

РАЗДЕЛ

I

ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

ГЛАВА 1

ЧЕРТЕЖНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Для быстрого и точного выполнения чертежей необходимо иметь набор чертежных инструментов и принадлежностей (рис. 6).

Бумага. На чертежной бумаге должны хорошо ложиться карандаш и тушь, поверхность не должна становиться шероховатой от подчисток. Этим условиям удовлетворяет ватманская бумага.

Карандаши. Аккуратность и точность выполнения чертежа в значительной мере зависят от правильной заточки карандаша (рис. 7, а).

Затачивают карандаши перочинным ножом (рис. 6, с).

На рис. 7, б показаны неправильно заточенные карандаши. Заострить графит можно с помощью шлифовальной шкурки (рис. 7, в).

Учащийся должен иметь три марки карандаша: М, ТМ и Т или набор карандашей "Конструктор" (рис. 6, б). При выполнении чертежей тонкими линиями рекомендуется применять карандаш марки Т. Обводить линии чертежа надо карандашом марки ТМ или М. При обводке более мягким карандашом чертеж загрязняется.

Резинки. Для удаления вспомогательных и ошибочно проведенных линий на чертеже, а также загрязнений пользуются резинками — мягкими для карандаша и твердыми для туши.

Угольники. С их помощью можно быстро и точно провести перпендикулярные и параллельные линии. Перед работой угольник надо проверить, для этого следует положить угольник одним катетом на линейку или рейсшину и провести по другому катету прямую линию (рис. 8). Затем повернуть угольник на 180° и снова провести линию. У правильно изготовленного угольника обе линии должны совпадать (рис. 8, а). Если линии не совпадают, то угольник неточный (рис. 8, б). Обычно пользуются равнобедренными угольниками с углом 45° , а также угольниками с углами 30° и 60° (рис. 6, в).

Чертежная доска. Выполнять чертежные работы лучше на специальной чертежной доске (рис. 6, а). Поверхность ее должна быть совершенно гладкой и плоской. Чтобы чертежная доска не коробилась, ее следует хранить в сухом месте.

Чертежную доску располагают так, чтобы свет на нее падал слева.

Приступая к работе на чертежной доске, необходимо правильно закрепить на ней кнопками лист чертежной бумаги. Сначала закрепляют верхний левый угол листа (рис. 9), затем натягивают лист ладонью по направлению стрелки, закрепляют кнопкой противоположный угол. После этого закрепляют остальные два угла листа.

Откалывают кнопки специальным рычажком (рис. 6, ж).

Рейсшина состоит из длинной линейки и планки, прикрепленной к линейке под прямым углом (рис. 6, г).

При выполнении чертежей с помощью рейсшины значительно ускоряется работа и обеспечивается точность построений.

Планка рейсшины состоит из двух частей: одной — неподвижно закрепленной и другой, — вращающейся на шарнире и закрепляемой под углом к неподвижной части винтом с гайкой. Подвижную часть планки устанавливают в различные положения для проведения линий под разными углами к кромке доски.

Положение рейсшины на доске показано на рис. 10. Планку рейсшины левой рукой плотно прижимают к левой кромке доски и перемещают вдоль кромки, а правой рукой слегка придерживают линейку рейсшины.

Угольник перемещают по рейсшине правой рукой, а левой придерживают рейсшину. Карандаш слегка наклоняют в сторону движения.

С помощью угольников и рейсшины на чертеже проводят параллельные и перпендикулярные прямые линии (рис. 11, а и б). Вертикальные линии проводят по катету угольника, при этом другой катет перемещается по рейсшине. Линии под углом 45° , 60° и 30° проводят по гипотенузе угольника.

Очень удобна для работы рейсшина на роликах со шнуром (рис. 11, в).

Чертежный стол. Чертежная доска должна прикрепляться к устойчивому столу или специальному приспособлению.

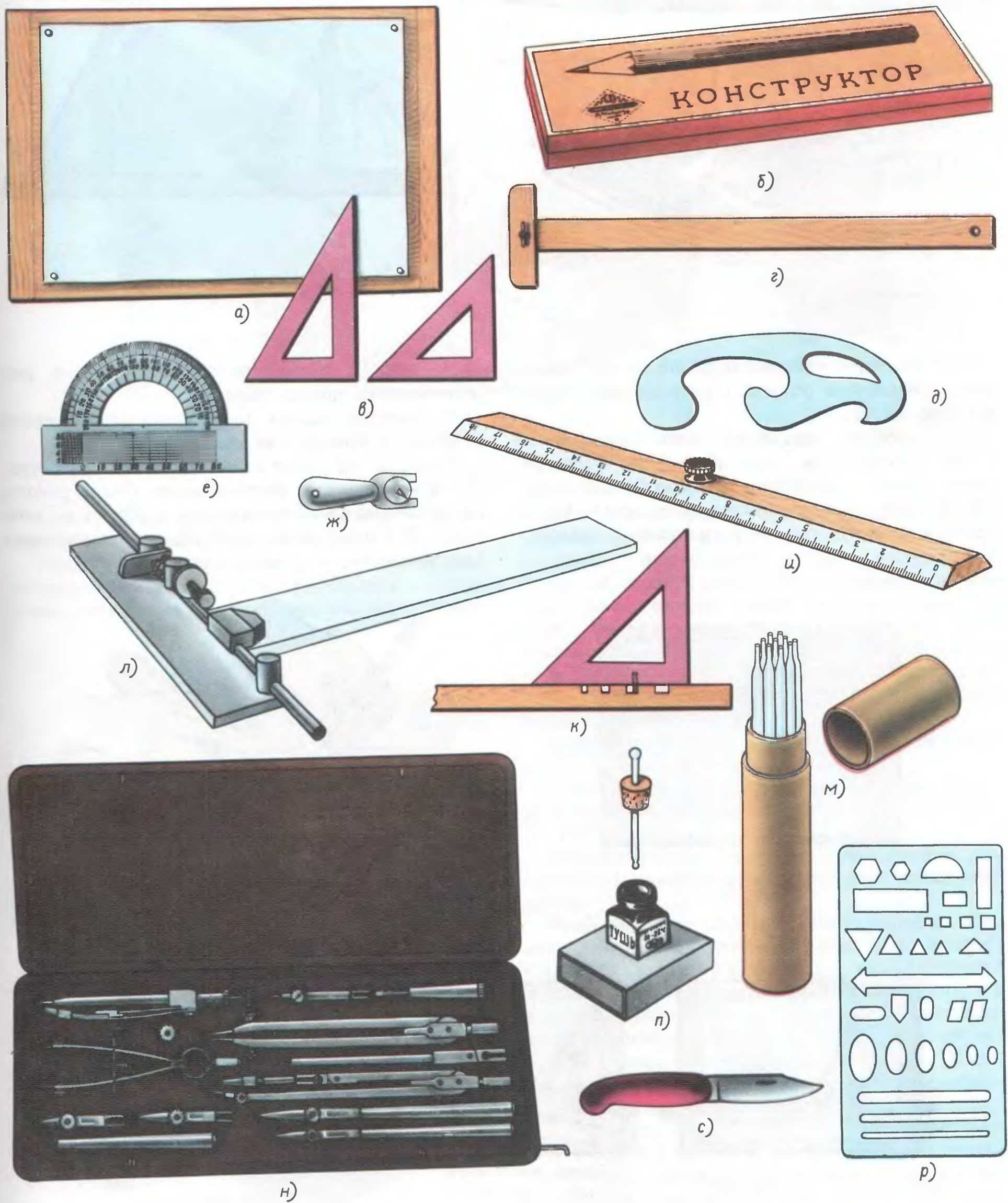


РИС. 6

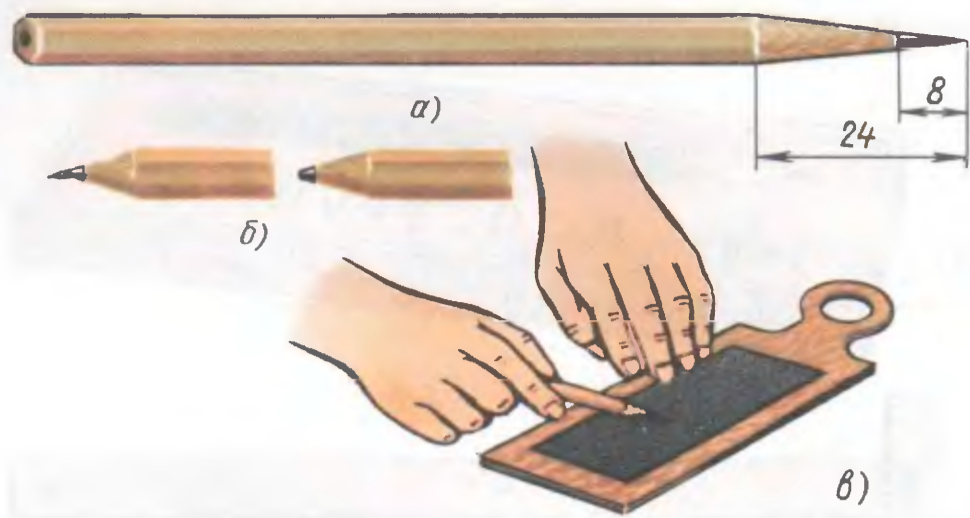


РИС. 7

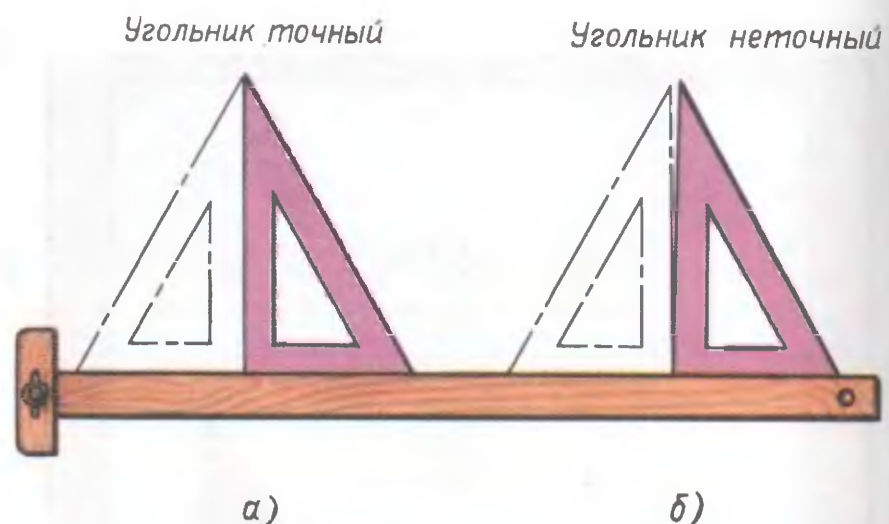


РИС. 8

При наличии чертежного стола лучше применять рейсшину на роликах с капроновыми шнурами (рис. 12, а).

Для удобства чертежника стол лучше иметь с приспособлением для изменения угла наклона доски. Подобное приспособление (рис. 12, б) позволяет устанавливать доску как в горизонтальном, так и в наклонных положениях.

На рис. 12 даны необходимые размеры для изготовления такого стола.

В конструкторских бюро используют такой чертежный прибор, как кульман (рис. 13).

Качество чертежа во многом зависит от качества и исправности инструментов. После работы инструменты следует протереть и убрать в сухое место. Это предупреждает коробление деревянных инструментов и коррозию металлических.

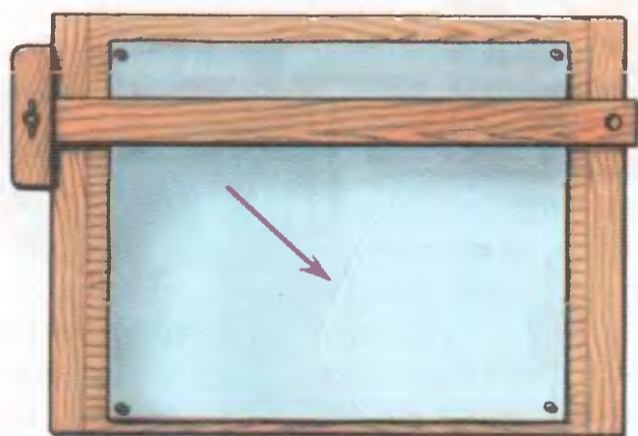


РИС. 9

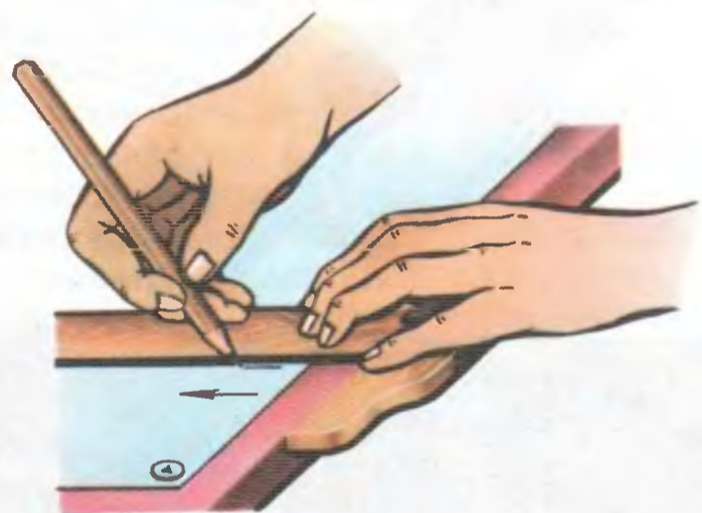


РИС. 10



РИС. 11

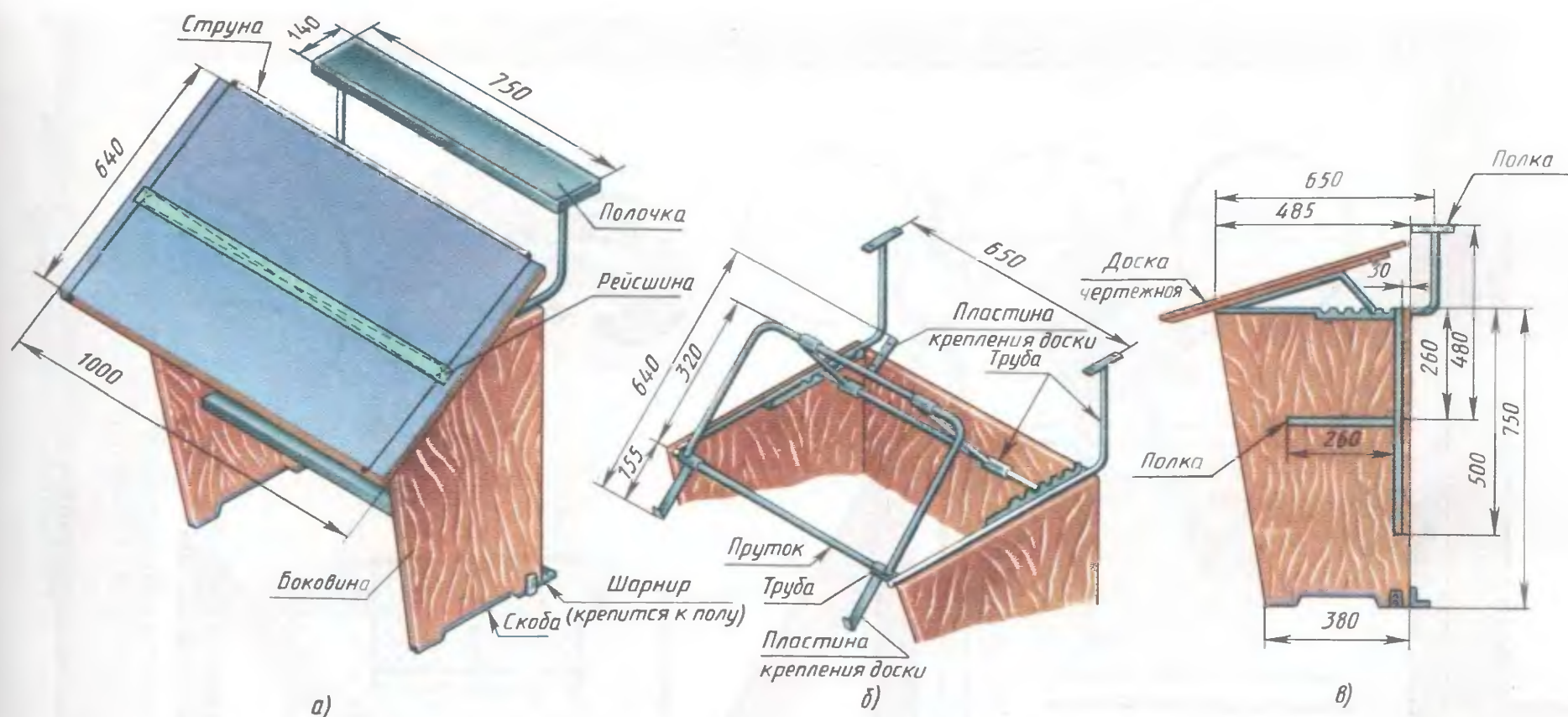


РИС. 12

Перед работой следует протереть мягкой резиной угольник и рейшину.

Чтобы правильно пользоваться чертежными инструментами, необходима тренировка в проведении горизонтальных линий по рейшине, верти-

кальных и наклонных — с помощью рейшины и угольника, окружностей — циркулем, кривых — по лекалу. Важно знать, в каком направлении следует проводить линии. Направления движения руки при проведении линий показаны стрелками на рис. 14. Горизонтальные линии проводят слева направо, вертикальные — снизу вверх, окружности и кривые — по часовой стрелке. Центр окружности должен обязательно находиться на пересечении центровых линий.

Транспортир. Для построения и измерения углов пользуются транспортиром (рис. 6, е).

Некоторые углы можно строить без транспортира, с помощью угольников, например, 30, 45, 60, 75, 105°.

Штриховальные приборы применяются для быстрого и равномерного проведения штриховых линий.

Наиболее прост штриховальный прибор из обычной линейки и угольника (рис. 6, к). В катет угольника забивается короткий металлический стержень (часть тонкого гвоздя без шляпки), а в линейке делается несколько прямоугольных прорезей различной ширины. Глубина прорезей несколько больше длины стержня угольника. Ширина прорезей определяет расстояние между параллельными штрихами.

При работе линейку и угольник перемещают так, чтобы в крайних положениях, когда проводится линия, стержень плотно прикоснулся к стенке одной из прорезей линейки. После проведения каждой линии штриха поочередно перемещают линейку и угольник.



РИС. 13

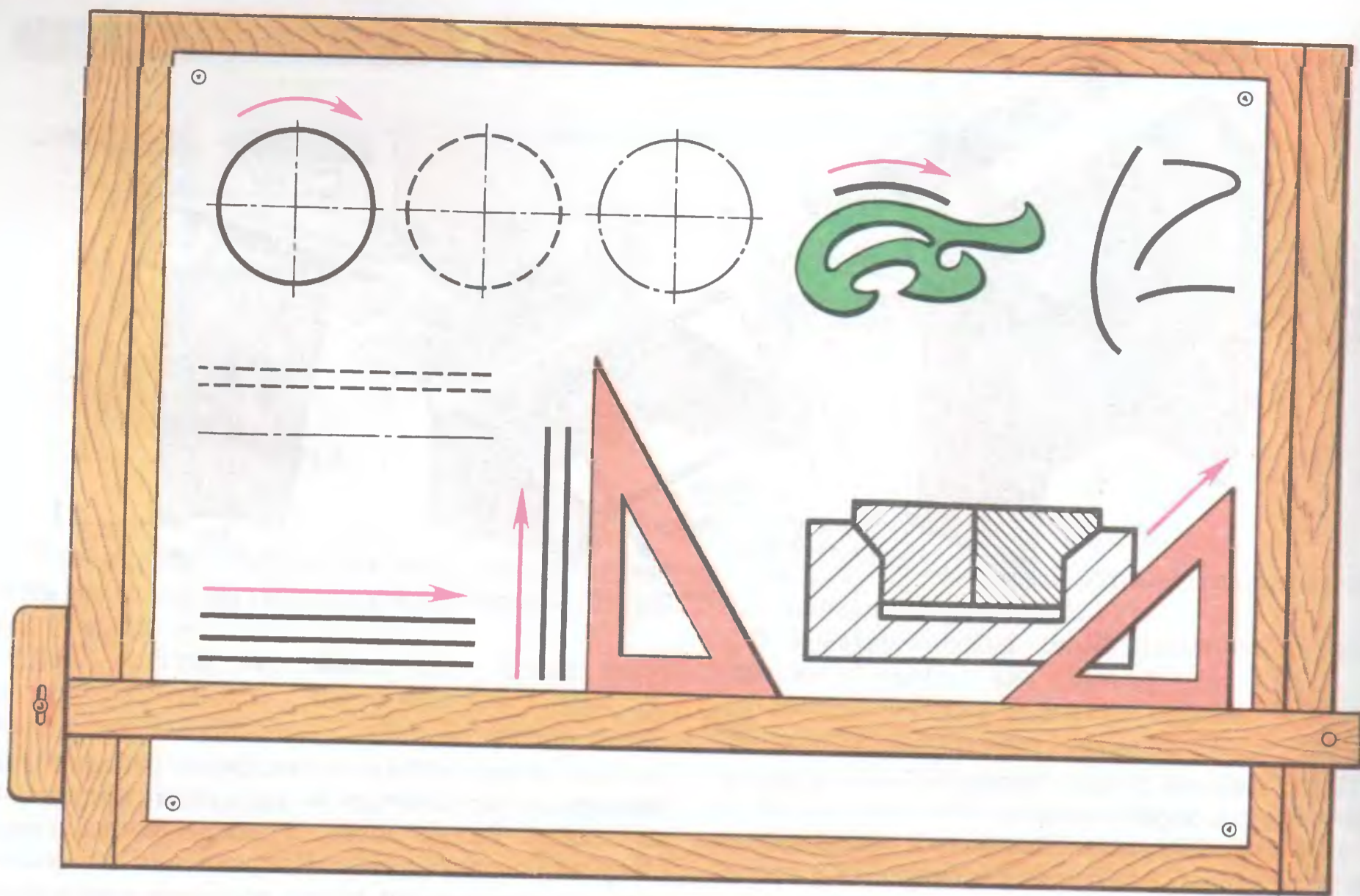


РИС. 14

При штриховке по угольнику (без прибора) расстояние между линиями штриховки сохранить довольно трудно. Глаза при этом утомляются, а даже небольшое отступление от равномерности штриховки портит общее впечатление от чертежа.

Механизированный штриховальный прибор (рис. 6, л) ускоряет выполнение штриховки и улучшает ее качество.

Измерительная линейка применяется для измерения линейных размеров (рис. 6, и).

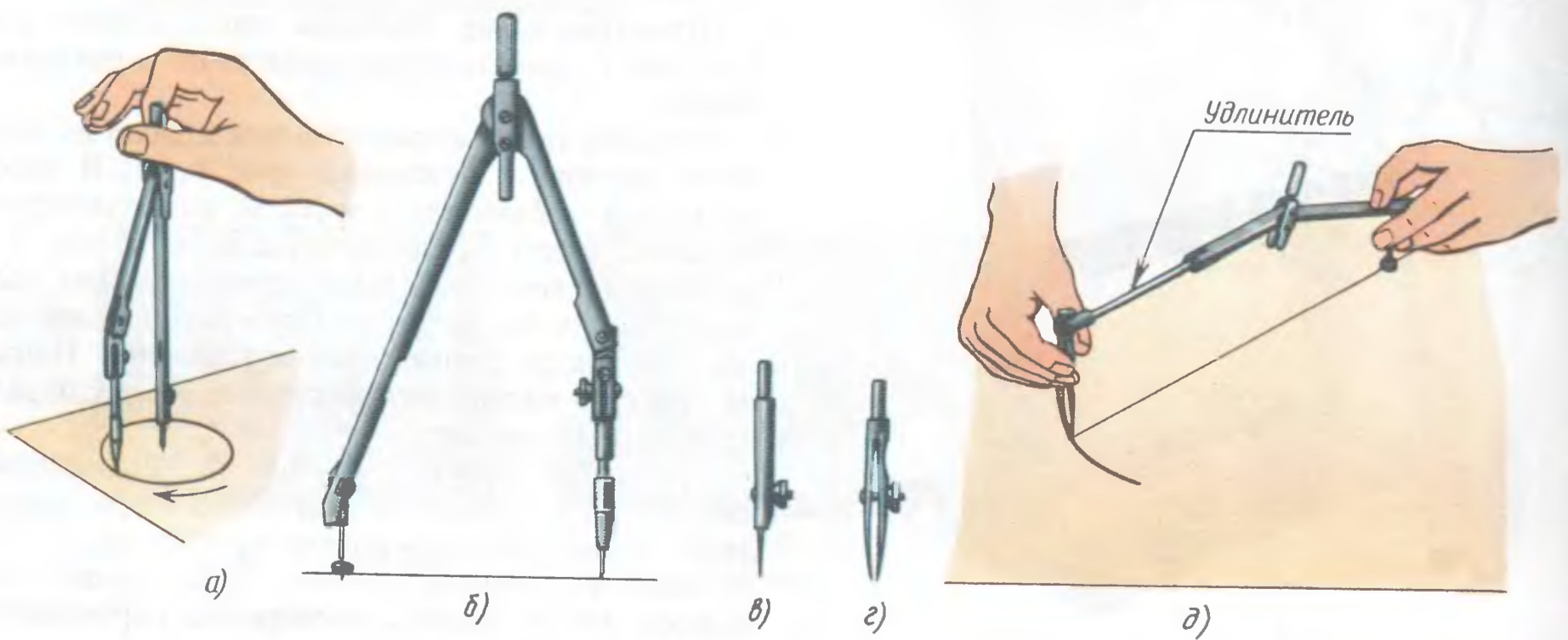


РИС. 15

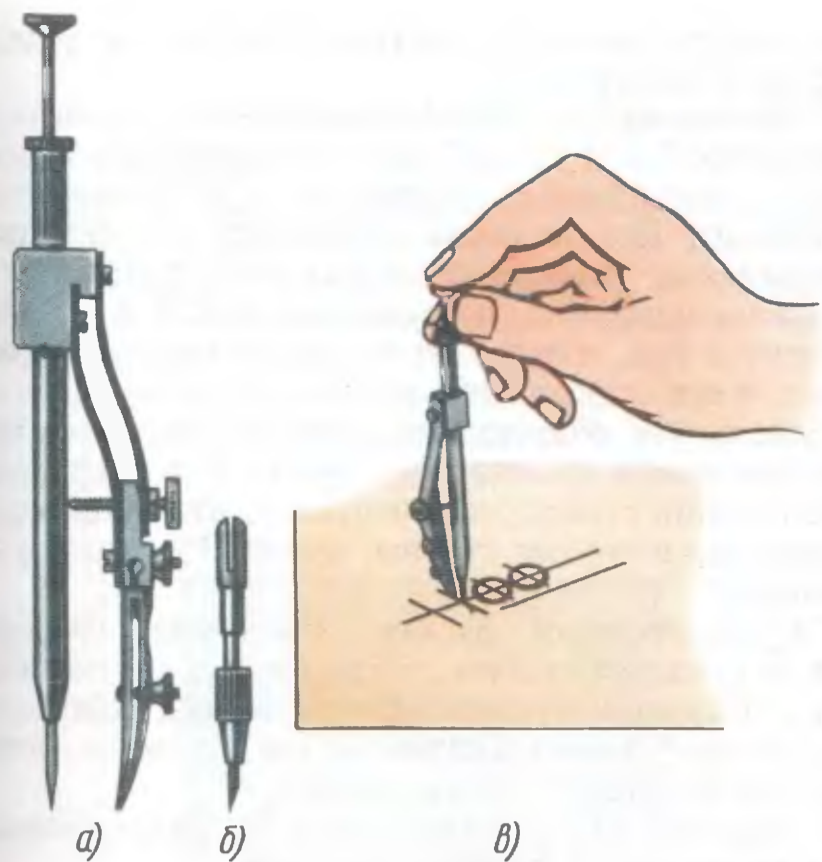


РИС. 16

Набор стеклянных трубочек (рис. 6, м) предназначен для выполнения шрифтовых работ тушью. Толщина линии зависит от диаметра трубочки.

Трафарет изготовлен из прозрачного тонкого материала с прорезями разной формы. Он применяется для удаления ненужных линий, не повреждая близлежащие (рис. 6, р).

Готовальня представляет собой набор чертежных инструментов, размещенных в специальном футляре (рис. 6, н). Обычно готовальня содержит инструменты: циркуль, кронциркуль, циркуль измерительный, рейсфедер.

Циркуль предназначен для проведения дуг окружностей (рис. 15, а). В одну ножку циркуля вставляют иглу и закрепляют ее винтом, а в другую — вставку для грифеля (рис. 15, б) или рейсфедер (рис. 15, г) для работы тушью. Для измерения линейных размеров и откладывания их на чертеже применяют вставку с иглой (рис. 15, в). При вычерчивании окружностей больших радиу-

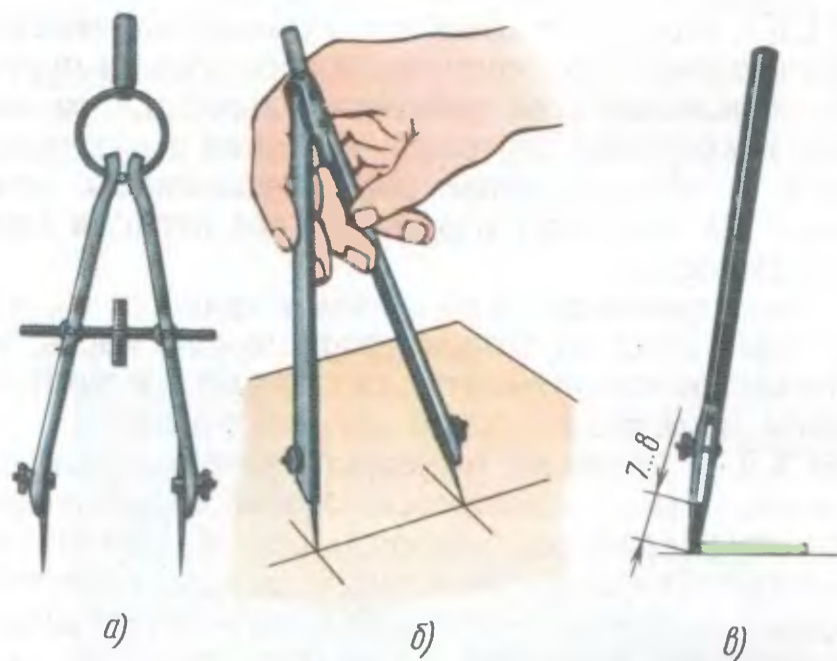


РИС. 17

сов в ножку циркуля вставляют удлинитель (рис. 15, д), в котором закрепляют вставку для грифеля или рейсфедер.

Кронциркуль (рис. 16) применяется для вычерчивания окружностей малого диаметра (от 0,5 до 10 мм). Ножка с грифелем или рейсфедером свободно вращается вокруг оси кронциркуля.

Циркуль измерительный малый и большой (рис. 17, а, б) применяют для откладывания линейных размеров.

Рейсфедер применяется для проведения линий тушью. Для наполнения рейсфедера тушью рекомендуется применять стержень, закрепленный в пробке флакона (рис. 6, п).

Проводя линию, следует немного наклонить рейсфедер в направлении движения, оставляя небольшой зазор между рейсфедером и нижней кромкой линейки (рис. 17, в). Наполнять рейсфедер тушью рекомендуется не более чем на 7...8 мм.

Г Л А В А 2

ОФОРМЛЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

§ 1. СТАНДАРТЫ

В изготовлении сложных изделий участвуют инженеры, техники и рабочие не одного, а десятков, сотен заводов самых различных отраслей промышленности, часто удаленных друг от друга на тысячи километров.

Разнобой в содержании и оформлении конструкторской документации значительно осложнял рациональную организацию производства, возможность передачи изготовления изделий с одних предприятий на другие.

Поэтому появилась необходимость установления единых, обязательных для всех правил оформ-

мления чертежей, которые делали бы их понятными для любого участка производства.

Такие правила устанавливают стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

ЕСКД содержит комплекс стандартов, обеспечивает единство оформления и обозначения чертежей, определяет срок действия стандарта, правила учета и хранения чертежей, внесения в них изменений с обязательным распространением этих правил на все виды изделий и все отрасли промышленности.

Характерным для этой системы является то, что она охватывает не только графическую часть, но включает и все элементы, связанные с использованием иной технической документации.

ЕСКД — комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные нормы и правила по разработке, оформлению и обращению конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой на всех стадиях жизненного цикла изделия (при проектировании, изготовлении, эксплуатации, ремонте и др.).

Основное назначение стандартов ЕСКД заключается в установлении единых оптимальных правил выполнения, оформления и обращения конструкторской документации, обеспечивающих: применение современных методов и средств при проектировании изделий; возможность взаимозаменяемости конструкторской документацией без ее пересмотра; оптимальную комплектность конструкторской документации; механизацию и автоматизацию обработки конструкторских документов и содержащейся в них информации; высокое качество изделий; наличие в конструкторской документации требований, обеспечивающих безопасность использования изделий для жизни и здоровья потребителей, окружающей среды, а также предотвращение причинения вреда имуществу; возможность расширения унификации и стандартизации при проектировании изделий; возможность проведения сертификации изделий; сокращение сроков и снижение трудоемкости подготовки производства; правильную эксплуатацию изделий; оперативную подготовку документации для быстрой переналадки действующего производства; упрощение форм конструкторских документов и графических изображений; возможность создания единой информационной базы автоматизированных систем (САПР, АСУП и др.); гармонизацию с соответствующими международными стандартами.

Стандарты ЕСКД распределены на девять классификационных групп (табл. 1). В каждой классификационной группе может насчитываться 99 стандартов. Поэтому группы стандартов ЕСКД могут пополняться без нарушения их нумерации.

Пример обозначения стандарта ЕСКД "Шрифты чертежные" — ГОСТ 2.304—81. Цифра "2" обозначает класс, присвоенный комплексу стандартов ЕСКД, "3" — классификационная группа стандартов (см. табл. 1), "04" — порядко-

вый номер стандарта в группе, "81" — год утверждения стандарта.

В ежемесячнике "Информационный указатель стандартов" (ИУС) публикуются сведения о всех новых утвержденных стандартах и об изменениях в прежних. При наличии изменений к цифровому обозначению стандарта справа добавляется знак "*"". Так, например, обозначение ГОСТ 2.301—68 говорит о том, что в этот стандарт внесено изменение и его содержание несколько отличается от прежнего, что обязательно следует учитывать при использовании стандартов. Буква Е в цифровом обозначении стандарта указывает, что продукция поставляется внутри страны, буква Э — только на экспорт.

Государственный Комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации ежегодно выпускает указатель всех действующих стандартов по состоянию на 1 января, которым также следует пользоваться.

Стандарты ЕСКД охватывают не только машиностроение, но и приборостроение.

Так как стандарты ЕСКД разработаны для промышленности и не учитывают особенности учебного процесса, некоторые отклонения при выполнении учебных чертежей допустимы, что учтено в настоящем учебнике.

§ 2. ФОРМАТЫ

Стандарт 2.301—68 устанавливает форматы листов чертежей и других конструкторских документов всех отраслей промышленности и строительства, что позволяет комплектовать и брошюровать конструкторские документы в альбомы.

Форматы листов определяются размерами внешней рамки.

Формат размером 1189×841 мм ($\approx 1 \text{ м}^2$) и другие форматы, полученные путем последовательного деления его на две равные части, параллельно

Таблица 1

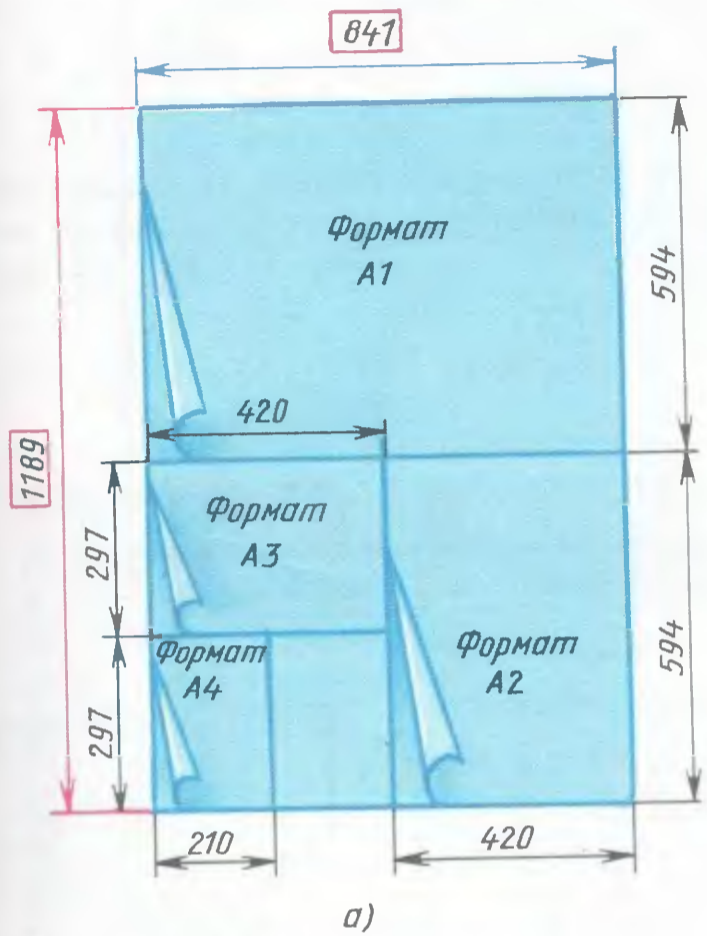
Распределение стандартов ЕСКД по классификационным группам

Шифр группы	Содержание стандартов в группе
0	Общие положения
1	Основные положения
2	Классификация и обозначение изделий в конструкторских документах
3	Общие правила выполнения чертежей
4	Правила выполнения чертежей изделий машиностроения и приборостроения
5	Правила обращения конструкторских документов (учет, хранение, дублирование, внесение изменений).
6	Правила выполнения эксплуатационной и ремонтной документации
7	Правила выполнения схем
8	Правила выполнения документов строительных и судостроения
9	Прочие стандарты

Основные форматы

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

Основные форматы



Дополнительные форматы

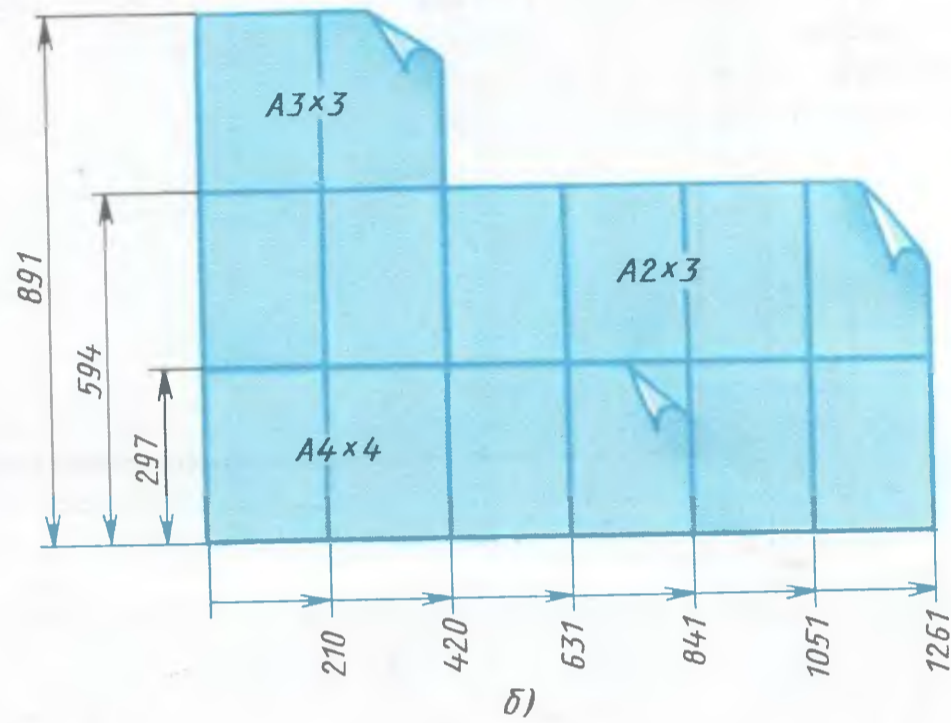


РИС. 18

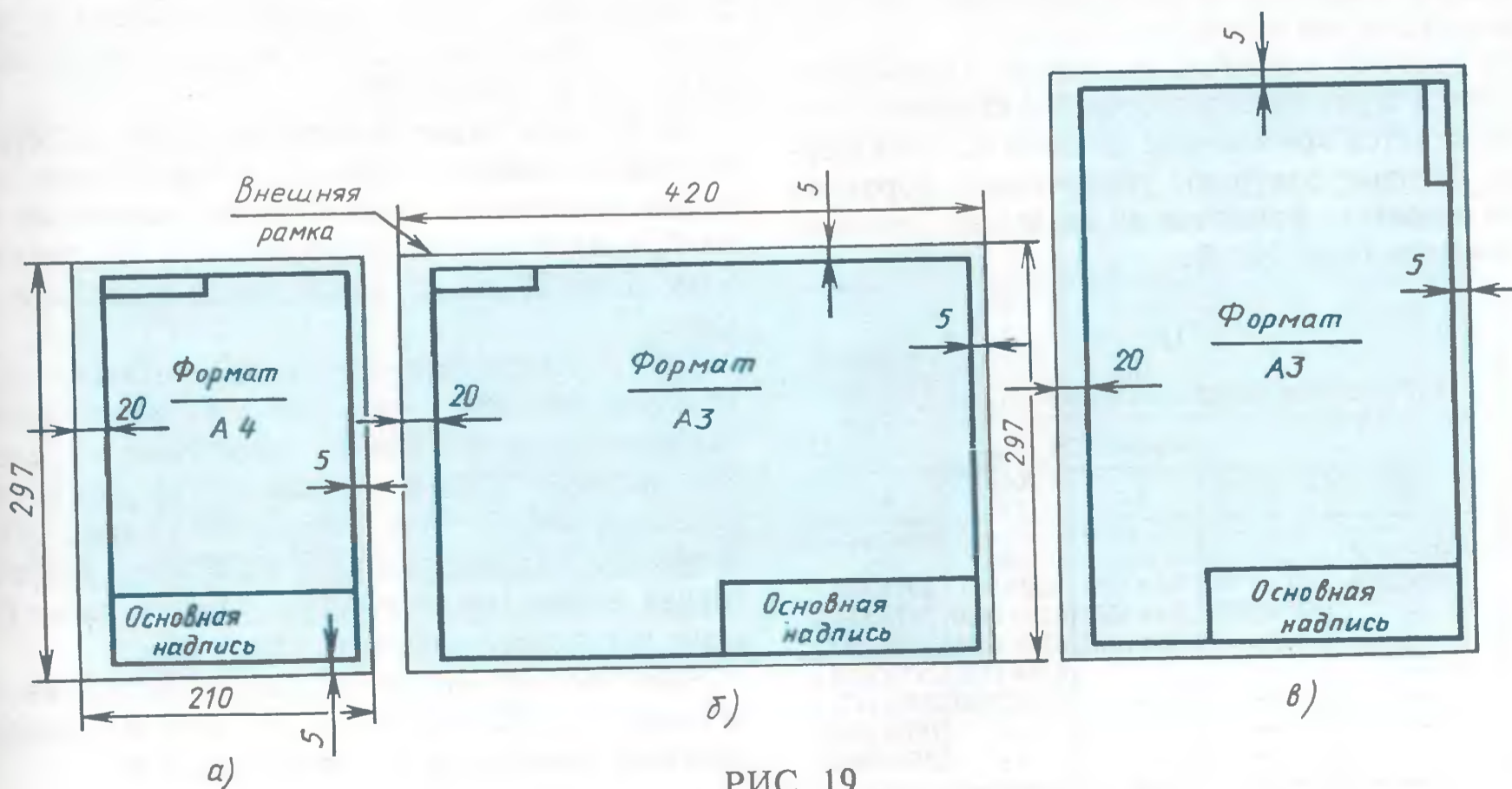


РИС. 19

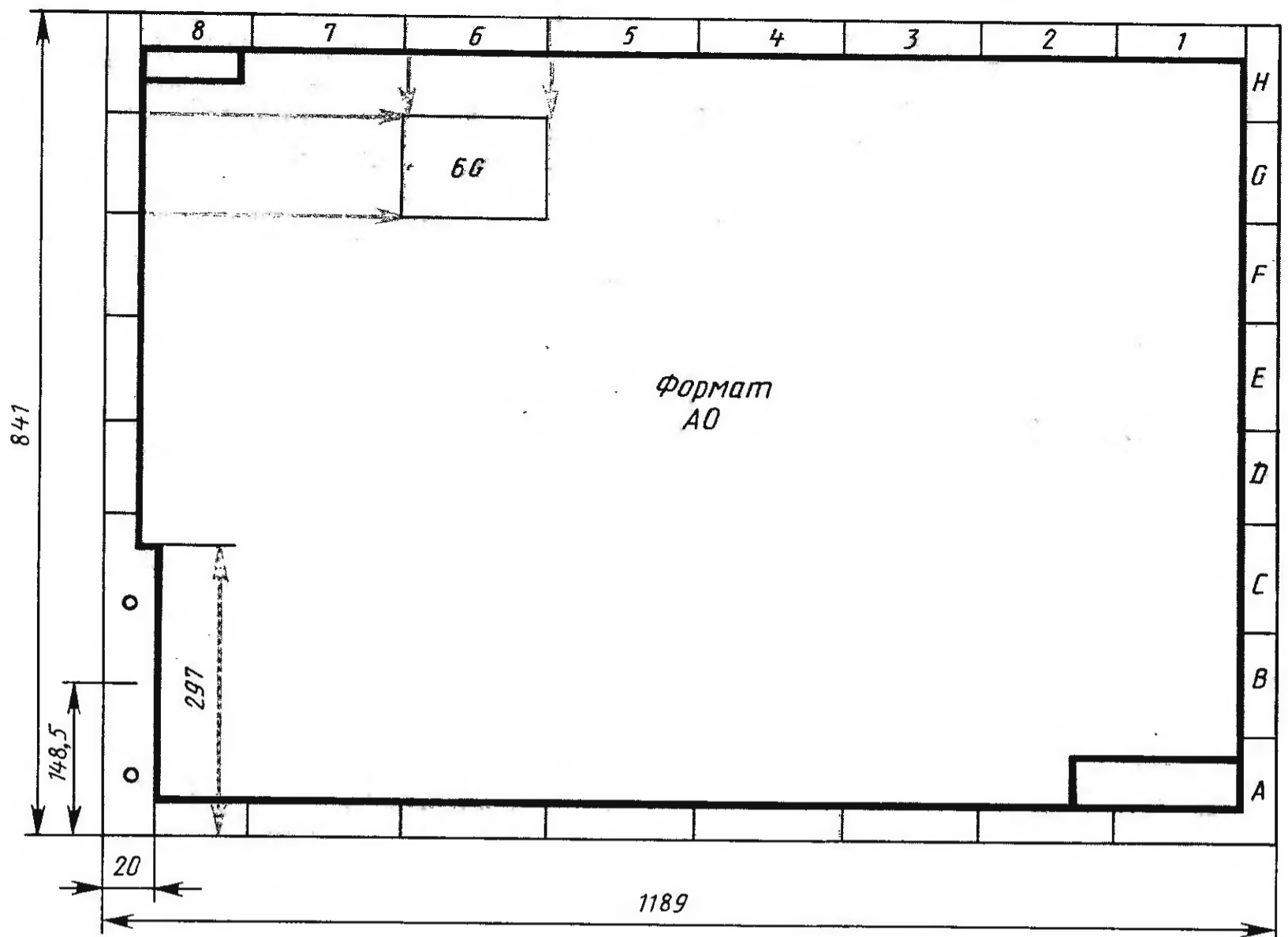


РИС. 20

меньшей стороне соответствующего формата, принимаются за основные (рис. 18, а). Обозначения и размеры основных форматов должны соответствовать указанным в табл. 2.

При необходимости допускается использовать формат А5 с размерами сторон 148×210 мм.

Допускается применение дополнительных форматов, которые получают увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам (рис. 18, б).

Размеры производных форматов следует выбирать по табл. 3. Обозначение производного формата составляется из обозначения основного формата и его кратности согласно табл. 3, например, А3×3, А2×3, А4×4 (рис. 19, б).

На каждом листе выполняется рамка, ограничивающая рабочее поле чертежа. Линии этой рамки проводят сплошной толстой линией от верхней, правой и нижней сторон внешней рамки на 5 мм и на 20 мм от левой для подшивки листа (рис. 19).

При большом формате листа для быстрого нахождения составной части изделия рекомендуется разбивать поле чертежа на зоны. Отметки, разделяющие чертеж на зоны, наносят на расстоянии, равном одной из сторон формата А4 (рис. 20), и обозначают по горизонтали арабскими цифрами справа налево, по вертикали — прописными буквами латинского алфавита снизу вверх.

Зоны обозначают сочетанием цифр и букв, например, 3А, 2С, 6D и т.д. На рис. 20 показана тонкими линиями и стрелками зона 6G.

Таблица 3
Размеры дополнительных форматов, мм

Кратность	Формат				
	А0	А1	А2	А3	А4
2	1189×1682	—	—	—	—
3	1189×2523	841×1783	594×1261	420×891	297×630
4	—	841×2378	594×1682	420×1189	297×841
5	—	—	594×2102	420×1486	297×1051
6	—	—	—	420×1783	297×1261
7	—	—	—	420×2080	297×1471
8	—	—	—	—	297×1682
9	—	—	—	—	297×1892

§ 3. ОСНОВНАЯ НАДПИСЬ ЧЕРТЕЖА

ГОСТ 2.104—68 устанавливает формы, размеры, порядок заполнения основных надписей и дополнительных граф к ним в конструкторских документах. Установлены две формы основной надписи: форма 1 — для чертежей и схем; форма 2 — для текстовых документов. Расположение основной надписи чертежа показано на рис. 19.

Основная надпись для учебных чертежей в общей части курса выполняется по форме 1 (рис. 21, а). При этом некоторые графы можно не заполнять или заполнять с некоторым изменением.

Например, на чертежах по геометрическому и проекционному черчению заполняют следующие графы (см. рис. 21, а):

Графа 1 — Наименование чертежа.
 Графа 2 — Обозначение чертежа, состоящее из индекса раздела курса черчения, например, ГЧ — геометрическое черчение, ПЧ — проекционное черчение и т.д.; справа от индекса ставится номер варианта и порядковый номер задания, например, ГЧ.12.05.

Графа 4 — Литера чертежа "у" (учебный чертеж).

Графа 9 — Название учебного заведения и шифр группы учащихся.

Графа 10 — Характер работы, выполняемый лицом, подписавшим чертеж (на учебных чертежах обычно заполняют первую строчку "Разрабо-

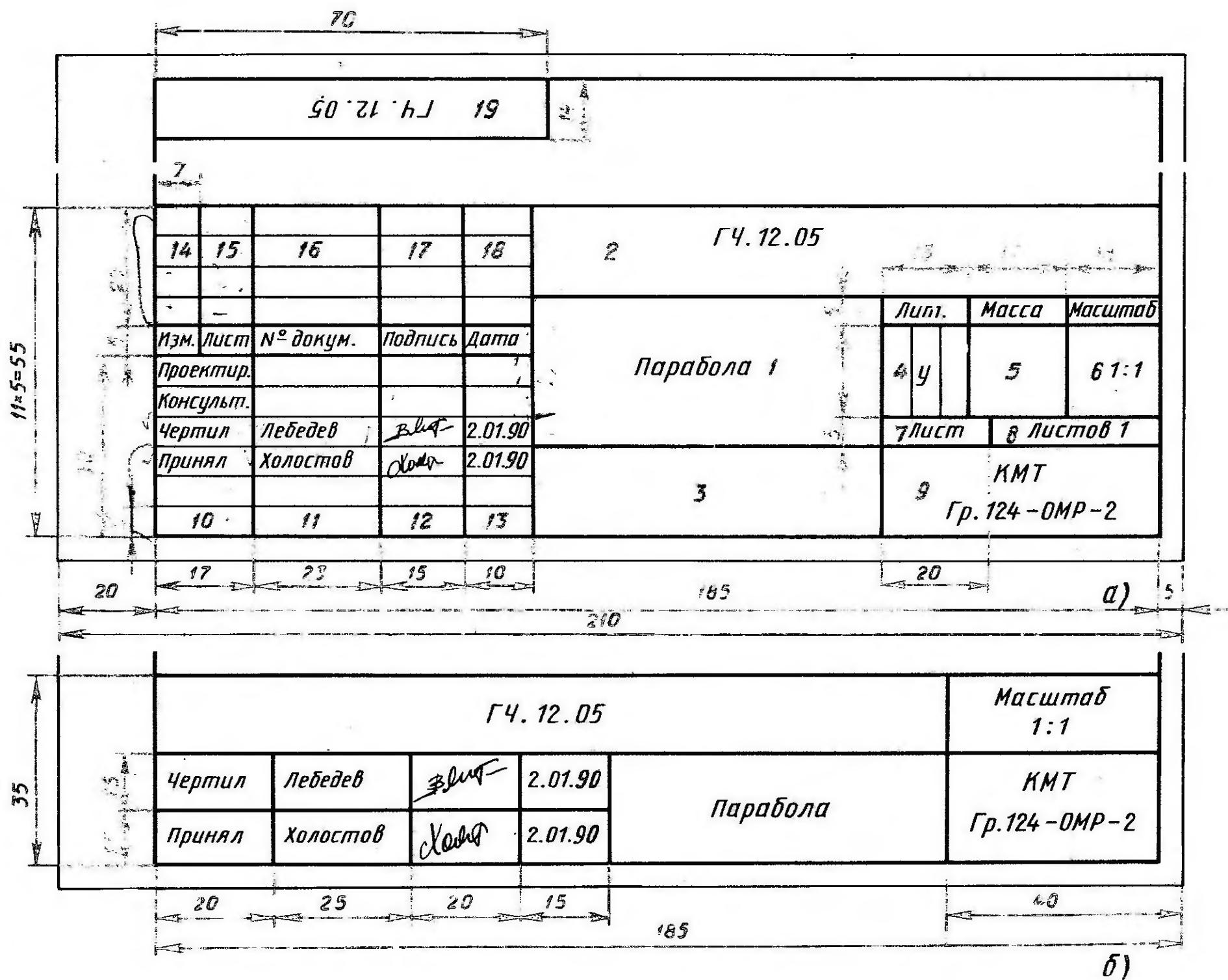


РИС. 21

тал”, вторую — ”Проверил”).

Графа 19 — В верхней части листа выполняется рамка размером 70×14 мм (рис. 19). В этой рамке пишется обозначение чертежа, повернутое на 180° для формата А4 и форматов с расположением основной подписи вдоль длинной стороны листа (рис. 19, б) и на 90° при расположении основной подписи вдоль короткой стороны листа (рис. 19, в).

О заполнении остальных граф будет указано в IV разделе в гл. 25 ”Чертеж как документ ЕСКД”.

Основные надписи, дополнительные графы к ним и рамки выполняются сплошными толстыми и сплошными тонкими линиями (ГОСТ 2.303—68). На листах формата А4 основную надпись по ГОСТ 2.301—68 располагают вдоль короткой стороны листа (рис. 19, а). Основная надпись на машиностроительных чертежах заполняется более подробно с учетом всех требований ЕСКД, о которых сказано в гл. 25.

В гл. 53 подробно рассказано об основной надписи формы 2 для текстовых документов.

На учебных чертежах допускается применять нестандартную основную надпись (рис. 21, б).

§ 4. ЛИНИИ

При выполнении любого чертежа основными элементами являются линии. Согласно ГОСТ 2.303—68 для изображения изделий на чертежах применяют линии различных типов в зави-

симости от их назначения, что способствует выявлению формы изображаемого изделия. На рис. 22 показано применение различных линий.

ГОСТ 2.303—68 устанавливает начертания основные назначения линий на чертежах всех отраслей промышленности и строительства (табл. 4).

1. Сплошная толстая основная линия выполняется толщиной, обозначаемой буквой *s*, в пределах от 0,5 до 1,4 мм в зависимости от сложности и величины изображения на данном чертеже, также от формата чертежа. Сплошная толстая линия применяется для изображения видимого контура предмета, контура вынесенного сечения и входящего в состав разреза.

2. Сплошная тонкая линия применяется для изображения размерных и выносных линий, штриховки сечений, линии контура наложенного сечения, линии-выноски, линии для изображения пограничных деталей (”обстановка”).

3. Сплошная волнистая линия применяется для изображения линий обрыва, линии разграничения вида и разреза.

4. Штриховая линия применяется для изображения невидимого контура. Длина штрихов должна быть одинаковой. Длину следует выбирать в зависимости от величины изображения, примерно от 2 до 8 мм, расстояние между штрихами 1...2 мм.

5. Штрихпунктирная тонкая линия применяется для изображения осевых и центровых линий, линий сечения, являющихся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений. Длина штрихов должна быть одинаковой и выбирается в зависимости от размера изображения, примерно

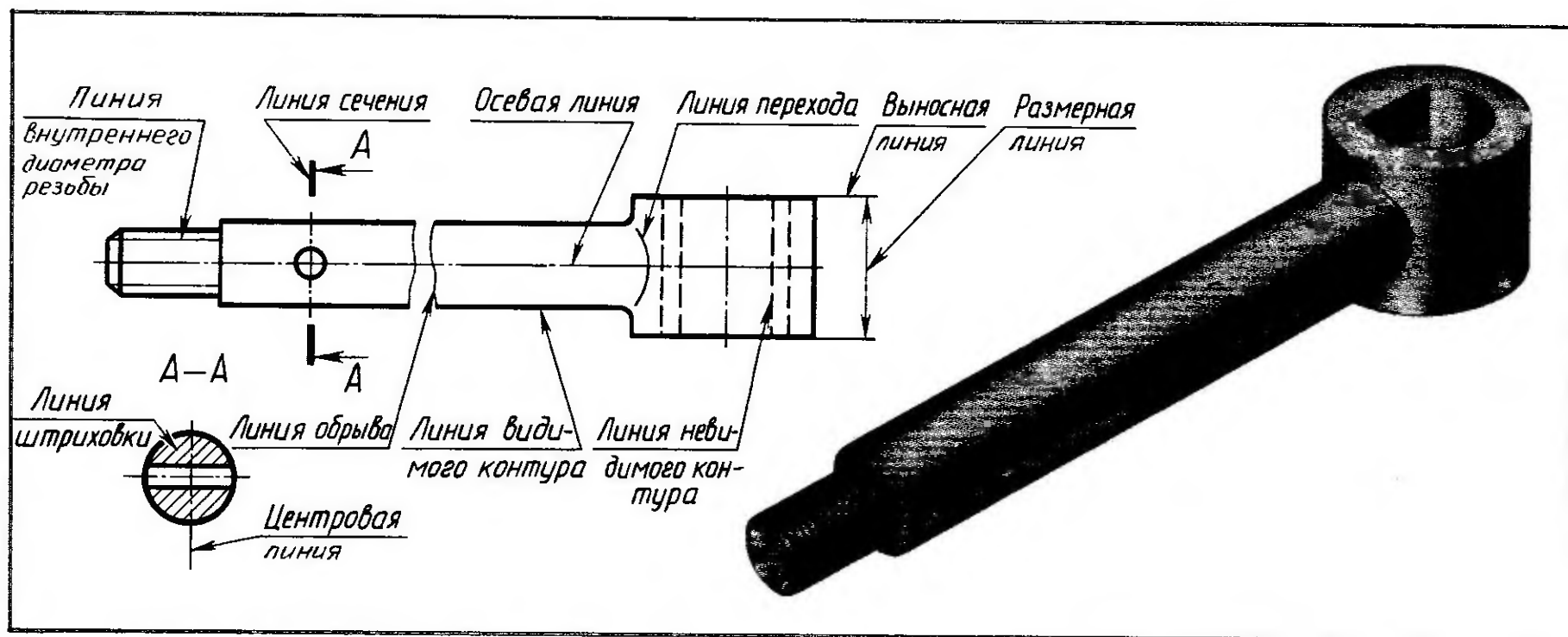


РИС. 22

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии
Сплошная толстая основная		s	Штрихпунктирная утолщенная		От $\frac{s}{2}$ до $\frac{2}{3}s$
Сплошная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Разомкнутая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$
Сплошная волнистая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Сплошная тонкая с изломами		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$
Штриховая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$	Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$
Штрихпунктирная тонкая		От $\frac{s}{3}$ до $\frac{s}{2}$			

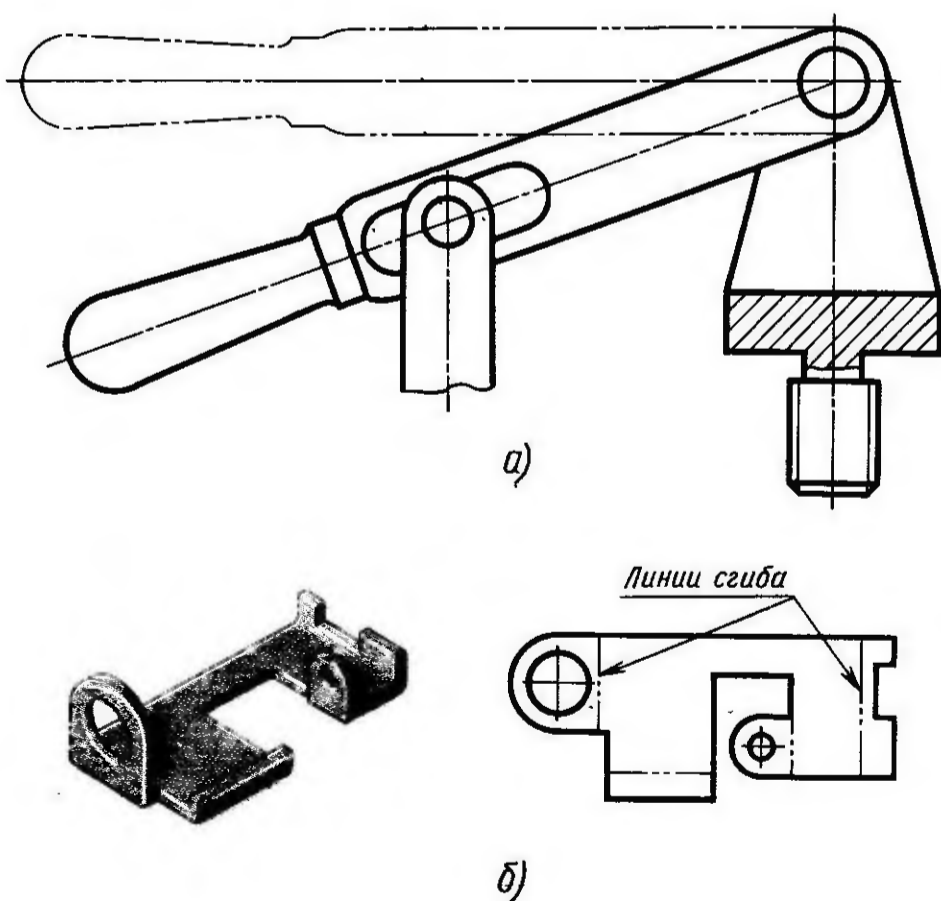


РИС. 23

от 5 до 30 мм. Расстояние между штрихами рекомендуется брать 2...3 мм.

6. Штрихпунктирная утолщенная линия применяется для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью ("наложенная проекция"), линий, обозначающих поверхности, подлежащие термообработке или покрытию.

7. Разомкнутая линия применяется для обозначения линии сечения. Длина штрихов берется 8...20 мм в зависимости от величины изображения.

8. Сплошная тонкая с изломами линия применяется при длинных линиях обрыва.

9. Штрихпунктирная с двумя точками линия применяется для изображения деталей в крайних или промежуточных положениях (рис. 23, а); линии сгиба на развертках (рис. 23, б).

Чертежи и прочие конструкторские документы содержат необходимые надписи: название изделий, размеры, данные о материале, обработке деталей, спецификации и другие надписи.

ГОСТ 2.304—81 устанавливает чертежные шрифты, наносимые на чертежи и другие технические документы всех отраслей промышленности и строительства.

Устанавливаются следующие типы шрифта:

тип А с наклоном 75° (рис. 24);

тип А без наклона;

тип Б с наклоном 75° (рис. 25);

тип Б без наклона (рис. 26).

На рис. 27 показано начертание букв латинского и греческого алфавитов.

Написание арабских и римских цифр, а также конструкция некоторых знаков приведены соответственно на рис. 28, а—в.

Размер шрифта определяет высота h прописных букв в миллиметрах.

Толщина линии шрифта d зависит от типа и высоты шрифта: $(1/14)h$ для шрифта типа А, $(1/10)h$ для шрифта типа Б.

ГОСТ устанавливает следующие размеры шрифта: 1,8; 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20. Применение шрифта 1,8 не рекомендуется и допускается только для шрифта типа Б.

Параметры шрифтов типов А и Б приведены в табл. 5 и 6.

Ширина букв и цифр (g) определяется в зависимости от размера шрифта h и может быть выражена в h (табл. 7) или d . Например, в шрифте типа Б ширина буквы Ш равна $8/10h$ или $8d$, буквы Э — $5/10h$ или $5d$, буквы И — $6/10h$ или $6d$.

Высота строчных букв s определяется размером высоты шрифта h . Например, в

*Шрифт типа А с наклоном
Прописные буквы*



Строчные буквы



РИС. 24

Шрифт типа Б с наклоном
Прописные буквы

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР

СТУФХЦЧШЩЪЫЬЭЮЯ

Строчные буквы

абвгдежзийклмнопрс

туфхцчшщъыьэюя

РЕДУКТОР Редуктор

РИС. 25

шрифте типа А $c = 10/14h$, в шрифте типа Б $c = 7/10h$ (см. табл. 5 и 6) и рис. 29.

При изучении шрифтов и для приобретения навыков выполняется вспомогательная сетка сплошными тонкими линиями.

При построении шрифта по вспомогательной сетке следует учитывать разную ширину букв (рис. 30). Необходимо также помнить, что расстояние между некоторыми буквами, например Г и А (и в аналогичных сочетаниях букв), уменьшает-

Шрифт типа Б без наклона

АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПР

абвгдежзийклмнопрстуф

РИС. 26

Шрифт типа А ($d = h/14$)

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер		Размеры, мм							
Размер шрифта:											
высота прописных букв	h	$(14/14)h$	$14d$	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
Высота строчных букв	c	$(10/14)h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	
расстояние между буквами	a	$(2/14)h$	$2d$	0,34	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	b	$(22/14)h$	$22d$	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0	
Минимальное расстояние между словами	e	$(6/14)h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	
Толщина линий шрифта	d	$(1/14)h$	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	

Таблица

Шрифт типа Б ($d = h/10$)

Параметры шрифта	Обозначение	Относительный размер		Размеры, мм							
Размер шрифта:											
высота прописных букв	h	$(10/10)h$	$10d$	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0
Высота строчных букв	c	$(7/10)h$	$7d$	1,3	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0
расстояние между буквами	a	$(2/10)h$	$2d$	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	4,0
Минимальный шаг строк (высота вспомогательной сетки)	b	$(17/10)h$	$17d$	3,1	4,3	6,0	8,5	12,0	17,0	24,0	34,0
Минимальное расстояние между словами	e	$(6/10)h$	$6d$	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	12,0
Толщина линий шрифта	d	$(1/10)h$	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0

Таблица

Ширина букв и цифр относительно размера h

Шрифт типа А

Шрифт типа Б

Буквы и цифры		Относительный размер	Буквы и цифры		Относительный размер
Прописные буквы:	Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, П, Р, Т, У, Ц, Ч, Ъ, Э, А; Г, Е, З, С; А, Д, Х, Ы, Ю; Ж, М, Ш, Щ, Ъ; Ф	$(7/14)h$ $(6/14)h$ $(8/14)h$ $(9/14)h$ $(11/14)h$	Прописные буквы:	Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, П, Р, Т, У, Ц, Ч, Ъ, Э, Я; А, Д, М, Х, Ы, Ю; Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ; Е, Г, З, С	$(6/10)h$ $(7/10)h$ $(8/10)h$ $(5/10)h$
Строчные буквы:	з, с; а, б, в, г, д, е, и, й; к, л, н, о, п, р, у, х, ц, ч, ъ, э, я, м, ъ, ы; ж, ю; т, ф, ш, щ	$(5/14)h$ $(6/14)h$ $(7/14)h$ $(8/14)h$ $(9/14)h$	Строчные буквы:	а, б, в, г, д, е, з, и, й, к, л, н, о, п, р, у, х, ч, ц, ъ, э, я; м, ъ, ы, ю; ж, т, ф, ш, щ; с	$(5/10)h$ $(6/10)h$ $(7/10)h$ $(4/10)h$
Арабские цифры:	2, 4, 6, 7, 8, 9, 0; 3, 5; 1	$(7/14)h$ $(6/14)h$ $(4/14)h$	Арабские цифры:	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 0; 4; 1	$(5/10)h$ $(6/10)h$ $(3/10)h$

Латинский алфавит

Шрифт типа Б

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

Греческий алфавит

Шрифт типа Б

ΑΒΓΔΕΖΗΘΙΚΛΜΝΞΟΠΡΣΤΥΦΧΨΩ
αβγδεζηθικλμνξοπρστυφχψω

РИС. 27

I II III IV V VI VII VIII IX X

а)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

б)

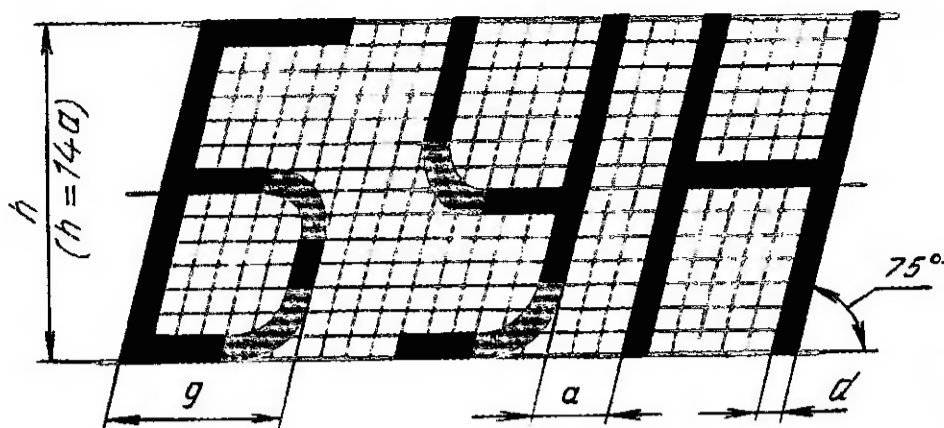
% □ ∅ №

в)

РИС. 28

Шрифт типа А

Прописные буквы

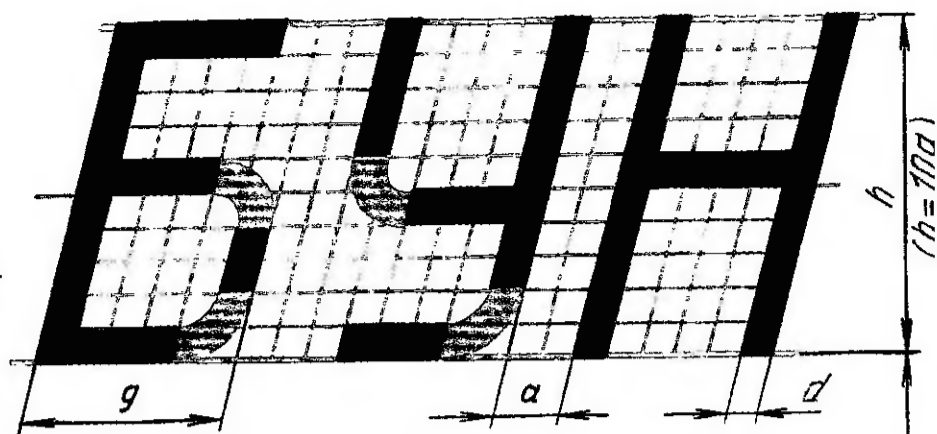


Строчные буквы



Шрифт типа Б

Прописные буквы



Строчные буквы



РИС. 29

ся до размера, равного толщине линии букв (см. рис. 30, буквы Г и Л).

Прописные буквы по начертанию условно можно разделить на три группы. При написании букв первой группы, например, Ш, Ц, Г, И, не требуются вспомогательные горизонтальные линии. Для написания второй группы нужно учитывать, что посередине сетки проходит линия, над которой или под которой располагаются средние элементы букв, например, букв Э, Ч, Ю, Б. Для написания букв третьей группы необходимо учитывать две линии, которые находятся на расстоянии $3/14h$ (для шрифта типа А) от верхней и нижней линии, ограничивающие скругление букв (буквы Э, С, Ю, О). В шрифте типа Б эти две линии расположены на расстоянии $2/10h$. Это нужно учитывать и при выполнении строчных букв.

Для выполнения упражнения по написанию шрифта можно использовать упрощенную сетку. На рис. 31, а показано написание букв с помощью обычной сетки, а на рис. 31, б, используя упрощенную.

Последовательность выполнения упражнения по написанию стандартного шрифта типа Б размером $h=10$ следующая. Проводят все вспомогательные

горизонтальные прямые линии, определяющие границы строчек шрифта. Расстояния между строчками b , равное 16 мм, откладывают, как показано на рис. 32. Далее надо отложить высоту шрифта h , т.е. 10 мм. На основаниях полученных строк следует отложить отрезки, равные ширине букв плюс расстояние между буквами. Например для буквы А этот отрезок равен $9/10h$ ($7/10h$ — ширина буквы, $2/10h$ — расстояние между буквами). Ширину букв и цифр можно взять табл. 8.

При разметке строки следует учитывать сочетание букв типа РА, ГА, ТА и т.п. Наклонные линии для сетки под углом 75° проводят через отмеченные точки с помощью двух треугольников с углом 45° и с углами 30° и 60° (рис. 33).

Освоив написание шрифтов, надписи на чертежах можно выполнять без построения сеток, руки, соблюдая наклон букв, толщину линии шрифта и соотношения их элементов, проводя только горизонтальные вспомогательные линии.

Карандаш затачивается в зависимости от толщины шрифта (параметра d) (рис. 34).

Надписи тушью выполняют специальными перьями-воронками (рис. 35, а), чертежными перьями.

Ширина букв и цифр шрифта типа Б, мм

Буквы и цифры		Относительный размер	Размер шрифта (высота прописных букв)							
			1,8	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Прописные буквы	Б, В, И, Й, К, Л, Н, О, П, Р, Т, У, Ц, Ч, Ъ, Э, Я	$(6/10)h$	1	1,4	2	3	4	6	8	12
	А, Д, М, Х, Ы, Ю	$(7/10)h$	1,2	1,7	2,5	3,5	5	7	10	14
	Ж, Ф, Ш, Щ, Ъ	$(8/10)h$	1,5	2	3	4	5,5	8	11	16
	Е, Г, З, С	$(5/10)h$	1	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10
Строчные буквы	а, б, в, г, д, е, з, и, й, к, л, н, о, п, р, у, х, ч, ц, ь, э, я	$(5/10)h$	1	1,3	1,8	2,5	3,5	5	7	10
	м, ь, ы, ю	$(6/10)h$	1	1,4	2	3	4	6	8	12
	ж, т, ф, ш, щ	$(7/10)h$	1,2	1,7	2,5	3,5	5	7	10	14
	с	$(4/10)h$	0,8	1	1,6	2	3	4	6	8
Цифры	2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 0	$(5/10)h$	1	1,2	1,8	2,5	3,5	5	7	20
	1	$(3/10)h$	0,5	0,7	1	1,5	2	3	4	6
	4	$(6/10)h$	1	1,4	2	3	4	6	8	12



РИС. 30

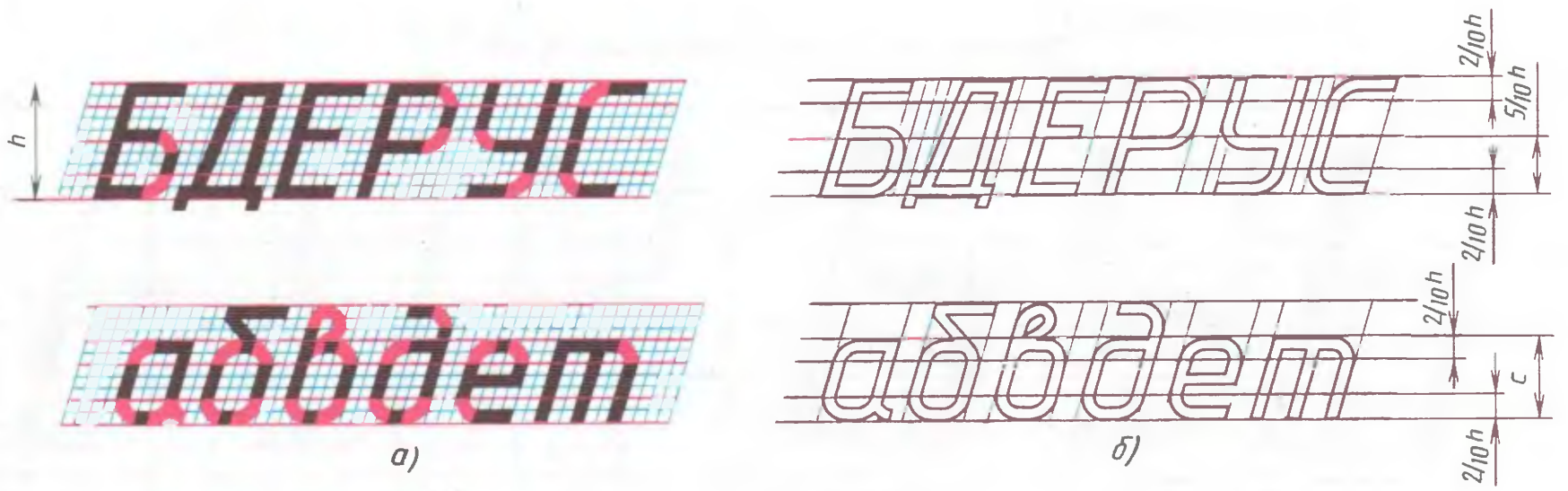


РИС. 31

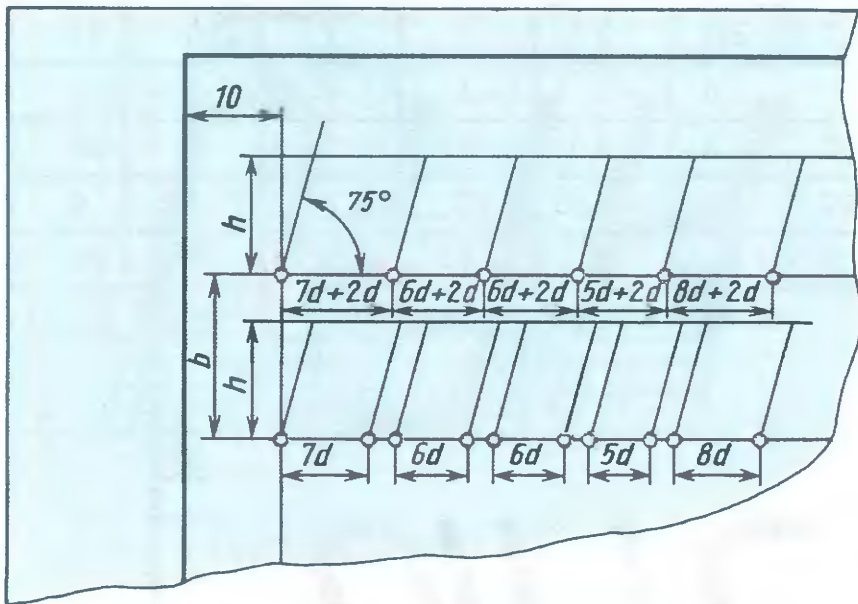


РИС. 32

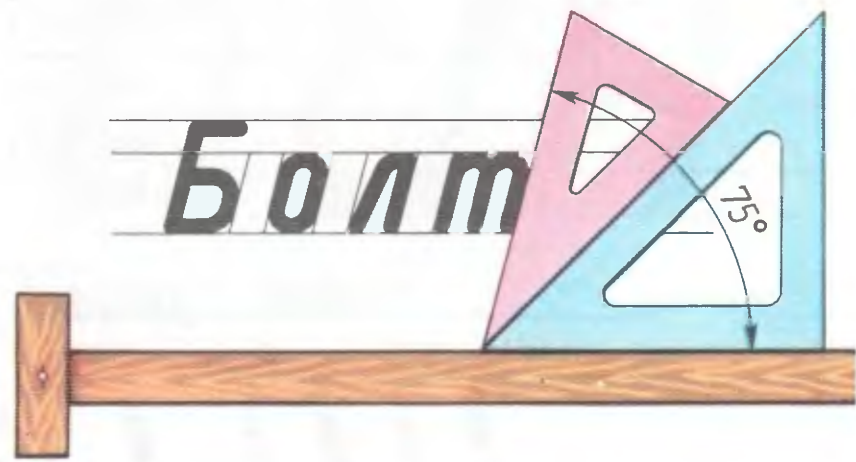


РИС. 33



РИС. 34

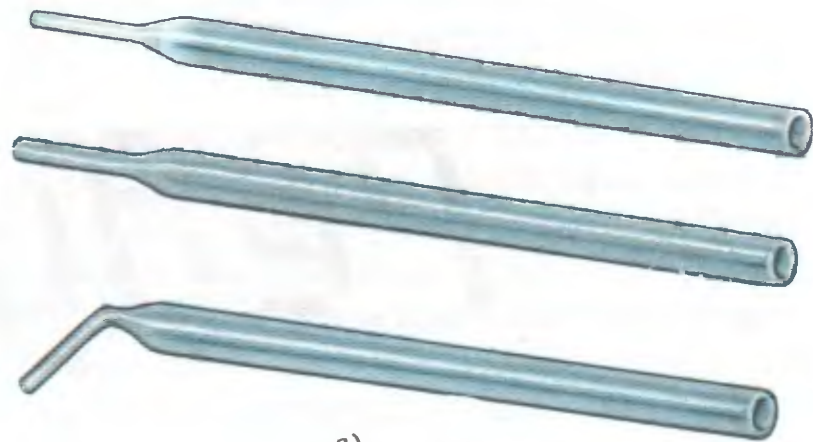
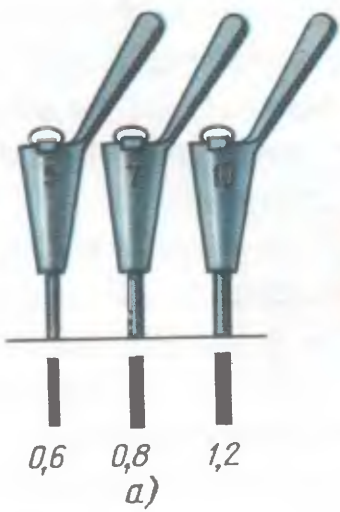


РИС. 35

ями (рис. 35, б) или набором стеклянных трубочек (рис. 35, в). Диаметр отверстия тонкого конца стеклянной трубочки соответствует толщине об-

водки букв определенного размера шрифта. Для удобства работы можно загнуть конец трубочки, нагревая ее в пламени горелки.

Г Л А В А 4

МАСШТАБЫ. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ

§ 1. МАСШТАБЫ

Чертежи рекомендуется выполнять в натуральную величину, что дает правильное представление о действительных размерах изделия. Но это не всегда позволяют размеры изделия и форматы листов. В таких случаях чертеж выполняют в уменьшенном виде, т.е. в масштабе.

Таблица 9

Масштабы по ГОСТ 2.302—68

Масштабы уменьшения	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:200; 1:400; 1:500; 1:800; 1:1000
Натуральная величина	1:1
Масштабы увеличения	2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1

Масштаб — это отношение линейных размеров изображаемого предмета на чертеже к его натуральным размерам.

ГОСТ 2.302—68 устанавливает масштабы изображения и их обозначение на чертежах всех отраслей промышленности и строительства (табл. 9).

§ 2. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖАХ

Правила нанесения размеров и предельных отклонений на чертежах и других технических документах устанавливает ГОСТ 2.307—68.

В данном параграфе указаны только те правила, которые необходимы при выполнении чертежей общей части курса черчения.

Размеры на чертежах указывают размерными числами и размерными линиями. Размерные числа должны соответствовать действительным размерам изображаемого предмета, независимо от того, в каком масштабе и с какой точностью выполнен чертеж.

Размеры бывают линейные — длина, ширина, высота, величина диаметра, радиуса, дуги и угловые — размеры углов.

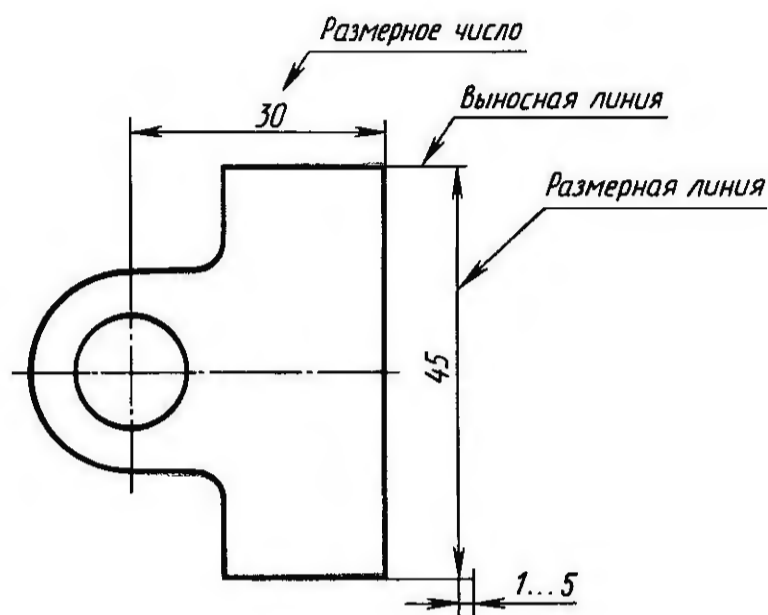


РИС. 36

Линейные размеры указывают на чертеже в миллиметрах, единицу измерения на чертеже не указывают.

Стрелки, ограничивающие размерные линии, должны упираться острием в соответствующие линии контура или в выносные и осевые линии (рис. 36). Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм.

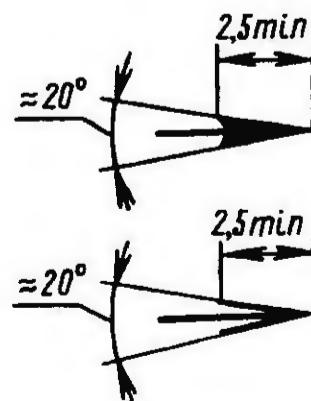


РИС. 37

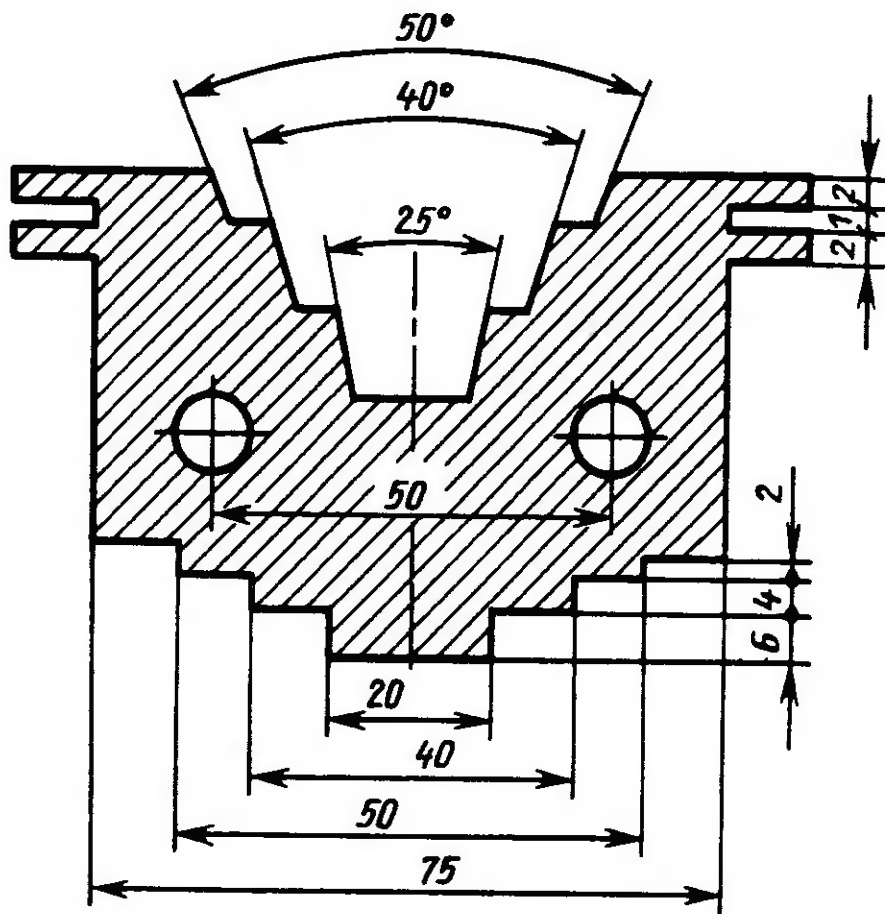


РИС. 38

Величина стрелки выбирается в зависимости от толщины линий видимого контура (s) и должна быть одинакова для всех размерных линий чертежа. Форма стрелки и примерное соотношение ее элементов показаны на рис. 37. Размерные и выносные линии выполняют сплошными тонкими линиями. В пределах одного чертежа размерные числа выполняют цифрами одного шрифта (чаще применяют шрифт размером 3,5). Размерные числа ставят над размерной линией, параллельно ей и как можно ближе к середине.

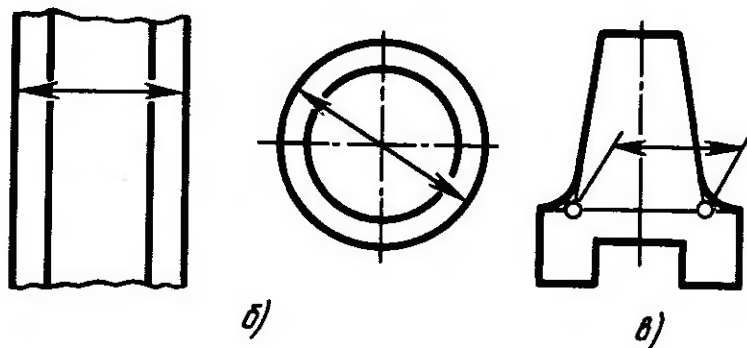
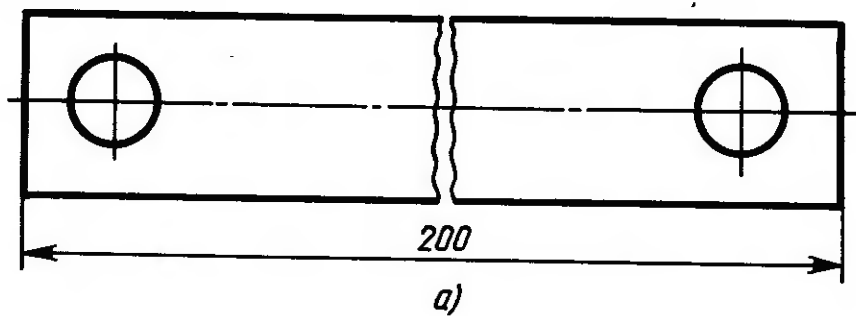


РИС. 39

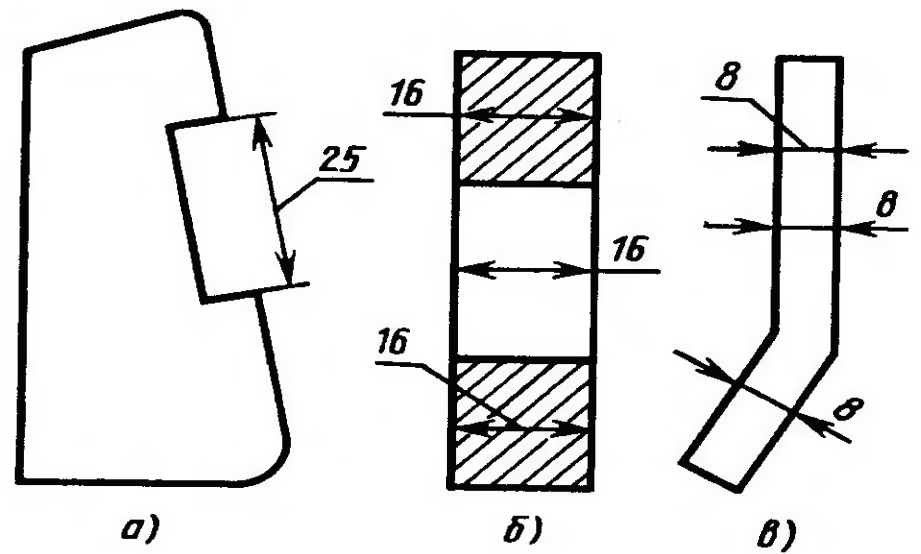


РИС. 40

Минимальное расстояние между параллельными размерными линиями должно быть 7 мм, а между размерной линией и линией контура — 10 мм.

Необходимо избегать пересечения размерных и выносных линий.

При нанесении нескольких параллельных или концентрических размерных линий на небольшом расстоянии друг от друга размерные числа над ними рекомендуется располагать в шахматном порядке (рис. 38).

При недостатке места для стрелок на размерных линиях, расположенных цепочкой, стрелки допускается заменять засечками (размеры 2; 1; 2 на рис. 38), наносимыми под углом 45° к размерным линиям, или точками (размеры 6; 4; 2 на рис. 38). В местах нанесения размерного числа осевые, центровые линии и линии штриховки прерывают (размер 50 на рис. 38).

При изображении изделия с разрывом размерную линию не прерывают и наносят действительный размер (рис. 39, а). Если стрелки размерных линий пересекают расположенные близко друг к другу контурные линии, то эти линии рекомендуется прерывать (рис. 39, б). В случае, показанном на рисунке 39, в, размерную и выносные линии проводят так, чтобы они вместе с измеряемым отрезком образовали параллелограмм.

Если наклон размерной линии к вертикали менее 30° , то размерное число наносят на полке линии-выноски (рис. 40, а).

Способ нанесения размерного числа при различных положениях размерных линий на чертеже определяют наибольшим удобством чтения чертежа. Если для нанесения размерного числа недостаточно места над размерной линией, то размеры наносят как показано на рис. 40, б; если недостаточно места для нанесения стрелок, то их наносят как показано на рис. 40, в.

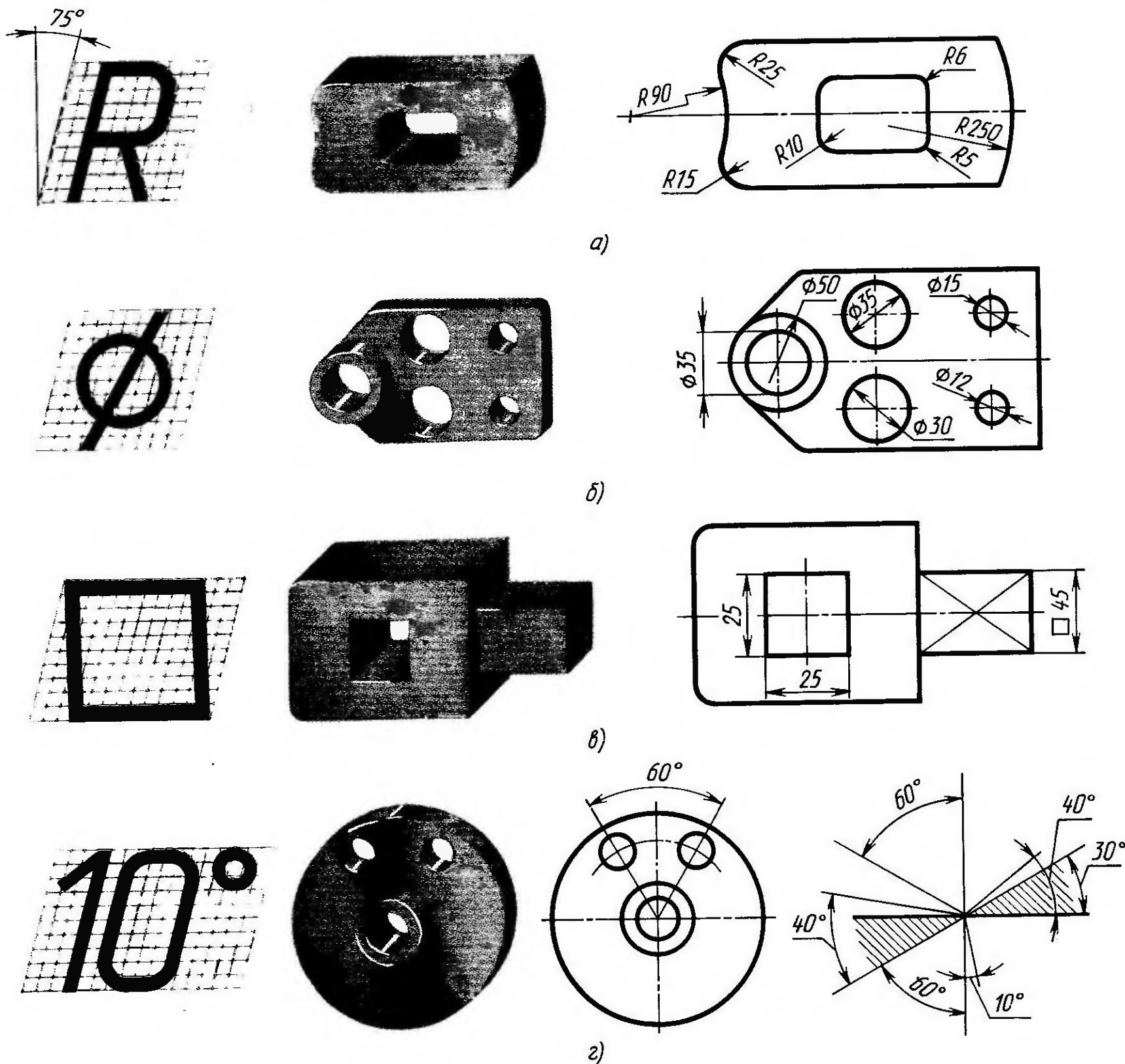


РИС. 41

При указании размера радиуса перед размерным числом ставят прописную букву *R*. На рис. 41, а показаны примеры нанесения размеров радиусов.

При большой величине радиуса допускается центр приближать к дуге, в этом случае размерную линию радиуса показывают с изломом под углом 90° ($R90$ на рис. 41, а). Если не требуется указывать размеры, определяющие положение центра дуги окружности, то размерную линию радиуса допускается не доводить до центра и смещать ее относительно центра ($R250$ на рис. 41, а).

Перед размерным числом диаметра ставят знак \varnothing (рис. 41, б), высота которого равна высоте цифр размерных чисел. Знак представляет собой

окружность, пересеченную кривой чертой под углом 45° к размерной линии.

При указании размера диаметра окружности размерную линию можно проводить с обрывом, при этом обрыв размерной линии следует делать несколько дальше центра окружности ($\varnothing 50$ на рис. 41, б).

Если недостаточно места для нанесения стрелок или размерного числа над размерной линией, то размеры диаметров наносят, как показано на рис. 41, б, $\varnothing 15$; $\varnothing 12$.

При указании радиуса или диаметра сферы также пользуются знаками *R* и \varnothing . В случа-

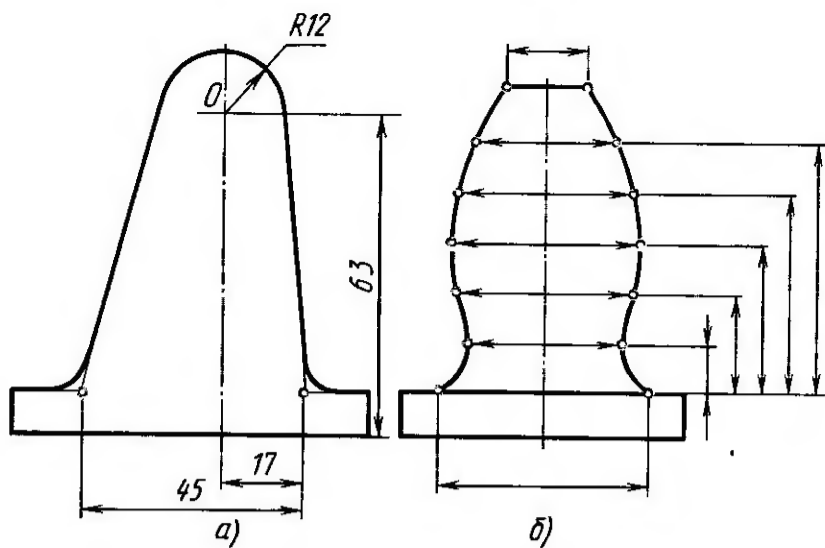


РИС. 42

ях, когда на чертеже трудно отличить сферу от других поверхностей, допускается надпись "Сфера" или знак \bigcirc , например, "Сфера $\varnothing 30$ " или " $\bigcirc R12$ ".

Размеры квадрата наносят, как показано на рис. 41, в. Высота знака \square должна быть

равна высоте размерных чисел на чертеже (ГОСТ 2.307—68).

Нанесение угловых размеров показано на рис. 41, г. Для указания размера угла размерная линия проводится в виде дуги с центром в его вершине, а выносные линии — радиально. В зоне, расположенной выше горизонтальной осевой линии, размерные числа помещают над размерными линиями со стороны их выпуклости; в зоне, расположенной ниже горизонтальной осевой линии, — со стороны вогнутости размерных линий.

В заштрихованной зоне наносить размерные числа не рекомендуется. В этом случае размерные числа должны располагаться на горизонтально нанесенных полках линий-выносок (рис. 41, г, размеры 30° и 40°).

В случаях, когда надо показать координаты вершины скругляемого угла или центра дуги, выносные линии проводят от точки пересечения сторон скругляемого угла (размер 45 на рис. 42, а) или от центра дуги скругления (размер 17 на рис. 42, а).

Размеры контура криволинейного профиля наносят, как показано на рис. 42, б.

Г Л А В А 5

НЕКОТОРЫЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ

§ 1. ДЕЛЕНИЕ ОТРЕЗКОВ ПРЯМЫХ НА РАВНЫЕ ЧАСТИ

Из многочисленных случаев в этом параграфе рассматриваются только те, которые часто встречаются при выполнении чертежей.

Деление отрезка прямой на две и четыре равные части. Чтобы отрезок AB разделить на две равные части, из концов отрезка циркулем проводят две дуги окружности радиусом R , несколько большим половины данного отрезка, до взаимного пересечения в точках n и m (рис. 43, а). Точки n и m соединяют прямой, которая пересекает отрезок AB в точке C . Точка C делит отрезок AB на две равные части. Проведя подобное построение для отрезка AC , находим его середину — точку D . Повторив построение для отрезка CB , разделим отрезок AB на четыре равные части.

При вычерчивании детали, показанной на рис. 43, б, применяют способ деления отрезка на четыре части.

Деление отрезка прямой на любое число равных частей. Пусть отрезок AB требуется разделить на 11 равных частей. Для этого из любого конца данного отрезка, например, из точки B (рис. 44, а), проводят под произвольным острым углом вспомогательную прямую линию BC , на которой от точки B измерительным циркулем откладывают 11 равных отрезков произвольной величины. Крайнюю точку 11 последней отложен-

ной части соединяют с точкой A концом отрезка прямой AB . Затем с помощью линейки и угольника проводят ряд прямых, параллельных прямой $11A$, которые и делят отрезок AB на 11 равных частей.

На рис. 44, б показана деталь, при вычерчивании которой можно применить данный способ.

§ 2. ПОСТРОЕНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ УГЛОВ ТРАНСПОРТИРОМ

Транспортир — это прибор для измерения и построения углов. Это полукруг с разбивкой на градусы, соединенный с опорной планкой.

Для измерения угла транспортир прикладывают опорной планкой к одной из сторон данного угла (рис. 45, а) так, чтобы вершина угла (точка A) совпадала с точкой O на транспортире. Величину угла CAB в градусах определяют по шкале транспортира.

Для построения угла заданной величины (в градусах) со стороной AB и вершиной в точке A к AB прикладывают транспортир так, чтобы его центр (точка O) совпал с точкой A прямой AB , затем у деления шкалы транспортира, соответствующего заданному числу градусов (например 55°), наносят точку n .

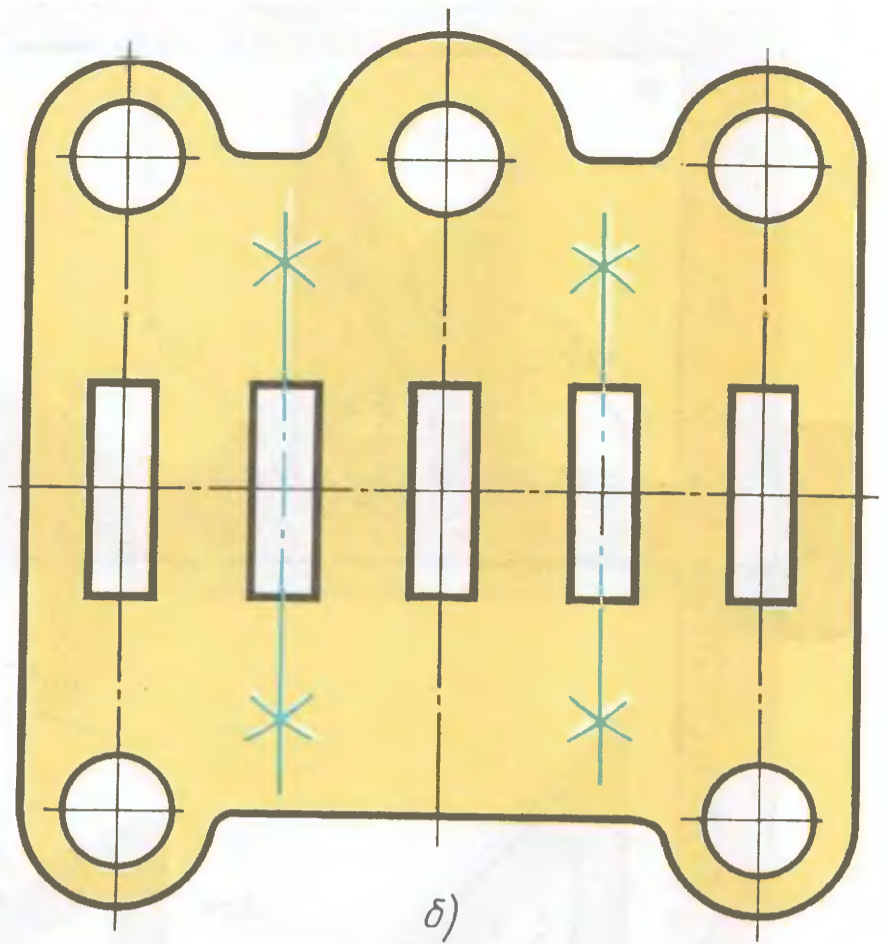
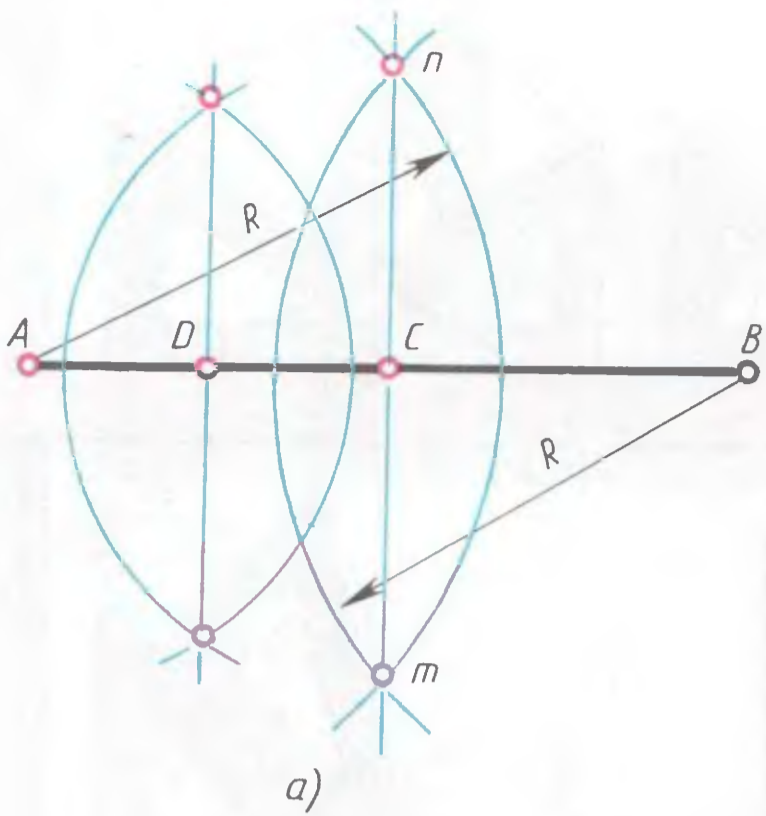


РИС. 43

Транспортир убирают и проводят через точку n отрезок AC — получают заданный угол CAB (рис. 45, б).

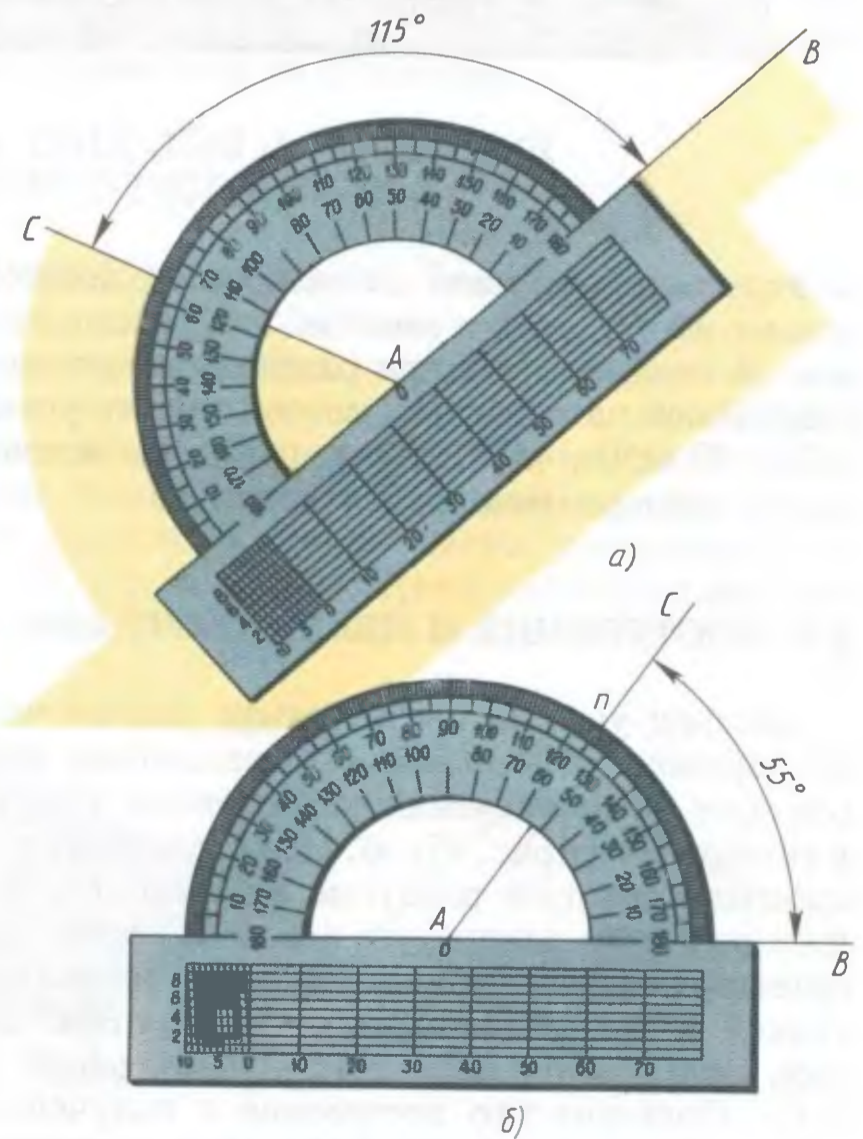
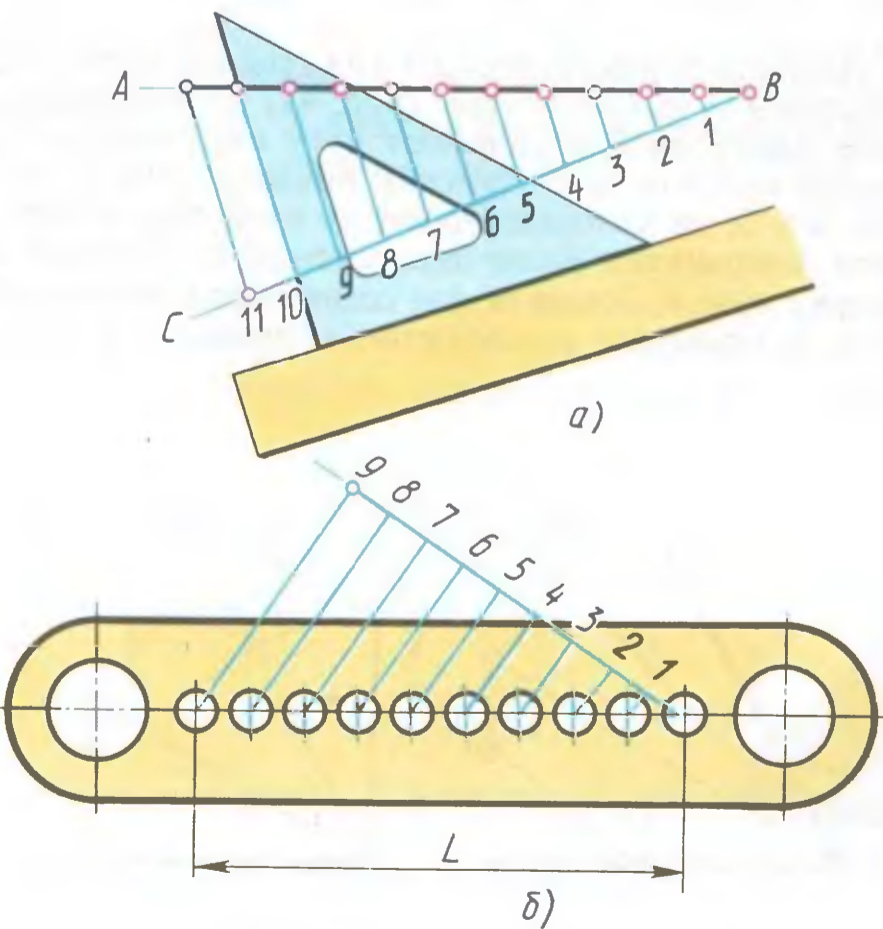


РИС. 44

РИС. 45

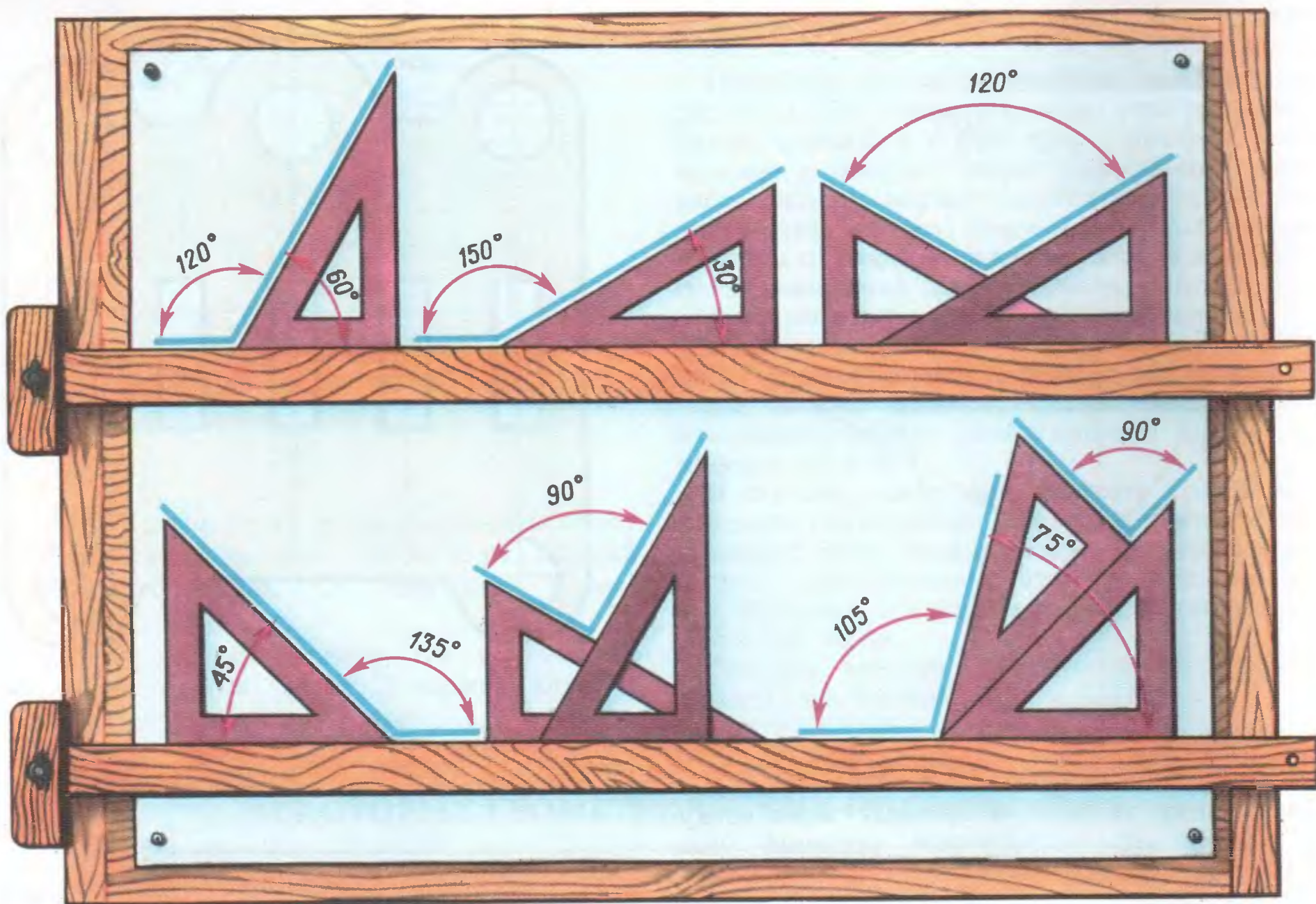


РИС. 46

Углы можно строить с помощью угольников с углами 45, 30 и 60° и линейки или рейсшины. На рис. 46 показано, как при различных положениях угольников на рейсшине можно строить углы 60 (120), 30 (150), 45° (135°) и другие при использовании одновременно двух угольников.

Деление прямого угла на три равные части. Из вершины A прямого угла (рис. 47, б) произвольным радиусом R описывают дугу окружности до пересечения ее со сторонами прямого угла в точках a и b , из которых проводят дуги окружности того же радиуса R до пересечения с дугой ab в точках m и n . Точки m и n соединяют с вершиной угла A прямыми и получают стороны Am и An .

§ 3. ПОСТРОЕНИЕ И ДЕЛЕНИЕ УГЛОВ

Деление угла на две и четыре равные части. Из вершины угла провести произвольным радиусом дугу до пересечения со сторонами угла BAC в точках n и k (рис. 47, а). Из полученных точек проводят две дуги радиусом R , несколько большим половины длины дуги nk , до взаимного пересечения в точке m . Вершину угла соединяют с точкой m прямой, которая делит угол BAC пополам. Эта прямая называется биссектрисой угла BAC . Повторяя это построение с полученными углами BAm и mAC угол BAC можно разделить на четыре равные части и т.д.

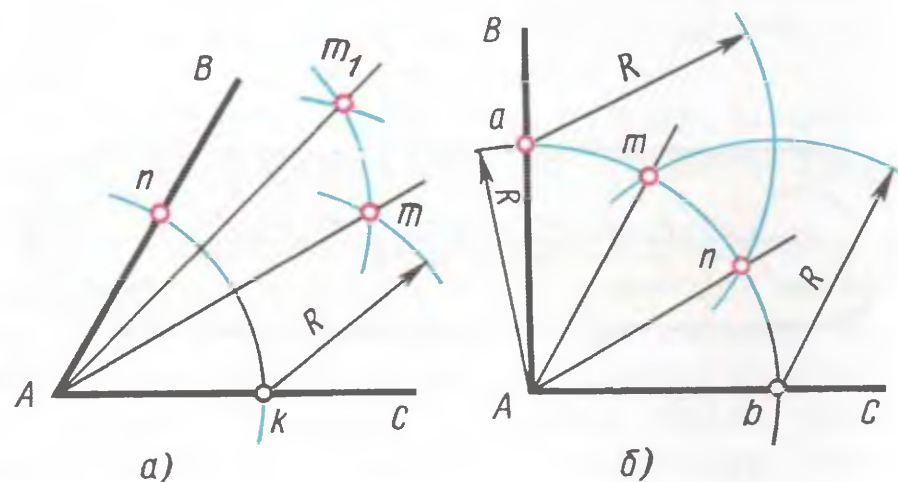


РИС. 47

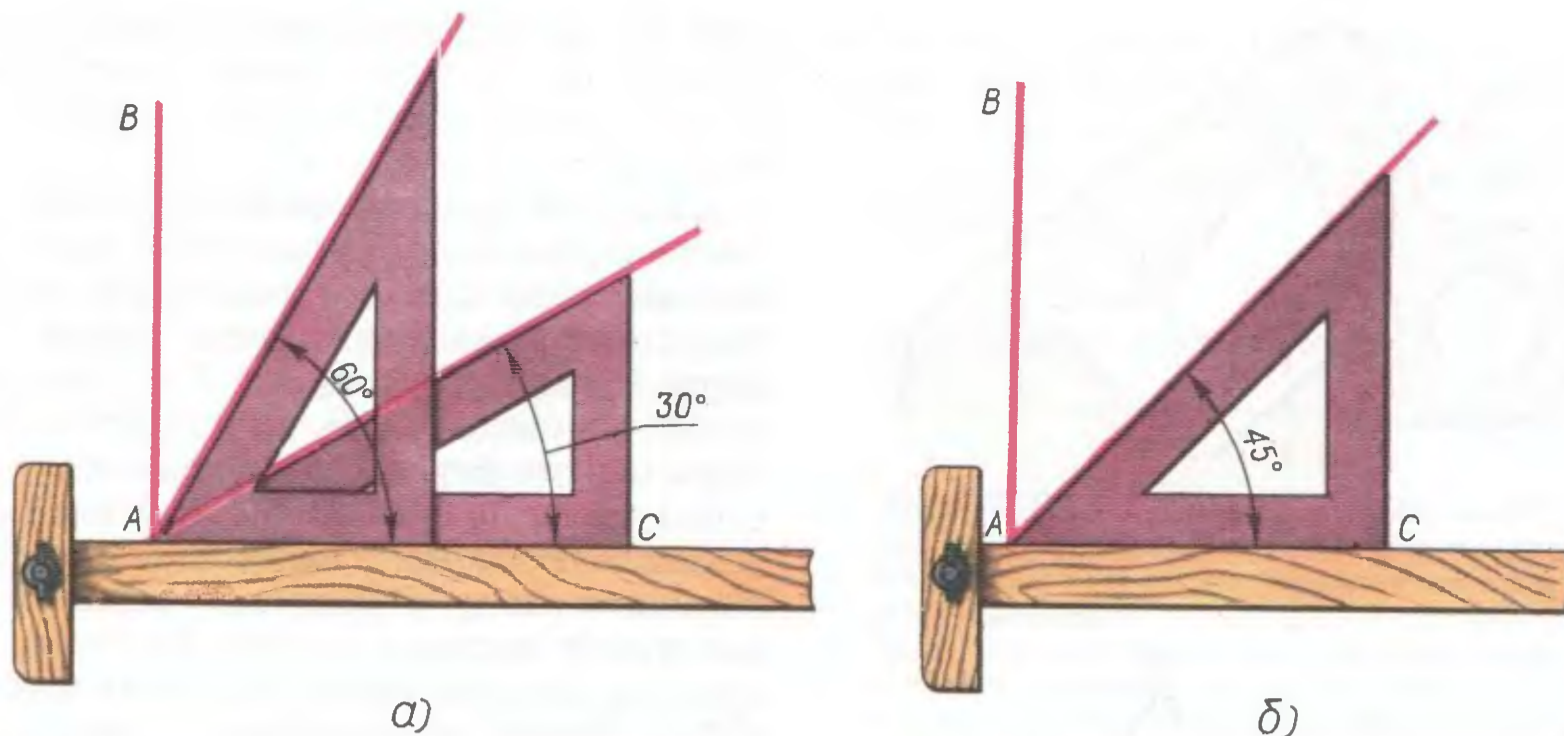


РИС. 48

углов BAm и nAC , равные $1/3$ прямого угла, т.е. 30° . Если каждый из этих углов разделить пополам, то прямой угол будет разделен на шесть равных частей, каждый из углов будет равняться 15° . Прямой угол ABC можно разделить на три равные части угольником с углами 30 и 60° (рис. 48, а). При выполнении чертежей нередко требуется разделить прямой угол на две равные части. Это можно выполнять угольником с углом 45° (рис. 48, б).

Построение угла, равного данному. Пусть задан угол BAC (рис. 49, а). Требуется построить такой же угол. Через произвольную точку A_1 проводим прямую A_1C_1 (рис. 49, б). Из точки A описываем дугу произвольным радиусом R , которая пересечет угол BAC в точках m и n (рис. 49, а). Из точки A_1 проводим дугу тем же радиусом и получаем точку m_1 . Из точки m_1 проводим дугу радиусом R_1 , равным отрезку mn , до пересечения с ранее проведенной дугой радиуса R в точке

n_1 (рис. 49, б). Точку n_1 соединяем с точкой A_1 и получаем угол $B_1A_1C_1$, величина которого равна заданному углу BAC .

Применение вышеизложенного построения угла по заданному показано на рис. 49, в и г. На рис. 49, в изображена деталь, чертеж которой надо вычертить, а на рис. 49, г показан этот чертеж, при выполнении которого использован способ построения угла по заданному.

§ 4. СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОУГОЛЬНИКОВ

Способ триангуляции. Построение многоугольников этим способом основано на последовательном построении ряда треугольников, примыкающих сторонами друг к другу. Этот способ будет применяться в дальнейшем при построении разверток поверхностей геометрических тел.

Рассмотрим пример такого построения. На рис. 50, а показана пластина с пятиугольным отверстием. Измеряя длины сторон пятиугольника,

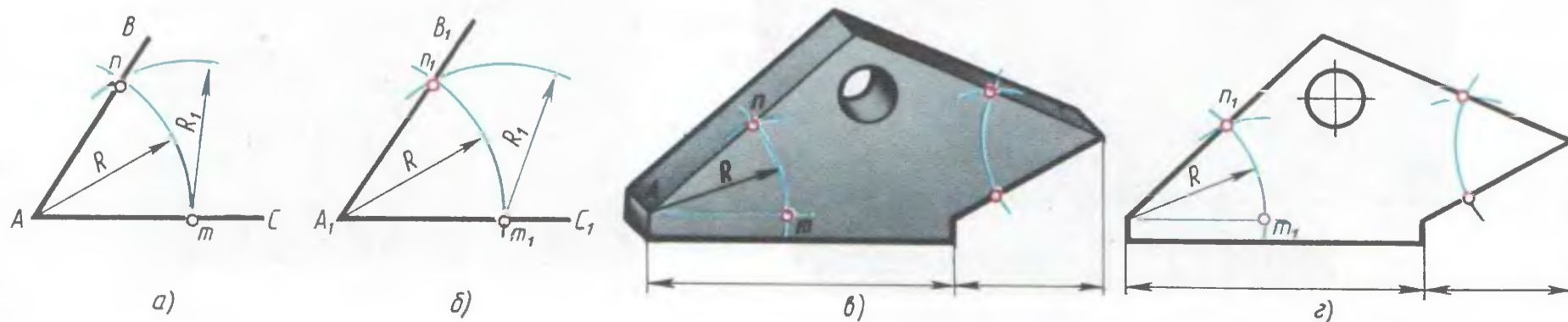


РИС. 49

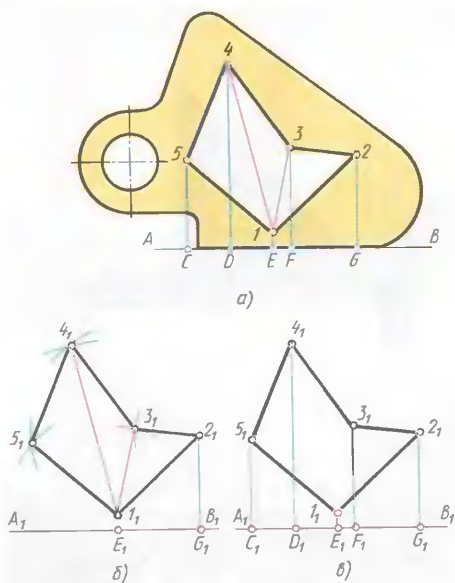


РИС. 50

можно построить на чертеже контурное очертание многоугольного отверстия.

Треугольники в рассматриваемом многоуголь-

нике можно получить, проведя диагонали 13, 14 (рис. 50, а). Последовательность построения многоугольника на чертеже в данном примере следующая.

На детали произвольно выбираем базовую линию (например, AB), на которую из точек 1 и 2 опускаем перпендикуляр и получаем точку E и G . На чертеже наносим базовую линию A_1B_1 , на которой откладываем отрезок E_1G_1 , равный отрезку EG . Из точек E_1 и G_1 восстанавливаем перпендикуляры, на которых откладываем взятые с детали отрезки E_1I_1 и G_1F_1 (рис. 50, б). Получим точки I_1 и F_1 . Из точек I_1 и F_1 , как из центров, циркулем описываем две дуги радиусами, равными отрезкам 13 и 23, взятых с детали. Точка пересечения дуг является вершиной 3_1 искомого треугольника $I_12_13_1$. Таким же способом из точек I_1 и F_1 описываем две дуги радиусами, равными отрезкам 34 и 14, находим вершину 4_1 . Затем из точек 4_1 и I_1 , как из центров, описываем две дуги радиусами, равными отрезкам 45 и 15, определяем последнюю вершину пятиугольника 5_1 (рис. 50, б).

Построение многоугольника методом прямоугольных координат показано на рис. 50, в. В этом случае из вершин многоугольника 12345 (рис. 50, а) опускаем перпендикуляры на линию AB , получаем точки $CDEFG$. Расстояние между этими точками откладываем на прямой A_1B_1 (рис. 50, в). Из полученных точек $C_1D_1E_1F_1G_1$ восстанавливаем перпендикуляры, на которых откладываем отрезки C_15_1 , D_14_1 , E_13_1 , F_12_1 , G_11_1 . Искомые точки $1_1, 2_1, 3_1, 4_1, 5_1$ на чертеже соединяют и получают чертеж многоугольника.

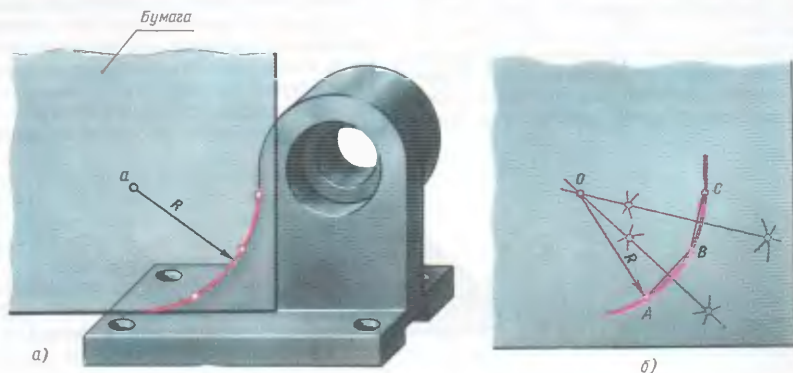


РИС. 51

§ 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ДУГИ ОКРУЖНОСТИ

Многие детали машин и приборов имеют контур очертания, состоящий из прямых линий, левальных кривых и дуг окружностей. При вычерчивании деталей часто приходится определять величину радиусов дуг окружностей контурных очертаний детали и находить положение центров этих дуг. На рис. 51, а показана деталь (кронштейн), левая часть ребра которой выполнена по дуге окружности.

Чтобы найти положение центра и величину радиуса данной дуги, предварительно делают отпечаток дуги на бумаге. С помощью циркуля и линейки можно определить центр и размер радиуса дуги окружности, для этого на отпечатке дуги намечают три произвольно расположенные на ней точки A , B и C (рис. 51, б) и проводят хорды AB и BC . С помощью циркуля и линейки проводят

перпендикуляры через середины хорд AB и BC . Точка пересечения перпендикуляров (точка O) является искомым центром дуги детали, а расстояние от точки O до любой точки дуги будет размером радиуса.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите основные форматы чертежей по ГОСТ 2.301—88.
2. Как образуются дополнительные форматы чертежей?
3. В каких пределах должна быть толщина сплошной толстой основной линии?
4. Какая толщина принята для штриховой, штрихпунктирной тонкой и сплошной волнистой линии в зависимости от толщины сплошной толстой основной линии?
5. Какие установлены размеры шрифта и чем определяется размер шрифта?
6. В каких случаях уменьшается расстояние между буквами?
7. Могут ли пересекаться на чертеже размерные линии?

Г Л А В А 6

ДЕЛЕНИЕ ОКРУЖНОСТИ НА РАВНЫЕ ЧАСТИ

Некоторые детали имеют элементы, равномерно расположенные по окружности, например, детали на рис. 52...59. При выполнении чертежей подобных деталей необходимо уметь делить окружность на равные части.

Деление окружности на четыре и восемь равных частей. На рис. 52, а показана крышка, в которой имеется восемь отверстий, равномерно расположенных по окружности. При построении чертежа контура крышки (рис. 52, з) необходимо разделить окружность на восемь равных частей.

Два взаимно перпендикулярных диаметра окружности делят ее на четыре равные части (точки 1, 3, 5, 7 на рис. 52, б). Чтобы разделить окружность на восемь равных частей, применяют известный прием деления прямого угла с помощью циркуля на две равные части. Получают точки 2, 4, 6, 8. Это можно сделать с помощью угольника с углами 45° (рис. 52, в), гипотенуза угольника должна проходить через центр окружности, или построением.

Деление окружности на три, шесть и двенадцать равных частей. Во фланце (рис. 53, а) имеется три отверстия, равномерно расположенных по окружности. При выполнении чертежа контура фланца (рис. 53, з) нужно разделить окружность на три равные части.

Для нахождения точек, делящих окружность радиуса R на три равные части, достаточно из

любой точки окружности, например точки A , провести дугу радиусом R . Пересечения дуги с окружностью дадут две искомые точки 2 и 3; третья точка деления будет находиться на пересечении оси окружности, проведенной из точки A , с окружностью (рис. 53, б).

Разделить окружность на три равные части можно также угольником с углами 30° и 60° (рис. 53, в), гипотенуза угольника должна проходить через центр окружности.

На рис. 54, б показано деление окружности циркулем на шесть равных частей. В этом случае выполняется то же построение, что на рис. 53, б, но дугу описывают не один, а два раза, из точек 1 и 4 радиусом R , равным радиусу окружности.

Разделить окружность на шесть равных частей можно и угольником с углами 30° и 60° (рис. 54, в). На рис. 54, а показана крышка, при выполнении чертежа которой необходимо выполнить деление окружности на шесть частей.

Чтобы выполнить чертеж детали (рис. 55, а), которая имеет 12 отверстий, равномерно расположенных по окружности, нужно разделить окружность на 12 равных частей (рис. 55, з).

При делении окружности на 12 равных частей с помощью циркуля можно использовать тот же прием, что и при делении окружности на шесть равных частей (рис. 54, б), но дуги радиусом R

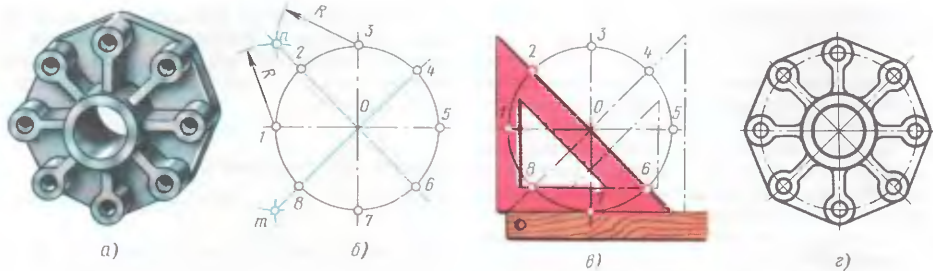


РИС. 52

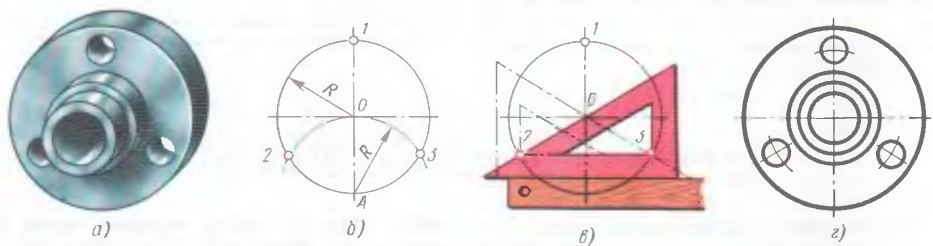


РИС. 53

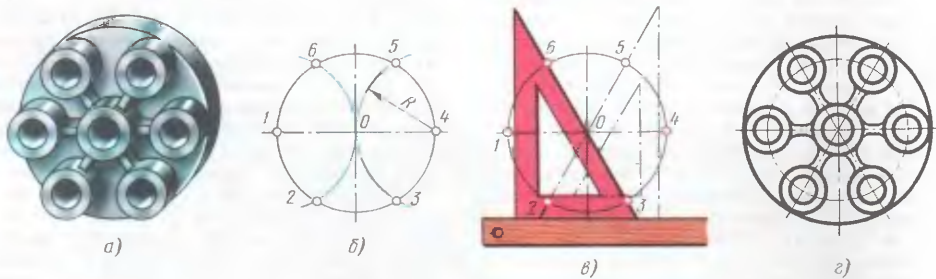


РИС. 54

описывать четыре раза из точек 1, 7, 4 и 10 (рис. 55, б).

Используя угольник с углами 30 и 60° с последующим поворотом его на 180°, делят окружность на 12 равных частей (рис. 55, в).

Деление окружности на пять, десять и семь

равных частей. В плашке (рис. 56, а) имеется пять отверстий, равномерно расположенных по окружности. Выполняя чертеж плашки (рис. 56, в), необходимо разделить окружность на пять равных частей. Через намеченный центр O (рис. 56, б) с помощью рейшины и угольника

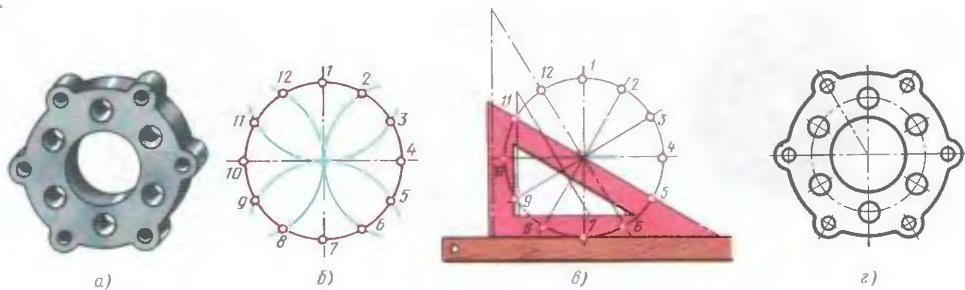


РИС. 55

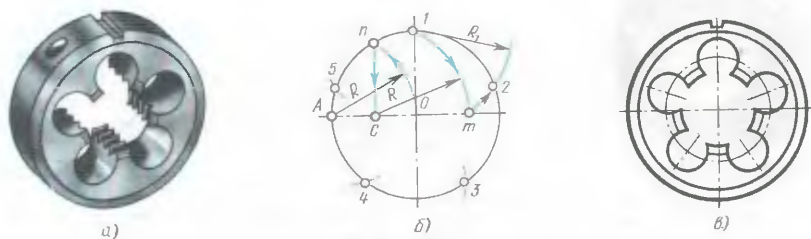


РИС. 56

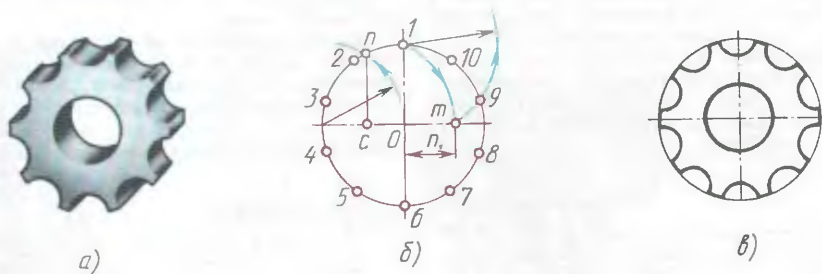
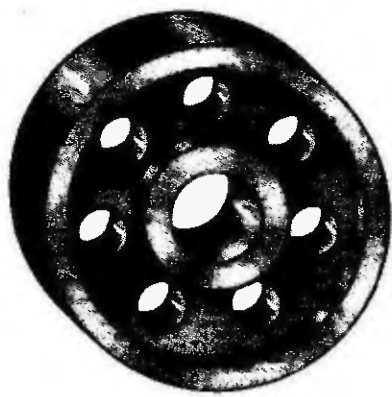


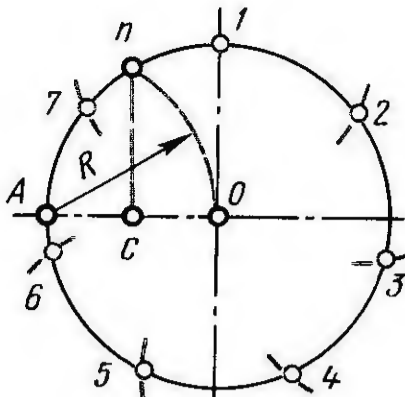
РИС. 57

проводят осевые линии и из точки O циркулем описывают окружность заданного диаметра. Из точки A радиусом R , равным радиусу данной окружности, проводят дугу, которая пересечет окружность в точке n . Из точки n опускают перпендикуляр на горизонтальную осевую линию, получают точку C . Из точки C радиусом R_1 , равным

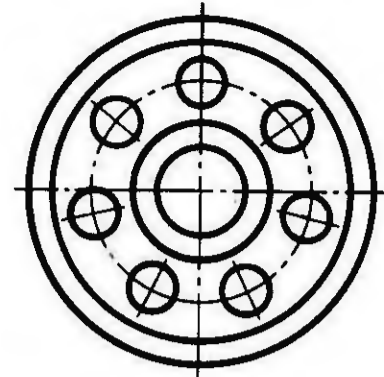
расстоянию от точки C до точки I , проводят дугу, которая пересечет горизонтальную осевую линию в точке m . Из точки I радиусом R_2 , равным расстоянию от точки I до точки m , проводят дугу, пересекающую окружность в точке 2. Дуга 12 является $1/3$ длины окружности. Точки 3, 4 и 5 находят, откладывая циркулем отрезки, равные mI .



a)

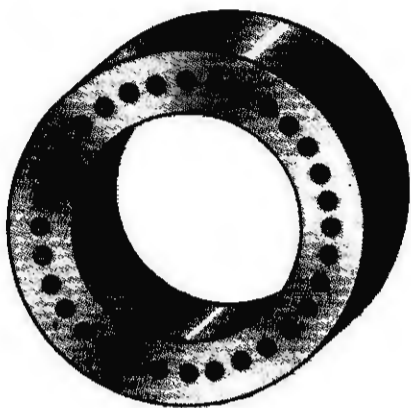


б)

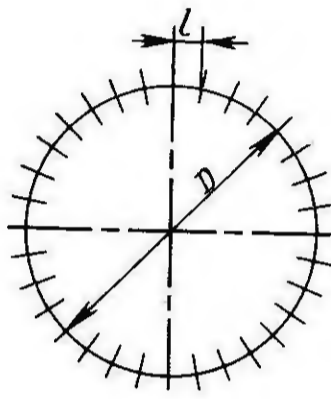


в)

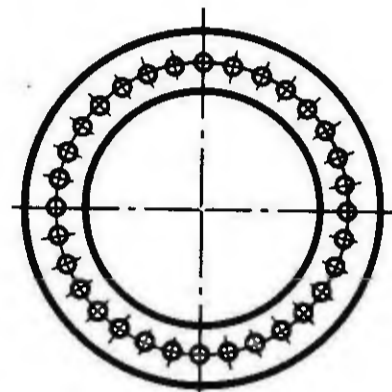
РИС. 58



a)



б)



в)

РИС. 59

Деталь "звездочка" (рис. 57, а) имеет 10 одинаковых элементов, равномерно расположенных по окружности. Чтобы выполнить чертеж звездочки (рис. 57, в), следует окружность разделить на 10 равных частей. В этом случае следует применить то же построение, что и при делении окружности на пять частей (см. рис. 56, б). Отрезок n_1 будет равняться хорде, которая делит окружность на 10 равных частей.

На рис. 58, а изображен шкив, а на рис. 58, в — чертеж шкива, где окружность разделена на семь равных частей.

Деление окружности на семь равных частей показано на рис. 58, б. Из точки А проводится вспомогательная дуга радиусом R , равным радиусу данной окружности, которая пересечет окружность в точке n . Из точки n опускают перпендикуляр на горизонтальную осевую линию. Из точ-

Значение коэффициента k при делении окружности на n равных частей

Таблица 10

n	k	n	k	n	k
7	0,434	17	0,184	27	0,116
8	0,383	18	0,174	28	0,112
9	0,342	19	0,165	29	0,108
10	0,309	20	0,156	30	0,104
11	0,282	21	0,149	31	0,101
12	0,259	22	0,142	32	0,098
13	0,239	23	0,136	33	0,095
14	0,223	24	0,130	34	0,092
15	0,208	25	0,125	35	0,900
16	0,195	26	0,120	36	0,087

ки l радиусом, равным отрезку nc , делают по окружности семь засечек и получают семь иско- мых точек.

Деление окружности на любое число равных частей. С достаточной точностью можно делить окружность на любое число равных частей, поль- зуясь таблицей коэффициентов для подсчета длины хорды (табл. 10).

Зная, на сколько частей (n) следует разделить окружность, находят по таблице соответствующий

коэффициент k . При умножении коэффициента k на диаметр окружности D получают длину хорды l , которую циркулем откладывают на окружности n раз.

При построении чертежа кольца (рис. 59, а) необходимо окружность диаметра $D = 142$ мм разделить на 32 равные части. Зная число n , по таблице находим коэффициент $k = 0,098$. Подсчи- тав длину хорды $l = Dk = 142 \times 0,098 = 13,9$ мм, циркулем откладывают ее 32 раза (рис. 59, б и в).

Г Л А В А 7

СОПРЯЖЕНИЕ ЛИНИЙ

При вычерчивании деталей, контуры очертаний которых состоят из прямых линий и дуг окружностей с плавными переходами от одной линии в другую, часто выполняют сопряжения. Сопряжением называется плавный переход одной линии в другую. На рис. 60 показаны примеры применения сопряжений.

Контур рычага (рис. 60, а) состоит из отдель- ных линий, плавно переходящих одна в другую, например, в точках A, A_1 виден плавный переход от дуги окружности к прямой линии, а в точках B, B_1 — от дуги одной окружности к дуге другой

окружности (рис. 60, б). На рис. 60, в изображен двурогий крюк. На чертеже контура крюка (рис. 60, г) в точке A виден плавный переход от дуги окружности ($\varnothing 200$) к прямой линии, а в точке B — от дуги окружности ($R 460$) к дуге окружности ($R 260$).

Для точного и правильного выполнения черте- жей необходимо уметь выполнять построения сопряжений, которые основаны на двух поло- жениях.

1. Для сопряжения прямой линии и дуги необ- ходимо, чтобы центр окружности, которой при-

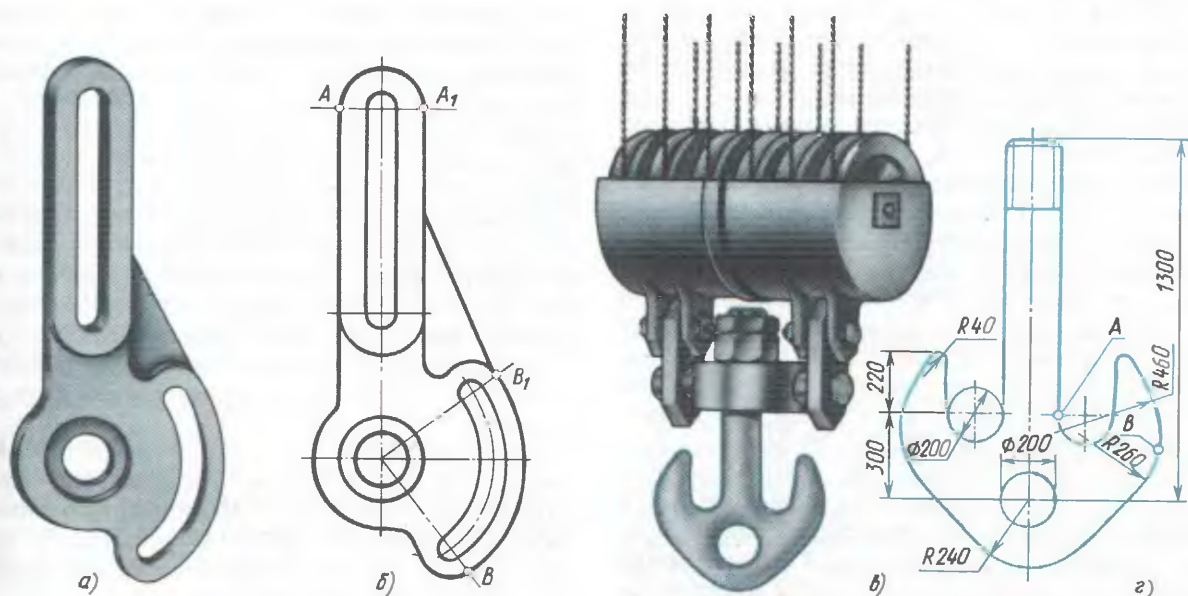


РИС. 60

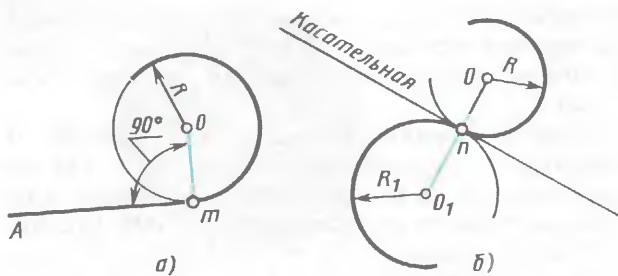


РИС. 61

надлежит дуга, лежал на перпендикуляре к прямой, восстановленном из точки сопряжения (рис. 62, а).

2. Для сопряжения двух дуг необходимо, чтобы центры окружностей, которым принадлежат дуги, лежали на прямой, проходящей через точку сопряжения (рис. 61, б).

§ 1. СОПРЯЖЕНИЕ ДВУХ СТОРОН УГЛА ДУГОЙ ОКРУЖНОСТИ И ЗАДАННОГО РАДИУСА

При выполнении чертежей деталей, показанных на рис. 62, б, г, е, выполняют построение сопряжения двух сторон угла дугой окружности заданного радиуса. На рис. 62, а выполнено построение сопряжения сторон острого угла дугой, на рис. 62, в — тупого угла, на рис. 62, д — прямого.

Сопряжение двух сторон угла (острого или тупого) дугой заданного радиуса R выполняют следующим образом (рис. 62, а и в).

Параллельно сторонам угла на расстоянии, равном радиусу дуги R , проводят две вспомогательные прямые линии. Точка пересечения этих прямых (точка O) будет центром дуги радиуса R , т.е. центром сопряжения. Из центра O описывают дугу, плавно переходящую в прямые — стороны угла. Дугу заканчивают в точках сопряжения n и n_1 , которые являются основаниями перпендикуляров, опущенных из центра O на стороны угла.

При построении сопряжения сторон прямого угла центр дуги сопряжения проще находить с помощью циркуля (рис. 62, д). Из вершины угла A проводят дугу радиусом R , равным радиусу сопряжения. На сторонах угла получают точки сопряжения n и n_1 . Из этих точек, как из центров, проводят дуги радиусом R до взаимного пересечения в точке O , являющейся центром сопряжения. Из центра O описывают дугу сопряжения.

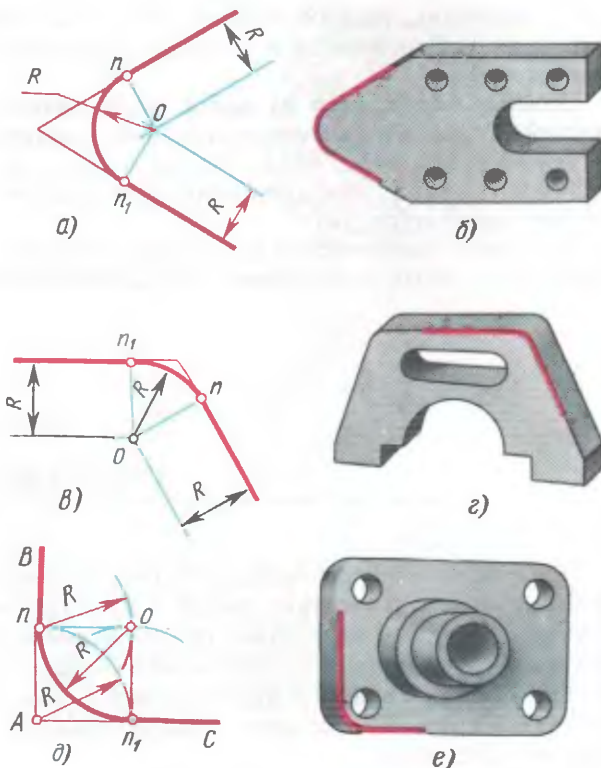


РИС. 62

§ 2. СОПРЯЖЕНИЕ ПРЯМОЙ С ДУГОЙ ОКРУЖНОСТИ

Сопряжение прямой с дугой окружности может быть выполнено с помощью дуги с внутренним касанием (рис. 63, а) и дуги с внешним касанием (рис. 63, б).

На рис. 63, а показано сопряжение дуги окружности радиусом R и прямой AB дугой окружности радиуса r с внешним касанием. Для построения такого сопряжения проводят окружность радиуса R и прямую AB . Параллельно заданной прямой на расстоянии, равном радиусу r (радиус сопрягающей дуги), проводят прямую ab . Из центра O проводят дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов R и r , до пересечения ее с прямой ab в точке O_1 . Точка O_1 является центром сопряжения.

Точку сопряжения с находят на пересечении прямой OO_1 с дугой окружности радиуса R . Точка сопряжения c_1 является основанием перпендикуляра, опущенного из центра O_1 на данную прямую AB . С помощью аналогичных построений могут быть найдены точки O_2, c_2, c_3 .

На рис. 63, б показан кронштейн. При выполнении изображения контура этой детали

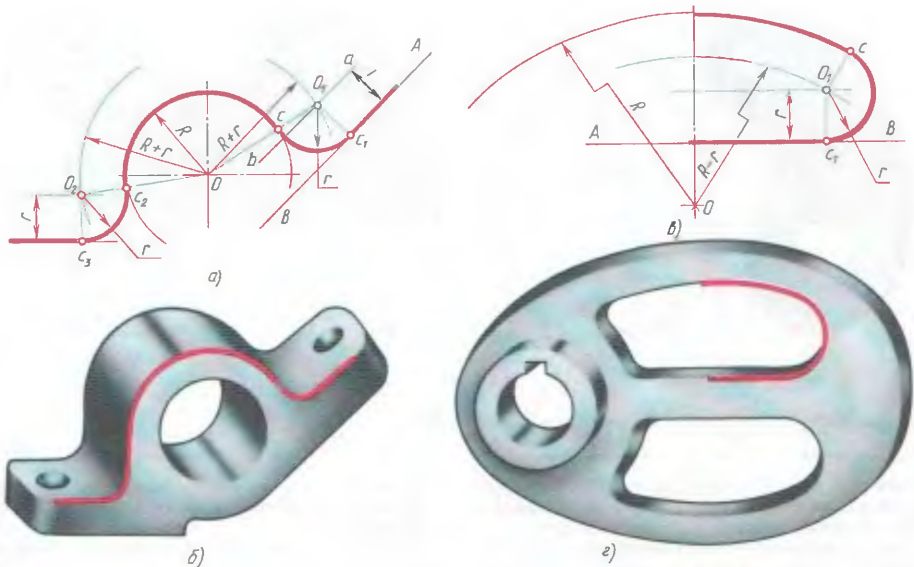


РИС. 63

необходимо выполнить построения, описанные выше.

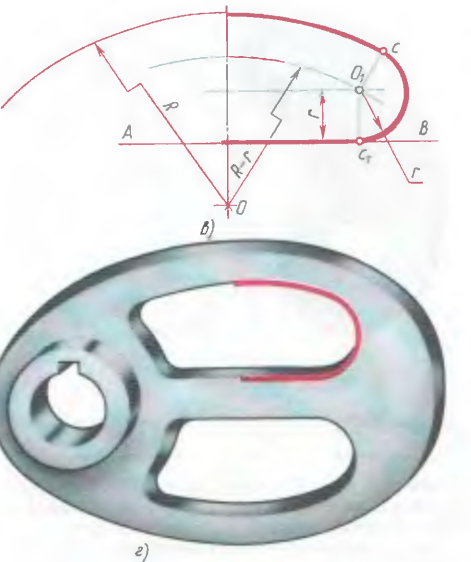
На рис. 63, в выполнено сопряжение дуги радиуса R с прямой AB дугой радиуса r с внутренним касанием. Центр дуги сопряжения O_1 находится на пересечении вспомогательной прямой, проведенной параллельно данной прямой на расстоянии r , с дугой вспомогательной окружности, описанной из центра O радиусом, равным разности $R-r$. Точка сопряжения является основанием перпендикуляра, опущенного из точки O_1 на данную прямую. Точку сопряжения s находят на пересечении прямой OO_1 с сопрягаемой дугой. Такое сопряжение выполняют, например, при вычерчивании контура маховика, показанного на рис. 63, г.

§ 3. СОПРЯЖЕНИЕ ДУГИ С ДУГОЙ

Сопряжение двух дуг окружностей может быть внутренним, внешним и смешанным.

При внутреннем сопряжении центры O и O_1 сопрягаемых дуг находятся внутри сопрягающей дуги радиуса R (рис. 64, б).

При внешнем сопряжении центры O и O_1 сопрягаемых дуг радиусов R_1 и R_2 находятся вне сопрягающей дуги радиуса R (рис. 64, а).



При смешанном сопряжении центр O_1 одной из сопрягаемых дуг лежит внутри сопрягающей дуги радиуса R , а центр O другой сопрягаемой дуги вне ее (рис. 65, а).

На рис. 64, а показана деталь (серьга), при вычерчивании которой необходимо построение внутреннего и внешнего сопряжения (рис. 64, б-г).

Построение внутреннего сопряжения.

Задано:

- а) радиусы сопрягаемых окружностей R_1 и R_2 ;
- б) расстояния l_1 и l_2 между центрами этих дуг;
- в) радиус R сопрягающей дуги.

Требуется:

- а) определить положение центра O_2 сопрягающей дуги;
- б) найти точки сопряжения s и s_1 ;
- в) провести дугу сопряжения.

Построение сопряжения показано на рис. 64, б. По заданным расстояниям между центрами l_1 и l_2 на чертеже намечают центры O и O_1 , из которых описывают сопрягаемые дуги радиусов R_1 и R_2 . Из центра O_1 проводят вспомогательную дугу окружности радиусом, равным разности радиусов сопрягающей дуги R и сопрягаемой R_2 , а из центра O — радиусом, равным разности радиусов со-

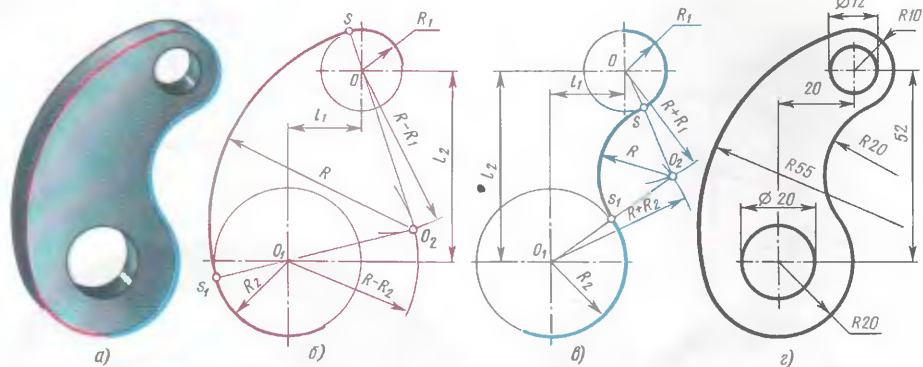


РИС. 64

прягающей дуги R и сопрягаемой R_1 . Вспомогательные дуги пересекутся в точке O_2 , которая и будет искомым центром сопрягающей дуги.

Для нахождения точек сопряжения точку O_2 соединяют с точками O и O_1 прямыми линиями. Точки пересечения продолжения прямых O_2O и O_2O_1 с сопрягаемыми дугами являются искомыми точками сопряжения (точки s и s_1).

Радиусом R из центра O_2 проводят сопрягающую дугу между точками сопряжения s и s_1 .

Построение внешнего сопряжения.

Задано:

а) радиусы R_1 и R_2 сопрягаемых дуг окружностей;

б) расстояния l_1 и l_2 между центрами этих дуг; в) радиус R сопрягающей дуги.

Требуется:

а) определить положение центра O_2 сопрягающей дуги;

б) найти точки сопряжения s и s_1 ;

в) провести дугу сопряжения.

Построение внешнего сопряжения показано на рис. 64, в. По заданным расстояниям между центрами l_1 и l_2 на чертеже находят точки O и O_1 , из которых описывают сопрягаемые дуги радиусов R_1 и R_2 . Из центра O проводят вспомогательную дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_1 и сопрягающей R , а из

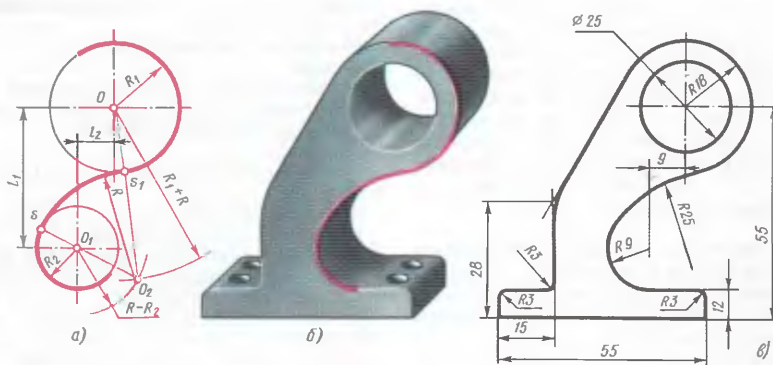


РИС. 65

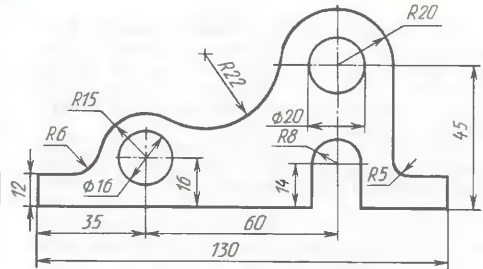
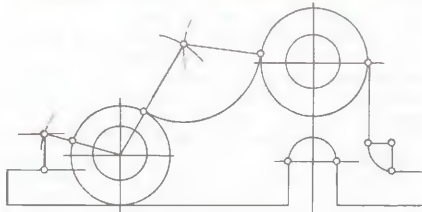
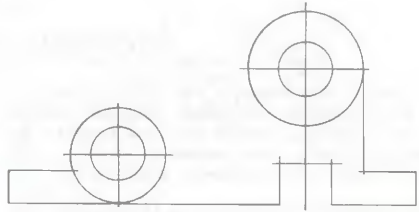


РИС. 66

центра O_1 — радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_2 и сопрягающей R . Вспомогательные дуги пересекутся в точке O_2 , которая будет искомым центром сопрягающей дуги.

Для нахождения точек сопряжения центры дуг соединяют прямыми линиями OO_2 и O_1O_2 . Эти две прямые пересекают сопрягаемые дуги в точках сопряжения s и s_1 .

Из центра O_2 радиусом R проводят сопрягающую дугу, ограничивая ее точками сопряжения s и s_1 .

Построение смешанного сопряжения. Пример смешанного сопряжения приведен на рис. 65, а—в. Задано:

- а) радиусы R_1 и R_2 сопрягаемых дуг окружностей;
- б) расстояния l_1 и l_2 между центрами этих дуг;
- в) радиус R сопрягающей дуги.

Требуется:

- а) определить положение центра O_2 сопрягающей дуги;
- б) найти точки сопряжения s и s_1 ;
- в) провести дугу сопряжения.

По заданным расстояниям между центрами l_1 и l_2 на чертеже намечают центры O и O_1 , из ко-

торых описывают сопрягаемые дуги радиусов R_1 и R_2 . Из центра O проводят вспомогательную дугу окружности радиусом, равным сумме радиусов сопрягаемой дуги R_1 и сопрягающей R , а из центра O_1 — радиусом, равным разности радиусов R и R_2 . Вспомогательные дуги пересекутся в точке O_2 , которая будет искомым центром сопрягающей дуги.

Соединив точки O и O_2 прямой, получают точку сопряжения s_1 , соединив точки O_1 и O_2 находят точку сопряжения s . Из центра O_2 проводят дугу сопряжения от s до s_1 .

При вычерчивании контуров сложных деталей важно уметь распознавать в плавных переходах те или иные виды сопряжений и уметь их вычерчивать.

Для приобретения навыков в построении сопряжений выполняют упражнения по вычерчиванию контуров сложных деталей. Для этого необходимо определить порядок построения сопряжений и только после этого приступить к их выполнению.

На рис. 66 изображена деталь (кронштейн) и последовательность выполнения контурного очерчения этой детали с построением различных видов сопряжений.

Контуры таких деталей, как фланец или кулачок, часто представляют собой коробовые кривые. Коробовые кривые состоят из сопрягающихся дуг окружностей различных диаметров. К таким кривым относятся овалы, овоиды, завитки.

§ 1. ПОСТРОЕНИЕ ОВАЛА И ОВОИДА

Построение овала по заданному размеру большой оси AB выполняют следующим образом (рис. 67, а). Ось AB делят на три равные части OA_1 , O_1O_2 , O_2B . Радиусом, равным O_1O_2 , из точек деления O_1 и O_2 проводят окружности, пересекающиеся в точках m и n .

Соединив точки m и n с точками O_1 и O_2 , получают прямые nO_1 , nO_2 , mO_1 и mO_2 , которые продолжают до пересечения с окружностями. Полученные точки 1, 2, 3 и 4 являются точками сопряжения дуг. Из точек m и n , как из центров, радиусом R_1 , равным $n2$ и $m3$, проводят верхнюю дугу 12 и нижнюю дугу 34.

Контур фланца, изображенный на рис. 67, б, имеет форму овала.

Построение овала по двум заданным осям AB и CD приведено на рис. 67, в.

Проводят оси AB и CD . Из точки их пересечения O радиусом OC (половина малой оси овала) проводят дугу до пересечения с большой осью овала AB в точке N . Точку A соединяют прямой с точкой C и на ней от точки C откладывают отрезок NB , получают точку N_1 .

В середине отрезка AN_1 восстанавливают перпендикуляр и продолжают его до пересечения с большой и малой осями овала в точках O_1 и n . Расстояние OO_1 откладывают по большой оси овала вправо от точки O , а расстояние On от точки O откладывают по малой оси овала вверх, получают точки n_1 и O_2 . Точки n и n_1 являются центрами верхней дуги 12 и нижней дуги 34 овала, а точки O_1 и O_2 — центрами дуг 13 и 24. Получают искомый овал.

Овоид в отличие от овала имеет только одну ось симметрии. Радиусы R и R_1 дуг окружностей, центры которых лежат на оси симметрии овоида, не равны друг другу (рис. 67, д).

Построение овоида по заданной оси AB выполняется в следующей последовательности (рис. 67, д).

Проводят окружность диаметром, равным оси AB овоида. Из точек A и B через точку O_1 (точка пересечения окружности радиуса R с осью сим-

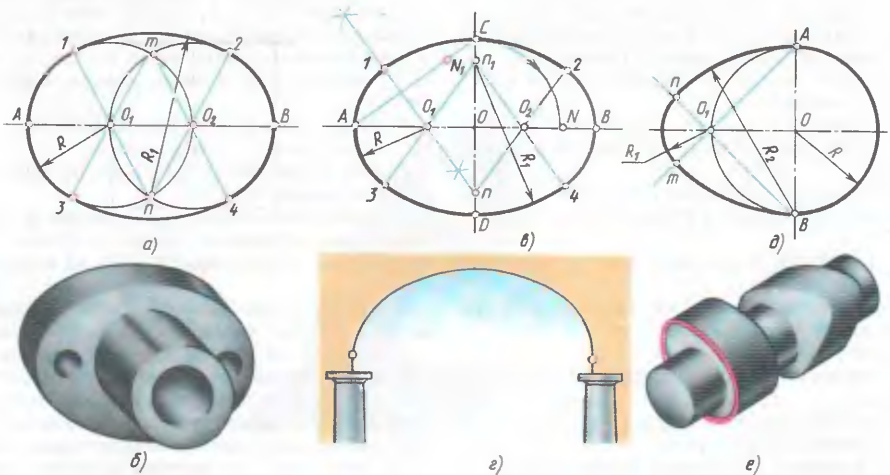


РИС. 67

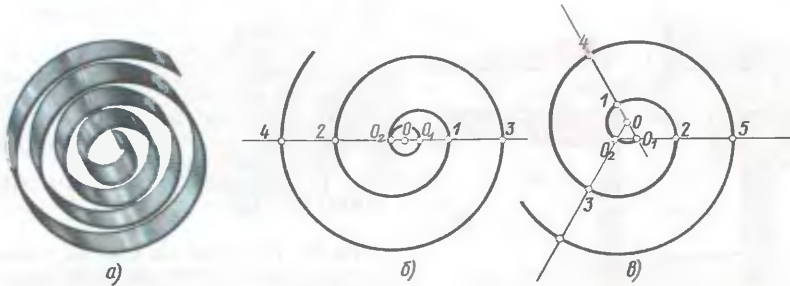


РИС. 68

метрии) проводят прямые. Из точек A и B , как из центров, радиусом R_2 , равным оси AB , проводят дуги Al и Bm , а из центра O_1 радиусом R_1 проводят малую дугу овоида nm .

На рис. 67, e показана часть распределительного вала двигателя, профиль кулачков вала имеет форму овоида.

§ 2. ПОСТРОЕНИЕ ЗАВИТКОВ

Завиток — глоская спиральная кривая, вычерчиваемая циркулем путем сопряжения дуг окружностей.

Построение завитков выполняют при вычерчивании таких деталей, как пружины и спиральные направляющие (рис. 68, a).

Построение завитков выполняется из двух, трех и более центров и зависит от формы и раз-

меров "глазка", который может быть окружностью, правильным треугольником, шестиугольником и т.п. Последовательность построения завитка следующая.

Вычерчивается в тонких линиях контур "глазка", например, окружность с диаметром O_1O_2 (рис. 68, b). Из точек O_1 и O_2 , как из центров, проводят две сопряженные между собой полуокружности. Верхняя полуокружность O_2I из центра O_1 , нижняя полуокружность $I2$ из центра O_2 . Получается искомый завиток.

На рис. 68, b "глазок" имеет форму правильного треугольника OO_1O_2 . Стороны треугольника продолжают. Приняв за центры сопряжения вершины треугольника "глазка", проводят в направлении движения часовой стрелки ряд сопряженных между собой дуг. Центром первой дуги является точка O , центром второй — точка O_1 .

Г Л А В А 9

ПОСТРОЕНИЕ УКЛОНА И КОНУСНОСТИ

§ 1. ПОСТРОЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ УКЛОНА

Уклоном называют величину, характеризующую наклон одной прямой линии к другой прямой. Уклон выражают дробью или в процентах.

Уклон i отрезка BC относительно отрезка BA определяют отношением катетов прямоугольного треугольника ABC (рис. 69, a), т.е.

$$i = \frac{AC}{AB} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Для построения прямой BC (рис. 69, a) с заданной величиной уклона к горизонтальной прямой, например 1:4, необходимо от точки A влево отложить отрезок AB , равный четырем единицам длины, а вверх — отрезок AC ,

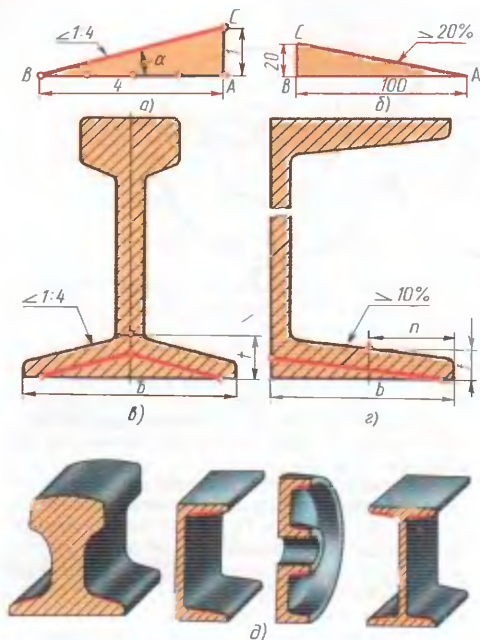


РИС. 69

равный одной единице длины. Точки *C* и *B* соединяют прямой, которая дает направление искомого уклона.

Уклоны применяются при вычерчивании деталей, например, стальных балок и рельсов, изготовляемых на прокатных станах, и некоторых деталей, изготовленных литьем (рис. 69, *д*).

При вычерчивании контура детали с уклоном сначала строится линия уклона (рис. 69, *в* и *г*), а затем контур.

Если уклон задается в процентах, например, 20 % (рис. 69, *б*), то линия уклона строится так же, как гипотенуза прямоугольного треугольника. Длину одного из катетов принимают равной

100 %, а другого — 20 %. Очевидно, что уклон 20 % есть иначе уклон 1:5.

По ГОСТ 2.307—68 перед размерным числом определяющим уклон, наносят условный знак острый угол которого должен быть направлен сторону уклона (рис. 69, *в* и *г*).

§ 2. ПОСТРОЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ КОНУСНОСТИ

На рис. 70, *а* даны для примера детали: оправка, конус и сверло, которые имеют конусность.

Конусностью называется отношение диаметр основания конуса к его высоте (рис. 70, *б*), обозначается конусность буквой *C*. Если конус усеченный (рис. 70, *в*) с диаметрами оснований *D* и *d* и длиной *L*, то конусность определяется по формуле

$$C = \frac{D-d}{L}$$

Например (рис. 70, *в*), если известны размеры $D = 30$ мм, $d = 20$ мм и $L = 70$ мм, то

$$C = \frac{30-20}{70} = 1:7.$$

Если известны конусность *C*, диаметр одного из оснований конуса *d* и длина конуса *L*, можно определить второй диаметр конуса. Например, $C = 1:7$, $d = 20$ мм и $L = 70$ мм; *D* находят по формуле $D = CL + d = 1:7 \times 70 + 20 = 30$ мм (рис. 70, *г*).

По ГОСТ 2.307—68 перед размерным числом характеризующим конусность, необходимо наносить условный знак конусности, который имеет вид равнобедренного треугольника с вершиной направленной в сторону вершины конуса (рис. 70, *в* и *г*).

Обычно на чертеже конуса дается диаметр большего основания конуса, так как при изготовлении конической детали этот диаметр можно измерить значительно легче и точнее.

Нормальные конусности и углы конусов устанавливает ГОСТ 8593—81, ГОСТ 25548—82 устанавливает термины и определения.

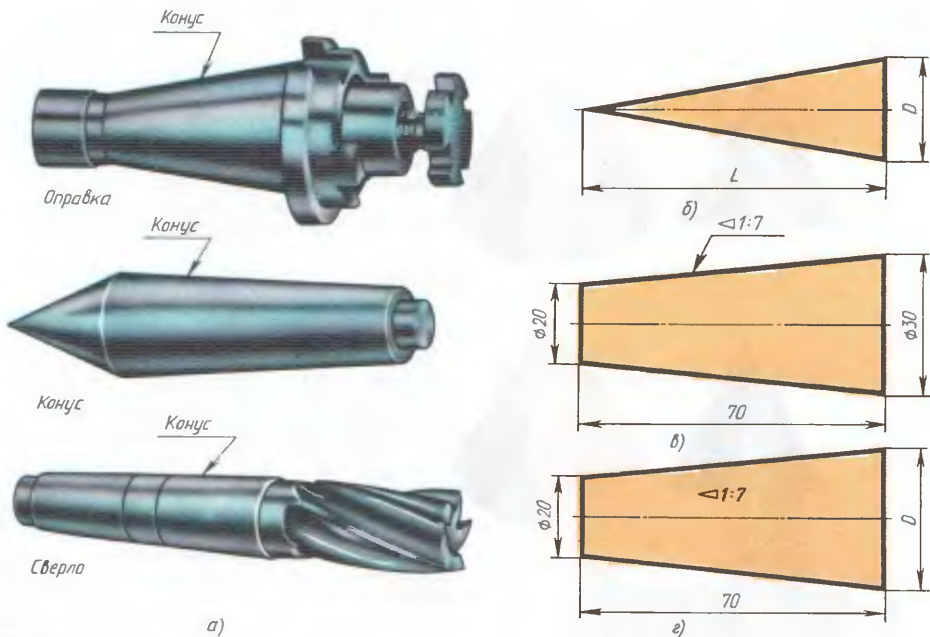


РИС. 70

ГЛАВА 10 ЛЕКАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

§ 1. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ КРИВЫХ ПО ЛЕКАЛУ

При выполнении чертежей часто приходится прибегать к вычерчиванию кривых, состоящих из ряда сопряженных частей, которые невозможно провести циркулем. Такие кривые строят обычно по ряду принадлежащих им точек, которые затем соединяют плавной линией сначала от руки карандашом, а затем обводят с помощью лекал (рис. 71).

Рассматриваемые лекальные кривые располагаются в одной плоскости и называются поэтому плоскими. Пространственные кривые здесь не рассматриваются.

Чтобы начертить плавную лекальную кривую, необходимо иметь набор из нескольких лекал.

Выбрав подходящее лекало, надо подогнать кромку части лекала к возможно большему числу заданных точек кривой. На рис. 71 участок кривой между точками 1—6 уже обведен. Чтобы обвести

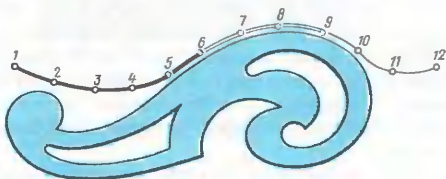


РИС. 71

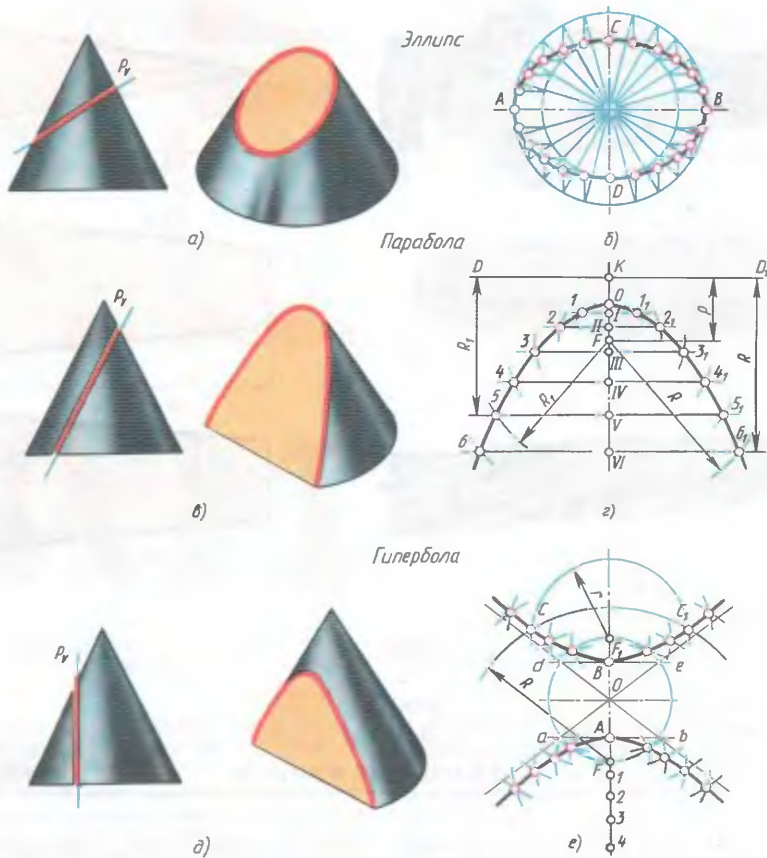


РИС. 72

§ 2. КРИВЫЕ КОНИЧЕСКИХ СЕЧЕНИЙ

следующий участок кривой, нужно приложить кромку лекала, например, к точкам 5—10, при этом лекало должно касаться части уже обведенной кривой (между точками 5 и 6). Затем обводят кривую между точками 6 и 9, оставляя участок между точками 9 и 10 необведенным, что позволит получить кривую между точками 9 и 12 более плавной.

Ниже рассмотрены способы построения кривых, наиболее часто встречающихся в технике.

При сечении прямого кругового конуса плоскостями, различно расположенными относительно оси конуса, получаются контуры сечения, образующие эллипс, параболу и гиперболу.

При пересечении плоскостью P_V всех образующих конуса получается эллипс (рис. 72, а и б).

При пересечении конуса плоскостью P_V , параллельной одной из образующих конуса (рис. 72, в), получается параболу (рис. 72, г).

При пересечении конуса плоскостью P_V , параллельной оси конуса, получается гипербола (рис. 72, д и е).

Эллипс — замкнутая плоская кривая, сумма расстояний каждой точки которой до двух данных точек (фокусов), лежащих на большой оси, есть величина постоянная и равная длине большой оси.

Широко применяемый в технике способ построения эллипса по большой (AB) и малой (CD) осям представлен на рис. 72, б.

Проводят две перпендикулярные осевые линии. Затем от центра O откладывают вверх и вниз по вертикальной оси отрезки, равные длине малой полуоси, а влево и вправо по горизонтальной оси — отрезки, равные длине большой полуоси.

Из центра O радиусами OA и OC проводят две concentрические окружности и ряд лучей-диаметров. Из точек пересечения лучей с окружностями проводят линии, параллельные осям эллипса, до взаимного пересечения в точках, принадлежащих эллипсу. Полученные точки соединяют от руки и обводят по лекалу.

На рис. 73, а показан резервуар, контурное очертание дна которого имеет форму эллипса.

Построение очертания дна (половины эллипса) приведено на рис. 73, б. Большой осью эллипса является диаметр D цилиндрической части резервуара, а малой полуосью эллипса — наибольшее расстояние по вертикали от большой оси до дна.

Парабола — плоская кривая, каждая точка которой равноудалена от директрисы DD_1 прямой, перпендикулярной к оси симметрии параболы, и от фокуса F — точки, расположенной на оси симметрии параболы (см. рис. 72, з).

Расстояние KF между директрисой и фокусом называется параметром p параболы. Точка O , лежащая на оси симметрии, называется вершиной параболы и делит параметр p пополам.

Для построения параболы по заданной величине параметра p проводят ось симметрии параболы и откладывают отрезок $KF = p$. Через точку K

перпендикулярно оси симметрии проводят директрису DD_1 . Отрезок KF делят пополам и получают вершину O параболы. От вершины O вниз на

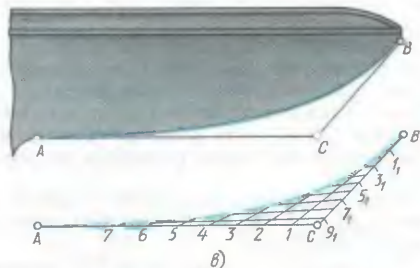
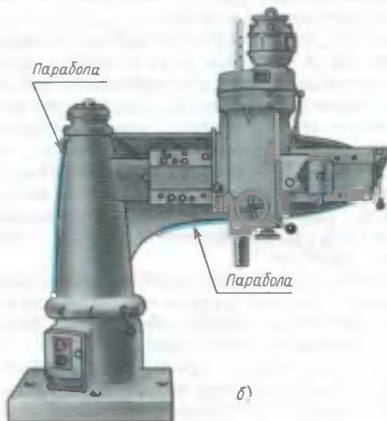
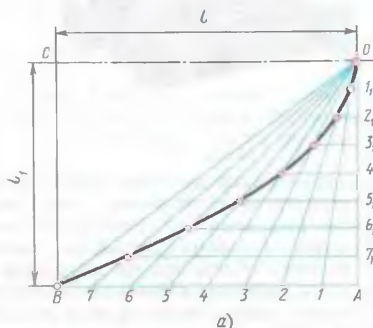


РИС. 73

РИС. 74



РИС. 75

оси симметрии намечают ряд произвольных точек I—VI с постепенно увеличивающимся расстоянием между ними. Через эти точки проводят вспомогательные прямые, перпендикулярные оси симметрии. На вспомогательных прямых из фокуса F делают засечки радиусом, равным расстоянию от прямой до директрисы. Например, из точки F на вспомогательной прямой, проходящей через точки V , делают засечку дугой $R_1 = KV$; полученная точка 5 принадлежит параболу.

Если требуется построить параболу по заданной вершине O , оси OC и точке B (рис. 74, а), то строят вспомогательный прямоугольник $ABCO$. Стороны прямоугольника AB и AO делят на равные части и точки деления нумеруют. Горизонтальный ряд делений соединяют лучами с вершиной O , а через точки делений, расположенные на AO , проводят прямые линии, параллельные оси параболы. Точки пересечения горизонтальных прямых $I_1, 2_1, 3_1, \dots$ с лучами $O1, O2, O3, \dots$ принадлежат параболу.

В различных отраслях машиностроения часто применяются детали, контуры которых выполнены по параболу, например, стойка и рукав радиально-сверлильного станка (рис. 74, б).

Построение параболы при вычерчивании контура рукава радиально-сверлильного станка приведено на рис. 74, в. Данными для построения являются две точки параболы A и B и направление касательных, проходящих через эти точки и пересекающихся в точке C .

Гипербола — плоская кривая, состоящая из двух разомкнутых, симметрично расположенных ветвей (см. рис. 72, е). Разность расстояний от каждой точки гиперболы до двух данных точек (фокусов F и F_1) есть величина постоянная и равная расстоянию между вершинами гиперболы A и B .

Рассмотрим прием построения гиперболы по заданным вершинам A и B и фокусному расстоянию FF_1 (рис. 72, е).

Разделив фокусное расстояние FF_1 пополам, получают точку O , от которой в обе стороны откладывают по половине заданного расстояния

между вершинами A и B . Вниз от фокуса F намечают ряд произвольных точек $1, 2, 3, 4 \dots$ с постепенно увеличивающимся расстоянием между ними. Из фокуса F описывают дугу вспомогательной окружности радиусом R , равным, например, расстоянию от вершины гиперболы B до точки 3 . Из фокуса F_1 проводят вторую дугу вспомогательной окружности радиусом r , равным расстоянию от вершины A до точки 3 . На пересечении этих дуг находят точки C и C_1 , принадлежащие гиперболе. Таким же способом находят остальные точки гиперболы.

Вторую ветвь гиперболы строят аналогичным образом.

На рис. 75 показана деталь "проушина", на боковой поверхности которой имеется линия, представляющая собой гиперболу.

§ 3. СИНУСОИДА

Синусоида — плоская кривая, графически изображающая изменение синуса в зависимости от изменения угла (рис. 76, а).

Величина L называется длиной волны синусоиды, $L = \pi D$.

Для построения синусоиды проводят горизонтальную ось и на ней откладывают заданную длину волны AB (рис. 76, а). Отрезок AB делят на несколько равных частей, например на 12. Слева вычерчивают окружность, радиус которой равен величине амплитуды, и делят ее также на 12 равных частей; точки деления нумеруют и через них проводят горизонтальные прямые. Из точек деления отрезка AB восставляют перпендикуляры к оси синусоиды и на их пересечении с горизонтальными прямыми находят точки синусоиды.

Полученные точки синусоиды a_1, a_2, a_3, \dots соединяют по лекалу кривой.

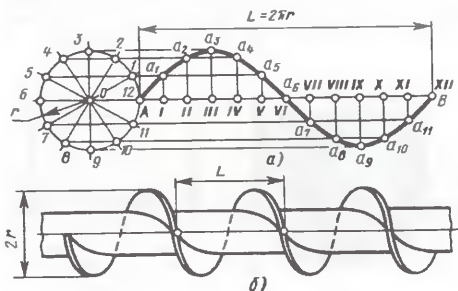


РИС. 76



а)

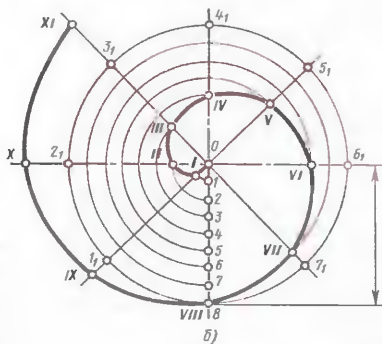


РИС. 77

При выполнении чертежей деталей или инструментов, поверхности которых очерчены по синусоиде (рис. 76, б), величину длины волны AB обычно выбирают независимо от размера амплитуды r .

Например, при вычерчивании шнека (рис. 76, б) длина волны L меньше размера $2\pi r$. Такая синусоида называется сжатой. Если длина волны больше размера $2\pi r$, то синусоида называется вытянутой.

§ 4. СПИРАЛЬ АРХИМЕДА

Спираль Архимеда — плоская кривая, которую описывает точка, движущаяся равномерно от центра O по равномерно вращающемуся радиусу (рис. 77).

Для построения спирали Архимеда задают ее шаг P , из центра O проводят окружность радиусом, равным шагу P спирали, и делят шаг и окружность на несколько равных частей (рис. 77, б). Точки деления нумеруют.

Из центра O проводят радиальные прямые, проходящие через точки деления окружности.

Из центра O радиусами $O1, O2$ и т.д. проводят дуги до пересечения с соответствующими радиальными прямыми. Например, дуга радиуса $O3$ пересекается с прямой $O3_1$ в точке III . Полученные точки $I, II, \dots, VIII$, принадлежащие спирали Архимеда, соединяют плавной кривой по лекалу.

В машиностроении спираль Архимеда используется, например, для сообщения движения в радиальном направлении кулачкам зажимного патрона токарного станка (рис. 77, а). На тыльной стороне большой конической шестерни нарезаны канавки по спирали Архимеда.

§ 5. ЭВОЛЬВЕНТА

Эвольвента окружности — траектория любой точки прямой линии, перекатываемой без скольжения по окружности.

Пусть неподвижный диск диаметром D обгибает шнур длиной πD (рис. 78, а). Один конец шнура

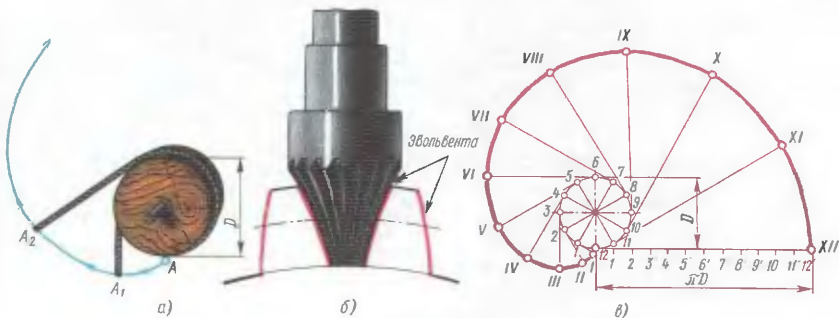


РИС. 78

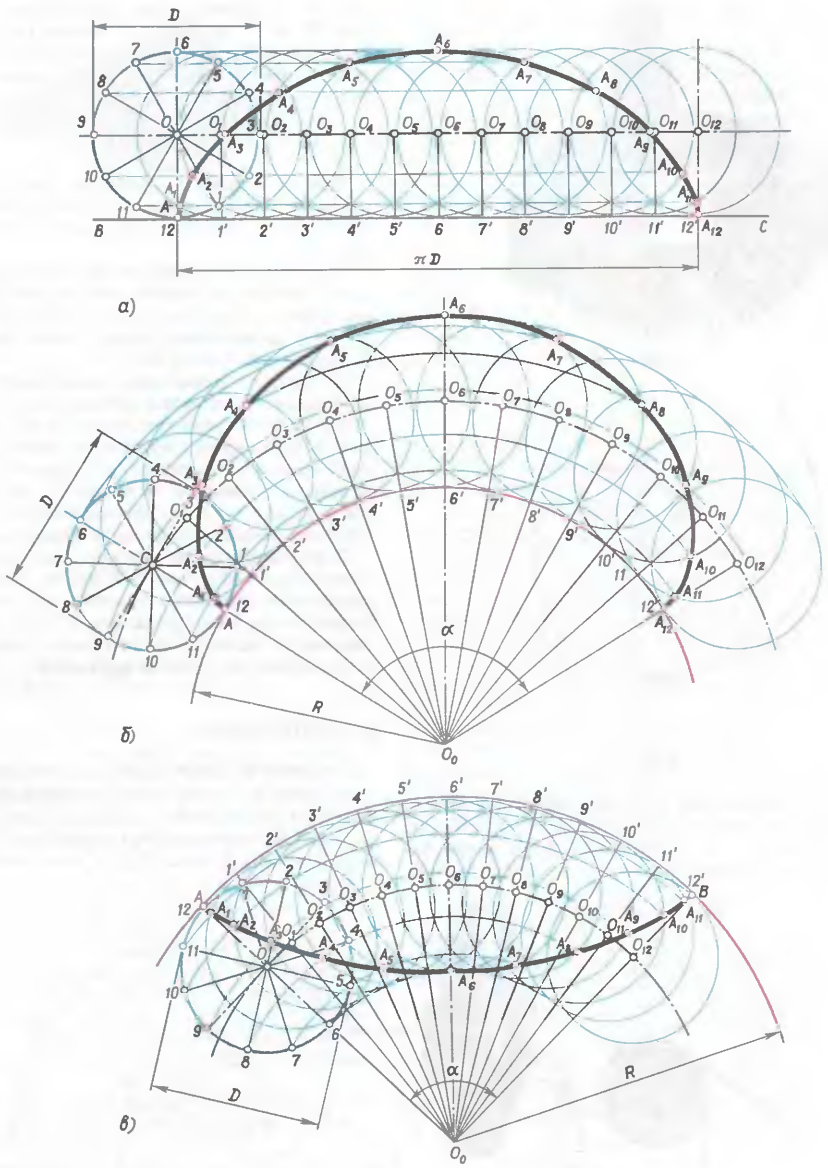


РИС. 79

закреплен в точке A , а другой при развертывании по направлению стрелок (в натянутом положении) опишет траекторию в виде плоской кривой линии — эвольвенты.

В машиностроении профили зубьев колес и зуборезный инструмент — пальцевую фрезу — выполняют по эвольвенте (рис. 78, б).

Для построения эвольвенты заданную окружность диаметра D делят на несколько равных частей (на рис. 78, а — на 12 частей), которые нумеруют. Из конечной точки (12) проводят касательную к окружности и на ней откладывают отрезок, равный длине окружности πD . Длину окружности делят также на равные части. Из точек делений окружности $1, 2, 3, \dots, 12$ проводят касательные к окружности и на них откладывают отрезки; на первой касательной — отрезок $121'$, на второй — $122'$, на третьей — $123'$ и т.д. Соединив точки $1...XII$ по лекалу, получают эвольвенту окружности.

§ 6. ЦИКЛОИДАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ

Циклоида — плоская кривая, которую описывает точка A , лежащая на окружности, которая катится без скольжения по прямой CD (рис. 79, а).

Эпициклоида — плоская кривая, которую описывает точка A , лежащая на окружности, которая катится без скольжения, снаружи по направляющей окружности (рис. 79, б).

Гипоциклоида — плоская кривая, которую описывает точка A , лежащая на окружности, которая катится без скольжения внутри по направляющей окружности (рис. 79, в).

Построение циклоиды. На направляющей прямой BC (рис. 79, а) откладывают длину производящей окружности диаметра D , равную πD . Окружность диаметра D и отрезок AA_1, BC делят на равные части, например, на 12. Из точек делений прямой BC ($1', 2', 3', \dots, 12'$) восстанавливают перпендикуляры до пересечения с продолжением горизонтальной оси окружности в точках O_1, O_2, \dots, O_{12} , а из точек делений окружности ($1, 2, 3, \dots, 12$) проводят горизонтальные прямые. Из точек O_1, O_2, \dots, O_{12} , как из центров, проводят окружности диаметра D , которые, пересекаясь с горизонтальными линиями, образуют точки $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{12}$, принадлежащие циклоиде.

Построение эпициклоиды. Производящую окружность диаметра D и направляющую окружность радиуса R проводят так, чтобы они касались (рис. 79, б). Производящую окружность диаметра D делят на 12 равных частей. Из центра O_0 радиусом, равным $R + 0,5D$, проводят вспомогательную дугу.

Центральный угол α определяют по формуле

$$\alpha = 180^\circ \frac{D}{R}$$

Разделив дугу направляющей окружности, от-



РИС. 80

раниченную углом α , на 12 равных частей, получают точки $1', 2', 3', \dots, 12'$. Из центра O_0 через точки $1', 2', 3', \dots, 12'$ проводят прямые, которые продолжают до пересечения с вспомогательной дугой в точках $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{12}$. Из центра O_0 проводят вспомогательные дуги через точки делений $1...12$ производящей окружности.

Из точек $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{12}$, как из центров, проводят окружности диаметра D до пересечения с вспомогательными дугами в точках $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{12}$, которые принадлежат эпициклоиде.

Построение гипоциклоиды аналогично построению эпициклоиды. Направляющую окружность радиуса R и производящую окружность диаметра D проводят так, чтобы они касались в точке A (рис. 79, в). Дугу направляющей окружности, ограниченную углом

$$\alpha = 180^\circ \frac{D}{R},$$

делят на 12 равных частей; на столько же частей делят и производящую окружность. Точку деления дуги направляющей окружности соединяют с точкой O_0 . В пересечении этих прямых с вспомогательной окружностью радиуса $R = 0,5D$ получают точки $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{12}$.

Из центра O_0 через точки деления производящей окружности проводят вспомогательные дуги.

Из точек $O_1, O_2, O_3, \dots, O_{12}$ описывают окружности радиуса $0,5D$ до пересечения с вспомогательными дугами в точках $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{12}$, которые являются точками гипоциклоиды. Примером использования циклоидальных кривых в деталях может служить паз для пальца рычага (рис. 80). Он очерчен по гипоциклоиде.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что такое сопряжение?
2. Какое сопряжение называется внешним, внутренним и смешанным?
3. Как определяются точки сопряжения?
4. По каким линиям рассекается конус спосожностями, различно расположенными относительно его оси?
5. Как построить спирали Архимеда?
6. Какая разница между циклоидой, эпициклоидой и гипоциклоидой?
7. Что называется уклоном и как определить его величину?
8. Что называется конусностью?