторон треугольника α с горизонтальной проекцией σ_1 плоскости σ . Пользуясь вертикальными линиями связи, находим точки M_2 и N_2 на фронтальных проекциях соответствующих сторон треугольника α_2 и соединяем найденные точки. Передняя часть треугольника α будет видна при взгляде на фронтальную плоскость проекций, а остальная часть плоскости α закрыта находящейся впереди плоскостью σ . Невидимую часть плоскости изображаем штриховыми линиями.

§ 42. ПРЯМАЯ, ПЕРЕСЕКАЮЩАЯСЯ С ПЛОСКОСТЬЮ. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПЛОСКОСТЕЙ ОБЩЕГО ПОЛОЖЕНИЯ

Пересечение прямых с горизонтально-проецирующей плоскостью σ мы рассмотрели при решении задачи на пересечение плоскостей (см. рис. 113). Для того чтобы определить точку

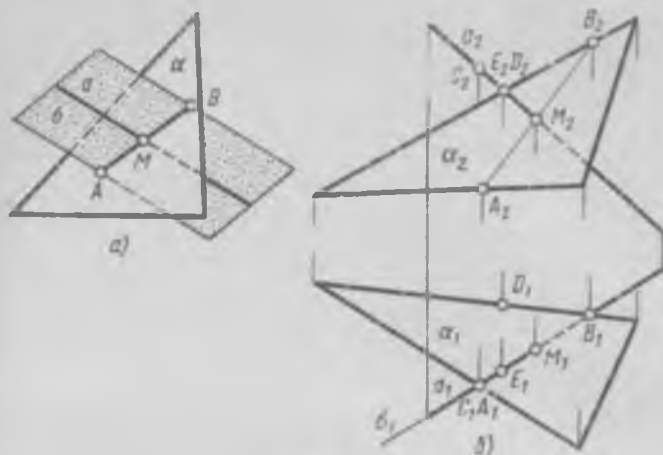


Рис 114

пересечения M прямой общего положения a с плоскостью общего положения α , необходимо воспользоваться вспомогательной плоскостью-посредником σ (рис. 114, а).

Алгоритм решения задачи следующий:

1) через прямую a проводим вспомогательную плоскость σ ($a \subset \sigma$); 2) находим линию пересечения AB данной и вспомогательной плоскостей ($AB = \alpha \times \sigma$); 3) определяем точку M пересечения данной прямой с найденной линией пересечения AB ($M = a \times AB$). В конце решения определяем видимые и невидимые участки прямой.

Решение задачи на комплексном чертеже (рис. 114, б) осуществляем в том же порядке: 1) через горизонтальную проекцию a_1 прямой a проводим горизонтальную проекцию σ_1 вспомогательной плоскости σ ; 2) при этом на чертеже появляется горизонтальная проекция A_1B_1 линии пересечения AB ; проецируем точки A и B на соответствующие стороны треугольника, получаем фронтальную проекцию A_2B_2 линии пересечения; 3) точка пересечения этой проекции с фронтальной проекцией a_2 прямой a является фронтальной проекцией M_2 искомой точки; пользуясь вертикальной линией связи, находим горизонтальную проекцию M_1 искомой точки ($M = a \times \alpha$).

Видимость участков прямой определяем с помощью *конкурирующих точек*. Конкурирующими называются точки, принадлежащие проецирующим прямым; их соответствующие проекции совпадают на плоскости, к которой перпендикулярна прямая.

При определении видимости прямой a относительно горизонтальной плоскости проекций Π_1 воспользуемся конкурирующими точками C и A ; их горизонтальные проекции совпадают ($C_1 \equiv A_1$). При виде сверху точку C видно, так как она располо-

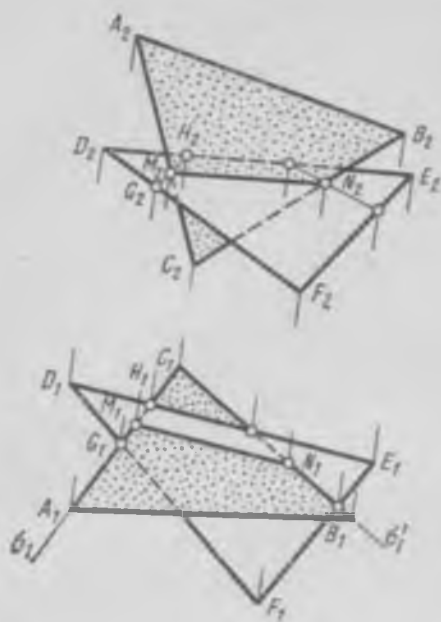


Рис 115

жена выше (C_2 выше, чем A_2). Точка C принадлежит прямой a , следовательно, прямая в данном месте расположена выше, чем сторона треугольника; горизонтальная проекция a_1 должна быть начерчена сплошной линией до точки M_1 . Видимость относительно фронтальной плоскости проекций Π_2 определяем с помощью конкурирующих точек E и D , фронтальные проекции которых совпадают ($E_2 \equiv D_2$). Найдя горизонтальные проекции E_1 и D_1 , убеждаемся в том, что при виде спереди видимой точкой будет точка E (она ближе к нам). Точка E принадлежит прямой, следовательно, прямая a в данном месте будет видимой. Ее фронтальную проекцию a_2 вычерчиваем сплошной линией до точки M_2 и штриховой правее точки M_2 .

В начертательной геометрии задача на определение точки пересечения прямой с плоскостью очень важная. Пользуясь ею, можно, в частности, по-особому решить предыдущую задачу на определение линии пересечения плоскостей, заданных плоскими фигурами, пересекающимися или параллельными прямыми. Метод заключается в построении точек пересечения двух прямых одной плоскости с другой заданной плоскостью. Вот как это выглядит на комплексном чертеже (рис. 115). Через прямую AC проводим горизонтально-проецирующую плоскость σ . Горизонтальная проекция σ_1 этой плоскости пересекает горизонтальные проекции D_1F_1 и D_1E_1 сторон треугольника DEF в точках G_1 и H_1 . Проецируя, находим фронтальные проекции этих точек и, вместе с тем, фронтальную проекцию G_2H_2 линии пересечения GH . Пересечение прямой A_2C_2 с прямой G_2H_2 определяет точку M_2 — фронтальную проекцию искомой точки M . Проводя вертикальную линию связи, на A_1C_1 находим горизонтальную проекцию M_1 точки M . Аналогично находим с помощью плоскости σ' точку пересечения N стороны CB первого треугольника с плоскостью второго треугольника ($N = CB \times DEF$). Одноименные проекции точек M и N соединяем, после чего остается определить видимость треугольников при проецировании их на Π_2 и Π_1 . Для наглядности проекции треугольника ABC оттенены с помощью точек.

§ 43. ПРЯМЫЕ, ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ И ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫЕ ПЛОСКОСТЯМ

Из геометрии известно, что прямая параллельна плоскости, если она параллельна какой-либо прямой, принадлежащей плоскости. Пусть требуется (рис. 116) через точку D провести прямую, параллельную плоскости треугольника ABC . В плоскости треугольника лежат все три его стороны. Линию DE проводим так, чтобы она оказалась параллельной одной из сторон треугольника, например стороне AB . Для этого, как известно, необходимо, чтобы было выдержано следующее условие: $D_2E_2 \parallel A_2B_2$ и $D_1E_1 \parallel A_1B_1$. Если требуется через точку D провести горизонталь, параллельную плоскости ABC , то предварительно в плоскости треугольника строят проекции горизонтали AF , а затем через точку проводят требуемую горизонталь $DG \parallel AF$.

Прежде чем рассматривать прямые, перпендикулярные плоскости, надо ознакомиться с проецированием прямого угла. Оказывается, что *прямой угол проецируется без искажения, если одна его сторона параллельна данной плоскости, а другая не перпендикулярна ей* (рис. 117, а). Докажем эту теорему. Изобразим прямой угол, составленный прямой a и горизонталью h , и его горизонтальную проекцию $h_1 \times a_1$. Обратим внимание на плоскость σ , она горизонтально-проецирующая, так как проходит через горизонтально-проецирующую прямую AA_1 . Сторона h угла по заданию параллельна плоскости Π_1 и перпендикулярна прямой a . Одновременно прямая h перпендикулярна линии AA_1 , также принадлежащей плоскости σ ; значит, она перпендикулярна и самой плоскости σ . Горизонтальная проекция h_1 параллельна горизонтали h , следовательно, она тоже перпендикулярна плоскости σ . Но тогда она перпендикулярна и прямой a_1 , принадлежащей этой плоскости. Итак, $h_1 \perp a_1$, т. е. прямой угол спроецировался на плоскость Π_1 без искажения, что и требовалось доказать.

На комплексном чертеже (рис. 117, б) горизонтальные проекции прямых составят прямой угол $h_1 \perp a_1$, фронтальные проекции h_2 и a_2 в данном случае образуют тупой угол. На фронтальную пло-

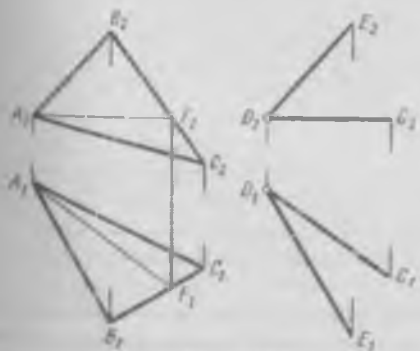


Рис. 116

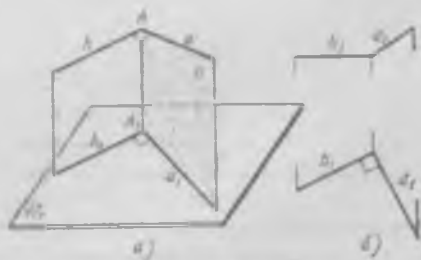


Рис. 117

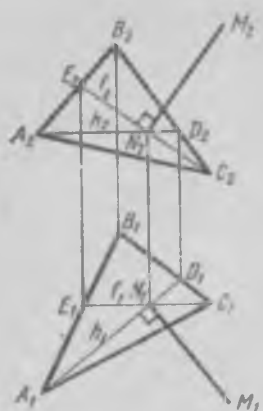


Рис. 118

скость проекций Π , прямой угол спроецируется в виде прямого угла в том случае, если одна из его сторон f будет фронталь.

Из геометрии известно, что прямая перпендикулярна плоскости, если она перпендикулярна двум прямым, принадлежащим этой плоскости. Такими прямыми могут быть выбраны горизонталь и фронталь плоскости. Если прямая перпендикулярна плоскости, то горизонтальная проекция прямой перпендикулярна горизонтальной проекции горизонтали, а фронтальная проекция — фронтальной проекции фронтали данной плоскости. Применим это положение для того, чтобы восстановить перпендикуляр к плоскости треугольника ABC (рис. 118). Через точку A_2A_1 проведем горизонталь h_2h_1 , а через

точку C_2C_1 фронталь f_1f_2 ; эти прямые пересекутся между собой в точке N_2N_1 . Проекции перпендикуляра MN должны пройти: $M_2N_2 \perp f_2$, $M_1N_1 \perp h_1$. Зная направление соответствующих проекций горизонтали и фронтали, можно провести проекции перпендикуляра из любой точки плоскости ABC .

Для примера решим две задачи.

Задача 1. Построить проекции расстояния от точки A до плоскости треугольника BCD

Как известно, расстояние от точки до плоскости измеряется длиной перпендикуляра, опущенного из точки на эту плоскость. Для того чтобы опустить перпендикуляр, надо провести горизонталь и фронталь плоскости (рис. 119). В этом примере горизон-

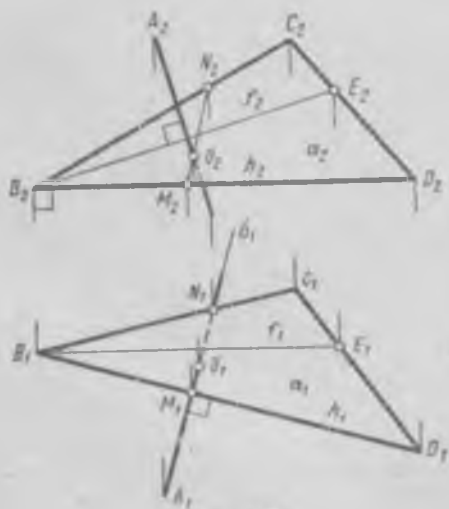


Рис. 119

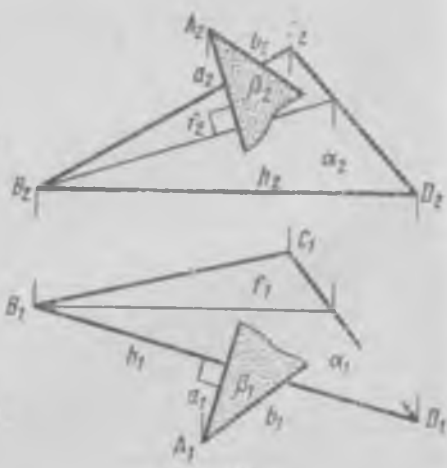
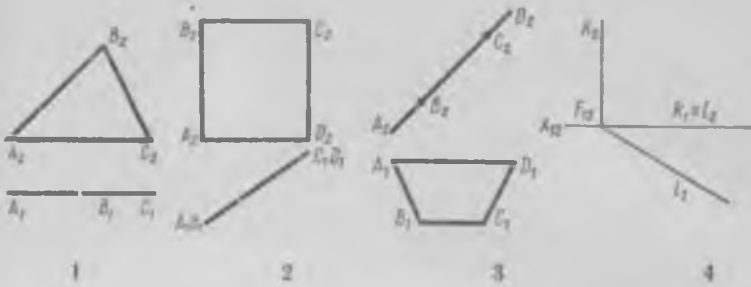
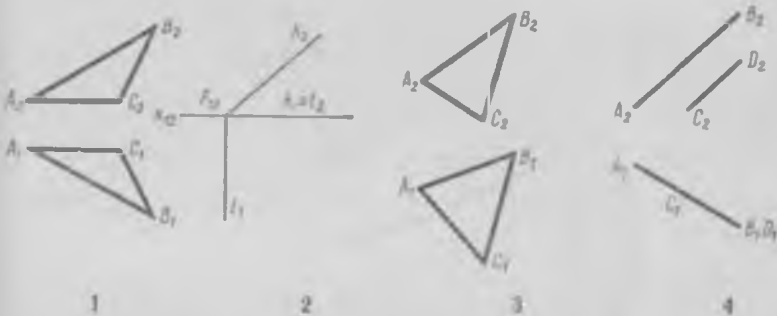


Рис. 120

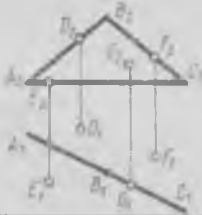
Которая из плоскостей является фронтально-проецирующей?



Которая из плоскостей является профильно-проецирующей плоскостью?

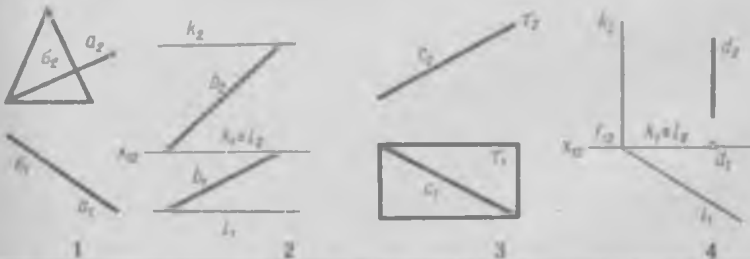


Которая из точек D , E , F или G принадлежит заданной плоскости ABC ?

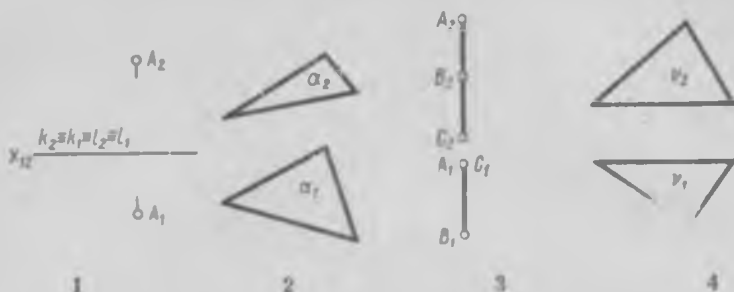


D	1
E	2
F	3
G	4

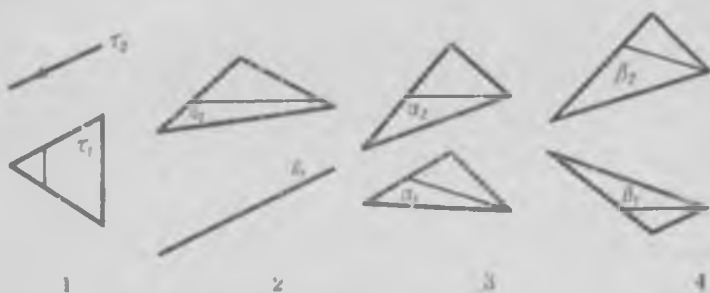
На каком чертеже изображена прямая, не принадлежащая плоскости?



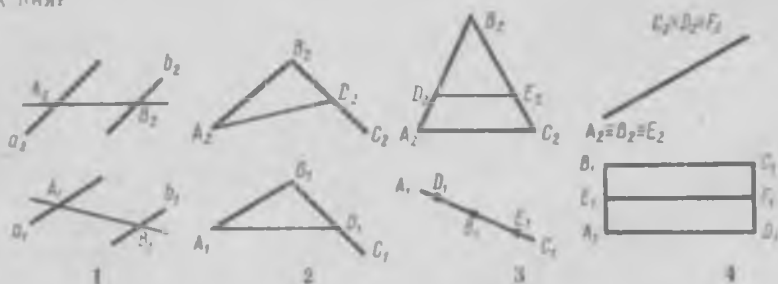
Которая из плоскостей является плоскостью общего положения?



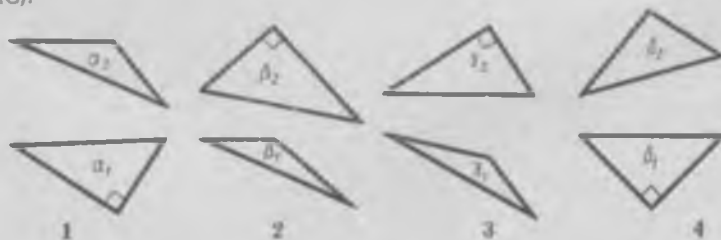
На котором чертеже проведена горизонталь плоскости общего положения?



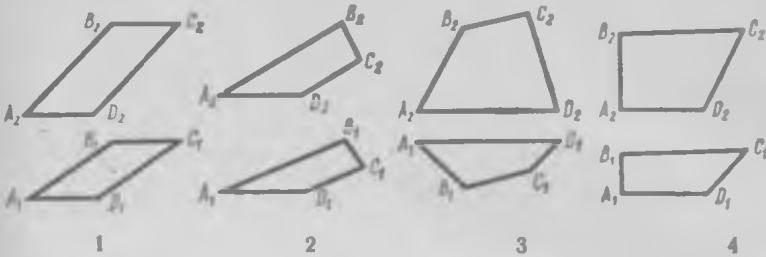
На котором чертеже проведена фронталь плоскости общего положения?



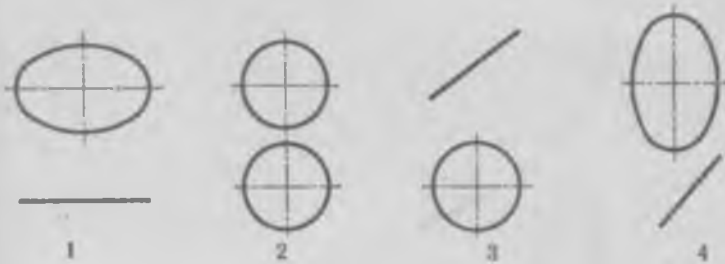
На котором чертеже имеется линия наибольшего ската плоскости (ЛНС)?



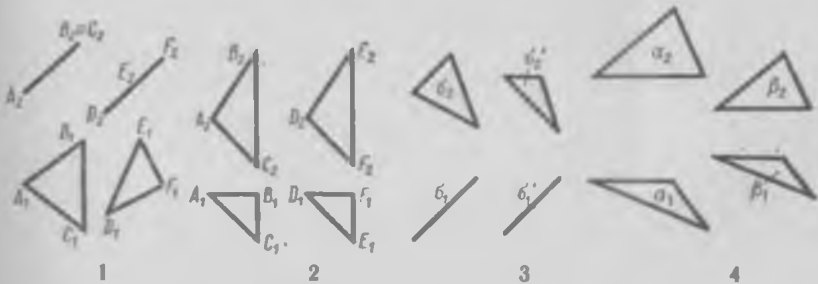
Определить, который четырехугольник не является плоской фигурой, и отметить его номер в перфокарте.



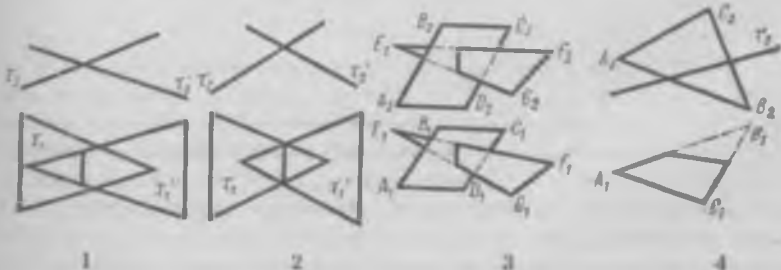
На каком из чертежей изображены проекции круга?



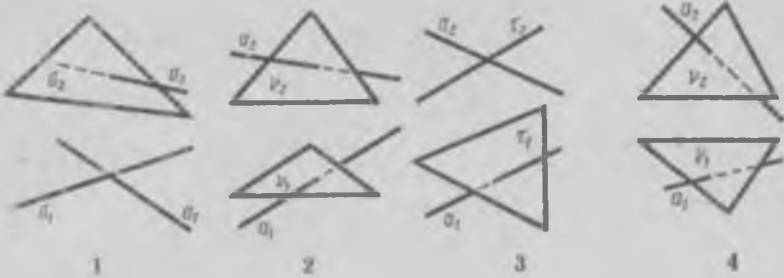
На каком чертеже изображены две не параллельные между собой плоскости?



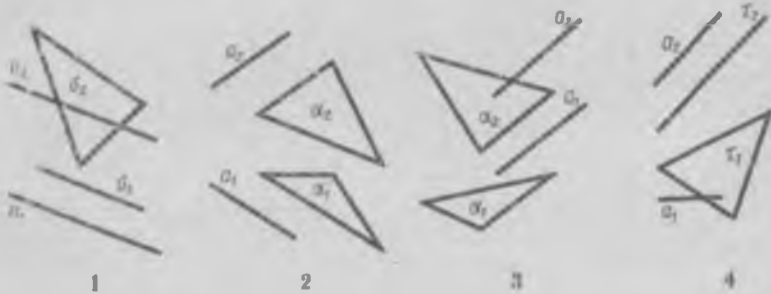
На каком чертеже видимость пересекающихся плоскостей на горизонтальной проекции показана ошибочно?



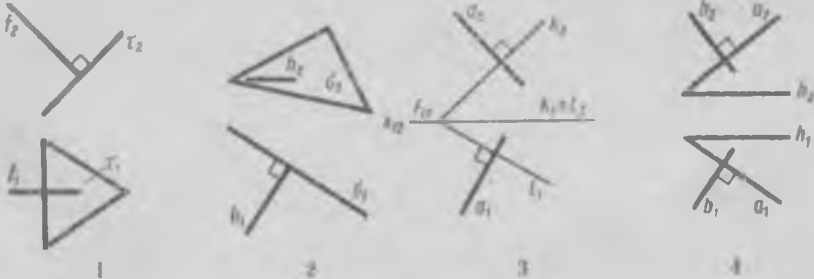
На котором чертеже ошибочно показана видимость прямой, пересекающейся с плоскостью?



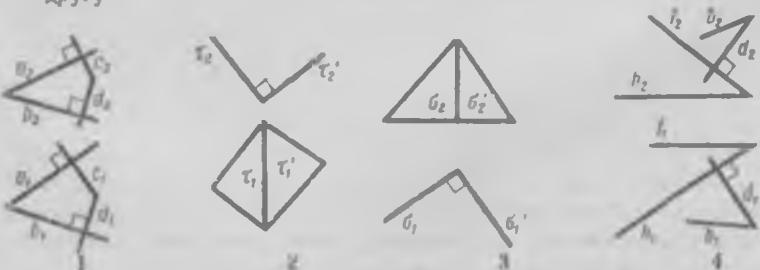
На котором чертеже задана прямая, не параллельная плоскости?



На котором чертеже прямая не перпендикулярна плоскости?



На котором чертеже заданные плоскости не перпендикулярны друг другу?



талью h плоскости является сторона треугольника BD , так как фронтальная ее проекция горизонтальна (перпендикулярна линиям связи). Остается провести фронталь BE (f); ее горизонтальная проекция B_1E_1 должна быть параллельна воображаемой оси проекций x_{12} . Фронтальную проекцию строим с помощью точки E . Из фронтальной проекции A_2 точки A опускаем перпендикуляр на фронтальную проекцию B_2E_2 фронтали BE , а из горизонтальной проекции A_1 на горизонтальную проекцию B_1D_1 горизонтали BD . Теперь надо найти основание перпендикуляра — точку O . Для этого проводим горизонтально-проецирующую плоскость $\sigma \perp \Pi_1$, находим линию пересечения MN , фронтальную проекцию O_2 точки O , а по ней и горизонтальную проекцию O_1 . Задача решена: A_2O_2 и A_1O_1 — проекции искомого расстояния. Отрезок AO видимый при проецировании на плоскости Π_2 и Π_1 .

З а д а ч а 2. Через точку A провести плоскость β , перпендикулярную плоскости α (BCD).

Из геометрии известно, что если плоскость проходит через прямую, которая перпендикулярна другой плоскости, то такие плоскости перпендикулярны. Воспользуемся предыдущим чертежом, на котором первая часть новой задачи решена — проведен перпендикуляр $AO \equiv a$ (рис. 120). Теперь достаточно провести через точку A любую прямую b . При этом образуется плоскость $\beta \perp \alpha$. Построенная плоскость для наглядности оттенена с помощью точек. Как видно, эта задача имеет множество решений.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Перечислите способы задания плоскости на комплексном чертеже. Задайте плоскость следами.
2. Постройте комплексный чертеж фронтально-проецирующей плоскости τ (ABC).
3. Постройте на комплексном чертеже три проекции прямоугольника, плоскость которого перпендикулярна плоскости Π_1 . Задайте в ней произвольную прямую a .
4. Постройте фронталь плоскости треугольника ABC .
5. Как построить проекции точки, принадлежащей плоскости общего положения β ?
6. Даны четыре точки A , B , C и D . Определите, принадлежат ли они одной плоскости γ .
7. Постройте две проекции окружности радиуса $R = 30$ мм, принадлежащей горизонтально-проецирующей плоскости σ , наклоненной под углом 60° к плоскости Π_2 .
8. Как решать задачу на пересечение двух плоскостей общего положения, заданных треугольниками ABC и DEF ?
9. Какие точки называются конкурирующими? Как ими пользоваться при определении видимости геометрических элементов?
10. В каком случае прямой угол проецируется без искажения?
11. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 14 и 15, 16.

СПОСОБЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОЕКЦИЙ

При решении задачи на рис. 119 были найдены проекции A_2O_2 и A_1O_1 расстояния от точки A до плоскости α . Однако мы не ответили на вопрос, чему равно действительное расстояние от точки до плоскости. Так как отрезок AO наклонен к плоскостям Π_2 и Π_1 , то он проецируется на эти плоскости проекций с искажением. Если бы расположить этот отрезок параллельно одной из плоскостей проекций, то он спроецировался бы на нее в действительную величину. Этого можно достигнуть несколькими путями: 1) можно повернуть отрезок вокруг некоторой оси, т. е. воспользоваться *способом вращения*; 2) можно сохранить положение отрезка, но заменить одну из плоскостей проекций так, чтобы она оказалась параллельной отрезку, т. е. воспользоваться *способом перемены плоскостей проекций*. Возможны и другие пути решения. Подобные изменения, производимые с целью облегчить решение тех или иных задач, называются способами преобразования комплексного чертежа. Задачи, в которых определяются действительные величины прямых, плоскостей, углов между ними, называются *метрическими задачами*.

Рассмотрим сущность способов вращения и перемены плоскостей проекций и их применение.

§ 44. СПОСОБ ВРАЩЕНИЯ

Чаще всего вращение производят вокруг осей, перпендикулярных плоскостям проекций, т. е. вокруг проецирующих прямых. Вращение точки A вокруг фронтально-проецирующей оси i (рис. 121, а) происходит по окружности, лежащей в плоскости, перпендикулярной этой оси, при этом *фронтальная проекция точки перемещается по окружности, а горизонтальная по горизонтальной прямой*. Радиус вращения равен расстоянию точки A до оси вращения i . Это расстояние без искажения проецируется на фронтальную плоскость проекций Π_2 ($Ai = A_2i_2$) и является

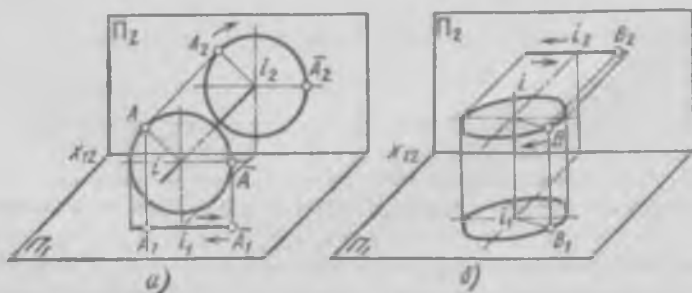


Рис. 121

радиусом вращения для фронтальной проекции A_2 точки A . Горизонтальная проекция A_1 при вращении точки перемещается слева направо и справа налево, как показано на рисунке стрелками.

При вращении точки вокруг горизонтально-проецирующей прямой i (рис. 121, б) горизонтальная проекция точки перемещается по окружности, а фронтальная по горизонтальной прямой. Радиус вращения точки равен расстоянию от точки B до оси вращения i ,

которое без искажения проецируется на горизонтальную плоскость проекций Π_1 ($Bi = B_1i_1$). При вращении точки фронтальная проекция B_2 перемещается возвратно-поступательно. Предел перемещения определяется величиной диаметра окружности, по которой перемещается точка.

Пусть на комплексном чертеже требуется повернуть точку на угол 135° по часовой стрелке вокруг фронтально-проецирующей оси i (см. рис. 121, а). Горизонтальная проекция i_1 оси вращения расположится вертикально, а фронтальная спроецируется в виде точки i_2 (рис. 122). Определяем радиус вращения, для чего соединяем точки A_2 и i_2 . Из точки i_2 , как из центра, дугой радиуса A_2i_2 вращаем точку A_2 на угол 135° и получаем фронтальную проекцию $\bar{A}_2$ точки A в новом положении. Горизонтальная проекция A_1 будет перемещаться по прямой, параллельной оси x_{12} , и в конце перемещения займет положение $\bar{A}_1$ на одной вертикальной линии связи с точкой $\bar{A}_2$. Аналогично осуществляется вращение вокруг горизонтально-проецирующей оси i .

Рассмотрим вращение отрезка прямой линии на практическом примере.

Пусть требуется определить действительную величину отрезка прямой AB . При решении этой задачи возможны два случая: 1) ось вращения не задана; 2) ось вращения задана (выбрана) на чертеже. Первый случай более благоприятный, так как можно выбрать более удобно расположенную ось вращения $i \perp \Pi_1$ (рис. 123, а). Выбранная ось проходит через одну из конечных точек отрезка, в данном случае через точку B . Точка B , как находящаяся на оси вращения, при вращении не меняет своего положения ($B \equiv \bar{B}$) и для решения задачи необходимо повернуть только одну точку A . Для того чтобы отрезок прямой AB спроецировался на фронтальную плоскость проекций Π_2 без искажения, необходимо, чтобы он занял положение фронтали. У фронтали горизонтальная проекция всегда горизонтальна (параллельна

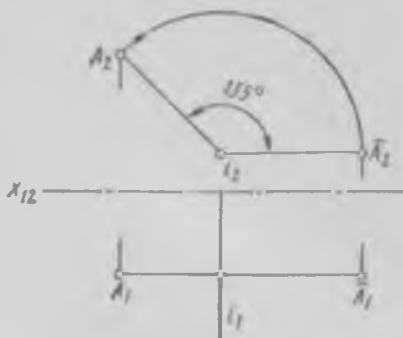


Рис. 122

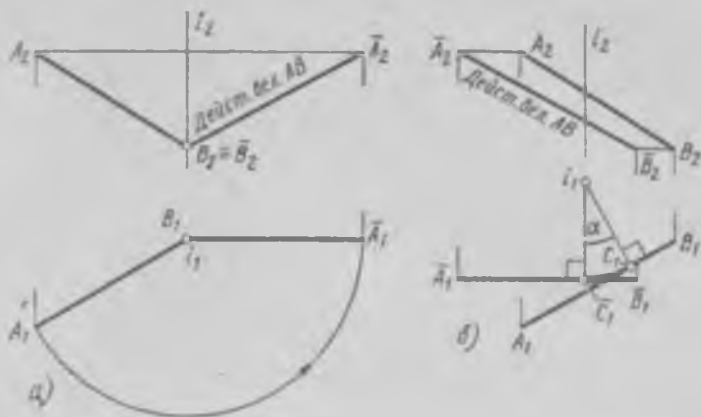


Рис. 123

воображаемой оси x_{12}). Учитывая это, вращаем точку до положения $\bar{A}_1$, находим фронтальную проекцию $\bar{A}_2$ точки A в новом положении и соединяем точки B_2 и $\bar{A}_2$. Найденная фронтальная проекция $B_2\bar{A}_2$ равна длине самого отрезка AB .

Если ось вращения i задана или была нами выбрана для вращения других геометрических элементов (рис. 123, б), то решение задачи начинаем с вращения не конечных точек проекции, а точки C_1 , являющейся основанием перпендикуляра, опущенного из горизонтальной проекции i_1 оси вращения на горизонтальную проекцию A_1B_1 отрезка. Радиусом вращения для точки C_1 является перпендикуляр i_1C_1 , который и вращаем на угол α так, чтобы его направление совпало с направлением вертикальных линий связи. Горизонтальная проекция A_1B_1 при этом расположится горизонтально, и прямая $\bar{AB}$ будет фронталью. Точку $\bar{A}_1$ можно получить двумя способами: 1) провести из центра i_1 дугу радиуса i_1A_1 ; 2) отложить влево от точки C_1 отрезок $\bar{A}_1C_1 = A_1C_1$.

Вращение плоских фигур производится с целью определения их действительных форм или определения их углов наклона к плоскостям проекций.

Если плоскость треугольника ABC является фронтально-проецирующей плоскостью (рис. 124, а), то вращение производим вокруг оси i , перпендикулярной к фронтальной плоскости проекций Π_2 и проходящей

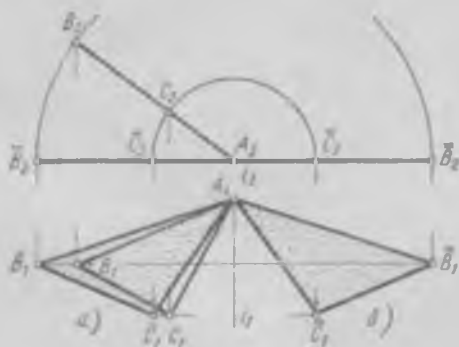


Рис. 124

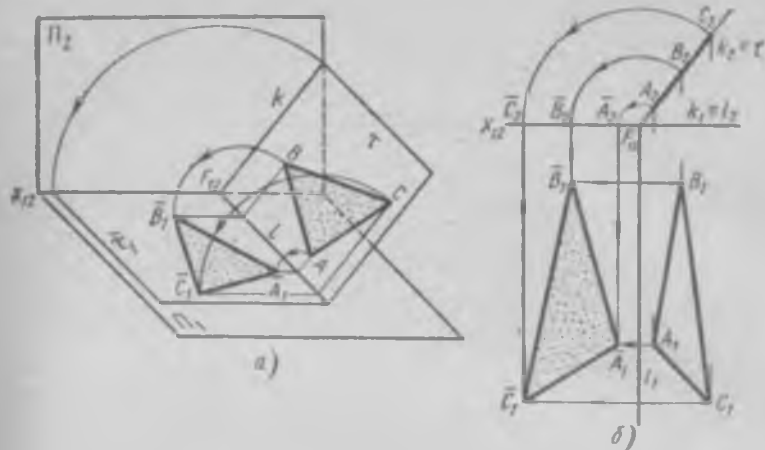


Рис. 125

через одну из точек плоскости треугольника, в данном случае через точку A . Для определения действительной формы и площади треугольника вращаем его фронтальную проекцию $A_1B_1C_1$ против часовой стрелки до горизонтального положения $A_2\bar{C}_2\bar{B}_2$. С помощью вертикальных линий связи находим горизонтальные проекции $\bar{B}_1$ и $\bar{C}_1$ точек B и C в их новом положении и соединяем вершины полученного треугольника $A_1\bar{B}_1\bar{C}_1$. Это будет действительная форма треугольника.

Тот же результат можно получить, вращая фронтальную проекцию треугольника по часовой стрелке (рис. 124, б). В этом случае изображение расположится на свободном поле чертежа, что предпочтительнее. Горизонтальные проекции треугольника, равные его действительной величине, для наглядности на чертеже оттенены.

Если треугольник ABC принадлежит фронтально-проецирующей плоскости τ , заданной следами $k \times l$, то для определения действительной формы треугольника можно повернуть плоскость τ вместе с треугольником до совмещения с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 (рис. 125, а). Вращение будет происходить вокруг горизонтального следа l плоскости τ . Подобный способ преобразования проекций называется *способом совмещения*.

На комплексном чертеже (рис. 125, б) фронтальные проекции точек перемещаются по дугам окружностей, центром которых является точка схода следов F_{12} . Горизонтальные проекции точек перемещаются по горизонтальным прямым так, как это всегда происходит при вращении точки вокруг фронтально-проецирующей оси. Отсюда видно, что способ совмещения есть частный случай способа вращения, когда осью вращения является один из следов плоскости. Совмещенные точки находим на пересечении горизонтальных прямых с вертикальными линиями связи.

§ 45. СПОСОБ ПЕРЕМНЫ ПЛОСКОСТЕЙ ПРОЕКЦИЙ

Установим модель прямой трехгранной призмы на горизонтальную плоскость макета двух плоскостей проекций Π_1 и Π_2 (рис. 126, а) и спроецируем призму на обе плоскости проекций (рис. 126, б).

Для решения таких задач, как построение развертки призмы, необходимо определить действительные размеры всех граней и оснований призмы. Из чертежа видно, что размер ширины грани $ABCD$ можно взять с горизонтальной плоскости проекций, а размер высоты — с фронтальной плоскости. Взятые таким образом размеры позволяют построить прямоугольник, являющийся действительной величиной грани.

Однако действительную форму грани можно получить и непосредственно на комплексном чертеже, если спроецировать грань $ABCD$ на новую фронтальную плоскость проекций Π_4 , проходящую параллельно этой грани. В этом случае грань $ABCD$ спроецируется без искажения. Остается повернуть плоскость Π_4 вокруг оси s_{14} на угол 90° до совмещения ее с плоскостью Π_1 и получить новую систему плоскостей Π_4/Π_1 вместо прежней системы Π_2/Π_1 .

Рассматривая построение новой фронтальной проекции отдельно взятой точки B (рис. 126, б), устанавливаем, что $B_4A_4 = AB = B_2A_2$, т. е. что расстояние от новой проекции точки до новой оси проекций равно расстоянию от заменяемой проекции до прежней оси проекций. Для данного примера формулировка будет такой: расстояние от новой фронтальной проекции B_4 точки B до новой оси s_{14} (рис. 127) равно расстоянию от прежней фронтальной проекции B_2 до прежней оси проекций x_{12} или $B_4B_{14} = B_2B_{12}$.

Если чертеж задан при незакрепленных плоскостях проекций, то, как известно, ось проекций x_{12} можно выбрать в любом месте

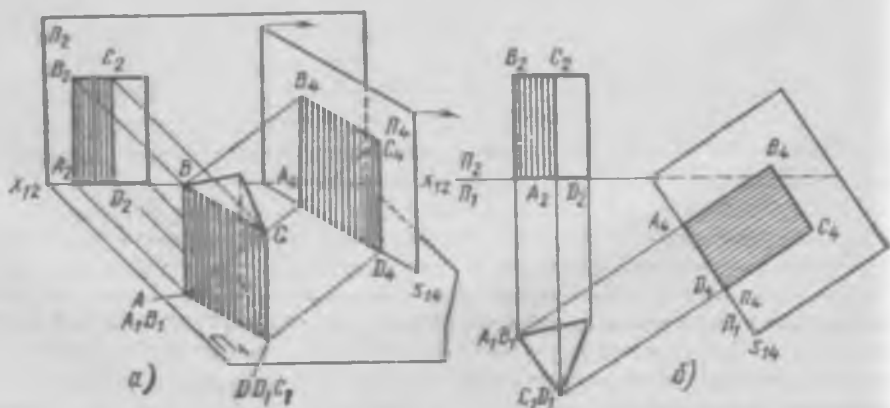


Рис. 126

поля чертежа. Однако будем стремиться сделать этот выбор так, чтобы получить наиболее простое экономное решение.

Пусть требуется определить действительную величину отрезка прямой AB , заданного в виде прямой общего положения (рис. 128, а). Первый вариант решения заключается в выборе произвольной оси x_{12} , выборе плоскости Π_4 , параллельной отрезку AB , и в построении новой фронтальной проекции A_4B_4 , заданного

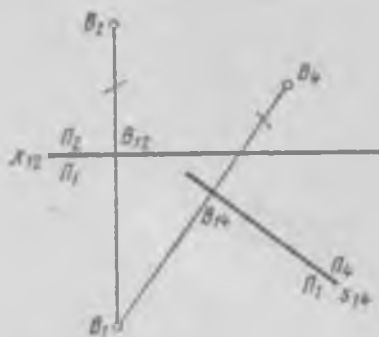


Рис. 127

отрезка, равной по величине самому отрезку AB . При параллельности плоскости Π_4 отрезку AB на комплексном чертеже будет иметь место параллельность оси s_{14} горизонтальной проекции A_1B_1 отрезка AB . Прямая в новой системе плоскостей проекций Π_4/Π_1 будет являться фронтальной прямой, у которой фронтальная проекция будет равна длине самого отрезка AB . Плоскость Π_4 будет параллельна отрезку AB и в том случае, если она будет проходить через этот отрезок. Комплексный чертеж при этом упростится (рис. 128, б): ось проекций s_{14} совпадет с горизонтальной проекцией A_1B_1 отрезка AB , перпендикуляры из точек A_1 и B_1 надо будет не опускать на ось s_{14} , а восставлять к ней. В результате при втором варианте решения образуется трапеция $A_1A_4B_4B_1$, сторона которой A_4B_4 равна действительной величине отрезка AB .

Решение может быть еще более простым, если устранить на горизонтальном поле чертежа заштрихованный прямоугольник. Очевидно, что это может быть сделано путем проведения оси x_{12} через нижнюю точку B_2 фронтальной проекции прямой

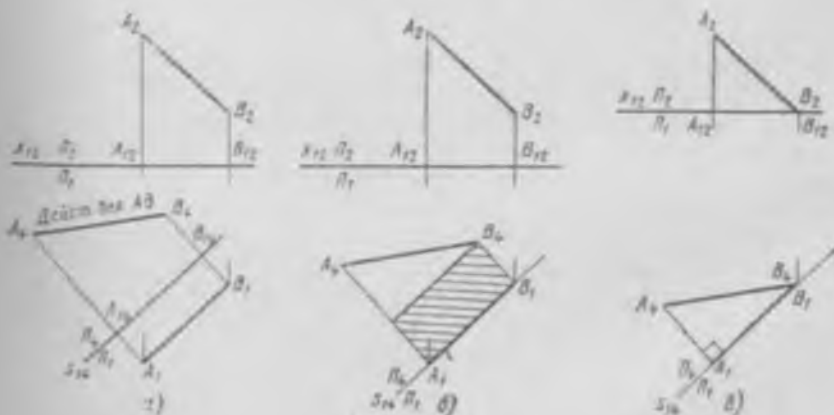


Рис. 128



Рис. 129

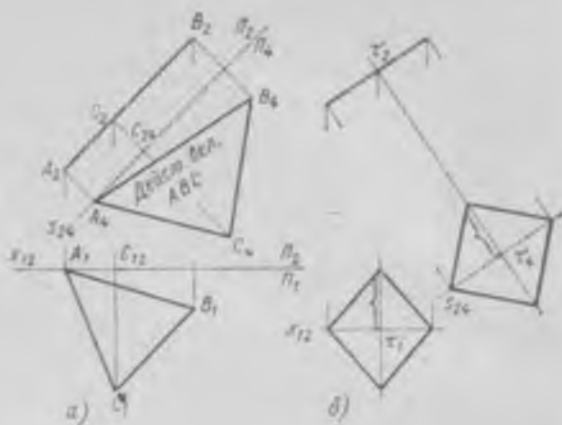


Рис. 130

(рис. 128, а). В этом случае точка B_4 совпадет с точкой B_1 . Через точку A_1 проведем перпендикуляр, на котором отложим расстояние от точки A_2 до оси x_{12} , или, иначе, превышение точки A_2 над точкой B_2 .

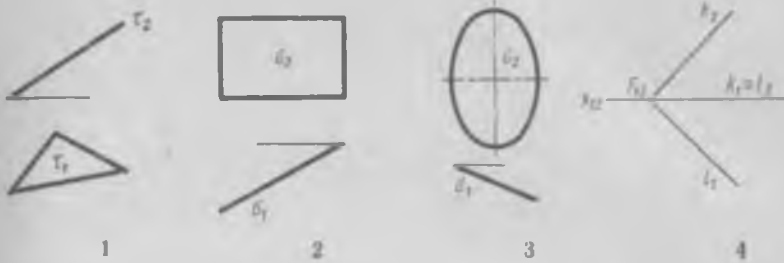
Пользуясь всегда этим простейшим приемом, можно не проводить оси x_{12} и s_{14} и построение будет еще более простым (рис. 129). Такой способ определения действительной длины отрезка прямой линии называется *способом прямоугольного треугольника* и часто применяется при решении метрических задач. Действительная длина отрезка прямой линии равна гипотенузе прямоугольного треугольника, построенного на горизонтальной проекции A_1B_1 отрезка, размер второго катета берется равным превышению одной точки прямой над другой или разности высот (аппликат).

Решая задачу на определение действительной величины отрезка прямой линии, мы попутно находим ответ еще на один вопрос, а именно — находим величину угла α , составленного отрезком прямой с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 .

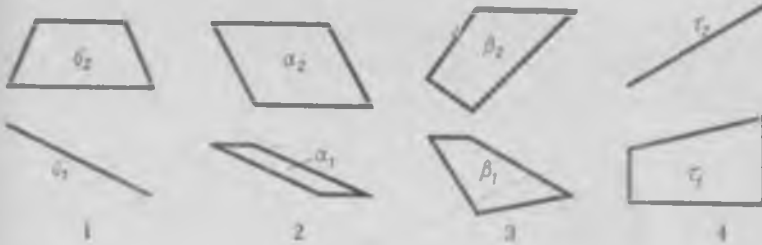
Если прямоугольный треугольник построить на фронтальной проекции A_2B_2 отрезка, то получим действительную длину отрезка AB (вторично) и угол β , составленный отрезком прямой линии с фронтальной плоскостью проекций Π_2 . Предоставим учащимся решить эту задачу самостоятельно.

Теперь определим действительную форму плоской фигуры, заданной в виде фронтально-проецирующей плоскости ABC (рис. 130, а). В этом случае нам придется заменять не фронтальную плоскость проекций Π_2 , а горизонтальную Π_1 . Ось проекций x_{12} проведем через верхнюю точку A_1 горизонтальной заменяемой проекции $A_1B_1C_1$. Новую ось проекций s_{24} проведем в произвольном месте чертежа, но параллельно фронтальной проекции треугольника, изобразившегося прямой линией $A_2C_2B_2$. Новые про-

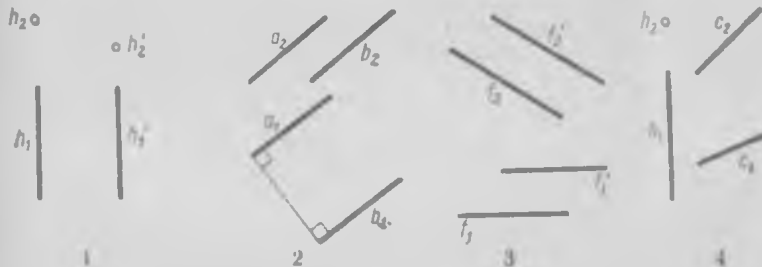
На котором чертеже угол между заданной плоскостью и горизонтальной плоскостью проекций Π_1 изображился в натуральную величину?



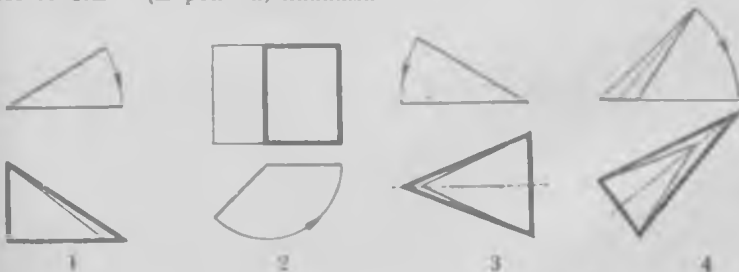
В котором плоском отсеке имеется наибольшее количество сторон, спроецировавшихся в натуральную величину?



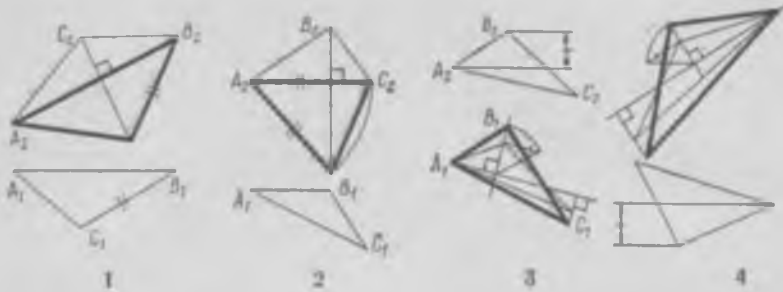
На котором чертеже расстояние между двумя прямыми проецируется не в натуральную величину?



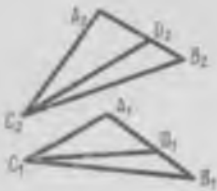
На котором чертеже ошибочно определена натуральная величина плоской фигуры способом вращения? Натуральная величина обведена более толстыми (широкими) линиями



На котором чертеже ошибочно определена натуральная величина треугольника ABC вращением вокруг фронтали или горизонтали?

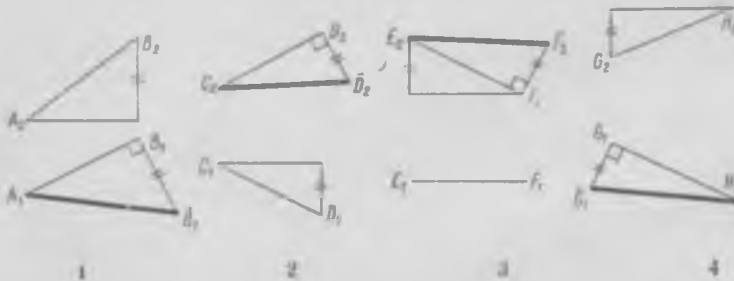


Которую прямую следует переместить в проецирующее положение с тем, чтобы плоскость ABC преобразовалась в горизонтально-проецирующую?

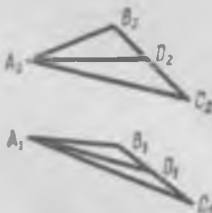


CD	1
AB	2
BC	3
AC	4

В которой задаче допущена ошибка при определении натуральной величины прямой способом прямоугольного треугольника?



Перпендикулярно к которой прямой следует разместить новую плоскость проекций с тем, чтобы заданная плоскость стала в новой системе проецирующей?



AB	1
AC	2
BC	3
AD	4

екции B_4 и C_4 получим, откладывая по перпендикулярам отрезки, равные расстоянию от точек B_1 и C_1 до оси x_{12} ; так, например, отложено расстояние $C_4C_{24} = C_1C_{12}$. Полученная новая проекция $A_4B_4C_4$ представляет собой действительную форму треугольника.

В тех случаях, когда плоская фигура симметрична, ось проекций x_{12} выгоднее проводить не через верхнюю точку проекции фигуры, а через ось симметрии проекции (рис. 130, б), при этом задняя часть фигуры оказывается расположенной во II октанте (см. рис. 92, б). В любом месте чертежа проводим новую ось проекций s_{24} , параллельную фронтальной проекции, фигуры, и от нее откладываем по обе стороны равные отрезки, взятые с прежней горизонтальной проекции (на чертеже помечены фигурными скобками). При практическом использовании этого метода оси проекций x_{12} и s_{24} обычно не обозначают, считая их осями симметрии фигуры.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. В чем заключается сущность приемов, применяющихся при решении метрических задач?
2. Что происходит с проекциями точки, если она вращается вокруг оси, перпендикулярной к плоскости проекций Π_1 ?
3. Как определить действительную величину отрезка прямой линии общего положения путем вращения отрезка вокруг оси, перпендикулярной к плоскости проекций Π_2 ?
4. Чему равно расстояние от новой проекции точки до новой оси проекций при перемене плоскостей проекций?
5. Как определить действительную форму плоской фигуры способом перемены плоскостей проекций?
6. Покажите, что способ прямоугольного треугольника есть частный случай метода перемены плоскостей проекций.
7. Постройте горизонтальную проекцию окружности, описанной вокруг квадрата, по рис. 130, б.
8. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 17, 18.

Глава X

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ

§ 46. СУЩНОСТЬ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

Общее представление об аксонометрических проекциях было дано в § 23. Там же было указано, что с одним из видов аксонометрических проекций — фронтальной косоугольной диметрией — учащиеся встречались в школе при изучении геометрии и черчения.

Чтобы выяснить сущность прямоугольных аксонометрических проекций, следует представить систему трех плоскостей проекций Π_1 , Π_2 и Π_3 , спроецированную на новую аксонометрическую

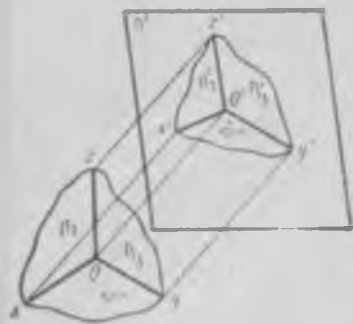


Рис. 131

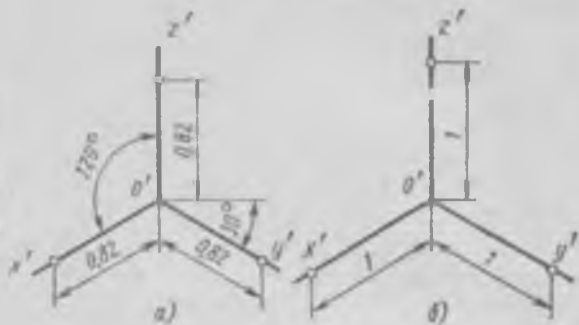


Рис. 132

плоскость Π' с помощью лучей, перпендикулярных к этой плоскости (рис. 131). Из рисунка видно, что оси Ox , Oy и Oz расположены наклонно по отношению к плоскости Π' и, следовательно, будут проецироваться на эту плоскость с искажением, т. е. проекции отрезков осей $O'x'$, $O'y'$ и $O'z'$ будут короче самих отрезков осей Ox , Oy и Oz . *Отношение длины проекции отрезка оси к длине отрезка самой оси называется показателем искажения по этой оси.*

Таким образом, показатель искажения по оси $x — u = \frac{O'x'}{Ox}$, показатель искажения по оси $y — v = \frac{O'y'}{Oy}$, показатель искажения по оси $z — w = \frac{O'z'}{Oz}$. В курсах начертательной геометрии доказывается теорема о том, что *сумма квадратов показателей искажения в прямоугольной аксонометрии равна двум*, т. е. $u^2 + v^2 + w^2 = 2$.

Если расположить трехгранный угол $Oxyz$ так, чтобы отрезки осей Ox , Oy и Oz были наклонены к плоскости Π' одинаково, то показатели искажения по всем трем осям будут также одинаковыми, равными друг другу, т. е. будет иметь место равенство $u = v = w$. Подобное изображение называется равномерным или изометрическим, а способ — *прямоугольной изометрической проекцией*, или, короче, *прямоугольной изометрией*.

Из уравнения $u^2 + v^2 + w^2 = 2$ можно определить величину показателя искажения для прямоугольной изометрии: $3u^2 = 2$ или $u^2 = \frac{2}{3}$, откуда $u = \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0,82$. Итак, проекции осей и линий, им параллельных, будут короче самих осей и параллельных им линий и составят 0,82 от их действительной величины (рис. 132, а). Аксонометрические оси x' , y' и z' в прямоугольной изометрии располагаются под углами 120° друг к другу. Ось z' — вертикальна, следовательно, оси x' и y' располагаются под углами 30° к линии горизонта.

При практических построениях пользоваться показателями искажения не совсем удобно, поэтому ГОСТ 2.317—69 рекомендует строить прямоугольную изометрию без сокращения размеров по осям $O'x'$, $O'y'$ и $O'z'$, т. е. пользоваться так называемыми приведенными показателями искажения $U = V = W = 1$ (рис.

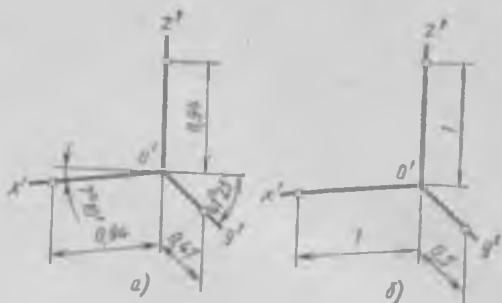


Рис. 133

132, б). Очевидно, что построенное таким образом изображение будет крупнее самого предмета. Нетрудно определить, во сколько раз изображение будет больше предмета. Для этого надо разделить единицу на 0,82; увеличение будет равно $1 : 0,82 \approx 1,22$ раза. С этим числом, в частности, придется иметь дело при построении прямоугольной изометрии окружностей.

В практике применяется также *прямоугольная диметрическая проекция*, для которой показатели искажения по осям x' и z' равны, т. е. $u = w$, а показатель искажения по оси y вдвое меньше этих показате ей: $v = \frac{u}{2}$. Для этого способа изображения урав-

нение $u^2 + v^2 + w^2 = 2$ выглядит так: $u^2 + \left(\frac{u}{2}\right)^2 + u^2 = 2$ или $2\frac{1}{4}u^2 = 2$, откуда $u^2 = \frac{8}{9}$, а $u = w = \sqrt{\frac{8}{9}} \approx 0,94$, показатель искажения по оси y' равен $v = \frac{0,94}{2} = 0,47$ (рис. 133, а).

Как видно, для прямоугольной диметрии применяются два различных масштаба измерения: один — для осей x' и z' , другой — для оси y , т. е. имеет место двумерность — диметрия. Аксонометрические оси в прямоугольной диметрии располагаются так: ось z' — вертикальна, ось x' проходит под углом $97^\circ 10'$ к оси z' , ось y' проходит под углом $131^\circ 25'$ к оси z' ; удобнее измерять углы от горизонтальной прямой, как показано на чертеже. В этом случае ось x' проводим под углом $7^\circ 10'$ к горизонтальной прямой, а ось y' — под углом $41^\circ 25'$.

В соответствии с ГОСТ 2.317—69 практические построения следует выполнять без сокращения размеров по осям x' и z' и с сокращением 0,5 по оси y , т. е. пользоваться приведенными показателями искажения $U = W = 1$ и $V = 0,5$ (рис. 133, б). Изображение предмета, построенного таким образом, будет увеличено в 1,06 раза, что определяют путем деления единицы на показатель искажения 0,94 ($1 : 0,94 \approx 1,06$).

Аксонометрические проекции широко используются в машиностроительном черчении и в конструкторской работе. В инженерно-

строительном черчении они применяются при изображении вруб-бок, изделий сборного железобетона и целых зданий небольшого размера. Аксонометрические проекции являются основой для технического рисования.

§ 47. ИЗОБРАЖЕНИЕ ПЛОСКИХ ФИГУР В АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ

Заданную нам плоскую фигуру можно построить в трех основных положениях: в плоскости $x'O'z'$, соответствующей плоскости Π_2 ; в плоскости $x'O'y'$, соответствующей Π_1 , и в плоскости $z'O'y'$, соответствующей Π_3 . Кроме того, можно строить *натуральное* изображение плоской фигуры с использованием показателей искажений u , v и w или *увеличенное* (приведенное) с использованием приведенных показателей искажения U , V и W . На практике эти вопросы решают исходя из конкретных условий: формы плоского отсека, его положения в пространстве и назначения изображения.

Построим натуральное изображение квадрата размером 50×50 мм в трех основных положениях в прямоугольной изометрической проекции. Для определения величины стороны квадрата умножим заданный размер 50 на показатель искажения $u = 0,82$, получим $50 \times 0,82 = 41$ мм. Строим изометрические оси x' , y' , z' (рис. 134, а). Для простоты располагаем стороны квадрата параллельно изометрическим осям. Изометрические проекции квадрата будут равными, но различно расположенными ромбами Π_1 , Π_2 , Π_3 с размерами 41×41 мм.

Пусть требуется построить в прямоугольной изометрии «приведенное» изображение прямоугольника, имеющего размеры 30×60 мм. Решаем вопрос о том, в каком положении его изобразить.

Предположим, что решили изобразить в плоскости $x'O'y'$. Проводим оси $x'O'$ и $y'O'$ (рис. 134, б), по одной из них откладываем размер 60 мм, а по другой 30 мм. Проведя линии, параллельные осям, получаем изометрическую проекцию прямоугольника, которая будет параллелограммом. Тот же прямоугольник можно изобразить в плоскости $x'O'z'$ (верхнее изображение).

Построим «приведенное» изображение квадрата размером 50×50 мм

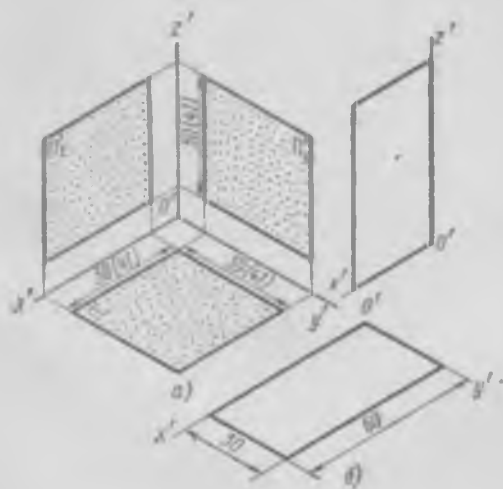


Рис. 134

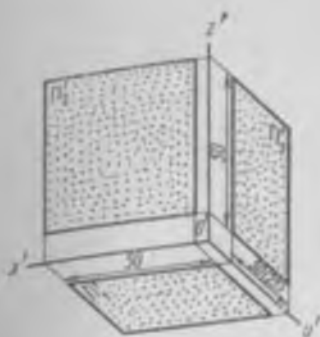


Рис. 135

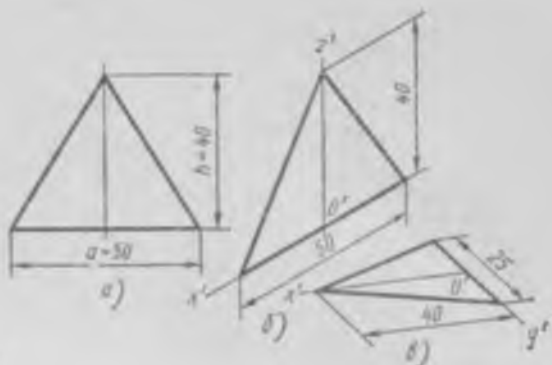


Рис. 136

в трех основных положениях в прямоугольной диметрической проекции. Приведенные показатели по осям x' и z' равны единице, следовательно, стороны квадрата, параллельные этим осям, будут иметь размеры, равные 50 мм (рис. 135). Приведенный показатель по оси y' равен 0,5, т. е. стороны квадрата, параллельные этой оси, будут иметь размер 25 мм. Изображение в плоскости $x'O'z'$ будет являться ромбом, изображения в двух других плоскостях будут равными, но различно расположенными параллелограммами.

При построении треугольника будем пользоваться его основанием и высотой (рис. 136, а). Построение «приведенного» изображения в прямоугольной изометрии начинаем с проведения осей x' и z' (рис. 136, б). От точки O' пересечения осей вправо и влево по оси x' откладываем половины заданного размера $a = 50$ мм, а по оси z' — высоту треугольника $h = 40$ мм. Вершины треугольника соединяем прямыми линиями. Обратим внимание на то, что в аксонометрии левая сторона треугольника будет значительно длиннее, чем правая.

Построим тот же треугольник в прямоугольной диметрии. Расположим треугольник в плоскости $x'O'y'$ (рис. 136, в). По оси x' отложим высоту треугольника, а по оси y' в обе стороны от точки O' — половины уменьшенного вдвое размера основания треугольника.

В связи с тем, что в практике аксонометрические изображения чаще применяются в качестве иллюстрационных, сопровождающих комплексные чертежи, на которых имеются все необходимые размеры, нанесение размеров на аксонометрических чертежах является не обязательным. При дальнейшем изложении аксонометрии мы не всегда будем наносить размеры.

В практике большое значение имеет быстрота построений аксонометрических изображений. Для ускорения можно рекомендовать некоторые практические приемы построения изометри-



Рис. 137

ческих осей без измерения углов транспортиром. Первый прием (рис. 137, а) основан на делении окружности на шесть равных частей. Выбрав на оси z' точку O' , проводим дугу произвольного радиуса; она пересечет ось z' в точке A . Из этой точки тем же радиусом проводим вторую дугу. Точки пересечения дуг используем для проведения осей x' и y' .

Можно воспользоваться другим приемом (рис. 137, б). Проводим через точку O' горизонтальную прямую и откладываем на ней семь произвольных равных отрезков. Из конечной точки A



Рис. 138

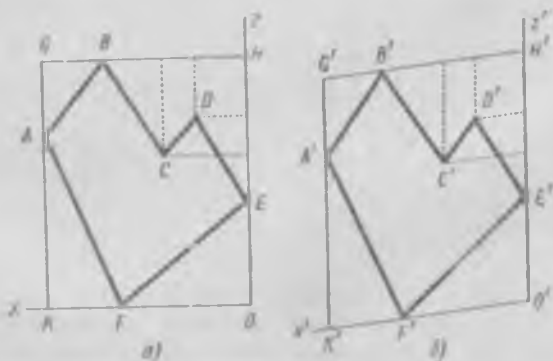


Рис. 139

восстанавливаем перпендикуляр и откладываем на нем четыре такие же части. Полученные точки B — искомые. Вместо 7 и 4 можно брать числа того же отношения, например 35 и 20, 28 и 16 и т. д. Для построения осей в прямоугольной диметрии можно пользоваться следующими соотношениями отрезков (рис. 137, в): для построения угла $7^\circ 10'$ — $1 : 8$ ($5 : 40$), для построения угла $41^\circ 25'$ — $7 : 8$ ($35 : 40$).

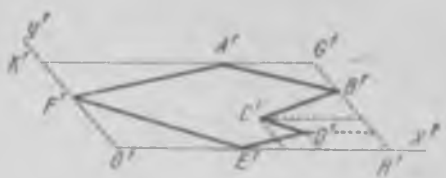


Рис. 140

Построение правильного шестиугольника в «приведенной» изометрической проекции (рис. 138, а) начинаем с проведения осей x' и y' через точку O' (рис. 138, б). По оси x' откладываем отрезки $A'O'$ и $O'D'$, равные отрезкам AO и OD . По оси y' откладываем отрезок m , взятый с первого чертежа. Через конец этого отрезка проводим прямую $F'E' \parallel x'$. Также строим отрезок $B'C'$. Полученные шесть точек соединяем и обводим изображение.

Пусть требуется построить неправильный многоугольник $ABCDEF$ в плоскости $x'O'z'$ в прямоугольной диметрической проекции (рис. 139, а). Опишем вокруг многоугольника прямоугольник $GHOK$. Принимаем стороны KO и HO за направление осей x и z . Проводим на аксонометрическом чертеже (рис. 139, б) оси x' и z' и строим аксонометрическую проекцию $G'H'O'K'$ прямоугольника $GHOK$, беря размеры его сторон с первого чертежа. Легко находим точки A', B', E' и F' , принадлежащие сторонам прямоугольника. Для построения точек C', D' пользуемся координатами этих точек, что ясно из сопоставления чертежей. Координатные отрезки начерчены пунктирными (точечными) линиями.

При построении этого многоугольника в плоскости $x'O'y'$ размеры сторон, параллельных оси y' , должны быть уменьшены вдвое: изображение будет суженным (рис. 140).

§ 48. ИЗОБРАЖЕНИЕ КРУГОВ В ИЗОМЕТРИЧЕСКИХ И ДИМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЯХ

Из геометрии известно, что круг можно рассматривать как правильный многоугольник с большим количеством сторон. Следовательно, изометрическое изображение круга можно строить также, описывая вокруг него квадрат. Однако аксонометрические изображения круга чаще строят, проводя оси x и y через центр окружности (рис. 141, а); при этом отпадает надобность в построении квадрата. Выбрав точку O' , через нее проводим оси x' и y' (рис. 141, б). На осях откладываем величины, равные радиусу окружности, и получаем точки A', B', C' и D' . Другие точки находим с помощью их координат; построение точки E показано двойными точечными линиями. Два координатных от-



Рис. 141



Рис. 142

резка для точки E составляют так называемую *координатную ломаную*, которая в дальнейшем будет широко применяться при построении точек, расположенных в пространстве. Для круга, лежащего в плоскости $x'O'y'$, большая ось эллипса $E'G'$ расположена горизонтально, а малая ось — вертикально.

В начертательной геометрии доказывается, что отношение осей эллипса, являющегося изображением окружности, в прямоугольной изометрии равно 0,58, т. е. если большую ось эллипса d принять за единицу, то малая ось будет равна $0,58d$. Чтобы перейти к «приведенному» изображению, которое, как известно, увеличено в 1,22 раза, все три величины умножим на 1,22 и получим:

сторону ромба — $0,82d \times 1,22 = 1,004d \approx d$;

большую ось эллипса — $d \times 1,22 = 1,22d$;

малую ось эллипса — $0,58d \times 1,22 = 0,71d$.

Зная эти зависимости, можно по заданному диаметру круга быстро найти размеры большой и малой осей эллипса, являющегося изометрической проекцией окружности.

Пусть требуется построить прямоугольную изометрию круга, диаметр окружности которого равен 50 мм. Определяем размеры большой и малой осей эллипса: большая ось $A'B'$ равна $50 \times 1,22 = 61$ мм, малая ось $C'D'$ — $50 \times 0,71 = 35$ мм. По этим размерам строим на чертеже оси эллипса (рис. 142, а). Из геометрического черчения известно (см. рис. 50), что по осям эллипса можно построить его кривую. Практически эллипс в изометрии обычно заменяют овалом, который строят следующим образом (рис. 142, б). На большой $A'B'$ и малой $C'D'$ осях строим две окружности; они пересекают продолжение малой оси в точках 1 и 2, а большую ось — в точках 3 и 4. Эти точки являются центрами для дуг овала. Используя их, вычерчиваем овал с радиусами $r = O'B' - O'C'$ и $R = C'D' + r$. Точку сопряжения дуг радиусов R и r находим, соединяя точки 1 и 4 прямой и продолжая эту прямую до пересечения с дугами в точке 5.

В прямоугольной изометрии все три эллипса одинаковы по форме, равны друг другу и лишь расположены различно. В отличие от этого в прямоугольной диметрии имеются две различные формы эллипса: одна для плоскости $x'O'z'$, а другая — для плоскостей $x'O'y'$ и $z'O'y'$.

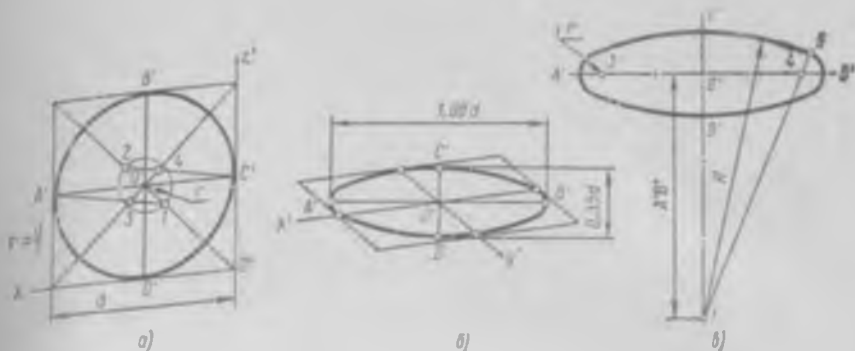
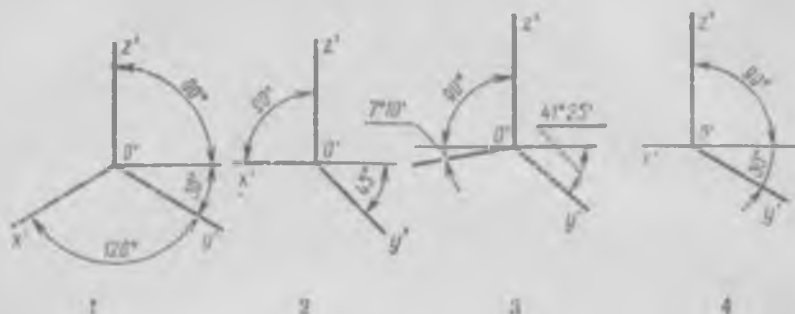


Рис. 143

В практике в прямоугольной диметрии эллипс нередко заменяют овалом (рис. 143, а). Центры дуг для построения овала находим так: строим ромб, его средние линии и диагонали. Из центра O' радиусом $r = \frac{d}{7}$ проводим вспомогательную окружность. Она пересекает малую диагональ ромба в точках 1 и 2. Используем эти центры для проведения дуг $A'B'$ и $C'D'$. Соединяем точки A' и 1, C' и 2. Эти линии пересекают большую диагональ в точках 3 и 4, из которых, как из центров, проводим дуги $A'D'$ и $B'C'$. При этом способе также не требуется откладывать размеры большой и малой оси; они получаются сами собой при проведении дуг.

Если требуется построить прямоугольную диметрию окружности, лежащей в плоскости $x'O'y'$, то на осях x' и y' строим параллелограмм и намечаем средние точки его сторон (рис. 143, б). Затем через точку O' проводим горизонтальную прямую — направление большой оси эллипса. На этой прямой откладываем размер большой оси эллипса, равный $1,06d$. Перпендикулярно к ней проводим малую ось эллипса, размер которой равен $0,35d$ (отношение 3 : 10). Таким путем получаем восемь точек, принадлежащих эллипсу. В практике избегают построения параллелограмма и вместо эллипса строят овал по его осям $A'B'$ и $C'D'$ (рис. 143, в). Последовательность построения такая: от центра O' на продолжении малой оси эллипса откладываем величину большой оси $A'B'$; получаем точку 1 — центр верхней дуги радиуса R . Тем же радиусом из точки 2 (не показана на чертеже) проводим нижнюю дугу овала. Слева и справа овал дочерчиваем кривыми радиуса r , величину которого принимаем равным $r = \frac{O'C'}{2}$. Центры 3 и 4 находим, делая из точек A' и B' засечки дугами r . Точку сопряжения 5 находим, соединяя прямой точки 1 и 4 и продолжая эту прямую до пересечения с дугой.

На котором чертеже изображены аксонометрические оси прямоугольной диметрической проекции?



Какой из приведенных коэффициентов является показателем искажения в прямоугольной изометрической проекции?

0,94

0,5

0,47

0,82

1

2

3

4

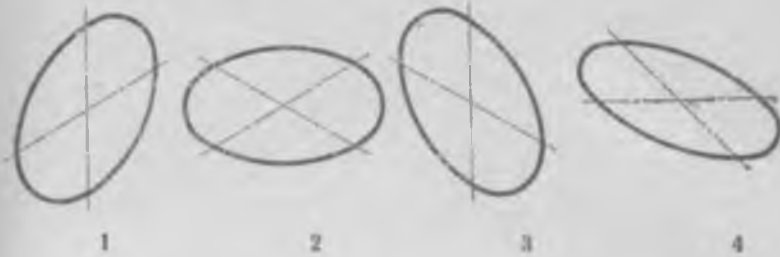
Какое изометрическое изображение пятиугольника соответствует заданию его в ортогональной проекции при расположении, параллельном плоскости Π_2 ?



Какое диметрическое изображение трапеции соответствует заданию ее в ортогональной проекции при расположении, параллельном плоскости Π_1 ?



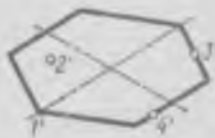
Какое изометрическое изображение окружности соответствует расположению ее в плоскости $x'O'z'$?



Какое диметрическое изображение окружности соответствует расположению ее в плоскости $z'O'y'$?



Дан шестиугольник, плоскость которого параллельна горизонтальной плоскости проекций Π_1 . Какая из четырех точек ошибочно построена в изометрии?



1
2
3
4

Дан круг, плоскость которого параллельна плоскости проекций Π_1 . Какая из четырех точек ошибочно построена в диметрии?



1
2
3
4

1. Что называется показателем искажения в прямоугольной аксонометрии?
2. На какие два вида подразделяется прямоугольная аксонометрия?
3. Как располагаются координатные оси в прямоугольной изометрии?
4. Чем отличается «приведенное» изображение от натурального?
5. Как располагаются координатные оси в прямоугольной диметрии?
6. Назовите показатели искажения для прямоугольной диметрии.
7. Постройте натуральное изображение равностороннего треугольника в прямоугольной изометрии в плоскости $x'O'y'$; размер стороны $a = 40$ мм.
8. Постройте правильный шестиугольник в прямоугольной диметрии в плоскости $x'O'y'$, радиус описанной окружности $R = 25$ мм; масштаб изображения $M 1,06 : 1$.
9. Постройте многоугольник ABCDEF (рис. 139, а) в «приведенной» изометрической проекции в плоскости $x'O'y'$; нанесите масштаб изображения.
10. Постройте прямоугольную диметрию окружности в плоскости $x'O'y'$; диаметр окружности 45 мм; масштаб изображения $M 1,06 : 1$.
11. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 19, 20.

Глава XI

ПРОЕКЦИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

§ 49. ПОСТРОЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ ТОЧЕК, ПРИНАДЛЕЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТЯМ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Как известно, поверхности многогранников ограничены плоскими фигурами. Следовательно, точки, заданные на поверхности многогранника хотя бы одной проекцией, в общем случае являются определенными точками. То же относится к поверхностям других геометрических тел, ограниченных кривыми поверхностями: цилиндра, конуса, шара и тора.

Условимся изображать видимые точки, лежащие на поверхности тела, светлыми кружками, а невидимые — зачерненными кружками (точками); видимые линии будем изображать сплошными, а невидимые — штриховыми линиями.

Пусть задана горизонтальная проекция A_1 точки A , лежащей на поверхности прямой трехгранной призмы (рис. 144, а).

Как видно из чертежа, переднее и заднее основания призмы параллельны фронтальной плоскости проекций Π_2 и проецируются на нее без искажения; нижняя боковая грань призмы параллельна горизонтальной плоскости проекций Π_1 и также проецируется без искажения. Боковые ребра призмы являются фронтально-проецирующими прямыми, поэтому на фронтальную плоскость проекций Π_2 они проецируются в виде точек.

Поскольку проекция A_1 изображена светлым кружком, то точка A — видимая и, следовательно, находится на левой боковой грани призмы. Эта грань является фронтально-проецирующей плоскостью, и фронтальная проекция A_2 точки должна совпадать

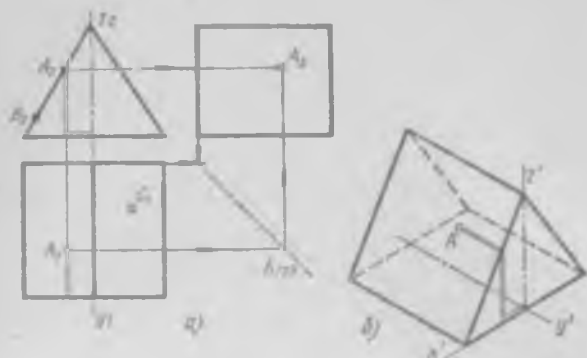


Рис. 144

с фронтальной проекцией плоскости, изобразившейся прямой линией. Проведя постоянную прямую k_{123} , находим третью проекцию A_3 точки A .

При проецировании на профильную плоскость проекций точка A будет видимой, поэтому точка A_3 изображена светлым кружком. Задание точки фронтальной проекцией B_2 является неопределенным, так как оно не определяет расстояния точки B от переднего основания пирамиды.

Построим изометрическую проекцию пирамиды и точки A (рис. 144, б). Построение удобно начать с переднего основания пирамиды. Строим треугольник основания по размерам, взятым с комплексного чертежа; по оси y' откладываем размер ребра пирамиды. Аксонометрическое изображение A' точки A строим с помощью координатной ломаной, обведенной на обоих чертежах двойной тонкой линией.

Пусть задана фронтальная проекция C_2 точки C , лежащей на поверхности правильной четырехгранной пирамиды, заданной двумя основными проекциями (рис. 145, а). Требуется построить три проекции точки C .

Из фронтальной проекции видно, что вершина пирамиды находится выше квадратного основания пирамиды. При этом условии все четыре боковые грани будут видимыми при проецировании на горизонтальную плоскость проекций Π_1 . При проецировании на фронтальную плоскость проекций Π_2 видимой будет только передняя грань пирамиды. Поскольку проекция C_2 изображена на чертеже светлым кружком, то точка C видимая и принадлежит передней грани пирамиды. Для построения горизонтальной проекции C_1 через точку C_2 проводим вспомогательную прямую D_2E_2 , параллельную линии основания пирамиды. Находим ее горизонтальную проекцию D_1E_1 и на ней точку C_1 . При наличии третьей проекции пирамиды горизонтальную проекцию точки C_1 находим более просто: найдя профильную проекцию C_3 , по двум проекциям строим третью с помощью горизонтальной и горизонтально-

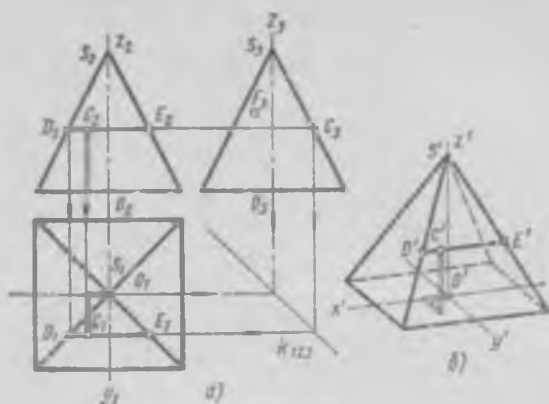


Рис. 145

вертикальной линий связи. Ход построения показан на чертеже стрелками.

Построим диметрическую прсекцию пирамиды и точки C (рис. 145, б). Строим основание пирамиды. Для этого через точку O' , взятую на оси z' , проводим оси x' и y' ; по оси x' откладываем действительные размеры основания, а по оси y' — уменьшенные вдвое. Через полученные точки проводим прямые, параллельные осям x' и y' . По оси z' откладываем высоту пирамиды. Полученную точку соединяем с точками основания, учитывая видимость ребер. Для построения точки C' пользуемся координатной ломаной, обведенной на чертежах двойной тонкой линией. Для проверки точности решения через найденную точку C' проводим прямую $D'E'$, параллельную оси x' . Ее длина должна быть равна длине прямой D_2E_2 (или D_1E_1).

Пусть задана фронтальная проекция F_2 точки F , принадлежащей боковой поверхности цилиндра вращения (рис. 146, а). Тре-

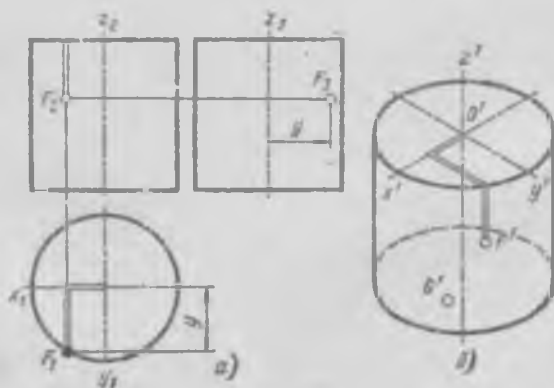


Рис. 146

буется построить три проекции точки F . Как известно, цилиндр вращения образуется путем вращения прямоугольника вокруг одной из его сторон, принимаемой за ось вращения. Противоположная сторона прямоугольника (образующая или производящая) при вращении образует боковую поверхность цилиндра, две другие стороны прямоугольника образуют верхнее и нижнее основания цилиндра, являющиеся кругами одного и того же диаметра.

Поверхность цилиндра в данном случае является горизонтально-проецирующей поверхностью, следовательно, горизонтальная проекция F_1 точки F должна совпадать с горизонтальной проекцией боковой поверхности цилиндра (с окружностью). Проекция F_2 изображена светлым кружком, значит, точка F принадлежит передней поверхности цилиндра и спроецируется на нижнюю половину окружности в точку F_1 . Третью проекцию F_3 строим с помощью ординаты y , откладывая ее размер вправо от оси z_3 .

При построении изометрического изображения удобно пользоваться видимым для нас верхним сечением цилиндра (рис. 146, б). Строим эллипс в плоскости $x'O'y'$, проводим касательные к нему прямые — видимые образующие цилиндра — и нижний полуэллипс. Точку F' находим с помощью координатной ломаной, что ясно из сравнения чертежей.

Пусть требуется построить три проекции точки G , принадлежащей поверхности конуса вращения (рис. 147, а).

Конус вращения образуется при вращении прямоугольного треугольника вокруг одного из его катетов. Гипотенуза прямоугольного треугольника является при этом образующей конуса. Верхняя точка образующей является вершиной конуса. Второй катет треугольника при вращении образует основание конуса.

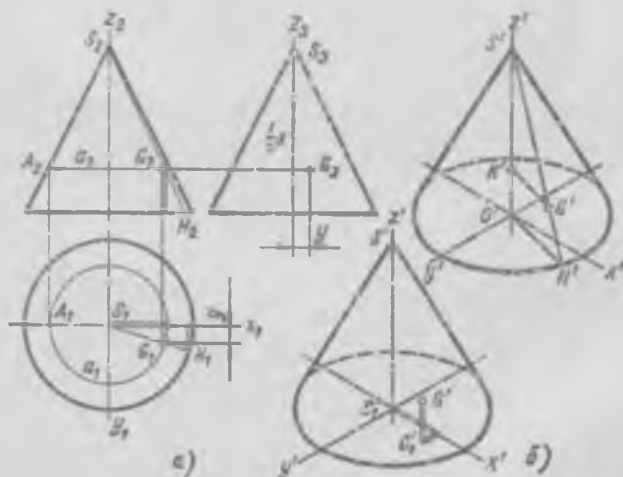


Рис. 147

Судя по чертежу, вершина конуса расположена выше основания, поэтому вся боковая поверхность конуса будет видимой при проецировании на горизонтальную плоскость проекций Π_1 . При проецировании на фронтальную плоскость проекций Π_2 видимой будет передняя половина боковой поверхности.

Фронтальная проекция G_2 задана светлым кружком, т. е. точка G принадлежит передней поверхности конуса. Горизонтальную проекцию G_1 можно построить с помощью образующей или с помощью параллели.

Рассмотрим *способ образующей*. Соединяем фронтальные проекции S_2 и G_2 прямой линией S_2H_2 . Это будет фронтальная проекция образующей SH . Находим ее горизонтальную проекцию S_1H_1 . Горизонтальную проекцию G_1 искомой точки G находим, проведя вертикальную линию связи G_2G_1 . Этот способ не дает точного результата в тех случаях, когда точка лежит вблизи передней образующей конуса. Более универсальным является другой способ — *способ параллели*. Он заключается в проведении через точку G окружности или параллели a . Ее фронтальная проекция a_2 пересекает фронтальную проекцию левой образующей в точке A_2 . Находим точку A_1 и радиусом A_1S_1 из центра S_1 проводим окружность a_1 — горизонтальную проекцию параллели a . Пересечение окружности с вертикальной линией связи определяет точку G_1 . Третью проекцию G_3 находим с помощью ординаты y так же, как в предыдущей задаче; изображаем ее зачерненным кружком, поскольку точка G при проецировании на плоскость Π_3 невидима.

При построении аксонометрического изображения при обычной «правой» системе координат точка G' окажется расположенной на невидимой в аксонометрии части поверхности конуса. Чтобы избежать этого, применим «левую» систему координат. Точку G' можно построить с помощью образующей (рис. 147, б, верхнее изображение). Построив образующую $S'H'$, откладываем на оси конуса высоту точки G . Из полученной точки K' проводим прямую, параллельную прямой $O'H'$. Ее пересечение с образующей $S'H'$ определяет точку G' . Построение выполнено в прямоугольной изометрической проекции. На нижнем чертеже точка G' построена с помощью координатной ломаной. Построение выполнено в прямоугольной изометрической проекции также в «левой» системе координат. Для проверки точности решения в этой задаче можно провести образующую $S'G'$ и ее горизонтальную проекцию S_1G_1 . Они должны пересечься в точке H' , принадлежащей проекции основания конуса. В начертательной геометрии точки S_1 и G_1 называются *вторичными проекциями* или *основаниями*.

Пусть требуется построить три проекции точки A , принадлежащей поверхности шара (рис. 148).

Шар проецируется на плоскости проекций в виде трех кругов равной величины. Экватор шара проецируется без искажения на горизонтальную плоскость проекций Π_1 ; меридианы шара проецируются без искажения на фронтальную и профильную

плоскости проекций Π_1 и Π_3 . Верхняя часть шара, включая экватор, при проецировании на горизонтальную плоскость проекций Π_1 видима. Передняя часть шара, включая фронтальный меридиан, видима при проецировании на фронтальную плоскость проекций Π_2 . Левая часть шара, включая профильный меридиан, видима при проецировании на профильную плоскость проекций Π_3 .

Фронтальная проекция A_2 задана светлым кружком, т. е. точка принадлежит передней части поверхности шара. Шар яв-

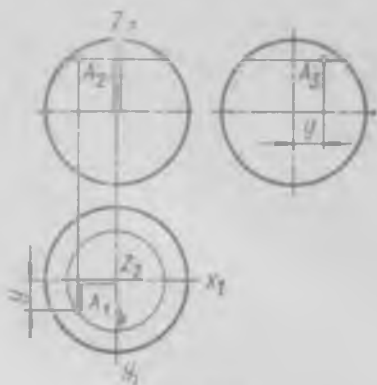


Рис. 148

ляется поверхностью вращения, поэтому для построения недостающих проекций можно использовать известный уже способ параллели. Через точку A_2 проведем прямую, которая будет являться фронтальной проекцией окружности. Найдем горизонтальную проекцию окружности и на ней горизонтальную проекцию A_1 точки A . Для нахождения третьей проекции A_3 воспользуемся ординатой y . При всех трех направлениях проецирования точка A видима для наблюдателя. Недостающие проекции можно было находить также с помощью фронтальной окружности.

В прямоугольной изометрии при построении без сокращения по осям шар изображается окружностью, диаметр которой равен $1,22d$ (рис. 149, а). Изометрическую проекцию A' точки A строим с помощью координатной ломаной. Для наглядности через точку проводим изометрическую окружность (эллипс). В прямоугольной диметрии при тех же условиях диаметр окружности, являющейся проекций шара, равен $1,06$ диаметра шара. В практике шар и детали шаровой формы нередко изображаются с применением условного выреза одной восьмой или одной четвертой части. При этом строим три взаимно перпендикулярных эллипса и про-

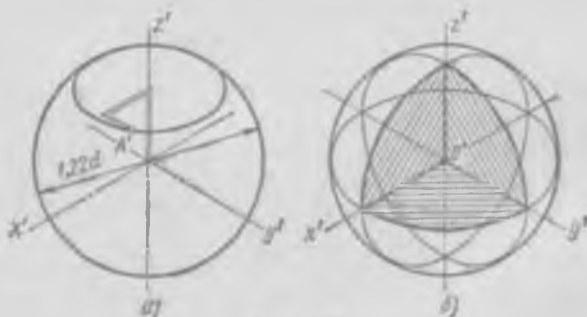


Рис. 149

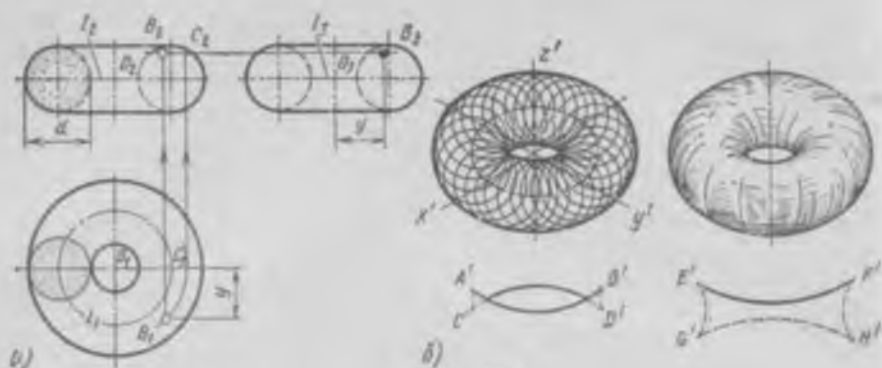


Рис. 150

водим окружность, касающуюся эллипсов в шести точках (рис. 149, б). Для изометрии радиус окружности будет равен половине большой оси эллипса, т. е. $\frac{1,22d}{2} = 0,61d$, где d — диаметр заданного шара. Плоскость выреза заштрихована линиями, параллельными диагоналям квадратов воображаемого куба. Для этого в прямоугольной изометрии откладываем по осям x' , y' и z' равные отрезки и их концы соединяем прямыми линиями. Определение угла наклона штриховки в прямоугольной с углами $7^\circ 10'$ и $41^\circ 25'$ и косоугольной (фронтальной) диметрии отличается от описанного тем, что по оси y' откладываем половину величины выбранного отрезка.

Тор (круговое кольцо) образуется при вращении окружности вокруг оси, расположенной в плоскости этой окружности, но не пересекающей ее. Иначе тор может быть образован движением шара постоянного диаметра d , центр которого перемещается по направляющей окружности l (рис. 150, а). На фронтальной и профильной проекциях часть линий тора должна быть вычерчена штриховыми линиями как невидимая для наблюдателя. Если требуется построить три проекции точки B , принадлежащей поверхности тора и заданной, например, своей горизонтальной проекцией B_1 , то опять пользуемся параллелью, часть которой проведена на чертеже. Фронтальную проекцию параллели окружности находим с помощью точек C_1 и C_2 . Фронтальную проекцию B_1 находим с помощью вертикальной линии связи, а профильную — с помощью ординаты y .

При построении тора в прямоугольных аксонометрических проекциях воспользуемся направляющей окружностью l и центром O . Построив направляющую окружность, например, в изометрической проекции (рис. 150, б), циркулем проводим значительное количество окружностей, соответствующих изометрическим проекциям шара, скользящего по направляющей (диаметр этих окружностей для «приведенных» прямоугольной изометрии

рабен $1,22d$, прямоугольной диметрии — $1,06d$). Проводим огибающие кривые, касательные к окружностям; при этом наружная кривая всегда по своей форме похожа на эллипс, а внутренняя нередко своими ветвями пересекается и образует четыре точки возврата. Внизу в увеличенном виде начерчена внутренняя кривая с точками возврата A' , B' , C' и D' . При ином соотношении радиусов направляющей окружности и образующего шара форма внутренней кривой может оказаться похожей на эллипс или приобрести форму кривой $E'F'G'H'$, показанной на чертеже.

Если ось вращения пересекает образующую окружность, то вместо кругового кольца образуется другой вид тора — круговой вал (без отверстия в середине), форма которого напоминает форму яблока. Наконец, если вращать дугу окружности вокруг замыкающей ее хорды, то в зависимости от размеров образуется поверхность, напоминающая форму веретена или форму бочки (или лимсна).

§ 50. ПОСТРОЕНИЕ РАЗВЕРТОК ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

С развертками поверхностей мы часто встречаемся в обыденной жизни, на производстве и в строительстве. Чтобы изготовить футляр для книги (рис. 151), сшить чехол для чемодана, крышку для волейбольного мяча и т. п., надо уметь строить развертки поверхности призмы, шара и других геометрических тел. *Разверткой называется фигура, полученная в результате совмещения поверхности данного тела с плоскостью.* Для одних тел развертки могут быть точными, для других — приближенными. Точные развертки имеют все многогранники (призмы, пирамиды и др.), цилиндрические и конические поверхности и некоторые другие. Приближенные развертки имеют шар, тор и другие поверхности вращения с криволинейной образующей. Первую группу поверхностей будем называть развертывающимися, вторую — неразвертывающимися.

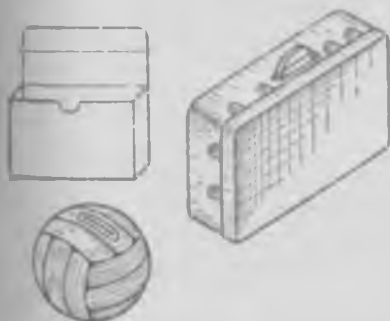


Рис. 151

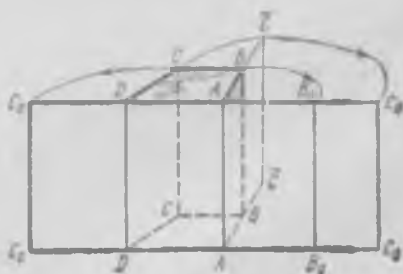


Рис. 152

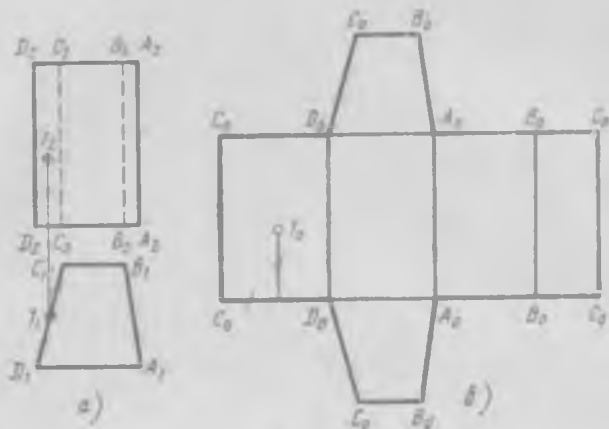


Рис. 153

При построении разверток многогранников придется находить действительную величину ребер и граней этих многогранников с помощью способов вращения или перемены плоскостей проекций. При построении приближенных разверток для неразвертывающихся поверхностей придется предварительно заменять участки последних близкими к ним по форме развертывающимися поверхностями.

Для построения развертки боковой поверхности призмы (рис. 152) считаем, что плоскость развертки совпадает с гранью $AADD$ призмы; с этой же плоскостью совмещают другие грани призмы, как это показано на рисунке. Грань $CCBB$ предварительно совмещаем с гранью $AABB$. Линии сгибов в соответствии с ГОСТ 2.303—68 проводим тонкими сплошными линиями толщиной $\frac{1}{3} + \frac{1}{2}$. Точки на развертке принято обозначать такими же буквами, как и на комплексном чертеже, но с индексами 0 (ноль).

При построении развертки прямой призмы по комплексному чертежу (рис. 153, а) высоту граней берем с фронтальной проекции, а ширину — с горизонтальной. Развертку принято строить так, чтобы к наблюдателю была обращена лицевая сторона поверхности (рис. 153, б). Это условие важно соблюдать потому, что некоторые материалы (кожа, ткани) имеют две стороны: лицевую и обратную. К одной из граней боковой поверхности пристраиваем основания призмы $ABCD$.

Если на поверхности призмы задана точка I , то на развертку ее переносим с помощью двух отрезков, помеченных на комплексном чертеже одним и двумя штрихами; первый отрезок C_1I_1 откладываем вправо от точки C_0 , а второй — вверх по вертикали (к точке I_0).

Развертку поверхности цилиндра вращения строим аналогично. Делим поверхность цилиндра на определенное количество равных

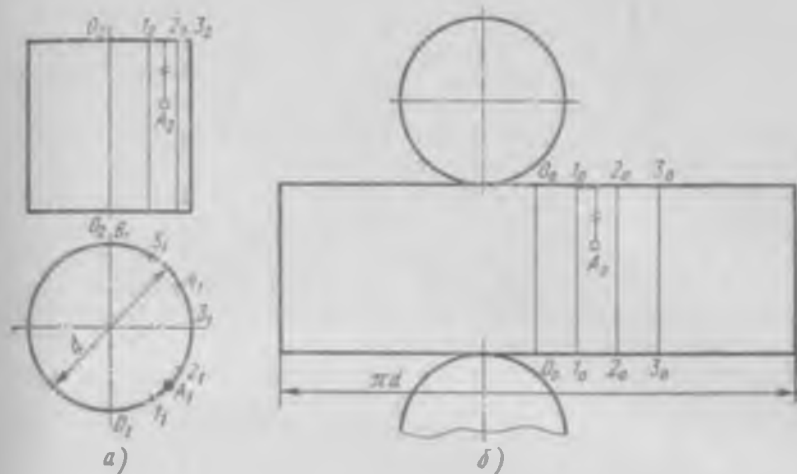


Рис. 154

частей, например на 12, и разворачиваем вписанную поверхность правильной 12-гранной призмы. Длина развертки при таком построении получается несколько меньше действительной длины развертки. Если требуется значительная точность, то применяем графоаналитический способ. Диаметр d окружности основания цилиндра (рис. 154, а) умножаем на число $\pi = 3,14$. Полученный размер используется в качестве длины развертки (рис. 154, б), а высота (ширина) берется непосредственно с чертежа. К развертке боковой поверхности пристраиваем основания цилиндра.

Если на поверхности цилиндра задана точка A , например между первой и второй образующими, то ее место на развертке находим с помощью двух отрезков: хорды, отмеченной утолщенной линией (правее точки 1_1), и отрезка, равного расстоянию точки A от верхнего основания цилиндра, помеченного на чертеже двумя штрихами.

Значительно труднее построение развертки пирамиды (рис. 155, а). Ее ребра SA и SC являются прямыми общего положения и проецируются на обе плоскости проекций с искажением. Прежде чем строить развертку, необходимо найти действительную величину каждого ребра. Величину ребра SB находим путем построения его третьей проекции, поскольку это ребро параллельно плоскости Π_3 . Ребра SA и SC поворачиваем вокруг горизонтально-проецирующей осн, проходящей через вершину S , в положение, при котором оси становятся параллельными фронтальной плоскости проекций Π_2 (таким же способом может быть найдена действительная величина ребра SB). После поворота фронтальные проекции $S_1\bar{A}_1$ и $S_1\bar{C}_1$ будут равны действительной величине ребер SA и SC . Стороны основания пирамиды, как горизонтальные прямые, без искажения проецируются на плоскость проек-

ций Π_1 . Имея три стороны каждой грани и пользуясь способом засечек, строим развертку (рис. 155, б). Построение начинаем с передней грани. На горизонтальной прямой откладываем отрезок $A_0C_0 = A_1C_1$; первую засечку делаем радиусом $A_0S_0 = \overline{A_1S_1}$, вторую — радиусом $C_0S_0 = \overline{C_1S_1}$; в пересечении засечек получаем точку S_0 . За базу принимаем сторону A_0S_0 ; из точки A_0 делаем засечку радиусом $A_0B_0 = A_1B_1$, а из точки S_0 засечку радиусом $S_0B_0 = S_1B_1$; в пересечении засечек получаем точку B_0 . Аналогично к стороне S_0C_0 пристраиваем грань $S_0B_0C_0$. В заключение, к стороне A_0C_0 пристраиваем треугольник основания $A_0C_0B_0$. Длины сторон этого треугольника можно взять непосредственно с развертки, как показано на чертеже.

Развертку конуса вращения строим так же, как и развертку пирамиды. Делим окружность основания на равные части, например на 12 (рис. 156, а), и представляем, что в конус вписана правильная 12-угольная пирамида (первые три грани показаны на чертеже). Разрезают поверхность конуса по образующей $S6$. Как известно из геометрии, развертка конуса изображается сектором круга, у которого радиус равен длине образующей конуса l . Все образующие кругового конуса равны, поэтому действительная длина образующей l равна фронтальной проекции левой (или правой) образующей. От точки S_0 (рис. 156, б) по вертикали откладываем отрезок $S_0O_0 = l$. Этим радиусом проводим дугу окружности. От точки O_0 откладываем отрезки $O_0I_0 = O_1I_1$, $I_02_0 = I_12_1$ и т. д. Отложив шесть отрезков, получаем точку 6_0 , которую соединяем с вершиной S_0 . Аналогично строим левую часть развертки; снизу пристраиваем основание конуса.

Если требуется нанести на развертку точку B , то через нее проводим образующую SB (в данном случае $S2$); эту образующую

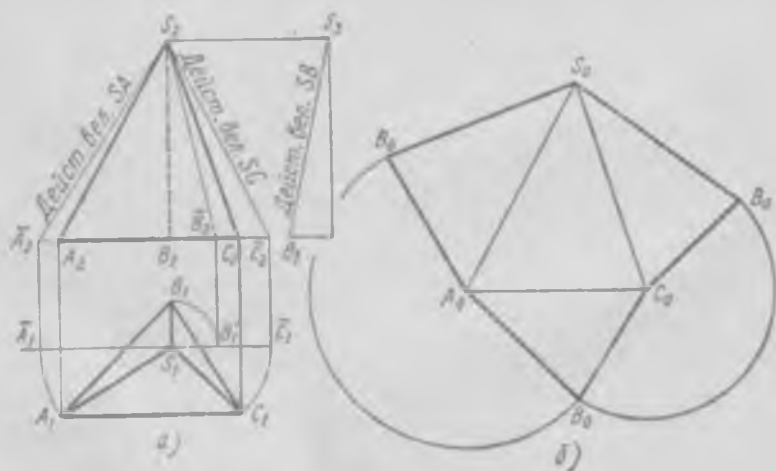


Рис. 155

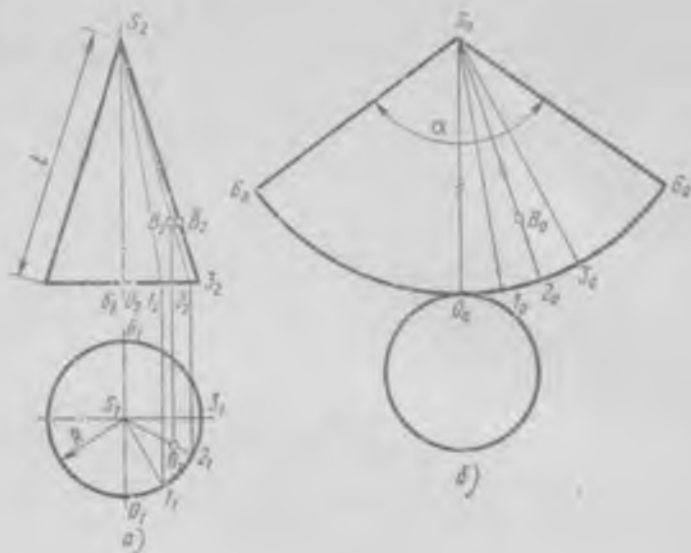


Рис. 156

наносим на развертку (S_0B_0), вращая образующую с точкой B вправо до совмещения ее с образующей S_3 (S_2B_2), находим действительное расстояние S_2B_2 и откладываем его от точки S_0 . Найденные отрезки помечены на чертежах тремя штрихами.

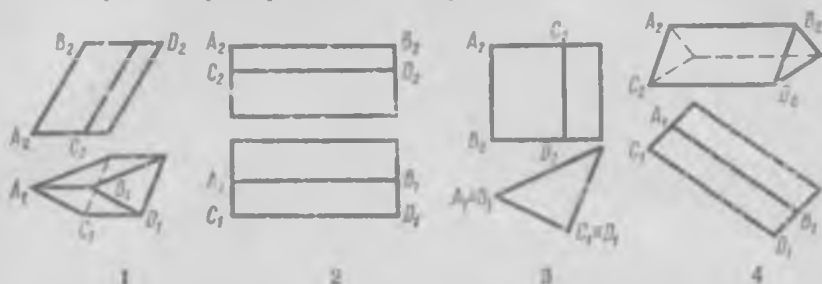
Если на развертке конуса не требуется наносить точки, то она может быть построена быстрее и точнее, поскольку известно, что угол сектора развертки $\alpha = \frac{360^\circ R}{l}$, где R — радиус окружности основания, а l — длина образующей конуса.

Развертки шара и тора будут рассмотрены в следующей главе.

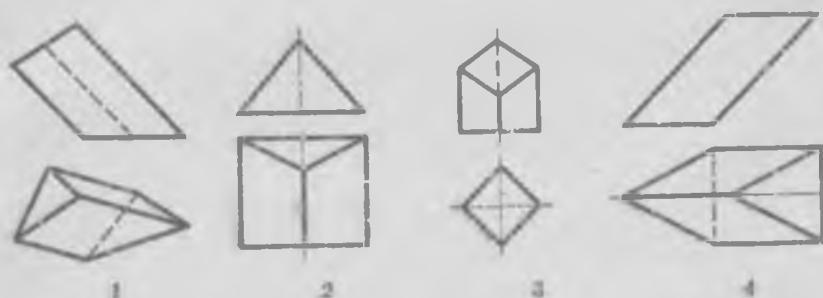
ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. На комплексном чертеже и в аксонометрии постройте проекции точки C (рис. 144).
2. Постройте недостающие проекции точки F (рис. 145).
3. По аксонометрическому изображению точки G' постройте три ее проекции (рис. 146).
4. В чем заключается способ образующей для построения недостающих проекций точек на поверхности конуса вращения?
5. В чем заключается способ параллели?
6. Постройте недостающие проекции точки L (рис. 147) с помощью образующей.
7. Как изображится шар в прямоугольной изометрии при построении с сокращениями по осям?
8. Как образуется поверхность тора? Как построить его в аксонометрии?
9. Какие поверхности имеют точную развертку, а какие — приближенную?
10. Как обводятся линии изгиб на развертках?
11. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 21, 22 и 23, 24.

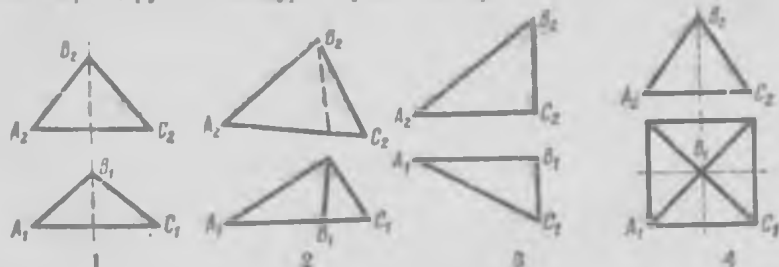
На котором чертеже расстояние между параллельными ребрами AB и CD призмы спроецировалось в натуральную величину?



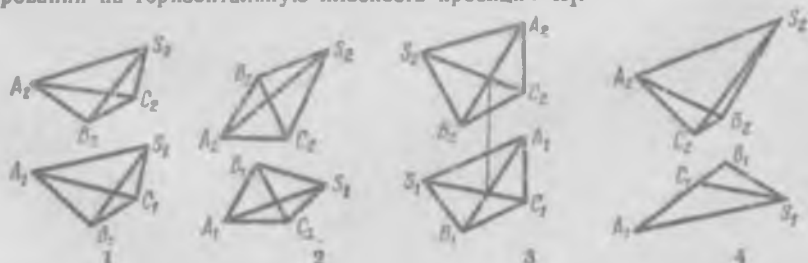
На котором чертеже изображен многогранник с параллельными гранями?



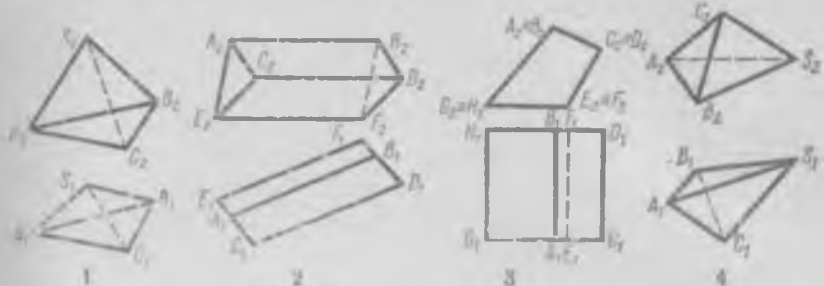
На котором чертеже угол между пересекающимися ребрами AB и BC проецируется в натуральную величину?



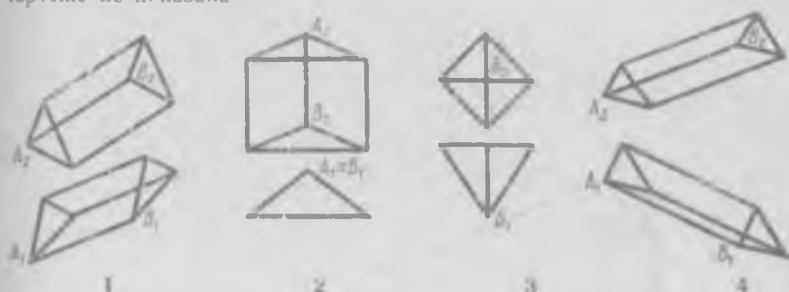
На котором чертеже ребро AB многогранника невидимо при проецировании на горизонтальную плоскость проекций Π_1 ?



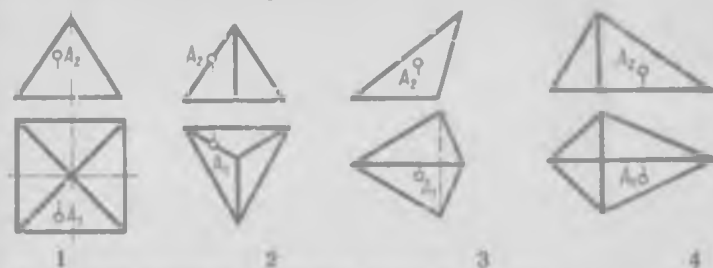
На котором чертеже видимость ребер определена ошибочно?



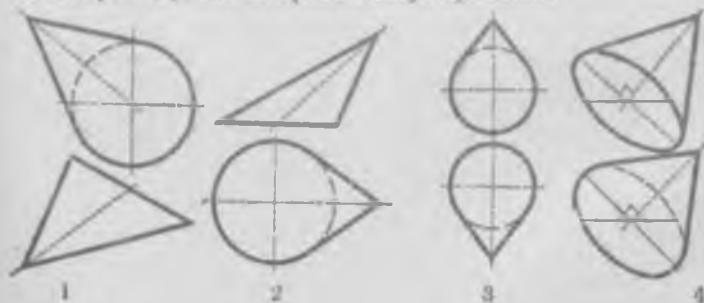
На котором чертеже вершина B многогранника невидима при проектировании на фронтальную плоскость проекций Π_1 ? Видимость ребер на чертеже не показана



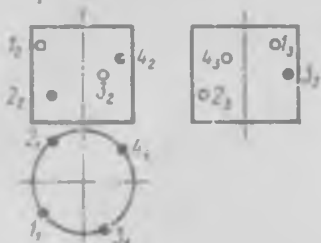
На котором чертеже ошибочно построены проекции точки A , принадлежащей поверхности пирамиды?



На котором чертеже изображен конус вращения?

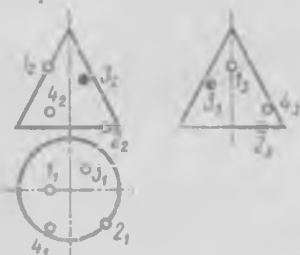


Светлыми кружками на чертеже обозначены видимые проекции точек, зачерненными — невидимые. Определить, которая из третьих проекций точек построена ошибочно.



1
2
3
4

Светлыми кружками на чертеже обозначены видимые проекции точек, зачерненными — невидимые. Определить, которая из третьих проекций точек построена ошибочно.

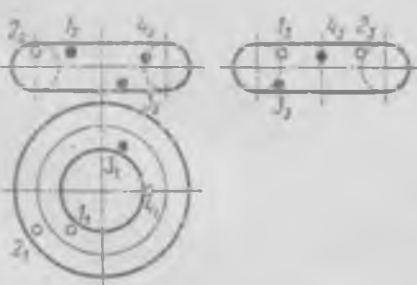


1
2
3
4

Светлыми кружками на чертеже обозначены видимые проекции точек, зачерненными — невидимые. Определить, которая из третьих проекций точек построена ошибочно.



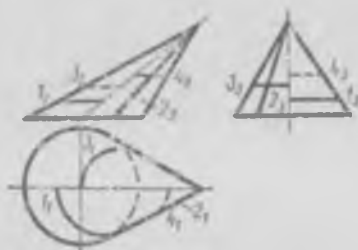
1
2
3
4



Светлыми кружками на чертеже обозначены видимые проекции точек, зачерненными — невидимые. Определить, которая из третьих проекций точек построена ошибочно.

1
2
3
4

Сплошными основными линиями на чертеже обозначены видимые пресекции линий, штриховыми — невидимые. Определить, которая из третьих проекций линий построена ошибочно.



1
2
3
4

Чему равняется длина развертки боковой поверхности прямого цилиндра вращения, если радиус основания его равен R ? Найдите ответ и отметьте его номер в перфокарте.

$$\pi R^2$$

$$2\pi R^2$$

$$\pi R$$

$$2\pi R$$

1

2

3

4

Какую форму имеет развертка боковой поверхности прямого конуса вращения с основанием, перпендикулярным к оси конуса? Найдите ответ и отметьте его номер в перфокарте.

Сектор

Треугольник

Сегмент

Прямоугольник

1

2

3

4

Какой величине равняется угол сектора развертки боковой поверхности конуса вращения, если радиус основания конуса R , а длина образующей l ? Найдите ответ и отметьте его номер в перфокарте.

$$\frac{180^\circ R}{l}$$

$$\frac{360^\circ l}{R}$$

$$\frac{360^\circ R}{l}$$

$$\frac{180^\circ l}{R}$$

1

2

3

4

ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ТЕЛ ПЛОСКОСТЯМИ

В практике часто приходится иметь дело с телами, усеченными плоскостями, и с построением разверток поверхностей этих тел. Как известно, при пересечении тел плоскостями образуются фигуры, форма которых зависит от формы тела и направления секущих поверхностей. Изображения таких фигур называются *сечениями*. Примером может служить колено водосточной или дымовой трубы. Чтобы изготовить такое колено (рис. 157, а),

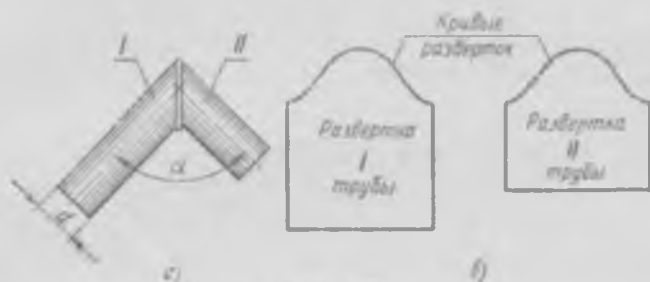


Рис. 157

из тонкой листовой стали вырезают заготовки — развертки (рис. 157, б). Эти заготовки должны быть ограничены кривыми линиями — синусоидами, форму и размеры которых определяют с помощью чертежа в зависимости от диаметра трубы d . Решая подобную практическую задачу, сталкиваются с теоретическим вопросом о пересечении поверхности цилиндра вращения проектирующей плоскостью.

При рассмотрении данной главы вопросы будут решаться комплексно. Нужно будет находить сечение, его действительную величину, строить развертку усеченной части и ее аксонометрию.

§ 51. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРИЗМЫ И ЦИЛИНДРА ПРОЕКТИРУЮЩЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ

Как известно, цилиндр можно рассматривать как призму с неограниченно большим количеством граней. Это позволяет ограничиться рассмотрением одного примера для двух названных поверхностей. Пусть требуется построить фигуру сечения для цилиндра вращения (рис. 158). Вписывают в поверхность цилиндра правильную 12-гранную призму, для чего на комплексном чертеже делят горизонтальную проекцию (окружность) на 12 равных частей и проводят фронтальные проекции образующих. Фронтальная проекция τ_2 фронтально-проектирующей плоскости τ пересекает фронтальные проекции образующих цилиндра в точках $1_1, 2_1,$

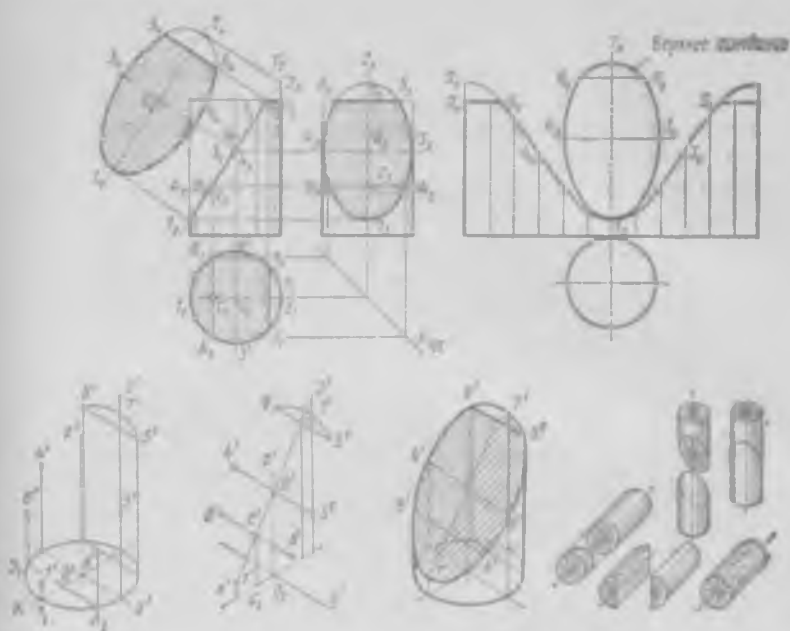


Рис. 158

3, 4 и т. д. Горизонтальные проекции этих точек совпадут с проекциями окружностей цилиндра. На двух плоскостях проекций задача решена. Так как точка 2 получилась на продолжении седьмой образующей, то дополнительно берут точки 5 и 6, лежащие в плоскости верхнего основания. При построении третьей проекции цилиндра находят, в первую очередь, третьи проекции наиболее характерных точек кривой. Такими точками являются: 1 и 2, определяющие большую ось эллипса; 3 и 4, определяющие малую ось эллипса; 5 и 6, ограничивающие кривую эллипса. Верхнюю часть эллипса с точкой 2 обводят тонкой линией или не обводят совсем. Берут ее первоначально с целью достижения наибольшей точности построения кривой. Такой прием часто применяют при построении сечений кривых поверхностей; его называют *способом полных сечений*. Отсеченную часть цилиндра обводят тонкими линиями или не обводят совсем. Видимую наблюдателю фигуру сечения и ее действительную форму условно заштриховывают под углом 45° к линии горизонта.

Построение развертки поверхности цилиндра начинают с образующей 1. Вправо и влево от нее проводят другие образующие цилиндра. Расстояния между образующими берут равными $1/12$ части длины окружности, а чаще берут их с горизонтальной проекции, заменяя длину дуги длиной хорды. К развертке боковой поверхности пристраивают нижнее основание, фигуру среза и часть верхнего основания. Действительную форму фигуры среза

определяют, пользуясь известным способом перемены плоскостей проекций.

Как указывалось, на развертках всегда показывают наружную сторону заготовки. Это важно, чтобы избежать ошибок при раскрое материалов, имеющих лицевую и обратную стороны (кожа и другие материалы).

Аксонметрическое изображение часто начинают с построения основания цилиндра. Через точки эллипса I_1, A_1, B_1 и др. проводят линии, параллельные оси z' , и на них откладывают величины $I_1I'_1, A_1A'_1, B_1B'_1$ и др., взятые с фронтальной или профильной проекции цилиндра. Полученные при этом точки $I', A', B', 3', 4'$ и др. соединяют плавной кривой линией. Точки фигуры сечения можно построить и независимо от основания цилиндра, что показано на втором чертеже. В этом случае соединяют точки I' и $2'$, из точек C_1, O_1 и др. на оси x' проводят линии, параллельные оси z' , до пересечения с линией $I'2'$. Через полученные точки C', O' и др. проводят линии, параллельные оси y' , и откладывают на них отрезки $C'A', C'B', O'3', O'4'$ и др., соответственно равные отрезкам $C_1A_1, C_1B_1, O_13_1, O_14_1$ и др., взятым с горизонтальной проекции цилиндра.

В зависимости от направления секущей плоскости цилиндр вращения может иметь три различные формы фигуры сечения: *окружность*, если секущая плоскость перпендикулярна оси цилиндра, *прямоугольник*, если секущая плоскость параллельна оси цилиндра, и *эллипс*, если секущая плоскость наклонна к оси цилиндра. В правой нижней части чертежа даны в аксонометрии иллюстрации трех возможных случаев пересечения.

§ 52. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПИРАМИДЫ И КОНУСА ПРОЕКЦИРУЮЩЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ

Пирамида. Пусть требуется построить фигуру сечения и развертку пирамиды $SABC$ (рис. 159). Фронтальный след τ секущей плоскости τ пересекает фронтальные проекции ребер в точках $1_2, 2_2$ и 3_2 . Остается найти горизонтальные проекции этих точек, соединить их и получить треугольник $1_12_13_1$. Действительную форму фигуры сечения находят способом вращения с невыявленной осью (способом плоскопараллельного перемещения). Для этого фронтальную проекцию фигуры сечения $\overline{1_22_23_2}$ располагают горизонтально, при этом сама фигура расположится параллельно горизонтальной плоскости проекций Π_1 и спроецируется в истинную величину $\overline{1_12_13_1}$.

Для построения развертки боковой поверхности пирамиды надо найти действительные длины ребер. В этой задаче длина ребра SA равна длине фронтальной проекции S_2A_2 этого ребра. Для определения длин двух других ребер их поворачивают вокруг горизонтально-проецирующей прямой, проходящей через вер-

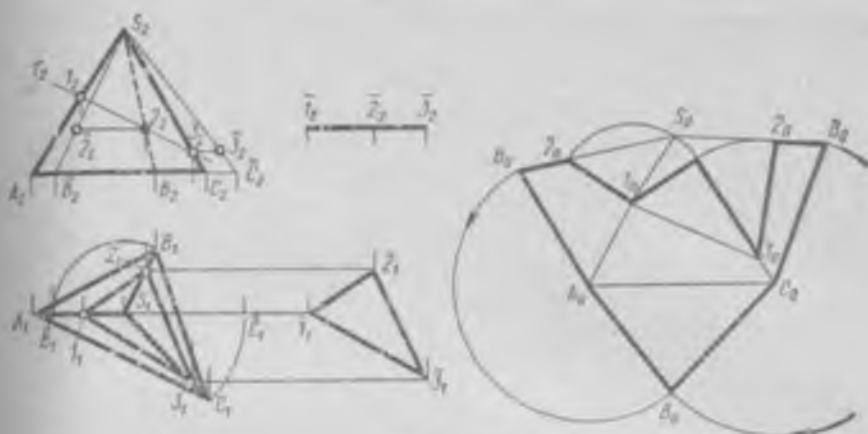


Рис. 159

шину пирамиды (не показана на чертеже) до положения, когда их горизонтальные проекции окажутся расположенными горизонтально. Ответ находят на фронтальной плоскости Π_2 в виде прямых S_2B_2 и S_2C_2 . Используя действительные длины ребер и сторон основания, способом засечек строят полную развертку пирамиды. Затем, пользуясь размерами $S_02_0 = S_22_2$ и др., на ребрах наносят точки $2_n, 1_n, 3_n, 2_n$ и обводят развертку усеченной части пирамиды. Тем же путем к развертке боковой поверхности пристраивают нижнее основание пирамиды и действительную форму фигуры сечения. Чтобы развертка боковой поверхности расположилась более или менее симметрично, полезно начинать построение со средней грани развертки, в данном случае с грани $S_0A_0C_0$.

Конус. На рис. 160 приведен рисунок макета, иллюстрирующий пересечение поверхности конуса вращения фронтально-проецирующей плоскостью τ . На фронтальной плоскости проекций Π_2 фигура сечения — эллипс — изобразится в виде прямой 1_22_2 , совпадающей с фронтальной проекцией τ_2 секущей плоскости (рис. 161). Эта прямая будет большой осью эллипса. Малая ось эллипса перпендикулярна большой и проходит через ее середину. Отрезок 1_22_2 делят пополам и получают фронтальную проекцию малой оси в виде точки 3_24_2 . Для нахождения горизонтальной проекции малой оси через нее проводят вспомогательную гори-

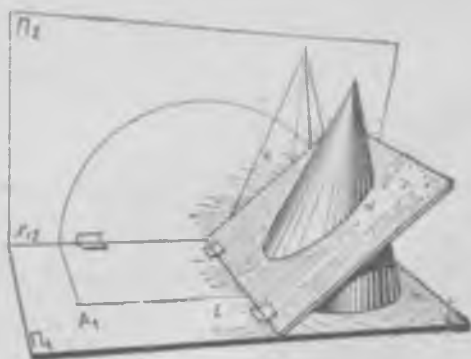


Рис. 160

горизонтальную плоскость μ , которая пересекает конус по окружности. Пересечение фронтальной проекции μ_2 с крайними образующими конуса определяет диаметр этой окружности. Правая точка пересечения $\bar{3}_2\bar{4}_2$ спроецирована на горизонтальную плоскость проекций в виде точки $\bar{3}_1\bar{4}_1$. Находят еще две характерные точки 5 и 6, в которых будет происходить касание проекций образующих к эллипсу на профильной проекции конуса. Проекции этих точек 5_3 и 6_3 находят непосредственным проецированием, после чего легко находят их горизонтальные проекции 5_1 и 6_1 . Промежуточные точки находят способом образующей (см. § 49). Так, для построения точек 7 и 8 через точку $7_2\delta_2$ проводят фронтальную проекцию S_2D_2 образующих, находят их горизонтальные проекции и на них — горизонтальные проекции 7_1 и 8_1 искомых точек. Так находят любое количество точек. Для симметричного расположения точек эллипса на горизонтальной плоскости проекций Π_1 их фронтальные проекции следует брать на равных расстояниях по обе стороны от проекции малой оси $3_2\bar{4}_2$. Действительную форму фигуры среза находят путем совмещения плоскости τ с горизонтальной плоскостью проекций Π_1 ; при этом плоскость вращается вокруг своего горизонтального следа l .

Построение развертки поверхности конуса вращения сравнительно упрощается с построением развертки поверхности неправильной пирамиды благодаря тому, что кривая линия развертки конуса известна как часть окружности с радиусом, равным длине образующей конуса (рис. 162). Для того чтобы расположить развертку симметрично, построение начинают с образующей SC ,

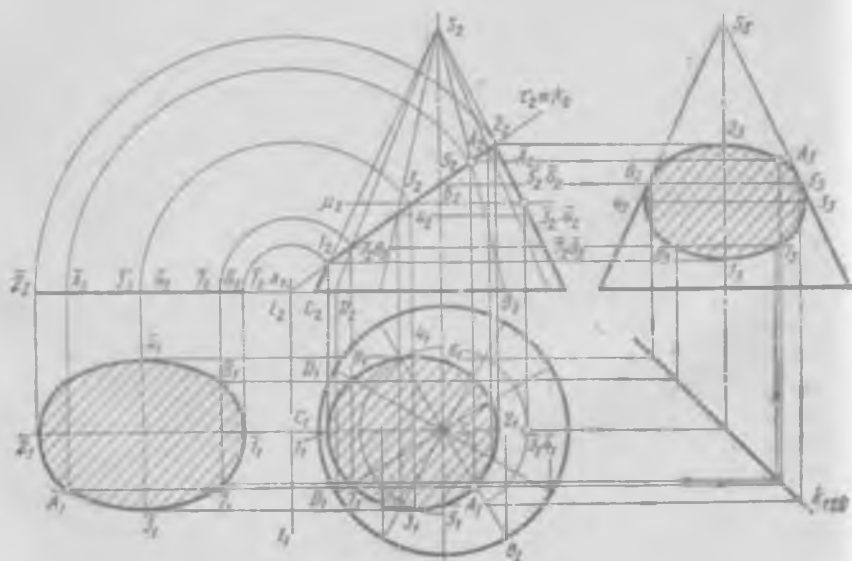


Рис. 161

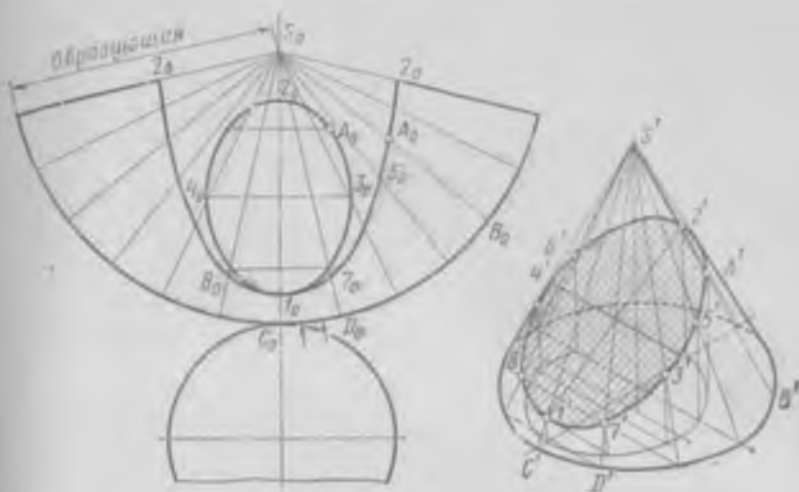


Рис. 162

откладывая ее величину на вертикальной линии S_0C_0 . От точки C_0 в обе стороны по окружности откладывают дуги, равные длине дуги C_1D_1 . Для того чтобы при замене дуг хордами увеличить точность построения, хорду C_1D_1 заменяют тремя-четырьмя малыми хордами, как показано на рис. 161 и 162.

После проведения всех образующих приступают к нанесению точек фигуры сечения. Точки 1_0 и 2_0 наносят, пользуясь отрезками S_2I_2 и S_22_2 , равными соответственно отрезкам S_0I_0 и S_02_0 . Остальные точки путем вращения предварительно выносят на фронтальную проекцию правой (или левой) образующей. Так, для построения точек 7_0 и 8_0 используют отрезок S_27_2 , равный отрезкам S_07_0 и S_08_0 . Полученные точки соединяют плавной кривой сначала от руки и затем по лекалу. К развертке боковой поверхности пристраивают фигуру сечения, ограниченную эллипсом, действительная форма которого найдена на рис. 161 способом совмещения, и основание конуса — круг.

При построении аксонометрического изображения усеченного конуса используют усеченный цилиндр, основанием которого является горизонтальная проекция фигуры сечения. При построении цилиндра не обязательно проводить нижний эллипс; достаточно использовать его точки и аппликаты, проведенные через них. Для проверки точности построения фигуры сечения можно провести образующие конуса, найдя их точки B' , C' , D' и др., принадлежащие окружности основания: образующие должны пройти через найденные ранее точки A' , I' , $7'$ и др.

В зависимости от наклона секущей плоскости для кругового конуса имеется пять различных фигур сечения (рис. 163):

1) плоскость τ , проходящая через вершину конуса, в сечении образует *треугольник*;

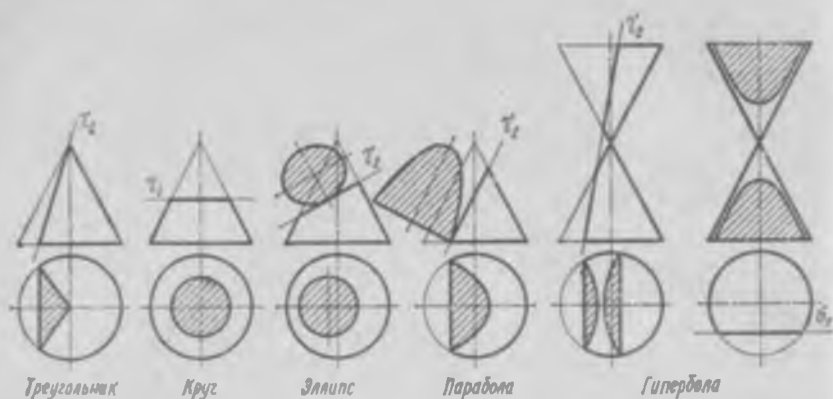


Рис. 163

2) плоскость, перпендикулярная к оси конуса, в сечении образует *круг*;

3) плоскость, наклоненная к оси конуса под углом, большим, чем угол наклона образующих конуса к оси, в сечении образует фигуру, ограниченную *эллипсом* (такая плоскость пересекает только одну полость конуса);

4) плоскость, параллельная какой-либо образующей конуса, в сечении образует фигуру, ограниченную *параболой* (на чертеже плоскость τ параллельна крайней левой образующей конуса)

5) плоскость, наклоненная к оси конуса под углом, меньшим, чем угол наклона образующих конуса к его оси, и не проходящая через вершину конуса, в сечении образует фигуру, ограниченную *гиперболой* (такая плоскость пересекает обе полости конуса).

В практике чаще используется гипербола, получающаяся в результате пересечения конуса плоскостью, параллельной его оси (последний чертеж).

§ 53. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ШАРА И ТОРА ПРОЕЦИРУЮЩЕЙ ПЛОСКОСТЬЮ

Пусть требуется построить фигуру сечения шара горизонтально-проецирующей плоскостью σ (рис. 164). Известно, что всякое сечение шара плоскостью есть окружность. В данном случае это будет окружность диаметра $1_1 2_1$. Плоскость σ наклонена по отношению к фронтальной плоскости проекций Π_1 , в связи с чем окружность спроецируется в виде эллипса. Находят малую ось эллипса $1_2 2_2$, проецируя точки 1 и 2, принадлежащие экватору шара. Центр окружности — точка C — будет находиться на середине отрезка $1-2$. Большая ось эллипса $3-4$ как линия, параллельная плоскости Π_1 , будет равна диаметру окружности $1-2$. Поэтому откладывают от точки C_1 отрезки $C_1 3_1$ и $C_1 4_1$, равные отрезкам $C_1 1_1$ или $C_1 2_1$. Точки 5_1 и 6_1 , в которых происходит

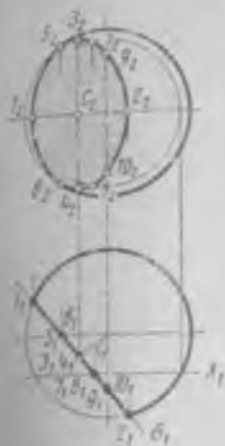


Рис. 164

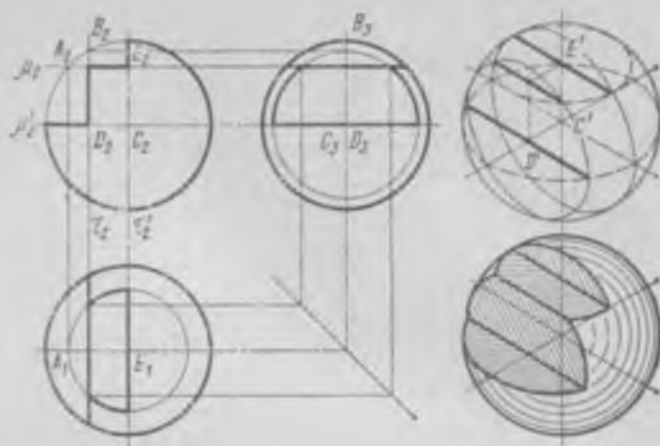


Рис. 165

касание эллипса с контуром шара, находят непосредственным проецированием, используя точки $5_1, 6_1$. Промежуточные точки 7 и 8 находят путем проведения вспомогательной фронтальной плоскости λ . Также может быть найдена любая, другая промежуточная точка. При построении боковой проекции находят характерные точки 9_3 и 10_3 , в которых эллипс будет касаться контура шара. Истинная форма фигуры сечения может быть вычерчена непосредственно, поскольку она является окружностью известного диаметра ($1_1, 2_1$).

В практике чаще приходится иметь дело с пересечением поверхности шара плоскостями, параллельными той или иной плоскости проекций. Пусть задана фронтальная проекция шара, усеченного двумя горизонтальными и двумя профильными плоскостями (рис. 165). Для построения горизонтальной проекции фигуры верхнего сечения используют фронтальную проекцию μ_2 имеющейся горизонтальной плоскости μ . Эта плоскость пересечет шар по окружности, которая проецируется на плоскость Π_1 без искажения. Построение окружности выполнено при помощи точки A_2, A_1 . Вторая горизонтальная плоскость μ' проходит через центр шара, следовательно, пересекает его по экватору. Для построения профильной проекции используют вспомогательную профильную плоскость τ , которая пересечет шар по окружности с верхней точкой B_2, B_3 . Вторая профильная плоскость τ' проходит через центр шара и пересечет его по меридиану. Построив окружности, используют ту их часть, которая определит проекции кривой при заданном сечении.

Аксонметрическую проекцию строят с помощью тех же четырех окружностей. Для наглядности профильные окружности проведены из центров C' и D' сплошными линиями, а горизонтальные окружности из центров C' и E' штриховыми линиями. Пересече-

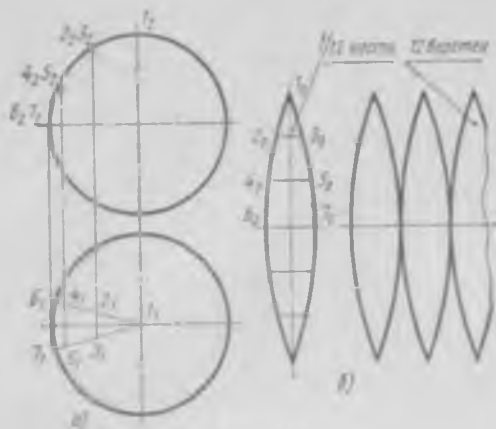


Рис. 166

ние эллипсов определит три прямые, выделенные утолщенной обводкой на первом аксонометрическом чертеже; их используют при обводке фигуры сечения.

Шар относится к геометрическим телам, поверхности которых не могут быть точно развернуты на плоскости без складок и разрывов. Можно, следовательно, говорить лишь о приближенной развертке шара. Приближенные развертки шара строят различ-

ными способами. Один из способов основан на том, что поверхность шара заменяют поверхностями большого количества полос, суживающимися к полюсам и имеющих наибольшую ширину на экваторе (рис. 166, а). На чертеже поверхность шара разделена на 12 равных частей, одна из которых изображена. Как видно, она расположена симметрично относительно фронтального меридиана. Делят фронтальную проекцию полосы на равные части и определяют длину образующих в точках деления. Очевидно, что длина образующих проецируется без искажения на плоскость Π_1 . Развертывают цилиндрическую полосу (рис. 166, б), беря вертикальные размеры с фронтальной проекции шара, а горизонтальные $2\phi_0$, $4\phi_0$ и $6\phi_0$ с горизонтальной проекции шара. Аналогично строят нижнюю часть развертки. Полученные точки соединяют плавной кривой. Вместо описанных полос могут быть использованы вписанные в шар цилиндрические полосы.

Пересечение поверхности тора можно рассмотреть на примере детали, ограниченной поверхностями двух цилиндров вращения и части кругового кольца, заключенного между ними (рис. 167). Деталь срезана двумя фронтальными плоскостями λ и λ' . Точки 1 и 2 находят непосредственным проецированием, пользуясь горизонтальными проекциями 1_1 и 2_1 этих точек; точку 3 находят, пользуясь профильной проекцией. Для нахождения промежуточных точек А и В проводят вспомогательную горизонтальную плоскость μ .

Там, где горизонтальная проекция окружности сечения пересекается с горизонтальной проекцией λ_1 плоскости λ , находят горизонтальные проекции A_1 и B_1 . Проецируя эти точки на фронтальную проекцию μ_2 плоскости μ , получают фронтальные проекции A_2 и B_2 искомых точек. Промежуточные точки С и D находят с помощью секущей плоскости μ' . Найденные точки соединяют плавной кривой линией.

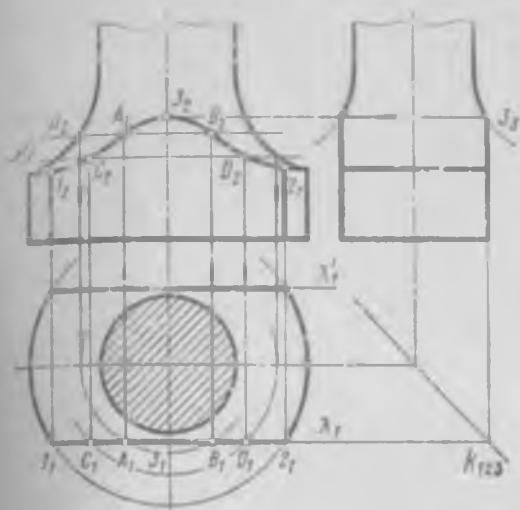


Рис. 167

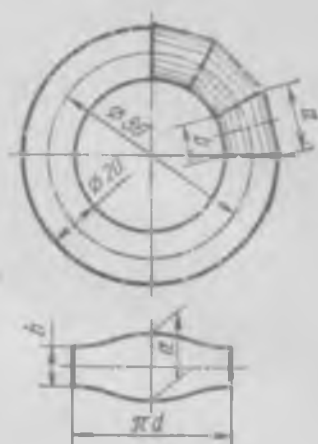


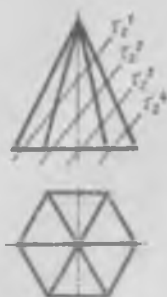
Рис. 168

Поверхность тора (рис. 168) также относится к неразвертываемым поверхностям. При построении приближенной развертки его поверхность разбивают на 12—16 частей и каждую часть рассматривают как кососрезанный цилиндр с наибольшей образующей a и наименьшей b . Развертка цилиндрической секции будет ограничена двумя прямыми b и двумя синусоидами; длина развертки будет равна πd в данном случае $3,14 \cdot 20 = 62,8$ мм. Полная развертка будет состоять из 12 таких секций.

При решении задач по этой теме будут встречаться примеры из жизни, в которых геометрические тела не будут выступать «в чистом виде», изолированно. Поверхности моделей в ряде случаев будут ограничены одновременно несколькими поверхностями. Так было, в частности, в примере на рис. 167, где две фронтальные плоскости пересекали модель, ограниченную двумя цилиндрическими поверхностями и поверхностью кругового кольца. В таких случаях до решения задачи надо проанализировать задание, т. е. решить вопрос о том, какими поверхностями ограничена данная модель, где границы той или иной поверхности, будет ли каждая из этих поверхностей пересекаться данной плоскостью. В рассмотренном примере секущие плоскости λ и λ' пересекали одну цилиндрическую поверхность и поверхность кругового кольца; вторая цилиндрическая поверхность в пересечении не участвовала.

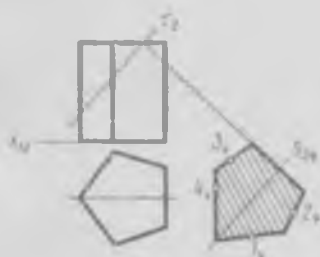
В заключение рассмотрим еще один пример (рис. 169). Требуется построить фигуру сечения или, как говорят в этом случае, фигуру «среза» на ручке отвертки. Рассматривая задание, уста-

Какая плоскость образует в сечении многоугольник с наибольшим количеством вершин?



1
2
3
4

Какая точка расположена ближе всех к наблюдателю при обратном проецировании фигуры сечения на фронтальную плоскость проекций Π_2 ?



1
2
3
4

Из скольких плоских фигур состоит полная развертка правильной пятигранной призмы? Найдите ответ и отметьте его номер в перфокарте.

Семи

Шести

Восьми

Пяти

1

2

3

4

Из скольких плоских фигур состоит полная развертка правильной шестигранной пирамиды? Найдите ответ и отметьте его номер в перфокарте.

Восьми

Шести

Пяти

Семи

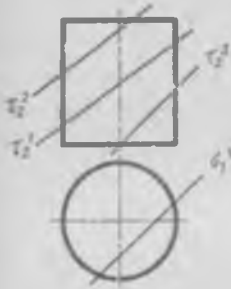
1

2

3

4

Которая плоскость образует при сечении цилиндра вращения половину симметричной кривой?



- 1
- 2
- 3
- 4

Какая форма сечения получится в том случае, если цилиндр вращения будет пересечен наклонной к его оси плоскостью и все образующие цилиндра будут участвовать в пересечении?

Окружность

Прямоугольник

Часть эллипса,
ограниченная прямой

Эллипс

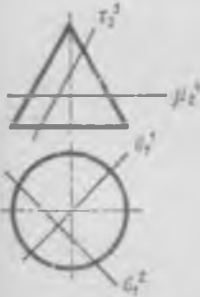
1

2

3

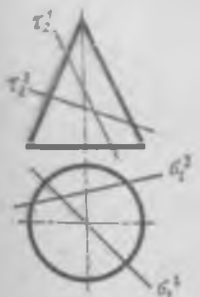
4

Которая плоскость пересекает конус вращения по гиперболе?



- 1
- 2
- 3
- 4

Которая плоскость пересекает конус вращения по параболе?



- 1
- 2
- 3
- 4

Какая форма сечения получится, если конус вращения пересечь плоскостью, пересекающей все образующие конуса?

Треугольник

Парабола

Эллипс

Гипербола

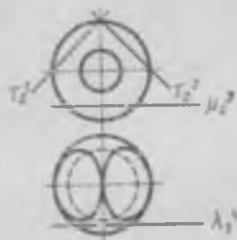
1

2

3

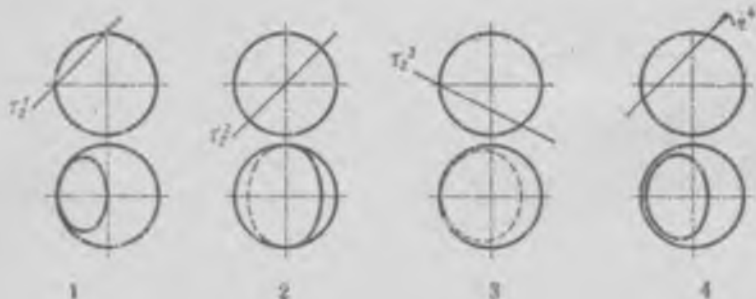
4

При пересечении которой плоскостью на чертеже шара допущена ошибка?

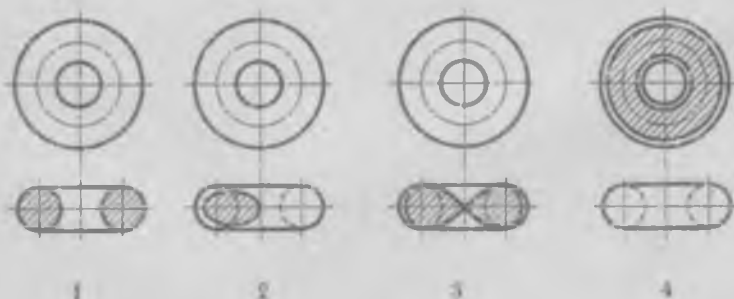


1
2
3
4

На котором чертеже пересечение шара фронтально-проецирующей плоскостью изображено неверно?



На котором чертеже выполнено сечение тора наклонной фронтально-проецирующей плоскостью? Проекции плоскостей на чертежах не указаны.



ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Приведите практические примеры на пересечение тел плоскостями.

2. Какой формы сечения бывают у цилиндра вращения?

3. Перечислите различные формы фигуры сечения конуса вращения.

4. На чем основаны приемы построения разверток для неразвертывающихся поверхностей — шара и тора?

5. Постройте развертку цилиндрической части водосточной трубы (рис. 170).

6. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 25, 26 и 27, 28

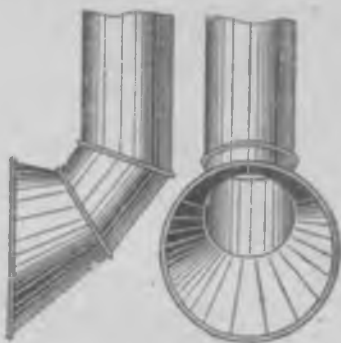


Рис. 170

Глава XIII

ВЗАИМНОЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕЛ

§ 54. ПРИЕМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Примеры взаимного пересечения различных поверхностей встречаются в технике очень часто. В цистерне для перевозки жидкостей (рис. 171, а) линия пересечения образуется при присоединении колпака к цилиндрическим барабанам котла. В шестигранной гайке (рис. 171, б) линии пересечения (гиперболы) образуются при обточке шестиугольной призмы на конус.

Для правильного составления чертежей надо уметь строить линии пересечения геометрических тел. Дело в том, что при выполнении эскизов взаимно пересекающихся поверхностей с натуры линии их пересечения, как правило, не измеряют. Замеряют лишь размеры пересекающихся тел, а линию пересечения строят непосредственно на чертеже. Знание характера линий пересечения нужно для быстрого и правильного чтения чертежей. Зная, например, форму кривых, образующихся при пересечении конуса

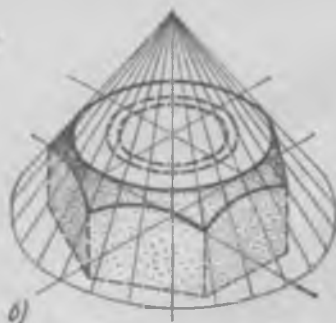


Рис. 171



Рис. 172

с другими поверхностями вращения, можно по одной данной проекции определить, что в первом случае (рис. 172, а) конический выступ пересекается с цилиндрической крышкой, во втором (рис. 172, б) — с крышкой, имеющей поверхность кругового кольца, и в третьем (рис. 172, в) — с крышкой сферической формы.

Общий прием решения задач на взаимное пересечение поверхностей сводится к тому, что обе поверхности пересекают плоскостью-посредником и находят линии пересечения обеих поверхностей с проведенной плоскостью. В пересечении этих линий между собой получают точки, принадлежащие одновременно обеим поверхностям, т. е. принадлежащие линии их пересечения. В отдельных примерах задача сводится к отысканию точек входа и выхода линий одного тела на поверхности другого. Чаще всего это встречается у многогранников. Иногда при пересечении кривых поверхностей вспомогательные секущие плоскости не образуют простых линий пересечения. В подобных случаях вместо секущих плоскостей проводят секущие цилиндрические или шаровые поверхности-посредники. При определенных условиях задания решение получается достаточно простым.

Следует также учесть, что не всегда удобно проведение проектирующих плоскостей. Иногда более простое решение получается при проведении плоскостей общего положения. Так, при пересечении конуса с другими телами бывает выгодно проводить секущие плоскости через вершины конусов, хотя бы эти плоскости и были плоскостями общего положения.

Выбрав способ решения, следует в первую очередь найти те точки, которые можно определить без проведения вспомогательных плоскостей или шаровых поверхностей. В большинстве случаев это будут крайние точки линии пересечения. Дальше находят другие опорные (характерные) точки: точки касания линий пересечения к контурным очертаниям тел, наиболее высоко расположенные точки, наиболее низко расположенные точки и т. д. После этого переходят к отысканию промежуточных точек.

§ 55. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕЛ ПРЯМЫМИ ЛИНИЯМИ

Прямая, пересекающая поверхность геометрического тела, имеет обычно с этой поверхностью две общие точки: точку входа и точку выхода. Нахождение этих точек на поверхности тел основано на проведении через заданную прямую вспомогательной

плоскости, нахождении фигуры сечения и определении точек пересечения прямой с найденной фигурой сечения. Таким образом, решение задачи основывается на рассмотренном ранее материале. Выбор вспомогательной плоскости делают с таким расчетом, чтобы получить в сечении наиболее простую фигуру: треугольник, прямоугольник, круг. Рассматриваемый в этом параграфе материал является подготовительным для изучения одного из указанных выше способов решения задач на взаимное пересечение поверхности тел.

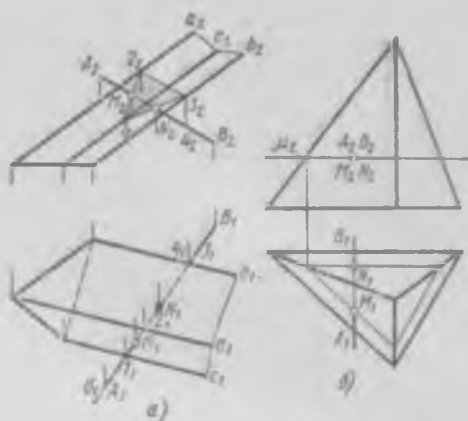


Рис. 173

Пусты требуется найти точки входа и выхода прямой AB на поверхности наклонной призмы (рис. 173, а). Через прямую AB проводят вспомогательную секущую плоскость σ . Она пересекает ребра призмы в точках 1, 2 и 3, причем горизонтальные проекции 1₁, 2₁ и 3₁ обнаруживаются сразу же после проведения горизонтальной проекции σ_1 плоскости σ . Построив фронтальную проекцию 1₂, 2₂, 3₂ фигуры сечения, находят фронтальные проекции точки входа M_2 и точки выхода N_2 . Используя вертикальные линии связи, находят горизонтальные проекции M_1 и N_1 искомых точек. Обводку проекций делают с учетом видимости прямой при проецировании на ту или другую плоскость. Так, при проецировании на плоскость Π_1 оказывается невидимым участок прямой от точки выхода N до точки 4 ($N_1 4_1$). Проекция участка MN , находящегося внутри тела, обводят тонкой сплошной линией.

При пересечении фронтально-проецирующей прямой AB с поверхностью пирамиды (рис. 173, б) задачу решают путем проведения вспомогательной горизонтальной плоскости μ . Она пересекает пирамиду по треугольнику, подобному основанию; пересечение горизонтальной проекции треугольника с горизонтальной проекцией $A_1 B_1$ прямой выявляет горизонтальные проекции M_1 и N_1 точек входа и выхода. Фронтальные проекции M_2 и N_2 этих точек находят на фронтальной проекции μ_2 плоскости; они совпадают с фронтальной проекцией $A_2 B_2$ прямой AB . Аналогично решаются задачи на пересечение фронтально-проецирующей или горизонтальной прямой с поверхностью конуса или шара.

При пересечении фронтально-проецирующей прямой AB с поверхностью пирамиды (рис. 173, б) задачу решают путем проведения вспомогательной горизонтальной плоскости μ . Она пересекает пирамиду по треугольнику, подобному основанию; пересечение горизонтальной проекции треугольника с горизонтальной проекцией $A_1 B_1$ прямой выявляет горизонтальные проекции M_1 и N_1 точек входа и выхода. Фронтальные проекции M_2 и N_2 этих точек находят на фронтальной проекции μ_2 плоскости; они совпадают с фронтальной проекцией $A_2 B_2$ прямой AB . Аналогично решаются задачи на пересечение фронтально-проецирующей или горизонтальной прямой с поверхностью конуса или шара.

§ 56. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ МНОГОГРАННИКОВ

Две призмы. На рис. 174 рассмотрен пример построения линий пересечения двух трехгранных призм — ABC и DEF . Вершины треугольников оснований обозначены прописными буквами. Эти

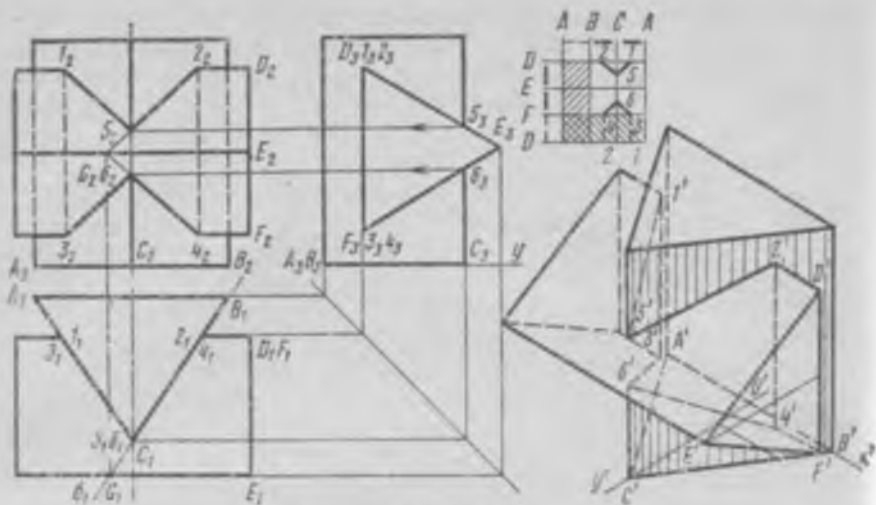


Рис. 174

же буквы условно служат обозначением ребер призмы. Для решения задачи находят точки входа и выхода ребер одной призмы на гранях другой и, наоборот, ребер второй призмы на гранях первой. Выясняют, какие ребра не участвуют в пересечении. Очевидно, в пересечении не участвуют ребра A и B вертикально расположенной призмы и ребро E горизонтально расположенной призмы. В пересечении участвуют три ребра: D , F и C . Каждое ребро имеет точку входа и выхода. Следовательно, всего в этом примере надо найти шесть точек и соединить их прямыми в соответствующем порядке.

Нахождение точек входа и выхода понятно из чертежа. Из горизонтальной проекции ясно, что ребро D пересекает грань AC в точке 1 (точка входа) и грань BC — в точке 2 (точка выхода). В таком же порядке получают точки 3 и 4 на ребре F . Точки 5 и 6 на ребре C легко находят на профильной проекции, откуда их проецируют на фронтальную плоскость проекций. Точки 2, 4, 5, 6 иначе могут быть найдены путем проведения вспомогательной секущей плоскости σ через грань BC . Горизонтальный след σ_1 этой плоскости обозначен на чертеже. Плоскость σ рассекает горизонтально расположенную призму по треугольнику 2—4— G . Построив фронтальную проекцию $2_14_1G_1$ этого треугольника, находят точки 5_1 и 6_1 .

Сначала соединяют точки, лежащие на левой грани AC вертикальной призмы. Это будут точки 5, 1, 3 и 6. Затем переходят к грани BC той же вертикальной призмы и соединяют точки 6 и 4, 4 и 2 и 2 и 5. Получают замкнутую ломаную линию пересечения. Отрезки 1—3 и 2—4 этой линии невидимые, так как они лежат на задней невидимой грани DF горизонтально расположенной

призмы. Невидимые линии вычерчивают штриховыми. Для того чтобы не допустить ошибок при соединении точек, следят за порядком их соединения как по горизонтальной, так и по профильной проекциям призм, в частности, наблюдают за тем, чтобы линия пересечения призм всегда находилась на их поверхности, а не проходила бы внутри одной из призм.

Советский ученый проф. Д. Г. Ананов в своем курсе начертательной геометрии предложил способ контроля правильности соединения точек. Его способ, основанный на построении схематических разверток пересекающихся тел, приведен на рис. 174 вверху. Ребра одной призмы расположены вертикально, ребра другой — горизонтально, в результате получаются как бы две развертки, наложенные одна на другую. На эти развертки наносят точки, принадлежащие линии пересечения. Точку 1 наносят на ребро D горизонтальной призмы посередине между ребрами C и A вертикальной призмы, точку 2 — на ребро D посередине между ребрами B и C и т. д. Так как ребро D на развертке встречается 2 раза, то и точки 1, 2 повторяют. Видимые грани слева и сверху обозначают сплошными линиями, невидимые — штриховыми. Для большей наглядности невидимые грани AB и FD на развертках заштрихованы.

При соединении точек придерживаются двух условия: 1) соединяют точки, лежащие на сторонах одного квадрата; 2) видимыми считают те линии, которые лежат одновременно на видимых гранях обоих пересекающихся тел. Линия $5-1$, например, лежит на видимых гранях DE и CA и потому она видимая; линия $1-3$ лежит на видимой грани CA , но на невидимой FD и потому она невидимая. То же подтверждается наложенной на развертках штриховкой. Также упрощенно строят график при пересечении призмы с пирамидой, двух пирамид. Этот способ не применим, если в пересечении наряду с гранями участвуют также основания призм или пирамид.

Изометрическую проекцию строят с основания $A'B'C'$ вертикальной призмы. Сторону $A'B'$ откладывают по оси x' . Середину стороны $A'B'$ — точку O принимают за начало координат. Проводят ось y' и откладывают на ней высоту треугольника $B'A'C'$. Получают точку C' и основание вертикальной призмы. Строят грань $B'C'$ и на ней линию $2'4'$. На ребро C' наносят точки $5'$ и $6'$. Таким образом, на грани $B'C'$ получают линии пересечения $2'5'$ и $4'6'$. Из точек $2'$ и $4'$ проводят линии, параллельные оси y' , и откладывают отрезки $2'D'$ и $4'F'$, соответственно равные отрезкам 2_1D_1 и 4_1F_1 . Из середины линии $D'F'$ проводят линию, параллельную оси y_1 , и на ней откладывают высоту треугольника $D'F'E'$. Получают точку E' и переднее основание горизонтальной призмы и т. д. Изображение построено в «левой» системе координат (см. рис. 147).

Пирамида и призма (рис. 175). Верхняя грань призмы μ при продолжении пересекает пирамиду по четырехугольнику, подоб-

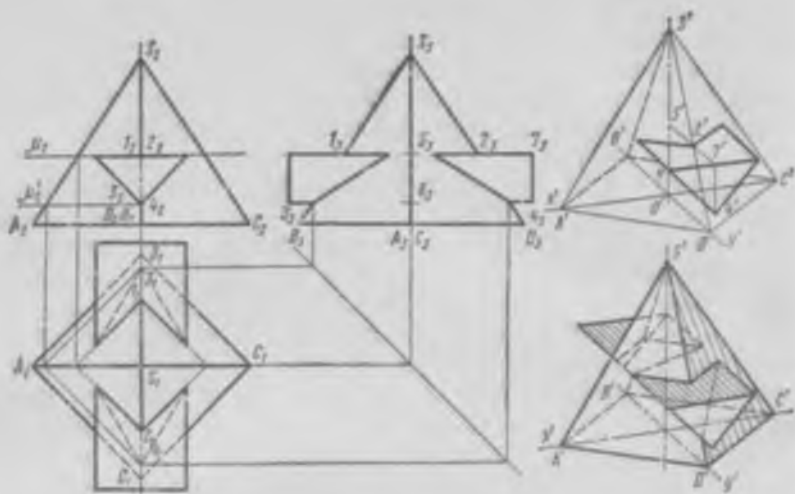


Рис. 175

ному основанию пирамиды, в данном случае по квадрату. Большая часть сторон квадрата является линиями пересечения пирамиды с верхней гранью призмы. Точки 1 и 2 являются точками входа ребер SB и SD пирамиды на поверхности призмы. Точки выхода 3 и 4 этих ребер находят с помощью второй секущей плоскости μ' , фронтальный след μ'_2 которой проводят через нижнее ребро призмы. В сечении пирамиды вновь появляется квадрат. На горизонтальной проекции показана его левая половина, определяющая точки выхода 3 и 4. При наличии третьей проекции плоскость μ' можно не проводить, а точки 3 и 4 найти путем проецирования с профильной плоскости проекций.

В результате появляются две отдельные замкнутые линии пересечения. Прямоугольную диметрическую проекцию тел строят, начиная с пирамиды. На ее высоте $S'O'$ откладывают точки 5' и 6', взятые с профильной проекции. Они определяют высоту расположения верхней грани и нижнего ребра призмы. Через эти точки проводят линии, параллельные оси y' . Через точку 7' проводят линию, параллельную оси x' , что дает возможность построить переднее основание призмы и линии ее пересечения с пирамидой.

§ 57. ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

Два цилиндра. На рис. 176 приведен случай пересечения двух цилиндров под прямым углом. Горизонтальные проекции линий пересечения совпадают с контуром вертикально расположенного цилиндра. Пересечение фронтальных проекций образующих линий цилиндров определяют точки 1₂, 2₂, 3₂ и 4₂. С помощью гори-

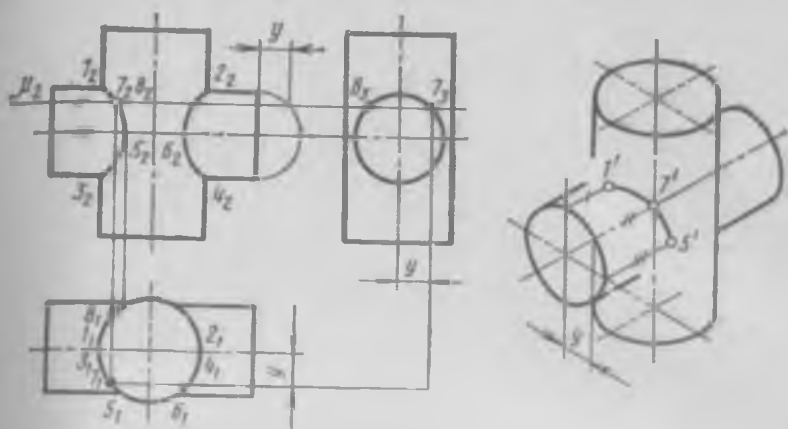


Рис. 176

горизонтальных проекций 5_1 и 6_1 находят фронтальные проекции 5_2 и 6_2 передних точек линий пересечения. Для нахождения промежуточных точек проводят горизонтальную плоскость μ . Эта плоскость пересечет вертикальный цилиндр по окружности, горизонтальная проекция которой совпадает с контуром этого цилиндра. Горизонтально расположенный цилиндр пересечется с плоскостью μ по образующим, которые удобнее найти с помощью третьей проекции (точки $7_3, 8_3$). При отсутствии третьей проекции пользуются вспомогательной полуокружностью плоскости Π_2 . Она позволяет определить расстояние y от образующих до оси цилиндра. Получив горизонтальную проекцию 7_1 , находят ее фронтальную проекцию 7_2 на фронтальной проекции μ_2 плоскости-посредника μ . Задачу решают путем проведения ряда таких плоскостей.

Линию пересечения в изометрической проекции строят с помощью одного из оснований цилиндров, в данном случае с помощью левого основания горизонтального цилиндра. От соответствующих точек этого основания по образующим откладывают величины, взятые с фронтальной или горизонтальной проекций цилиндра. Таким путем на чертеже построены точки $1', 7', 5'$ и обведена четвертая часть передней (левой) линии пересечения; другие точки линии пересечения находятся аналогично; задняя (правая) линия пересечения в этом примере будет невидимой.

Призма и шар (рис. 177). Эту задачу решают путем проведения параллельных фронтальных плоскостей. Сначала находят характерные точки. Левая грань призмы как плоскость рассекает шар по окружности. Эта окружность спроецируется на фронтальную плоскость проекций в виде эллипса. Находят малую и большую оси эллипса. Точку 1 находят непосредственно по горизонтальной проекции, а точку 2 — после проведения плоскости σ через левую грань призмы. Для нахождения большой оси 3—4

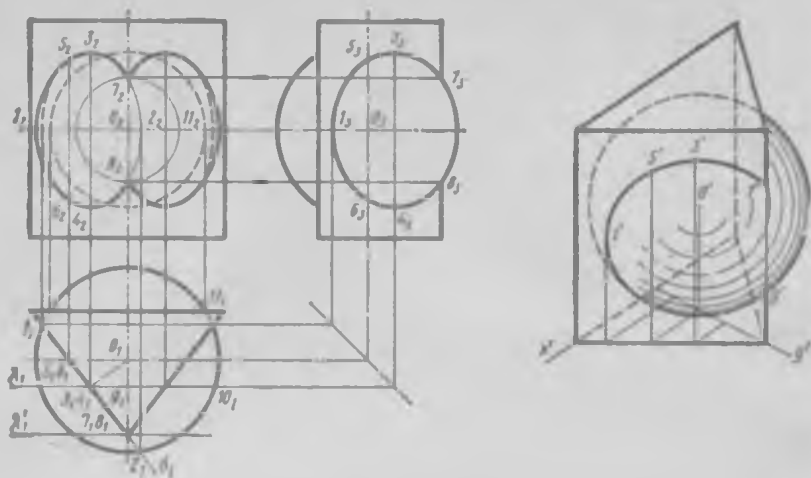


Рис. 177

эллипса опускают перпендикуляр на плоскость σ из центра шара O . Точки $3, 4_1$ есть горизонтальная проекция большой оси. Ее фронтальную проекцию находят с помощью фронтальной плоскости λ . Плоскость λ пересечет шар по окружности радиуса $9, 10_1$. Этим радиусом из центра шара O_2 делают засечки для получения точек 3_2 и 4_2 . Иначе точки 3_2 и 4_2 можно найти, откладывая от малой оси эллипса 1_2-2_2 вверх и вниз отрезки, равные $1_1 3_1$ или $2_1 3_1$. Очень важно найти точки 5_2 и 6_2 , в которых эллипс касается контура шара. В этих точках видимая часть эллипса переходит в невидимую. Точки находят легко, поскольку они лежат на большой окружности, параллельной плоскости Π_2 . Точки 7 и 8 находят с помощью фронтальной плоскости λ' или путем непосредственного проецирования с профильной проекции (см. точки 7_3 и 8_3). С помощью фронтальных плоскостей находят любое количество промежуточных точек. На чертеже получились две отдельные замкнутые линии пересечения: линия, состоящая из двух неполных эллипсов, и невидимая линия в виде окружности, построенной радиусом $O_2 11_2$.

Порядок построения изометрической проекции такой же, как и в случае пересечения двух призм. Строят нижнее основание призмы, затем левую грань призмы, на ней наносят линию пересечения $7' 3' 5' 1'$ и т. д. Строят центр шара O' и радиусом, равным $1, 22$ радиуса шара, проводят его контур. Далее достраивают призму и обводят чертеж с учетом видимости отдельных частей призмы и шара. Невидимые линии пересечения часто не строят.

Конус и цилиндр. На рис. 178, а изображен шар, пересекающийся с различными поверхностями вращения: конусом, цилиндром и круговым кольцом. Центр шара при этом лежит на осях поверхностей вращения. Через точки пересечения 1_2 и 2_2 контуров

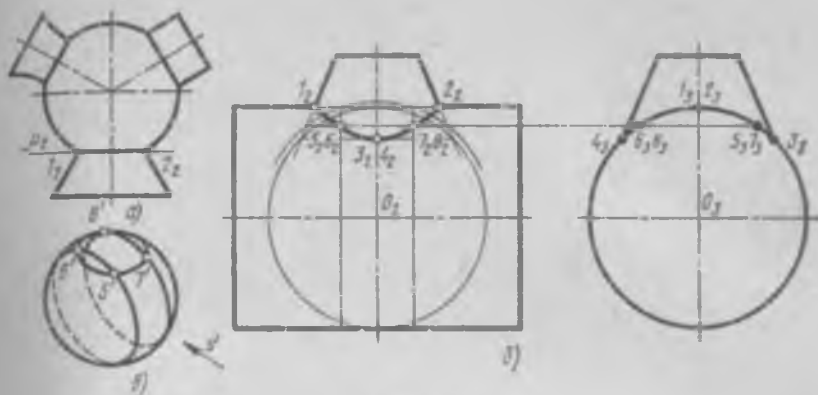


Рис. 178

конуса и шара проводят горизонтальную плоскость μ . Она пересечет конус по окружности диаметра $1_2 2_2$; шар также пересечется по окружности диаметра $1_2 2_2$; следовательно, эта окружность будет являться линией пересечения шара с конусом. Такое же рассуждение можно применить к цилиндру и любой другой поверхности вращения. Главное удобство при этом состоит в том, что окружность проецируется в виде прямой. Итак, шар, центр которого находится на оси поверхности вращения, пересекается с ней по окружности.

Доказанное положение может быть использовано, в частности, при построении линии пересечения конуса и цилиндра способом секущих сферических поверхностей.

Этот способ применим при следующих условиях:

- 1) обе пересекающиеся поверхности должны быть поверхностями вращения;
- 2) оси заданных поверхностей вращения должны пересекаться между собой; точка их пересечения будет центром секущих сферических поверхностей;
- 3) оси поверхностей вращения должны быть расположены параллельно какой-либо плоскости проекций.

Если оси пересекающихся поверхностей не параллельны плоскости, то можно воспользоваться методом вращения. Для этого нужно повернуть обе поверхности так, чтобы оси их стали параллельными плоскости проекций, построить линию пересечения и обратным вращением перенести ее на свое место. Для решения можно применить способ перемены плоскостей проекций.

При построении линии пересечения цилиндра и конуса, оси которых пересекаются в точке O (рис. 178, б), прежде всего отмечают фронтальные проекции 1_2 и 2_2 крайних левой и правой точек линии пересечения; затем находят фронтальные проекции 3_2 и 4_2 нижних точек кривой. Для их определения из центра O_2 проводят окружность, являющуюся фронтальной проекцией

сферы, вписанной в цилиндр. Касание сферы к цилиндру произойдет по окружности, фронтальная проекция которой изобразится прямой, проходящей через точку O_3 . С конусом сфера пересечется по окружности, параллельной основанию конуса. Фронтальная проекция этой окружности спроецируется в прямую, перпендикулярную к первой прямой; их пересечение определит фронтальные проекции $3_2, 4_2$ искомых точек. При наличии профильной проекции точки 3_2 и 4_2 могут быть получены непосредственным проецированием с использованием точек 3_3 и 4_3 .

Для построения промежуточных точек $5, 6$ и $7, 8$ проводят концентрическую сферическую поверхность несколько большего диаметра. Эта сферическая поверхность пересекает конус по окружности несколько меньшего диаметра, а цилиндр — по двум окружностям равных диаметров. Все три окружности проецируются на фронтальную плоскость проекций Π_2 в виде прямых, пересечение которых определяет фронтальные проекции $5_2, 6_2$ и $7_2, 8_2$ промежуточных точек $5, 6, 7$ и 8 . Для наглядности на рис. 178, в показан шар с тремя окружностями, лежащими на его поверхности. Так как направление проецирования s перпендикулярно к фронтальной плоскости, то точки 5 и $6, 7$ и 8 проецируются на нее, попарно сливаясь.

Построение горизонтальной проекции линии пересечения не вызывает затруднений, поскольку имеются фронтальные и профильные проекции точек. При отсутствии профильной проекции горизонтальные проекции точек находят также достаточно легко в связи с тем, что точки лежат на окружностях, которые проецируются на горизонтальную плоскость проекций Π_1 без искажения. Заметим, что фронтальная проекция кривой пересечения может быть построена при отсутствии двух других проекций пересекающихся поверхностей.

Другой особенностью способа секущих поверхностей является то, что при его применении требуется повышенная точность построений; окружности, изображающие сферические поверхности, приходится проводить на очень близком расстоянии друг от друга; это является недостатком способа.

Когда оси цилиндра и конуса не пересекаются между собой (рис. 179), то задачу решают с помощью секущих параллельных плоскостей.

В приведенном примере проводят горизонтальные плоскости μ, μ', μ'' и др., не обозначенные на чертеже. Такие плоскости пересекают конус по окружностям, а цилиндр — по прямоугольникам. Как окружности, так и прямоугольники проецируются на горизонтальную плоскость проекций без искажения. Пересечение линий этих фигур между собой позволяет определить точки, принадлежащие линии пересечения поверхностей.

При решении в первую очередь определяют опорные точки. 1 и 2 на левой образующей конуса, 3 и 4 на верхней образующей цилиндра, 5 и 6 на правой образующей цилиндра (являются по-

следними видимыми точками кривой при проецировании на плоскость Π_1), 7 и 8 на нижней образующей цилиндра. Точки 3 и 4 находят, проводя плоскость μ , касательную к цилиндру. Эта плоскость пересекает правую образующую конуса в точке А. Найдя проекции A_2 и A_1 , из центра S_1 проводят окружность радиусом S_1A_1 , которая пересечет горизонтальную проекцию верхней образующей цилиндра в точках 3_1 и 4_1 . Для получения точек 5 и 6 используют окружность радиуса S_1B_1 и т. д. Промежуточные вспомогательные плоскости целесообразно проводить симметрично по отношению к оси цилиндра, при этом точки 9, 10 и 11, 12 находят на одной вертикальной линии связи. Около точек 5 и 6, где линия пересечения резко меняет кривизну, следует найти дополнительные точки.

Другие поверхности. При решении задач на пересечение поверхностей вращения следует иметь в виду теорему Г. Монжа о поверхностях второго порядка.

Поверхностями вращения второго порядка являются такие поверхности, которые пересекаются прямой линией максимально в двух точках. К ним относятся шар, цилиндр вращения, конус вращения, эллипсоид вращения и др.

Если две поверхности вращения второго порядка вписаны или описаны вокруг третьей поверхности того же порядка, то они пересекаются по плоским кривым. Так будет при пересечении двух цилиндров одинакового диаметра (рис. 180, а). Цилиндры описаны вокруг шара. Линиями пересечения будут два эллипса АВ и CD, которые пересекутся между собой в точках К и L, являющихся точками пересечения окружностей касания EF и GH. То же будет при пересечении цилиндра с конусом, если они касаются одного и того же шара (рис. 180, б). Подобное пересечение цилиндра с конусом встречается в вентиляционных устройствах, например в вентиляционных насадках (вверху чертежа).

При определенном задании плоские кривые получаются при пересечении двух конусов, двух эллипсоидов вращения, цилиндра и эллипсоида и т. д. Количество примеров может быть увеличено

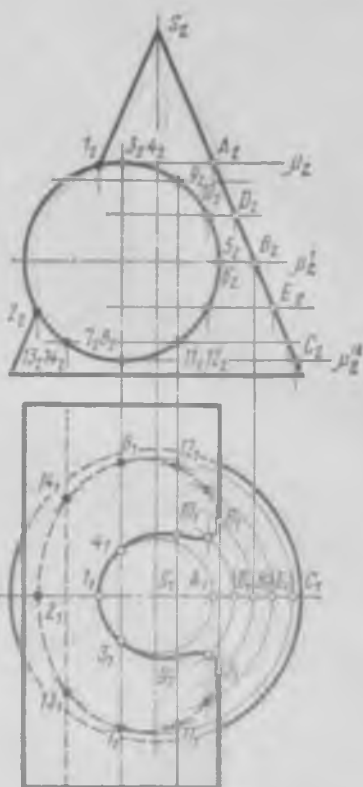


Рис. 179

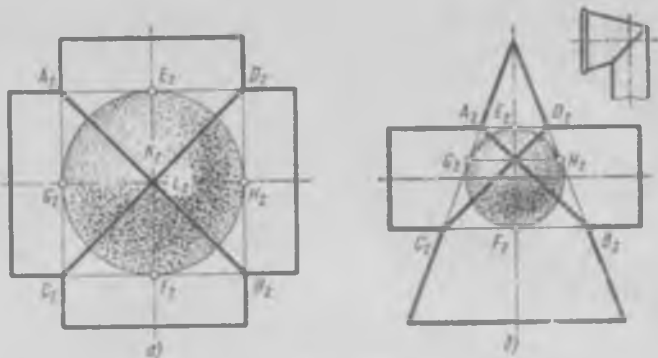


Рис. 180

за счет задания различных углов между осями пересекающихся тел (рис. 181, а) и за счет разновидностей поверхностей (рис. 181, б), где показаны цилиндрические выступы на стержне, имеющем эллиптическое сечение. Последние поверхности описаны вокруг эллипсоида вращения.

В заключение следует рассмотреть случай пересечения конуса с круговым кольцом, встречающийся в крышках подшипников и в других деталях (рис. 182). Через ось вращения O кругового кольца проводят фронтально-проецирующую плоскость τ . Она пересечет кольцо по окружности диаметра A_2B_2 . Эту окружность считают находящейся на шаре, центр которого O_2 расположен на оси конуса. Прямая C_2O_2 — касательная к направляющей окружности кольца в точке C_2 . Шар пересекает конус по окружности DE . Пересечение окружностей AB и DE определяет первые две точки (переднюю и заднюю). Проводят секущую плоскость τ' , находят центр шара O_2 на оси конуса и две точки на фронтальной проекции τ'_2 плоскости τ' . Как видно, этот способ очень похож на способ секущих шаровых поверхностей. Разница в том, что центр

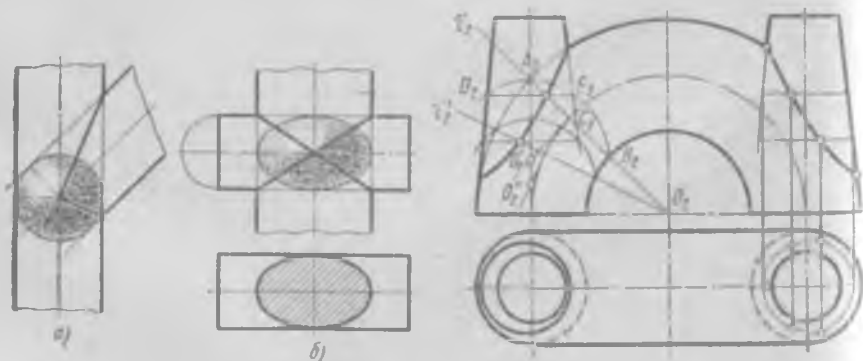


Рис 181

Рис 182

секущих шаровых поверхностей здесь не находится в одной точке, а скользит по оси конуса. В связи с этим такое построение можно назвать *способом скользящих шаров*, или способом эксцентрических сфер. Горизонтальная проекция кривой пересечения найдена при помощи окружностей конуса, что ясно из правой части чертежа.

§ 58. СОПРЯЖЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Сопряжением поверхностей называется плавный переход одной поверхности в другую. Так, если взять цилиндр и шар одинакового диаметра (рис. 183) и центр шара расположить на оси цилиндра, то получится плавный переход цилиндрической поверхности в шаровую. Цилиндр от шара будет отделяться окружностью AB . Эту окружность называют *линией разграничения*. Ее фронтальную проекцию A_2B_2 на чертеже не изображают; горизонтальная проекция A_1B_1 сливается с контуром детали.

На чертеже скобы (рис. 184) линиями разграничения являются прямые AB и CD ; линия AB отделяет одну цилиндрическую поверхность от другой, а линия CD — плоскость от цилиндрической поверхности. Горизонтальную проекцию A_1B_1 линии разграничения AB и профильную проекцию C_3D_3 линии разграничения CD показывают на чертеже (последняя совпала с профильной проекцией горизонтальной плоскости). Проекцию линии разграничения проводят на той плоскости проекций, перпендикулярно которой через линию разграничения можно провести общую касательную плоскость к обеим сопрягаемым поверхностям (плоскость σ).

Если расчленить деталь, состоящую из двух цилиндров и двух частей кругового кольца (рис. 185, а), то будет ясно, что только через линию разграничения между частями кругового кольца можно провести общую касательную плоскость μ , перпендикулярную к фронтальной плоскости проекций. Следовательно, проекцию линии разграничения следует показать на фронтальной плоскости проекций (рис. 185, б). На рис. 185, в такой единой ка-

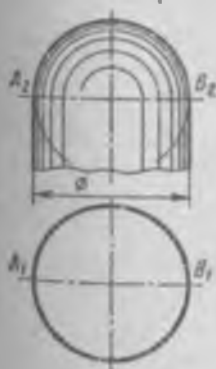


Рис. 183

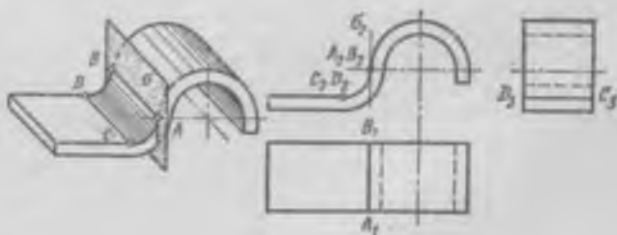


Рис. 184

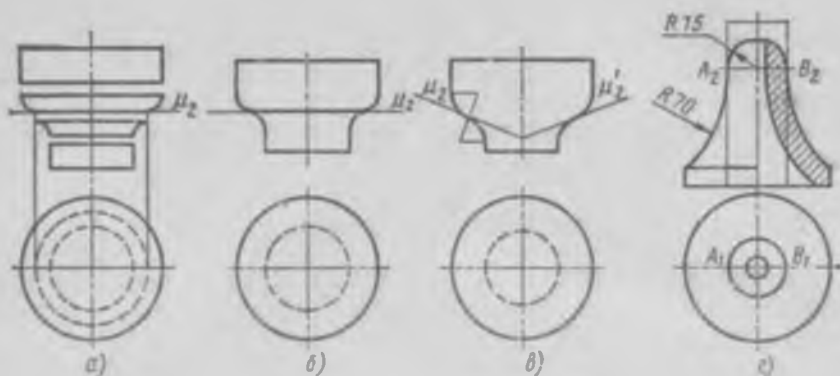


Рис. 185

сательной плоскости провести нельзя, следовательно, нельзя проводить и проекцию линии разграничения.

На рис. 185, г поверхность полушара радиуса 15 мм сопрягается с частью поверхности кругового кольца радиуса 70 мм. К этим поверхностям можно провести общую касательную цилиндрическую поверхность, перпендикулярную к горизонтальной плоскости проекций. На горизонтальной плоскости, следовательно, нужно провести проекцию линии разграничения в виде окружности A_1B_1 .

Проекция линии разграничения выполняется только на той плоскости проекций, перпендикулярно которой через линию разграничения можно провести общую касательную поверхность (плоскость) к обеим сопрягаемым поверхностям.

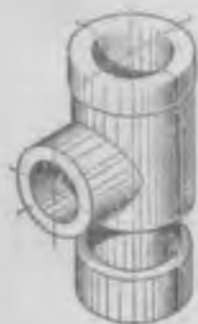
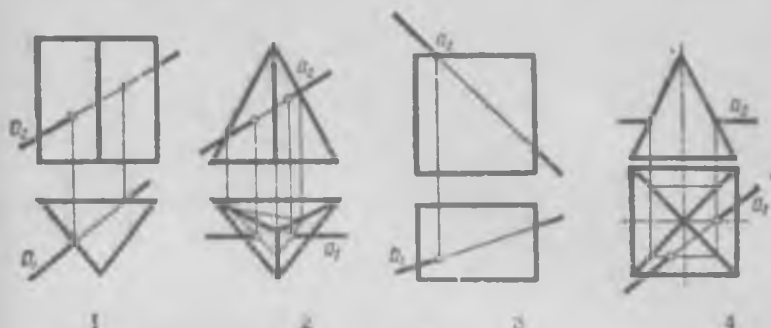


Рис. 186

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Приведите технические примеры на взаимное пересечение геометрических тел.
2. В чем заключается общий прием решения задач на взаимное пересечение поверхностей?
3. В каком случае выполняются на чертежах линии разграничения?
4. Постройте линию пересечения двух цилиндров на аксонометрическом изображении по рис. 176.
5. Постройте линию пересечения двух цилиндров на комплексном чертеже тройника по рис. 186. Размеры тройника увеличьте вдвое.
5. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 29, 30.

На котором чертеже неправильно найдена точка пересечения прямой a с поверхностью многогранника?



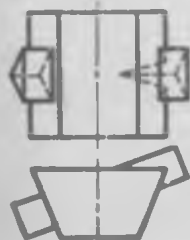
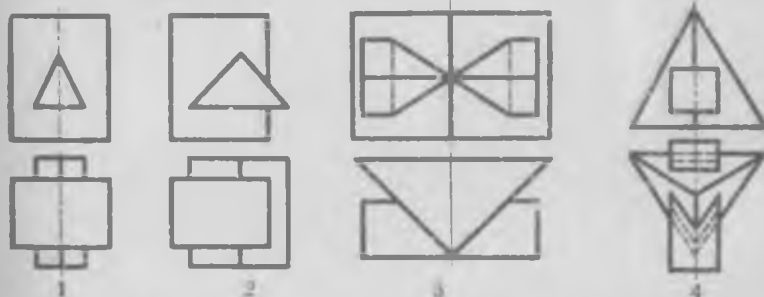
С помощью какой секущей плоскости следует решать задачу на пересечение фронтальной прямой с поверхностью шара?



Общего положения
Горизонтальной
Фронтальной
Профильной

1
2
3
4

На котором чертеже изображены многогранники, пересекающиеся по одной замкнутой линии?

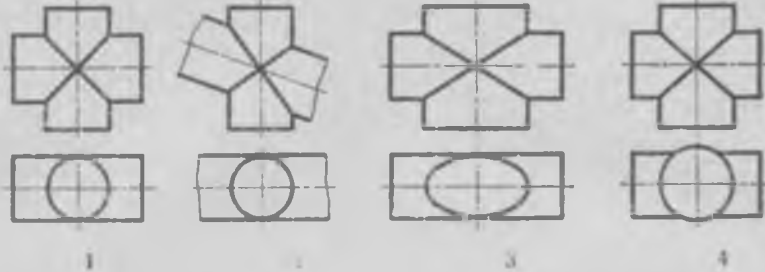


Сколько отдельных участков линий взаимного пересечения призм будет невидимо при проецировании на плоскость Π_2 ?

Четыре
Шесть
Два
Пять

1
2
3
4

При решении которой задачи ошибочно применена теорема Г. Монжа о пересечении поверхностей второго порядка по плоским кривым?

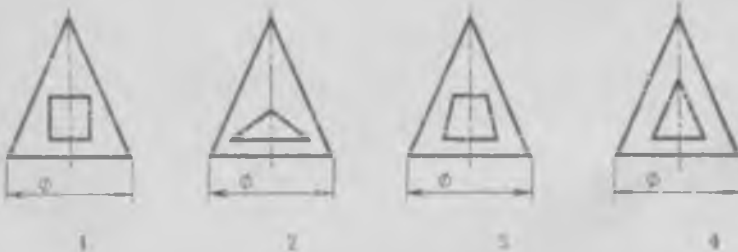


По каким плоским кривым пересекаются между собой поверхности полуцилиндров, образующих крестовый свод?



- | | |
|----------------|---|
| По окружностям | 1 |
| По гиперболам | 2 |
| По эллипсам | 3 |
| По параболам | 4 |

На котором чертеже линии пересечения конуса с фронтально-проецирующей призмой состоят из частей гипербол и окружностей?



Какая кривая поверхность изображена на чертеже?



- | | |
|-----------------|---|
| Цилиндронд | 1 |
| Кононд | 2 |
| Косая плоскость | 3 |
| Гиперболоид | 4 |

ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

§ 59. КОМПЛЕКСНЫЕ ЧЕРТЕЖИ УЧЕБНЫХ МОДЕЛЕЙ

Закончив изучение отдельных геометрических тел, перейдем к рассмотрению учебных моделей, являющихся соединением различных геометрических тел. Построение комплексных чертежей таких моделей позволит приобрести навыки, необходимые для составления чертежей деталей и сборочных единиц.

В каждом кабинете черчения имеются подобные модели, изготовленные из дерева, пластмассы или металла. Получив модель, учащийся должен ознакомиться с ее формой, решить, в каком положении ее удобнее начертить и обмерить модель. Допустим, что учащийся получил модель, изображенную на рис. 187, а. Рассматривая ее, он установил, что модель состоит из призматической части, плавно переходящей в цилиндрическую, в верхней части модели имеется паз, а в нижней — сквозное цилиндрическое отверстие. Составление комплексного чертежа модели учащийся должен начать с проведения оси симметрии, являющейся фронтальной проекцией χ_2 профильной плоскости χ (рис. 187, б). Затем намечается положение оси i и центровых линий отверстия. Из центра i_2 вычерчивают окружность и дугу радиуса R . Отложив размер a , получают возможность провести прямые, касательные к окружности радиуса R , и, таким образом, построить основной контур модели. Построение контура паза не вызывает затруднений. Построив проекции модели, на них наносят размеры, полученные при ее обмере.

Построение проекций модели плоскогранной формы (рис. 188) начинают с контуров проекций, являющихся прямоугольниками. Затем проводят прямые, устанавливающие толщину стенок угольника, и, наконец, изображают ребра. Фронтальные проекции ребер этой модели изображаются одинаково, несмотря на их различие. Модель несимметрична, поэтому осей симметрии в этом примере нет.

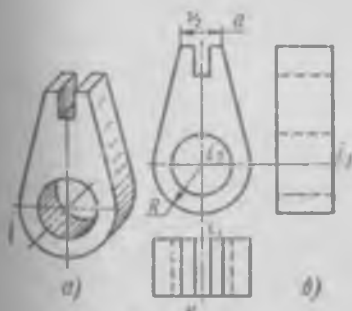


Рис. 187

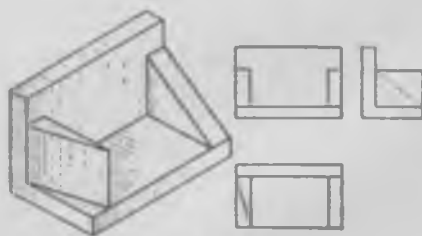


Рис. 188

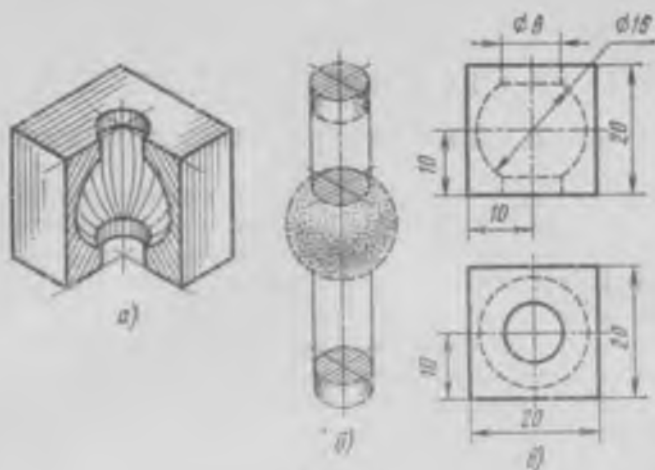


Рис. 189

Получив задание, надо мысленно проанализировать форму модели и установить, из каких геометрических тел она состоит. Так, рассматривая модель (рис. 189, а), устанавливают, что ее основной формой является куб, внутри которого имеется полость сложной формы, состоящая из двух цилиндров и средней сферической части (рис. 189, б). Уяснив форму модели, строят ее комплексный чертеж и наносят размеры (рис. 189, в).

§ 60. ПОСТРОЕНИЕ ТРЕТЬИХ ПРОЕКЦИЙ ПО ДВУМ ДАННЫМ

В практической работе нередко приходится строить дополнительные виды, т. е. к имеющимся проекциям добавлять новые. Так поступают, например, при детализовании сборочных чертежей (см. § 105). Построение недостающих видов — очень полезная работа; она способствует развитию пространственных представлений, учит понимать чертежи при минимальном количестве видов. Особенно полезны упражнения на построение недостающих видов в учебной работе.

Ниже приводятся указания о том, как приступать к построению третьих проекций и преодолевать возникающие при этом трудности.

При построении третьих проекций возникают трудности двух родов. В первом случае мы понимаем, какими поверхностями ограничена модель. Затруднения возникают лишь при построении третьих проекций отдельных точек и линий вследствие сложности конфигурации модели. Особенно часто такие затруднения возникают в примерах на взаимное пересечение тел. Для преодоления трудностей этого рода рекомендуется вводить обозначения точек на проекциях моделей. Такие обозначения вводят временно; после выполнения построений обозначения стирают.

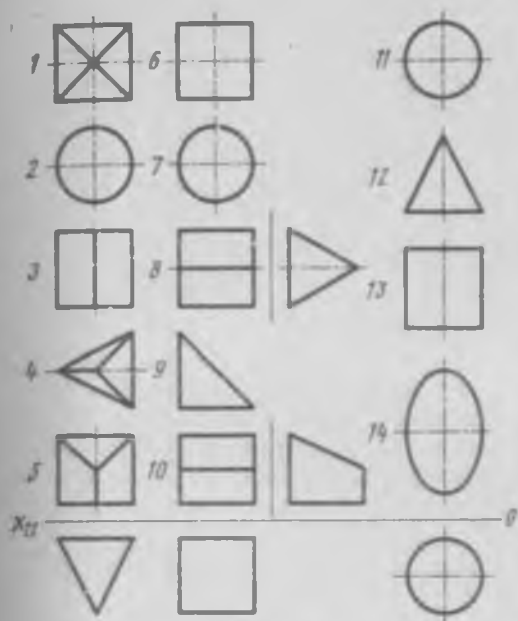


Рис. 190

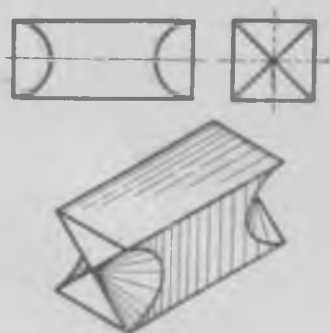


Рис. 191

Во втором случае, при сравнительно простых формах моделей, мы затрудняемся построить третьи проекции, так как по двум проекциям не представляем форму модели, не понимаем, какими поверхностями она ограни-

чена. В этом случае достаточно указания о том, какие поверхности фигурируют в задании, и мы свободно изобразим третью проекцию.

Для выяснения формы модели *две заданные проекции следует рассматривать одновременно*. Неодновременное рассмотрение проекций часто является причиной затруднения. Увидя, например, на горизонтальной плоскости проекций треугольник, мы решаем, что имеем дело с проекцией конуса. Рассматривая дальше другие элементы поверхности, мы забываем, что еще не установили окончательно, с проекцией какой поверхности имеем дело, а принимаем свое предположение за истину.

Если сделанное предположение не приводит к удовлетворительному результату, надо отбросить его и искать новое решение. Полезно при этом иметь в виду, каким поверхностям соответствуют наиболее часто встречающиеся на плоскостях проекций элементы: треугольник, прямоугольник, круг. На рис. 190 приведены некоторые из этих поверхностей. Так в виде треугольника могут проектироваться: четырехгранная пирамида 1, конус 2, трехгранная призма 3, трехгранная пирамида 4, усеченная трехгранная призма 5 и др. Прямоугольнику могут соответствовать: четырехгранная призма 6 (куб), цилиндр 7, трехгранные призмы 8, 9 различного вида в различных положениях, другие модели 10, ограниченные плоскостями или цилиндрическими поверхностями. Кругу соответствуют: шар 11, конус 12, цилиндр 13 и другие тела вращения 14.

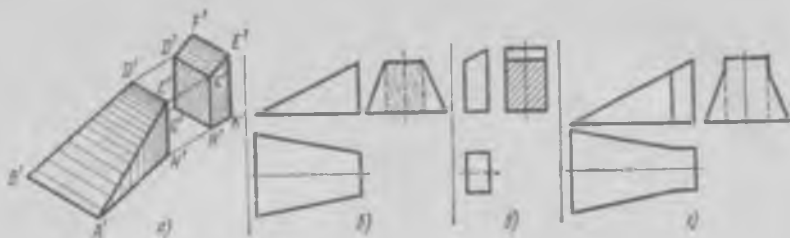


Рис. 192

При решении задач на построение третьих проекций необходимо определять исходные формы моделей. На рис. 191 приведены две проекции модели, исходной формой которой, судя по заданию, является четырехугольная призма с квадратным основанием. На фронтальной проекции изображены полуокружности, а на боковой — наклонные прямые. Вспомним какие геометрические поверхности имеют проекции в виде окружности и наклонных прямых. Такой поверхностью может являться конус. Итак, модель имеет конические выточки, показанные более наглядно на аксонометрическом изображении.

Расчленение модели показано на рис. 192, а в изометрической проекции. Построение третьей проекции призм не вызовет затруднений, если расчленить модель на два геометрических тела. Построив третьи проекции призм (рис. 192, б и в), складывают их заштрихованными гранями вместе, тем самым получая данные для построения третьей проекции модели. В полученном изображении две линии $C'D'$ и $G'H'$, по которым происходит присоединение частей моделей, являются лишними. Другие две линии присоединения $C'H'$ и $D'G'$ сохраняют, так как они являются линиями пересечения граней модели. Удаляя лишние линии и учитывая видимость на третьей проекции, получают изображение в окончательном виде (рис. 192, г). Разумеется, что расчленение модели делается мысленно, или, во всяком случае, на одном чертеже.

§ 61. ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРЕЗОВ И СЕЧЕНИЙ

Построение проекций пустотелых моделей без разрезов связано с вычерчиванием ряда невидимых элементов модели штриховыми линиями. Значительно нагляднее изображение получают в том случае, когда штриховые линии заменяют контурными. Этого достигают путем применения разрезов, с которыми учащиеся познакомились еще в школе.

Разрезом называют изображение предмета, мысленно рассеченного одной или несколькими плоскостями с показом того, что получается в секущей плоскости и что расположено за ней. Разрезы модели, изображенную на рис. 193, а, плоскостью λ , считают, что передняя видимая половина модели отброшена (рис. 193, б).

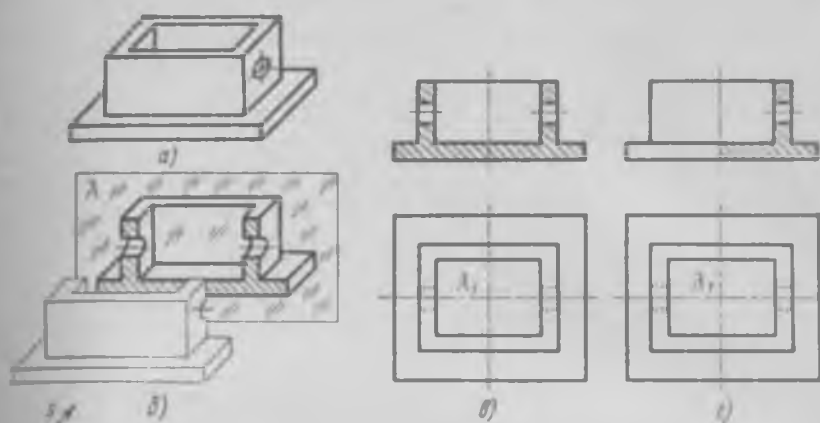


Рис. 193

а изображается вторая половина модели, находящаяся за секущей плоскостью (рис. 193, в). Части модели, попавшие в плоскость разреза, заштрихованы. Подобный разрез называется *фронтальным*, поскольку он получен с помощью фронтальной плоскости λ .

Рассматриваемая модель симметрична, поэтому есть возможность применить на чертеже соединение половины вида с половиной разреза (рис. 193, г). Левая половина изображения в этом случае представляет собой наружный вид модели. Разделом между половиной вида и половиной разреза служит штрихпунктирная линия — ось симметрии. Штриховые линии невидимых элементов модели на наружном виде не проводят.

Внутренняя часть поршня (рис. 194, а) представляет собой полость цилиндрической формы, кроме того, внутри имеются приливы конической формы со сквозными цилиндрическими отвер-

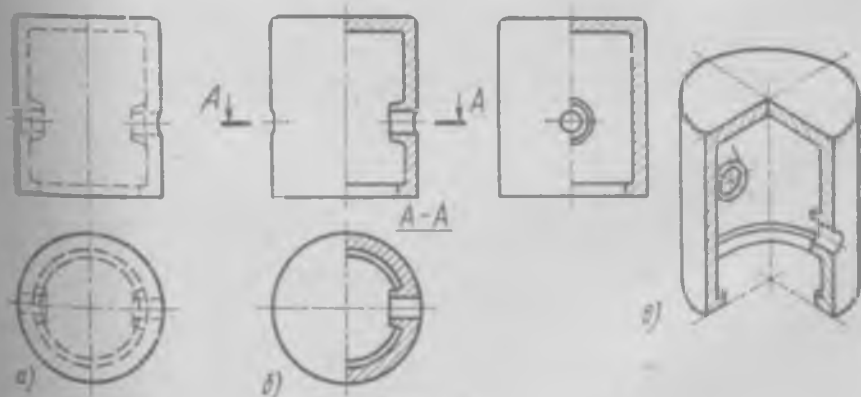


Рис. 194

ствиями. Показ этих элементов штриховыми линиями снижает качество чертежа: уменьшает его наглядность, затрудняет нанесение размеров, знаков шероховатости поверхностей и т. п., поэтому невидимые элементы заменяют видимыми с помощью разрезов (рис. 194, б). Кроме фронтального, на чертеже построены еще два разреза: *горизонтальный*, осуществленный с помощью горизонтальной плоскости $A-A$, и *профильный*, полученный с помощью профильной плоскости, не обозначенной на чертеже. Фронтальный и профильный разрезы, как известно, относятся к группе *вертикальных* разрезов. Эти разрезы на данном чертеже осуществлены с помощью плоскостей симметрии, в связи с чем они не имеют буквенных обозначений и надписей. Горизонтальный разрез как несимметричный оформлен в установленном ГОСТ 2.305—68 порядке: проведена разомкнутая линия сечения $A-A$ (толщиной от s до $1,5s$), нанесены стрелки, указывающие направление взгляда (штрихи стрелок обведены значительно тоньше штрихов разомкнутой линии), сверху горизонтального разреза нанесена надпись по типу $A-A$ (с тонкой чертой внизу). Рассматривая чертеж, можно сделать важный вывод о том, что *мысленное рассечение предмета в каждом случае относится только к данному разрезу и не влечет за собой изменения других изображений того же предмета*.

На рис. 194, в дан один из вариантов аксонометрического изображения с вырезом передней части поршня. Вырез может быть сделан также с частичным использованием горизонтальной секущей плоскости.

Кроме разрезов, в техническом черчении применяют сечения. *Сечением называют изображение фигуры, получающейся при мысленном рассечении предмета одной или несколькими плоскостями с показом того, что получается непосредственно в секущей плоскости*. Из приведенного определения ясна разница между разрезом и сечением. Сечение — более простое изображение, при его построении не учитывается то, что находится за секущей плоскостью. В практике сечения применяют в тех случаях, когда основные проекции не дают полного представления о форме предмета (например, резцов), или тогда, когда применение сечения позволяет уменьшить количество видов или разрезов.

Построение наклонных («косых») сечений основано на материале, рассмотренном в гл. XII и в § 45 гл. IX.

В начальный период обучения рекомендуется строить вспомогательную проекцию фигуры сечения (рис. 195). Эта горизонтальная проекция не дает действительной величины фигуры сечения, но позволяет безошибочно строить заданное сечение. После этого на произвольном расстоянии проводят ось симметрии фигуры сечения параллельно прямой $A-A$ и в обе стороны от оси симметрии в перпендикулярном направлении откладывают величины, взятые с горизонтальной проекции фигуры сечения. На чертеже показано построение крайних отрезков a и b . На окончательном

чертеже сохраняют только верхнее сечение — действительную форму фигуры сечения.

Ниже (в качестве примеров) рассмотрена последовательность решения нескольких задач различной трудности. На рис. 196, а изображена усеченная пирамида со сквозным призматическим отверстием трапециевидальной формы. Горизонтальная проекция на чертеже недостроена: на ней отсутствуют линии входа и выхода призматического отверстия на поверхности пирамиды.

Для построения этих линий (рис. 196, б) грань призмы продолжают до пересечения с верхним и нижним основаниями пирамиды (строят полное сечение плоскостью τ), используют ту часть линий пересечения, которая соответствует призматическому отверстию. Построив линии пересечения, переходят к построению разреза (рис. 196, в). Горизонтальная плоскость пересекает пирамиду по фигуре, подобной ее основанию. Находят эту фигуру, пользуясь точкой I . Так как модель симметрична, то на чертеже выполняют соединение половины вида с половиной разреза. Невидимые линии на виде пирамиды, как правило, не проводят, их и без того легко представить по чертежу. Горизонтальный разрез подписывают по установленной стандарт форме. В качестве иллюстрации строят диметрическое изображение модели с вырезом правой верхней части (рис. 196, г).

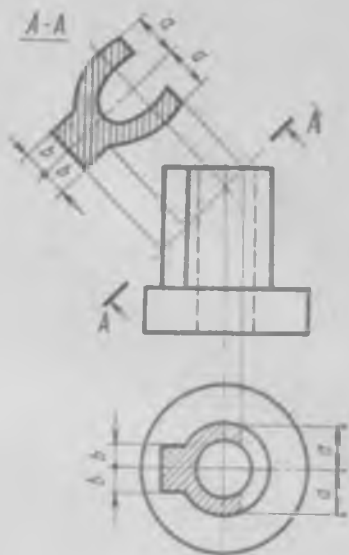


Рис. 195

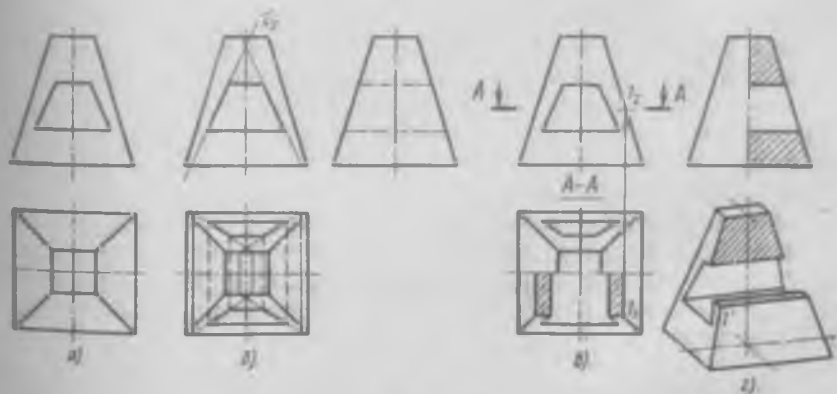


Рис. 196

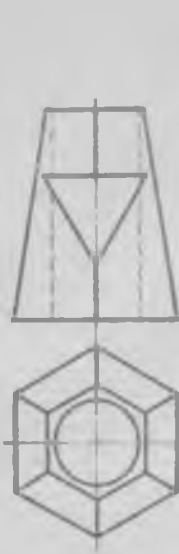


Рис. 197

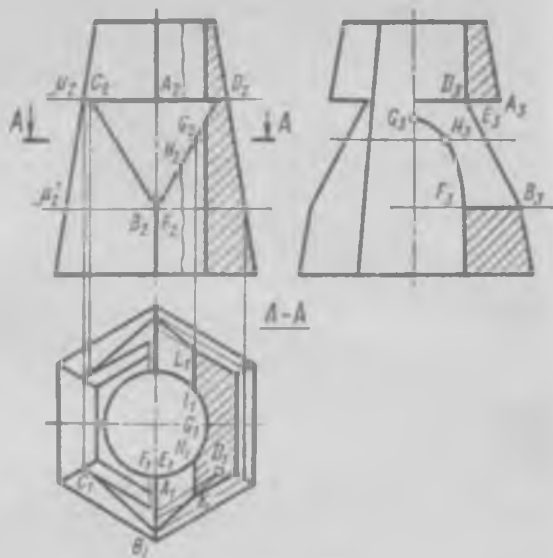


Рис. 198

На рис. 197 изображена правильная шестигранная пирамида, внутри которой имеются цилиндрическая полость и сквозное призматическое отверстие треугольной формы. Горизонтальная проекция недостроена на поверхности пирамиды не показаны линии выхода призмы. Для отыскания этих выходов проводят вспомогательные горизонтальные плоскости μ и μ' (рис. 198). Плоскость μ рассекает пирамиду по правильному шестиугольнику, подобному основанию пирамиды. Находят горизонтальную проекцию шестиугольника, например, проецируя точку пересечения проекции μ_2 с линиями контура пирамиды (проецирование левой точки показано на чертеже тонкой линией). Проецируя также верхние ребра призмы, находят горизонтальные проекции A_1C_1 и A_1D_1 передних линий пересечения AC и AD . Плоскость μ' позволяет найти точки пересечения нижнего ребра призмы с поверхностью пирамиды и цилиндра. При проецировании на поверхности пирамиды получают подобный шестиугольник большего, чем в первом случае, размера. Цилиндр рассекается по окружности. Пересечение горизонтальных проекций шестиугольника и окружности с горизонтальной проекцией нижнего ребра призмы определяет четыре точки: две передние точки B_1 и F_1 обозначены. Соединяя точку B_1 с точками C_1 и D_1 , получают две наклонные линии B_1C_1 и B_1D_1 , которые вместе с первоначально найденными линиями A_1C_1 и A_1D_1 определяют горизонтальные проекции линий выхода призмы на передней поверхности пирамиды. Линии выхода на задней поверхности пирамиды находят аналогично.

Построить разрез на главном виде можно сравнительно легко. Для этого надо правую образующую цилиндра обвести сплошной основной линией и заштриховать часть модели, лежащую в плоскости разреза. Границей между видом и разрезом будет сплошная волнистая линия обрыва, проведенная правее фронтальной проекции переднего ребра пирамиды. Подобным образом поступают в тех случаях, когда ребро проецируется на осевую линию.

При построении горизонтального разреза имеют в виду следующее. Горизонтальная плоскость $A—A$ рассекает поверхность пирамиды по шестиугольнику, который найдется по типу предыдущих построений. Эта же горизонтальная плоскость $A—A$ пересечется с правой наклонной гранью призмы по прямой линии $KHIL$, нахождение которой понятно из чертежа. Границей между половиной вида и половиной разреза являются ось симметрии и горизонтальные проекции ребер призмы и пирамиды, в том числе горизонтальная проекция ребра призмы, обозначенная на передней половине изображения буквами F_1B_1 . Рекомендуется верхнюю часть пирамиды изобразить с обрывом с тем, чтобы показать нижнее ребро призмы.

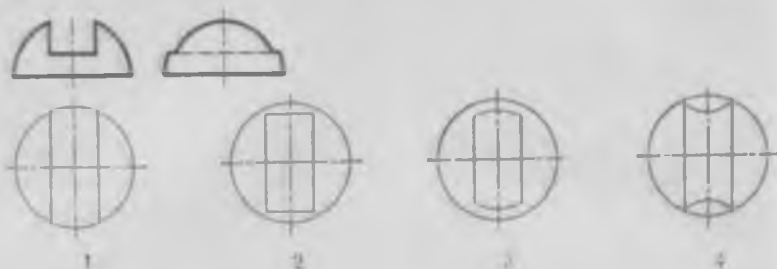
Для построения третьей проекции используют точки A, B, D, E, F, G, H . Точки G, H, F принадлежат эллипсу, так как цилиндр пересекается плоскостью, наклонной к его оси, — гранью призмы. Другие точки эллипса находят путем проведения вспомогательных горизонтальных плоскостей. Разделом между половиной вида и половиной разреза на боковой проекции является осевая штрихпунктирная линия.

Рассмотренную задачу при решении можно расчленить на две: сначала найти линии пересечения шестигранной пирамиды с трехгранной призмой; затем найти линии пересечения цилиндра с трехгранной призмой. После этого результаты объединить на одном чертеже и дать требуемые по заданию разрезы.

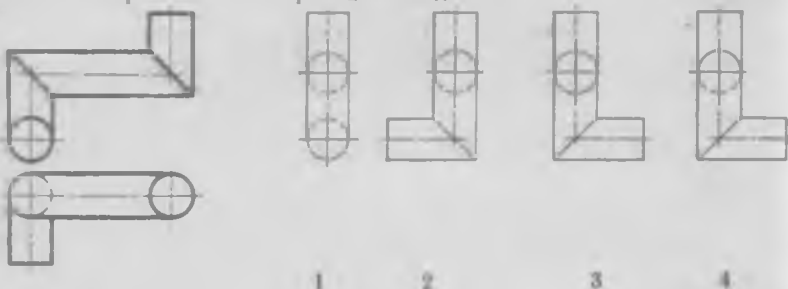
ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. С какой целью применяют разрезы?
2. Какое изображение называют разрезом?
3. Как понимать выражение «один разрез не зависит от другого»? Дать пояснение на примере.
4. В каком случае на чертеже следует наносить буквенные обозначения направления разреза и указания о разрезе?
5. Как подразделяют разрезы в зависимости от направления секущих плоскостей?
6. Когда разрешается половину вида соединять с половиной разреза?
7. Какое изображение называют сечением?
8. Как строят наклонные («косые») сечения?
9. Постройте третью проекцию модели по рис. 195 с сечением ее фронтально-проецирующей плоскостью $A—A$.
10. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 31, 32.

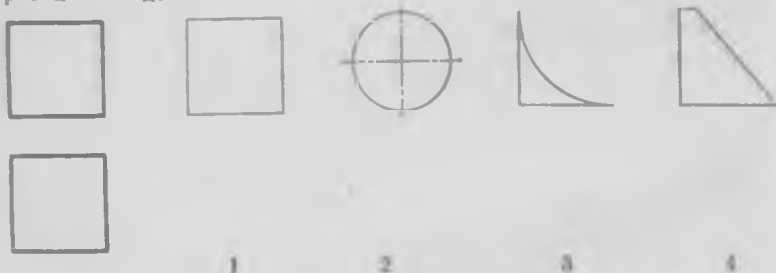
Которая из четырех горизонтальных проекций является ответом фронтальной и профильной проекциям модели?



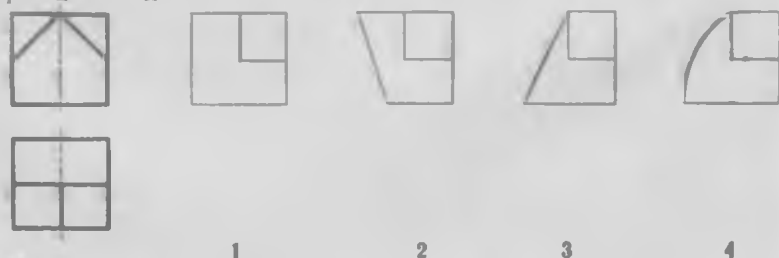
Которая из четырех профильных проекций является ответом к фронтальной и горизонтальной проекциям модели?



Которое из четырех изображений не соответствует двум заданным проекциям модели?



Которое из четырех изображений не соответствует двум заданным проекциям модели?



Которое из четырех изображений не соответствует двум заданным проекциям модели?



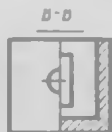
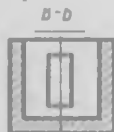
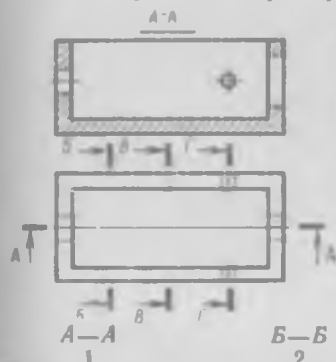
1

2

3

4

При построении которого разреза допущена ошибка?



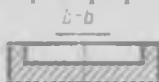
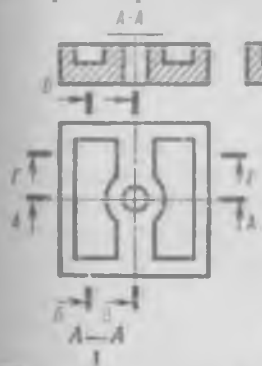
А-А
1

Б-Б
2

В-В
3

Г-Г
4

При построении которого разреза допущена ошибка?

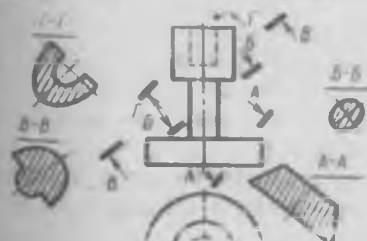


А-А
1

Б-Б
2

В-В
3

Г-Г
4



Которое сечение построено ошибочно?

А-А
1

Б-Б
2

В-В
3

Г-Г
4

ТЕХНИЧЕСКОЕ РИСОВАНИЕ

§ 62. РИСОВАНИЕ ПЛОСКИХ ФИГУР

Технические рисунки чаще всего применяются в конструкторской практике. Ими пользуются для того, чтобы быстро выразить свою мысль в наиболее наглядной форме или пояснить сложный комплексный чертеж. Считаясь с этим, каждый инженер и техник, а значит, каждый учащийся технического учебного заведения должен уметь достаточно быстро и грамотно сделать рисунок детали или группы деталей, соединенных между собой тем или другим способом.

Технические рисунки выполняются от руки, в глазомерном масштабе; этим они отличаются от аксонометрических чертежей. Технические рисунки отличаются от художественных своей основой. При их выполнении вместо центральных проекций используются более простые аксонометрические проекции. Вторым отличием является условное расположение изображаемых предметов относительно картинной плоскости: как правило, выбирают наиболее простое, постоянное для данного вида аксонометрических проекций положение предмета (например, в изометрии — ребром к наблюдателю) и изображают его изолированно от окружающей обстановки. Третьим отличием является применение в техническом рисовании различных условностей: разрезов и сечений упрощенного изображения резьбы и зубьев зубчатых колес и т. п. Четвертой особенностью является иная техника нанесения светотени, вызванная тем, что технические рисунки в ряде случаев копируют вместе с чертежами на кальку для получения светокопий. Это обстоятельство не позволяет применять на технических рисунках тушовку, распространенную в художественном рисовании. Большинство отличий и особенностей характеризует простоту технических рисунков, их доступность для учащихся.

Приступая к техническому рисованию, следует поупражняться в проведении от руки прямых линий разного наклона, параллельных прямых, окружностей различных диаметров и т. п. Особенно важно овладеть навыком проведения линий с углами наклона 30, 7, 41, 15 и 45°. Тренируясь, следует периодически проверять наклон проведенных линий транспортиром.

При рисовании в прямоугольной изометрии квадрата, лежащего в плоскости $x'y'$ (рис. 199, а), наблюдают за тем, чтобы точки A и B находились на горизонтальной прямой. Передние (и верхние) линии рисунка обводят более толстыми (широкими) линиями. Аналогично выполняют рисунок квадрата, расположенного в плоскости $x'z'$ или ей параллельной (рис. 199, б). При левом верхнем освещении плоскость этого квадрата не освещена, в связи с чем ее оттеняют сильнее других. При выполнении ри-

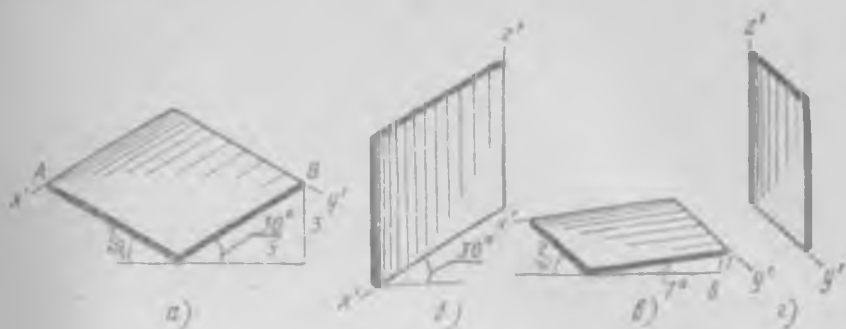


Рис. 199

сунка квадрата в прямоугольной диаметрии (рис. 199, в и г) учитывают сокращение размеров по оси y' приблизительно в 2 раза (на глаз). При построении прямоугольников соблюдают соотношение их длины и ширины.

Рисунки равнобедренных и равнобоких треугольников начинают с их основания (рис. 200, а). Из точки O' , являющейся серединой отрезка $A'B'$ основания, проводят высоту треугольника, на которой наносят точку D' в соответствии с действительной высотой изображаемого треугольника. При рисовании треугольника в прямоугольной диаметрии (рис. 200, б) происходит сужение изображения, лежащего в плоскости $x'y'$ при соответствующем расположении основания фигуры. Сравнивая два последних изображения, можно сделать вывод о том, что для равнобедренных треугольников, имеющих значительную высоту, а также для других фигур, имеющих значительную длину, не следует высоту треугольника или направление длины фигуры располагать параллельно оси y' из-за нежелательного искажения формы фигуры.

Окружности первое время следует рисовать не изолированно, а вместе с квадратом, в который они вписаны (рис. 201, а). Стороны ромбов и параллелограммов и их средние линии позволят быстрее привыкнуть к правильному изображению окружностей, лежащих в различных координатных плоскостях, в частности, к соотношению больших и малых осей эллипсов, в виде которых изображаются окружности. Как известно, для изометрической проекции величина боль-

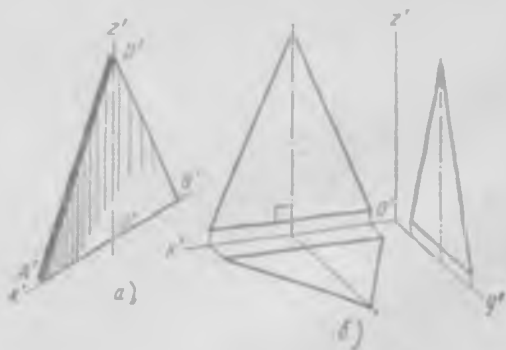


Рис. 200

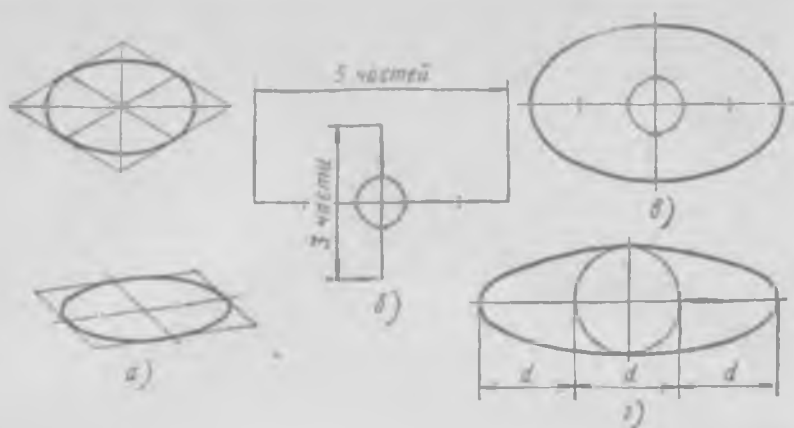


Рис. 201

шой оси эллипса равна единице, а малой — 0,58 единицы. Для рисования величину 0,58 можно округлить до величины 0,6. Тогда отношение большой и малой осей эллипса будет равняться $10 : 6$ или $5 : 3$. Зная это отношение, легко нарисовать оси эллипса (рис. 201, б). Проводят взаимно перпендикулярные прямые; откладывают в центре одну часть (помечена окружностью), от нее влево и вправо откладывают по две такие же части, а вверх и вниз — по одной части; через полученные точки проводят кривую эллипса (рис. 201, в). Для построения осей эллипса в прямоугольной диметрии используют соотношение осей, равное $3 : 1$ (рис. 201, г).

§ 63. РИСОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ

Рисунки геометрических тел выполняют в той же последовательности, в какой составляют аксонометрические чертежи. Для призмы прежде всего рисуют основание тела. При вертикальном расположении призмы рисунок удобнее начинать с верхнего основания, а при горизонтальном — с передней грани (рис. 202, а). Нарисовав основание, из его вершин проводят ребра призмы с учетом их длины; видимые стороны другого основания проводят параллельно сторонам первого. При такой последовательности не нужно стирать лишние линии. Если на рисунке предполагают сохранить невидимые линии, то меняют последовательность и рисуют, начиная с оснований. При левом верхнем освещении наиболее темными будут правые грани призмы; их покрывают штрихами более густо. На другие грани призм теневые штрихи не наносят или наносят лишь на удаленные участки плоскостей. При таком расположении теневых штрихов рисунок приобретает достаточную рельефность. Вместо параллельных штрихов можно пользоваться пересекающимися штрихами (рис. 202, б). Такой

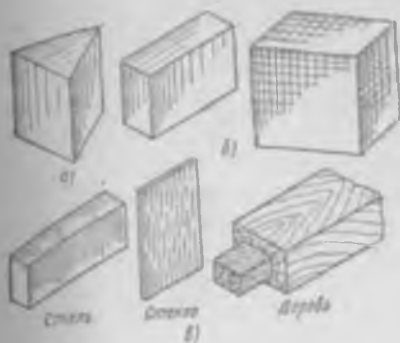


Рис. 202

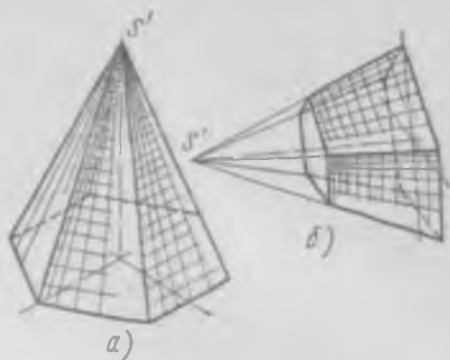


Рис. 203

способ оттенения носит название *шраффировки*. Для призматических предметов из стали, стекла и дерева допускается применять вместо штрихов условные одноцветные обозначения по ГОСТ 2.306—68, рекомендованные для фасадов (рис. 202, в).

Пирамиду рисуют, начиная с основания (рис. 203, а). Затем проводят линию высоты и на ней намечают вершину пирамиды S' , которую соединяют с видимыми вершинами основания. На рис. 203, б нарисована пятиугольная усеченная пирамида в прямоугольной диметрии при ее горизонтальном положении. В подобных случаях первоначально рисуют полную пирамиду, после чего линиями, соответственно параллельными сторонам пятиугольника, выделяют меньшее основание. При оттенении следят за тем, чтобы для контраста теневая поверхность одной грани граничила с освещенной поверхностью другой. На левые грани пирамиды, как наиболее освещенные, штрихи не наносят или наносят их в ограниченном количестве.

Вертикально расположенный цилиндр рисуют, начиная с верхнего основания (рис. 204, а). Затем проводят образующие цилиндра (рис. 204, б), касательные к эллипсу; видимую часть нижнего основания копируют с нижней части верхнего эллипса. Как видно, рисунок выполнен в прямоугольной диметрии; простейшее оттенение достигнуто усиленной обводкой тех частей эллипсов, которые соответствуют затененной части цилиндра. Для того

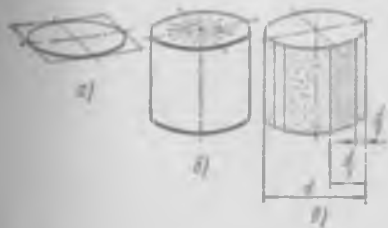


Рис. 204



Рис. 205

чтобы рельефно оттенить цилиндр, надо считаться с условиями распределения светотени на поверхности цилиндра (рис. 204, а). Из рисунка видно, что область *тени* занимает третью часть боковой поверхности цилиндра ($d/3$); правая третья часть области тени ($d/9$) менее густа, это так называемый *рефлекс*, который возникает в связи с частичным освещением поверхности отраженным светом. Часть поверхности, освещенная прямым светом, находится в области *блика*; блик располагается около пересечения оси x с контуром оснований. Остальная часть поверхности цилиндра является областью *полутени*. Практически строго не придерживаются указанных границ светотени и делают переходы значительно мягче, как это и имеет место в действительности (рис. 205, а) Торцовую плоскость цилиндра оставляют чистой или оттеняют штрихами, параллельными осям x' или y' . Иногда на торцевой плоскости наносят условные радиальные штрихи (рис. 205, б). Для деревянных деталей допускается применение условного обозначения по ГОСТ (рис. 205, в). На последнем рисунке цилиндр расположен горизонтально, при этом блик расположится в верхней части цилиндра, область тени — в правой нижней части поверхности, а рефлекс — около нижней видимой образующей цилиндра.

При изображении пересекающихся цилиндров (рис. 206) главные точки кривой находят построением в глазомерном масштабе. На рисунке показано построение главных точек кривой 1, 2, 3, 4 и промежуточных 5, 6, 7, 8 с помощью плоскостей-посредников, параллельных осям цилиндров.

Вертикально расположенный круговой конус рисуют, начиная с его невидимого для наблюдателя основания (рис. 207, а) К основанию из центра O' восставляют перпендикуляр, намечают вершину S' и проводят крайние видимые образующие в виде касательных к эллипсу прямых (рис. 207, б). Нижнюю часть эллипса обводят более толстыми линиями, а верхнюю, как невидимую,

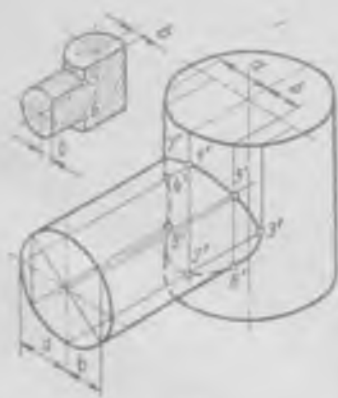


Рис. 206

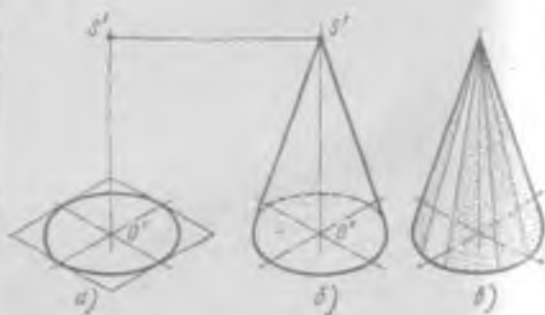


Рис. 207



Рис. 208

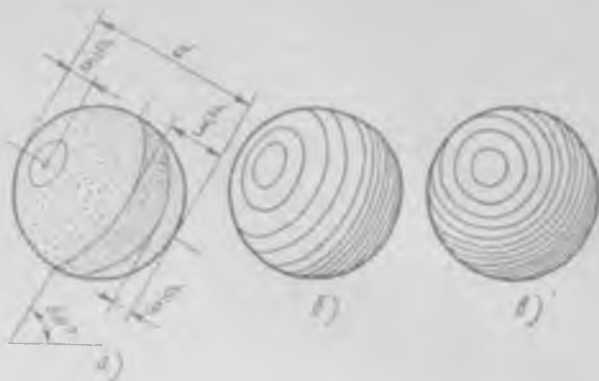


Рис. 209

обводят штриховыми линиями или убирают резинкой. Распределение светотени (рис. 207, в) сходно с рассмотренным выше способом для цилиндра. Если нужно нарисовать усеченный конус, то сначала рисуют полный с вершиной S' ; вершина, в частности, используется для нанесения теневых штрихов (рис. 208).

Шар в прямоугольной аксонометрии, как известно, изображается окружностью. Такое изображение ненаглядно до тех пор, пока на поверхности шара не будут нанесены теневые штрихи или пока в шаре не будут сделаны вырезы. При левом условном освещении (рис. 209, а) область тени будет занимать на изометрическом изображении шара правую третью часть ($d/3$), рефлекс займет нижнюю девятую часть ($d/9$), центр блика будет находиться на расстоянии $1/6$ части диаметра, считая слева сверху. Большие оси эллипсов тени наклонены к линии горизонта под углом 60° . Практически оттенки делают с помощью эллипсов (рис. 209, б) или с помощью концентрических окружностей (рис. 209, в).

Условные вырезы осуществляют в виде $1/8$ или $1/4$ части шара. Нарисовав окружность и проведя координатные оси (рис. 210, а), отмечают на них точки A' , находящиеся приблизительно на расстоянии $1/6$ части радиуса шара R . Через получен-

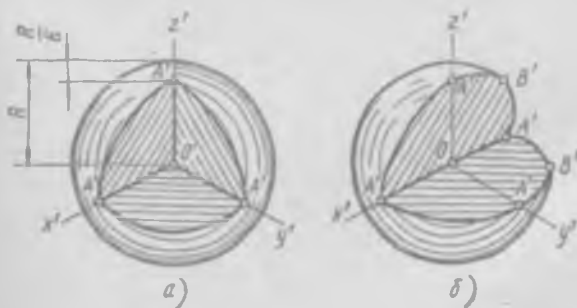


Рис. 210

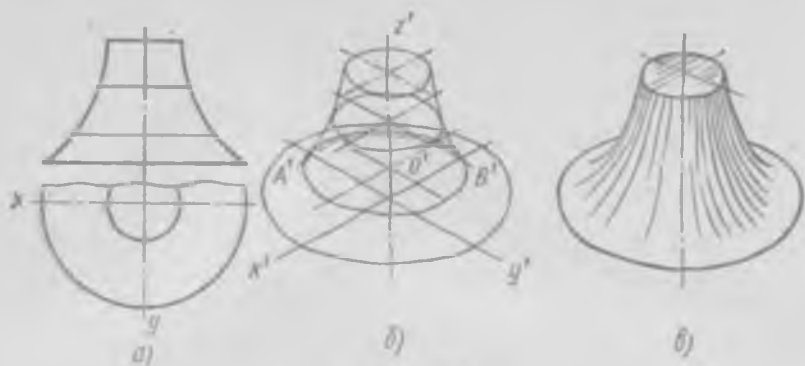


Рис. 211

ные точки проводят кривые эллипсов, обводят линии пересечения плоскостей и заштриховывают фигуры сечения в соответствии с указанием ГОСТа. Если нужно вырезать $1/4$ часть шара, то дополнительно находят точки B' касания эллипсов к контуру шара, для чего проводят биссектрисы углов $A'O'A'$ (рис. 210, б).

При рисовании тел вращения нередко внутри контура тела приходится выполнять линии видимого силуэта. Типичной ошибкой учащихся является стремление соединить эти линии с контуром тела. На рис. 211, а тело вращения задано двумя проекциями. Можно провести несколько горизонтальных секущих плоскостей, разместить центры полученных окружностей на оси (рис. 211, б) и построить их в изометрической проекции. Линии видимого силуэта получаются в виде кривых, касательных к эллипсам. Из рисунка видно, что кривые, касаясь трех верхних эллипсов, не могут коснуться нижнего, т. е. внутренние части видимого силуэта действительно нельзя соединить с линиями наружного контура (с нижним эллипсом). Невидимую линию, соединяющую конечные точки кривых A' и B' , в аксонометрических проекциях и на рисунках обычно не выполняют, наглядность рисунку придают путем проведения ряда образующих (рис. 211, в).

§ 64. РИСОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ И ДЕТАЛЕЙ

Прежде чем приступить к рисунку модели, следует выбрать ее расположение и вид аксонометрической проекции. Дело в том, что изображения моделей разной формы могут быть нагляднее при одном виде аксонометрии, чем при другом. Поэтому надо считаться с требованиями наглядности и простоты выполнения.

В ряде случаев, особенно при наличии у моделей наклонных ребер, стенок и др., заранее трудно определить, какой вид аксонометрии даст наилучшее изображение. В этих случаях для сравнения рекомендуется сделать мелкие наброски различными способами и остановить выбор на наиболее наглядном. Таков общий подход к решению этого вопроса.

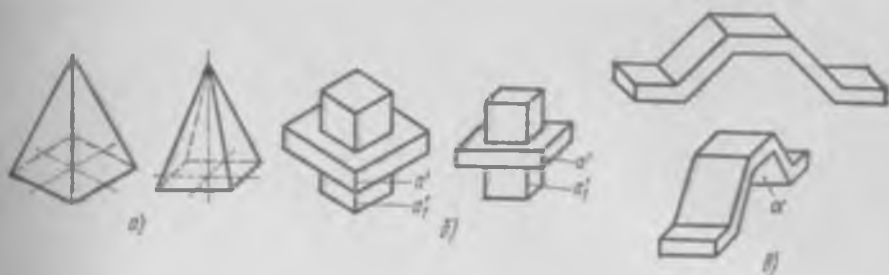


Рис. 212

Частные замечания сводятся к следующему.

Не следует применять изометрическую проекцию для пирамид, имеющих в основании квадрат (рис. 212, а). Из рисунка видно, что два ребра пирамиды, лежащих в профильной плоскости, сливаются на рисунке в одну прямую, в связи с чем наглядность теряется. Диметрическое изображение дает значительно лучший результат (правый чертеж). На рис. 212, б дано изометрическое изображение модели, состоящей из прямоугольных параллелепипедов; их ребра a' и a_1' слились в одну прямую. Наглядность изображения теряется. Та же модель, изображенная в диметрической проекции, выглядит значительно лучше. При изображении скобы (рис. 212, в) во фронтальной диметрической проекции наклонная часть проецируется неудачно. Та же скоба при ином расположении выглядит лучше, так как здесь видна плоскость α , скрытая на первом рисунке.

Подобное изображение проекций фигур в виде прямых линий наблюдается и в прямоугольной проекции. Так, в прямоугольной изометрии в виде прямых изображаются проекции тех проецирующих плоскостей, которые наклонены к двум другим плоскостям проекций под углом 45° (рис. 213). Фронтально-проецирующая плоскость τ проецируется на чертеже в прямую τ' . Наглядность изображения достигается путем иного размещения предмета, что показано на нижнем изображении.

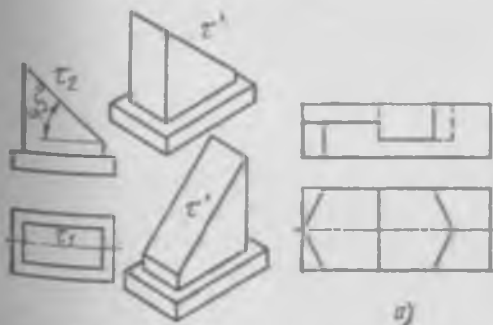


Рис. 213

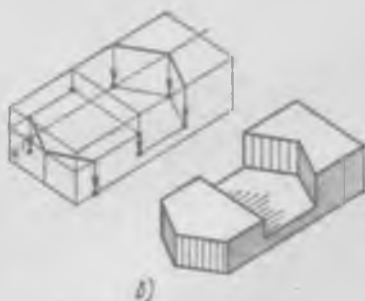


Рис. 214

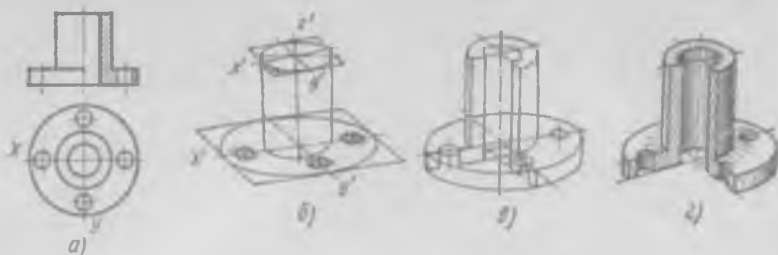


Рис. 215

Не следует применять фронтальную диметрическую проекцию для изображения шара и его частей, так как шар при этом проецируется в виде эллипса, что затрудняет построение.

Рассмотрим приемы выполнения рисунков моделей и деталей на конкретных примерах.

На рис. 214, а в двух проекциях начерчена деревянная врубка. Мысленно дополняют брус до его первоначальной формы и строят его изометрическую проекцию. Проводят ось симметрии x' в верхней плоскости, намечают линии будущих срезов (рис. 214, б); из найденных точек опускают перпендикуляры и на них откладывают необходимые размеры. На рисунке направление перпендикуляров показано стрелками. Ниже показан готовый рисунок, который для наглядности покрывают теневыми штрихами.

На рис. 215, а показана втулка, фланцевая часть которой имеет четыре отверстия. Требуется выполнить рисунок втулки в прямоугольной диметрической проекции. Для этого на оси z' намечают центр верхней окружности втулки и верхней окружности фланцевой части (рис. 215, б). В плоскостях $x'y'$ выполняют диметрические окружности. В плоскости нижней окружности на координатных осях намечают и рисуют отверстия для болтов. После этого выявляют внутреннюю форму путем выреза передней части детали с помощью двух секущих плоскостей (рис. 215, в).

Фигуры сечения заштриховывают наклонными штрихами, как показано на рис. 215, г; стирают лишние линии, а нужные обводят мягким карандашом; возобновляют оси там, где они стерлись, и наносят теневые штрихи.

Если деталь ограничена наклонными гранями или кривыми поверхностями, то ее заключают в форму прямоугольного параллелепипеда. На рис. 216 построена изометрическая проекция собачки храпового механизма. Вспомогательные линии (ординаты) позволяют выполнить кривую часть очертания собачки.

Изображенное на рис. 217, а коромысло состоит из трех цилиндров и двух конусов.

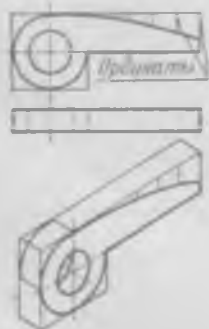


Рис. 216

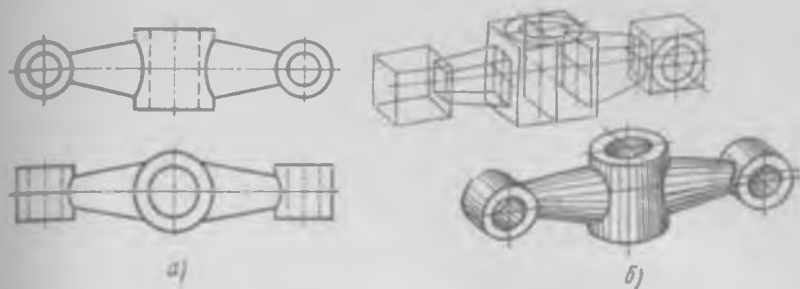


Рис. 217

Цилиндры и конусы перескаются между собой под прямыми углами. Для выполнения рисунка в прямоугольной диметрической проекции (рис. 217, б) рисуют три призмы и соединяют их усеченными пирамидами. Получается остов будущего рисунка. В соответствующие грани призм вписывают эллипсы.

Наиболее трудной частью работы является выполнение кривых, по которым пересекаются цилиндры и конусы. Главные точки этих кривых следует, хотя бы примерно, построить с тем, чтобы избежать грубых ошибок. На рис. 218, в увеличенном виде показано построение кривой. Для построения использован цилиндр как более простая поверхность. С помощью параллельных линий на верхнем основании цилиндра найдены его образующие. На образующих отмечены точки 1, 2, 3, 4 и др., причем расстояние их от верхнего основания взято с фронтальных проекций образующих.

Для того чтобы правильно нарисовать рукоятку (рис. 219), пользуются двумя пересекающимися прямыми: осью ручки AD и горизонтальной прямой BC , причем направление линии AD на рисунке находят с помощью точек A' и B' , а точку D' — с помощью точки C' и перпендикуляра $C'D'$, равного отрезку C_2D_2 . Точный чертеж получится, если взять на оси $A'D'$ ряд центров вспомогательных шаров, построить ряд окружностей и провести огибающую кривую. Для выполнения рисунка достаточно использовать две окружности с центрами B' и D' . Не следует забывать, что диаметр этих окружностей при

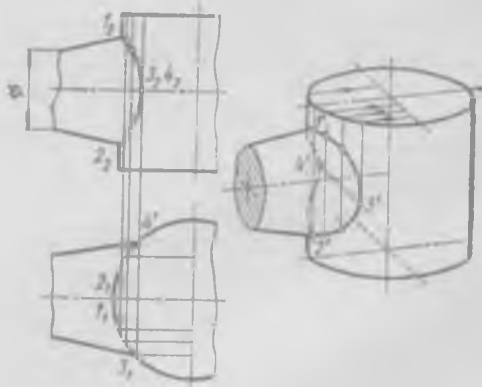


Рис. 218



Рис. 219



Рис. 220

построении чертежа нужно увеличить в 1,22 раза и несколько увеличивать (на глаз) при выполнении рисунка.

При рисовании деталей, полученных отливкой, встречаются плавные переходы одной геометрической поверхности в другую, при этом линии одной поверхности плавно переходят в другую поверхность. Такие линии надо рисовать в виде «усов». Пример дан на рис. 220, где задняя стенка кронштейна плавно переходит в цилиндрическую часть стойки. На рис. 221, а приведен пример изображения скругленных углов детали. Подобное скругление в виде так называемой фаски дано на рис. 221, б для шестигранной гайки. На примере гайки показана также условность, применяемая в техническом рисовании при изображении деталей, имеющих резьбу; профиль резьбы при этом не изображают, глубину резьбы показывают с помощью тонкой сплошной линии, толщина которой в 2—3 раза тоньше линий видимого контура.

Подобная условность показана на рисунке болта (рис. 221, в). На части стержня, где имеется резьба, не следует проводить образующих, как это иногда делают. Если зубья имеют прямоугольный профиль, то желательно применить местный разрез (рис. 221, г); цифрой 4 отмечен шаг резьбы.

На рис. 222, а показано, что при изображении зубчатых колес не принято рисовать все зубья. Рисуют два-три зуба и подписывают их количество z , окружность поверхностей выступов зубьев проводят сплошной основной линией, а окружность впадин зубьев — тонкой сплошной линией. Та же самая условность применяется при рисовании храповых колес (рис. 222, б). Надписи $z = 15$ и $z = 22$ поясняют, что колеса имеют соответственно

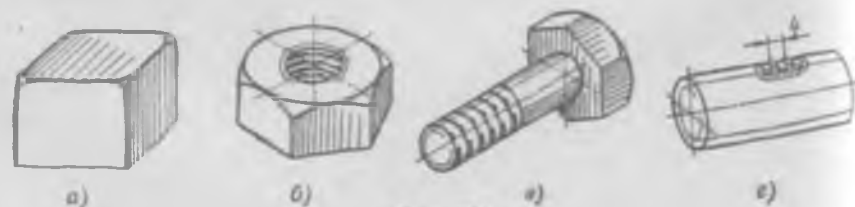


Рис. 221

15 и 22 зуба. Храповые колеса с собачками устанавливают, например, на валах лебедок, чтобы предотвратить внезапное падение поднимаемого груза.

В заключение следует отметить типичные ошибки учащихся при выполнении рисунков.

На рис. 223, а отмечена часто встречающаяся ошибка, заключающаяся в пропуске линий. Нижняя часть детали, приведенной на рис. 223, б, выполнена верно: обведен малый эллипс a . Учащиеся же нередко обводят часть большого наружного эллипса, помеченного на чертеже знаком вопроса. На рис. 223, в приведена ошибка, заключающаяся в пропуске линий, видимых через отверстие в передней части вилки. Пропущенные линии помечены пунктиром.

Выполненный рисунок следует проверить, помня приведенные здесь указания.

Наглядность рисунка достигается правильной передачей формы детали на основе аксонометрических проекций, удачным применением разрезов, нанесением координатных аксонометрических осей и нанесением теневых штрихов с учетом освещенности детали.

С помощью разрезов показывают внутреннее устройство деталей. В ряде случаев изображение без разреза малопонятно.

Штриховку на рисунках (рис. 224, а) в отличие от штриховки на комплексных чертежах обычно наносят в разные стороны. Одна штрихованная плоскость от другой отделяется основной линией. На рис. 224, б приведен рисунок пустотелого кирпича в прямоугольной диметрической проекции. Рисунок показывает, что тонкие ребра в аксонометрических проекциях разрезают и заштриховывают на общем основании.

Длинные сплошные детали не следует разрезать на всем протяжении. Для той части, где имеется углубление (рис. 224, в), делают местный вырез. В случае надобности длинные детали рисуют с разрывом (рис. 225, а). Линии обрыва проводят слегка

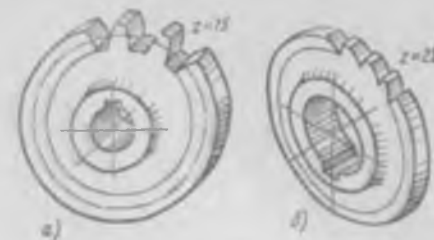


Рис. 222

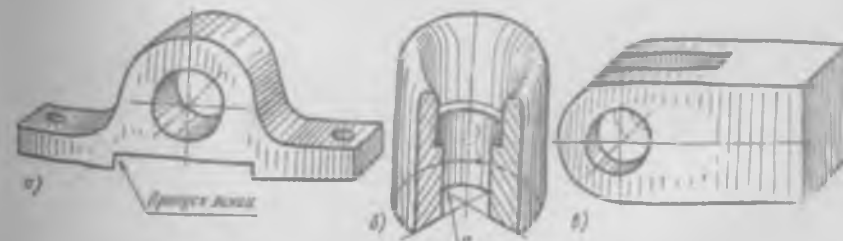


Рис. 223



Рис. 224

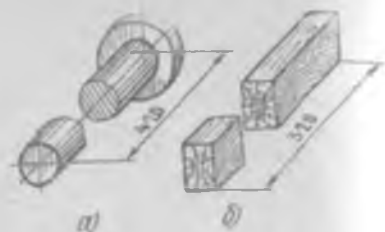


Рис. 225

волнистыми, в 2—3 раза тоньше основных линий. Для ориентации наносят размер полной длины детали. Излом дерева показывают также в виде волнистых линий (рис. 225, б).

Технические рисунки, как правило, не предназначены для изготовления по ним деталей, поэтому размеры на них обычно не наносят. Если размеры должны быть нанесены, то это делают согласно ГОСТ 2.317—69 и 2.307—68 (рис. 226, а). На рис. 226, б и в показано нанесение вертикальных размеров для пирамиды и конуса (размеры 25 и 36). На рис. 226, г показано правильное нанесение размера диаметра цилиндра параллельно координатной оси. Размер, показанный по большой оси эллипса, зачеркнут как неправильно нанесенный.

Особенно важно наносить на рисунках оси отверстий (рис. 226, а); при этом не следует наносить большую ось эллипса. Если отверстия очень мелкие, то можно наносить только главную ось — геометрическую ось поверхности вращения (отверстие на правой грани куба).

Линии невидимого контура наносят на рисунках лишь в том случае, если они придают дополнительную ясность изображению.

Основным способом передачи рельефа в техническом рисовании следует считать нанесение теневых штрихов: прямых для многогранников, цилиндров и конусов и кривых для других тел вращения. Наряду с этим иногда применяют шрафировку сеткой и короткими штрихами. Шрафировка сеткой показана на рис. 227, а и б, а короткими штрихами — на рис. 227, в и г. Из рассмотрения последних рисунков видно, что наглядность изобра-

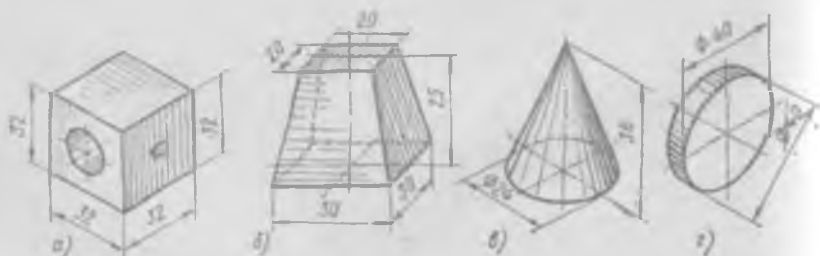


Рис. 226

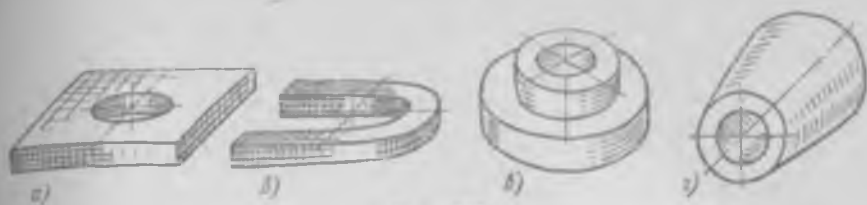


Рис. 227

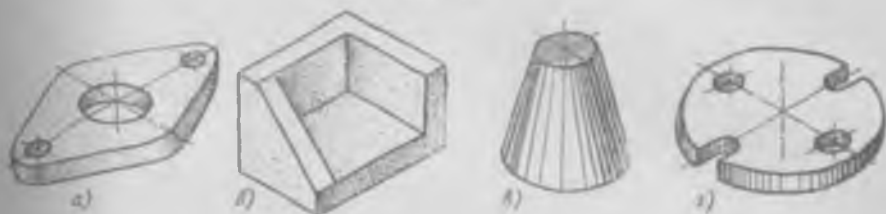


Рис. 228

жения достигается не большим количеством теневых штрихов, а правильным их расположением на поверхности детали.

При выполнении аксонометрических чертежей и рисунков тушью иногда применяют оттенение с помощью точек, приближающееся к тушовке (рис. 228, а и б), и утолщенных теневых линий (рис. 228, в и г).

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Чем отличается техническое рисование от художественного?
2. Какой должна быть последовательность выполнения технического рисунка?
3. Как поступают при рисовании деталей, ограниченных наклонными гранями или кривыми поверхностями?
4. Какой прием применяют для рисования тел вращения, оси которых расположены наклонно к координатным плоскостям?
5. Какие условности применяют в техническом рисовании при изображении болтов и гаек?
6. В чем заключается условность изображения зубчатых и храповых колес?
7. В чем заключается основной способ передачи рельефа в техническом рисовании? Почему не рекомендуется тушовка?
8. Как оттеняются поверхности цилиндров и шаров? Показать на примерах.
9. Возьмите в кабинете черчения модели плоскогогранной и смешанной форм и нарисуйте их.
10. Нарисуйте модели (рис. 229, а и б), заданные комплексными чертежами; на рисунке второй модели примените вырез передней части.
11. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 33, 34.

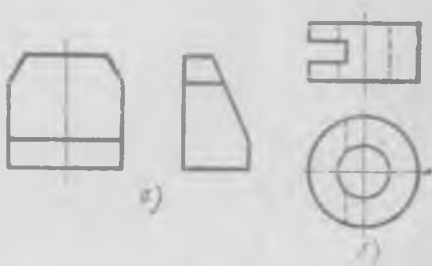


Рис. 229

На котором рисунке изображена металлическая пластина?



1



2



3



4

На котором рисунке изображена рифленая сталь?



1



2



3



4

На котором рисунке светотень передана с помощью шрафировки?



1



2



3



4

Какой способ передачи светотени не рекомендуется применять в техническом рисовании?



1



2



3



4

Который рисунок не соответствует форме заданной модели?



1

2

3

4

Который рисунок не соответствует форме заданной модели?



1

2

3

4

Который рисунок не соответствует форме заданной модели?



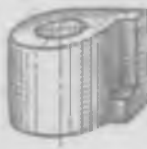
1

2

3

4

Который рисунок не соответствует форме заданной модели?



1

2

3

4

ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Глава XVI

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

§ 65. РАЗВИТИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Как уже отмечалось, проекционные чертежи XVIII столетия сравнительно мало отличались от современных чертежей в части способов изображения: на чертежах выдерживалась проекционная связь, применялись разрезы и некоторые условности, принятые в настоящее время. Однако по содержанию чертежи того периода были значительно беднее современных. На них не было размерных линий и чисел. Нужные размеры получали с чертежа путем замера линий и использования линейного или поперечного масштабов, которыми сопровождался чертеж.

С развитием машинной техники возникла необходимость нанесения на чертежах первоначально основных, а затем и всех других размеров. Массовое производство деталей машин требовало обеспечения взаимозаменяемости деталей, а это, в свою очередь, вызвало необходимость установления допускаемых отклонений к назначенным номинальным размерам. Так на чертежах появились обозначения допусков и посадок. Резкое увеличение скоростей машин и транспортных средств повысило требование к частоте градаций шероховатости (чистоты) поверхностей. Широкое применение сварки металлов потребовало введения условных обозначений видов сварных швов. Все это способствовало насыщению современного чертежа богатым содержанием.

С другой стороны, изготовление десятков и сотен тысяч чертежей заставило подумать о рационализации и упрощении их производства. Нельзя было допустить, чтобы тысячи людей тратили время на точное вычерчивание мельчайших винтовых поверхностей, ограничивающих резьбы болтов и гаек или сложных по очертанию профилей зубьев зубчатых колес. Отказ от точного изображения диктовался и тем, что резьбы и зубья колес стали получать независимо от чертежа в результате машинной обработки с помощью режущего инструмента, изготовленного по специальным чертежам. Так появились условные сильно упрощен-

ные изображения для резьбовых изделий, зубчатых колес и пружин.

Практика показала, что не во всех случаях необходимо точное построение линий пересечения поверхностей, ограничивающих ту или иную деталь. Если по чертежу не строят развертку поверхности детали, кривые линии пересечения могут быть начерчены упрощенно, циркулем. Введение условных знаков диаметра и квадрата позволило отказаться от изображения некоторых деталей в нескольких видах (проекциях). Упрощая чертежи, на них перестали проводить те линии невидимого контура, которые не придают чертежу дополнительной ясности.

Условные изображения и обозначения нельзя вводить стихийно, иначе производственные работники перестанут понимать друг друга. В нашей стране с первых лет Советской власти началась и успешно проводится стандартизация чертежей. Значительное количество новых упрощений введено в практику последним выпуском государственных стандартов на чертежи и стандартами Совета Экономической Взаимопомощи (СТ СЭВ).

Изучение установленных условных изображений, допускаемых упрощений и условных обозначений является одной из главных задач при изучении раздела машиностроительного черчения.

§ 66. ВИДЫ СОВРЕМЕННЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Сборник «Единая система конструкторской документации» содержит ряд стандартов, устанавливающих виды изделий, виды и комплектность конструкторских документов, стадии разработки, основные надписи, основные требования к рабочим чертежам, правила выполнения спецификаций и т. д.

В соответствии с ГОСТ 2.101—68 *изделием* называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Изделия в зависимости от их использования делятся на изделия основного и вспомогательного производства. К изделиям основного производства относятся изделия, предназначенные для поставки, а вспомогательного производства — изделия, предназначенные только для использования предприятием, изготавливающим их для собственных нужд. Установлены следующие виды изделий: 1) детали; 2) сборочные единицы; 3) комплексы; 4) комплекты. Сборочные единицы, комплексы и комплекты относятся к специфицированным изделиям.

Деталью называется изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций, например: литой корпус, валик, изготовленный из одного куска металла, маховичок из пластмассы (без арматуры), трубка, спаянная или сваренная из одного куска листового материала.

Сборочной единицей называется изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-из-

готовителе сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, сваркой, пайкой, опрессовкой, развальцовкой, склеиванием и т. п.), например: станок, телефонный аппарат, редуктор, сварной корпус, маховичок из пластмассы с металлической арматурой, комплект составных частей врезного замка и т. п.

Комплексом называются два или более специфицированных изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенных для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций, например: поточная линия станков, автоматическая телефонная станция, бурильная установка.

Комплектом называются два и более изделия, не соединенных на предприятии-изготовителе сборочными операциями и представляющих собой набор изделий, имеющих общее эксплуатационное назначение вспомогательного характера, например: комплект запасных частей, комплект инструментов и принадлежностей и т. п.

Для изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта изделий ГОСТ 2.102—68 установлены следующие виды конструкторских документов: чертеж детали, сборочный чертеж, чертеж общего вида, теоретический чертеж, габаритный чертеж, монтажный чертеж, схема, спецификация, пояснительная записка, технические условия, а также различного вида ведомости.

Чертежом детали называется документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля (рис. 230).

Сборочным чертежом называется документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля. К сборочным чертежам относятся также электро-, гидро- и пневмомонтажные чертежи.

Чертежом общего вида называется документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

Монтажным чертежом называется документ, содержащий контурное (упрощенное) изображение изделия, а также данные, необходимые для его установки (монтажа) на месте применения.

Схемой называется документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними.

Спецификацией называется документ, определяющий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта.

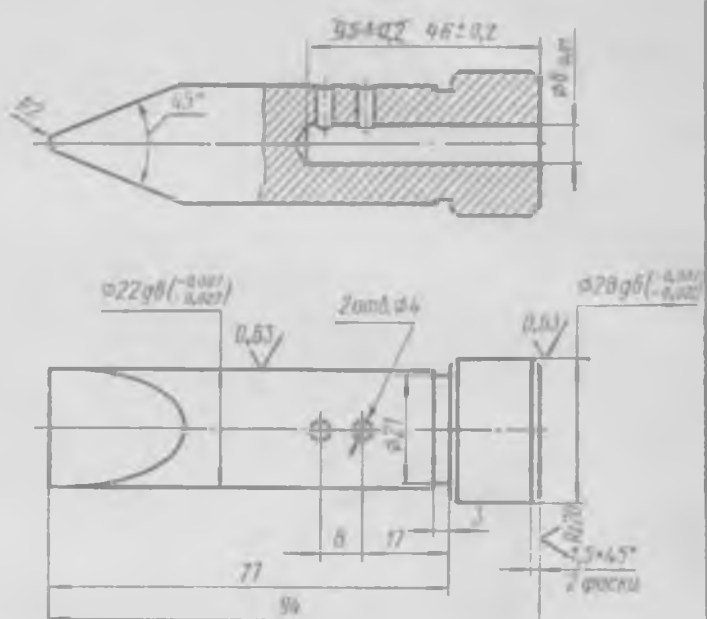
Пояснительной запиской называется документ, содержащий описание устройства и принципа действия разработанного изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений.

Техническими условиями называется документ, содержащий требования к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке, которые нецелесообразно указывать в других конструкторских документах.

Инд. № подл. 1102 Подп. и дата 10.05.78

АБВ.920.103

8250 ✓ (M)



1. Поля допусков для несопряженных размеров h13, H13;
2. Острые кромки притупить;
3. Закалить HRC 50...52

АБВ.920.103

Исполн.	Провер.	Деталь	АБВ.920.103
Материал	Материал	Деталь	102.78
Материал	Материал	Деталь	102.78
Материал	Материал	Деталь	102.78
Материал	Материал	Деталь	102.78
Материал	Материал	Деталь	102.78
Материал	Материал	Деталь	102.78
Материал	Материал	Деталь	102.78

Зубило -
зубило

Сталь 97
ГОСТ 1435-74

Мат.	Материал	Материал
У	0,24	1:1
Лист 1	Лист 1	Лист 1
Маш. завод №12		

Рис. 230. Чертеж детали

Конструкторские документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на *проектные* (техническое предложение, эскизный проект и технический проект) и рабочие (рабочая документация).

ГОСТ 2.102—68 установлены следующие наименования конструкторских документов в зависимости от способа их выполнения и характера использования:

оригиналы — документы, выполненные на любом материале и предназначенные для изготовления по ним подлинников;

подлинники — документы, оформленные установленными подписями и выполненные на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с них копий;

дубликаты — копии подлинников, обеспечивающие идентичность воспроизведения подлинника, выполненные на любом материале, позволяющем снятие с них копий;

копии — документы, выполненные способом, обеспечивающим их идентичность с подлинником (дубликатом), и предназначенные для непосредственного использования при разработке, в производстве, эксплуатации и ремонте изделий;

эскизные документы — предназначены для разового использования в производстве (документы макета, стенда для лабораторных испытаний и др.). В зависимости от способа выполнения и характера использования эскизные документы носят такие же наименования, как и основные документы (чертежи).

Рабочими чертежами называют чертежи, содержащие в совокупности с техническими условиями все необходимые данные для изготовления и контроля изделия. Каждый чертеж изделия выполняют на отдельном листе формата, установленного ГОСТ 2.301—68. На каждом чертеже и на каждом листе чертежа, если она выполняется на нескольких листах, помещают основную надпись и дополнительные графы к ней в соответствии с ГОСТ 2.104—68 (рис. 231).

Основную надпись располагают в правом нижнем углу чертежа. На листах формата 11 основную надпись располагают вдоль короткой стороны листа. Графы формы 1 на рис. 231 обозначены числами, заключенными в скобки. В графах основной надписи указывают: в графе 1 — наименование изделия; в графе 2 — обозначение чертежа; в графе 3 — обозначение материала детали; в графе 4 — литеру, присвоенную данному документу; в графе 5 — массу изделия; в графе 6 — масштаб чертежа; в графе 7 — порядковый номер листа, если их несколько; в графе 8 (на первом листе) — общее количество листов; в графе 9 — наименование или различительный индекс предприятия; в графе 10 — характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ; в графе 11 — фамилии лиц, подписавших документ; в графе 12 — подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11; в графе 13 — даты подписания чертежа; в графах 14—18 помещают графы таблицы изменений; в графе 19 — инвентарный номер подлинника; в гра-

The form is divided into several sections:

- Top Section:** Contains fields for signature (20), inventory number of original (21), inventory number of duplicate (22), signature of duplicate receiver (23), document designation (24), and corresponding document designation (25).
- Left Margin:** Contains a vertical table for recording document reception and duplication.
- Bottom Section:** Contains a horizontal table for recording document reception and duplication.

Dimensions: 287 (height), 185 (width).

Рис. 231. Основная надпись. Форма 1

фе 20 — подпись лица, принявшего подлинник в отдел (бюро) технической документации, и дату приемки; в графе 21 — инвентарный номер подлинника, взамен которого выпущен данный подлинник; в графе 22 — инвентарный номер дубликата; в графе 23 — подпись лица, принявшего дубликат в отдел (бюро) технической документации, и дату приемки; в графе 24 — обозначение документа, взамен или на основании которого выпущен данный документ; в графе 25 — обозначение соответствующего документа,

в котором впервые записан данный документ; в графе 26 — обозначение документа, повернутое на угол 180° для формата 11 и для форматов больше 11 при расположении основной надписи вдоль длинной стороны листа и на 90° для форматов больше 11 при расположении основной надписи вдоль короткой стороны листа; в графах 27—30 — данные, заполняемые заказчиком; в графе 31 — подпись лица, копировавшего чертеж; в графе 32 — обозначение формата листа; в графе 33 — обозначение зоны, в которой находится изменяемая часть предмета.

Графы, выполненные штриховыми линиями, вводятся в случае необходимости.

Пример заполнения основной надписи чертежа приведен на рис. 230. Внимательно рассматривая этот рисунок, можно убедиться в том, что рабочий чертеж детали, принадлежащей пневматическому молотку, по своему содержанию и оформлению значительно отличается от тех учебных чертежей, с которыми учащиеся имели дело в начертательной геометрии и проекционном черчении.

Рабочий чертеж выявляет не только форму детали и ее размеры, он содержит целый ряд дополнительных сведений, необходимых для ее изготовления. Так, вслед за размерами $\varnothing 22$ и 28 нанесено условное обозначение допуска — $g 6$; в скобках приведены предельные отклонения от номинальных размеров 22 и 28 ; разность между предельными отклонениями образует допуск на изготовление стержня и головки детали (золотника-зубила).

Вслед за размером 45 , указывающим глубину цилиндрического сверления, нанесен допуск, равный $\pm 0,2$ мм; это значит, что глубина сверления может находиться в пределах от $45,2$ до $44,8$ мм.

Вверху чертежа нанесен знак шероховатости с параметром $Rz 40$, указывающим высоту неровностей профиля в мкм по десяти точкам. Такая неровность соответствует 3-му классу шероховатости; она должна быть выдержана для большинства поверхностей детали. Знак, поставленный в скобках, означает, что некоторые части детали должны иметь иную шероховатость поверхности, это относится к торцовой поверхности головки ($Rz 20$, 4-й класс шероховатости) и к цилиндрическим поверхностям стержня и головки детали ($Ra 0,63$), что соответствует 8-му классу шероховатости. Этот параметр определяет среднее арифметическое отклонение профиля в мкм (обозначение Ra на чертежах не наносится).

Внизу чертежа над основной надписью помещены технические требования.

При выполнении учебных чертежей допустимы некоторые упрощения, в частности, разрешается выполнять на одном листе несколько чертежей деталей и сборочный чертеж, при этом каждый чертеж выполняют на стандартном формате, окаймляя его рамкой шириной 5 мм. Сборочный чертеж располагают в правой нижней части листа, поле для подшивки, основную надпись по

форме 1 и дополнительные графы выполняют один раз на листе независимо от количества размещенных на нем чертежей; на каждом чертеже детали помещают упрощенную надпись известной формы (см. рис. 15).

На рис. 232 приведен пример рабочего чертежа литой детали (учебный чертеж).

Очевидно, что для выполнения чертежей, приближающихся по содержанию и оформлению к рабочим чертежам, учащимся необходимо изучить целый ряд правил и условностей, применяющихся при выполнении рабочих чертежей деталей, имеющих различное назначение и особенности устройства (резьбовые изделия, зубчатые колеса, пружины и т. д.). Необходимо ознакомиться с различными способами соединения деталей в сборочные единицы, изучить правила и условности, применяющиеся при составлении сборочных чертежей.

Знание правил и условностей, установленных государственными стандартами на чертежи, позволит учащимся понимать изображения изделий, т. е. научиться чтению машиностроительных чертежей.

Таковы задачи, стоящие перед учащимися, при изучении этого основного раздела курса

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Что называют изделием? Перечислите виды изделий.
2. Какое изделие называют деталью?
3. Приведите производственный пример комплекса.
4. Перечислите виды конструкторских документов.
5. Как подразделяются конструкторские документы в зависимости от стадии разработки?
6. Какой чертеж называют подлинником?
7. Занесите в рабочую тетрадь эскизы основных надписей с размерами.

Глава XVII

ИЗОБРАЖЕНИЯ — ВИДЫ, РАЗРЕЗЫ И СЕЧЕНИЯ

§ 67. НАЗНАЧЕНИЕ И РАСПОЛОЖЕНИЕ ВИДОВ

В соответствии с ГОСТ 2.305—68 изображения на чертежах подразделяются на виды, разрезы и сечения.

Видом называют изображение обращенной к наблюдателю видимой части поверхности предмета. Проецирование ведется на шесть граней куба (рис. 233, а). Изображение, получающееся при проецировании на фронтальную плоскость проекций 1, главное. Предмет располагают перед фронтальной плоскостью так,

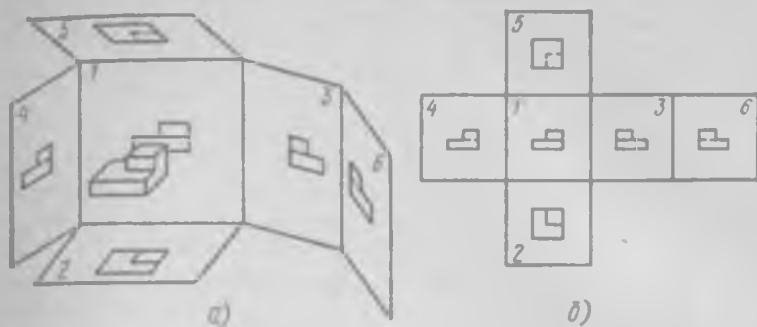


Рис. 233. Расположение видов на комплексном чертеже

чтобы главное изображение давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета при наилучшем использовании поля чертежа. Это изображение называют видом спереди или главным видом. Остальные виды называют (рис. 233, б): 2 — вид сверху; 3 — вид слева; 4 — вид справа; 5 — вид снизу; 6 — вид сзади. Вид сзади можно располагать также рядом с видом справа.

Изображение деталей на шести основных плоскостях проекций применяется сравнительно редко; обычно бывает достаточно меньшего количества видов.

Если отдельные детали не могут быть показаны на основных видах без искажения их формы и размеров, то применяют дополнительные виды на плоскостях, не параллельных основным плоскостям проекций. На примере колена трубы с патрубком (рис. 234) показано, как поступают в подобных случаях: вместо вида сверху, на котором фланец патрубка изобразился бы с искажением, строят дополнительный вид *А* путем проецирования на фронтально-проецирующую плоскость, параллельную плоскости фланца, при этом очертания фланца и его отверстий изображаются

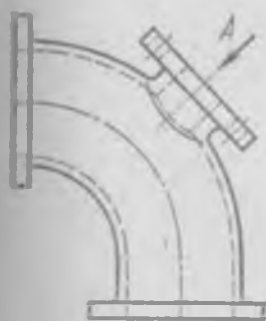


Рис. 234. Дополнительный вид *А*

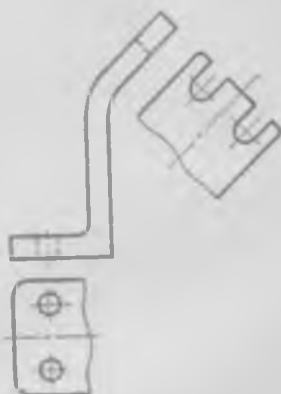


Рис. 235. Дополнительный вид (без надписи)

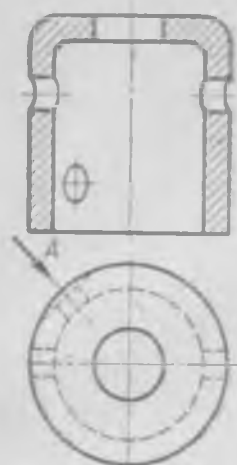


Рис. 236. Дополнительный вид с поворотом

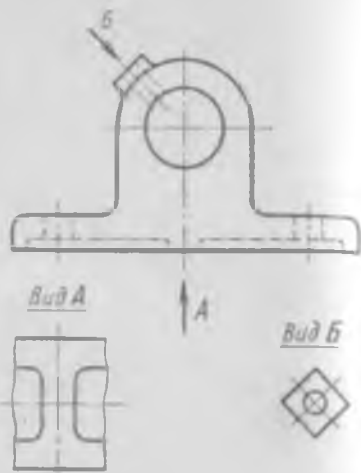


Рис. 237. Местные виды

без искажения. Изображение подписывают: *Вид А*; шрифт буквенных обозначений принимают при этом приблизительно в 2 раза крупнее шрифта цифр размерных чисел на данном чертеже; надпись подчеркивают тонкой сплошной линией.

В тех случаях, когда дополнительный вид расположен в непосредственной проекционной связи с соответствующим изображением, стрелку и надпись над видом не наносят (рис. 235).

В случае необходимости дополнительный вид разрешается поворачивать, но с сохранением, как правило, положения, принятого для данной детали на главном виде (рис. 236). Для ясности к названию вида добавляют слово *повернуто*.

Изображение отдельного, узкоограниченного места на поверхности детали называют *местным видом* (рис. 237). С помощью вида *А* на чертеже выяснена опорная поверхность подшипника, закругленные части выемок; с помощью вида *Б* выяснена форма бобышки. Как видно, местный вид можно показывать с проведением линий обрыва и без них, если дается вид на какой-нибудь отдельный элемент детали (бобышку, фланец и т. п.). Оформление местных видов аналогично оформлению дополнительных видов. Размеры стрелок, указывающих направление взгляда на дополнительных и местных видах, приведены на рис. 238.

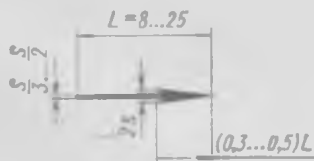


Рис. 238. Форма и размеры стрелки

В § 61 были рассмотрены разрезы, для образования которых применялась одна секущая плоскость. В зависимости от положения секущей плоскости относительно горизонтальной плоскости проекций разрезы подразделялись на горизонтальные, вертикальные и наклонные.

Горизонтальные разрезы образуются в результате пересечения детали плоскостью, параллельной горизонтальной плоскости проекций (рис. 239). Разрез *А—А* применен на чертеже с целью упрощения вида сверху. Этим путем удалось избежать построения верхнего конца пагрубка, окружности торца которого проецируются в виде эллипсов. На чертеже проведена разомкнутая линия *А—А* со стрелками, определяющими направление взгляда; над разрезом нанесена надпись *А—А* с тонкой чертой внизу.

Вертикальные разрезы образуются в результате пересечения детали плоскостью, перпендикулярной к горизонтальной плоскости проекций, т. е. с помощью горизонтально-проецирующей, фронтальной или профильной плоскости. На рис. 240 применен фронтальный разрез для выявления формы отверстий в подшипнике коленчатого вала. На рис. 241 приведен вертикальный разрез кулака. Секущая профильная плоскость совпадает с плоскостью симметрии кулака, в связи с чем на чертеже не отмечено положение секущей плоскости, а сам разрез не подписан. Поскольку разрез получен с помощью профильной плоскости, то его называют *профильным*.

Следует обратить внимание на условность изображения усиливающих ребер, имеющихсся в средней части кулака. Секущая плоскость перерезала эти ребра, однако на разрезе они не заштрихованы. Так поступают всегда, когда секущая плоскость проходит *вдоль* тонких стенок, усиливающих ребер, сплошных деталей — болтов, стержней, рукояток и т. п.,

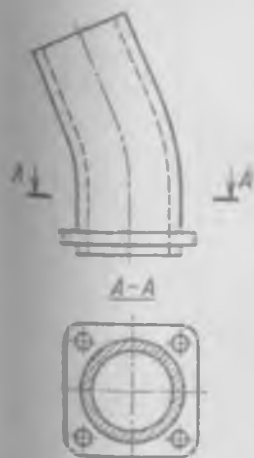


Рис. 239. Горизонтальный разрез (поперечный)

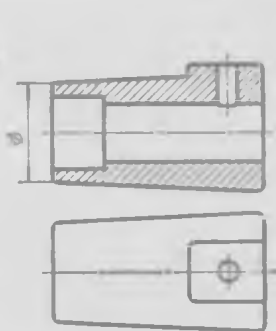


Рис. 240. Фронтальный разрез (продольный)

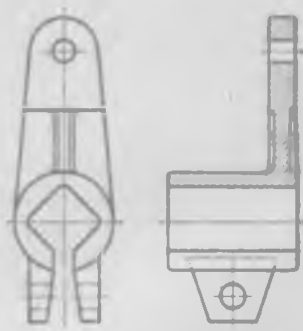


Рис. 241. Профильный разрез (продольный)



Рис. 242. Соединение части вида с частью разреза

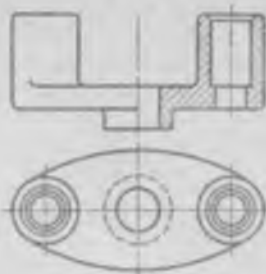


Рис. 243. Соединение половины вида с половиной разреза

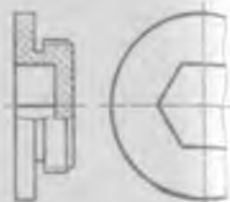


Рис. 244. Соединение части вида с частью разреза

которые при продольном разрезе показываются нерассеченными.

В рассмотренных примерах секущие плоскости пересекали всю деталь. В ряде случаев более целесообразно соединять часть вида и часть разреза, разделяя их сплошной волнистой линией.

На фронтальном разрезе поводка рейки топливного насоса (рис. 242) верхнюю часть детали целесообразно показать без разреза с тем, чтобы отобразить окружность фаски. Соединение вида с разрезом желательно и на втором изображении детали, поскольку секущая профильная плоскость, проведенная через ось верхнего отверстия, не пересекает основную часть детали.

Для симметричных деталей в качестве разделяющей линии принимают не сплошную волнистую линию, а штрихпунктирную тонкую, являющуюся осью симметрии изображения. Подобное соединение половины вида с половиной разреза применено на фронтальном разрезе муфты (рис. 243). При этом штриховые линии невидимого контура на виде, как правило, не наносят, да в них и нет надобности, поскольку на правой части изображения аналогичные линии показаны сплошными основными. На главном виде муфты применено соединение вида с фронтальным разрезом; вид и разрез разграничены тонкой штрихпунктирной линией.

Бывают случаи, когда для симметричных деталей целесообразно дать не соединение половины вида с половиной разреза, а соединение вида с разрезом, разграничив их сплошной волнистой линией (рис. 244). Так поступают в случае, если на ось симметрии проецируется какое-либо ребро детали.

Кроме горизонтальных и вертикальных разрезов применяют наклонные. Наклонным называют разрез, образованный секущей плоскостью, которая составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, отличный от прямого (рис. 245). Как видно, секущая плоскость $A-A$ в данном примере является фронтально-проецирующей.

Разрезы подразделяются на продольные и поперечные. Если секущая плоскость направлена вдоль длины или высоты пред-

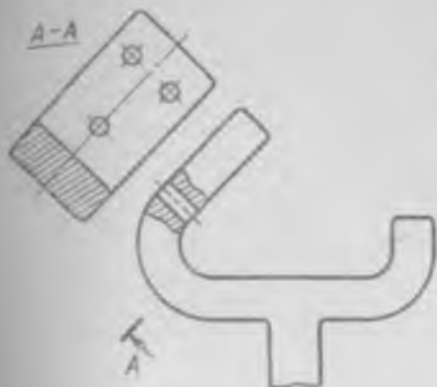


Рис. 245. Наклонный разрез

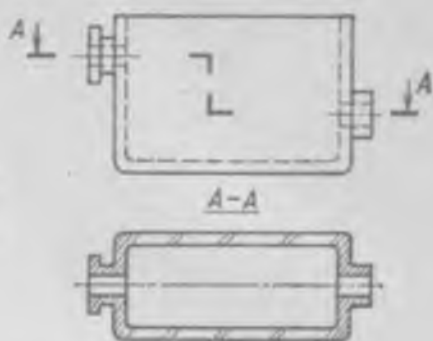


Рис. 246. Ступенчатый разрез

мета, то разрез называют *продольным* (см. рис. 241). Если секущая плоскость направлена перпендикулярно к длине или высоте предмета, то разрез называют *поперечным* (см. рис. 239).

Разрезы, образованные с помощью одной секущей плоскости, называют простыми. Если в образовании разрезов участвует несколько плоскостей, то они называются сложными. Все рассмотренные выше разрезы являлись простыми.

Сложные разрезы подразделяются на ступенчатые и ломанные. *Ступенчатые* разрезы образуются с помощью параллельных секущих плоскостей (рис. 246). В данном примере разрез образован с помощью двух параллельных горизонтальных плоскостей $A-A$. На главном виде показывают «ступень» — переход от одной горизонтальной плоскости к другой. Переход от одной секущей плоскости к другой на разрезе никак не отражают. Буквенные обозначения наносят обычно только у концов разомкнутой линии. Полное название разреза — сложный ступенчатый горизонтальный разрез.

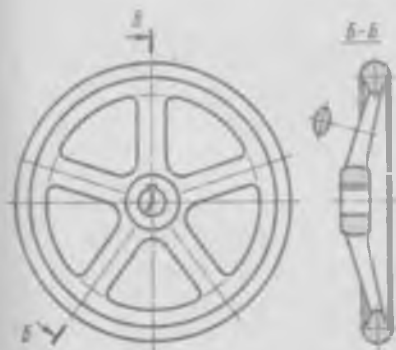


Рис. 247. Ломанный разрез

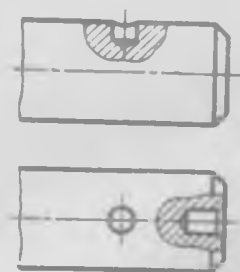


Рис. 248. Местные разрезы

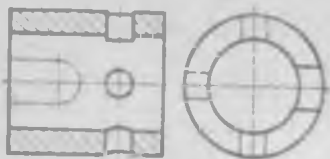


Рис 249 Изображение от падающих при разрезе элементов

Ломаные разрезы образуются с помощью плоскостей, пересекающихся между собой не под прямым углом (рис. 247). Нижнюю секущую плоскость *Б* мысленно поворачивают в направлении, указанном стрелкой, до совмещения с верхней секущей плоскостью *Б*; обе плоскости при этом становятся профильными. Полное название разреза — сложный ломаный профильный разрез. Место пересечения

разомкнутых линий отмечают утолщенными штрихами. Сложные разрезы надписывают так же, как простые.

Рассматривая профильный разрез, замечают, что правые ребра маховика на разрезе не изображены. Стандарт разрешает изображать не все, что расположено за секущей плоскостью, особенно если элементы детали проецируются искаженными. Количество и расположение спиц поясняют с помощью сечения.

Иногда разрезы применяют для выяснения устройства предмета в отдельном, узкоограниченном месте, в связи с чем их называют *местными* (рис. 248). Местные разрезы выделяют на виде сплошной волнистой линией, которая не должна совпадать с какими-либо линиями изображения.

В отдельных случаях применяют соединение четверти вида и четвертей трех разрезов.

При построении разрезов иногда бывает необходимым показать тот или иной элемент детали, отпадающий при разрезе, т. е. находящийся между глазом наблюдателя и секущей плоскостью. Втулка (рис. 249) имеет три отверстия и вырез в верхней части. Чтобы отразить вырез и особенно его закругленную часть, форму выреза показывают на фронтальном разрезе, используя для обводки установленную ГОСТ 2.303—68 штрихпунктирную утолщенную линию «наложенной проекции». Толщина обводки этой линии принимается от $s/2$ до $2/3s$, длина штрихов — от 3 до 8 мм, расстояние между штрихами — от 3 до 4 мм.

§ 69 СЕЧЕНИЯ

С сечениями учащиеся встречались при построении истинной формы фигуры сечения (см. рис. 195). Такое «косое» сечение строится с помощью метода перемены плоскостей проекций, на что указывают приведенные обозначения. Подобные сечения называют *вынесенными*. Кроме вынесенных, применяют *наложенные* сечения (рис. 250). Такие сечения накладывают на одно из основных изображений предмета, в данном случае на главный вид крюка. В этом примере сечение заменяет один из необходимых видов; изображение при наличии сечения становится однозначным.

Наложенные сечения обводят тонкими сплошными линиями толщиной от $s/3$ до $s/2$; линии контура вида не прерывают. Налож-

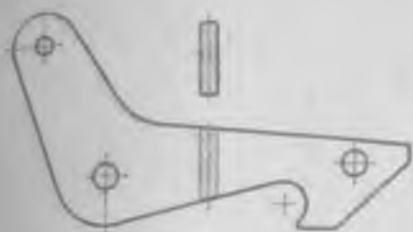


Рис. 250. Сравнение наложенного и вынесенного сечений



Рис. 251. Вынесенное сечение

женные сечения менее желательны, чем вынесенные. В данном примере горизонтальные линии фигуры сечения почти совпали с наклонными линиями контура крюка, что не способствует ясности чертежа. Для сравнения сверху изображено вынесенное сечение.

На рис. 251 приведено вынесенное сечение полуоси машины. Как видно из чертежа, для симметричных сечений, располагаемых вблизи от основного изображения, не требуется разомкнутой линии и надписи над сечением. В этих случаях линию сечения проводят штрихпунктирной линией.

Для несимметричных сечений, располагаемых в разрыве, или наложенных, линию сечения со стрелками проводят, но буквенных обозначений не наносят (рис. 252).

На производственных чертежах секущие плоскости выбирают так, чтобы получать нормальные сечения. Придерживаясь этого условия, для некоторых деталей приходится строить два или несколько отдельных сечений (рис. 253).

При построении сечений применяется одно отступление от общего правила. В том случае, если секущая плоскость проходит через ось поверхности вращения, ограничивающей отверстие или углубление, кроме контура отверстия или углубления, показывают контур самой детали, как при разрезе (рис. 254); для плоскогранных углублений контур детали не показывают (см. шпоночный паз).

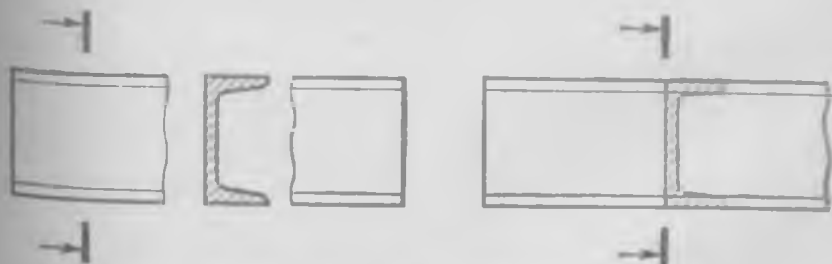


Рис. 252. Оформление несимметричных сечений

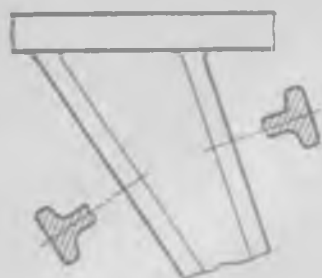


Рис. 253. Сечение двух направлений

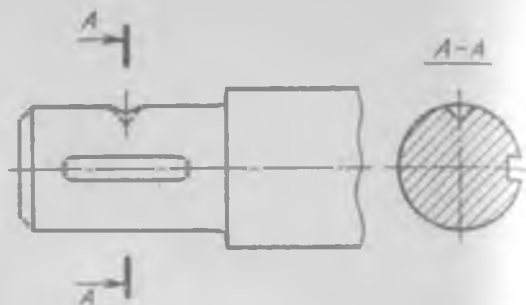


Рис. 254. Применение исключения из общего правила

При некруглых отверстиях, для того чтобы избежать распада сечения на отдельные самостоятельные части, следует применять не сечение, а разрез.

Иногда секущую плоскость заменяют секущей цилиндрической поверхностью, развертываемой затем в плоскость (см. ГОСТ 2.305—68).

В заключение следует сказать, что мысленное рассечение предмета при построении разреза и сечения относится только к данному разрезу или сечению и не влечет за собой изменений других изображений того же предмета.

§ 70. ОБОЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ЧЕРТЕЖАХ (ГОСТ 2.306—68)

В машиностроении и строительстве применяется большое количество различных материалов. Для придания наглядности чертежам введены условные графические обозначения материалов в разрезах и сечениях, а в некоторых случаях и на видах (фасадах).

Условные графические обозначения материалов по ГОСТ 2.306—68 приведены на рис. 255, где 1 — металлы и твердые сплавы; 2 — неметаллические материалы, в том числе волокнистые и плитные (прессованные), за исключением указанных ниже; 3 — древесина поперек волокон; 4 — древесина вдоль волокон; 5 — фанера; 6 — ксилолит, плиты древесностружечные, древесноволокнистые и т. п.; 7 — бетон неармированный; 8 — бетон армированный; 9 — кладка из кирпича строительного и специального, клинкера, керамики, terracotta, искусственного и естественного камней любой формы и т. п.; 10 — стекло и другие прозрачные материалы; 11 — жидкости; 12 — грунт; 13 — глина (в качестве конструктивного материала); 14 — песок, асбестоцемент, гипсовые изделия, лепнина, замазка, штукатурка, раствор, абразив и т. п.; 15 — засыпки; 16 — волокнистые немонолитные материалы (вата, стекловата, войлок и т. п.); 17 — сетки; 18 —

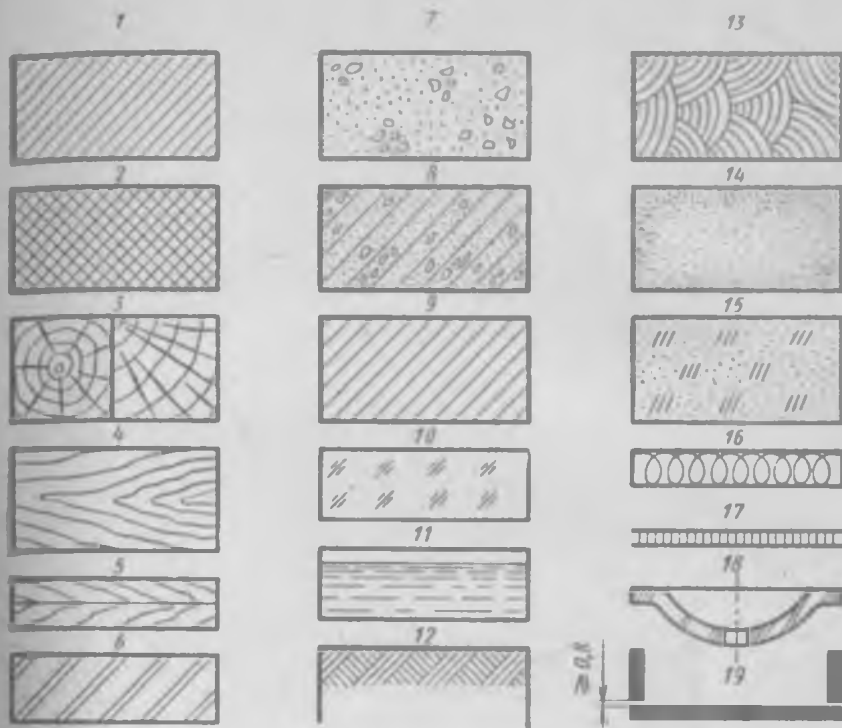


Рис. 255. Условные графические обозначения материалов

изображения изделий (например, штампованных, вальцованных и др.), имеющих узкие и длинные площади сечений, ширина которых на чертеже составляет от 2 до 4 мм; такие сечения рекомендуется штриховать полностью только на концах и у контуров отверстий; остальную площадь сечения заштриховывают небольшими участками в нескольких местах; штриховку при этом наносят от руки; 19 — разные материалы при ширине площади менее 2 мм.

Штриховка в разрезах и сечениях выполняется в виде параллельных прямых линий, проводимых под углами 45° к линиям рамки чертежа. Наклон линий может быть принят как вправо, так и влево, но для всех разрезов и сечений, относящихся к одной и той же детали, — в одну сторону. Если линии штриховки совпадают по направлению с линиями контура или осевыми линиями, то вместо угла 45° допускаются линии штриховки проводить под

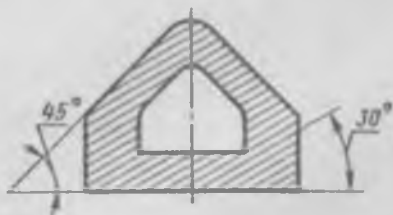


Рис. 256. Пример отступления от общего правила при штриховании

углами 30 или 60° (рис. 256). Как уже указывалось, расстояния между линиями штриховки принимают в пределах от 2 до 10 мм в зависимости от величины площади штриховки и материала.

Для металлов и большинства неметаллических материалов расстояния между линиями штриховки должны быть одинаковыми. Для армированного бетона и каменных кладок эти расстояния должны быть примерно вдвое большими. Для древесины, фанеры, неармированного бетона, стекла, глины, песка, засыпок и волокнистых материалов линии условных обозначений должны выполняться от руки; частично от руки выполняют условное обозначение армированного бетона.

Обозначение материалов на видах (фасадах) приведены в разделе строительного черчения.

§ 71. ВЫНОСНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

В ряде случаев на чертежах целесообразно применять так называемые *выносные элементы*. Выносным элементом называют дополнительное, отдельное, обычно увеличенное, изображение какой-либо части детали, требующей графического и других пояснений в отношении формы и размеров элемента (рис. 257). Часть детали, которую хотят пояснить, обводят на основном виде окружностью или овалом и обозначают римской цифрой на полке линии-выноски. В выносном элементе эту часть детали изображают в более крупном масштабе, приводят подробности, которые не могли быть указаны на основном виде, и наносят размеры, если нужно. Римскую цифру и масштаб выносного элемента записывают, как указано на чертеже.

Выносные элементы могут отличаться от основного вида своим содержанием, т. е. основное изображение может быть видом,

а выносной элемент — разрезом. Выносные элементы следует располагать возможно ближе к основному изображению.

В приведенном примере с помощью первого выносного элемента, имеющего местный разрез, показано цилиндрическое углубление диаметром 4 мм и глубиной 3,5 мм, указано расстояние от оси углубления до опорной поверхности детали. С помощью второго выносного элемента, также имеющего местный разрез, показано коническое углубление с углом 90° и глубиной 2 мм, указано

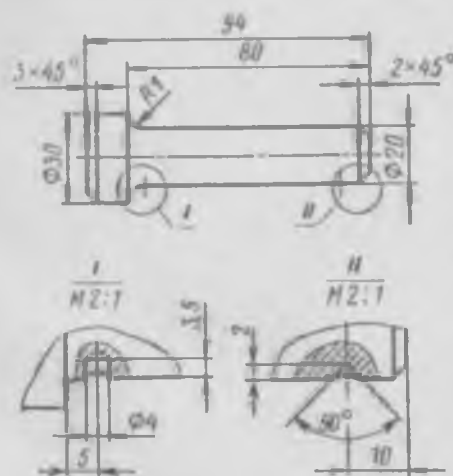


Рис. 257. Выносные элементы

расстояние от оси углубления до правого торца детали. На основном виде эти элементы детали не показаны совсем из-за недостатка места, показаны только их осн. Масштаб увеличения $M2:1$ позволил изобразить углубления достаточно ясно. В этом заключается ценность выносных элементов.

§ 72. УСЛОВНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ НА ЧЕРТЕЖАХ ДЕТАЛЕЙ

Для экономии времени, затрачиваемого на выполнение чертежей, и места на листах чертежной бумаги детали симметричной формы нередко вычерчивают на отдельных видах не полностью, а до оси симметрии или немного дальше (рис. 258, а). При этом также обрывают размерные линии, но записывают сверху их полные размеры ($\varnothing 115$; 80).

Возможен иной путь экономии времени и бумаги. Ту же крышку люка можно начертить в одном виде (рис. 258, б), снабдив его указаниями о количестве и диаметре отверстий и о толщине детали (s8).

Для сокращения чертежной работы ГОСТ рекомендует вычерчивать не все элементы детали, если они одинаковые и равномерно или симметрично расположены на детали. На рис. 258, б использована эта рекомендация и вместо четырех отверстий начерчено одно с соответствующим указанием о количестве отверстий; центровые линии и размеры показывают, где в крышке должны быть просверлены отверстия. Допускается еще условность: вместо всего колеса штурвала можно начертить только часть его, изобразив часть ступицы и обода и полностью одну спицу; о количестве спиц следует сделать соответствующее указание (рис. 259).

Для сокращения количества изображений рекомендуется вместо второго вида чертить только контур отверстия шкивов и зубчатых колес (рис. 260, а) или контур пазов на валах (рис. 260, б).

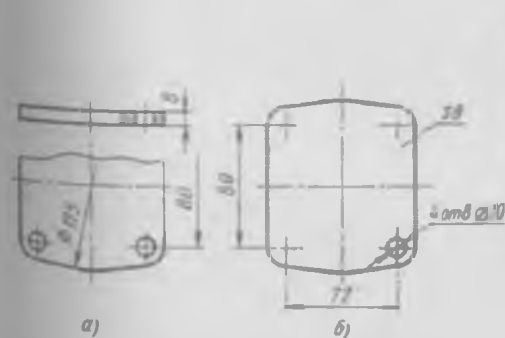


Рис. 258. Упрощение на чертежах

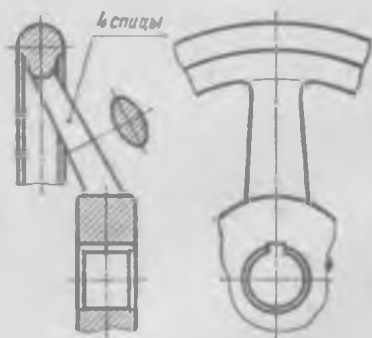


Рис. 259. Изображение части детали с поясняющей надписью

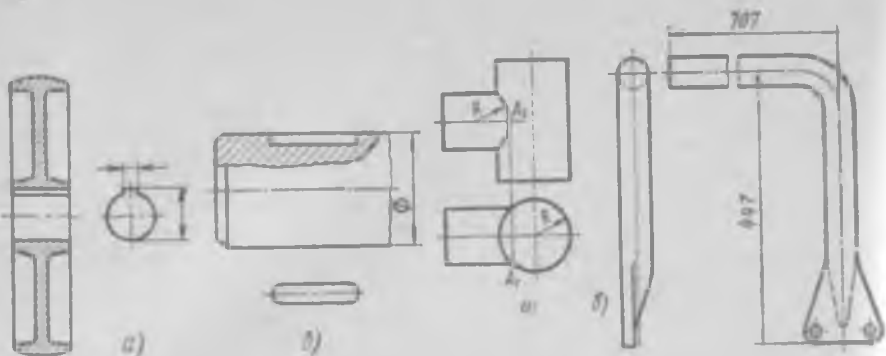


Рис. 260. Примеры упрощения чертежей

Рис. 261. Примеры сокращения чертежной работы и габаритов изображения

На рис. 260, б показано еще одно упрощение, заключающееся в отказе от изображения линий пересечения паза с валом. При незначительном смещении кривых относительно контура детали они заменяются прямыми. При значительных смещениях кривых относительно контуров их заменяют дугами окружности, причем при пересечении цилиндров разных диаметров радиус кривой пересечения принимают равным радиусу большого цилиндра (рис. 261, а). Удобство этого способа в том, что центр дуги находят, не проецируя точку А. На рис. 261, б показано уменьшение размеров чертежа путем применения разрыва верхней части детали.

Упрощенно вычерчивают линии «среза» (рис. 262). Вместо того чтобы строить гиперболу, получающуюся в результате пересечения конической поверхности детали плоскостью λ , проводят прямую, касающуюся двух окружностей. Кривизна правой дуги определяется в результате пересечения шаровой части детали плоскостью λ , кривизна левой дуги выбирается произвольно с учетом характера получающейся в данном случае линии «среза».

Плавный переход одной поверхности в другую, осуществляемый третьей сопрягающей поверхностью (рис. 263, а), изобра-

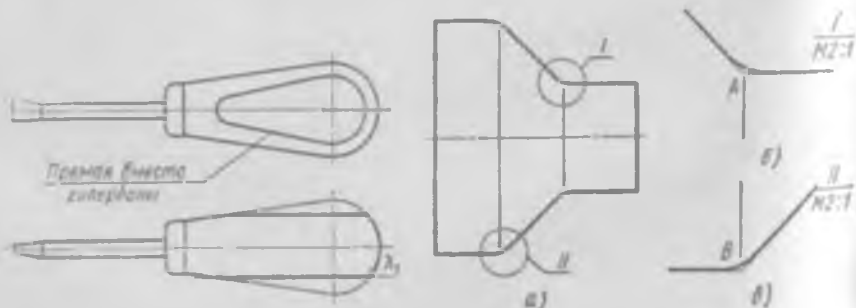


Рис. 262. Пример упрощения чертежа — отказ от точного изображения линий «среза»

Рис. 263. Пример применения воображаемых линий перехода



Рис. 264. Упрощенное изображение ступицы

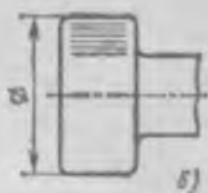
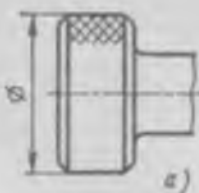
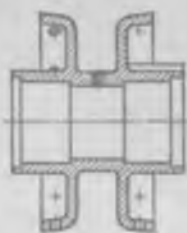


Рис. 265. Упрощенное изображение накатки

жают с помощью линии перехода. Линию перехода проводят тонкой сплошной вместо линии разграничения (см. § 58); линия является условной, не существующей на поверхности детали. Эту линию обычно не доводят до кривой, останавливаясь в точке *A*, где пересекаются продолженные линии контура (рис. 263, б), или в точке *B*, равноотстоящей от кривой с противоположной стороны (рис. 263, в).

Для более удобного размещения изображений длинных деталей и сохранения достаточно крупного масштаба применяют условный разрыв детали, показанный выше на рис. 261, б.

Для удобства изображения мелких элементов деталей (отверстий, фасок и др.), а также тонких пластин, если их размеры равны 2 мм или менее, рекомендуется отступать от принятого масштаба и немного укрупнять изображение. Малую конусность или уклон также следует несколько увеличивать.

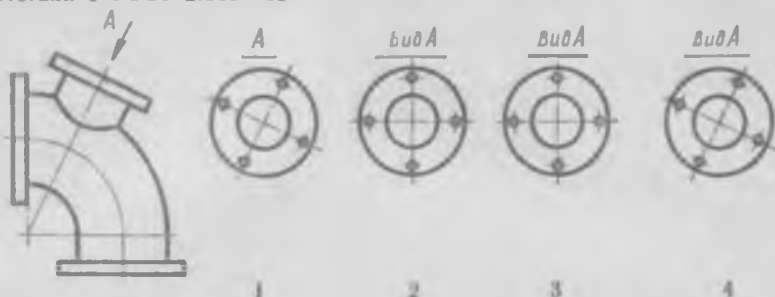
В тех случаях, когда уклон или конусность отчетливо не выявляются, допускается не проводить вторую линию. Пример этой условности показан на чертеже ступицы (рис. 264). При этом упрощается также изображение отверстий: выходы их на коническую поверхность на виде справа не строят. Вместо большинства отверстий наносят лишь центровые линии.

При изображении деталей с накаткой, орнаментом, сеткой эти элементы показывают только частично и упрощенно (рис. 265, а). Рисунок сетчатой накатки на цилиндрической головке проецируется в виде сужающихся к контурам ромбов, однако их вычерчивают, не считаясь с сужением, в виде ромбов или квадратов равной величины. Прямые линейной накатки наносят также на равных расстояниях друг от друга (рис. 265, б).

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Как подразделяются применяющиеся на чертежах изображения?
2. Как оформляют изображения, называемые видом по стрелке?
3. Какое изображение называют местным видом?
4. Какой разрез называют сложным? Как подразделяются сложные разрезы?
5. В каком случае разрез называют продольным, поперечным?

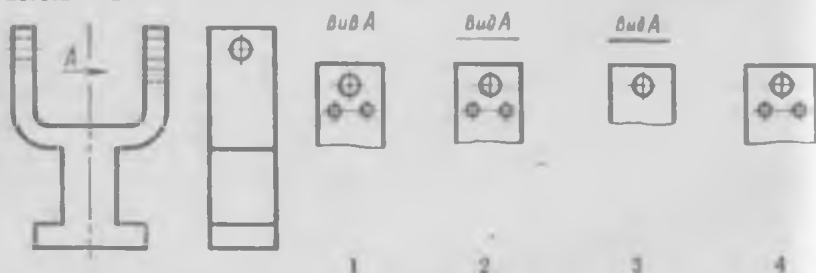
Который дополнительный вид выполнен и оформлен в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



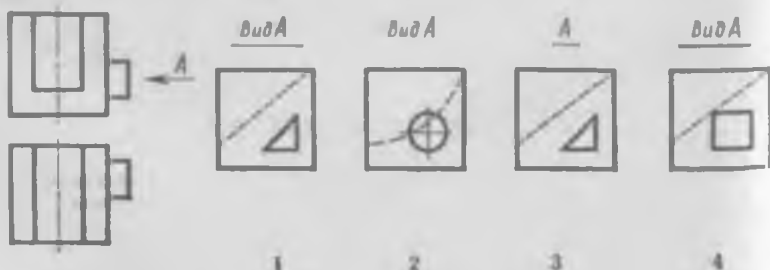
Который дополнительный вид выполнен и оформлен в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



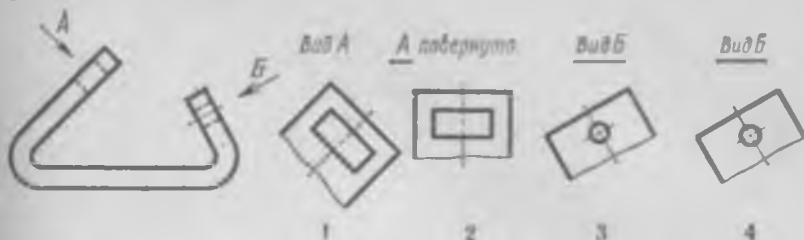
Который дополнительный вид выполнен и оформлен в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



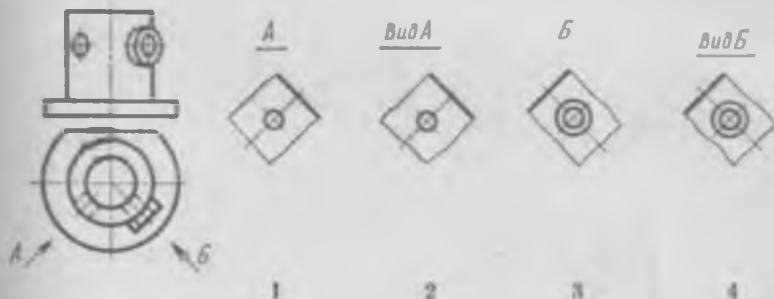
Который дополнительный вид выполнен и оформлен в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



Который дополнительный вид выполнен и оформлен в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



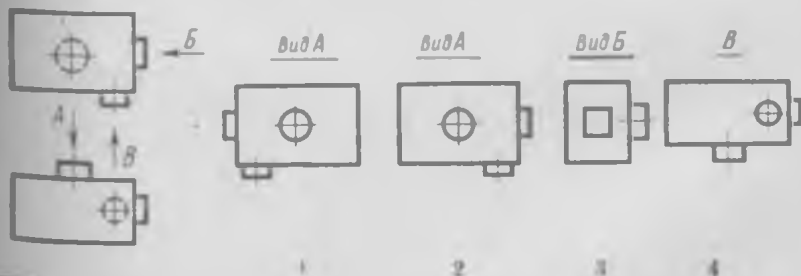
Который дополнительный вид выполнен и оформлен в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



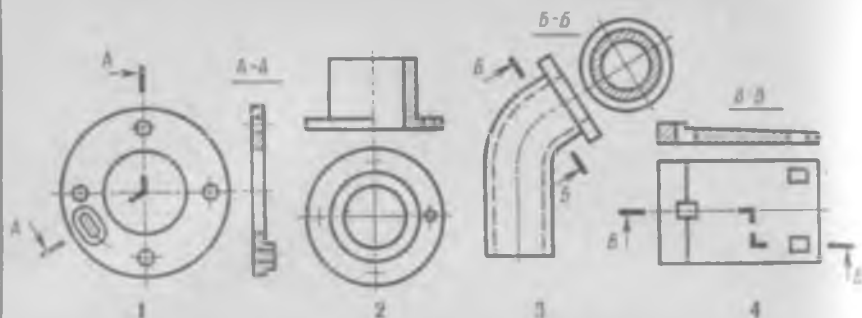
Который дополнительный вид выполнен и оформлен в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



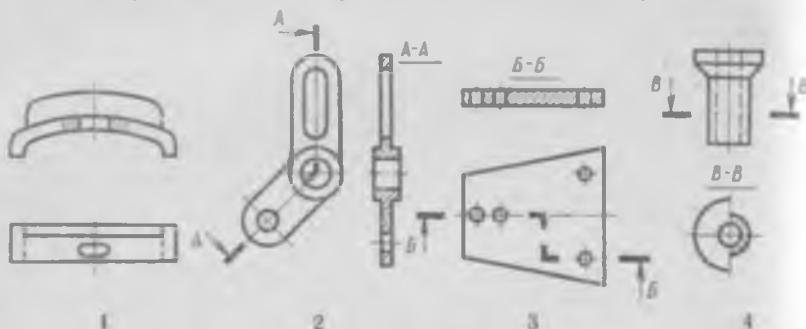
Который дополнительный вид выполнен и оформлен в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



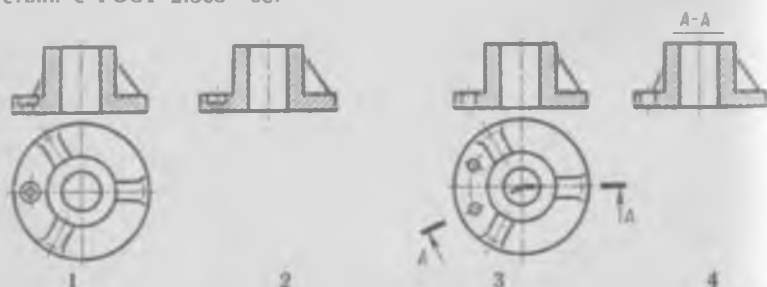
На котором из четырех чертежей построен наклонный разрез?



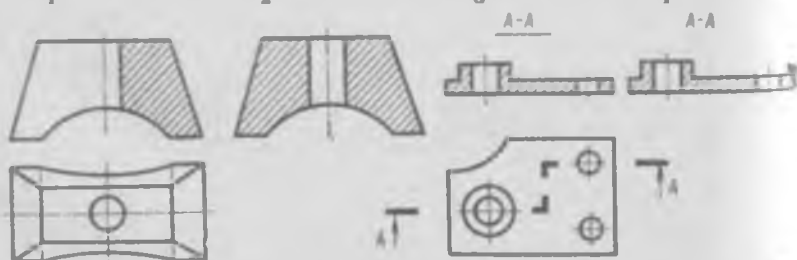
На котором из четырех чертежей построен ломаный разрез?



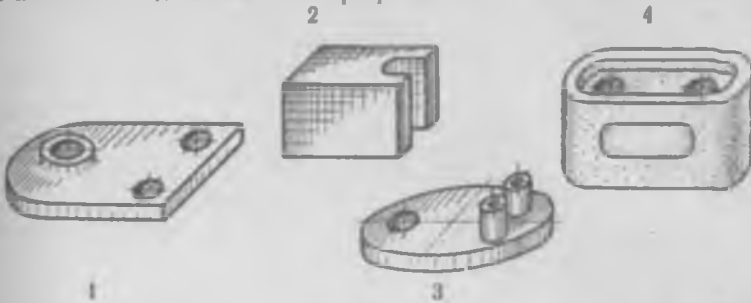
Который из четырех разрезов выполнен и оформлен в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



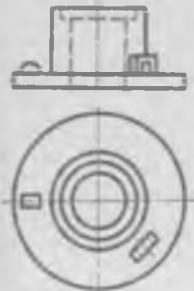
Который из четырех разрезов выполнен с нарушением ГОСТ 2.305—68?



Для которой из четырех деталей целесообразно применить соединение половины вида с половиной разреза?



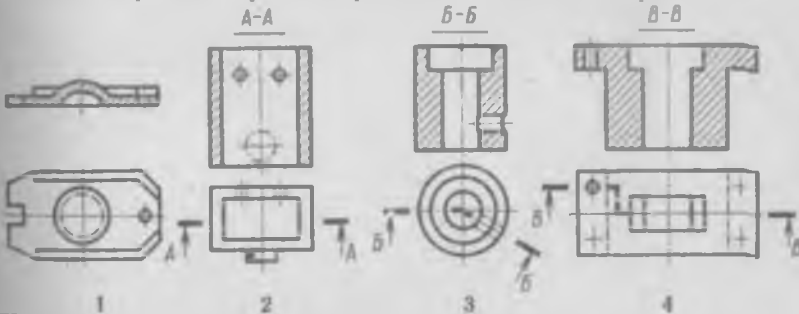
Какой из четырех разрезов следует применить для детали, изображенной на чертеже?



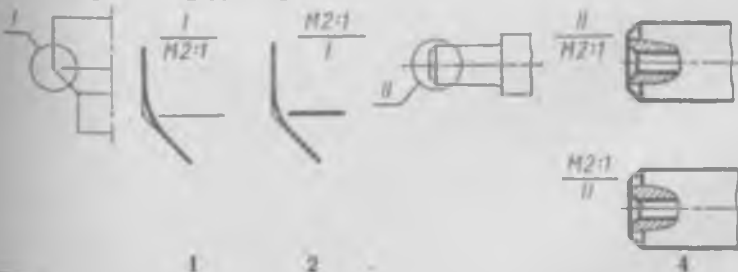
Ступенчатый
Фронтальный
Ломанный
Наклонный

1
2
3
4

На котором из чертежей применена «наложенная проекция»?



Какой из выносных элементов выполнен и оформлен в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



Судя по сечениям, определить, которое изделие изготовлено из наименее прочного материала



1



2



3



4

Которое из четырех сечений выполнено с нарушением правил ГОСТ 2.305—68?



1



2

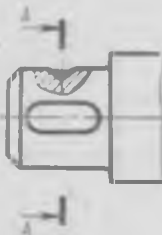


3



4

Которое из четырех сечений выполнено и оформлено в полном соответствии с ГОСТ 2.305—68?



1



2

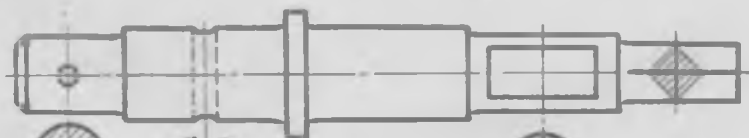


3



4

Которое из четырех сечений выполнено с нарушением правил ГОСТ 2.305—68?



1



2

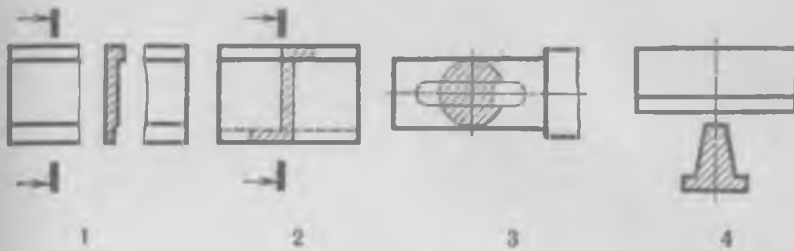


3

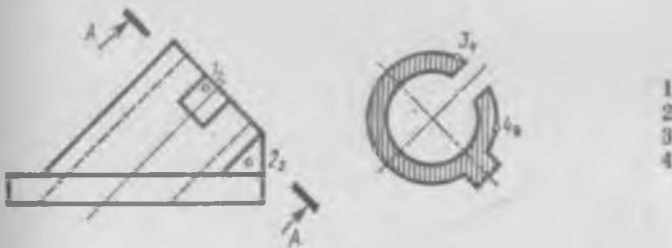


4

Которое из четырех сечений выполнено с нарушением правил ГОСТ 2.305—68?



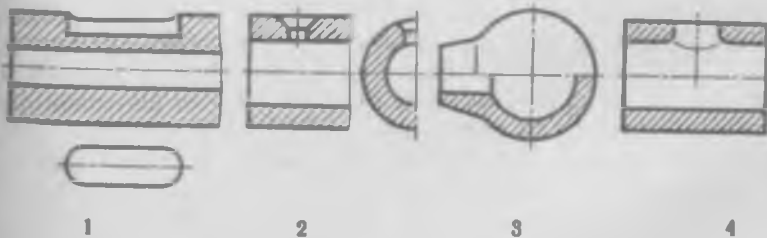
Которая из четырех точек расположена ближе других к наблюдателю?



Которая из четырех точек расположена ближе других к наблюдателю?



На котором чертеже не использована возможность упрощенного изображения части детали по ГОСТ 2.305—68?



6. Какой разрез называют местным? Как его оформляют?
7. В чем заключается условность при изображении в разрезе болтов, заклепок, шариков, зубьев, тонких стенок и др.?
8. В каком случае при разрезах применяют линии «наложенной проекции»?
9. Линиями какой толщины обводят сечения: наложенные, вынесенные и расположенные в разрыве между частями одного и того же вида?

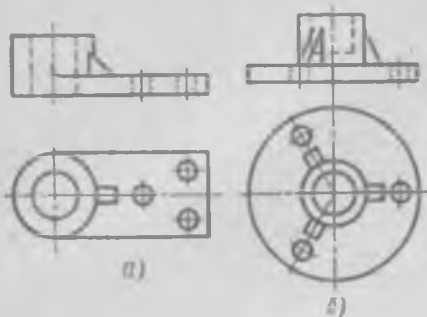


Рис 266 Примеры для упражнений

10. В каком случае сечения изображают по типу разрезов?
11. Чем отличаются условные обозначения металлов в разрезах и сечениях от условного обозначения кирпичных и других кладок?
12. С какой целью применяют выносные элементы?
13. Какие наиболее распространенные упрощения применяют при составлении чертежей?
14. Какие линии называют ображаемыми линиями перехода? Как их вычерчивают?
15. Как вычерчивают на чертежах накатку, рифление и другие подобные элементы деталей?
16. Постройте ступенчатый разрез детали, изображенной на рис. 266, а.
17. Постройте ломаный разрез детали, изображенной на рис. 266, б.
18. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 35 и 36, 37 и 38, 39 и 40.

Глава XVIII

РЕЗЬБЫ И РЕЗЬБОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ

§ 73. ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ ВИНТОВАЯ ЛИНИЯ

Винтовые линии — это пространственные кривые или, как говорят, линии двоякой кривизны. Они образуются в результате сложного движения точки, равномерно скользящей по образующей какой-нибудь поверхности вращения, когда эта образующая сама равномерно вращается вокруг оси заданной поверхности.

В технике наиболее распространена цилиндрическая винтовая линия (гелнса). Лист бумаги, имеющий форму прямоугольного треугольника ABC (рис. 267, а), обертывают вокруг цилиндра, при этом гипотенуза треугольника образует цилиндрическую винтовую линию. Если длина катета AC будет равна длине окружности ld , то точка B расположится на той же образующей, на которой находится точка A . Получится полный оборот винтовой линии вокруг цилиндра. Если гипотенуза AB будет продолжена, то на цилиндре от точки B начнется второй оборот винтовой линии. Из чертежа видно, что развертка винтовой линии является прямой, длина которой для полного оборота равна гипотенузе AB . Отрезок образующей цилиндра $A'B' = BC = h$ называют шагом вин-

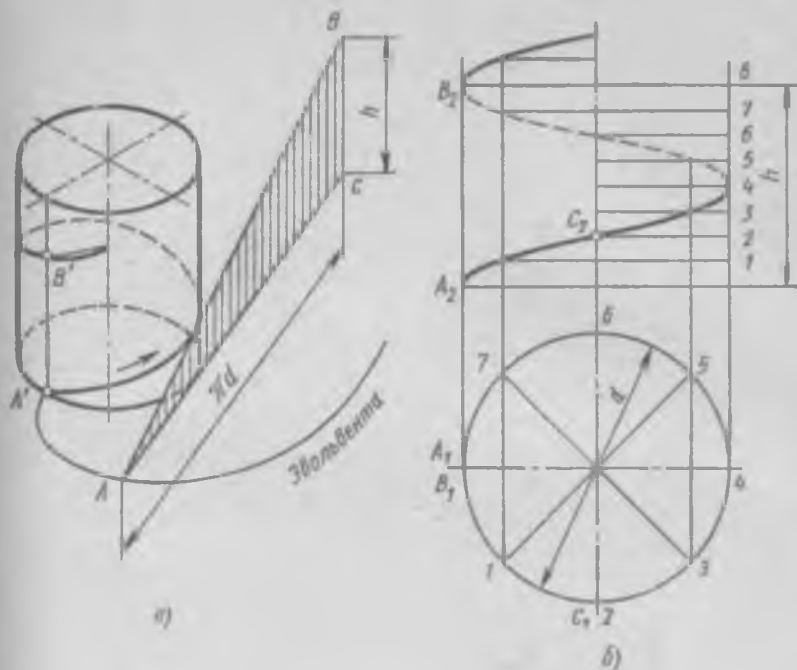


Рис. 267. Винтовая цилиндрическая линия

товой линии. В данном случае изображена правая винтовая линия.

Если бумагу навернуть на цилиндр в обратном направлении, то получится левая винтовая линия. Если вместо бумажного листа взять негнущийся чертежный угольник, то, перекатывая его по цилиндру, получится винтовая линия, при этом конечная точка A опишет эвольвенту окружности — плоскую кривую, известную из геометрического черчения.

Цилиндрическую винтовую линию задают обычно диаметром цилиндра d и шагом h (рис. 267, б). Для ее построения делят окружность основания на равные части и через точки деления проводят образующие цилиндра. На то же количество частей делят шаг. В остальном поступают так же, как и при построении синусоиды. В данном случае фронтальная проекция винтовой линии есть сжатая синусоида. Ветви кривой должны плавно сопрягаться между собой в точках B_2 , 4 и др. Точку C_2 кривой называют точкой перегиба.

§ 74. ВИНТОВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

В разделе начертательной геометрии были рассмотрены наиболее распространенные в технике поверхности кругового цилиндра, кругового конуса, шара, прямой призмы, пирамиды. Эти по-



Рис. 268. Пример винтового цилиндрионда — сверло по дереву

верхности являются не только наиболее распространенными, но и наиболее простыми по своему образованию. Наряду с такими поверхностями в технике применяются поверхности более сложного образования: цилиндрионд, коноид, наклонный геликоид и винтовой цилиндр круглого нормального сечения. Для образования этих поверхностей в качестве направляющих часто используются винтовые линии. Поверхности, образованные с помощью винтовых линий, называют винтовыми поверхностями.

Цилиндронд. Поверхность цилиндрионда образуется при перемещении прямой образующей линии по двум кривым направляющим при условии, что эта образующая все время остается параллельной некоторой заданной плоскости параллелизма (плоскости направления). Цилиндронд подобного образования используется при конструировании и изготовлении отвалов плугов, в кузовостроении и при устройстве сводов.

Несколько иначе, с использованием винтовой линии, образуется поверхность винтового цилиндрионда, применяющаяся при конструировании и изготовлении режущих инструментов (рис. 268).

Конноид. Поверхность конноида образуется при перемещении образующей по двум направляющим, из которых одна — кривая, другая — прямая линия; образующая перемещается, оставаясь все время параллельной заданной плоскости параллелизма.

Для образования поверхности винтового конноида строят цилиндрическую винтовую линию 09 (рис. 269, а); образующая перемещается по этой винтовой и по ее оси, оставаясь все время параллельной горизонтальной плоскости (плоскости параллелизма). Если винтовой конноид расsection цилиндром, имеющим с конноидом общую ось и меньший диаметр, то при пересечении получится винтовая линия того же шага. Часть поверхности,

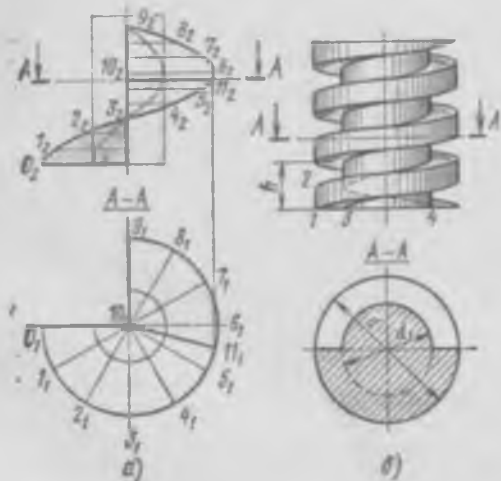


Рис. 269. Винтовой конноид и его применение

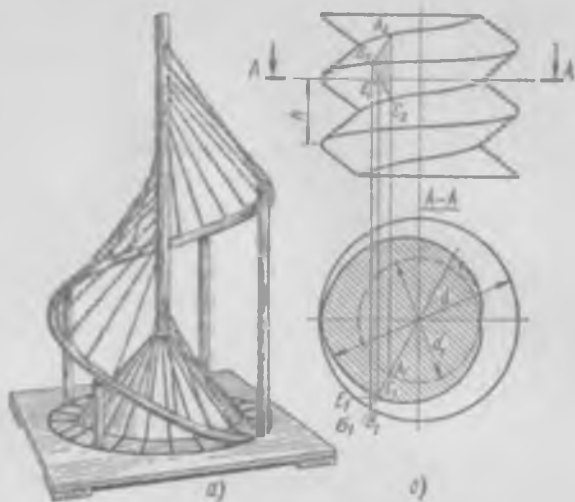


Рис. 270. Наклонный геликоид и его применение

заклученной между винтовыми линиями, называется кольцевым коноидом (горизонтальная проекция имеет вид кольца). Любое сечение коноида плоскостью $A-A$, параллельной плоскости параллелизма, является прямой линией (прямая $10-11$).

Винтовой коноид применяют в прямоугольных резьбах (рис. 269, б). Для изображения винта строят ряд винтовых линий различных диаметров (1 и 2 для большого диаметра d , 3 и 4 для малого — d_1). На чертеже построен разрез винта горизонтальной плоскостью $A-A$. Винтовой коноид применяют также в транспортирующих устройствах (шнеки), при устройстве винтовых лестниц, въездов в многоэтажные гаражи (пандусы) и т. д.

Наклонный геликоид. Образование этой поверхности аналогично образованию винтового коноида: образующая перемещается по винтовой линии и по ее оси, оставаясь все время параллельной последовательным образующим прямого кругового конуса (рис. 270, а). Если высоту направляющего конуса принять равной нулю, то наклонный геликоид превратится в винтовой коноид. Таким образом, винтовой коноид есть частный случай, наклонного геликоида; образующие винтового коноида перпендикулярны к оси поверхности, в связи с чем эту поверхность иначе называют прямым геликоидом.

Наклонный геликоид так же как и прямой, широко используется в резьбах. Для образования резьбы треугольного профиля (рис. 270, б) применяют два наклонных геликоида, имеющих обратный наклон образующих. По заданным диаметрам d и d_1 и шагу h строят две винтовые линии; к их фронтальным проекциям проводят касательные прямые. Таким образом, изображение на плоскости Π_2 получается с закругленными углами.

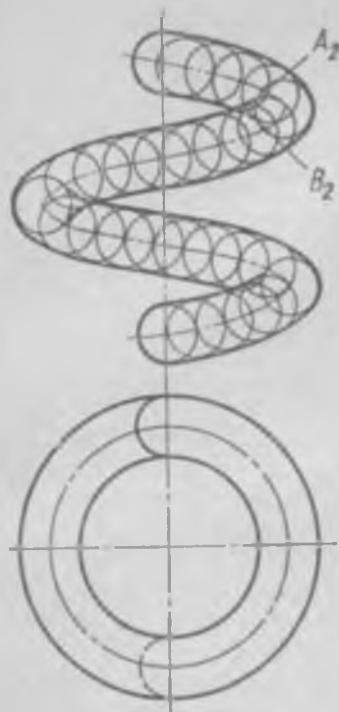


Рис. 271. Пример винтового цилиндра — змеевик, пружина

Для получения сечения горизонтальной плоскостью $A-A$ проводят горизонтально-проецирующие плоскости. На чертеже проведена одна такая плоскость σ . Точки, в которых эта плоскость пересекает винтовые линии, определяют треугольное сечение ABC . Пересечение треугольника $A_1B_1C_1$ с линией сечения $A-A$ позволяет определить точку E_1 , а по ней — E_2 на горизонтальной проекции σ_1 плоскости σ . Получившееся сечение винта ограничено двумя ветвями спирали Архимеда. В связи с последним наклонный геликоид иногда называют архимедовым геликоидом.

Винтовой цилиндр круглого нормального сечения. Эта поверхность может быть образована двояко. В обоих случаях в качестве направляющей линии используется винтовая. По винтовой линии перемещается образующая окружность, причем центр ее скользит по винтовой, а плоскость окружности во все время движения остается перпендикулярной (нормальной) к винтовой. Для изображения поверхности более удобно пользоваться вторым способом

образования поверхности с помощью сферы, центр которой скользит по винтовой линии. Проекции перемещающейся сферы изображаются на комплексном чертеже в виде ряда окружностей, касательно к которым должны быть проведены огибающие кривые (рис. 271). Оба способа образования поверхности винтового цилиндра известны, так как они аналогичны способам образования тора. На фронтальной проекции очерка поверхности при известном соотношении радиуса винтовой линии, шага и радиуса образующей окружности появляются точки возврата A_1, B_1 и др., встречавшиеся ранее при изображении наклонно расположенного кругового кольца.

Поверхность винтового цилиндра круглого нормального сечения встречается в змеевиках и пружинах. Меридианное сечение поверхности представляет собой кривую, похожую на эллипс. В практике технического черчения ее условно заменяют окружностью.

§ 75. ПРОФИЛИ РЕЗЬБ

На рис. 269, б и 270, б изображены стержни с резьбой. Каждый встречался в жизни с резьбовыми изделиями. Практически резьбы изготавливаются нарезанием их на цилиндрических или конических

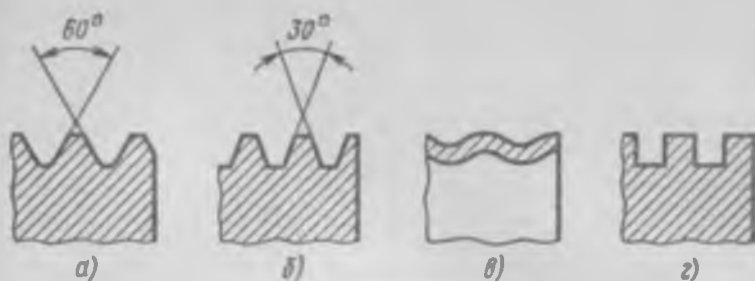


Рис. 272. Типы резьб

(с малой конусностью) стержнях (наружные резьбы) или в цилиндрических и конических отверстиях (внутренние резьбы). Наружная резьба может изготавливаться также накатыванием на резьбо-накатных станках.

В зависимости от профиля канавки, образующейся при нарезании или накатке, резьбы бывают (рис. 272): *а* — треугольные, *б* — трапецидальные, *в* — упорные с углом 33° , круглые и *г* — прямоугольные. В промышленности наиболее распространены резьбы треугольного профиля с углом 60° , которые называются метрическими.

Метрические резьбы отличаются большой прочностью и применяются для скрепления деталей друг с другом, поэтому их часто называют крепежными. Угол профиля 60° применяют также в конической дюймовой резьбе.

Резьбы трапецидального профиля с углами 30 и 33° применяют для передачи движения в металлорежущих станках, в домкратах и других механизмах. Их называют ходовыми резьбами. Треугольные резьбы с закругленными вершинами и с углом профиля, равным 55° , отличаются большой плотностью; они применяются как

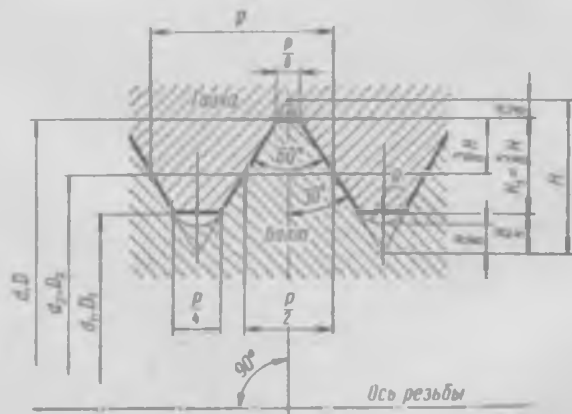


Рис. 273. Метрическая резьба по СТ СЭВ 180—75

Таблица 7

Диаметры и шаги метрических резьб по СТ СЭВ 181—75 (выдержка)

Размеры в мм

Диаметр резьбы d			Шаг резьбы P									
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	круп- ный	мелкий								
				6	4	3	2	1,5	1,25	1	0,75	0,5
4			0,7									0,5
5			0,8									0,5
6			1								0,75	0,5
		7	1								0,75	0,5
8			1,25							1	0,75	0,5
		9	(1,25)							1	0,75	0,5
10			1,5					1,25		1	0,75	0,5
12			1,75					1,5	1,25	1	0,75	0,5
	14		2					1,5	1,25	1	0,75	0,5
16			2					1,5		1	0,75	0,5
	18		2,5				2	1,5		1	0,75	0,5
20			2,5				2	1,5		1	0,75	0,5
	22		2,5				2	1,5		1	0,75	0,5
24			3				2	1,5		1	0,75	
		25					2	1,5		(1)		
	27		3				2	1,5		1	0,75	
30			3,5			(3)	2	1,5		1	0,75	
	35					(3)	2	1,5		1	0,75	

Диаметр резьбы			Шаг резьбы P									
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	крупный	мелкий								
				6	4	3	2	1,5	1,25	1	0,75	0,5
36			4			3	2	1,5		1		
	39		4			3	2	1,5		1		
42			4,5		(4)	3	2	1,5		1		
	45		4,5		(4)	3	2	1,5		1		
48			5		(4)	3	2	1,5		1		
	52		5		(4)	3	2	1,5		1		
56			5,5		4	3	2	1,5		1		
	60		(5,5)		4	3	2	1,5		1		
64			6		4	3	2	1,5		1		
	68		6		4	3	2	1,5		1		
		70		(6)	(4)	(3)	2	1,5				
72				6	4	3	2	1,5		1		

Примечания: 1. Диаметры и шаги резьб, заключенные в скобках, по возможности не применять.

2. Резьба $M14 \times 1,25$ применяется только для свечей зажигания.

трубные цилиндрические и конические. Круглые резьбы применяют в электротехнике, в частности для цоколей ламп. Прямоугольную резьбу применяют так же, как и трапецеидальную, в качестве ходовой. Прямоугольная резьба менее прочна и более сложна в производстве, поэтому не стандартизована. На остальные резьбы имеются стандарты, в которых приводятся основные параметры: угол профиля α , шаг резьбы P , высота резьбы H , высота профиля h и др.

В качестве примера на рис 273 в масштабе увеличения приведен номинальный профиль метрической резьбы, установленный СТ СЭВ 180—75. Приведенные на чертеже величины означают: d — наружный диаметр наружной резьбы (болта); D — наружный диа-

Таблица 8

Диаметры и шаги трапецидальных резьб по СТ СЭВ 185—75 (выдержка)

Размеры в мм

Диаметр резьбы d		Шаг резьбы P									
1-й ряд	2-й ряд	2	3	4	5	6	8	10	12	16	20
10		2	3								
12		2	3								
16		2		4							
20		2		4							
	24	2			5		8				
25		2			5		8				
	28	2			5		8				
32			3			6		10			
	36		3			6		10			
40			3			6		10			
	44		3				8		12		
50			3				8		12		
	55		3				8		12		
	60		3				8		12		
63				4				10		16	
	70			4				10		16	
80				4				10		16	
	90				5				12		20
100					5				12		20
120...											

Примечания: 1. При выборе диаметра резьбы предпочтительным является ряд 1.

2. При выборе шага резьбы предпочтительными являются значения, заключенные в рамки.

метр внутренней резьбы (гайки); d_2 — средний диаметр болта; D_2 — средний диаметр гайки; d_1 — внутренний диаметр болта; D_1 — внутренний диаметр гайки; P — шаг резьбы; H — высота исходного треугольника; R — номинальный радиус закругления впадины болта; H_1 — рабочая высота профиля. Форма впадины резьбы болта может быть закругленной или плоскосрезанной. Радиус закругления в первом случае должен быть равен $R = \frac{H}{6} = 0,144P$. Форма впадины резьбы гайки не регламентируется. Высота исходного треугольника принимается равной $H = 0,866P$, рабочая высота профиля равна $H_1 = \frac{5}{8} H = 0,541P$. Эти и другие величины приведены в таблице стандартов с точностью до миллионной доли миллиметра от величины шага резьбы P .

Метрическая резьба по стандарту СТ СЭВ 181—75 подразделяется на резьбу с крупным шагом и на резьбы с мелкими шагами (табл. 7). Так, например, если на стержне диаметром 20 мм требуется нарезать резьбу с крупным шагом, то его надо принять равным 2,5 мм. Резьбы с мелкими шагами для того же стержня будут иметь величины 2; 1,5; 1; 0,75 или 0,5 мм. Эти резьбы выбирают в тех случаях, когда нельзя ослаблять резьбой тонкую стенку детали или нужно получить более плотное соединение деталей. При выборе диаметров резьб по табл. 7 следует предпочитать первый ряд второму, а второй — третьему. Значений шагов, заключенных в скобки, следует избегать. В таблице стандарта имеются данные для диаметров от 1 до 600 мм.

Профиль трапециндальной резьбы установлен стандартом СТ СЭВ 146—75. Размеры трапециндальной резьбы для диаметров от 10 до 320 мм приведены в стандарте СТ СЭВ 185—75 (см. табл. 8). Этими таблицами следует пользоваться при нанесении условных обозначений резьб, а также при определении их размеров во время составления эскизов деталей с натуры. При определении параметров других резьб следует пользоваться таблицами стандартов, приведенными в справочниках, или брать их непосредственно из таблиц соответствующих стандартов.

§ 76. УСЛОВНОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Все резьбы, независимо от их типа, изображаются на чертежах условно по стандарту СТ СЭВ 284—76 (рис. 274). Основная условность заключается в проведении сплошной толстой линии вместо выступов резьбы и тонкой сплошной линии вместо впадин; витки резьбы не изображаются. Границу резьбы упрощенно изображают прямой, перпендикулярной к оси изображения; эта прямая, если она видима, выполняется сплошной толстой линией.

Также изображают наружную резьбу в проекциях стержня на плоскость, перпендикулярную оси резьбы (рис. 275, а): наружную

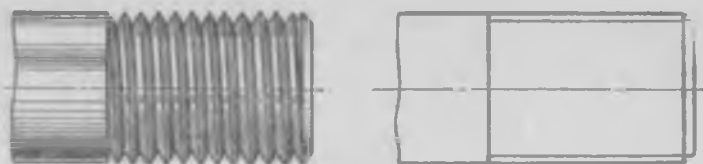


Рис. 274. Упрощенное изображение резьбы

окружность обводят сплошной толстой линией, внутреннюю — незамкнутой тонкой сплошной линией (3/4 окружности); эта линия не должна начинаться и кончаться точно у осевой линии. Расстояние между сплошной тонкой и сплошной толстой линиями должно быть на чертеже не менее 0,8 мм. Ту же условность применяют при изображении внутренних резьб, нарезаемых в сквозных и глухих резьбовых отверстиях (рис. 275, б): выступы резьбы обводят сплошной толстой линией, впадины — сплошной тонкой. Линии штриховки проводят до сплошных толстых линий.

Изображение резьбы стержня отличается от изображения резьбы отверстия тем, что на стержне сплошные толстые линии удалены от оси изображения, а в отверстии, наоборот, приближены к оси. Если отверстие показывают неразрезанным, то линии выступов и впадин проводят штриховыми одинаковой толщины (нижнее изображение). Если резьба нарезана не по всей длине отверстия, то на чертеже ее ограничивают сплошной толстой линией, которую проводят между линиями впадин резьбы, перпендикулярно осевой линии изображения (рис. 276, а). Таким же образом изображают резьбу в глухих резьбовых отверстиях (рис. 276, б). Если по чертежу резьба не выполняется, то допускается условно не показывать наличие разности между глубиной отверстия и длиной резьбы (рис. 276, в). На чертежах конических резьб проводят только видимые наблюдателю окружности (рис. 277, а и б).

Для большей наглядности изображения на чертежах иногда применяют местные разрезы, поясняющие вместе с тем тип резьбы.

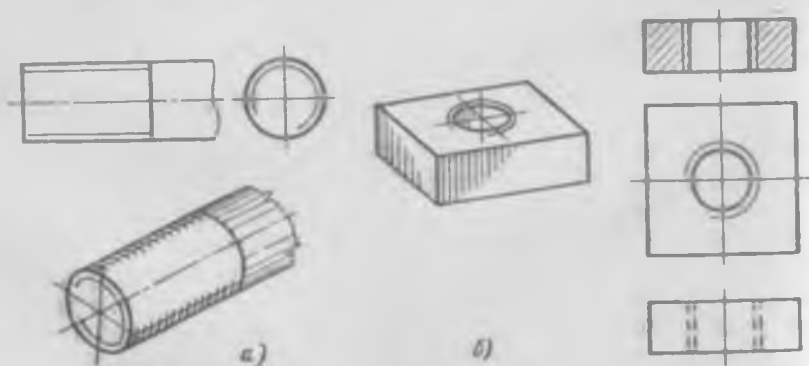


Рис. 275. Условное изображение наружной и внутренней резьб

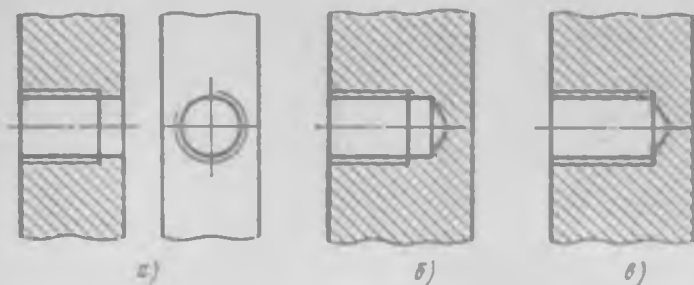


Рис. 276. Условное изображение резьбы в отверстиях

На рис. 278, а показан конец цилиндрического стержня с трапецидальной резьбой. На чертеже местный разрез ограничен линией обрыва. На рис. 278, б профиль прямоугольной резьбы показан на разрезанной детали; в этом случае линию обрыва не проводят. На мелких изображениях, где нет возможности показать в разрезе профиль резьбы, применяют выносные элементы (рис. 278, в). Ту часть детали, которую хотят пояснить, обводят тонкой окружностью или овалом; окружность нумеруют римской цифрой; в стороне, в масштабе увеличения вычерчивают вынесенный элемент; на нем наносят, если нужно, размеры и надписывают сверху, указывая римскую цифру и под тонкой чертой — масштаб увеличения. Для прямоугольных резьб как нестандартных наносят четыре размера: наружный и внутренний диаметры резьбы, ширину впадины и шаг резьбы.

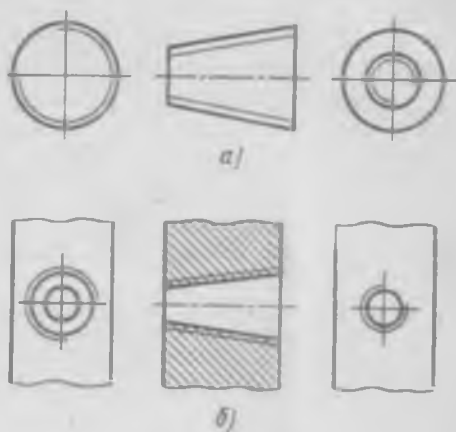


Рис. 277. Условное изображение конических резьб

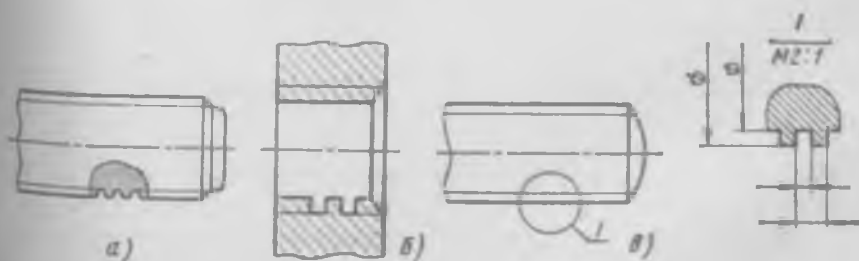


Рис. 278. Приемы выявления профиля резьбы

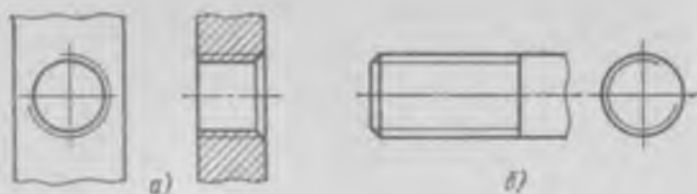


Рис. 279. Отказ от изображения окружности фаски

Концы стержней с метрической резьбой по СТ СЭВ 215—75 могут быть плоскосрезанными, как показано на рис. 275, а, заточенными на конус (рис. 274) и заточенными по шаровой поверхности (рис. 278, в) или по цилиндрической поверхности (рис. 278, а). Наиболее распространенной является коническая заточка — снятие фаски под углом 45° . Условность изображения стержней и отверстий с резьбой и фаской заключается в том, что торцовую окружность фаски, если последняя не имеет специального конструктивного назначения, не изображают в проекции на плоскость, перпендикулярную оси отверстия (рис. 279, а) или стержня (рис. 279, б). Такая условность принята с целью придания большей наглядности изображению резьб. Размеры концов болтов, винтов и шпилек с метрической резьбой установлены стандартом СТ СЭВ 215—75. Ширина Z_1 max фаски или части сферы зависит от величины шага P и принимается равной

P , мм	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2
Z_1 max, мм	1,0	1,2	1,4	1,6	2	2,5	3	3,5	4
P , мм	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	
Z_1 max, мм	5	6	7	8	9	10	11	12	

§ 77. ВЫХОД РЕЗЬБЫ. СБЕГИ, НЕДОРЕЗЫ И ПРОТОЧКИ (СТ СЭВ 214—75)

Как известно, на видах и разрезах граница резьбы изображается сплошной толстой линией (рис. 280, а). В длину нарезанной части l , обычно включают и участок резьбы x , имеющий неполный профиль. На этом участке режущий инструмент выходит из тела детали. Постепенное уменьшение глубины резьбы назы-

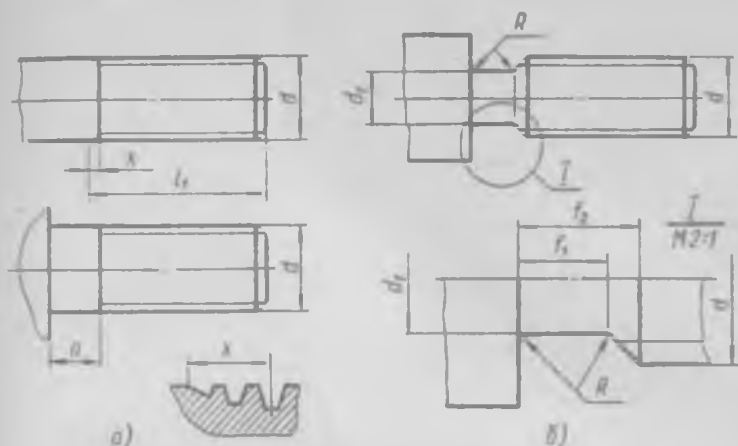


Рис. 280. Сбег, недорезы и проточки для наружной метрической резьбы

вают *сбегом резьбы*. Сбег резьбы показан на нижнем чертеже в крупном масштабе. Если на участке сбega резьбы заранее выточить канавку (рис. 280, б), то при нарезании резьбы режущая часть инструмента выйдет в нее и резьба на всем своем протяжении будет иметь полный профиль. В машиностроении подобные канавки называются *проточками*. На нижнем чертеже проточка изображена в крупном масштабе; проточки бывают нормальные и узкие.

Кроме сбega резьбы для болтов и отверстий различают понятия *недовода* и *недореза* резьбы. *Недоводом* резьбы называют величину ненарезанной части детали между концом сбega резьбы и опорной поверхностью детали. *Недорезом* a (рис. 281, а) называют сумму величин сбega и недовода. Недорез может быть нормальным, коротким и длинным. Величины сбega, недореза и проточки даются в стандарте; они зависят от величины шага резьбы P .

Шаг резьбы P , мм	Номиналь- ный диаметр резьбы d	Сбег нормаль- ный $x_{\max}$	Недорез нормаль- ный $a_{\max}$	Проточка нормальная			
				$f_{1\min}$	$f_{2\max}$	d_1	R
0,8	5	2,0	2,4	1,7	2,8	$d - 1,3$	0,4
1	6	2,5	3,0	2,1	3,5	$d - 1,6$	0,5
1,25	8	3,2	4,0	2,7	4,4	$d - 2$	0,6
1,5	10	3,8	4,5	3,2	5,2	$d - 2,3$	0,75
1,75	12	4,3	5,3	3,9	6,1	$d - 2,6$	0,9
2	14; 16	5,0	6,0	4,5	7	$d - 3$	1,0
2,5	18; 20; 22	6,3	7,5	5,6	8,7	$d - 3,6$	1,25
3	24; 27	7,5	9,0	6,7	10,5	$d - 4,4$	1,5
3,5	30; 33	9,0	10,5	7,7	12	$d - 5$	1,75
4	36; 39	10,0	12,0	9,0	14	$d - 5,7$	2,0

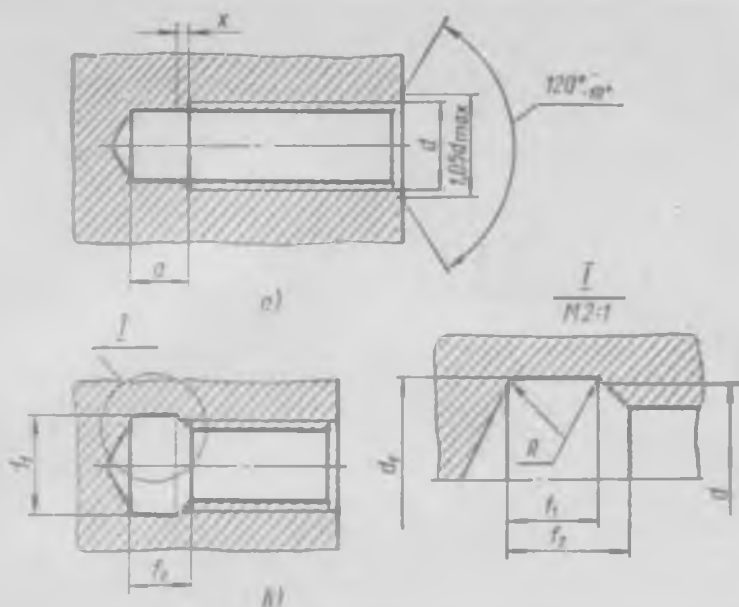


Рис. 281. Сбеги, недорезы и проточки для внутренней метрической резьбы

Сбеги, недорезы и проточки для внутренней метрической резьбы показаны на рис. 281, а и б; их размеры частично приведены ниже

Шаг резьбы P , мм	Номиналь- ный диаметр резьбы d	Сбег нормаль- ный x_{max}	Недорез нормаль- ный e_{min}	Проточка нормальная			
				l_{1min}	l_{2max}	d_1	R
0,8	5	1,6	4,0	3,2	4,2	$d + 0,3$	0,4
1	6	2,0	6,0	4,0	5,2	$d + 0,5$	0,5
1,25	8	2,5	8,0	5,0	6,7	$d + 0,5$	0,6
1,5	10	3,0	9,0	6,0	7,8	$d + 0,5$	0,75
1,75	12	3,5	11,0	7,0	9,1	$d + 0,5$	0,9
2	14; 16	4,0	11,0	8,0	10,3	$d + 0,5$	1,0
2,5	18; 20; 22	5,0	12,0	10,0	13	$d + 0,5$	1,25
3	24; 27	6,0	15,0	12,0	15,2	$d + 0,5$	1,5
3,5	30; 32	7,0	17,0	14,0	17,7	$d + 0,5$	1,75
4	36; 39	8,0	19,0	16,0	20	$d + 0,5$	2,0

§ 78. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ РЕЗЬБ

Условные изображения резьб в большинстве случаев не позволяют судить по чертежу о типе резьбы. Поэтому условные изображения должны быть дополнены условными обозначениями резьб. В условные обозначения для разных резьб входят различные дан-

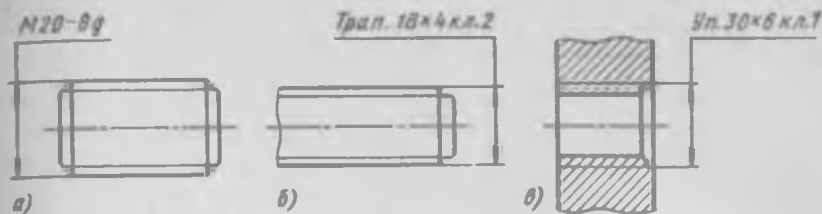


Рис. 282. Условное обозначение метрических и трапецидальных резьб

ные: тип резьбы, номинальный диаметр, обозначение поля допуска, направление резьбы и др. Для метрических, трапецидальных и упорных резьб условное обозначение наносят с помощью обычных размерных линий с двумя стрелками.

На рис. 282, а обозначена метрическая резьба с крупным шагом (номинальный диаметр 20 мм, поле допуска 8g). Величину шага для резьб с крупным шагом указывать не нужно. Для метрических резьб с мелким шагом, кроме диаметра, указывают шаг; разделяют эти две величины знаком умножения по образцу: $M20 \times 0,5$.

На рис. 282, б обозначена трапецидальная резьба с номинальным диаметром 18 мм, шагом 4 мм и с классом точности 2. Класс или степень точности резьбы допускается не включать в обозначение, а помечать на поле чертежа с помощью особой надписи. На чертежах учебного характера обозначение поля допуска или указание о классе точности можно не включать в обозначение резьбы.

На рис. 282, в дан пример обозначения упорной резьбы, имеющей профиль неравнобокой трапеции с углом при вершине $30^\circ \pm 3^\circ = 33^\circ$; номинальный диаметр резьбы 30 мм, шаг 6 мм, класса точности 1.

Для трубной цилиндрической резьбы, а также для конических резьб условное обозначение наносят с помощью одной стрелки. На рис. 283, а показано обозначение трубной цилиндрической резьбы для трубы с условным проходом 25 мм. Из чертежа видно, что наружный диаметр трубы больше диаметра 25,5 мм на толщину двух стенок трубы и равен 33,5 мм. С этой особенностью обозначения трубных резьб надо всегда считаться, чтобы не допустить ошибку в обозначении. Класс точности этой резьбы обозначают буквами А или В.

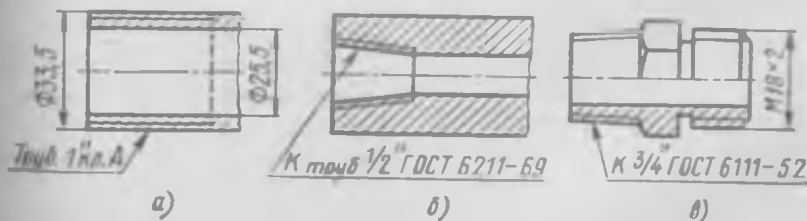


Рис. 283. Условное обозначение конических и трубных резьб

Таблица 9

Обозначение резьб

Тип резьбы	Стандарт	Условные обозначения	В обозначении указывают	Пример обозначения
Метрическая с крупным шагом	СТ СЭВ 181—75	<i>M</i>	Наружный диаметр в мм и поле допуска	<i>M30 — 8g</i>
Метрическая (с мелким шагом)		<i>M</i>	Наружный диаметр и шаг резьбы в мм и поле допуска	<i>M30×2 — 6g</i>
Трапецеидальная	СТ СЭВ 185—75	<i>T_r</i>	Наружный диаметр и шаг резьбы в мм, класс точности	<i>T_r 60×12 кл. 2</i>
Упорная	ГОСТ 10177—62	<i>Уп.</i>	Наружный диаметр и шаг резьбы в мм класс точности	<i>Уп. 40×6 кл. 1</i>
Круглая	СТ СЭВ 307—76	<i>Rd</i>	Диаметр резьбы в мм	<i>Rd 24</i>
Для защитных стекол, рассеивателей и корпусов светильников	ГОСТ 8587—71	<i>A</i>	Диаметр резьбы для предохранительного стекла в мм и номер стандарта	<i>A85 ГОСТ 8587—71</i>
Трубная цилиндрическая	ГОСТ 6357—73	<i>Труб</i>	Условное обозначение резьбы в дюймах	<i>Труб. 1 1/8" кл. А</i>
Трубная коническая (для стальных труб)	ГОСТ 6211—69	<i>К_т уо</i>	Условное обозначение резьбы в дюймах и номер стандарта	<i>К_т уо 3/4" кл. А ГОСТ 6211—69</i>
Коническая дюймовая с углом профиля 60	ГОСТ 6111—52	<i>K</i>	Диаметр резьбы в дюймах и номер стандарта	<i>K 3/4" кл. А ГОСТ 6111—52</i>

На рис. 283, б показано обозначение конической трубной, а на рис. 283, в — конической резьбы.

Для левых резьб по СТ СЭВ 181—75 и СТ СЭ; 185—75 после условного обозначения ставят буквы *LH*, например: *M20LH*; *M64×4LH*.

Многозаходные метрические резьбы должны обозначаться буквой *M*, номинальным диаметром, числовым значением хода и — в скобках — буквой *P* для шага и числовым значением шага, например: *M30×7 (P3, 5)*, что означает — двухзаходная метрическая резьба с крупным шагом 3,5 мм. Для левой резьбы: *M30×7 (P3,5) LH*.

Также обозначаются трапецеидальные многозаходные резьбы, например четырехзаходная — *Tr 25×20 (P5)*; для левой резьбы — *Tr 25×20 (P5) LH*.

Для специальных резьб со стандартным профилем перед обозначением наносят буквы *Sp.*, например *Sp. M66×4*, что означает: резьба специальная метрическая, номинальный диаметр 66 мм, шаг 4 мм. Специальными резьбами называют такие, которые отличаются от стандартных диаметром или шагом (в данном примере — диаметром 66 мм. которого нет в СТ СЭВ 181—75).

В табл. 9 приведены справочные данные о правилах обозначения наиболее распространенных типов резьб.

§ 79. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ РЕЗЬБОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Металлические детали часто соединяют при помощи болта, шайбы и гайки. Две детали — болт и гайка — относятся к резьбовым изделиям. Болтом называют резьбовое изделие, служащее соединительной деталью для разъемного соединения. Болт представляет собой стержень с резьбой для гайки на одном конце и головкой на другом. Гайкой называют резьбовое изделие с нарезанным отверстием для навинчивания ее на болт или шпильку. Болты и гайки вычерчивают и изготавливают по размерам, которые установлены государственными стандартами на эти изделия. Головки болтов бывают шестигранные, полукруглые и потайные. Гайки бывают шестигранные, шестигранные прорезные, корончатые и др. Углы шестигранных головок болтов и гаек обтачиваются на конус под углом около 30° , в связи с чем на их поверхностях образуются кривые пересечения поверхности призмы с поверхностью конуса — гиперболы. В практике при вычерчивании после нахождения характерных точек кривых принято заменять гиперболы дугами окружностей.

Пусть требуется начертить шестигранную головку болта с номинальным диаметром резьбы $d = 24$ мм по ГОСТ 7805—70. По таблице ГОСТ 7805—70 находят, что размер «под ключ» для этой головки должен быть равен $S = 36$ мм, высота головки $H = 15$ мм, диаметр описанной окружности $D = 40,3$ мм, радиус закругления $r = 1,2$ мм. Построение начинают с проведения окружности $D =$

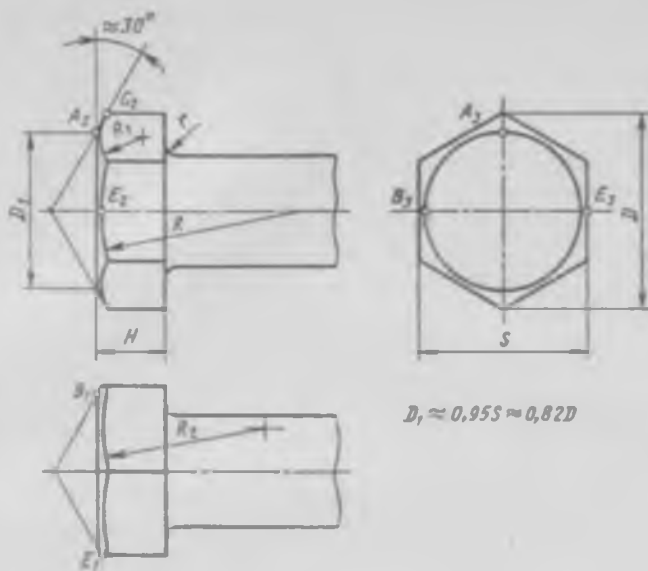


Рис. 284. Вычерчивание головки болта

$\approx 40,3$ мм (рис. 284), в которую вписывают правильный шестиугольник. Это построение позволяет получить размер «под ключ» S . Строят габаритные очертания главного вида и вида сверху. На виде сверху наибольший размер головки будет равен величине S (не сделать ошибку). Определяют диаметр окружности фаски $D_1 = 0,95S$; проводят эту окружность на боковом виде и откладывают соответствующие размеры на двух других видах (точки A_1 , A_2 , B_3 , B_1 и др.). Через полученные точки проводят проекции образующих конуса под углом 30° . Точка C_2 пересечения проекции образующей с проекцией верхнего ребра головки определяет длину ребер и правые точки гипербол. Вершины гипербол находят, пользуясь видом сверху (точка E_1 , в которой проекция образующей конуса пересекает проекцию передней грани головки). Если отсутствует вид сверху, то вершину гиперболы E_2 находят путем проведения вспомогательной окружности (профильной проекции параллели конуса) через точку E_3 . Имея три точки кривой, можно найти центр дуги и провести кривую циркулем. Проще, однако, воспользоваться известными в практике величинами радиусов кривых; радиус R средней кривой на главном виде приблизительно равен диаметру описанной окружности D , радиус R_1 двух других кривых на главном виде равен $0,25D$, радиус R_2 кривой на виде сверху равен $0,8D$ или величине размера «под ключ» S . Разумеется, что размеры этих радиусов на чертеж не наносят.

Таким же путем строят кривые фасок на чертежах шестигранных гаек. Указанный практический прием позволяет строить кривые, не находя вершины гипербол, что особенно ценно в трех слу-

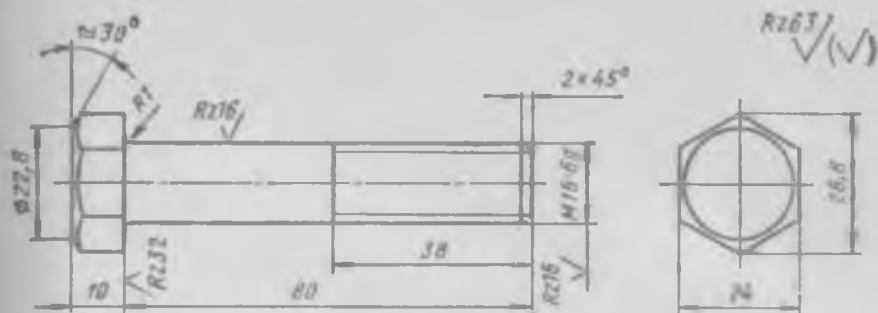


Рис. 285. Чертеж болта

чаях, когда отсутствует вид сверху или тот вид, на котором удобно находится вершина гиперболы.

Болты и гайки различают нормальной и повышенной точности изготовления. Пример оформления чертежа болта с шестигранной головкой повышенной точности изготовления приведен на рис. 285. Числовые величины взяты из ГОСТ 7805—70. Размер внутреннего диаметра резьбы d , (СТ СЭВ 181—75) на рабочих чертежах не указывают. В условное обозначение болтов входят следующие данные: наименование детали, характер исполнения, тип и диаметр резьбы, шаг резьбы (для резьб с мелким шагом), обозначение поля допуска, длина стержня болта, класс прочности, вид покрытия, толщина слоя покрытия и номер размерного стандарта.

Для болтов, изготовленных из углеродистой или легированной стали при различных технологических процессах изготовления, установлены 12 классов прочности: 3.6 (стали марок СтЗкпЗ, СтЗспЗ, 10, 10кп); 4.6 (сталь 20); 4.8 (стали 10, 10 кп); 5.6 (стали 30, 35); 5.8 (стали 10, 10 кп, 20, 20 кп, СтЗкпЗ, СтЗспЗ); 6.6 (стали 35, 45, 40Г); 6.8 и 6.9 (стали 20, 20кп); 8.8; 10.9; 12.9; 14.9. Как видно, класс прочности обозначен двумя числами. Первое число, умноженное на 10, определяет отношение предела текучести к временному сопротивлению в процентах. Произведение этих чисел определяет величину предела текучести в кгс/мм². Так класс прочности 4.8 указывает, что временное сопротивление равно 40 кгс/мм², отношение предела текучести к временному сопротивлению составляет 80%, откуда предел текучести равен 32 кгс/мм².

При указании класса прочности в обозначении болтов, винтов и шпилек точку, отделяющую первое число от второго, опускают. Исполнение I и вид покрытия 00 (без покрытия) в обозначении также не записывают. Для болта, изображенного на рис. 285, получается простое обозначение:

Болт М16×80.48 ГОСТ 7805—70.

Для деталей, класс прочности которых находится в пределах от 8.8 до 14.9, необходимо указывать конкретную марку материала.

Для крепежных деталей ГОСТ 1759—70 установлены 12 видов покрытий: 00 — без покрытия, 01 — цинковое с хромированием,

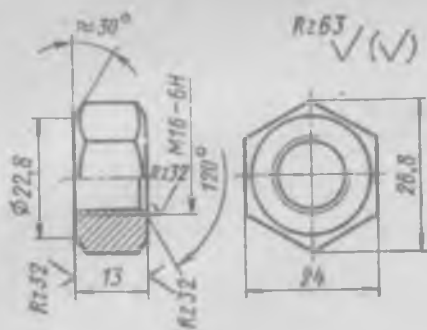


Рис. 286 Чертеж гайки

02 — кадмиевое с хромированием, 03 — многослойное — медь-никель, 04 — многослойное — медь-никель-хром, 05 — окисное, 06 — фосфатное с промасливанием, 07 — оловянное, 08 — медное, 09 — цинковое, 10 — окисное анодизационное с хромированием, 11 — пассивное и 12 — серебряное. Кроме обозначения вида покрытия может быть указана толщина покрытия в микрометрах (мкм)

Теперь можно привести пример полного условного обозначения болта:

Болт 2М20×1,5. 6g×84. 109. 40Х. 029 ГОСТ 7798—70, которое расшифровывается так: болт с шестигранной головкой нормальной точности исполнения 2 (с отверстием для шплинта), с метрической резьбой диаметра 20 мм, с мелким шагом 1,5 мм, с полем допуска 6g, длиной стержня 84 мм, классом прочности 10 9, изготовленный из стали марки 40Х, 02 — покрытие кадмиевое с хромированием толщиной 9 мкм, размеры по ГОСТ 7798—70.

Пример оформления чертежа шестигранной гайки повышенной точности приведен на рис. 286. На месте вида спереди дано соединение половины вида с половиной разреза. В связи с этим размеры величины угла фаски и наружного диаметра резьбы нанесены с обрывом размерных линий. Внутренний диаметр резьбы не нанесен.

В условное обозначение гаек включают: наименование детали, характер исполнения, тип и диаметр резьбы, шаг резьбы (для резьбы с мелким шагом), обозначение поля допуска, класс прочности (или марку материала), вид покрытия, толщину слоя покрытия и номер стандарта на размеры.

Для гаек, изготовленных из углеродистых или легированных сталей, установлено семь классов прочности: 4, 5, 6, 8, 10, 12 и 14. Умножая число, которым обозначен класс прочности, на 10, получают величину напряжения в кгс/мм² от испытательной нагрузки. Простейшая запись обозначения получается в том случае, когда гайка имеет исполнение 1, крупный шаг резьбы и не имеет покрытия:

Гайка М16—6Н.6 ГОСТ 5927—70. Пример более полного обозначения:

Гайка 2М16×1,5.6Н, 12.40Х. 019 ГОСТ 5927—70, что означает: гайка шестигранная повышенной точности, исполнения 2 (с одной фаской), с метрической мелкой резьбой диаметром 16 мм, с шагом резьбы 1,5 мм, с полем допуска 6Н, классом прочности 12, из стали марки 40Х, с цинковым хромированным покрытием толщиной 9 мкм, размеры по ГОСТ 5927—70.

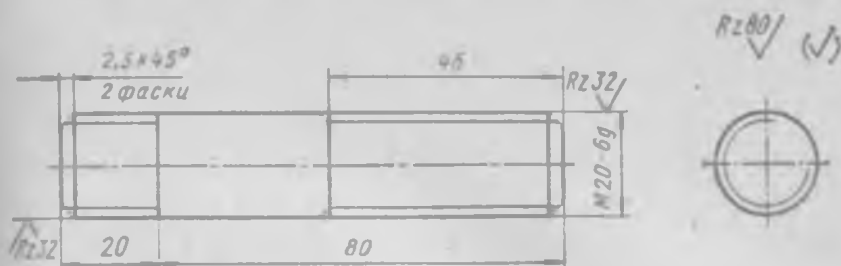


Рис. 287. Чертеж шпильки

Для скрепления деталей, имеющих большую толщину в месте соединения, вместо болтов применяют шпильки — детали, представляющие собой стержни с резьбой, нарезанной с обоих концов (ГОСТ 22032—76 — ГОСТ 22043—76); резьба одного конца шпильки (рис. 287) нужна для ввинчивания шпильки в глухое нарезанное отверстие более массивной соединяемой детали, а другого конца — для навинчивания гайки.

Для резьбовых отверстий в стальных, бронзовых и латунных деталях, имеющих достаточную пластичность, длина l_1 ввинчиваемого конца шпильки равна величине номинального диаметра d резьбы ($l_1 = d$) и берется из таблиц. Для резьбовых отверстий в деталях из ковкого и серого чугунов длина ввинчиваемого конца берется равной $l_1 = 1,25d$ или $l_1 = 1,6d$, для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов — $l_1 = 2d$ или $l_1 = 2,5d$. Размеры шпилек берут по таблицам государственного стандарта или из новых справочников по черчению.

В условное обозначение шпилек включают: название изделия, тип резьбы, номинальный диаметр резьбы, шаг резьбы (мелкий), обозначение поля допуска, размер длины шпильки l без ввинчи-

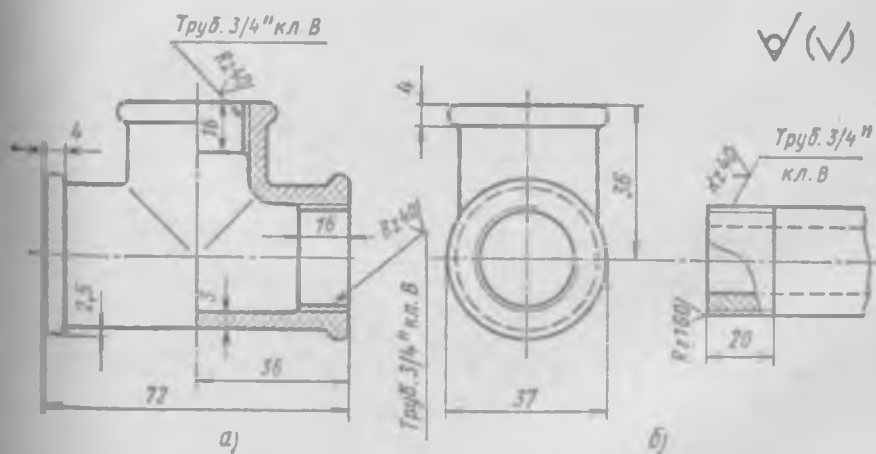
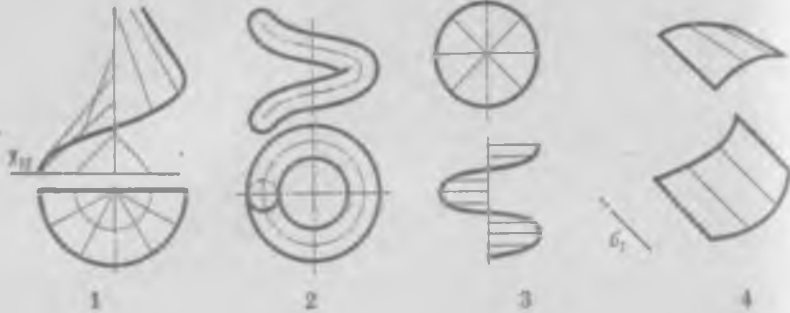
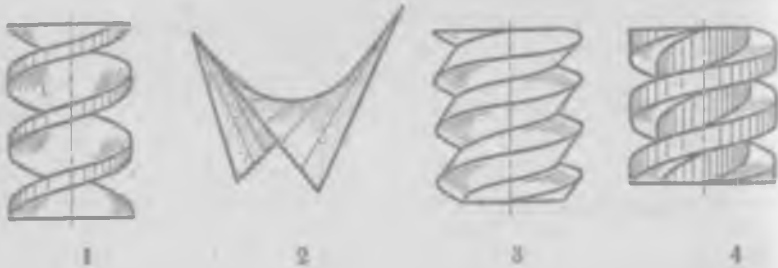


Рис. 288. Тройник и труба

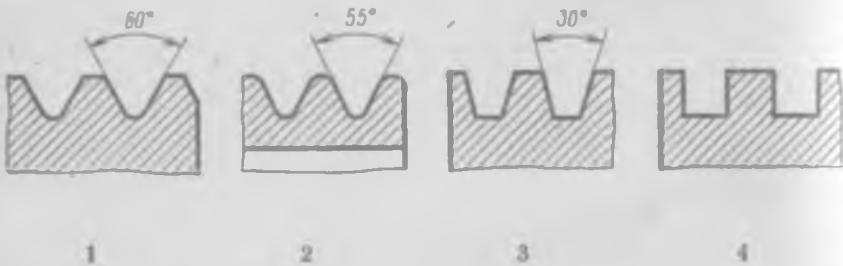
На котором чертеже изображена поверхность наклонного геликоида?



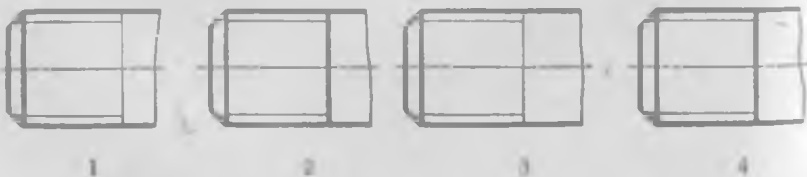
На котором рисунке изображена поверхность, при образовании которой использован винтовой коноид?



На котором чертеже приведен профиль трубной резьбы?



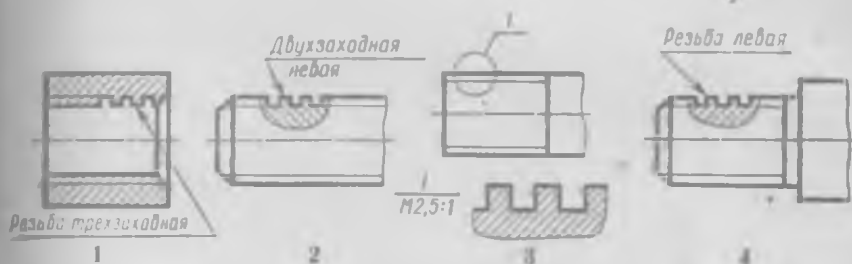
На котором чертеже условное изображение резьбы выполнено в полном соответствии с ГОСТ 2.311—68?



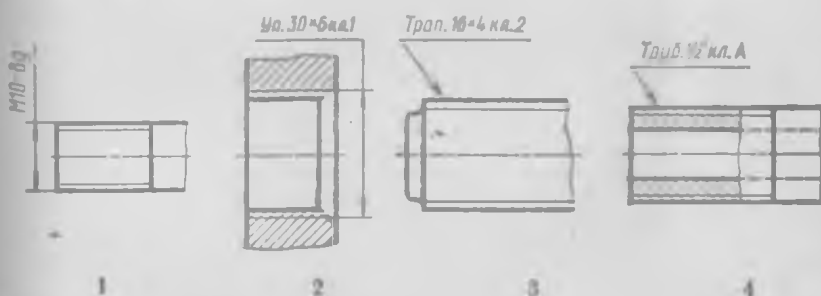
На котором чертеже при изображении резьбы нарушен ГОСТ 2.305-68?



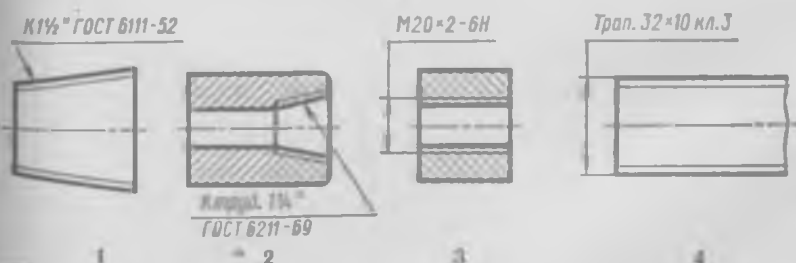
На котором чертеже резьба с нестандартным профилем изображена не в полном соответствии с ГОСТ 2.311-68?



На котором чертеже ошибочно обозначена резьба?



На котором чертеже не совсем правильно оформлено обозначение резьбы по ГОСТ 2.311-68?



ваемого конца l_1 , класс прочности или марку материала, вид покрытия, толщину слоя покрытия и номер стандарта, например:

Шпилька М20×2 — 6g×80.66.40X.019 ГОСТ 22032—76. Обозначение упрощается, если резьба имеет крупный шаг и если деталь не имеет покрытия.

Шпилька М20—6g×80.66 ГОСТ 22032—76.

Большую группу резьбовых изделий составляют соединительные части трубопроводов (фитинги): муфты, угольники, тройники, кресты, футорки и др. Для примера на рис. 288, а приведен чертеж прямого тройника, выполненный по размерам ГОСТ 8948—75. Соединительные части имеют внутреннюю трубную цилиндрическую резьбу, что видно из условного обозначения на чертеже. Размер внутреннего диаметра резьбы на чертеже не указывают. На рис. 288, б показана часть трубы с наружной резьбой, предназначенной для соединения трубы с тройником. Местный разрез выявляет толщину стенки трубы.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Охарактеризуйте метрическую резьбу.
2. Какой профиль имеют ходовые резьбы?
3. В чем заключается основная условность изображения резьбы на чертеже?
4. Чем отличается условное изображение резьбы на стержне от условного изображения резьбы в отверстии?
5. Какая дополнительная условность допускается при изображении резьбы в глухих резьбовых отверстиях?
6. Постройте выносной элемент для трапециевидной резьбы.
7. Какие виды заточки концов стержней применяют в резьбовых изделиях?
8. Какие данные включают в условные обозначения резьб?
9. Обозначьте метрическую резьбу с мелким шагом для отверстия с номинальным диаметром 36 мм.
10. Для каких резьб при нанесении условных обозначений применяют одну стрелку?
11. Как обозначают левые и многозаходные резьбы?
12. Как обозначают специальные резьбы?
13. В чем разница между болтом и шпилькой?
14. Прочитайте описание к рис. 274, закройте книгу и сделайте построение головки болта.
15. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 41, 42.

Глава XIX

ВЫПОЛНЕНИЕ С НАТУРЫ ЭСКИЗОВ ДЕТАЛЕЙ

§ 80. ПРИЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЭСКИЗОВ

Чертежи, которые рассматривались в разделе проекционного черчения, не являлись полностью рабочими, так как в них отсутствовали некоторые данные, нужные для изготовления изображаемых деталей. Рабочие чертежи и эскизы должны определять не только форму деталей и их основные размеры, но указывать

также, с какой степенью точности должны быть изготовлены детали, из какого материала, какова должна быть шероховатость (чистота) поверхностей, какой вид термической или иной обработки должен быть применен при изготовлении детали и т. д.

Выполнение эскизов начинают с ознакомления с деталью. Рассматривая деталь, выясняют ее форму; определяют, какими геометрическими поверхностями она ограничена снаружи и внутри; выясняют, сквозные ли отверстия имеет деталь или углубления, имеется ли в отверстиях резьба. Если возможно, то устанавливают, частью какого механизма или машины является данная деталь, каково ее положение в машине, в каком положении закрепляется она при обработке на станке (для основных операций), какова шероховатость отдельных ее поверхностей. Выясняют пропорции основных частей детали: насколько длина больше ее высоты и ширины, во сколько раз отверстие меньше фланцевой части и т. д.

Ознакомившись с деталью и выяснив все особенности ее формы, переходят к решению вопроса о том, сколько отдельных изображений надо выполнить на эскизе с тем, чтобы чертеж был однозначным, определенным. Количество изображений (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полную ясность при применении соответствующих условных обозначений, знаков и надписей. Намечают, какое изображение детали будет принято в качестве главного вида, при этом руководствуются указанием ГОСТ 2.305—68 о том, что предмет следует располагать относительно фронтальной плоскости проекций так, чтобы изображение на ней давало наиболее полное представление о форме и размерах предмета. Устанавливают, какие разрезы целесообразно применить вместо того или иного вида: простые или сложные, полные или местные; какие сечения (вынесенные или наложенные) удобнее применить в том или ином конкретном случае. Решив все эти вопросы, переходят к непосредственному эскизированию.

В соответствии с ГОСТ 2.109—73 каждый эскиз (чертеж) выполняют на отдельном листе бумаги или на отдельном формате листа. Для эскизов обычно используют бумагу из тетрадей, графических в клетку размером 5 мм. Более густое графление неудобно, так как тонкие линии эскиза (размерные, выносные) на такой бумаге недостаточно заметны. Учитывая сложность детали, ее размеры и размеры листа бумаги, решают вопрос о выборе приблизительного масштаба. Наиболее желательно вычерчивать детали в натуральную величину. Крупные детали простой формы можно вычерчивать в масштабе уменьшения. Для мелких сложных деталей, наоборот, желателен масштаб увеличения. Как известно, выбранный масштаб при составлении эскизов соблюдается приблизительно (на глаз). Важно соблюсти пропорциональность при изображении каждой части детали.

На клетчатой бумаге эскизы выполняют мягким карандашом (М, 2М). Все линии первоначально проводят тонко, остро зато-

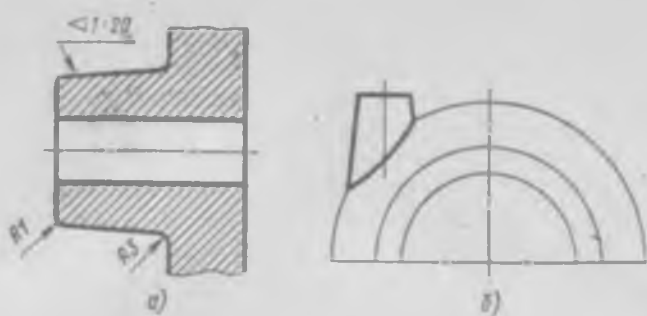


Рис. 289. Условия эскизирования

ченным карандашом. После выполнения всего эскиза и его тщательной проверки обводят линии невидимого контура, а затем основные сплошные. При такой последовательности выполнения и обводки эскиза карандаш постепенно притупляется и позволяет получать линии нужной толщины. При переходе к новому эскизу карандаш вновь остро затачивают.

Известные затруднения возникают при проведении от руки окружностей большого диаметра. Полезно предварительно поучиться проводить их на отдельных листах бумаги. При такой тренировке можно первоначально воспользоваться циркулем, проводя окружности тонкими линиями и обводя их от руки мягким карандашом. Постепенно рука привыкнет к проведению достаточно плавных кривых, что в дальнейшем даст возможность выполнять эскизы полностью от руки.

Явные дефекты детали (отбитый край, трещины, смещение центров, отверстий в изношенных деталях) отражать на чертеже не следует. Также можно не изображать центровые гнезда, имея в виду указание ГОСТ 2.109—73 (если их наличие конструктивно безразлично). На эскизе и чертежах деталей, полученных литьем, надо показывать скругление кромок (рис. 289, а). Радиусы скруглений указывают на самом чертеже или на его поле, если они одинаковы для всей детали. В последнем случае пишут, например: *Радиусы скруглений 3 мм*. В деталях, получаемых отливкой, цилиндрические поверхности обычно заменены коническими, имеющими незначительную конусность. Делается это для того, чтобы была возможность вынуть деталь после отливки из формы (опоки), не повредив последнюю. Очевидно, такую конусность или уклон надо определять и отражать на чертежах, несмотря на их незначительность.

Наименование детали записывают на эскизах и чертежах всегда в именительном падеже единственного числа (хотя бы деталей было несколько). Следует применять, как правило, однословные наименования, например: *Шкив, Рейка, Подшипник*. Если наименование состоит из двух или более слов, то на первом месте помещают имя существительное, например: *Колесо червячное*.

При выполнении эскизов надо придерживаться определенной последовательности. Нельзя например, начинать вычерчивание эскиза с какого-нибудь отдельного элемента детали. Ведь как только мы нарисовали бобышку крышки подшипника (рис. 289, б), масштаб эскиза определился, причем он может оказаться настолько крупным, что проекции подшипника не разместятся на листе бумаги. Начинать построение надо, очевидно, с нанесения изображений основных, наиболее крупных частей деталей.

Пусть требуется нарисовать эскиз кронштейна с натуры (рис. 290, а). Прежде всего наносят прямоугольники, соответствующие наибольшим размерам каждого вида (рис. 290, б). На виде слева рисуют верхнюю закругленную часть кронштейна и окружности, изображающие втулку. Проводят центровые и осевые линии втулки на главном виде и виде сверху. На эти виды наносят изображения основных частей кронштейна (рис. 290, в). Наносят подробности: отверстия, закругления нижней передней части кронштейна, местный разрез втулки и размерные линии (рис. 290, г). Эскиз тщательно проверяют, наносят условные обозначения шеро-

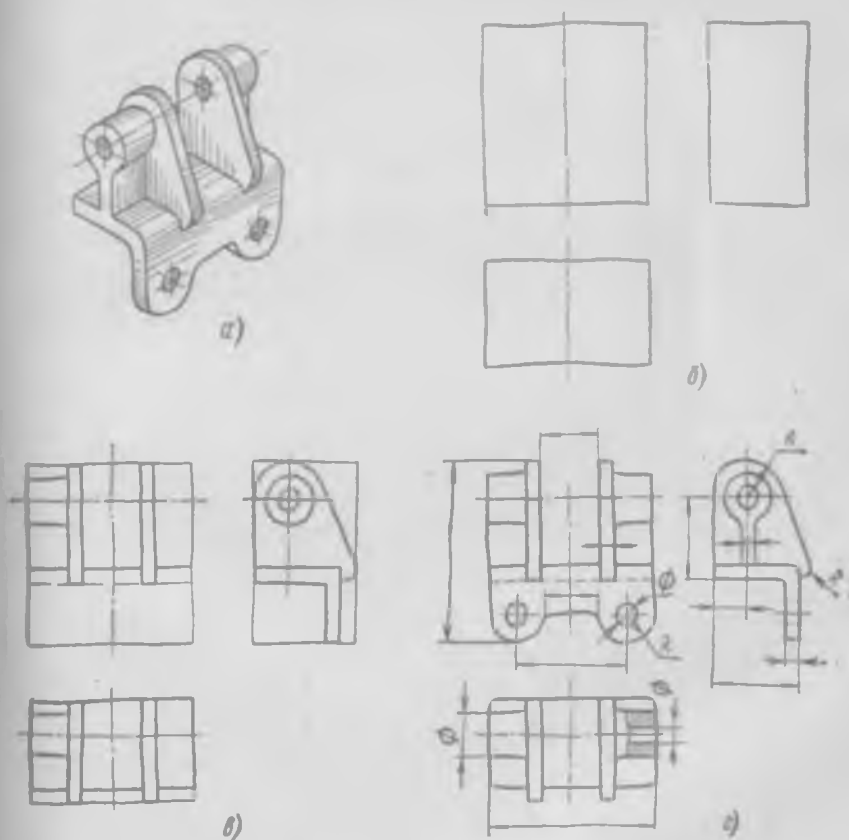


Рис. 290. Последовательность эскизирования



ховатости поверхностей и переходят к обмеру детали с помощью мерительных инструментов. Полученные размеры наносят над размерными линиями, обводят эскиз мягким карандашом, заполняют основную надпись чертежа, указывая краткое название детали (*Кронштейн*) и материал детали (*КЧ 33-8 ГОСТ 1215—59*). Марку материала берут из справочника.

Одним из ответственных моментов при составлении эскизов деталей с натуры является выбор изображений. Если в чертежах проекционного черчения учащемуся назначались изображения и предлагалось построить по ним виды, разрезы, сечения, то теперь

Рис. 291. Выбор количества видов

он должен выбрать их сам. При этом надо решить вопрос не только о количестве изображений, но и о их качестве, т. е. решить, что ценнее в данном конкретном случае: вид или разрез, вид или сечение, сечение или разрез.

Вопрос о количестве изображений решают с учетом экономических соображений; имеют в виду, что каждое лишнее изображение требует дополнительного времени, а в производственных условиях и дополнительной оплаты труда. Поэтому стремятся выбрать наименьшее (возможное для данного случая) количество изображений. В одном случае это будут три проекции, в другом — две, а иногда и одна проекция. Для деталей сложной формы количество изображений может равняться четырем, пяти и более. Нельзя при решении вопроса исходить из стремления «занять место» на формате листа.

Одно изображение применяют для плоских деталей, изготовленных из листового материала. Несмотря на сложность формы развертки детали, ее чертеж имеет одну проекцию (рис. 291). Чтобы не чертить других видов, пользуются надписями: *s3* и *3 отв. Ø 11, сквозные*. Одно изображение применяют также для деталей, ограниченных поверхностями вращения (палец, скрепля-

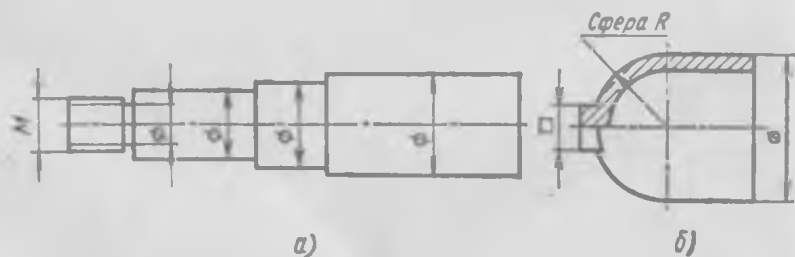


Рис. 292. Изображения в одной проекции

ющий поршень с шатуном; втулка сальника цилиндрической формы; стандартная шайба и т. д.). На чертежах таких деталей перед размерным числом диаметра наносят условный знак установленной формы (рис. 292, а). Цилиндрическая форма оси катка выявляется благодаря знакам диаметра и букве М, указывающей на наличие метрической резьбы в левой части оси. Форма заготовки колпака выявляется из одного изображения, представляющего собой соединение половины вида с половиной разреза (рис. 292, б). Из чертежа видно, что верхняя часть колпака призматическая, квадратного сечения, средняя — сферическая, нижняя — цилиндрическая. О призматической форме верхней части детали можно судить также по виду линии пересечения этой части со сферой.

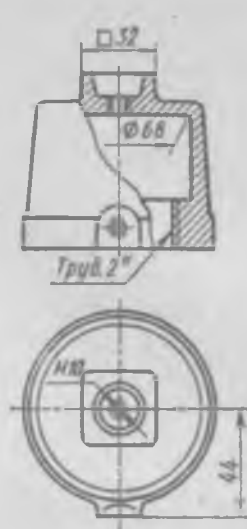


Рис. 293



Рис. 294

При изображении колпака (рис. 293) с приливом в нижней части детали приходится строить два вида. Размер 44 на виде сверху дополняет размеры прилива. Верхняя призматическая часть колпака ясна из двух видов; квадратную форму ее подтверждают знаком квадрата, поставленным перед размером 32. Вид и разрез здесь разделяют волнистой линией, сохраняя полное из-

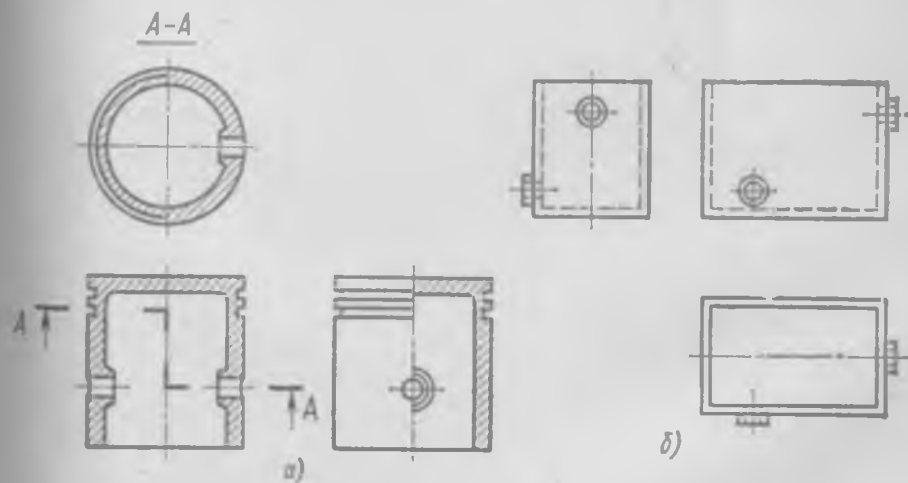


Рис. 295. Применение видов снизу и справа

ображение нижнего прилива и верхней бобышки. Разрез и размеры полностью выявляют внутреннюю форму колпака. Поэтому на виде сверху нет надобности проводить штриховые линии окружности, что иногда ошибочно делают учащиеся. На чертеже нанесена только часть необходимых размеров.

Для призматических деталей неквадратного сечения приходится давать не менее двух изображений. В целях экономии в качестве второго изображения нередко применяют сечения (рис. 294).

В машиностроительной практике имеют место случаи, когда целесообразно заменять часто применяющийся вид сверху видом снизу или вид слева видом справа. Первую замену обычно делают при изображении поршней, которые принято изображать вверх днищем (рис. 295, а). В данном случае более удобным и полным изображением будет разрез А—А, расположенный на месте вида снизу. Примененный разрез является сложным горизонтальным ступенчатым разрезом. Вид справа вместо вида слева применяют в тех случаях, когда с правой стороны детали имеется элемент, который хотят изобразить видимым (рис. 295, б).

§ 81. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ, ОСЕВЫХ И ЦЕНТРОВЫХ ЛИНИЙ

Чтобы правильно наносить размеры на эскизы и машиностроительные чертежи, необходимо, помимо сведений, изученных в § 11, изучить нижеследующие положения государственных стандартов.

Наносимые на чертежи размеры должны, как правило, выбираться из рядов нормальных линейных размеров, установленных ГОСТ 6636—69. Наиболее желательными являются размеры ряда Ra5, затем Ra10, Ra20 и Ra40. Ниже приведены размеры из этих рядов:

ряд Ra5 — 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160 и др.;

ряд Ra10 — 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 8; 10; 12; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200 и др.;

ряд Ra20 — 1,0; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,2; 3,6; 4,0; 4,5; 5,0; 5,6; 6; 6,3; 7,1; 8,0; 9,0; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 110; 140; 180 и др.;

ряд Ra40 — 1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,7; 1,9; 2,1; 2,4; 2,6; 3,2; 3,4; 3,8; 4,2; 4,8; 5,3; 5,6; 6,3; 7,5; 8,5; 9,5; 10,5; 11,5; 13; 15; 17; 19; 21; 24; 26; 30; 34; 38; 42; 48; 53; 56; 63; 75; 85; 90; 105; 120; 130; 150; 180 и др.

Более полные данные можно взять в стандарте или в справочнике.

На чертежах деталей должны быть нанесены все размеры, нужные для их изготовления и контроля при приемке. Нельзя

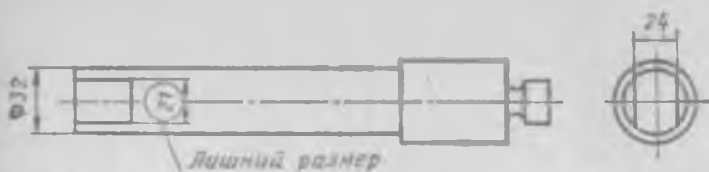


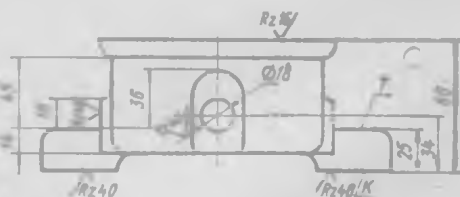
Рис. 296. Лишний размер в скрытом виде

ссылаться на то, что данный размер имеется на чертеже другой детали, с которой будет соединяться данная. С другой стороны, каждый размер должен указываться на чертеже только один раз. Надо следить за тем, чтобы не получилось скрытого повторения размеров. Для примера можно привести чертеж заготовки шпинделя (рис. 296), на котором нанесен в скрытом виде повторяющийся размер. Действительно, при данном диаметре стержня шпинделя, равном 32 мм, и размере 24, нанесенном на боковом виде, ширина плоского среза вполне определяется и размер 21 является лишним.

Размеры на чертежах не следует наносить в виде замкнутой цепочки. Нанесение размеров рекомендуется от конструкторских баз. Конструкторской базой называется поверхность детали, которой она устанавливается относительно других деталей сборочной единицы. При нанесении размеров на чертежи литых деталей, имеющих как обработанные, так и необработанные поверхности (рис. 297), размеры до обработанных поверхностей целесообразно наносить от конструкторской базы *K*, а размеры, определяющие литейную форму, — от технологической (литейной) базы *T*. Связь между этими базами устанавливают отдельным размером 25. Подробнее о приемах нанесения размеров с учетом конструкторских и технологических баз см. специальную литературу *.

В некоторых случаях применяются другие приемы нанесения размеров. Так, размеры конических фасок с углом 45° наносят упрощенно (см. рис. 36, 287). На чертежах деталей, имеющих незначительную конусность, иногда проводят выносные линии не под прямым углом к размерной линии (рис. 298, а). При указании координат точек криволинейного контура продолжения размерных линий, в виде исключения, используются в качестве выносных (рис. 298, б).

Размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, называются



* Баталов Н. М. и Малкин Д. М. Технические основы машиностроительного черчения. — М.: Машгиз, 1962, с. 180—186.

Рис. 297. Нанесение размеров от конструкторской *K* и технологической *T* баз

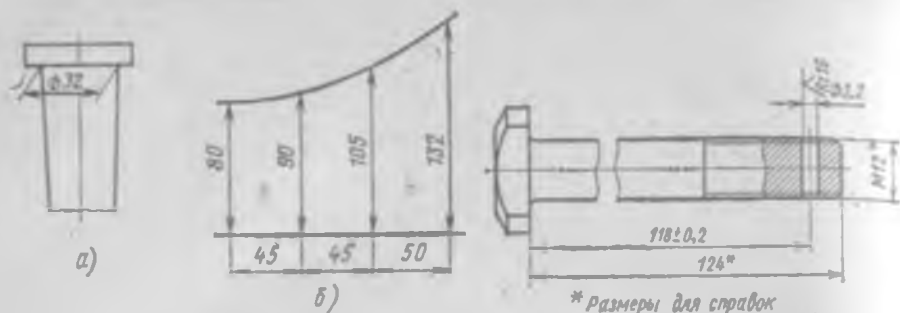


Рис. 298. Особые приемы нанесения размеров

Рис. 299. Отметка справочных размеров

справочными. К справочным размерам относятся: один из размеров замкнутой размерной цепи (см. рис. 15); размеры, перенесенные из чертежей предметов-заготовок; размеры, определяющие положение элементов детали, подлежащих обработке по другой детали; размеры деталей из различного проката, если они полностью приведены в основной надписи в графе «Материал». Справочные размеры на чертеже отмечают знаком *, а в технических требованиях записывают: «Размеры для справок» (рис. 299).

Осевые и центровые линии. В непосредственной связи с вопросом нанесения размеров решается вопрос о нанесении на чертежах осевых и центровых линий, которые необходимы при изготовлении деталей. Используемые совместно с числовыми размерами они позволяют правильно определить места обработки деталей — сверления отверстий, фрезерования пазов и т. п. Отсутствие осевых и центровых линий затрудняет понимание чертежа, ведет к пропуску необходимых размеров, затрудняет разметку деталей.

Осевые и центровые линии проводят с целью: 1) выявления геометрических осей и центров; 2) выявления проекций плоскостей

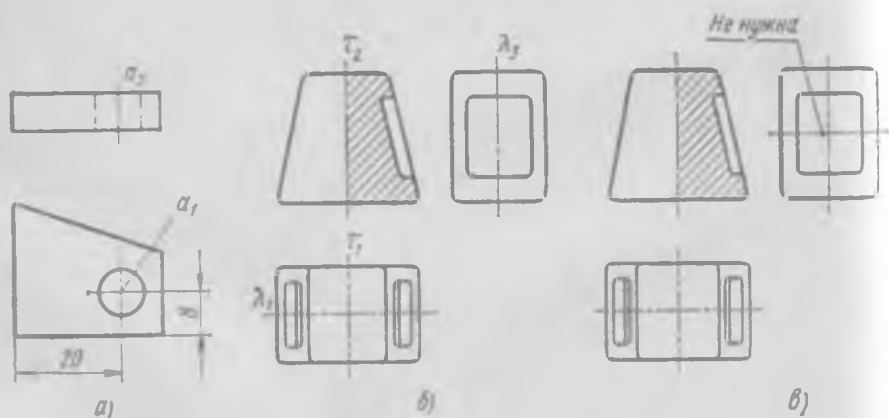


Рис. 300. Нанесение центровых и осевых линий

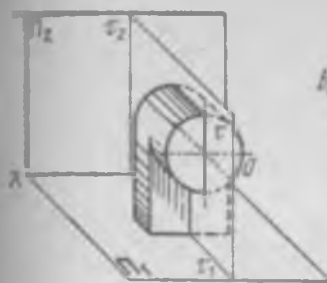


Рис. 301

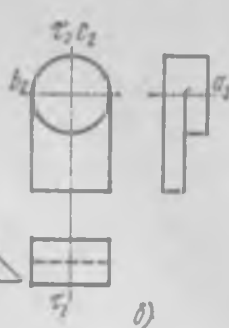
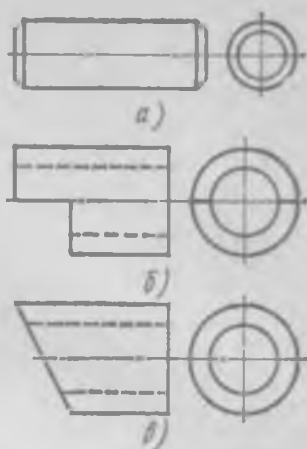


Рис. 302



симметрии. Первое положение иллюстрируется примером детали с цилиндрическим отверстием (рис. 300, а). Линия a_2 на главном виде выявляет ось отверстия. Центровые линии позволяют координировать центр двумя размерами 20 и 8.

Иногда смешивают два вида симметрии: симметрию детали в натуре и симметрию того или иного ее вида. На чертеже сухаря (рис. 300, б) проведены линии симметрии детали — проекции плоскостей симметрии τ_2 , τ_1 и λ_1 , λ_2 . На рис. 300, в, кроме этих осей, проведена ось симметрии профильного вида сухаря, что является ошибочным. *На чертежах принято проводить оси симметрии детали, а не ее видов.*

Симметричная деталь всегда имеет симметричный вид на соответствующей плоскости проекций, а симметричный вид не всегда свидетельствует о том, что деталь симметрична. Шпонка (рис. 301, а) имеет одну плоскость симметрии τ . Проекции плоскости симметрии τ_2 и τ_1 проводят на чертеже (рис. 301, б) штрихпунктирными линиями; буквенные обозначения не ставят. Линия a_2 является осевой линией цилиндрической части детали. Линия b_2 есть центровая линия окружности, в виде которой изобразилась цилиндрическая часть шпонки на плоскости Π_2 ; вторая центровая линия c_2 совпала с осью симметрии шпонки.

Все поверхности вращения должны иметь на чертеже геометрическую ось (вращения) и соответствующие центровые линии. Геометрическую ось поверхности вращения и центровые линии про-

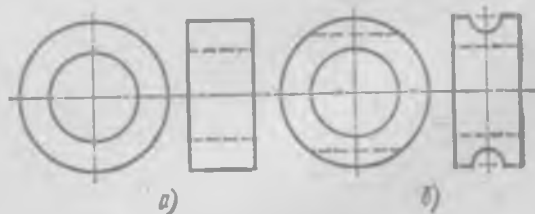


Рис. 303. Пример нанесения осей симметрии

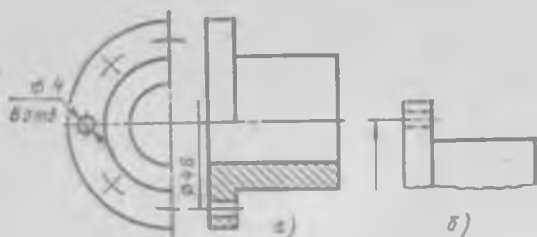


Рис. 304. Нанесение центровых и осевых линий

водят и в том случае, когда симметрия детали нарушена сечением или вырезом (рис. 302, а и б). Цилиндрическая деталь — штифт — имеет три плоскости симметрии (рис. 302, в). Однако проекцию плоскости симметрии, перпендикулярную к оси цилиндра, не принято изображать в виде осевой линии; то же подтверждается чертежом кольца (рис. 303, а); вторая осевая линия на профильном виде не проводится. В случае, если кольцо имеет в середине выточку или отверстие, вторую осевую проводят (рис. 303, б).

На чертежах деталей, имеющих ряд цилиндрических отверстий, расположенных на одной центральной окружности, не следует наносить горизонтальные и вертикальные центровые линии. В качестве одной центральной должна быть принята общая центровая окружность, в качестве второй — радиальная центровая, т. е. центровая, идущая в общий центр, по радиусу (рис. 304, а).

При соединении вида с разрезом допускается не проводить на виде осевых линий (рис. 304, а); в этом случае размерную линию обрывают. Если контуры отверстия на виде показаны штриховыми линиями, то осевую линию отверстия проводят обязательно (рис. 304, б).

§ 82. ПРИЕМЫ ОБМЕРА ДЕТАЛЕЙ

Учащиеся, которым не приходилось измерять детали в процессе их изготовления на станке, должны побывать в мастерских и ознакомиться с обмером практически. Для измерения деталей применяют измерительные инструменты различной степени точности. С помощью кронциркуля, нутромера и стальной линейки размеры могут быть получены с точностью до 0,5 мм. Пользование кронциркулем показано на рис. 305, а, где изображен процесс определения размера «под ключ» для головки болта. После замера створки кронциркуля прикладывают к линейке (рис. 305, б) и записывают результат измерения. В затруднительных случаях толщину стенки детали измеряют кронциркулем и линейкой (рис. 305, в); размер толщины определяют как разность размеров, взятых по линейке. Для определения расстояния между центрами отверстий измеряют расстояние a между ближними стенками отверстий (рис. 306, а) и отдельно — диаметр d отверстия с помощью нутромера (рис. 306, б). Искомое расстояние, очевидно, будет равно сумме $a + d$ полученных размеров.

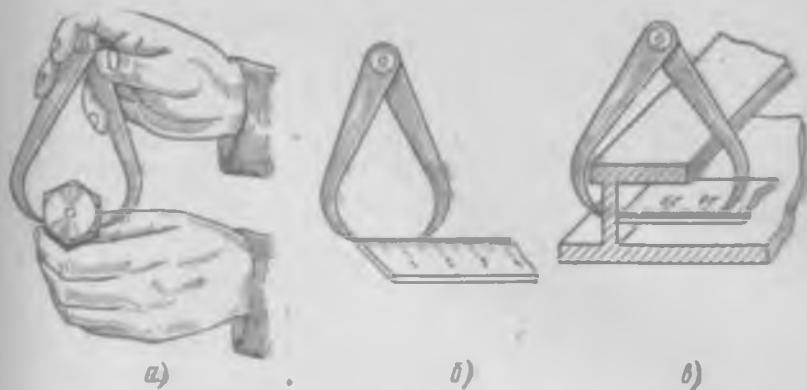


Рис. 305. Применение кронциркуля и линейки

Для более точных измерений применяют штангенциркули и микрометры. Точность измерения штангенциркулями обычно равна $0,02$ — $0,1$ мм, а микрометрами $0,002$ — $0,01$ мм. Высокая точность измерения в этих инструментах обеспечивается нониусами, известными из курса физики. Прием обмера детали штангенциркулем показан на рис. 307: сверху определяется диаметр отверстия $d_{\text{вн}}$; снизу — диаметр цилиндрического стержня $d_{\text{нар}}$; справа — глубина h с помощью глубиномера.

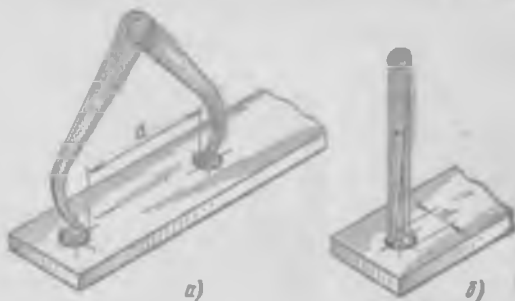


Рис. 306. Определение расстояния между центрами отверстий

Пользование микрометром показано на рис. 308, где с его помощью измеряется толщина пластины.

Для измерения величины углов применяют угломеры с нониусом или, более простые и менее точные, без нониуса; точность измерения первым — $2'$, вторым — 1° .

Для измерения радиусов закруглений применяют радиусные шаблоны (рис. 309, а), пластинки которых прикладывают к скруг-



Рис. 307. Пользование штангенциркулем

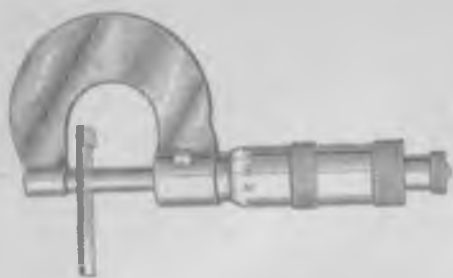


Рис. 308. Пользование микрометром

к впадинам пластинки, то по надписи на пластинке определяют шаг резьбы. Диаметр резьбы определяют с помощью штангенциркуля или микрометра.

Кривизну криволинейных поверхностей в простейшем случае определяют с помощью угольника и стальной линейки (рис. 310, а). Угольник устанавливают вертикально рядом с деталью. Стальную



Рис. 309. Радиусный и резьбовой шаблоны

линейку нулевым делением упирают в какую-либо точку А поверхности детали и устанавливают горизонтально, пользуясь делениями и вспомогательными линиями, начерченными на наклонной планке угольника. По отсчетам на угольнике (24) и на линейке (20) определяют координаты точки А. Так же определяют другие точки меридианного сечения поверхности.

Если имеют дело с плоским ребром, имеющим криволинейное очертание, то задача упрощается. Кривую в этом случае получают путем наложения на ребро листа бумаги (рис. 310, б) и обжатия его рукой. В результате получают оттиск кривой, который переносят на чертеж и наносят размеры.

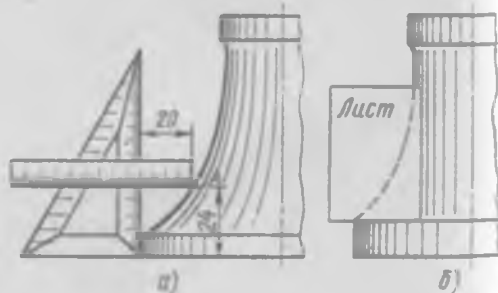


Рис. 310. Замер криволинейных поверхностей

Как указывалось в § 11, наносить размеры надо так, чтобы ими было удобно пользоваться при разметке, изготовлении и кон-

троле детали. Как правило, размеры наносят от обработанных поверхностей, принимаемых в качестве базы для отсчетов; наносят размеры между центрами отверстий, а не между их стенками; наносят размеры наружных и внутренних диаметров, а не толщину стенки и т. д. Чтобы приобрести навык правильного выбора и нанесения размеров, следует внимательно рассмотреть чертежи, на которых нанесены размеры, и использовать этот опыт в своей работе.

§ 83. ТИПИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЕТАЛЕЙ

Многие детали в своей конструкции имеют однородные элементы, такие, как фаски, галтели, шлицы, центровые отверстия и др. (рис. 311). При составлении эскизов нужно знать их назначение, название и правила вычерчивания.

Галтель (рис. 311) — это скругление, применяющееся при переходе от одного цилиндрического или конического элемента вала к другому; *бобышка* — прилив, обычно конической формы; *паз* или *шлиц* — прорезь на головках винтов для отверток или прорези для соединения валов с насаживаемыми на них деталями (см. шлицевое соединение); *буртик* — кольцевое утолщение на цилиндрических и конических деталях (например, на муфтах, тройниках и т. д.); *торец* — поверхность детали, перпендикулярная к оси детали или к направлению волокон дерева (отсюда термин: торцовый ключ, торцовая плоскость и др.); *фаска* — скошенный край у торца валов, болтов, винтов, штифтов, гаек и т. д. В одних случаях фаски служат для удобства надевания или навинчивания одних деталей на другие, в иных случаях с их помощью устраняют острые кромки деталей. *Центровое отверстие* — углуб-

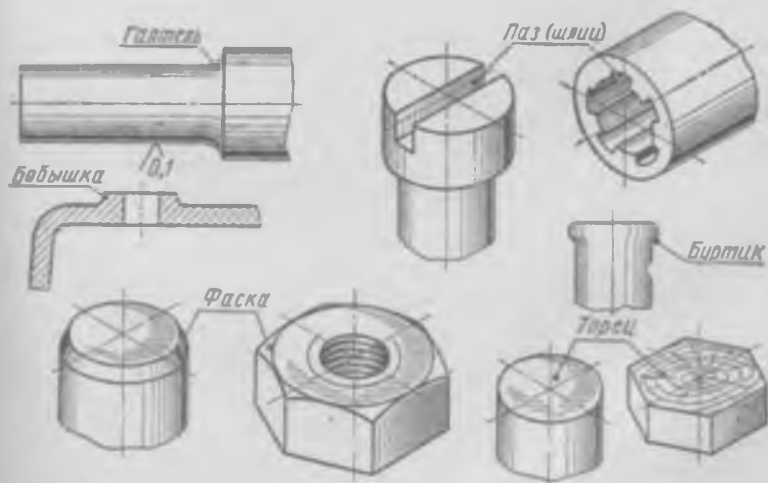


Рис. 311. Элементы деталей

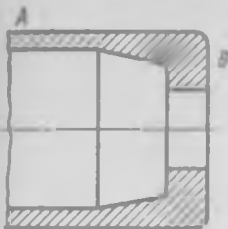


Рис. 314. Переход от тонкой стенки детали к толстой

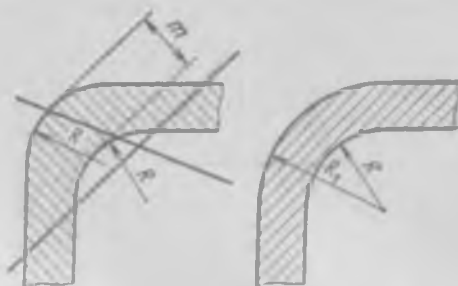


Рис. 315. Скругление углов

наружных и внутренних стенок детали (рис. 315), при этом происходит значительное утолщение стенок (отмеченное на чертеже размером m); правильное изображение дано справа. Как видно, закругления должны иметь общий центр, но разные радиусы R и R_1 .

§ 84. ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗВЕРТКИ. ЛИНИИ СГИБА

Для построения технических разверток применяют те же способы построения, какие были рассмотрены и применялись в проекционном черчении. Особенностью построения технических разверток является условное изображение на них линий сгиба, указание о величине припусков, необходимых для соединения листов, а также наличие исчерпывающих размеров. Лицевая сторона материала на развертках должна быть, как указывалось, обращена к наблюдателю. На чертеже на полке линии помещают надпись: *Лицевая сторона*.

Чертеж гнутой скобы (рис. 316, а) неудобен для изготовления детали из листового материала, так как, чтобы вырезать заготовку, нужен дополнительный чертеж развертки с нанесением на нем линий сгиба (рис. 316, б). По ГОСТ 2.109—73 линии сгиба

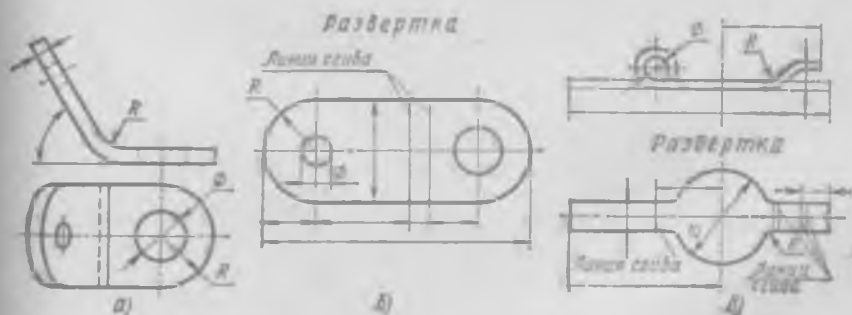


Рис. 316. Развертки в линии сгиба

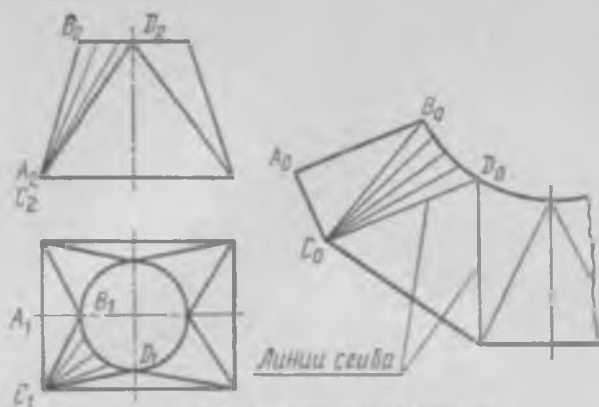


Рис. 317. Развертка патрубка

проводят тонкими сплошными линиями. Для экономии числа проекций в ряде случаев выполняют один вид и развертку (рис. 316, в). В этих случаях проекционную связь выдерживают только частично. На главном виде крышки масленки совмещены два изображения: основными линиями — вид готовой крышки, а тонкими штрихпунктирными — развертка. Надпись такое совмещенное изображение не сопровождается.

При построении разверток сложных по форме металлических конструкций анализируют форму конструкции, определяют, какими поверхностями она ограничена, и вычерчивают развертку по частям. На рис. 317 изображена конструкция патрубка вентиляционной установки, с помощью которого осуществляется переход от цилиндрической круглой трубы к трубопроводу прямоугольного сечения. Анализируя форму патрубка, устанавливают, что он ограничен рядом плоских листов треугольной формы и только угловые листы (BCD) имеют кривую поверхность с вершиной в точке C . Очевидно, что рассматриваемая поверхность является конической; развертку ее можно построить, проводя ряд образующих и находя их истинную длину. Половина развертки показана на чертеже; на конической части проведены образующие. Точки, лежащие на кривой B_0D_0 , должны быть координированы. Большое количество примеров технических разверток имеется в книге Н. Н. Высоцкой и других авторов.

§ 85. ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ПОКРЫТИЙ

Под шероховатостью поверхности понимают совокупность неровностей, образующих рельеф поверхности, независимо от способа его получения. Неровности на поверхности деталей измеряются в микрометрах (мкм). Примером поверхностей, имеющих малую шероховатость, могут служить поверхности шарикопод-

шипников. Это обеспечивает им легкость вращения. Чем больше скорости, с которыми вращаются детали в данном механизме, тем менее шероховатыми должны быть поверхности деталей. Те поверхности, которые не соприкасаются с поверхностями других деталей, могут иметь значительную шероховатость. Придание поверхностям деталей малой шероховатости требует затраты большого количества времени и средств, поэтому с такой степенью шероховатости обрабатывают лишь те поверхности, которые в этом нуждаются; другие могут быть обработаны менее чисто или оставлены без обработки.

Шероховатость поверхностей регламентируется в нашей стране ГОСТ 2789—73 и ГОСТ 2.309—73. Первый стандарт устанавливает повышенные требования к качеству изделий, обработанных резанием и другими методами, например, литьем, прессованием, прокатыванием и т. д.

Стандарт устанавливает две группы параметров. К *первой* группе параметров относятся:

R_a — среднее арифметическое отклонение профиля; установлено в пределах от 100 до 0,008 мкм;

R_z — высота неровностей профиля по десяти точкам; установлена в пределах от 1600 до 0,025 мкм.

Ко *второй* группе параметров относятся:

S — средний шаг неровностей профиля по вершинам, установленный в пределах от 12,5 до 0,002 мм, а также другие параметры.

Стандарт устанавливает также типы направлений неровностей поверхностей (ГОСТ 2789—73, табл. 1).

ГОСТ 2.309—73 устанавливает структуру обозначений шероховатости поверхностей (рис. 318). Обозначение состоит из *знака*, имеющего две линии, пересекающиеся между собой под углом 60° . Сверху знака записывается параметр (параметры) шероховатости по ГОСТ 2789—73. В тех случаях, когда необходимо указать вид обработки или сделать другие указания, проводится *полка знака*. Под полкой знака располагают указание о *базовой длине* l в мм по ГОСТ 2789—73, а под ним — условное обозначение *направления неровностей*.

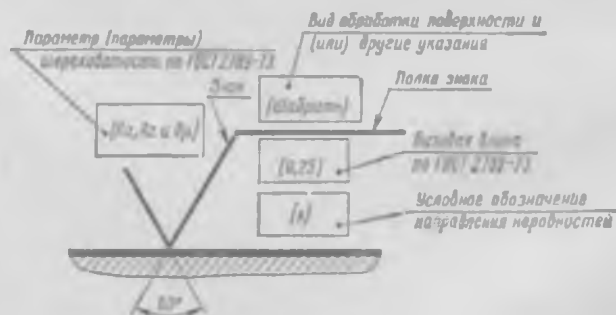


Рис. 318. Структура обозначения шероховатости поверхности



Рис. 319. Формы и размеры знаков

ния неровностей. На рисунке (в скобках) приведены примеры записей.

На чертежах применяют три вида знаков (рис. 319). Высота знаков h должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Высота правой части знаков H должна равняться $(1,5—3)h$. Толщина обводки линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной основной линии, применяемой на чертеже. Знак на рис. 319, а применяют при обозначении шероховатости поверхности, вид обработки которой конструктором не устанавливается. Знак на рис. 319, б применяют при обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована удалением слоя материала, например, точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием и т. п. Знак на рис. 319, в применяют при обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, например, литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т. п. Этим знаком обозначают также поверхности, не обрабатываемые по данному чертежу. В последнем случае в графе 3 основной надписи чертежа по ГОСТ 2.104—68 делается ссылка в виде указания сортамента материала.

Вид обработки поверхности указывают в обозначении шероховатости только в тех случаях, когда он является единственно применимым для получения требуемого качества поверхности.

Некоторые правила нанесения обозначений шероховатости поверхностей по ГОСТ 2.309—73 отражены на рис. 320. Из чертежа видно, что наружная цилиндрическая поверхность левой части втулки образована без удаления слоя материала (прокатом или литьем) и имеет высоту неровностей профиля по десяти точкам R_z , равную 630 мкм. Левая торцовая поверхность обработана со средним арифметическим отклонением профиля R_a , равным 1,25 мкм, что соответствует 6-му классу шероховатости (табл. 10).

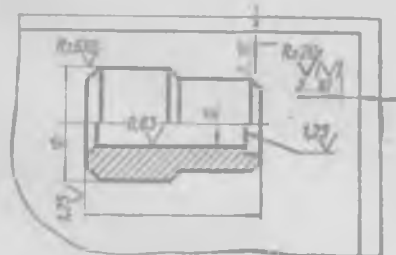


Рис. 320. Приемы нанесения обозначений шероховатости

Классы шероховатости поверхности

Классы шероховатости по ГОСТ 2789—73	Параметры шероховатости, мкм		Базовая длина l , мм
	R_a	R_z	
1	—	320; 250; 200; 160	8,0
2	—	125; 100; 80	
3	—	63; 50; 40	
4	—	32; 25; 20	
5	—	16; 12; 5; 10	2,5
6	2,5; 2,0; 1,6; 1,25	—	0,8
7	1,0; 0,80; 0,63		
8	0,50; 0,40; 0,32		
9	0,25; 0,20; 0,16		
10	0,125; 0,100; 0,080	—	0,25
11	0,063; 0,050; 0,040		
12	0,032; 0,025; 0,020		
13	—	0,100; 0,080; 0,063; 0,050	0,08
14		0,040; 0,032; 0,025	

Обозначение параметра R_a на чертежах не наносят. Плоскость углубления в правой части втулки обработана также. В этом случае из-за недостатка места знак шероховатости вынесен на полку, а сама поверхность указана с помощью стрелки. Цилиндрическая поверхность отверстия обработана со средним арифметическим отклонением профиля, равным 0,63 мкм, т. е. по 7-му классу шероховатости. Условные знаки принято располагать вблизи от размерных линий.

Большинство поверхностей этой детали обработано по 5-му классу шероховатости и имеют высоту неровностей R_z профиля по десяти точкам, равную 20 мкм. Этот знак наносится в правом верхнем углу чертежа. Его размеры и толщина линий обводки должны быть в 1,5 раза больше, чем в обозначениях, нанесенных на изображении. Вслед за этим знаком в скобках наносят знак той же величины и обводки, как и на изображении. Он указывает на то, что на изображении имеются поверхности иной шероховатости, чем шероховатость, указанная над увеличенным знаком. Оба эти знака должны находиться на расстоянии 5 ... 10 мм от линий рамки чертежа.

При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей изделия обозначение шероховатости помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не наносят. Размеры и толщина линий знака должны быть увеличенными в 1,5 раза.

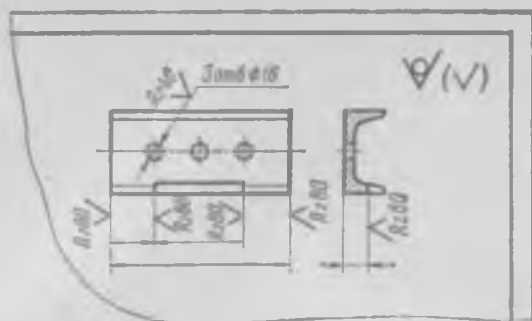


Рис. 321. Приемы нанесения обозначений шероховатости

Если часть поверхностей не обрабатывается по данному чертежу, то в правом верхнем углу чертежа перед знаком, заключенным в скобки, помещают соответствующий знак (рис. 321). На чертеже изображен отрезок швеллера с тремя отверстиями и вырезанной частью в нижней полке. Торцовые срезы и средний вырез выполнены по 2-му классу шероховатости (высота неровностей 80 мкм), шероховатость поверхностей отверстий соответствует 3-му классу шероховатости (высота неровностей 40 мкм). Следует обратить внимание на расположение знаков у левого и правого торцов швеллера и на нанесение знака шероховатости перед размером 3 отв. $\varnothing 16$.

Если изображают изделие с разрывом, то обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения, по возможности ближе к месту указания размеров.

В том случае, когда шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначений шероховатости (рис. 322). Если деталь изображена с разрезом, то линию разграничения на заштрихованной части не проводят.

Если на чертеже имеется профиль резьбы (рис. 323, а), то обозначение шероховатости поверхности наносят по общим правилам. В других случаях обозначение наносят условно, используя для этого выносные или размерные линии (рис. 323, б и в).

Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, эвольвентных шлицев и т. п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносят на линии делительной поверхности (рис. 324, а и б).

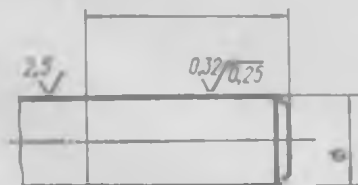


Рис. 322. Обозначение различной шероховатости

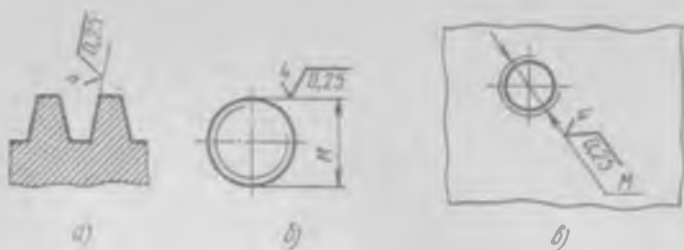


Рис. 323. Обозначение шероховатости поверхности резьбы

Если шероховатость поверхностей, изображения которых образуют контур, должна быть одинаковой, то обозначение шероховатости наносят один раз с надписью «По контуру» на полке соответствующего знака. При плавных переходах одной поверхности в другую надпись «По контуру» не наносят.

Шероховатость поверхности древесины по ГОСТ 7016—75 характеризуется теми же параметрами неровностей, как и для металлов: R_z или R_a . Установлены следующие параметры для R_z : 1600, 1250, 1000, 800, 630, 500, 400 мкм и т. д. Для ориентировки допускается применять классы шероховатости: 1-й класс — 1600 мкм, 2-й — 1250, 3-й — 1000, 4-й — 500 и т. д. Для R_a установлены следующие параметры: 100, 80, 63, 50 мкм и т. д.

Кроме размерных параметров учитывают наличие ворсистой и мшистой. Под ворсистой понимают наличие не вполне отделенных от поверхности древесины отдельных волокон, а под мшистой — наличие пучков волокон. Ворсистость не допускается, если параметр шероховатости $R_{z_{\max}}$ меньше 8 мкм. Мшистость не допускается, если этот параметр меньше 100 мкм.

Обозначения шероховатости поверхностей на чертежах выполняют по ГОСТ 2.309—73.

Кроме знаков, обозначающих шероховатость поверхностей, на чертежах деталей наносят указания о покрытии поверхностей и термической обработке металлических деталей (ГОСТ 2.310—68). При нанесении одинакового покрытия на несколько поверхностей их обозначают одной буквой (рис. 325, а) и запись в технических требованиях делают по типу: *Покрытие поверхностей А Эм. НЦ-25, синий. II. П*, что означает — покрытие лакокрасочное по ГОСТ 9.032—74; окраска синей нитроэмалью ЭМ. НЦ-25 по II кл. для эксплуатации внутри помещения. Если необходимо нанести покрытие на часть поверхности, которую нельзя определить однозначно, то такую поверхность обводят на чертеже штрихпунктирной утолщенной линией на расстоянии 0,8 ... 1,0 мм (рис. 325, б), обозначают поверхность

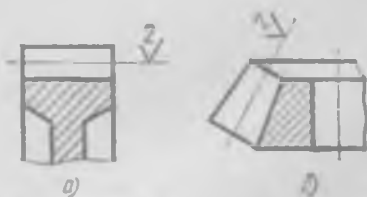


Рис. 324. Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев

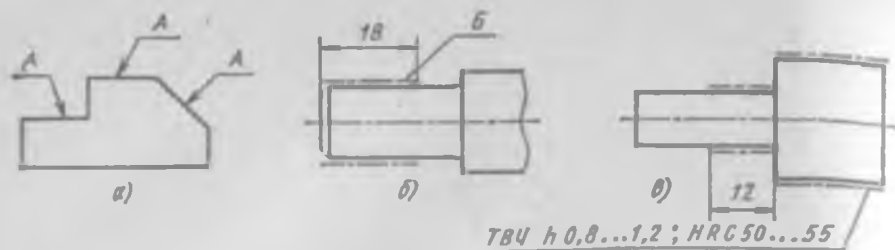


Рис. 325. Указания о покрытии и термообработке

одной буквой и проставляют размеры, определяющие эту поверхность, после чего в технических требованиях делают запись, например: *Покрытие поверхности Б МНХ. 48. зк*, что означает — покрытие хромовое многослойное (с подслоем меди и никеля), толщиной 48 мкм, зеркальное. Указания в записи по ГОСТ 9.073—77 отделяются друг от друга точками.

На чертежах деталей, подвергаемых термической и другим видам обработки, указывают показатели свойств материалов, получаемых в результате обработки. Если вся деталь подвергается одному виду обработки, то в технических требованиях делают запись, например: *Цементировать h 0,7 ... 0,9; HRC 58 ... 62*, что означает — цементировать на глубину от 0,7 до 0,9 мм; твердость металла по Роквеллу (ГОСТ 9013—59) от 58 до 62 единиц. Если обработке должны быть подвергнуты отдельные части детали, то надпись с показателями свойств материала располагают на полке линии-выноски, а участок, который должен быть обработан, отмечают штрихпунктирной утолщенной линией с указанием размеров, определяющих поверхность (рис. 325, в); запись означает: закалить токами высокой частоты на глубину от 0,8 до 1,2 мм до твердости по Роквеллу от 50 до 55 единиц.

§ 86. ОБОЗНАЧЕНИЕ НА ЧЕРТЕЖАХ МАТЕРИАЛА ДЕТАЛЕЙ

На чертежах применяют условные обозначения или марки материалов, из которых изготовляются детали.

Углеродистую сталь обыкновенного качества (ГОСТ 380—71) обозначают: Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6. Стали марок Ст1 и Ст2 применяют для изготовления котельных связей, заклепок и пр. Стали марок Ст3, Ст4 и Ст5 применяют для изготовления крюков, тяг, шатунов, болтов и пр. Стали марок Ст0 и Ст3 применяют для строительных конструкций, Ст6 применяют для валов, деталей сельскохозяйственных машин и пр. Пример обозначения: *Сталь Ст5 ГОСТ 380—71* или *Ст5 ГОСТ 380—71*.

Углеродистую качественную конструкционную сталь (ГОСТ 1050—74) обозначают двузначными числами, показывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента: 05кп (кипящая), 08кп, 08, 10кп, 10, 15кп, 15, 20кп, 20, 25, 30, 35, 40,

45, 50, 55, 60, 65, 70. Стали марок 05кп, 10 имеют высокую пластичность; их применяют для изготовления деталей гибкой и штамповкой. Стали марок 15, 20 и 25 применяют для изготовления крепежных изделий, муфт, втулок, поршней и пр. Стали марок 15Г и 20Г с повышенным содержанием марганца применяют для изготовления шестерен, кулачковых валов и пр.; сталь марки 30 — для поковок; стали марок 35 и 40 — для изделий, несущих значительную нагрузку (коленчатых валов и пр.); стали марок 45, 50 и 55 — для штоков, осей шестерен и пр.; стали марок 60, 65 и 70 — для пружин, рессор и пр. Пример обозначения: *Сталь 25 ГОСТ 1050—74.*

Углеродистую инструментальную сталь (ГОСТ 1435—74) с содержанием углерода в пределах от 0,6 до 1,4% обозначают буквой У и указывают содержание углерода в десятых долях процента: У7, У8, У8Г, У9, У10, У11, У12, У13 и ряд марок высококачественной стали с добавлением в обозначении буквы А: У7А, У8А и т. д. Сталь марки У7 применяют для изготовления молотков, плотничьего инструмента; сталь марки У7А — для зубил, отверток, центров токарных станков и пр.; сталь марки У8А — для пуансонов, резцов по меди, кернеров, подпятников; стали марок У8 и У8А — для тех же целей и для тисочных губок; стали марок У9 и У9А — для кернеров, зубил; сталь марок У10, У11 — для резцов, сверл, метчиков, фрез и пр. Пример обозначения: *Сталь У8 ГОСТ 1435—74.*

Имеются *легированные машиностроительные стали* (ГОСТ 4543—71). Хромистую сталь обозначают так же, как качественную, но с добавлением буквы Х: 15Х, 20Х, 30Х, 35Х, 38Х, 40Х, 45Х, 50Х. Стали марок 15Х, 20Х 30Х и 35Х применяют для валиков, поршневых пальцев и пр.; стали марок 40Х и 45Х — для тех же деталей, когда требуется высокая устойчивость против износа. Хромоникелевую сталь марки 20ХН применяют для шестерен автомобилей и тракторов, валиков и пр.; сталь марки 40ХН — для коленчатых валов, штифтов и пр. Пример обозначения: *Сталь 20ХН ГОСТ 4543—71.*

Серый чугун (ГОСТ 1412—70) имеет марки СЧ 00, СЧ 12-28, СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40, СЧ 24-44, СЧ 28-48, СЧ 32-52 и др. Первые две цифры марки обозначают предел прочности при растяжении в кгс/мм² (Н/мм²), вторые — предел прочности при изгибе. Малопрочный чугун марки СЧ 00 применяют для подкладок, грузов, простых опор и стоек. Чугун марок СЧ 12-28, СЧ 15-32 и СЧ 18-36 средней прочности широко применяют для деталей общего машиностроения (кожухи крышки, суппорты, каретки и пр.), для трубных изделий (трубы, корпуса клапанов, вентили), для подшипников, втулок и пр. Чугун марок СЧ 21-40, СЧ 24-44, СЧ 28-48 и СЧ 32-52 повышенной прочности, применяют для шестерен, маховиков, поршней, поршневых колец кулачков, муфт и пр. Пример обозначения: *Чугун СЧ 12-28 ГОСТ 1412—70* или *СЧ 12-28 ГОСТ 1412—70.*

Ковкий чугун (ГОСТ 1215—59) применяют для соединительных частей трубопроводов; чугун с добавкой марганца (легированный) применяют в трущихся деталях: червячных шестернях, втулках и других деталях машин. Наиболее распространенные марки ковкого чугуна: КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12. Первые две цифры означают предел прочности при растяжении в кгс/мм² (Н/мм²), вторые — удлинение в процентах. Пример обозначения: *Чугун КЧ 35-10 ГОСТ 1215—59* или *КЧ 35-10 ГОСТ 1215—59*.

Наиболее распространенным сплавом меди является *латунь* — медноцинковый сплав с добавкой других металлов: олова, алюминия, никеля, марганца, свинца и др. Латунь марок Л63, Л70, ЛА77-2 и др. применяют для деталей, обрабатываемых давлением. Пример обозначения: *Латунь Л63 ГОСТ 15527—70*.

Сплав меди с оловом при добавке цинка, свинца, никеля образует *бронзу* (ГОСТ 613—65). Для деталей, работающих в условиях трения, применяют бронзы марок БрОЦС 6-6-3, БрОЦС 5-5-5, БрОЦС 4-4-17. В настоящее время бронзы оловянные вытесняются более экономичными заменителями.

Специальные бронзы бывают следующих марок: Бр45, БрА7 (алюминиевые бронзы), БрАЖН 10-4-4, БрМц 5 и др. Пример обозначения: *Бронза БрА5 ГОСТ 18175—72* или *БрА5 ГОСТ 18175—72*.

Основными компонентами алюминиевых сплавов являются кремний, медь, магний и цинк. По ГОСТ 2685—75 применяют алюминиевые сплавы следующих марок: АЛ6 — содержит около 6% кремния и около 3% меди (для деталей карбюраторов); АЛ9 — для деталей, подвергающихся сварке, и многие другие. По ГОСТ 4784—74 применяют сплавы дляковки и штамповки: АК, АК2 и др.; сплавы высокой прочности называют дуралюмином: Д1, Д6, Д7, Д16 и др. Пример обозначения: *Алюминий АК2 ГОСТ 4784—74*.

§ 87. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАБОЧИМ ЧЕРТЕЖАМ ДЕТАЛЕЙ

Рабочие чертежи в совокупности с техническими условиями должны содержать все данные, определяющие форму, размеры, допуски, материал, отделку и другие сведения, необходимые для изготовления и контроля детали.

На рабочих чертежах изделий основного производства, как правило, не допускается помещать технологические указания. Исключением являются указания на применение таких приемов и способов обработки и сборки, которые гарантируют требуемое качество изделия, например: *Притирка*, *Совместная обработка* и т. п. Различные технологические указания допускается помещать на чертежах индивидуального производства.

На рабочем чертеже деталь изображают в том виде и с теми размерами и знаками шероховатости поверхностей, какие она должна иметь при поступлении на сборку. На чертежах деталей, подвер-

гаемых покрытию, указывают размеры и шероховатость поверхности до покрытия.

Все размеры детали наносят, как правило, с предельными отклонениями. Без предельных отклонений разрешается наносить справочные размеры и размеры для построений, а также размеры отдельных частей деталей, изготавливаемых из стандартных профилей (например, прокат) без дополнительной обработки.

На чертежах, выполняемых в процессе изучения курса черчения, предельные отклонения можно не наносить (см. программу).

В простейших случаях ГОСТ разрешает обходиться вообще без чертежа. Так, допускается не выпускать чертежи на детали, изготавливаемые из фасонного или сортового материала отрезкой под прямым углом и из листового материала резкой по окружности или по периметру прямоугольного без последующей обработки, а также на несложные по конфигурации деревянные конструкции и в некоторых других случаях.

При выполнении чертежей часто возникает вопрос о том, изображать ли центровые отверстия, имеющиеся на детали. Вопрос этот надо решать исходя из указаний ГОСТ 2.109—73; а именно: если в окончательно изготовленной детали требуется сохранение центровых отверстий, то их упрощенно изображают, указывая обозначение по ГОСТ, например: *Отв. центр. А 3,15 ГОСТ 14034—74*. Если центровые отверстия недопустимы, то в технических требованиях пишут: «Центровые отверстия недопустимы». И, наконец, если их наличие безразлично, то центровые отверстия не изображают и в технических требованиях не помещают никаких указаний.

Если детали должны быть изготовлены из материалов, имеющих определенное направление волокон, основы и т. д., то в необходимых случаях это оговаривается на чертеже (рис. 326), при этом для металлов указывают направление проката, для тканей — направление основы, для дерева — направление волокон.

Детали из стекла или других прозрачных материалов изображают как непрозрачные.

На чертежах деталей указывают расчетную или фактическую массу изделия в килограммах без указания единицы измерения.

В правой части чертежа помещают технические требования, подлежащие проверке при окончательной приемке, настройке, регулировке, хранении и транспортировании изделий. Технические требования, если их несколько, нумеруют по порядку. Не сле-



Рис. 326. Указания о направлении проката, волокон

дует их подчеркивать или наносить заголовок «Технические требования».

Наименования стандартных изделий должны строго соответствовать наименованиям, установленным в стандартах и нормалях.

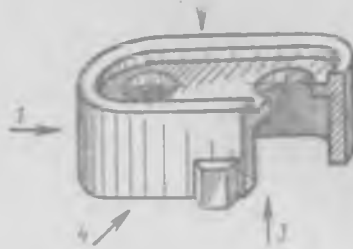
При записях в чертежах не должно быть сокращений слов, за исключением общепринятых по правилам орфографии и установленных стандартами. В основных надписях, на выносках, в угловых спецификациях и таблицах чертежей, кроме условных сокращенных обозначений и сокращений слов, предусмотренных стандартами, допускаются сокращения слов, указанные в приложении к ГОСТ 2.316—68. Допустимы, например, следующие сокращения: без чертежа — Бч, деталь — дет., инвентарный — инв., количество — кол., левый — лев., литера — лит., наружный — нар., отверстие — отв., подлинник — подл., позиция — поз., подпись — подп., по порядку — п/п, правый — прав., примечание — примеч., пункт — п., пункты — пп., специальный — спец., стандартный — станд., технические условия — ТУ, ток высокой частоты — ТВЧ, толщина — толщ., экземпляр — экз.

Установлены сокращения, которые можно применять только в основной надписи: Ведущий — Вед., Главный — Гл., Инженер — Инж., Конструктор — Констр., Металлург — Мет., Механик — Мех., Начальник — Нач., Проверил — Прав., Руководитель — Рук., Старший — Ст., Техноло́г — Техн., Утвердил — Утв. и др.

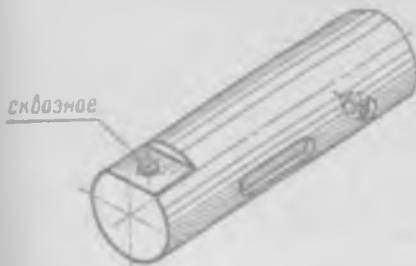
ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Какие требования предъявляются к эскизу детали? Для каких целей составляется эскиз?
2. Какая разница между чертежом и эскизом?
3. В какой последовательности ведется составление эскиза?
4. Почему не допускается повторять размеры на чертежах?
5. Какое упрощение применяют при нанесении размеров повторяющихся элементов деталей?
6. С какой целью наносят на чертежах осевые и центровые линии?
7. В каких случаях не принято проводить оси симметрии деталей?
8. Показать, как пользуются мерительными инструментами в различных случаях.
9. Как определить тип и размеры резьбы при отсутствии резьбового шаблона?
10. Как проводят линии сгиба на развертках?
11. Что подразумевают под шероховатостью поверхностей?
12. Как обозначают шероховатость поверхностей на чертежах?
13. Как обозначают на чертежах углеродистую сталь обыкновенного качества?
14. Как обозначают на чертежах конструкционную и инструментальную стали?
15. Как обозначают на чертежах серый и ковкий чугуны?
16. Почему на рабочих чертежах основного производства не допускается помещать технологические указания, кроме некоторых?
17. Какие требования по ГОСТу предъявляют к установлению названий деталей?
18. В порядке подготовки к выполнению задания на эскизирование составьте два-три эскиза деталей машин, используя материал, изученный в гл. XIX.
19. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 43, 44.

Которое из направлений проецирования 1, 2, 3 или 4, указанное стрелками на рисунке, следует применять для получения главного вида коробки?



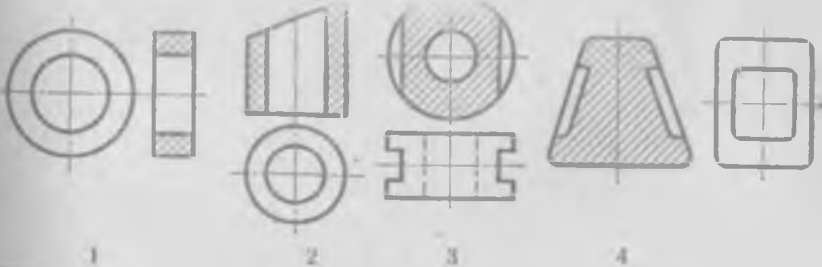
Сколько отдельных сечений следует выполнить на комплексном чертеже для детали, изображенной на рисунке?



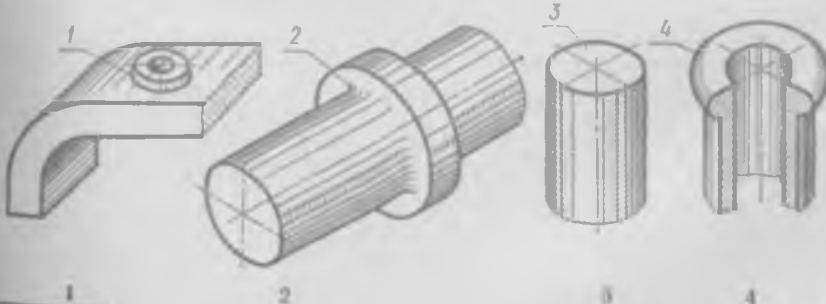
Четыре
Два
Три
Одно

1
2
3
4

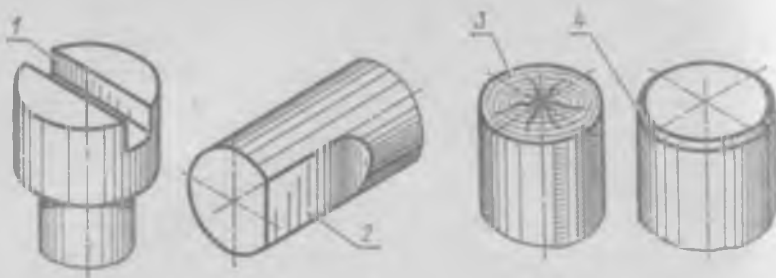
На котором чертеже нанесены лишние осевые или центровые линии?



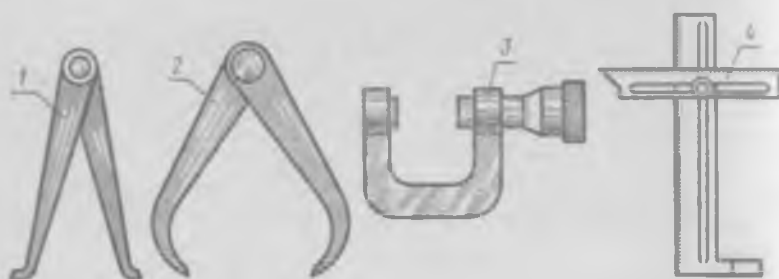
На котором рисунке изображена и зашумерована галтель?



На котором рисунке изображен и занумерован шлиц?



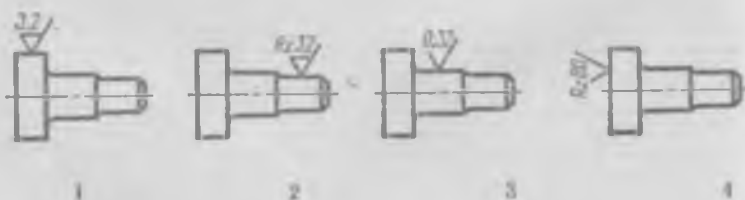
На котором рисунке изображен и занумерован рейсмас?



Какой из трех знаков применяют для обозначения шероховатости поверхностей, полученных литьем, прокатом, ковкой?



На котором из чертежей обозначена наиболее чистая поверхность?



ВЫПОЛНЕНИЕ И ЧТЕНИЕ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

§ 88. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОЧИХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Как известно, рабочим чертежом детали называется чертеж, содержащий в совокупности с техническими условиями все необходимые данные для изготовления, ремонта и контроля детали. Пример рабочего чертежа детали дан в § 66 (см. рис. 230).

Рабочие чертежи деталей выполняют, начиная с анализа эскизов. Следует проверить, в частности, выбор видов, посмотреть, нельзя ли уменьшить их количество путем введения сечений, не следует ли дать местный вид или местный разрез для пояснения отдельных элементов детали, не следует ли применить выносной элемент и т. д.

На чертежах деталей иногда применяют перевод отверстий в плоскость разреза. Такая условность удобна, например, при построении разрезов деталей, имеющих фланцы с отверстиями, не попадающими в секущую плоскость (рис. 327).

После анализа эскизов и окончательного установления количества видов и разрезов переходят к выбору масштаба чертежа и формата бумаги. Эти два вопроса решают совместно. Наибольшие трудности возникают при составлении чертежей деталей, имеющих большие габаритные размеры. Допустим, что применение масштаба уменьшения $1 : 2$ не позволяет разместить чертеж на данном формате. Тогда определяют, нельзя ли принять масштаб $1 : 2,5$. Может оказаться, что и этот масштаб велик. Если следующий масштаб $1 : 4$ приводит к очень мелкому изображению, то идут на увеличение формата бумаги и применяют один из рекомендуемых ГОСТом масштабов.

После выбора формата бумаги, масштаба и определения количества видов, разрезов и сечений приступают к компоновке чертежа, т. е. к рациональному размещению изображений на листе

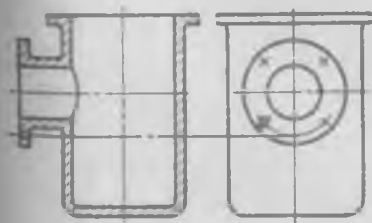


Рис. 327

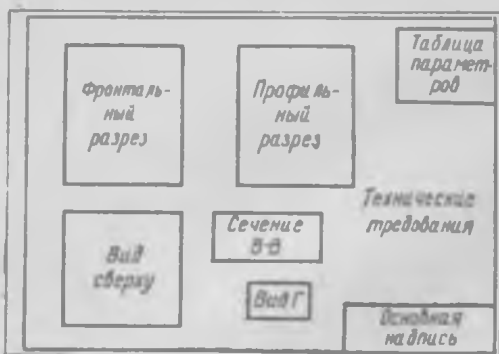


Рис. 328

бумаги. Прежде всего в правом нижнем углу формата намечают рамку основной надписи размерами 185×55 или 185×30 мм (рис. 328). Для таких деталей, как пружины, зубчатые колеса и червяки, в правой верхней части формата предусматривают место для таблицы параметров шириной не менее 70 мм. Для других деталей справа оставляют место для записи технических требований к детали (твердость металла, отклонение от соосности, радиусы скруглений и др.). На остальной части листа располагают прямоугольники, размеры которых соответствуют габаритным размерам видов и разрезов, при этом, справляясь по эскизам, оставляют необходимый запас площади для нанесения размеров около каждого изображения. При большом количестве изображений и стесненных условиях компоновки габаритные прямоугольники вырезают из листов бумаги и раскладывают на выбранном формате, добиваясь наиболее рационального размещения изображений.

§ 89. УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРУЖИН

Во многих машинах и механизмах применяются цилиндрические пружины, работающие на сжатие или растяжение. При изображении цилиндрических пружин, изготовленных из проволоки круглого сечения (рис. 329, а), по ГОСТ 2.401—68 применяют две условности: 1) витки пружины, ограниченные винтовой поверхностью, на плоскости, параллельной оси пружины, условно изображают прямыми линиями; 2) сечения пружины условно изображают окружностями.

На рис. 329, а изображена цилиндрическая пружина, работающая на сжатие. Крайние витки такой пружины поджаты перед закалкой и обработаны с целью обеспечения полного прилегания к опорным поверхностям. Эти витки не являются рабочими и не учитываются при расчете пружины на сжатие. Остальная часть пружины имеет постоянный шаг, в связи с чем центры сечений на чертеже должны располагаться строго в шахматном порядке. Если количество витков значительно, то в средней части пружины их пропускают, изображая с каждого конца по 1—2 витка; на всей длине проводят осевые линии через центры сечений витков. На поле чертежа в технических требованиях указывают полное число витков n_1 , число рабочих витков n , направление навивки пружины, длину заготовки L и другие сведения. Длину пружины в свободном состоянии обозначают буквой H_0 . Этот и некоторые другие размеры являются справочными и отмечаются звездочкой. Наружный диаметр D допускается заменять внутренним диаметром D_1 .

Изображения винтовых пружин на рабочих чертежах располагают горизонтально. На чертежах ответственных пружин строят диаграмму испытаний, на которой указывают высоту (длину) пружины H_1 , соответствующую предварительной деформации

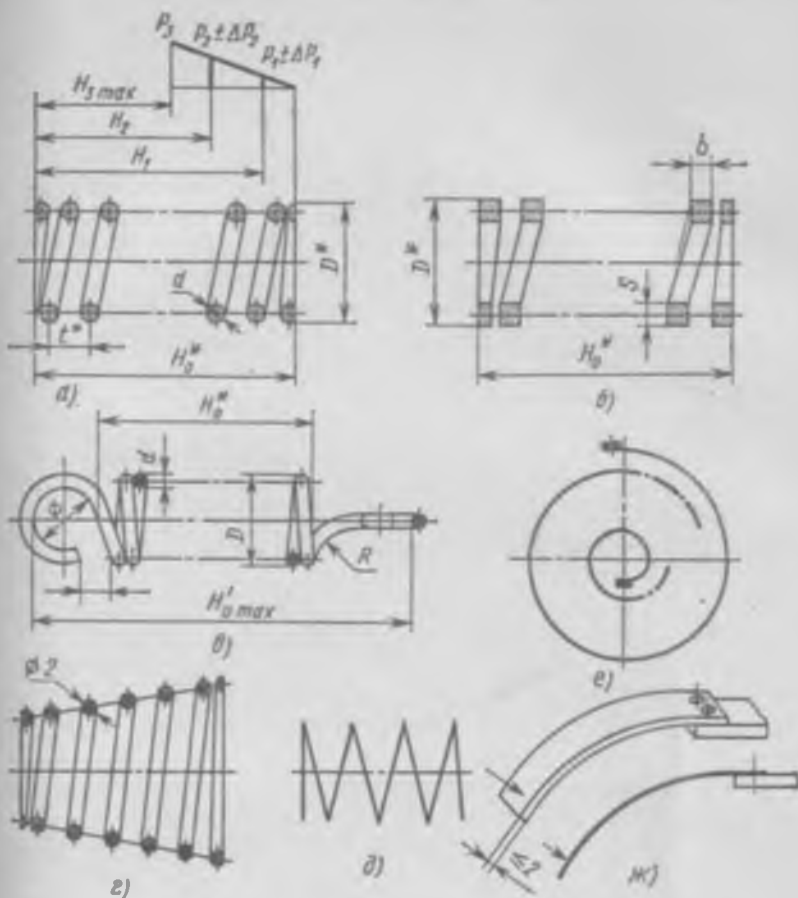


Рис. 329. Условные изображения пружин

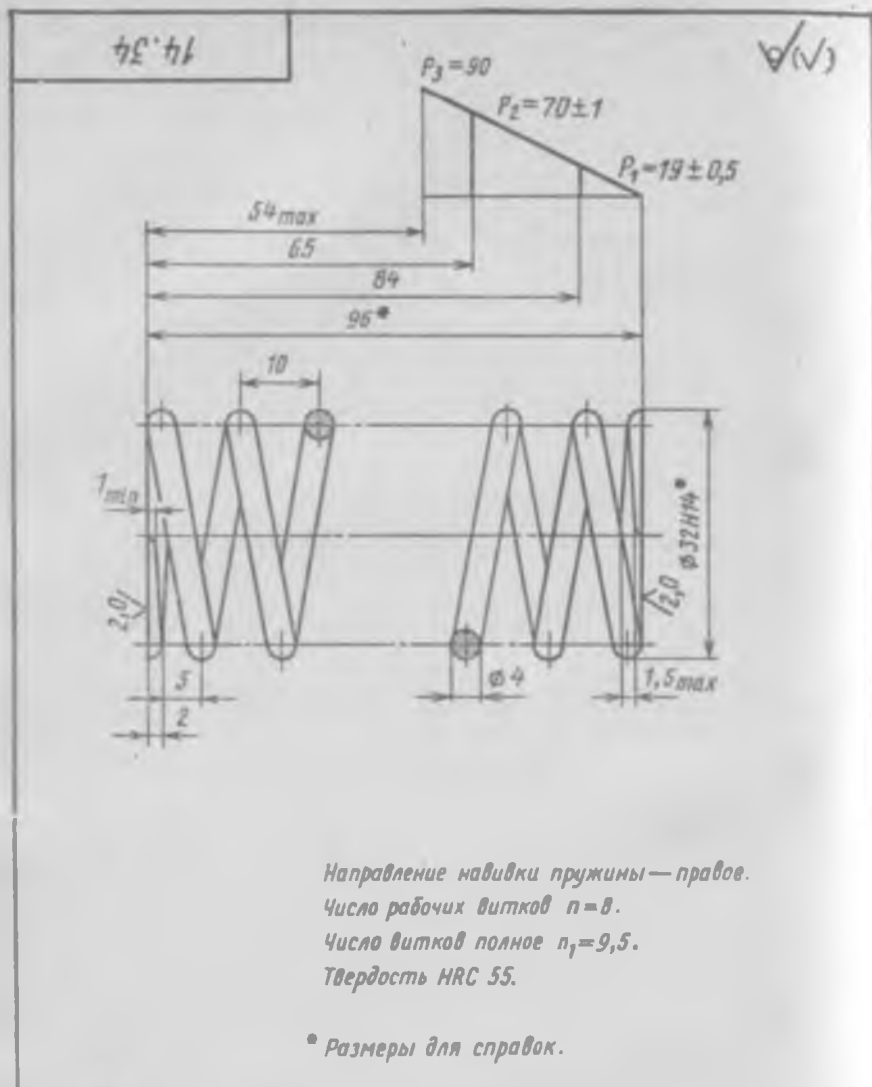
пружины, высоту (длину) пружины H_2 для наибольшей рабочей нагрузки P_2 и высоту пружины H_3 для наибольшей испытательной нагрузки P_3 .

При изображении цилиндрических пружин, изготовленных из ленты прямоугольного и квадратного сечений, применяют дополнительную условность: на чертеже не показывают видимую наблюдателю поверхность коноида (рис. 329, б), в правой части пружины в одном случае такая поверхность показана тонкой линией.

Пружины, работающие на растяжение, обычно изображают с местным разрезом (рис. 329, в) и с пропуском витков.

Сечения витков диаметром или толщиной на чертеже 2,5 мм и менее заливают тушью или зачерняют карандашом (рис. 329, г).

Витки витковых пружин толщиной 2 мм и менее допускается изображать на чертежах в виде прямых утолщенных линий (рис. 329, д).



						14.34			
						Пружина			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лит.	Масса	Масштаб	
Чертил	Гуров Н.	Зинин	12.177			4	0,08	1:1	
Проверил	Иванов А.Г.	А.И.	14.177			Лист	Всего 1		
Принят	Иванов А.Г.	14.177				Сталь 65 ГОСТ 1050-74			
						КЭМТ, группа ИАТ			

Рис. 330. Рабочий чертеж пружины

На рабочих чертежах пружины изображают только с правой навивкой. Направление навивки указывают в технических требованиях.

Спиральные пружины изображают начальными и конечными витками, отмечая их продолжение штрихпунктирными утолщенными линиями (рис. 329, е).

Пластинчатые пружины, если их толщина равна 2 мм и менее, изображают сплошной утолщенной линией (рис. 329, ж). Стрелкой на последнем чертеже условно показано приложенное усилие.

На рис. 330 приведен рабочий чертеж пружины сжатия. Пружина изображена в свободном состоянии, длина (высота) пружины при этом равна 96 мм. Вверху чертежа помещена диаграмма испытаний, показывающая зависимость нагрузки от деформации пружины. Опорные витки пружины поджаты, отшлифованы на $3/4$ окружности до чистоты 6-го класса. Указана минимальная толщина конца опорного витка пружины $s_{k \min} = 1$ мм и размер зазора между концом опорного витка и соседним рабочим витком $h_{\max} = 1,5$ мм. При построении также следует обратить внимание на размер 5, равный половине шага пружины (0,5t).

На производственных чертежах пружин, в соответствии с ГОСТ 2.401—68, приводятся еще некоторые технические характеристики: модуль сдвига, касательное напряжение при кручении. Эти характеристики будут изучены в курсе технической механики в разделах сопротивления материалов и деталей машин.

§ 90. ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Под чтением чертежа подразумевают подробное рассмотрение его с целью выяснения формы изображенной детали, ее размеров, точности обработки отдельных частей, допусков и отделки. Для выяснения формы детали определяют, какие виды, разрезы и сечения приведены на чертеже. Рассматривая их совместно, выясняют, какими геометрическими формами ограничена деталь.

В учебной практике для выяснения формы детали нередко задаются проекции точек, которые считаются принадлежащими поверхности детали. Упражнение состоит в том, что по одной заданной проекции точки находят другие ее проекции. Иногда задают несколько точек и определяют, которая из них находится ближе к наблюдателю или которая расположена выше других. Подготовка ответов на такие вопросы заставляет учащихся полностью представить форму детали, проанализировать, какими геометрическими поверхностями она ограничена.

Для примера рассмотрим порядок чтения чертежа втулки (рис. 331). Чертеж втулки представлен двумя изображениями: продольным разрезом, расположенным на месте главного вида, и видом справа. Разрез сделан с помощью фронтальной плоскости, проходящей через ось втулки. Разомкнутая линия сечения не нанесена на чертеж, поскольку секущая плоскость является

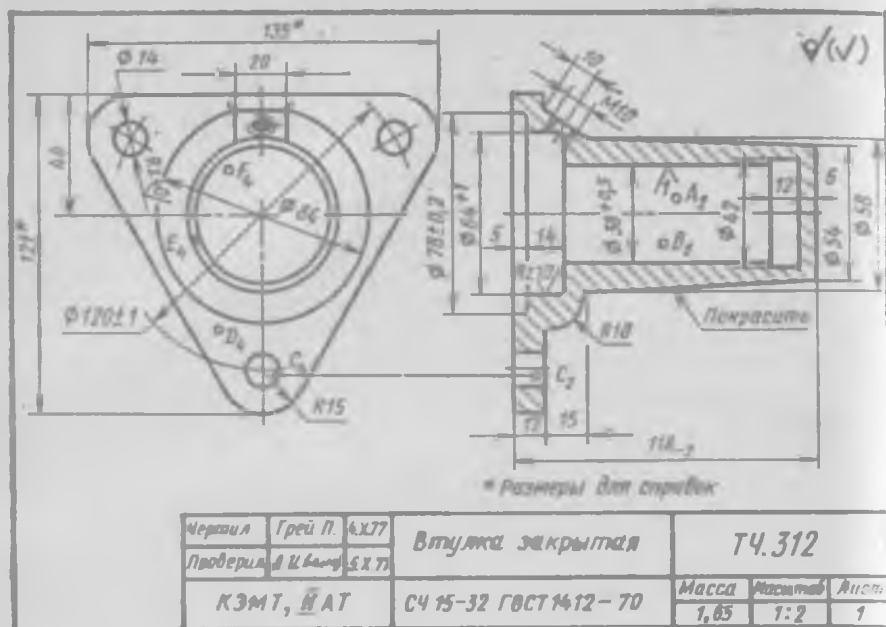


Рис. 331 Рабочий чертеж втулки

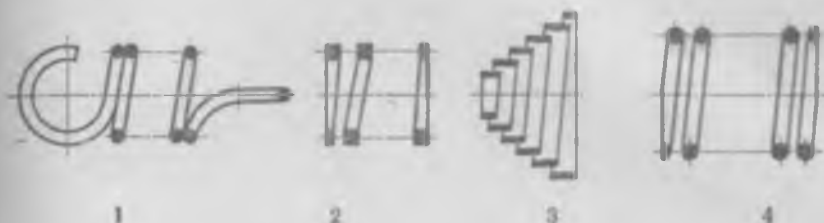
плоскостью симметрии детали. Втулка имеет фланец треугольной формы со скругленными вершинами. Наружная поверхность ее ограничена слегка конической поверхностью (литейная конусность). Можно определить конусность наружной поверхности втулки. Для этого надо воспользоваться размерами диаметров 58 и 54 мм. Разность диаметров надо разделить на длину конической части втулки $[118 - (12 + 15) = 91 \text{ мм}]$. Входная часть втулки ограничена двумя цилиндрическими поверхностями. Диаметр первой колеблется в пределах 78,2—77,8 мм, диаметр второй—65—64 мм; внутренняя поверхность втулки цилиндрическая. Диаметр цилиндра при обработке может колебаться в пределах от 38 до 38,5 мм. Для удобства расточки этого цилиндра в глубине втулки имеется углубление цилиндрической формы диаметра 42 мм. Оно получено в процессе отливки, о чем можно судить по знаку шероховатости этой поверхности. Этот знак нанесен вверх чертежа и относится к большей части поверхностей, ограничивающих деталь.

Правильность восприятия формы детали может быть проверена при рассмотрении проекций видимых для наблюдателя точек, нанесенных на поверхность детали.

Вопрос. Какая точка, А или В, ближе к наблюдателю?

Ответ. Обе точки заданы лежащими на внутренней цилиндрической поверхности, находящейся за плоскостью разреза. Проекция В₂ точки В ближе к нижней образующей, лежащей в секущей

Какое условное изображение по ГОСТ 2.401—68 относится к конической пружине сжатия? Как она иначе называется?



Какую из сталей обыкновенного качества применяют для производства валов, деталей сельскохозяйственных машин и других подобных изделий?

Сталь Ст3
ГОСТ 380—71

Сталь Ст1
ГОСТ 380—71

Сталь Ст4
ГОСТ 380—71

Сталь Ст6
ГОСТ 380—71

1

2

3

4

Какая из четырех марок стали определяет легированную машиностроительную сталь?

Сталь У10 ГОСТ 1435—54

Сталь 20Х ГОСТ 4543—71

Сталь 40 ГОСТ 1050—74

Сталь Ст5 ГОСТ 380—71

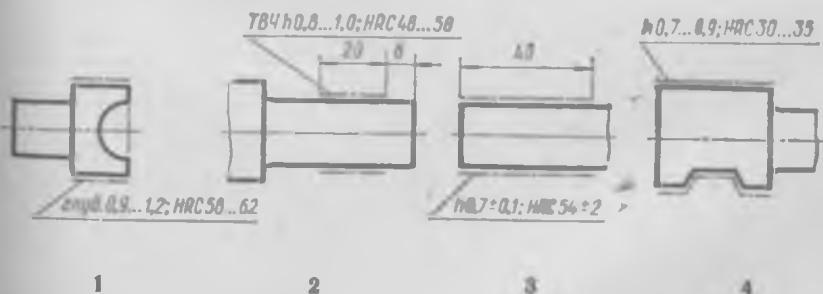
1

2

3

4

На каком чертеже термическая обработка детали указана не в полном соответствии с ГОСТ 2.310—68?



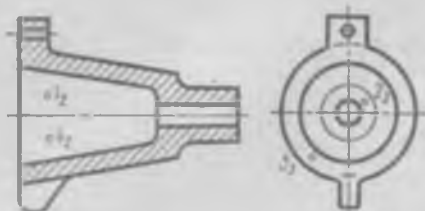
1

2

3

4

Которая из видимых точек, принадлежащих поверхности детали, расположена дальше других от наблюдателя, проецирующего их на профильную плоскость проекций Π_2 ?



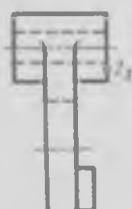
1
2
3
4

Которая из видимых точек, принадлежащих поверхности детали, расположена ближе других к наблюдателю, проецирующему их на фронтальную плоскость проекций Π_2 ?



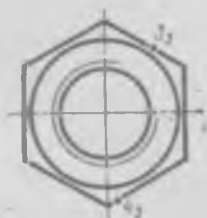
1
2
3
4

Которая из видимых точек, принадлежащих поверхности детали, расположена дальше других от наблюдателя, проецирующего их на фронтальную плоскость проекций Π_2 ?



1
2
3
4

Которая из четырех точек, принадлежащих поверхности гайки, расположена ближе других к наблюдателю, проецирующему их на фронтальную плоскость проекций Π_2 ?



1
2
3
4

плоскости, чем проекция A_2 точки A к верхней образующей, лежащей в той же секущей плоскости, следовательно, точка B ближе к наблюдателю.

В о п р о с. Постройте профильную проекцию C_4 точки C на виде справа, если задана фронтальная проекция C_2 точки C .

О т в е т. Очевидно, что точка C задана лежащей на стенке нижнего отверстия диаметра 14 мм. Передняя часть втулки мысленно удалена. Значит, проекцию C_4 следует нанести на правой части окружности, считая от оси симметрии.

В о п р о с. Которая из трех точек — D , E или F ближе к наблюдателю, находящемуся справа от детали?

О т в е т. Судя по расположению проекций D_4 , E_4 и F_4 , можно заключить, что точка D находится с правой стороны фланца (поскольку точка изображена видимой), точка E находится на конической части втулки, а точка F лежит в торцовой плоскости правой части втулки. Очевидно, что точка F расположена ближе всех к наблюдателю.

Габаритные размеры втулки равны $135 \times 121 \times 118$ мм.

Наиболее чисто, по 7-му классу шероховатости, обработана внутренняя цилиндрическая поверхность втулки. Термической обработке втулка не подвергнута. Наружная поверхность ее окрашена, о чем можно судить по надписи.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Каков порядок составления рабочего чертежа детали по данным ее эскиза?
2. Что называется компоновкой чертежа?
3. Назовите примеры технических требований к детали.
4. Что подразумевается под чтением рабочего чертежа?
5. В какой последовательности следует читать чертеж?
6. Разберите несколько рабочих чертежей, приведенных в учебных пособиях по черчению.
7. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 45 и 46.

Глава XXI

РАЗЪЕМНЫЕ И НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

§ 91. ПЕРВОНАЧАЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖАХ

Как известно, сборочным чертежом называется документ, содержащий изображение изделия и другие данные, необходимые для его сборки (изготовления) и контроля.

На сборочных чертежах изображение двух граничащих друг с другом деталей заштриховывают в разные стороны («встречная

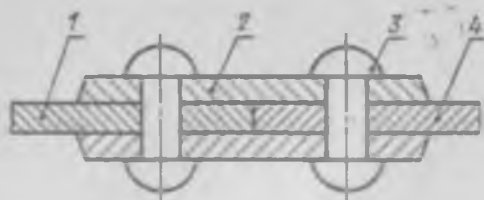


Рис. 332. Штриховка и нанесение номеров позиций на сборочных чертежах

штриховка»). При стыке трех поверхностей одну из них заштриховывают гуще, чем другие, или «сдвигают» штриховку (рис. 332).

При нанесении порядковых номеров позиций по ГОСТ 2.109—73 предлагается выносить их вне контура вида на наклонных ли-

ниях-выносках (рис. 332), начинающихся точкой и оканчивающихся тонкой горизонтально расположенной чертой-полкой. Полки для позиций располагают по направлениям, параллельным или перпендикулярным по отношению к направлению основной надписи на чертеже, по возможности на равных расстояниях друг от друга. Размер цифр, применяемых для нумерации, должен быть на один-два размера больше цифр размерных чисел на данном чертеже. При размещении номеров по возможности следует учитывать порядок сборки и степень важности той или иной детали. Номера выносят с тех видов, на которых данная деталь проецируется как видимая. Большую часть деталей следует нумеровать на основных видах или на заменяющих их разрезах. Не допускается пересечение линий-выносок между собой и параллельность их линиям штриховки, если линии-выноски проходят по заштрихованному полю.

В соответствии с ГОСТ 2.108—68 на каждую сборочную единицу, комплекс и комплект на отдельных листах составляют спецификацию (рис. 333). Спецификация определяет состав сборочной единицы, комплекса и комплекта и необходима для их изготовления, комплектования конструкторских документов и планирования запуска в производство перечисленных изделий. В спецификацию вносят составные части, входящие в специфицируемое изделие, а также конструкторские документы, относящиеся к этому изделию и к его неспецифицируемым составным частям. В общем случае спецификация состоит из разделов, которые располагают в такой последовательности: документация, комплексы, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, прочие материалы, комплекты. Название каждого раздела указывают как заголовок в графе «Наименование» и подчеркивают тонкой линией. После каждого раздела спецификации оставляют несколько свободных строк для дополнительных записей. Спецификацию сборочных единиц, выполняемых на листах формата 11, допускается совмещать со сборочным чертежом, при этом спецификацию заполняют в том же порядке и по той же форме, что и спецификацию, выполняемую на отдельных листах. В соответствии с приказом МВ и ССО СССР № 634 от 17 сентября 1970 г. это допущение ГОСТа можно распространить и на другие форматы с целью экономии бумаги и удобства хранения учебных чертежей.

Детали соединяются между собой с помощью специальных крепежных деталей: болтов и гаек, шпилек и гаек, винтов, заклепок и т. д. Если соединенные детали можно разъединить, не нарушая целостности крепежных деталей, то соединение называют *разъемным*. В противном случае имеют дело с *неразъемными* соединениями, к которым относятся заклепочные, сварные, паяные, клееные. Наряду с деталями, которые неподвижно соединяются друг с другом, в машинах имеются такие, которые соединяются в пары для совместной работы в механизме. Таковы, например, зубчатые колеса, рейки, червяки, колеса цепных передач и т. п.

Учитывая большое распространение соединений с помощью крепежных деталей, целесообразно ознакомиться с их изображением на чертежах до изучения основной темы о сборочных чертежах.

Выполнение чертежей этих «малых сборок» позволит ознакомиться с основными приемами составления сборочных чертежей; с размещением видов и разрезов, нанесением номеров позиций, составлением спецификаций и т. д. Это важно и потому, что при выполнении сборочных чертежей соединений применяется значительное количество условностей и упрощений. Изучив их, легче будет составлять сборочные чертежи более сложных изделий с натуры.

При построении разреза гайки, навинченной на болт или винт, соблюдают основное правило: винт показывают нерассеченным, закрывающим собой резьбу гайки (рис. 334, а). При этом сплошные основные линии, соответствующие наружному диаметру резьбы на винте, переводят в тонкие сплошные линии, соответствующие наружному диаметру резьбы в гайке, и, наоборот, тонкие линии винта переводят в сплошные основные линии гайки.

Это основное правило относится к изображению всех резьбовых соединений: болта и гайки, трубы и муфты, трубы и гайки, шпильки и отверстия для нее (гнезда) и т. д. В каждом из этих соединений деталь, на которую навинчивают, представляет болт, другая, которую навинчивают, представляет гайку. При изображении резьбового соединения без разреза все линии резьбы выполняют штриховыми линиями одинаковой толщины (рис. 334, б).

Наиболее распространено в практике болтовое соединение. Для его осуществления в соединяемых деталях просверливают отверстия, вставляют болты, подкладывают шайбы и навинчивают гайки (рис. 335, а).

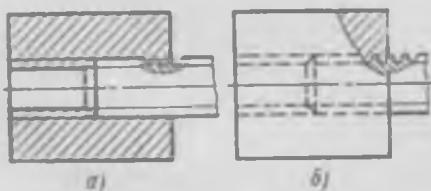


Рис. 334. Резьбовые соединения

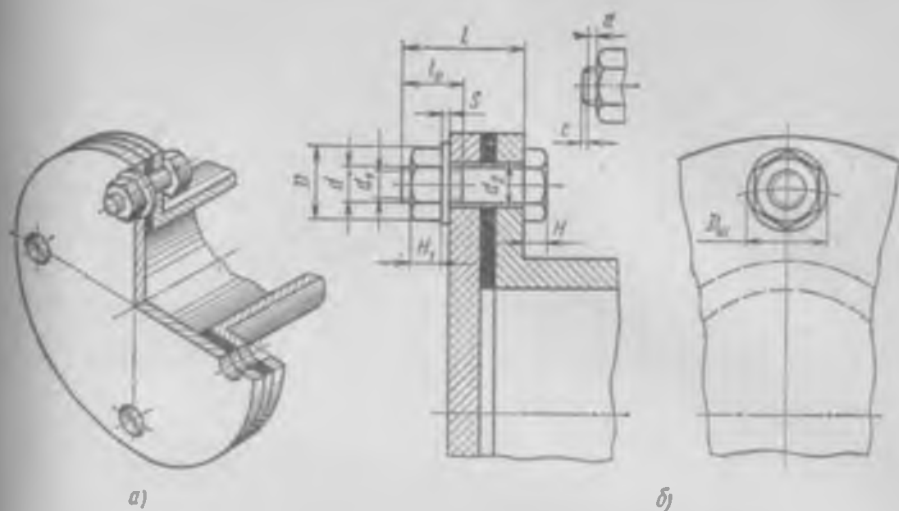


Рис. 335. Вычерчивание болтового соединения

На рисунке фланцевого соединения показан один комплект крепежных деталей; однако надо понимать, что соединение осуществляется с помощью четырех таких комплектов.

Болты, гайки и шайбы на сборочных чертежах иногда вычерчивают не по их действительным размерам, а упрощенно по принятым в практике соотношениям в зависимости от номинального диаметра стержня болта (рис. 335, б). Диаметр окружности, описанной вокруг головки болта или гайки, принимают $D = 2d$; диаметр впадин резьбы болта $d_1 = 0,85d$; высота головки болта $H = 0,7d$; высота гайки $H_1 = 0,8d$; длина нарезанной части стержня болта $l_0 = 1,5d$. Диаметр отверстия под болт принимают равным $d_2 = 1,1d$, диаметр шайбы $D_{ш} = 2,2d$, толщину шайбы $S = 0,15d$. Кривые линии фасок условно считают касающимися торцовых плоскостей гайки и головки болта. Ширина средней части головки болта или гайки имеет тот же размер — d , как и исходный диаметр стержня болта. Величину радиусов кривых, заменяющих проекции гипербол, определяют графически, как показано на рис. 336; радиус средней кривой принимают равным $R = 0,75D$ и берут непосредственно с чертежа. Проводят дугу этого радиуса до пересечения с проекциями крайних ребер гайки или головки болта; соединяют точки пересечения и посередине крайних граней находят центры дуг радиусов r . Угол конической заточки (фаски) принимают, как обычно, равным 30° .

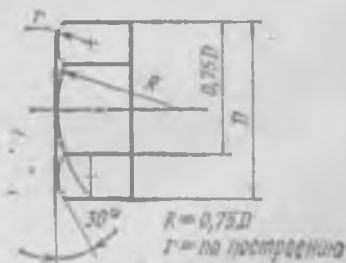
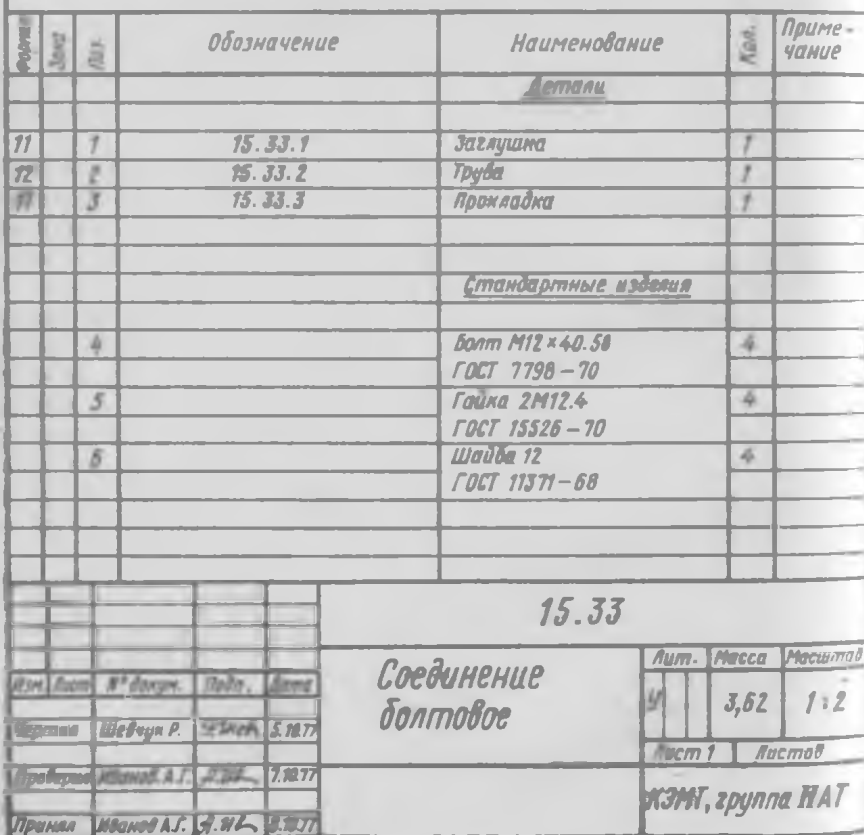


Рис. 336. Упрощенное построение линий фасок



Длину стержня болта l и длину нарезанной части l_0 берут из стандарта после предварительного расчета. Длину l определяют как сумму размеров: толщины скрепляемых деталей, высоты гайки, толщины шайбы, размера a небольшой части болта, выступающей из гайки, и размера фаски болта c . Размер a зависит от величины шага резьбы P и берется из следующего ряда (в мм):

P	0,5—0,6	0,7—0,8	1—1,25	1,5—1,75	2—2,5	3— 3,5	4— 4,5	5—6
a	0,5—1,5	1—2	1,5—2,5	2—3	2,5—4	3—5	4—7	6—10

Величину фаски берут в § 77 или из СТ СЭВ 215—75.

Стандартные гайки и шайбы так же, как и болты, изображаются неразрезанными (рис. 335, 6).

В производственных чертежах в соответствии с ГОСТ 2.109—73 применяют еще большее упрощение изображений: на головке болта и на гайке не изображают фаски, не показывают зазор между стержнем болта и стенками отверстий (рис. 337). Этот чертеж оформлен так, как принято оформлять сборочные чертежи. Номера позиций 1, 3, 5 расположены строго один под другим и нанесены над полками, к которым проведены линии, начинающиеся точкой (или стрелкой для тонких деталей), поставленной на изображении соответствующей детали. Номера позиций 2, 4, 5, 6 расположены над полками по одной горизонтальной прямой.

Спецификация на данном чертеже имеет два раздела, заголовки которых выполнены в графе «Наименование». В первом разделе под заголовком «Детали» записаны позиции трех деталей с их обозначениями и названиями; в первой графе записаны форматы листов, на каких выполнены рабочие чертежи деталей. Во втором разделе под заголовком «Стандартные изделия» записаны позиции трех крепежных деталей со ссылками на соответствующие ГОСТы. После каждого раздела оставлены свободные строки для возможных дополнительных записей.

В тех случаях, когда одна из соединяемых деталей имеет большую толщину, экономичнее применить для соединения не болт, а шпильку (рис. 338). В этом случае в шатуне (деталь поз. 1) просверливают отверстие, нарезают резьбу и в образовавшееся гнездо

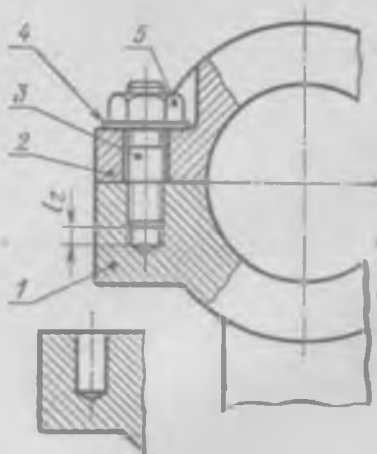


Рис. 338. Соединение шпилькой

ввинчивают шпильку (деталь поз. 3). Принято резьбу ввинчиваемой детали вычерчивать полностью; резьба гнезда будет закрыта шпилькой. В нижней части гнезда резьба будет видна, при этом сплошные основные линии шпильки на чертеже переходят в тонкие линии резьбы гнезда, а тонкие линии резьбы шпильки — в основные линии гнезда. Прямые образующие конической части гнезда должны быть проведены от основных линий цилиндрической части, а не от тонких линий резьбы (частая ошибка учащихся); в этом нетрудно убедиться, если начертить гнездо до его нарезания (слева от сборочного чертежа). Запас глубины сверления l_2 берут в зависимости от величины шага резьбы P из следующего ряда:

P	0,5	0,6— 0,7	0,75— 0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
l_2	3	4	5	6	8	9	11	12	15	18	21	24	27	30	33	36

Дальнейшая сборка изделия осуществляется так: крышку 2 надевают на шпильки, подкладывают шайбы 4 и навинчивают гайки 5. Изображения смежных деталей 1 и 2 заштриховывают в разные стороны. Составление спецификации не вызовет затруднений. Форму записи для шпильки берут из ГОСТ 22032—76. Спецификация должна иметь два раздела так же, как на предыдущем чертеже.

Аналогично изображают соединение крышки 2 с корпусом 1 винтами 3. На чертеже (рис. 339) показан один винт, попавший в разрез. На чертеже отражены две условности изображения винтов на сборочных чертежах: 1) изображение шлицев на головках винтов сплошной утолщенной линией; 2) условный поворот головки винта с расположением линий шлица под углом 45° .

На чертеже трубного соединения (рис. 340) показана труба 1, ввинченная в муфту 2. На продольном разрезе сплошные основные

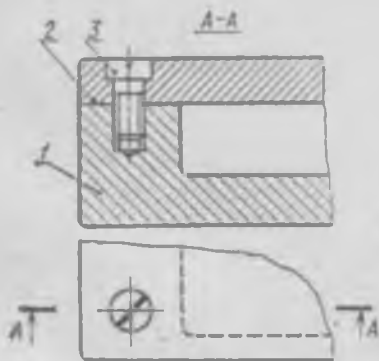


Рис. 339. Соединение винтом

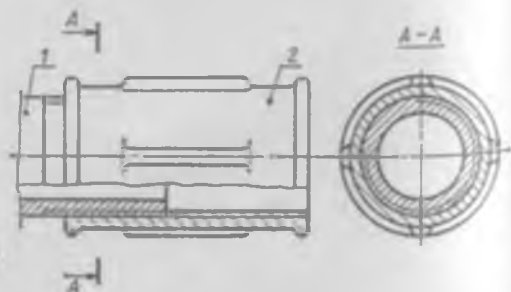


Рис. 340. Соединение трубы с муфтой

и тонкие линии трубы и муфты взаимно переходят друг в друга. Ввинчиваемая деталь (труба) закрывает собой резьбу муфты. Такое же правило применено при построении поперечного разреза $A-A$: труба изображена полностью, часть муфты закрыта трубой. Смежные детали заштрихованы в разные стороны («встречная штриховка»).

§ 93. ШПОНОЧНЫЕ И ШЛИЦЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Для того чтобы шкивы или зубчатые колеса вращались совместно с валами, применяют шпоночные или шлицевые соединения. В первом случае установка колес осуществляется на

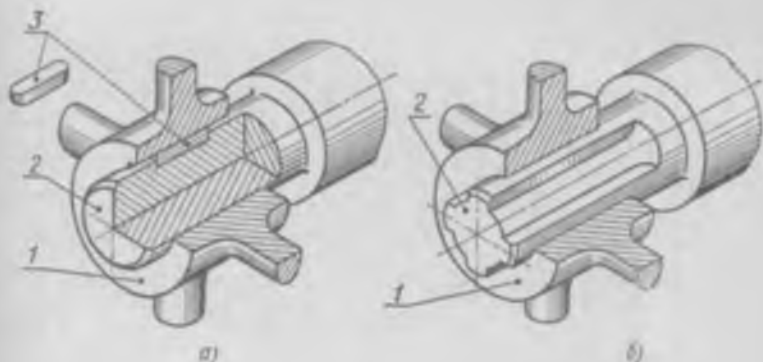


Рис. 341. Шпоночные и шлицевые соединения

шпонки 3, которые закладываются или забиваются в шпоночные пазы, имеющиеся в ступице колеса 1 и в цапфе вала 2 (рис. 341, а); во втором случае пазы и выступы имеются в том или ином количестве на конце вала 2 и внутри ступицы колеса 1 (рис. 341, б).

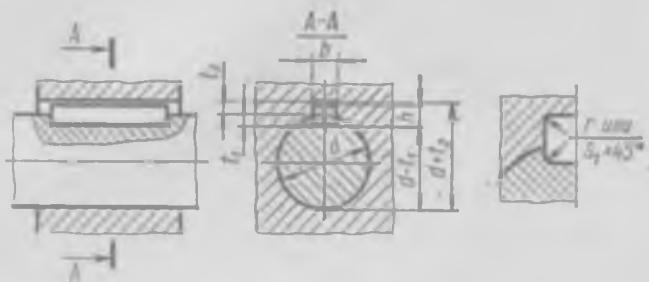
Шпоночные соединения

Размеры пазов и шпонок зависят от диаметра цапфы вала; они установлены СТ СЭВ 189—75 для призматических шпонок (табл. 11) и ГОСТ 8791—68, ГОСТ 8792—68 (табл. 12) для клиновых шпонок.

На рабочем чертеже проставляют один размер в зависимости от принятой базы обработки и измерения: $d + t_2$ — для втулки и t_1 (предпочтительный вариант) или $d - t_1$ — для вала. Пусть требуется определить размеры призматической шпонки и паза для нее на валу диаметра 40 мм. По табл. 11 находят, что сечение шпонки должно быть 12×8 мм, глубина паза на валу 5 мм, глубина паза ступицы 3,3 мм, радиусы закруглений пазов от 0,4 до 0,25 мм. Длину шпонки выбирают в зависимости от длины втулки колеса из следующего ряда длин: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18;

Шпонки призматические по СТ СЭВ 189—75 (выдержка)

Размеры в мм

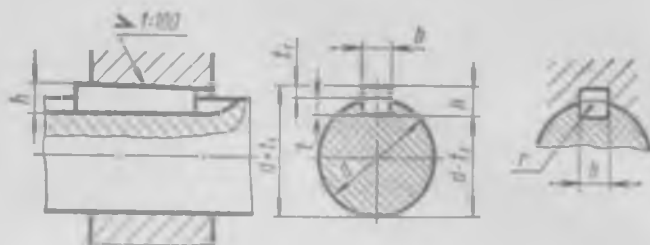


Диаметр вала d	Размеры сечений шпонок		Шпоночный паз			
			Глубина паза		Радиус закругле- ния r или фаска $s_1 \times 45^\circ$	
			вал	штулка		
	b	h	t_1	t_2	max	min
От 6 до 8	2	2	1,2	1,0	0,16	0,08
Св. 8 » 10	3	3	1,8	1,4		
» 10 » 12	4	4	2,5	1,8		
Св. 12 до 17	5	5	3	2,3	0,25	0,16
» 17 » 22	6	6	3,5	2,8		
Св. 22 до 30	8	7	4	3,3	0,4	0,25
Св. 30 до 38	10	8	5	3,3		
» 38 » 44	12					
Св. 44 до 50	14	9	5,5	3,8	0,4	0,25
» 50 » 58	16	10	6	4,3		
» 58 » 65	18	11	7	4,4		

20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220...

Кроме призматических и клиновых шпонок в машиностроении применяются сегментные шпонки (рис. 342). Втулка 2 крепится на валу 1 с помощью сегментной шпонки 3. Размеры шпонок и пазов берутся из таблиц ГОСТ 8794—68 и 8795—68 в зависимости от диаметра вала d . В обозначение записывают толщину шпонки b и ее высоту h , в данном случае величины 8 и 10. Пример условного обозначения: Шпонка сегм. 8×10 ГОСТ 8795—68.

Шпонки клиновые
Размеры в мм



Диаметр вала d	Размеры сечений шпонок		Глубина паза		Радиус закругления пазов r		Длина шпонок l
			вал	штулка	наим.	наиб.	
	b	h	t	t_1			
От 6 до 8	2	2	1,2	0,5	0,08	0,16	6—20
Св. 8 » 10	3	3	1,8	0,9			6—36
» 10 » 12	4	4	2,5	1,2			8—45
Св. 12 до 17	5	5	3	1,7	0,16	0,25	10—56
» 17 » 22	6	6	3,5	2,2			14—70
» 22 » 30	8	7	4	2,4			18—90
Св. 30 до 38	10	8	5	2,4	0,25	0,40	22—110
» 38 » 44	12	8					28—140
» 44 » 50	14	9	5,5	2,9			36—160
» 50 » 58	16	10	6	3,4			45—180
» 58 » 65	18	11	7	3,4			50—200

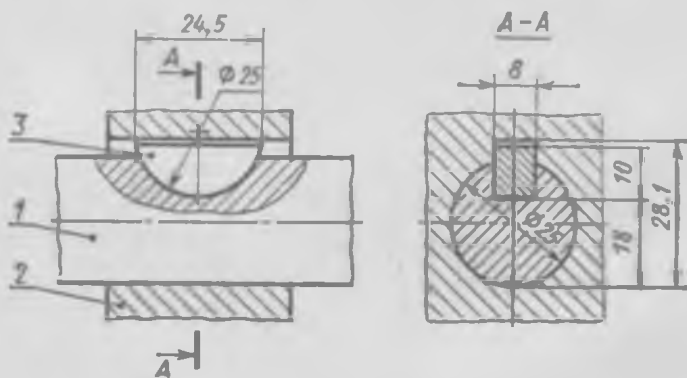


Рис. 342. Соединение сегментной шпонкой

Шлицевые соединения

При изображении шлицевых валов и отверстий для них во втулках (ступицах колес) применяют условности по ГОСТ 2.409—74. Окружности и образующие поверхностей вершин зубьев вала и отверстия изображают сплошными основными линиями (рис. 343, а, б). Окружности и образующие поверхностей впадин на изображениях зубчатого вала и отверстия показывают сплошными тонкими линиями, при этом сплошная тонкая линия поверхности впадин на проекции вала на плоскость, параллельную его оси, должна пересекать линию границы фаски (рис. 343, а). Окружности фасок на боковых видах не изображают. Для выяснения формы зуба на боковых видах или разрезах изображают профиль одного зуба и двух впадин; допускается изображать и большее число зубьев и впадин. Границу зубчатой поверхности вала, а также границу между зубьями полного профиля и сбегом на видах показывают сплошной тонкой линией.

При изображении деталей с эвольвентным профилем зуба, кроме указанных линий, проводят штрихпунктирными линиями делительные окружности и образующие делительных поверхностей (рис. 343, в, г).

Соединение сплошного вала с втулкой показано на рис. 344, а. Изображение аналогично изображению резьбовых соединений (см. рис. 334, а); вал показывается нерассеченным, закрывающим собой шлицы отверстия.

По СТ СЭВ 187—75 условное обозначение шлицевого соединения с числом зубьев $z = 8$, внутренним диаметром $d = 36$ мм, наружным диаметром $D = 40$ мм, шириной зуба $b = 7$ мм, с цен-

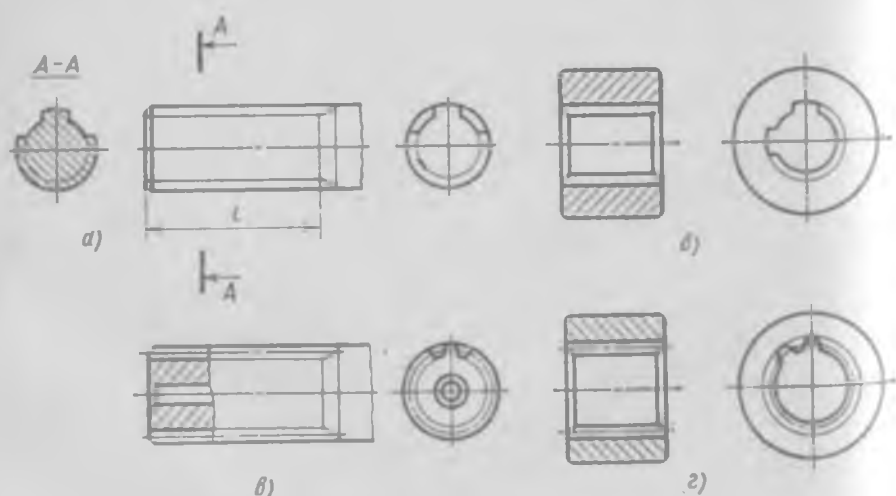


Рис. 343. Условное изображение шлицев

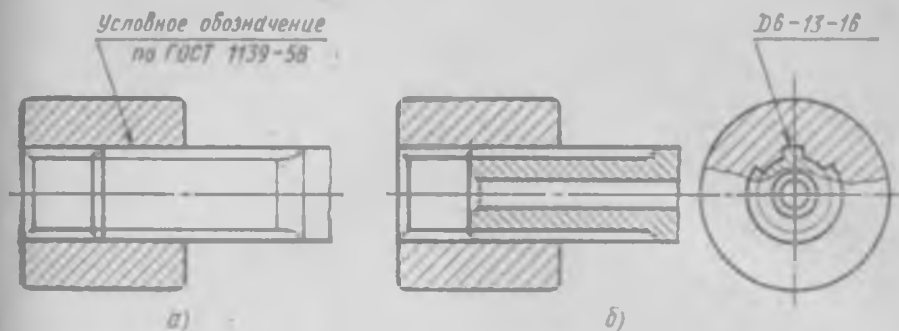


Рис. 344. Шлицевые соединения

трированием по внутреннему диаметру, с посадкой по диаметру центрирования $\frac{H7}{e8}$ и по размеру $b \frac{D9}{f8}$ записывается так:

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{f8};$$

если не указывать посадки, то обозначение упрощается:

$$d - 8 \times 36 \times 40 \times 7.$$

При центрировании по наружному диаметру условное обозначение шлицев начинается с буквы D , а при центрировании по боковым сторонам — с буквы b .

Размеры деталей шлицевого *прямобокового* соединения легкой, средней и тяжелой серий берутся из таблиц СТ СЭВ 188—75.

Номинальные диаметры, модули и числа зубьев шлицевых *эвольвентных* соединений с углом профиля 30° берутся из таблицы СТ СЭВ 269—76. Условное обозначение этих соединений при центрировании по боковым сторонам зубьев (СТ СЭВ 259—76) должно содержать: номинальный диаметр соединения D , модуль m , обозначение посадки соединения (полей допусков втулки и вала) и номер стандарта, например

$$50 \times 2 \times 9 \frac{H}{g} \text{ СТ СЭВ 259 — 76.}$$

§ 94. ЗАКЛЕПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Заклепочные соединения применяют в конструкциях, подверженных действию высоких температур или ударных и вибрационных нагрузок (котлы, железнодорожные мосты, некоторые авиационные конструкции). Более мелкие заклепки применяют в конструкциях аппаратов, приборов и бытовых предметов. Заклепочные соединения в ряде отраслей промышленности вытеснены; их заменяют более экономичными и удобными сварными соединениями.

Заклепка представляет собой короткий цилиндрический стержень с головкой (рис. 345). Наиболее распространены заклепки с полукруглой головкой нормальной точности (ГОСТ 10299—68), размеры которых приведены ниже:

<i>d</i>	4	5	6	8	10	12	(14)	16
<i>D</i>	7,1	8,8	11	14	16	19	22	25
<i>H</i>	2,4	3	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,5
<i>r</i>	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	1
<i>R</i>	3,8	4,7	6	7,5	8,3	9,8	11,4	13
<i>l</i>	3	4	4	4	6	6	6	6
<i>d</i>	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	
<i>D</i>	27	30	35	37	40	45	55	
<i>H</i>	11	12	13	16	18	20	24	
<i>r</i>	1	1	1	1,2	1,2	1,2	1,5	
<i>R</i>	13,8	15,4	18,3	18,7	20,1	22,7	27,8	
<i>l</i>	8	8	8	8	10	10	10	

Размеры диаметров заклепок, заключенные в скобки, применять не рекомендуется. Длину заклепок *L* определяют исходя из толщины соединяемых деталей и выбирают из таблицы ГОСТа.

В практике диаметр заклепки для соединения листов принимают ориентировочно равным $d = 2\delta$, где δ — толщина листа в миллиметрах.

Для более благоприятных условий работы диаметр заклепки берут по соотношению $d = 1,5\delta$. Для листов толщиной $\delta = 7,5$ мм по первой формуле получают $d = 2\delta = 2 \cdot 7,5 = 15$ мм.

Так как такого диаметра в стандарте нет, то берут ближайший больший, т. е. 16 мм. Иначе, диаметр заклепки получают путем добавления к толщине листа 6—8 мм, т. е. по формуле $d = \delta + (6 \div 8)$ мм.

Головку заклепок иногда вычерчивают по приближенным размерам. Для наиболее распространенных заклепок с полукруглой головкой пользуются следующими зависимостями: $D = 1,75d$; $H = 0,65d$; $R = 0,9d$ и $r = 0,1d$.

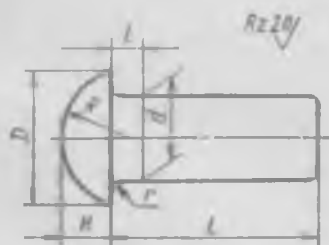


Рис. 345. Заклепка с полукруглой головкой

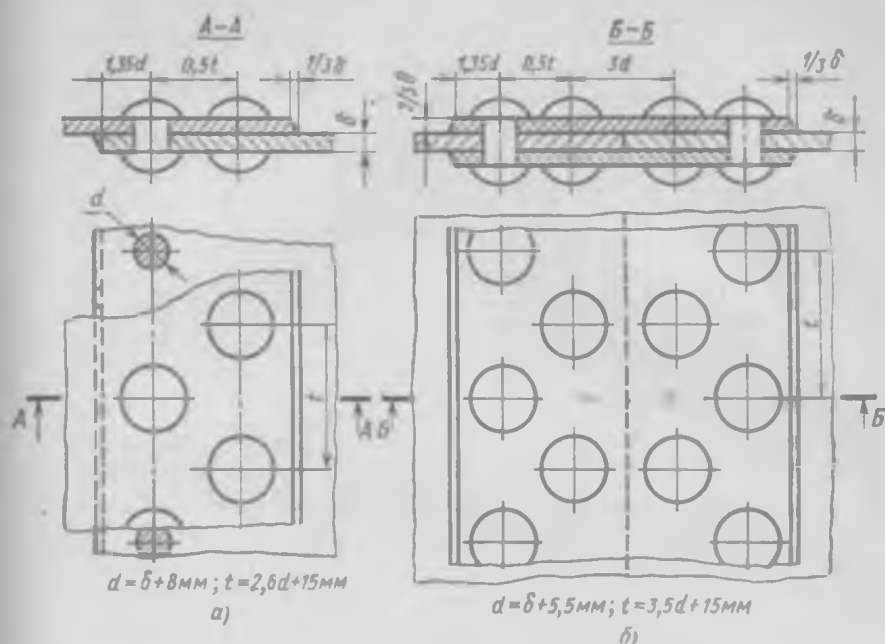


Рис. 346. Заклепочные соединения

Расстояние между центрами заклепок (шаг) принимают в зависимости от вида заклепочного шва и требуемой прочности или плотности его в пределах от $3d$ до $12d$. Расстояние от торца балок или листов принимают равным $(2-2,5)d$. Расстояние от центра заклепки до края листа должно быть $\geq 1,5d$.

Прочные швы применяют в металлических конструкциях: мостах, стропильных фермах, колоннах и т. д.

Прочно-плотные швы применяют при изготовлении котлов и других изделий, подверженных внутреннему давлению пара, жидкости или газа. Такие швы выполняют внахлестку (рис. 346, а) или встык с накладками (рис. 346, б). Швы внахлестку бывают также однорядными.

В практике, кроме заклепок с полукруглой головкой, применяются заклепки с плоской головкой по ГОСТ 10300—68, с полупотайной головкой по ГОСТ 10301—68, пустотелые с круглой головкой по ГОСТ 12638—67 и др.

Клепку производят так: в соединяемых деталях просверливают или пробивают (прошивают) отверстие, вставляют заклепку в горячем или холодном виде и ударами или сильным давлением расклепывают ее свободный конец, создавая вторую головку.

При заполнении спецификации указывают диаметр непоставленной заклепки d , длину L , группу материала, марку материала, группу покрытия и номер стандарта, например: *Заклепка 16×50.01.02 ГОСТ 10299—68*, что означает — заклепка с полу-

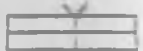
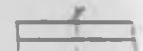
Соединения	Условные изображения	
	в сечении	на виде
Заклепкой с полукруглой головкой Заклепкой пустотелой с круглой головкой		
Заклепкой с плоской головкой и полу- круглой замыкающей головкой		
Заклепкой с плоскими головками Заклепкой с линзовою головкой и плоской замыкающей головкой		
Специальными заклепками		

Рис. 347. Условные изображения заклепочных соединений

круглой головкой, диаметр стержня 16 мм, длина 50 мм, из углеродистой стали марки 10 по ГОСТ 1050—74 (условное обозначение марки 01), с покрытием 02, т. е. кадмиевым с хромированием. Еще пример обозначения: *Заклепка 12×24.21.12 ГОСТ 10300—68*, что означает — заклепка с потайной головкой, диаметр стержня 12 мм, длина 24 мм, из нержавеющей стали марки 12Х18Н9Т по ГОСТ 5632—72 с серебряным покрытием.

Условные обозначения марок материалов и покрытий следует брать из табл. 1 ГОСТ 10304—70.

По СТ СЭВ 138—74 швы заклепочных соединений могут изображаться условно в соответствии с табл. 1 этого стандарта. Выдержка из таблицы приведена на рис. 347, где показаны условные изображения в сечении и на виде.

При наличии на чертеже нескольких групп заклепок различного типа и размеров рекомендуется вводить обозначения для различного вида заклепок, путем затушовки (или заливки тушью) 1/4, 2/4 и т. д. окружностей; при этом номера позиций наносят один раз для отдельных видов заклепок.

§ 95. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ.

СОЕДИНЕНИЯ ПАЙКОЙ И СКЛЕИВАНИЕМ

90 лет назад русские изобретатели Н. Н. Бенардос и Н. Г. Славянов открыли способ сваривания металлов с помощью электрической дуги Петрова. Выдающееся открытие быстро получило

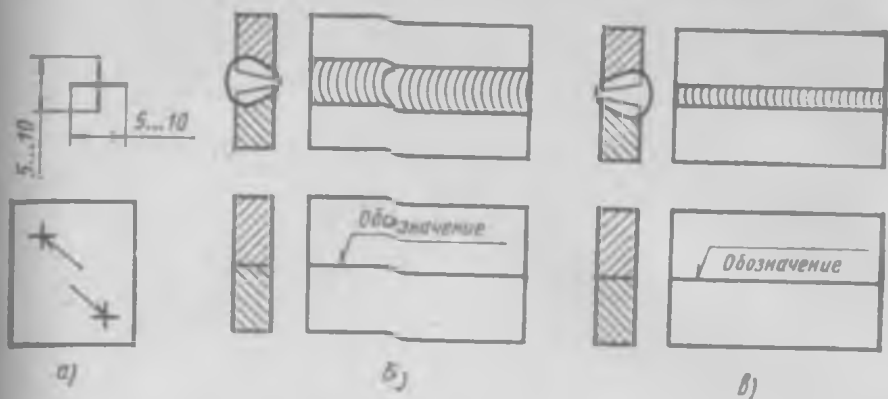


Рис. 348. Приемы обозначений сварных швов

мировое признание. В годы первой пятилетки в нашей стране было принято постановление правительства о широком внедрении в промышленность сварки вместо клепки. Широкое применение электросварки позволяет успешно заменять сложные объекты кузнечного и литейного производств более простыми сварными конструкциями. Трудом наших ученых и новаторов производства создан способ автоматической сварки под флюсом, являющийся наиболее прогрессивным. Особенно велики заслуги в деле скоростной электросварки ученых Е. О. Патона, К. К. Хренова, Б. Е. Патона и др.

Условные изображения и обозначения швов сварных соединений выполняются на чертежах в соответствии с указаниями ГОСТ 2.312—72; при этом видимые швы изображаются сплошными основными линиями, невидимые — штриховыми линиями.

Для обозначения видимой одиночной сварной точки применяют знак «+», который выполняют сплошными основными линиями длиной 5 ... 10 мм (рис. 348, а). Невидимые одиночные точки на чертежах не изображают. От изображения шва или одиночной точки проводят линию-выноску с односторонней стрелкой. Такие линии-выноски желательно проводить от изображения видимого шва.

Границы шва изображают сплошными основными линиями, а конструктивные элементы кромок в границах шва — сплошными тонкими линиями (рис. 348, б). Условное обозначение шва записывают: а) на полке линии-выноски, проведенной от изображения шва с лицевой стороны (рис. 348, б); б) под полкой линии-выноски, проведенной от изображения шва с оборотной стороны (рис. 348, в).

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,

о которой производят сварку основного шва. При симметрично подготовленных кромках за лицевую сторону может быть принята любая.

Условные обозначения швов сварных соединений

Стандартом установлено семь вспомогательных знаков (рис. 349, а): 1 — усиление шва снять; 2 — наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу; 3 — шов выполнить при монтаже изделия, т. е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения; 4 — шов прерывистый или точечный с цепным расположением; угол наклона линии около 60° ; 5 — шов прерывистый или точечный в шахматном расположении; 6 — шов по замкнутой линии; диаметр знака 3 ... 5 мм; 7 — шов по незамкнутой линии (знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа).

Перечисленные знаки выполняются в условном обозначении шва сплошными тонкими линиями.

Вспомогательные знаки должны быть одинаковой высоты с цифрами, входящими в обозначение шва (за исключением знака 6, предельные размеры которого указаны выше). Большинство вспомогательных знаков располагают над полкой линии-выноски, если выноска сделана от изображения лицевой стороны шва, и под полкой линии-выноски, если она сделана от изображения оборотной стороны, за исключением знаков 3 и 6, которые располагают в месте пересечения линии-выноски с полкой, как показано на рис. 349, а (8, 9).

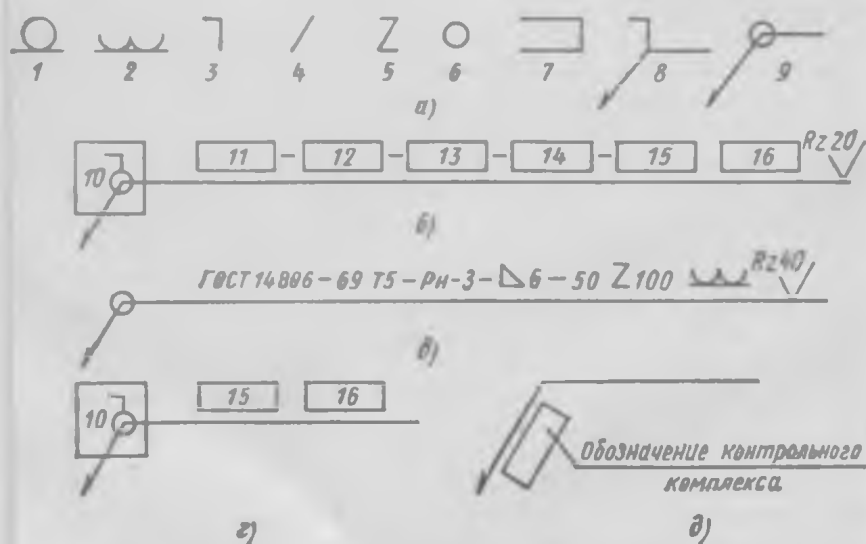


Рис. 349. Вспомогательные знаки, структура условных обозначений

Структура условного обозначения стандартного сварного шва или одиночной сварной точки установлена ГОСТ 2.312—72 (рис. 349, б). Порядок записи в обозначении отмечен на рисунке прямоугольниками и числами 10 ... 16. На месте прямоугольников наносят: 10 — вспомогательные знаки монтажного шва и шва по замкнутой линии; 11 — обозначение стандарта на типы и конструктивные элементы шва; 12 — буквенно-цифровое обозначение по соответствующему стандарту (через дефис); 13 — условное обозначение (через дефис) способа сварки по стандарту (допускается не указывать); 14 — знак прямоугольного треугольника и размер катета шва согласно стандарту (через дефис); 15 — через дефис для прерывистого шва — размер длины провариваемого участка, знак 4 или 5 и размер шага; для одиночной сварной точки — размер диаметра точки; для шва контактной точечной электросварки или электрозаклепочного — размер диаметра точки или электрозаклепки, знак 4 или 5 и размер шага; для шва контактной роликовой электросварки — размер ширины шва; для прерывистого шва контактной роликовой электросварки — размер ширины шва, знак умножения, размер длины провариваемого участка, знак 4 и размер шага 16 — вспомогательные знаки 1, 2 или 7 (без дефиса). В конце записи наносят обозначение шероховатости механически обработанной поверхности шва. Знаки 1 или 2 в перевернутом виде наносят в случае необходимости также под полкой линии-выноски, что относится к обработке обратной стороны шва.

Пример условного обозначения приведен на рис. 349, в. Из сопоставления записи с таблицей ГОСТ 14806—69 можно установить, что речь идет о шве таврового соединения без скоса кромок, двустороннем, прерывистом с шахматным расположением, выполняемом дуговой ручной сваркой в защитных газах неплавящимся металлическим электродом по замкнутой линии, катет шва 6 мм, длина провариваемого участка 50 мм, шаг 100 мм, наплывы и неровности шва предполагается обрабатывать с плавным переходом к основному материалу, шероховатость поверхности шва третьего класса.

Для условного обозначения нестандартного шва или одиночной сварной точки применяется структура записи, приведенная на рис. 349, г. На месте прямоугольников 10, 15, 16 помещают те же сведения, о каких говорилось выше (рис. 349, б). В технических требованиях чертежа или в таблице швов указывают способ сварки, каким должен быть выполнен нестандартный шов.

Если для шва сварного соединения установлен контрольный комплекс или категория контроля шва, то их обозначение допускается помещать под линией-выноской (рис. 349, д).

Если все швы на чертеже одинаковы и изображены с одной стороны (лицевой или обратной), то все они, кроме одного, могут быть изображены линиями-выносками без полук.

На чертежах симметричных изделий, при наличии на изображении оси симметрии, допускается отмечать линиями-выносками и обозначать швы только на одной из симметричных частей изображения изделия.

Таковы основные положения ГОСТ 2.312—72.

Возникает вопрос о том, где брать данные для составления условного обозначения проектируемого шва сварного соединения: вида соединения, способа сварки, формы поперечного сечения шва, формыготавливаемых для сварки кромок деталей, размеров шва и т. д.?

Все эти данные содержатся в государственных стандартах на различные виды сварных соединений:

1. ГОСТ 5264—69. Швы сварных соединений. Ручная электродуговая сварка. Основные типы и конструктивные элементы.

2. ГОСТ 8713—70. Швы сварных соединений. Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом.

3. ГОСТ 14776—69. Швы сварных соединений электрозащепочные.

4. ГОСТ 14806—69. Швы сварных соединений. Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов.

5. ГОСТ 15878—70. Соединения сварные, выполняемые контактной электросваркой.

6. ГОСТ 16038—70. Швы сварных соединений трубопроводов из меди и медно-никелевого сплава.

7. ГОСТ 16310—70. Швы сварных соединений из винипласта и полиэтилена и др.

Перечисленные стандарты устанавливают основные типы и конструктивные элементы швов сварных соединений, выполняемых различными способами сварки при различной подготовке кромок свариваемых деталей.

Прежде всего устанавливается один из видов соединений: С — стыковое, У — угловое, Т — тавровое и Н — внахлестку. Дальше устанавливается формаготавливаемых кромок; соединение может быть без скоса кромок, со скосом одной кромки, с криволинейным скосом одной кромки, со скосом двух кромок и т. д. В стандарте приводятся эскизы поперечного сечения кромок и выполненного шва. Устанавливается характер шва: односторонний, односторонний на съемной подкладке, односторонний на остающейся подкладке, односторонний замковый, двусторонний и др. Устанавливаются пределы толщины свариваемого металла и, наконец, приводится буквенно-цифровое обозначение шва, например: С1, С2, ..., У1, У2..., Т1, Т2, ..., Н1, Н2... и т. д. Буква обозначает вид сварного соединения, цифра или число — порядковый номер шва по данному стандарту.

Не в каждом стандарте имеются все четыре вида соединений. Так, например, в ГОСТ 11534—65 для ручной электродуговой сварки установлены только угловые и тавровые швы; угловые — с У11 до У15, тавровые — с Т11 до Т15.

Лит.	Поперечное сечение шва	Условное обозначение шва с лицевой стороны	Условное обозначение шва с обратной стороны
а		 ГОСТ 3384-69 С9 R210/R240	 ГОСТ 3384-69 С9 R240/R210
б		 ГОСТ 11533-65 У11-Ар	 ГОСТ 11533-65 У11-Ар
в		 ГОСТ 14776-69 Н1-3ПлЗ-92100	 ГОСТ 14776-69 Н1-3ПлЗ-92100
г		 ГОСТ 15876-70 Н6-Кр-6х50/100	 ГОСТ 15876-70 Н6-Кр-6х50/100

Рис. 350. Примеры условных обозначений

Для дуговой сварки алюминия и алюминиевых сплавов по ГОСТ 14806—69 предусмотрено 58 различных видов швов: С1, ..., С27, У1, ..., У14, Т1, ..., Т12, Н1, ..., Н5.

Для автоматической и полуавтоматической сварки под флюсом по ГОСТ 8713—70 предусмотрено 57 различных видов швов: С1, ..., С34, У1, ..., У4, Т1, ..., Т13, Н1, ..., Н6.

Для ручной электродуговой сварки по ГОСТ 5264—69 предусмотрено 49 различных видов швов: С1, ..., С25, У1, ..., У10, Т1, ..., Т11, Н1, ..., Н3 и т. д.

На рис. 350, а приведена форма поперечного сечения и условное обозначение шва стыкового соединения С9 с криволинейным скосом одной кромки, двустороннего, выполняемого электродуговой ручной сваркой при монтаже изделия по ГОСТ 5264—69; усиление снято с обеих сторон; шероховатость поверхности шва с лицевой стороны 5-го класса, с оборотной стороны — 3-го класса.

На рис. 350, б приведена форма поперечного сечения и условное обозначение шва углового соединения У11 без скоса кромок, двустороннего по ГОСТ 11533—65, выполняемого автоматической сваркой под флюсом с ручной подваркой по замкнутой линии.

На рис. 350, в приведена форма поперечного сечения и условное обозначение шва электрозаклепочного соединения Н1 внахлестку, выполняемого аргонодуговой сваркой плавящимся электродом по ГОСТ 14776—69; диаметр электрозаклепки 9 мм, шаг 100 мм; расположение электрозаклепок шахматное, усиление шва снято; шероховатость обработанной поверхности 4-го класса.

На рис. 350, е приведена форма поперечного сечения и условное обозначение шва соединения внахлестку Н6, прерывистого, выполненного контактной роликовой сваркой по ГОСТ 15878—70; ширина шва 6 мм, длина провариваемого участка 50 мм, шаг 100 мм.

На сборочном чертеже подшипника (рис. 351) показана сварная конструкция кронштейна, который состоит из основания 5, пояса 3, подкоса 4 и трех накладок 6. К кронштейну приварен подшипник 1 с вкладышем 2. Читая условные обозначения, выясняют, что конструкция должна быть выполнена электродуговой ручной сваркой по ГОСТ 5264—69. Большинство швов является швами тавровых соединений, имеются три шва соединений вна-

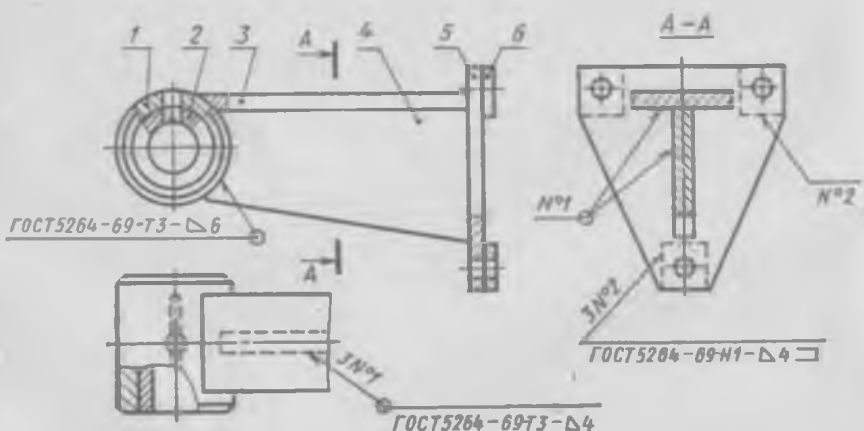


Рис. 351. Сварная конструкция подшипника на кронштейне

хлестку. Величина катетов большинства швов равна 4 мм; более прочный шов (6 мм) применен при сварке кронштейна с подшипником. Этот шов выполняется по замкнутой линии, на что указывает знак окружности, проведенной из точки пересечения линии-выноски с полкой. Все тавровые швы для этой конструкции являются замкнутыми. Из трех швов № 1 один показан как невидимый. На симметричном разрезе А—А для двух верхних накладок 6 шов № 2 показан один раз.

Условные обозначения швов по ГОСТ 5264—69 приведены на рис. 352.

Стыковые соединения: С1 — шов с отбортовкой двух кромок, односторонний; С2 — без скоса кромок, односторонний; С3 — то же, на остающейся или съёмной подкладке; С4 — без еcosa кромок, двусторонний; С5 — со скосом одной кромки, односторонний; С6 — то же, на остающейся или съёмной подкладке; С7 — со скосом одной кромки, односторонний замковый; С8 — со скосом одной кромки, двусторонний; С9 — с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний; С10 — с ломаным скосом одной кромки, двусторонний; С11 — с двумя симметричными скосами одной кромки, двусторонний; С12 — с двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки, двусторонний; С13 — с двумя несимметричными скосами одной кромки, двусторонний; С14 — со скосом одной кромки с последующей строжкой, двусторонний; С15 — со скосом двух кромок, односторонний; С16 — то же, на остающейся или съёмной подкладке; С17 — то же, замковый; С18 — со скосом двух кромок, двусторонний; С19 — с криволинейным скосом двух кромок, двусторонний; С20 — с ломаным скосом двух кромок, двусторонний; С21 — с двумя симметричными скосами двух кромок, двусторонний; С22 — с двумя симметричными криволинейными скосами двух кромок, двусторонний; С23 — с двумя симметричными ломаными скосами двух кромок, двусторонний; С24 — с двумя несимметричными скосами двух кромок, двусторонний; С25 — со скосами двух кромок с последующей острожкой, двусторонний.

Угловые соединения: У1 — шов с отбортовкой одной кромки, односторонний; У2 — без скоса кромок, односторонний впритык; У3 — без скоса кромок, двусторонний впритык; У4 — без скоса кромок, односторонний; У5 — то же, двусторонний; У6 — со скосом одной кромки, односторонний; У7 — то же, двусторонний; У8 — с двумя скосами одной кромки, двусторонний; У9 — со скосом двух кромок, односторонний; У10 — то же, двусторонний.

Тавровые соединения: Т1 — шов без скоса кромок, односторонний; Т2 — то же, односторонний прерывистый; Т3 — то же, двусторонний; Т4 — то же, двусторонний шахматный; Т5 — то же, двусторонний прерывистый; Т6 — со скосом одной кромки, односторонний; Т7 — то же, двусторонний; Т8 — с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний; Т9 — с двумя симме-

C1 1...3 	C2 1...6 	C3 1...6 	C4 2...8 	C5 4...26
C6 4...26 	C7 6...34 	C8 4...26 	C9 15...60 	C10 15...60
C11 12...60 	C12 30...100 	C13 12...60 	C14 8...40 	C15 3...50
C16 6...100 	C17 6...34 	C18 3...50 	C19 15...100 	C20 15...100
C21 12...60 	C22 30...100 	C23 30...100 	C24 12...60 	C25 8...40
Y1 1...4 	Y2 1...6 	Y3 2...8 	Y4 1...30 	Y5 2...30
Y6 4...26 	Y7 4...26 	Y8 12...60 	Y9 12...50 	Y10 12...50
T1 2...30 	T2 2...30 	T3 2...30 	T4 2...30 	T5 2...30
T6 4...26 	T7 4...26 	T8 15...60 	T9 12...60 	T10 12...100
T11 12...100 	H1 2...60 	H2 2...60 	H3 Не менее 2 	

Рис. 352. Условное обозначение швов

тричными скосами одной кромки, двусторонний; T10 — то же; T11 — с двумя симметричными криволинейными скосами одной кромки, двусторонний.

Соединения внахлестку: H1 — шов без скоса кромок, односторонний прерывистый; H2 — то же, двусторонний; H3 — с удлиненным отверстием, односторонний с несплошной заваркой.

При выполнении сборочных чертежей сварных (паяных и клееных) конструкций применяется условность, заключающаяся в том, что сварные сборочные единицы, входящие в состав других изделий, допускается рассматривать как монолитные предметы. Так, если изображенный на рис. 351 подшипник на кронштейне входил бы в другое изделие, то его можно было бы штриховать в разрезе как монолитный предмет (с наклоном в одну сторону), с изображением границ между деталями сварного изделия сплошными основными линиями.

В специальных и обмерных чертежах металлических строительных конструкций условные изображения и обозначения швов сварных соединений выполняют по ГОСТ 11692—66.

Соединения пайкой и склеиванием

Эти виды соединений изображают и обозначают по ГОСТ 2.313—68 и СТ СЭВ 138—74.

Припой в разрезах и на видах изображают линией толщиной 2s (рис. 353, а и б). На наклонном участке линии-выноски наносят сплошной основной линией дугу выпуклостью к стрелке симметричной формы. Если шов выполняют по замкнутому контуру, то на конце линии-выноски наносят окружность диаметром 3—4 мм. При необходимости на линии-выноске наносят обозначение шероховатости поверхности, как это показано на рис. 353, б. При указании невидимых плоскостей соединения вместо стрелки используют точку, которую ставят внутри контура вида.

Так же изображают и обозначают швы, выполненные склеиванием, только вместо дуги на наклонном участке линии-выноски наносят знак, напоминающий букву К (рис. 353, в).

Обозначение припоя и марки клея указывают по соответствующим стандартам или техническим условиям в спецификации в разделе «Материалы». Требования к качеству швов записывают в технических требованиях; в этом случае номер пункта технических требований (п. 2) записывают на полке указывающей линии.

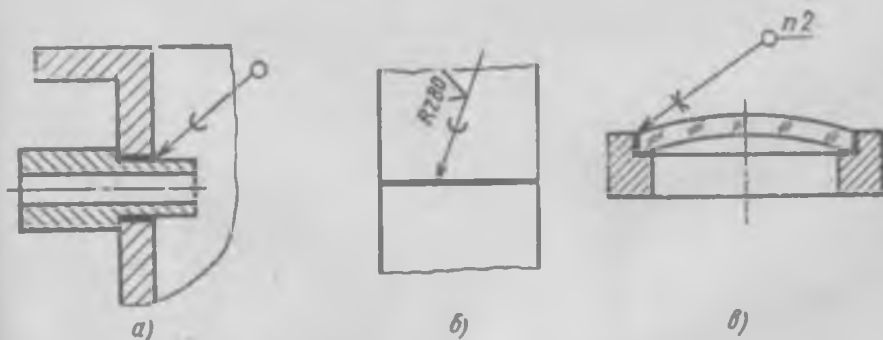
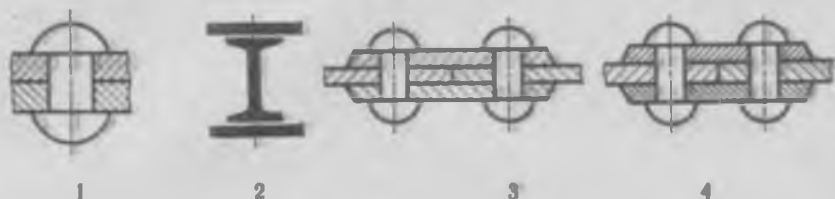
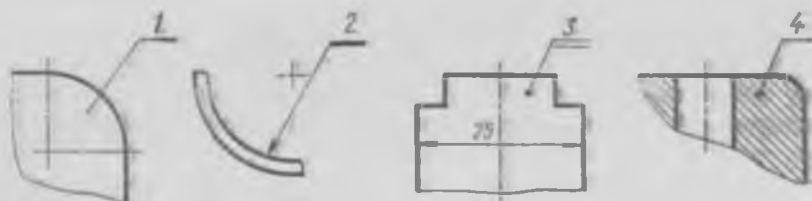


Рис. 353. Обозначение пайки и склеивания

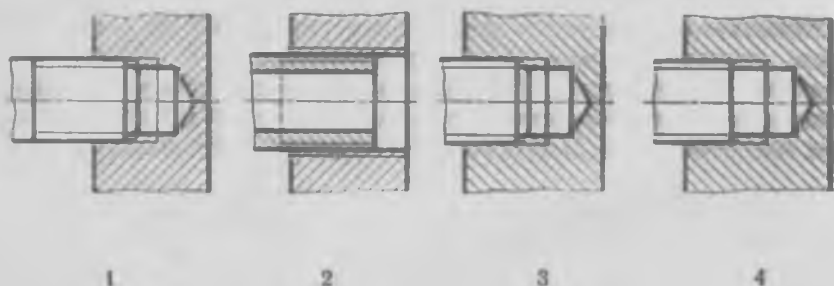
На котором чертеже соседние детали заштрихованы не в полном соответствии с ГОСТ 2.306—68?



Который из номеров позиций нанесен в полном соответствии с ГОСТ 2.109—73?



Которое изображение резьбового соединения выполнено в полном соответствии с ГОСТ 2.311—68?



В которой группе зависимостей элементов резьбовых изделий от номинального диаметра d стержня болта допущена неточность?

$D = 2d$	$d_1 = 0,85d$	$H = 0,7d$	$H_1 = 0,8d$
$l_0 = 1,5d$	$S = 1,5d$	$D_{\text{ш}} = 2,2d$	$d_1 = 0,80d$
1	2	3	4

Какое условное изображение по СТ СЭВ 138—74 соответствует заклепке с плоской головкой и полукруглой замыкающей головкой?

На виде

На виде

В сечении

В сечении



1



2

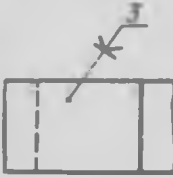


3

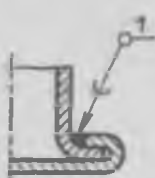


4

На каком изображении в соответствии со СТ СЭВ 138—74 показана пайка по периметру? Что наносится на полке указывающей линии?



1



2

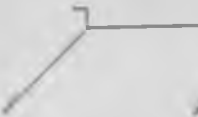


3

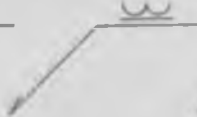


4

Какой из вспомогательных знаков по ГОСТ 2.312—72 обозначает сварной шов по замкнутому контуру?



1



2

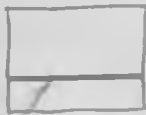


3



4

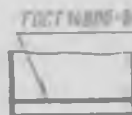
На каком чертеже приведен стыковой сварной шов, показанный с лицевой стороны?



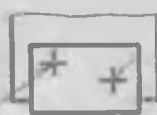
1



2



3



4

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. В чем назначение сборочных чертежей?
2. Какие соединения относят к разъемным и какие к неразъемным?
3. Как изображают резьбу болта и гайки в собранном виде? Дайте эскиз.
4. Как определить длину стержня болта в болтовом соединении?
5. Как условно изображают нарезанное гнездо?
6. Как определить глубину гнезда под шпильку?
7. В чем заключается условность изображения шпоночных и шлицевых соединений?
8. Как различаются заклепки в зависимости от формы головок?
9. Какие преимущества имеют сварные соединения перед заклепочными?
10. Назвать русских и советских ученых, установивших приоритет нашей страны в области электросварки.
11. Назвать виды сварки, применяющиеся при изготовлении металлических изделий.
12. Как изображаются и обозначаются сварные швы по ГОСТ 2.312—72?
13. Какие условные графические знаки используются на чертежах конструкций, выполненных с помощью пайки и склеивания по ГОСТ 2.313—72?
14. Выполните эскиз сварной конструкции и нанесите условные обозначения сварных швов.
15. Поупражняйтесь в чтении чертежей различных соединений.
16. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 47, 48.

Глава XXII

ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

§ 96. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧАХ

Зубчатые колеса вместе с валами, на которые их насаживают, составляют механизмы, передающие движение от одной установки к другой. Если диаметры зубчатых колес одинаковы, то валы будут вращаться с одинаковой скоростью, но в разные стороны. Если диаметр второго колеса будет больше, чем диаметр первого, то второй вал будет вращаться медленнее. Этим пользуются, например, когда движение передается от быстро вращающегося вала электродвигателя к станку, шпиндель которого должен вращаться значительно медленнее. При этом на вал двигателя устанавливают малое ведущее зубчатое колесо (шестерню), а на вал станка — большое ведомое колесо. Отношение числа зубьев большого колеса z_2 к числу зубьев малого колеса z_1 называют передаточным числом $u = \frac{z_2}{z_1}$ (ГОСТ 16530—70).

Для передачи больших мощностей почти исключительно применяют цилиндрические зубчатые передачи (рис. 354, а); валы этих передач параллельны друг другу. При передаче средних и малых мощностей наряду с цилиндрическими применяют конические передачи (рис. 354, б), оси валов которых пересекаются между собой под тем или иным углом, чаще под углом 90° , а также

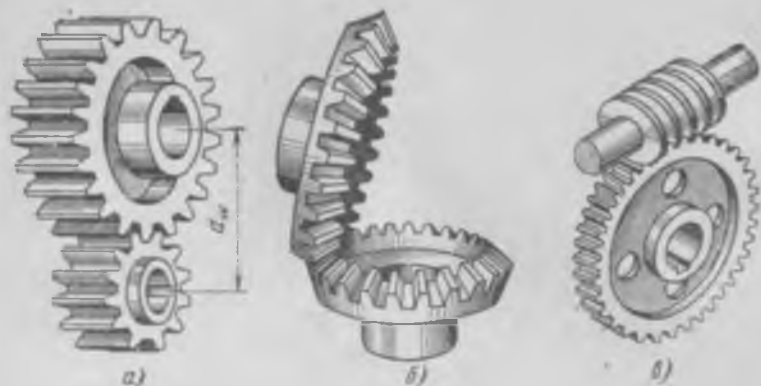


Рис. 354. Зубчатые передачи

червячные передачи, оси валов которых скрещиваются между собой (рис. 354, в). Червячные передачи обычно применяют при значительных передаточных числах, когда цилиндрические и конические передачи применять нерационально (при $u \geq 8 \div 10$).

Червячные передачи даже при передаточных числах порядка 30—40 сравнительно компактны и работают бесшумно. Недостатком их является более низкий коэффициент полезного действия.

Зубчатые колеса применяются также в реечных передачах, предназначенных для преобразования вращательного движения в поступательное, или в цепных передачах, когда валы находятся на значительном расстоянии друг от друга.

Рассмотрим элементы зубчатых передач (рис. 355). Окружность, по которой располагаются вершины зубьев, называется *окружностью вершин*; ее диаметр по ГОСТ 16530—70 и ГОСТ 16531—70 обозначается буквами d_a . Окружность, по которой располагаются впадины зубьев, называется *окружностью впадин*, диаметр которой обозначают d_f . Окружности, имеющие центры на осях зубчатых колес и катящиеся одна по другой без скольжения, касаясь друг друга в полюсе зацепления p , называются *начальными окружностями* (на чертеже показана начальная окружность одного колеса); диаметр начальной окружности обозначается d_w . Начальная окружность делит зубья по высоте на две неравные части: внешнюю — *головку зуба*, обозначаемую h_a , и внутреннюю — *ножку зуба* h_f ; вся высота зуба обозначается буквой h .

Расстояние между соответствующими точками двух соседних зубьев, измеренное по дуге начальной (делительной) окружности, называется *окружным шагом* зубьев и обозначается p_f . Для нормального эвольвентного зацепления делительная окружность совпадает с начальной; ее диаметр обозначается буквой d . Окружная толщина зуба s_f также измеряется по дуге делительной окружности.

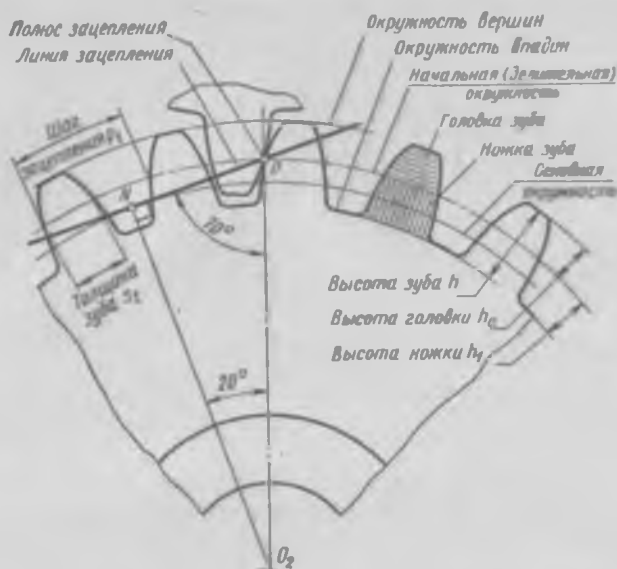


Рис. 355. Элементы зубчатой передачи

Зная диаметр d делительной окружности и количество зубьев z , можно определить модуль зубчатого зацепления m . Модулем называется отношение диаметра делительной окружности к числу зубьев $m = \frac{d}{z}$. Иначе модуль можно определить как отношение

величины шага зацепления p_t к числу π , т. е. $m = \frac{p_t}{\pi}$.

Прямая, проведенная через полюс зацепления p под углом 70° к линии центров, называется линией зацепления. Если на эту линию из центра колеса O_2 опустить перпендикуляр O_2N и через точку N провести окружность, то она будет являться основной окружностью, диаметр которой обозначают буквами d_b и используют при построении эвольвентного профиля зуба. Из прямоугольного треугольника ONp видно, что отношение $\frac{O_2N}{O_2p} = \cos 20^\circ$, откуда $O_2N = O_2p \cos 20^\circ = 0,94O_2p$, т. е. радиус основной окружности составляет 0,94 от радиуса делительной окружности. Следовательно, диаметр основной окружности будет равен $d_b = 0,94d$.

Расстояние между осями двух сопряженных зубчатых колес называется межосевым (см. рис. 354, а) и обозначается a_w .

§ 97. ПОСТРОЕНИЕ ЭВОЛЬВЕНТНОГО ПРОФИЛЯ ЗУБА

Используя основную окружность, можно, в случае необходимости, построить эвольвентный профиль зуба. Для этого надо разделить делительную окружность на равные части в соответ-

ствии с числом зубьев z ; от точек деления отложить толщину зуба s , и построить криволинейный профиль зуба по эвольвенте (см. рис. 57) на участке от окружности выступов до основной окружности.

Для практических целей профиль зуба нередко вычерчивают упрощенно, заменяя эвольвенту дугами окружностей. Существует ряд способов для такой замены. Один из способов заключается в применении таблицы радиусов, составленной для угла зацепления, равного 20° , при модуле $m = 1$ мм (табл. 13).

Таблица 13

Радиусы дуг при $m = 1$ мм

Размеры в мм

z	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
R R_1	1,82 0,58	1,99 0,72	2,24 0,84	2,39 0,99	2,63 1,11	2,83 1,25	3,02 1,40	3,21 1,54	3,39 1,69	3,58 1,84	3,76 1,99			
z	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27			
R R_1	3,94 2,14	4,12 2,30	4,30 2,45	4,48 2,61	4,66 2,77	4,84 2,92	5,02 3,08	5,20 3,24	5,38 3,40	5,55 3,56	5,73 3,72			
z	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37—40				
R R_1	5,91 3,88	6,08 4,04	6,26 4,21	6,43 4,37	6,61 4,53	6,78 4,70	6,95 4,86	7,13 5,02	7,30 5,19	7,48 5,35				
z	41—45		46—51		52—60		61—70		71—90		91—120		121—180	
R R_1	8,17		9,04		10,08		11,63		13,36		16,78		21—94	

Пусть требуется построить по этому способу зубья цилиндрического колеса, имеющего диаметр окружности вершин $d_a = 120$ мм, диаметр делительной окружности $d = 110$ мм, диаметр окружности впадин $d_f = 97,5$ мм, количество зубьев $z = 22$ и модуль зацепления $m = 5$ мм. Проводят три окружности заданных диаметров d_a , d , d_f и основную окружность, диаметр которой определяют по известной формуле $d_b = 0,94d = 0,94 \cdot 110 =$

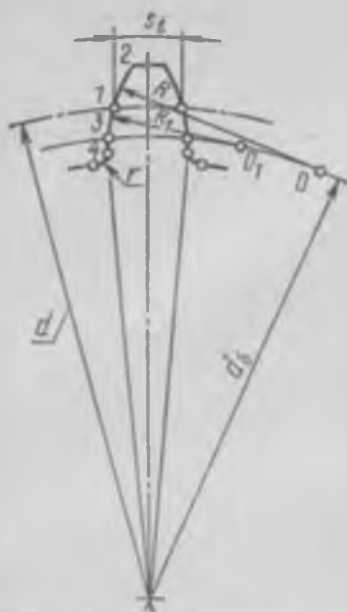


Рис. 356. Упрощенное построение профиля зуба

$= 103,4$ мм (рис. 356). По этой окружности будут расположены центры дуг, очерчивающих профиль зуба.

Определяют радиусы дуг. Для $z = 22$ из табл. 13 находят $R = 4,84$ мм, $R_1 = 2,92$ мм для модуля $m = 1$ мм. В примере же модуль равен 5. Табличные данные умножают на 5 и получают: $R = 4,84 \cdot 5 = 24,2$ мм, $R_1 = 2,92 \cdot 5 = 14,6$ мм. По делительной окружности откладывают размер толщины зуба и из точки 1 радиусом $R = 24,2$ мм засекают основную окружность в точке О. Из этого центра тем же радиусом очерчивают профиль головки зуба 1—2. Таким же путем радиусом $R_1 = 14,6$ мм находят центр O_1 и очерчивают часть профиля ножки 1—3 между делительной и основной окружностями. Из точки 3 проводят радиальную прямую 3—4, которую сопрягают с окружностью впадин

кривой радиуса $r = 0,3m = 0,3 \cdot 5 = 1,5$ мм. Аналогично очерчивают правую часть профиля зуба.

Существует ряд графических способов приближенного построения профиля зуба *.

§ 98. УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ЧЕРВЯКОВ

При изображении цилиндрических зубчатых колес применяют две условности. Первая условность аналогична условности изображения резьбовых изделий: окружность вершин зубьев проводят сплошной основной линией (рис. 357), окружность впадин — сплошной тонкой линией (проводить ее необязательно). Кроме этих двух окружностей проводят третью — штрихпунктирную линию делительной окружности d . Вторую условность относят к изображению зубьев в разрезе. Уже известно, что зубья, так же как ребра и тонкие стенки, попавшие в продольный разрез, на чертеже показывают нерассеченными. На разрезе штрихпунктирными линиями проводят образующие делительного цилиндра.

Кроме известных величин на чертеже наносят: ширину впадины e_i , рабочую ширину колеса или длину зубьев b и ряд других.

* Годиш Е. И. Справочное руководство по черчению. — М.: Машиностроение, 1966, с. 231.

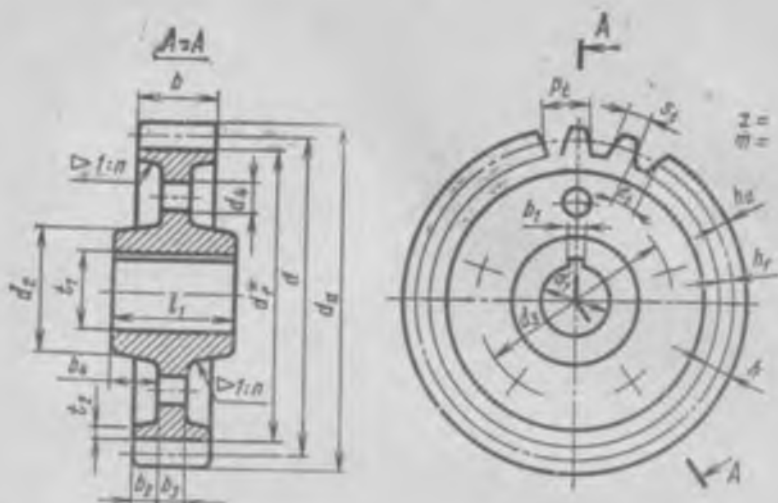


Рис. 357. Цилиндрическое зубчатое колесо

Во многих случаях высоту головки зуба принимают равной модулю $h_a = m$, а высоту ножки зуба равной $h_f = 1,25m$; высота всего зуба будет равна $h = 2,25m$. Из чертежа ясно, что диаметр окружности вершин должен быть равным

$$d_a = d + 2h_a = d + 2m, \quad (1)$$

а диаметр окружности впадин

$$d_f = d - 2h_f = d - 2,5m.$$

На готовом зубчатом колесе (натуре) нет делительной окружности и неизвестен модуль зубчатого зацепления; однако можно замерить диаметр окружности вершин d_a и подсчитать количество зубьев z . Используя эти данные, можно определить величины m и d . Из выражения $m = \frac{d}{z}$ следует, что $d = mz$. Подставив эту величину в выражение (1), находят

$$d_a = mz + 2m = m(z + 2),$$

откуда

$$m = \frac{d_a}{z + 2}.$$

Шаг зубчатого колеса равен длине делительной окружности, разделенной на количество зубьев, т. е. $p_t = \frac{\pi d}{z}$. Это выражение можно упростить, если подставить вместо d его значение, включающее модуль:

$$p_t = \frac{\pi m z}{z} = \pi m$$

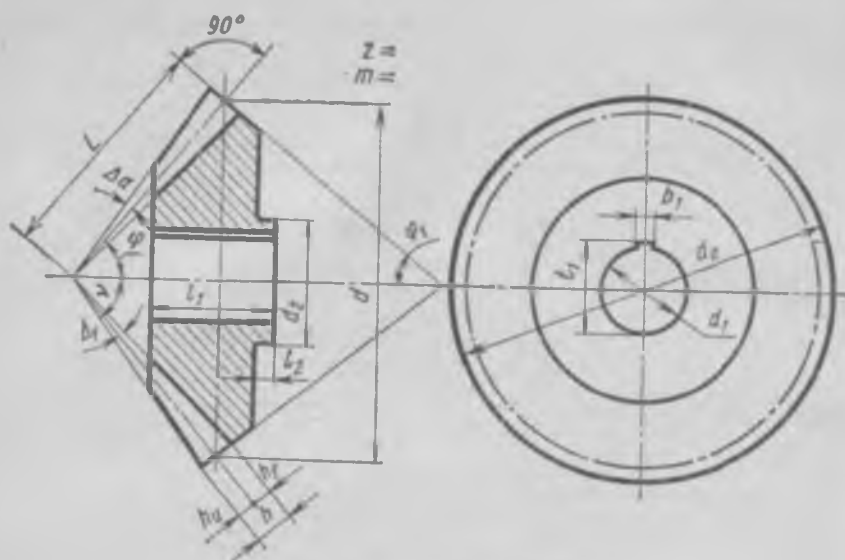


Рис. 359. Коническое зубчатое колесо

за исключением одной: на видах, полученных проецированием на плоскость, перпендикулярную оси конического колеса, не проводят тонких сплошных окружностей, соответствующих впадинам зубьев (рис. 359). У конических зубчатых колес высота зуба непостоянная, а значит непостоянен и модуль зацепления. Расчетной высотой зуба является наибольшая его высота h , измеряемая на внешнем дополнительном конусе. Расчетным является модуль m , соответствующий большой делительной окружности d .

Основные величины в конических колесах обозначаются так же, как в цилиндрических. Дополнительные обозначения: φ — угол делительного конуса; ν — угол конуса вершин; Δ_a — угол головки зуба; Δ_1 — угол ножки зуба; L — конусное расстояние.

Из чертежа видно, что

$$d_a = d + 2h_a \cos \varphi \text{ или } d_a = d + 2m \cos \varphi.$$

Для того чтобы устранить из последнего выражения неизвестный пока модуль зацепления, умножают обе части уравнения на число зубьев z :

$$d_a z = dz + 2mz \cos \varphi;$$

так как $mz = d$, то

$$d_a z = dz + 2d \cos \varphi = d(z + 2 \cos \varphi),$$

откуда

$$d = \frac{d_a z}{z + 2 \cos \varphi}.$$

При составлении эскизов с натуры диаметр окружности вершин d_a определяют путем замера натуры — готового зубчатого колеса. Угол делительного конуса φ определяют по формуле $\varphi = 90^\circ - \varphi_1$ после замера угла дополнительного конуса φ_1 ; замер осуществляют угломером.

Определив диаметр делительной окружности d , подсчитывают другие параметры: модуль $m = \frac{d}{z}$, конусное расстояние $L = \frac{d}{2 \sin \varphi}$, высоту головки зуба $h_a = m$, высоту ножки зуба $h_f = 1,25m$, угол головки зуба $\text{tg } \Delta_a = \frac{h_a}{L}$, угол ножки зуба $\text{tg } \Delta_f = \frac{h_f}{L}$, угол конуса вершин $\nu = \varphi + \Delta_a$. Величины l_1 , l_2 , d_1 , d_2 получают непосредственным замером натуры; величины b_1 и t_1 берут из табл. 11.

Пример оформления рабочего чертежа конического зубчатого колеса (учебного, без допусков) приведен на рис. 360.

Условное изображение червячных колес дано в соответствии с ГОСТ 2.406—76. При условном изображении червячных колес сплошных тонких линий впадин зубьев не проводят (рис. 361). Зубья червячных колес вогнутые; окружность диаметра червяка d_1 делит зуб по высоте на две неравные части — головку и ножку. Длина зуба в червячных колесах не всегда равна ширине колеса. Наружный диаметр d_a измеряют по оси симметрии колеса или венца (нарезанный обод, который насаживают на колесо). Для этой же оси определяют значение делительной окружности колеса d_2 . Остальные размеры червячных колес определяют так же, как цилиндрических колес, или замеряют с натуры.

В паре с червячным колесом работает червяк. Условность при изображении червяка заключается в проведении на продольном виде сплошной основной линии вместо вершин витка и штрихпунктирной линии на месте образующих делительного цилиндра (рис. 362). Профиль витка показывают с помощью местного разреза. На разрезе А—А проводят три окружности: две сплошные, соответствующие окружностям вершин и впадин, и одну штрихпунктирную, соответствующую окружности делительного цилиндра.

Второй условностью изображения червяка является отказ от построения сечений витка, что упрощает изображение.

Шаг червяка p , определяют по червячному колесу, работающему с ним в паре. Диаметр вала червяка принимают: $d_1 = 0,9d_2$. При составлении чертежа червяка эти и другие размеры определяют путем замера натуры. В ГОСТ 2.406—76 приведены обозначения различных видов цилиндрических червяков: ЗА — архимедов червяк, ЗІ — эвольвентный, ЗNІ — конволютный червяк с прямолинейным профилем витка и др.

Толщину зубьев для необработанных литых колес принимают равной $s_t = 1,53m$, а для обработанных — равной половине шага зацепления, т. е. $s_t = 1,57m$. Рабочую ширину венца колеса (длину зубьев) принимают в пределах $b = (6 \div 8)m$, длину ступицы — в пределах $l_1 = (8 \div 10)m$, внешний диаметр ступицы выбирают в пределах $d_s = (1,6 \div 1,8)d_1$. Величины b и l_1 берут из табл. 11 в зависимости от диаметра отверстия для вала d_1 (в таблице соответственно: b , $d + l_1$, d).

Пусть требуется определить элементы цилиндрического зубчатого литого колеса, если известны диаметр окружности вершин, равный $d_a = 120$ мм, и количество зубьев $z = 28$

$$\text{Модуль } m = \frac{da}{z+1} = \frac{120}{28+1} = \frac{120}{30} = 4 \text{ мм.}$$

$$\text{Диаметр делительной окружности } d = mz = 4 \cdot 28 = 112 \text{ мм.}$$

$$\text{Диаметр окружности впадин } d_f = d - 2,5m = 112 - 2,5 \cdot 4 = 102 \text{ мм.}$$

$$\text{Шаг зубчатого зацепления } p_t = \pi m = 3,14 \cdot 4 = 12,56 \text{ мм.}$$

$$\text{Высота зуба } h = 2,25m = 2,25 \cdot 4 = 9 \text{ мм.}$$

$$\text{Высота головки зуба } h_a = m = 4 \text{ мм.}$$

$$\text{Высота ножки зуба } h_f = 1,25m = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ мм.}$$

$$\text{Толщина зуба } s_t = 1,53m = 1,53 \cdot 4 = 6,12 \text{ мм.}$$

$$\text{Ширина впадины } e_t = 1,61m = 1,61 \cdot 4 = 6,44 \text{ мм.}$$

$$\text{Длина зубьев } b = 6m = 6 \cdot 4 = 24 \text{ мм.}$$

$$\text{Длина ступицы } l_1 = 8m = 8 \cdot 4 = 32 \text{ мм.}$$

$$\text{Диаметр отверстия для вала } d_1 \text{ — по диаметру вала.}$$

$$\text{Внешний диаметр ступицы } d_s = (1,6 \div 1,8)d_1.$$

При составлении чертежа с натуры размеры b , l_1 , d_1 , d_s , d и др. получают непосредственным замером их на детали.

На рабочих чертежах сведения о модуле, числе зубьев, исходном контуре и о ряде других помещают в соответствии с ГОСТ 2.403—75 в таблице параметров (рис. 358), которую располагают в правом верхнем углу чертежа на расстоянии 20 мм от верхней линии рамки. Размеры таблицы указаны на рисунке.

Таблица состоит из трех частей, отделенных друг от друга сплошными основными линиями. В первой части помещают основные данные, нужные для изготовления зубчатого колеса, во второй — данные для контроля, в третьей — справочные данные, в том числе делительный диаметр d . На учебных чертежах заполняют обычно только первую часть таблицы. Таблица параметров будет выполняться полностью в процессе изучения курса деталей машин и специальных предметов.

Ниже таблицы справа приводятся технические требования. Размеры таблицы приведены на рисунке для справок; наносить их на рабочих чертежах не следует.

При изображении конических зубчатых колес применяются те же условности, что и при изображении цилиндрических колес,

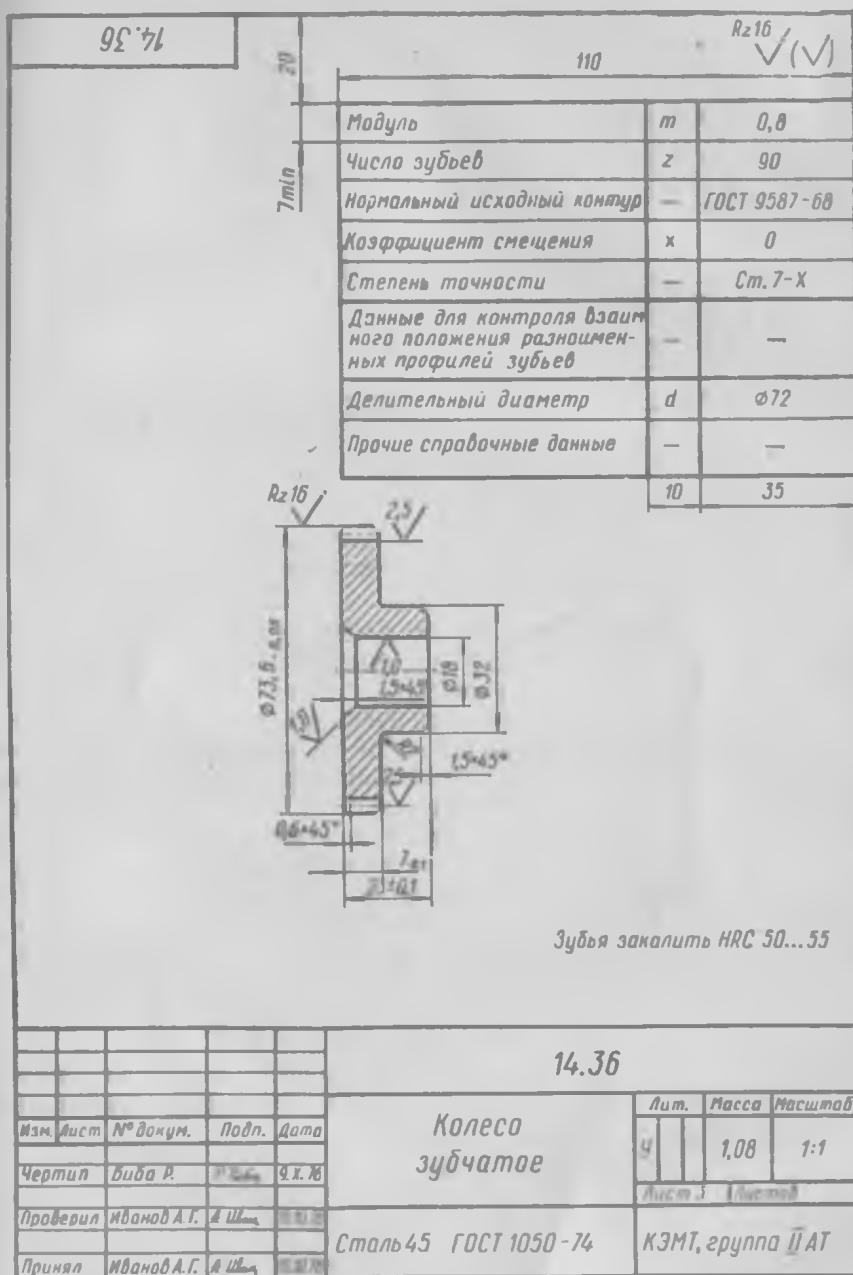


Рис. 358. Рабочий чертеж зубчатого колеса (учебный)

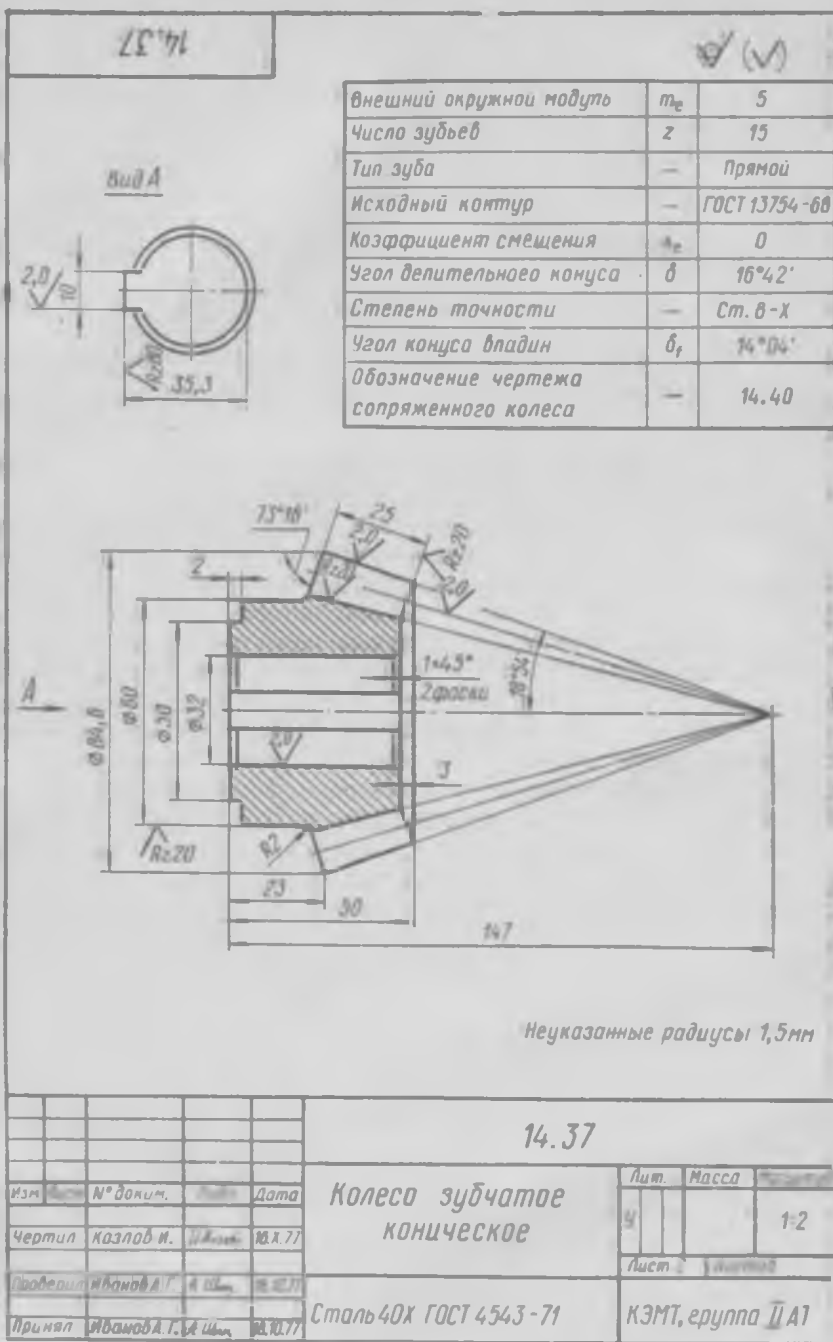


Рис. 360. Рабочий чертёж конического зубчатого колеса (учебный)

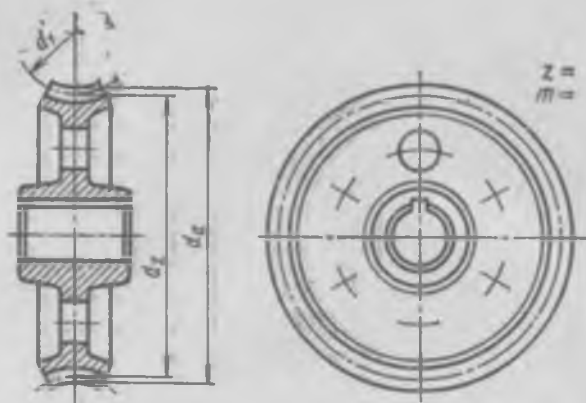


Рис. 361. Червячное зубчатое колесо

Пример оформления рабочего чертежа червяка приведен на рис. 363. На учебных чертежах по черчению второй раздел таблицы параметров, содержащий данные для контроля, обычно не заполняют.

Условные изображения звездочек для пластинчатых цепей ничем не отличаются от изображения цилиндрических зубчатых колес. Чертеж сопровождается таблицей параметров, имеющей те же размеры, какие применяются на рабочих чертежах других зубчатых колес. Содержание таблицы следует брать из ГОСТ 2.421—75. Рабочие чертежи звездочек для круглозвенных цепей выполняются в соответствии с ГОСТ 2.427—75, для разборных цепей в соответствии с ГОСТ 2.426—74.

Условности изображения зубчатых колес относятся также к колесам храповых механизмов, фрезам и зубчатым дискам. Однако линий делительных окружностей и образующих делительных цилиндров в последних случаях не проводят. Чертеж храпового механизма приведен в следующем параграфе.

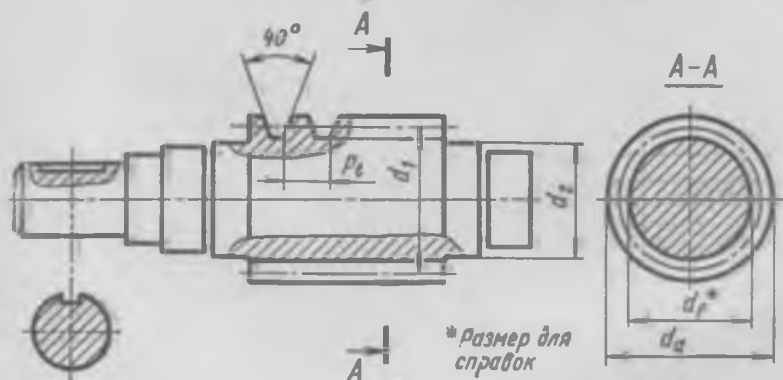


Рис. 362. Червяк

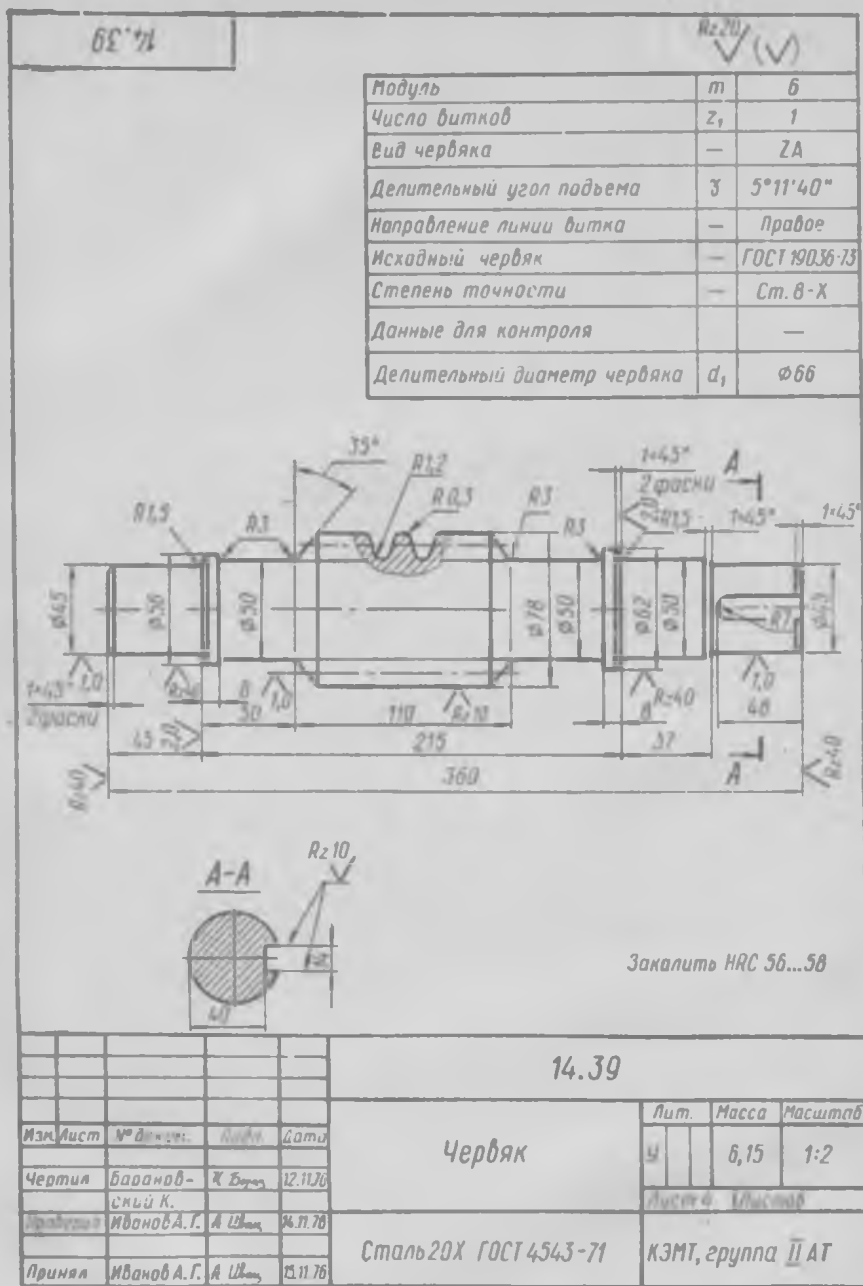


Рис. 363. Рабочий чертеж червяка

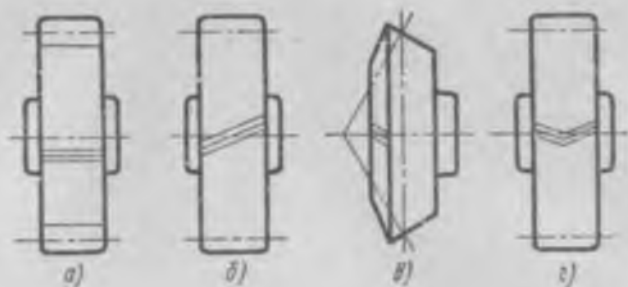


Рис. 364. Условные изображения зубчатых колес без разреза

В заключение следует указать на то, что на видах цилиндрических зубчатых колес, червяков, реек и звездочек цепных передач допускается проводить окружности и образующие поверхностей впадин или витков тонкими сплошными линиями (рис. 364, а).

На чертежах конических и червячных колес подобные линии не проводят (рис. 364, в). На чертежах показаны условные изображения направлений зубьев: прямые зубья (рис. 364, а), косые (рис. 364, б и в), шевронные (рис. 364, г). Тонкие линии, указывающие направление зубьев, проводят вблизи осевой линии колеса или одного из колес зубчатой передачи.

§ 99. УСЛОВНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ, ЧЕРВЯЧНЫХ И ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ

При изображении передач (рис. 365—369) приняты следующие дополнительные обозначения:

d_1 — диаметр шейки или цапфы ведущего вала и диаметр отверстия ступицы (ведущий вал — обычно с малым зубчатым колесом; иногда бывает наоборот);

d_2 — диаметр шейки или цапфы ведомого вала;

z_1 — число зубьев ведущей шестерни;

z_2 — число зубьев ведомого колеса;

H — высота зубчатой рейки;

L_1 — длина червяка.

Цилиндрические зубчатые передачи. Цилиндрические колеса, как уже отмечалось, применяются для передачи вращения параллельным валам (рис. 365, а). Зубчатое колесо 1 с меньшим числом зубьев часто называют шестерней, что отражают индексами в обозначениях размеров зубчатых колес (1 — шестерня, 2 — колесо). При выполнении комплексного чертежа прежде всего проводят делительные окружности зубчатых колес касательно друг к другу. Благодаря этому построению определяется межосевое расстояние a_w , которое равно

$$a_w = \frac{d_2}{2} + \frac{d_1}{2}.$$

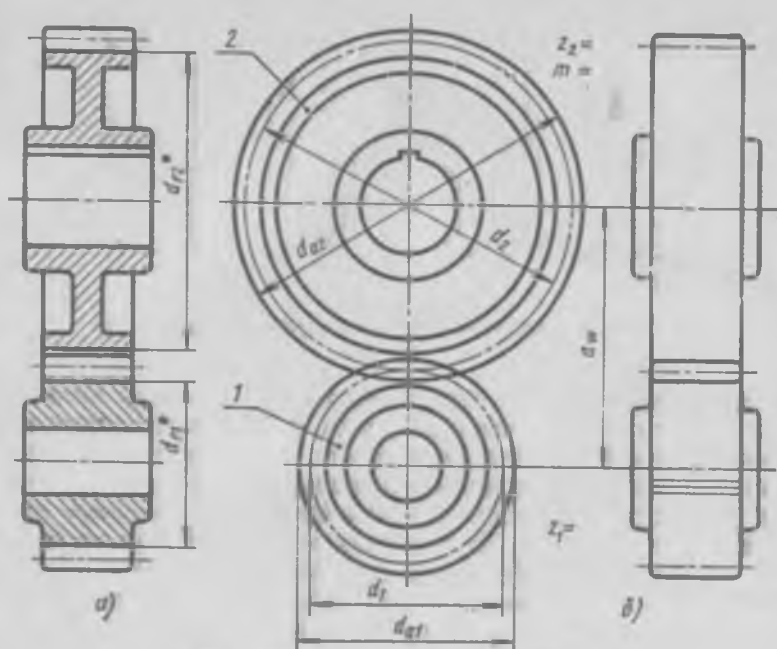


Рис. 365. Цилиндрическая передача

После этого проводят окружности вершин с диаметрами d_{a2} и d_{a1} и окружности впадин с диаметрами d_{f2} и d_{f1} . Между окружностью вершин одного колеса и окружностью впадин другого образуются зазоры, которые хорошо будут видны на фронтальном разрезе.

Как и в чертежах отдельных деталей, зубья колес условно показывают нерассеченными, причем в месте соединения видимым показывают зуб ведущего колеса — шестерни; зуб ведомого колеса 2 в большей своей части будет закрыт зубом шестерни.

На профильном виде проводят сплошные основные линии окружностей вершин, пересекающиеся друг с другом. На рис. 365, б показан вид этой передачи. Каждое колесо изображается полностью. Около каждого колеса записывают количество зубьев, а также величину модуля m , общего для обоих колес.

Разновидностью цилиндрической передачи является реечное зацепление (рис. 366). Рейка 1 — зубчатое колесо с бесконечно большим диаметром, а роль шестерни выполняет зубчатое колесо 2. В действительности так чаще всего и бывает: ведущим является колесо, а ведомой — рейка. В связи с этим принято вычерчивать зуб колеса видимым, а зуб рейки — невидимым. Зубья рейки имеют трапециевидную форму с углом 40° . Шаг p_1 рейки равен шагу зубчатого колеса; высота рейки должна равняться $H > 2h$, где h — высота зуба, равная $2,25m$.

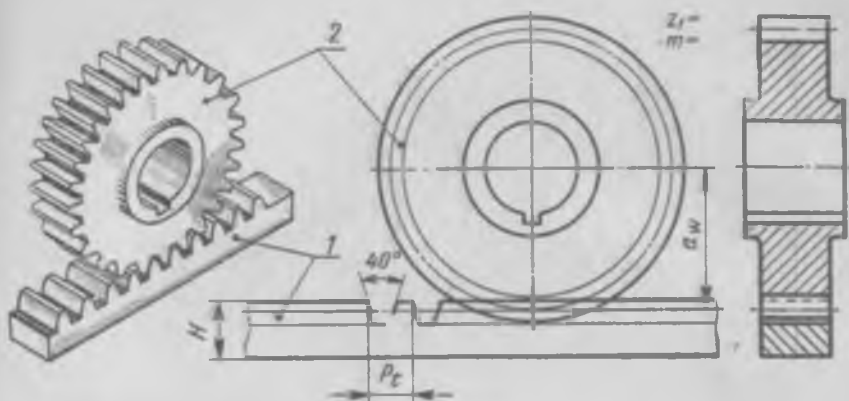


Рис. 366. Реечное зацепление

Конические зубчатые передачи. Наиболее часто применяются конические колеса, оси которых пересекаются под углом 90° (рис. 367). Углы делительных конусов в этом случае определяют из следующих зависимостей:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{z_1}{z_2}; \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{z_2}{z_1} \text{ или } \varphi_2 = 90^\circ - \varphi_1.$$

Полученные при построении зубчатых колес диаметры окружностей вершин проверяют по формулам:

$$d_{a1} = d_1 + 2m \cos \varphi_1; \quad d_{a2} = d_2 + 2m \cos \varphi_1.$$

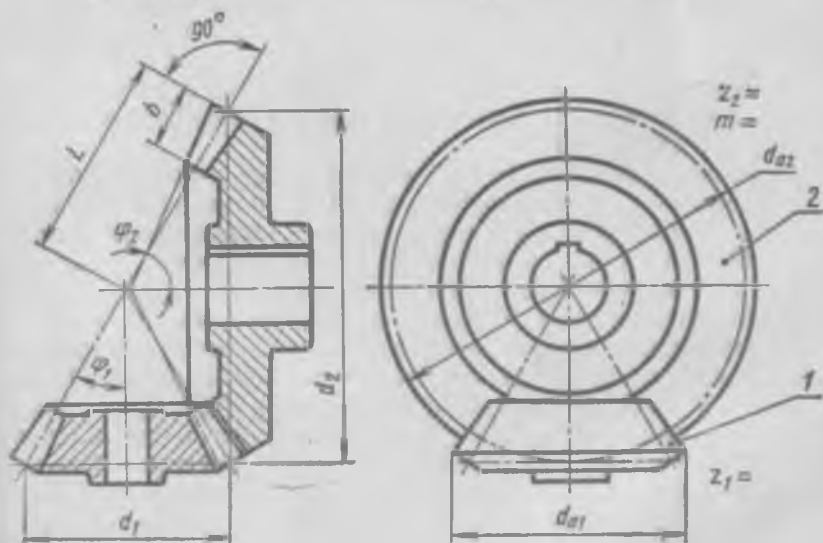


Рис. 367. Коническая передача

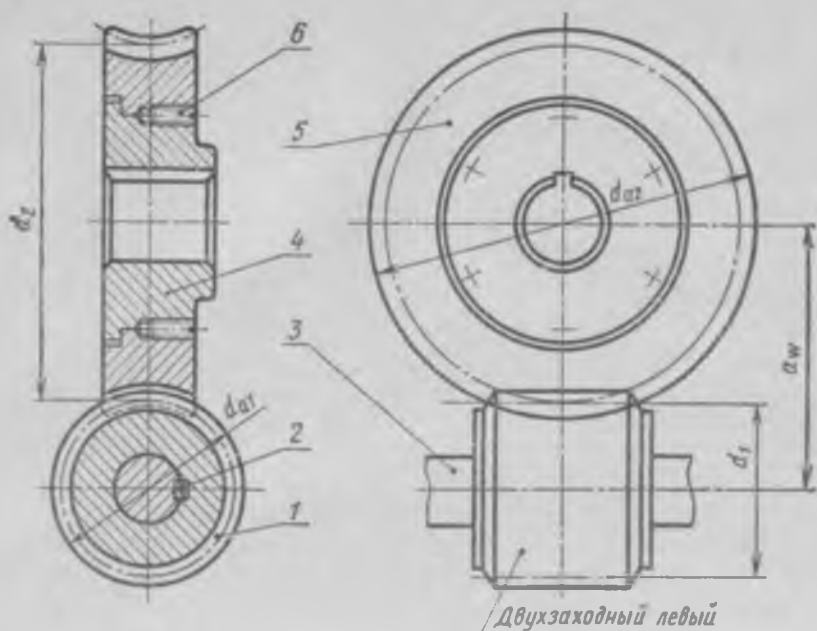


Рис. 368. Червячная передача

Длину зубьев b принимают в зависимости от длины L образующей делительного конуса $b = (0,20 \div 0,35) L$. Зуб шестерни 1 изображают видимым, зуб колеса 2 — частично закрытым.

С целью увеличения прочности зубьев при так называемом корригировании образующую конуса вершин нередко принимают параллельной образующей конуса впадин парного колеса.

Условности изображения других видов конических передач изложены в стандартах.

Червячные передачи. В этой передаче ведущим является червяк, ведомым — колесо, поэтому зубья червяка на разрезе изображают сплошными линиями, зубья колеса — штриховыми (рис. 368). Контурные линии колеса и червяка в месте их соединения на виде вычерчивают сплошными линиями.

В современном машиностроении червячные колеса часто бывают составными: на колесный центр насаживают и укрепляют обод с нарезанными зубьями, так называемый венец. Червяк тоже может быть составным. В приведенном примере червяк 1 укреплен с помощью шпонки 2 на валу 3. На колесный центр колеса 4 насажен венец 5 и укреплен шестью винтами 6. Смежные детали заштрихованы в разные стороны, что позволяет удобно отличать одну деталь от другой.

Цепные передачи. В ряде машин широко применяются передачи, осуществляемые с помощью зубчатых колес (звездочек)

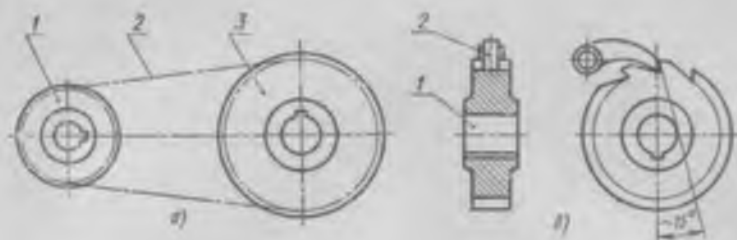


Рис. 369. Цепная передача и храповой механизм

и цепей. Звездочки с эвольвентным профилем зубьев изображают так же, как цилиндрические зубчатые колеса (рис. 369, а). На сборочном чертеже цепь 2 изображают условно одной тонкой штрихпунктирной линией. Около звездочки 1 и зубчатого колеса 3 записывают число зубьев и величину модуля m . В случае надобности цепь может быть изображена конструктивно.

Храповой механизм. Для торможения грузовых валов подъемных устройств на вал насаживают храповое колесо 1 с зубьями специального профиля (рис. 369, б). При вращении вала и храпового колеса по часовой стрелке собачка (защелка) 2 свободно приподнимается удлиненной частью и вершиной зуба. При вращении вала и храпового колеса против часовой стрелки собачка, упираясь во впадину зуба, препятствует вращению, останавливая вал. Часть зуба, в которую упирается собачка, называется рабочей. Плоскость этой части зуба обычно составляет угол $12—15^\circ$ по отношению к радиусу храпового колеса. Большая часть зубьев вычерчивается условно, при этом вершины зубьев заменяются сплошной основной линией, а впадины — тонкой сплошной линией. На главном виде зубья условно не заштриховывают.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. В чем заключается условность изображения зубчатых колес?
2. Что называют модулем зубчатого зацепления?
3. Как определить модуль готового цилиндрического зубчатого колеса?
4. Как определить диаметр делительной окружности готового цилиндрического зубчатого колеса?
5. Чему равен шаг зубчатого зацепления?
6. В чем заключается основная условность при вычерчивании зубчатых зацеплений?
7. Как называют верхнюю и нижнюю части зуба? Чему они равны?
8. В чем заключается особенность условного изображения колес храповых механизмов, фрез и т. п. по сравнению с изображением зубчатых колес?
9. Ознакомьтесь по ГОСТ 2.402—68 с особенностью изображения винтовых передач.
10. Составьте эскиз цилиндрического зубчатого колеса с натуры.
11. Постройте профиль зубьев этого колеса упрощенным способом.
12. Поупражняйтесь в чтении чертежей зубчатых колес и передач.
13. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 49, 50.

Какие зубчатые передачи применяются при больших передаточных числах?

Цилиндрические

Реечные

Червячные

Конические

1

2

3

4

В каком случае правильно подсчитан модуль цилиндрического зубчатого колеса, если $D_g = 120$ мм, а $z = 10$?

 $m = 12$ мм $m = 9$ мм $m = 15$ мм $m = 10$ мм

1

2

3

4

В каком случае правильно определен модуль цилиндрического зубчатого колеса, если $D_1 = 44$ мм, $z = 8$, $h = 2,25m$?

 $m = 9$ мм $m = 8$ мм $m = 10$ мм $m = 8,5$ мм

1

2

3

4

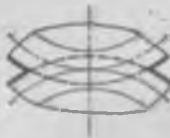
На каком виде правильно изображены линии зацепления зубчатых пар?



1



2

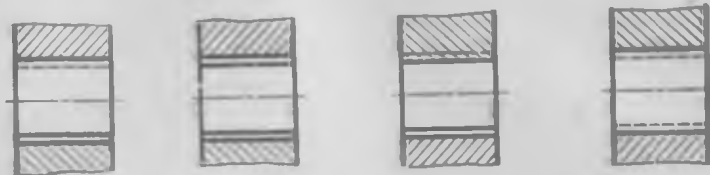


3



4

На котором разрезе правильно изображены линии зацепления двух цилиндрических зубчатых колес по ГОСТ 2.402—68?



1

2

3

4

В котором случае правильно подсчитано межцентровое расстояние a_w цилиндрических колес, если число зубьев $z_1 = 12$, $z_2 = 32$, а модуль $m = 5$ мм?

$$a_w = 210 \text{ мм}$$

$$a_w = 196 \text{ мм}$$

$$a_w = 220 \text{ мм}$$

$$a_w = 200 \text{ мм}$$

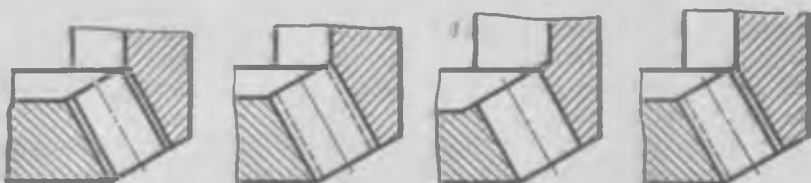
1

2

3

4

На котором разрезе правильно изображены линии зацепления двух конических зубчатых колес по ГОСТ 2.402—68?



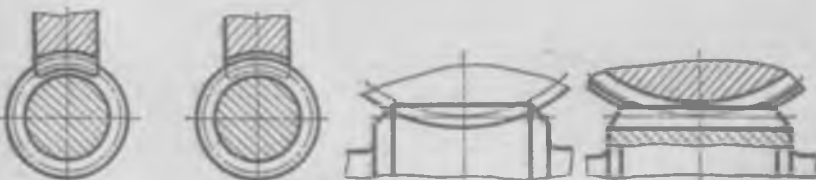
1

2

3

4

На котором чертеже неправильно изображены линии зацепления червячной пары с цилиндрическим червяком по ГОСТ 2.402—68?



1

2

3

4

ЧЕРТЕЖИ ОБЩЕГО ВИДА И СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

§ 100. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ ОБЩЕГО ВИДА И СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ С НАТУРЫ

Чертеж общего вида. Как уже указывалось в гл. XVI, § 66, чертежом общего вида называется документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его основных составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

Производственные чертежи общего вида выполняются на разных стадиях разработки конструкторской документации: в техническом предложении по ГОСТ 2.118—73; в эскизном проекте по ГОСТ 2.119—73; в техническом проекте по ГОСТ 2.120—73. Для примера рассмотрим содержание чертежа общего вида эскизного проекта. Такой чертеж составляется на основании чертежа общего вида технического предложения после принятия того или иного варианта разрабатываемого изделия. В состав чертежа общего вида эскизного проекта должны входить:

а) изображения изделия (виды, разрезы, сечения), текстовая часть и надписи, необходимые для понимания конструктивного устройства изделия, взаимодействия его составных частей и принципа работы изделия;

б) наименования, а также обозначения тех составных частей изделия, для которых необходимо указать данные (технические характеристики, количество, указания о материале и др.);

в) размеры и другие наносимые на изображения данные;

г) схема, если она требуется,

д) техническая характеристика изделия, если это необходимо для удобства сопоставления вариантов по чертежу общего вида.

Изображения на чертеже выполняют с максимальными упрощениями, предусмотренными стандартами ЕСКД для рабочих чертежей. Наименования и обозначения составных частей изделия указывают на полках линий-выносок или в таблице, размещаемой на том же листе.

Отличием учебных чертежей общего вида от производственных является то, что на них в соответствии с приказом МВ и ССО СССР № 634 рекомендуется не применять некоторых упрощений и условностей и вычерчивать, например, головки болтов и гайки с фасками, вычерчивать гнезда для шпилек и др.

Сборочный чертеж. Первоначальные сведения о сборочных чертежах изложены в § 91—96, 99. В них отмечено значение сборочных чертежей, изложены приемы и способы разграничения изображенных деталей в разрезах и сечениях, приведена форма спецификации и порядок ее заполнения. В § 92 приведены сборочные чертежи болтового и шпилечного соединений (рис. 337, 338),

соединение с помощью винта, трубное соединение. В § 93—94 приведены примеры шпоночных, шлицевых и заклепочных соединений. В § 95 рассмотрен сборочный чертеж сварной конструкции подшипника (рис. 351). В § 99 приведен ряд сборочных чертежей зубчатых и цепных передач.

Следует остановиться подробнее на назначении и содержании сборочных чертежей. Как уже отмечалось, сборочные чертежи предназначаются для сборки по ним изготовленных в различных цехах предприятия деталей в сборочные единицы или в окончательное изделие и для контроля. Для того чтобы по сборочному чертежу было возможно осуществлять процесс сборки, он должен содержать значительное количество сведений и прежде всего — изображение сборочной единицы с нумерацией деталей, основную надпись и спецификацию чертежа. Сборочный чертеж в ряде случаев сопровождают надписями, указывающими на ту или иную операцию, которую необходимо выполнить при сборке; на чертеж наносят необходимые размеры с предельными отклонениями, проверяемыми при сборке; на поле чертежа записывают технические требования к готовому изделию.

Выполнение учебного сборочного чертежа с натуры. Эту работу учащийся начинает с изучения внешнего вида изделия, его назначения и принципа действия. Назначение и принцип действия механизма обычно могут быть выяснены в процессе его разборки. Разборка должна сопровождаться выполнением схемы механизма. Это нужно для того, чтобы по окончании работы можно было правильно собрать механизм. Кроме того, схема нужна при выполнении сборочного чертежа по эскизам. Схему выполняют упрощенно в одной проекции, заменяя детали общим очертанием их контура или условными обозначениями по ГОСТ 2.315—68. Лишь там, где нужно показать взаимосвязь деталей, применяют более подробные зарисовки. В таком случае лучше их выполнять в стороне от основной схемы. На схеме подписывают название деталей механизма и указывают количество деталей (рис. 370).

После ознакомления с деталями механизма, выполнения схемы и выяснения принципа работы механизма переходят к выполнению эскизов деталей. Правила и приемы выполнения эскизов изложены в гл. XIX. Большое внимание надо обратить на определение размеров деталей, работающих в сборке совместно. Нередко учащиеся допускают ошибки, не согласовывая размеры сопрягаемых поверхностей.

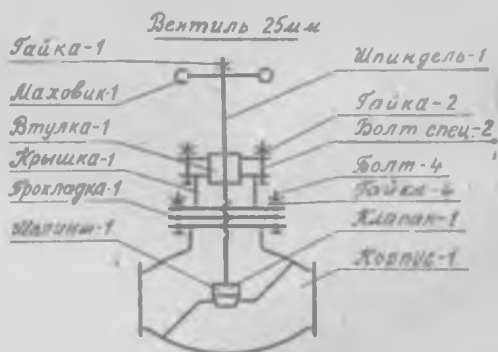


Рис. 370. Схема вентиля

На эскизы наносят обозначения шероховатости поверхностей, надписи о термической обработке и покрытиях, руководствуясь при этом материалом, изложенным в § 85. Тщательно проверив эскизы, предъявляют их на просмотр преподавателю. Полученные указания используют для доработки эскизов. После утверждения эскизов преподавателем переходят к выполнению сборочного чертежа.

Для сборочных чертежей, так же как и для чертежей деталей, наиболее желательным является масштаб 1 : 1. Количество видов зависит от сложности механизма. Не следует стремиться к большому количеству видов; в соответствующих случаях следует заменять их местными видами, наложенными проекциями или выносными элементами. Большое значение имеют разрезы и сечения. Изображая, например, корпус вентиля в разрезе, наглядно показывают все расположенные внутри него детали, способ их соединения и принцип действия вентиля. Для сборочных чертежей также имеют значение местные разрезы. С их помощью вскрывают особенности сборки и ее отдельных частей. Широкое применение разрезов позволяет избегать линий невидимого контура, что очень важно для наглядности и удобочитаемости сборочного чертежа.

Порядок выполнения сборочных чертежей примерно такой же, как и чертежей деталей. Большое внимание должно быть уделено размещению видов и спецификации (если последняя выполняется на одном листе с чертежом). В частности, надо заранее подсчитать количество деталей и определить площадь, которую займет спецификация учебного чертежа. На листе надо предусмотреть свободное размещение видов для возможности правильного нанесения номеров позиций и размеров. Построение начинают с наиболее крупных деталей, вычерчивая вначале их общие контуры. В дальнейшем выявляют разрезы и изображают более мелкие детали. Детали нумеруют, наносят размеры, после чего заполняют спецификацию.

При изображении сборочных единиц нередко применяют особые разрезы, так называемые разъемы. В этом случае секущие плоскости проходят между соединяемыми деталями, перерезая лишь крепежные детали (рис. 371). Из чертежа видно, что секущие горизонтальные плоскости прошли между верхним 3 и нижним 4 вкладышами, между крышкой 2 и корпусом 1 подшипника, перерезав болт 7. При этом на разъеме (разрезе) удалось показать канавку между корпусом 1 и нижним вкладышем 4, формы вкладыша, головки болта 7 и углубления для головки болта в корпусе 1. Разрез-разъем позволяет экономить труд и не изображать вторично горизонтальную проекцию гайки 8, которая уже изображена в левой части вида сверху.

Так как по сборочным чертежам изделия только собирают, то на чертежах наносят размеры, нужные при сборке, и размеры, характеризующие данное изделие и его работу, например: габариты

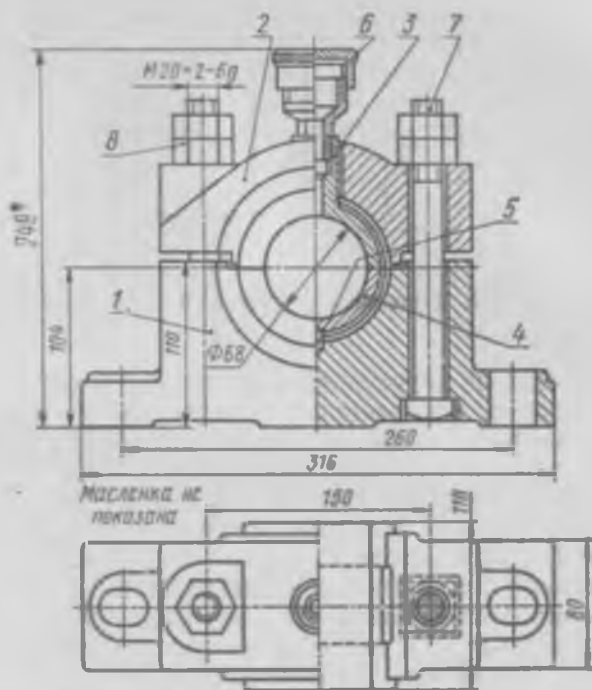


Рис. 371. Сборочный чертеж подшипника

ритные размеры подшипника (316, 110, 248 мм); монтажные размеры — расстояния между осевыми линиями сборочной единицы (150 мм); размеры, указывающие место установки одной детали относительно другой; размеры, характеризующие величину зазоров, степень сжатия пружин и т. д.; установочные размеры, необходимые для установки собранного изделия на место, например расстояние центра отверстия под вал от опорной поверхности подшипника а (104 мм), расстояние между центрами болтов, с помощью которых подшипник крепится к изделию (260 мм); размеры с предельными отклонениями, проверяемые при сборке.

§ 101. ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК НА ЧЕРТЕЖАХ СТ СЭВ 144—75, СТ СЭВ 145—75)

Для того чтобы вал свободно вращался в отверстии подшипника, между валом и отверстием должен быть некоторый зазор. Зазор необходим также для поступления и распределения смазки. Величина зазора между сопрягаемыми деталями равна обычно десятым или сотым долям миллиметра, а в точных изделиях — тысячным долям миллиметра. Основной размер, определенный исходя из функционального назначения детали и служащий началом отсчета отклонений, называется *номинальным размером*.

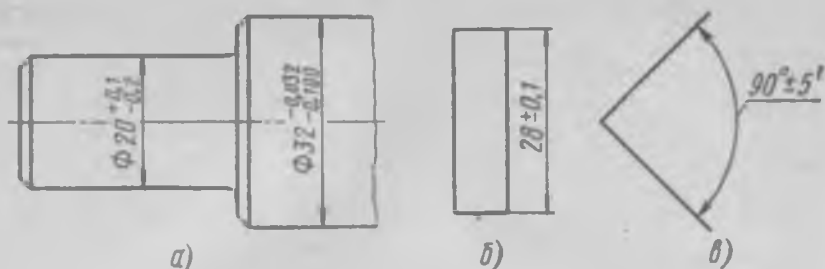


Рис. 372. Нанесение допусков на чертежах

Размер, полученный в результате измерения детали с допустимой погрешностью, называется *действительным размером*. Два предельных значения размера, между которыми должен находиться действительный размер, называются *предельными размерами*. Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется *допуском размера*.

Предельные размеры задают величинами отклонений от номинального размера. Разность между наибольшим предельным размером и номинальным называется *верхним предельным отклонением*; разность между наименьшим предельным размером и номинальным называется *нижним предельным отклонением*. Отклонение считается положительным, если определяемый им размер больше номинального, и отрицательным, если определяемый им размер меньше номинального. На чертежах положительные отклонения наносят со знаком плюс (+), отрицательные — со знаком минус (—). Отклонения пишут за размером, более мелкими цифрами, одно под другим. Запись отклонений (рис. 372, а), сделанная за номинальным размером 20, обозначает, что при контроле будут приняты все валы, диаметр которых находится в пределах от 20,1 до 19,8 мм. За номинальным размером 32 нанесены отрицательные отклонения. Годной деталь будет принята при размерах, находящихся в пределах от 31,968 до 31,900 мм.

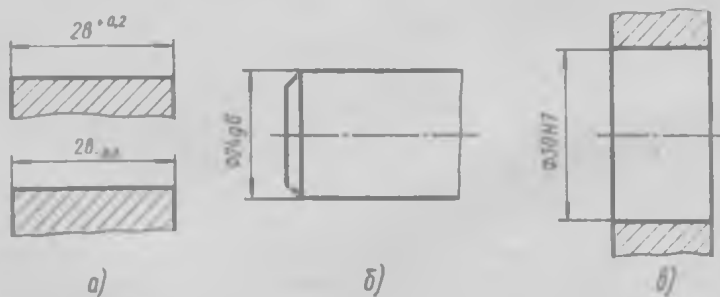


Рис. 373. Нанесение допусков на чертежах

Если поле допуска расположено симметрично, то величину отклонения наносят со знаками $\pm$ рядом с размерным числом — шрифтом того же размера (рис. 372, б). *Поле допуска* называется зона между наибольшим и наименьшим предельными размерами. Предельные отклонения угловых размеров указывают так, как показано на рис. 372, в. Отклонения, равные нулю, на чертежах не проставляют (рис. 373, а).

Для условного обозначения допусков в стандарте СТ СЭВ 145—75 используются латинские буквы и цифры. Так, положительные отклонения отверстий обозначаются прописными буквами *A, B, C, D, E, F, G, H*, отрицательные отклонения валов — соответственно — строчными буквами *a, b, c, d, e, f, g, h*; отрицательные отклонения отверстий обозначаются прописными буквами *K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z*, а положительные отклонения валов — строчными буквами *k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z*; в некоторых случаях применяются сочетания букв. Кроме того, допуски, величина которых зависит от номинальных размеров, обозначаются цифрами (квалитет). *Квалитетом* называется совокупность допусков, соответствующих одинаковой степени точности для всех номинальных размеров. Всего установлено 19 квалитетов: 01, 0, 1, 2, 3, ..., 17. Таким образом, размер для которого указывается поле допуска, обозначается числом (например, номинальным диаметром), за которым следует условное обозначение допуска, состоящее из буквы и цифры, например: $\varnothing 24g6$, $\varnothing 30H7$ (рис. 373, б и в).

Одни детали свободно вращаются на своей оси, а другие вращаются вместе с осью или валом. Следовательно, посадка одной детали на другую может быть подвижной и неподвижной. Для подвижных посадок диаметр вала должен быть меньше диаметра отверстия; между валом и отверстием должен быть некоторый зазор. *Зазором* в машиностроении называется положительная разность между размерами отверстия и вала.

Для неподвижных посадок диаметр вала должен быть больше диаметра отверстия; положительную разность между размерами вала и отверстия до сборки деталей называют *натягом*. *Посадкой* в машиностроении называют характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует большую или меньшую свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

В промышленности чаще применяют систему отверстия, при которой для всех посадок одного класса точности при одинаковых номинальных размерах предельные размеры отверстия остаются постоянными, а осуществление

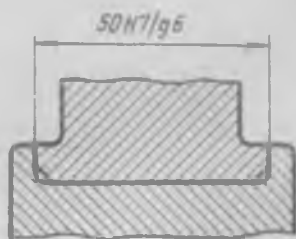


Рис. 374. Приемы нанесения допусков на сборочных чертежах

разных посадок достигается за счет соответствующего изменения предельных размеров вала.

Предельные отклонения размеров деталей на сборочных чертежах указывают в виде дроби: в числителе — условное обозначение или числовые величины отклонений отверстий (охватываемой детали), а в знаменателе — условное обозначение или числовые величины отклонений вала (охватываемой детали) (рис. 374).

§ 102. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВНОСТИ И УПРОЩЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖАХ

Ряд условностей и упрощений был рассмотрен при изучении сборочных чертежей соединений. При выполнении сборочных чертежей с натуры в связи с разнообразием объектов появится возможность использования дополнительных условностей и упрощений. Например, если масленка, крышка, кожух, щит или маховик на чертеже закрывают собой другие детали изделия, то на соответствующем виде рекомендуется их условно не показывать, поясняя надписью типа: *Масленка не показана* (см. рис. 371) или *Маховик поз. 5 не показан*. Проекцию снятого маховика нередко вычерчивают на свободном поле чертежа.

Рекомендуется не показывать части изделий или их элементы, расположенные за пружиной или сеткой, а также надписи на табличках. Части деталей не показывают и в том случае, когда пружина 6 (рис. 375, а) изображена лишь сечениями ее витков; контурные линии тарелки 4 и корпуса 7 прерывают у внешнего витка пружины или у осевой линии сечения витков. Многослойные пластинчатые пружины типа рессор изображают упрощенно по внешнему контуру пакета пружины (рис. 375, б).

Детали, изготовленные из прозрачного материала, полагается вычерчивать как непрозрачные, исключая те случаи, когда необ-

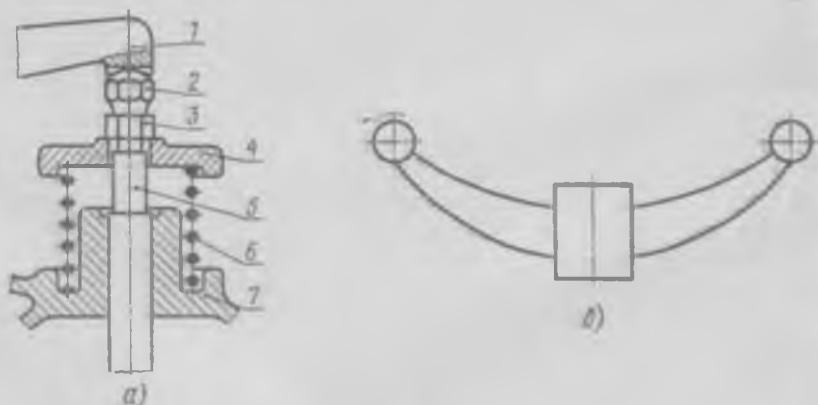


Рис. 375. Пружины:

а — пружина в сборе; 1 — коромысло; 2 — головка; 3 — контргайка; 4 — тарелка; 5 — шток; 6 — пружина; 7 — корпус; б — многослойная пружина

ходимо показать находящиеся за прозрачной деталью циферблаты, стрелки приборов, внутреннее устройство ламп и т. п.

Если на сборочном чертеже приводится изображение нескольких одинаковых составных частей изделия, то по общим правилам допускается вычерчивать одну составную часть, а остальные (одинаковые) условно не показывать, изображая лишь отверстия (рис. 376). О количестве болтовых комплектов судят по количеству отверстий, числу болтов и гаек, указанному в спецификации.

Приведенный чертеж напоминает о том, что сплошные детали: болты, шпильки, заклепки, шарики, валы, рукоятки, шпиндели и т. п., попавшие в продольный разрез, показываются нерассе-ченными. Та же условность применяется при изображении на сборочных чертежах стандартизованных гаек и шайб.

На сборочных чертежах, так же как и на чертежах деталей, применяют «перевод» отверстий в плоскость разреза (см. рис. 327).

На видах якорей, статоров, трансформаторов, радиаторов и других подобных сборочных единиц пакеты, набранные из листов или секций, условно показывают как монолитные тела (рис. 377).

На чертежах сердечники, набранные из листов, условно обозначают штриховкой, ограниченной вспомогательными диагоналями, не показываемыми на чертеже. В соответствии с ГОСТ 2.146—68 частота штрихов не должна согласовываться с числом листов, объединенных в пакет; расстояния между штрихами выбирают в пределах от 1 до 10 мм в зависимости от площади штриховки и необходимости разнообразить штриховку смежных сечений. Направление линий штриховки должно соответствовать расположению листов сердечника. Сердечники в разрезах и сечениях, выполненных вдоль листов, не штрихуют, что видно на рис. 377, разрез Б—Б.

Условность при изображении сальниковых уплотнений заключается в том, что нажимную втулку сальника 2 (рис. 378, а) вычерчивают в верхнем положении, оставляя место для набивки—уплотняющего материала из пеньки, джута, асбестовых волокон и др. Такое положение втулки позволяет правильно задать длину шпильки и длину ее нарезанной части. В правой части рисунка

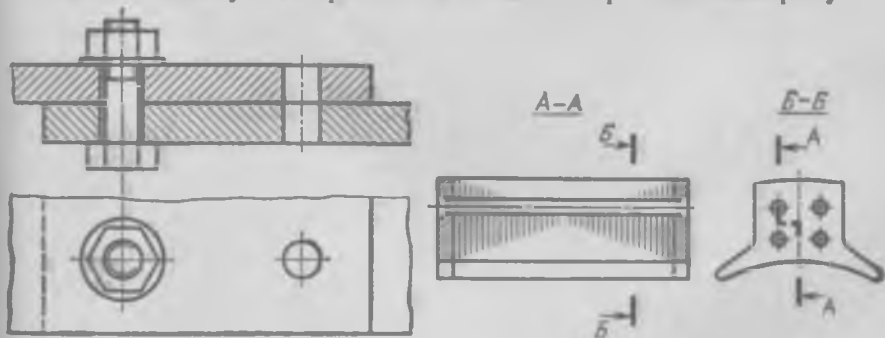


Рис. 376. Условное удаление болтов Рис. 377. Условное изображение пакетов

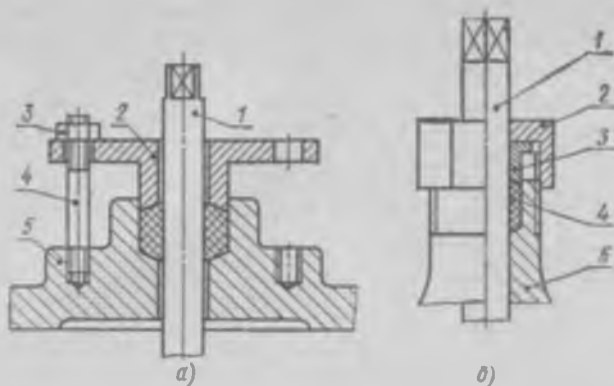


Рис. 378. Чертежи сальниковых устройств

не показаны шпилька и гайка; о их наличии будет свидетельствовать указание о количестве деталей, записанных в позициях 3 и 4.

Аналогично вычерчивают сальниковое уплотнение с накидной гайкой (рис. 378, б). Гайку 2 и нажимную втулку 3 также вычерчивают в верхнем положении. Набивка 4, сжимаемая при заворачивании гайки 2, плотно прижимается к стержню шпинделя 1.

На сборочных чертежах редукторов и других изделий часто приходится изображать шарико- и роликоподшипники (рис. 379); на чертеже показан радиальный однорядный шарикоподшипник средней серии группы 306 с основными размерами $d = 30$ мм, $D = 72$ мм и $B = 19$ мм.

Подшипник состоит из внутреннего кольца 1, сепаратора 2, наружного кольца 3 и шариков 4; сепаратор, в свою очередь, состоит из двух пластин, соединенных между собой в перехватах заклепками (не показаны на чертеже). При изображении подшипников шарики не заштриховывают, пластины сепараторов, попавшие в разрез, при не крупных изображениях показывают залитыми

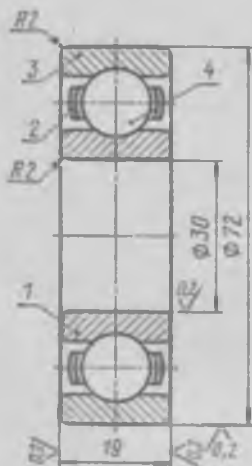


Рис. 379. Шарикоподшипник

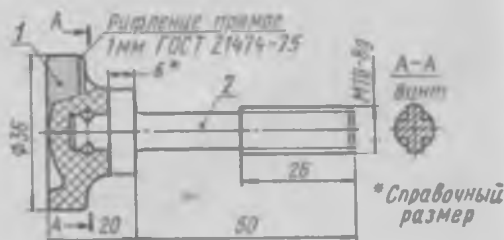


Рис. 380. Винт с пластмассовой головкой



Рис. 381. Изображение перемещающихся деталей

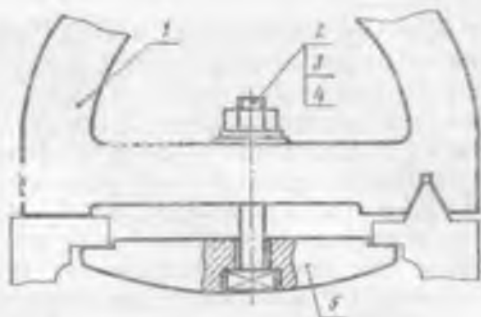


Рис. 382. Изображение пограничных деталей

тушью или затушеванными карандашом. На сборочных чертежах шарикоподшипник вносится в спецификацию как одна позиция. В графе «Наименование» записывают: *Шарикоподшипник радиальный 306 ГОСТ 8388—64*. На сборочных чертежах шарикоподшипники рекомендуется изображать упрощенно (ГОСТ 2.420—69).

В настоящее время широко применяются детали, опрессованные пластмассой (рис. 380). Их изображения относят к одному из видов сборочных чертежей. Неметаллическая часть детали 1 нумеруется наравне с металлической 2. Пластмассовая головка винта показана в разрезе с соответствующим типом штриховки; наружная поверхность головки накатана, о чем делается указание на чертеже со ссылкой на ГОСТ 21474—75. На чертеже нанесены основные размеры деталей. Чертеж сопровождается спецификацией.

В ряде механизмов имеются подвижные детали. Пределы перемещения таких деталей указывают на сборочных чертежах путем изображения подвижной детали в двух положениях. В одном положении деталь изображают сплошными основными линиями, в другом — штрихпунктирными тонкими линиями (рис. 381).

В некоторых случаях на сборочных чертежах приходится изображать пограничные детали, например, для того, чтобы пояснить установку данной сборочной единицы на рабочем месте (рис. 382). На рисунке показана нижняя часть люнета 1, скрепленная болтом и гайкой с прижимной планкой 5. Части станка, по которым перемещается люнет, начерчены в соответствии с государственным стандартом тонкими сплошными линиями. На рисунке показан упрощенный прием нумерации деталей болтового соединения с помощью одной общей линии-выноски с вертикальным расположением номеров позиций болта 2, гайки 3 и шайбы 4.

На сборочных чертежах допускается не показывать фаски, галтели, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплетки и другие элементы.

§ 103. ОФОРМЛЕНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Как уже указывалось в § 100, следует обращать внимание на увязку размеров сопрягаемых деталей. Так, при установке шарикоподшипника 2 в корпус 1 (рис. 383, а) плоскости *A* подшипника и *B* корпуса должны совпасть. Это будет возможным, в частности, тогда, когда радиус закругления r наружного кольца подшипника будет больше радиуса r_1 корпуса. На рис. 383, б показано, что произойдет, если r будет меньше r_1 . Как видно, в этом случае плоскости *A* и *B* не совместятся и подшипник не встанет на предназначенное для него место.

В ГОСТ 4253—77 приведены размеры, которыми следует пользоваться при вычерчивании подшипников качения, сопрягаемых с валами и корпусами. На рис. 383, в дан пример сопряжений деталей с применением проточки, размеры которой также следует брать из стандарта. Проточка гарантирует правильное соединение деталей по плоскостям *A* и *B*.

На примере крышки 2 сопрягающейся с корпусом 1 (рис. 384, а), показано, что при наличии нескольких плоскостей подгонка деталей производится по одной паре плоскостей, другие плоскости являются свободными, не сопрягаемыми. На рисунке сопрягаемыми являются плоскости *A* и *B*; между плоскостями *C* и *D* должен быть зазор. Такой вид соединений упрощает сборку и удешевляет изготовление деталей, так как плоскости *C* и *D* не нуждаются в чистовой обработке. Соединение в данном случае производится шпильками, не показанными на чертеже.

При выполнении сборочного чертежа к работе надо относиться вдумчиво, представляя детали в натуре, мысленно ставя себя на место рабочего, ведущего сборку изделия. Невнимательное отношение к этой ответственной работе нередко приводит учащихся к ошибкам, подобным той, которая допущена на рис. 384, б. Из рисунка видно, что установка болта 3 и гайки 4 снизу невозможна, так как помешает корпус вентиля 1.

Как уже указывалось, на сборочные чертежи наносят только основные размеры: габаритные, производственные, монтажные, установочные и размеры с предельными отклонениями, проверяе-

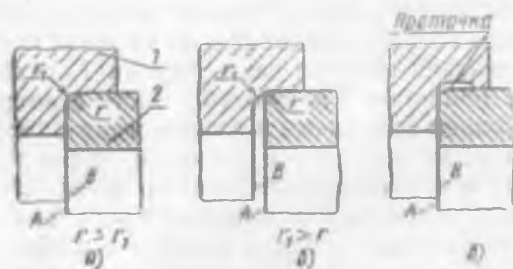


Рис. 383. Конструктивные особенности при сопряжении деталей

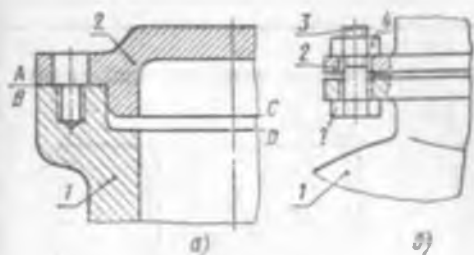


Рис. 384. Конструктивные особенности при соединении деталей

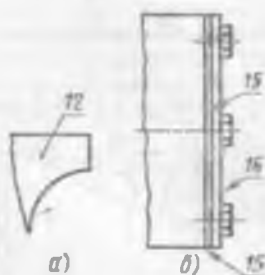


Рис. 385. Нанесение номеров позиций

мые при сборке. Номера позиций наносят на все составные части сборочной единицы, как правило, один раз. Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей (рис. 385, а и б). Вместо точки линия-выноска может начинаться стрелкой (рис. 385, б), которая применяется в тех случаях, когда на изображении негде нанести точку.

При составлении спецификации следует руководствоваться указаниями § 91. Примеры обозначения в спецификации нормализованных и стандартизованных деталей приводились выше, в частности, для болтов, гаек, шайб, шпилек, винтов, шурупов и фитингов — в § 79; шпонок — в § 93; заклепок — в § 94; шарикоподшипников — в § 102 и т. д.

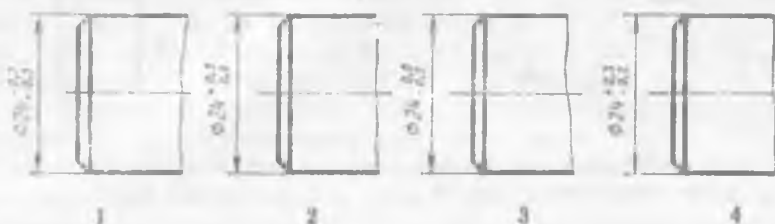
На сборочном чертеже делают указания о назначении рукояток и приборов, служащих для управления механизмом. Приводят также такие характеристики, как частота вращения, мощность и т. д.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. В какой последовательности рекомендуют вести работы по выполнению сборочного чертежа с натуры?
2. С какой целью выполняют схему механизма?
3. Как на сборочных чертежах изображают перемещающиеся части механизма?
4. В чем заключается условность изображения сальниковых устройств?
5. В чем заключается условность изображения деталей, находящихся за пружиной или сеткой?
6. Как на сборочных чертежах изображают пакеты, обмотки, многослойные пластинчатые пружины?
7. Какие размеры наносят на сборочных чертежах?
8. Распилите какую-нибудь деталь, опрессованную пластмассой (рукоятку, винт, маховичок), и выполните сборочный чертеж этого изделия, руководствуясь рис. 380.
9. Составьте эскизный сборочный чертеж по чертежам деталей и аксонометрическому изображению изделия, приведенным в альбоме заданий для выполнения сборочных чертежей *.
10. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 51, 52.

* Борковская Л. В. и др. Альбом заданий для выполнения сборочных чертежей. Под ред. В. В. Рассохина. — М.: Машиностроение, 1974.

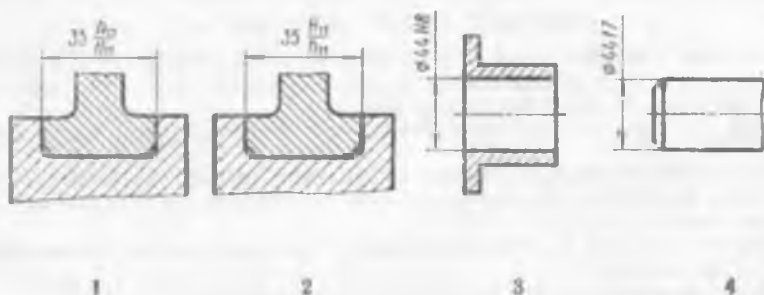
На котором чертеже правильно проставлены величины предельных отклонений по СТ СЭВ 144—75?



На котором чертеже правильно проставлены величины предельных отклонений по СТ СЭВ 144—75?



Которая запись условного обозначения полей допусков и посадок в системе отверстия по СТ СЭВ 144—75 является ошибочной?



Которое условное обозначение относится к глухой посадке? Расшифруйте другие обозначения.

u7

n6

d8

c8

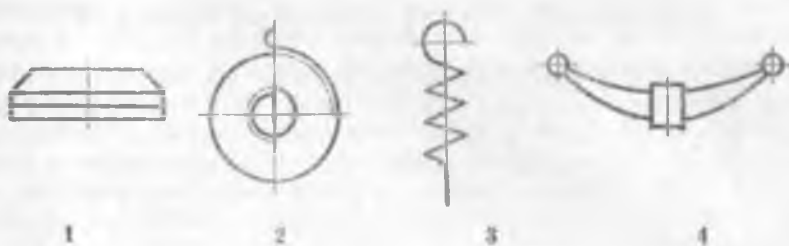
1

2

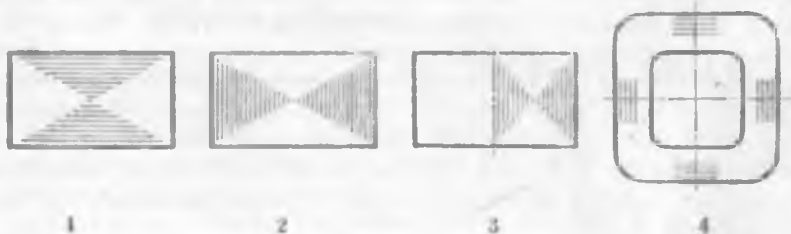
3

4

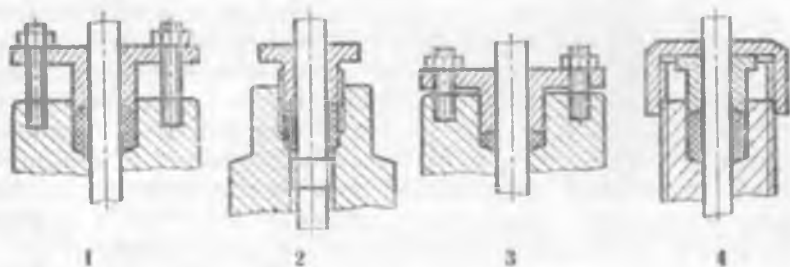
На котором чертеже приведено условное изображение пластинчатой многослойной пружины изгиба (при толщине сечения на чертеже до 2 мм)?



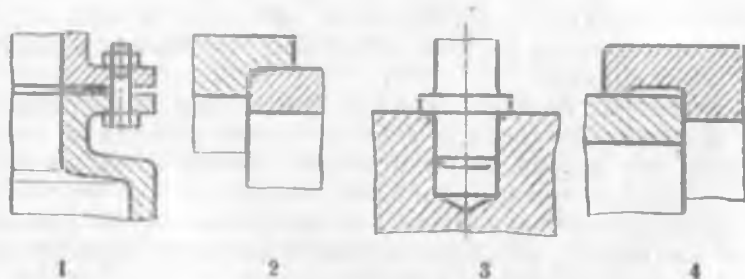
Какое условное изображение сердечников магнитопроводов по ГОСТ 2.416—68 соответствует соединению половины вида с половиной разреза?



Какое сальниковое устройство начерчено ошибочно?



На котором чертеже допущена конструктивная ошибка при изображении сборки деталей?



ЧТЕНИЕ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

§ 104. ПОРЯДОК ЧТЕНИЯ СБОРОЧНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

Рассмотренные выше сборочные чертежи составляют по имеющейся сборочной единице или создаются конструктором в процессе его творческой работы. Сборочные чертежи составляют с натуры при необходимости наладить выпуск какого-либо изделия, чертежи которого отсутствуют на данном предприятии. Составление сборочных чертежей с натуры широко практикуется в учебных целях.

При составлении сборочного чертежа в конструкторских отделах ведущий конструктор разрабатывает эскизный проект изделия в виде чертежа общего вида. По такому чертежу конструкторы и чертежники разрабатывают чертежи деталей. После этого с целью увязки по чертежам деталей составляют окончательный сборочный чертеж. С тщательно проверенных чертежей снимают копии на кальку, подписывают, размножают путем светокопирования или фотографирования и копии направляют в производство. При выполнении чертежей на прозрачной бумаге для светокопирования используют непосредственно чертежи, выполненные конструкторами.

Детали сборочной единицы должны соответствовать своему назначению, т. е. должны выполнять предназначенную для них работу и быть наиболее простыми и дешевыми в изготовлении. Конструктор должен создавать такие детали, которые удовлетворяли бы самым различным, часто противоречивым требованиям, когда детали должны быть простыми, но выполнять сложную работу, легкими по весу, но достаточно прочными и надежными в работе и несложными в изготовлении (значит и дешевыми). Эти же требования предъявляют при изготовлении сборочных единиц и изделий. Правильное решение этих задач приводит к созданию выдающихся конструкций и механизмов.

Под чтением учебных сборочных чертежей понимают разбор их для выяснения формы и размеров деталей, входящих в изделие, их взаимного расположения, способов соединения, назначения сборочной единицы и принципа ее работы в механизме.

При чтении таких учебных сборочных чертежей рекомендуется следующий порядок.

1. Выясняют название изделия, записанное в основной надписи чертежа. Знакомятся с техническим описанием изделия, выясняют его назначение и принцип работы в механизме.

2. Знакомятся с изображениями, имеющимися на чертеже, при этом устанавливают, какими именно изображениями они являются: основными видами, дополнительными видами по стрелке, разрезами, местными разрезами или сечениями.

3. Пользуясь масштабом, выясняют габаритные размеры изделия и его главных деталей

4. Переходят к совместному рассмотрению спецификации и изображений деталей. По номеру позиции находят первое изображение детали, по которому определяют другие ее изображения. Чтению помогает известное правило о том, что вид сверху или горизонтальный разрез на основных плоскостях проекций находится всегда под главным видом или фронтальным разрезом, а вид слева или профильный разрез находится всегда справа от главного вида или фронтального разреза. Правильному пониманию помогает также учет направления и густоты штриховки, нанесенной на изображениях детали: все разрезы и сечения данной детали заштрихованы в одну и ту же сторону с одинаковой густотой (если не допущена ошибка). Соседние детали должны быть заштрихованы в разные стороны. На видах границы деталей узнают по наличию сплошных основных или штриховых линий

Контуры особо сложных деталей при разборе обводят (показывают) острием карандаша или другим острым предметом, считая, что других деталей сборочной единицы не существует. Выявлению формы деталей помогает также рассмотрение точек, заданных (в учебных целях) лежащими на поверхности деталей.

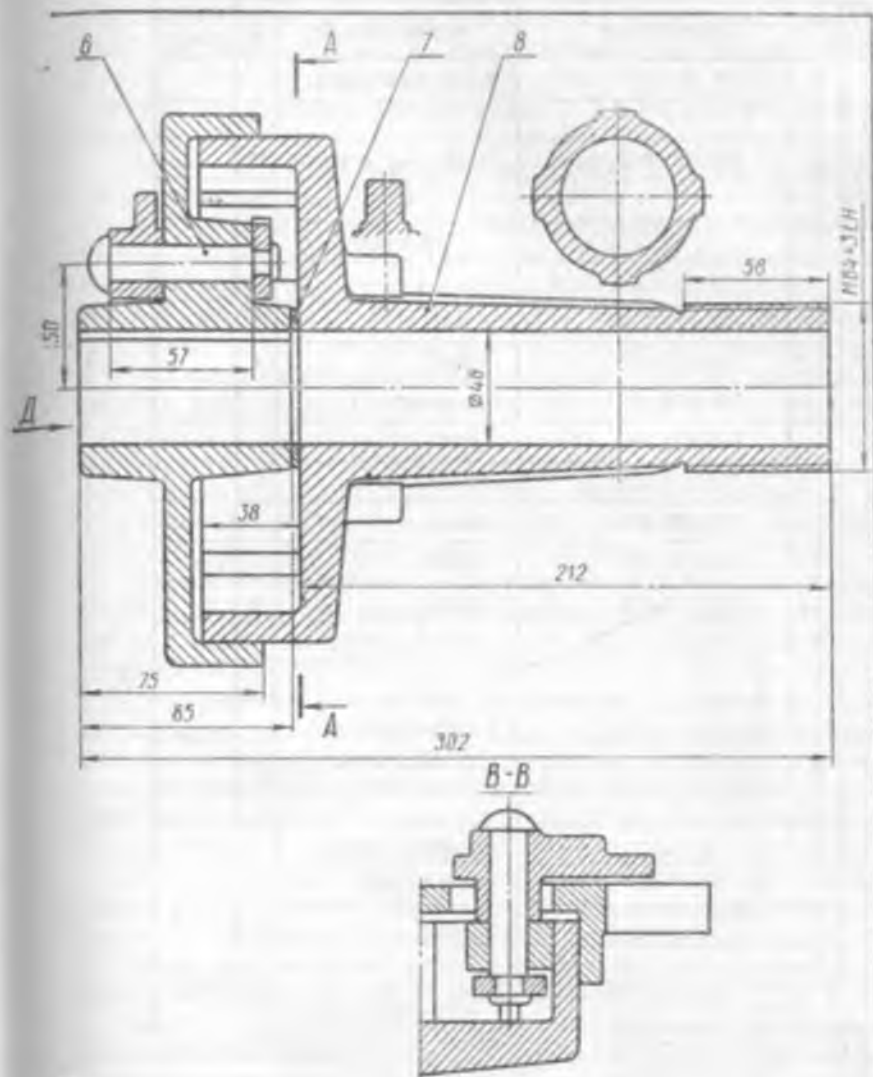
5. Выясняют способы соединения деталей друг с другом (непосредственное соединение резьбой; с помощью крепежных деталей — болта, винта, шпильки, заклепки; соединение сварным швом; запрессовка и т. д.).

Выясняют границы перемещения подвижных деталей изделия. Во многих случаях такие детали бывают изображены в двух крайних положениях. В других случаях бывает указан размер максимального перемещения детали. В третьих — такое указание может быть сделано в технических условиях. Если указаний нет, то границы перемещения устанавливают при чтении после полного изучения сборочного чертежа.

Пусть требуется прочитать сборочный чертеж автомата тракторного плуга (рис. 386 и 387).

Автомат служит для перевода тракторного плуга из транспортного положения в рабочее и обратно. Автомат включается трактористом, находящимся на своем сиденье, при помощи троса или прицепщиком путем нажатия на рычаг.

Чертеж автомата представлен тремя основными изображениями: 1) разрезом А—А, расположенным на месте главного вида; разрез этот в большей своей части является разъемом, о чем свидетельствует почти полное отсутствие штриховки на изображении. Устанавливают, что заштрихованная часть относится к детали 8 — корпусу автомата; 2) продольным профильным разрезом, секущая плоскость которого совпадает с плоскостью симметрии корпуса автомата; 3) видом Д, который устанавливают по надписи, а также при сравнении этого вида с главным видом.



				ТН6.025.010			
Лист	№ докум.	Подп.	Дат.	Автомат тракторного плуга	Лит.	Масш.	Масш. шт.
Изобр.	Иванов	Иван	1977		А		1:2
Изобр.	Петров	Петр	1977				
Изобр.	Сидоров	Сид	1977		Лист 1	Листов	
Исп.	Белов	Бел	1977	Маш. завод №12			
Утв.	Котов	Кот	1977				

№	поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	замечание
			Документация		
12		ТП6.025.010 СБ	Сборочный чертеж	1	
			Детали		
12	1	ТП6.025.101	Диск	1	
11	2	ТП6.025.102	Кулак	1	
11	3	ТП6.025.103	Пружина	1	
11	4	ТП6.025.104	Тяга	1	
11	5	ТП6.025.105	Ролик	1	
11	6	ТП6.025.106	Валик	2	
11	7	ТП6.025.107	Шайба	1	Спец.
12	8	ТП6.025.108	Корпус	1	
			Стандартные изделия		
	9		Шплинт 3,6×20	1	
			ГОСТ 397-66		
ТП6.025.010					
изм.	лист	№ докум.	подп.	Автомат тракторного плуга	
разр.	Рис.	Рис.	Рис.		
проб.	Ветер	Холм	Рис.		
м. кн. тв.	Белов	Холм	Рис.		
утв.	Холм	Холм	Рис.	Маш. завод №12	

Рис. 387 Спецификация к сборочному чертежу

Кроме трех основных изображений на чертеже имеются два местных разреза и три вынесенных сечения. Местный разрез Б—Б помогает установить форму прилива (бобышки) диска 1 автомата и форму шплинта 9. Разрез В—В выясняет форму кулака 2 и свободу посадки в продольном направлении ролика 5, о чем свидетельствует зазор между тягой 4 и роликом. Сечение Г—Г выяв-

ляет форму поперечного сечения детали 2. Первое сечение на профильной плоскости проекций выявляет форму приливов, служащих, по всей видимости, для удобства ввинчивания корпуса. Второе сечение поясняет форму удлиненной части корпуса 8. Габаритные размеры автомата $322 \times 220 \times 302$ мм нанесены на чертеже.

Переходят к детальному изучению формы и особенностей устройства деталей. Диск 1 представляет собой деталь в основном цилиндрической формы со ступицей, имеющей шпоночный паз. Справа и слева диск имеет выступы сложного очертания. Толщина выступов и место их присоединения к диску видны на разрезе В—В. Кроме центрального отверстия диск имеет в правой части продолговатое отверстие, в котором перемещается ролик 5, а также бобышку и отверстие для шплинта. К верхней части ступицы примыкает прилив, в котором выполнено сквозное отверстие для валика 6.

Форму кулака 2 выявляют на виде Д и в сечении Г—Г. Линии перехода в правой и левой частях детали указывают на то, что усиливающее ребро, форма которого показана в сечении Г—Г, понижается и постепенно сходит на нет.

Стандартная деталь — шплинт 9 — отчетливо показана на разрезе Б—Б. Если мысленно разогнуть концы, то можно определить длину шплинта; кроме того, этот размер записан в спецификации (20 мм).

Нормализованная деталь — пружина растяжения 3 — ясно изображена на главном виде. Там же хорошо видна криволинейная форма тяги 4, имеющей три отверстия. Диаметр второго отверстия определяют, пользуясь профильным разрезом, а диаметр третьего отверстия — пользуясь разрезом В—В. Форму и размеры ролика 5 определяют по главному виду и разрезу В—В.

Цилиндрический валик 6 хорошо показан на продольном разрезе и разрезе В—В. Таких валиков в изделии два, что подтверждается и записью в спецификации. Длина валика до постановки на место должна быть несколько больше, чем показано на чертеже, где конец валика показан расклепанным.

Шайба 7 напоминает стандартизованную шайбу, но имеет отверстие большего диаметра. Такие шайбы называются специальными. Ссылку на ГОСТ для них не делают.

Цилиндрическая стенка корпуса 8 имеет ряд углублений, форма которых показана на разрезе А—А. Форма удлиненной части была выявлена при рассмотрении симметричных сечений, помещенных на продольном разрезе. Там же показано, что удлиненная часть заканчивается левой резьбой с мелким шагом, равным 3 мм.

Как видно из чертежа, сборка автомата начинается с установки на диск 1 кулака 2 и тяги 4. Эти две детали расположены с разных сторон диска; их соединяют с помощью двух валиков 6. Соединение по своему типу является неразъемным (заклепочное

соединение). На правый валик предварительно надевают ролик 5. К левому концу тяги 4 присоединяют пружину 3. Второй конец ее присоединяют к шпильке 9.

Последующую сборку ведут на валу. На него надевают корпус 8, шайбу 7 и собранную ранее часть автомата, при этом корпус 8 своей цилиндрической частью входит в цилиндрическое углубление диска 1. Диск закрепляют на валу с помощью шпонки.

После такого детального рассмотрения не представляет большой трудности ответить на вопросы, задаваемые при чтении этого сборочного чертежа.

Рассмотренный сборочный чертеж выполнен на формате 12 в производственном варианте оформления в полном соответствии с ГОСТ 2.108—68; на рис. 386 приведен чертеж с основной надписью, на рис. 387 — отдельная спецификация на формате 11. Следует обратить внимание на основную надпись спецификации: она выполнена по форме № 2 ГОСТ 2.104—68, предназначенной для текстовых конструкторских документов.

§ 105. ДЕТАЛИРОВАНИЕ ПО СБОРОЧНЫМ ЧЕРТЕЖАМ

Детализированием называется процесс выполнения по сборочному чертежу рабочих чертежей отдельных деталей. В процессе проектной работы вначале создают общие виды конструкций, потом сборочные чертежи, а затем чертежи отдельных деталей. Такого порядка придерживаются и при курсовом проектировании в учебных заведениях. В курсе черчения используют готовые сборочные чертежи, взятые непосредственно с производства, или чертежи, помещенные в соответствующих учебных пособиях.

Учащимся предлагается прочитать сборочный чертеж и в доказательство того, что чертеж понят правильно, произвести полное или частичное детализирование. Позиции деталей, подлежащих вычерчиванию, указывают в задании. Отдельные детали предлагается изобразить в аксонометрических проекциях. Учащиеся иногда пугаются этого задания, считая, что невозможно понять все детали изделия не увидев его в натуре. Практика показывает, что это мнение ошибочно. Трудности при чтении сборочных чертежей имеются, но они преодолимы; это подтвердил разбор чертежа автомата.

К детализированию надо приступать после подробного изучения форм всех деталей, входящих в данное изделие. Выполнение детализирования имеет большое учебное значение. С его помощью учащийся проверяет свое умение читать чертежи и знание материала по всему курсу черчения. Учащийся должен показать, что он научился выполнять однозначные рабочие чертежи, легкие для чтения, наглядные с точки зрения использования специальных приемов, условностей, полные в смысле нанесения размеров и знаков шероховатости поверхностей, грамотные и хорошо оформленные. Большое внимание надо уделять выбору изображений.

При этом нельзя слепо копировать изображения, примененные на сборочном чертеже. На сборочных чертежах изделий деталей много, и невозможно для каждой из них выбрать наиболее наглядные изображения, как это требуется для рабочих чертежей отдельных деталей. Вопрос о выборе видов, разрезов и сечений при детализации, а также о нанесении размеров должен решаться обособленно, специально.

Наметив количество изображений для той или иной детали, переходят к их размещению, решая вместе с тем вопрос о выборе масштаба чертежей. Учебные чертежи допускается выполнять по нескольку на одном листе бумаги; например, можно начертить в правой нижней части листа сборочный чертеж, а в остальных форматах — чертежи деталей этого изделия. На следующем листе могут быть размещены чертежи остальных деталей. Подобное размещение чертежей удобно для черчения, снятия копии на кальку и хранения.

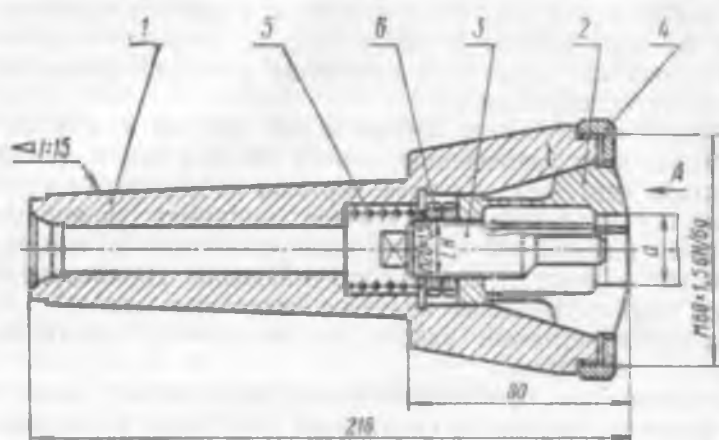
Работая над производственными чертежами, надо помнить, что после изготовления светоконтий они будут разрезаны на отдельные форматы, которые будут посланы в разные цеха, разным исполнителям. Это позволяет: 1) выбирать разные масштабы для изображения деталей, а значит, и разную толщину обводки (если нужно); 2) располагать основную надпись чертежей не только внизу справа, но и вверху справа, при этом все надписи на таком чертеже должны быть ориентированы относительно своей основной надписи. После разрезания такие форматы не будут ничем отличаться от остальных.

Иногда учащиеся наносят на том или ином чертеже не все размеры, ссылаясь при этом на то, что пропущенные ими размеры имеются на чертеже соседней детали, в паре с которой работает деталь, изображенная в первом формате. Ссылка эта совершенно не основательна. Каждый чертеж будет применяться отдельно от других, и на нем должны быть нанесены все без исключения размеры.

Аксонметрический чертеж детали можно размещать в одном формате с комплексным чертежом той же детали. Перед выполнением детализации следует повторить учебный материал, касающийся выбора изображений, построения разрезов и сечений, нанесения размеров, знаков шероховатости поверхностей и т. д.

В качестве примера на рис. 388 приведен учебный сборочный чертеж цанговой оправки, а на рис. 389 — детализование, выполненное по этому сборочному чертежу для деталей 1 и 2. С целью сохранения достаточно крупного масштаба на рис. 388 опущена основная надпись.

При детализации оправки мысленно снята крышка 4 и из корпуса «извлечены» все детали, находившиеся в нем. На рабочих чертежах корпуса и цанги нанесены все необходимые для их изготовления размеры, нанесены обозначения шероховатости поверхностей. Следует обратить внимание на обозначение резьбы



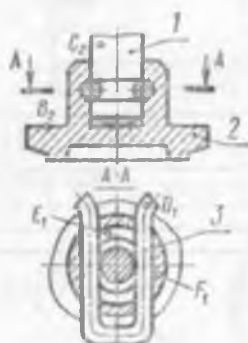
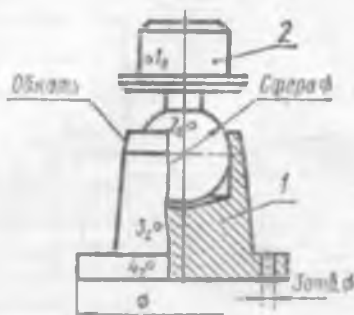
Вид А



№	Обозначение	Наименование	Мат.	Материал	Примеч.
<u>Детали</u>					
1	19.33.1	Корпус	1	Сталь 20 ГОСТ 4543-71	
2	19.33.2	Цанга	1	Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71	
3	19.33.3	Упор подвижный	1	Сталь 45 ГОСТ 1050-74	
4	19.33.4	Крышка	1	Ст 45 ГОСТ 1050-74	
5	19.33.5	Пружина	1	Сталь 65 ГОСТ 1050-74	
<u>Стандартные изделия</u>					
6	—	Гайка круглая 20-1Е ГОСТ 11871-73	2	Сталь 45 ГОСТ 1050-74	

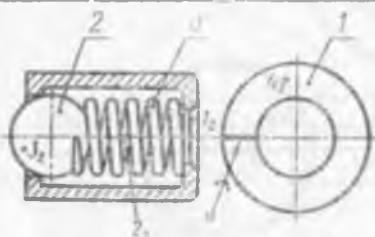
Рис. 388. Задание на детализацию цанговой оправки

Которая из четырех точек шарнирного устройства наиболее удалена от наблюдателя? Все точки видны на фронтальной проекции.

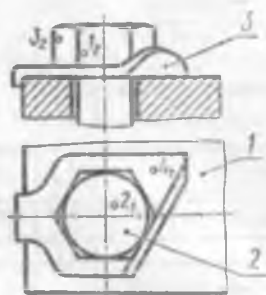


Которые две точки, заданные на деталях крепления клапана, находятся на одной высоте?

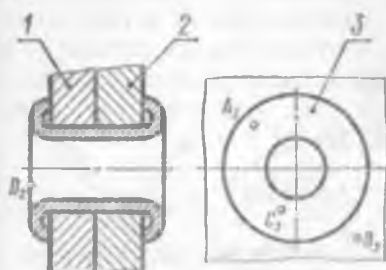
С и F	1
В и D	2
В и E	3
Е и F	4



Которая из четырех точек, нанесенных на деталях клапана, наиболее удалена от наблюдателя, мысленно проецирующего эти точки на плоскость Π_2 ?

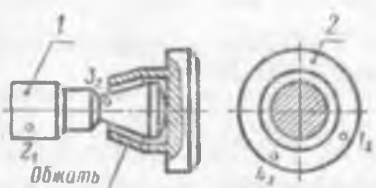


Которая из четырех точек, нанесенных на деталях соединения винтом, наиболее удалена от наблюдателя, мысленно проецирующего эти точки на плоскость Π_2 ?

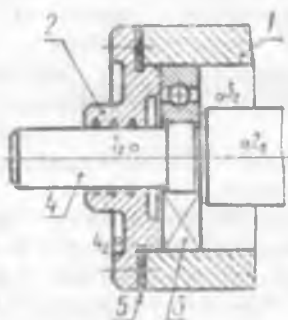


Которые две точки, заданные на деталях заклепочного соединения, находятся на одинаковом расстоянии от наблюдателя, мысленно проецирующего их на плоскость Π_3 ?

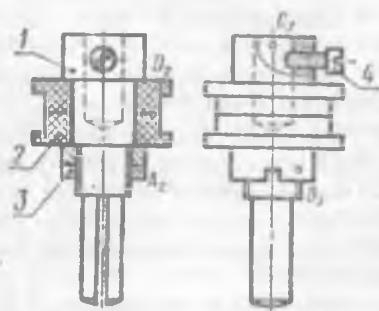
<i>D и B</i>	<i>A и C</i>	<i>A и B</i>	<i>D и C</i>
1	2	3	4



Которая из четырех точек, нанесенных на деталях клапана, расположена ближе к наблюдателю, мысленно проецирующего их на плоскость Π_2 ?



Которая из четырех точек, нанесенных на деталях сборки, наиболее удалена от наблюдателя?



Которые две точки, заданные на деталях штекера, находятся на одинаковом расстоянии от наблюдателя, мысленно проецирующего их на плоскость Π_2 ?

<i>A и D</i>	<i>A и B</i>	<i>B и C</i>	<i>C и D</i>
1	2	3	4

M80×1,5: если на сборочном чертеже поля допусков показаны для 4 и 1 деталей 6H/6g, то на чертеже корпуса, естественно, указано только поле допуска 6g. На чертеже первой детали нанесен диаметр отверстия $\varnothing 40 H7$, а на чертеже второй детали — размер $\varnothing 40 h6$, что соответствует скользящей посадке 2-го класса точности; сопрягаемые поверхности этих деталей имеют одну и ту же шероховатость поверхностей $Rz 20$ и т. д.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Что называется детализацией?
2. Почему детализацию сборочных чертежей часто применяют для проверки знаний по черчению?
3. Какие требования предъявляются к современным конструкциям машин и механизмов?
4. В какой последовательности рекомендуется вести разбор сборочного чертежа?
5. Почему при детализации нельзя копировать со сборочного чертежа количество видов и их расположение?
6. Поупражняйтесь в чтении сборочных чертежей, помещенных в сборниках заданий.
7. Выполните в порядке тренировки эскизное детализирование по одному-двам сборочным чертежам.
8. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 53, 54.

Глава XXV

СХЕМАТИЧЕСКИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

§ 106. СХЕМЫ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Для того чтобы получить общее представление о машине, уяснить принцип ее устройства и работы, недостаточно иметь фотографию машины и даже ее сборочный чертеж. Наиболее просто и доходчиво отвечают этому схематические изображения — схемы машин и установок.

На рис. 390 приведена общая схема самоходного комбайна. Отдельные устройства и узлы комбайна занумерованы. Рассматривая чертеж, по перечню элементов знакомятся с его основными частями, а по описанию уясняют принцип действия машины. Основными частями комбайна являются: 1 — мотовило; 2 — режущий аппарат; 3 — наклонный транспортер; 4 — направляющий транспортер; 5 — молотильный барабан; 6 — отбойный битей (вал с лопастями); 7 — соломотряс; 8 — цепочно-планчатый транспортер вороха; 9 — решетка очистки; 10 — колосовой шнек; 11 — зерновой шнек; 12 — вентилятор; 13 — колосовой элеватор; 14 — зерновой элеватор; 15 — выгрузной шнек; 16 — бункер.

На рис. 391 приведена общая схема ветродвигателя 1Д-18. На схеме приведены: 1 — лопасти; 2 — верхний редуктор; 3 —

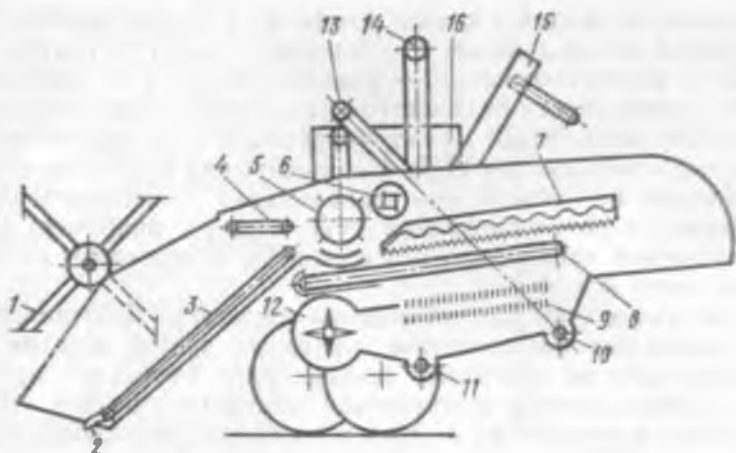


Рис. 390. Общая схема самоходного комбайна

хвост; 4 — ферма хвоста; 5 — оперение хвоста; 6 — механизм подъема груза; 7 — груз регулятора; 8 — кожух инерционного аккумулятора; 9 — инерционный аккумулятор; 10 — муфта свободного хода; 11 — горизонтальный выходной вал; 12 — нижний редуктор; 13 — вертикальный вал. Рассматривая схему, получают достаточно ясное представление об устройстве ветродвигателя, о его основных частях и механизмах.

Подобные схемы очень часто приводятся в учебниках по специальным предметам. Сопровождаемые описанием, они помогают изучению сложных машин и установок. В производственных условиях схемы используются для ознакомления с новыми машинами и механизмами. Они широко используются при конструировании новых машин. Поэтому каждый учащийся должен уметь выполнить схему машины или механизма о натуре или по сборочному чертежу.

В соответствии с ГОСТ 2.701—76 схемы в зависимо-



Рис. 391. Общая схема ветродвигателя
1Д-18

сти от видов элементов и связей, входящих в состав изделия, подразделяются на следующие: Э — электрические; Г — гидравлические; П — пневматические; К — кинематические; С — комбинированные. В зависимости от основного назначения схемы подразделяются на следующие типы: 1 — структурные; 2 — функциональные; 3 — принципиальные (полные); 4 — соединений (монтажные); 5 — подключения; 6 — общие; 7 — расположения. Обозначение схемы составляют из соответствующих букв и цифр, например: ГЗ — гидравлическая принципиальная схема; Э4 — электрическая монтажная схема и т. д.

Схемы выполняют без соблюдения масштаба. Действительное пространственное расположение составных частей изделия или установки либо не учитывают вообще, либо учитывают приближенно. Схемы должны выполняться компактно, но без ущерба для ясности и удобства их чтения, в частности, расстояния между соседними параллельными линиями связи должны быть не менее 3 мм.

§ 107. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

В тех случаях, когда интересуются только кинематикой машины или установки, т. е. когда рассматривают только части установки, обеспечивающие движение, схематические изображения могут быть значительно упрощены. Упрощение достигается путем отказа от изображения конструктивных особенностей установки, отказа от соблюдения масштабности изображения, а также путем широкого применения условных обозначений, установленных ГОСТ 2.770—68.

Схемы, показывающие кинематическую основу машины, станка или установки, называют *кинематическими*.

На рис. 391 кинематическая схема совмещена с общей. По чертежу можно судить об устройстве ветродвигателя и устройствах системы передачи движения от вращающихся лопастей к выходному валу и аккумулятору.

Если интересуются только устройством системы передачи движения, то составляют более простую схему (рис. 392), на которой не изображают башню ветродвигателя, ферму хвоста и другие конструктивные особенности установки. Это позволяет уменьшить размеры лопастей, длину вертикального вала и, наоборот, увеличить масштаб для изображения зубчатых колес. Становится возможным более детально показать систему зубчатых передач, привести в случае надобности их параметры и т. д.

Правила выполнения кинематических схем изложены в ГОСТ 2.703—68. Все элементы на схемах изображают условными графическими обозначениями по ГОСТ 2.770—68 или упрощенно в виде контурных очертаний. Если валы или оси при изображении на схеме пересекаются, то линии, изображающие их в местах пересечения не разрывают. Если валы и оси закрыты другими

элементами, то их изображают как невидимые. Соотношение размеров условных графических обозначений элементов на схеме должно примерно соответствовать соотношению их в натуре. Валы, оси, стержни, шатуны изображают сплошными основными линиями толщиной s . Контурные очертания зубчатых колес, шкивов, кулачков и т. п. изображают сплошными линиями толщиной $\frac{s}{2}$. Контуры изделий, в которые вписана схема, изображают сплошными тонкими линиями толщиной $\frac{s}{3}$. Кинемати-

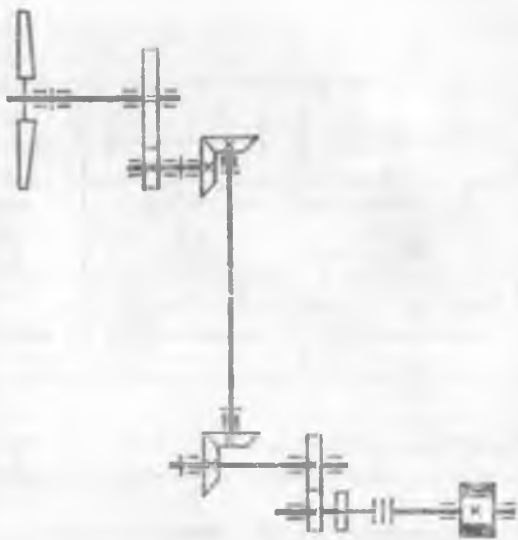


Рис. 392. Кинематическая схема ветродвигателя 1Д-18

ческие связи между сопряженными звеньями пары, вычерченными отдельно, изображают штриховыми линиями толщиной $\frac{s}{2}$ и т. д.

Каждому кинематическому элементу, изображенному на схеме, как правило, присваивают порядковый номер, начиная от источника движения. При этом валы нумеруют римскими цифрами, остальные элементы арабскими. Порядковый номер элемента представляют на полке линии-выноски, основные характеристики и параметры располагают под полкой линии-выноски.

В ГОСТ 2.770—68 приведено свыше 200 условных обозначений для кинематических схем, которыми и следует пользоваться при составлении и чтении схем.

На рис. 393 приведены некоторые наиболее распространенные обозначения из ГОСТ 2.770—68: 1 — вал, ось, стержень и т. п.; 2 — неподвижное закрепление стержня; 3а — неподвижная опора скольжения для стержня, движущегося возвратно-поступательно; 3б — неподвижная опора качения для стержня, движущегося возвратно-поступательно; 4а — неподвижная опора; 4б — подвижная опора; 5а — жесткое соединение стержней; 5б — шарнирное соединение стержней; 7а — подшипник на валу радиальный (без уточнения типа); 8а — радиальный подшипник скольжения; 9а — радиальный подшипник качения; 9д — радиально-упорный односторонний подшипник качения; 10а — соединение детали с валом, свободное при вращении; 10б — соединение детали с валом, подвижное без вращения; 10в — соединение детали с валом при помощи вытяжной шпонки; 10г — глухое соединение детали

1	2	3a	3б
4a	4б	5a	5б
7a	8a	9a	9б
10a	10б	10в	10г
11a	11б	11в	11г
12a	13a	16б	17a 17б
19	20a	22a	24a
26a	26б	27	28
29a	31	34	35a
40a	44	45	46

Рис. 393. Условные обозначения для кинематических схем

в валом; *11a* — глухое соединение двух валов; *11б* — глухое соединение двух валов с предохранением от перегрузки; *11в* — эластичное соединение двух валов; *11г* — шарнирное соединение двух валов; *12a* — кулачковая муфта сцепления односторонняя; *13г* — двусторонняя фрикционная муфта сцепления (общее обозначение); *16б* — плоский дисковый кулачок; *17a* — цилиндрический барабанный кулачок; *17б* — конический барабанный кулачок; *19* —

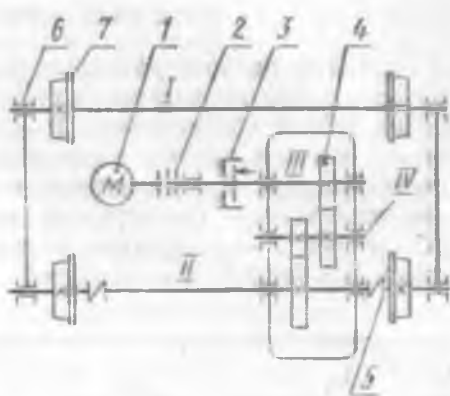


Рис. 394. Кинематическая схема механизма передвижения тележки крана

ползун в неподвижных направляющих; *20a* — неподвижный цилиндр с поршнем и шатуном; *22a* — соединение коленчатого вала с шатуном; *24a* — храповой зубчатый механизм односторонний с наружным зацеплением; *26a* — фрикционная передача с цилиндрическими роликами; *26б* — фрикционная передача с коническими роликами; *27* — маховик на валу; *28* — ступенчатый шкив, закрепленный на валу; *29a* — открытая передача плоским ремнем; *31* — передача клиновидным ремнем; *34* — передача цепью (без уточнения типа зубьев); *35a* — цилиндрическая зубчатая передача (без уточнения типа зубьев); *40a* — несъемная гайка на винте, передающем движение; *44* — эксцентрик; *45* — рукоятка; *46* — маховичок.

В приложении к ГОСТ 2.770—68 приведено несколько десятков условных обозначений для возможности построения кинематических схем в аксонометрических проекциях.

Зная условные обозначения для кинематических схем, можно сравнительно легко читать схематические изображения. Рассматривая кинематическую схему механизма передвижения тележки крана (рис. 394), устанавливают, что он смонтирован на раме, опирающейся на две горизонтальные оси *I* и *II*, которые вращаются в подшипниках 6. Колеса 7 с ребрами опираются на рельсы (не показаны на чертеже). Включением электродвигателя *1* и фрикционной односторонней муфты *2* приводят во вращение вал *III* с шестерней *4* редуктора. Две цилиндрические передачи редуктора снижают частоту вращения двигателя до необходимой для ведущей оси *II* тележки; ось *II* — составная, с эластичным соединением, о чем можно судить по обозначению 5. На валу редуктора имеется дисковый тормоз *3*, предназначенный для остановки тележки, продолжающей двигаться после выключения фрикционной муфты. Подобные тележки устанавливаются на мостовых грузоподъемных кранах.

§ 108. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

Наиболее распространенные условные обозначения для электрических схем приведены на рис. 395, где: 1 — машина электрическая (общее обозначение); 2 — двигатель трехфазный в соединении обмотки статора в звезду; 3 — трансформатор; 5 — трансформатор трехфазный с ферромагнитным сердечником (развернутое изображение); 6 — токосъемник троллейный; 7 — разрядник (общее обозначение); 8 — предохранитель пробивной; 9 — резистор переменный; 10 — конденсатор

722.7.13 1 	722.7.13 2 	723.3.3 3 	723.3.4 4
723.6.20 5 	726.2.1 6 	727.2.2 7 	727.4.1 8
728.2.4 9 	728.5.1 10 	729.1.2m 11 	730.3.1 12
731.5.1 13 	732.3.1 14 	735.1.1 15 	741.1.1 16
741.1.8 17 	741.4.1 18 	741.4.6 19 	742.1 20
744.1 21 	747.2.3 22 	750.1.1.2 23 	751.1.15 24
751.3.9 25 	751.3.14 26 	755.5.1a 27 	755.5.1b 28
755.5.1b 29 	755.6.1a 30 	755.6.1b 31 	755.6.4 32
755.10.1 33 	756.1.1 34 	756.1.2,3 35 	756.1.8 36

Рис. 395. Условные обозначения для электрических схем

постоянной емкости; 11 — счетчик Ватт-часов; 12 — диод полупроводниковый; 13 — фотозлемент электронный; 14 — лампа накаливания осветительная или сигнальная; 15 — антенны несимметричная и симметричная; 16 — телефон; 17 — громкоговоритель; 18 — звонок электрический; 19 — гудок; 20 — элемент гальванический или аккумуляторный; 21 — свеча зажигания искровая; 22 — соединение электрическое металлическое; 23 — токи: а — постоянный, б — переменный; 24 — корпус машины, аппарата, прибора; 25 — отводы от шины; 26 — повреждение изоляции между проводами; 27 — контакт коммутационного устройства замыкающий; 28 — контакт коммутационного устройства размыкающий; 29 — контакт коммутационного устройства переключающий; 30 — выключатель однополюсный; 31 — выключатель трехполюсный; 32 — выключатель трехполюсный с автоматическим возвратом; 33 — соединение контактное разъемное; 34 — катушка электромеханического устройства; 35 — катушка электромеханического устройства в одной обмоткой; с двумя; 36 — катушка электромеханического устройства трехфазного тока.

Вверху над условными знаками сделаны сокращенные ссылки на номера стандартов и на соответствующие пункты и чертежи.

При монтаже электрических установок применяются чертежи силового и осветительного электрооборудования соответствующих сетей. В качестве примера на рис. 396 приведен план размещения осветительного оборудования в цехе. На упрощенном плане цеха сплошными линиями нанесены линии электропроводки с условными обозначениями светильников и другого оборудова-

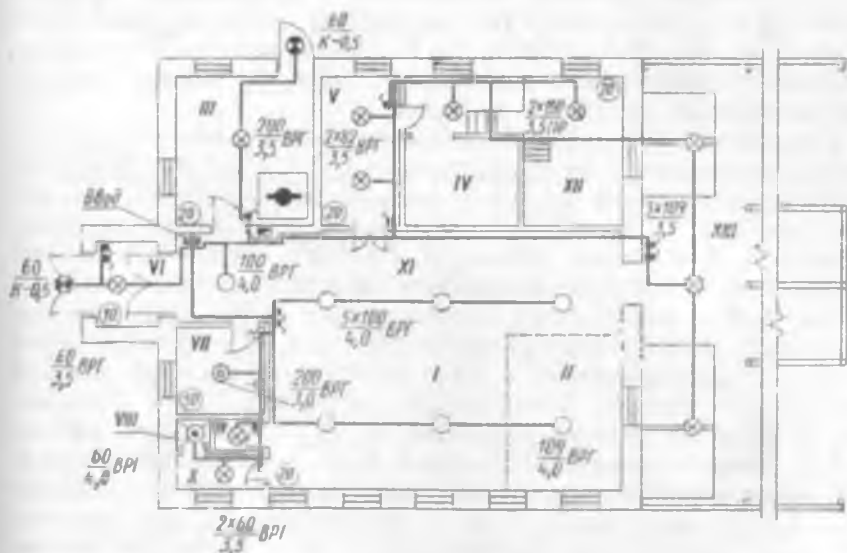


Рис. 396. План размещения осветительного оборудования в цехе

2,1	2,2	3,1	3,4
3,5	3,7	4,1	4,2
4,15	4,21	4,25	4,29
4,31	4,34	5,1a	5,1b
5,1g	5,1e	5,2a	5,2b
5,20	5,2e	5,6	5,7a
5,8	5,11	5,12	6,2
6,5	7,4a	7,7	8,8 $\frac{a}{b}$

Рис. 397. Условные обозначения электрического оборудования и проводок на планах по ГОСТ 2.754—72

ния. Около обозначений светильников указаны: в числителе — количество и мощность ламп, в знаменателе — высота их подвески над уровнем пола в метрах. В необходимых случаях указывают также марку кабеля или провода (ВРГ—марка кабеля, ПР-500 — марка провода, проложенного в стальных трубах). Запись К-0,5 обозначает, что светильник установлен на кронштейне с вылетом 0,5 м. Числа 50, 20 и 10, обведенные кружками, указывают освещенность помещения в люксах. Номера помещений обозначены римскими цифрами.

Графические условные обозначения электрического оборудования и проводок на планах установлены ГОСТ 2.754—72. Наиболее распространенные из них приведены на рис. 397: 2, 1 — линия проводки; 2, 2 — линия заземления; 3, 1 — коробка ответвительная; 3, 4 — щит, пульт; 3, 5 — щит, пульт распределительный; 3, 7 — щиток аварийного освещения; 4, 1 — выключатель; 4, 2 — выключатель однополюсный; 4, 16 — выключатель кнопочный; 4, 21 — розетка штепсельная; 4, 25 — розетка штепсельная с выключателем; 4, 29 — розетка штепсельная слабого тока; 4, 30 — розетка штепсельная антенная; 4, 34 — контактор; 5, 1a — светильник подвесной; 5, 1b — светильник настенный; 5, 1в — светильник потолочный; 5, 1г — светильник встроенный; светильники с люминесцентными лампами; 5, 2a — подвесной, 5, 2б — настенный; 5, 2в — потолочный; 5, 2г — встроенный; 5, 6 — светильник сигнальный; 5, 7a — табло для вызова персонала, на один сигнал; 5, 8 — светильник указателя выхода

при аварии; 5, 11 — извещатель пожарный; 5, 12 — извещатель пожарный автоматический; 6, 2 — аппарат телефонный городской; 6, 5 — аппарат телефонный диспетчерской связи; 7, 4а — электрическое устройство с трансформатором; 7, 7 — батарея конденсаторная; 8, 8 — установочные данные светильника; а — мощность ламп; б — высота подвеса над полом.

§ 109. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ДРУГИЕ СХЕМЫ

В соответствии с ГОСТ 2.704—76 элементы и устройства на гидравлических принципиальных схемах изображают в виде условных графических обозначений. Условные обозначения для баков, аккумуляторов, линий связи (трубопроводов) и других элементов сетей берутся из ГОСТ 2.780—68, условные обозначения для насосов и двигателей — из ГОСТ 2.782—68, условные обозначения для аппаратуры управления — из ГОСТ 2.781—68. Направление потока рабочей среды и знаки регулируемости наносятся в соответствии с ГОСТ 2.721—74.

Элементы и устройства на гидравлических схемах нумеруют по порядку, начиная с единицы, как правило, по направлению потока рабочей среды; номера наносят на полках линий-выносок. Устройствам, состоящим из нескольких элементов, заключенных в общий контур, присваивают один порядковый номер.

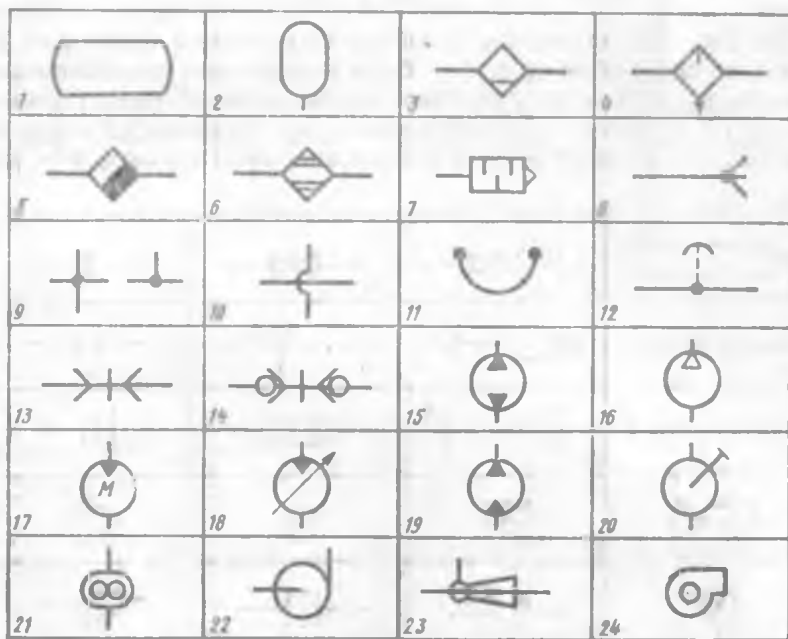


Рис. 398. Условные обозначения для гидравлических схем по ГОСТ 2.704—76

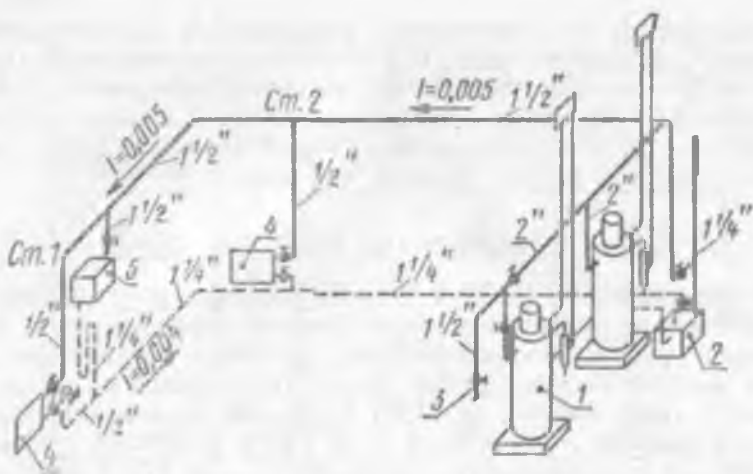


Рис. 399. Схема теплотехнической установки

Элементы и устройства, а также линии связи и дренажа, которым присвоены номера, записывают сверху вниз в перечень, помещаемый в правом верхнем углу чертежа. При большом количестве элементов перечень допускается размещать на отдельном листе.

На рис. 398 приведены условные обозначения некоторых распространенных элементов: 1 — бак с внутренним давлением выше атмосферного; 2 — аккумулятор гидравлический (или пневматический); 3 — влаго- или маслоотделитель с ручным спуском конденсата; 4 — сепаратор; 5 — конденсационный горшок; 6 — реге-

или 1 — 2 — 2 —	2	3	4
5	6	7	8
9	10 или	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20

Рис. 400. Условные обозначения для газовых схем

Какой шифр по ГОСТ 2.701—76 относится к кинематической принципиальной схеме?

Г5

К4

Э6

К3

1

2

3

4

Какой шифр по ГОСТ 2.701—76 относится к монтажной схеме автоматизации? Как иначе называются монтажные схемы?

Э1

А3

А4

Х2

1

2

3

4

На каком чертеже приведено условное обозначение шарнирного соединения двух валов по ГОСТ 2.770—68?



1



2



3

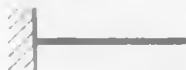


4

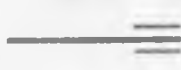
На каком чертеже приведено условное обозначение неподвижной опоры по ГОСТ 2.770—68?



1



2

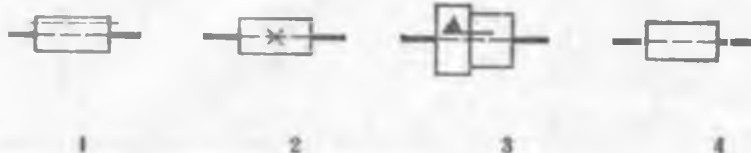


3

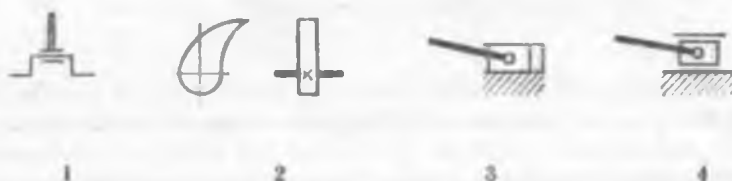


4

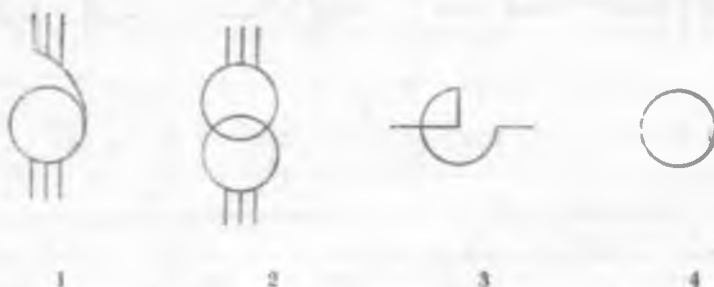
На котором чертеже приведено условное обозначение глухого соединения детали с валом по ГОСТ 2.770—68?



На котором чертеже приведено условное обозначение неподвижного цилиндра с поршнем и шатуном по ГОСТ 2.770—68?



На котором чертеже приведено условное обозначение автотрансформатора по ГОСТ 2.723—68?



На котором чертеже приведено условное обозначение свечи зажигания искровой по ГОСТ 2.744—68?



ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

СТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Глава XXVII

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

§ 112. ОСНОВНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ

В нашей стране строятся заводы, фабрики, электростанции, дороги, каналы, возводится бесчисленное количество жилых домов, общественных зданий (школ, больниц, санаториев, театров и др.). Строительство зданий и сооружений не может быть начато без чертежей и другой технической документации. Строительные чертежи нужны также при оборудовании промышленных зданий, при производстве монтажных работ по отоплению, вентиляции, водоснабжению, освещению зданий и сооружений. Технику любой специальности в своей деятельности приходится пользоваться строительными чертежами, особенно чертежами зданий.

В строительном деле применяют большое количество разнообразных материалов. Наиболее распространенными из них при строительстве зданий являются: грунты, естественные и искусственные камни, армированный бетон, дерево, пластмассы, стекло, металлы.

Естественные камни применяют для кладки фундаментов, облицовки стен и колонн, отмостки грунта около зданий, строительства дорог.

В строительстве наиболее распространенным искусственным камнем являются красный кирпич, получаемый из глины путем обжига, и силикатный, получаемый из смеси песка и известью.

В настоящее время наряду с кирпичом все более широко применяются бетонные камни и блоки, а также изделия из сборного железобетона. В состав бетона входят цемент, песок, щебень или гравий и вода. После затвердевания бетон приобретает большую прочность и является хорошим строительным материалом. Наиболее прочен тяжелый бетон, в котором заполнителем служит щебень (мелкий дробленый камень) или гравий (окатанный естественным путем мелкий камень).

В строительстве широко применяются бетоны с легкими заполнителями: котельными или доменными шлаками, пензовым

камнем, керамзитом и др. Бетон с металлическими стержнями внутри отличается очень высокой прочностью и называется железобетоном или армированным бетоном. Широкое применение изделий из сборного железобетона позволило в значительной степени вытеснить со строительства зданий металлические конструкции: колонны, стропильные фермы, балки в перекрытиях и т. п. В отдельных случаях металлические изделия еще находят применение, особенно в водо- и газопроводном деле.

Дерево значительно распространено в строительстве зданий. Из него выполняют стропила, полы, встроенную мебель, поручни лестниц и т. п. Во многих случаях дерево заменяют пластмассами.

Основными частями здания являются. фундаменты, стены, перекрытия (полы и потолки), крыши, лестницы, окна и двери.

Фундаментом называют нижнюю подземную часть здания, предназначенную для восприятия и передачи на грунт нагрузок от стен и колонн здания (рис. 401). На рисунке изображен фундамент ленточного типа. Такие фундаменты укладывают по периметру здания и под внутренние стены. Материал фундамента — бутовый камень. Нижнюю опорную поверхность фундамента называют подошвой, а верхнюю — обрезом. В настоящее время фундаменты часто возводят из шлакобетона; для многоэтажных зданий применяют бетонные и железобетонные блоки (сборный железобетон). Фундаменты столбчатого типа возводят для установки на них колонн. Для установки двигателей и станков применяют массивные (сплошные) фундаменты.

Стены служат для защиты помещений здания от внешних температур и атмосферных воздействий, а также для восприятия и передачи фундаменту давления от перекрытий, крыши и оборудования, устанавливаемого в здании.

На приведенном рисунке здания (рис. 401) трансформаторного пункта стены имеют толщину 38 см. Такую стену называют стеной в полтора кирпича ($250 + 10 + 120$). Стены в два кирпича имеют толщину 51 см; их применяют для жилых и основных промышленных зданий. В настоящее время стены часто возводят из бетонных пустотелых камней и блоков и целых панелей. Нижнюю утолщенную часть стены называют цоколем. Цоколь служит для предохранения стены от механических повреждений и поверхностных вод. Вверху стены оканчиваются карнизом, который предохраняет их от дождей.

Внутренние стены иногда заменяют колоннами, которые несут на себе нагрузку от перекрытий и крыши. Возводят их чаще из железобетона.

Перекрытия разделяют здание на этажи. В приведенном примере нижнее перекрытие служит полом помещения, среднее является междуэтажным перекрытием, на котором установлен трансформатор. Материал перекрытий — железобетон. Нижнее перекрытие называют подвальным, верхнее — чердачным.

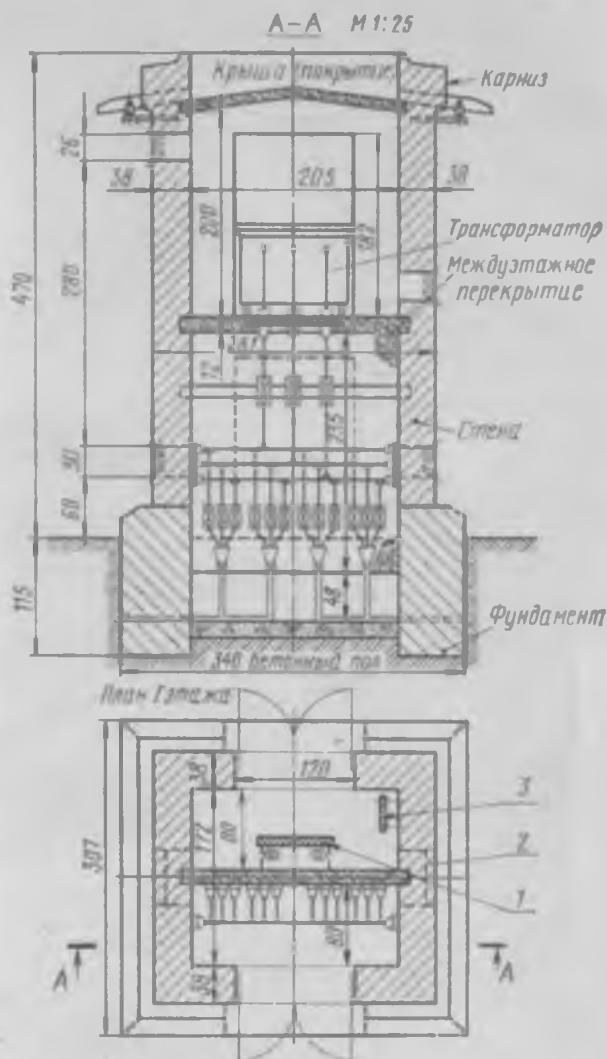


Рис. 401. Здание трансформаторного пункта

Конструкции перекрытий очень разнообразны. В одних случаях их основой являются деревянные или железобетонные балки, в других — они состоят из многопустотных железобетонных плит. Конструкции некоторых видов перекрытий приведены ниже.

Крыша зданий обычно состоит из стропил, обрешетки и кровли. В промышленных зданиях крыша (покрытие) нередко заменяет собой чердачное перекрытие (как в приведенном примере). При наличии внутренней стены применяют наслонные стропила (рис. 402, а); вверх они опираются на прогон, поддерживаемый

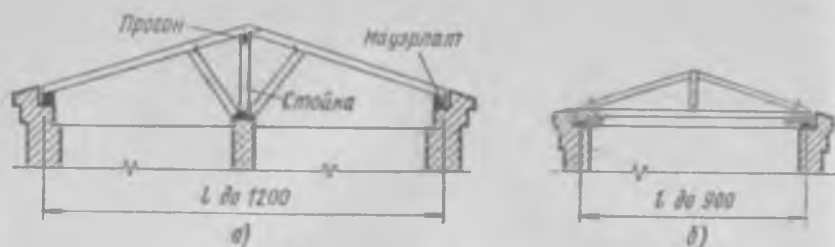


Рис. 402. Конструкция стропил

стойками, внизу — на настенные брусья (мауэрлаты). При отсутствии внутренней стены применяют висячие стропила с затяжкой или подвеской (рис. 402, б).

Для зданий с большими пролетами применяют более сложные конструкции — стропильные фермы, которые бывают деревянными, железобетонными и металлическими.

Наклонную часть *лестницы* называют маршем, а горизонтальную — площадкой. Помещение, в котором устраивают лестницы, называют лестничной клеткой. Железобетонные или металлические балки, поддерживающие ступени, называют косоурами, деревянные балки, в которые врезают ступени, — тетивами. Высоту ступени *a* называют подступенком, ширину ступени *b* — проступью. Размеры ступеней зависят от уклона маршей и от пропускной способности лестницы.

Для удобного хождения по лестнице необходимо, чтобы была выдержана следующая зависимость: $2a + b = c$, где *c* — нормальный шаг человека (рис. 403), равный 63 см. Проступь *b* не должна быть меньше ступени человека (27 см). Отсюда высота подступенка *a* не должна превышать 18 см. Лестница при этих

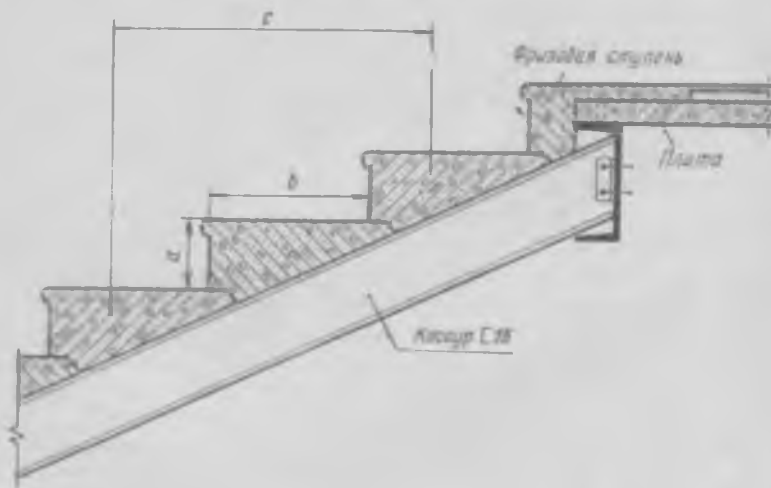


Рис. 403. Фрагмент лестничного марша

условиях будет иметь уклон $18 : 27 = 1 : 1,5$. При уклоне марша $1 : 2$ ширина проступи b равна 30 см при высоте подступенка 15 см.

Лестничные марши и площадки ограждаются перилами, поручни перил устанавливают на высоте 85—90 см.

В некоторых случаях вместо лестниц применяют наклонные поверхности без ступеней, которые называют пандусами.

При возведении зданий в их стенах оставляют проемы для окон. В проемы вставляют оконные коробки и подоконную доску. Брусья коробки используют для навески переплетов, которые в быту неправильно называют рамами. В большинстве случаев переплеты навешивают так, чтобы они открывались внутрь помещения. Размеры окон стандартизованы. Коробки и переплеты чаще всего изготовляют из дерева.

Дверные проемы предназначены для устройства дверей. Двери состоят из дверей коробки и дверного полотна. Если дверь имеет одно дверное полотно, то ее называют однопольной, если два — двупольной. Если одно полотно уже другого, то дверь называют полуторопольной.

Полотно двери состоит из обвязки и вставных щитов, которые называют филёнками. Чаще всего двери изготовляют из дерева. Размеры их следует брать из справочников по гражданскому и промышленному строительству.

§ 113. ВИДЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ И ИХ ВЫПОЛНЕНИЕ

Проектирование новых зданий и сооружений выполняется в три этапа. Первоначально составляют чертежи проектного задания, которые дают общее представление о будущем здании. Эти чертежи носят эскизный характер, не выявляют конструкций здания, но дают общее архитектурное решение. Они служат основанием для разработки чертежей технического проекта.

В состав чертежей технического проекта входят обычно: 1) генеральный план участка застройки; 2) план здания; 3) фасад; 4) разрезы здания. При составлении этих чертежей назначаются все размеры основных частей здания с учетом норм и правил Единой модульной системы (ЕМС) и государственных стандартов, устанавливаются конструкции отдельных частей здания в соответствии с техническими, технологическими и санитарными требованиями. По чертежам технического проекта составляют и утверждают смету на строительство здания.

После утверждения технического проекта составляют рабочие чертежи, в которые входят: 1) уточненный генеральный план; 2) планы здания с расположением на них различных устройств; 3) разрезы здания; 4) чертежи отдельных конструкций (железобетонных балок, перекрытий, стропильных ферм, лестничных маршей и т. д.); 5) детали узлов этих конструкций; 6) чертежи различных устройств (водопровода, отопительных устройств и т. п.).

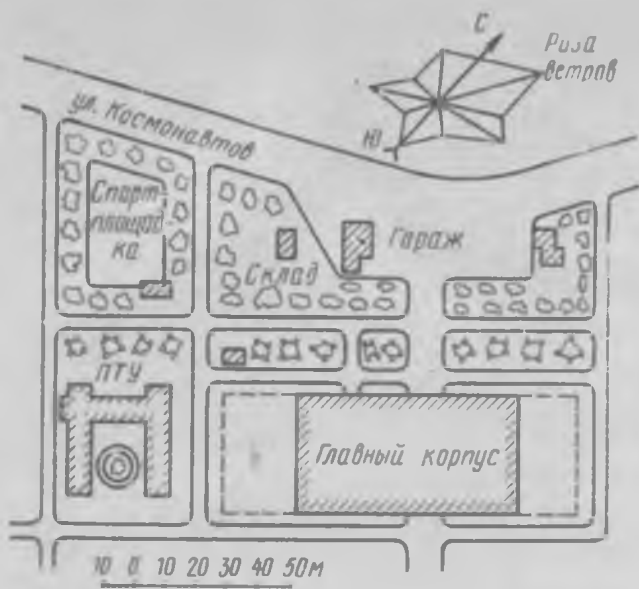


Рис. 404. Генеральный план

Чертежи существующих зданий, составленные в результате обмера здания, называются *исполнительными*. Их составляют в тех случаях, когда при строительстве здания по тем или иным причинам были допущены значительные отклонения от чертежей рабочего проекта или когда требуется провести реконструкцию или надстройку здания. Исполнительные чертежи используют также при эксплуатации зданий. Составляют их путем обмера здания рулеткой. Определяют площади всех помещений, их высоту, измеряют толщину стен (в проемах), толщину перекрытий (путем замера наружных размеров между окнами и внутренних размеров от окон до перекрытия в двух смежных этажах). Для контроля здание обмеряют и снаружи.

Генеральный план (рис. 404) характеризует размещение здания на отведенном участке, показывает примыкание последнего к соседним участкам, к улице, дает сведения о вспомогательных постройках, расположенных на участке, о зеленых насаждениях, дорожках и т. д. На генеральном плане должно быть указано: направление стран света (в виде стрелки С.—Ю.), направление течения реки, если она имеется, направление господствующих ветров (в виде диаграммы, которую называют «розой ветров»); должен быть построен линейный масштаб.

План здания. Планом называется разрез здания горизонтальной плоскостью, расположенной несколько выше подоконников. Такой выбор секущей плоскости позволяет показать на плане

оконные и дверные проемы в наружных стенах и дверные проемы во внутренних стенах и перегородках. На планах промышленных зданий показывают размещение оборудования: машин, станков, прокладывание кабеля и т. п. (см. рис. 401). На плане 1-го этажа трансформаторного пункта показаны: дверные проемы с условным изображением металлических дверей, продольная железобетонная стенка, на которой смонтированы распределительный щит 1 и электропроводка, щит уличного освещения 3 и оконные проемы с жалюзи 2.

На рис. 405 приведен чертеж каменного жилого дома. Габаритные размеры дома 930×880 см. Жилая часть его имеет стены толщиной 50 см; внутренняя стена и стены вспомогательных неотапливаемых помещений имеют толщину 30 см. Крыша над верандой поддерживается колонной, сечением 50×50 см. Здание имеет крыльцо с тремя ступенями.

На плане нанесены разбивочные оси 1, 2 и 3 и горизонтальные — А, Б и В. Общая комната площадью 22 м^2 имеет два окна с двойными переплетами шириной 100 см и печь с насадной трубой, которая одновременно обогревает спальню площадью $11,2 \text{ м}^2$; спальня имеет одно окно такой же ширины, как в общей комнате. Таким образом, жилая площадь дома равна $33,2 \text{ м}^2$.

В *подсобную* площадь входят площади кухни, передней, сеней, кладовой и уборной. Сумма жилой и подсобной площадей составляет общую, *полезную* площадь. В кухне имеется плита с двумя конфорками и коренной (дымовой) трубой, а также полукруглая чугунная раковина. В уборной имеется люфт-клозет, а в стене — вентиляционный канал.

На планах наносят все необходимые размеры. В первой цепочке размещают размеры простенков, толщину стен, ширину проемов; во второй цепочке — суммарные размеры помещений; в третьей — размеры между разбивочными осями. На строительных чертежах применяют замкнутые размерные цепочки; при этом неизбежно происходит пересечение размерных и выносных линий, что считается допустимым. Другой особенностью строительных чертежей является то, что на них обычно не заштриховывают стены и колонны, попавшие в разрез (ГОСТ 2.303—68). Элементы, попавшие в плоскость сечения, изображают более толстыми сплошными линиями. Это создает контраст, придающий чертежу достаточную наглядность при минимуме чертежной работы.

Для планов зданий обычно применяют масштабы 1 : 100 или 1 : 200. Для планов зданий малых габаритов применяют масштаб 1 : 50, а для крупных промышленных зданий — 1 : 400, 1 : 500, 1 : 800.

Контуры стен и колонн, попавших в разрез, обводят линиями толщиной 0,5—0,6 мм, другие линии контура — толщиной 0,3 мм, контуры оборудования — толщиной 0,2—0,3 мм.

Для двухэтажных и многоэтажных зданий выполняют планы для каждого этажа, в том числе и для подвального этажа.

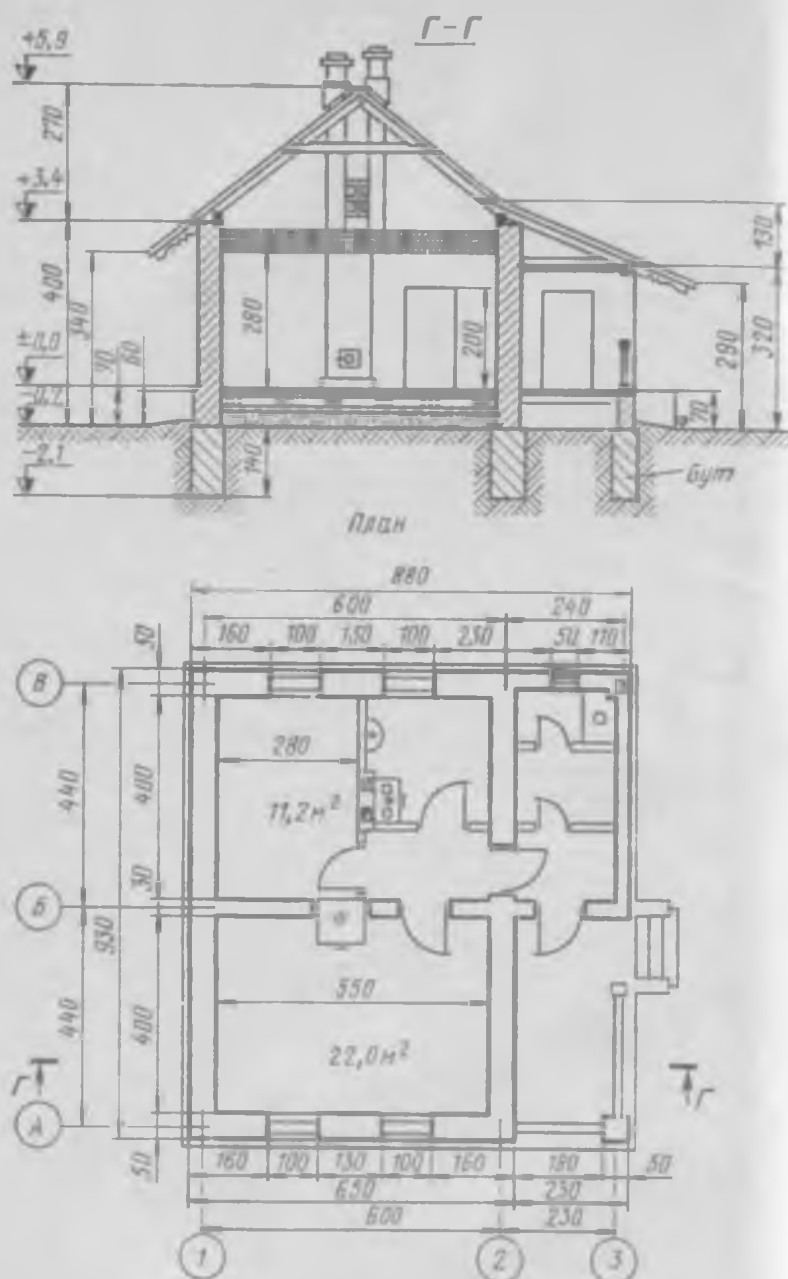


Рис. 405. Жилой дом

Кроме планов зданий, являющихся их горизонтальными разрезами, в состав рабочего проекта входят планы фундамента, балок перекрытий, размещения стропил и крыши.

Фасад здания. Наружный вид здания называется фасадом. Фасадов может быть несколько: главный, боковые, дворовый. Обычно их вычерчивают в том же масштабе, как и план, иногда в более крупном масштабе. Если в данном проекте имеются разрезы здания, то на фасадах не наносят никаких размеров. При отсутствии разрезов на фасаде наносят высотные отметки. За нулевую отметку обычно принимают уровень пола 1-го этажа. Конек крыши гаража имеет отметку $+5,32$ м. Высотные отметки, как правило, записывают в метрах. Самой высокой точкой здания является верхняя точка дефлектора; она имеет отметку $+7,70$ м.

При обводке фасадов применяются линии различной толщины (ширины): линию земли проводят толщиной $0,6—0,8$ мм, другие линии контура — $0,4—0,5$ мм, линии контуров для проемов проводят толщиной от $0,3$ до $0,4$ мм, линии рисунка архитектурных деталей, заполнение дверных и оконных проемов делают наиболее тонкими линиями — от $0,2$ до $0,3$ мм.

Разрез здания. Если секущая плоскость проходит через конек основной части здания или параллельно ему, то разрез здания называется продольным. На рис. 401 приведен разрез $A—A$ здания трансформаторного пункта. Разрез позволил выявить размеры и глубину заложения фундамента, устройство пола в подвальной части здания, междуэтажное железобетонное перекрытие, конструкцию крыши и водоотвода, размеры и местоположение дверных и оконных проемов, а также размещение трансформатора и других устройств. Разрезы, на которых выявлены конструкции здания, называют конструктивными.

Поперечный разрез жилого бесподвального дома (см. рис. 405) позволяет выявить конструкцию и размеры всех основных частей здания: фундамента, стен, перекрытий, стропил и т. д. Из чертежа видно, что фундамент здания бутовый, глубина его заложения 140 см. Наружные стены имеют утолщенную часть — цоколь, высотой 60 см. Крыша над основной частью здания двускатная, поддерживается стропилами висячей конструкции; справа она переходит в односкатную крышу над верандой и вспомогательными помещениями.

На разрезе хорошо видны печь с насадной трубой, верхняя часть коренной трубы кухонного очага (плиты), дверь, ведущая в переднюю, входная дверь с веранды, перила веранды; частично видно слуховое окно чердака.

На разрезе нанесены вертикальные размеры и высотные отметки.

Наиболее часто секущие плоскости разрезов проводят через оконные и дверные проемы. При этом нередко применяют сложные ступенчатые разрезы (рис. 406). Секущая плоскость на плане

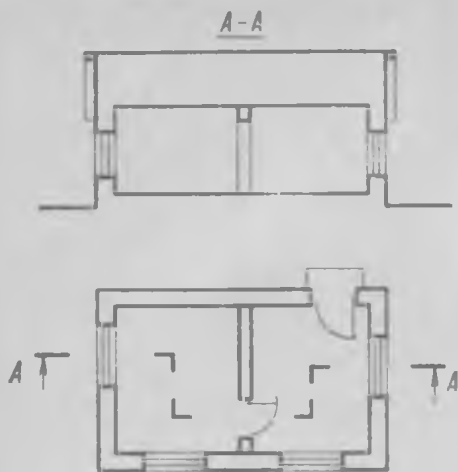


Рис. 406. Продольный разрез здания

здания проведена через левое окно, дверной проем в перегородке и правое окно. Это позволило показать на разрезе оба окна и дверь. Однако подобное направление секущих плоскостей неудобно для изображения крыши. В таких случаях обычно применяют условность и считают, что секущая плоскость в чердачном помещении прошла через конек крыши. Эта условность применена на рассматриваемом продольном разрезе.

На разрезе рис 406 не показана конструкция перекрытий, стропил, фунда-

ментов, т. е. разрез не является конструктивным. Подобные схематизированные изображения могут применяться и для поперечных разрезов чертежей проектного задания; их называют *контактными* или *архитектурными разрезами*.

Чертеж одноэтажного промышленного здания (рис. 407) состоит из четырех изображений: плана, главного фасада, поперечного разреза *В—В* и торцового фасада. Несущими конструкциями здания являются железобетонные колонны, показанные на плане и разрезе. Через их центры проведены вертикальные разбивочные оси 1, 2, 3, 4 и т. д. и горизонтальные разбивочные оси *А* и *Б*.

Из условных изображений на фасадах и разрезе видно, что стены здания кирпичные и поддерживаются рандбалкой, опирающейся на фундамент. Стены играют роль ограждающих конструкций. Кровля здания шиферная.

Железобетонные колонны установлены на столбчатых фундаментах, выполненных на разрезе штриховыми линиями. Из этого видно, что секущая плоскость проведена между фундаментами; то же подтверждается разрезом оконных проемов и линией сечения *В—В*.

Железобетонные колонны поддерживают рельсы мостового крана грузоподъемностью 1,5 т и длиной пролета 17,5 м, а также стропильные железобетонные фермы с круглыми отверстиями. Пол промышленного здания — торцовый: деревянные торцы уложены по бетонному слою, который, в свою очередь, уложен по шлаковому слою.

На плане нанесены размеры простенков, оконных и дверных проемов, расстояния между разбивочными осями и габаритные размеры здания. На разрезе нанесены высотные отметки.

Разрезы зданий выполняют в тех же масштабах, что и планы, или в более крупных, в том числе в масштабах 1 : 100, 1 : 50. На таких чертежах есть возможность показать более отчетливо особенность отдельных конструкций здания.

Толщину линий обводки на разрезах принимают такой же, как на планах, если масштабы их одинаковы. Если масштаб для разреза выбран более крупным, то толщину обводки линий немного увеличивают.

§ 114. ОСОБЕННОСТИ ОФОРМЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

В предыдущем параграфе отмечены некоторые особенности выполнения и оформления строительных чертежей. Имеются и другие особенности и допущения, установленные отдельными стандартами ЕСКД. Так, ГОСТ 2.304—68 допускает для строительных чертежей при выполнении надписей начальные буквы предложений, а также имен собственных выполнять прописными буквами размером шрифта, соответствующим выбранному, а прочие буквы — следующим меньшим размером шрифта, например, *Строитель*.

По ГОСТ 2.305—68 в строительных чертежах разрешено присваивать вместо установленных названий — вид спереди, вид слева и др. названия — фасад, боковой фасад и т. д. В строительных чертежах допускается надписывать название вида с присвоенным ему буквенным или цифровым обозначением. Такие названия допускается выполнять без указания направления взгляда стрелкой, если оно определяется названием или обозначением вида. Горизонтальным разрезам можно присваивать наименование *План*.

По ГОСТ 2.306—68 допускается не применять в строительных чертежах обозначения материалов, если нет необходимости в графическом выявлении материала (например, при его единообразии), или применять их частично, если необходимо выделить на чертеже отдельные элементы, изготовленные из разных материалов. Допускается также на сечениях незначительной площади любой материал обозначать как металл или вообще не применять обозначение, сделав поясняющую надпись на поле чертежа.

При выделении материалов и изделий на фасадах (и видах вообще) графические обозначения должны соответствовать следующим (рис. 408): 1 — металл; 2 — сталь рифленая; 3 — сталь просечная; 4 — кладка из строительного и специального кирпича, клинкера, керамики, терракоты, искусственного и естественного камней и т. п.; 5 — стекло; 6 — бетон, штукатурка, раствор. Обозначение материала на виде (фасаде) допускается наносить не полностью, а только небольшими участками по контуру или пятнами внутри контура.

По ГОСТ 2.307—68 в строительных чертежах допускается повторять размеры и наносить их в виде замкнутой цепи (кроме

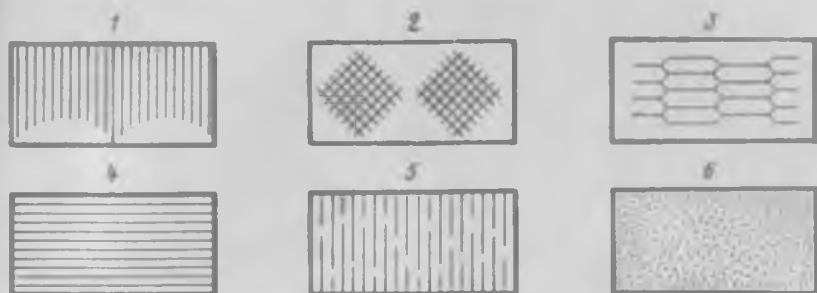


Рис. 408. Условные обозначения материалов и конструкций на фасадах

случаев, предусмотренных в соответствующих документах, утвержденных в установленном порядке). В большинстве строительных чертежей предельные отклонения размеров не указывают. Допускается линейные и угловые размерные числа и надписи наносить без линий-выносок. Отметки уровней в строительных чертежах указывают в метрах.

§ 115. ЧЕРТЕЖИ ОТДЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ЧТЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ ЧЕРТЕЖЕЙ

При возведении кирпичных стен необходимо соблюдение системы перевязки швов, при которой вертикальные швы между кирпичами одного ряда перекрывались бы кирпичами следующего ряда. Порядок кладки стен изображают на чертежах планами рядов.

Простейший кирпичный карниз (рис. 409) образуют путем постепенного утолщения стены на величину до одного кирпича (250 мм). Из чертежа видна система перевязки швов, закладка анкера, крепление стропильной ноги с помощью проволоочной скрутки, настил досок обрешетки по кобылкам и штукатурка стены.

Значительные условности применяют при изображении конструкции сборного железобетона на арматурных чертежах по ГОСТ 11692—66 (рис. 410). Контуры балки вычерчивают тонкими сплошными линиями, бетонную массу не изображают, стержни арматуры считают видимыми. Такая условность позволяет показать количество стержней, их форму и расположение в теле балки.

Кроме главного вида вычерчивают поперечные сечения балки, отдельные

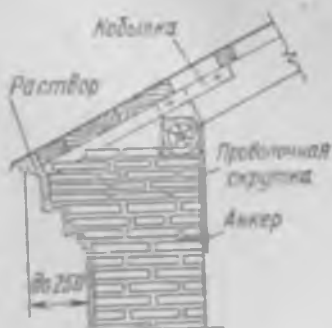
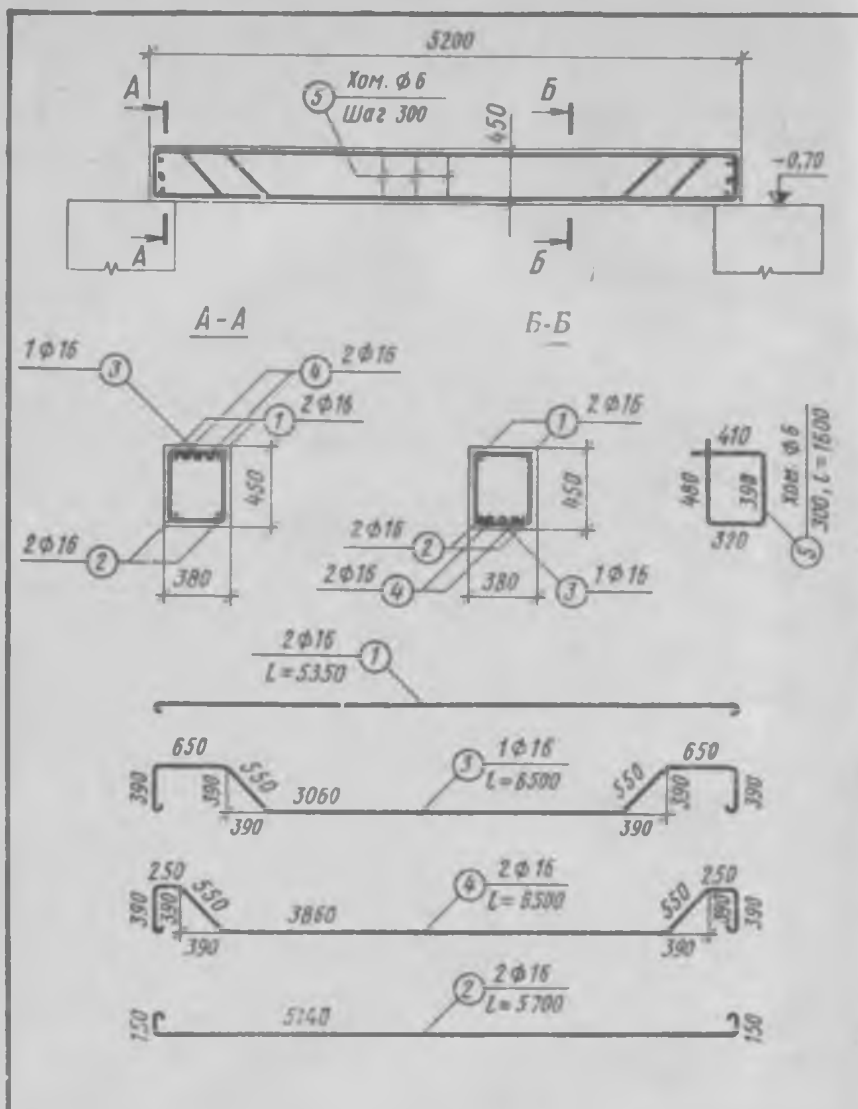


Рис. 409. Карниз



				20.33		
				Балка 38 x 45 x 520 см		
Исполн.	Н. В. Куш.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Расчет
Чертил	Роман А.	4.11.77	4.11.77	4	2040	1:50
Проектир	Иванов А. Г.	1.11.77	1.11.77	Лист 4 / Листов		
Принят	Иванов А. Г.	1.11.77	1.11.77	Железобетон 140		
				КЭМТ, группа IAT		

Рис. 410. Конструктивный разрез железобетонной балки

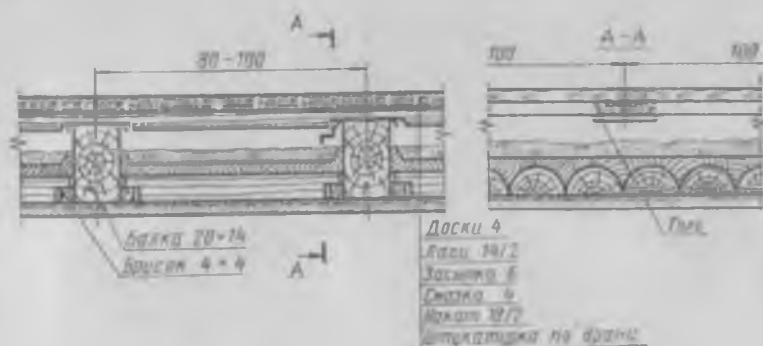


Рис. 411. Междуэтажное перекрытие

стержни арматуры и хомуты. Стержни вычерчивают сплошными основными линиями, поперечные сечения их изображают зачерненными кружками соответствующих диаметров, хомуты на главном виде вычерчивают линиями $s/2$. Нумеруют стержни не на главном виде, а на поперечных сечениях балки. Для нумерации используют линии-выноски, заканчивающиеся кружками диаметром 7—9 мм, внутри которых записывают порядковый номер стержня; над горизонтальной прямой указывают количество стержней и их диаметр. Такие же линии-выноски применяют для маркировки отдельно вычерченных стержней; ниже горизонтальной прямой указывают шаг и общую длину стержней. Размеры отдельных участков изогнутых стержней указывают без размерных линий. Чертежи стержней используют для составления спецификации, которая служит для оформления заявки на арматурную сталь.

Подобным путем составляют чертежи колонн сборного железобетона и других железобетонных изделий.

Пример оформления чертежей перекрытий был приведен на рис. 405, где изображен пол бесподвального здания. Из чертежа видно, что основанием такого пола является толстый слой строительного мусора, на который уложен слой тощего бетона. На бетонный слой укладывают кирпичные столбики, которые поддерживают лаги; на лаги настилают доски, являющиеся полом здания. Вверху чертежа изображено чердачное перекрытие, устроенное по деревянным балкам. Деревянное междуэтажное перекрытие изображено на рис. 411. Несущими элементами перекрытия являются деревянные балки прямоугольного сечения 20×14 см. К их нижней части прибивают брусочки квадратного сечения 4×4 см и по этим брускам укладывают накат из пластин $18/2$ см, отчетливо видимый на профильном разрезе А—А. Пластины покрывают слоем глины, который называют смазкой (толщину слоя смазки над пластинами принимают равной 2 см). Затем применяют засыпку слоем шлака толщиной 6 см. Поверху балок расстилают толь, после чего укладывают лаги толщиной $14/2$ см.



Рис. 412 Пустотелая железобетонная плита (панель)

По лагам настилают пол из досок толщиной 4 см. Потолок нижележащего этажа штукатурят по дроби, прибитой к накату.

В настоящее время междуэтажные перекрытия часто выполняют из сборного железобетона (рис. 412). С этой целью применяют армированные бетонные плиты (панели) с пустотами круглой или овальной формы. Длину панелей l согласовывают с размерами перекрываемого здания, ширина панелей b нередко превышает 1 м. Чтобы перекрыть комнату жилого дома, достаточно нескольких панелей.

Применение сборного железобетона позволяет механизировать строительство промышленных и жилых зданий, перенести изготовление конструкций на заводы и специальные полигоны, значительно сократить сроки возведения зданий и удешевить строительство.

На рис. 402 были приведены две конструкции стропил. Если перекрываемые здания имеют пролеты, превышающие 9—12 м, то приходится применять более сложные конструкции: стропильные фермы — железобетонные (см. рис. 407), деревянные или металлические.

При изображении лестниц (рис. 413) придерживаются трех условий: 1) секущую плоскость $B-B$ проводят через один из маршей; 2) разрез марша горизонтальной плоскостью $A-A$

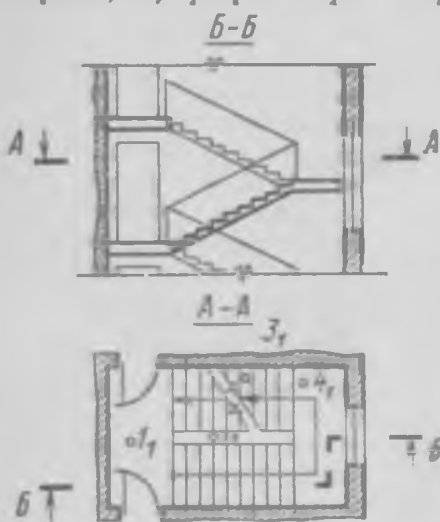


Рис. 413. Лестничная клетка

условно показывают на плане двумя наклонными линиями обрыва; направление подъема указывают стрелкой, начальную точку которой ставят в начале марша; 3) конструкцию лестничных маршей и площадок в разрезе $B-B$ не выявляют, показывая их схематически.

Для выяснения конструкции маршей и площадок служат рабочие чертежи (см. рис. 403), на которых указывают крепление косоуров к балкам перекрытий, устройство лестничной площадки, наносят все необходимые размеры. На рис. 403 показана верхняя часть марша с фризовой ступенью, перехо-

дящей в площадку. Основу площадки составляет плита сборного железобетона.

Чтение строительных чертежей. Порядок чтения (разбора) строительных чертежей примерно такой же, какой применяется при чтении машиностроительных чертежей. Пользуясь основной надписью чертежа, надписями над отдельными изображениями и экспликацией, выясняют характер сооружения и его основные размеры. Находят оси секущих плоскостей и по соответствующим разрезам изучают внутреннее устройство здания и его оборудование. При этом необходимо знать условные графические обозначения, применяемые на строительных чертежах в соответствии с ГОСТ 2.306—68, ГОСТ 11691—66 и ГОСТ 11692—66. Наиболее распространенные обозначения приведены в данной книге. Так, условные обозначения дверей и окон с жалюзи имеются на рис. 401; двери, окна, печи, коренная труба, раковина и люфт-клозет показаны на рис. 405; мостовой кран в двух проекциях показан на рис. 407; условное изображение стержней арматуры приведено на рис. 410; условное изображение лестничной клетки в плане приведено на рис. 413 и т. д.

Для закрепления навыка в чтении чертежей необходимо детально разобрать несколько производственных чертежей зданий, построить разрез по заданному направлению, фасад, план крыши, чертеж отдельных конструкций, подсчитать жилую и полезную площади здания.

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Назначение строительных чертежей.
2. Как обозначают на чертежах насыпной грунт и глину?
3. Как обозначают на чертежах бутовую кладку?
4. Нарисуйте условное обозначение армированного бетона.
5. Какую толщину имеет стена в два и полтора кирпича?
6. Какое назначение перекрытий?
7. В каких случаях применяют висячие стропила?
8. Что называется маршем и косяком?
9. Из каких частей состоят окна и двери?
10. В какой последовательности составляют проекты зданий?
11. Какие чертежи называют исполнительными?
12. Какие данные приводят на генеральном плане застройки?
13. Что называют планом здания?
14. С какой целью на строительных чертежах наносят разбивочные оси?
15. Подсчитайте полезную площадь дома, изображенного на рис. 405.
16. В каких масштабах вычерчивают планы, фасады и разрезы зданий?
17. Какую толщину линий применяют при обводке перечисленных чертежей?
18. В чем условность изображения продольных разрезов зданий?
19. В чем разница между конструктивным и архитектурным разрезами здания?
20. Какие условности применяют при выполнении чертежей сборного железобетона?
21. Какие правила применяют при изображении лестничных клеток?
22. Постройте конструктивный разрез А—А здания по заданию преподавателя.
23. Найдите правильные и полные ответы к задачам, помещенным в картах 57 и 58, 59 и 60.

На котором чертеже приведено условное обозначение штепсельной розетки по ГОСТ 2.754—72?



1



2



3



4

На котором чертеже приведено условное обозначение пожарного извещателя по ГОСТ 2.754—72?



1



2



3



4

На котором чертеже приведено условное обозначение аккумулятора гидравлического (или пневматического)?



1



2

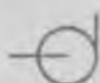


3



4

На котором чертеже приведено условное обозначение компрессора по ГОСТ 2.782—68?



1



2



3



4

На котором чертеже приведено условное обозначение углубульца по ГОСТ 2.410—68?



1



2



3



4

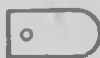
На котором чертеже приведено условное обозначение холодильника по ГОСТ 11628—65 на плане?



1



2



3

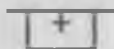


4

На котором чертеже приведено условное обозначение радиатора по ГОСТ 11628—65 на плане?



1



2



3



4

На котором чертеже приведено условное обозначение сетки душевой по ГОСТ 11628—65?



1



2



3



4

Различают понятия: полезная, жилая и подсобная площади здания. К каким из этих видов площадей относится площадь кухни?

Жилая	Жилая полезная	Жилая подсобная	Полезная подсобная
1	2	3	4

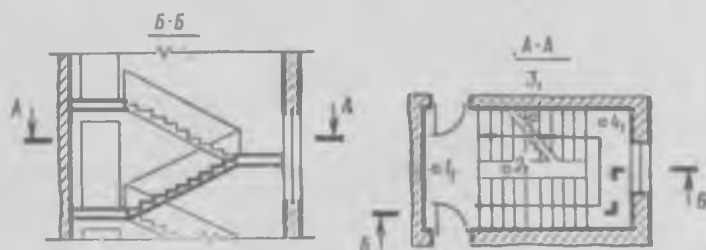
Какие масштабы применяют для выполнения планов крупных промышленных зданий?

1 : 100	1 : 200	1 : 400	1 : 50
1	2	3	4

Какой толщины (ширины) линии применяют при обводке линий земли на фасадах зданий?

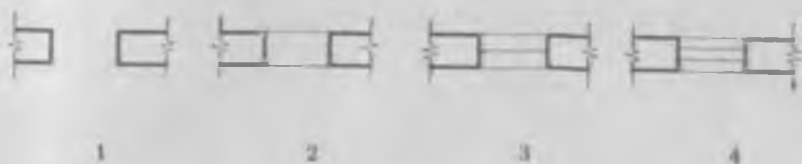
0,3—0,4	0,6—0,8	0,4—0,5	0,2—0,3
1	2	3	4

Которая из четырех точек расположена выше других; ниже других?

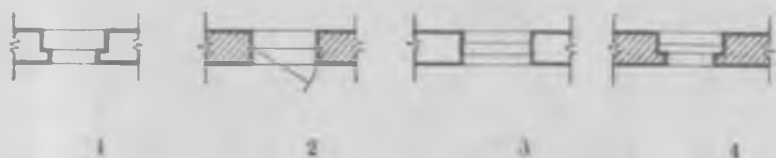


4; 1	1
1; 4	2
3; 1	3
3; 2	4

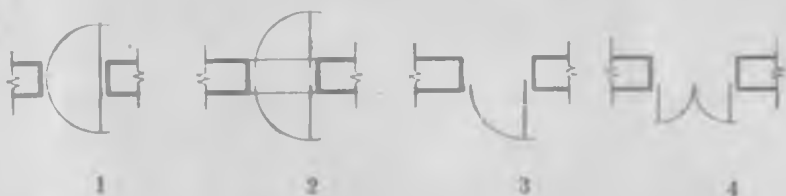
На котором чертеже приведено условное изображение проема, не входящего до пола, в плане по ГОСТ 11691—66?



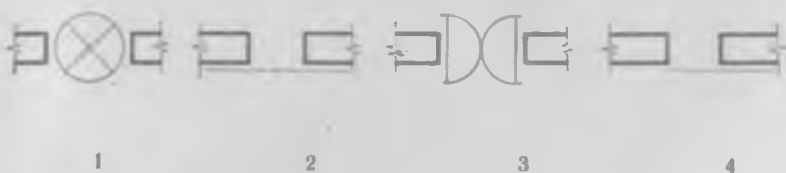
На котором чертеже приведено условное изображение оконного проема без четвертей с двойными переплетами в плане по ГОСТ 11691—66?



На котором чертеже приведено условное изображение двери с качающимся полотном однополюсной в плане по ГОСТ 11691—66?



На котором чертеже приведено условное изображение раздвижной (откатной) однополюсной двери в плане по ГОСТ 11691—66?



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

1. Боголюбов С. К., Воинов А. В. Курс технического черчения. — М.: Машиностроение, 1974.
2. Боголюбов С. К. Задачник по черчению. — М.: Машиностроение, 1972.
3. Годик Е. М. и Хаскин А. М. Справочное руководство по черчению. — М.: Машиностроение, 1974.
4. Дружинин Н. С. и Цылов П. П. Выполнение чертежей по ЕСКД. — М.: Издательство стандартов, 1975.
5. Пугачев А. С. и Никольский Л. П. Техническое рисование. — М.: Машиностроение, 1976.
6. Розов С. В. Сборник заданий по черчению. — М.: Машиностроение, 1978.
7. Федоренко В. А. и Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. — Л.: Машиностроение, 1972.
8. Хаскин А. М. Черчение. — Киев: Вища школа, 1976.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

9. Баталов Н. М., и Малкин Д. М. Технические основы машиностроительного черчения. — М.: Машгиз, 1962.
10. Воеводский С. А. и Цицюра К. А. Методические указания и карточки для программированного опроса учащихся по курсу «Черчение» в техникумах. — Киев: Министерство коммунального хозяйства, 1966.
11. Годик Е. И., Лысянский В. М., Михайленко В. Е., Пономарев А. М. Техническое черчение. — Киев: Вища школа, 1976.
12. Колотов С. М., Дольский Е. Е., Михайленко В. Е. и др. Курс начертательной геометрии. — Киев: Госстройиздат УССР, 1961.
13. Кузнецов Н. С. Начертательная геометрия. — М.: Высшая школа, 1969.
14. Материалы XXV съезда КПСС. — М.: Политиздат, 1979.
15. Миронова Р. С., Миронов Б. Г. Сборник заданий для графических работ и упражнений по черчению. — М.: Высшая школа, 1977.
16. Михайленко В. Е. (редактор), Горленко Б. С., Евстифеев М. Ф., Малиновская В. И., Подгорный А. Л., Пономарев А. М. Билеты для обучающей машины «Ласточка» и перфокарт. Начертательная геометрия. Ч. I, II, III. — Киев: КИСН, 1967.
17. Основы методики обучения черчению/Под ред. А. Д. Ботвинникова. — М.: Просвещение, 1966.
18. Розов С. В. Руководство к преподаванию черчения. — М.: Машиностроение, 1968.
19. Русскевич Н. Л. Начертательная геометрия. — Киев: Будівельник, 1970.
20. Черчение. Методические рекомендации Вып. I и последующие. — М.: Высшая школа, 1975.
21. Четверухин Н. Ф., Левицкий В. С. и др. Начертательная геометрия. — М.: Высшая школа, 1963.
22. Янковский К. А. Преподавание черчения в техникумах. — М.: Труд-резервиздат, 1960.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
<i>Часть первая</i>	
ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ	
Глава I. Материалы, инструменты и принадлежности.	7
§ 1. Материалы, принадлежности и приспособления. . .	7
§ 2. Чертежные инструменты и пользование ими. . .	8
§ 3. Приемы выполнения чертежей	12
Глава II. Оформление чертежей	14
§ 4. Форматы листов	14
§ 5. Линии чертежа	15
§ 6. Надписи на чертежах	18
§ 7. Об автоматизированном контроле	27
Карты 1, 2	29, 40
Глава III. Геометрические построения.	31
§ 8. Построение фигур и их элементов	31
§ 9. Уклоны и конусность	35
§ 10. Масштабы чертежей	37
§ 11. Правила нанесения размеров	39
Карты 3, 4	44, 45
Глава IV. Сопряжения линий и овалы	46
§ 12. Построение касательных	46
§ 13. Скругление углов	47
§ 14. Различные случаи сопряжений.	48
§ 15. Построение овалов	50
Карты 5, 6	52, 53
Глава V. Лекальные кривые	54
§ 16. Эллипс, парабола и гипербола	55
§ 17. Циклоида, эпициклоида и гипоциклоида.	57
§ 18. Эвольвента окружности	59
§ 19. Другие лекальные кривые	59
§ 20. Коробовые кривые линии	63
Карты 7, 8	64, 65

ОСНОВЫ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ, ПРОЕКЦИОННОЕ ЧЕРЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ РИСОВАНИЕ

Глава	VI. Общие сведения о способах изображения.	67
	§ 21. Начертательная геометрия и ее задачи.	67
	§ 22. Центральное и параллельное проецирование.	68
	§ 23. Способы изображений	70
Глава	VII. Проекция точек и прямых линий.	73
	§ 24. Две проекции точки	74
	§ 25. Три проекции точки	75
	§ 26. Расположение точек в пространстве.	76
	§ 27. Понятие о координатах точки	77
	§ 28. Две проекции отрезка прямой	78
	§ 29. Три проекции отрезка прямой.	79
	§ 30. Расположение прямой относительно плоскостей проекций	80
	§ 31. Относительное положение точки и прямой.	83
	§ 32. Относительное положение двух прямых.	84
	§ 33. Следы прямой	85
	Карты 9, 10 и 11, 12.	87—90
Глава	VIII. Проекция плоскостей	91
	§ 34. Задание плоскости на комплексном чертеже.	91
	§ 35. Плоскости частного положения	94
	§ 36. Проекция точек и прямых, принадлежащих проецирующим плоскостям	96
	§ 37. Плоскости общего положения.	97
	§ 38. Линии уровня в плоскости общего положения.	98
	§ 39. Проекция точки и прямой, принадлежащих плоскости общего положения.	99
	§ 40. Проекция треугольника, многоугольника и круга	100
	§ 41. Параллельные и пересекающиеся плоскости.	103
	§ 42. Прямая, пересекающаяся с плоскостью Пересечение плоскостей общего положения.	104
	§ 43. Прямые, параллельные и перпендикулярные плоскостям	107
	Карты 13, 14 и 15, 16.	109—112
Глава	IX. Способы преобразования проекций.	114
	§ 44. Способ вращения	114
	§ 45. Способ перемены плоскостей проекций.	118
	Карты 17, 18	121, 122
Глава	X. Аксонометрические проекции	123
	§ 46. Сущность прямоугольных аксонометрических проекции	123
	§ 47. Изображение плоских фигур в аксонометрических проекциях	126
	§ 48. Изображение кругов в изометрических и диметрических проекциях	129
	Карты 19, 20	132, 133
Глава	XI. Проекция геометрических тел.	134
	§ 49. Построение проекций точек, принадлежащих поверхностям геометрических тел.	134

	§ 50. Построение разверток поверхностей геометрических тел	141
	Карты 21, 22 и 23, 24	146—149
Глава	XII. Пересечение тел плоскостями	150
	§ 51. Пересечение призмы и цилиндра проецирующей плоскостью	150
	§ 52. Пересечение пирамиды и конуса проецирующей плоскостью	152
	§ 53. Пересечение шара и тора проецирующей плоскостью	156
	Карты 25, 26 и 27, 28.	161—164
Глава	XIII. Взаимное пересечение поверхностей тел.	165
	§ 54. Приемы решения задач	165
	§ 55. Пересечение поверхностей тел прямыми линиями	166
	§ 56. Пересечение поверхностей многогранников	167
	§ 57. Пересечение поверхностей вращения.	170
	§ 58. Сопряжения поверхностей	177
	Карты 29, 30	179, 180
Глава	XIV. Проекционное черчение	181
	§ 59. Комплексные чертежи учебных моделей	181
	§ 60. Построение третьих проекций по двум данным. . .	182
	§ 61. Применение разрезов и сечений.	184
	Карты 31 32	190, 191
Глава	XV. Техническое рисование	192
	§ 62. Рисование плоских фигур	192
	§ 63. Рисование геометрических тел	194
	§ 64. Рисование моделей и деталей	198
	Карты 33, 34	206, 207

Часть третья

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Глава	XVI. Машиностроительные чертежи.	208
	§ 65. Развитие и совершенствование чертежей.	208
	§ 66. Виды современных чертежей	209
Глава	XVII. Изображения — виды, разрезы и сечения	216
	§ 67. Назначение и расположение видов.	216
	§ 68. Разрезы.	219
	§ 69. Сечения	222
	§ 70. Обозначение материалов на чертежах (ГОСТ 2.306—68)	224
	§ 71. Выносные элементы	226
	§ 72. Условности и упрощения на чертежах деталей. . .	227
	Карты 35, 36; 37, 38 и 39, 40.	230—235
Глава	XVIII. Резьбы и резьбовые изделия	236
	§ 73. Цилиндрическая винтовая линия	236
	§ 74. Винтовые поверхности	237
	§ 75. Профили резьб	240
	§ 76. Условное изображение резьбы	245
	§ 77. Выход резьбы. Сбеги, недорезы и проточки (СТ СЭВ 214—75)	248

	§ 78. Условные обозначения резьб	250
	§ 79. Вычерчивание резьбовых изделий	253
	Карты, 41, 42	258, 259
Глава	ХІХ. Выполнение с натуры эскизов деталей	260
	§ 80. Приемы выполнения эскизов	260
	§ 81. Нанесение размеров, осевых и центровых линий	266
	§ 82. Приемы обмера деталей	270
	§ 83. Типичные элементы деталей	273
	§ 84. Технические развертки. Линии сгиба	275
	§ 85. Обозначение шероховатости поверхностей, термической обработки и покрытий	276
	§ 86. Обозначение на чертежах материала деталей	282
	§ 87. Основные требования к рабочим чертежам деталей	284
	Карты 43, 44	287, 288
Глава	ХХ. Выполнение и чтение рабочих чертежей деталей	289
	§ 88. Выполнение рабочих чертежей	289
	§ 89. Условные изображения пружин	290
	§ 90. Чтение чертежей деталей	293
	Карты 45, 46	295, 296
Глава	ХХІ. Разъемные и неразъемные соединения	297
	§ 91. Первоначальные сведения о сборочных чертежах	297
	§ 92. Резьбовые и фланцевые соединения	300
	§ 93. Шпоночные и шлицевые соединения	305
	§ 94. Заклепочные соединения	309
	§ 95. Сварные соединения. Соединения пайкой и склеиванием	312
	Карты 47, 48	322, 323
Глава	ХХІІ. зубчатые передачи	324
	§ 96. Общие сведения о зубчатых передачах	324
	§ 97. Построение эвольвентного профиля зуба	326
	§ 98. Условные изображения зубчатых колес и червяков	328
	§ 99. Условные изображения зубчатых, червячных и цепных передач	337
	Карты 49, 50	342, 343
Глава	ХХІІІ. Чертежи общего вида и сборочные чертежи	344
	§ 100. Порядок выполнения чертежей общего вида и сборочных чертежей с натуры	344
	§ 101. Обозначение допусков и посадок на чертежах (СТ СЭВ 144—75, СТ СЭВ 145—75)	347
	§ 102. Дополнительные условности и упрощения, применяемые в сборочных чертежах	350
	§ 103. Оформление сборочных чертежей	354
	Карты 51, 52	356, 357
Глава	ХХІV. Чтение сборочных черт. жей	358
	§ 104. Порядок чтения сборочных чертежей	358
	§ 105. Детализирование по сборочным чертежам	364
	Карты 53, 54	368, 369
Глава	ХХV. Схематические изображения	370
	§ 106. Схемы машин и механизмов	370
	§ 107. Кинематические схемы	372

§ 108. Электрические схемы	376
§ 109. Гидравлические и другие схемы	379
Карты 55, 56	381, 382

Глава XXVI. Дополнительные сведения по организации чертежного хозяйства	384
§ 110. Техническая документация к изделию	384
§ 111. Способы размножения чертежей	385

Часть четвертая

СТРОИТЕЛЬНОЕ ЧЕРЧЕНИЕ

Глава XXVII. Строительные чертежи	387
§ 112. Основные строительные материалы и конструкции	387
§ 113. Виды строительных чертежей и их выполнение	391
§ 114. Особенности оформления строительных чертежей	398
§ 115. Чертежи отдельных конструкций. Чтение строительных чертежей	399
Карты 57, 58 и 59, 60	404—407

Список литературы для учащихся	408
Список литературы для преподавателей	408

ИБ № 1685

Серафим Васильевич Розов

**КУРС ЧЕРЧЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
КОНТРОЛЯ**

Редактор *Н. Г. Васильева*

Технический редактор *Т. И. Андреева*

Художественный редактор

Б. Ю. Лисенков

Корректор *Л. Я. Шабашова*

Переплет художника *Б. Ю. Лисенкова*

Сдано набор 25.12.79.

Подписано в печать 27.06.80.

Формат 60×90¹/₁₆.

Бумага типографская № 2.

Гарнитура литературная.

Печать высокая. Усл. печ. л. 26,0.

Уч.-изд. л. 27,4.

Тираж 120 000 (2-й з-д 40 001—80 000) экз.

Заказ 206 Цена 95 к

Издательство «Машиностроение», 107076,
Москва, Б-76, Строминский пер., 4

Ленинградская типография № 6

ордена Трудового

Красного Знамени Ленинградского

объединения «Техническая книга»

им. Евгении Соколовой

Союзполиграфпрома

при Государственном комитете СССР

по делам издательства, полиграфии

и книжной торговли,

193144 г. Ленинград.

ул. Моисеенко, 10.

НОВЫЕ КНИГИ

по деталям машин

Выпуск 1980 года

- Волошин А. А., Григорьев Г. Т., Протопопов В. Б. Расчет и конструирование фланцевых соединений: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. 10 л., ил.
- Воронков Б. Д. Подшипники сухого трения. 2-е изд., перераб. и доп. 16 л., ил.
- Воскресенский В. А., Дьяков В. И. Расчет и проектирование опор скольжения: Жидкостная смазка. Справочник. 20 л., ил. (Б-ка конструктора).
- Заломнова К. В. Вальцовочные соединения. 9 л., ил.
- Зубчатые передачи: Справочник/Н. Ф. Голованов, Е. Г. Гинзбург, Н. Б. Фирун и др. 2-е изд., перераб. и доп. 37 л., ил.
- Комиссар А. Г. Уплотнительные устройства опор качения: Справочник. 16 л., ил. (Б-ка конструктора).
- Кудрявцев В. Н. Детали машин: Учебник для вузов. 32 л., ил.
- Макаров В. М., Невесенко В. И., Плейкин А. В. Байонетные затворы аппаратов. 20 л., ил.
- Маслов Г. С. Расчеты колебаний валов: Справочник. 2-е изд., доп. (Б-ка конструктора).
- Машнев М. М., Красковский Е. Я., Лебедев П. А. Теория механизмов и машин. Детали машин: Учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. 32 л., ил.
- Поливанов П. М. Таблицы для подсчета массы деталей и материалов: Справочник. 9-е изд., доп. 30 л., ил.
- Попов Н. Н. Расчет и проектирование кулачковых механизмов. 2-е изд., перераб. и доп. 17 л., ил.
- Пронин Б. А., Ревков Г. А. Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы). 3-е изд., перераб. и доп. 25 л., ил.
- Руденко В. Н. Планетарные и волновые передачи: Альбом конструкций. 35 л., ил.
- Сумский С. Н. Расчет кинематических и динамических характеристик плоских рычажных механизмов: Справочник. 22 л., ил. (Б-ка конструктора).

*Своевременно заказывайте и приобретайте новые книги
издательства «Машиностроение» в магазинах,
распространяющих техническую литературу!*

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

НОВЫЕ КНИГИ

по вопросам прочности и надежности

Выпуск 1980 года

- Б о л о т и н В. В., Н о в и ч к о в Ю. Н. Механика многослойных конструкций. 28 л., ил.
- Г р и г о л ю к Э. И., Т о л к а ч е в В. М. Контактные задачи теории пластин и оболочек. 30 л., ил.
- Г у з ь А. Н., М а к а р е н к о в А. Н., Ч е р н ы ш е н к о И. С. Прочность конструкций ракетных двигателей твердого топлива. 18 л., ил. (Надежность и качество).
- П о н о м а р е в С. Д., А н д р е е в а Л. Е. Расчет упругих элементов машин и приборов. 25 л., ил. (Б-ка расчетчика).
- П о т а п о в А. И. Контроль качества и прогнозирование надежности конструкций из композиционных материалов. 18 л., ил. (Надежность и качество).
- Расчет машиностроительных конструкций на прочность и жесткость Н. Н. Шапошников, Н. Д. Тарабасов, В. Б. Петров и др. 20 л., ил.
- Расчеты на прочность: Сборник статей. Вып. 21/Под общ. ред. Н. Д. Тарабасова. 20 л., ил.
- С о л о м и н Н. В. Высокотемпературная стойкость материалов и элементов конструкций. 10 л., ил. (Надежность и качество).
- Ф р о л о в К. В., Ф у р м а н Ф. А. Прикладная теория виброзащитных систем. 21 л., ил.
- Х в и н г и я В. Д. Динамика и прочность вибрационных машин с электромагнитным возбуждением. 10 л., ил.

*Своевременно заказывайте и приобретайте новые книги
издательства «Машиностроение» в магазинах,
распространяющих техническую литературу!*